

**POTENZIAMENTO
ASSE FERROVIARIO
MONACO - VERONA**

LINEA DI ACCESSO SUD

FORTEZZA - VERONA

LOTTO 3 - CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO E ROVERETO

Progetto PRELIMINARE

TITOLO TAVOLA:

RELAZIONE IDROGEOLOGICA

Scala:

File: ACTP-10.01.01-08V1R0

Revisione: R0
Data Ult. Agg.: 31.03.2008

CODICE TAVOLA :

10.01.01

REDATTO DA:

DATA REDAZIONE:

MARZO 2008

Nr.	Revisori precedenti	data	nome	Nr.	Revisori precedenti	data	nome

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
e PROGETTISTA DELLE OPERE CIVILI

Dott. Ing. **Raffaele De Col**

IL PROGETTISTA DELLE OPERE FERROVIARIE:

Dott. Ing. **Antonio Ciaravolo**



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

PROGETTO SPECIALE COORDINAMENTO ATTIVITA' PER LA
FERROVIA DEL BRENNERO E PER LO SVILUPPO DELL'INTERMODALITA'



DIREZIONE MANUTENZIONE

*DIREZIONE COMPARTIMENTALE INFRASTRUTTURA
VERONA*

INDICE

1.	<i>PREMESSA E SINTESI</i>	1
2.	<i>INQUADRAMENTO METODOLOGICO</i>	6
2.1	MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO	6
2.2	ANALISI FOTOGEOLOGICA E DA MODELLO DIGITALE DEL TERRENO	6
2.3	DEFINIZIONE DEI COMPLESSI IDROGEOLOGICI	11
2.4	ATTIVITÀ DI CENSIMENTO DELLE RISORSE E AVVIO DEL MONITORAGGIO	13
2.4.1	<i>SCelta DEI PUNTI D'ACQUA DA MONITORARE</i>	13
2.5	CONTROLLO DEL CHIMISMO E DELLE CARATTERISTICHE ISOTOPICHE	15
2.5.1	<i>RISULTATI DELLA PRIMA CAMPAGNA DI CAMPIONAMENTO</i>	16
3.	<i>PRESENTAZIONE DELLE CARTOGRAFIE</i>	26
3.1	CARTA IDROGEOLOGICA	26
3.2	PROFILI IDROGEOLOGICI	27
3.3	CARTE TEMATICHE DERIVATE	28
4.	<i>INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO</i>	29
4.1	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DEL TRATTO DI COMPLETAMENTO NORD	29
4.2	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DEL TRATTO PRIORITARIO	32
4.3	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DEL TRATTO DI COMPLETAMENTO SUD	39
5.	<i>ANALISI IDROGEOLOGICA DI DETTAGLIO LUNGO IL TRACCIATO</i>	41
5.1	TRATTO PRIORITARIO: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO E ROVERETO	41
5.1.1	<i>ACCESSO DA TRENTO NORD (SCALO FILZI)</i>	41
5.1.2	<i>ZONA OMOGENEA 1 - PROGRESSIVE 3430 -8630</i>	43
5.1.3	<i>ZONA OMOGENEA 2 - PROGRESSIVE 8630-11930</i>	48
5.1.5.	<i>ZONA OMOGENEA 3 – PROGRESSIVE 11930 - 13630</i>	51
5.1.6.	<i>ZONA OMOGENEA 4 – PROGRESSIVE 13630 - 17230</i>	51
5.1.7	<i>ZONA OMOGENEA 5 – PROGRESSIVE 17230 - 22130</i>	53
5.1.8	<i>ZONA OMOGENEA 6 – PROGRESSIVE 22130-26930</i>	58
5.1.9	<i>ZONA OMOGENEA 7 – PROGRESSIVE 26930-28950</i>	59
5.1.10	<i>ZONA OMOGENEA 8 – PROGRESSIVE 28600 - 36300</i>	64
5.1.11	<i>VARIANTE LAVINI DI ROVERETO</i>	65
5.2	ANALISI IDROGEOLOGICA PRELIMINARE PER IL TRATTO DI COMPLETAMENTO NORD	78
5.3	ANALISI IDROGEOLOGICA PRELIMINARE PER IL TRATTO DI COMPLETAMENTO SUD	86
6.	<i>BIBLIOGRAFIA</i>	95

1. *PREMESSA E SINTESI*

Il presente documento, analizza la situazione idrogeologica del versante sinistro del tratto trentino della valle dell'Adige, tra Faedo e Borghetto, con particolare riferimento ai settori dello stesso che saranno interessati dalla realizzazione della nuova linea ferroviaria Brennero –Verona, che si svilupperà principalmente in galleria.

Lo studio è articolato facendo riferimento a tre diversi tratti di sviluppo dell'opera:

- tratto Faedo – Lavis (“tratto di completamento N”);
- circonvallazione Trento Rovereto (“circonvallazione Trento - Rovereto o, anche, “tratto prioritario”);
- tratto Santa Margherita di Ala – Borghetto (“tratto di completamento Sud”).

Per il tratto prioritario del tracciato è stato redatto un progetto preliminare, e l'esame della situazione geologica ed idrogeologica è stato pertanto sviluppato con un maggior grado di approfondimento rispetto a quanto fatto per gli altri due tratti, per i quali la progettazione è allo stadio di fattibilità (“prognosi idrogeologica preprogettuale”).

La tempistica molto accelerata impartita all'attuale fase di progettazione fa sì che al momento della redazione di questo documento siano ancora in corso attività di analisi e di monitoraggio di vari elementi del sistema idrogeologico (analisi isotopiche delle acque, monitoraggio mensile di sorgenti di pozzi; prove in campo su sondaggi), che una volta concluse consentiranno di diminuire i fattori di incertezza associati ai dati disponibili e di incrementare il grado di affidabilità delle valutazioni qui presentate, che peraltro riteniamo già discreto. Al termine delle indagini ancora in corso verrà quindi prodotta una relazione integrativa.

Le attività di studio, coordinate dal Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento (P.A.T.), sono state suddivise in due fasi.

Nella prima fase sono state condotte le seguenti attività:

- ✓ reperimento delle informazioni geologiche ed idrogeologiche utili alla formulazione di un modello idrogeologico di riferimento per il versante oggetto dello studio;
- ✓ reperimento di tutte le informazioni utili (carte dell'uso del suolo, carte clivometriche, carte vegetazionali, dati pluviometrici, etc) per la redazione dello studio idrologico di una porzione di territorio significativa nell'ambito dello studio in progetto; i risultati di questa attività sono riportati in una apposita e separata relazione;
- ✓ censimento delle risorse idriche che insistono sul versante sinistro orografico della Val d'Adige, tra Faedo e Borghetto;
- ✓ scelta di 72 sorgenti, di 14 pozzi e di 9 corsi d'acqua da sottoporre a monitoraggio mensile per la durata di circa un anno, al fine di ottenere delle informazioni sul comportamento temporale delle circolazioni idriche superficiali e profonde sul versante interessato dal progetto;
- ✓ monitoraggio, a partire da giugno 2007, delle dette risorse, con esecuzione di una prima campagna di campionamento per analisi chimiche delle sorgenti monitorate;
- ✓ redazione di una carta idrogeologica alla scala 1:10.000 del versante studiato;
- ✓ redazione di una sezione idrogeologica alla scala 1:10.000 lungo il tracciato di progetto e di una serie di sezioni idrogeologiche trasversali, alla stessa scala, redatte in corrispondenza dei principali settori problematici;
- ✓ redazione del presente rapporto idrogeologico, corredato da allegati contenenti: le informazioni sulle risorse idriche censite, le schede di dettaglio sulle risorse monitorate, e le analisi chimiche eseguite.

La seconda fase, che si concluderà nel luglio 2008, è volta a estendere per un periodo minimo significativo (un anno) il monitoraggio delle risorse idriche prescelte e ad aggiornare le cartografie e le relazioni presentate nell'ambito della prima fase sulla base delle informazioni e delle conoscenze acquisite nel periodo successivo alla la prima fase.

Lo studio idrogeologico è stato svolto sulla base delle cartografie geologiche e strutturali realizzate per conto della P.A.T. da un gruppo di lavoro costituito da geologi strutturali. Allo studio idrogeologico hanno collaborato per la parte cartografica e per i rilievi di campagna (monitoraggi e campagne freaticometriche) i

geologi dott. Icilio Vigna, dott. Franca Bazzanella, dott. Davide Turconi e dott.ssa Maria Eccheli, mentre per l'interpretazione geochimica ed idrogeologica è stata curata dal dott. Gianfranco Bazzoli.

Tutte le informazioni sono state organizzate in un progetto ArcView. I dati idrogeologici di base sono stati reperiti presso gli enti territoriali e successivamente integrati sul terreno.

A conclusione della prima fase dello studio idrogeologico è stata redatta la seguente documentazione:

- 1) una carta idrogeologica, alla scala 1:10.000 del versante sinistro orografico della Val d'Adige tra Faedo e Borghetto; in accordo con il Servizio Geologico P.A.T. la cartografia dei tratti di completamento viene allegata alla scala 1:25.000, mentre la cartografia del tratto di circonvallazione Trento – Rovereto è allegata alla scala 1:10.000.
- 2) profili idrogeologici longitudinali alla scala 1:10.000 redatti sul tracciato consegnato a settembre 2007, ai quali sono state associate informazioni circa la permeabilità dei terreni che si prevede di incontrare, sull'ubicazione delle venute principali e secondarie, sulla loro durabilità nel tempo, ecc.
- 3) profili idrogeologici trasversali al tracciato.
- 4) la presente relazione di commento, corredata di figure, tabelle, grafici e foto.
- 5) quattro allegati alle relazione di commento così organizzati: Allegato 1 – censimento generale delle risorse; Allegato 2 - schede risorse monitorate; Allegato 3 - tabelle di monitoraggio e Allegato 4 - analisi chimiche

Lo studio svolto ha richiesto innanzitutto una assimilazione delle conoscenze geologiche e strutturali dell'area di indagine, derivanti dalle pubblicazioni della letteratura geologica ed idrogeologica sull'area vasta e sulla zona di indagine e dai primi risultati dei nuovi rilievi della Carta Geologica d'Italia (CARG), tuttora in svolgimento. Allo stesso tempo è stato svolto il censimento ed una prima valutazione delle risorse idriche presenti nella zona, che ha portato alla scelta dei punti d'acqua da sottoporre al monitoraggio su base mensile. In questa fase sono state verificate le

condizioni del contesto geologico ed idrogeologico all'interno del quale si trovano le singole risorse censite: i dati acquisiti sono stati organizzati in un progetto GIS¹, in ambiente ArcView, utilizzato poi come strumento di analisi.

La presente relazione è organizzata come segue: dopo un inquadramento metodologico (con le elaborazioni preliminari della prima campagna di analisi chimiche) viene fornito un quadro idrogeologico generale. A questo segue un commento di dettaglio della situazione idrogeologica lungo il tracciato, che è stato suddiviso in tre parti, corrispondenti allo stato di progettazione dei diversi tratti. In primo luogo verrà affrontata la situazione idrogeologica del tratto prioritario (livello di progetto: preliminare), per il quale il grado di affidabilità delle indagini geologiche ed idrogeologiche è buono. Nei capitoli successivi verrà discussa la situazione e le problematiche idrogeologiche dei tratti di completamento Nord e Sud (livello di progetto: fattibilità).

A livello di sintesi estrema di quanto di seguito riportato, sulla base dei dati disponibili si evidenzia che il progetto di potenziamento della linea di accesso Sud alla galleria di base del Brennero nel tratto trentino non darà luogo ad impatti insostenibili sulle risorse idriche di superficie (laghi², corsi d'acqua e sorgenti) lungo il tracciato, risorse che sono riconducibili a circuiti idrogeologici subsuperficiali, con tempi di percorrenza generalmente inferiori a 1-2 anni. Questo è particolarmente vero per le risorse del versante sotteso dal tratto di completamento nord e da parte del tratto prioritario (circa sino a Mattarello (Trento Sud)). Per le risorse idriche di superficie presenti nel versante sotteso dal tracciato prioritario a sud di Mattarello e sino a Rovereto - Serravalle, risulta opportuno un approfondimento degli studi, volto

¹ Geographical Information System

² Per la valutazione dell'impatto idrogeologico del progetto sui laghi e sulle aree umide, si rinvia alla relazione idrologica.

a definire la possibilità di impatti a lungo termine e su scala regionale. Gli impatti idrogeologici sulle risorse idriche di superficie possono essere prevenuti con soluzioni progettuali, mitigati o compensati con vettoriamenti di progetto delle acque drenate dal cavo del tunnel.

A sud di Mattarello le gallerie di progetto del tratto prioritario e del tratto di completamento Sud potranno intercettare in profondità l'acquifero principale, drenando risorse non captate ("riserve") afferenti a circuiti profondi con tempi di percorrenza di diversi anni, se non decennali. Richiamando quanto peraltro sottolineato nel Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche³ della P.A.T., gli effetti di questo drenaggio molto probabilmente non si manifesteranno immediatamente, ma dopo molto tempo, e si ritiene opportuno avviare indagini e studi sull'entità degli effetti a lungo termine.

³ P.A.T. - Piano Generale di Utilizzazione delle Acque (2004). Quadro conoscitivo di base, 1.3.4

2. *INQUADRAMENTO METODOLOGICO*

2.1 *MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO*

L'analisi della situazione geologica e strutturale lungo il tracciato della galleria è stata definita in una relazione a sé stante, redatta da un gruppo di lavoro indipendente: le valutazioni geologico-strutturali e le elaborazioni cartografiche in essa contenute sono state acquisite e ad esse è fatto il necessario riferimento per le valutazioni idrogeologiche. Il modello geologico di riferimento fornitoci è stato accettato nella sua interezza. Ne consegue che il grado di incertezza e di affidabilità dell'analisi idrogeologica risulta strettamente correlato, anche se non del tutto, a quello del modello geologico.

2.2 *ANALISI FOTOGEOLOGICA E DA MODELLO DIGITALE DEL TERRENO*

E' stata eseguita, sulla base delle fotografie aeree georeferenziate, messe a disposizione dal Servizio Geologico della P.A.T., una identificazione visuale delle lineazioni nell'area del versante interessato dalle opere applicando la metodologia nota in letteratura come Fracture System Analysis, eseguita sulle fotografie aeree. Ci si è avvalsi inoltre del supporto Digital Elevation Model a passo 10 m prodotto dalla P.A.T., creando da questo una rappresentazione tridimensionale della morfologia del versante interessato dal progetto ed adottando le tecniche di estrazione di lineazioni dal DEM mediante filtraggio direzionale secondo le metodiche proposte da Jordan et al. (2005). In Fig. 2.2.2 le lineazioni sono poste a confronto con le strutture tettoniche della stessa area, tratte dalla cartografia geologica di base. In Fig. 2.2.3 viene riportato il diagramma a rosa delle direzioni delle lineazioni, mentre in Fig. 2.2.4 è riportato il diagramma a rosa delle direzioni delle strutture tettoniche. In entrambi i diagrammi risulta predominante la direzione scledense, NNW-SSE, ma nel

diagramma a rosa per le lineazioni si nota anche una rilevante frequenza della direzione giudicariense, NE-SW.

Scopo dell'analisi mediante FAS è quello di individuare le zone di incrocio delle fratture e delle faglia, che hanno una particolare rilevanza nell'idrogeologia degli ammassi rocciosi (Fig. 2.2.1). In Fig. 2.2.2 si osserva la maggior densità di incroci nel versante fra Lavis e San Michele all'Adige nel versante a Sud Est di Besenello.

struttura della roccia P1	le fratture condizionano le orientazioni ed i valori degli stress	la rete di fratture condiziona la permeabilità secondaria	l'orientazione delle fratture può influenzare l'orientazione o le dimensioni degli scavi
gli stress possono aprire e chiudere fratture e crearne di nuove	stress della roccia P2	un elevato stress normale può ridurre la permeabilità	un elevato stress tensionale può causare crolli
il flusso idrico dilava i riempimenti delle fratture / ne altera le proprietà	la pressione dell'acqua riduce lo stress nelle/sulle vecchie fratture	flusso idrico P3	forti afflussi idrici rendono lo scavo più difficile → grouting
lo scavo causa fratturazione / allarga vecchie fratture	nelle vicinanze degli scavi gli stress principali sono alterati	lo scavo sotto falda altera le condizioni del flusso idrico	opera P4

Fig. 2.2.1 – L'importanza della fratturazione della massa rocciosa è espressa nella prima riga della matrice delle interazioni che influenzano il comportamento del flusso idrico in prossimità di un tunnel nel Rock Engineering System (RES) di Hudson(1992).

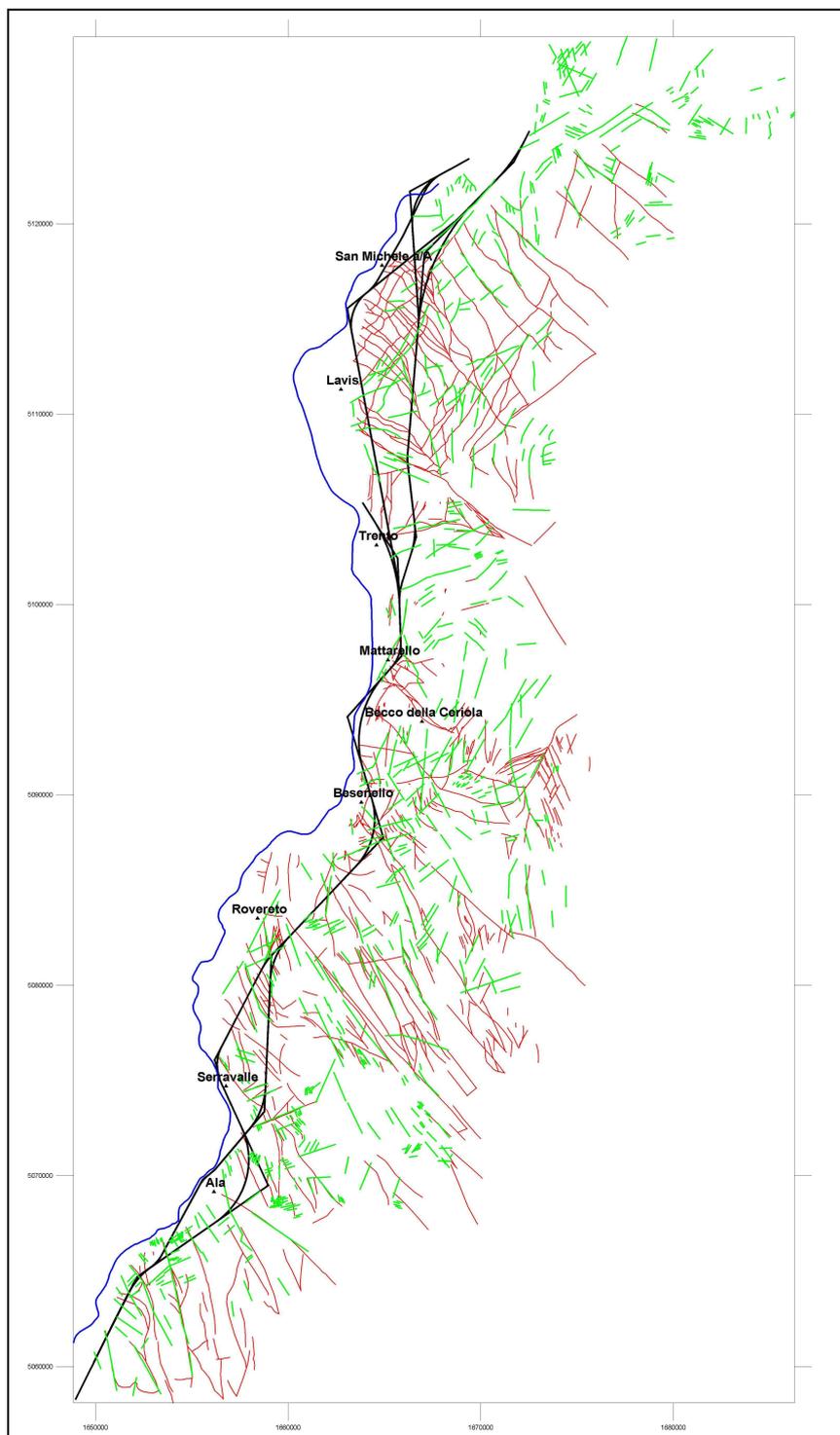


Fig. 2.2.2 - In rosso le strutture tettoniche presenti nell'area di studio, tratte dalla cartografia di progetto, in verde le lineazioni desunte dall'analisi delle fotografie aeree PAT.

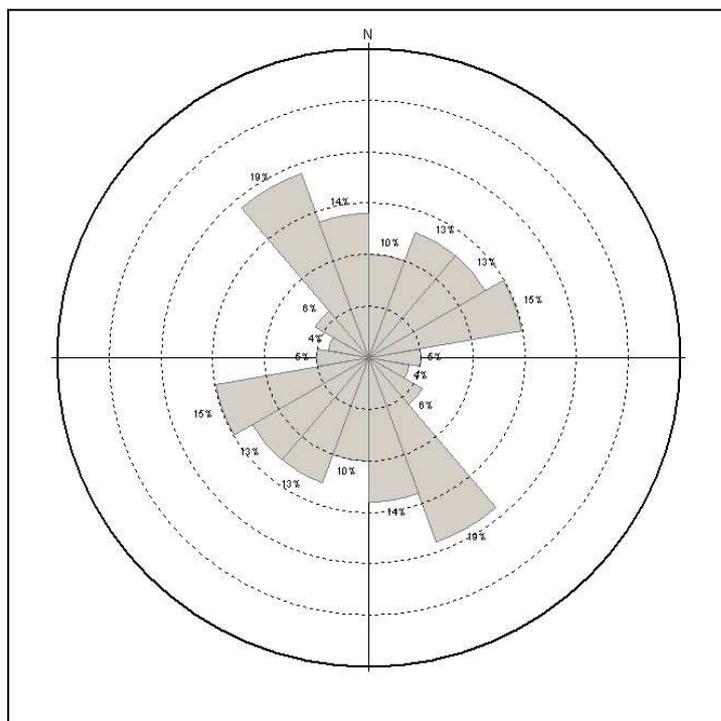


Fig. 2.2.3 – Diagramma a rosa delle direzioni delle lineazioni di Fig. 2.2.2.

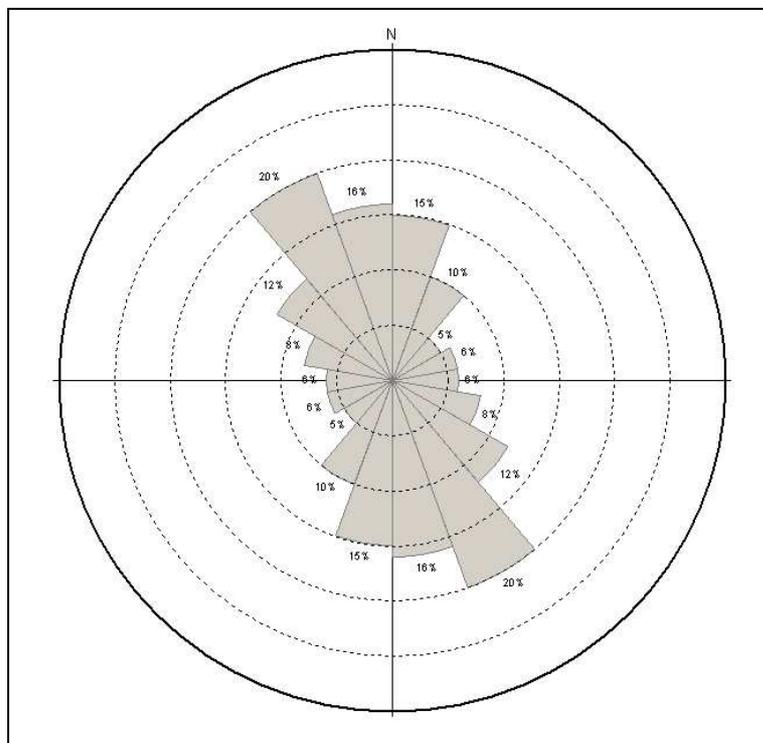


Fig. 2.2.4 – Diagramma a rosa delle direzioni delle strutture tettoniche di Fig. 2.2.1.

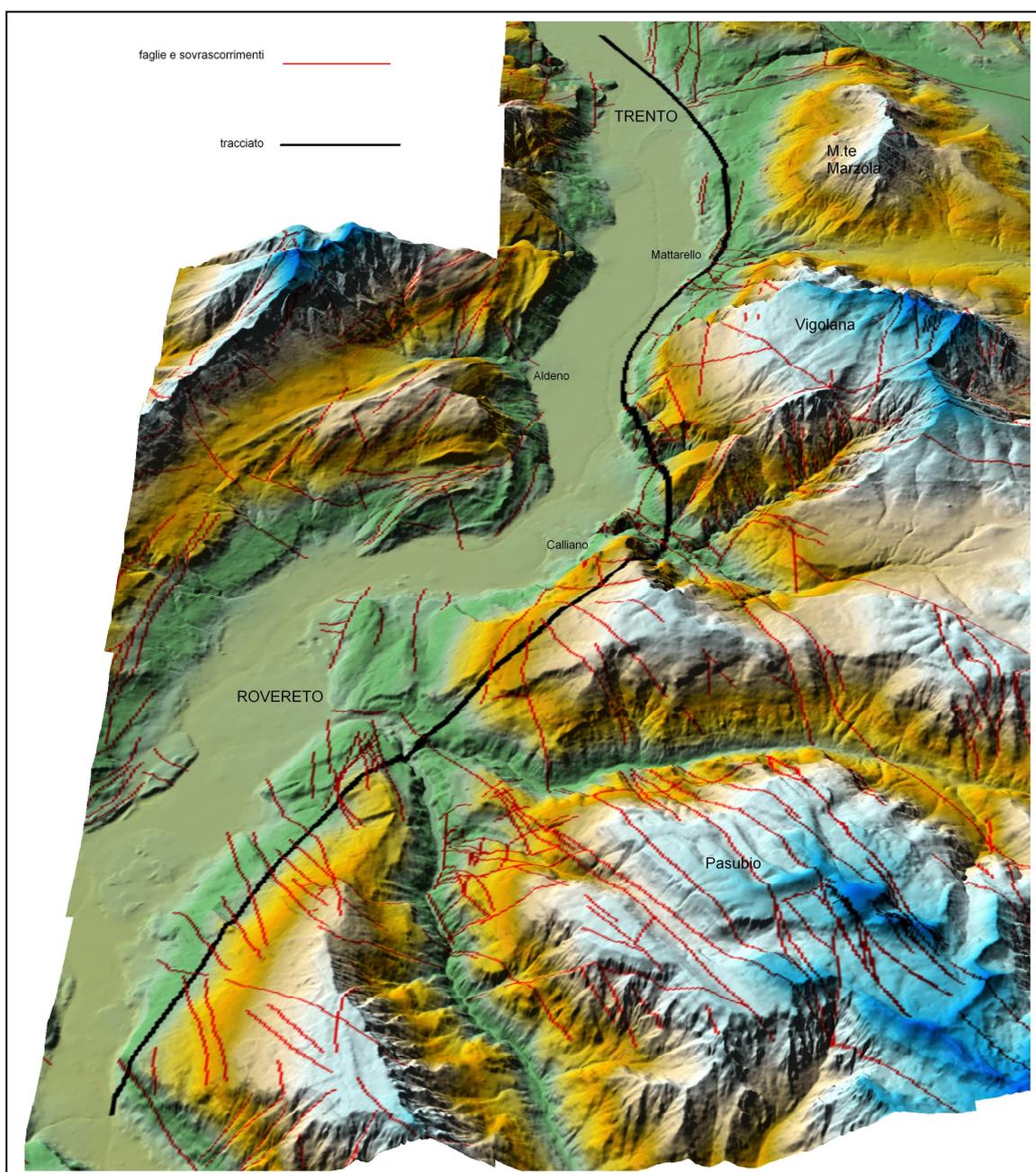


Fig. 2.3.5 - Rappresentazione tridimensionale del versante sinistro (tracciato circonvallazione Trento Rovereto), con riportate le strutture tettoniche.

2.3 *DEFINIZIONE DEI COMPLESSI IDROGEOLOGICI*

Sulla base della carta geologica posta a disposizione, sono stati definiti i complessi idrogeologici omogenei che caratterizzano il versante (Fig. 2.3.1). I complessi sono stati individuati sulla base delle caratteristiche litologiche, di fratturazione, permeabilità e carsismo proprie dei vari litotipi presenti nell'area.

Complessi idrogeologici	Formazioni geologiche	Periodo	Età	Caratteristiche idrogeologiche	Descrizione litologica
Complesso alluvionale	Depositi alluvionali	Quaternario	Olocene	Conducibilità idraulica per porosità, media ma localmente variabile in relazione alla granulometria dei depositi, fino ad alta in corrispondenza dei livelli ghiaiosi.	ghiaie, sabbie, limi e argille.
Complesso detritico	Depositi detritici s.l.	Quaternario	Olocene	Conducibilità idraulica per porosità globalmente media, passante ad elevata in corrispondenza delle porzioni dove la matrice sabbioso-limosa è meno abbondante; localmente può essere bassa a causa della presenza di matrice residuale limosa.	ghiaie e sabbie, con matrice sabbioso - limosa.
Complesso palustre	Depositi lacustri, palustri e di torbiera	Quaternario	Olocene	Conducibilità idraulica per porosità da bassa a molto bassa.	limi, limi sabbiosi, argille varvate, torbe.
Complesso glaciale	Depositi glaciali	Quaternario	Pleistocene	Conducibilità idraulica per porosità globalmente di grado da molto basso a basso. Sono possibili variazioni del grado di conducibilità idraulica in senso verticale in corrispondenza dei livelli limosi più o meno sovracconsolidati e/o cementati.	blocchi, ciottoli e ghiaie in matrice sabbioso-limosa, argillosa alla base.
Complesso acquicludo eocenico	Calcare di Nago, vulcanoclastiti	Terziario	Eocene medio - sup.	Permeabilità da bassa a molto bassa per fratturazione	calcarei marnosi e marne scure laminate in alternanza con calcareniti micritiche e calcari; al letto vulcanoclastiti.
Complesso acquifero terziario	Calcare di Malcesine	Terziario	Eocene medio	Permeabilità media per fratturazione e localmente per porosità.	calcarei a grana fine passanti verso l'alto a calcareniti malstratificate a struttura prevalentemente nodulare.
Complesso acquicludo cretaceo-terziario	Formazione di Chiusole, vulcanoclastiti	Terziario	Eocene inf.	Acquicludo	calcarei micritici lastriiformi grigi o brunici, glauconitici, con interstratificazioni marnoso-argillose, con selce e calcitorditi nummulitiche. Al tetto vulcanoclastiti.
	Formazione di Ponte Pià	Terziario	Eocene medio-sup.	Acquicludo	calcarei micritici lastriiformi, selciferi, grigio chiari con intercalazioni di marne azzurrognole e prevalenti marne nella parte superiore.
	Scaglia Rossa	Cretaceo / Terziario	Albiano sup. (?) - Paleocene	Acquicludo	calcarei micritici rossi fittamente stratificati, selciferi nella parte inferiore con interstrati marnosi e marne.
Complesso acquifero principale	Biancone, Maiolica	Giurassico/ Cretaceo	Titoniano sup. - Barremiano sup.	Permeabilità da media a bassa per fratturazione. Rappresenta il tetto dell'acquifero principale	calcarei micritici biancastri e rosati a granafinissima e stratificazione decimetrica
	Rosso Ammonitico Veronese	Giurassico	Bajociano sup. - Titoniano sup.	Permeabilità da media a bassa per fratturazione. Rappresenta il tetto dell'acquifero principale	alla base calcari micritici malstratificati e a struttura nodulare di colore generalmente bianco, rosato e verdastro, talora dolomitizzati ai quali seguono calcari rossastri con fitte intercalazioni di letti di selce rossa e livelli cineritici. Nella parte superiore calcari nodulari rossastri ad Ammoniti.
	Oolite di San Vigilio	Giurassico	Toarciano - Aaleniano	Permeabilità elevata per carsismo e fratturazione. Fa parte dell'acquifero principale.	calcarei oolitici giallastri a crinoidi, in strati spessi e a stratificazione incrociata che passano localmente ad encriniti pure di colore giallastro e rossastro.
	Formazione di Rotzo	Giurassico	Sinemuriano - Pliensbachiano	Permeabilità elevata per carsismo e fratturazione. Fa parte dell'acquifero principale.	calcarei bioclastici da grigio chiaro a bruno in strati di spessore variabile, da decimetrici a metrici, organizzati in sequenze di spessore da metrico a decametrico. La parte inferiore della successione contiene localmente argille scure laminate ad <i>Ferindon</i> .
	Formazione del Calcare Oolitico di Loppio	Giurassico	Sinemuriano	Permeabilità elevata per carsismo e fratturazione. Fa parte dell'acquifero principale.	calcarei oolitici intraclastici chiari con spugne calcaree a Belemnoidi, con rare laminazioni incrociate in strati medio-spessi.
	Formazione di Monte Zugna	Giurassico	Hettangiano - Sinemuriano	Permeabilità elevata per carsismo e fratturazione. Fa parte dell'acquifero principale.	calcarei grigio chiari fino a biancastri prevalentemente micritici bioturbati con intercalazioni di peliti rossastre e verdi alla base che passano a calcari stromatolitici e a calcari scuri nodulari nella parte superiore.
	Dolomia Principale	Triassico	Camico - Retico	Permeabilità media per fratturazione e carsismo. Fa parte dell'acquifero principale.	dolomie stromatolitiche chiare fossilifere, dolareniti oolitiche, in strati medio-spessi, saldati.
Complesso permo-triassico	Formazione di Travenanzes	Triassico	Ladinico sup. (?) - Camico	Acquicludo. Rappresenta il letto dell'acquifero principale.	dolomie afanitiche grigio-chiare e giallastre in strati decimetrici separate da sottili intercalazioni di marne verdastre. Dolomie chiare o fiammate in strati decimetrici o metrici. Alla base conglomerati con clasti calcarei scuri e sporadici frammenti silicei.
	Calcare della Val Vela	Triassico	Ladinico sup. - Camico inf.	Permeabilità molto bassa per fratturazione.	calcarei grigio scuri, nocciola o giallastri fittamente laminati in strati decimetrici separati da sottili intercalazioni cinetiche giallo aranciate.
	Calcarei della Val Gola	Triassico	Ladinico p.p.	Permeabilità bassa per fratturazione.	calcarei micritici selciosi grigi nodulari suddivisi in strati centimetrico-decimetrici separati da sottili intercalazioni pelitiche grigie che passano verso l'alto a calcari micritici nodulari rossi, rosati verdastri con intercalazioni di peliti degli stessi colori e "pietra verde".
	Marne della val di Centa, Formazione dell'Ambata	Triassico	Anisico sup.	Acquicludo	alternanza di marne siltose, arenarie fini grigio brune e peliti fogliettate in strati centimetrico-decimetrici a giunti piani o leggermente ondulati.
	Calcarei scuri di Margon, Formazione dell'Ambata	Triassico	Anisico sup.	Acquicludo	laminita millimetriche carbonatico-siltoso-bituminose molto scure, fino a nere, alternate a calcareniti grigio chiare in strati decimetrici. Sono presenti sporadiche intercalazioni millimetriche di argilliti montmorillonitiche giallo brune.
	Formazione del Contrin, Dolomia dello Sciliar	Triassico	Anisico sup.	Permeabilità da bassa a media per fratturazione.	dolomie subtidali e peritiali con intercalazioni marnose.
	Breccia di Ravina, Conglomerato di Richtofen	Triassico	Anisico sup.	Permeabilità bassa per fratturazione.	megabreccia carbonatica costituita da elementi di dimensione da centimetrici a metrica di dolomie della Dolomia della Valsugana alternata a peliti e arenarie rosse.
	Formazione di Giovo	Triassico	Anisico medio-sup. p.p.	Acquicludo	calcarei e dolomie grigiastre sottilmente stratificate (10-20 cm), talora stromatolitiche intercalate a sottili livelli di peliti grigie laminate con quarzo e muscovite.
	Conglomerato di Voltago	Triassico	Anisico medio	Acquicludo	siltiti grigie e giallastre bioturbate, con sottili intercalazioni di conglomerati a clasti dolomitici in matrice siltosa grigia.
	Formazione a Gracilis	Triassico	Anisico inf. - medio p.p.	Permeabilità da bassa a molto bassa per fratturazione.	dolomie calcareo - marnose e calcari grigi in strati da tabulari a nodulari per bioturbazione, con intervalli marnoso-siltosi grigi.
	Dolomia del Serla inferiore	Triassico	Scitico sup. - Anisico inf. p.p.	Permeabilità da bassa a molto bassa per fratturazione.	dolomie cristalline grigio chiare o biancastre in strati decimetrici. Dolomie evaporitiche a cellette e livelli evaporitici intercalati a marne scure nella parte basale.
	Formazione di Werfen	Triassico	Anisico	Permeabilità da bassa a molto bassa per fratturazione.	alternanza varicolori di calcari impuri, dolomie evaporitiche, siltiti e arenarie.
Complesso permiano	Arenarie della Val Gardena	Permiano	Permiano sup. p.p.	Permeabilità bassa per porosità e fratturazione.	dolosiltiti grigio-giallastre e calcari siltosi grigio scuri in strati prevalentemente nodulari di 10-40 cm di spessore, alternati ad arenarie e siltiti grigie e marne. Presenti orizzonti evaporitici.
	Formazione di Ora	Permiano	Permiano inf.	Permeabilità bassa per fratturazione.	ignimbriti a composizione prevalentemente riolitica.
Complesso metamorfico	Filladi del basamento Sudalpino	Carbonifero	Carbonifero sup.	Permeabilità molto bassa per fratturazione.	filladi più o meno quarzose, da argentee a plumbee fino a nere, sericitiche, cloritiche, albitiche. Grana solitamente submillimetrica, marcata fissilità. Presenti noduli e letti quarzosi.

2.4 ATTIVITÀ DI CENSIMENTO DELLE RISORSE E AVVIO DEL MONITORAGGIO

E' stata svolta una sistematica attività di reperimento delle informazioni esistenti sulle risorse idriche censite nell'area. I database acquisiti si caratterizzano per l'alto contenuto informativo: il database completo fornitoci relativamente alle sorgenti conta, per la parte di versante presa in considerazione, 1037 sorgenti; quello relativo ai pozzi, comprendente il fondovalle, enumera 3300 pozzi; un altro database elenca centinaia di piezometri nel fondovalle.

Il database delle sorgenti, nella parte relativa al chimismo delle acque è stato integrato con analisi chimiche rese disponibili dagli enti gestori di acquedotto, in particolare da Trentino Servizi S.p.A. Altre analisi sono state rese disponibili da studi pregressi condotti dagli autori del presente studio. Il database chimico è stato in questo modo arricchito con oltre 100 nuove analisi, contenenti determinazioni, oltre che degli ioni principali, anche degli elementi minori.

Anche il database relativo ai pozzi per acqua è stato integrato con informazioni da supporti cartacei o informatici esterne al database originale, reperite comunque sempre presso gli uffici del Servizio Acque Pubbliche della P.A.T., essendo relative agli estremi delle concessioni d'uso.

2.4.1 SCELTA DEI PUNTI D'ACQUA DA MONITORARE

L'enorme numero dei punti di captazione delle risorse idriche impone una selezione del numero di punti d'acqua da inserire nella fase operativa dello studio, consistente nel monitoraggio delle risorse su base mensile. La tipologia di captazione privilegiata per la selezione è stata quella delle sorgenti, tipologia che per le caratteristiche del progetto e dell'area di interesse è quella che può fornire le maggiori informazioni relativamente alle caratteristiche della circolazione idrica e che inoltre è maggiormente soggetta ad impatti negativi a seguito della realizzazione

dell'opera. Il database relativo ai pozzi è stato sfoltito ai fini del monitoraggio mensile, in quanto la gran parte di essi si trova nel fondovalle alluvionale atesino, in condizioni idrogeologiche tali da non ritenersi strettamente pertinenti agli scopi dello studio.

La prima scelta delle risorse idriche da monitorare è stata effettuata utilizzando la tecnologia GIS ed informando la selezione ai seguenti criteri:

- 1) utilizzo dei punti d'acqua per il consumo umano, che per la legge 36/1994 ha preminenza su qualsiasi altra destinazione;
- 2) portate perenni delle sorgenti, con valori di portata possibilmente superiori ai 0.5 l/s;
- 3) sorgenti con scaturigine da masse rocciose più che da depositi superficiali;
- 4) distanza dall'asse del tracciato;
- 5) per quanto concerne i pozzi, sono state scelte, oltre a quelle in pendio, le captazioni più prossime al piede del versante occidentale della dorsale interessata dal progetto.

Non disponendo infatti, alla data della scelta, di un quadro idrogeologico di riferimento noto, i parametri di selezione si sono basati sull'importanza socio-economica della risorsa da monitorare e/o sulla sua ubicazione in un contesto idrogeologico sensibile nei confronti delle opere in progetto, sia per vicinanza geometrica al tracciato della galleria sia per vicinanza ad una struttura tettonica o morfologica che potrebbe essere messa in relazione alle opere da eseguire. Sono comunque stati selezionati alcuni punti non rispondenti a questi criteri, da utilizzare come controllo.

Sono così state selezionate 76 sorgenti e 14 pozzi su cui eseguire controlli mensili di portata, temperatura, conducibilità e pH. Sono inoltre stati individuati 14 corsi d'acqua minori, su cui è possibile eseguire lo stesso tipo di controlli. Per i corsi d'acqua a portata maggiore si farà invece riferimento alle misurazioni effettuate dalla Provincia Autonoma di Trento.

Per ognuna delle risorse selezionate è stato eseguito un primo controllo di campagna, per verificare la posizione della captazione e per contattare i concessionari della risorsa, chiedendo la disponibilità a consentire l'accesso e le misure. Il controllo di campagna ha portato ad una revisione della selezione preliminare effettuata, in quanto in alcuni casi non risultava possibile la misurazione. In considerazione di una migliore accessibilità, alcuni punti di misura delle acque sotterranee sono costituiti da pozzi piezometrici a piccolo diametro.

E' stata quindi preparata e compilata per ogni risorsa selezionata una scheda informativa di dettaglio, riportante uno stralcio cartografico o da fotografia aerea, le informazioni circa l'ubicazione e la natura della risorsa, le caratteristiche tecniche della captazione e la sua accessibilità alla misurazione. Ogni scheda contiene inoltre una documentazione fotografica. Le schede sono riportate nell'Allegato 2 alla relazione, mentre l'Allegato 3 riporta le tabelle con i dati di monitoraggio.

2.5 CONTROLLO DEL CHIMISMO E DELLE CARATTERISTICHE ISOTOPICHE

Le attività di progetto prevedono di sottoporre ad analisi chimica un certo numero di campioni d'acqua, con due campagne di campionamento nell'arco della durata del monitoraggio. Una prima campagna di campionamento è stata programmata ed eseguita nell'ottobre 2007, per disporre di dati analitici riferiti ad una fase di magra relativa del regime degli acquiferi posti sotto monitoraggio. Lo schema di attività progettuale prevede l'esecuzione di diversi moduli di analisi chimico-fisiche, che ricordiamo di seguito attribuendo una lettera maiuscola ad ogni modulo.

- 1) Modulo A (95 analisi): analisi fisico chimiche dei parametri: anioni, cationi , alcalinità, metalli
- 2) Modulo B (45 analisi): analisi batteriologica: coliformi totali, *Escherichia Coli*; enterococchi;

- 3) Modulo C (30 analisi): determinazione del contenuto in caffeina;
- 4) Modulo D (36 analisi): Analisi isotopica: ^{18}O (ossigeno 18), ^2H (deuterio).

Il prelievo dei campioni è stato effettuato secondo le specifiche del manuale 157/1997 di IRSA-CNR e secondo le disposizioni del D.L. 152/99 "Rassegna dei metodi analitici e di campionamento delle acque". I campioni sono stati consegnati al laboratorio chimico di Trentino Servizi S.p.A., accreditato SINAL. La procedura di consegna, conservazione ed analisi dei campioni è tracciabile presso il detto laboratorio che conserva la documentazione delle procedure previste dall'accreditamento.

La determinazione della concentrazione di caffeina e l'analisi isotopica sono state eseguite su 30 sorgenti, individuate come le più significative ai fini dello studio.

La determinazione della concentrazione di caffeina permette di stabilire se le acque controllate sono state in contatto con acque superficiali riceventi reflui di origine antropica (Bazzoli et al., 2006).

La determinazione isotopica, che viene proseguita con campagna di campionamento mensile, consente di conoscere l'origine delle acque e di stimare l'altezza media del bacino di ricarica. Per tarare la metodologia ai prelievi di acqua sorgiva sono associati prelievi mensili di acqua meteorica a diverse quote assolute (6 stazioni). I campioni vengono prelevati secondo le procedure IAEA 1997.

2.5.1 RISULTATI DELLA PRIMA CAMPAGNA DI CAMPIONAMENTO

La prima campagna di campionamento ed analisi chimica è stata effettuata all'inizio di ottobre 2007, campionando 74 sorgenti, 16 pozzi per acqua e 10 corsi d'acqua. I certificati analitici dei campioni sono riportati in Allegato 4 - analisi chimiche, e su supporto informatico. I dati di questa campagna sono stati inseriti nel database del chimismo delle sorgenti. Per l'area di studio, al momento della

redazione del presente rapporto, il database conteneva 2380 analisi di acque sorgive, con diverso numero di parametri analizzati.

Viene di seguito fornita una prima elaborazione dei dati chimici, eseguita utilizzando i diagrammi comunemente utilizzati per la caratterizzazione idrogeochimica di acque di diverse captazioni⁴. Queste valutazioni preliminari dovranno poi essere verificate ed integrate quando sarà completato il periodo di monitoraggio e saranno state effettuate le altre campagne di campionamento ed analisi previste.

Una prima indicazione proviene dalla correlazione in diagramma tra quota delle sorgenti e temperatura dell'acqua. Essa fornisce indizi sulla velocità di ricarica degli acquiferi. Laddove la circolazione è attiva e con facilità di ricambio delle acque si osserva una correlazione lineare inversa. In Fig. 2.5.1 viene riportata la correlazione per tutti i valori di temperatura registrati nel database integrato per le sorgenti dell'area di studio. La correlazione inversa è evidente. La retta di correlazione ha la formula : $T = 9.88 - 0.0024 \cdot H$ (°C). Questa relazione è simile a quella riportata da Borsato (2001) per le acque ipogee trentine: $T = 11.8 - 0.0043 \cdot H$ (°C). In Fig. 2.5.1 si possono rilevare allineamenti in ordinata di punti: ciò è dovuto al fatto che alcune sorgenti, come quella alla quota 252 m (sorgente cod. 66, "serra S. Giorgio") presentano una spiccata variabilità di temperatura nel corso dell'anno. Si tratta di sorgenti con circolazione poco profonda, le cui acque risentono quindi delle variazioni atmosferiche di temperatura. Nel caso particolare della sorg. 66 si tratta peraltro di acque di corrente di subalveo, molto superficiali.

Per la valutazione degli altri parametri chimici, si è cercato di sfolire la massa di dati analitici a disposizione, considerando solo le analisi nelle quali il bilancio ionico era reso accettabile dalla presenza delle misure relative ai maggiori ioni - Ca,

⁴ Per la maggior parte delle elaborazioni grafiche è stato utilizzato il software dedicato Aquachem 5.1.

Mg, Na, K, SO₄, Cl, HCO₃ – scartando le analisi in cui uno di questi mancava. Il database dopo questa operazione assommava a 167 analisi.

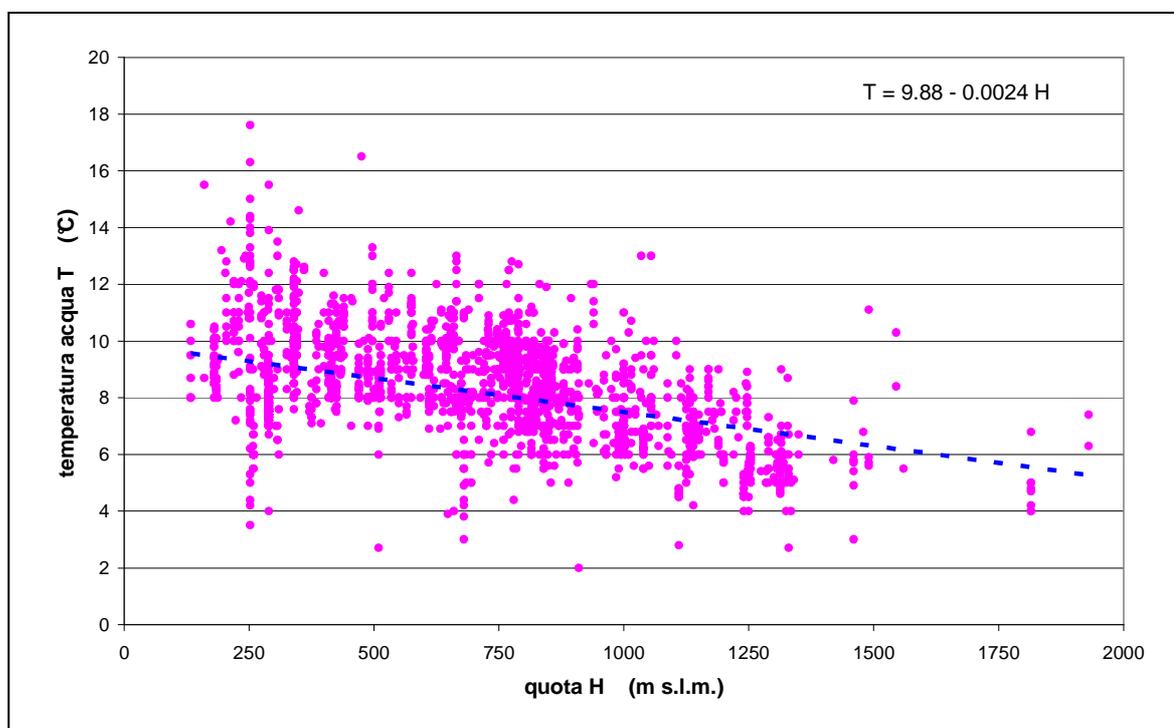


Fig. 2.5.1 - Temperatura dell'acqua in funzione della quota della sorgente.

Il diagramma di Schoeller (Fig. 2.5.2), con scala logaritmica delle ordinate, viene costruito utilizzando le forme ioniche più diffuse, riportate in milliequivalenti per litro (meq/l), in modo da ottenere dati confrontabili a prescindere dal peso atomico o molecolare. In questo diagramma va osservato l'andamento dei tratti di spezzata rappresentativi delle varie acque. Le spezzate di acque per le quali i meccanismi di interazione acqua-roccia si sono svolti in modo analogo si dispongono con andamenti tra loro paralleli o subparalleli, differendo eventualmente per il grado di concentrazione dei parametri (diversa posizione in altezza sulla scala logaritmica dei diversi segmenti). Le acque meno affini presentano invece andamenti discordanti dei tratti di spezzata. Nel diagramma si osserva chiaramente una tendenza comune

delle acque, in quanto le diverse spezzate nel complesso individuano un “fuso” ben definito, con valori di concentrazione molto simili soprattutto per Ca e HCO₃. Parametri distintivi delle varie acque sono soprattutto SO₄ e Mg, e, in subordine Na e Cl.

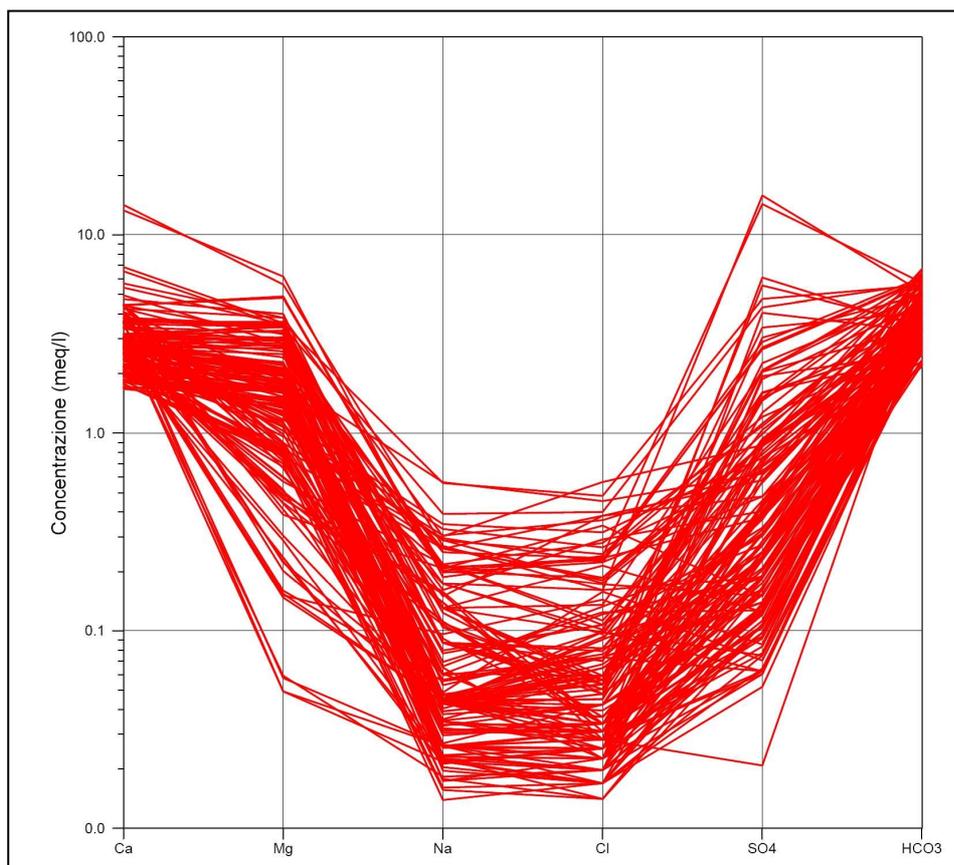


Fig. 2.5.2 – Diagramma di Schoeller

Una diversa rappresentazione per la classificazione delle acque sulla base degli ioni maggiori è data dal diagramma a diamante di Piper (Figura 2.5.3). In questo diagramma i punti analitici rappresentativi di ogni acqua, espressi in meq/l, compaiono in due triangoli, uno per gli anioni ed uno per i cationi, ed in una losanga, che rappresenta le caratteristiche globali dell'acqua. Acque aventi la medesima origine geochimica (ovvero acque risultanti da medesimi processi di interazione

acqua – roccia) si raggruppano in aree ristrette del diagramma, mentre le acque con diversa storia geochimica risultano distribuite in modo disperso nel diagramma. Il diagramma viene usato anche per la classificazione delle acque e per evidenziare eventuali rapporti di miscelazione tra diverse acque.

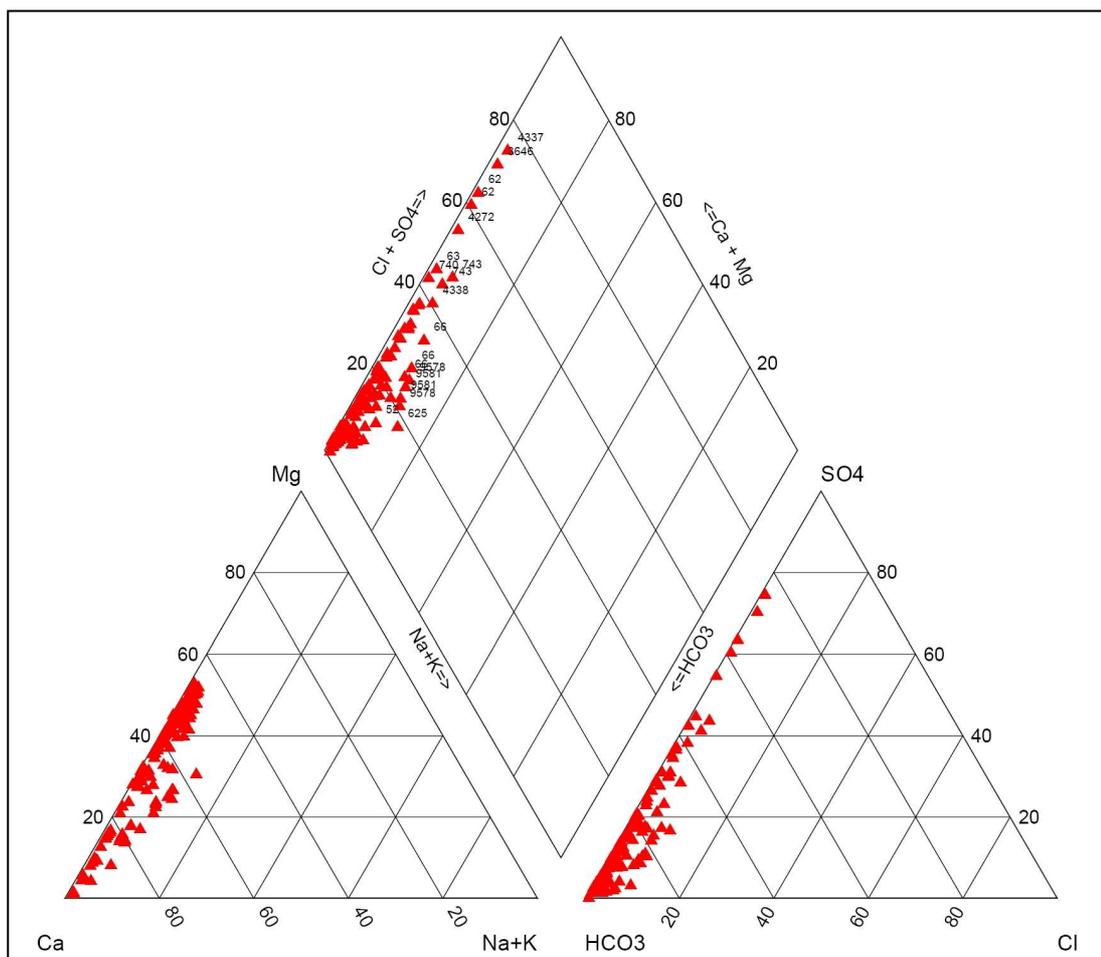


Fig. 2.5.3 – Diagramma di Piper per le acque sorgive del versante sinistro della valle dell'Adige.

Tutti i punti rappresentativi delle analisi si collocano nel campo delle acque bicarbonato-alcalino-terrose. Si ha una differenziazione che è governata dal contenuto in solfati, elevato per un distinto gruppo di sorgenti, che si trovano in

terreni della formazione del Bellerophon e della formazione di Werfen, contraddistinte dalla presenza di letti o lenti gessose.

La natura bicarbonato-calcico-magnesiaca delle acque ed il ruolo dominante dell'equilibrio Ca-HCO_3 è ulteriormente confermata dal diagramma della Fig. 2.5.4 in cui i campioni si allineano con un coefficiente di correlazione $R = 0.68$.

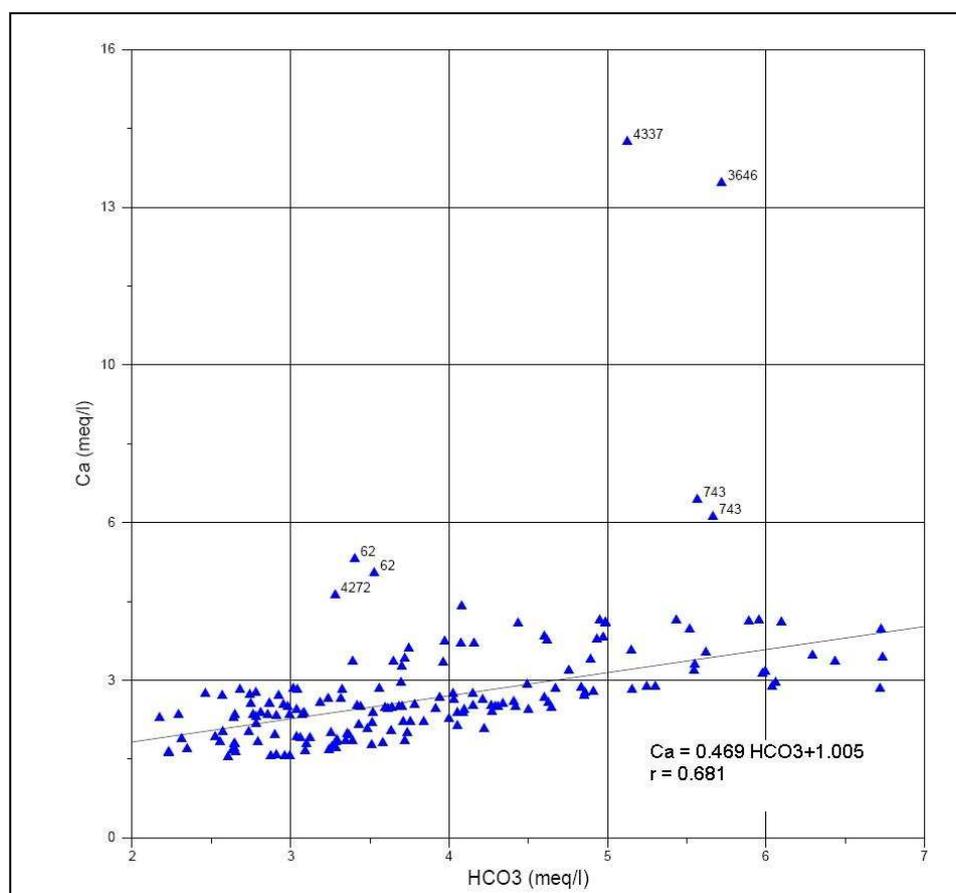


Fig. 2.5.4 – Correlazione bicarbonato di calcio – calcio. Sono evidenziate con i codici P.A.T. le sorgenti con acque a concentrazione di calcio molto alta. La retta di correlazione è calcolata sulle altre acque.

In Fig. 2.5.5 il diagramma pone in correlazione la concentrazione di solfato con quella di cloruri.

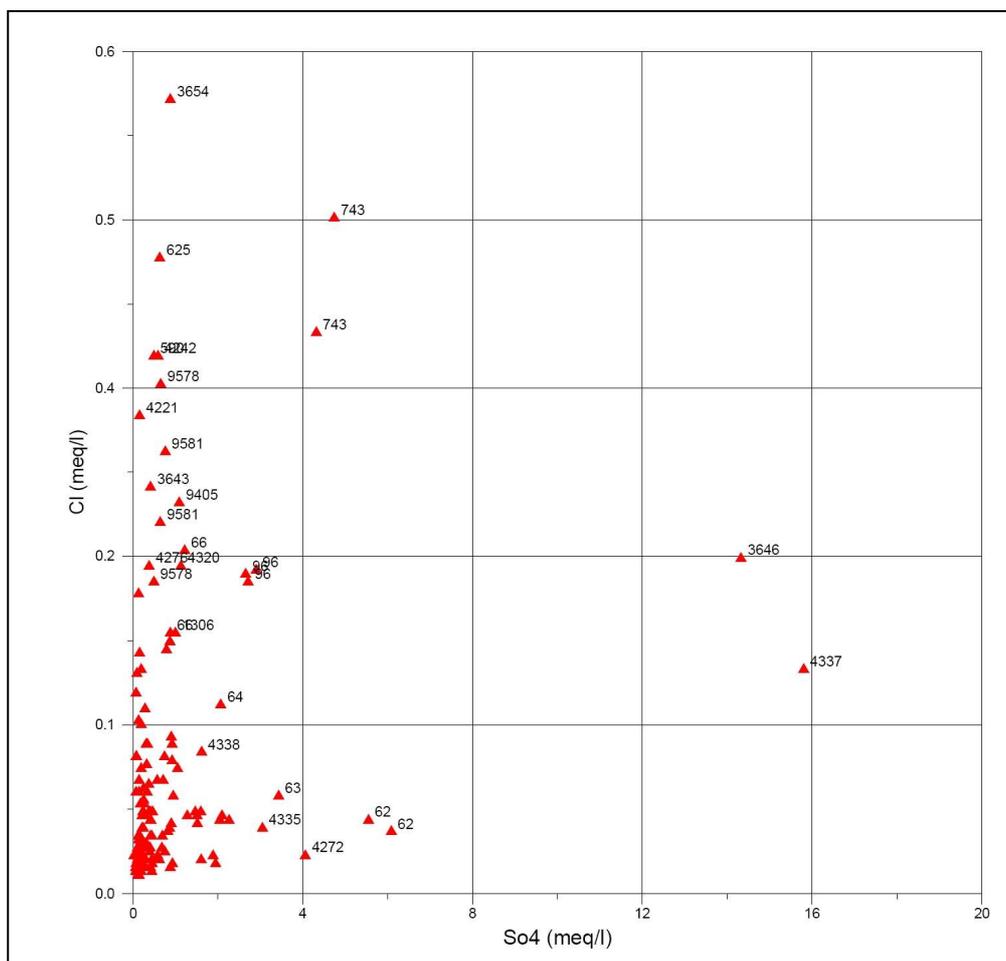


Fig. 2.5.5 – Correlazione solfati – cloruri. Sono evidenziate con i codici P.A.T. le sorgenti con le concentrazioni maggiori. Si confronti questo diagramma con il diagramma di Piper.

Per la maggioranza delle sorgenti il valore dei solfati è basso, e laddove è superiore, è riconducibile alla vicinanza di strati a livelli gessosi della formazione del Werfen, immediatamente sottostante la Dolomia Principale. Interessante risulta il tenore relativamente elevato di cloruri di alcune sorgenti (es. cod. 743 “Foll”, in terreni vulcanici rimaneggiati).

Sono stati presi in considerazione i rapporti di saturazione delle acque campionate, facendo riferimento all'indice di saturazione S_i ($S_i = \text{Log } I_{AP} - \text{Log } K_T$). Ove: S_i = indice di saturazione ; $\text{Log } I_{AP}$ = logaritmo del prodotto di attività ionica; $\text{Log } K$ = logaritmo del prodotto di solubilità, T = temperatura (APPELO & POSTMA,

1999). I rapporti di saturazione sono stati verificati rispetto alla calcite ed alla dolomite. Numerose sorgenti risultano sottosature rispetto ai due minerali (Fig. 2.5.6 e Fig. 2.5.7).

Un altro diagramma che può dare informazioni sui rapporti acqua-roccia dei punti analizzati è quello che correla il contenuto di Ba e Sr. In Fig. 2.5.8 viene riportato il diagramma, con scala logaritmica su entrambi gli assi, di tale rapporto. Correlazioni effettuate con campioni di roccia nell'area trentina (Borsato, 2000) hanno evidenziato che arricchimenti o impoverimenti in uno dei due componenti indicano contatto con rocce della formazione della Dolomia Principale o, con transizione attraverso i calcari, con termini litologici calcareo-marnosi.

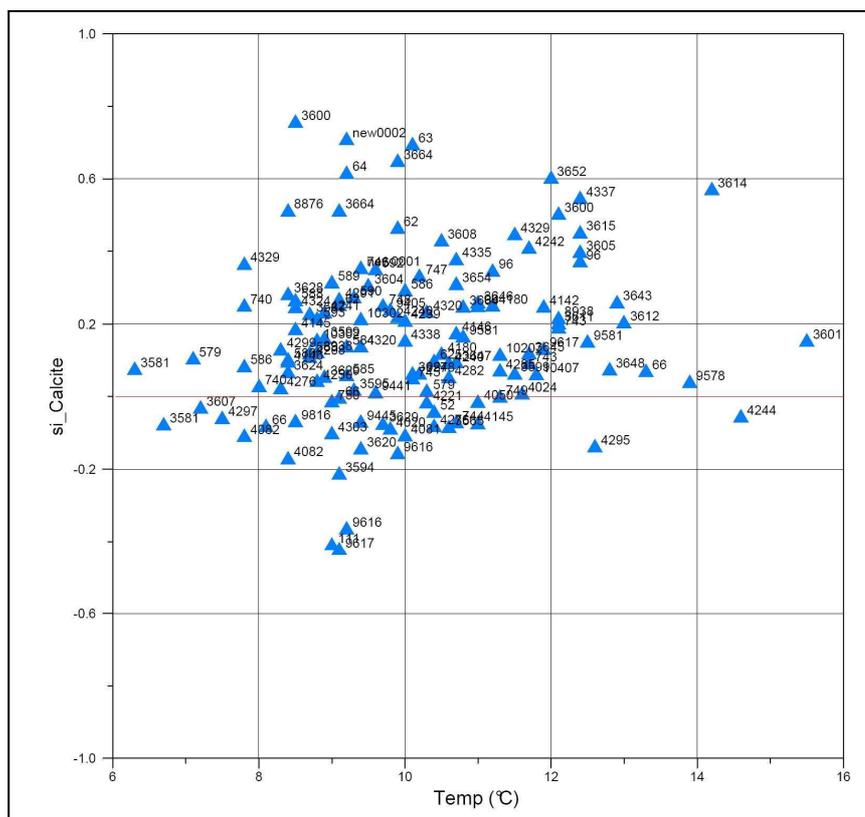


Fig. 2.5.6 -Valori dell'indice di saturazione rispetto alla calcite in funzione della temperatura. Le acque al di sopra della linea di valore zero sono sovrasature rispetto alla calcite, le acque sotto la linea sono sottosature.

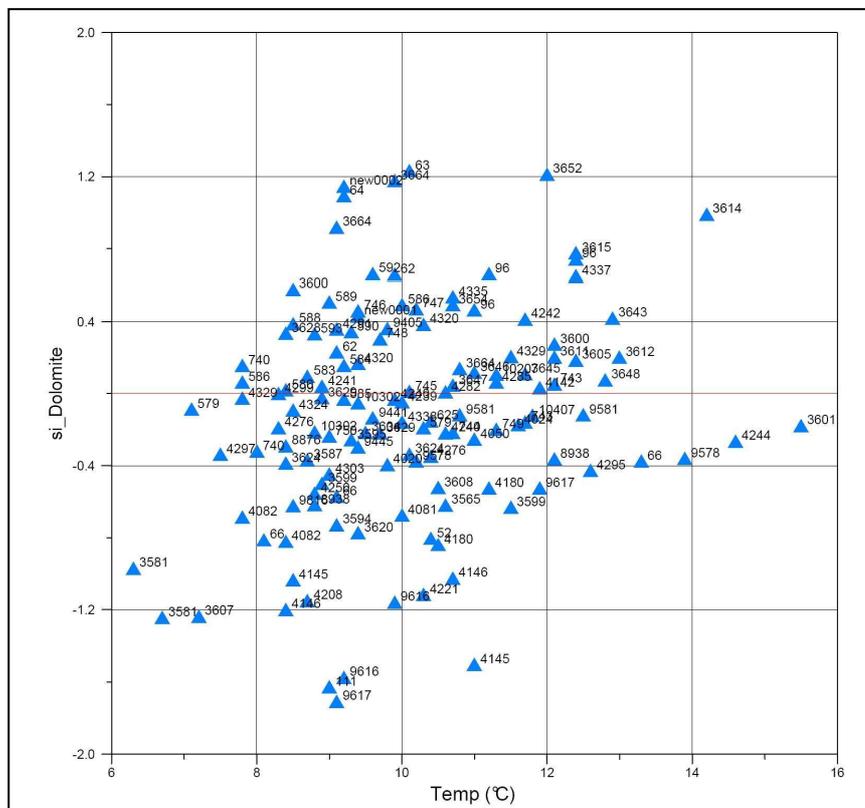


Fig. 2.5.7 -Valori dell'indice di saturazione rispetto alla dolomite in funzione della temperatura. Le acque al di sopra della linea di valore zero sono sovrasature rispetto alla dolomite, le acque sotto la linea sono sottosature.

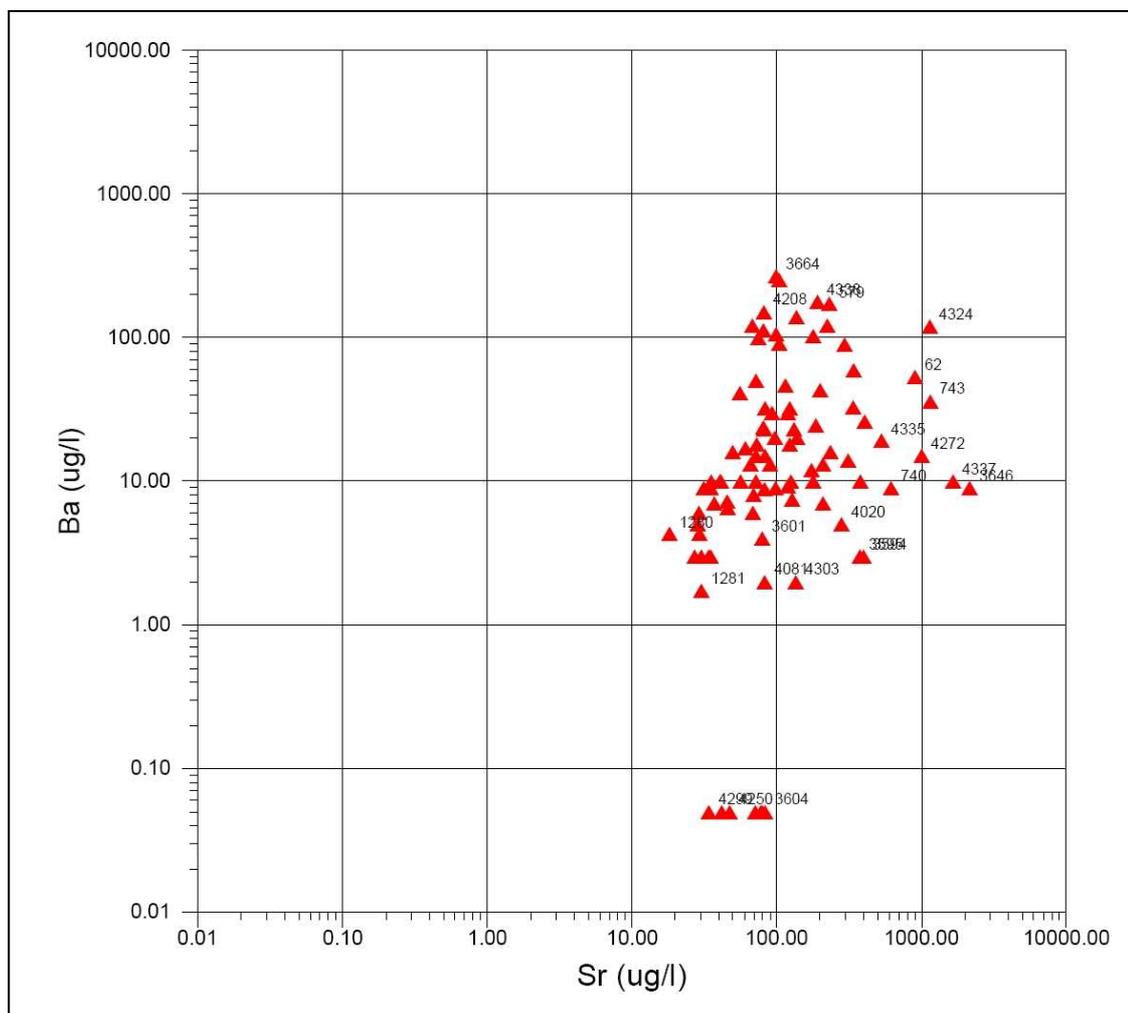


Fig. 2.5.8 – Correlazione stronzio – bario . Sono evidenziate con i codici P.A.T. le sorgenti con le concentrazioni maggiori e minori dei due elementi.

Sulle acque di trenta sorgenti, alcune delle quali importanti recapiti di fondovalle della circolazione idrica del versante, è stata ricercata la presenza di caffeina, secondo la metodica illustrata in Bazzoli et al. (2006), per evidenziare eventuali contaminazioni da acque reflue di provenienza civile, e, di conseguenza, interazioni con acque superficiali recapito dei reflui. In nessuna sorgente sono state rilevate concentrazioni di caffeina superiori ai limiti di rilevabilità.

3. *PRESENTAZIONE DELLE CARTOGRAFIE*

3.1 *CARTA IDROGEOLOGICA*

La carta idrogeologica del versante sinistro orografico della Val d'Adige, allegata come tavola 10-02.01 ÷ 10-02.11, riporta la suddivisione delle masse rocciose in complessi idrogeologici (definiti come indicato nel cap. 2), l'ubicazione delle sorgenti, dei corsi d'acqua principali, dei bacini lacustri e delle aree umide e (come rilevate dalla definizione della carta dell'uso del suolo della P.A.T.). Sono inoltre riportate le strutture tettoniche, riprese dalla cartografia geologica. Infine è riportata l'ubicazione dei pozzi che insistono sul versante; tra le migliaia di pozzi esistenti nel fondovalle, sono riportati solo quelli selezionati per il monitoraggio, che sono prossimi al versante.

La carta idrogeologica rappresenta con chiarezza la grande estensione areale sul versante investigato dei complessi idrogeologici mediamente o altamente permeabili, rappresentati con diversi toni di azzurro. Il complesso idrogeologico di maggior rilevanza, per estensione territoriale e per quantità di risorse che ad esso afferiscono, è quello che comprende le masse rocciose carbonatico-dolomitiche, per l'appunto denominato "complesso acquifero principale". Questo complesso interessa gran parte dell'area di indagine a partire dall'altezza di Trento verso Sud, comprendendo interi gruppi montuosi come la Vigolana, il Pasubio e le cosiddette "piccole Dolomiti" tra Rovereto ed il confine meridionale della provincia.

Altra caratteristica saliente direttamente rilevabile dalle cartografie e che ha una forte influenza da un punto di vista idrogeologico nell'area studiata è la presenza di importanti e persistenti strutture fragili (faglie) con andamento disposto principalmente secondo NW-SE (strutture scledensi), principalmente nei settori centrale e meridionale dell'area di studio. Esse hanno generalmente un carattere

compressivo, ma essendo state soggette a riattivazioni nel tempo (sono tuttora sismogenetiche) ed essendo impostate in gran parte su masse rocciose carbonatiche, hanno favorito l'instaurarsi di sistemi di circolazione idrica tettono-carsici.

Un dato rilevante che emerge dal confronto tra la posizione delle sorgenti e quella delle strutture tettoniche cartografate è che su 1037 sorgenti, ben 481 (46%) si trovano presso linee di faglia, e, di queste, 67 (6% del totale) sono presso intersezioni di faglie a direzione diversa.

3.2 PROFILI IDROGEOLOGICI

Nelle Tav. 10-05.01, 10-05.02, 10-05.03 e 10-05.04 sono presentati i profili idrogeologici longitudinali e trasversali all'asse della galleria. Le sezioni contengono la suddivisione secondo i principali complessi acquiferi, e caselle descrittive delle diverse situazioni lungo il tracciato longitudinale:

- tipo di complesso idrogeologico intercettato alle varie progressive;
- grado di permeabilità dell'ammasso roccioso: le classi di permeabilità sono state definite sulla base dei dati di letteratura e delle indagini geotecniche effettuate su litotipi analoghi affioranti nella provincia. All'interno di ogni classe possono comunque essere rinvenute variazioni di permeabilità anche molto significative. A titolo esemplificativo, i litotipi del Werfen, contenenti livelli di gessi, di per sè hanno un vettore di permeabilità perpendicolare agli strati di grado molto basso, ma possono essere caratterizzati da alta permeabilità per dissoluzione parallelamente agli strati stessi. La permeabilità per carsismo è stata rappresentata come "rischio potenziale" all'interno dei litotipi idonei allo sviluppo di tale fenomeno.
- manifestazioni idriche: le manifestazioni idriche sono state classificate tenendo conto di quanto proposto dalla classificazione dell'ammasso roccioso di Bieniawski (bRMR), in cui le venute d'acqua sono espresse in litri/min. per 10 metri di galleria. Le classi <5 l/min., 5-10 l/min., 10-25 l/min. sono state raggruppate tra gli "stillicidi e venute diffuse", mentre le classi 25-125 l/min., 125-300 l/min. e >300 l/min. sono state raggruppate tra le "venute principali".
- la persistenza (temporanea o permanente) delle venute è stata definita in funzione delle caratteristiche dell'acquifero intersecato dal profilo.

3.3 *CARTE TEMATICHE DERIVATE*

Dalla analisi in ambiente GIS dei dati a valenza idrogeologica, sono state tratte carte tematiche derivate, riportate a parte in Tav. 10-02.11. Si tratta di carte della distribuzione di alcuni parametri chimico-fisici delle acque sorgive (portata, temperatura, conducibilità elettrica).

4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

4.1 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DEL TRATTO DI COMPLETAMENTO NORD

Nella parte di territorio che sottende il tratto di completamento Nord del tracciato ferroviario la geologia di superficie e di sottosuolo è data da masse rocciose generalmente a grado di permeabilità da basso a medio (ignimbriti, riolaciti e rioliti del Distretto Vulcanico Atesino (DVA); e litologie della successione permo-triassica, con frequenti intercalazioni marnoso-argillose siltose. Le ignimbriti sono situate ad Est della Linea di Trodena, di cui costituiscono quasi sempre il tetto. Nel tratto meridionale esse sono sottoposte alle rocce sedimentarie permo-triassiche per contatto erosivo. Lungo la linea di Trodena le vulcaniti sono caratterizzate da forte uniformità litologica, con prevalenza di tipi riolitici. Le colate della piattaforma hanno dato luogo a “bancate” inclinate verso la Val di Cembra, con una disposizione del tipo a franapoggio, mentre verso il solco vallivo atesino danno luogo a pareti ripide (Venzo, 1962, v. Fig. 4.1.1).

Le rocce del DVA vengono in genere considerate come poco permeabili, con circolazione legata alle fratture da raffreddamento subaereo, e dunque limitatamente alla parte superficiale delle coltri ignimbritiche. Data la sovrapposizione di queste coltri, ci si può attendere una circolazione idrica anche a livelli intermedi nello spessore delle ignimbriti, ma la percolazione in profondità delle acque meteoriche è generalmente difficoltosa. Il complesso delle vulcaniti può essere quindi considerato in via preliminare come un “aquitard” rispetto alle altre formazioni presenti nell’area.

Le Arenarie di Val Gardena sono rappresentate da alternanze di sedimenti a granulometria varia, con livelli argillitici e livelli grossolani a breccie che giungono a

5-6 mm di diametro. Tipicamente i materiali più grossolani si riscontrano nella parte mediana di ogni singolo strato.

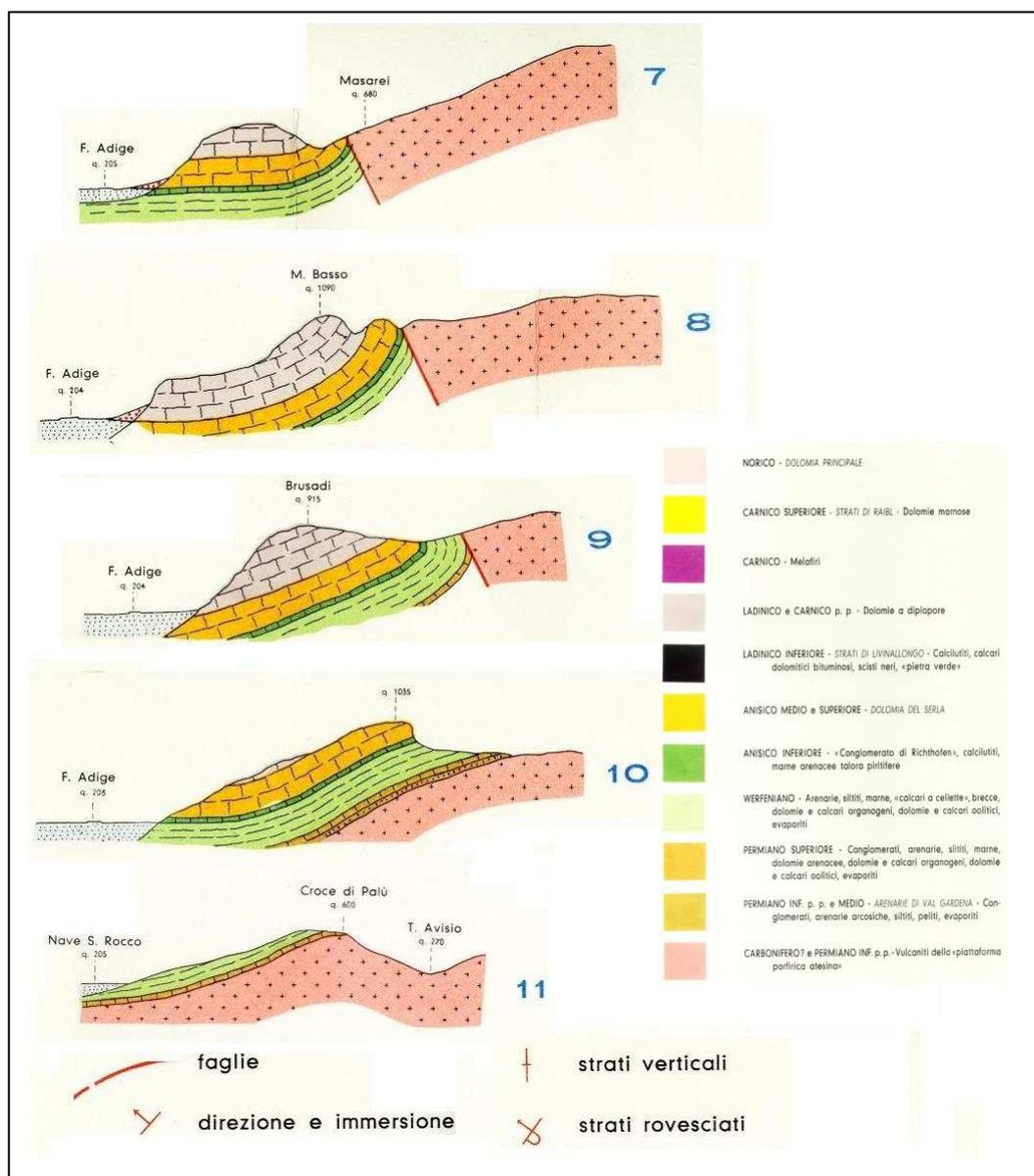


Fig. 4.1.1 - Sezioni geologiche tra la Valle dell'Adige e la Val di Cembra, da Venzo (1962). Le sezioni evidenziano una generale immersione delle stratificazioni verso la valle dell'Adige.

Le numerose formazioni del complesso permo-triassico sono in generale caratterizzate dalla presenza di intercalazioni marnoso-argillose e siltitiche, che impediscono la percolazione delle acque e le rendono classificabili come poco o nulla permeabili "in grande". Sono tuttavia presenti orizzonti a componente calcarea o calcareo-dolomitica, ed anche livelli gessosi, soggetti a dissoluzione nelle aree interessate da tettonica intensa, che possono impartire al complesso un carattere di multiacquifero a bassa permeabilità.

In questo tratto del versante atesino le sorgenti sono relativamente poco numerose, ed appaiono legate principalmente ad una ricarica meteorica e da scioglimento delle nevi, con una possibile duplice circolazione idrica:

- una circolazione entro i depositi detritici olocenici ed i depositi glaciali pleistocenici;
- una circolazione in roccia, condizionata dalle soglie di permeabilità tra le varie litologie, limitata alla parte corticale delle masse rocciose. Il rinserramento delle fratture in profondità ed il loro riempimento da parte di prodotti di alterazione delle rocce in senso argilloso ostacola lo sviluppo di una circolazione profonda.

Tipicamente dunque la circolazione idrica in questo tratto di versante è limitata agli spessori più superficiali.

Le caratteristiche dei pozzi per acqua posti in questo tratto del versante confermano questo modello idrogeologico: si tratta di pozzi a profondità in genere limitata, spesso inferiore ai 50 metri, con portate scarse, mediamente inferiori a 0.4 litri/secondo: molti risultano peraltro alimentati nel loro tratto superficiale, da terreni quaternari o dal cappellaccio di alterazione. Anche i pochi pozzi profondi oltre 100 m non danno portate superiori.

Un caso particolare di circolazione idrica è rappresentato dall'antica area mineraria trentina, sviluppatasi sui terreni permo-triassici della dorsale tra Trento e Albiano, ove le centinaia di cavità e di inghiottitoi artificiali creati dalle escavazioni minerarie hanno creato una sorta di serbatoio per le acque di infiltrazione meteorica,

che costituisce la ricarica di numerose sorgenti, alcune delle quali a servizio degli acquedotti comunali (e.g. la sorgente cod. 63 "Pralungo", presso Montevaccino di Trento e alcune sorgenti dell'area di Fornace).

Tra Lavis e Trento l'area del Calisio, con affioramenti di rocce del complesso acquifero principale, risulta povera di risorse in superficie: la struttura tettonica nota come Linea del Calisio, ad andamento NW-SE ha creato una zona cataclastica molto estesa, ma ricerche idriche spinte a profondità di un centinaio di metri nella stessa hanno evidenziato circolazioni piuttosto povere, simili a quelle dei pozzi nelle vulcaniti (1.3 L/s a Montevaccino), se non sterili.

4.2 *INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DEL TRATTO PRIORITARIO*

Il tracciato nel tratto della circonvallazione Trento Rovereto si sviluppa lungo la transizione tra due distinti domini geologici ed idrogeologici. A Nord l'area fa ancora parte del dominio del DVA, mentre a Sud, a partire circa dall'altezza di Mattarello, si entra in un contesto geologico dominato da massicci carbonatici, che persisterà sino al confine meridionale della provincia, in un quadro strutturale in cui spiccano per frequenza ed importanza le strutture scledensi NNW-SSE.

Nell'area del comune di Trento e dei limitrofi comuni del versante sinistro la situazione idrogeologica è resa complessa dalla transizione tra i due domini sopra evidenziati, condizionata dalla intersezione di diversi sistemi tettonici (giudicariense, valsuganese e scledense) e resa intricata dalla irregolare geometria delle vulcaniti e dalla presenza del grande ammasso di frana del versante occidentale del Monte Marzola. Il versante della Marzola è ricco di piccole sorgenti, che alimentavano in passato i piccoli acquedotti dei sobborghi di Trento, e che oggi fanno ancora parte

del sistema distributivo dell'acquedotto cittadino, sia pure come elementi minori e gestionalmente disorganici della rete distributiva collinare.

Un primo inquadramento idrogeologico di queste sorgenti venne dato da Giovanbattista Trener (Cristofolini & Trener, 1926), che enfatizzò la funzione delle masse rocciose dolomitico-calcaree e del substrato del complesso permio-triassico, senza però riconoscere una funzione di serbatoio al corpo di frana della Marzola. Si tratta di sorgenti a circolazione subsuperficiale, con alimentazione per ricarica diretta meteorica. Quelle poste alle quote basse (inferiori ai 700 m s.l.m.) sono frequentemente contaminate da coli fecali, e prove di tracciamento hanno rivelato la loro vulnerabilità a sversamenti superficiali (Giovannini, 1999). La rilevazione di caffeina in alcune di queste sorgenti (Bazzoli et al., 2006) conferma contatti con acque reflue di provenienza domestica (probabilmente da fosse settiche poste nell'area di ricarica).

Le sorgenti del versante sud della Marzola e del versante nordoccidentale della Vigolana sono state studiate da Fuganti et al. (1994) e da Studio Geologico Associato GeoAlp (2003). In base a raffronti fra il regime delle sorgenti e le precipitazioni, a dati geochimici (di cui un esempio è riportato in Fig. 4.2.1) e a dati isotopici, risulta che la circolazione che alimenta le sorgenti in queste zone è di tipo superficiale, con ricarica data da infiltrazione diretta delle acque meteoriche e di scioglimento delle nevi, e con circolazione entro depositi detritici e di debris-flow, sostenuta da potenti spessori di morena di fondo e/o da rocce a bassa permeabilità.

Ricordiamo che le aliquote di acqua che percolano entro le fratture delle rocce dipendono in gran misura dalla conducibilità idraulica dei suoli che ricoprono il substrato roccioso. Nel caso delle coperture di terreni di origine glaciale, lo strato di suolo più vicino al substrato roccioso è generalmente una morena di fondo a bassa

conducibilità idraulica che, come nel caso della Vigolana, ostacola la percolazione in profondità delle acque meteoriche e di scioglimento delle nevi (Soveri, 1971).

Nella citata indagine GeoAlp (2003) è stato effettuato un bilancio idrogeologico dei bacini imbriferi sottesi dalle sorgenti del versante nord della Vigolana, ricavando per la ricarica in profondità degli acquiferi carsici una disponibilità di circa 1.7 milioni di metri cubi all'anno (pari ad una sorgente con portata continua di circa 56 L/s).

Si hanno quindi indicazioni che le sorgenti dell'area della Vigolana, per il tipo di circolazione che le caratterizza, non dovrebbero essere impattate dai lavori di realizzazione della galleria ferroviaria, mentre vi è una aliquota di risorsa consistente per la ricarica degli acquiferi profondi del massiccio carbonatico (acquifero principale).

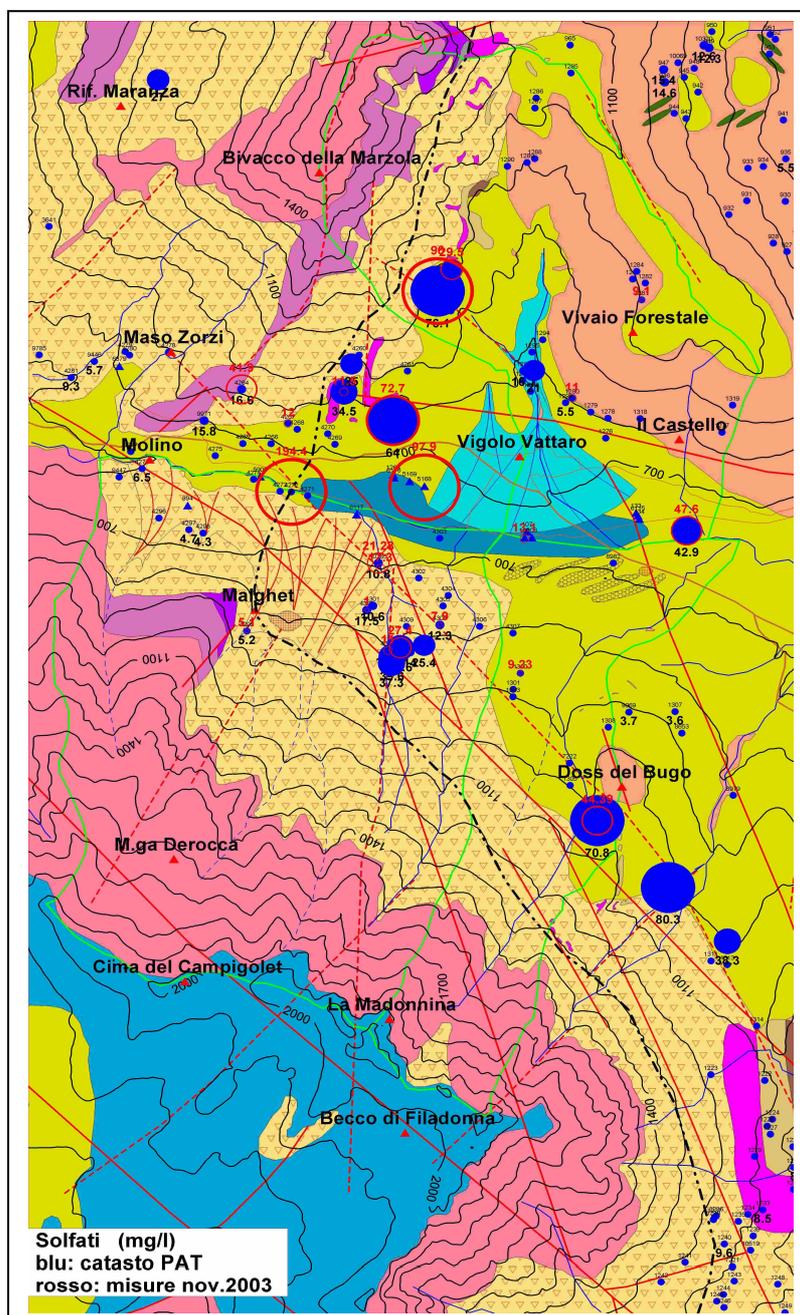


Fig. 4.2.1 – Versanti della Vigolana e della Marzola, carta della concentrazione dei solfati. Studio Geologico Associato GeoAlp (2003).

Riteniamo opportuno introdurre di seguito, prima di procedere nell'inquadramento areale, una breve descrizione delle caratteristiche della circolazione del complesso idrogeologico qui denominato "acquifero principale".

La presenza concomitante, nel tratto di versante fra Mattarello e Borghetto, di una predominanza di litologie carbonatiche e di un fascio di faglie di importanza regionale, ha determinato lo sviluppo di una circolazione idrica profonda prevalentemente di tipo tettono-carsico, impostata sia entro le formazioni rocciose più calcaree e carsificabili (formazioni del Gruppo dei Calcari Grigi), sia entro i termini dolomitizzati (Dolomia Principale), che costituiscono la parte più profonda dell'acquifero e giungono alla quota del livello di base, localmente dato dal fondovalle atesino e dei corsi maggiori d'acqua affluenti in sinistra orografica.

Le dolomie sono, in grande, meno permeabili rispetto ai calcari, sia perché la dissoluzione carsica è meno efficace su di esse, sia perché sono frequenti in esse delle sottili interstratificazioni marnoso-argillose. Il minor grado di permeabilità delle dolomie è stato esplicitato nelle sezioni idrogeologiche del versante delle tavole 10.05. Le zone di faglia e frattura sono però linee di sviluppo preferenziale della dissoluzione carsica, che lungo le stesse può determinare una circolazione idrica anche rilevante. Sono quindi anche linee di deflusso preferenziale. Un fattore di cui tener conto nell'analisi idrogeologica è anche che nell'area in esame la gran parte delle strutture tettoniche che pervadono le masse dolomitico-carbonatiche sono state generate da una tettonica compressiva: le deformazioni sismotettoniche comprimono le masse rocciose e tendono a creare, lungo i piani di faglia, prodotti di frizione (cementanti), più che ad allargare le fratture. Anche i riempimenti delle fratture dati dalle argille residuali dell'attacco carsico e dal dilavamento delle argille di interstrato in teoria rendono le discontinuità in dolomia principale meno permeabili. In situazioni di forte carico idraulico (vicinanza alla base del complesso acquifero) e in

contestuale presenza di intersezioni di sistemi di faglia e fratturazione diversamente orientati fra loro (aree intensamente tettonizzate) si può sviluppare una circolazione consistente. Le ricche emergenze sorgive in Dolomia Principale nelle località Acquaviva e Spino sono un esempio reale di questo semplice modello concettuale. Laddove invece la massa rocciosa risulti relativamente poco disturbata, o a quota molto superiore dal livello di base, la circolazione idrica è ridotta. Le indicazioni provenienti dallo scavo della galleria/serbatoio (circa 3 Km) dell'acquedotto di Rovereto sono una conferma in questo senso (Bartolucci, 1990).

Il regime della circolazione entro l'acquifero principale, così come sopra schematizzato, segue il modello della circolazione in blocchi.

L'attraversamento di fasce cataclastiche da parte del tunnel può, attraverso il drenaggio indotto dallo scavo, dilavare della matrice fine il riempimento delle cataclasiti, innescando lo svuotamento accelerato della fascia fratturata.

Riprendendo il filo dell'inquadramento idrogeologico del tratto prioritario del tracciato, nel versante da Mattarello sino a Serravalle affiorano rocce carbonatiche carsificabili, in cui si ha una infiltrazione efficace relativamente elevata delle acque meteoriche, che vanno ad alimentare acquiferi profondi. Questi, all'altezza del livello di base, costituito dalla quota dell'Adige, o del torrente Leno a Est di Rovereto, sversano nelle alluvioni di fondovalle, in modo visibile, come nei pressi di Acquaviva (località al confine tra i comuni di Trento e di Besenello), o in modo occulto, con sversamenti sotterranei, come a Besenello. I recapiti profondi nel fondovalle atesino da Trento a Rovereto non sono per il momento sfruttati: è in corso la captazione di una parte dell'acquifero profondo ad Acquaviva, per l'acquedotto della città di Trento, e alcune sorgenti collegabili a questo tipo di circolazione sono captate a Besenello.

Nel complesso, tuttavia, la maggior parte di questa risorsa profonda non è ancora stata presa in considerazione per lo sfruttamento.

Il recapito più consistente dell'area, presso Acquaviva, non verrà minacciato dall'opera, che volutamente in corrispondenza di questa zona segue un tracciato esterno al versante, in fondovalle.

Per quanto riguarda le altre sorgenti in quota sul versante al di sopra del tracciato, è in corso la definizione della loro situazione idrogeologica, che è preliminare all'analisi degli impatti. Queste sorgenti sono tuttavia poco numerose.

Nell'area roveretana il recapito più consistente ed importante è dato dalla sorgente cod. P.A.T. 4082 "Spino", sul fondovalle del torrente Leno di Vallarsa, a monte del lago artificiale di San Colombano. Per questa sorgente, a temperatura molto costante, è accertata mediante traccianti una ricarica dall'area del Pasubio, che avviene secondo lo schema addietro delineato di circolazione tettono-carsica e che è stato verificato con studi appositi (Getas, 1988). Lo stesso vale per la sorgente Molino (cod. PAT 4081), sita poco a valle della prima, ma non captata. Altri recapiti accertati dello stesso sistema che alimenta le sorgenti Spino e Molino sono costituiti dalle sorgenti temporanee Rocchi (cod. PAT 4149 e 4150), presso il fondovalle del Leno di Terragnolo, pure non captate. Il sistema carsico del Pasubio appare classificabile come un sistema a dreni interdipendenti, con sottosistemi indipendenti (immissioni di traccianti in aree di faglia nella parte altimetricamente inferiore del massiccio hanno dato esiti positivi alla sorgente Molino, ma non alla sorgente Spino).

La zona montuosa appena ad est di Rovereto appare invece povera di risorse, con poche e scarse sorgenti sia alle alte quote (Moietto, cod. PAT 3609, presso Noriglio) che alle quote inferiori (loc. Coste, presso Lizzana, cod. PAT da 3580 a 3586).

4.3 *INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DEL TRATTO DI COMPLETAMENTO SUD*

La situazione geologico-strutturale nel tratto di versante sotteso dal tratto di completamento Sud non è molto dissimile da quella del tratto prioritario. Verranno attraversati dal tracciato massicci carbonatici, con affioramento in superficie delle medesime litologie, e che sono ancora intersecati dall'ampio fascio di faglie scledense. Di conseguenza il modello idrogeologico concettuale rimane invariato rispetto alla parte sud del tratto prioritario. Si rileva una maggiore intensità dei fenomeni carsici, superficiali e profondi, nel tratto di versante a Sud di Ala. Recapiti quantitativamente consistenti dell'acquifero principale nel fondovalle si hanno in due aree: a Santa Margherita di Ala, ove il tracciato correrà in fondovalle senza minacciare le fonti, peraltro solo parzialmente sfruttate; e a Sud di Ala, in località Peschiera, ove la sorgente cod. 3565 "Acqua Sacra" alimenta una itticoltura. Sul versante, come nel tratto ad Est di Rovereto, si hanno solo poche emergenze. Tra esse le più importanti sono al servizio dell'acquedotto di Ala e sono in fase di studio; si può sin d'ora dire che queste fonti sono legate a circolazioni superficiali, entro depositi detritici, o a circolazioni di subalveo torrentizio.

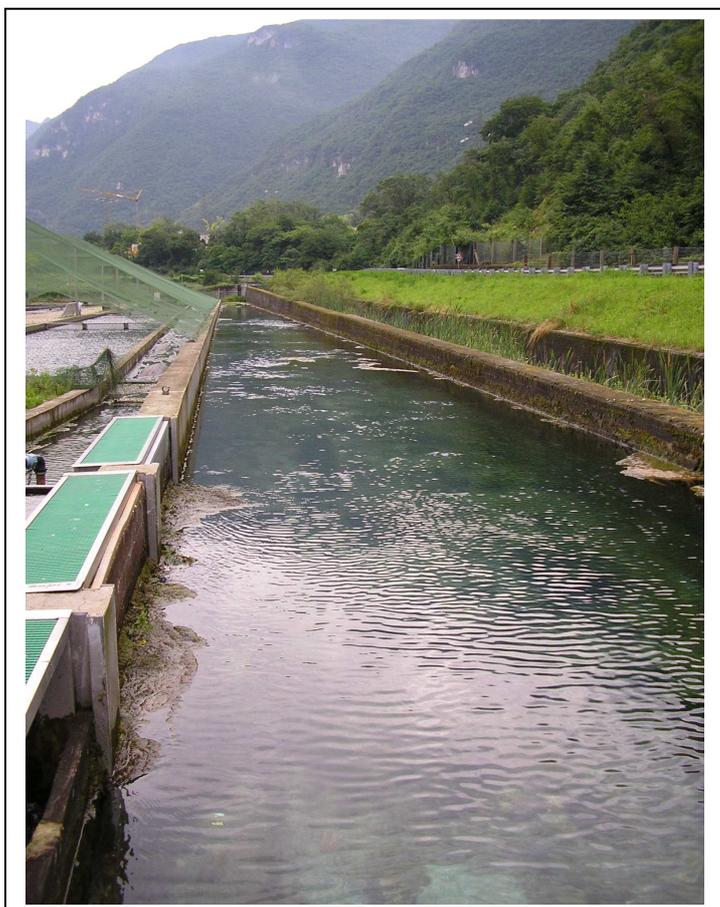


Fig. 4.3.1 – Sorgente 3565 “Acqua Sacra”.

5. ANALISI IDROGEOLOGICA DI DETTAGLIO LUNGO IL TRACCIATO

5.1 TRATTO PRIORITARIO: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO E ROVERETO

Il tratto prioritario è stato suddiviso in zone omogenee. Per ogni zona omogenea si fornisce un breve inquadramento della situazione geologica ed idrogeologica lungo il tracciato; ad esso fa seguito la segnalazione delle possibili problematiche idrogeologiche per l'opera (valutazione delle possibilità di "inflows") e degli impatti sulle risorse idriche. Le considerazioni idrogeologiche relative ai possibili impatti sulle risorse idriche sono state condotte presumendo un tunnel drenante. Per la lettura e comprensione dell'analisi è necessario fare riferimento alle Tavole 10.05.01, 10.05.02 e 10.05.03 (profili e sezioni idrogeologiche).

5.1.1 ACCESSO DA TRENTO NORD (SCALO FILZI)

Il progetto preliminare prevede un accesso in sotterraneo alla parete rocciosa di fronte allo scalo Filzi delle RFI, con interrimento progressivo sino alla quota di scavo. L'area, a causa della presenza dello sperone roccioso costituito dal Doss Trento, si trova in corrispondenza della sezione di minor larghezza di tutto il tratto trentino della Valle dell'Adige. Tra il Doss Trento e la parete rocciosa in sinistra Adige la larghezza della valle è infatti di circa 900 m. In Fig. 5.1.1 viene riportata la situazione piezometrica nell'area alla prima settimana di luglio 2007. Allo scalo Filzi la piezometrica era a circa 188 m s.l.m. La direzione di flusso segue quella dell'asta atesina (da NNW verso SSE). In Fig. 5.1.1 è riconoscibile la distorsione delle isofreatiche per l'effetto di depressione indotto dal pompaggio della barriera idraulica dell'area Carbochimica.

Non è nota la profondità della valle nell'area di interesse, né lo spessore dell'acquifero. La litologia è data da ghiaie con sabbia e da sabbie.

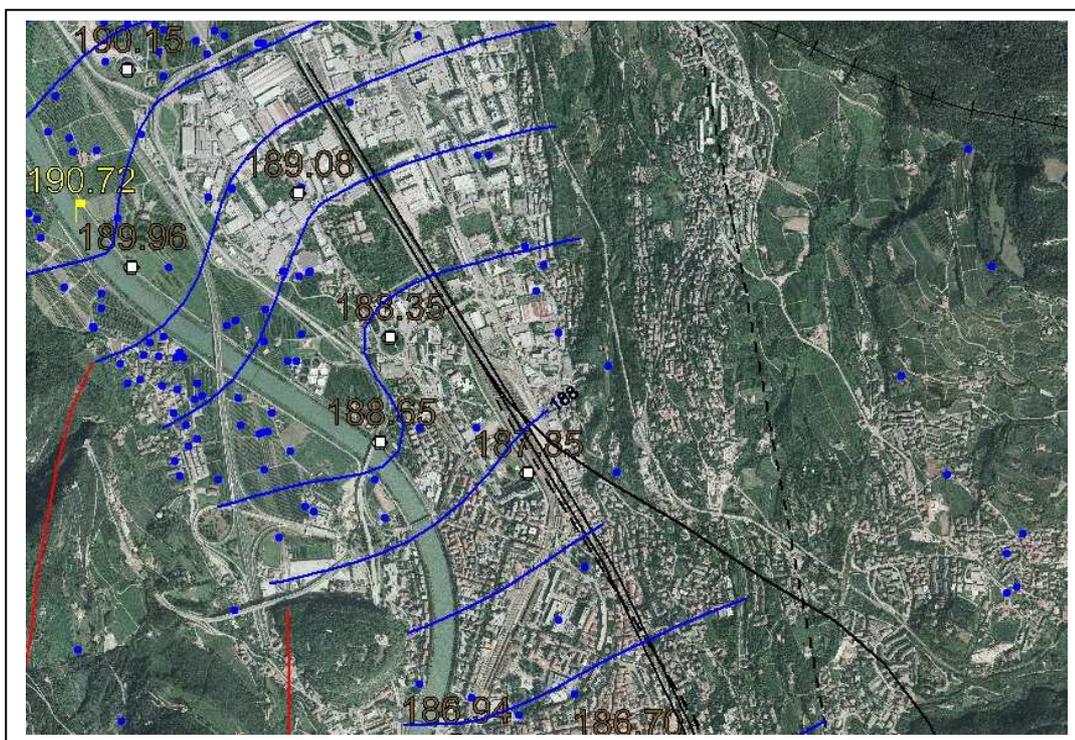


Fig. 5.1.1 – Situazione piezometrica del fondovalle atesino in corrispondenza della zona dello scalo Filzi dal 02 al 04 luglio 2007. Equidistanza delle isofreatiche: 0.5 m. In giallo la quota del pelo dell'acqua del Fiume Adige.

Il piano campagna della zona è di circa 193 m s.l.m., con una soggiacenza della falda pari a circa 5 metri. Per la realizzazione delle opere in interrato sarà necessario aggottare la falda con un emungimento prolungato. Le complicazioni progettuali possibili sono:

1. possibilità di cedimenti per subsidenza indotta dal pompaggio nei dintorni del cantiere, con danni ai fabbricati. Questo rischio potrà essere ridotto adottando un confinamento artificiale, che consenta di ridurre le portate di emungimento e di limitare l'area di influenza del pompaggio.
2. nella zona in cui il tracciato ferroviario viene interrato l'acquifero è inquinato, per la presenza del sito contaminato di interesse nazionale

Trento Nord. Gli emungimenti possono comportare il richiamo di acque inquinate verso l'area di cantiere, con le complicazioni conseguenti (impossibilità di scarico in corsi d'acqua, estensione dell'inquinamento). Questo rischio risulta in parte ridotto per l'azione di confinamento della zona contaminata esercitata dalla barriera idraulica già operativa nell'area. Può essere ulteriormente ridotto adottando i diaframmi citati al punto precedente. L'emungimento va progettato in modo tale da non interferire con l'attività della barriera idraulica e possibilmente in modo da ottimizzare gli effetti complessivi. La barriera idraulica è stata realizzata in modo flessibile (agisce attualmente con un pozzo in emungimento su tre disposti in linea) e la sua azione sul campo di flusso può essere adattata modulandone i prelievi.

3. a lavori ultimati la struttura interrata potrebbe costituire una barriera trasversale alla direzione di flusso normale dell'area, causando la risalita di falda nel tratto a monte della struttura, con rischio di allagamento dei piani interrati degli edifici esistenti. La predisposizione di opere di drenaggio, subsuperficiale ed anche profonde, realizzabili in contemporanea all'esecuzione dei diaframmi, consente di risolvere questa problematica.

Da quanto sopra emerge comunque la necessità di realizzare, in vista della predisposizione del progetto definitivo, un modello idrogeologico numerico dell'area, da collegare, integrandolo, a quello già realizzato dal Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Trento per il sito inquinato di Trento Nord, che consenta di simulare e valutare gli effetti, anche geotecnici, degli emungimenti e delle azioni di mitigazione degli impatti. Il modello può essere realizzato sulla base della rete, piuttosto fitta, di piezometri e di pozzi esistenti nella zona.

5.1.2. ZONA OMOGENEA 1 - PROGRESSIVE 3430 -8630

Alla progressiva (pg). ca. 3930 viene intercettata la zona a maggior permeabilità del tetto del complesso acquifero principale, passando dal Rosso Ammonitico al gruppo dei Calcari Grigi (formazione di Rotzo). Questo acquifero è permeabile per fratturazione e carsismo. L'acquifero è sigillato verso N dal contatto tettonico con la formazione di Ponte Pià, data da siltiti poco permeabili. Due faglie, ad andamento giudicariense (NNE-SSW) di cui una identificata come diretta,

attraversano la copertura giurassico-cretacea e sono intersecate dal tracciato. La stratificazione immerge blandamente, con ondulazioni, verso l'asta atesina (v. sezione geologica 1 a fine capitolo). Nel bacino sotteso da questa tratta, sino all'asta del Fersina e con l'esclusione delle fonti collegate alla faglia Trento - Roncogno, si trovano 23 sorgenti poste nella zona tra Martignano, Cognola e Ponte Alto, con portata complessiva di circa 200 l/s. Di queste, 3 sorgenti si trovano a meno di 400 m dal tunnel, e 8 sono presso faglie che intersecano il tracciato.

La faglia Trento - Roncogno è una struttura tettonica compressiva legata al fascio valsuganense, disposta con direzione circa E-W e con litotipi poco o nulla permeabili lungo il fianco S. La situazione idrogeologica ai due estremi della linea è la seguente. Nella zona di Roncogno (Valsugana), al piede del versante Est della dorsale Monte Celva – Monte Marzola, vi sono evidenze di emergenze sorgentizie che alimentano il torrente Fersina, posto poco ad Est; all'estremo opposto, a Trento, si trova il conoide del torrente Fersina, il cui apice è prossimo alla posizione della faglia, e che è un acquifero importante, che si interdigita con le alluvioni di fondovalle. Nel bacino (peraltro di estensione ridotta) sotteso da questa zona di faglia, sono censite solo tre sorgenti, di secondaria importanza. La faglia determina un limite di permeabilità, lungo il quale vengono drenate le acque dell'acquifero principale.

Sono da attendersi consistenti venute d'acqua in galleria all'intersezione le faglie NNE-SSW, che rappresentano un asse di deflusso preferenziale e lungo le quali si sono verosimilmente innescati, come del resto in tutta la regione, deflussi a genesi tettono-carsica.

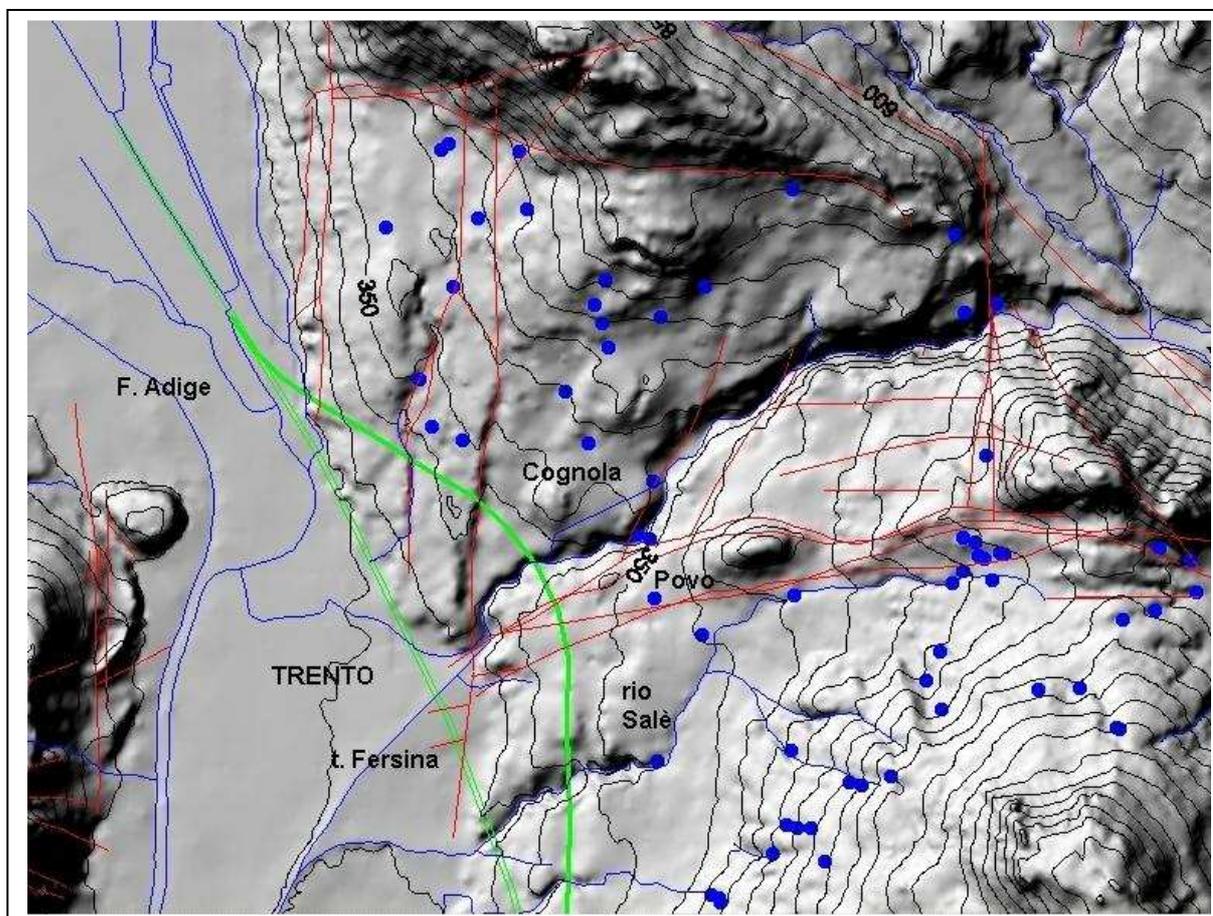


Fig. 5.1.2 – *Mappa a rilievo del territorio sotteso dalle pg. 1630-8630 con indicazione delle strutture tettoniche (in rosso), dell'idrografia superficiale e delle sorgenti (in blu). Tracciato del tunnel in verde.*

Tra le progressive 3930 e 4930 si avranno le condizioni di maggior drenaggio. La copertura relativamente ridotta favorirà l'instaurarsi di un drenaggio a lungo termine in prossimità della superficie, con impatto sulle risorse collegate a strutture tettoniche, anche laddove affiorano litotipi a bassa permeabilità.

Le portate delle singole risorse che potranno essere impattate sono in genere alquanto ridotte. La risorsa per la quale il rischio idrogeologico è maggiore è la

sorgente Ponte Alto, al servizio dell'acquedotto cittadino, con una portata di circa 45 l/s, per la quale andrebbero adottate misure compensative.

L'intersezione con la faglia Trento – Roncogno rappresenta un punto critico, in quanto la faglia può rappresentare un importante elemento di drenaggio del sistema idrogeologico locale. In galleria sono da attendersi consistenti venute d'acqua. L'impatto di un incrementato drenaggio tramite la faglia sulle risorse idriche potrebbe avere riflessi significativi nel caso di un deflusso idrico lungo la stessa che si svolgesse con direzione da E verso W, favorito dalla giacitura della stratificazione dei litotipi permeabili e la maggiore altitudine della terminazione valsuganese. Un elemento di rassicurazione in merito sta nel fatto che nella zona di Roncogno e località Mochena sono presenti sedimenti argillosi di un antico bacino lacustre, che fanno da substrato alle alluvioni del torrente Fersina. Si ritiene opportuno che per il progetto definitivo vengano approfondite le conoscenze idrogeologiche sulla faglia, con sondaggi e prove di tracciamento.

Dalla progressiva 5630 il tracciato intercetta formazioni a bassa permeabilità, costituite da filladi, sino alla pg. 6780 ca., e da qui alla pg. 8130, da vulcaniti del Distretto Vulcanico Atesino. Si potranno avere modeste venute d'acqua in corrispondenza della faglia alla pg. 5910. Sino alla pg. 8580 vengono intercettate le Arenarie di Valgardena e la formazione a Bellerophon, a bassa permeabilità e che possono dar luogo a venute d'acqua modeste. Non si riscontrano particolari problematiche idrogeologiche in questa zona. Alla pg. 8430 si interseca un lineamento morfologico evidente (Fig. 5.1.3), con direzione valsuganese (ENE-WSW), che può corrispondere anche ad un limite di frana. Lungo questo lineamento si ha un allineamento di sorgenti, di cui alcune importanti per l'acquedotto della città di Trento. Sempre lungo questo allineamento si trovano, alla base del versante (a valle del dosso di San Rocco), i pozzi dell'acquedotto comunale in località Madonna

Bianca, che sono dismessi da tempo per eccesso di solfati nelle acque. I solfati dimostrano il contatto con le formazioni con lenti ed orizzonti gessosi, come per l'appunto vi sono nella formazione a Bellerophon. I livelli di gessi presenti nella formazione a Bellerophon possono rendere aggressive le acque circolanti in questa formazione.

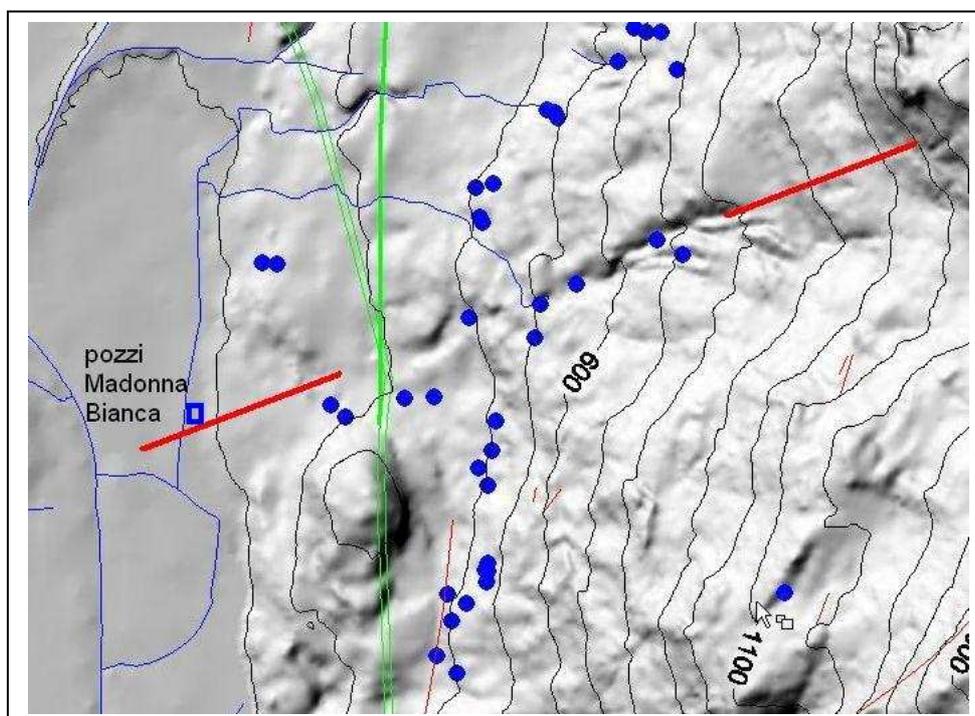


Fig. 5.1.3 – Le linee rosse evidenziano la direzione del lineamento morfologico intersecato alla pg. 8430. Tracciato del tunnel in verde.

Infine, nella zona collinare tra Povo e Mattarello risultano costruiti diversi pozzi a scopo irriguo, con portate tuttavia poco significative, e che appaiono attingere a circolazioni idriche superficiali.

5.1.3 ZONA OMOGENEA 2 - PROGRESSIVE 8630-11930

Attraversata la formazione di Werfen, che costituisce un acquicludo ed il letto dell'acquifero principale, dalla progressiva 9130 alla pg. 11930 viene attraversato il complesso idrogeologico permo-triassico, che racchiude litotipi carbonatici con frequenti intercalazioni pelitico-arenacee o marnose, con permeabilità bassa per fratturazione. In questi litotipi ci si può attendere una circolazione idrica in strati confinati, caratterizzata comunque da portate modeste e da basse velocità di flusso. Queste formazioni sono sovrastate dall'imponente accumulo della frana della Marzola, in cui è presente una frazione fine abbondante che determina una circolazione idrica lenta, con percolazione tendenzialmente verticale ma condizionata dalle eterogeneità nella distribuzione spaziale delle varie frazioni granulometriche. Al contempo, l'accumulo di frana costituisce un serbatoio naturale per le acque di infiltrazione, che alimenta molto lentamente le formazioni sottostanti, entro le quali la circolazione è altrettanto lenta.

Il tunnel circa alla progressiva 10830 intersecherà a basso angolo una linea di faglia trascorrente (o meglio un fascio di faglia) la cui esistenza era solamente ipotizzata sino all'avvio delle indagini per il tunnel, ma la cui importanza idrogeologica potrebbe essere considerevole. Questa linea, ad andamento giudicariense (NNE-SSW) determina vistosi effetti geomorfologici, tra cui la presenza del dosso San Rocco e di una fascia di vallecole ed incisioni aventi la stessa orientazione NNE-SSW tra Mattarello ed Acquaviva, ed appare terminare sul fondovalle in corrispondenza delle sorgenti Acquaviva. Un confronto con le lineazioni osservabili sulla restituzione 3D del territorio e con le risultanze delle indagini geofisiche nella zona fa ipotizzare una

sua prosecuzione nella stessa direzione verso l'abitato di Povo. In questo caso, oltre a quelle appartenenti al bacino delimitato a nord dalla Valnigra, anche le sorgenti del bacino del rio Salè risulterebbero collegate a questa struttura. Alla progressiva 11930 una faglia diretta sigilla parzialmente verso S il sistema acquifero, abbassando sul lato S le formazioni a bassa permeabilità e a lenta circolazione idrica.

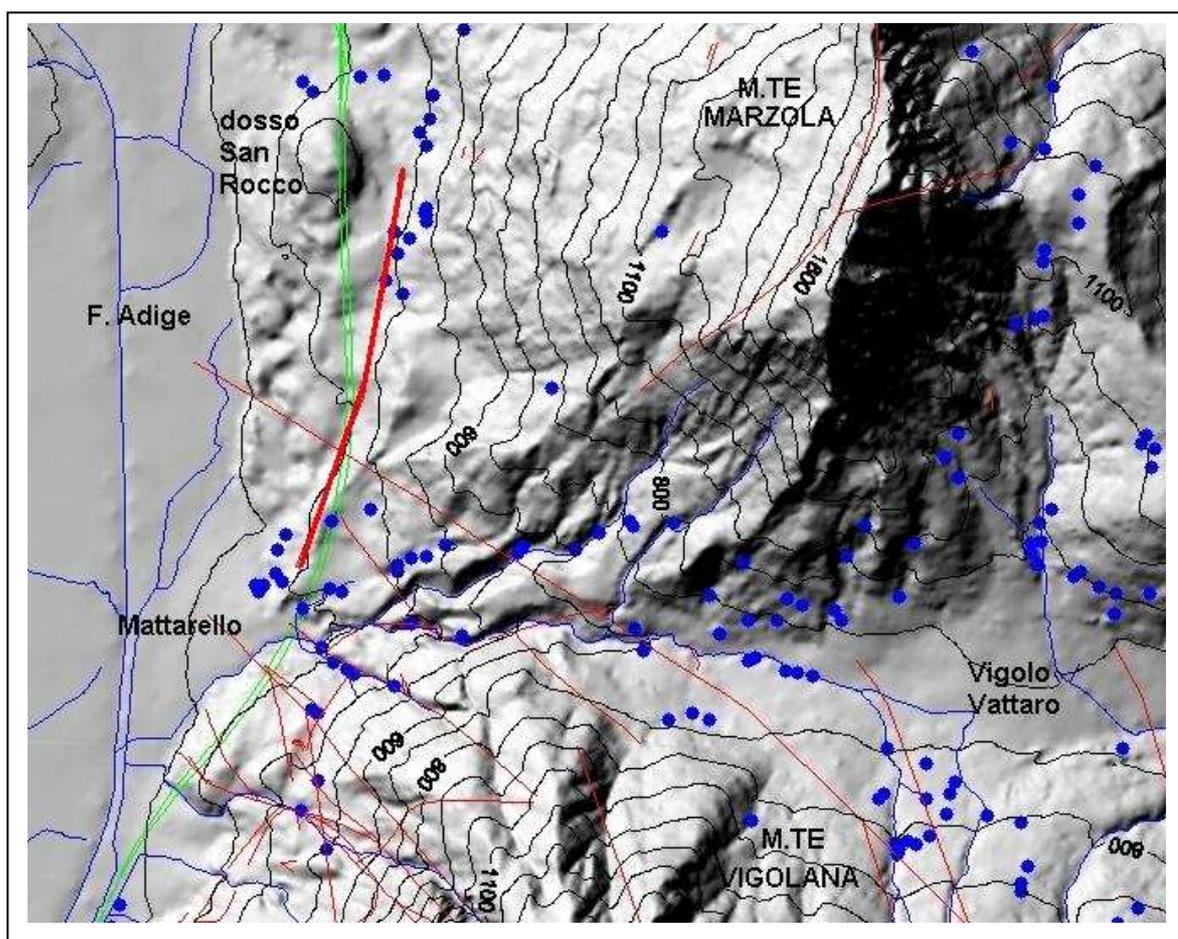


Fig. 5.1.4 – Mappa a rilievo del territorio sotteso dalle pg. 8630 - 13630 con indicazione delle strutture tettoniche (in rosso), dell'idrografia superficiale e delle sorgenti (in blu). Tracciato del tunnel in verde.

Lungo la tratta esaminata si possono avere in galleria venute molto modeste, con carattere di stillicidio, che tuttavia presenterebbero, per effetto della lentissima velocità di circolazione nelle masse rocciose, carattere di continuità nel tempo. La

faglia trascorrente intersecata alla pg. 10830, ed alla quale il tracciato resta prossimo per un lungo tratto, determina una estesa zona di fratturazione, e le risorse più vicine al tracciato potranno essere impattate. Se la faglia trascorrente persistesse verso Sud (zona di Mattarello), ove l'ammasso roccioso è costituito da rocce a più elevata permeabilità per fratturazione e carsismo, saranno da attendersi "inflows" anche consistenti.

La possibilità di impatti sulle risorse idriche esistenti nella collina fra Povo e Mattarello induce a consigliare di prevedere una mitigazione degli stessi mediante opere di collettamento e redistribuzione delle acque drenate. Dal punto di vista acquedottistico ciò si tradurrebbe peraltro in una ottimizzazione gestionale, in quanto attualmente il sistema di approvvigionamento in questa zona della città di Trento fa riferimento a numerose sorgenti a bassa portata e distribuite su un'area molto ampia. Poiché l'esame dei dati del chimismo evidenzia una qualità relativamente bassa delle acque delle risorse ubicate nel settore tra Villazzano e Povo, non è da escludere che le azioni di mitigazione sopra accennate possano portare ad un miglioramento quantitativo e qualitativo dell'approvvigionamento idrico della collina di Trento.

5.1.5. ZONA OMOGENEA 3 – PROGRESSIVE 11930 - 13630

Alla pg. 12630 viene intercettata una faglia, entrando in una scaglia dolomitica, che a S è limitata da rocce semipermeabili, per contatto tettonico alla pg. 13330. E' probabile che il grado di fratturazione della Dolomia Principale sia elevato, e che il foro incontri venute d'acqua consistenti alle intersezioni con le faglie.

5.1.6. ZONA OMOGENEA 4 – PROGRESSIVE 13630 - 17230

Il tracciato prosegue esternamente al massiccio roccioso, da Mattarello sino a località Murazzi, poggiando su alluvioni di fondovalle, date da sabbie e sabbie con ghiaie. La piezometrica (Fig. 5.1.5) oscilla in quest'area intorno a 179 m s.l.m., quindi con una soggiacenza ridotta. Vi sono evidenze piezometriche e geochimiche di sversamenti dell'acquifero carbonatico nel fondovalle tra la località Acquaviva e l'omonima sorgente (Società Industriale Trentina, 2001; Faganello 1996), e vi sono diverse sorgenti che alimentano la roggia Acquaviva. L'area di fondovalle risultò esondata in occasione delle importanti alluvioni del secolo scorso. Il tracciato in rilevato non comporta comunque problemi idrogeologici significativi ed appare una scelta ottimale in funzione della preservazione della risorsa della località Acquaviva.

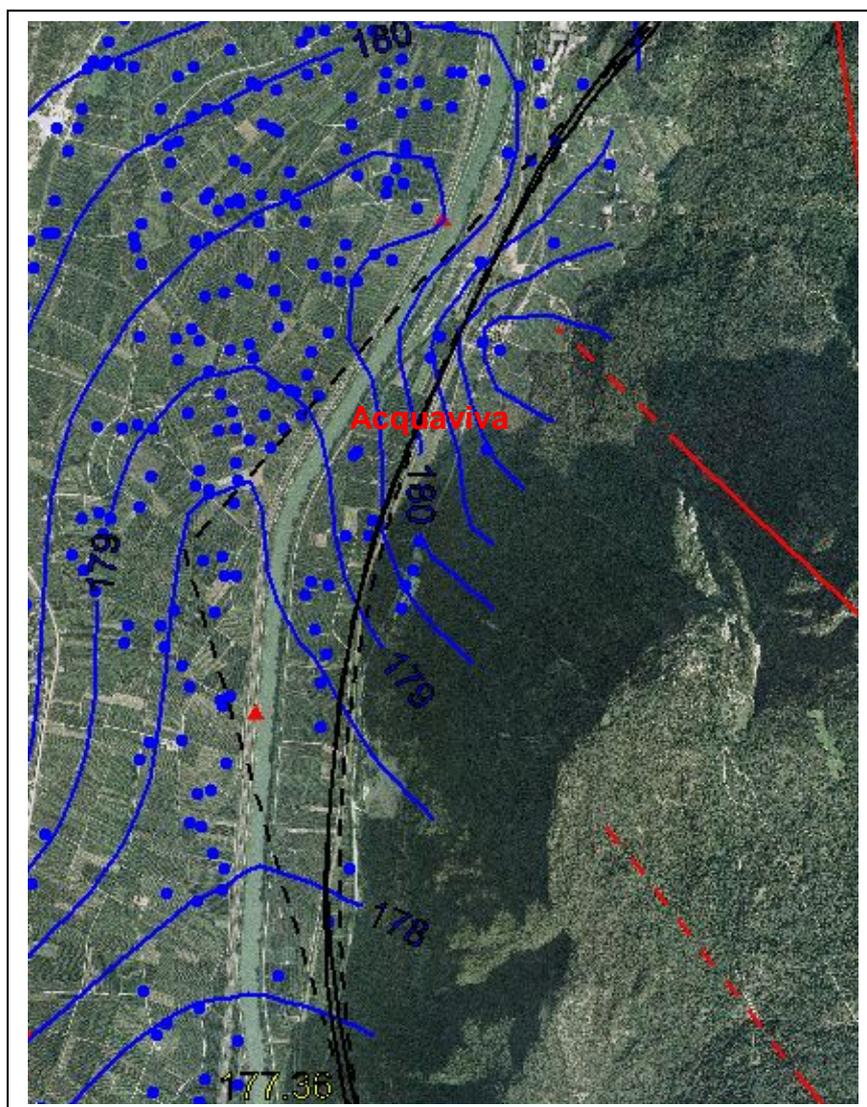


Fig. 5.1.5 – Carta piezometrica zona Acquaviva - Murazzi al luglio 2007.

5.1.7 ZONA OMOGENEA 5 – PROGRESSIVE 17230 - 22130

Il tracciato in questo tratto si sviluppa completamente entro il complesso idrogeologico acquifero principale, che ha uno spessore che giunge sino in superficie, ove affiorano le rocce dei Calcari Grigi, ad elevata permeabilità per carsismo e fratturazione. La formazione interessata dal tunnel è la Dolomia Principale. La stratificazione è inclinata verso il fondovalle atesino (v. sezioni geologiche 2 e 3 a fine capitolo). Procedendo verso S, la quota del tracciato, per effetto della giacitura degli strati, diviene via via più prossima a quella del letto dell'acquifero principale. Presso l'imbocco si osservano, a 30 m circa sopra il piano campagna, fratture nella dolomia che danno origine a sorgenti di troppo pieno in occasione di piogge prolungate.

Alle pg. 19339 e 19730 si intersecheranno incroci tra il sistema di faglie valsuganese con direzione circa E-W ed il sistema giudicariense con direzione NE-SW, con "damage zone" ampia. Una campagna freaticometrica di dettaglio, eseguita nell'ottobre 2007, con prelievo di campioni per analisi chimico-fisiche, ha evidenziato un pannello piezometrico che denota una alimentazione dell'acquifero di fondovalle locale dalla zona montuosa (Fig. 5.1.6). Le acque dei pozzi più prossimi alle pareti rocciose hanno un chimismo affine a quello delle acque di sorgenti in roccia nel versante soprastante e diverso da quelle dei pozzi nelle alluvioni atesine (Fig. 5.1.7).

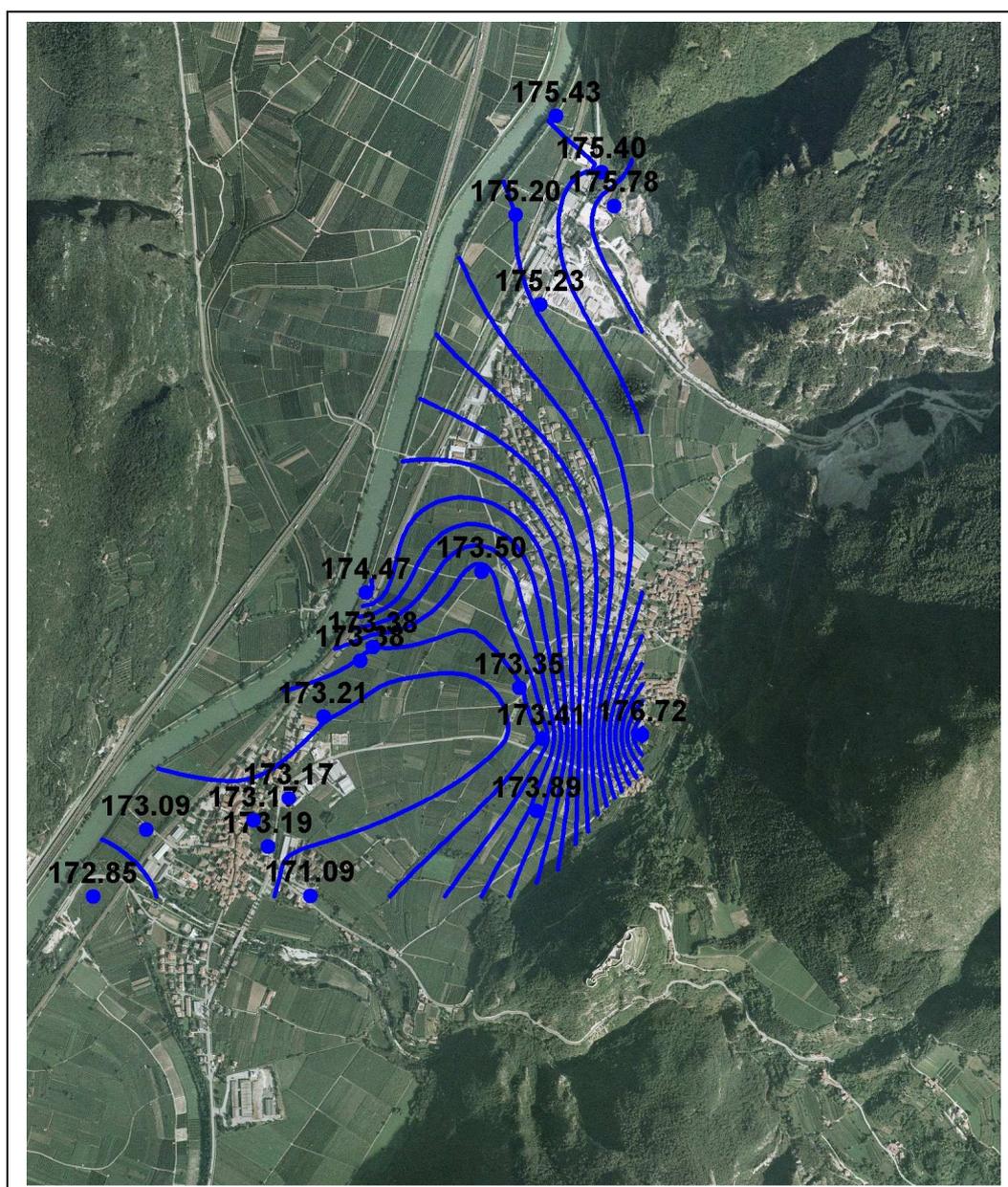


Fig. 5.1.6 – Piezometria dell'area tra Besenello e Calliano nella prima settimana di ottobre 2007.

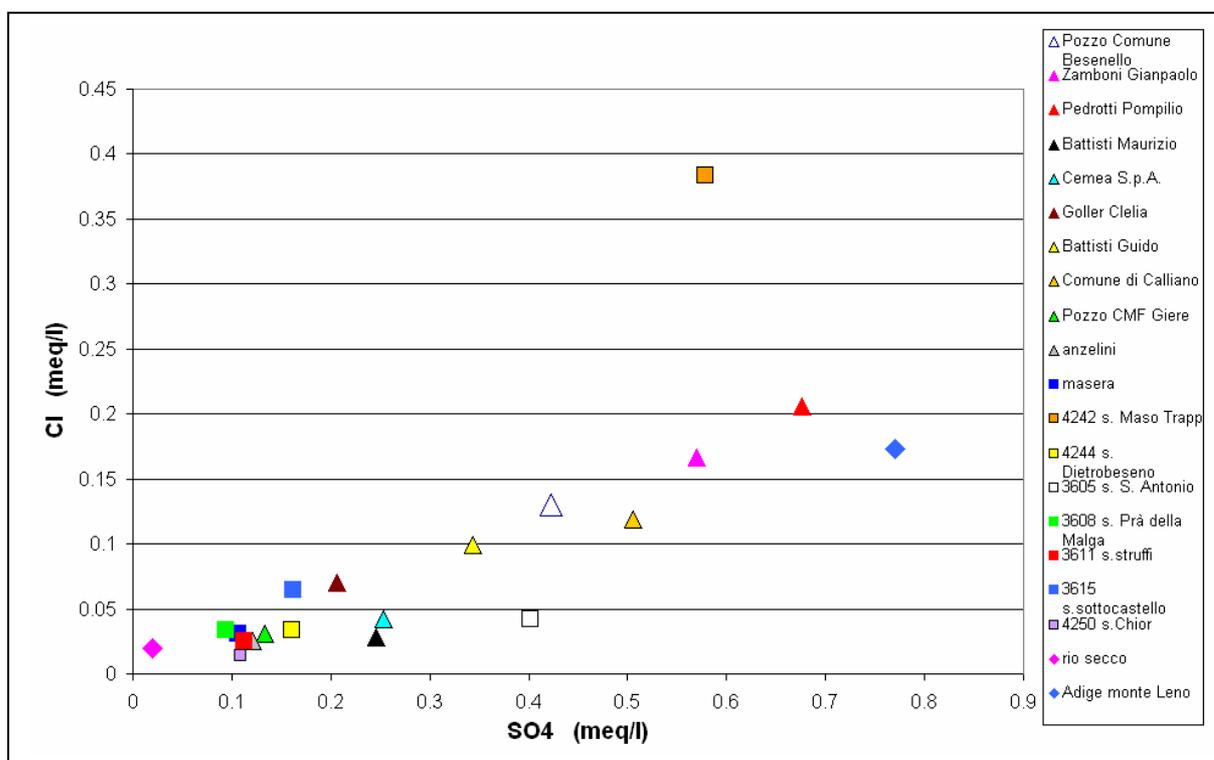


Fig. 5.1.7 – Rapporto solfati/cloruri delle acque di pozzi del fondovalle (triangoli,) sorgenti del versante (quadrati) e corsi d'acqua (losanghe) dell'area tra Besenello e Calliano nella prima settimana di ottobre 2007. Il chimismo dei pozzi diviene sempre più affine a quello delle sorgenti del versante procedendo dall'asta atesina verso la montagna.

Si hanno quindi evidenze che la zona di faglia tra rio Secco e Dietrobeseo costituisce una fascia di deflusso idrico preferenziale; le indagini per il progetto definitivo dovranno verificare se tale zona sia in rapporto con acque superficiali a monte. In galleria sono prevedibili, in corrispondenza della maggior parte delle zone di faglia e frattura di questa tratta, venute d'acqua considerevoli ed in pressione. Le risorse idriche potenzialmente interessate dal drenaggio sono numerose. Tra il rio Secco ed il rio Cavallo si ricordano le sorgenti di Besenello, in roccia e allineate secondo una direzione N-S, con una portata complessiva ridotta (circa 7 L/s) ed

attualmente insufficienti, da sole, per il servizio all'acquedotto comunale. Nell'ampio bacino del rio Cavallo sono state considerate 75 sorgenti. Di queste solo 5 si trovano a distanza inferiore a 500 m dal tunnel, ma ben 22 si trovano presso linee di faglia che sono intersecate dal tracciato. Di queste, sono particolarmente importanti, per portate e utilizzo: la sorgente Chior (con portate da 20 a 30 L/s, al servizio dell'acquedotto di Folgaria); le sorgenti Rozzette (portate da 5 a 12 L/s, acquedotto di Besenello), la sorgente Ondertol (con portate da 3 a 12 L/s, acquedotto di Folgaria). A circa 3 km dall'asse del tracciato si trova una importante opera di presa idroelettrica sul rio Cavallo, che trasferisce in galleria parte delle acque del rio alla centrale di Rovereto.

Queste risorse potrebbero essere impattate dalla realizzazione del progetto, ed è opportuno prevedere l'adozione di misure di monitoraggio e di mitigazione degli impatti, oltre che un approfondimento conoscitivo in vista del progetto definitivo.

La previsione delle venute in galleria (e di conseguenza dei possibili impatti) fra le progressive 22600 e 23700, è resa difficile dalle incertezze sulla posizione del limite inferiore della Dolomia Principale, molto prossimo alla quota del tracciato (si veda il profilo idrogeologico longitudinale, Tav. 10.05.01). Sulla base di quanto fornito dal gruppo di lavoro sulla geologia, in attesa di conferme dai sondaggi già programmati, è stato riportata in profilo l'ipotesi di venute consistenti, trovandosi il tracciato alla base dell'acquifero.

E' indubbio che si avranno comunque impatti consistenti sulla parte profonda dell'acquifero, ancorchè non captata.

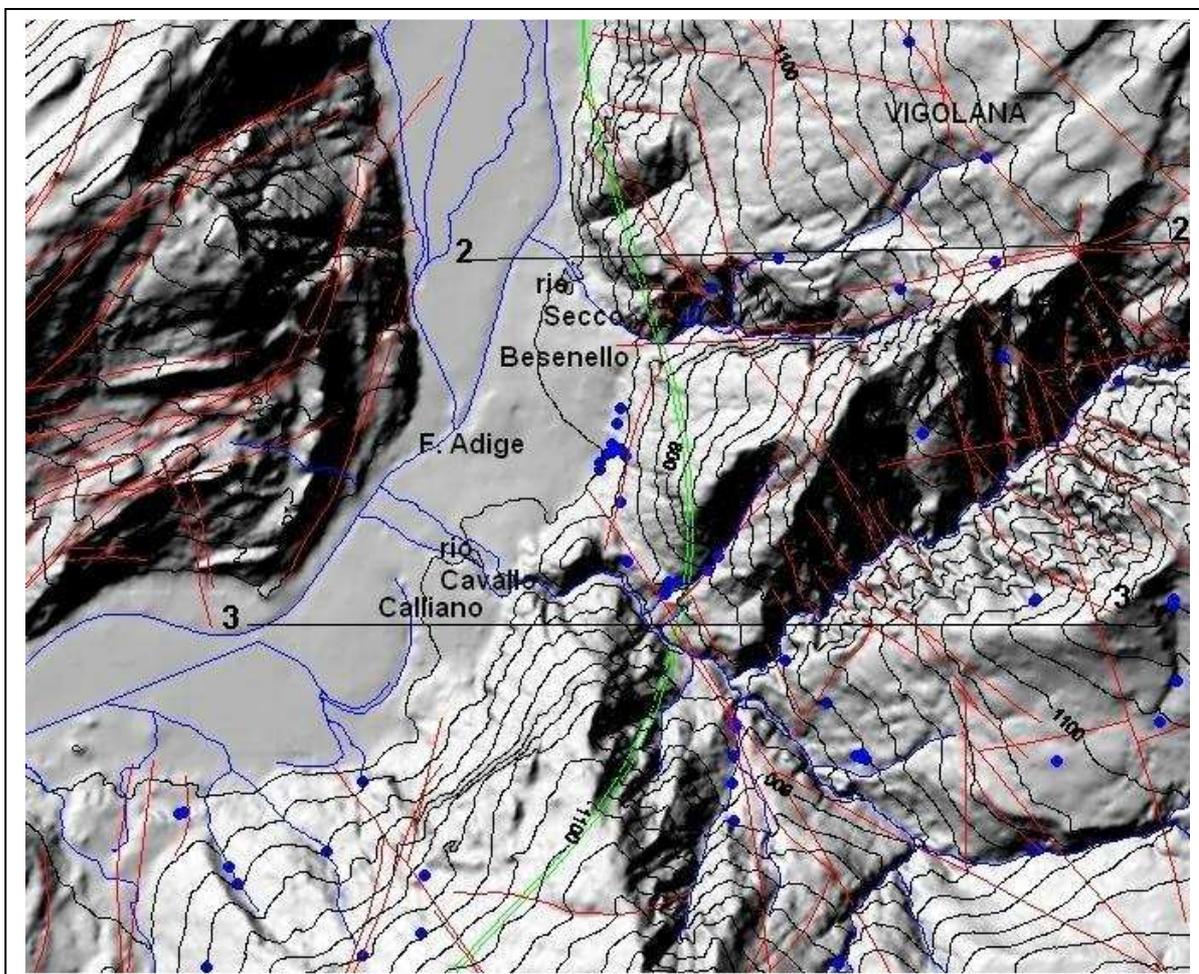


Fig. 5.1.8 – *Mappa a rilievo del territorio sotteso dalle pg. 16630 - 23630 con indicazione delle strutture tettoniche (in rosso), dell'idrografia superficiale e delle sorgenti (in blu). Contiene le tracce delle sezioni geologiche 2 e 3. Tracciato del tunnel in verde.*

5.1.8 ZONA OMOGENEA 6 – PROGRESSIVE 22130-26930

Anche in questa zona il tracciato si sviluppa entro la Dolomia Principale, in prossimità della base dell'acquifero principale, in un contesto strutturale caratterizzato dalla frequente intersezione di diverse famiglie di faglia (sistema delle Giudicarie e del sistema Schio-Vicenza). L'acquifero principale ha uno spessore che giunge sino in superficie (1200-1400 m) e solo dopo la progressiva 25630 circa si ha una copertura di rocce a permeabilità medio-bassa al di sopra del complesso acquifero principale (v. anche sezione geologica 4), con una, leggera, diminuzione della ricarica per infiltrazione, che nella zona omogenea precedente ed in quella successiva, corrisponde alla quasi totalità dell'apporto meteorico efficace.

Le risorse potenzialmente impattabili in zona sono scarse, ed il potenziale di impatto è ridotto, in quanto si tratta di fonti legate a circolazioni superficiali. Le venute d'acqua in galleria corrisponderanno alle zone di fratturazione carsificate e, in assenza di misure progettuali di mitigazione, gli impatti del drenaggio si potranno eventualmente risentire a maggiori distanze e sul lungo termine, per progressiva estensione della zona di influenza del drenaggio lungo le linee tettoniche intersecate.

Un obiettivo delle indagini idrogeologiche nelle successive fasi progettuali per il tracciato della circonvallazione Trento – Rovereto è di chiarire, se possibile, se l'acquifero carbonatico sia suddiviso, come spesso avviene, in sottosistemi (serbatoi) semidipendenti, per effetto della situazione strutturale.

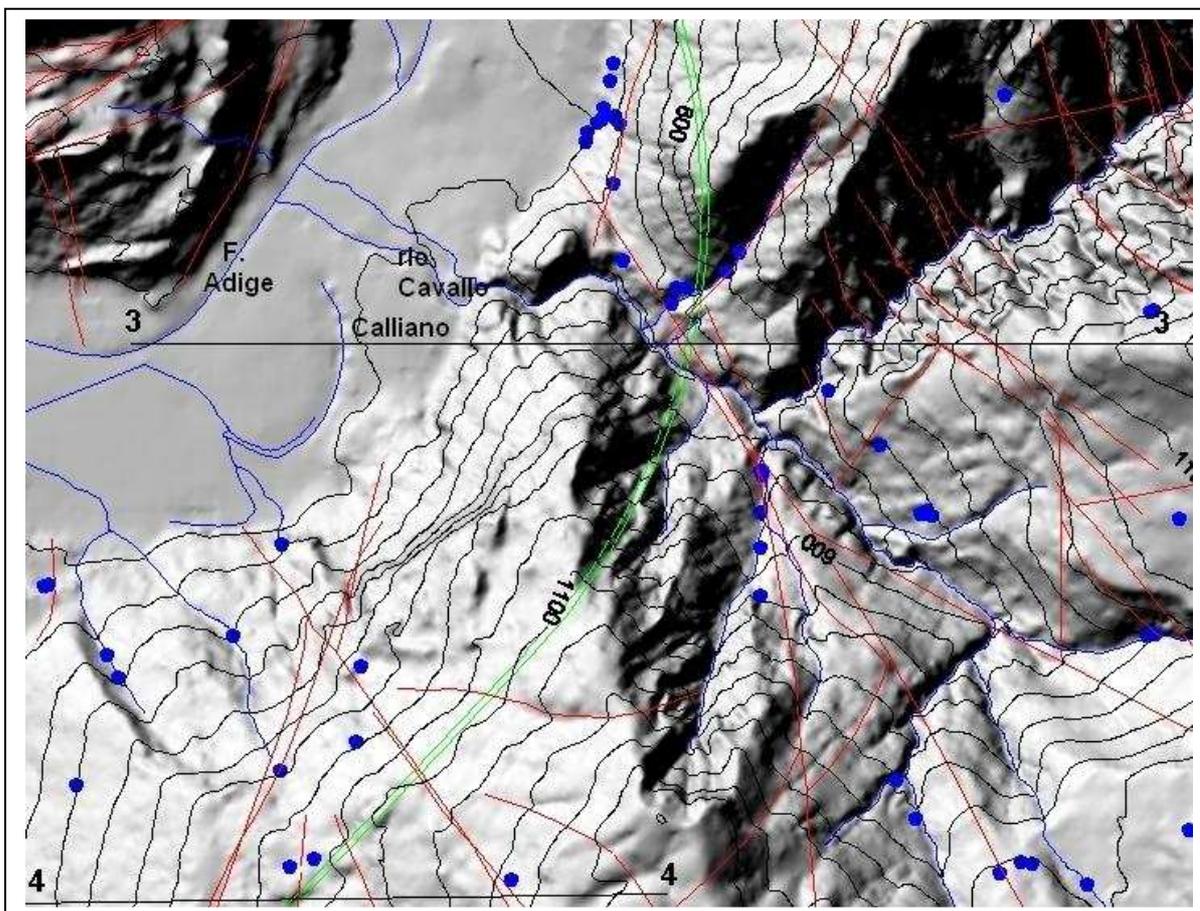


Fig. 5.1.9 – *Mappa a rilievo del territorio sotteso dalle pg. 21630 – 26630, con indicazione delle strutture tettoniche (in rosso), dell'idrografia superficiale e delle sorgenti (in blu). Contiene le tracce delle sezioni geologiche 3 e 4. Tracciato del tunnel in verde.*

5.1.9 ZONA OMOGENEA 7 – PROGRESSIVE 26930-28950

Il tracciato, intorno alla progressiva 28000, entra nel termine più permeabile (per fratturazione e carsismo) dell'acquifero principale, intersecando le faglie a direzione scledense (NW-SE). Queste, in direzione SE, si addentrano nel territorio del Pasubio, area di ricarica delle più importanti risorse idriche della zona, costituite da sorgenti tettono-carsiche: la sorgente "Spino" (portata minima 600 L/s, al servizio

degli acquedotti di Rovereto e Trento), la sorgente “Molino” (portata di 25-50 L/s, non captata), le sorgenti “diga Toldo” (portata 30 L/s, utilizzate per itticoltura).

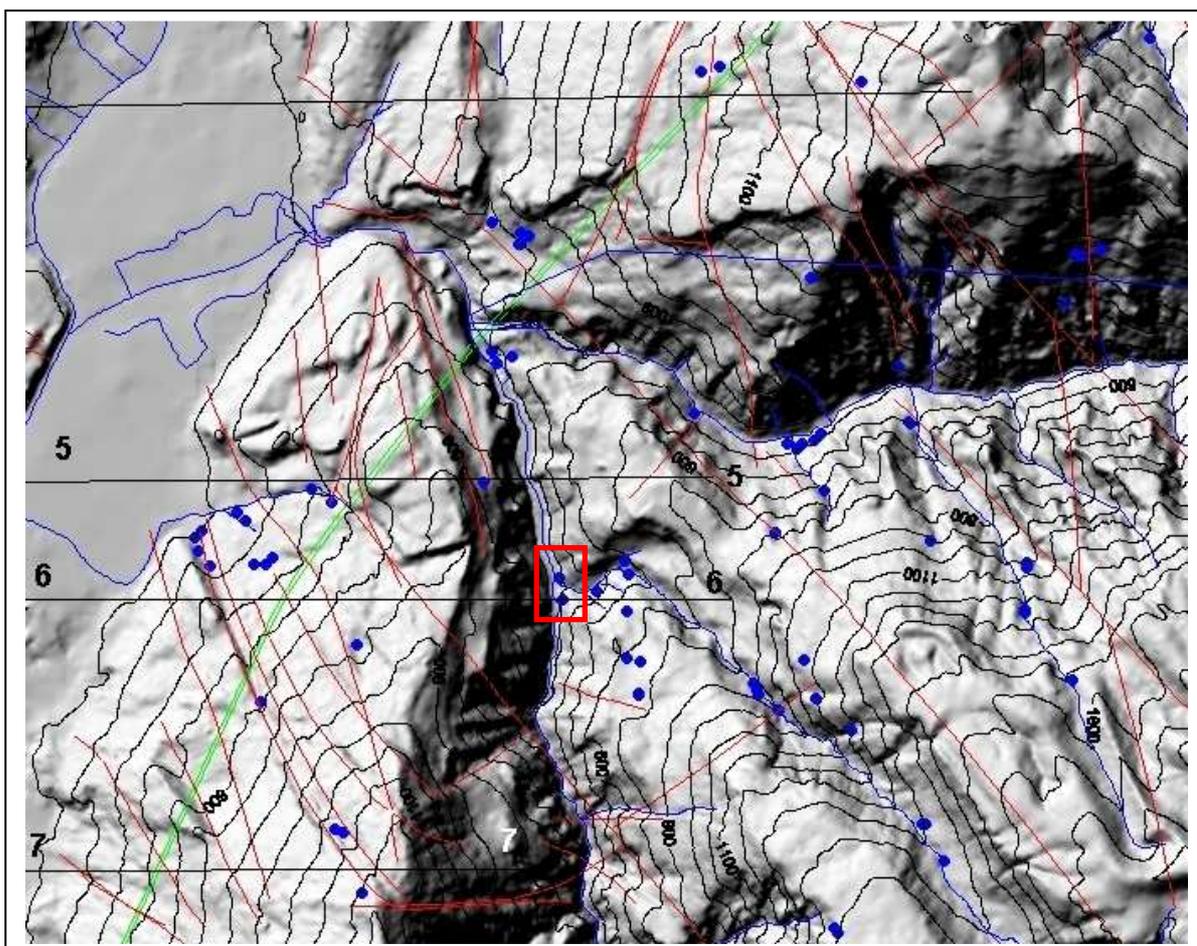


Fig. 5.1.10 – *Mapa a rilievo del territorio sotteso dalle pg. 26930 – 31600, con indicazione delle strutture tettoniche (in rosso), dell'idrografia superficiale e delle sorgenti (in blu). Contiene le tracce delle sezioni geologiche 5, 6, e 7. Il riquadro rosso indica la posizione delle sorgenti Spino e Molino.*

La stratificazione immerge verso il fondovalle atesino (v. anche le sezioni geologiche 5, 6 e 7).

Il tracciato si sviluppa a valle dei maggiori recapiti del sistema idrogeologico locale, in prossimità del livello di base locale della circolazione idrica, costituito dal

torrente Leno, ad una quota di circa 90 m inferiore a quella delle maggiori sorgenti. Non vi sono, allo stato attuale delle conoscenze, evidenze di drenaggio operato a valle di questi recapiti dalle strutture tettoniche NW-SE. Vi sono invece evidenze di drenaggio operato dalle strutture NE-SW, che in parte vengono intercettate dal tracciato, ma sempre a valle dei recapiti maggiori.

L'importanza delle risorse della zona impone comunque un approfondimento delle conoscenze idrogeologiche del settore interessato dal tracciato, attualmente limitate all'area che va dalla zona di alimentazione alle sorgenti (Getas, 1990), e da attuare principalmente con prove di tracciamento. Infatti vanno escluse con certezza tutte le possibilità che il tunnel possa interferire con le sorgenti deprimendo la piezometrica al di sotto della quota di emergenza o attivando circolazioni su strutture tettoniche collegate a quelle che ricaricano le sorgenti.

Nel settembre - ottobre 2007 sono state eseguite alcune prove di tracciamento nell'area del Pasubio, con quantità anche rilevanti di tracciante al fine di ottenere un segnale di risposta ben definito. Le prove hanno confermato la connessione idrogeologica tra il punto di immissione (nel Pasubio, tra Malga Zocchi e la Bocchetta dei Foxi) con le sorgenti "Spino", "Molino" e "Rocchi", ed escluso una connessione per le sorgenti "Peschiera" (cod. PAT 4180), "Toldo" (cod. PAT 4080 e 4142), "Coste", "Val dei Lombardi" (cod. PAT 4154). Risulta confermata una classificazione del sistema carsico come sistema a dreni interdipendenti, in cui sono presenti sottosistemi indipendenti.

Saltori (1993) sulla base di sezioni seriate ha costruito una carta delle isoipse del tetto del substrato impermeabile (base della Dolomia Principale) dell'area del

Pasubio, ripresa qui in Fig. 5.1.11. Considerando ragionevolmente che l'andamento del substrato impermeabile definisca la direzione di deflusso regionale della circolazione idrica, dalla Fig. 5.1.11 si osserva come le acque del massiccio del Pasubio recapitino preferenzialmente verso la confluenza dei due rami del Leno (intersecata dal tracciato), ove il substrato viene ubicato a 500 m sotto il livello del mare.

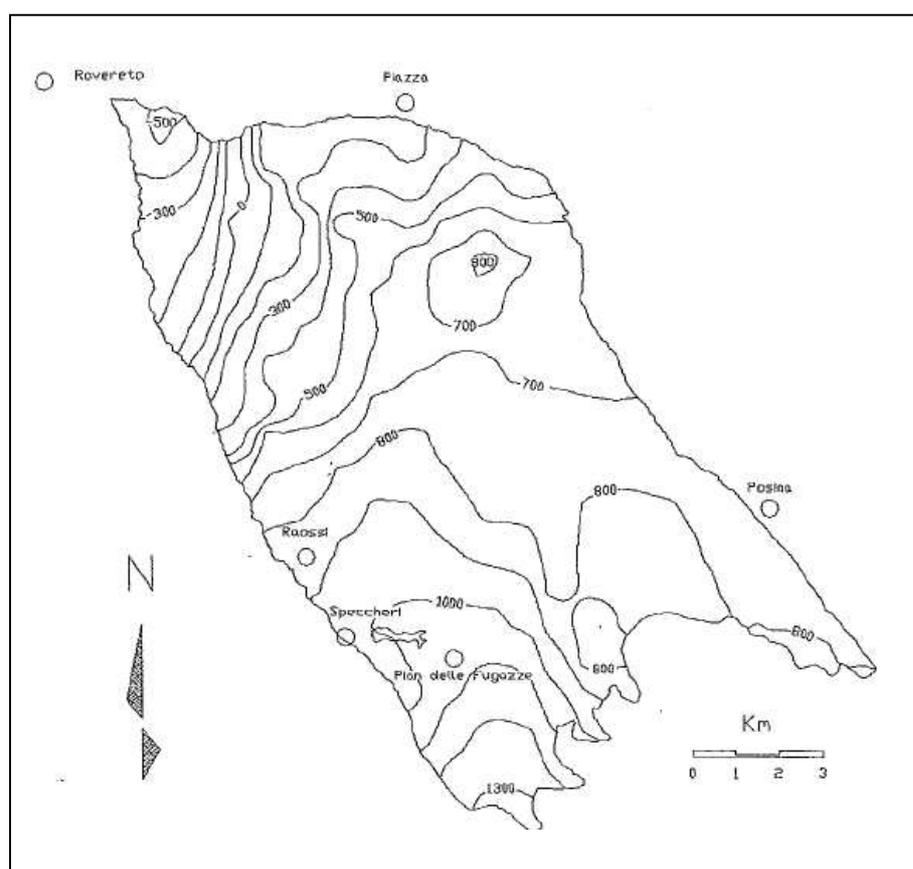


Fig. 5.1.11 – Ricostruzione dell'andamento del substrato impermeabile dell'area del Pasubio (da Saltori, 1993).

Le numerose piccole sorgenti in quota nell'area del Pasubio (di cui si trova una pregevole elencazione in Miorandi, 2003, ed una analisi geologica in

Saltori,1993) non saranno invece influenzate dall'opera, in quanto legate a falde sospese in coltri detritiche quaternarie e/o glaciali o a limiti di permeabilità costituiti da intercalazioni di strati a bassa permeabilità.

Per quanto concerne la possibilità di venute d'acqua in galleria, vale quanto detto in precedenza circa il deflusso preferenziale nelle zone di faglia in ambiente tettono-carsico, rafforzando il concetto, in quanto in questo tratto la galleria è entro calcari e non dolomie. Lo scavo della galleria serbatoio di Rovereto entro le rocce del Gruppo dei Calcari Grigi (quota di uscita 283 m s.l.m.) incontrò in alcuni punti venute d'acqua consistenti, con "inrush" e un crollo di roccia, e portò all'estinzione temporanea di alcune sorgenti, rimediata con opere di impermeabilizzazione del cavo (lamine di acciaio inox e cementazione dell'intercapedine tra queste e la volta).

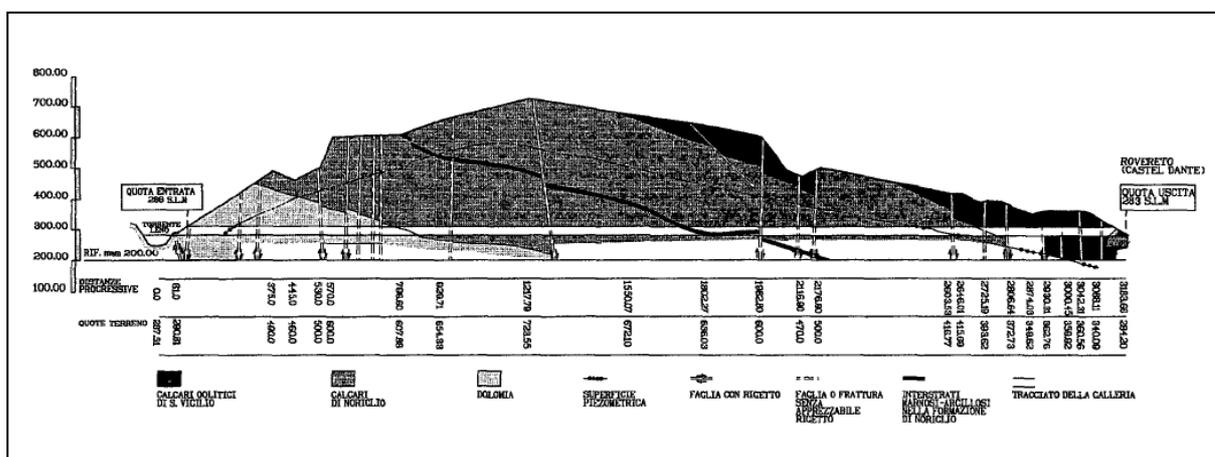


Fig. 5.1.11 – Sezione geologica della galleria serbatoio di Rovereto (scavata in sinistra Leno).

5.1.10 ZONA OMOGENEA 8 – PROGRESSIVE 28600 - 36300

Il tracciato del tunnel rientra in Dolomia Principale, sino all'imbocco S di Serravalle. La struttura dell'ammasso roccioso resta monoclinica verso la valle dell'Adige, e suddivisa dalle faglie subverticali a prevalente orientazione NW-SW, che vengono tutte intersecate dal tracciato (v. sezioni 6 e 7).

La sezione geologica trasversale 6 illustra la posizione del tunnel rispetto al torrente Leno e alla sorgente Spino: il tracciato corre nella parte superiore della Dolomia Principale, a quota significativamente inferiore a quella della sorgente e del torrente. E' stata presa in considerazione, sulla base di questa situazione strutturale, la peggiore ipotesi di impatto idrogeologico, ovvero che si possa innescare un drenaggio dell'acquifero principale, abbassando con il tempo il livello piezometrico al di sotto di quello attuale della sorgente. Allo stato attuale delle conoscenze, non vi sono evidenze di recapiti verso la valle dell'Adige a partire dalla zona di ricarica del Pasubio, oltrepassando il limite del torrente Leno, né di sversamenti dall'invaso di San Colombano. La prova di tracciamento dell'autunno 2007 ha dato conferme in questo senso, in quanto alla sorgente Coste (presso Lizzana di Rovereto) non si sono avuti arrivi del tracciante.

Le indagini idrogeochimiche già programmate ed altre prove di tracciamento daranno a breve una ulteriore affidabilità al modello idrogeologico attualmente prospettabile, che non prevede impatti sfavorevoli sulle risorse maggiori.

Nell'area sottesa da questo tratto di tracciato le risorse idriche sono relativamente poco numerose (15 sorgenti) e limitate come portata, ma il 30 % di esse è prossimo a faglie che verranno intersecate dal tunnel, ed il 20 % è a distanza minore di 800 m dal tunnel. Sono quindi da prevedere misure compensative nei riguardi degli utilizzatori delle stesse.

5.1.11 VARIANTE LAVINI DI ROVERETO

E' stata presentata al dicembre 2007 una alternativa di progetto consistente nell'uscita del tracciato nell'area dei Lavini di Rovereto, appena a sud dell'area industriale di Rovereto.

In questa zona la piezometrica osservata nel luglio 2007 (Fig. 5.1.12) ed in precedenti campagne di misura (Studio Geologico Associato GeoAlp, 2006,b) presenta delle singolarità. Si osserva infatti un repentino ed idrogeologicamente insolito aumento del gradiente idraulico al limite meridionale dell'area industriale, coincidente con il margine nord dell'accumulo di frana dei Lavini di Marco. A monte di questo limite (area cittadina di Rovereto e zona industriale) si registrano valori del gradiente idraulico piuttosto ridotti, mentre a valle il gradiente idraulico aumenta drammaticamente (forte infittimento delle isopieze nella figura), ed il livello di falda si abbassa altrettanto improvvisamente.

La frana dei Lavini ed il suo meccanismo cinematico costituiscono la possibile spiegazione per questa variazione del gradiente, secondo una delle due interpretazioni offerte dalla letteratura.

1. Analizzando il cinematiso della frana, sulla base del confronto con altre grandi frane storiche e di dati geofisici (tomografie elettriche), CUMAN ET AL. (2005), hanno evidenziato che il gigantesco volume di blocchi di frana, caratterizzato da una elevata energia cinetica in fase traslativa, potrebbe aver agito, nei confronti delle alluvioni del fondovalle atesino, alla stregua di un immenso bulldozer, asportando parte della copertura alluvionale. Questa sarebbe stata sostituita dall'accumulo di frana. Ne conseguirebbe una riduzione dello spessore dell'acquifero atesino.
2. CAMPEDEL ET AL. (2005) offrono invece una spiegazione meno affascinante, ma probabilmente corretta, basata su interpretazione di indagini geofisiche (sismica a rifrazione) e sulla struttura tettonica dell'area. Viene infatti ipotizzata la presenza di un alto strutturale, ovvero di una soglia rocciosa sepolta nel fondovalle, che sarebbe la continuazione di una analoga struttura osservabile in superficie nel rilievo del monte Zugna: si vedano la sezione della Fig. 5.1.13

e la planimetria interpretativa della Fig. 5.1.14. Questa interpretazione non esclude però del tutto il meccanismo di cui al punto 1. In Fig. 5.1.13 l'alto strutturale non risulta sepolto dalle alluvioni atesine, ma dall'accumulo di frana: si avrebbe dunque in questo caso addirittura una elisione della copertura alluvionale.

In ogni caso si ha, in corrispondenza dell'area di accumulo della frana dei Lavini, una notevole riduzione di spessore dell'acquifero, il che comporta un aumento della velocità di flusso e quindi del gradiente idraulico. A valle dell'area dei Lavini (a sud di Marco) il gradiente torna nuovamente a decrescere con valori simili a quelli della valle.

Un altro importante elemento di cui va tenuto conto nell'analisi idrogeologica di quest'area è costituito dalla presenza di uno sbarramento idroelettrico sul fiume Adige, che innalza di parecchi metri il livello del fiume, e che è responsabile del ridotto gradiente di falda nella zona industriale (si vedano i numeri in giallo in Fig. 5.1.12). Le manovre idrauliche allo sbarramento esercitano una sensibile influenza sui livelli di falda dei pozzi di questa zona.

Abbiamo così l'effetto congiunto di uno sbarramento artificiale e di uno sbarramento di origine naturale.

Sezioni idrogeologiche attraverso l'area (Fig. 5.1.15), redatte tenendo conto delle indicazioni della geofisica di Campedel et al. (2005), evidenziano il basso gradiente idraulico e confermano che i laghetti dei Lavini di Marco, area di valenza naturalistica, sono laghi di affioramento di falda (si veda anche la relazione idrologica). Le quote di progetto risultano superiori a quelle della quota piezometrica rilevata nell'area in diverse campagne di misura tra il 2006 ed il 2007 (Studio Geologico Associato GeoAlp, 2008) e delle quali è riportato un esempio nella Fig. 5.1.12.

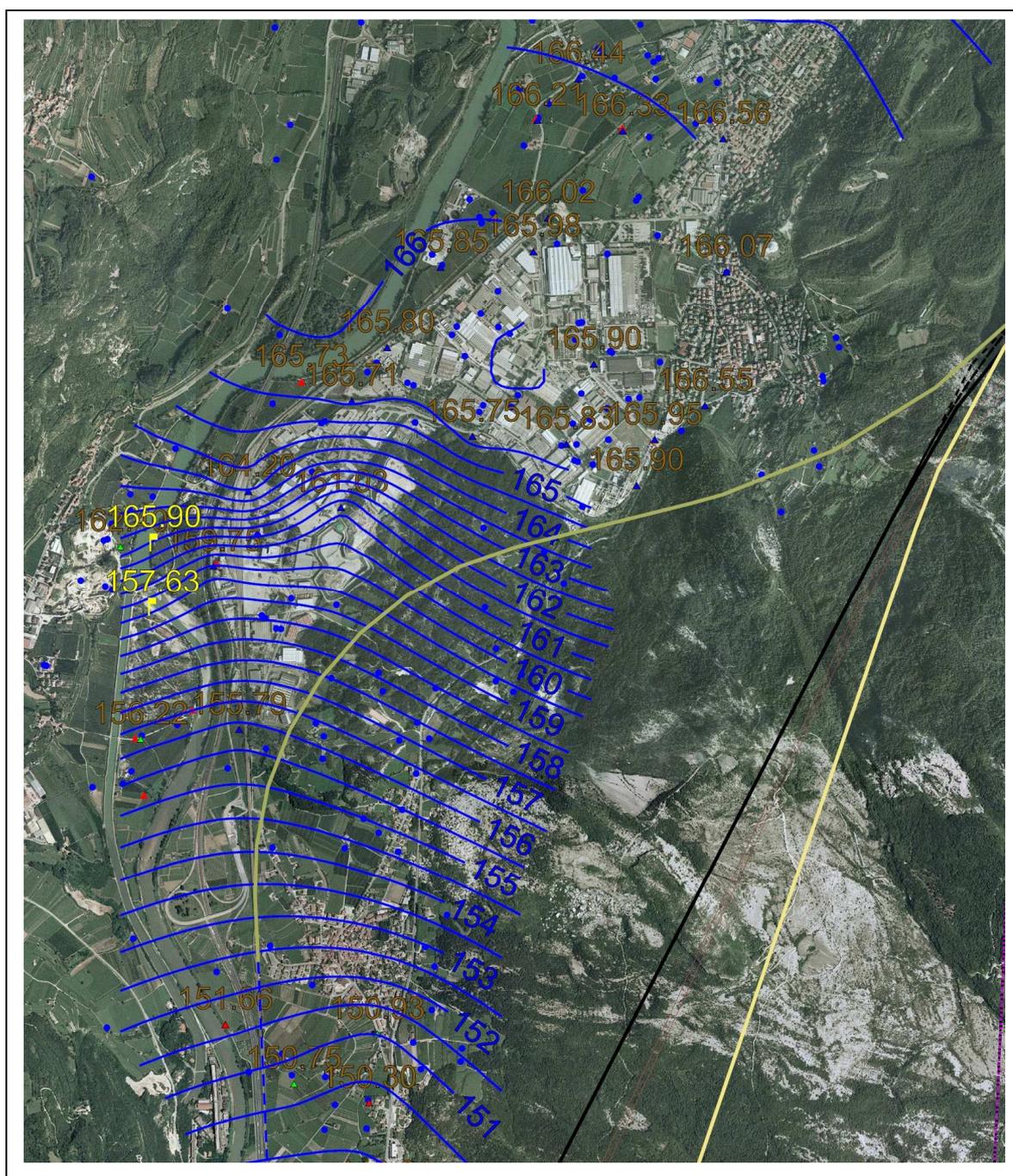


Fig. 5.1.12 – Carta piezometrica e quote di misura della falda nella zona tra Rovereto e Marco, al luglio 2007. In nero e giallo le varianti di tracciato. I numeri in giallo sono indicate le quote del pelo dell'acqua del fiume Adige nel periodo di misura.

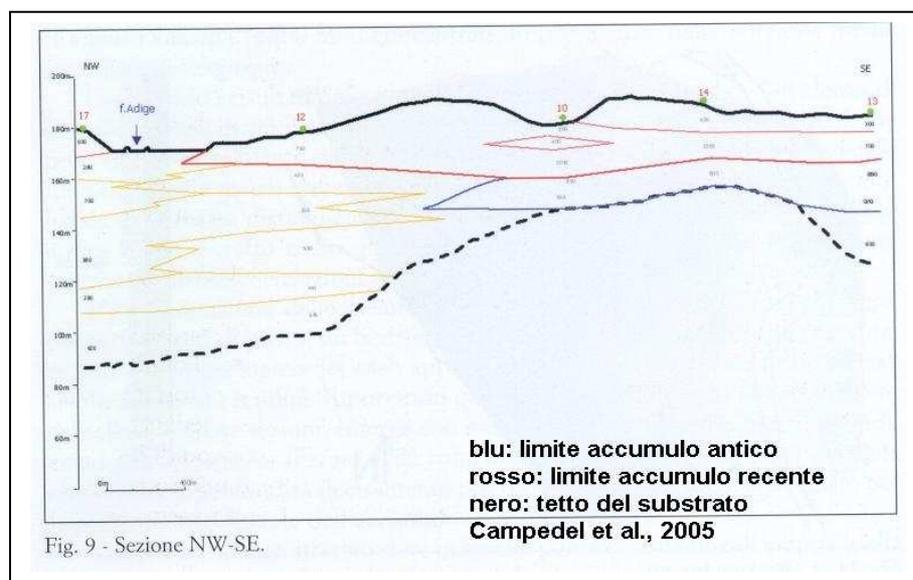


Fig. 5.1.13 – Sezione geofisica NW-SE attraverso l'area dei Lavini (Campedel et al., 2005).

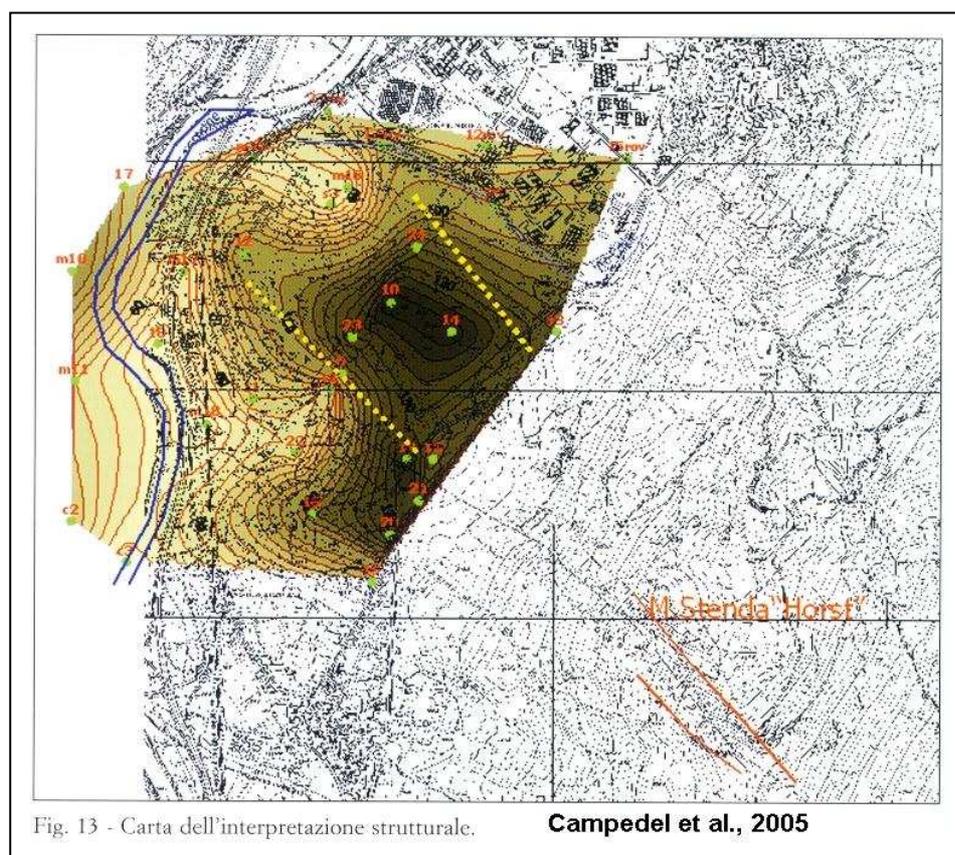


Fig. 5.1.14 – Planimetria strutturale interpretativa dell'area sepolta dei Lavini, da Campedel et al., 2005.

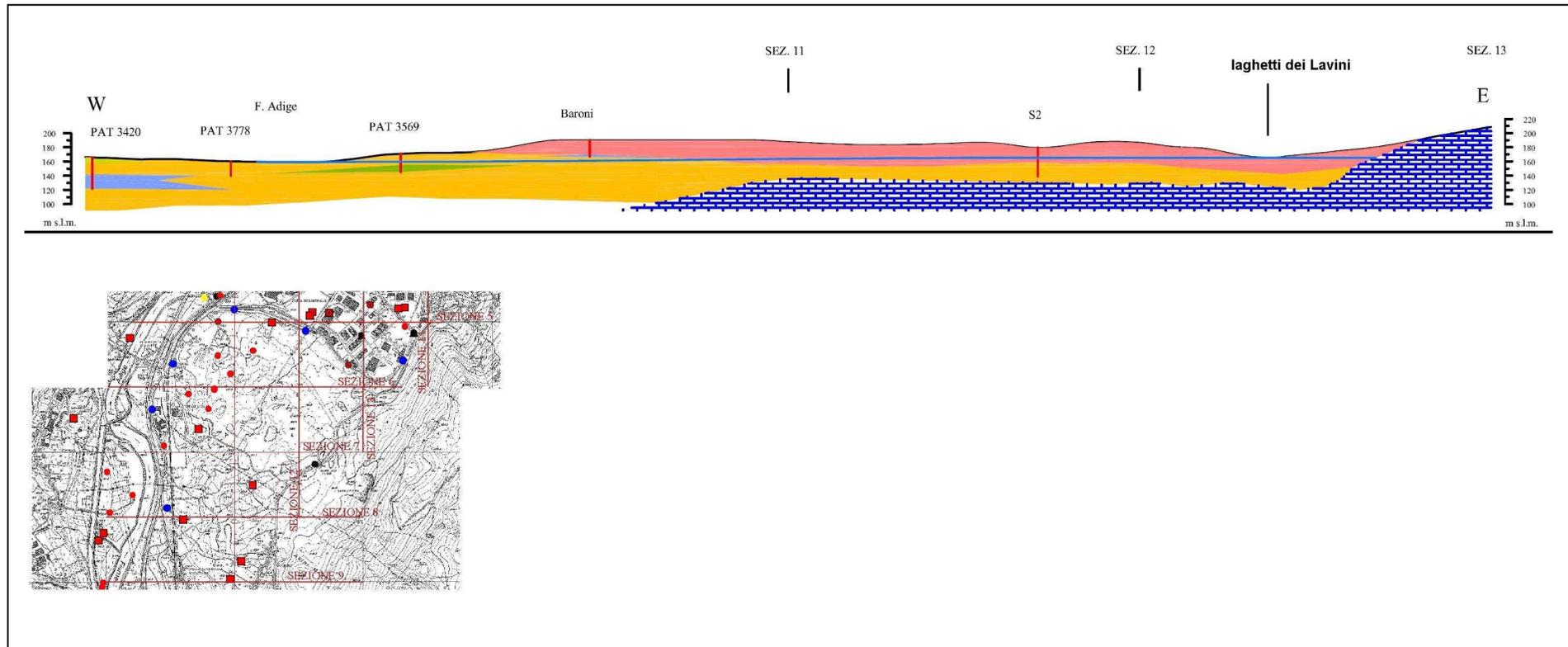
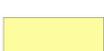
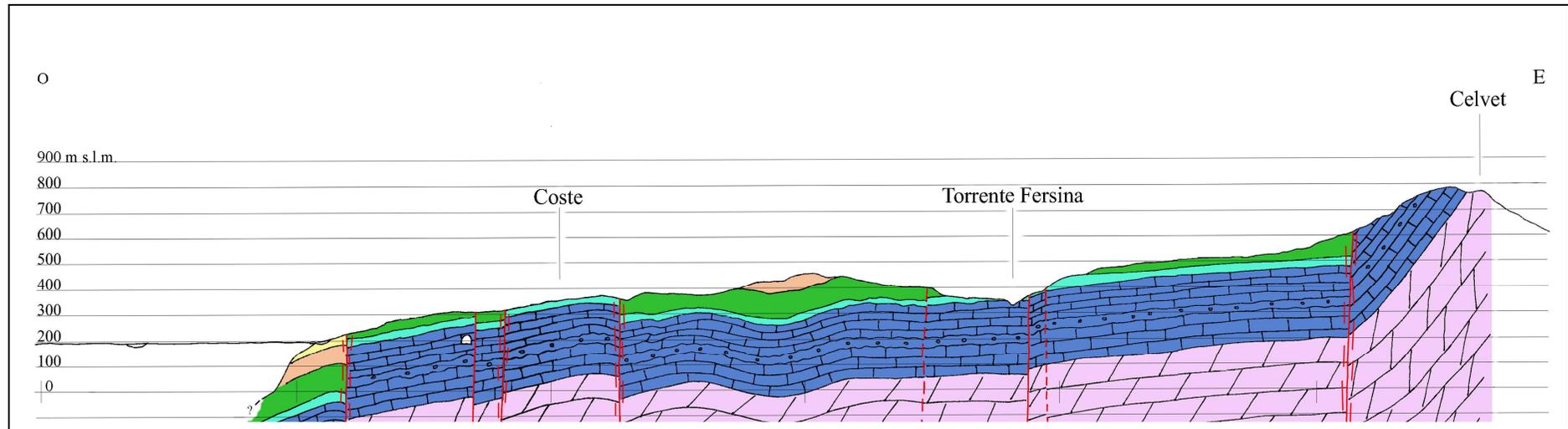


Fig. 5.1.15 – Sezione idrogeologica n. 7 da Studio Geologico Associato Gealp (2006, b), con modifiche. Legenda: rosa: detrito di frana a grossi blocchi; giallo: alluvioni a ghiaie prevalenti; riquadri azzurri: substrato roccioso. La linea azzurra è la piezometrica al marzo 2006.

**SEZIONI GEOLOGICHE TRASVERSALI AL TRACCIATO DELLA
CIRCONVALLAZIONE TRENTO - ROVERETO**

Legenda

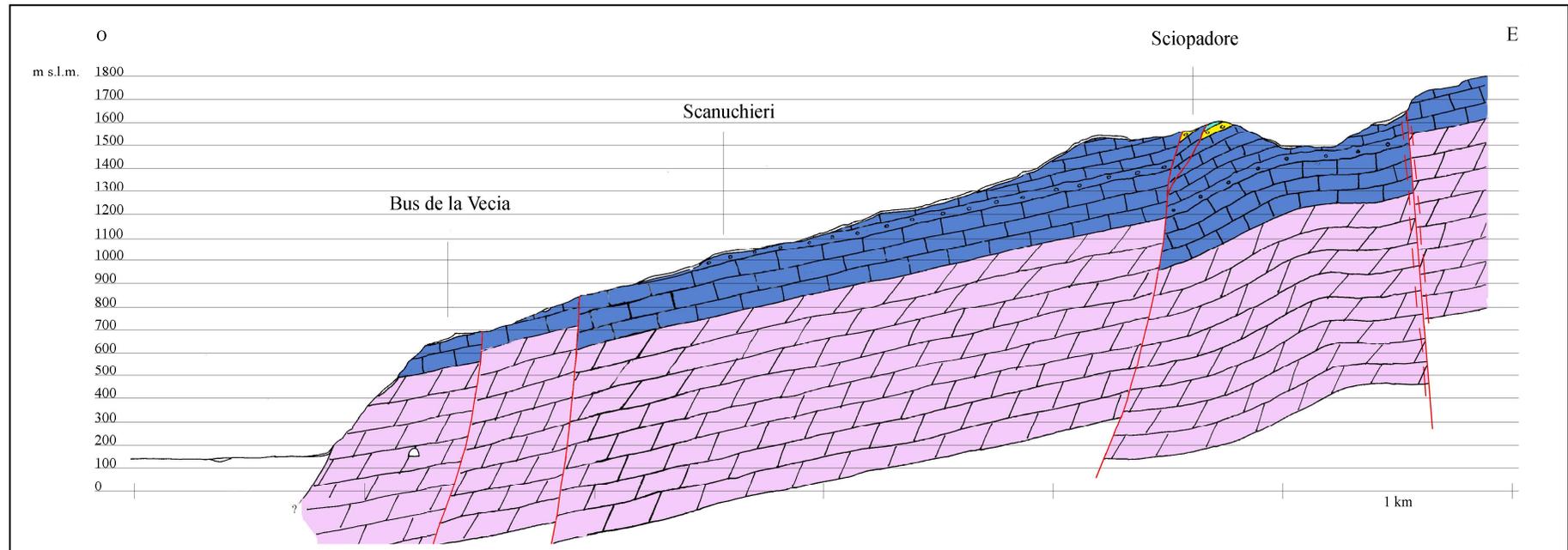
	Dolomia Principale
	Gruppo dei Calcari Grigi
	Oolite di San Vigilio
	Rosso Ammonitico Veronese
	Maiolica
	Scaglia Variegata Alpina - Scaglia Rossa
	Formazione di Ponte Pià
	Calcarea di Chiusole
	faglia



Sezione geologica 1.

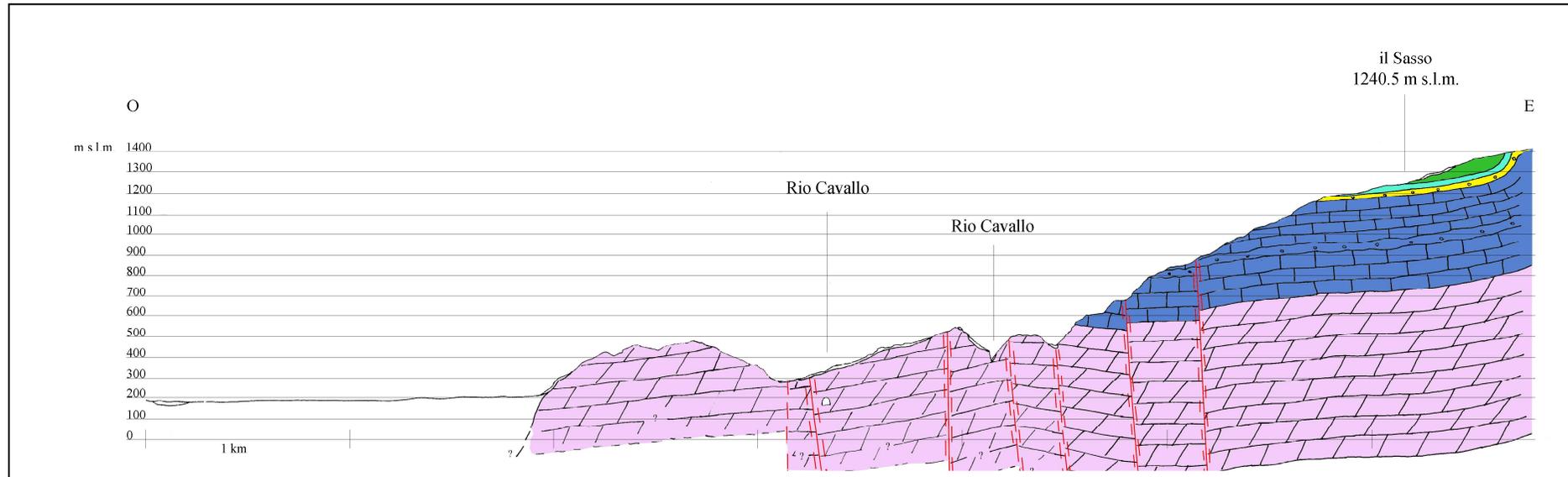
Traversale al tracciato alla pg. 4130. Affiorano la Dolomia Principale (solo in zona Celvet), il Gruppo dei Calcari Grigi (nell'alveo del Fersina e in zona Celvet), il Rosso Ammonitico Veronese, la Scaglia Rossa, la Formazione di Ponte Più (nei pressi dell'abitato di Cognola) e il Calcare di Chiusole a Trento Nord. Le giaciture sono variabili in direzione, ma di solito si assestano su valori di inclinazione che non superano i 25-30 gradi. Nei pressi di Cognola si osserva una blanda sinclinale con nucleo in Formazione di Ponte Più. Gli strati in zona Celvet sono quasi verticali, con immersione ad alto angolo verso SW. L'area è dissecata da numerose faglie con piano verticale con direzione da NS a NE-SW. La linea tettonica più occidentale presenta un rigetto di circa 200 m. La faglia più orientale del profilo ha un rigetto verticale minimo, il suo movimento si esprime principalmente con un cambio di giacitura, da pseudo orizzontale nel blocco ad Ovest a decisamente immergente a SW nel blocco orientale.

La galleria risulta qui attraversare gli strati della Formazione di Rotzo del Gruppo dei Calcari Grigi.



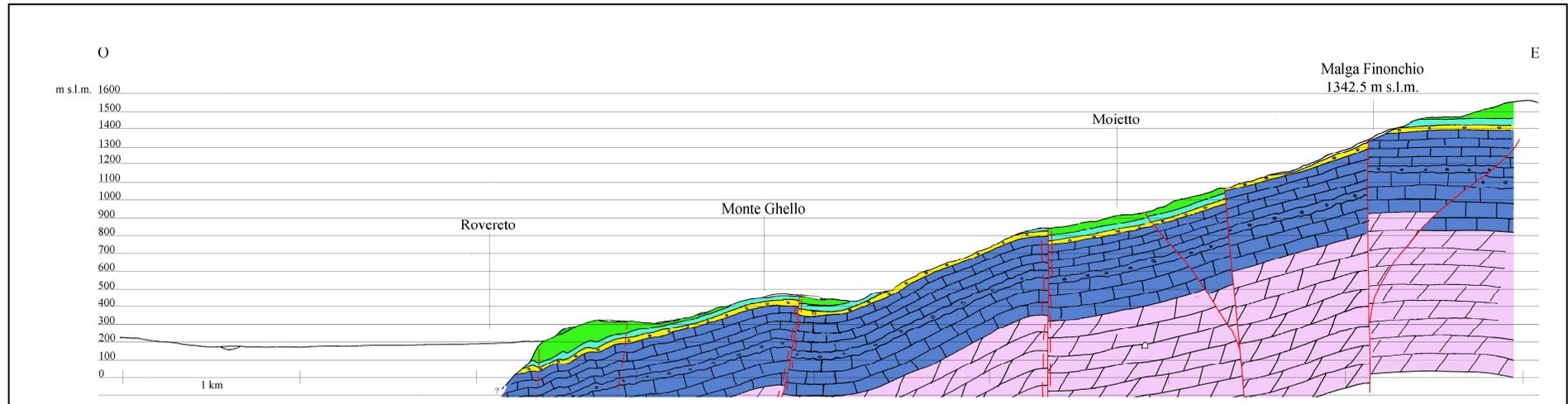
Sezione geologica 2.

Il profilo è trasversale al tracciato alla pg. 18530, a partire dall'alveo del fiume Adige, in corrispondenza del Bus de la Vecia, correndo verso Est attraverso il Dosso della Sega, Scanuchieri e Pra di Gola fino al Bus del Bech. Affiorano in quest'area la Dolomia Principale, i Calcari Grigi, l'Oolite di San Vigilio e il Rosso Ammonitico Veronese, questi ultimi solo in piccoli affioramenti in zona Pra di Gola. Le pendici esaminate sono in gran parte coperte da depositi glaciali. L'immersione degli strati è quasi costante verso W, con un angolo simile a quello del versante. Le faglie che interessano questa sezione sono subverticali, ma quelle più occidentali presentano una lieve inclinazione verso W. La linea passante per Sciopadore ha il maggior rigetto verticale (circa 200 m) e una maggiore continuità (faglia Acquaviva – M.ga Imprec – Pra di Gola). Essa alza il blocco occidentale di tetto, sul blocco orientale di letto. In questo movimento viene anche rialzato il piccolo cuneo in zona Sciopadore. Il tracciato della galleria in questa sezione corre all'interno della Dolomia Principale.



Sezione geologica 3.

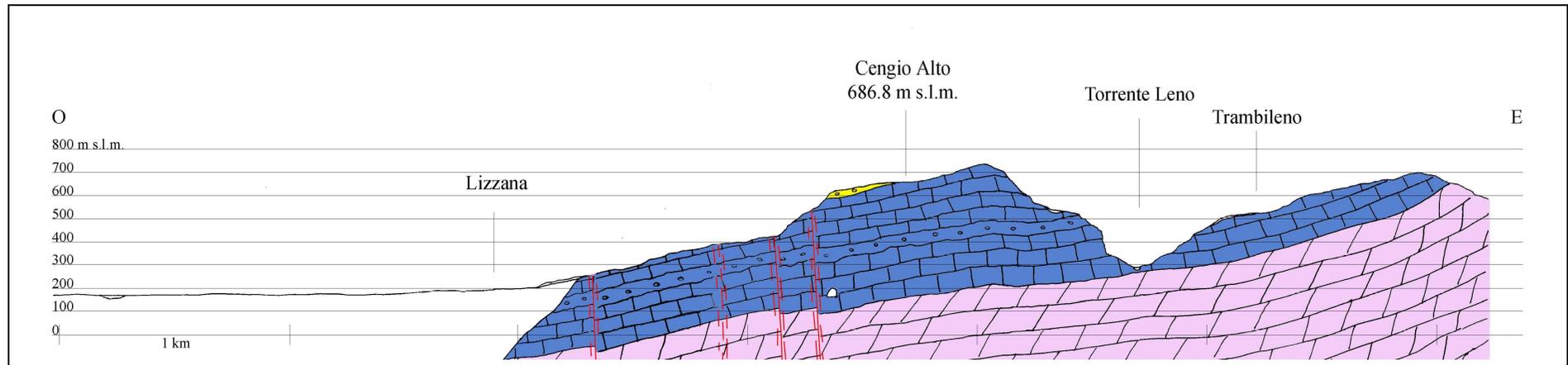
Sezione W-E, trasversale alla galleria alla pg. 21630. Le litologie affioranti sono la Dolomia Principale, le formazioni del Gruppo dei Calcari Grigi, l'Oolite di San Vigilio, il Rosso Ammonitico Veronese e la Scaglia Variegata Alpina. Le giaciture sono leggermente immergenti verso Ovest (con vari angoli) fino al Ponte di Folgaria; nel tratto orientale della sezione tendono invece ad immergere leggermente verso Est, ed in corrispondenza de Il Sasso formano una blanda sinclinale con strati che si verticalizzano sul fianco orientale. L'area risulta segmentata dalla presenza di numerose faglie a minimo rigetto verticale, verosimilmente di natura trascorrente o transpressiva assimilabile alla linea Schio – Vicenza. Il tracciato del tunnel ferroviario si trova verosimilmente all'interno degli strati della Dolomia Principale. In quest'area però la formazione triassica è interessata da erosione, ed il modello geologico dovrà essere confermato da sondaggi per riconoscere il letto della Dolomia Principale.



Sezione geologica 4.

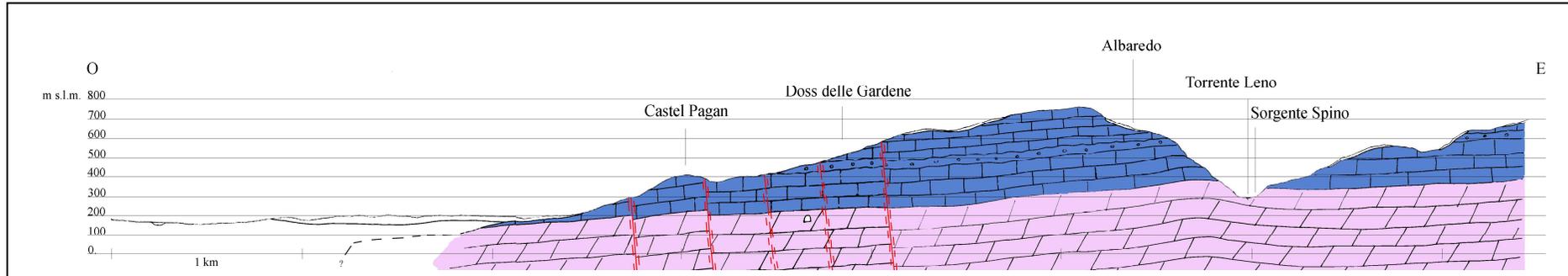
Trasversale al tracciato in corrispondenza della progressiva 24300. Le litologie affioranti, sono la Dolomia Principale, le formazioni del Gruppo dei Calcari Grigi e dell'Oolite di San Vigilio, il Rosso Ammonitico Veronese, la Maiolica e la Scaglia Rossa. La giacitura degli strati è pressoché costantemente immergente verso Ovest, con inclinazioni da pseudo orizzontali fino a quasi parallele al versante.

La parte occidentale dell'area inclusa nel profilo è interessata da faglie ad alto angolo, con piano di faglia immergente ad Ovest. Tali linee sono assimilabili ad una dinamica giudicariense che spinge il blocco occidentale al di sopra di quello di letto. Le quattro linee che interessano il tratto orientale del profilo sono di nuovo ad andamento scledense, e quasi verticali. Il tracciato del tunnel ferroviario in questo punto corre all'interno della Dolomia Principale.



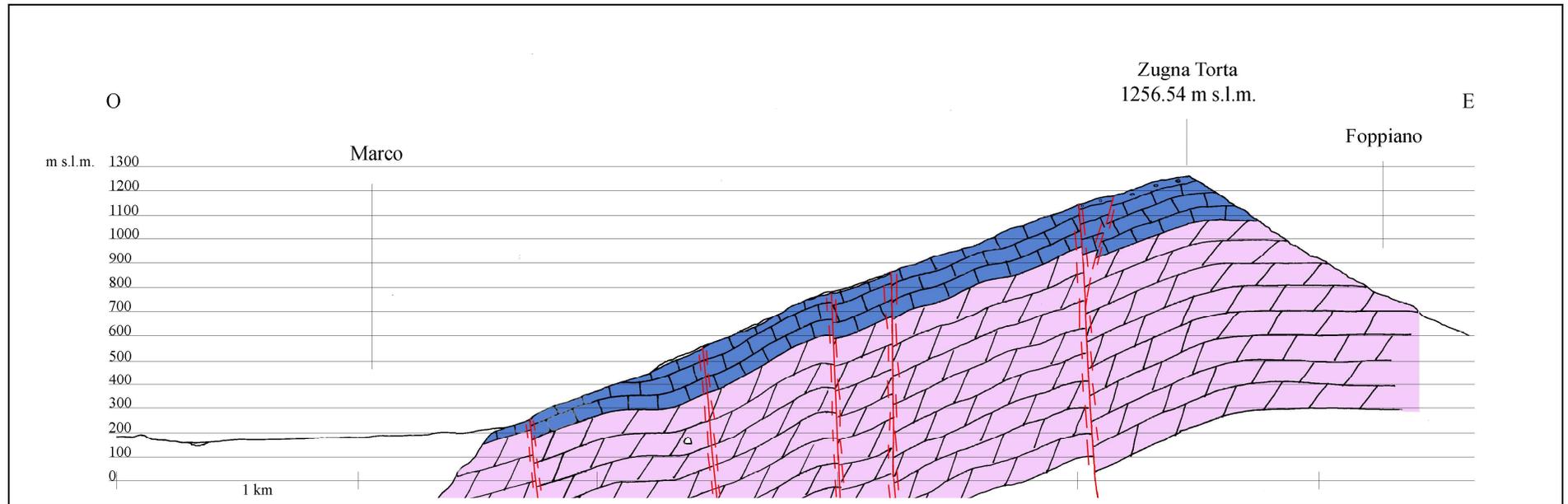
Sezione geologica 5.

Tracciata in senso Ovest – Est dall’alveo del Fiume Adige, attraversando la zona industriale di Rovereto e l’abitato di Lizzana, le propaggini settentrionali del Monte Zugna, in prossimità del Cengio Alto, la Vallarsa in corrispondenza di Trambileno, fino a giungere sul versante sinistro della valle del Torrente Leno di Terragnolo. Le litologie affioranti sono quelle della Dolomia Principale, del Gruppo dei Calcari Grigi, e, in corrispondenza dal Cengio Alto, dell’Oolite di San Vigilio. Le giaciture degli strati immergono verso Ovest con un angolo paragonabile a quello del versante occidentale del Monte Zugna stesso. La sezione risulta tagliata da tre faglie verticali di direzione scledense, aventi scarso rigetto verticale. Il tracciato del tunnel ferroviario corre nella parte basale della Formazione di Monte Zugna, molto vicino al limite tra le diverse unità. La galleria risulta a quota più bassa rispetto al torrente Leno e non risultano esserci faglie che separino l’alveo del Leno dal tracciato della galleria (le giaciture immergono verso la galleria stessa).



Sezione geologica 6.

La sezione, in direzione Ovest -Est, inizia dall'alveo del fiume Adige, passa per il deposito di frana dei Lavini di Marco, il versante Ovest del Monte Zugna e termina in Vallarsa in corrispondenza delle frazioni di Albaredo, sul versante sinistro, e di Boccale sul versante destro. Il tracciato della sezione passa per la posizione della sorgente Spino. Le litologie affioranti sono: Dolomia Principale in Vallarsa, Gruppo dei Calcari Grigi sul Monte Zugna e sul versante destro della Valle del Leno. Le giaciture degli affioramenti sul Monte Zugna indicano un'immersione degli strati verso Ovest con angoli piuttosto bassi. Il versante occidentale del Monte Zugna è localmente coperto da depositi di natura detritica, e in corrispondenza del passaggio alla Valle dell'Adige, dei depositi della frana dei Lavini di Marco. L'ammasso roccioso risulta tagliato da linee a modesto rigetto verticale, di direzione scledense, subverticali. Il tracciato della galleria corre in prossimità del limite tra Dolomia Principale e Gruppo dei Calcari Grigi, a quota leggermente inferiore rispetto a quella del Torrente Leno.



Sezione geologica 7.

Si estende dall'alveo del fiume Adige, passando per l'estremo Sud dell'abitato di Marco, il versante Ovest del Monte Zugna (attraversato in corrispondenza di cima Zugna Torta) e terminando in corrispondenza della frazione di Foppiano, sul versante sinistro della Vallarsa. Affiorano le seguenti litologie: Dolomia Principale; Gruppo dei Calcari Grigi (Formazioni di Monte Zugna e di Loppio, quest'ultima unicamente in corrispondenze della Zugna Torta 1256.54 m s.l.m.). Il versante occidentale del Monte Zugna è caratterizzato da una giacitura regionale degli strati, immergente verso Ovest con un'inclinazione circa uguale a quella della superficie del versante stesso. Il versante occidentale del Monte Zugna è localmente coperto da depositi detritici quaternari. L'ammasso roccioso in quest'area è dissecato da faglie subverticali di direzione scledense, con movimento trascorrente o trasgressivo, e probabilmente più volte riattivate in epoca alpina. La faglia con rigetto maggiore ha orientamento NW-SE, dall'abitato di Lizzana sino a poco ad W di Zugna Torta. La faglia rialza il blocco occidentale mettendo a contatto gli strati sommitali della Formazione di Monte Zugna con quelli del Calcare oolitico di Loppio. Il tracciato del tunnel ferroviario si sviluppa in Dolomia Principale.

5.2 ANALISI IDROGEOLOGICA PRELIMINARE PER IL TRATTO DI COMPLETAMENTO NORD

Questa analisi fa seguito all'inquadramento generale del paragrafo 4.1.

Per il tracciato del tunnel in questo settore di progetto sono state proposte due alternative principali, per le quali il gruppo di lavoro geologico ha predisposto due sezioni geologiche longitudinali, che hanno servito di base per le corrispondenti sezioni idrogeologiche, presentate nella tavola 10.05.03 e denominate in tavola come "T2 nord sol.1 (2)" e "T2 nord sol.2 (1)". Il tracciato T2 nord sol.1(2) si distingue per uno spostamento verso Ovest a sud di Faedo: esce brevemente in valle dell'Adige all'altezza del piccolo conoide di Nave San Felice, e attraversa poi il torrente Avisio all'altezza di Maso Franch. Di seguito per comodità sarà indicato come **"tracciato Ovest"**. Il tracciato T2 nord sol.2(1) si mantiene più ad Est nel versante, con attraversamento del torrente Avisio poco a monte dell'abitato di Verla di Giovo. Di seguito per comodità sarà indicato come **"tracciato Est"**.

L'analisi idrogeologica di conseguenza prende in considerazione una fascia di territorio piuttosto ampia, ma è agevolata dal fatto che le caratteristiche geologiche si mantengono piuttosto uniformi entro questa fascia. In parte nell'inquadramento della

I tratti in galleria dall'imbocco Nord sino all'intersecazione della zona di faglia del Calisio si sviluppano, per entrambe le alternative di tracciato, entro rocce del complesso permo-triassico o entro rocce del Distretto Vulcanico Atesino, tutte caratterizzate da una bassa permeabilità. Solo localmente si potrà avere una circolazione idrica più sviluppata in particolari orizzonti delle formazioni di Werfen e del Bellerophon, o in corrispondenza di fasce ad elevata fratturazione. Fra queste la fascia di fratturazione denominata Linea di Trodena è particolarmente rilevante (Fig. 5.2.1).

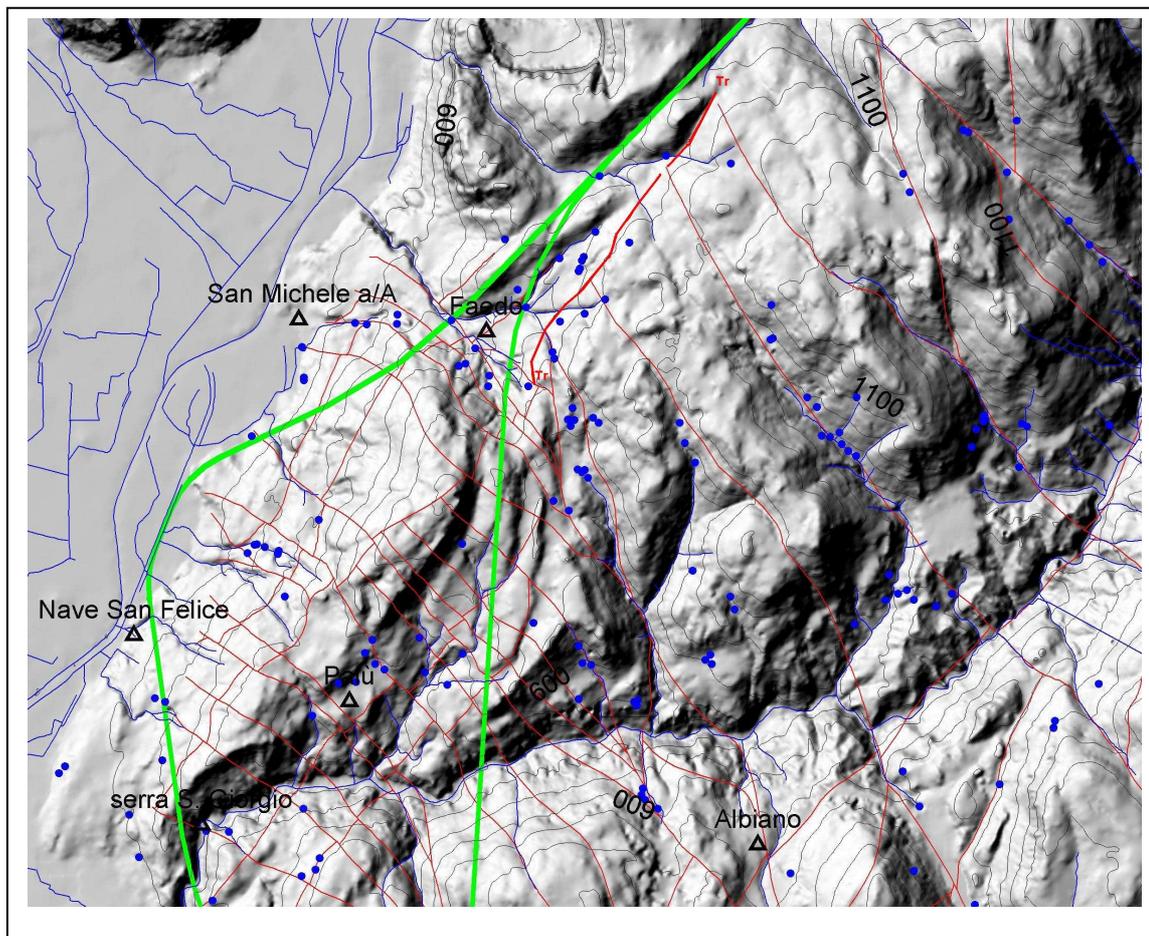


Fig. 5.2.1 – *Mappa a rilievo del territorio tra il confine provinciale nord e la valle dell’Avisio, con indicazione delle strutture tettoniche (in rosso), dell’idrografia superficiale e delle sorgenti (in blu). I due tracciati alternativi sono in verde. La linea di Trodena (Tr) è evidenziata con tratto rosso marcato.*

Nella zona tra San Michele all’Adige e Nave San Felice, ove è previsto un tratto in superficie del tracciato Ovest, la piezometrica del luglio 2007 (Fig. 5.2.2) è disposta secondo un andamento da NE verso SW, con il fiume Adige in posizione drenante. Il livello di falda, nel tratto in parallelo alla sede ferroviaria attuale, oscilla intorno ai 5 metri dal piano campagna. Si rileva un reticolo di drenaggio superficiale ben sviluppato (Fig. 5.2.1). Non si evidenziano particolari problematiche idrogeologiche relative a questo tratto.

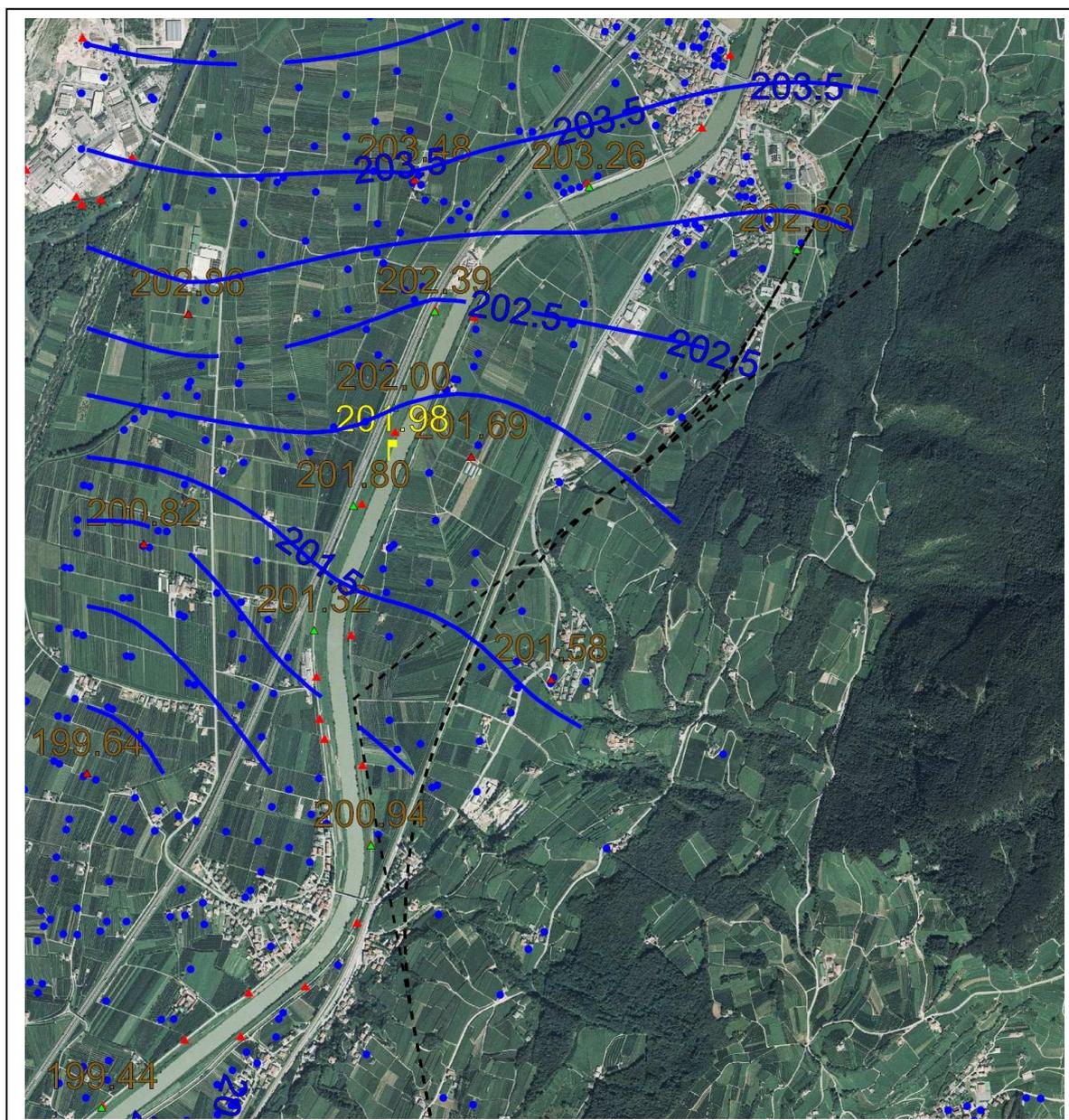


Fig. 5.2.2 – Carta piezometrica e quote di misura della falda nella zona tra San Michele all'Adige e Nave San Felice al luglio 2007. In tratteggio nero il tracciato Ovest. In giallo sono indicate le quote del pelo dell'acqua del fiume Adige nel periodo di misura.

Il tracciato Ovest attraversa in subalveo il torrente Avisio poco a monte dell'abitato di San Lazzaro (Lavis). In corrispondenza del ponte in ferro di San Lazzaro si osservano in affioramento le ignimbriti del DVA. Poco a valle, in sponda

destra (parco giochi comunale) un piezometro ha incontrato la roccia alla profondità di circa 16 m (Trentino Servizi, 2005). Nella zona della serra di San Giorgio, renaio realizzato per la captazione in subalveo delle acque del torrente, la profondità del substrato roccioso appare invece essere non inferiore a 30 m in asse all'alveo (Fig. 5.2.3).

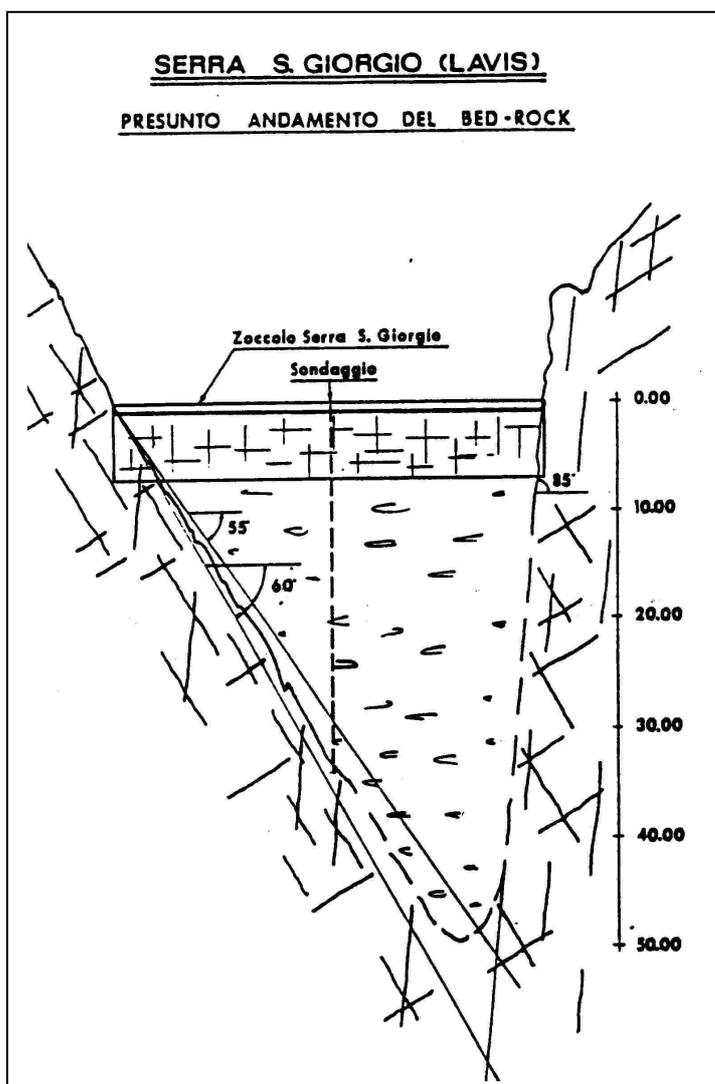


Fig. 5.2.3 - Sezione geologica in alveo del torrente Avisio alla serra di San Giorgio (Università di Trento, 1998).

La letteratura geologica locale segnala in diverse località alvei epigenetici dell'Avisio (Venzo 1990, 1955), possibilità questa da non sottovalutare nei rispetti del tracciato Est, e da approfondire in sede di progetto preliminare.

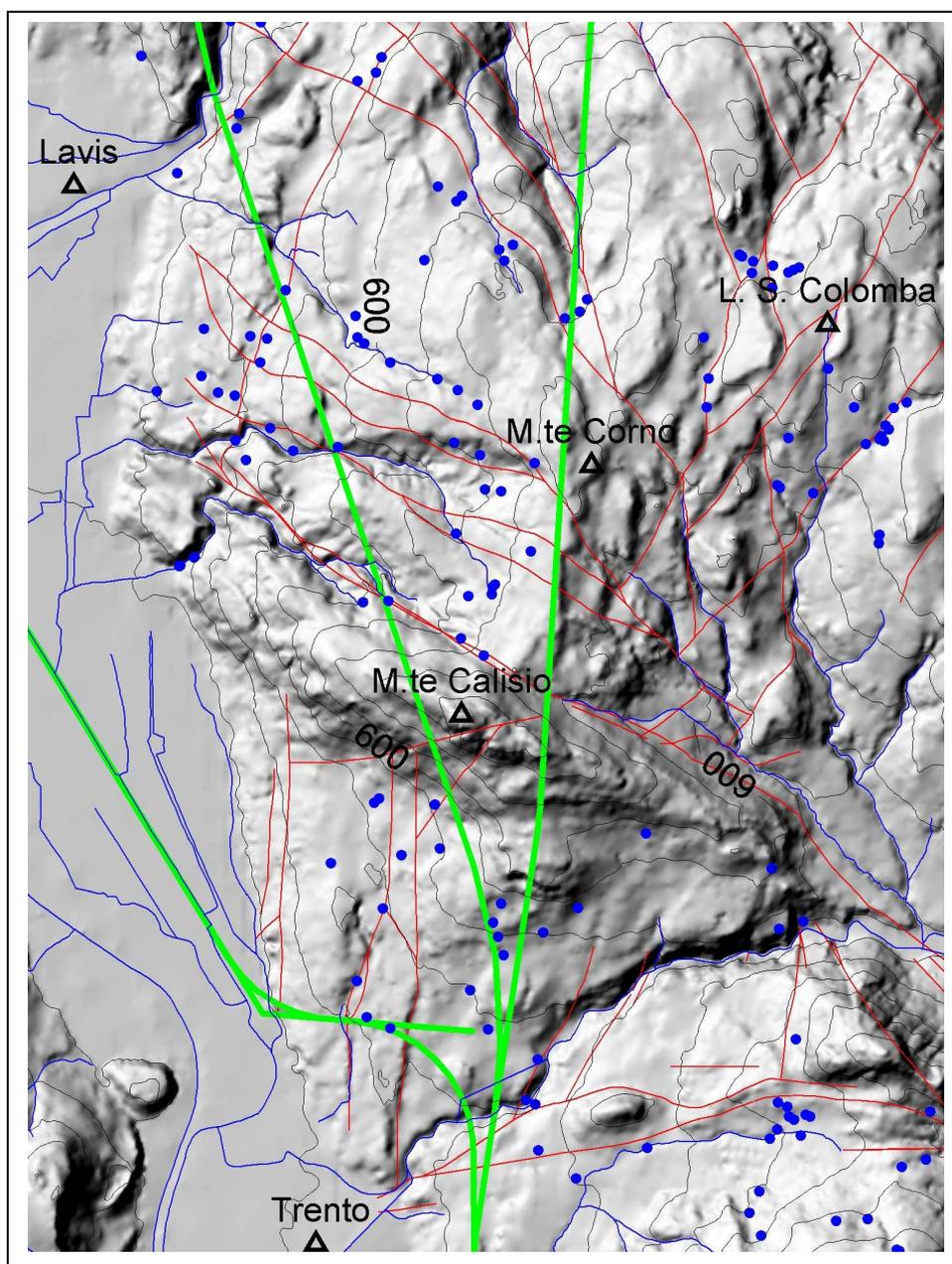


Fig. 5.2.4 – *Mappa a rilievo del territorio tra la valle dell’Avisio e Trento, con indicazione delle strutture tettoniche (in rosso), dell’idrografia superficiale e delle sorgenti (in blu). I due tracciati alternativi sono in verde.*

L'asse del tracciato Ovest taglia con angolo minore la faglia del M.te Calisio (Fig. 5.2.4). Per entrambi i tracciati, ad ogni modo, l'attraversamento della zona del Calisio corrisponde ad un tratto critico dal punto di vista idrogeologico, per vari motivi. In primo luogo perché tra la faglia del Calisio e la faglia Trento – Roncogno si attraverserà l'acquifero principale: provenendo da nord (si vedano i profili in tavola 10.05.03), si incontreranno dapprima la Dolomia Principale e poi, a seguire, i diversi membri del Gruppo dei Calcari Grigi: formazione di Monte Zugna, Calcari di Loppio, formazione di Rotzo, a permeabilità e carsificabilità maggiore. L'imponente zona di faglia della Linea del Calisio costituisce una più che probabile zona di venute d'acqua principali, con persistenza temporale verosimilmente temporanea. Altre venute principali saranno possibili all'incrocio con le zone di fratturazione poste più a Sud. In secondo luogo questo tratto di versante appare idrogeologicamente critico perché l'acquifero risulta confinato a Nord e a Sud, per contatto tettonico, da rocce a bassa permeabilità, a Ovest recapita nel fondovalle atesino, mentre ad Est appare chiuso da rocce a bassa permeabilità in una situazione strutturale complessa, e sempre dominata dalla faglia del Calisio. Resta da chiarire, per le fasi successive di progettazione, se l'acquifero possa configurarsi come serbatoio indipendente o, attraverso la tettonica, sia collegato in serie con altri sistemi acquiferi (serbatoio semidipendente).

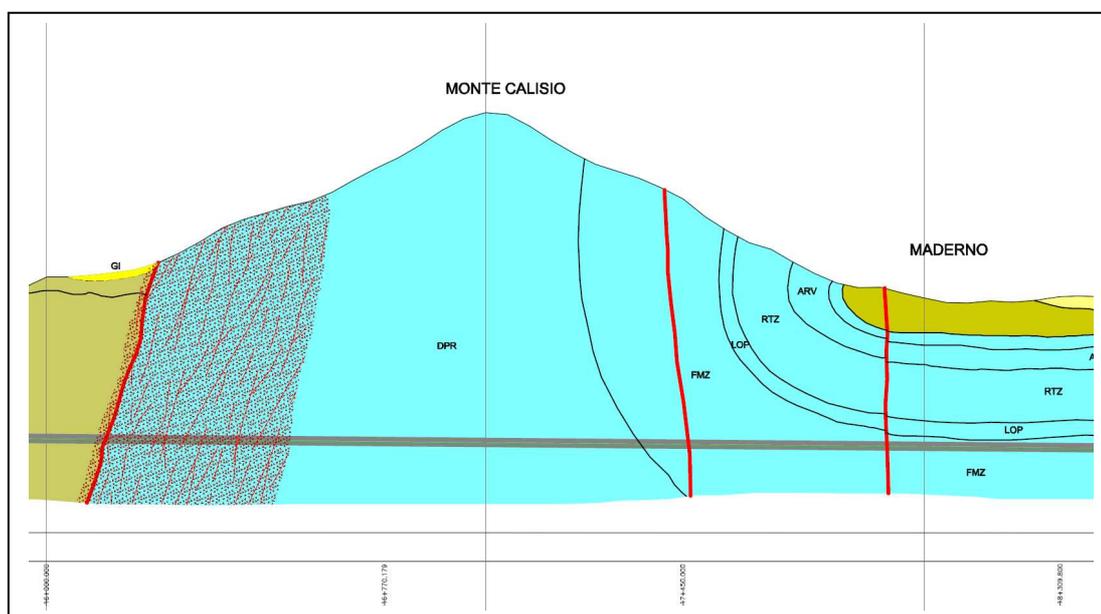


Fig. 5.2.5 – Stralcio dalla tavola 10.05.03, tracciato Ovest (T2 Nord sol2(1)).

Nelle tabelle 5.2.1 e 5.2.2. sono riportate le caratteristiche note delle sorgenti a distanza inferiore a 200 m dai due tracciati. Entro la distanza di 200 m dal tracciato Ovest si trova una sola sorgente importante (cod. PAT 4337 sorgente “Galleria”, drenaggio di antiche opere di captazione), mentre le portate delle altre sorgenti sono molto basse. Entro i 200 m dal tracciato Est si conta un minor numero di sorgenti, ma con una portata più significativa. Il confronto fra le due tabelle 5.2.1 e 5.2.2 risulta infatti più valido se si esclude il contributo della sorgente “Galleria”.

A conclusione dell’analisi idrogeologica preliminare, appare ragionevole asserire che il tracciato Ovest dovrebbe presentare una minore possibilità di impatto negativo sulle risorse idriche, per effetto più che altro, del tratto in superficie tra San Michele a/A e Nave San Rocco, che evita di intercettare numerose strutture tettoniche dirette NE-SW (v. Fig. 5.2.1), intersecate invece dal tracciato Est.

NR	CODSOR	NOMEUFF	COORD_X	COORD_Y	Q1	Q2	Q3
1	65	malpaga	1663986	5111732	0.3	0.3	0.3
2	3651	maso san donà	1664403	5116601	0.5	0.12	0.12
3	3658	maso tratta	1663418	5113917	0.01	0.12	0.01
4	3659	sopra maso tratta	1663521	5113883	0.1	0.1	0.1
5	3662	rumega	1663491	5113283	0.1	0.1	0.1
6	3665	presa castello monreale	1666976	5118620	0.15	0.15	0.15
7	4337	galleria	1666434	5117792	23.2	30	13
8	9395	monti della croce 1	1664358	5110484			
9	9579	cestari	1665906	5104774	0.23	0.2	0.2
10	9585	beghel 1	1665982	5105490	0.41	0.7	0.41
11	9586	beghel 2	1665943	5105600	0.18	0.18	0.18
12	9594	maderno	1665500	5106512			
13	9782	non denominata	1664005	5111847			
14	10144	maso specchio	1665147	5108081			
15	10145	non denominata	1664950	5108075			
16	10153	non denominata	1664755	5109273			
17	10166	non denominata	1666004	5105746			
18	10618	moia'	1666025	5105348	1	1	1
					26.18	32.97	15.57

Tab. 5.2.1 - Elenco delle sorgenti a distanza inferiore a 200 m dal tracciato Ovest (dal catasto PAT). Con Q1, Q2, Q3 sono riportate misure di portata in litri/secondo. Nell'ultima riga la sommatoria delle portate.

NR	CODSOR	NOMEUFF	COORD_X	COORD_Y	Q1	Q2	Q3
1	62	casare dei zaiotti	1666495	5110266	2	6	2
2	95	peschiera	1666107	5114537	0.3	0.3	0.3
3	4326	maso togn	1667531	5118426	0.03	0.03	0.03
4	4334	val granda	1666808	5117115	2	2.4	0.71
5	4335	rio masetto	1667188	5117922	0.6	0.6	0.4
6	4336	palude	1667103	5118103	0.4	0.35	0.25
7	4338	boion de la malga	1667936	5119264	2.5	2.5	0.04
8	9579	cestari	1665906	5104774	0.23	0.2	0.2
9	9585	beghel 1	1665982	5105490	0.41	0.7	0.41
10	9589	tavernaro	1666328	5105522	0.05	0.07	0.05
11	9612	val morta 2	1666817	5117223			
12	10130	non denominata	1666607	5110318			
13	10131	non denominata	1666666	5110411			
14	10166	non denominata	1666004	5105746			
15	10618	moia'	1666025	5105348	1	1	1
					9.52	14.15	5.39

Tab. 5.2.2 - Elenco delle sorgenti a distanza inferiore a 200 m dal tracciato Est (dal catasto PAT). Con Q1, Q2, Q3 sono riportate misure di portata in litri/secondo. Nell'ultima riga la sommatoria delle portate.

5.3 ANALISI IDROGEOLOGICA PRELIMINARE PER IL TRATTO DI COMPLETAMENTO SUD

Questa analisi fa seguito all'inquadramento generale del paragrafo 4.3.

Per il tracciato del tunnel in questo settore di progetto sono state proposte diverse alternative di tracciato, di cui due più probabili (Tav. 10.02) a cui corrispondono due sezioni idrogeologiche longitudinali ("soluzione 1" e "soluzione 2"), presentate nelle Tavola 10.05.3. La cartografia geologica consegnata e adottata per lo sviluppo della carta idrogeologica, è in gran parte ricavata dalla cartografia alla scala 1:100.000 delle Carta Geologica d'Italia, per il qual motivo la presente analisi dovrà essere riproposta con integrazioni anche rilevanti quando saranno disponibili nuovi rilievi e comunque al termine della fase attuale di monitoraggio, iniziata con il giugno 2007.

Il modello idrogeologico concettuale in questo lungo tratto di tunnel, per situazione litologica e strutturale non è molto dissimile da quello descritto per la parte meridionale del tratto della circonvallazione Trento - Rovereto. La galleria, nelle diverse alternative di tracciato, si svilupperà, secondo le sezioni fornite dal gruppo di lavoro sulla geologia, per tutto il percorso entro la Dolomia Principale, sovrastata dalle litologie del Gruppo dei Calcari Grigi; dunque, nell'acquifero principale. Nell'intero tratto si ripropongono inoltre le strutture tettoniche ad orientamento scledense, compressive, già commentate nel punto 5.1. Le masse carbonatiche dell'acquifero principale giungono ad affiorare sulle superfici del versante, ove si rinvencono, in particolare a Sud di Ala, rilevanti fenomeni carsici, e la ricarica dell'acquifero per infiltrazione efficace delle acque meteoriche è quindi elevata.

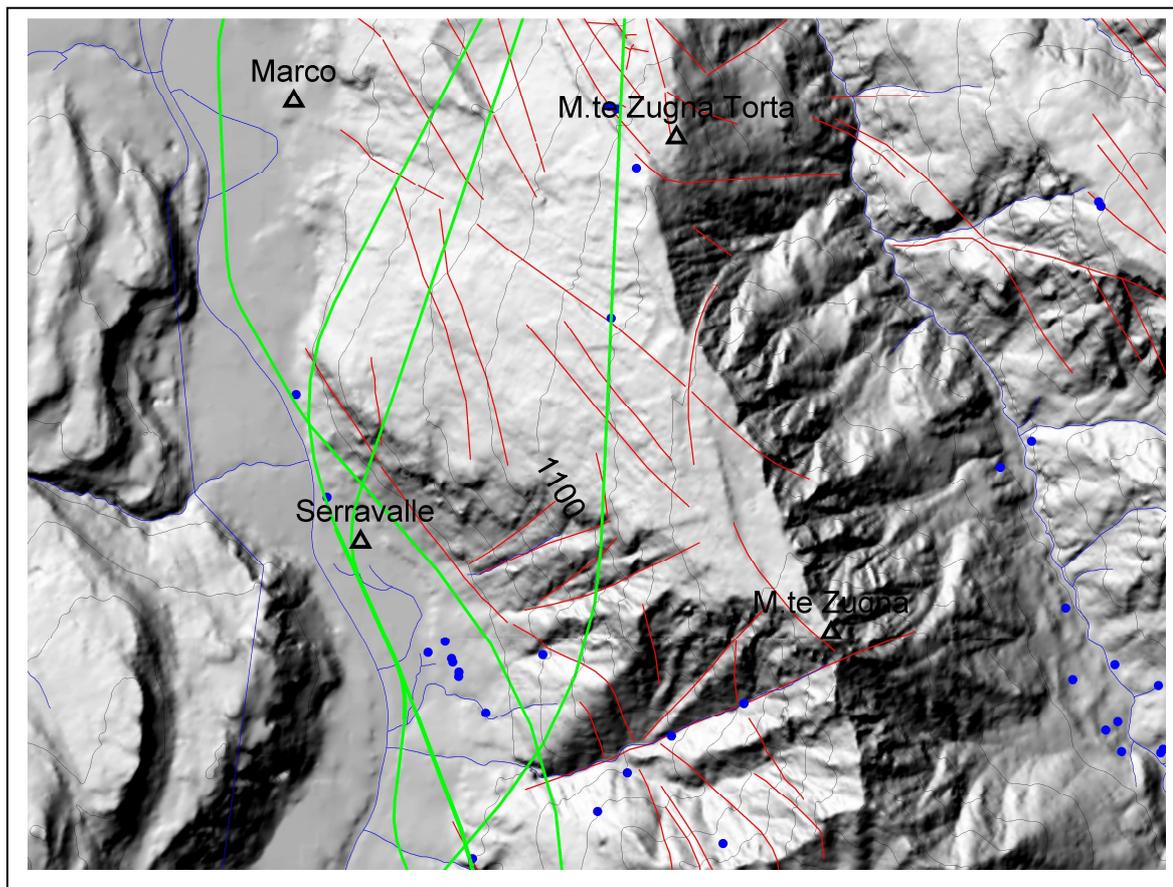


Fig. 5.3.1 – Mappa a rilievo del territorio tra Marco e Marani di Ala, con indicazione delle strutture tettoniche (in rosso), dell'idrografia superficiale e delle sorgenti (in blu). I diversi tracciati alternativi sono in verde.

Dalle rappresentazioni delle Figg. 5.3.1 e 5.3.2 si può osservare come, rispetto al versante sotteso dal tracciato prioritario, settore nord, e da quello sotteso dal tratto di completamento nord, la densità di sorgenti sia notevolmente minore. Le poche sorgenti esistenti sono soprattutto legate a circolazione subalvea dei torrenti e ad accumuli di terreni quaternari morenici.

L'analisi idrologica ha indicato che questo settore è caratterizzato dai maggiori valori di infiltrazione registrata, con conseguente ricarica degli acquiferi residenti in roccia, che danno origine ad importanti sorgenti basali.

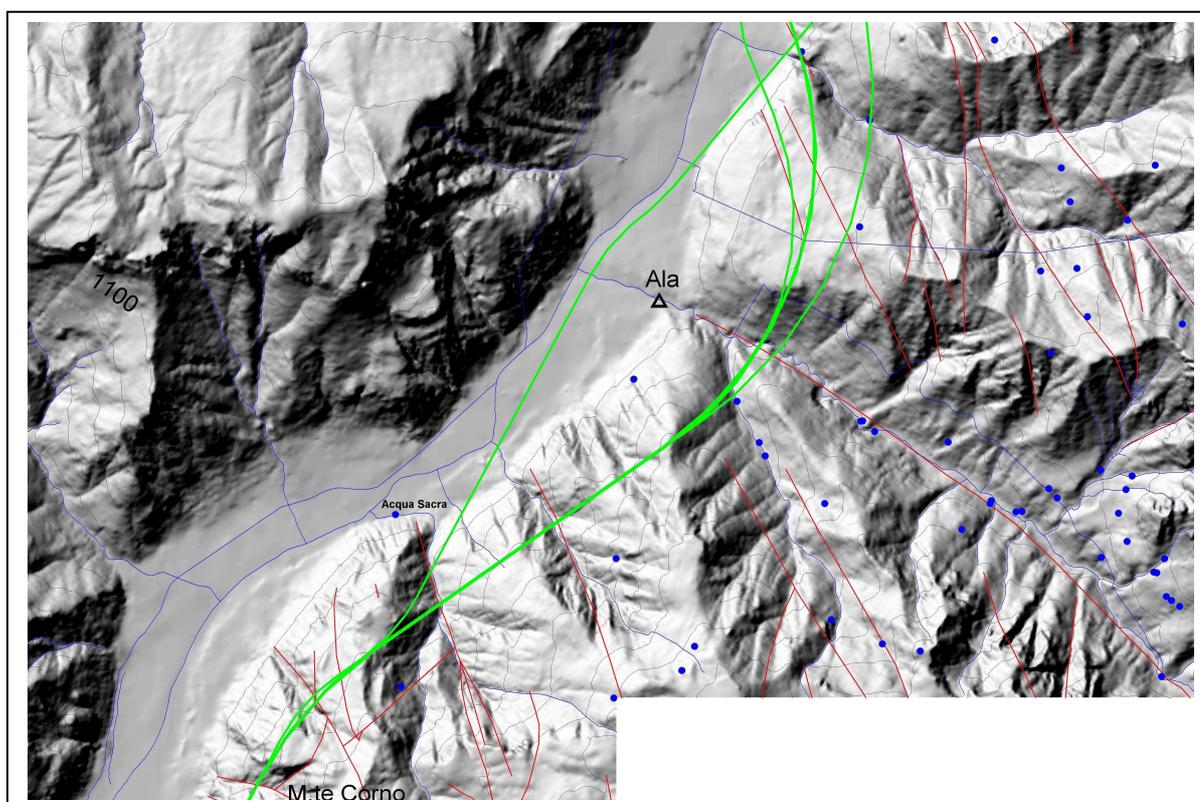


Fig. 5.3.2 – Mappa a rilievo del territorio tra Marani di Ala e Borghetto, con indicazione delle strutture tettoniche (in rosso), dell'idrografia superficiale e delle sorgenti (in blu). I diversi tracciati alternativi sono in verde.

Da un punto di vista pratico va quindi rilevato che eventuali captazioni in sotterraneo da parte della galleria, qualora aventi portate totali superiori all'ordine di 200-300 litri/secondo, potrebbero portare, sul lungo periodo, ad un depauperamento della risorsa. Inoltre, in termini generali, le eventuali venute, dopo una fase di afflusso "di picco" potrebbero stabilizzarsi e diventare permanenti avendo un ampio bacino di ricarica a disposizione.

In questa ottica, la soluzione progettuale di mantenere una soluzione di tracciato in fondovalle nel tratto tra Serravalle e Santa Margherita di Ala risulta giustificata dalla situazione idrogeologica evidenziata nella sezione idrogeologica 8, presentata alla fine di questo capitolo. Infatti in questo tratto del versante il limite di

Come reso evidente nel profilo idrogeologico longitudinale della Tav. 10.05.03 le venute d'acqua maggiori in galleria sono da attendersi in corrispondenza delle intersezioni con faglie, laddove lo spessore dell'acquifero è maggiore. In dettaglio, alle progressive 413, 5100, 9500, 12380, 12940, per la soluzione 1, oppure alle progressive 4950, 6270, 6850, 7960, 8330 per la soluzione 2. Gli impatti sulle risorse idriche sono in corso di valutazione di dettaglio per le singole sorgenti.

In Fig. 5.3.4 è riportata la piezometrica al luglio 2007 per la zona tra Marco ed Ala, ove il tracciato più probabile si sviluppa sul fondovalle. Si evidenzia un alto piezometrico nella zona di Santa Margherita di Ala, ove le alluvioni del fondovalle ricevono le acque del massiccio carbonatico veicolate al contatto con la Dolomia dello Sciliar. E' previsto il ritorno del tracciato in galleria poco a valle di Santa Margherita, ed è altamente probabile che al contatto tra la Dolomia dello Sciliar e la Dolomia Principale, in zona di faglia, si possano incontrare forti venute d'acqua a carattere permanente.

A sud di Ala il recapito basale della sorgente 3565 "Acqua Sacra" risulta collegato a strutture tettoniche, evidenziate nella sezione geologica 9, presentata alla fine di questo capitolo. Il tracciato interseca una faglia la cui terminazione W è prossima alla zona della sorgente (v. Fig. 5.3.2).

Nella zona tra Ala e Borghetto i massicci carbonatici del versante sinistro sono caratterizzati dalla presenza di fenomeni carsici diffusi, particolarmente sviluppati in superficie in corrispondenza dell'altopiano sommitale dei Monti Lessini. Oltre alle morfologie carsiche superficiali, sono note morfologie profonde, tra cui una delle cavità carsiche più profonde d'Italia, la Spluga della Preta (provincia di Verona, comune di Sant'Anna di Alfaedo) è stata esplorata sino a 887 m di profondità (l'imbocco si trova a 1475 m s.l.m.). I litotipi erosi da questa cavità sono cinque: il Biancone (Maiolica) il Rosso ammonitico, l'Oolite di San Vigilio, i Calcari Grigi e la

Dolomia Principale. La presenza di una grotta di questo tipo evidenzia la possibilità che il tunnel possa intercettare di simili, o comunque cavità anche ampie. Con particolare riguardo alla citata Spluga della Preta, è stata avanzata una proposta che il tunnel possa servire per creare un accesso di soccorso o alternativo alla parte inferiore della grotta, che attualmente richiede diversi giorni di discesa e risalita.

Uno dei principali obiettivi dello studio idrogeologico per le successive fasi progettuali del tratto di completamento Sud è di chiarire se, ed in che misura, l'acquifero principale carsico qui descritto unitariamente sia suddiviso in sottosistemi semidipendenti o indipendenti, e come questi siano classificabili.

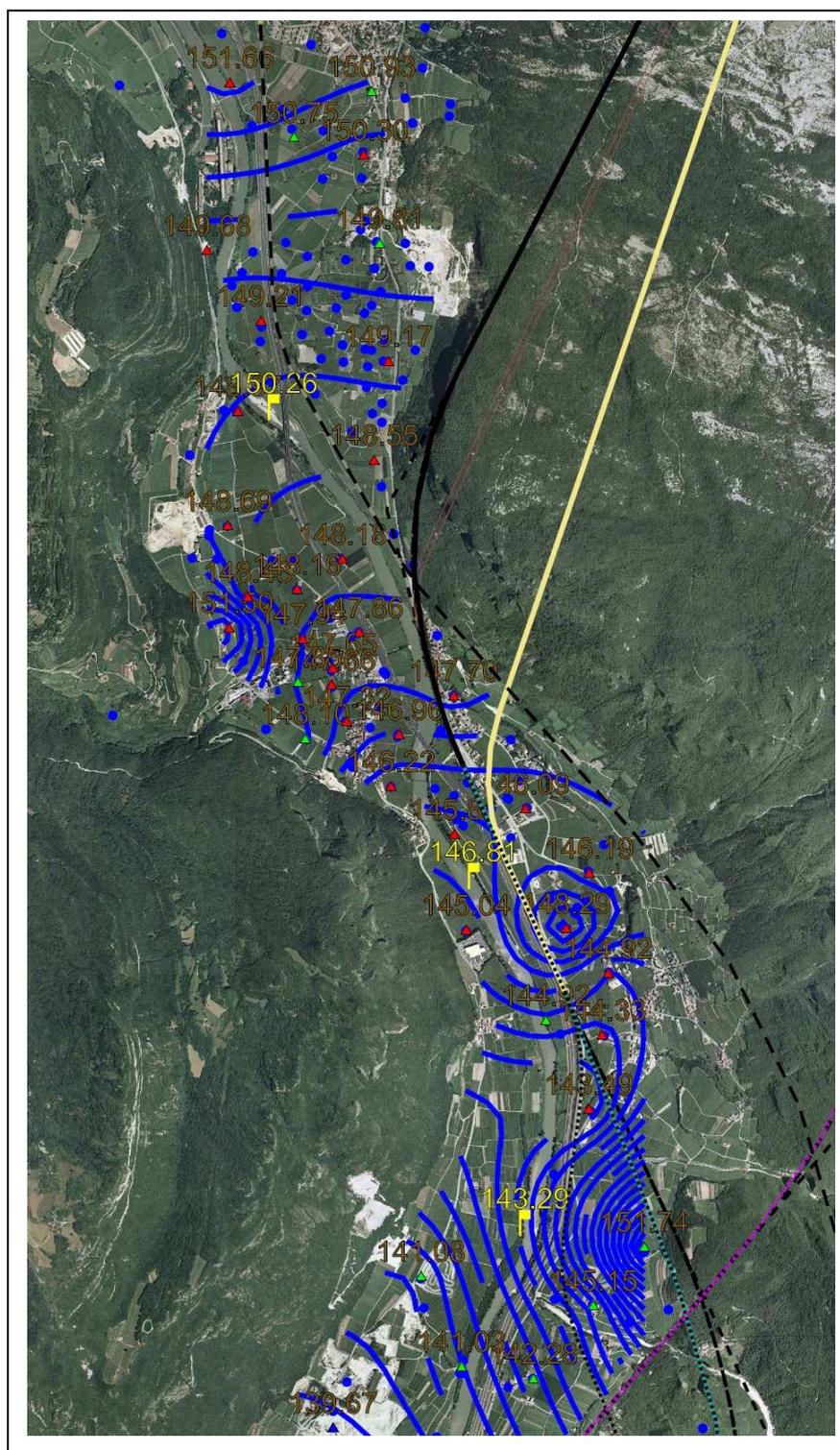
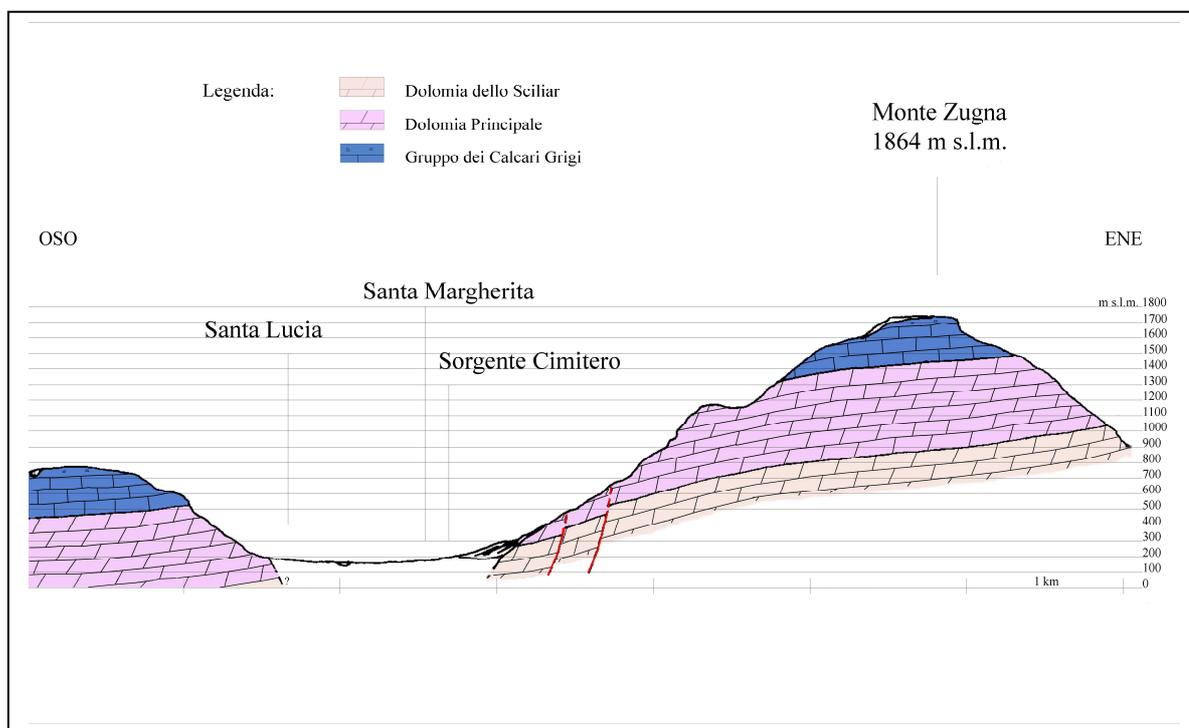
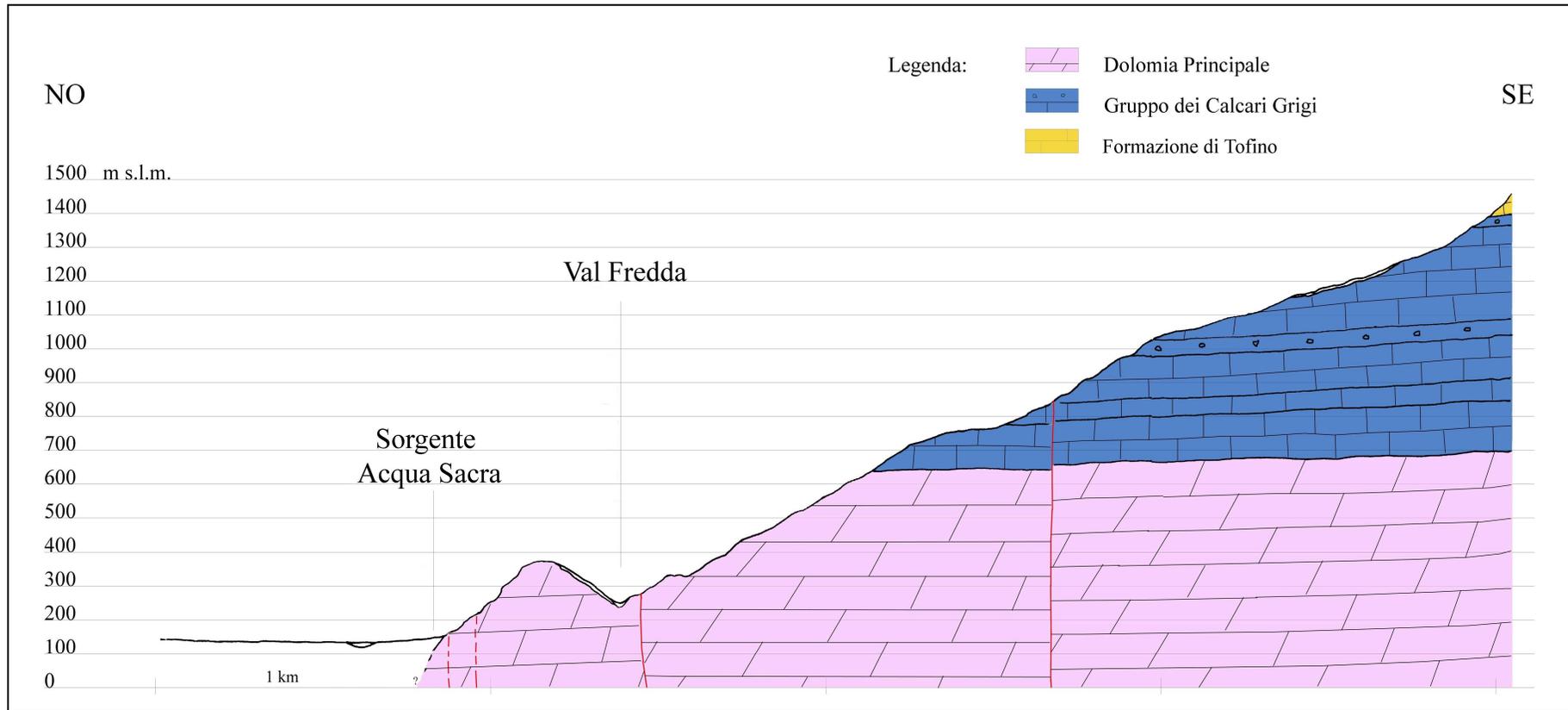


Fig. 5.3.4 – Carta piezometrica e quote di misura della falda nella zona tra Marco e Marani di Ala, al luglio 2007. In tratteggio, diverse alternative di tracciato. In giallo sono indicate le quote del pelo dell’acqua del fiume Adige nel periodo di misura.



Sezione geologica 8.

Traversale al versante all'altezza di Santa Margherita di Ala. Affiorano la Dolomia Principale ed il Gruppo dei Calcari Grigi. La giacitura immerge verso l'asse vallivo atesino. Al di sotto della Dolomia Principale, la Dolomia dello Sciliar svolge una funzione di limite di permeabilità, determinando lo sversamento nel fondovalle atesino dell'acquifero principale.



Sezione geologica 9.

Trasversale al versante all'altezza di Sdruzzinà di Ala, ove si ha l'emergenza della sorgente Acqua Sacra. Affiorano le litologie dell'acquifero principale (Dolomia Principale e Gruppo dei Calcari Grigi). La genesi della sorgente è collegata a una circolazione tettono-carsica.

6. BIBLIOGRAFIA

- APPELO C.A.J., POSTMA D. (1999) – Geochemistry, groundwater and pollution. 536 pp., ISBN 9054101059 Balkema Ed., Rotterdam.
- BARTOLUCCI C.M. (1990) - Caratterizzazione geomeccanica di un ammasso roccioso durante scavo di una galleria con TBM. Tesi di laurea inedita. Università degli Studi di Roma "La Sapienza". Facoltà di Ingegneria
- BAZZOLI G., M. VISINTAINER (2006) - Arsenic in rocks and groundwaters in Trentino (Italy). Arsenic removal from water for human consumption: state of compliance activities. Presentazione a convegno: "Die ARGE Alp und die Qualitätssicherung des Trinkwassers im Alpenraum", Innsbruck, giugno 2006.
- BAZZOLI G., M. VISINTAINER, S. ARMAN, C. GOTTARDI (2007) - Caffeine as an anthropogenic marker of pollution of groundwater. Possible uses in mountain basins. La caffeina come indicatore di contaminazione antropogenica delle acque sotterranee. Possibilità di applicazione nei bacini montani. *Geologia Tecnica & Ambientale*, 4/2005, 5-16.
- BORTOLAMEOTTI R. (1985) - Il carsismo della Vigolana. *Natura Alpina - Trento* vol. XXXVI n°2-3, 4 pagg.
- BIASI L. (1991) – L'antica zona mineraria dell'Altipiano del Calisio. *Nat. Alp.*, v. 41, 3, pp. 1-48.
- BORSATO A. (coord.) (2000) – Acquiferi carsici in Trentino, caratteristiche chimico-fisiche, idrogeologia, vulnerabilità e inquinamento. Museo Tridentino di Scienze Naturali., rapporto inedito.
- CADROBBI L. & NOBILE M. (1999) - Studio di massima sulle potenzialità idriche dei massicci carbonatici circostanti la città di Trento. Rapporto inedito. Società Industriale Trentina
- CADROBBI L. & NOBILE M. (1999) - Studio idrogeologico finalizzato alla valutazione di fattibilità del nuovo progetto di derivazione idrica del subalveo del torrente Fersina nell'area Cantanghel (TN). Rapporto inedito. Studio associato di Geologia Applicata
- CAMPEDEL P., GARBARI T., VERONESE L. (2005) – Contributo della tecnica REMI (Refraction MicroTremor) per la definizione della geometria dell'accumulo di frana dei Lavini di Marco. In Museo Civico di Rovereto (2005), pp. 137-153.
- CASTELLARIN A. & VAI GB. (1982) - Introduzione alla geologia strutturale del Sudalpino. In: A. Castellarin & G.B. Vai (a cura di): Guida alla Geologia del Sudalpino centro-orientale. Guide geol. reg. S.G.I.
- CASTELLARIN A. et al. (1987) – Structural and kinematics analysis of the Giudicarie deformation belt. Implications for compressional tectonics of Southern Alps. *Miner. Petrogr. Acta*, XXX, pp. 287-310.
- CANTELLI L. & CASTELLARIN A. (1994) - Analisi e inquadramento strutturale del sistema "Schio-Vicenza". *Atti Tic. Sc. Terra* 1994 (Serie speciale) 1, 231-245, 6 figg., 1 tab.
- CASTELLARIN A., SELLI L., PICOTTI V., CANTELLI L. (1998) – La tettonica delle Dolomiti nel quadro delle Alpi meridionali orientali. *Mem. Soc. Geol. It.*, v. 53, pp. 133-143.

- CAVATTONI M. (1992). – Relazione geologica e geotecnica sul tracciato della galleria Roggia di Gardolo – Rio Papa e sul relativo bacino sotteso. Rapporto inedito dello Studio di Geologia Applicata del Dott. Cavattoni M.
- CELICO P. (1988) - Prospezioni idrogeologiche. Vol.I,II,. 528 pp., Liguori Editore, Napoli.
- CIVITA M. (2006) - Idrogeologia applicata e ambientale. 794 pp.Casa Editrice Ambrosiana, Milano
- COMITGEO s.n.c. (1995) -. Indagine Idrogeologica per la domanda di concessione in sanatoria per la derivazione di acqua ad uso potabile dai pozzi siti in asta Adige nei c.c. di Gardolo, Trento, Ravina e Mattarello. Rapporto inedito della Società Geologica Trentina
- COMUNE DI ROVERETO (2005) – Studio per la caratterizzazione preliminare della prima falda della zona industriale di Rovereto. Museo Civico di Rovereto, Studio di Geologia Applicata dr.ssa M. Canali, G&G Servizi s.r.l.
- COMUNE DI TRENTO (1994). – Progetto per la soppressione del passaggio a livello al km 85+054 della linea ferroviaria Verona - Brennero mediante un sottopasso al km 84+977, Località Acquaviva. Relazione geologica – geotecnica inedita della Provincia Autonoma di Trento, n. 004728
- CRISTOFOLINI T., TRENER G. B. (1926) – L'acquedotto della Città di Trento – Relazione tecnica e studio geologico. Mem. Mus. St. Nat. Ven. Trid., Trento.
- CROSTA G., BALINI M., ZANCHI A., ARMENTANO A. (2002) - Convenzione per lo studio dei fenomeni di instabilità di versante del Monte Marzola (prov. Trento). Dipartimento di Scienze Geologiche (Università Milano Bicocca), P.A.T.
- CUMAN A., GENEVOIS R., GALGARO A. (2005) – Prospezioni geoelettriche su un antico corpo di frana: il caso dei Lavini di Marco (Rovereto). In Museo Civico di Rovereto (2005), pp. 121-135.
- FAGANELLO E. (1996) – Studio idrogeologico degli acquiferi della Valle dell'Adige nell'area di Trento, con riferimento alle località Acquaviva, Ghiaie e via Verdi. Tesi di laurea inedita, Università di Trento.
- FELBER M. et al. (1998) – Indagini sismiche e geognostiche nelle valli del Trentino meridionale (Val d'Adige, Valsugana, Valle del Sarca, Valle delle Chiese, Italia. St. Tren. Sci. Nat., v. 75, pp. 3-52, Trento.
- FUGANTI A. (1973) - Studio idrogeologico del massiccio carbonatico di Lavarone (Trento). *Geologica Tecnica*, 3, pp. 79- 122.
- FUGANTI A. (1995) - Idrologia e idrogeologia della galleria di valico - Autostrada Valdastico A3 1 - Completamento a nord - Progetto definitivo – Studio di Impatto Ambientale. Idroesse, p. 50, Padova.
- FUGANTI A., BAZZOLI G., MORTEANI G. (1998) – The quaternary evolution of the Adige valley near the city of Trento (N Italy) as deduced from wells and radiocarbon dating. Preliminary results. *St. Trent. Sc. Nat.*, 73, 93-97.
- FUGANTI A, DEFRANCESCO F. & BOLLETTINARI G. (1994) - La circolazione idrica sotterranea nel massiccio della Vigolana (Trento), con considerazioni sulla geochimica del magnesio. *Atti Acc. Rov. Agiati*, a. 243, VII, III B, 295-346

- FUGANTI A., DEFRANCESCO F. & MORTEANI G. (1994b) - Confronti geologici ed isotopici fra le acque calde di Comano ed altre fonti calde e fredde del Trentino. 70 Incontro Rotariano d'Estate "Curarsi con le acque", Comano Terme (Trento), 20 agosto 1994, p. 28.
- FUGANTI A., DEFRANCESCO F. (1995) - Confronti fra le rocce e le acque sotterranee di sette sistemi carsici dei dintorni di Trento. St. Tren. Sci. Nat. – Acta Geol., v. 72, pp. 93-115, Trento.
- FUGANTI A., MÖLLER P. & MORTEANI G. (1996) - Gadolinio ed altre Terre Rare usabili come traccianti per stabilire l'età, il movimento ed i rischi delle acque sotterranee: esempio dell'area di Trento. Geologia Tecnica e Ambientale, 4, pp. 13-18.
- GATTINONI P. (2007) - Valutazione del rischio idrogeologico connesso alle opere in sotterraneo. Seminari di geologia applicata, 19.03.2007, Politecnico di Milano.
- GETAS srl (1990) - Indagine idrogeologica sul bacino di alimentazione delle sorgenti di Spino - Molino - Orco e sulla loro vulnerabilità. Rapporto finale. Azienda Servizi Municipalizzati Rovereto. Rapporto inedito.
- GIOVANNINI S. (1999) - Studio dell'interazione fra impianti domestici di dispersione delle acque reflue e gli acquiferi del versante occidentale della Marzola. Tesi di diploma inedita. Università degli Studi di Trento, Dip. Ingegneria dell'Ambiente e delle Risorse.
- HUDSON J.A. (1992) - Rock engineering systems: Theory and practice. Ellis Horwood, Chichester.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (1997) – Technical procedure for cumulative monthly sampling of precipitation for isotopic analyses. IAEA, Vienna, november 1997.
- ISTITUTO AGRARIO DI SAN MICHELE ALL'ADIGE – Caratteristiche limnologiche dei laghi nel Trentino. Rapporti 1996, 1998.
- JORDAN G., MEIJNINGER D.J.J., VAN HINSBERGEN B.M.L., MEULENKAMP J.E., VAN DIJK P.M. (2005) - Extraction of morphotectonic features from DEMs: development and applications for study areas in Hungary and NW Greece. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 7, pp.163–182.
- MIORANDI R. (2003) - Monte Pasubio: i luoghi dell'acqua. Alla riscoperta delle sorgenti storiche. 256 pp., Osiride Ed., Rovereto ISBN: 8874980124
- MUSEO CIVICO DI ROVERETO (2005) – Atti del Workshop in geofisica. Ottimizzazione delle misure geofisiche tramite indagini su modelli ridotti e aree test. Rovereto 10 dicembre 2004. 172 pp. Edizioni Osiride.
- OGNIBEN L. (1986) – Modello geodinamico della regione trentina ed aree circostanti. St. Tren. Sci. Nat. – Acta Geol., v. 63, pp. 1-165, Trento.
- PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO - Sondaggi geognostici per la realizzazione di una galleria di deviazione della Roggia di Gardolo e del Rio Carpenedi nel Torrente Avisio. Rapporto inedito del Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento
- PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO (1997) - Perizia suppletiva e di variante al progetto di sistema idraulico a galleria per la regolazione delle acque scolanti in sinistra

- Adige a monte di Trento – Relazione geologico-geomeccanica del Dipartimento Foreste della Provincia Autonoma di Trento, n. 903
- PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO (2004) – Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche. Documento di Piano, parte VIII, Norme di attuazione.
- ROSSELLINI A., OLIVIER R., VERONESE L. (1998) – Gravimetry applied to the hydrogeological research in large alpine valleys in Trentino region. *St. Tren. Sci. Nat.*, v. 75, pp. 53-64, Trento.
- SALTORI R. (1993) - Studio idrogeologico del Massiccio calcareo - dolomitico del Pasubio. Università degli Studi di Padova, Dip.to di Geologia. Tesi di laurea inedita.
- SCESI L. (2007) - Circolazione idrica in roccia e opere in sottterraneo. Seminari di geologia applicata, 19.03.2007, Politecnico di Milano.
- SELLI L. (1998) - Il lineamento della Valsugana fra Trento e Cima d'Asta: cinematica neogenica ed eredità strutturali permo-mesozoiche nel quadro evolutivo del Sudalpino orientale (NE-Italia). *Mem. Soc. Geol. It.* 53, pp. 503-541.
- SOCIETÀ INDUSTRIALE TRENTINA (1996) – Le risorse idriche sotterranee in località Acquaviva (Trento). Rapporto inedito.
- SOCIETÀ INDUSTRIALE TRENTINA (1997) – Pozzo per acqua profondo in località Ghiaie Sud a Trento. Attività eseguite e risultati conseguiti. 30 pp. Rapporto inedito.
- SOCIETÀ INDUSTRIALE TRENTINA (2001) – Acquedotti di Trento e Besenello. Utilizzo delle sorgenti di Acquaviva. Captazioni di Acquaviva e condotte di collegamento. Studio di impatto ambientale. 130 pp. Rapporto inedito.
- SOVERI J. (1971). Predicting the influence of rock excavation on groundwater conditions along the projected tunnel route Päijänne – Helsinki, southern Finland. In: MONTALDO P. (ed.), *International symposium on groundwater in crystalline rocks*, Università di Cagliari, Facoltà di Ingegneria pp. 167–171.
- STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO GEOALP (2004) – Indagini idrogeologiche nel territorio comunale di Vigolo Vattaro. Valutazione della situazione delle captazioni esistenti e della possibilità di incremento della loro portata. Comune di Vigolo Vattaro. Rapporto inedito.
- STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO GEOALP (2006, a) – Indagini idrogeologiche per la definizione delle aree di salvaguardia del pozzo comunale San Martino (Ala). Provincia Autonoma di Trento. Rapporto inedito.
- STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO GEOALP (2006, b; 2008) – Studio idrogeologico. Acquisizione ed elaborazione dati di base per la predisposizione del modello numerico dell'acquifero della zona industriale di Rovereto. Provincia Autonoma di Trento. Rapporto inedito.
- TOMASETTI R. & ANDERLE R. (1977) – Studio idrogeologico della zona Gabbiolo – Spiazzo Grande in comune di Trento. *Economia Trentina*, Vol. III-IV, pp. 151-171
- TRENER G.B. & BATTISTI C. (1898) - Il lago di Terlago e i fenomeni carsici delle valli della Fricca, del Dess e dei Laghi. *Tridentum*, 1, f.2, pp. 37-63
- TRENTINO SERVIZI S.p.A. (2003) – Relazione finale ricerca idrica a Ravina. 20 pp. Rapporto inedito.

- TRENTINO SERVIZI S.p.A. (2005) - Monitoraggio acquifero del conoide del torrente Avisio - Risultati del monitoraggio. Rapporto inedito.
- UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO. Dip. Ingegneria dei materiali. Laboratorio materie prime. SOCIETÀ INDUSTRIALE TARENTINA (1998) – L'acquifero freatico della Valle dell'Adige fra Mezzocorona e Trento, in base ad analisi chimico-fisiche di rocce e di acque superficiali e di pozzi.
- UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO. Dip. di Ingegneria Civile ed Ambientale (1990) – Idrologia sotterranea del bacino del T. Avisio chiuso alla Serra San Giorgio. SOCIETÀ INDUSTRIALE TARENTINA.
- VENZO G.A. (1954) – Ricerche sulla serie lacustre e fluviale attraversata da pozzi trivellati nella zona industriale di Trento, *Giorn. Geol.*, Bologna, 26, pp. 1-16
- VENZO G.A. (1955) – I depositi del quaternario e l'evoluzione morfologica della valle del T. Avisio tra Stramentizzo ed Ischiazza, (Val di Fiemme - Trentino). *Mem. Mus. St. Nat. Ven. Trid.*, XXXII, II-III, pp. 103-120, Trento.
- VENZO G.A. (1958) – Studio geoidrologico delle sorgenti di Spino (Rovereto). *Atti Accademia Roveretana degli Agiati*, ser.5a, 6, pp.83-92
- VENZO G.A. (1961) – La struttura geologica dell'altipiano di Lavarone e dei dintorni di Vigolo Vattaro, (Trentino). *St. Trent. Sci. Nat.*, XXXVIII, 3, pp. 133-140, Trento.
- VENZO G.A. (1962) - Geologia della regione dalla confluenza Val i Cembra - Val d'Adige - Altopiano di Lavazè, (Trentino-Alto 'Adige). *Mem. Mus. St. Nat. Ven. Trid.*, pp. 7-228, Trento.
- VENZO G.A. (1990) - Epigenesi del torrente Avisio a Gresta (Val di Cembra, Trentino, Italia). *St. Trent. Scienze Naturali*, 67, pp. 25-29.
- VENZO G.A., FUGANTI A. (1969) – Ricerche geologiche relative agli impianti idroelettrici del torrente Leno di Terragnolo, rio Cavallo e basso Leno di Vallarsa (Trento). *L'Energia Elettrica*, 44, 5 pp. 1284-1294, Milano.
- VENZO S. (1944) – Studio geomorfologico sull'altipiano di Lavarone e sull'Alta Valsugana, (Trentino) Raffronti colla Bassa Valsugana e la Val d'Adige. *Estr. Att. Soc. Ital. Sci. Nat.*, LXXXIII, pp. 183-261, Trento.
- ZANFERRARI A., BOLLETTINARI G., CAROBENE L., CARTON A., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., PANIZZA M., PELLEGRINI G.B, PIANETTI F., SAURO U. (1982) – Evoluzione tettonica dell'Italia Nord-Orientale. *Mem. Sc. Geol. Univ. Padova*, 35, pp. 355-376, 9 figg., 3 carte neotettoniche.