



**RINA**

ISO 9001 • ISO 14001  
OHSAS 18001 • SA 8000  
BEST - Certified Integrated Systems

Società per Azioni Autostrada Brescia Verona Vicenza Padova

Via Flavio Gioia 71 37135 Verona

tel. 0458272222 Fax 0458200051 Casella Postale 460M www.autobspd.it

AREA COSTRUZIONI AUTOSTRADALI



# AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD

## PROGETTO PRELIMINARE

CUP G19J1 00001 40005

COMMESSA 25 2005

### COMMITTENTE



S.p.A. AUTOSTRADA BRESCIA VERONA VICENZA PADOVA

Area Costruzioni Autostradali

CAPO COMMESSA  
PER LA PROGETTAZIONE  
Dott. Ing. Sergio Mutti

### PROGETTISTA



CONSORZIO RAETIA

CAPO PROGETTO:  
Dott. Ing. Massimo Raccosta

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE TRA LE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:  
Dott. Ing. Massimo Raccosta

RESPONSABILE DEL COORDINAMENTO:  
Dott. Ing. Andrea Renso

### ELABORATO

Studi per la conoscenza del contesto  
Geologia e geomorfologia

Relazione geologica e geomorfologica

Progressivo Rev.  
02 05 01 001 A0

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Controllo	Approvazione	SCALA -
00	Agosto 2011	Prima Emissione	TECHNITAL	E. Fresia	A. Renso	NOME FILE 2505_020501001_0101_OPP_A0.dwg
AO	Settembre 2011	Verifica art. 112 D.lgs 163/06	TECHNITAL	E. Fresia	A. Renso	CM 2505 ELAB. 020501001001 Fg. 0101 LIV. 0PP REV. A0



**AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO  
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE**

*Committente:*



*Progettazione:*

CONSORZIO RAETIA



PROGETTO PRELIMINARE  
SCELTA DEL TRACCIATO

---

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA



## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>OGGETTO E SCOPO</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE E RILIEVI</b>	<b>12</b>
	4.1 INDAGINI ANNO 1995: TRATTO PIOVENE - BESENELLO	12
	4.2 INDAGINI ANNO 2005: TRATTO PIOVENE- S.P. 350 A SCHIRI	16
	4.3 INDAGINI SCARICATE DAL SITO DEL SERVIZIO GEOLOGICO DELLA PAT	18
	4.4 RILIEVI DI CAMPAGNA (anno 2011)	18
<b>5</b>	<b>GEOLOGIA</b>	<b>20</b>
	5.1 EVOLUZIONE PALEO – GEOGRAFICA	20
	5.2 SEQUENZA STRATIGRAFICA	22
	5.3 ASSETTO STRUTTURALE GENERALE	46
	5.4 MODELLO GEOLOGICO – STRUTTURALE DI SINTESI	52
<b>6</b>	<b>GEOMORFOLOGIA</b>	<b>56</b>
	6.1 ASSETTO MORFOLOGICO GENERALE	56
	6.2 FENOMENI GRAVITATIVI	61
<b>7</b>	<b>DOCUMENTAZIONE ALLEGATA AL PROGETTO</b>	<b>64</b>
<b>8</b>	<b>DESCRIZIONE DEI TRACCIATI</b>	<b>65</b>
	8.1 TRACCIATO T1	66
	8.2 TRACCIATO T2	79
	8.3 TRACCIATO T3	80
	8.4 TRACCIATO T4	85
	8.5 TRACCIATO T5	87
	8.6 TRACCIATO T6	96
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>101</b>
<b>10</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>106</b>

### **Indice delle tabelle**

Tabella 1-1. Tracciati selezionati .....	5
Tabella 4-1- Indagini – Autostrada Valdastico A31 - Progetto definitivo 1995.....	13
Tabella 4-2- Indagini – Autostrada Valdastico A31 - Progetto definitivo 1995 – Prove di laboratorio su terra .....	14
Tabella 4-3- Indagini – Autostrada Valdastico A31 - Progetto definitivo 1995 – Prove di laboratorio su roccia.....	16
Tabella 4-4- Indagini – Autostrada Valdastico A31 - Progetto definitivo 1995 – Prove di laboratorio su roccia per scavo meccanizzato con TBM .....	16
Tabella 4-5- Indagini – Collegamento casello Piovene Rocchette - SP350 - Progetto definitivo 2005 -.....	17
Tabella 4-6- Indagini – Collegamento casello Piovene Rocchette e SP350 - Progetto definitivo 2005 - Prove di laboratorio .....	17

### **Indice delle figure**

Figura 5-1 - Geologia – Evoluzione paleo – geografica – Evoluzione geologica e geografica della regione dolomitica durante il Permiano medio – superiore (da A.Bosellini, 1996 – Geologia delle Dolomiti).....	21
Figura 5-2 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento delle filladi quarzifere del basamento cristallino n°28a lungo la val di Centa .....	24
Figura 5-3 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento delle ignimbriti riolitiche della formazione di Ora n°27a presso le cave in val di Cembra. Tipica fessurazione verticale a lastre.....	25
Figura 5-4 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento delle Arenarie di Val Gardena n°26.....	26
Figura 5-5 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione a Bellerophon n°26 nel rilievo della Marogna.....	27
Figura 5-6 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione di Werfen n°25 nella facies calcarea di letto ed in quella pelitico – marnosa di tetto nei rilievi montuosi presso Lavis.....	27
Figura 5-7 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento delle Marne della val di Centa n°20 in val Gola presso Ravina .....	33

Figura 5-8 -	Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento delle Vulcaniti ladiniche n°16 nei pressi di Laghi .....	35
Figura 5-9 -	Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della Dolomia Principale n°14a presso Pedemonte .....	38
Figura 5-10 -	Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento dei Calcari Grigi n°13b presso Nosellari .....	39
Figura 5-11 -	Geologia – Assetto strutturale – Schema strutturale delle Alpi Meridionali Orientali (da A.Castellarin et alii (1996)– <i>La tettonica delle Dolomiti nel quadro della Alpi Meridionali</i> – Società Geologica Italiana – 78° Riunione Estiva) .....	47
Figura 5-12 -	Geologia – Assetto strutturale – Assetto strutturale dell’area di studio (M.Avanzini et alii (2010) – Note illustrative - Carta geologica d’Italia 1:50.000 – Foglio Trento 060) .....	48
Figura 5-13 -	Geologia – Assetto strutturale – Estratto del profilo geologico BB’ in corrispondenza della linea del Calisio dal Foglio Trento n°60.....	50
Figura 5-14 -	Geologia – Modello geologico – strutturale di sintesi – Estratto dalla Carta litologica e dei lineamenti strutturali del Trentino 1:200000 .....	53
Figura 5-15 -	Geologia – Modello geologico – strutturale di sintesi – Estratto dalla Carta geologica del Veneto 1:250000 del Piano Regionale delle Attività di Cava .....	53
Figura 5-16 -	Geologia – Modello geologico – strutturale di sintesi – Estratto dalla Carta Geologica d’Italia 1:50000 – Foglio Trento n°060 .....	55
Figura 5-17 -	Geologia – Modello geologico – strutturale di sintesi – Schema tettonico dell’area di Trento (da L.Trevisan (1941) – La struttura geologica dei dintorni di Trento – Studi Trentini di Scienze Naturali – Rivista della Società di Studi per la Venezia Tridentina – Annata XXII, 1941 – XX, fasc.3).....	55
Figura 6-1 -	Geomorfologia - Assetto morfologico generale - Pareti verticali della valle del torrente Astico che presenta una morfologia tipo forra.....	56
Figura 6-2 -	Geomorfologia – Assetto morfologico generale – Morfologie arrotondate all’interno del basamento metamorfico costituito da filladi e scisti nei pressi di Vigolo Vattaro .....	58
Figura 6-3 -	Geomorfologia – Assetto morfologico generale – Cava di porfido all’interno del complesso vulcanico atesino .....	59
Figura 6-4 -	Geomorfologia – Assetto morfologico generale – Estensione del ghiacciaio atesino durante la massima espansione glaciale wurmiana (da M.Bassetti, A.Borsato, 2005 – Evoluzione geomorfologica della Bassa Valle dell’Adige	

dall'ultimo massimo glaciale: sintesi delle conoscenze e riferimenti ad aree limitrofe).....	60
Figura 6-5 – Geomorfologia – Fenomeni gravitativi – Paleo frana della Marogna presso Casotto.....	62
Figura 6-6 – Geomorfologia – Fenomeni gravitativi – DGPV che interessa il versante sudoccidentale del monte Marzola.....	63
Figura 8-1. La zona dell'imbocco N galleria San Pietro .....	68
Figura 8-2. Imbocco meridionale della galleria di Valico Lavarone.....	71
Figura 8-3. La Val di Centa e l'imbocco N della galleria Lavarone.....	72
Figura 8-4. La piana fra le gallerie M.te Rovere e S. Vito, dove si trova lo svincolo di Vattaro.....	73
Figura 8-5. Sbocco della galleria S. Vito e valle del Torrente Fersina.....	77
Figura 8-6. La Val d'Adige vista dal Monte Marzola.....	82
Figura 8-7. Affioramento di filladi lungo la galleria Marzola, circa alla pk 33.750.....	83
Figura 8-8. La valle del Rio Freddo in corrispondenza dell'attraversamento della galleria Caviojo. In primo piano un pozzo per acqua. La foto guarda verso S. ....	89
Figura 8-9. Il versante meridionale del Terragnolo in corrispondenza del tratto compreso fra galleria Corno e Boccaldo, con interposizione del viadotto Della Zal. Sono evidenti fenomeni di erosione accelerata a carico dei depositi glaciali.....	92
Figura 8-10. Una parziale veduta della profonda incisione del Torrente Leno in prossimità dell'attraversamento stradale.....	95
Figura 8-11. Formazione Werfen. Stazione geostrutturale SG4 all'altezza della pk 36.250, tracciato T6.....	97
Figura 8-12. Il versante sinistro della Val d'Adige visto dall'interconnessione con l'A22, pk 43.000 circa.....	98
Figura 8-13. Imbocco settentrionale galleria Bondone.....	99



## 1 INTRODUZIONE

In questa prima fase di progettazione sono stati individuati 6 diversi tracciati che da Piovene Rocchette, termine attuale dell'Autostrada A31 Valdastico, si dirigono verso la Val d'Adige innestandosi in punti diversi dell'Autostrada A22 del Brennero.

Data la natura prevalentemente montuosa del territorio attraversato, tutte le opzioni vedono un significativo sviluppo delle tratte in galleria. Ben più modeste, e confinate entro o al limite della piane alluvionali, sono le parti in sede naturale, rilevati o trincee, mentre ponti e viadotti permettono l'attraversamento dei corsi d'acqua principali e secondari.

Brevemente le caratteristiche essenziali dei tracciati selezionati sono le seguenti:

Tracciato	Lunghezza [km]	Gallerie [km]	Viadotti [km]	Rilevato/Trincea [km]
<b>1 LAVIS</b>	<b>57.300</b>	<b>45.617</b>	<b>5.498</b>	<b>6.186</b>
Svincoli:	Velo d'Astico	km	5,350	
	Lastebasse	km	18,750	
	Vattaro	km	34,760	
	Pergine Vals.	km	42,560	
<b>2 SS47 - TN NORD</b>	<b>42.560</b>	<b>31.842</b>	<b>5.322</b>	<b>5.397</b>
Svincoli:	Velo d'Astico	km	5,350	
	Lastebasse	km	18,750	
	Vattaro	km	34,760	
	Pergine Vals.	km	43,100	
<b>3 TRENTO SUD</b>	<b>44.350</b>	<b>33.324</b>	<b>5.448</b>	<b>5.578</b>
Svincoli:	Velo d'Astico	km	5,350	
	Lastebasse	km	18,750	
	Caldonazzo	km	31,600	
<b>4 BESENELLO</b>	<b>39.300</b>	<b>28.907</b>	<b>4.427</b>	<b>5.967</b>
Svincoli:	Velo d'Astico	km	5,350	
	Lastebasse	km	18,750	
<b>5 ROVERETO SUD</b>	<b>40.850</b>	<b>32.071</b>	<b>3.368</b>	<b>5.412</b>
Svincoli:	Velo d'Astico	km	5,350	
	Posina	km	13,200	
<b>6 TRENTO NORD</b>	<b>55.000</b>	<b>41.464</b>	<b>5.062</b>	<b>8.474</b>
Svincoli:	Velo d'Astico	km	5,350	
	Lastebasse	km	18,750	
	Caldonazzo	km	31+500	
	Interconn. A22	km	43+000	
	Interconn. A22	km	55+000	

Tabella 1-1. Tracciati selezionati

Tutte le 6 soluzioni proposte hanno inizio a Piovene Rocchette e, percorrendo la valle dell'Astico, si dirigono verso NW rimanendo a valle dell'abitato di Cogollo del Cengio. L'asse si sviluppa parte in sede naturale, parte in galleria artificiale o naturale, mentre l'Astico viene attraversato in viadotto.

All'altezza di Arsiero il tracciato T5 abbandona la piana dell'Astico e piega verso Ovest. La complessa orografia impone una successione quasi ininterrotta di gallerie naturali, di lunghezza variabile fra poche centinaia di metri ed oltre 7 Km, interrotte da brevi tratti all'aperto in corrispondenza delle incisioni vallive, superate ora in viadotto ora con semplici scatolari. Il tracciato T5 termina in Val d'Adige all'altezza di Rovereto sud.

Ad Arsiero i tracciati T1-T2-T3-T4-T6 piegano verso Nord sviluppandosi ora in destra ora in sinistra dell'Astico che, a partire da questo punto, si restringe sensibilmente. Le ripide pendici ed il rispetto delle geometrie stradali determinano una successione di gallerie naturali di lunghezza variabile fra 750 m (galleria Costa del Prà) e 3.350 m (galleria San Pietro), con brevi tratti all'aperto e ripetuti attraversamenti del corso d'acqua in viadotto.

All'altezza di Lastebasse i tracciati superano l'ultima volta la valle dell'Astico, che a monte va rapidamente chiudendosi, entrano nella galleria Lavarone e si dividono.

Il tracciato T4 piega verso Ovest e, restando in galleria per circa 15 Km, esce in Val d'Adige all'altezza di Besenello.

I tracciati T3 e T6 dirigono verso Nord rimanendo in galleria per circa 8Km, uscendo in Val di Centa dov'è previsto lo svincolo di Caldonazzo.

Da qui il tracciato T3 prosegue verso nord rientrando immediatamente in sotterraneo con la galleria Caldonazzo da 2,3 Km, che termina in prossimità di Calceranica al Lago con un breve tratto all'aperto. Prosegue con la galleria Marzola, lunga poco più di 9 Km, che piega verso WNW e raggiunge la Val d'Agide all'altezza di Trento sud.

Il tracciato T6 invece dallo svincolo di Caldonazzo piega in maniera decisa verso Ovest e, attraverso la galleria Sasso dell'Aquila da 10,3 Km, sfocia direttamente in val d'Adige a sud rispetto al T3. Supera l'Adige e l'intera piana alluvionale, piega verso Nord rientrando in galleria sul versante idrografico destro, galleria Bondone da 9,2 Km, all'uscita della quale si conclude, all'altezza di Trento nord, dopo aver superato ancora l'Adige in viadotto.

I tracciati T1 e T2 da Lastebasse dirigono verso nord sviluppandosi in galleria per circa 7 Km. Escono brevemente all'aperto in Val di Centa pochi chilometri a monte rispetto ai tracciati T3 e T6. Rientrano immediatamente in sotterraneo dove, salvo brevissimi tratti all'aperto in corrispondenza di valli superate in viadotto, vi permangono, gallerie Monte Rovere da 4,3 Km e San Vito da 6,9 Km, sino a raggiungere la Valsugana. Qui termina il tracciato T2, mentre il T1 piega verso NW prima con la galleria Canzolino da 2,2 Km e, superato un brevissimo

tratto all'aperto, con la galleria Sant'Agnese da quasi 11 Km, che sfocia in Val d'Adige all'altezza di Lavis.

Studi geologici sono stati condotti in corrispondenza di tutti i tracciati garantendo un livello di conoscenza comune ed adeguato al livello progettuale.

Sono stati realizzati degli elaborati grafici, carta geologica e geomorfologica ed i profili geologici di ciascun tracciato, che permettono di meglio rappresentare le informazioni disponibili ed illustrare le caratteristiche del territorio attraversato sia a livello generale sia in riferimento alle singole e diverse tratte.

## **2 OGGETTO E SCOPO**

Oggetto del presente lavoro sono le caratteristiche geologiche, stratigrafiche, geomorfologiche e tettoniche del territorio interessato dalle 6 soluzioni di tracciato proposte in questa fase per la prosecuzione verso nord (Trento) dell'Autostrada A31 della Valdastico.

Lo scopo è quello di valutare l'interazione fra la geologia e le opere, con particolare riferimento per l'individuazione delle principali caratteristiche e criticità di ciascun tracciato.

### **3 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

Il lavoro ha preso avvio dallo studio della documentazione tecnica allegata al progetto a base di gara. Esso a sua volta comprende numerosi documenti e progetti fra cui si cita in particolare:

#### **PROGETTO DEFINITIVO E SIA (1995)**

##### **IV TEC. RELAZIONI TECNICHE**

- Relazione geologica;
- Relazione geotecnica;
- Relazione opere in sotterraneo;
- Indagini geognostiche e prove di laboratorio.

##### **QPT. QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE**

- Sistema geologico, scala 1:30.000;
- Tracciato A. Profilo geologico scala 1:25.000/25.000;
- Tracciato B. Profilo geologico scala 1:25.000/25.000;
- Tracciato C. Profilo geologico scala 1:25.000/25.000;
- Tracciato D. Profilo geologico scala 1:25.000/25.000;
- Tracciato E. Profilo geologico scala 1:25.000/25.000;
- Tracciato A1. Profilo geologico scala 1:25.000/25.000.

##### **QAM. QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE**

- Sistema geomorfologico scala 1:30.000.

##### **SUOLO E SOTTOSUOLO**

- Risultati indagini geognostiche;
- Ubicazione indagini geognostiche scala 1:10.000
- Relazione geologica;
- Carta geologica scala 1:10.000 tav 1-2-3;
- Relazione geomorfologica;
- Carta geomorfologica scala 1:10.000 tav 1-2-3;
- Profilo geologico scala 1:25.000/25.000;
- Relazione idrogeologica della galleria di valico;
- Bacini idrografici, fenomeni carsici e sorgenti controllate; scala 1:5.000;

- Profili idrologici longitudinali e trasversali;
- Relazione idrogeologica;
- Carta idrologica e idrogeologica scala 1:10.000 tav1-2.

#### ELABORATI GRAFICI

#### TAVOLE GEOLOGICHE

- Planimetria geologica scala 1:10.000 tav1-2-3;
- Profilo geologico scala 1:10.000/10.000.

#### GALLERIE

- Profilo geologico e geotecnico scala 1:10.000 tav 1-2-3-4-5.

### **PROGETTO PRELIMINARE (2005)**

#### RELAZIONI

- Relazione generale;
- Relazione geologica;
- Relazione geotecnica.

#### INDAGINI

- Indagini geognostiche;
- Prove geotecniche di laboratorio;
- Elaborazione rilievi strutturali.

#### TAVOLE GEOLOGICHE

- Planimetria geologica scala 1:10.000 tav 1-2-3;
- Profilo geologico scala 1:10.000/10.000.

### **PROGETTO DEFINITIVO PIOVENE ROCCHETTE – SP 350 IN LOCALITA' SCHIRI (2005)**

#### STUDI ED INDAGINI

- Indagini geognostiche;
- Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica;
- Carta geologica scala 1:5.000;
- Carta idrogeologica scala 1:5.000;
- Carta geomorfologica scala 1:5.000;
- Profilo geologico scala 1:5.000/500
- Relazione geotecnica;

- Profilo geotecnico scala 1:5.000/500.

Successivamente è stata reperita una nutrita documentazione bibliografica inerente le aree in studio per la quale si rimanda all'apposito capitolo. Vale la pena in questa sede ricordare:

- I Fogli 21 Trento e 36 Schio della Carta geologica d'Italia, in scala 1:100.000, con relative note illustrative. Coprono interamente tutti i tracciati selezionati;
- Foglio 060 Trento e Foglio 082 Asiago della Carta geologica d'Italia, in scala 1:50.000, redatta dall'ISPRA e pubblicati nel 2010 (F 60) e nel 2007 (F082), con relative note illustrative. Coprono circa 2/3 dei tracciati selezionati;
- Carta delle risorse idriche, disponibile presso il sito del Servizio Geologico della PAT;
- Carta di sintesi geologica disponibile presso il sito del Servizio Geologico della PAT;
- Data base sorgenti, disponibile presso il sito del Servizio Geologico della PAT;
- Indagini geognostiche disponibili presso il sito del Servizio Geologico della PAT;
- Documentazione geologica allegata ai Piani Regolatori dei Comuni attraversati.

## 4 INDAGINI GEOGNOSTICHE E RILIEVI

Al progetto posto a base di gara sono allegare le risultanze di due distinte campagne geognostiche condotte in corrispondenza del tracciato storico, ovvero Piovene – Besenello, attuale tracciato T4, ex A1 nella documentazione a base di gara. Si tratta in particolare della:

- campagna di Progetto Definitivo, datata 1995, del tratto compreso fra Piovene Rocchette e Besenello;
- campagna condotta in sede di Progetto Definitivo, datata 2005, limitatamente al tratto fra Piovene Rocchette e la S.P. 350 in località Schiri (Vi).

Dal sito del Servizio geologico della Provincia di Trento sono state scaricate le stratigrafie dei sondaggi geognostici, ricadenti in corrispondenza e nell'intorno dei tracciati studiati.

Nel seguito vengono brevemente illustrati i contenuti delle citate indagini.

### 4.1 INDAGINI ANNO 1995: TRATTO PIOVENE - BESENELLO

La campagna è realizzata lungo la valle del torrente Astico a supporto del tracciato storico Piovene - Besenello, ex soluzione A1 nella documentazione a base di gara, e T4 nel presente progetto. Eseguita dalla ditta Vicenzetto comprende sondaggi a carotaggio continuo con prove in sito tipo SPT, Lefranc e dilatometriche, oltre a prove di laboratorio su campioni rimaneggiati ed indisturbati di terra e roccia. Ad integrazione delle indagini dirette sono disponibili rilievi geostrutturali su affioramenti rocciosi. I sondaggi sono complessivamente 24, ubicati prevalentemente lungo il fondovalle dell'Astico o in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie. Fra questi solamente 4, S10bis, S20, S22 e S27, hanno raggiunto il substrato roccioso, mentre tutti gli altri restano all'interno di coperture detritico/alluvionali. Ciascun sondaggio è corredato da una scheda di descrizione stratigrafica con il valore di RQD nei tratti lapidei, indicazione delle prove in foro eseguite e dei campioni prelevati. La profondità raggiunta varia da un minimo di 15 m fino ad un massimo di 70 m, con un valore medio compreso tra 30 – 40 m. Stante la diffusa presenza di materiali granulari sono state condotte numerose prove tipo SPT per la caratterizzazione dei depositi di copertura detritici ed alluvionali. E' stata eseguita una prova di permeabilità tipo Lefranc in corrispondenza del sondaggio EX-CPTU 2, e n° 5 prove dilatometriche in roccia dolomitica nel sondaggio S27.

Livelli limoso – argillosi attraversati dai sondaggi lungo la prima parte del tracciato, presso il casello di Piovene Rocchette, sono stati oggetto di prove con penetrometro tascabile e torvane. E' stato installato un piezometro a tubo aperto in corrispondenza del sondaggio EX-CPTU 2, successivamente monitorato per un periodo di circa un mese.

La tabella seguente riporta una sintesi dei sondaggi eseguiti con le rispettive profondità, le



AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO  
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

prove in foro condotte e la natura prevalente dei terreni attraversati.

TRACCIATO 4 - CAMPAGNA GEOGNOSTICA 1995 - PROVE IN SITO											
Sondaggio	prof. (m)	piez. tubo aperto	inclin.	prova dilatam. (n°)	prova press. (n°)	Permeabilità		SPT n°	Pocket penetrom.	Torvane	Materiale
						Lugeon (n°)	Lefranc (n°)				
EX CPTU 2	40	x	-	-	-	-	1	13	-	-	ghiaia deb. sabbiosa deb. grado cementaz.
EX CPT 3	15	-	-	-	-	-	-	5	-	-	ghiaia sabbioso - limosa
EX CPT 4	35	-	-	-	-	-	-	9	-	-	ghiaia con sabbia limosa. Blocchi
S1	15	-	-	-	-	-	-	4	-	-	ghiaia con sabbia limosa. Blocchi
S2	35	-	-	-	-	-	-	8	6	-	ghiaia con sabbia limosa e limo argilloso - ghiaioso. Blocchi
S3	35	-	-	-	-	-	-	10	-	-	ghiaietto sabbioso-limoso e sabbia limosa
S4	30	-	-	-	-	-	-	8	19	19	ghiaietto con sabbia limosa e limo argilloso con livelli sabbiosi
S5	15	-	-	-	-	-	-	1	35	35	limo argilloso con lenti sabbiose
S7	35	-	-	-	-	-	-	9	16	-	ghiaia sabbioso - limosa e sabbie limose con livelli di limo argilloso
S8	40	-	-	-	-	-	-	10	14	11	ghiaietto sabbioso - limoso con livelli di sabbie limose e limi argillosi
S9	40	-	-	-	-	-	-	10	5	5	sabbie fini limose passanti a ghiaia sabbioso - limosa. Livelli di limo - argilloso.
S10	35	-	-	-	-	-	-	9	-	-	ghiaia e ghiaietto sabbiosi debolm. limosi
S10BIS	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ghiaia sabbiosa deb. limosa passante a Dolomia Principale
S14	40	-	-	-	-	-	-	11	-	-	ghiaia sabbiosa deb. limosa con trovanti
S15	30	-	-	-	-	-	-	8	-	-	ghiaia sabbioso - limosa con trovanti
S16	35	-	-	-	-	-	-	7	-	-	ghiaia sabbioso - limosa con blocchi e trovanti
S17	40	-	-	-	-	-	-	11	-	-	ghiaia sabbioso - limosa con blocchi localmente debolmente argillosa
S18BIS	35	-	-	-	-	-	-	10	-	-	ghiaia sabbiosa con blocchi e trovanti
S20	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Dolomia Principale
S21	30	-	-	-	-	-	-	8	-	-	ghiaia sabbioso - limosa con blocchi
S22	35	-	-	-	-	-	-	6	-	-	ghiaia e ghiaietto con sabbia - limosa con blocchi passante a Dolomia Principale
S23	15	-	-	-	-	-	-	4	-	-	ghiaia sabbioso - limosa con blocchi
S25	27	-	-	-	-	-	-	9	-	-	sabbia medio - grossa limosa con livelletti limosi
S27	70	-	-	5	-	-	-	-	-	-	ghiaia sabbiosa passante a Dolomia Principale

Tabella 4-1- Indagini – Autostrada Valdastico A31 - Progetto definitivo 1995

Le prove di laboratorio sui materiali sciolti sono dominate dalle granulometrie, vista l'abbondanza delle ghiaie rispetto alle frazioni più fini sabbiose, limose ed argillose. Queste ultime, presenti per lo più nel tratto iniziale del tracciato presso il casello di Piovene Rocchette, sono state oggetto di specifiche analisi. Le prove eseguite sono:

- peso di volume naturale su 10 provini;
- peso specifico assoluto su 3 provini;
- 93 analisi granulometriche per setacciatura;
- contenuto naturale d'acqua su 10 provini;

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO  
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

- limiti di Atterberg su 24 provini;
- 6 prove di espansione laterale libera, ELL;
- 4 prove di taglio diretto CD;
- 1 prova triassiale CIU;
- 1 prova triassiale UU;
- 2 prove edometriche;
- 8 prove con penetrometro tascabile;
- 2 prove con torvane.

La tabella seguente riassume la tipologia ed il numero delle prove di laboratorio realizzate in funzione dei singoli sondaggi.

TRACCIATO 4 - CAMPAGNA GEOGNOSTICA 1995 - PROVE LABORATORIO TERRA													
Sondaggio	prof. (m)	Peso di volume	Peso specifico assoluto	Granul.	Contenuto naturale d'acqua	Limiti di Atterberg	ELL	Prova di taglio diretto CD	Prova triass. CIU	Prova triass. UU	Prova edom.	Pocket penetrom eter	Torvane
EX CPTU 2	40	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EX CPT 3	15	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EX CPT 4	35	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S1	15	-	-	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-
S2	35	-	-	5	-	8	-	-	-	-	-	-	-
S3	35	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S4	30	-	-	5	-	3	-	-	-	-	-	-	-
S5	15	4	2	1	4	4	4	-	-	1	1	4	-
S7	35	-	-	3	-	2	-	-	-	-	-	1	-
S8	40	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S9	40	4	1	7	4	3	2	2	1	-	1	3	2
S10	35	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S10BIS	13	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S14	40	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S15	30	-	-	6	-	1	-	-	-	-	-	-	-
S16	35	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S17	40	-	-	5	-	1	-	-	-	-	-	-	-
S18BIS	35	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S20	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S21	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S22	35	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S23	15	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S25	27	2	-	8	2	-	-	2	-	-	-	-	-
S27	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 4-2- Indagini – Autostrada Valdastico A31 - Progetto definitivo 1995 – Prove di laboratorio su terra

Le prove di laboratorio su roccia hanno riguardato spezzoni di carota prelevati dai sondaggi che hanno raggiunto il substrato roccioso, S10bis, S20, S22, S27 e n° 4 campioni lapidei prelevati in superficie. Il litotipo indagato è sostanzialmente la Dolomia Principale, che affiora estesamente lungo tutta la valle dell’Astico, oltre ad un blocco di andesite, campione VA31, che permette di caratterizzare i filoni vulcanici che attraversano la stessa Dolomia Principale. Le prove eseguite sono:

- descrizione macroscopica;
- 1 analisi petrografica su campione di andesite;
- 56 pesi di volume;
- 10 determinazioni del coefficiente di imbibizione;
- 24 prove sclerometriche;
- 23 prove di compressioni monoassiale con rilievo delle deformazioni;
- 14 prove triassiali;
- 19 prove di trazione indiretta tipo brasiliana;
- 30 prove di point – load;
- 9 prove di taglio su giunto;
- 35 prove di tilt test per valutazione attrito di base;
- 19 determinazioni del valore di JRC e JCS su giunto;
- 42 determinazioni delle velocità delle onde di compressione  $V_p$  e di taglio  $V_s$  con rilievo delle deformazioni.

A supporto della valutazione dell’opzione in scavo meccanizzato delle opere in sotterraneo sono state condotte anche specifiche prove per valutare durezza ed abrasività della roccia intatta, Dolomia Principale. Esse sono:

- 5 punch test;
- 5 prove di abrasività Cerchar;
- 5 Drop test per la valutazione dell’indice S20;
- 5 prove per indentamento al cone indenter N.C.B.;
- 5 prove per Sievers’ test.

Le Tabelle seguenti elencano le prove di laboratorio condotte su campioni lapidei.

Per le stratigrafie dei sondaggi, risultati delle prove in sito e di laboratorio, schede dei rilievi strutturali si veda la specifica documentazione allegata al presente progetto.

Per l’ubicazione delle indagini si rimanda alla carta geologica ed ai profili geologici.

**AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO**  
**TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE**

TRACCIATO 4 - CAMPAGNA GEOGNOSTICA 1995 - PROVE LABORATORIO ROCCIA															
Sondaggio	prof. (m)	Litotipo	Descriz. Macroscopica campione	Analisi petrografica	Peso di volume	Coef. Imbibizione	Sclerometro	Prova compr. uni. con rilievo def.	Prova compr. triassiale	Prova brasiliana	Prova point-load	Prova taglio su giunto	Tilt test (attrito di base)	Caratter. giunti JRC e JCS	Vp e Vs con rilievo def.
S10BIS	13	dolomia	-	-	13	2	4	4	3	6	1	-	7	-	12
S20	15	dolomia	x	-	9	-	4	4	4	1	3	3	11	6	5
S22	35	dolomia	x	-	4	-	-	2	1	1	2	2	8	4	3
S27	70	dolomia	x	-	14	2	7	8	-	6	9	-	6	5	8
blocco VA1	p.c.	dolomia	x	-	2	2	-	-	2	-	4	-	-	-	2
blocco VA2	p.c.	dolomia	x	-	5	2	2	2	1	2	3	-	-	-	3
blocco VA3	p.c.	dolomia	x	-	2	2	1	1	1	-	3	-	-	-	2
blocco VA31	p.c.	andesite	-	1	7	-	6	2	2	3	5	4	3	4	7

Tabella 4-3- Indagini – Autostrada Valdastico A31 - Progetto definitivo 1995 – Prove di laboratorio su roccia

TRACCIATO 4 - CAMPAGNA GEOGNOSTICA 1995 - PROVE LABORATORIO TBM							
Sondaggio	prof. (m)	Litotipo	Punch test	Prova abrasività Cerchar	Drop test S <sub>20</sub>	Cone indenter N.C.B.	Sievers' test
S10BIS	13	dolomia	3	1	-	-	-
S20	15	dolomia	2	2	1	-	1
S22	35	dolomia	-	1	-	-	-
S27	70	dolomia	-	-	2	-	2
blocco VA1	p.c.	dolomia	-	-	1	3	1
blocco VA2	p.c.	dolomia	-	1	1	2	1
blocco VA3	p.c.	dolomia	-	-	-	-	-
blocco VA31	p.c.	andesite	-	-	-	-	-

Tabella 4-4- Indagini – Autostrada Valdastico A31 - Progetto definitivo 1995 – Prove di laboratorio su roccia per scavo meccanizzato con TBM

#### 4.2 INDAGINI ANNO 2005: TRATTO PIOVENE- S.P. 350 A SCHIRI

La campagna in argomento, eseguita anche in questo caso dalla ditta Vicenzetto, è costituita da n° 4 sondaggi interamente compresi in materiali sciolti. Il tratto iniziale fra Piovene Rocchette e Velo d’Astico vede infatti il substrato roccioso ad una profondità tale da non essere intercettato con le indagini geognostiche sino ad ora condotte.

Ciascun sondaggio è corredato da una scheda di descrizione stratigrafica, indicazione delle prove in foro eseguite e dei campioni prelevati. La lunghezza delle perforazioni varia da 20 a 40 m. Sono state condotte prove SPT per la caratterizzazione dei materiali sciolti, prevalentemente granulari, attraversati. Sono state eseguite prove Lefranc all’interno dei sondaggi per la stima della permeabilità dei depositi detritico alluvionali.

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO  
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

Sono stati installati 2 piezometri a tubo aperto in corrispondenza dei sondaggi SD3P e SD4P. La tabella seguente contiene una sintesi dei sondaggi eseguiti con le rispettive profondità, le prove in foro e la natura dei terreni attraversati.

COLLEGAMENTO CASELLO PIOVENE ROCCHETTE E SS350 - CAMPAGNA GEOGNOSTICA 2005 - PROVE IN SITO											
Sondaggio	prof. (m)	piez. tubo aperto	inclin.	prova dilatom. (n°)	prova press. (n°)	Permeabilità		SPT n°	Pocket penetrom eter	Tovane	Materiale
						Lugeon (n°)	Le Franc (n°)				
SD5	40	-	-	-	-	-	3	9	-	-	ghiaia sabbioso - limosa e sabbie ghiaioso-limose, presenza di ciottoli
SD4P	20	x	-	-	-	-	3	7	-	-	ghiaia con sabbia limosa, presenza di ciottoli
SD3P	20	x	-	-	-	-	3	6	-	-	ghiaia sabbioso - limosa, presenza di ciottoli
SD2P	25	-	-	-	-	-	3	7	-	-	ghiaia con sabbia deb. limosa, presenza di ciottoli

Tabella 4-5- Indagini – Collegamento casello Piovene Rocchette - SP350 - Progetto definitivo 2005 -

Le prove di laboratorio comprendono unicamente materiali sciolti e consistono in:

- 25 analisi granulometriche per setacciatura;
- 1 limite di Atterberg.

La tabella seguente dettaglia le prove di laboratorio eseguite per ciascun sondaggio.

COLLEGAMENTO CASELLO PIOVENE ROCCHETTE E SS350 - CAMPAGNA GEOGNOSTICA 2005 - PROVE LABORATORIO TERRA													
Sondaggio	prof. (m)	Peso di volume	Peso specifico assoluto	Granul.	Contenuto naturale d'acqua	Limiti di Atterberg	ELL	Prova di taglio diretto CD	Prova triass. CIU	Prova triass. UU	Prova edom.	Pocket penetrom eter	Tovane
SD5	40	-	-	9	-	1	-	-	-	-	-	-	-
SD4P	20	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD3P	20	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD2P	25	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 4-6- Indagini – Collegamento casello Piovene Rocchette e SP350 - Progetto definitivo 2005 - Prove di laboratorio

Per le stratigrafie dei sondaggi, risultati delle prove in sito e di laboratorio si veda la specifica documentazione allegata al presente progetto.

Per le ubicazioni si rimanda alla carta geologica ed ai profili geologici.

#### *4.3 INDAGINI SCARICATE DAL SITO DEL SERVIZIO GEOLOGICO DELLA PAT*

Il Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento dispone di un nutrito data base dei sondaggi effettuati per conto della stessa Provincia e, in alcuni casi, anche da privati. La banca dati comprende schede stratigrafiche ed informazioni accessorie quali indicazioni sull'eventuale strumentazione installata, profondità della falda, risultati prove SPT, valori del parametro RQD, risultati di prove scissometriche, pocket penetrometer e torvane.

La ricerca è stata effettuata accedendo al sito del Servizio Geologico ed individuando, nella mappa, i 6 tracciati selezionati. Al fine di integrare il quadro conoscitivo geologico generale sono stati acquisiti non solo i dati relativi a sondaggi, ricadenti in corrispondenza e nell'immediato intorno dei tracciati, ma anche nell'ambito di un intorno ritenuto significativo.

Pur se le profondità d'investigazione sono spesso modeste in relazione alle opere in progetto, i sondaggi normalmente si spingono sino a 10 – 30 m da p.c., mentre i tracciati si sviluppano prevalentemente in galleria con coperture che variano fra 5 e 1.500 m, i dati acquisiti sono comunque utili per:

- Individuare e confermare le formazioni rocciose soggiacenti i depositi di copertura;
- fornire valori indicativi degli spessori dei depositi detritici lungo o al piede dei versanti, o dei materassi alluvionali e fluvioglaciali in corrispondenza delle incisioni vallive;
- fornire indicazioni sul livello della falda idrica;
- permettere una prima caratterizzazione dei materiali sciolti attraverso i valori delle SPT;
- stimare il grado di fratturazione della roccia attraverso le descrizioni riportate in stratigrafie e/o il parametro RQD.

Si tratta complessivamente di n° 244 sondaggi, le cui ubicazioni sono riportate in carta geologica e le stratigrafie nell'apposito elaborato allegato al progetto.

Sempre dal sito del Servizio geologico della PAT sono stati scaricati i data base delle sorgenti con le relative ubicazioni. Per maggiori dettagli su questo argomento si rimanda alla specifica relazione idrogeologica.

#### *4.4 RILIEVI DI CAMPAGNA (anno 2011)*

La prima fase del lavoro è consistita nella stesura di una carta geologica, geomorfologica ed idrogeologica dedotta sulla base della documentazione di riferimento e bibliografica, elencata al precedente capitolo 3, e delle indagini disponibili descritte nel capitolo 4.

Successivamente sono stati istituiti due gruppi di geologi rilevatori divisi in 4 squadre.

Il primo gruppo, con due squadre da due uomini ciascuna, ha rilevato il tracciato T5 ed i tracciati T1 - T2 a Nord di Calceranica al Lago.

Il secondo gruppo, con altre due squadre da due uomini ciascuna, ha rilevato i tracciati T3, T4, T6, nonché T1-T2 fino a Calceranica al Lago.

I rilievi sono stati condotti utilizzando la CTR del Veneto e del Trentino in scala 1:5.000 e, laddove non disponibile, al 10.000, sulle quali erano stati precedentemente riportati i tracciati stradali con le principali opere.

Il rilievo è stato esteso per circa 1 Km a destra ed altrettanto a sinistra rispetto ad ogni tracciato selezionato, ed ha permesso:

- di prendere contatto con i luoghi ed i terreni, verificando e laddove possibile ottimizzando le opere ed i tracciati;
- di verificare, modificare, integrare o correggere la cartografia geologica tecnica dedotta dalle informazioni bibliografiche;
- individuare le principali criticità geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e le difficoltà tecniche connesse a ciascun tracciato e, più nel dettaglio, a ciascuna opera;
- verificare ed integrare numero ed ubicazione delle sorgenti;
- verificare la posizione delle principali lineazioni tettoniche, acquisire giaciture degli strati direttamente in campagna e da utilizzare poi nella stesura dei profili geologici, individuare il grado di fratturazione degli ammassi rocciosi;
- eseguire rilievi geostrutturali necessari, in questa prima fase, per la caratterizzazione geologica e geomeccanica degli ammassi rocciosi. Nell'occasione oltre alle orientazioni e caratteristiche delle discontinuità stratigrafiche e tettoniche come persistenza, frequenza, scabrezza e riempimento, si è stimata la resistenza a compressione della roccia intatta tramite martello di Schmidt

Sono state scattate numerosissime fotografie, schede tecniche contenenti dati e commenti, successivamente trasferite ai progettisti.

La carta geologica, allegata al progetto, deriva quindi dalla documentazione bibliografica e, per un intorno di circa 1 Km rispetto all'asse stradale, è stata verificata direttamente sul terreno, adeguata ed integrata.

I profili geologici, dai quali è scaturita questa prima fase progettuale, derivano dalla carta geologica sopra descritta.

## 5 GEOLOGIA

### 5.1 EVOLUZIONE PALEO – GEOGRAFICA

Si riporta di seguito una breve descrizione delle principali fasi dell'evoluzione paleo – geografica dell'area di studio, al fine di indicare il susseguirsi dei diversi ambienti di sedimentazione in funzione dell'evoluzione tettonica di questo settore alpino.

Il basamento metamorfico è interessato da una estesa effusione di colate andesiti che, ricoperte da porfidi quarziferi, a seguito della formazione di una struttura calderica sin – tettonica.

L'erosione del basamento e delle vulcaniti avviene durante il Permiano superiore, circa 250 Ma, ad opera di pochi corsi d'acqua meandriformi, che solcavano una pianura semi – desertica. Questo spiega la colorazione giallo – rossastra della formazione della Arenarie della Val Gardena, il cui spessore diminuisce da N verso S, indicando la presenza di un alto strutturale. Lo spessore medio è di circa 25 – 50 m tuttavia è difficilmente definibile a causa della morfologia accidentata del substrato roccioso.

Il mare inonda la regione alla fine del Permiano dopo circa 50 Ma di esposizione sub – area a seguito dell'orogenesi ercinica. Si viene così a creare un ambiente di lagune e di aree costiere ipersaline e aride, tipo sabkha, dove si depongono le dolomie cariate e i calcari oolitici scuri con gessi della formazione a Bellerophon. La suddetta sequenza paleo – geografica di evoluzione degli ambienti di sedimentazione durante il Permiano medio - superiore è illustrata dalla Figura 5-1.

Durante il Trias inferiore, a partire quindi da 250 Ma, si assiste ad un innalzamento del livello del mare di circa 50 m, con la formazione di un mare basso e caldo, dove si depositano i termini calcareo – marnosi, arenacei e dolomitici della formazione del Werfen.

Il dominio marino si riafferma dopo un periodo di sollevamento tettonico a partire dalla fine dell'Anisico, circa 235 Ma, con la formazione di un ambiente di piattaforma in un mare basso e limpido nel quale si deposita la formazione del Contrin.

Questa prima piattaforma si frammenta in più blocchi in corrispondenza dei quali si assiste alla formazione di vere e proprie scogliere coralline, caratterizzate da una crescita verticale ,detta aggradazione, e da una crescita laterale, detta progradazione. Una formazione tipica è data dalla Dolomia dello Sciliar.

L'attività vulcanica del Ladinico superiore non ha lasciato traccia in questo settore delle Alpi probabilmente per motivi tettonici, dal momento che si assiste alla presenza di una ininterrotta sequenza carbonatica.

La formazione di Raibl rappresenta una sedimentazione carbonatica inquinata da apporti terrigeni, provenienti dallo smantellamento di una catena in sollevamento a sud.



La presenza di una piatta e vasta piana costiera, soggetta alle escursioni del livello marino, porta alla precipitazione del fango carbonatico che costituisce la Dolomia Principale.

Questa grande piattaforma carbonatica è conosciuta con il nome di piattaforma di Trento, che alla fine del Trias circa 205 Ma, inizia a sprofondare.

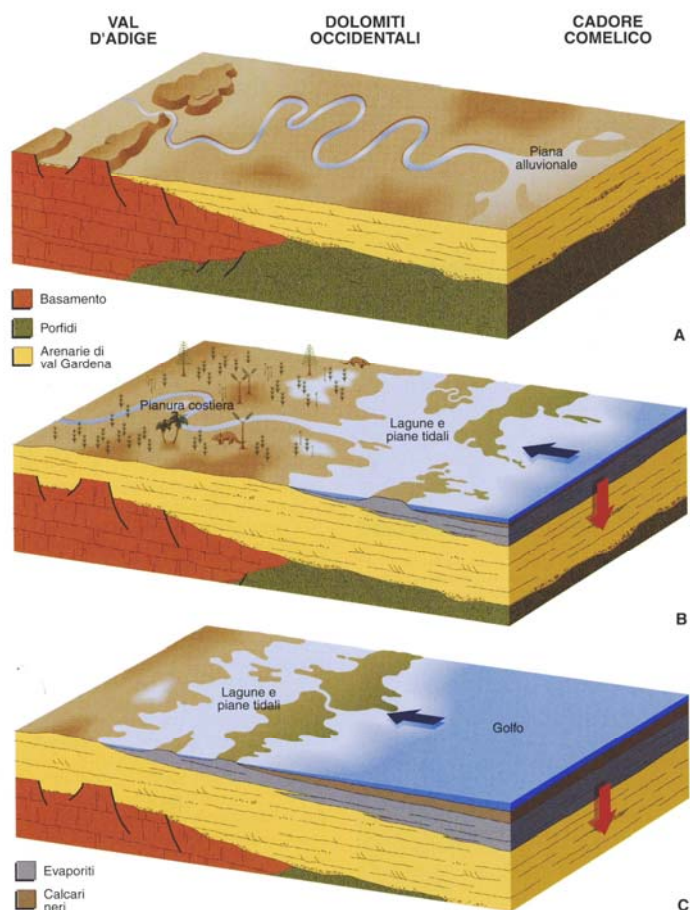


Figura 5-1 - Geologia – Evoluzione paleo – geografica – Evoluzione geologica e geografica della regione dolomitica durante il Permiano medio – superiore (da A.Bosellini, 1996 – Geologia delle Dolomiti)

Si ha così la deposizione della ben nota sequenza dei Calcari Grigi, del Rosso Ammonitico, del Biancone e della Scaglia Rossa. In particolare la Scaglia Rossa indica la presenza di apporti terrigeni all'interno del bacino di sedimentazione carbonatico, a causa della parziale emersione e quindi erosione della coltre calcarea, depositata precedentemente nel Mediterraneo mesozoico sotto forma di isolate cordigliere.

Durante l'Eocene è presente un vulcanismo sottomarino e molto limitato come manifestazioni eruttive con emissione di materiale piroclastico, al termine del quale si ha la

ripresa della sedimentazione di calcari marnosi nulliporici durante tutto l'Eocene superiore.

Le fasi di corrugamento alpino continuano per tutto l'Eocene e l'Oligocene con la progressiva emersione dei sedimenti marini, fino al sollevamento definitivo della catena alpina al di sopra del livello marino, avvenuto durante il Miocene, circa 20 Ma.

L'erosione della successione sedimentaria ha il suo culmine durante la crisi di salinità del Mediterraneo, che si sviluppa nel Messiniano durante il Miocene superiore, circa 5 Ma.

## 5.2 SEQUENZA STRATIGRAFICA

La successione stratigrafica è rappresentata da formazioni rocciose di età compresa tra il Carbonifero ed il Miocene, che sono ricoperte da depositi quaternari continentali, riconducibili essenzialmente a depositi morenici, fluvio – glaciali e fluviali e di versante.

Si riporta di seguito una breve descrizione di tutte le formazioni descritte nella legenda della “Carta geologico – geomorfologica”, ovvero anche di quelle formazioni che non sono direttamente attraversate dalle opere di progetto, ma che concorrono a chiarire l'assetto stratigrafico generale dell'area al fine della progettazione. Ciascuna formazione viene quindi descritta evidenziando i principali caratteri stratigrafici, che sono alla base della classificazione geomeccanica, propedeutica per la definizione del comportamento geotecnico dei terreni di progetto.

Le formazioni geologiche sono riportate dalla più antica alla più recente in modo da facilitare la comprensione delle vicende geologiche che hanno portato alla definizione del presente assetto stratigrafico. Si indica per ciascuna di esse il numero identificativo all'interno dell'elaborato “Carta geologico – geomorfologica”. In alcuni casi si è utilizzato uno stesso numero per indicare due formazioni distinte, al fine di semplificare la cartografia geologica di un territorio di studio così vasto, rendendola più chiara e leggibile in rapporto alla presente fase progettuale di scelta del tracciato. Le formazioni che sono state accorpate saranno comunque descritte separatamente in questo rapporto.

Si è deciso inoltre per alcune formazioni di mantenere la doppia nomenclatura, che deriva dall'evoluzione degli studi stratigrafici, che accompagna nel corso degli anni la redazione degli aggiornamenti della cartografia geologica ufficiale. E' il caso della Dolomia della Valsugana che si è mantenuta separata dalla Formazione del Giovo, nonostante la prima ne rappresenti la porzione sommitale alla luce dei più recenti studi. Questa scelta permette di confrontare la cartografia geologica, redatta per questa fase progettuale di scelta del tracciato, con la cartografia ufficiale. Questa ultima infatti deve ancora essere aggiornata secondo il progetto CARG per l'intera area di studio dei tracciati, mancando così di uniformità nel riportare una stessa nomenclatura per le formazioni geologiche presenti in

funzione del Foglio considerato.

Le foto allegate alla descrizione di ciascuna formazione derivano dai rilievi di superficie geologico – strutturali che sono stati eseguiti per la redazione della cartografia geologica e dei profili geologici allegati a questo rapporto.

#### BASAMENTO CRISTALLINO – 28 (pre – Permiano)

Si tratta del basamento metamorfico delle Alpi meridionali, costituito da rocce metamorfiche di basso grado come filladi, metavulcaniti e metavulcanoclastiti acide. Sono presenti rari scisti quarzoso – sericitici, scisti carboniosi e micascisti all'interno delle filladi, sottoforma di intercalazioni ad estensione da plurimetrica a pluridecimetrica. In particolare gli scisti quarzoso – sericitici segnano il passaggio tra le metavulcaniti e le sovrastanti filladi.

La linea tettonica del Calisio, che passa per il lago di Caldonazzo, ha sollevato i terreni posti ad est rispetto a quelli posti ad ovest, ovvero le metavulcaniti affiorano ad est, mentre ad ovest di questo lineamento non sono presenti ed affiorano solamente le filladi.

#### *Paragneiss e Porfiroidi – 28b e 28c*

Si tratta di una sequenza di colate laviche acide, corpi sub-vulcanici e depositi piroclastici/vulcanoclastici a cui si intercalano sporadici livelli epiclastici pelitici, che è stata successivamente metamorfosata in facies degli scisti verdi. Le metavulcaniti derivano da lave e ignimbriti mentre le metavulcanoclastiti derivano da depositi piroclastici, in entrambi i casi si tratta di litotipi di natura acida. Affiorano diffusamente tra il lago di Caldonazzo e la valle del rio Vignola. La loro struttura varia da massiccia a blandamente foliata fino a scistosa, la fissilità è assente. Il colore varia da bianco nocciola fino al grigio – chiaro o scuro.

In generale la struttura principale è data da una matrice fine con quarzo, muscovite e clorite blandamente foliata nella quale sono immersi fenocristalli di K-feldspato e subordinatamente di plagioclasio. Lo spessore è nell'ordine delle centinaia di metri.

#### *Filladi e filladi quarzifere – 28a*

Sono filladi più o meno quarzose a quarzo, sericite/muscovite, clorite, plagioclasio con una colorazione variabile dal grigio – scuro, all'argenteo fino al verdastro. Presenza di noduli di quarzo bianco. La grana è sub-millimetrica ed è presente una marcata fissilità parallelamente ai piani di scistosità, caratterizzati da una spaziatura da millimetrica a centimetrica. Si trovano all'interno delle filladi delle sporadiche lenti di scisti quarzoso – sericitici e delle rare intercalazioni di filladi carboniose ricche di grafite. Lo spessore è nell'ordine delle centinaia di metri.



Figura 5-2 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento delle filladi quarzifere del basamento cristallino n°28a lungo la val di Centa

#### *Scisti quarzoso – sericitici – 28a*

Gli scisti sono caratterizzati da un netto aumento della percentuale di quarzo rispetto alle filladi e quindi di una maggiore compattezza del litotipo, che presenta abbondante muscovite/sericite e clorite. Presenza di noduli di quarzo bianco. Non sono caratterizzati da fissilità e la scistosità presenta una spaziatura da millimetrica a centimetrica. Lo spessore di queste lenti di scisti varia da pochi metri fino ad un livello continuo, spesso 40 – 80 m, localizzato al passaggio tra metavulcaniti e filladi a nord ed a sud della cresta Semper Spitz – Panarotta.

#### COMPLESSO VULCANICO ATESINO – 27 (Permiano)

La messa in posto di una sequenza lavica di circa 2000 m di spessore, poggiante direttamente sul basamento metamorfico con locale presenza di conglomerati continentali, è legata alla formazione di bacini vulcanici sin tettonici, dovuti ad un meccanismo puramente distensivo con un collasso finale di tipo calderico. I prodotti vulcanici sono fuoriusciti da apparati di tipo fessurale e talora centrale e sono costituiti da una sequenza di colate laviche ed emissioni duomiformi, sormontate da depositi di flusso piroclastico, che rappresentano i principali prodotti dell'attività vulcanica, legati alle fasi di collasso calderico.

La suddetta sequenza è caratterizzata dalla presenza secondaria di conglomerati e breccie epiclastiti con spessori di qualche metro, dovuti all'interruzione dell'attività vulcanica ed alla successiva attivazione di faglie calderiche, che portavano alla formazione di pendii sottoposti ad intensi fenomeni di erosione. La petrografia dei suddetti prodotti vulcanici varia da una composizione di tipo andesitica, a dacitica, a riodacitica fino a riolitica e si alterna all'interno

dell'intera successione in funzione della sequenza degli eventi vulcanici permiani. Lo spessore delle colate e dei depositi di flusso piroclastico è fortemente condizionata dalla tettonica sin sedimentaria e dallo sprofondamento calderico, che creavano gli spazi per l'accumulo dei depositi vulcanici. La chiusura del ciclo vulcanico è testimoniata dallo sprofondamento finale della caldera atesina, che ha comportato la messa in posto di imponenti colate di flusso piroclastico. In particolare la Formazione di Ora, avendo uno spessore di 800 m circa, è quella di maggiore importanza ai fini della progettazione delle opere di progetto in rapporto alle profondità raggiunte, perciò si fornisce di seguito la descrizione della suddetta formazione.

#### *Rioliti – 27a*

Si tratta di ignimbriti riolitiche, definite come la Formazione di Ora, e rappresentano il deposito vulcanico più recente del complesso vulcanico atesino. Il quarzo è il minerale più diffuso ed è presente in grossi individui, circa 5 mm, seguono in ordine di abbondanza il plagioclasio e il K-feldspato in cristalli di circa 2 – 5 mm. E' presente una netta e regolare fessurazione sub-verticale secondo due sistemi principali tra loro ortogonali, un terzo sistema meno frequente e più spaziato è disposto orizzontalmente. Questi caratteri strutturali determinano la tipica fratturazione a lastre. La spaziatura media varia da 0.06 – 0.2 m fino a 0.2 – 0.6 m. Il contenuto in SiO<sub>2</sub> varia dal 65 – 75% definendo una serie magmatica subalcalina. Lo spessore della formazione si aggira attorno agli 800 m.



Figura 5-3 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento delle ignimbriti riolitiche della formazione di Ora n°27a presso le cave in val di Cembra. Tipica fessurazione verticale a lastre.

FORMAZIONE A BELLEROPHON/ARENARIE DI VALGARDENA – 26 (Permiano sup. – inf.)

*Arenarie di Val Gardena (Permiano medio – Permiano superiore)*

Si possono osservare lungo la Val di Centa al di sopra del sottostante basamento metamorfico sul quale poggiano con un contatto di tipo erosivo. Sono costituite da una intercalazione di arenarie rosse, grigie e bianche poco compatte e di siltiti, siltiti marnose e marne con noduli di gesso. I litotipi sono ben stratificati e la frazione pelitica è laminata. La porzione basale della formazione è rappresentata da un conglomerato di 5 – 10 m di spessore con clasti dispersi in una matrice arenacea, mentre la porzione sommitale vede la presenza di arenarie in matrice gessosa e di gesso massivo per uno spessore di 2 – 3 m, che sfumano gradatamente nei litotipi della sovrastante Formazione a Bellerophon con un passaggio costituito da marne, peliti e calcari marnosi. Il limite inferiore è di tipo erosivo con il sottostante basamento metamorfico e/o con il complesso vulcanico atesino. L'ambiente di sedimentazione è una pianura fluviale meandriforme, passante verso l'alto ad un ambiente di sabka con condizioni di forte evapo-traspirazione. La formazione è sovente soppressa tettonicamente per la presenza di livelli plastici incompetenti. Lo spessore della formazione si aggira attorno ai 25 – 50 m.



Figura 5-4 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento delle Arenarie di Val Gardena n°26

*Formazione a Bellerophon (Permiano superiore)*

E' presente nella Val Bevertal, laterale della Val di Centa, ed è costituita da calcari siltosi, calcari nodulari, calcari dolomitizzati e dolomie organizzati in strati spessi 0.06 – 0.6 m con giunti di strato da piano paralleli ad ondulati. Sono frequenti le intercalazioni pelitico – marnose laminate spesso nerastre e bituminose. La porzione basale della formazione sfuma nelle sottostanti Arenarie della Val Gardena.

L'ambiente di sedimentazione è una sabka costiera o una laguna inquinata da apporti terrigeni. Lo spessore della formazione varia da 10 – 50 m.



Figura 5-5 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione a Bellerophon n°26 nel rilievo della Marogna

#### FORMAZIONE DI WERFEN – 25 (Scitico)

La formazione è in continuità stratigrafica con la sottostante Formazione a Bellerophon ed indica l'inizio della successione sedimentaria triassica. Gli affioramenti più cospicui sono in Val di Centa, in destra ed in sinistra del fiume Adige presso Trento e Lavis.

La sequenza stratigrafica è costituita da molteplici litotipi quali calcari, calcari marnosi, dolomie arenacee, marne, siltiti, arenarie rosse e grigie, calcareniti a volte dolomitizzate e micriti più o meno dolomitiche.



Figura 5-6 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione di Werfen n°25 nella facies calcarea di letto ed in quella pelitico – marnosa di tetto nei rilievi montuosi presso Lavis

La Formazione è stata suddivisa in 10 unità di rango inferiore, dette membri, sulla base delle loro caratteristiche litostratigrafiche. Esse sono dal basso verso l'alto della sequenza:

- membro di Tesero;
- membro di Mazzin;
- membro di Andraz;
- membro di Siusi;
- membro dell'oolite a Gasteropodi;
- membro di Campil;
- membro di Val Badia;
- membro di Cencenighe;
- membro di San Lucano;
- membro di Terra Rossa.

La carta geologico – geomorfologica non indica la suddivisione della formazione nei singoli membri per i loro esigui spessori. Si riporta di seguito una breve descrizione delle quattro unità di riferimento nelle quali i suddetti membri possono essere raggruppati in funzione della loro risposta geomorfologica, al fine di cogliere la variabilità litologica formazionale.

Partendo dal basso si trovano 25 m circa di calcari oolitici – bioclastici alternati a calcari variamente marnosi suddivisi in strati da metrici a centimetrici. Seguono altri 25 m di dolomie e dolomie siltose giallastre in strati per lo più centimetrici ai quali succedono altri 40 m di calcari marnosi e marne, alternati a calcareniti in strati decimetrici. Fanno seguito altri 40 – 50 m di dolomie oolitico bioclastiche gialle e rossastre con intercalazioni di peliti e di marne, organizzate in strati decimetrici. La parte restante della formazione è formata prevalentemente di marne, arenarie, siltiti con locali livelli di gesso e di calcareniti oolitico – bioclastiche. Il tetto della formazione ha un carattere prettamente evaporitico in Val Rossa, dove sono presenti livelli di gesso a spessore metrico.

Il limite superiore della formazione con la sovrastante Dolomia del Serla è ben visibile in Val Rossa e in Val Bianca e nei pressi di Lavis ed è segnato dal contatto tra le peliti rosse del Werfen e le sovrastanti dolomicriti.

L'ambiente di deposizione è un fondale marino di bassa profondità, testimone dell'inizio della trasgressione marina triassica, con un'evoluzione da piattaforma di tipo carbonatico a piattaforma con apporti terrigeni e l'instaurarsi di ambienti evaporitici.

Lo spessore complessivo della formazione è di circa 250 – 300 m.



### FORMAZIONE A GRACILIS/DOLOMIA DEL SERLA INFERIORE - 24 (Pelsonico – Scitico)

#### *Dolomia del Serla inferiore (Scitico – Anisico inferiore)*

La Dolomia del Serla inferiore affiora in maniera incompleta in Val Rossa e sulla Vigolana settentrionale (Val Bianca).

L'unità è composta da dolomicriti biancastre o verdine che sono suddivise in strati prevalentemente centimetrico-decimetrici, con giunti da piani ad ondulati. Sono comuni le intercalazioni di peliti grigie e verdine, laminate, sottoforma di veli o straterelli millimetrici.

Essendo la parte superiore dell'unità soppressa tettonicamente non è possibile definire con sicurezza né lo spessore né le caratteristiche del limite superiore.

Lo spessore della formazione si aggira sui 40 m, l'ambiente di sedimentazione corrisponde ad un'estesa piana di marea carbonatica.

#### *Formazione a Gracilis (Anisico inferiore – Pelsonico)*

Si tratta di un'unità carbonatico-terrigena caratteristica della regione di Recoaro, che è stata individuata anche in Valsugana. Essa affiora in Val Rossa ed in Val Bianca.

In queste due località la formazione è suddivisibile in 3 parti ben caratterizzate dal punto di vista litologico. La parte inferiore è formata da dolomie micritiche di colore bianco-grigiastro, alternate con dolomie cristalline zonate, giallo-brunastre, in strati da centimetrici a pluricentimetrici, con giunti debolmente ondulati. In Val Bianca queste facies hanno uno spessore di circa 11 m, superiormente esse sono troncate da una faglia. In Val Rossa si possono osservare anche livelli di corniole e di dolomie cariate.

In posizione intermedia nella successione sono presenti circa 10 m di dolomicriti grigiastre con intercalazioni di peliti verde-grigio in straterelli per lo più centimetrici fino ad un massimo di 30 cm; esse sono separate da giunti piano - paralleli leggermente ondulati. Conclude la successione un pacco dello spessore di circa 10 m, marcatamente evidente per la prevalenza dei toni rossastri, formato dall'alternanza di dolomicriti bianche e rossastre con peliti, argilliti prevalentemente rossastre e laminate. Le dolomicriti sono suddivise in strati centimetrico-decimetrici.

Il contatto con il Conglomerato di Voltago soprastante è erosivo ed è marcato da un bancone conglomeratico che costituisce la base di tale formazione.

L'ambiente di deposizione sembra corrispondere a quello di una piattaforma interna con barre oolitiche, che evolve in un ambiente lagunare inquinato da continui apporti terrigeni e dall'instaurarsi di condizioni più schiettamente evaporitiche.

Lo spessore complessivo della Formazione a Gracilis in Val Bianca è di oltre 30 m, tenendo conto delle soppressioni tettoniche è molto probabile uno spessore attorno ai 40 m.

### CONGLOMERATO DI VOLTAGO – 23 (Pelsonico – Anisico inferiore)

Si tratta di un'unità conglomeratico-arenaceo-pelitica prevalentemente giallo-rossastra che in Valsugana affiora unicamente sulla Vigolana e sul monte La Marzola.

Sulla Vigolana la formazione inizia con un banco conglomeratico dello spessore di 1.5 m di colore complessivamente biancastro. Esso è seguito da circa 8 m di arenarie, suddivise in strati pluridecimetrici spesso a stratificazione maldistinta. Ad esse si intercalano argilliti e siltiti giallastre e rossastre suddivise in pacchi da decimetrici a metrici. Tali litotipi fanno transizione graduale a dolomie, dolomie siltose, alternate con siltiti e peliti grigio-nerastre bituminose.

Il passaggio alla soprastante formazione della Dolomia della Valsugana è graduale e avviene per progressiva diminuzione della frazione terrigena.

L'ambiente di deposizione del Conglomerato di Voltago è continentale con condizioni variabili da fluviale a piana alluvionale, che si evolve verso una laguna terrigena.

Ad est della Val Centa questa litozona è mancante, il riflesso dell'evento sedimentario corrispondente potrebbe essere indirettamente testimoniato nell'incremento della frazione terrigena che si osserva al tetto della formazione a Gracilis ad esempio nella zona Val dei Laresi -Val Scura (fianco nord dell'Altopiano di Lavarone). Dunque occorre considerare le due formazioni come eteropiche.

Lo spessore della formazione varia tra i 20 e i 30 m.

### DOLOMIA DELLA VALSUGANA – 22 (Pelsonico – Illirico inferiore)

Questa formazione, caratteristica della Valsugana e dei dintorni di Trento, costituisce gran parte delle propaggini settentrionali ed orientali della Vigolana.

Essa è formata da una sequenza piuttosto monotona di dolomie nocciola, grigio-nocciola o grigio chiaro, in strati prevalentemente da centimetrico a pluricentimetrici, con giunti piano-paralleli. Rare sono in genere le intercalazioni pelitiche. Nella porzione basale della formazione compaiono anche livelli di dolomie terrose. Rari i livelli dolarenitici (alla base) o formati da dolomie nerastre, bituminose.

L'ambiente deposizionale della Dolomia della Valsugana è riferibile ad un ambiente peritidale, sviluppatosi al margine di un'ampia laguna carbonatica.

La dolomia della Valsugana è interessata da una lacuna stratigrafica, che copre l'intervallo di tempo geologico compreso tra il Pelsonico ed il Carnico, causando locali riduzioni dello spessore della formazione, che in Val di Centa dovrebbe essere compreso tra i 200 – 280 m.

### FORMAZIONE DI GIOVO/FORMAZIONE DEL CONTRIN – 21a (Anisico medio – Illirico sup.)

#### *Formazione di Giovo*

Si tratta di una successione terrigeno – carbonatica, costituita da due membri:

- membro inferiore di Cortaccia;
- membro del Monte Ozol detto dolomia della Valsugana.

Il primo termine è spesso 15 – 25 m ed è costituito da un'alternanza di siltiti, marne grigio – scure e di calcari ed arenarie grigio – giallastre, organizzati in strati spessi 0.05 – 0.2 m. La roccia possiede un aspetto nodulare a causa di una intensa bioturbazione.

L'ambiente di sedimentazione corrisponde ad un insieme di lagune e di bracci di mare di debole profondità.

Il secondo termine è rappresentato dalla Dolomia della Valsugana che, come descritto in precedenza, si tratta di una successione di calcari e di dolomie grigie a fitta stratificazione, spessore strati 0.1 – 0.2 m, talora stromatolitiche ed intercalate a sottili livelli pelitici laminati.

Lo spessore complessivo della formazione è compreso tra 220 – 300 m.

#### *Formazione del Contrin*

E' una successione di dolomie subtidali chiare, organizzate in strati potenti fino al metro con giunti generalmente piano paralleli od ondulati, dove si intercalano localmente delle dolareniti grigio – verdastre in strati spessi 0.1 – 0.3 m. Possono essere presenti localmente delle calcareniti bioclastiche. L'ambiente di sedimentazione è quello di piccoli corpi di piattaforma carbonatica isolati.

Lo spessore medio è di poche decine di metri.

### CALCARI SCURI DI MARGON – 21 (Illirico sup. – Illirico inf.)

Nell'alta Valsugana e nei dintorni di Trento è stato descritto sin dall'inizio di questo secolo un complesso calcareo-argilloso-marnoso contenente ammoniti, bivalvi e resti di pesci ed indicato con il termine di "Zwischenbildungen", costituito da quattro formazioni. Nell'alta Valsugana e dunque in Val di Centa sono presenti solamente tre di queste formazioni che sono, dal basso verso l'alto: 1) Calcari scuri di Margon; 2) Marne della Val di Centa; 3) Calcari della Val Gola.

In Val di Centa i Calcari scuri di Margon affiorano in varie località, gli affioramenti più estesi sono lungo l'asta torrentizia del Centa, a valle della S.S. N. 350.

La formazione è costituita da un'alternanza di laminiti carbonatico-bituminose bruno-

nerastre, talora siltose, suddivise in strati pluricentimetrici e di calcari e calcari siltosi grigi e nocciola, in strati centimetrico-pluricentimetrici e di marne grigie ben stratificate. Sono presenti rari livelli calcarenitici.

Le laminiti prevalgono nei primi 10 m della successione, mentre i litotipi marnosi sono in genere subordinati rispetto alle altre litologie. Nella porzione basale della successione sono presenti livelli pelitici e livelli ricchi di lenti e noduli di selce di origine diagenetica. Localmente sono presenti disseminazioni di pirite.

Sia il limite inferiore che superiore della formazione sono gradualmente. Il limite inferiore con la Dolomia della Valsugana è marcato dalla presenza di dolomie siltoso-bituminose ben stratificate, sostituite verso l'alto da litotipi calcareo-bituminosi fittamente laminati. Il limite superiore con le Marne della Val di Centa è marcato invece dalla scomparsa delle laminiti calcareo-bituminose e dall'incremento della frazione terrigena.

L'ambiente di sedimentazione dei Calcari scuri di Margon corrisponde a quello di un bacino articolato a circolazione ristretta, con condizioni anossiche sul fondo.

La determinazione dello spessore della formazione è resa difficile a causa della forte tettonizzazione che l'unità mostra in Val di Centa, ma anche in altre località. In Val dei Laresi lo spessore è di poco più di una sessantina di metri, valore confrontabile con quello misurato in Val Gola nei pressi di Trento.

#### MARNE DELLA VAL DI CENTA – 20 (Illirico sup.)

In Val di Centa quest'unità mostra limitati affioramenti lungo l'asse della valle presso il Dosso Poster e la località Sadleri (Centa S. Niccolò).

Dal punto di vista litologico la formazione è composta da calcareniti fini, più o meno siltose, grigie, alternate a marne, peliti ed arenarie fini. Le calcareniti sono suddivise in strati da centimetrico a pluricentimetrici. I livelli marnosi, talora internamente laminati, possono rappresentare anche intervalli di vari decimetri di spessore. Il rapporto tra la frazione marnoso-pelitica e quella carbonatica è leggermente superiore all'unità. Il limite superiore con i Calcari della Val Gola è graduale per alternanza ed è marcato dalla comparsa di calcari e calcareniti selciose.

L'ambiente di sedimentazione corrisponde ad un approfondimento del bacino con condizioni schiettamente pelagiche, ma con forti apporti terrigeni.

Lo spessore della formazione è di circa 15 – 20 m.

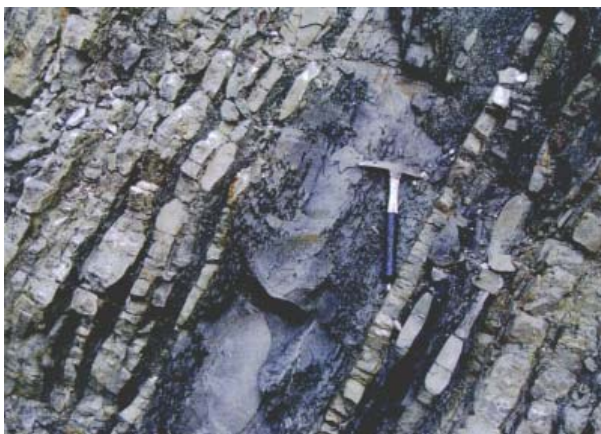


Figura 5-7 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento delle Marne della val di Centa n°20 in val Gola presso Ravina

### CALCARI DELLA VAL GOLA – 19 (Longobardico – Fassanico)

La formazione è composta da calcareniti da nocciola a grigie, suddivise in strati prevalentemente pluricentimetrici con giunti da piano-paralleli a nettamente nodulari. Ad essi si alternano marne argillose grigio scure fogliettate e siltiti variamente marnose grigie in strati da 1 a 7 cm. Nella parte medio-superiore della successione sono presenti strati centimetrici di argille verdi-azzurre ("pietra verde"). I livelli calcarenitici si presentano variamente dolomitizzati nella parte superiore dell'unità.

Il limite superiore con la Dolomia del Sindech è graduale ed è marcato da una diminuzione della stratificazione dei livelli calcarenitici e dalla scomparsa degli interstrati pelitici.

L'ambiente di sedimentazione corrisponde a quello di un altofondo pelagico a sedimentazione lenta con apporti terrigeni, anche di tipo vulcanico.

Lo spessore dell'unità dovrebbe aggirarsi sui 35-40 m.

### FORMAZIONE A TRINODOSUS/CALCARE DI RECOARO – 18 (Anisico)

#### *Calcarea di Recoaro*

E' una sequenza di calcari nodulari di colore grigio – bluastro con intercalazioni marnose ed argillose e di arenarie, marne ed argille. La successione è fittamente stratificata con strati spessi 0.06 – 0.2 m e giunti di strato generalmente piano paralleli od ondulati.

Lo spessore della formazione è di circa 20 – 50 m.

#### *Formazione a Trinodosus*

E' una sequenza di calcari grigiastri e di dolomie marnose con intercalazioni pelitico-marnose, organizzata in strati dello spessore di 0.06 – 0.2 m con giunti di strato piano

paralleli fino ad una struttura nodulare. La sequenza carbonatica può essere sostituita in parte o completamente da arenarie, marne e conglomerati poligenici, che testimoniano la presenza di una fase sin tettonica. La formazione si presenta al tetto della Formazione dei calcari di Recoaro.

Lo spessore della formazione è di circa 20 – 30 m.

#### FORMAZIONE DELLO SCILIAR – 17bis (Anisico sup. – Ladinico)

E' costituita in prevalenza da dolomie saccaroidi bianche o grigio chiare, fortemente ricristallizzate, e secondariamente da calcari dolomitici biancastri o grigio chiari. La stratificazione è grossolana e risulta più evidente alla base della successione dove sono presenti dolomie stratificate in cicli peritidali. I livelli stromatolitici possono essere sostituiti localmente da livelli millimetrici di argille rosse.

Il limite con la sottostante Formazione di Contrin è netto e marcato da sottili livelli di vulcanoclastiti oppure graduale e rapido sui calcari della Val Gola.

Lo spessore della formazione varia da 50 fino a 350 m; l'ambiente di sedimentazione è una piattaforma carbonatica con cicli tidali e peritidali.

#### FORMAZIONE A NODOSUS/CALCARE DI MONTE SPITZ – 17 (Ladinico inf.)

##### *Calcare di Monte Spitz*

Calcari dolomitici di scogliera saccaroidi, biancastri, caratterizzati da una stratificazione da indistinta a bancate di spessore metrico. Questi calcari sono eteropici superiormente con arenarie, tufi, marne e calcari nodulari.

Lo spessore della formazione è compresa tra i 30 – 70 m.

##### *Formazione a Nodosus*

È costituita da una alternanza di arenarie, tufi e marne organizzata in strati dello spessore di 0.06 – 0.2 m con giunti di strato piano paralleli fino ad una struttura nodulare. Si trova al tetto del Calcare di Monte Spitz ed indica una fase sintettonica.

Lo spessore della formazione è di circa 20 – 30 m.

#### VULCANITI INDIFFERENZIATE – 16 (Ladinico)

In Val d'Astico, presso Velo d'Astico sul fianco destro della valle, così come in altre località del bacino del Posina, affiorano prodotti vulcanici appartenenti al magmatismo medio-triassico, assenti invece in Valsugana e nei dintorni di Trento.

Nella zona compresa tra Arsiero e Meda sono presenti delle andesiti, in ammassi subvulcanici, rioliti e daciti, in unità di colata. Le rocce andesitiche mostrano generalmente strutture granofiriche, mentre le lave di colata presentano strutture fluidali. Le vulcaniti sono talora interessate da fenomeni di alterazione in senso argilloso, sia primari che secondari. I primi si riscontrano con una certa frequenza al passaggio con le unità rocciose stratigraficamente soprastanti come ad esempio al limite con la Dolomia Principale.



Figura 5-8 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento delle Vulcaniti ladiniche n°16 nei pressi di Laghi

#### DOLOMIA DEL SINDECH – 15 (Carnico inf. – Ladinico)

In Val di Centa essa affiora presso il Valico della Fricca ed in particolare costituisce il corpo principale del Dosso Poster.

La Dolomia del Sindech è formata da una dolomia cristallina, biancastra, da massiccia a grossolanamente stratificata. Nella porzione basale la stratificazione decimetrica è marcata. Nel corpo principale dell'unità si possono talora notare dei giunti piani irregolari, che individuano bancate dello spessore variabile da 1 a 3-4 m. Al tetto la piattaforma è attraversata da una rete di filoncelli sedimentari di dolomia cristallina scura che si insinuano per uno spessore di 5-7 m.

La formazione soprastante, rappresentata dal Gruppo di Raibl, è marcata dalla comparsa di dolomie screziate associate ad intercalazioni pelitiche, con l'interposizione, non sempre realizzata, di livelli di brecce.

Lo spessore è di circa 80 – 100 m; l'ambiente di sedimentazione corrisponde a quello di una piattaforma carbonatica.

### GRUPPO DI RAIBL – 14b (Carnico)

Affioramenti di litotipi appartenenti al Gruppo di Raibl sono presenti nella media Val d'Astico, presso Meda ed Arsiero, e sulla Vigolana, nonché in altri settori della Valsugana e della Val d'Adige. In Val d'Astico il Gruppo di Raibl poggia sui prodotti eruttivi ladinici ed è formato prevalentemente da argilliti rossastre contenenti straterelli di dolomie oolitiche. Le argilliti sono sormontate da pochi metri di dolomie e dolomie oolitiche suddivise in grossi strati intercalati da peliti. In alcune zone sono presenti anche livelli di conglomerati ad elementi vulcanici. Lo spessore complessivo del Gruppo di Raibl in quest'area è di pochi metri. In Val di Centa e sulla Vigolana il Gruppo di Raibl si trova in due contesti stratigrafici diversi. Sul versante settentrionale ed in parte orientale della Vigolana i litotipi del Gruppo di Raibl poggiano direttamente sulle Dolomie della Valsugana. Altrove, in Val di Centa ma anche nel resto della Valsugana, il Gruppo di Raibl poggia direttamente sulla Dolomia del Sindech. In entrambi i casi esso fa transizione graduale con la Dolomia Principale. Il motivo di tale situazione stratigrafica va letta alla luce degli eventi tettonici che durante il Carnico portarono al sollevamento della regione, che venne erosa più o meno profondamente a seconda della situazione locale. La regione della Vigolana e del monte La Marzola si identificarono come l'area di massima erosione delle formazioni precedentemente deposte, che vennero smantellate sino ad intaccare parte della formazione della Dolomia della Valsugana. Quest'area dunque corrisponde ad un alto strutturale particolarmente accentuato rispetto alle regioni contermini. Non è noto con sicurezza l'andamento delle direttrici tettoniche che limitano tale alto strutturale anche per effetto delle dislocazioni e dei piegamenti che hanno in seguito interessato la regione durante la fase collisionale alpina. Su gran parte della Vigolana il Gruppo di Raibl è formato da un bancone conglomeratico di circa 2 metri di spessore composto da clasti dolomitici. Esso presenta una base nettamente erosiva ed è completamente dolomitizzato e ricristallizzato.

In Val di Centa (Dosso Poster), nel Passo della Fricca, in Val dei Locheri-Val dei Maccani il Gruppo di Raibl è in genere formato da una breccia basale di alcuni metri di spessore, da 0 a 15 m o più, costituita in prevalenza da clasti dolomitici bianchi (Dolomia del Sindech) e scuri, immersi in una matrice dolomitica completamente ricristallizzata. La breccia è sormontata da un pacco di dolomie micritiche di colore grigio chiaro o nocciola, più o meno intensamente chiazze di rosso, giallastro, verdastro, con peliti intercalate. La transizione con la Dolomia Principale è graduale ed è marcata da un aumento dello spessore degli strati, dalla comparsa dei primi livelli a breccie intraformazionali e da un carattere nettamente cristallino del litotipo dolomitico. Lo spessore complessivo dell'unità è mediamente di una decina di metri.



### DOLOMIA PRINCIPALE – 14a (Retico – Carnico sup.)

La Dolomia Principale costituisce l'ossatura dei massicci carbonatici degli altipiani che costeggiano i due fianchi della Valdastico. Pertanto sono modellate nella Dolomia Principale le pareti rocciose sui due lati della Valdastico, nonché della Val di Centa, della Val di Gola e della Val d'Adige. La Dolomia Principale è costituita da dolomie e calcari dolomitici chiari, di colore prevalentemente nocciola o grigio-chiaro, talora con toni rosa. Presenta stratificazione generalmente ben espressa con prevalenza di strati spessi sui 20-80 cm, con giunti piano-paralleli, un pò irregolari. Accanto a queste facies si osservano bancate di spessore metrico o superiore al metro con giunti irregolari, talora mal evidenti; meno frequenti sono le facies massive a stratificazione indistinta. I tipi litologici sono rappresentati da dolomie cristalline a grana media e fine, talora saccaroidi, da dolomie stromatolitiche, dolomie ad intraclasti, breccie dolomitiche, dolomie pellettiere. Sono frequenti le intercalazioni di peliti giallo-verdastre, talora in livelli centimetrici. Questi litotipi sono alternati tra di loro in maniera del tutto caratteristica secondo un tema a carattere ciclico, dovuto alle periodiche variazioni del livello marino cui si sovrappongono le condizioni della subsidenza e della velocità di sedimentazione. Il limite tra la formazione della Dolomia Principale ed i Calcari Grigi è occultato da una fascia di intensa dolomitizzazione che colpisce sia il tetto della Dolomia Principale che la base dei Calcari Grigi. Le rocce che hanno subito questo processo hanno un aspetto massiccio, sono prive di stratificazione, a volte si presentano in grosse bancate che raggiungono la potenza di alcuni metri. Le dolomie di neoformazione sono inoltre caratterizzate da una marcata cristallinità. La fascia di dolomitizzazione non ha spessore omogeneo, ma va da alcune decine di metri fino ad alcune centinaia, talora con forme a duomo. In ogni caso lo sviluppo tridimensionale dei litotipi è estremamente irregolare e difficilmente definibile con un semplice esame di campagna. Questo fenomeno ha costretto di conseguenza a tracciare il limite superiore della formazione sovente sulla base di considerazioni stratimetriche. L'ambiente deposizionale della Dolomia Principale è riferibile ad un'ampia piana tidale carbonatica.

Lo spessore di questa formazione in Valsugana e quindi anche in val d'Astico è ridotto per erosione, perciò si stima uno spessore medio di circa 800 m in val d'Astico e di 600 – 700 m in Valsugana. In Val di Centa e sulla Vigolana, dove è ben affiorante la base della formazione, lo spessore dovrebbe essere compreso tra i 700 e gli 800 m. La difficoltà maggiore nella valutazione dello spessore di questa formazione consiste nella definizione del limite superiore. Un ulteriore elemento di incertezza è collegato al ripetersi ciclico delle litologie che, tenuto conto dell'elevato spessore della formazione nel suo complesso, rendono oltremodo difficile la valutazione dell'entità dei rigetti delle dislocazioni tettoniche che interessano la formazione stessa.



Figura 5-9 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della Dolomia Principale n°14a presso Pedemonte

#### CALCARI GRIGI – 13b (Lias medio – inf.)

Affiorano estesamente sulla porzione superiore dei versanti che delimitano gli altopiani strutturali dell'area di studio.

La formazione in esame è composta prevalentemente da calcari micritici, calcari a "pellets" ed in subordine da calcari bioclastici oppure da calcari oolitici. Gli strati hanno colore prevalentemente grigio, grigio-bruno o nocciola, talora bianco avorio o più raramente su toni rosati. La successione è ben stratificata, con strati prevalentemente pluridecimetrici di spessore pari a 0,1 – 0,5 m, i quali possono tuttavia arrivare oltre i 2 m di spessore nei banchi a "Lithiotis" ed in alcuni banchi oolitici.

Nei Calcari grigi sono stati distinti tre membri. Il membro inferiore è dato da biocalcareni micritiche laminate. Questo termine in val d'Astico affiora presso Buse e lungo la strada del valico della Fricca, dove si presenta dolomitizzato e di aspetto saccaroide o subsaccaroide. La stratificazione non è facilmente osservabile, in genere prevalgono grosse bancate con spessori compresi tra 0,8 – 2 m. La potenza di questo membro è di circa 40 m, abitato di Rotzo.

Il membro medio è costituito da calcareniti oolitiche prevalenti di colore bianco o nocciola. Esso è facilmente riconoscibile sul terreno in quanto dà luogo ad un gradino morfologico di notevole evidenza. Gli strati hanno spessore variabile da qualche decimetro fino al metro o più, per una potenza complessiva stimata tra i 20 e i 50 m.

Il membro superiore o Membro di Rotzo è costituito da vari tipi litologici alternati tra di loro. Le facies principali comprendono calcareniti oolitiche e bioclastiche in grosse bancate, calcari micritici fossiliferi generalmente ben stratificati, calcari a "Lithiotis" e lumachelle, marne

argilloso-carboniose grigio-scure o nere, talora ricche di resti vegetali, in strati centimetrici e pluricentimetrici. La potenza del Membro di Rotzo si aggira sui 250 m.



Figura 5-10 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento dei Calcarei Grigi n°13b presso Nosellari

Il limite superiore della formazione è graduale, nell'ordine di qualche metro.

I Calcarei Grigi rappresentano una tipica associazione di facies, in cui la sedimentazione denuncia lo svilupparsi di un complesso di lido, membro intermedio, con cordoni, barre e secche su di un ambiente prima caratterizzato da condizioni peritidali, membro inferiore, per finire in un ambiente di laguna protetta verso il mare o di piana tidale con canali di marea e zone emerse.

Lo spessore complessivo della formazione nell'area dell'altopiano di Folgaria e della Vigolana meridionale è stato stimato aggirarsi sui 330 metri circa.

#### GRUPPO DI S.VIGILIO – 13a (Bajociano – Aleniano)

Il Gruppo di S. Vigilio è composto da calcareniti oolitiche contenenti anche articoli di crinoidi, presenta un colore biancastro o con tonalità gialline o bruno-giallastre chiare. Verso l'alto il contenuto oolitico si fa più scarso e le facies sono costituite da calcari compatti di colore giallo, rosato o screziati. Quest'unità ha stratificazione poco evidente, da pluridecimetrica a metrica.

Il limite superiore dell'unità in esame è di natura lacunosa ed è marcato da una superficie di discontinuità legata a processi erosivi e di dissoluzione.

L'ambiente di sedimentazione è di alta energia, documentato dalla presenza di sistemi di barre oolitiche ed encrinetiche.

Lo spessore dei litotipi sopra descritti è mediamente attorno ai 25 m.

#### ROSSO AMMONITICO – 12 (Cenomaniano p.p. – Bajociano)

La formazione è composta da calcari nodulari rosati o rossastri, generalmente massivi. La nodulosità è più accentuata nella parte superiore della formazione. Accanto ai calcari nodulari sono presenti calcari stratificati, talora con giunti marcati da superfici stilolitiche. La colorazione rossastra dei litotipi è dovuta alla presenza di spalmature di ossidi di ferro, concentratisi a causa del particolare ambiente in cui è avvenuta la sedimentazione, ambiente con bassi tassi di sedimentazione e fortemente ossidato. Lenti e letti di selce rossa si rinvengono nella parte media della formazione.

Il limite superiore della formazione è graduale nell'ambito di 5 metri ed è dato dalla scomparsa progressiva della nodularità.

La formazione in esame è la prima formazione pelagica della successione giurassica, la quale testimonia l'annegamento della piattaforma di Trento, verificatosi durante il Giurassico medio-superiore. La potenza complessiva della formazione varia tra i 10 ed i 20 metri circa.

#### BIANCONE – 11 (Cenomaniano – Titoniano p.p.)

La formazione può essere divisa in due parti. La parte inferiore è costituita da calcari micritici bianchi o avorio, a fratturazione concoide, ben stratificati, con strati spessi da 0,05 a 0,4 m circa; essa contiene, specie alla base, lenti o noduli di selce grigia o bruna. La parte superiore presenta una stratificazione lievemente più marcata, prevalentemente pluricentimetrica, e una colorazione che assume toni più marcatamente bianco-grigiastri e grigiastri, aspetto che è da porre in collegamento con un incremento del contenuto della frazione argillosa e bituminosa. Il passaggio con la formazione della Scaglia Rossa avviene nell'ambito di pochi metri ed è marcato dal cambiamento di colorazione che assumono i litotipi.

La fitta stratificazione e la presenza di intercalazioni argillose o calcareo-marnose conferiscono alla formazione un comportamento plastico, evidenziato dalle numerose strutture plicative osservabili in varie località dell'altopiano di Folgaria.

Lo spessore della formazione è nell'ordine dei 200 m circa.

#### SCAGLIA ROSSA – 10 (Maastrichtiano – Turoniano)

La Scaglia Rossa affiora nell'altopiano di Folgaria, in particolare presso S. Sebastiano e presso il Passo del Sommo, in corrispondenza cioè del nucleo della sinclinale di Folgaria.

La formazione è costituita da calcari e calcari marnosi fittamente stratificati, rosati o rossastri, talora con noduli e lenti di selce. Gli strati hanno spessore da centimetrico fino a decimetrico. Nella parte alta della formazione è possibile osservare un bancone dello spessore di pochi metri, caratterizzato dalla presenza di calcari e calcareniti bioclastiche e

delimitato da due superfici di hard-grounds. Questi ultimi sono orizzonti di alterazione costituiti da croste ferruginose di colore bruno-ocraceo. La colorazione rossastra degli strati è dovuta alla presenza di ossidi di ferro, in particolare di limonite, minutamente diffusi nella matrice carbonatica. La fitta stratificazione e la presenza di intercalazioni argillose o calcareo-marnose conferiscono alla formazione un comportamento plastico, evidenziato dalle numerose strutture plicative osservabili in varie località dell'altopiano di Folgaria.

Si tratta di sedimenti depositi in ambiente pelagico, in aree a sedimentazione tranquilla.

Lo spessore della formazione non è noto con precisione. Sulla base di considerazioni stratimetriche si può ritenere che esso si aggiri sul valore di 70-80 metri circa, valore che si accorda con quello rinvenuto sul vicino M.te Finonchio.

#### FORMAZIONE DI BESAGNO/FORMAZIONE DI CHIUSOLE – 9 (Eocene inf. – Paleocene)

##### *Formazione di Besagno*

Calcareniti grigio – biancastre bioclastiche in strati decimetrici con intercalazioni di marne grigie. I giunti di strato sono ondulati e possono presentare interstrato marnoso.

L'ambiente di sedimentazione è di transizione tra un ambiente pelagico ed uno di sedimentazione carbonatica in condizioni marine di una certa profondità.

Lo spessore complessivo della formazione è di qualche decina di metri.

##### *Formazione di Chiusole*

E' costituita per lo più da calcari micritici a Radiolari con stratificazione sottile, spessore medio 0,1 – 0,3 m, talora nastriformi con letti e noduli di selce e con interstrati marnoso – argillosi. E' presente una seconda facies, parzialmente eteropica alla prima, rappresentata da calcari e calcareniti bioclastiche in strati decimetrici con intercalazioni di marne grigie.

L'ambiente di sedimentazione è di transizione tra un ambiente pelagico ed uno di sedimentazione carbonatica in condizioni marine di una certa profondità.

Lo spessore complessivo della formazione è di circa 80 – 90 m.

#### CALCARE DI MALCESINE – 8d (Eocene medio p.p.)

Sequenza di calcareniti grigio – nocciola a granulometria variabile e generalmente fine, siltitico – arenitica, e più grossolana verso l'alto. L'assetto strutturale è quello di calcari mal stratificati con una struttura in prevalenza nodulare con noduli decimetrici di calcareniti ben cementate, immersi in una matrice più marnosa o terrosa scarsamente litoide.

Sono presenti discontinui livelli decimetrici di argille bentonitiche vulcanoclastiche.

Il limite con la sottostante Formazione di Chiusole è netto e localmente marcato da sottili e discontinui livelli di vulcanoclastiti.

L'ambiente di sedimentazione è riferibile ad una rampa di raccordo tra alti strutturali e bacini.

Lo spessore medio della formazione è di circa 70 m

#### CALCARE DI NAGO – 8c (Eocene medio – sup.)

Si tratta di una sequenza ciclica di calcari marnosi e marne scure laminate, di calcareniti micritiche in strati spessi 0,1 – 0,3 m e di calcari a rodoliti, coralli e briozoi in spesse bancate di 3 – 10 m. Si riconoscono in particolare quattro facies principali che si alternano verticalmente con una certa regolarità all'interno della sequenza. Esse sono:

- calcari marnosi e marne in strati decimetrici per uno spessore totale di 5 – 6 m;
- biomicriti a Melobesie e rari coralli in strati spessi 0,1 – 0,2 m con giunti ondulati e talora intercalati ad interstrati marnosi dello spessore di qualche centimetro;
- biocalcareniti bioturbate in strati spessi da 0,2 – 0,3 m fino ad 1 m con giunti ondulati;
- calcari organogeni a coralli ed altri biocostruttori in bancate massicce.

Il limite inferiore sul calcare di Malcesine è graduale rapido o netto, se marcato da un livello vulcanoclastico.

Lo spessore complessivo è di circa 100 m; l'ambiente di sedimentazione è quello di una piattaforma carbonatica di mare poco profondo.

#### CALCARENITI EOCENICHE/MARNE DI PRIABONA – 8b (Eocene medio p.p.)

La sequenza è costituita da una intercalazione di marne grigio – giallastre e di calcareniti bioclastiche in strati a spessore decimetrico con giunti di strato piano – paralleli. Il litotipo marnoso prevale nella porzione sommitale della formazione, presentando uno spessore di 30 – 40 m. Le calcareniti possono presentare eteropie laterali con calcari di scogliera a coralli.

L'ambiente di sedimentazione è quello di una piattaforma carbonatica di mare poco profondo con apporti terrigeni.

Lo spessore complessivo è di circa 90 m.

#### CALCARE DI LONEDO – 8a (Aquitaniense)

Calcari biancastri a volte grossolani, nulliporici, ad alghe e coralli, che passano verso l'alto a calcari arenacei e marne arenacee, che possono essere sostituiti o sormontati da calcareniti brunice. Lo spessore degli strati è decimetrico con una geometria piano – parallela. L'ambiente di sedimentazione è quello di una piattaforma carbonatica di mare poco profondo con apporti terrigeni. Lo spessore complessivo è di circa 70 m.

#### FORMAZIONI ERUTTIVE TERZIARIE – 7 (Paleocene sup. – Miocene inf.)

Si tratta di prodotti di composizione basica ed ultrabasica ad affinità alcalina sotto forma di camini vulcanici e di filoni generalmente a giacitura discordante. Nelle località di Schiri, Pedescala, Settecà si è sviluppata negli anni '50 un'attività estrattiva che utilizzava i marmi a brucite prodotti dal metamorfismo di contatto sviluppatosi tra i filoni e le rocce carbonatiche incassanti, costituite dalla Dolomia Principale e dai Calcari Grigi.

#### DEPOSITI GLACIALI – 5 (Quaternario)

Sono formati da accumuli di materiali sciolti con elementi di dimensioni estremamente variabili, fino ad arrivare al masso delle dimensioni di un metro cubo circa, immersi in abbondante matrice di natura limoso-sabbiosa-argillosa. In geologia del quaternario tali depositi vengono genericamente definiti con il termine di diamicton. Una prima tipologia di deposito è quella della morena frontale, costituita da depositi glaciali di ablazione ovvero diamicton massivi. Questi depositi sono formati da ghiaie a supporto di matrice argilloso-limosa, sedimenti fini sabbioso-limosi, talora laminati, sovente associati a livelli formati da ghiaie pulite, spesso cementate. Tali depositi testimoniano condizioni di sedimentazione sviluppatesi principalmente ai margini o alla fronte della massa glaciale durante le fasi di avanzamento o di ritiro. Un secondo ed importante tipo di depositi è quello dei depositi glaciali di fondo. Sono dei diamicton massivi o stratificati, caratterizzati in genere da un basso rapporto clasti/matrice. Gli elementi maggiori sono rappresentati da ghiaie medie e minute con dimensioni di 0,5 - 8 cm, con ciottoli e piccoli massi. Le composizioni granulometriche tipiche sono delle ghiaie sabbioso-limose-argillose, ghiaie 30-35%, e limi sabbiosi con ciottoli, ghiaie 10-15%. I depositi possono presentare una stratificazione interna, talora ben espressa. Un terzo tipo di deposito è quello delle morene laterali, che presentano caratteri intermedi tra i precedenti due depositi morenici e che sono state utilizzate per definire le quote altimetriche raggiunte dai ghiacciai durante la massima espansione glaciale wurmiana. Lo spessore di questi depositi è legato alla morfologia del substrato roccioso e raggiunge le svariate decine di metri in corrispondenza dei fondovalle.

#### DEPOSITI FLUVIOGLACIALI ED ALLUVIONALI TERRAZZATI – 4 (Quaternario)

Tali depositi sono formati generalmente da ghiaie medio-grossolane fino a molto grossolane, con massi che possono raggiungere il metro cubo. Troviamo inoltre ghiaie medio-fini, mentre le sabbie vengono ad essere limitate a qualche livello lenticolare. Il grado di arrotondamento dei clasti è generalmente medio-elevato. Si tratta di depositi a stratificazione orizzontale, talora malvisibile, composti prevalentemente da dolomie, calcari dolomitici, porfiriti e subordinatamente da porfidi e da altri litotipi. La cementazione è ben sviluppata in genere solo in alcuni settori. In generale essa può interessare i depositi affioranti su scarpate da lungo tempo esposte, ed in tal caso ha per lo più carattere superficiale (alcuni metri), oppure dà luogo a livelli piuttosto continui lateralmente, soprattutto in corrispondenza di orizzonti originariamente molto permeabili. La cementazione è ben sviluppata generalmente sui depositi che fanno parte dei terrazzi alluvionali più antichi. Questi depositi risultano essere localmente interposti a depositi morenici e/o di versante.

#### ALLUVIONI ATTUALI E RECENTI – 3 (Quaternario)

Si tratta di depositi legati alla dinamica fluviale attuale e recente e costituiti dai materiali trasportati dai torrenti ed accumulati nel loro alveo.

I depositi osservabili nel greto dei principali torrenti dell'area di studio sono formati prevalentemente da ghiaie e ciottoli, talora associati a piccoli massi. Localmente, specialmente nelle zone di golena, sono presenti sabbie. Le ghiaie ed i ciottoli mostrano un grado di arrotondamento da medio a medio-elevato. Dal punto di vista della composizione litologica prevalgono nettamente i litotipi provenienti dalle formazioni rocciose, che costituiscono il bacino dei suddetti corsi d'acqua, perciò sono di natura essenzialmente calcaree nel settore centro meridionale e di natura filladica ed ignea nel settore centro settentrionale. Accanto ai depositi in alveo sono stati cartografati assieme anche quelli che costituiscono i terrazzi alluvionali antistanti, i quali possono in parte essere investiti da eventi di piena a carattere eccezionale, ben documentati in epoca storica. Nel complesso si tratta di depositi prevalentemente ghiaiosi, anche molto grossolani, con scarse lenti formate da ghiaie fini o sabbie, sciolti, poco o nulla alterati, con suoli incipienti.

I depositi alluvionali che costituiscono la sommità del materasso alluvionale della val d'Adige presentano granulometrie tipiche di un corso d'acqua con andamento meandri forme ovvero si tratta sostanzialmente di sabbie più o meno limose intercalate con ghiaie, che si fanno via via più frequenti andando in profondità.



### DETRITO DI CONOIDE ALLUVIONALE E DA DEBRIS FLOW – 2 (Quaternario)

Dove i rii ed i torrenti minori confluiscono nei corsi d'acqua di fondo valle si sviluppano conoidi alluvionali. Essi sono stati incisi dai corsi d'acqua che li hanno costruiti o erosi e rimodellati dalle divagazioni dei corsi d'acqua di fondo valle. In molti casi i torrenti hanno costruito dei nuovi conoidi di minori dimensioni. Si tratta di corpi sedimentari formati da ghiaie eterometriche, sovente molto grossolane, anche con piccoli blocchi, con contenuti variabili di matrice limoso-argillosa interstiziale. Sono depositi grossolanamente stratificati, localmente massivi, talora anche ben cementati. Si sono formati per l'azione di trasporto delle acque torrentizie sui detriti caduti dai fianchi vallivi o ad opera di colate detritiche non incanalate in concomitanza di eventi meteorici a carattere eccezionale. Quest'ultimo tipo di processo sembra dominante in alcuni conoidei minori, normalmente più inclinati dei precedenti, che troviamo allo sbocco di canali incisi sulle pareti rocciose calcareo-dolomitiche. In questi casi si può anche parlare di conoidei misti, in quanto formati sia dall'accumulo per gravità dei detriti che si staccano dalle pareti rocciose, sia per effetto del trasporto degli stessi sotto forma di colate detritiche in corrispondenza di eventi meteorici particolarmente intensi.

Alcuni di questi conoidei sono attivamente alimentati come è testimoniato da fenomeni di alluvionamento avvenuti in epoca recente o dallo scarso sviluppo della copertura vegetale.

### DETRITO DI VERSANTE – 1 (Quaternario)

E' formato dall'accumulo, dovuto principalmente all'azione della gravità, dei prodotti dell'alterazione e disaggregazione fisica delle formazioni litoidi e non. La granulometria e la composizione dei depositi riflettono la natura e le caratteristiche delle formazioni pre-quaternarie e superficiali da cui derivano. Coltri detritiche si ritrovano in varie località dove spesso presentano debole spessore (qualche metro) e scarsa continuità laterale, elementi questi che ne impediscono una adeguata rappresentazione cartografica. E' questo il caso ad esempio delle fasce detritiche presenti alla base delle scarpate che orlano i terrazzi alluvionali dei principali corsi d'acqua. Maggiore estensione superficiale ed importanza hanno invece le coltri detritiche che si sviluppano ai piedi delle pareti rocciose in particolare di quelle calcareo-dolomitiche. Esse costituiscono falde e conoidei di notevole spessore, appoggiati direttamente alle pareti rocciose o su depositi quaternari più antichi. Si tratta di depositi grossolani, costituiti da ciottoli e blocchi, anche di grandi dimensioni, qualche metro cubo, a spigoli vivi; talora contengono scarsa matrice limosa interstiziale. Si tratta di depositi in genere sciolti, non cementati, non alterati; talora essi danno luogo a ghiaioni instabili o suscettibili di essere ulteriormente elaborati. Sono presenti localmente delle coltri detritiche ben stratificate e cementate del tipo "falde detritiche stratificate" originatisi in ambiente periglaciale durante il Pleistocene superiore o l'Olocene antico.

### 5.3 ASSETTO STRUTTURALE GENERALE

L'area di studio rappresenta la porzione meno deformata del Sudalpino, risultando priva di significative strutture compressive. Pronunciate e frequenti strutture tettoniche sono invece presenti nei settori immediatamente adiacenti, dove le manifestazioni vulcaniche risultano molto meno ampie o assenti. Si riconosce infatti al potente complesso vulcanico atesino una azione di protezione di questo settore di catena nei confronti degli eventi tettonici.

In particolare è evidente la separazione del settore posto a nord della linea della Valsugana, caratterizzato dalla diffusa presenza di vulcaniti, da quello posto a sud, dove prevalgono litologie calcaree e sono assenti le vulcaniti.

Questa grande distinzione, visibile in Figura 5-11, è da collegare al vulcanismo sintettonico permiano, che ha causato la messa in posto di 2 Km di vulcaniti all'interno di una vasta depressione a gradinata con faglie dirette ad alto angolo orientate NNE-SSO e NE-SO.

Si tratta quindi di una grande depressione calderica, associata ad una tettonica distensiva, che è delimitata a sud dalla linea della Valsugana, che bordava un alto strutturale posto a sud, dove le suddette vulcaniti non si sono depositate. La struttura tettonica dell'area di studio è definita da due principali domini, separati dalla Val d'Adige. Sono presenti ad ovest di questo limite le strutture giudicariensi, caratterizzate da sovrascorrimenti e strutture transpressive di direzione NNE-SSW.

Ad est dominano invece i sovrascorrimenti orientati WSW-ENE, vergenti a sud, come la linea della Valsugana, e le faglie trascorrenti con andamento NW-SE del sistema scledense. Il suddetto assetto strutturale è illustrato nella Figura 5-11.

L'assetto strutturale è strettamente legato alle fasi di rifting che hanno portato alla formazione della catena alpina e suddivisibili nelle 3 fasi:

- fase eoalpina (Cretaceo): avvicinamento della placca europea e del promontorio africano detto Adria. La crosta oceanica europea va in subduzione rispetto a quella africana;
- fase mesoalpina (Eocene – Oligocene): scomparsa dell'oceano ligure – piemontese e collisione delle due placche con conseguente ispessimento crostale. Si sviluppa una struttura a doppia vergenza: le Alpi vere e proprie con vergenze europea e le Alpi meridionali o Sudalpino con vergenza verso sud;
- fase neoalpina (Miocene – Attuale): sviluppo della catena alpina nord e sud vergente. I due domini sono separati dalla Linea Insubrica o Lineamento Periadriatico, che si sviluppa dal Piemonte fino alla Slovenia. Le principali deformazioni hanno termine nel Pliocene.

La strutturazione tettonica principale dell'area di studio deriva dagli eventi post-collisionali

alpini, che si sono succeduti a partire dall'Oligocene superiore – Miocene inferiore ovvero durante la fase neoalpina. Le precedenti fasi pre-collisionali cretacee eoalpine non sono evidenti così come le fasi collisionali mesoalpine. In questo periodo infatti prevale una tettonica distensiva, caratterizzata da alti e bassi strutturali con un coevo magmatismo, rappresentato dal batolite dell'Adamello, posto ad occidente dell'area di studio.

Lo sviluppo della tettonica neogenica risente fortemente delle eredità strutturali permo – mesozoiche, legate alle varie fasi del rifting continentale tetideo, ovvero le Alpi Meridionali rappresentano un classico esempio di inversione tettonica. La convergenza tra la placca europea e quella adriatica nel Miocene riattiva il reticolo di faglie sin-sedimentarie, legate alla strutturazione distensiva del rifting permo – mesozoico.

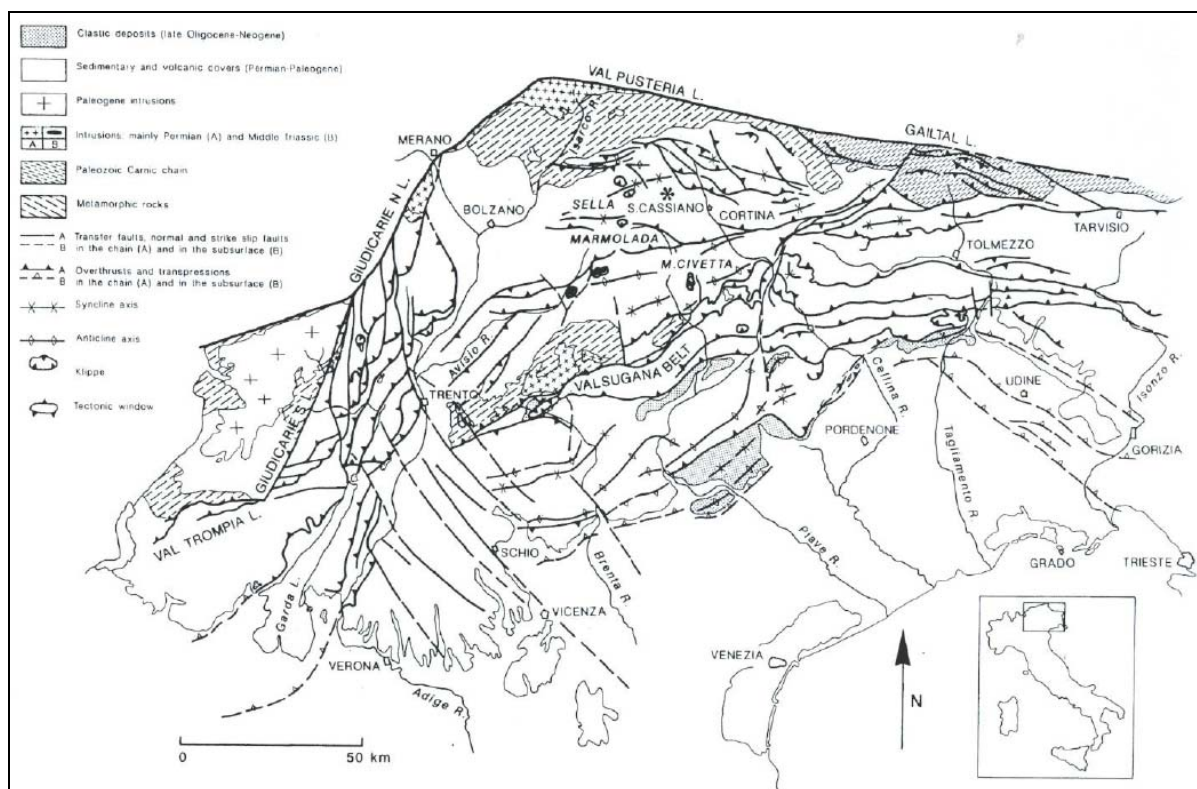


Figura 5-11 – Geologia – Assetto strutturale – Schema strutturale delle Alpi Meridionali Orientali (da A.Castellarin et alii (1996)– *La tettonica delle Dolomiti nel quadro della Alpi Meridionali* – Società Geologica Italiana – 78° Riunione Estiva)

La suddetta convergenza neoalpina può essere schematizzata in tre eventi principali:

- evento gonfolitico o insubrico;
- evento della Valsugana;
- evento Adriatico o Scledense.

L'evento insubrico è l'evento più antico rilevabile nelle Alpi Meridionali ed è rappresentato da strutture compressive orientate NO-SE, trend dinarico, con asse di paleo stress  $\sigma_1$  tra  $N20^\circ - 30^\circ$ . La linea del Calisio, passante per il lago di Caldonazzo, è stata probabilmente riattivata come faglia inversa.

L'evento della Valsugana produce strutture compressive, pieghe e sovrascorrimenti, orientate ENE-OSO ed E-O con asse di paleo stress  $\sigma_1$  tra  $N340^\circ$  e  $N350^\circ$ . Nell'area di studio gli assi strutturali subiscono una torsione da ENE a NNE. Il grande sovrascorrimento sud vergente della linea della Valsugana determina un raccorciamento crostale di circa 15 Km, che determina il ricoprimento dei depositi miocenici da parte del basamento cristallino nella zona di Borgo. La linea del Calisio ne rappresenta una rampa laterale trascorrente destra.

L'evento Adriatico è rappresentato da delle faglie trascorrenti sinistre orientate circa NO-SE e parallele alla linea Schio - Vicenza con asse di paleo stress  $\sigma_1$  tra  $N130^\circ$  e  $N150^\circ$ .

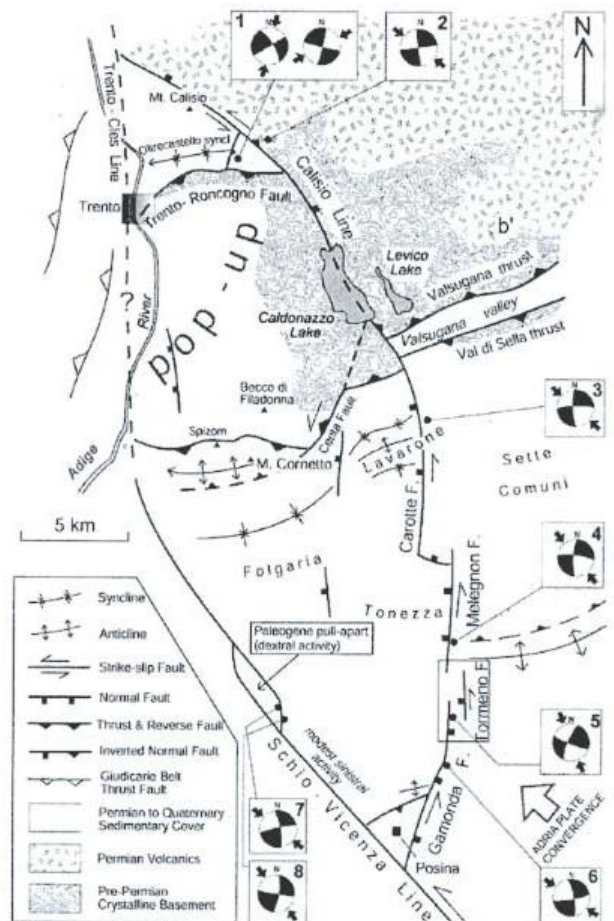


Figura 5-12 – Geologia – Assetto strutturale – Assetto strutturale dell'area di studio (M.Avanzini et alii (2010) – Note illustrative - Carta geologica d'Italia 1:50.000 – Foglio Trento 060)

La Figura 5-12 illustra nell'area di studio le principali strutture tettoniche che sono:

- linea Trento – Cles;
- linea del Calisio;
- sistema della Valsugana;
- sistema Scledense;
- sistema delle Giudicarie;
- linea della val di Sella;
- linea della val di Gola.

Si riporta di seguito una breve descrizione delle suddette strutture tettoniche di riferimento.

#### Linea Trento - Cles

La linea Trento – Cles è una faglia sub-verticale a direzione circa N – S, che da Zambana prosegue verso nord fino nei dintorni di Cles in val di Non, dove si congiunge con la linea delle Giudicarie. Il suo ultimo cinematismo, sviluppato durante il Miocene, è di tipo trascorrente sinistro. Questo lineamento ha funzionato durante il Permiano ed il Mesozoico come faglia normale. La sua presenza è evidenziata dall'intenso grado di fratturazione delle formazioni della Dolomia Principale e dei Calcari Grigi con estese fasce cataclastiche nei pressi dell'abitato di Cavedago. Secondo la ricostruzione tettonica dell'area, descritta in M. Avanzini et alii (2010) – *Note illustrative* - Carta geologica d'Italia 1:50.000 – Foglio Trento 060, questa linea si biforca a sud nella linea del Calisio ed in un ramo che si raccorda alla linea Schio – Vicenza.

#### Linea del Calisio

La faglia a movimento normale durante il Permiano ed il Mesozoico è riattivata come faglia inversa di tipo transpressivo destro durante il Neogene. In questa fase infatti il suddetto lineamento rappresenta la rampa obliqua del sovrascorrimento della Valsugana.

La linea del Calisio è costituita da una sola faglia molto netta ad alto angolo immergente a NE dal monte Calisio fino a Civezzano. Qui sono a contatto la Dolomia Principale a letto con le successioni permio – triassiche inferiori di tetto, Figura 5-13. La Dolomia è strutturata in una sinclinale con il fianco nord rovesciato e con estese fasce cataclastiche, disposte lungo il contatto.

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO  
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

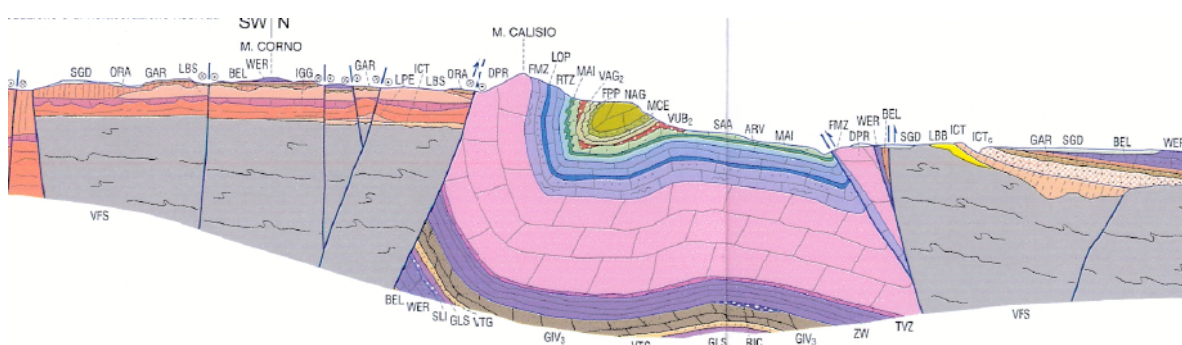


Figura 5-13 – Geologia – Assetto strutturale – Estratto del profilo geologico BB' in corrispondenza della linea del Calisio dal Foglio Trento n°60

L'area di Trento compresa tra la linea del Calisio a nord e la linea Trento – Roncogno a sud è caratterizzata dalla presenza di numerose faglie trascorrenti a direzione N-S.

Il lineamento si suddivide in numerose strutture a sud di Civezzano, andando così a formare numerose scaglie tettoniche allungate, che determinano una ripetizione della successione permio – triassica. La linea prosegue verso SE al di sotto del lago di Caldonazzo; la sua presenza è infatti testimoniata dal fatto che le metavulcaniti di Levico sono sollevate rispetto alle filladi alla base della Marzola.

### Sistema della Valsugana

Il lineamento della Valsugana è la più importante struttura sud-vergente nel Sudalpino Orientale con una estensione di circa 100 Km ed un associato raccorciamento crostale di 15 – 20 Km. Questa struttura è sepolta dalle alluvioni del Brenta nell'area di studio e potrebbe trovare riscontro nella faglia della val di Centa, che vede il basamento cristallino, presente al tetto del lineamento, a contatto con la Dolomia Principale. L'area compresa tra la linea del Calisio, la Valsugana e la Val d'Adige è caratterizzata dalla presenza di tre retro-scorrimenti nord vergenti ad alto angolo, che segmentano il tetto del sovrascorrimento principale.

I suddetti retro – scorrimenti sono la linea del Fersina, linea di Pinè e linea di Trodena.

Un altro lineamento che afferisce al sistema valsuganese è la linea Trento – Roncogno, presentando la stessa cinematica. Si tratta di una faglia inversa ad alto angolo immergente a sud con un rigetto di circa 3 Km. Essa è compresa tra la linea del Calisio e la val d'Adige e rappresenta un retro scorrimento orientato E – O, che porta la successione permio – triassica del versante nord della Marzola a contatto con la Dolomia Principale ed i Calcari Grigi del dosso Sant'Agata e del monte Celva. Sono presenti estese fasce cataclastiche all'interno della Dolomia dello Sciliar, che si trova al letto del suddetto lineamento. Questa linea si raccorda ad O con l'anticlinale del monte Palon sul versante destro dell'Adige.

La linea della Marzola con orientamento NE – SO, afferisce al sistema della Valsugana ed è

anch'essa una piega faglia come il lineamento Trento – Roncogno. La sua direzione non è tipicamente quella della Valsugana ovvero E – O a causa della probabile torsione dovuta al sistema giudicariense.

La linea Trento – Roncogno e quella della Marzola indicano quindi che il sistema della Valsugana non termina in corrispondenza della sua rampa laterale del Calisio, attiva in una prima fase, ma prosegue verso O ed è legata alla risalita del cuneo di basamento della val di Centa.

#### Sistema Scledense

E' costituito da un fascio di faglie ad orientamento NO – SE di cui la direttrice fondamentale è data dalla faglia Schio – Vicenza, caratterizzata da una estensione e da un rigetto elevati, che la definiscono come uno degli elementi tettonici di maggior rilievo in tutta la regione veneto – trentina. La faglia Schio – Vicenza si propaga verso NO andando a congiungersi con la linea Trento – Cles lungo la val d'Adige a nord di Besenello.

#### Sistema delle Giudicarie

Rappresenta la linea principale della Alpi Centrali che raccorda con direzione NNE la linea della Pusteria e la linea del Tonale, facenti parte del lineamento Periadriatico. Il sistema delle Giudicarie separa i bacini lombardi ad ovest da quelli veneti ad est. Si tratta essenzialmente di strutture traspressive sinistre di riattivazione delle faglie normali liassiche durante il Miocene. Il versante destro della val d'Adige antistante l'abitato di Trento è caratterizzato dalla presenza delle suddette strutture, afferenti al sistema di val Vela, tra le quali la più importante è quella che da Sarnonza, direzione NNE – SSO, si propaga verso sud con direzione N45E. Questa linea è costituita da una serie di lineamenti paralleli caratterizzati da piani ad alto angolo con inclinazioni tra 60 – 80°. Il movimento è di tipo trascorrente sinistro. Associata a questo sistema è l'anticlinale del Bondone, caratterizzata dalla presenza al nucleo dei terreni triassici sui quali appoggia la Formazione di Giovo e la sovrastante Dolomia Principale. Essi affiorano lungo l'incisione del Rio Gola e sono fortemente fratturati. Questa struttura plicativa ha asse di direzione N45° con immersione di circa 15° verso SO e vergenza N.

#### Linea della val di Sella

La linea della val di Sella delimita l'altopiano di Asiago a settentrione che si rivela essere una sorta di cuneo di espulsione. La faglia immerge a SSE ed emerge alla base del versante nord dell'altopiano.

### Linea della val di Gola

Si tratta di un sovrascorrimento cieco vergente a S, che coinvolge verosimilmente anche il basamento cristallino, associato ad una faglia inversa sub – verticale.

#### *5.4 MODELLO GEOLOGICO – STRUTTURALE DI SINTESI*

L'area di studio può essere suddivisa in due macro domini geologici che sono il Complesso vulcanico atesino a N e la successione stratigrafica carbonatica che si depone dal Triassico al Paleogene. In questo quadro generale schematico si rilevano due grandi peculiarità rappresentate dall'affioramento del basamento cristallino in corrispondenza dell'anticlinale di Recoaro e del territorio compreso tra la linea della val di Centa e la linea Trento – Roncogno ai piedi del rilievo montuoso della Marzola. Il basamento affiora con la sua porzione sommitale, costituita da litotipi metamorfici quali filladi e scisti, ed è ricoperto dalle formazioni sedimentarie del Permiano e del Triassico inferiore, che sono al letto della successiva sedimentazione carbonatica mesozoica. Queste formazioni possono essere visibili anche lungo l'incisione del rio Gola nei pressi dell'anticlinale del monte Bondone.

La suddetta suddivisione litologica è ben evidenziata nella Figura 5-14, estratto dalla Carta litologica e dei lineamenti strutturali del Trentino 1:200000, e nella Figura 5-15, estratto dalla Carta geologica del Veneto 1:250000.

Il Complesso vulcanico atesino è rappresentato in marroncino in Figura 5-14 a sud del quale inizia la successione carbonatica mesozoica, rappresentata in rosa, blu e verde rispettivamente per le formazioni della Dolomia principale, Calcari Grigi e per l'associazione della Maiolica, Rosso Ammonitico, Biancone, Scaglia rossa. Il basamento metamorfico ai piedi del versante orientale della Marzola e lungo la val di Centa è rappresentato con il colore giallo.

La Figura 5-15 illustra il proseguimento a sud della sequenza carbonatica mesozoica con la stessa associazione di colori. Il basamento metamorfico affiora in corrispondenza dell'ampia anticlinale ellissoidica di Recoaro ed è rappresentato con il colore fucsia. I suddetti domini stratigrafici sono delimitati da importanti lineamenti tettonici, che hanno guidato la costruzione dell'apparato delle Alpi meridionali, definendo netti motivi strutturali, che hanno determinato il suddetto assetto stratigrafico.

In particolare la linea Trento – Cles, la linea del Calisio e la linea della Valsugana delimitavano durante il Permiano il grande bacino di sedimentazione delle vulcaniti atesine. Questo aveva una struttura a semi – graben di tipo calderico ed era circondato da una serie di faglie distensive ad alto angolo, che delimitavano tutto attorno una serie di alti strutturali, dove non sono presenti le suddette vulcaniti.



AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO  
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

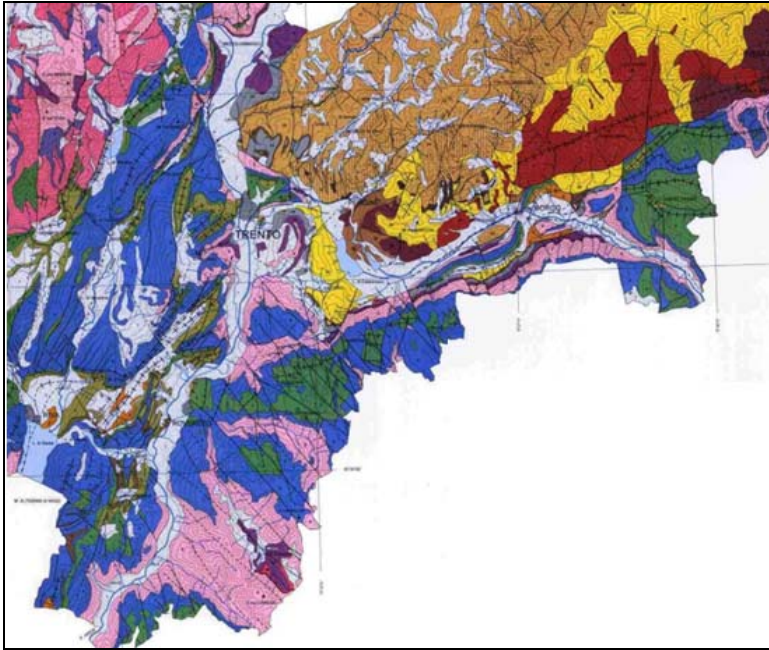


Figura 5-14 – Geologia – Modello geologico – strutturale di sintesi – Estratto dalla Carta litologica e dei lineamenti strutturali del Trentino 1:200000

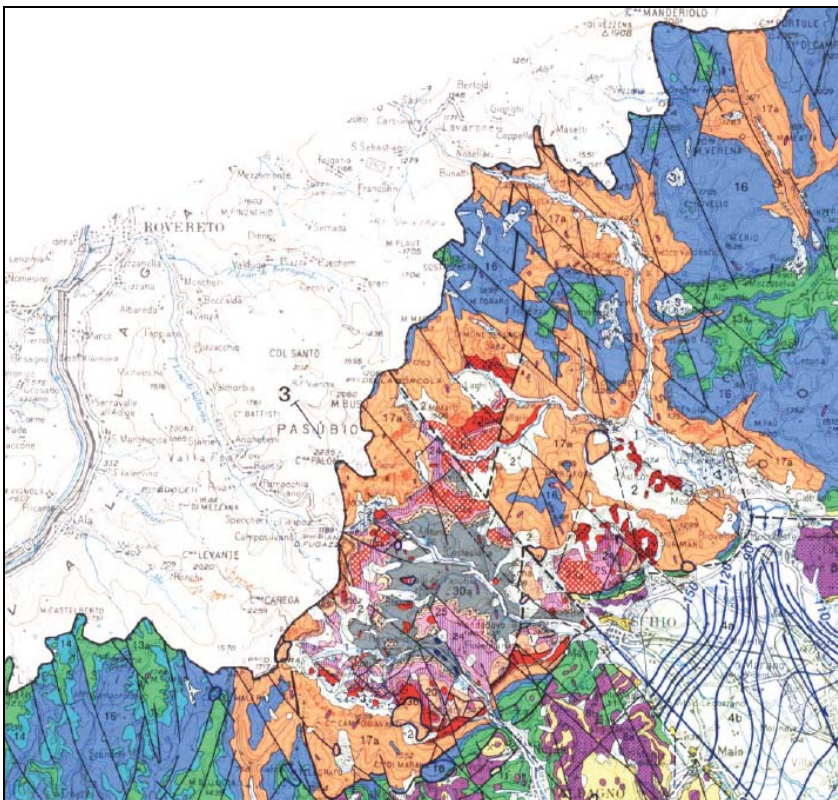


Figura 5-15 – Geologia – Modello geologico – strutturale di sintesi – Estratto dalla Carta geologica del Veneto 1:250000 del Piano Regionale delle Attività di Cava

A sud della linea della Valsugana mancano completamente i termini vulcanici permiani a testimonianza di una condizione di alto strutturale di questa regione, caratterizzata dalla presenza di estesi altopiani carbonatici, la cui ossatura è data dalla Formazione della Dolomia Principale. Gli altopiani sono incisi con uno stile tipo canyon dai principali corsi d'acqua a testimonianza di un forte controllo strutturale del reticolo idrografico, che si è sviluppato essenzialmente durante i periodi di forte abbassamento del livello marino, che hanno causato una erosione regressiva dei bacini idrografici. I lineamenti presenti nell'intera area di studio sono quelli afferenti al sistema scledense a direzione NO – SE, al sistema valsuganese a direzione ENE – OSO ed al sistema giudicariense a direzione NE – SO. Questi sistemi si manifestano nei principali tipi tettonici rappresentati da pieghe – faglie, faglie ad alto angolo a rigetto essenzialmente verticale, antiche faglie distensive riattivate come compressive oppure di tipo trascorrente destro e sinistro con rigetti orizzontali. La loro frequenza si intensifica a seconda della vicinanza ai principali lineamenti dei suddetti sistemi, anche se sono sempre riconoscibili le tre famiglie di giunto associate. In particolare il settore di territorio posto a sud della linea della Valsugana, relativamente indisturbato da un punto di vista tettonico, è caratterizzato dalla presenza di pieghe molto ampie con direzioni tettoniche principali ENE – OSO secondo lo stile strutturale della Valsugana. Sono presenti delle dislocazioni a direzione scledense ovvero NO – SE nell'alto bacino del torrente Astico, Figura 5-15, dove si sovrappone in misura minore il motivo giudicariense. Procedendo a nord della linea della Valsugana si entra all'interno del dominio valsuganese, la cui direzione in questo settore è ruotata da E – O a ENE – OSO a causa dell'influenza del sistema giudicariense. Il sistema della Valsugana è caratterizzato dalla presenza di pieghe – faglie tra le quali le più importanti sono la linea della Marzola e la linea Trento – Roncogno, che evolve in destra Adige nella anticlinale del monte Bondone. Il rilievo della Marzola è una grande monoclinale che immerge verso O e fa parte di una struttura di pop – up, delimitata ad O dalla line Trento – Cles, ad E e a N dalla linea del Calisio ed a sud dalla linea della val di Centa. Procedendo oltre la linea del Calisio si incontra il complesso vulcanico atesino, attraversato da una serie di faglie trascorrenti parallele al suddetto lineamento, che sbloccano una serie di lineamenti a direzione valsuganese, retro scorrimenti di tetto nord – vergenti, che sono in parte ruotati a causa dell'influenza delle strutture giudicariensi. Queste ultime si manifestano in modo evidente in destra Adige con uno stile tettonico dato ancora da sovrascorrimenti e faglie trascorrenti. Il modello strutturale della porzione di territorio a nord della Valsugana è illustrato dalla Figura 5-16, che è stata estratta dal Foglio Trento n°060. Questo assetto è stato riportato nella cartografia geologica di progetto per la scelta del tracciato. La Figura 5-17 illustra l'assetto strutturale dei dintorni di Trento con vista da S, costituito dalla sinclinale di Trento, delimitata a N dalla piega – faglia inversa del Calisio, ad E dalla piega – faglia inversa di Trento – Roncogno ed a O dalla anticlinale del Bondone. Si nota

la struttura monoclinale della Marzola ed il sistema giudicariense in destra Adige.

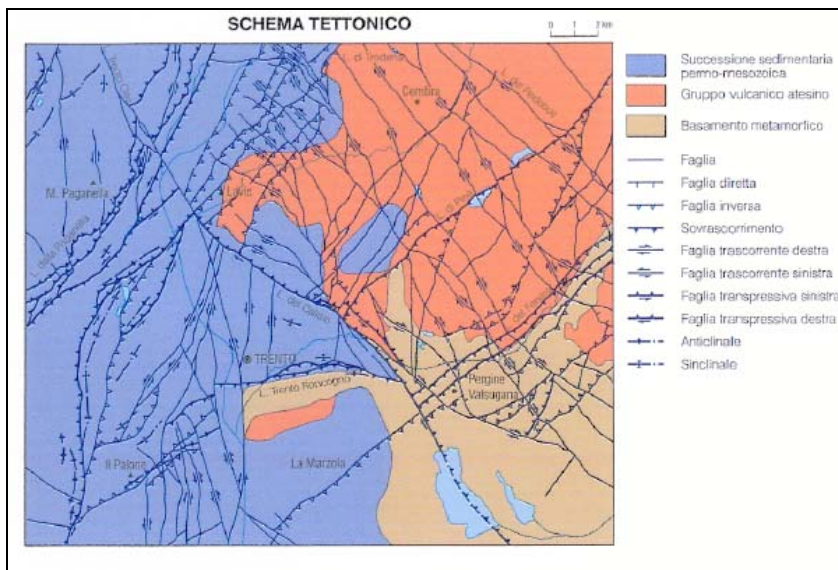


Figura 5-16 – Geologia – Modello geologico – strutturale di sintesi – Estratto dalla Carta Geologica d'Italia 1:50000 – Foglio Trento n°060

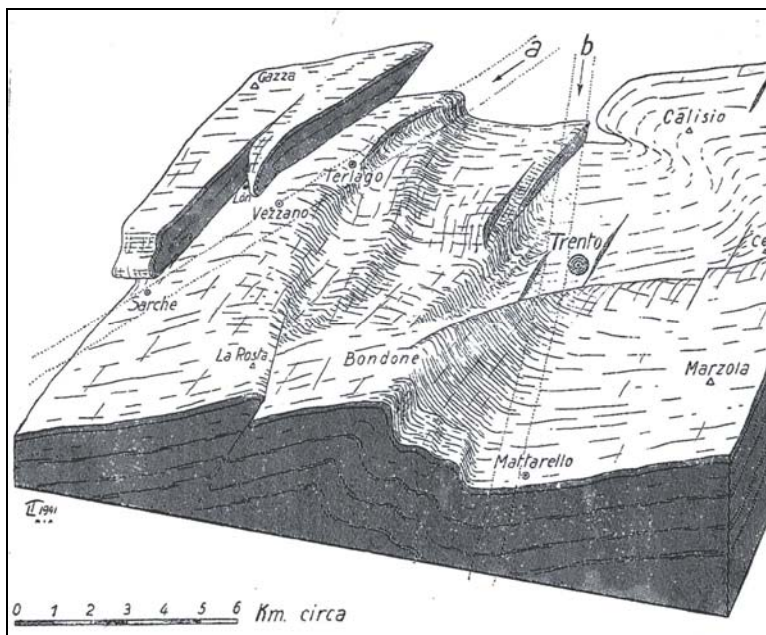


Figura 5-17 – Geologia – Modello geologico – strutturale di sintesi – Schema tettonico dell'area di Trento (da L.Trevisan (1941) – La struttura geologica dei dintorni di Trento – Studi Trentini di Scienze Naturali – Rivista della Società di Studi per la Venezia Tridentina – Annata XXII, 1941 – XX, fasc.3)

## 6 GEOMORFOLOGIA

### 6.1 ASSETTO MORFOLOGICO GENERALE

La geomorfologia dell'area di studio è fortemente influenzata dall'assetto lito – stratigrafico e dai motivi strutturali principali.

In particolare risulta evidente la presenza a sud della linea della Valsugana di estesi altopiani carbonatici quali quello di Folgaria, Lavarone ed Asiago, che definiscono uno stile morfo – tettonico di tipo tabulare. La loro conservazione è legata essenzialmente al fatto che questo settore risulta essere poco disturbato tettonicamente e che il reticolo idrografico si è sviluppato in corrispondenza di solchi tettonici, che sono stati successivamente erosi ed approfonditi durante le fasi di abbassamento del livello di recapito di base. Lo stile delle valli in questo settore è quello tipo canyon ovvero valli strette delimitate da ripide ed alte scarpate, che delimitano la sommità dei rilievi tabulari. Questo assetto si è impostato nell'ambito di formazioni carbonatiche, resistenti nei confronti dell'erosione e che perciò ne hanno facilitato la conservazione, grazie anche alle loro caratteristiche litologiche omogenee ed agli elevati spessori. Le formazioni meno litoidi e quindi più erodibili sono invece presenti all'interno delle sinclinali ovvero si ritrovano nelle zone strutturalmente più depresse.

La valle dell'Astico è un tipico esempio di forra, collegata all'approfondimento dell'idrografia, che ha avuto il suo massimo sviluppo, detta fase principale di erosione, nel Miocene superiore in conseguenza dell'abbassamento di livello del Mediterraneo nel Messiniano.



Figura 6-1 – Geomorfologia - Assetto morfologico generale - Pareti verticali della valle del torrente Astico che presenta una morfologia tipo forra

Successivamente ci sono stati una serie di altri cicli, collegati al periodo delle glaciazioni, come testimoniato dall'erosione dell'Astico a spesa dei depositi morenici e del sottostante substrato roccioso presso Velo d'Astico e dai numerosi terrazzi fluvio – glaciali.

Questa evoluzione del sistema idrografico ha favorito lo sviluppo di un carsismo all'interno delle formazioni carbonatiche di tetto degli altopiani ovvero di quella porzione della sequenza stratigrafica che era delimitata inferiormente dai corsi d'acqua di fondo valle. Ne deriva che durante i periodi di erosione degli alvei il sistema carsico tendeva a svilupparsi verticalmente, seguendo il reticolo di fratturazione, per raggiungere la quota di base di recapito, definita dalla quota degli alvei di fondo valle, mentre durante i periodi di equilibrio del reticolo idrografico il sistema carsico si espandeva in orizzontale, principalmente lungo i giunti di strato. Gli altopiani fungono quindi da catini di raccolta delle acque meteoriche che si infiltrano nel sottosuolo con un moto essenzialmente verticale grazie al reticolo di fratturazione dei calcari. La sottostante dolomia riceve l'acqua infiltrata ed a causa di un minore grado di fratturazione, della non dissolubilità del litotipo e della vicinanza con la quota di recapito di fondo valle il moto ipogeo continua principalmente lungo i piani di stratificazione della dolomia fino ai versanti, che bordano gli altopiani. Le suddette caratteristiche portano alla mancata formazione di un vero e proprio sistema carsico, caratterizzato da una netta quota di recapito delle acque ipogee, testimoniato dalle quote molto diverse delle sorgenti all'interno della dolomia.

Si può tuttavia ipotizzare ai fini della progettazione un livello piezometrico di base in funzione della riduzione del grado di disturbo dell'ammasso con la profondità, andando così a correlare le quote delle principali sorgenti.

Alla base delle ripide pareti rocciose che bordano gli altopiani è presente una falda detritica pressoché continua, che le raccorda con il fondo valle. Sono presenti conoidi alluvionali e da debris – flow in corrispondenza delle principali valli laterali e di canali, profondamente incisi all'interno dei ripidi versanti. I conoidi alluvionali risultano essere tutti incisi nella loro porzione sommitale dagli stessi corsi d'acqua, che li hanno costruiti a testimonianza di una loro attività.

Sono scarsi i depositi di frana, grazie alle buone caratteristiche geomeccaniche delle formazioni carbonatiche. Si ricorda in particolare per dimensioni ed importanza la paleo – frana della Marogna presso Casotto.

L'azione erosiva dei ghiacciai sulle formazioni carbonatiche è modesta grazie al loro elevato grado litoide, perciò la loro presenza è testimoniata esclusivamente dai correlati depositi morenici. Il detensionamento dei versanti a seguito del ritiro dei ghiacciai risulta essere modesto grazie alla tenacità dei litotipi carbonatici e stimabile nell'ordine dei 50 m.

Il settore di territorio posto a nord della linea della Valsugana è dominato essenzialmente

dall'affioramento del basamento metamorfico, filladi e scisti, con la sovrastante sequenza carbonatica e dalle ignimbriti riolitiche del complesso vulcanico atesino.

La presenza dei suddetti litotipi è indice di una attività tettonica peculiare e sicuramente più evidente rispetto a quella del settore meridionale.

Le valli presenti in corrispondenza degli affioramenti del substrato metamorfico sono molto più ampie rispetto a quelle del settore meridionale e sono delimitate da versanti mediamente inclinati, caratterizzati da scarsi affioramenti del substrato roccioso.



Figura 6-2 – Geomorfologia – Assetto morfologico generale – Morfologie arrotondate all'interno del basamento metamorfico costituito da filladi e scisti nei pressi di Vigolo Vattaro

Il basamento risulta infatti interessato da un processo di alterazione non trascurabile, a causa del lungo periodo di esposizione sub – aerea, intercorso prima della ripresa della sedimentazione a seguito dell'erosione della precedente catena ercinica. Inoltre i litotipi delle filladi e degli scisti presentano un grado litoide molto minore rispetto a quello delle formazioni carbonatiche, perciò l'azione di erosione e spianamento glaciale è resa manifesta dalle morfologie tondeggianti e dalle ampie vallate.

La suddetta alterazione unita alla marcata fissilità dei litotipi ed al detensionamento dei versanti a seguito del ritiro dei ghiacciai sono tutti elementi alla base delle manifestazioni di DGPV, che sono presenti lungo i versanti del rilievo della Marogna, dove affiora il basamento metamorfico.

Questi dissesti sono caratterizzati da dei tassi di deformazione che si riducono con la profondità fino ad annullarsi all'interno dell'ammasso roccioso profondo non disturbato e non alterato. Le profondità delle opere di progetto sono tali da escludere una interazione

diretta con i suddetti fenomeni deformativi.

Il reticolo idrografico si sviluppa ancora in corrispondenza delle principali depressioni tettoniche, che sono state successivamente approfondite durante le successive fasi erosive, collegate dapprima alle fasi orogenetiche e successivamente ai cicli glaciali del Quaternario, come testimoniato dai numerosi terrazzi fluvio – glaciali.

Le formazioni carbonatiche fratturate, presenti al di sopra del basamento metamorfico, permettono all'acqua meteorica di infiltrarsi verticalmente nel sottosuolo attraverso il reticolo di fratture fino ad incontrare il sottostante basamento metamorfico, caratterizzato da una più bassa permeabilità. In generale il tetto del complesso acquicludo permio – triassico, basamento e prime formazioni sedimentarie, costituisce il recapito di molte sorgenti con acque ad elevato tenore in solfati per il contatto con le formazioni gessifere.

Sorgenti con elevate concentrazioni di solfati, ferro ed arsenico, ex acque idrotermali, sono legate alla presenza di zone mineralizzate, in particolare si ricordano i giacimenti a solfuri di Roncegno e di Levico.

L'assenza di valli principali tipo forra porta alla presenza di coltri detritiche di versante di tipo eluvio – colluviali e di grandi conoidi alluvionali in corrispondenza dell'immissione delle principali valli secondarie all'interno delle principali come le conoidi di Vigolo Vattaro, Pergine Valsugana, Trento, Lavis.

Le vulcaniti del complesso atesino portano alla formazione di un reticolo idrografico legato essenzialmente alle pendenze del tetto di questo complesso, a causa della sua compattezza ed alla scarsità di importanti depressioni tettoniche, tipiche invece dei settori meridionali.



Figura 6-3 – Geomorfologia – Assetto morfologico generale – Cava di porfido all'interno del complesso vulcanico atesino

La morfologia generale è quella di un grande tabulato, meno regolare rispetto agli altopiani carbonatici, e caratterizzato da versanti con pendenze superiori rispetto a quelle del settore nel basamento metamorfico. La roccia presenta infatti un elevato grado litoide ed è soggetta ad una alterazione che si esaurisce nei primi 50 m di profondità, così come testimoniato dai numerosi affioramenti presenti nelle molteplici cave della zona per l'estrazione dei "porfidi". Questo generale assetto di stabilità è confermato dall'assenza di importanti fenomeni franosi all'interno del complesso vulcanico atesino, se non locali frane per crollo, e dalle alte scarpate sub – verticali delle suddette cave.

I depositi morenici sono disseminati sull'intero territorio di studio dal fondo valle fino alla quota di circa 1650 m presso Trento, corrispondente alla quota del ghiacciaio atesino durante la prima espansione glaciale wurmiana. Il ruolo dell'escavazione glaciale nella genesi delle maggiori valli è stata ridimensionata da recenti studi. L'erosione agì in modo differenziale a seconda dell'entità dei flussi glaciali, accentuando i dislivelli morfologici pre – esistenti tra le valli principali e quelle laterali, Figura 6-4.

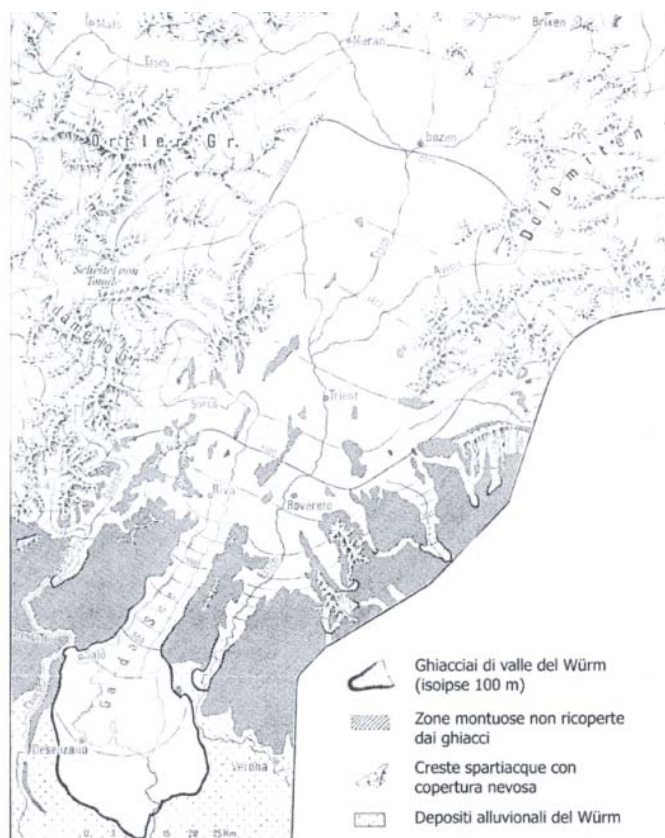


Figura 6-4 – Geomorfologia – Assetto morfologico generale – Estensione del ghiacciaio atesino durante la massima espansione glaciale wurmiana (da M.Bassetti, A.Borsato, 2005 – Evoluzione geomorfologica della Bassa Valle dell'Adige dall'ultimo massimo glaciale: sintesi delle conoscenze e riferimenti ad aree limitrofe)



## 6.2 FENOMENI GRAVITATIVI

Si riporta di seguito una breve descrizione dei principali movimenti gravitativi presenti sul territorio che sono ubicati in corrispondenza dei tracciati individuati ai fini di cogliere le possibilità criticità correlate. Si tratta di frane intimamente collegate all'assetto lito – strutturale delle formazioni nelle quali si sono sviluppate e/o al detensionamento dei versanti a seguito del ritiro dei ghiacciai.

### Paleofrane della parte terminale della val d'Astico

Il deposito più importante si trova presso Gruma e si tratta di un accumulo massivo, costituito da blocchi a spigoli vivi, eterometrici, generalmente a contatto reciproco. Localmente, negli interstizi tra i clasti, è presente, talora in modo abbondante, una matrice limosa di colore bruno-giallastro o bruno-grigiastro.

Si trova al centro dell'anfiteatro morenico di Cogollo del Cengio, dove forma il dosso collinare più elevato, circa 351 m. Si tratta di un corpo parzialmente sepolto, che è stato prima soggetto agli effetti dell'abrasione glaciale da parte del ghiacciaio della Val d'Astico e poi, durante le fasi di ritiro di quest'ultimo, è stato ricoperto da depositi glaciali. Altri depositi di frana sono poi presenti all'interno dell'impalcatura di sedimenti che formano l'apparato morenico frontale, come è testimoniato da numerosi affioramenti presenti sulla scarpata erosiva che bordano quest'ultimo sia ad O che a S. I depositi più caratteristici formano un livello discontinuo, intercalato a depositi fluvioglaciali, situato mediamente ad una quota di 275 m. Localmente al posto di un deposito vero e proprio si osservano singoli massi o gruppi di massi intercalati alle ghiaie dei depositi fluvioglaciali. Si tratta di massi spigolosi di Dolomia Principale che possono raggiungere le dimensioni di alcuni metri cubi. Si possono osservare ad esempio sulla scarpata a monte della centrale idroelettrica dell'ENEL, a N di Meda.

Un altro grosso corpo di frana è quello che costituisce il rilievo del Curegno ad O di Meda.

Si tratta dunque di paleofrane avvenute durante l'ultimo episodio di espansione glaciale nell'area e quindi in un contesto morfoclimatico diverso dall'attuale.

### Paleofrana della Marogna

Presso Casotto sono visibili due accumuli di frana, quello più vistoso è quello della "Marogna" con un volume valutabile in almeno 5 milioni di metri cubi. Si tratta di un ammasso caotico, formato da massi di Dolomia Principale anche di varie decine di metri cubi, morfologicamente ben evidente, sul quale stenta a crescere una vegetazione arborea. Esso caratterizza tutto il versante destro sotto la parete "la Gioia" ed il fondovalle sul fianco

opposto della valle. L'accumulo di frana deve per qualche tempo aver ostruito la valle come si può notare dal fatto che il solco attuale del T. Astico è inciso nei materiali di frana. Si tratta di una frana complessa staccatasi da un versante a franapoggio, corrispondente al fianco settentrionale dell'anticlinale del M. Lisser. In destra Astico è visibile una porzione di ammasso staccatasi per scivolamento dalla originaria parete rocciosa.

In base alla morfologia del deposito ed ai rapporti stratigrafici si tratta di un evento che si è sviluppato nell'Olocene in epoca storica, quindi del tutto indipendente dalle glaciazioni del wurmiano.

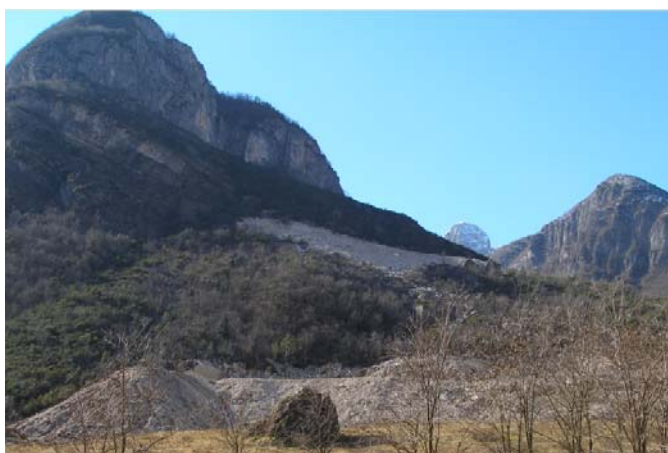


Figura 6-5 – Geomorfologia – Fenomeni gravitativi – Paleo frana della Marogna presso Casotto

### DGPV della Marzola

Il monte Marzola è soggetto ad una dinamica di versante molto complessa che trova le sue origini nel suo particolare assetto stratigrafico – strutturale.

Si tratta infatti di un rilievo monoclinale con giacitura a franapoggio verso occidente, che si sviluppa nelle formazioni poste al di sopra degli orizzonti di scollamento, rappresentati dai livelli evaporitici della formazione a Gracilis, della dolomia del Serla e della formazione di Werfen. L'intero versante occidentale è quindi interessato da deformazioni gravitative profonde, che hanno smembrato in varie unità il rilievo, determinando relative traslazioni verso valle. Si identifica, partendo dalla cima della Marzola, una continua e pronunciata rottura del pendio con andamento arcuato in direzione N – S, che rappresenta l'emersione della superficie di scorrimento profonda. A valle di questo settore sono presenti dei dossi di roccia disarticolati ed allungati in direzione N – S, separati da stretti avvallamenti. Si rinvengono numerose trincee gravitative ad andamento N – S e NNE – SSW con lunghezze fino a qualche centinaia di metri. Deformazioni gravitative con le stesse direzioni interessano anche il ripiano sottostante, dove sono presenti trincee di trazione larghe fino a 10 – 15 m

con sviluppo longitudinale di alcune decine di metri.

Le suddette deformazioni continuano fino al piede del versante lungo la val d'Adige.

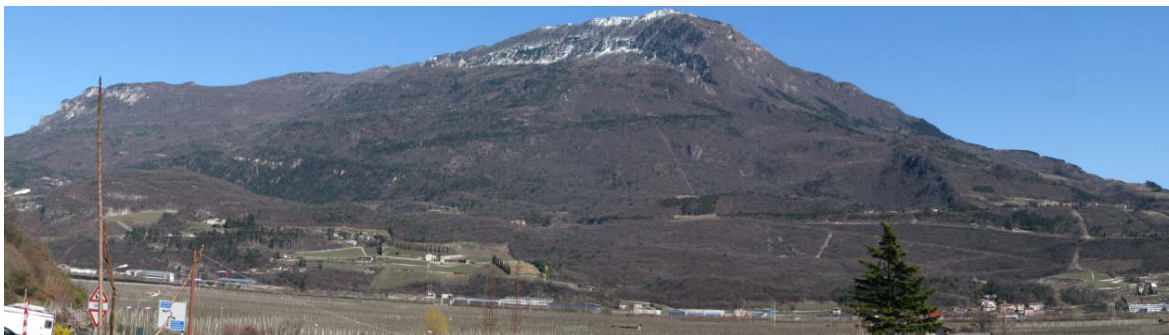


Figura 6-6 – Geomorfologia – Fenomeni gravitativi – DGPV che interessa il versante sudoccidentale del monte Marzola

Il Foglio Trento n°060 riporta la presenza di un fenomeno di DGPV in corrispondenza del versante orientale del monte Marzola, dove affiora il substrato metamorfico, costituito da filladi e scisti. Il suddetto fenomeno deformativo si sviluppa all'interno della porzione superiore alterata del basamento e probabilmente ha avuto come fattore scatenante il detensionamento subito dai versanti a seguito del ritiro dei ghiacciai.

Le profondità raggiunte da tali dissesti sono stimabili nell'ordine dei 100 – 200 m circa anche se mancano dei dati diretti.

#### Frane nelle vulcaniti atesine

La tipologia più comune di frana è quella per crollo a causa sia dell'elevato grado litoide delle vulcaniti, che permette la formazione di pareti rocciose ad elevato sviluppo verticale e pendenza sia per lo stato fessurativo che le caratterizza.

Una tipologia gravitativa particolare che coinvolge la porzione superiore delle vulcaniti è il toppling fessurale, che determina l'uncinatura dei piani di discontinuità, quando questi possiedono una giacitura ad elevata pendenza e direzione sub parallela al versante.

Sono presenti alcune frane di tipo rotazionale o di toppling fessurale che hanno interessato i fronti di scavo di alcune cave, esse sono le frane di Lases, di Graon e del monte Gorsa.

## **7 DOCUMENTAZIONE ALLEGATA AL PROGETTO**

In conformità con le prescrizioni di contratto e capitolato la componente geologia/idrogeologia si compone dei seguenti elaborati, interamente allegati al progetto:

- Relazione sulle indagini geognostiche;
- Planimetria con ubicazione indagini (si veda la carta geologica);
- Stratigrafie sondaggi e prove di laboratorio campagna anno 2005 e 1995;
- Stratigrafie sondaggi da fonte bibliografica (Servizio Geologico PAT);
- Rilievi geostrutturali da PD;
- Rilievi geostrutturali anno 2011;
- Relazione geologica e geomorfologica;
- Relazione idrogeologica;
- Carta geologica e geomorfologica in scala 1:10.000 (Tav 1 - 16);
- Carta idrogeologica in scala 1:30.000 (Tav. 1 - 4);
- Profili geologici in scala 1:10.000 soluzione T1-T2-T3-T4-T5-T6;
- Relazione sismica;
- Planimetria con macrozonazione sismica.

Per quanto attiene la parte relativa a geotecnica e geomeccanica:

- Relazione geotecnica;
- Relazione geomeccanica;
- Profili geotecnici e geomeccanici in scala 1:10.000/10.000.

## 8 DESCRIZIONE DEI TRACCIATI

Come si evince dai contenuti del capitolo 5, la successione dei terreni che interessano le aree in studio è piuttosto ampia ed abbraccia un vasto arco temporale. I terreni su cui insistono la maggior parte delle opere sono in realtà poco numerosi ed in particolare: Dolomia Principale, filladi del basamento metamorfico, vulcaniti della piattaforma porfirica atesina, depositi detritici, alluvionali o fluvioglaciali per i tratti all'aperto o agli imbocchi delle gallerie. Altri calcari, calcareniti o dolomie di età mesozoica e terziaria interessano estensioni relativamente modeste.

Chiaramente le valutazioni contenute nel presente documento sono riferite ad un dettaglio adeguato al livello progettuale in essere. Le successive fasi progettuali prevedranno dettagliate campagne geognostiche volte ad approfondire, sul tracciato selezionato, il quadro informativo geologico stratigrafico, strutturale, geomorfologico ed idrogeologico.

La notevole estensione dei tratti in galleria determina importanti volumi di smarino la cui entità è proporzionale allo sviluppo dei tratti in sotterraneo e, quindi, dei singoli tracciati. Si va da un massimo di circa 15,7 milioni di metri cubi del tracciato T1 (lungo 57 Km, di cui 45 in galleria), ai 9,8 milioni di metri cubi del tracciato T4 (lungo 39 Km, di cui 29 in galleria). In quest'ambito è possibile quindi escludere il ricorso a cava di prestito.

Come si evince dalle informazioni geologico stratigrafiche e dalle prove di laboratorio disponibili, si può prevedere che i materiali provenienti dagli scavi verranno ampiamente riutilizzati nell'ambito dei lavori. In particolare calcari, dolomie e lave potranno essere impiegati a rilevato, nel riempimento dell'arco rovescio delle gallerie e più in generale per le opere in terra, nonché per la produzione di inerti. Analogo utilizzo è previsto per i depositi alluvionali e fluvioglaciali. Per le filladi del basamento metamorfico si può valutare solo un riutilizzo a rilevato, nel riempimento dell'arco rovescio delle gallerie e per opere in terra in genere.

Nonostante queste possibilità di impiego la buona estensione dei tratti in sotterraneo, (mediamente attorno al 75% dello sviluppo), comporta un significativo esubero stimato fra 12,9 ed 8,2 milioni di metri cubi (rispettivamente per il tracciato T1 e T4) di materiale che dovrà essere stoccato e/o potrà essere immesso sul mercato.

Nei paragrafi seguenti vengo descritti, dal punto di vista geologico e geomorfologico, i 6 tracciati selezionati con riferimento ai contenuti della carta geologica e dei profili geologici, cui si rimanda per maggiori dettagli. Le lunghezze delle opere sono quelle medie per le gallerie naturali, ed in carreggiata direzione nord per i viadotti.

Per quanto attiene le componenti relative ad idrogeologia, geotecnica/geomeccanica e sismica si rimanda agli specifici elaborati.

### 8.1 TRACCIATO T1

Ha inizio a Piovene Rocchette, in corrispondenza dell'attuale termine dell'Autostrada A31 Valdastico, e termina a Lavis.

La lunghezza complessiva è di 57.300 m, di cui 45.617m (80%) in galleria, 5.498 m (9,5%) in viadotto e 6.186 m (10,5%) in rilevato o trincea. Sono previsti svincoli a Velo d'Astico (pk 5.350), Lastebasse (pk 18.750), Vattaro (pk 34.760) e Pergine Valsugana (pk 42.560)

#### Da pk 0,00 a pk 7.000

La prima parte del tracciato si sviluppa in trincea ed in destra idrografica dell'Astico, la cui profonda incisione viene superata con il Viadotto Piovene (330 m). Prosegue in scavo sino alla galleria S. Agata, prevista parte in naturale e parte in artificiale (2.250 m), superando una seconda volta l'Astico in corrispondenza di un riempimento per invaso artificiale da realizzarsi con il materiale in esubero proveniente dagli scavi. Continua con la galleria artificiale/naturale Boiadori (430 m) oltre la quale, attorno alla pk 5.500 ed in sponda destra, è posizionato lo svincolo di Velo d'Astico. Prosegue quindi superando per la terza volta il Torrente Astico con il Viadotto Velo (745 m).

Tutto il settore descritto è impostato in depositi glaciali, fluvioglaciali ed alluvionali terrazzati, costituiti da ghiaie e sabbie con locali blocchi e massi, da molto addensati a debolmente cementati, o depositi glaciali costituiti da ghiaie in matrice limoso sabbioso argilloso nella zona della galleria S. Agata. Il relativo spessore, valutabile lungo la spinda dell'Astico, raggiunge e supera i 40 m di spessore. Il substrato, costituito ora dai Calcari Grigi ora dalla Dolomia Principale, affiora localmente (non in asse tracciato) nella profonda forra dell'Astico, ma non interferisce in alcun modo con le opere.

In prossimità del viadotto Piovene si segnalano fenomeni d'instabilità a carico dei depositi fluvioglaciali ed alluvionali, innescati da erosione di sponda da parte dell'Astico e solo parzialmente mitigata da interventi di difesa spondale.

Le indagini disponibili sono quelle allegate al progetto a base di gara; si tratta di almeno 12 sondaggi di profondità compresa fra 14 e 40 m che integrano i rilievi di campagna. Tutte le perforazioni sono impostate in materiali sciolti prevalentemente granulari sino alle massime profondità indagate.

In presenza di materiali sciolti gli imbocchi delle gallerie naturali sono previsti con pali di grande diametro. Lo scavo avverrà con sistema tradizionale; le sezioni di avanzamento prevedono un sistematico consolidamento del fronte e del contorno a mezzo di colonne gettiniettate. Le coperture in calotta sono metriche, con valori massimi nell'ordine di 30 – 45 m.

Gli scavi delle gallerie artificiali richiedono un precontenimento a mezzo di paratie tirantate. Le fondazioni del viadotto Velo saranno su pali di grande diametro. Il viadotto Piovene è un'elegante struttura ad arco che richiede un consolidamento dei terreni in corrispondenza degli appoggi.

#### Da pk 7.000 a pk 14.200

All'altezza dell'abitato di Velo d'Astico la valle si restringe decisamente e muta direzione, passando da NW-SE a circa N-S. Il tracciato segue il corso d'acqua mantenendosi in sinistra idrografica. Un primo rialzo del terreno viene superato con la galleria artificiale Velo (150 m) cui fa seguito una rapida successione di gallerie naturali separate da brevi tratti all'aperto, prevalentemente posti su rilevati di altezza variabile fra 1-2 m ed un massimo di 10 m. Troviamo in successione la galleria Cogollo (1.285 m), Costa del Prà, (830 m), Forte Corbin (2.195 m) e Pedescala (1.719 m). Fra le gallerie Pedescala e Forte Corbin è ubicato il Viadotto Assa (96 m) che supera l'omonimo corso d'acqua, affluente dell'Astico.

La galleria artificiale Velo attraversa depositi fluvioglaciali ed alluvionali terrazzati, e solo nella parte settentrionale intercetta la Dolomia Principale. Da questo punto in avanti, e fatta eccezione per una coltre detritica di spessore da metrico a decametrico che insiste in corrispondenza degli imbocchi, tratti all'aperto e localmente sui versanti, le opere interessano la Formazione della Dolomia Principale la cui continuità è interrotta da dislocazioni tettoniche orientate NW-SE, raramente NE-SW. La formazione affiora estesamente lungo ambo i fianchi della valle. Nella parte più elevata del pendio, lungo la galleria Pedescala, si riscontra anche la presenza della Formazione dei Calcari Grigi che non arriva mai, però, alla quota delle opere.

Le indagini disponibili, relative al progetto a base di gara, sono ubicate lungo la piana alluvionale del corso d'acqua e pertanto sono disassate rispetto al tracciato selezionato.

In presenza di una diffusa coltre detritica che ricopre il piede dei versanti agli imbocchi delle gallerie naturali andranno previsti con paratie tipo berlinese. Laddove la roccia affiora in maniera evidente è possibile prevedere una soluzione in attacco diretto (lato W galleria Costa dal Prà ed imbocco E galleria Pedescala).

La modesta lunghezza delle gallerie consiglia uno scavo in tradizionale. Le buone caratteristiche della roccia consentono di prevedere sezioni con chiodature radiali o centine e spritz; un preconsolidamento con infilaggi metallici al contorno potrà essere previsto per le zone d'imbocco e per l'attraversamento delle fasce di disturbo tettonico.

Le coperture in calotta, e fatta eccezione per le zone d'imbocco, variano da 10/20 m sino a 80 – 90 m, con punte massime attorno a 200 m sulla galleria Forte Cobin e 180 – 260 m sulla galleria Pedescala.

Il viadotto Assa, impostato in depositi di conoide, avrà fondazioni su pali

Da pk 14.200 a pk 18.500

All'uscita della galleria Pedescala il tracciato attraversa l'Astico con il viadotto Settecà (665 m) portandosi in destra idrografica. Rientra quindi immediatamente in sotterraneo con la galleria San Pietro (3.395 m), la più lunga fra quelle ubicate lungo la Valdastico.

Lungo l'Astico sono cartografati depositi alluvionali e fluvioglaciali ghiaioso sabbioso limosi la cui potenza è certamente importante e superiore alle massime profondità indagate (40 m). Lungo i versanti affiora estesamente la Dolomia Principale, solcata da dislocazioni tettoniche orientate NE-SW o NW-SE, rese evidenti da incisioni morfologiche su cui sono impostate falde e coni detritici. All'imbocco settentrionale della galleria San Pietro si trova un esteso accumulo di antica frana, frana della Marogna, peraltro noto in letteratura, costituito da frammenti e blocchi (anche ciclopici) di dolomia in matrice ghiaioso sabbioso limosa. Proprio in quest'area si è recentemente estesa l'attività di una vicina cava.



Figura 8-1. La zona dell'imbocco N galleria San Pietro

In corrispondenza del viadotto Settecà e dell'imbocco settentrionale della galleria S. Pietro sono disponibili due sondaggi, profondi rispettivamente 40 e 30 m, che si sviluppano in prevalenti ghiaie e sabbie di natura alluvionale senza intercettare il substrato roccioso.



Nella galleria San Pietro la presenza di Dolomia affiorante permette un imbocco di tipo diretto sul versante meridionale; in quello settentrionale l'accumulo di frana consiglia una paratia in micropali. Lo scavo avverrà con sistema tradizionale privilegiando sezioni con chiodature o centine e spritz; un preconsolidamento con infilaggi metallici al contorno potrà essere necessario in zona d'imbocco, nell'attraversamento delle zone di disturbo tettonico ed in seno alla paleofrana. Le coperture in calotta, tolte ovviamente le zone d'imbocco, hanno valori medi attorno a 200 m, con punte di oltre 300 m nella parte meridionale.

L'accumulo di frana in zona d'imbocco è da considerarsi di antica data e completamente stabilizzato; non costituisce pertanto motivo di criticità geomorfologica.

Il viadotto Settecà, interamente impostato in materiali sciolti, avrà fondazioni su pali di grande diametro.

#### Da pk 18.500 a pk 21.000

Questo tratto rappresenta uno dei settori all'aperto più estesi dell'intero progetto. Il viadotto Molino (490 m) supera l'Astico a valle del paese di Pedemonte, cosicché l'asse stradale si sviluppa in sinistra idrografica ed al piede dei versanti, ora in scavo ora su rilevati che raggiungono altezze metriche con punte superiori a 10 – 12 m. Torna nuovamente in destra idrografica superando l'Astico con il viadotto Posta (1296 m). Alla pk 18.750 circa è posizionato lo svincolo di Lastebasse.

I versanti affacciati sull'Astico sono interamente impostati nella Dolomia Principale, mentre nel primo tratto l'asse principale insiste entro un ampio accumulo di frana a blocchi, e successivamente in depositi alluvionali o detritici, quest'ultimi provenienti dal disfacimento dei versanti o trasportati dalle conoidi che convergono verso il corso d'acqua principale. Gli spessori delle coperture sono da metrici a, più spesso, decametrici.

Indagini disponibili sono rappresentate dai sondaggi allegati al progetto a base di gara. Si tratta di almeno n° 6 perforazioni di profondità compresa fra 15 e 40 m, tutte ubicate lungo la piana dell'Astico ed interamente impostate in depositi ghiaioso sabbiosi con limo. Solo il sondaggio S20, posto in vicinanza del versante ed in sponda destra circa alla pk 20+450, è impostato in roccia. La presenza di materiali sciolti impone per i viadotti l'adozione di fondazioni su pali di grande diametro.

#### Da pk 21.000 a pk 23.350

Superato il viadotto Posta il tracciato torna in sotterraneo con la galleria Pedemonte (1.870 m), che descrivendo una curva con concavità a nord si affaccia per l'ultima volta sull'Astico, superato con il viadotto Ciechi (280 m). Al termine del viadotto, in località Lastebasse, ha

inizio la galleria di Lavarone (o galleria di valico), lungo la quale i tracciati T1/T2, T3/T6, e T4 si dividono. Lungo i versanti affiora ancora estesamente la Dolomia Principale, fatta eccezione per un importante accumulo di depositi glaciali all'imbocco meridionale della galleria Pedemonte, ed una sottile coltre detritica in quello settentrionale. Lineazioni tettoniche, concentrate specialmente (ma non esclusivamente) nel settore centrale, sono orientate prevalentemente NE-SW, e solo in zona d'imbocco N mostrano direzione opposta.

Le indagini disponibili sono ancora quelle allegate al progetto a base di gara ed ubicate lungo o ai margini della piana alluvionale, in corrispondenza del viadotto Ciechi e dell'imbocco meridionale della galleria Lavarone. Dato che la valle dell'Astico verso monte va rapidamente chiudendosi, la sezione trasversale si restringe, i depositi alluvionali sono via via più grossolani e la frazione limosa meno evidente. Lo spessore del materasso alluvionale, conseguentemente, diminuisce. Il sondaggio S22, ubicato in sponda destra intercetta la roccia alla profondità di 23,00 m da p.c., per cui in asse tracciato ed in corrispondenza del viadotto Ciechi è ragionevole attendersi spessori delle coltri non molto superiori.

Dopo il viadotto in sponda sinistra è ubicato l'imbocco meridionale della galleria Lavarone, impostato in una evidente coltre detritica su cui svetta un'imponente parete di Dolomia, solcata da fratture principali e faglie minori. Il sondaggio S23 profondo 15 m, posto proprio in zona d'imbocco, si sviluppa interamente entro ciottoli, frammenti lapidei e ghiaie.

Nella galleria Pedemonte la presenza di coltri di materiale sciolto impone l'adozione di paratie in micropali. Da segnalare la presenza di un possibile dissesto in corrispondenza dell'imbocco meridionale. Lo scavo avverrà con sistema tradizionale, entro la Formazione della Dolomia Principale, privilegiando sezioni con chiodature radiali o centine e spritz; un preconsolidamento con infilaggi metallici al contorno potrà essere necessario in zona d'imbocco e nell'attraversamento delle zone di disturbo tettonico. La copertura massima in calotta è superiore a 400 m.

Il viadotto Ciechi sarà fondato su pali di grande diametro, verosimilmente poggianti sul sottostante substrato roccioso.

L'imbocco meridionale della galleria di Valico Lavarone, impostato su una potente coltre detritica, sarà protetto da una paratia tipo berlinese. La prossimità di alti versanti in roccia fratturata consiglia la previsione di sistemi di protezione con barriere paramassi ad alta energia, oltre ad interventi di chiodatura, disgaggio e contenimento con reti.

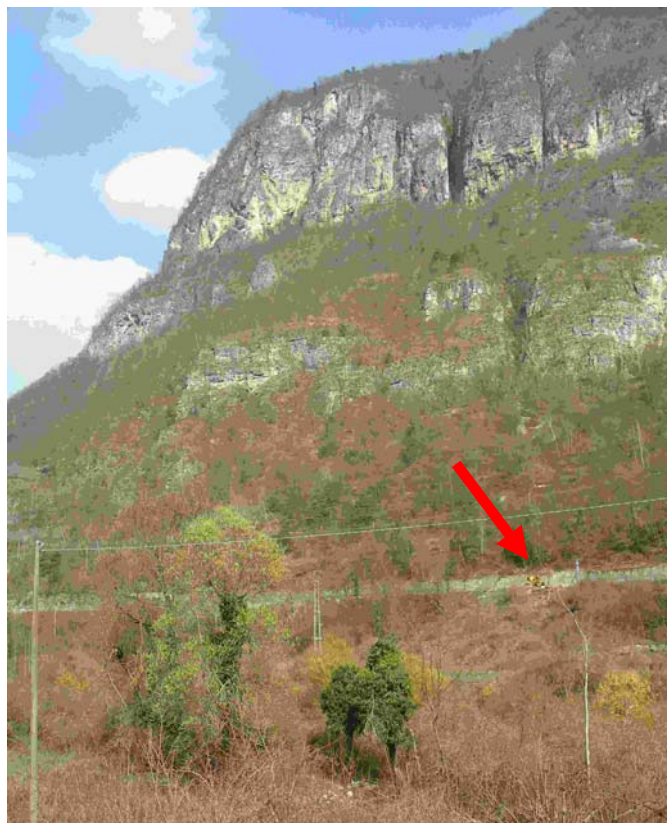


Figura 8-2. Imbocco meridionale della galleria di Valico Lavarone

#### Da pk 23.350 a pk 30+350

La galleria di valico Lavarone si sviluppa verso NW per una lunghezza di 6.848 m, collegando la Valdastico con la Val di Centa. Praticamente tutto il successivo tratto all'aperto è compreso nel viadotto Vecchio Molino (177 m) che scavalca la Val di Centa e congiunge la galleria Lavarone con la successiva galleria Monte Rovere.

La Val di Centa, nel punto di attraversamento, è piuttosto stretta con una marcata asimmetria fra i due versanti. Quello meridionale è ripido, mentre quello settentrionale è decisamente più dolce e sfuggente.

La Valle è impostata in corrispondenza di un'importante lineazione tettonica (faglia della Val di Centa) con orientazione NE-SW, che mette a contatto i depositi sedimentari del mesozoico, sul lato meridionale, con il basamento metamorfico in facies di filladi su quello settentrionale. E' proprio questa diversità litologia a determinare il profilo asimmetrico dei versanti cui sopra si è accennato.

Secondo le prime valutazioni tutta la galleria Lavarone si sviluppa nella Dolomia Principale, interessando anche una serie di dislocazioni tettoniche orientate prevalentemente NE-SW, ed in misura minore NW-SE. Fra queste si ricorda la faglia della val Posina, poche centinaia di metri dopo l'imbocco meridionale. In superficie si riscontrano anche i termini mesozoici dei

Calcari Grigi, Rosso Ammonitico e Biancone, la cui potenza è però tale da escluderne l'estensione sino alla profondità dell'opera.

Il tracciato passa circa 700 m ad est del lago di Lavarone, una distanza tale da non far prevedere, in questa fase, possibili interferenze fra l'opera ed il bacino lacustre. All'imbocco settentrionale della galleria è stata rilevata una coltre di depositi glaciali localmente interessata da fenomeni di erosione accelerata che si estendono in maniera più evidente a valle rispetto alla zona d'imbocco.



Figura 8-3. La Val di Centa e l'imbocco N della galleria Lavarone

Affioramenti lapidei di Dolomia e Filladi sono evidenti al piede dei versanti, mentre nell'alveo inciso sono presenti depositi alluvionali grossolani (ciottoli, blocchi e ghiaie) il cui spessore massimo non è inferiore ad una decina di metri.

Sul versante settentrionale la vegetazione, la presenza di sfasciume superficiale e l'alterabilità della roccia riducono in maniera sensibile gli affioramenti. In più punti comunque affiorano le filladi.

Le indagini disponibili sono rappresentate dai sondaggi della banca dati del Servizio Geologico della PAT. Quelli posizionati lungo lo sviluppo della galleria hanno profondità modeste (pochi metri) e non forniscono indicazioni utili per la progettazione dell'opera.

In Val di Centa due sondaggi, prossimi alla sponda settentrionale (n° 4062 e 4063) spinti sino

a 21 – 25 m, mostrano 7,00 m di depositi colluviali sabbioso limosi cui soggiacciono le filladi del substrato.

Nella galleria Lavarone la presenza di una coltre di materiale sciolto, e roccia molto fratturata, porta a prevedere una paratia tipo berlinese all'imbocco settentrionale.

Lo scavo avverrà con sistema meccanizzato utilizzando un'unica HRTBM (Hard Rock Tunnel Boring Machine) in comune con la successiva galleria Monte Rovere.

La copertura in calotta è relativamente costante lungo buona parte dello sviluppo dell'opera e compresa fra 550 e 670 m circa.

Il viadotto Vecchio Molino sarà fondato su pali di grande diametro, verosimilmente intestati sul sottostante substrato roccioso.

L'imbocco meridionale della galleria Monte Rovere, impostato nello sfasciume superficiale/coltre di alterazione delle filladi, ed in vicinanza di una viabilità esistente, è previsto in attacco diretto.

#### Da pk 30.350 a pk 42+00

La galleria Monte Rovere (4.245 m) si dirige verso NW ed esce nella piana del torrente Mandola, fra Bosentino e Vigolo Vattaro, dove alla pk 3.760 si trova lo svincolo di Vattaro.



Figura 8-4. La piana fra le gallerie M.te Rovere e S. Vito, dove si trova lo svincolo di Vattaro.

Il breve tratto all'aperto viene risolto con il viadotto Mandola (296 m) che immette nella successiva galleria S. Vito (6.855 m), il cui sbocco settentrionale si affaccia sulla S.S. 47 della Valsugana, all'altezza di Pergine Valsugana, in corrispondenza della valle del Torrente Fersina.

Con l'importante lineazione tettonica in corrispondenza della quale si sviluppa la Val di Centa, e con l'imbocco meridionale della galleria Monte Rovere, cambia il contesto geologico generale. Da facies sedimentarie mesozoiche si entra improvvisamente nel basamento metamorfico in facies di filladi del Paleozoico (Carbonifero). Il tracciato T1 resta nelle filladi sino a Pergine Valsugana, con l'eccezione di coperture detritiche, depositi glaciali o conoidi rilevabili in superficie sotto forma di plaghe più o meno estese lungo i versanti, diffuse e continue nei fondovalle. Sul torrente Mandola si segna una diffusa coltre di depositi glaciali che non solo ricoprono il fondovalle, ma si spingono anche al piede dei rilievi.

Sempre nella zona del torrente Mandola in passato erano presenti miniere di pirite, coltivate dall'antichità sino alla metà del novecento (la chiusura è del 1964). L'attività, nota anche come miniera di Calceranica, ha prodotto molti chilometri di gallerie, pozzi e discenderie (secondo informazioni bibliografiche lo sviluppo è di oltre 40 Km) che dalle vicinanze di Calceranica si spingono sino a Vigolo Vattaro e Bosentino. In base alla documentazione consultata l'area oggetto delle attività di estrazione, rappresentata graficamente anche nella carta geologica, resterebbe a valle rispetto al tracciato in argomento. Nelle successive fasi progettuali andrà comunque verificata la possibile interferenza fra i lavori in sotterraneo e le cavità minerarie segnalate in zona.

Nel tratto compreso fra la Val di Centa e lo svincolo di Vattaro non si segnala un particolare numero di faglie. Al contrario numerose lineazioni e sovrascorrimenti, con prevalente orientazione NE/SW e NW-SE, dislocano il substrato nel tratto compreso fra lo svincolo di Vattaro e la S.S.47 della Valsugana. Le filladi infatti dai rilievi di superficie mostrano risulta un grado di fratturazione a tratti piuttosto spinto. Ricordiamo in zona la faglia della Marogna, con orientazione giudicariense (NW-SE) ed a valenza regionale, che intercetta l'asse della galleria S. Vito alla pk 39+550 circa, la linea Trento Roncogno e linea del Calisio in prossimità dell'imbocco settentrionale della galleria San Vito. Sul versante affacciato ad E di Pergine Valsugana, l'incisione valliva impostata in corrispondenza della faglia della Marogna ha dato origine ad una grande conoide.

L'elevata alterabilità del substrato in facies di filladi, e l'elevato stato di fratturazione connesso con le numerose lineazioni tettoniche segnalate in questo settore, sono probabilmente gli elementi che hanno favorito la genesi di alcune deformazioni gravitative profonde (DGPV), riportate in bibliografia, visibili anche sul terreno e rappresentate sia in

carta geologica che nei profili geologici. Una si affaccia sul lago di Lavarone, e resta ad Est rispetto al tracciato T1. Un'altra si affaccia in Val d'Adige e resta ad Ovest rispetto al tracciato T1. Maggiori dettagli sull'ubicazione delle DGPV e sulla loro eventuale interferenza con il tracciato T1 dovranno essere forniti in una successiva fase progettuale.

Le indagini disponibili sono i sondaggi del database della PAT. Nei tratti in galleria hanno lunghezza modesta in relazione alle opere (profondità decametriche dei sondaggi, nell'ordine di alcune centinaia di metri invece la livelletta stradale), ma permettono di confermare la presenza delle filladi al di sotto delle coperture, e di valutarne il grado di fratturazione ed alterazione. Almeno nelle tratte indagate (quindi più superficiali) le filladi si dimostrano sempre piuttosto alterate e particolarmente fratturate.

Nel tratto all'aperto alcuni sondaggi poco a monte del viadotto Mandola (n° 172-173-174) mostrano depositi di ghiaie in abbondante matrice argillosa, con intercalazioni di livelli di argille potenti 1-2 m, passanti in profondità (18 – 20 m) a ghiaie pulite. Nell'ambito delle massime profondità indagate (35 m) non viene intercettato il substrato.

La presenza di una copertura di depositi glaciali impone paratie tipo berlinese in corrispondenza dell'imbocco settentrionale della galleria Monte Rovere, ed imbocco meridionale della galleria San Vito. L'imbocco settentrionale della galleria San Vito è in filladi molto alterate e fratturate, affioranti o sub affioranti; anche in questo caso cautelativamente è previsto un imbocco con paratia berlinese.

La galleria Monte Rovere, interamente compresa in filladi, verrà scavata con sistema meccanizzato utilizzando la medesima macchina impiegata per la galleria Lavarone. La copertura massima in calotta è di circa 440 m con valori medi compresi fra 150 – 200 m.

La galleria San Vito verrà, anch'essa interamente in filladi, verrà scavata con sistema meccanizzato utilizzando una HRTBM che dovrà attraversare anche faglie e sovrascorrimenti a valenza regionale. Le coperture variano fra 300 – 550 m. Da segnalare una zona prossima all'imbocco settentrionale (pk 41.800 circa) dove una concavità del terreno riduce la copertura a valori compresi fra 2 – 3 m. Qui in superficie sono presenti depositi glaciali e non si esclude che la calotta, se non l'intero cavo, potrà svilupparsi in materiali sciolti per una estensione stimata in circa 150 m.

#### Da pk 42.000 a pk 57.800

Allo sbocco della galleria S. Vito un tratto all'aperto permette il posizionamento dello svincolo di Pergine Valsugana e l'interconnessione con la S.S. 47 della Valsugana.

L'asse principale T1 procede verso nord superando mediante il viadotto Fersina (947 m) l'omonimo torrente e la S.S. 47. Un successivo rilievo montuoso viene superato con la

galleria Mandrano – Canzolino (2.175 m). Segue un tratto all'aperto sul torrente Silla, scavalcato con un breve tratto in rilevato e dal viadotto Valgranda (176 m). Infine l'ultima galleria, la S. Agnese (10.950 m), il cui tracciato piega verso NW uscendo il Val d'Adige fra Lavis e Nave San Rocco, dove si connette con l'Autostrada A22 del Brennero.

La parte terminale della galleria S. Agnese, verso nord, si trova al di sotto del livello della piana del Fiume Adige. In questo modo è stato possibile risolvere, con una soluzione in sotterraneo, l'interferenza con la linea ferroviaria Verona – Brennero e con la S.S. 12.

In corrispondenza dello svincolo di Pergine cambia ancora una volta il contesto geologico. Qui si trovano importanti sistemi dislocativi e faglie a valenza regionale che, fra le altre cose, delimitano il basamento metamorfico, a sud, dalla piattaforma porfirica atesina a nord. In vicinanza del tracciato fra questi due diversi ambienti geologici s'insinua una striscia di depositi sedimentari mesozoici che costituiscono il limite orientale della sinclinale di Oltrecastello. Le lineazioni tettoniche più importanti sono la faglia Trento - Roncogno, orientata circa E-W, e la linea del Calisio, orientata NW-SE, che convergono fra loro proprio in prossimità dell'asse stradale. La linea del Calisio, in particolare, costituisce il limite oltre al quale si sono depositate rioliti, daciti ed andesiti in facies magmatica effusiva della piattaforma porfirica.

I depositi vulcanici, che si estendono per molti chilometri verso nord, poggiano sulle filladi del basamento. Nel primo tratto a nord del Fersina il basamento metamorfico, dislocato più volte, riappare localmente lungo i versanti che affacciano sullo stesso torrente Fersina e sul Torrente Valgranda. Le lave aumentano progressivamente di spessore procedendo verso nord, sino a sostituirsi completamente alle filladi anche alle profondità interessate dalle opere.

In superficie sulle lave poggiano localmente depositi in facies sedimentaria attribuiti alla Formazione a Bellerophon ed alla Formazione Werfen, oltre a coperture detritiche, o di origine glaciale, che non interessano le opere.

Reticoli di faglie variamente orientate complicano la successione, suddividendo il basamento in blocchi variamente rialzati/ribassati, determinando un motivo di variabilità e imprevedibilità nella definizione dell'esatta successione laterale dei terreni.

Lungo il Torrente Fersina e Silla sono presenti depositi alluvionali il cui spessore è significativo nel primo caso, ben più modesto ma comunque non trascurabile nel secondo.

La valle dell'Adige, come desunto dalle informazioni bibliografiche, è un'incisione straordinariamente profonda (620 m da p.c., ovvero 435 m sotto al livello marino) colmata da depositi alluvionali e fluvioglaciali, prevalentemente granulari in superficie, con alternanze granulari e prevalentemente coesive in profondità.



Le indagini disponibili sono i sondaggi della PAT. Nella zona dello svincolo di Pergine e del Torrente Felsina le perforazioni, peraltro numerose proprio in corrispondenza e nell'immediato intorno del tracciato, segnalano la presenza di depositi alluvionali e, probabilmente, fluvioglaciali, spesso sino alle massime profondità indagate (>100 m). Si tratta di alternanze di ghiaie, sabbia, argilla con limo e locali strati torbosi. A titolo di esempio si veda il n° 2560 profondo 102 m, molto prossimo al tracciato ed interamente in materiali sciolti, il n° 2561 profondo 50 m che intercetta le filladi a 44 m, il n° 2562 profondo 100 m che intercetta le filladi a 98 m, ed ancora i n° 2489-2490-2491-2492 interamente in materiali sciolti.



Figura 8-5. Sbocco della galleria S. Vito e valle del Torrente Fersina.

Nella zona del Torrente Silla (viadotto Valgranda) i sondaggi n° 3925- 3926, posti in zona viadotto e spinti sino a 30 m, mostrano depositi prevalentemente ghiaiosi sabbiosi sino alle massime profondità raggiunte.

Alcuni sondaggi sulla galleria Mandrano, di modesta profondità, non raggiungono il sottostante substrato roccioso e restano confinati alle coltri di copertura.

Pochi sondaggi sono disponibili nell'intorno della galleria S. Agnese (n° 3020-3021-3022-3023). Riportano la presenza di porfidi già a modestissima profondità da piano campagna, sottolineando in tal modo la modesta alterabilità della roccia e la ridotta estensione delle

coperture in questi materiali.

La percentuale di roccia affiorante al passaggio filladi/piattaforma porfirica aumenta, così come l'energia di rilievo. Le ottime caratteristiche delle lave sono evidenti anche dall'osservazione dei fronti di cava, numerosi e molto estesi nella parte settentrionale della galleria.

In val d'Adige i sondaggi disponibili confermano gli elevati spessori delle coltri alluvionali e glaciali già dal limite della piana alluvionale.

L'imbocco meridionale della galleria Mandrano – Canzolino è in depositi glaciali e richiede un approccio con paratia tipo berlinese. L'imbocco settentrionale è in roccia affiorante e può essere risolto con attacco diretto. In base ai rilievi di superficie si prevede che la parte meridionale dell'opera sarà in lave riolitiche, mentre quella settentrionale nelle filladi. La divisione fra queste due formazioni è di tipo tettonico. La copertura in calotta varia fra 30 – 60 m. La galleria verrà scavata con sistema tradizionale privilegiando sezioni con centine e spritz. Preconsolidamenti al contorno saranno previsti limitatamente agli imbocchi e nell'attraversamento delle zone di disturbo tettonico. Si segnala che la galleria passa a soli 300m ed a quote inferiore dal Lago di Pudro, con il quale non è possibile escludere eventuali interferenze che andranno verificate in una fase progettuale successiva.

L'imbocco meridionale della galleria S. Agnese è impostato in corrispondenza di materiale di riporto (discarica d'inerti) ed al piede di una strada di recente costruzione. Richiede quindi un approccio con paratia tipo berlinese. L'imbocco settentrionale ricade entro la piana alluvionale dell'Adige, sotto falda, ed è previsto con jet grouting al fine di consolidare ed impermeabilizzare il terreno. La galleria verrà scavata con sistema meccanizzato, utilizzando una HRTBM che nella parte meridionale attraverserà le filladi, mentre verso nord ad esse si sostituiranno lave andesitiche e/o riolitiche della piattaforma porfirica, dislocate da complessi sistemi di faglia. Gli ultimi 1.200 m circa si svilupperanno attraverso le Formazioni a Bellerofon, Werfen ed a Gracilis, che affiorano sul terreno e si affacciano sulla Val d'Adige con giacitura francamente a franapoggio rispetto al versante. In questa tratta potrebbero essere presenti cavità carsiche, visto che fenomeni di dissoluzione sono evidenti in superficie.

Le lave mostrano un elevato contenuto in silice (55%-75%) da cui deriva un'elevata usura degli utensili (cutters) della macchina.

La galleria S. Agnese alla pk 49+550 circa, ed in corrispondenza del tratto a massima copertura (560 m) passa al di sotto del lago di Santa Colomba. La notevole profondità dell'opera minimizza il rischio d'impatto con il bacino lacustre; in ogni caso tale aspetto dovrà essere approfondito nelle successive fasi progettuali. Lungo la galleria la copertura assume valori medi compresi fra 300 – 400 m, con un valore minimo di 12 – 20 m attorno

alla pk 54.000, in corrispondenza delle valli del Torrente Avisio dove si segnalano numerose alienazioni tettoniche e depositi alluvionali che potrebbero anche interessare gli scavi.

I viadotti Fersina e Valgranda, impostati su depositi alluvionali e glaciali, avranno fondazioni sui pali di grande diametro.

In sintesi le principali criticità geologiche del tracciato T1 consistono:

- nell'attraversamento di alcune faglie a valenza regionale lungo la galleria Lavarone (faglia della Val Posina) e galleria San Vito (faglia della Marzola e, probabilmente, linea Trento Roncogno), accompagnate da materiale intensamente brecciato per estensioni da definire;
- nella vicinanza dell'asse stradale con l'attività mineraria sviluppata lungo la valle del torrente Mandola, che potrebbe interferire con le opere in sotterraneo. Pur se le informazioni bibliografiche hanno permesso di circoscrivere un'area che risulta esterna al tracciato T1, alcune fonti parlano di gallerie che si spingono sino a Vattaro e che pertanto potrebbero interferire con le opere;
- nella presenza di gallerie naturali molto lunghe e ad elevate coperture (>670 m la galleria Lavarone, > 660 m la S. Vito, > 500 m la S. Agnese) talvolta caratterizzate da sistemi dislocativi complessi e molto spinti che rendono difficile un'attendibile ricostruzione stratigrafica in profondità e limitano l'acquisizione di dati geognostici;
- sempre in galleria la presenza di alcuni tratti a bassa copertura con interessamento di materiali sciolti (sotto falda?);
- la presenza di alcune DGPV fra le pk 36.000 – 41.000, che però stando ai dati acquisiti restano ai lati del tracciato T1 con il quale non dovrebbero interferire;
- l'imbocco settentrionale della galleria S. Agnese, ubicato nella piana alluvionale dell'Adige sotto il livello di falda
- da approfondire l'interferenza fra le gallerie Lavarone e S. Agnese ed i laghi di Lavarone, Pudro e S. Colomba;
- la presenza di lave ad elevato contenuto in silice lungo la galleria S. Agnese, che determinano un elevato consumo degli utensili di scavo della TBM con conseguente aumento di costi e tempi realizzativi.

## 8.2 TRACCIATO T2

Ripercorre il tracciato T1, dal quale si differenzia perché termina in corrispondenza dello svincolo di Pergine Valsugana e dell'innesto sulla SS 47 della Valsugana.

La lunghezza complessiva è di 42.560 m, di cui 31.842m (75%) in galleria, 5.322 m (12,5%) in viadotto e 5.397 m (12,5%) in rilevato o trincea. Sono previsti svincoli a Velo d'Astico (pk 5.350) a Lastbasse (pk 18.750) a Vattaro (pk 34.760) ed a Pergine Valsugana (pk 42.560).

### 8.3 TRACCIATO T3

Inizia a Piovene Rocchette e termina a Trento sud.

La lunghezza complessiva è di 44.350 m, di cui 33.324 m (75%) in galleria, 5.448 m (12,5%) in viadotto e 5.578 m (12,5%) in rilevato o trincea. Sono previsti svincoli a Velo d'Astico (pk 5.350) a Lastebasse (pk 18.750) e Caldonazzo (pk 31.600).

#### Da pk 0.000 a pk 23.350

Da Piovene Rocchette all'imbocco meridionale della galleria di valico Lavarone (pk 23.350) ricalca il tracciato T1.

#### Da pk 23.350 a pk 31.750

In corrispondenza della galleria Lavarone (6.848 m), e precisamente dalla pk 24.700 circa, il tracciato T3 si separa dal tracciato T1 dirigendosi verso nord. La galleria termina in Val di Centa, circa 2 Km a NE del T1, in un punto in cui la valle è ampia abbastanza da accogliere, alla pk 31.600, lo svincolo di Caldonazzo. L'incisione del corso d'acqua è superata con il viadotto Val di Centa (336 m) che immette direttamente alla successiva galleria Caldonazzo.

Come già visto per il tracciato T1 lungo la Val di Centa un'importante faglia regionale orientata NE-SW mette a contatto le formazioni sedimentarie mesozoiche, a sud, con il basamento metamorfico Paleozoico a nord. Pertanto i versanti meridionali della Val di Centa sono ripidi e scoscesi, interamente impostati nella Dolomia Principale sulla quale poggiano, in continuità stratigrafica, Calcari Grigi, Rosso Ammonitico e Biancone. Queste litologie, interessate da reticoli di faglie, alcune anche importanti (fra cui la faglia della Val Posina a poche centinaia di metri dall'imbocco) orientate NE-SW, NW-SE ed anche E-W, affiorano estesamente in superficie. I versanti settentrionali hanno minore energia di rilievo ed il basamento metamorfico, in facies di filladi, affiora in maniera assai meno estesa essendo ricoperto da una coltre detritica o da sfasciume superficiale derivante dall'alterazione del materiale in posto.

In prossimità della parte finale della galleria Lavarone alla Dolomia Principale soggiacciono la Formazione Werfen e dolomie attribuite alla Formazione a Nodosus/Calcare di Monte Spitz, mentre l'imbocco settentrionale è già impostato nelle filladi. Il passaggio fra sedimentario e

metamorfico è governato da una faglia.

L'incisione valliva è occupata da depositi glaciali e fluvioglaciali sui quali insiste il tratto all'aperto e lo svincolo.

Il tracciato T3 rimane ad una distanza > 900 m rispetto al lago di Lavarone.

Le indagini disponibili sono rappresentate dai sondaggi della banca dati del Servizio Geologico della PAT. Lungo lo sviluppo della galleria Lavarone le modestissime profondità indagate (pochi metri) non forniscono indicazioni utili per la progettazione dell'opera. In Val di Centa sondaggi nell'intorno dello svincolo Caldonazzo e del viadotto Val di Centa , (n° 2501 – 2502, e da n° 3052 a 3055) spinti sino a 30 m di profondità mostrano prevalenti ghiaie e sabbie con limo. I sondaggi da n° 2789 a 2795, invece, sono congruenti con la carta geologica e segnalano la "chiusura" dei depositi alluvionali e la presenza delle filladi a piano campagna o al di sotto di una coltre alluvionale potente al massimo 1-2 m.

Nella galleria Lavarone la presenza di depositi ghiaiosi di origine glaciale porta a prevedere una paratia tipo berlinese all'imbocco settentrionale. Lo scavo avverrà con sistema meccanizzato utilizzando un'unica HRTBM che attraverserà la Dolomia Principale e, negli ultimi 1.500 m verso nord, Formazione a Nodosus/Dolomie di Monte Spitz, Werfen, l'importante faglia della Val di Centa e le Filladi. In superficie sono rilevabili anche Calcari Grigi, Rosso Ammonitico e Biancone; note le rispettive potenze, e visto l'assetto stratigrafico e strutturale rilevato, non dovrebbero spingersi sino alle quote dell'opera. La copertura in calotta è relativamente costante lungo buona parte dello sviluppo della galleria e compresa fra 600 – 700 m circa, con valori massimi di 970 m attorno alla pk 29.500.

Il viadotto Val di Centa, impostato in materiali sciolti granulari, sarà fondato su pali di grande diametro.

L'imbocco meridionale della galleria Caldonazzo, ubicato in corrispondenza di un affioramento di filladi, è previsto in attacco diretto.

#### Da pk 31.750 a pk 44+350

La galleria Caldonazzo (2.363 m) dirige verso NW mantenendosi circa parallela (ma più ad E) rispetto al tracciato T1, da cui dista 2 – 2,5 km. Termina nella stretta valle del Torrente Mandola, fra Bosentino e Calceranica al Lago. Il breve tratto all'aperto viene risolto con il viadotto Calceranica (120 m) che immette nella successiva galleria Marzola (6855 m), il cui imbocco settentrionale si affaccia in Val d'Adige all'altezza di Trento sud. Il viadotto Adige (1.090 m) scavalca la ferrovia Verona – Brennero, la S.S. 12 e lo stesso Fiume Adige e permette l'innesto con l'A22 del Brennero.

Con l'importante faglia lungo la Val di Centa vengono abbandonate le coperture

sedimentarie mesozoiche ed il tracciato rimane quasi interamente in depositi Paleozoici del basamento metamorfico in facies di filladi. Solo in corrispondenza dei versanti che si affacciano in Val d'Adige una monoclinale immergente verso ovest porta all'affioramento, al di sopra delle filladi, dei termini sedimentari attribuibili, in successione, alla Formazione a Bellerophon, Formazione Werfen, Formazione del Contrin e Formazione dello Schiliar.

Faglie orientate NE-SW e SW-NE sono segnalate in bibliografia e sono responsabili dell'elevato grado di fratturazione ed alterazione cui sono soggetti i materiali, e le filladi in particolare. Fra queste si segnala, con orientazione NE-SW, l'importante faglia della Marzola, che potrebbe intercettare il tracciato alla pk 40.000 circa.



Figura 8-6. La Val d'Adige vista dal Monte Marzola.



Figura 8-7. Affioramento di filladi lungo la galleria Marzola, circa alla pk 33.750.

Dall'alterazione e disgiunzione tettonica delle filladi derivano alcune deformazioni gravitative profonde (DGPV) segnalate in bibliografia ma visibili, talvolta in maniera molto evidente, anche sul terreno. La prima interessa il basamento metamorfico ed il versante che si affaccia sul lago di Caldonazzo, a N di Calceranica al Lago; viene intercettata dalla galleria Marzola fra le pk 35.450 – 36+150, in un tratto a copertura compresa fra 200 – 400 m. La seconda e più importante segue il perimetro di un accumulo detritico (forse un'antica frana sviluppata lungo strati disposti francamente a franapoggio) entro ed al limite del quale sono stati rilevati affioramenti (che potrebbero non essere di materiale in posto) della Dolomia del Contrin; viene intercettata dalla galleria Marzola fra le pk 39.900 e 43.300, con una copertura variabile da pochi metri fino a oltre 1.000 m. L'interferenza fra l'asse stradale e la DGPV sul versante della Marzola, che rappresenta certamente la maggiore criticità del tracciato T3, dovrà essere approfondita nella successiva fase progettuale.

Si segna inoltre, nel tratto all'aperto lungo il Torrente Mandola, fra galleria Caldonazzo e Marzola, la presenza dell'accesso al parco minerario di Calceranica (ex miniere di pirite già descritte per il tracciato T1). Questo accesso, attualmente oggetto di lavori di manutenzione/messa in sicurezza e facente parte di un percorso volto a rendere visitabile al pubblico parte della miniera, era utilizzato in passato dai minatori per evitare la strada lungo l'angusta valle del Torrente Mandola (le cavità minerarie sono infatti più a monte). Nelle fasi progettuali successive andrà verificata l'interferenza fra le opere in progetto, l'imbocco al parco minerario e più in generale le cavità minerarie, nonché eventuali ripercussioni sulla stabilità delle cavità esistenti in presenza di nuovi lavori in sotterraneo.

Le indagini disponibili sono i sondaggi del database della PAT. Nei tratti in galleria hanno lunghezza modesta in relazione alle opere (profondità decametriche dei sondaggi, nell'ordine di alcune centinaia di metri invece la livelletta stradale) ma permettono di confermare la presenza delle filladi al di sotto delle coperture, e di valutarne il grado di fratturazione ed alterazione. Almeno nelle tratte indagate (quindi più superficiali) le filladi si dimostrano sempre molto alterate e particolarmente fratturate.

In corrispondenza della DGPV che si affaccia sul lago di Caldonazzo i sondaggi n° 2543 – 2544, spinti sino a 15 m, segnalano per l'intera profondità la presenza di elementi filladici attribuibili ad alterazione del substrato. I sondaggi n°3340 – 3341, ubicati sulla DGPV che si affaccia in Val d'Adige, realizzati per lavori di monitoraggio ed attrezzati con inclinometro o estensimetro, segnalano la presenza di ghiaie, sabbie o breccia sino alle massime profondità indagate (63,30 m) mentre il n° 3342, a partire dalla profondità di 53,70 e fino a fondo foro (65,00 m) riporta calcari e dolomie.

Numerosi sondaggi al limite della piana alluvionale dell'Adige riportano la presenza, fin dal limite della stessa piana, di depositi alluvionali prevalentemente granulari sino alle massime profondità indagate (30 – 40 m).

La presenza di affioramenti filladici rende possibili soluzioni in attacco diretto per l'imbocco settentrionale della galleria Caldonazzo e meridionale della galleria Marzola. L'imbocco settentrionale della galleria Marzola, al limite della piana alluvionale e della DGPV sarà preventivamente sostenuto da una paratia tipo berlinese.

La galleria Caldonazzo è prevista interamente all'interno delle filladi, e realizzata con sistema tradizionale utilizzando sezioni prevalenti con centine e spritz. Preconsolidamenti al contorno saranno posizionati agli imbocchi e nell'attraversamento delle zone di disturbo tettonico. La copertura varia mediamente fra 100 – 180 m.

La galleria Marzola si sviluppa quasi interamente nelle filladi. Solo gli ultimi 1.600 m circa attraversano una successione sedimentaria costituita da Formazione a Bellerophon, Formazione Werfen, Formazione del Contrin e Formazione dello Schliar, tutte con giacitura a franapoggio rispetto al versante. In quest'ambito potrebbe essere intercettata anche la faglia della Marzola. La galleria, almeno nella sua parte terminale, potrebbe ricadere all'interno di una grande DGPV.

In corrispondenza del viadotto Calceranica sono evidenti depositi alluvionali di incerto spessore. E' possibile prevedere fondazioni su pali di grande diametro intestati nel substrato roccioso.

In corrispondenza del viadotto Adige sono presenti depositi alluvionali e fluvioglaciali per spessori imponenti, di natura prevalentemente granulare nei primi 30 – 40 m, successivamente costituiti da alternanze di sabbia, ghiaie, limo ed argilla (quest'ultimi



prevalenti). Sono previste quindi fondazioni su pali di grande diametro.

In sintesi le principali criticità geologiche del tracciato T3 consistono:

- nel probabile attraversamento di importanti faglie a valenza regionale, fra cui la faglia della Val di Centa e faglia della Val Posina lungo la galleria Lavarone, oltre alla faglia della Marzola lungo l'omonima galleria, entrambe accompagnate da materiale intensamente brecciato per estensioni da definire;
- nella vicinanza dell'asse stradale (fra galleria Caldonazzo e Marzola) con l'accesso al parco minerario di Calceranica al lago;
- nella presenza di gallerie naturali molto lunghe e ad elevate coperture (>970 m la galleria Lavarone, > 1.350 m la Marzola) che rendono difficile un'attendibile ricostruzione stratigrafica in profondità e limitano l'acquisizione di dati geognostici;
- la presenza di alcune DGPV lungo la galleria Marzola, con particolare riferimento per quella fra le pk 39.900 – 43.300 che sembra spingersi sino al limite dell'imbocco settentrionale e potrebbe interferire con l'ultima parte della galleria .

#### 8.4 TRACCIATO T4

Inizia a Piovene Rocchette e termina a Besenello.

La lunghezza complessiva è di 39.300 m, di cui 28.907 m (74%) in galleria, 4.427 m (11,0%) in viadotto e 5.967 m (15,0%) in rilevato o trincea. Sono previsti svincoli a Velo d'Astico (pk 5.350) e Lastbasse (pk 18.750).

##### Da pk 0.000 a pk 23.350

Da Piovene Rocchette all'imbocco meridionale della galleria di valico Lavarone (pk 23.350) ricalca il tracciato T1.

##### Da pk 23.350 a pk 39.300

Superato l'imbocco della galleria di valico Lavarone (15.013 m) il tracciato T4 piega verso W attraversando l'Altopiano di Folgaria ed uscendo in Val d'Adige, poco a monte dell'abitato di Besenello. S'innesta sull'A22 del Brennero grazie al viadotto Adige (525 m) che scavalca la S.S.12, la ferrovia Verona – Brennero e lo stesso Fiume Adige, abbassandosi di quota sino al livello della piana.

In superficie affiora estesamente la successione mesozoica comprendente Dolomia Principale, Calcari Grigi, Rosso Ammonitico e Biancone, con locali coperture detritiche o di

origine glaciale. In zona d'imbocco, lato Besenello, la galleria di valico esce al margine di un'ampia conoide per poi intercettare i depositi alluvionali dell'Adige.

Numerosissimi ed ampi affioramenti sono riscontrabili sul terreno. Nel settore orientale si osservano prevalentemente Calcari Grigi e Biancone, mentre in quello occidentale la Dolomia Principale. Un fitto ed intricato reticolo di faglie orientate secondo due sistemi fra loro normali, NE-SW e NW-SE, scompone la roccia in blocchi variamente dislocati rendendo difficile una precisa ricostruzione stratigrafica in profondità. Da segnalare, oltre alla linea di Posina ubicata poche centinaia di metri dopo l'imbocco lato Besenello, la faglia della Val di Gola, un importante retroscorrimento che, sebbene rimanga più a nord del tracciato, potrebbe intercettare comunque la galleria.

Il tracciato rimane valle e ad una distanza di circa 600 m rispetto al lago di Lavarone.

Le indagini sono rappresentate dal sondaggio S27 profondo 70 m, allegato al progetto a base di gara ed integrato da prove in sito (dilatometriche) e di laboratorio su campioni. L'intera perforazione si sviluppa entro la Dolomia Principale con valori di RQD mediamente variabili fra il 60 – 75%, e che possono essere ritenuti rappresentativi del litotipo in argomento. Nel corso del sondaggio è stato intercettato anche un filone vulcanico.

Sulla piana alluvionale dell'Adige sondaggi della PAT sono impostati in materiali sciolti che hanno, almeno sino alle massime profondità indagate, (30 – 40 m) composizione prevalentemente ghiaioso - sabbiosa.

Poco distante dall'asse stradale, ed a soli 120 m da una ripida parete rocciosa in Dolomia, il sondaggio S25, allegato al progetto a base di gara e profondo 27 m, si sviluppa anch'esso interamente in ghiaie e sabbie.

Come anticipato nella descrizione degli altri tracciati, in Val d'Adige lo spessore del materasso alluvionale è imponente, ed il substrato si abbassa repentinamente già a partire dai fianchi vallivi.

La galleria Lavarone verrà scavata con sistema meccanizzato utilizzando una HRTBM. Le coperture sono importanti e vanno da valori attorno a 600 m nella parte orientale a punte attorno a 1.400 m nel settore occidentale. La macchina nella parte orientale del tracciato attraverserà la Dolomia Principale, che soggiace ai Calcari Grigi e Biancone. Queste formazioni, a meno di dislocazioni tettoniche aventi rigetti impreveduti, non interessano gli scavi avendo potenze tali che si esauriscono sempre ben al di sopra della quota di progetto. Attorno alla pk 31.500, ovvero alla zona di più alta copertura, la Dolomia affiora direttamente in campagna. Gli spessori attribuiti in letteratura a questa formazione portano ad ipotizzare che un tratto esteso per circa 2.500 – 3.000 m potrà interessare le Formazioni sottostanti, che però non affiorano in zona e pertanto non sono identificabili in maniera inequivocabile. Nel profilo geologico sulla base di dati bibliografici si è ipotizzato che tali

Formazioni possano essere il Raibl, Dolomia del Sindech, Calcari della Val di Gola e Marne della Val di Centa. Note le ripercussioni che possono avere, a carico di una TBM, eventuali imprevisti geologici, tale aspetto dovrà essere maggiormente indagato nelle fasi progettuali successive.

L'imbocco settentrionale della galleria Lavarone, che ricade in depositi di conoide, verrà risolto con una paratia tipo berlinese.

Il viadotto Adige, interamente impostato in depositi alluvionali, avrà fondazioni su pali di grande diametro.

In sintesi le principali criticità geologiche del tracciato T4 sono:

- presenza di numerose dislocazioni tettoniche fra cui la faglia di Posina e, lungo la parte occidentale della galleria in condizioni di elevata copertura, la faglia della val di Gola;
- elevate coperture (sino ad oltre 1.400 m) rendono difficile un'attendibile ricostruzione stratigrafica in profondità e limitano l'acquisizione di dati geognostici. In particolare attorno alla pk 31.500 un tratto esteso circa 2.500 – 3.000 m potrebbe interessare Formazioni sottostanti la Dolomia Principale caratterizzate da scadenti proprietà geomeccaniche e che affiorano sporadicamente ed in modo non esteso in superficie. Questi aspetti dovranno essere valutati attentamente ai fini dello scavo con HRTBM;

### 8.5 TRACCIATO T5

Inizia a Piovene Rocchette e termina a Rovereto sud.

La lunghezza complessiva è di 40.850 m, di cui 32.071 m (79%) in galleria, 3.368 m (8,0%) in viadotto e 5.412 m (13,0%) in rilevato o trincea. Sono previsti svincoli a Velo d'Astico (pk 5.350) e Posina (pk 13.200).

#### Da pk 0.000 a pk 7.000

Da Piovene Rocchette alla pk 7.000 ricalca il tracciato T1.

#### Da pk 7.000 a pk 13.200

Poco prima del paese di Velo d'Astico il tracciato T5 piega verso W, allontanandosi dal tracciato T1. L'Astico e la SP 350 della Valsugana vengono superati con il viadotto Arsiero (475 m) che, seguito da un tratto lungo circa 170 m con rilevati alti 10 – 12 m, immette nella

galleria Monte Caviojo (3.671 m). Quest'opera mette in comunicazione la Valdastico con la valle del Torrente Posina. A seguire il viadotto Posina (200 m), che mostra su ambo i lati brevi tratti in rilevato di altezza metrica, e la galleria Castana (460 m), che attraversa un rilievo attorno al quale gira la Val Posina. Dopo la galleria, ed all'interno dell'incisione valliva, si trova lo svincolo di Posina, mentre il tracciato principale prosegue verso O scavalcando ancora una volta il Torrente Posina (viadotto Castana da 200 m).

Tutto il settore è caratterizzato da diffusi affioramenti di Dolomia Principale, interrotti solo dai depositi alluvionali o fluvioglaciali che occupano interamente le piane alluvionali. Faglie orientate prevalentemente NW-SE, più raramente N-S, solcano i rilievi montuosi e, in diversi casi contribuiscono, con la loro azione demolitrice, alla genesi delle conoidi detritiche.

Le indagini disponibili sono rappresentate dai sondaggi allegati al progetto a base di gara. Fra questi si segnala l'S8, profondo 40 m, in corrispondenza del viadotto Arsiero ed interamente impostato in ghiaie e sabbie. Lungo il Rio Freddo e la Val Posina sono stati censiti alcuni pozzi per acqua profondi 20 – 25 m interamente impostati in materiali sciolti.

La galleria Monte Caviojo si sviluppa per larga parte nella Dolomia Principale. Fa eccezione la zona all'imbocco orientale dove un tratto di circa 400 m permane in depositi fluvioglaciali prevalentemente granulari, a cementazione variabile, con coperture estremamente modeste (5 – 10 m). Si segnala inoltre la presenza di fabbricati in cui lo scavo della galleria potrebbe arrecare pregiudizio. Altrove la copertura resta molto variabile, passando da valori massimi nell'ordine di 550 m a minimi di circa 6 – 7 m. Proprio nel tratto con copertura 6-7 m, esteso per circa 300 m attorno alla pk 11.500, viene attraversata la valle del Rio Freddo, dove si ritiene assai probabile che lo scavo avverrà in materiali sciolti sotto falda. La galleria Castana è interamente in Dolomia con coperture comprese fra 30 – 80 m. Entrambe le gallerie naturali verranno scavate con sistema tradizionale adottando sezioni con chiodature radiali o centine e spritz. Un preconsolidamento al contorno con infilaggi metallici potrà essere previsto in zona d'imbocco e nell'attraversamento delle zone di faglia. I tratti a modesta copertura ed in materiali sciolti (galleria Monte Caviojo) determinano oggettive difficoltà tecniche e dovranno essere particolarmente indagati in una fase progettuale successiva. In questa fase è previsto un preconsolidamento del contorno e del fronte di scavo.



Figura 8-8. La valle del Rio Freddo in corrispondenza dell'attraversamento della galleria Caviojo. In primo piano un pozzo per acqua. La foto guarda verso S.

L'imbocco meridionale della galleria Monte Caviojo ricade in corrispondenza di depositi alluvionali e richiede un approccio con berlinese. L'imbocco settentrionale della stessa galleria e i due imbocco della galleria Castana, possono essere affrontati in attacco diretto.

Il viadotto Astico, il viadotto Castana ed il Posina interessano depositi fluvioglaciali il primo, alluvionali gli altri due. In ogni caso si tratta di materiali prevalentemente ghiaioso sabbiosi per spessori superiori a quelli indagati. Per le opere sono state previste fondazioni su pali di grande diametro.

#### Da pk 13.200 a pk 25.040

Per effetto della complessa orografia il tracciato T5 piega verso NW con una successione di gallerie che vengono a giorno in corrispondenza di incisioni secondarie orientate circa NE-SW scavalcate da brevi viadotti. In particolare: galleria Monte Gamonda (1.740 m), viadotto Val Fioba (50 m), galleria Laghi (2.403 m), viadotto Valle dell'Inferno (40 m) ed, infine, la galleria Monte Colombara (7.200 m) che scavalca lo spartiacque fra Veneto e Trentino raggiungendo la valle del Torrente Terragnolo.

In questo ampio settore affiora estesamente la Dolomia Principale; fa eccezione il tratto compreso fra le pk 15.150 - 18.500, dove depositi glaciali ed una estesa coltre detritica e di paleofrana occultano il substrato. Attenti rilievi di campagna hanno permesso di riscontrare, in quest'ambito, affioramenti riferibili a vulcaniti indifferenziate del Ladinico, essenzialmente Andesiti, Rioliti e Daciti, a tratti a contatto con la Dolomia Principale.

Attorno alla pk 21.000 affiora la Formazione dei Calcari Grigi, la cui quota di rinvenimento e potenza sono tali da escluderne la presenza in galleria. Rappresentano comunque un utile marker in quanto permettono di individuare il tetto della Dolomia Principale.

Sono presenti diverse faglie orientate NE-SW e NW-SE, alcune delle quali solcano e delimitano la coltre detritica e di paleofrana sopra citata e, con la loro azione demolitrice, hanno concorso alla genesi delle estese coperture. Probabilmente hanno rappresentato anche vie di risalita per le colate, e/o hanno favorito l'instaurarsi di paleodepressioni nelle quali le lave si sono depositate ed accumulate. L'elevato grado di fratturazione generale della roccia è evidente dai rilievi di campagna e dal modesto volume roccioso unitario degli affioramenti.

Nel tratto in argomento non sono state reperite indagini utili per la progettazione.

La galleria Monte Gamonda, prevista con sistema tradizionale, si sviluppa interamente in Dolomia Principale. La copertura varia fra 25 e 125 m, con una punta minima di circa 10 m attorno alla pk 14.500 ed estesa per un tratto di circa 300 m. Qui in superficie sono presenti depositi detritici che potrebbero anche estendersi sino ad interessare gli scavi. Le sezioni previste prevedono chiodature radiali al contorno e centine e spritz. Preconsolidamenti in calotta saranno limitati alle zone d'imbocco ed all'attraversamento delle fasce di disturbo tettonico.

La galleria Laghi verrà scavata con sistema meccanizzato adottando la medesima HRTBM prevista per la successiva, e ben più lunga, galleria Monte Colombara. La scarsità di affioramenti pone diversi interrogativi sulla natura dei materiali lungo quest'opera. In base ai riscontri di campagna è prevista la presenza di vulcaniti indifferenziate lungo tutta l'opera. Le coperture variano fra 90 e 135 m con valori minimi attorno a 30 – 50 m in vicinanza dell'imbocco occidentale.

La galleria Monte Colombara verrà scavata con sistema meccanizzato utilizzando la medesima macchina della vicina galleria Laghi. Anche in questo caso la scarsità di affioramenti sul lato orientale, le elevate coperture presenti, la successione stratigrafica rilevata e gli spessori (noti da bibliografia) delle singoli formazioni pongono diversi interrogativi sui materiali presenti in profondità. A complicare la situazione ci sono sistemi di faglie che rendono ancora più difficile la comprensione dei rapporti laterali fra blocchi diversamente dislocati. In questa fase si ritiene probabile uno scavo parte in Dolomia Principale e parte in Vulcaniti indifferenziate, sulle quali poggerebbe la stessa Dolomia.

Da segnalare l'elevato contenuto in silice (55 – 75%) delle vulcaniti, con conseguente ed elevato rischio di usura per gli utensili di scavo della TBM.

Gli imbocchi della galleria Gamonda sono in roccia affiorante e possono essere risolti in attacco diretto. Quelli delle gallerie Laghi e Monte Colombara sono occultati da depositi

detritici o lacustri e richiedono una paratia di contenimento tipo berlinese.

I viadotti Val Fioba e Valle dell'Inferno ricadono in depositi glaciali il primo e detritici il secondo. Mancando riferimenti geognostici precisi non ne sono noti gli spessori ma, da sopralluoghi in sito e vedendo la modesta ampiezza delle valli, si ritiene probabile che essi abbiano potenza relativamente modesta. Potranno quindi essere previste fondazioni su pali di grande diametro che andranno ad intestarsi nel substrato roccioso.

#### Da pk 25.040 a pk 29.700

Con la galleria Monte Colombara il tracciato T5 esce nella valle del Terragnolo, rimanendo sempre confinato sulla sponda meridionale. L'orografia impone una serie di brevi gallerie, separate da tratti all'aperto posti prevalentemente in scavo o a mezza costa, con piccoli viadotti che scavalcano incisioni secondarie, affluenti del Terragnolo ed orientate circa N-S.

Si hanno quindi la galleria Geroli (1.348 m), un tratto all'aperto di circa 410 m, la galleria Ronco (1.493 m), un ulteriore tratto all'aperto di 650 m, la galleria Il Corno (1.190 m) cui segue il viadotto Della Zal (90 m). Quest'opera immette nella galleria Boccaldo.

Il settore in argomento presenta particolari difficoltà sia dal punto di vista tecnico che logistico.

Geologicamente affiora la Dolomia Principale cui si sovrappongono però, al piede e lungo i versanti, ampie plaghe di depositi glaciali il cui spessore è in molti casi da metrico a deca metrico. Essi poggiano sul substrato roccioso e sono profondamente incisi dal Terragnolo. In più punti, specie in corrispondenza degli assi di corrivazione principali e secondari, sono interessati da fenomeni di erosione accelerata a tratti anche molto spinti. Su tali fenomeni erosivi sono spesso impostati gli imbocchi delle gallerie ed i tratti all'aperto. Tale contesto è evidente nel tratto fra le gallerie Ronco e Corno, ed in misura ancora maggiore in corrispondenza del viadotto Della Zal.

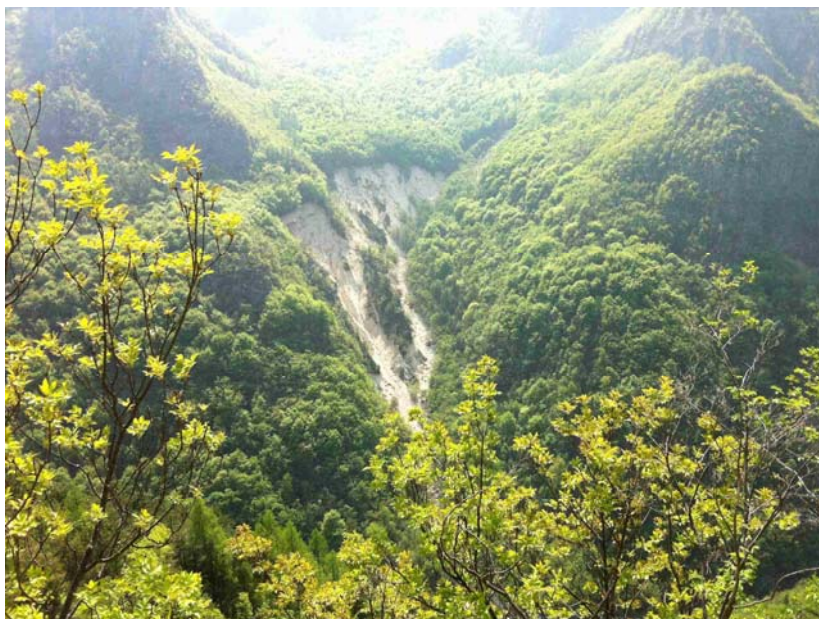


Figura 8-9. Il versante meridionale del Terragnolo in corrispondenza del tratto compreso fra galleria Corno e Boccaldo, con interposizione del viadotto Della Zal. Sono evidenti fenomeni di erosione accelerata a carico dei depositi glaciali.

Dal punto di vista tettonico prevalgono direttrici sceldensi (NW-SE) a conferma del fatto che, secondo quanto si evince da bibliografia, in quest'area sembra posizionarsi la linea Schio - Vicenza. Ad ulteriore conferma sul terreno, in più punti, si riscontra un elevato grado di fratturazione a carico degli ammassi rocciosi che hanno volume roccioso unitario modesto e spiccata tendenza all'instabilità e/o caduta massi.

Le gallerie Geroli, Ronchi ed il Corno hanno caratteristiche comuni. Sono previste in tradizionale, e verranno scavate in larga parte entro la Dolomia. In più parti però, non solo in zona d'imbocco ma anche nelle tratte a minore copertura, interesseranno i depositi glaciali (ghiaie e sabbie) che ricoprono il piede dei versanti. La galleria Geroli ha coperture massime attorno a 40 m, con valori minimi anche inferiori a 10 m e per tratti estesi sino a 100 – 250 m in vicinanza degli imbocchi. La galleria Ronco ha copertura massima attorno a 95 m con punte minime attorno a 10 m (o inferiori) estese per un tratto di circa 350 m all'imbocco orientale. La galleria Il Corno ha coperture medie attorno a 30 – 50 m.

Le problematiche esecutive non sono trascurabili e risiedono nella mancanza di vie d'accesso ai lavori (versante meridionale del Terragnolo) nell'insufficiente rete viaria della zona, nelle basse coperture, nelle locali condizioni di parietalità e nella presenza di materiali sciolti. In questa fase in galleria sono state previste sezioni con centine e spritz, e sezioni con preconsolidamenti del fronte e del contorno di scavo nelle tratte in materiali sciolti.

I tratti all'aperto richiederanno opere di presidio e contenimento a monte, tirantate, e probabilmente opere di protezione come barriere paramassi. Saranno auspicabili interventi



di bioingegneria per ridurre o mitigare i fenomeni erosivi.

Per il viadotto Della Zal saranno necessarie fondazioni indirette su pali di grande diametro. Le pile di fondazione dovranno comunque essere protette da possibili dissesti a monte. Non si esclude la necessità di dover ricorrere a fondazioni su pozzo.

Le notevoli problematiche di questo tratto dovranno essere meglio analizzate e risolte in una fase progettuale successiva. Una soluzione potrebbe essere quella di spostare verso l'interno il tracciato, attraversando l'intero settore in galleria.

#### Da pk 29.700 a pk 40.850

Il tracciato T5 piega a SW con due lunghe gallerie, la Boccaldo (5.285 m) che collega la Valle del Terragnolo con la Valle del Torrente Leno, e la Monte Marco (4.833) che unisce la Val di Leno con la Val d'Adige. In corrispondenza dell'attraversamento del Torrente Leno è previsto l'omonimo viadotto da 80 m, mentre in Val d'Adige il viadotto Marco (910 m) porta la livelletta stradale al livello della piana alluvionale dove s'innesta all'A22 del Brennero.

Nel settore in argomento affiorano estesamente la Dolomia Principale ed i soprastanti Calcari Grigi, con ampi depositi detritici, locali coperture di depositi glaciali, e depositi alluvionali sul Torrente Leno e sulla piana dell'Adige. Reticoli di faglie orientati N-S e NW-SE sono indicati nella cartografia geologica.

Lungo il versante che si affaccia sulla Val d'Adige gli strati mostrano giacitura a franapoggio rispetto al versante; da ciò deriva l'estesa presenza di coltri detritiche puntualmente riscontrate anche in asse progetto nella parte occidentale della galleria Monte Marco. La giacitura degli strati potrebbe creare fenomeni d'instabilità (scivolamenti su strato) resi peraltro evidenti dalla diffusa presenza delle stesse coltri detritiche e dalla vicinanza con la frana dei Lavini di Marco.

Pochissime le indagini disponibili in questo settore, rappresentate dai sondaggi della PAT. Sono concentrati nella piana alluvionale dell'Adige dove mostrano, sino alle massime profondità indagate (20 m), materiali prevalentemente granulari (ghiaie e sabbie con locali intercalazioni di limo). Fa eccezione il sondaggio n° 3586 che alla profondità di 17,60 m riscontra il substrato roccioso in facies di Rosso Ammonitico.

La galleria Boccaldo sarà scavata con sistema meccanizzato adottando la medesima macchina utilizzata per la galleria Monte Marco. L'opera si sviluppa interamente in Dolomia Principale mentre i calcari Grigi, che affiorano estesamente in superficie, non hanno potenza sufficiente per interessare lo scavo. Nei tratti a minore copertura lo scavo potrà intercettare materiali sciolti di origine glaciale. La copertura in calotta varia fra 170 – 440 m, con valori minimi compresi fra 10 – 40 m nei primi 850 m circa (pk 29.680 – 30.550) ed attorno alle pk

31.000 - 31.500 in corrispondenza di alcune incisioni originate in corrispondenza di lineazioni tettoniche. Da segnalare in particolare, attorno alla pk 30.430, un tratto in cui la calotta fuoriesce dal piano campagna e si prevede un intervento tipo protesi.

La galleria Monte Marco, scavata con sistema meccanizzato, si sviluppa in buona parte nella Dolomia Principale. La giacitura a franapoggio comporta, per un tratto di circa 1.200 m all'imbocco occidentale, l'attraversamento dei Calcari Grigi. Le coperture massime sono superiori a 1.000 m in zona centrale, e degradano costantemente sino alle zone d'imbocco. E' interessante osservare la diversa asimmetria del versante attraversato della galleria imputabile, a parità di assetto geologico, alla diversa giacitura degli strati; il lato disposto a franapoggio ha infatti una pendenza che è il riflesso dell'inclinazione degli strati.

L'imbocco meridionale della galleria Boccaldo, in depositi lacustri ed in presenza di fenomeni di erosione accelerata, verrà risolto con una paratia tirantata. Analogamente con paratia sarà l'imbocco occidentale della galleria Monte Marco, anch'essa in una coltre di depositi glaciali affacciati sulla Val d'Adige. Gli imbocchi sul Torrente Leno saranno in attacco diretto nella Dolomia affiorante. Da segnalare le difficoltà di accesso alla profonda incisione del corso d'acqua.

Per il viadotto Leno in assenza di informazioni geognostiche sono previste fondazioni su pali che probabilmente andranno ad intestarsi nel sottostante substrato roccioso. Per il viadotto sull'Adige sono previste fondazioni su pali di grande diametro.

In sintesi le principali criticità geologiche del tracciato T5 sono:

- ampi tratti in galleria, con sistema tradizionale, si trovano in condizioni di parietalità e/o bassa copertura in presenza di materiali sciolti (galleria Monte Caviojo lungo l'attraversamento del Rio Freddo attorno alla pk 11.500, Monte Gamonda attorno alla pk 14.500, buona parte delle gallerie Geroli, Ronchi e Corno) e talvolta anche di vincoli in superficie (galleria Monte Caviojo all'imbocco lati Astico);
- è possibile un'interferenza con l'importante faglia regionale Schio Vicenza, la cui precisa ubicazione dovrà essere verificata nella successiva fase progettuale;
- sulla gallerie Laghi e Monte Colombara vi sono significative incertezze geologiche dovute alla presenza di estese coperture, rinvenimento di locali affioramenti lavici, elevata tettonizzazione con faglie che rendono incerta e complessa la successione laterale;
- sempre la galleria Laghi, e parzialmente anche la Monte Gamonda (entrambe previste con TBM) potrebbero attraversare lave aventi elevato contenuto in silice. Da ciò deriva un'elevata usura degli utensili di scavo con conseguente incremento di

tempi e costi esecutivi;

- nel tratto fra le pk 24.040 – 29.700 oltre alle basse coperture delle gallerie Geroli, Ronchi e Corni, si segnala la presenza di fenomeni di erosione accelerata che coinvolgono gli imbocchi delle stesse gallerie, i tratti all'aperto ed il viadotto Della Zal. Inoltre lo stesso tratto è poco accessibile, difficilmente indagabile con sondaggi e privo di una valida rete viaria;
- elevate coperture (sino ad oltre 1.000 m) sulla galleria Monte Marco rendono difficile un'attendibile ricostruzione stratigrafica in profondità e limitano l'acquisizione di dati geognostici;
- la parte settentrionale della galleria Monte Marco interessa un versante con strati disposti decisamente a franapoggio che potrebbero dare origine a fenomeni d'instabilità;
- la forra del Torrente Leno, fra le gallerie Boccaldo e Monte Marco, è di difficile accesso.

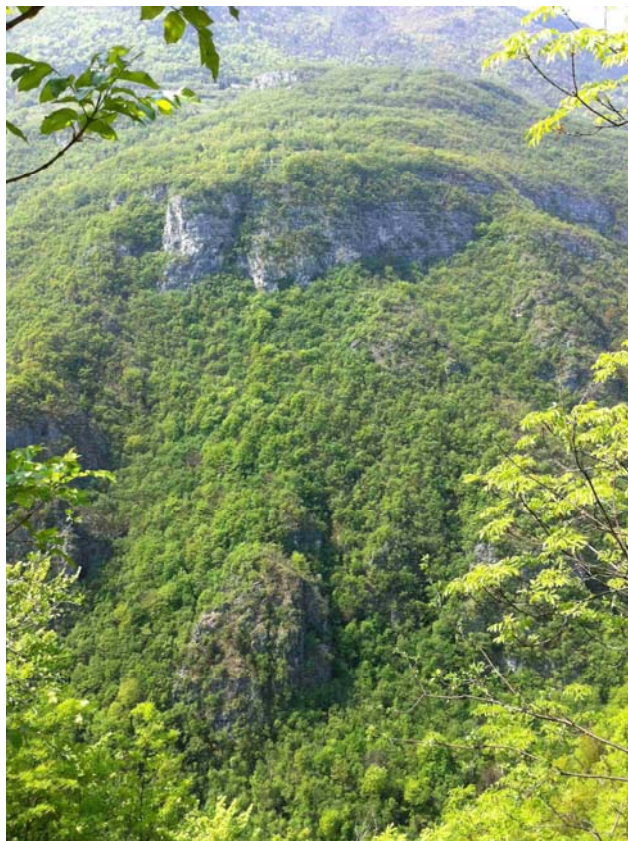


Figura 8-10. Una parziale veduta della profonda incisione del Torrente Leno in prossimità dell'attraversamento stradale.

Le criticità del tratto T5, almeno così come concepito, sono tali e importanti da determinare

condizioni al limite della fattibilità geologica. Un miglioramento sarebbe possibile, spostando all'interno il tracciato limitando, per quanto possibile, di uscire all'esterno fra le pk 25.040 – 29.700. Ciò comporta però un sensibile aumento dei tratti in sotterraneo e la previsione di gallerie molto più lunghe rispetto quelle attuali.

### 8.6 TRACCIATO T6

Inizia a Piovene Rocchette e termina a Trento nord.

La lunghezza complessiva è di 55.000 m, di cui 41.464 m (75%) in galleria, 5.062 m (9,0%) in viadotto e 8.474 m (16,0%) in rilevato o trincea. Sono previsti svincoli a Velo d'Astico (pk 5.350), Lastebasse, (pk 18.750), Caldonazzo (pk 31.500) e di interconnessione alla A22 (pk 43.000 e pk 55.000).

#### Da pk 0.000 a pk 31.750

Da Piovene Rocchette alla pk 31.750 (attraversamento della Val di Centa e svincolo di Caldonazzo) ricalca il tracciato T3. Lievi differenze si segnalano solo nella parte terminale per il fatto che, all'imbocco settentrionale della galleria Lavarone (8.070 m), l'asse stradale è spostato verso ovest di 80 m rispetto al T3. Il viadotto Val di Centa in questa soluzione è lungo 260 m (contro i 336 m del T3).

#### Da pk 31.750 a pk 42.100

La galleria Sasso dell'Aquila (10.350 m) attraversa la Vigolana e congiunge la Val di Centa con la Val d'Adige. Fin dall'inizio piega verso W disponendo il tracciato T6 circa parallelo alla parte finale del tracciato T3, che rimane più a nord e da cui dista in linea d'aria circa 4,5 Km.

Con l'importante lineazione tettonica in corrispondenza della Val di Centa si abbandonano le coperture sedimentarie mesozoiche ed il tracciato penetra nei depositi Paleozoici del basamento metamorfico in facies di filladi. Procedendo verso ovest al basamento si sovrappongono coperture sedimentarie riferibili alla Formazione a Bellerophon, Formazione Werfen e Dolomia Principale, quest'ultima affiorante in maniera estesa. Gli strati mostrano una tipica giacitura a franapoggio con immersione verso ovest compresa fra 10 e 20° circa.

Tettonicamente sembra essere un settore relativamente poco disturbato, anche se tale aspetto dovrà essere meglio approfondito in una fase progettuale successiva. Tolta la faglia della Val di Centa non vengono intercettate linee tettoniche di importanza regionale (anche la faglia della Marzola resta a nord).

Allo sbocco in Val d'Adige al piede dei versanti vi sono depositi alluvionali o fluvio-glaciali.

Attorno alla pk 34.000 il tracciato T6 rimane circa 300 m a sud rispetto all'area che delimita la complessa ed articolata attività mineraria di Calceranica e del Torrente Mandola. Tale aspetto dovrà essere approfondito nella fase progettuale successiva.

Le indagini disponibili sono i sondaggi del database della PAT. Vale la pena segnalare il n° 3791, profondo 70 m ed intestato in una alternanza di calcari alterati e fratturati con siltiti di colore ocra o cenere attribuibili alla Formazione Werfen. Nelle vicinanze del sondaggio è ubicata la stazione geostrutturale SG4, che conferma la presenza della Formazione Werfen.



Figura 8-11. Formazione Werfen. Stazione geostrutturale SG4 all'altezza della pk 36.250, tracciato T6.

A valle rispetto l'imbocco lato Adige della galleria si segnalano i sondaggi n°3859 – 3860, profondi rispettivamente 30 e 24 m, ubicati al piede del versante e che si sviluppano interamente in ghiaie prevalenti con intercalazioni di limo o limo argilloso.

La presenza di affioramenti filladici rende possibili soluzioni in attacco diretto per l'imbocco orientale della galleria Sasso dell'Aquila mentre in quello occidentale, affacciato sull'Adige, una coltre di depositi fluvio-glaciali consiglia una soluzione con paratia. Qui gli abitanti del luogo riportano la presenza di alcuni fenomeni franosi risalenti agli anni 50 – 60.

La galleria Sasso dell'Aquila verrà scavata con sistema meccanizzato utilizzando una HRTBM che, dalle prime stime, per circa 8.000 m attraverserà le filladi e per i rimanenti 2.000 m circa calcari, dolomie, siltiti ed arenarie. E' possibile la presenza di banchi di gesso. Le coperture sono comprese fra 200 – 300 m nella parte iniziale della galleria e in corrispondenza del basamento metamorfico. In corrispondenza dei depositi sedimentari la maggior competenza

e minore erodibilità della roccia determinano pendenze e coperture più accentuate; quest'ultime raggiungono il valore massimo di circa 1.200 m alla pk. 39.400 circa.

Da pk 42.100 a pk 44.200

Il tratto in argomento è relativo all'attraversamento della Valle del Fiume Adige, che avviene con direzione NNE-SSW. Il viadotto Adige I (450 m) supera la S.S. 12 e la ferrovia Verona Brennero. Attorno alla pk 43+00 è prevista l'interconnessione con l'A22 del Brennero, oltre a due ponti (Gottarda I e Gottarda II) lunghi 50 m ciascuno. La restante parte dell'attraversamento avviene su rilevati, di cui sarà garantita la trasparenza idraulica, alti mediamente 6 – 8 m.

Tutta la piana alluvionale dell'Adige è occupata da depositi alluvionali il cui spessore è nell'ordine di alcune centinaia di metri e, almeno nella parte superficiale, hanno composizione prevalentemente granulare.

Le indagini disponibili sono i sondaggi della banca dati della PAT. Fra questi vale la pena citare i n° 3854-3855-3856-283-284, in vicinanza della sponda sinistra, che attraversano alternanze di ghiaie, sabbie e sabbie limose sino alle massime profondità indagate (30 m).

In presenza di materiali sciolti per ponti e viadotti verranno previste fondazioni su pali di grande diametro.



Figura 8-12. Il versante sinistro della Val d'Adige visto dall'interconnessione con l'A22, pk 43.000 circa.

Da pk 44.200 a pk 55.000

Superata la piana del Fiume Adige il tracciato T6 ruota verso nord e s'immerge nella galleria Bondone (9.150 m). L'opera permette di aggirare la città di Trento evitando qualsiasi interferenza con la città e le numerose infrastrutture nell'intorno.

All'uscita della galleria un tratto in rilevato lungo circa 280 m ed alto 5 – 7 m immette nel viadotto Adige II (350 m), Segue un ulteriore rilevato lungo oltre 900 m che, con altezze decrescenti (massimo circa 7 m) porta gradualmente l'asse stradale all'interconnessione di pk 55.000 con l'A22 del Brennero.



Figura 8-13. Imbocco settentrionale galleria Bondone.

Geologicamente questo settore risulta particolarmente complesso. Nei quadranti meridionali e centrali la successione stratigrafica è governata dall'anticlinale del Monte Bondone con termini riferibili alla Dolomia Principale e sottostanti Calcari della Val Gola, Formazioni di Giovo e del Contrin, ed ancora il Werfen. Nei quadranti settentrionali motivi tettonici determinano un ringiovanimento della serie, tanto che affiorano i termini che stanno al di sopra della Dolomia Principale, ed in particolare i Calcari Grigi, Rosso Ammonitico, Biancone, Scaglia, Formazione di Chiusole e Calcareniti eoceniche.

Il tracciato termina in Val d'Adige dove affiorano depositi alluvionali.

Tettonicamente prevalgono sistemi con direzione giudicariense (NE-SW) con anche lineazioni importanti a valenza regionale.

Le indagini disponibili sono i sondaggi della banca dati della PAT, concentrati però nella piana

dell'Adige. Non si hanno riscontri geognostici validi per la parte in sotterraneo.

Gli imbocchi della galleria ricadono in depositi alluvionali o fluvioglaciali che coprono il piede dei versanti e richiedono un'opera di presidio tipo paratia berlinese. In corrispondenza dell'imbocco meridionale si segnala la presenza di un'attività estrattiva, mentre in quello settentrionale un significativo pericolo di caduta massi.

La galleria verrà scavata con sistema meccanizzato utilizzando una HRTBM. Lo scavo attraverserà prevalenti calcari e dolomie, da poco fratturati a brecciati, delle Formazioni comprese fra il Werfen ed il Biancone, forse la Scaglia. Termini più recenti saranno confinati al di sopra della galleria. Le coperture medie si attestano attorno ai 300 – 400 m con valore massimo di 760 m alla pk 49.770 circa e minimo di circa 140 - 180 m in corrispondenza di alcuni attraversamenti vallivi alla pk 44.800 – 45.650 - 48.000 circa. Condizioni di relativamente modesta copertura si hanno nel tratto finale con una punta minima di circa 30 m alla pk 52.900.

In sintesi le principali criticità geologiche del tracciato T6 sono:

- lungo le principali gallerie condizioni di elevata copertura (Lavarone 650 – 950 m, Sasso dell'Aquila 1.200 m, Monte Bondone 400 – 760 m) rendono difficile prevedere l'esatta successione stratigrafica e limitano l'efficacia delle indagini geognostiche;
- la galleria Sasso dell'Aquila passa a modesta distanza dall'area interessata dall'ex attività mineraria di Calceranica e torrente Mandola, con la quale potrebbe anche interferire. Tale aspetto dovrà essere adeguatamente approfondito in una successiva fase progettuale;
- lungo la galleria Monte Bondone si segnala la presenza di numerose ed importanti linee tettoniche a valenza regionale ed orientazione giudicariense, oltre ad una certa complessità stratigrafica;
- l'imbocco sud della galleria Monte Bondone ricade all'interno di un'area di cava, mentre l'imbocco nord è in corrispondenza di una parete rocciosa sulla quale incombe un pericolo di caduta massi.



## 9 CONCLUSIONI

La documentazione geologica allegata al presente progetto (relazione geologica, carta geologica e geomorfologica, carta idrogeologica, profili geologici) è stata redatta sulla base del carteggio allegato al progetto a base di gara, e di materiale bibliografico reperito presso Enti vari, Università, Comuni ecc.

Una valida integrazione è venuta dalle indagini geognostiche disponibili. Si tratta in particolare di:

- n° 28 sondaggi ubicati lungo la Valdastico, allegati al progetto a base di gara e relativi a campagne degli anni 1995 e 2005. Sono comprensivi di stratigrafie, prove in sito ed analisi di laboratorio su campioni rimaneggiati ed indisturbati.
- n° 244 sondaggi reperiti presso la banca dati del servizio geologico della Provincia Autonoma di Trento, ubicati in trentino in corrispondenza o nell'intorno dei tracciati selezionati. Sono comprensivi di stratigrafie, risultati prove SPT, indicazioni di eventuale strumentazione installata e profondità della falda idrica.

Sulla base delle informazioni disponibili è stata redatta una prima cartografia geologica, successivamente sottoposta a verifica ed integrazione tramite il lavoro di n° 4 squadre di rilevatori composte da n° 2 uomini ciascuna. I rilievi sono stati eseguiti nei mesi di marzo – aprile 2011, ed hanno interessato tutti i tracciati selezionati al fine di garantire un livello di conoscenza comune.

Il lavoro di campagna ha previsto anche l'esecuzione di rilievi geostrutturali con misura delle caratteristiche fisiche, meccaniche e geometriche delle rocce e delle relative discontinuità.

Il quadro emerso è ampiamente compatibile con il livello progettuale, ed ha permesso la stesura dei profili geologici, dei profili geotecnici e geomeccanici, di valutare l'interazione opere terreni, di affinare ed adeguare i tracciati e le opere, di individuare le caratteristiche essenziali e le maggiori criticità di ogni tracciato e delle opere principali.

Dal punto di vista geologico generale la successione stratigrafica è rappresentata da formazioni rocciose di età compresa tra il Carbonifero ed il Miocene, ricoperte da termini quaternari continentali riconducibili essenzialmente a depositi morenici, fluvio – glaciali e fluviali e di versante.

Come si evince da quanto sopra riportato la successione dei terreni che interessano le opere è piuttosto ampia ed abbraccia un vasto arco temporale. In realtà i depositi su cui insistono la maggior parte delle opere sono la Dolomia Principale, le filladi del basamento metamorfico, le vulcaniti della piattaforma porfirica atesina, depositi detritici, alluvionali o

fluvioglaciali per i tratti all'aperto o agli imbocchi delle gallerie. Altri calcari, calcareniti o dolomie di età mesozoica o terziaria interessano tratte relativamente modeste.

Dal punto di vista geomorfologico va ricordata la presenza di fenomeni carsici a carico dei depositi calcarei e, in misura minore, dolomitici, con forme ipogee ed epigee anche importanti (gli altopiani di Lavarone. Sette Comuni e Folgaria sono classici esempi di unità carsiche) e la presenza di accumuli di antica frana (paleofrane) localizzate in Valdastico ed in sponda sinistra della Val d'Adige. Da segnalare anche due deformazioni gravitative profonde (DGPV) che interessano il substrato in facies di filladi. La prima si affaccia sul lago di Caldonazzo, la seconda in Val d'Adige.

Dal punto di vista strutturale l'area di studio rappresenta la porzione meno deformata del Sudalpino. Pronunciate e frequenti strutture tettoniche sono invece presenti nei settori immediatamente adiacenti, dove le manifestazioni vulcaniche risultano molto meno ampie o assenti. Si riconosce infatti al potente complesso vulcanico atesino una azione di protezione di questo settore di catena nei confronti degli eventi tettonici.

La struttura tettonica è dominata da due principali elementi separati dal Fiume Adige. Ad ovest strutture giudicariensi, caratterizzate da sovrascorrimenti e strutture transpressive aventi direzione circa NE-SW. Ad est sovrascorrimenti orientati circa SW-NE, vergenti a sud, come la linea della Valsugana, e faglie trascorrenti con andamento NW-SE del sistema scledense (faglia Schio Vicenza).

Le principali lineazioni tettoniche regionali che interferiscono con i tracciati in studio sono:

- linea Trento – Roncogno;
- linea del Calisio;
- sistema della Valsugana;
- Linea della Marogna;
- linea della Val di Centa.
- sistema delle Giudicarie;
- sistema Scledense e faglia Schio Vicenza;
- linea della Val di Gola.

Sulla base della carta geologica e dei profili geologici, cui si rimanda per maggiori dettagli, sono state individuate le principali criticità che interessano i singoli tracciati. Esse sono in particolare:

### Tracciato T1 e T2:

- attraversamento di alcune faglie a valenza regionale lungo la galleria San Vito (faglia della Marzola e, probabilmente, linea Trento Roncogno), accompagnate da materiale intensamente brecciato per estensioni da definire;
- vicinanza dell'asse stradale con l'attività mineraria sviluppata lungo la valle del torrente Mandola, che potrebbe anche interferire con le opere in sotterraneo;
- presenza di gallerie naturali molto lunghe e ad elevate coperture (>670 m la galleria Lavarone, > 660 m la S. Vito, > 500 m la S. Agnese) talvolta caratterizzate da sistemi dislocativi complessi e molto spinti (galleria S. Agnese), che rendono difficile un'attendibile ricostruzione stratigrafica in profondità e limitano l'acquisizione di dati geognostici;
- sempre in galleria presenza di alcuni tratti a bassa copertura con interessamento di materiali sciolti (sotto falda?);
- presenza di DGPV fra le pk 36.000 – 41.000 che però, stando ai dati acquisiti, sembrano rimanere ai lati del tracciato T1 con il quale non dovrebbero interferire;
- imbocco settentrionale della galleria S. Agnese ubicato nella piana alluvionale dell'Adige in materiali sciolti sotto il livello di falda;
- da approfondire l'interferenza fra le gallerie Lavarone e S. Agnese ed i laghi di Lavarone e S. Colomba;
- presenza di lave ad elevato contenuto in silice lungo la galleria S. Agnese, che determinano un elevato consumo degli utensili di scavo della TBM con conseguente aumento di costi e tempi realizzativi.

### Tracciato T3:

- probabile attraversamento di importanti faglie a valenza regionale, fra cui la faglia della Val di Centa lungo la galleria Lavarone, e faglia della Marzola lungo l'omonima galleria, entrambe accompagnate da materiale intensamente brecciato per estensioni da definire;
- prossimità dell'asse stradale (fra galleria Caldonazzo e Marzola) con l'accesso al parco minerario di Calceranica al lago;
- presenza di gallerie naturali molto lunghe e ad elevate coperture (>970 m la galleria Lavarone, > 1.350 m la Marzola) che rendono difficile un'attendibile ricostruzione stratigrafica in profondità e limitano l'acquisizione di dati geognostici;
- presenza di alcune DGPV lungo la galleria Marzola, con particolare riferimento per

quella fra le pk 39.900 – 43.300 che sembra spingersi sino all'imbocco settentrionale;

#### Tracciato T4

- possibile interferenza, lungo la parte occidentale della galleria di valico e in condizioni di elevata copertura, con la linea della Val di Gola;
- elevate coperture (sino ad oltre 1.400 m) rendono difficile un'attendibile ricostruzione stratigrafica in profondità e limitano l'acquisizione di dati geognostici. In particolare attorno alla pk 31.500 un tratto esteso circa 2.500 – 3.000 m potrebbe interessare Formazioni sottostanti la Dolomia Principale caratterizzate da scadenti proprietà geomeccaniche e che affiorano sporadicamente ed in modo non esteso in superficie. Questi aspetti dovranno essere valutati attentamente ai fini dello scavo con HRTBM;

#### Tracciato T5:

- ampi tratti in galleria, con sistema tradizionale, si trovano in condizioni di parietalità e/o bassa copertura in presenza di materiali sciolti ed anche di falda (galleria Monte Cavojo all'imbocco est e sull'attraversamento del Rio Freddo attorno alla pk 11.500, Monte Gamonda attorno alla pk 14.500, buona parte delle gallerie Geroli, Ronchi e Corno);
- possibile interferenza con la linea Schio Vicenza, la cui precisa ubicazione dovrà essere identificata nella successiva fase progettuale;
- sulla gallerie Laghi e Monte Colombara vi sono significative incertezze geologiche dovute alla presenza di estese coperture, rinvenimento di locali affioramenti lavici, elevata tettonizzazione con faglie che rendono incerta e complessa la successione laterale;
- la galleria Laghi, e parzialmente anche la Monte Gamonda (entrambe previste con TBM) potrebbero attraversare lave aventi elevato contenuto in silice. Da ciò deriva un'elevata usura degli utensili di scavo con conseguente incremento di tempi e costi esecutivi;
- nel tratto fra le pk 24.040 – 29.700 oltre alle basse coperture delle gallerie Geroli, Ronchi e Corni, si segnala la presenza di fenomeni di erosione accelerata che coinvolgono gli imbocchi delle stesse gallerie, i tratti all'aperto ed il viadotto Della Zal. Inoltre lo stesso tratto è poco accessibile, difficilmente indagabile con sondaggi e privo di una valida rete viaria;

- elevate coperture (sino ad oltre 1.000 m) sulla galleria Monte Marco rendono difficile un'attendibile ricostruzione stratigrafica in profondità e limitano l'acquisizione di dati geognostici;
- la forra del Torrente Leno, fra le gallerie Boccaldo e Monte Marco, è di difficile accesso.

Le criticità del tratto T5, almeno così come concepito, sono tali da determinare condizioni al limite della fattibilità geologica.

#### Tracciato T6:

- lungo le principali gallerie condizioni di elevata copertura (Lavarone 650 – 950 m, Sasso dell'Aquila 1.200 m, Monte Bondone 400 – 760 m) rendono difficile prevedere l'esatta successione stratigrafica e limitano l'efficacia delle indagini geognostiche;
- la galleria Sasso dell'Aquila si trova a poche centinaia di metri dalla zona interessata dall'ex attività mineraria di Calceranica e torrente Mandola;
- lungo la galleria Monte Bondone si segnala la presenza di linee tettoniche a valenza regionale ed orientazione giudicariense, oltre ad una certa complessità stratigrafica;
- l'imbocco sud della galleria Monte Bondone ricade all'interno di un'area di cava, mentre l'imbocco nord è in corrispondenza di una parete rocciosa caratterizzata da numerosi crolli.

## 10 BIBLIOGRAFIA

- M.Avanzini et alii (2010) – *Foglio Trento 060* - Carta geologica d'Italia 1:50.000 – ISPRA
- M.Avanzini et alii (2010) – *Note illustrative* - Carta geologica d'Italia 1:50.000 – Foglio Trento 060
- G.Barbieri et alii (2007) - *Foglio Asiago 082* - Carta geologica d'Italia 1:50.000 – ISPRA
- G.Barbieri et alii (2007) - *Note illustrative* - Carta geologica d'Italia 1:50.000 – Foglio Asiago 082
- A.Castellarin (1968) - *Foglio Schio 036* - Carta geologica d'Italia 1:100.000
- A.Castellarin (1968) - *Note illustrative* - Carta geologica d'Italia 1:100.000 – Foglio Schio 036
- G.Bartolomei (1969) – *Foglio Trento 021* – Carta geologica d'Italia 1:100.000
- G.Bartolomei (1969) - *Note illustrative* - Carta geologica d'Italia 1:100.000 - Foglio Trento 021
- M.Bassetti, A.Borsato (2005) – *Evoluzione geomorfologica della Bassa Valle dell'Adige dall'ultimo massimo glaciale: sintesi delle conoscenze e riferimenti ad aree limitrofe* – Studi Trent.Sci.Nat. – Acta Geol., 82
- A.Castellarin et alii (1996)– *La tettonica delle Dolomiti nel quadro della Alpi Meridionali* – Società Geologica Italiana – 78° Riunione Estiva
- A.Bosellini (1996) – *Geologia delle Dolomiti* – Casa ed. Athesia – pp.191
- L.Trevisan (1941) – *La struttura geologica dei dintorni di Trento* – Studi Trentini di Scienze Naturali – Rivista della Società di Studi per la Venezia Tridentina – Annata XXII, 1941 – XX, fasc.3