



**RINA**  
 ISO 9001 - ISO 14001  
 OHSAS 18001 - SA 8000  
 BEST<sup>®</sup> 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 ED INDAGINI DEL TRACCIATO SCELTO  
 Geologia e geomorfologia  
 Relazione

Progressivo

Rev.

05 06 01 001 A0

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Controllo	Approvazione	SCALA -
00	Agosto 2011	Prima Emissione	TECHNITAL	E. Fresia	A. Renso	NOME FILE 2505_050601001_0101 OPP_A0.doc
A0	Settembre 2011	Prima Emissione	TECHNITAL	E. Fresia	A. Renso	CM 2505 ELAB. 050601001001
						Fg. 0101 LIV. 0PP REV. A0

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

*Committente:*



*Progettazione:*

CONSORZIO RAETIA



PROGETTO PRELIMINARE

---

STUDI ED INDAGINI DEL TRACCIATO SCELTO

Geologia e geomorfologia

Relazione

**INDICE**

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>OGGETTO E SCOPO</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRATIGRAFICO</b>	<b>10</b>
	4.1 Assetto generale	10
	4.2 Sequenza stratigrafica	12
<b>5</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE</b>	<b>35</b>
	5.1 Assetto generale	35
	5.2 Assetto di interesse per il tracciato	41
	5.2.1 <i>Faglie di carattere regionale</i>	43
<b>6</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO</b>	<b>45</b>
	6.1 <b>ASSETTO GENERALE</b>	45
	6.2 <b>FENOMENI GRAVITATIVI</b>	47
<b>7</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE E RILIEVI</b>	<b>49</b>
	7.1 <b>Indagini pregresse</b>	49
	7.2 <b>INDAGINI PROGETTO PRELIMINARE</b>	55
	7.2.1 <i>Sismica a rifrazione</i>	56
	7.2.2 <i>Metodo magneto – tellurico MT</i>	57
<b>8</b>	<b>INTERPRETAZIONE INDAGINE MT</b>	<b>60</b>
	8.1 <b>Modello geologico di riferimento della galleria di valico</b>	62
<b>9</b>	<b>DATI DISPONIBILI ED ELABORATI PRODOTTI</b>	<b>67</b>
	9.1 <b>Metodologia di lavoro</b>	67
	9.2 <b>Planimetria geologica e geomorfologica</b>	69
	9.3 <b>Profilo geologico</b>	73
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>81</b>
<b>11</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>83</b>

### **Indice delle tabelle**

Tabella 7-1-	Indagini – Autostrada Valdastico A31 - Progetto definitivo 1995 .....	50
Tabella 7-2-	Indagini – Autostrada Valdastico A31 - Progetto definitivo 1995 – Prove di laboratorio su terra .....	51
Tabella 7-3-	Indagini – Autostrada Valdastico A31 - Progetto definitivo 1995 – Prove di laboratorio su roccia.....	53
Tabella 7-4-	Indagini – Autostrada Valdastico A31 - Progetto definitivo 1995 – Prove di laboratorio su roccia per scavo meccanizzato con TBM .....	53
Tabella 7-5-	Indagini – Collegamento casello Piovene Rocchette - SP350 - Progetto definitivo 2005 -.....	54
Tabella 7-6-	Indagini – Collegamento casello Piovene Rocchette e SP350 - Progetto definitivo 2005 - Prove di laboratorio .....	54
Tabella 8-1-	Interpretazione indagine MT – Modello geologico di riferimento della galleria di valico – Spessori minimo e massimo delle formazioni.....	62

### **Indice delle figure**

Figura 4-1 -	Geologia – Evoluzione paleo – geografica – Evoluzione geologica e geografica della regione dolomitica durante il Permiano medio – superiore (da A.Bosellini, 1996 – Geologia delle Dolomiti) .....	11
Figura 4-2 -	Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento delle filladi quarzifere del basamento metamorfico n°21 lungo la val di Centa.....	14
Figura 4-3 -	Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento delle Arenarie di Val Gardena n°20 (da M.Avanzini, <i>Seminario intermedio – CARG – Fogli Trento e Mezzolombardo – Le unità sedimentarie: nomenclatura, proposte, problemi</i> ) .....	15
Figura 4-4 -	Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento delle Arenarie di Val Gardena n°20 in val Bevertal.....	15
Figura 4-5 -	Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione a Bellerophon n°19 in val Bevertal.....	16
Figura 4-6 -	Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione di Werfen n°18 nella facies calcarea di letto ed in quella pelitico – marnosa di tetto nei rilievi montuosi presso Lavis.....	17

Figura 4-7 -	Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione di Werfen n°18 nella facies calcareo - dolomitica di letto in val di Centa in corrispondenza della val Bevertal .....	17
Figura 4-8 -	Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione del Serla inf. n°17 a contatto con la sottostante formazione del Werfen (da M.Avanzini, <i>Seminario intermedio – CARG – Fogli Trento e Mezzolombardo – Le unità sedimentarie: nomenclatura, proposte, problemi</i> ) .....	19
Figura 4-9 -	Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione a Gracilis n°17 a Ravina in val Gola (da M.Avanzini, <i>Seminario intermedio – CARG – Fogli Trento e Mezzolombardo – Le unità sedimentarie: nomenclatura, proposte, problemi</i> ) .....	20
Figura 4-10 -	Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione del Conglomerato di Voltago n°16 presso versante nord-orientale monte La Marzola (da M.Avanzini, <i>Seminario intermedio – CARG – Fogli Trento e Mezzolombardo – Le unità sedimentarie: nomenclatura, proposte, problemi</i> ) .....	20
Figura 4-11 -	Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione della Dolomia della Valsugana n°15 a Ravina in val di Gola (da M.Avanzini, <i>Seminario intermedio – CARG – Fogli Trento e Mezzolombardo – Le unità sedimentarie: nomenclatura, proposte, problemi</i> ) .....	21
Figura 4-12 -	Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione dei Calcari scuri di Margon presso l’asta del torrente Centa in corrispondenza della SS349 .....	22
Figura 4-13 -	Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento delle Marne della val di Centa lungo l’asta del torrente Centa presso SS349 .....	23
Figura 4-14 -	Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione dei Calcari della val Gola (da M.Avanzini, <i>Seminario intermedio – CARG – Fogli Trento e Mezzolombardo – Le unità sedimentarie: nomenclatura, proposte, problemi</i> ) .....	24
Figura 4-15 -	Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento delle Vulcaniti ladiniche nei pressi di Laghi .....	25
Figura 4-16 -	Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della Dolomia del Sindech in val di Centa presso la località Dosso Poster .....	26
Figura 4-17 -	Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della Dolomia Principale n°13 presso Pedemonte .....	28

Figura 4-18 -	Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento dei Calcari Grigi n°12 presso Nosellari.....	29
Figura 5-1 –	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).....	36
Figura 5-2 –	Geologia – Assetto strutturale – Estratto del profilo geologico BB' in corrispondenza della linea del Calisio dal Foglio Trento n°60.....	38
Figura 5-3 –	Geologia – Assetto strutturale della val d’Astico– Assetto strutturale dell’area di studio (M.Avanzini et alii (2010) – Note illustrative - Carta geologica d’Italia 1:50.000 – Foglio Trento 060) .....	42
Figura 5-4 –	Inquadramento geologico-strutturale – Analisi dei lineamenti morfo-tettonici – Indagine magnetotellurica sezione 2 Sosteri in corrispondenza delle faglie associate alla faglia del Posina .....	44
Figura 5-5 –	Inquadramento geologico-strutturale – Analisi dei lineamenti morfo-tettonici – Indagine magnetotellurica sezione 1 Valpegara in corrispondenza delle faglie associate alla faglia Valpegara .....	44
Figura 6-1 –	Geomorfologia - Assetto morfologico generale - Pareti verticali della valle del torrente Astico che presenta una morfologia tipo forra.....	45
Figura 6-2 –	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).....	47
Figura 6-3 –	Geomorfologia – Fenomeni gravitativi – Paleofrana della Marogna presso Casotto.....	48
Figura 7-1 –	Discussione delle indagini progetto preliminare (2011) – Metodo magnetotellurico – Disposizione della strumentazione MT .....	58
Figura 8-1 –	Interpretazione indagine MT – Modello geologico di riferimento della galleria di Valico – Sezione 4 Costa longitudinale alla galleria di valico nel settore a massima copertura .....	63
Figura 9-1 –	Metodologia di lavoro – Profilo geologico - Dissesto in sponda destra dell’Astico in prossimità del tracciato a carico dei depositi fluvioglaciali.....	74
Figura 9-2 –	Metodologia di lavoro – Profilo geologico - La zona dell’imbocco N galleria San Pietro .....	77

Figura 9-3 – Metodologia di lavoro – Profilo geologico - Imbocco meridionale della galleria di valico .....79

## 1 INTRODUZIONE

Il tracciato rappresenta la prosecuzione dell'autostrada A31, che ad oggi termina in corrispondenza dell'abitato di Piovene Rocchette. Il percorso attraversa l'intera Valdastico, per poi raggiungere l'Adige presso Besenello, sotto passando l'altopiano di Folgaria.

I fondo valle del fiume Adige e del torrente Astico si collocano a quote variabili intorno a 200 m s.l.m.m., mentre il complesso montuoso compreso tra le due valli e nella zona settentrionale rapidamente si alza fino a quote comprese tra 1500 e 2000 m s.l.m.m.

Caratteristica peculiare delle zone oggetto di studio è la morfologia, dominata dalla presenza di ampi altopiani, posti a quote variabili fra i 1000 e i 2000 metri, e della profonda e stretta incisione della val d'Astico. Questo assetto risulta particolarmente importante per quanto riguarda la definizione delle caratteristiche e dei vincoli del tracciato, che presenta uno sviluppo preponderante in sotterraneo. In particolare a fronte dello sviluppo complessivo di 39,5 Km circa del tracciato si ha che le gallerie si estendono per circa 29 Km, i viadotti per circa 4,5 Km ed rilevati e le trincee per circa 6 Km.

Lo sviluppo principale del tratto all'aperto si ha tra il casello di Piovene Rocchette e l'abitato di Arsiero, dove il tracciato piega bruscamente verso nord per seguire la val d'Astico. Le ripide pendici ed il rispetto delle geometrie stradali determinano una successione di gallerie naturali di lunghezza variabile fra 750 m della galleria Costa del Prà e 3.350 m della galleria San Pietro, con brevi tratti all'aperto e ripetuti attraversamenti del corso d'acqua in viadotto. All'altezza di Lastebasse il tracciato supera per l'ultima volta la valle dell'Astico, che a monte va rapidamente chiudendosi, entrando nella galleria di Valico, lunga 15 Km, che esce in val d'Adige all'altezza di Besenello.

L'assetto morfologico dell'area e l'omogeneità della sequenza stratigrafica hanno portato a definire una campagna di indagine, a supporto del progetto preliminare del tracciato, incentrata sui metodi geofisici e su una serie di rilievi geologici – strutturali di dettaglio, questi ultimi finalizzati a definire i caratteri strutturali delle formazioni geologiche, presenti al di sotto della Dolomia Principale in corrispondenza della galleria di Valico.

I metodi geofisici utilizzati sono stati la sismica a rifrazione e la magneto – tellurica che rispettivamente dovevano fornire informazioni in merito al contatto detrito/roccia agli imbocchi delle gallerie e all'assetto stratigrafico della galleria di Valico, al fine di ottimizzare l'applicazione delle sezioni tipo e di avere sufficienti informazioni per la scelta del metodo di scavo della galleria di Valico e delle problematiche associate.

Le informazioni raccolte dalla bibliografia, dai rilievi geologico – strutturali di superficie e da tutte le indagini realizzate fino ad ora sono illustrate dagli elaborati grafici redatti, che sono le *"Planimetrie geologiche e geomorfologiche"* ed i *"Profili geologici"*.



## **2 OGGETTO E SCOPO**

Oggetto del presente lavoro sono le caratteristiche geologiche, stratigrafiche, geomorfologiche e tettoniche del territorio attraversato dal tracciato oggetto di studio.

Lo scopo è quello di valutare l'interazione fra la geologia e le opere, al fine di dare una prima indicazione in merito alla tipologia di fondazione delle opere all'aperto ed alla applicazione delle sezioni di scavo in galleria, dei metodi di scavo e delle problematiche associate.

### **3 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

Il progetto preliminare si basa sulle informazioni fornite dai documenti associati alle seguenti fonti:

- Progetto definitivo e SIA del vecchio tracciato A1 (1995);
- Progetto definitivo collegamento Piovene Rocchette – SP350 in località Schiri;
- Progetto di fattibilità per la scelta del tracciato (2011);
- Bibliografia.

Si riporta di seguito per ciascuna fonte l'elenco dei documenti consultati.

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

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

- Relazione geologica;
- Relazione opere in sottoterraneo;
- 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 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;
- Profilo geologico scala 1:10.000/10.000.
- 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.

### **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

### **PROGETTO DI FATTIBILITA' PER LA SCELTA DEL TRACCIATO (2011)**

- Indagini geognostiche;
- Relazione geologica e geomorfologica;
- Carta geologica e geomorfologica scala 1:10.000;
- Profilo geologico scala 1:10.000

#### **BIBLIOGRAFIA**

- 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;
- Data base sorgenti, disponibile presso il sito del Servizio Geologico della PAT;
- Documentazione geologica allegata ai Piani Regolatori dei Comuni attraversati.

## 4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRATIGRAFICO

### 4.1 *Assetto generale*

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 andesitiche, 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 delle 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 suddetto alto strutturale interessa l'area della galleria di Valico, infatti rilievi di superficie hanno confermato i dati bibliografici, individuando molteplici affioramenti del basamento metamorfico in corrispondenza della val di Centa al di sopra del quale è possibile riconoscere la formazione delle Arenarie della Val Gardena. Il contatto diretto tra le due formazioni è stato individuato in val Bevertal, così come indicato nella *“Relazione geologica”* a base del progetto definitivo del 1995. L'alto strutturale bordava a sud l'impianto della caldera atesina, come descritto nel capitolo relativo all'assetto strutturale.

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 4-1.

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.

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.

Durante il Carnico si assiste ad un sollevamento tettonico generale, che determina l'erosione delle formazioni precedentemente depositate fino ad intaccare la Dolomia della Valsugana nei settori più elevati. Al di sopra di questa superficie erosiva si deposita la formazione di Raibl.

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.

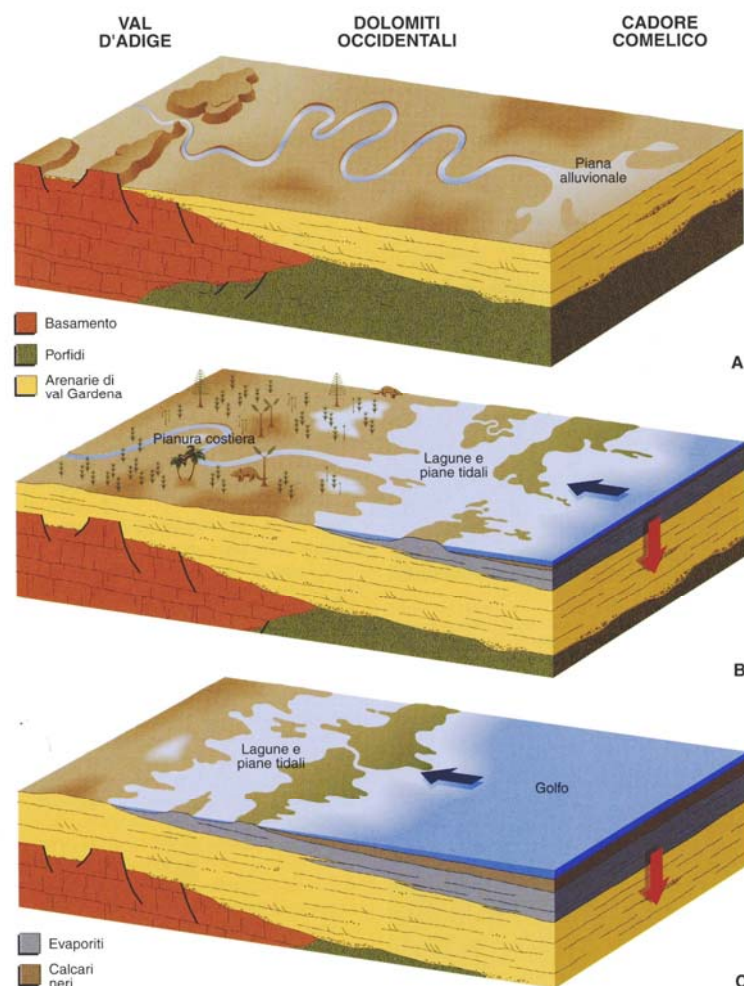


Figura 4-1 - Geologia – Evoluzione paleo – geografica – Evoluzione geologica e geografica della regione dolomitica durante il Permiano medio – superiore (da A.Bosellini, 1996 – Geologia delle Dolomiti)

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.

#### *4.2 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.

Le indagini eseguite a supporto del Progetto Preliminare hanno confermato, come discusso nei capitoli 7 e 8, la presenza della sequenza stratigrafica permio – triassica al di sotto della Dolomia Principale in corrispondenza della galleria di valico.

Ne deriva che a fronte delle informazioni attualmente disponibili e della necessità di affinare il modello geologico per la successiva progettazione definitiva, si è deciso di riportare in questo rapporto una descrizione stratigrafica di sintesi di tutte le formazioni al di sotto della Dolomia, note in letteratura all'interno dell'area di studio, anche se non rappresentate nei profili geologici allegati al progetto, perché non considerati dal modello geologico di riferimento. In particolare le formazioni sono quelle dei Calcari scuri di Margon, Marne della val di Centa, Calcari della val di Gola, Vulcaniti indifferenziate, Dolomia del Sindech.

In questo modo infatti la sequenza stratigrafica è descritta nella sua interezza, mantenendone traccia negli elaborati di progetto, per un possibile futuro affinamento del modello geologico a supporto del progetto definitivo.

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, riportato nelle legende della “*Carta geologico – geomorfologica*” e del “*Profilo geologico*”.

Si è deciso di accorpare nei profili geologici la formazione a Gracilis e la Dolomia del Serla inferiore, indicate con il n°17, per motivi di rappresentazione grafica e di semplificazione di lettura del modello. Le due formazioni sono stratigraficamente simili nell’area di studio e saranno comunque descritte separatamente in questo rapporto.

Si è deciso inoltre di mantenere la nomenclatura Dolomia della Valsugana, anziché riferirla alla porzione sommitale della Formazione del Giovo, come indicato dai recenti studi stratigrafici, al fine di creare una continuità con gli studi geologici del progetto definitivo del vecchio tracciato A1 del 1995. Questo inoltre facilita il riscontro con una serie di cartografie geologiche nazionali, come ad esempio il recente Foglio 082 Asiago della Carta geologica d’Italia, in scala 1:50.000, redatta dall’ISPRA e pubblicato nel 2007.

La documentazione fotografica allegata alla descrizione stratigrafica delle formazioni deriva principalmente dai rilievi geologici di superficie che sono stati condotti.

#### BASAMENTO METAMORFICO – 21 (Carbonifero)

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 pluridecimetica. 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 e passano alle sovrastanti filladi, mentre ad ovest di questo lineamento non sono presenti ed affiorano solamente le filladi.

#### *Metavulcaniti - Paragneiss e Porfiroidi*

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 – 21*

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 4-2 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento delle filladi quarzifere del basamento metamorfico n°21 lungo la val di Centa

#### *Scisti quarzoso – sericitici*

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.



ARENARIE DI VAL GARDENA – 20 (Permiano medio – sup.)

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. L'ambiente di sedimentazione è una pianura fluviale meandriforme, passante verso l'alto ad un ambiente di sabka con condizioni di forte evapotraspirazione. 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 4-3 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento delle Arenarie di Val Gardena n°20 (da M.Avanzini, *Seminario intermedio – CARG – Fogli Trento e Mezzolombardo – Le unità sedimentarie: nomenclatura, proposte, problemi*)



Figura 4-4 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento delle Arenarie di Val Gardena n°20 in val Bevertal

#### FORMAZIONE A BELLEROPHON – 19 (Permiano sup.)

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 4-5 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione a Bellerophon n°19 in val Bevertal

#### FORMAZIONE DI WERFEN – 18 (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 4-6 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione di Werfen n°18 nella facies calcarea di letto ed in quella pelitico – marnosa di tetto nei rilievi montuosi presso Lavis



Figura 4-7 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione di Werfen n°18 nella facies calcareo - dolomitica di letto in val di Centa in corrispondenza della val Bevertal

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.

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.

#### DOLOMIA DEL SERLA INFERIORE - 17 (Scitico – Anisico inf.)

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.





Figura 4-8 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione del Serla inf. n°17 a contatto con la sottostante formazione del Werfen (da M. Avanzini, *Seminario intermedio – CARG – Fogli Trento e Mezzolombardo – Le unità sedimentarie: nomenclatura, proposte, problemi*)

#### FORMAZIONE A GRACILIS – 17 (Anisico inf. – 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.



Figura 4-9 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione a Gracilis n°17 a Ravina in val Gola (da M.Avanzini, *Seminario intermedio – CARG – Fogli Trento e Mezzolombardo – Le unità sedimentarie: nomenclatura, proposte, problemi*)

#### CONGLOMERATO DI VOLTAGO – 16 (Anisico inferiore - Pelsonico)

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.



Figura 4-10 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione del Conglomerato di Voltago n°16 presso versante nord-orientale monte La Marzola (da M.Avanzini, *Seminario intermedio – CARG – Fogli Trento e Mezzolombardo – Le unità sedimentarie: nomenclatura, proposte, problemi*)

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 – 15 (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 importanti riduzioni dello spessore della formazione.



Figura 4-11 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione della Dolomia della Valsugana n°15 a Ravina in val di Gola (da M.Avanzini, *Seminario intermedio – CARG – Fogli Trento e Mezzolombardo – Le unità sedimentarie: nomenclatura, proposte, problemi*)

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

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. 349.

La formazione è costituita da un'alternanza di laminiti carbonatico-bituminose brunonerastre, 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.



Figura 4-12 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione dei Calcari scuri di Margon presso l'asta del torrente Centa in corrispondenza della SS349

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 gradualis. 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 (Illirico sup.)

In Val di Centa quest'unità mostra limitati affioramenti lungo l'asse della valle presso il Dosso Poster, la località Sadleri (Centa S. Niccolò) e l'asta del torrente Centa presso SS349.

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 4-13 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento delle Marne della val di Centa lungo l'asta del torrente Centa presso SS349

#### CALCARI DELLA VAL GOLA (Fassanico - Longobardico)

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.



Figura 4-14 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione dei Calcari della val Gola (da M.Avanzini, *Seminario intermedio – CARG – Fogli Trento e Mezzolombardo – Le unità sedimentarie: nomenclatura, proposte, problemi*)

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.

#### VULCANITI INDIFFERENZIATE (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 4-15 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento delle Vulcaniti ladiniche nei pressi di Laghi

#### DOLOMIA DEL SINDECH (Ladinico - Carnico inf.)

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.



Figura 4-16 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della Dolomia del Sindech in val di Centa presso la località Dosso Poster

#### GRUPPO DI RAIBL – 14 (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 brecce intraformazionali e da un carattere nettamente cristallino del litotipo dolomitico. Lo spessore complessivo dell'unità è mediamente di una decina di metri.

#### DOLOMIA PRINCIPALE – 13 (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, brecce 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 4-17 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della Dolomia Principale n°13 presso Pedemonte

#### CALCARI GRIGI – 12 (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 biocalcareniti 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 4-18 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento dei Calcari Grigi n°12 presso Nosellari

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

I Calcari 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 – 11 (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 – 10 (Titoniano 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 rinvenivano 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 – 9 (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 – 8 (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 stratigrafiche 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.

#### 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.

#### PALEOFRANE – 6 (Quaternario)

Si tratta di accumuli di materiali sciolti con dimensioni estremamente variabili, fino ad arrivare a massi di dimensione da qualche metro cubo fino a qualche decina di metri cubi, immersi in una matrice di natura essenzialmente sabbioso – limosa.

#### 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 sviluppatasi 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 cono 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 cono 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 conoidi 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 disgregazione 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 cono 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" originatesi in ambiente periglaciale durante il Pleistocene superiore o l'Olocene antico.

## 5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE

### 5.1 *Assetto 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 5-1, 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 5-1.

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 vergenza 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 di faglie dirette sin-sedimentarie controlla lo spessore delle formazioni geologiche.

Lo sviluppo della tettonica neogenica risente fortemente delle eredità strutturali permio – 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 dirette sin-sedimentarie, legate alla strutturazione distensiva del rifting permio – mesozoico, in faglie transpressive e trascorrenti. Queste strutture ereditate hanno prodotto le principali ondulazioni della catena, caratterizzata principalmente da sovrascorrimenti, retroscorrimenti e pieghe con orientazione ENE – WSW.

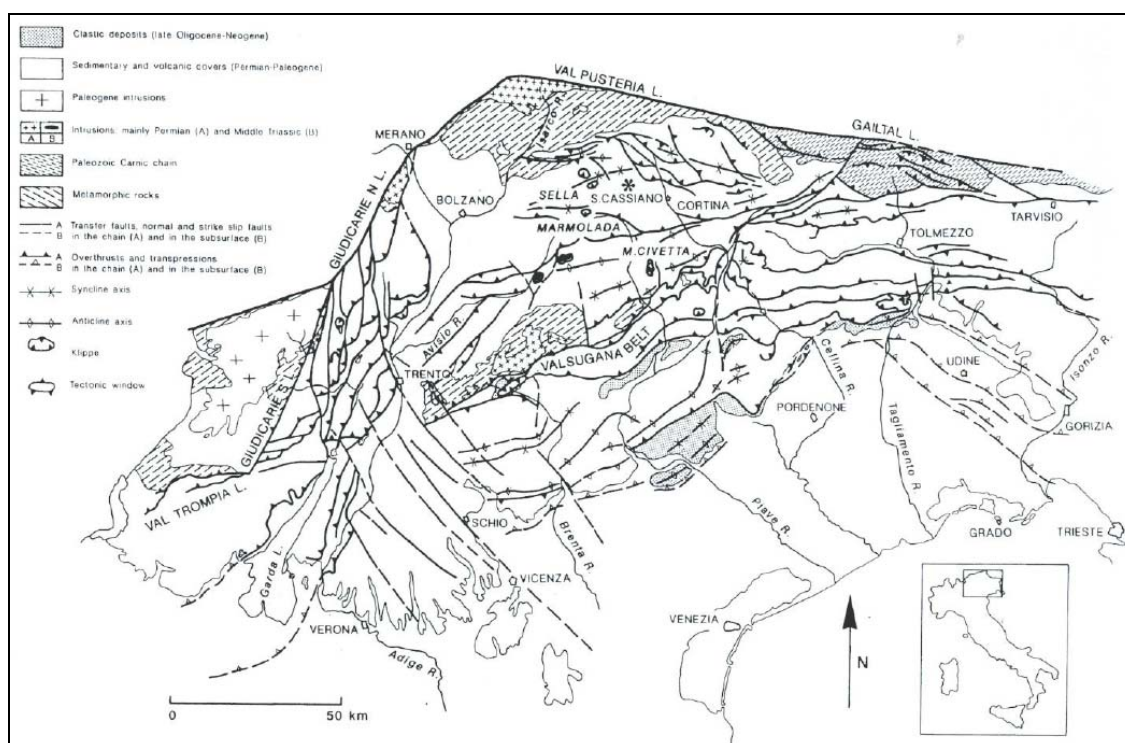


Figura 5-1 – Geologia – Assetto strutturale – Schema strutturale delle Alpi Meridionali Orientali (da A.Castellarin et alii (1996)– *La tettonica delle Dolomiti nel quadro della Alpi Meridionali* – Società Geologica Italiana – 78°Riunione Estiva)

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  $N150^\circ$ .

Le principali strutture tettoniche 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;
- linea della val di Centa.

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 5-2. La Dolomia è strutturata in una sinclinale con il fianco nord rovesciato e con estese fasce cataclastiche, disposte lungo il contatto.

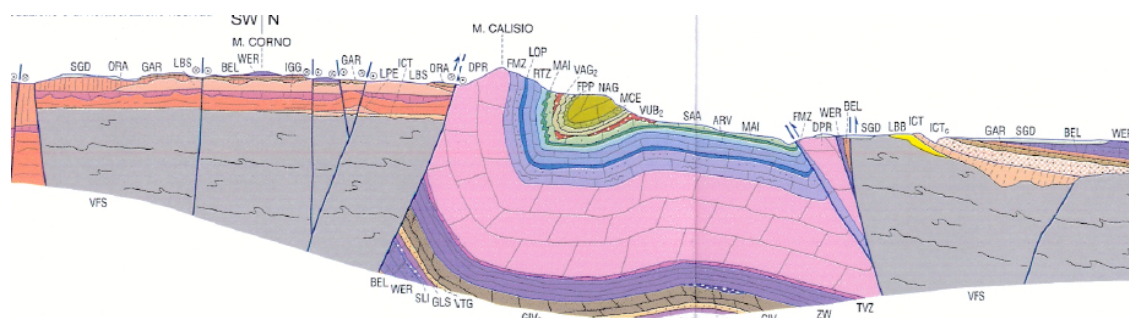


Figura 5-2 – Geologia – Assetto strutturale – Estratto del profilo geologico BB' in corrispondenza della linea del Calisio dal Foglio Trento n°60

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 Sardagna, 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.

#### Linea della val di Centa

Si tratta di una importante faglia inversa che porta il basamento metamorfico, posto in sinistra idraulica del torrente Centa, alla quota della Dolomia Principale in destra Centa.

Questa faglia delimita quindi ad est il blocco di espulsione del basamento metamorfico dei rilievi della Vigolana e della Marzola.

## 5.2 *Assetto di interesse per il tracciato*

### Assetto strutturale del val d'Astico

La val d'Astico è caratterizzata dalla presenza di ampi piegamenti che presentano una direzione all'incirca E-W, concorde al lineamento della Valsugana. In particolare si ricorda:

- l'anticlinale del M.Lisser che termina ad oriente in Valsugana;
- la sinclinale di Gallio, susseguente a sud alla sovrastante anticlinale, lunga oltre 30 Km.

Questi ampi piegamenti sono spezzettati da faglie trasversali sub verticali, a carattere prevalentemente trascorrente. Il fascio di faglie con direzione compresa tra N10°E e N25°W rappresenta la riattivazione, durante il Neogene, delle strutture tettoniche distensive mesozoico – paleogeniche, come faglie di svincolo. Appartengono a questo sistema di faglie:

- faglia della val di Centa;
- faglia di Posina;
- faglia del passo della Vela;
- faglia Masetti – Tonezza del Cimone.

L'intero sistema di pieghe e faglie è dislocato da un fascio di faglie verticali trascorrenti sinistre, con direzione N45°W, di cui la più importante è la faglia Schio – Vicenza. Questo fascio di faglie rappresenta una svincolo cinematico tra il settore a SW dei monti Lessini poco deformato e quello a NE bassanese a strutturazione più complessa.

A nord di Arsiero sono stati individuati alcuni elementi strutturali con direzione circa N – S, caratterizzati da scarpate rocciose a forte risalto morfologico. Strutture con risalto analogo sono individuabili a sud – est di Settecà e presso Lastebasse – Busatti.

Ne deriva che sono presenti principalmente 4 famiglie di lineamento con andamento:

- E – W di tipo valsuganese trasversale alla val d'Astico;
- N10°E e N25°W faglia val di Centa;
- N45°W di tipo scledense;
- N – S probabilmente riconducibile alla linea Trento – Cles.

La cartografia geologica allegata a questo progetto riporta i lineamenti morfo – strutturali, che sono stati individuati tramite foto – interpretazione. Le direzioni di questi lineamenti rispecchiano in linea di massima le quattro direzioni suddette.

La Figura 5-3 illustra l'assetto strutturale dell'area di studio.

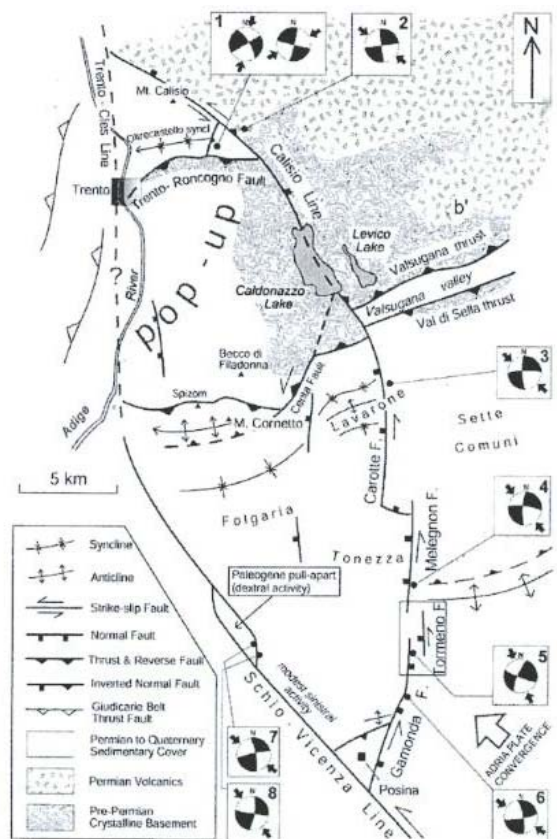


Figura 5-3 – Geologia – Assetto strutturale della val d’Astico– Assetto strutturale dell’area di studio (M.Avanzini et alii (2010) – Note illustrative - Carta geologica d’Italia 1:50.000 – Foglio Trento 060)

### Assetto strutturale dell’altopiano di Folgaria

L’altopiano di Folgaria è suddiviso in due settori da un fascio di faglie a direzione N10-20°E con movimento trascorrente sinistro, riconducibili alla faglia della val di Centa, passante nei pressi del paese di Carbonare. Il settore ad occidente è caratterizzato dalla sinclinale di Folgaria con asse a direzione valsuganese. L’area di studio si colloca sul fianco settentrionale della sinclinale, che passa a nord al fianco meridionale della flessura del Cornetto. La zona di raccordo tra i due piegamenti è caratterizzato dalla presenza di sovrascorrimenti interni ai Calcari grigi, delimitati da una serie di faglie, afferenti alla faglia della val di Centa.

La cartografia geologica allegata al progetto ben rappresenta il suddetto schema strutturale.

Il settore ad oriente del fascio di faglie è invece caratterizzato dalla presenza di una struttura monoclinale dolcemente immergente a nord fin sopra a Carbonare, dove si posiziona l’asse della sinclinale di Lavarone.

Si evidenzia la presenza di due importanti lineamenti tettonici che sono quello di Carbonare – Malga Clama e del Posina, riferibili al fascio di lineamenti della faglia della val di Centa.

### Assetto strutturale della val di Gola

Il settore tra la val di Gola e la val della Scaletta è caratterizzato da una piega anticlinale con direzione valsuganese, la cui culminazione coincide grosso modo con l'allineamento M.Mosna – Torrion – Seconda Cima.

Il fianco meridionale corrisponde al fianco sud del monte Cornetto e si raccorda con la sinclinale di Folgaria. Esso sembra rappresentare un sovrascorrimento cieco sud – vergente, che coinvolge anche il basamento metamorfico, sollevandolo fino a quote superiori al livello del mare, come testimoniato dall'indagine magneto – tellurica in quest'area.

Il fianco settentrionale della piega è deformato da una piega da trascinamento, legata ad un retro – scorrimento, che passa dalla val d'Adige alla val di Centa attraverso la val della Scaletta e la testata della val di Gola.

La parte bassa della val della Scaletta è una forra rettilinea incisa lungo un tratto sub-verticale della faglia inversa.

#### 5.2.1 Faglie di carattere regionale

Sulla base delle informazioni bibliografiche e di quelle raccolte durante i rilievi di superficie si è potuto constatare che le principali faglie di carattere regionale dell'area di studio si concentrano in corrispondenza del tracciato della galleria di valico. Esse sono la faglia del Posina, la faglia Carbonare – Malga Clama, la faglia della val di Centa, la faglia della val di Gola, la faglia della val della Scaletta e le relative associate.

Un'altra faglia di carattere regionale è la faglia di Valpegara che è attraversata dalla galleria S.Pietro. Si dovrà quindi analizzare l'influenza di queste strutture sull'ambiente circostante da un punto di vista idrogeologico una volta attivate dallo scavo della galleria, andando a definire per le stesse le lunghezze delle eventuali tratte di impermeabilizzazione in avanzamento dell'ammasso per minimizzare l'impatto sull'ambiente circostante.

L'indagine magnetotellurica a supporto del progetto preliminare, discussa nei capitoli successivi, ha infatti evidenziato l'estensione di queste strutture in profondità a quote inferiori a quelle delle opere di progetto. La Figura 5-4 e la Figura 5-5 indicano chiaramente l'estensione in profondità delle faglie associate alla faglia del Posina e alla faglia della Valpegara in corrispondenza della galleria di valico e della galleria S.Pietro

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

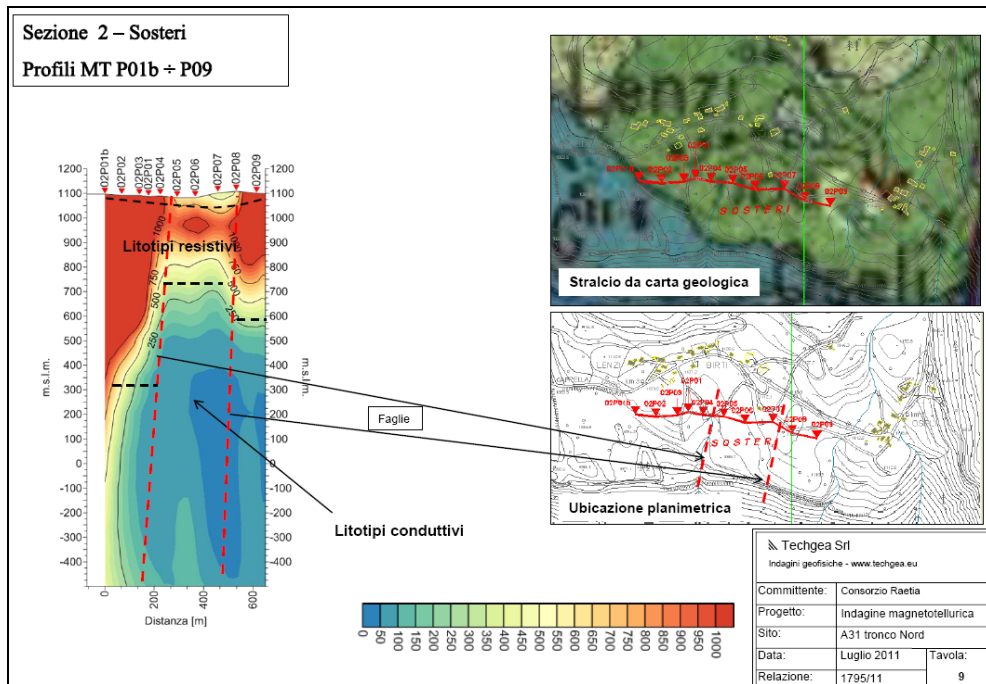


Figura 5-4 – Inquadramento geologico-strutturale – Analisi dei lineamenti morfo-tettonici – Indagine magnetotellurica sezione 2 Sosteri in corrispondenza delle faglie associate alla faglia del Posina

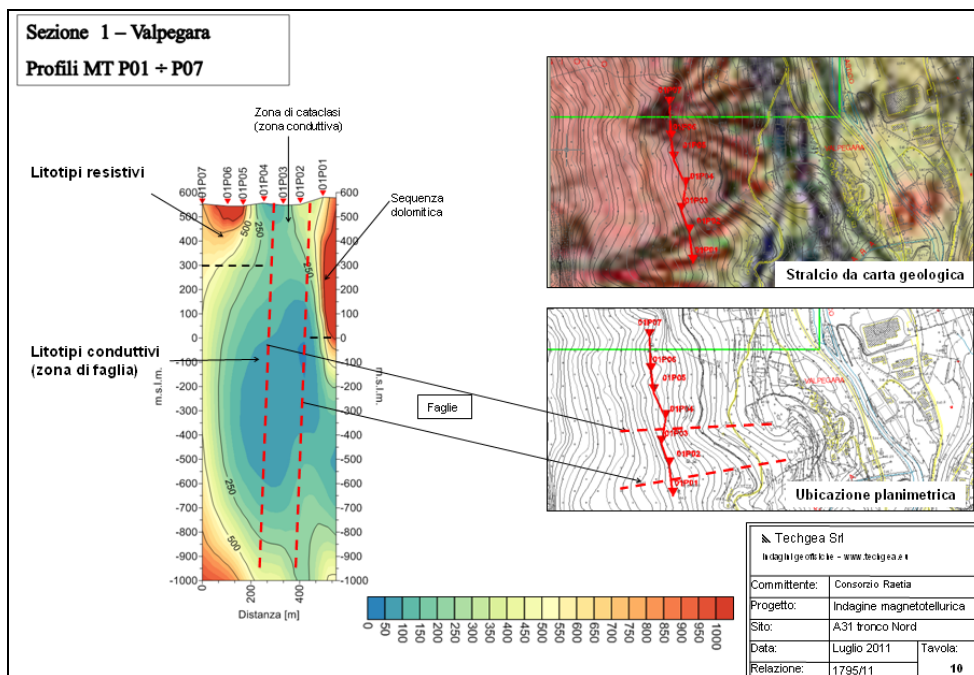


Figura 5-5 – Inquadramento geologico-strutturale – Analisi dei lineamenti morfo-tettonici – Indagine magnetotellurica sezione 1 Valpegara in corrispondenza delle faglie associate alla faglia Valpegara

## 6 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

### 6.1 ASSETTO 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.

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'esarazione 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 6-2.

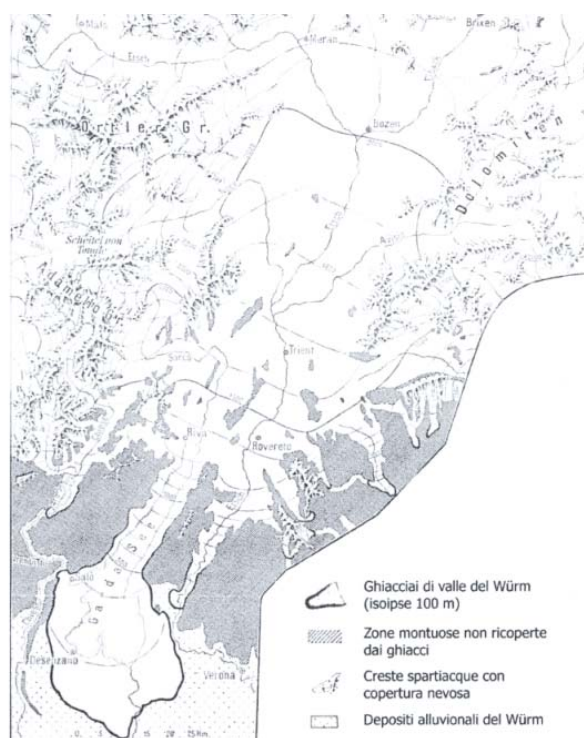


Figura 6-2 – Geomorfologia – Assetto morfologico generale – Estensione del ghiacciaio atesino durante la massima espansione glaciale wurmiana (da M.Bassetti, A.Borsato, 2005 – Evoluzione geomorfologica della Bassa Valle dell’Adige dall’ultimo massimo glaciale: sintesi delle conoscenze e riferimenti ad aree limitrofe)

## 6.2 FENOMENI GRAVITATIVI

Si riporta di seguito una breve descrizione dei principali movimenti gravitativi presenti sul territorio in corrispondenza del tracciato di progetto, ai fini di cogliere le possibili criticità correlate. Si tratta di frane intimamente collegate all’assetto lito – strutturale delle formazioni nelle quali si sono sviluppate.

### 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 6-3 – Geomorfologia – Fenomeni gravitativi – Paleofrana della Marogna presso Casotto

## 7 INDAGINI GEOGNOSTICHE E RILIEVI

Si riporta di seguito una breve sintesi delle campagne di indagine realizzate fino ad ora.

### 7.1 *Indagini pregresse*

#### Indagini progetto definitivo Piovene Rocchette – Besenello (1995)

La campagna di indagine è quella a supporto del progetto definitivo del vecchio tracciato A1. 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 prove in foro condotte e la natura prevalente dei terreni attraversati.

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.

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

TRACCIATO 4 - CAMPAGNA GEOGNOSTICA 1995 - PROVE IN SITO											
Sondaggio	prof. (m)	piez. tubo aperto	inclin.	prova dilatom. (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 7-1- Indagini – Autostrada Valdastico A31 - Progetto definitivo 1995

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;
- 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;

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

- 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 penetrometer	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 7-2- 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 13 rilievi strutturali si veda la specifica documentazione allegata al 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	Coeff. 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 7-3- 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 7-4- Indagini – Autostrada Valdastico A31 - Progetto definitivo 1995 – Prove di laboratorio su roccia per scavo meccanizzato con TBM

### Indagini tratto Piovene Rocchette – S.P.350 Schiri (2005)

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.

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	Torvane	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 7-5- Indagini – Collegamento casello Piovene Rocchette e 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	Torvane
SD5	40	-	-	9	-	1	-	-	-	-	-	-	-
SD4P	20	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD3P	20	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD2P	25	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 7-6- 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.

### **Indagini studio di fattibilità per scelta del tracciato (2011)**

La campagna di indagine è consistita in rilievi di superficie geologico - strutturali, geomorfologici ed idrogeologici, estesi per una fascia di circa 1 Km a destra ed 1 Km a sinistra rispetto all'asse tracciato. Sono state eseguite delle stazioni geomeccaniche. I rilievi hanno permesso di verificare il modello geologico – geomorfologico precedentemente definito, integrandolo laddove necessario e di verificare ed integrare il numero e l'ubicazione delle sorgenti.

## 7.2 INDAGINI PROGETTO PRELIMINARE

La realizzazione del progetto preliminare del nuovo tracciato di progetto si è basata su tutte le indagini già realizzate. In particolare si dispone di:

- sondaggi per le opere all'aperto;
- rilievi geologici di superficie.

I sondaggi fino ad ora realizzati interessano sostanzialmente i depositi sciolti quaternari, dal momento che erano stati realizzati in corrispondenza dei ponti e dei viadotti del vecchio tracciato A1. Solamente il sondaggio S27, lungo 70 m, è stato realizzato in corrispondenza del tracciato della galleria di valico. L'assenza di sondaggi per le gallerie del progetto definitivo del 1995 è dovuta a:

- lo spessore della formazione della Dolomia Principale garantisce lo sviluppo delle opere in sotterraneo principalmente all'interno di questa formazione;
- l'assetto geologico – strutturale dell'area risulta essere particolarmente omogeneo perciò l'ammasso roccioso presenta caratteri strutturali sostanzialmente uniformi per tutte le gallerie di progetto;
- le elevate pendenze dei versanti, spesso sub – verticali, ricoperti da folta vegetazione e l'assenza di piste carrabili sono elementi che comportano notevoli difficoltà tecniche per la realizzazione dei sondaggi;
- le coperture di 600 – 800 m fino ai valori massimi di 1200 – 1400 m della galleria di valico impediscono di fatto la realizzazione di sondaggi che interessino l'ammasso roccioso alle profondità dell'opera.

A fronte di queste informazioni e dello sviluppo preponderante in sotterraneo del tracciato di progetto si è subito resa manifesta la necessità di:

- acquisire informazioni in corrispondenza delle zone di imbocco delle gallerie vista la presenza di estese e potenti coltri detritiche;
- definire con maggior dettaglio l'assetto geologico – strutturale della galleria di valico, conosciuto solo tramite le informazioni desunte dai rilievi di superficie e dalle fonti bibliografiche, alla luce della possibile presenza al piano galleria della sequenza stratigrafica permio – triassica, estremamente eterogenea da un punto di vista lito – stratigrafico.

Questi due aspetti hanno pesanti ricadute in rapporto all'applicazione delle sezioni di scavo ed alla scelta della metodologia di scavo della galleria di valico e quindi delle relative criticità. L'incertezza del modello geologico della galleria di valico aveva fatto ipotizzare la realizzazione di un cunicolo pilota esplorativo nel vecchio progetto definitivo del 1995.

I terreni quaternari, sui quali verranno realizzate le opere all'aperto, sono sufficientemente noti grazie ai sondaggi del 1995. Alla luce delle suddette finalità e dell'assetto morfologico del territorio e delle elevate coperture delle gallerie, in particolare la valico, si è deciso di impostare la campagna di indagine a supporto del progetto preliminare nel seguente modo:

- stendimenti di sismica a rifrazione con acquisizione delle onde  $V_p$  e  $V_s$  in corrispondenza delle zone di imbocco delle gallerie;
- stendimenti di magneto-tellurica in corrispondenza della galleria di valico e della galleria S.Pietro;
- stazioni geomeccaniche in corrispondenza degli affioramenti delle formazioni al di sotto della Dolomia Principale in val di Centa;
- prelievo di campioni dai suddetti affioramenti per prove di point – load per una prima stima dei valori di resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta.

Di seguito si riporta una breve descrizione delle finalità dell'indagine di sismica a rifrazione e di quella magneto – tellurica, essendo correlate alla definizione del modello geologico del tracciato. Le stazioni geomeccaniche e le prove di point – load verranno presentate e discusse nella *“Relazione geomeccanica”*.

#### 7.2.1 Sismica a rifrazione

L'indagine di sismica a rifrazione ha fornito lo spessore delle coltri detritiche e l'andamento del contatto detrito/ammasso roccioso in corrispondenza delle zone di imbocco delle gallerie. L'ubicazione degli stendimenti è stata valutata a seguito di una serie di rilievi di campo, finalizzati ad acquisire informazioni in merito all'assetto geomorfologico ed ai materiali in affioramento. Alcuni imbocchi non sono stati interessati dalle indagini a causa della loro acclività e dell'affioramento del substrato roccioso.

I risultati delle indagini sono stati utilizzati per:

- realizzare delle schede monografiche, allegate alla *“Relazione di calcolo”*, degli imbocchi delle gallerie con indicazione della profondità del contatto detrito/ammasso ed indicazione preliminare della tipologia di imbocco;
- indicare sul *“Profilo geologico”* l'estensione e la profondità delle zone detritiche in corrispondenza delle opere in sotterraneo al fine di fornire una adeguata applicazione delle sezioni di scavo.

La definizione della profondità del contatto detrito/ammasso roccioso si è basata sulla profondità alla quale la velocità delle onde di taglio  $V_s > 850$  m/s, alla quale corrispondono velocità delle onde di compressione  $V_p = 1400 - 1800$  m/s. Questi ultimi valori risultano essere elevati, ma del tutto giustificati alla luce della natura granulare e dell'elevato grado di

addensamento dei depositi detritici. In particolare la variazione delle Vp sembrerebbe essere collegata alla percentuale di trovanti ed alle loro dimensioni all'interno del detrito di versante.

Le profondità, così individuate, sono state confrontate con le informazioni fornite dai rilievi di superficie, trovando sempre un buon accordo.

La successiva fase di progettazione definitiva dovrà prevedere l'esecuzione di sondaggi di taratura degli stendimenti di sismica a rifrazione realizzati.

### 7.2.2 Metodo magneto – tellurico MT

La necessità di acquisire informazioni sull'assetto stratigrafico del tracciato della galleria di valico, che rappresenta l'opera principale del tracciato di progetto, definito sulla base dei soli rilievi geologici di superficie e dei dati bibliografici, ha imposto l'utilizzo dei metodi geofisici.

In particolare i vincoli imposti dalle elevate coperture e dall'assetto morfologico del territorio, nonché i ristretti tempi di realizzazione delle indagini, hanno portato a scegliere il metodo della magneto – tellurica, largamente diffuso nel settore idrotermale, minerario e civile per opere profonde.

I pregi della suddetta metodologia di indagine a differenze delle altre indagini geofisiche sono:

- i tempi ridotti di acquisizione dei dati, grazie alla compattezza della strumentazione che non necessita di estesi stendimenti di cavi e di geofoni, garantendo il rispetto dei tempi progettuali a fronte del contesto morfologico dell'area;
- non necessita di esplosivo in quanto registra i campi elettro – magnetici naturali terrestri, perciò vengono annullati i tempi di attesa delle relative autorizzazioni;
- la capacità di indagare profondità fino a 2 Km, in accordo quindi con i valori di copertura della galleria di valico, con un ottimo dettaglio in merito ai contatti stratigrafici ed ai principali motivi strutturali.

Il metodo magneto – tellurico MT, si definisce AMT se si considerano bande di frequenza  $\geq 10\text{Hz}$ , appartiene alla categoria delle indagini elettromagnetiche EM ed è utilizzato per registrare le fluttuazioni del campo naturale elettro – magnetico terrestre locale. L'indagine è quindi di tipo passivo ovvero non esiste una sorgente di energizzazione dal momento che si registra un segnale naturale.

Le correnti naturali elettriche fluiscono parallelamente alla superficie terrestre, mentre il campo magnetico associato risulta essere perpendicolare alla stessa.

Il parametro che viene misurato è l'impedenza ovvero se con  $E_x$  si indica la componente del campo elettrico in una arbitraria direzione orizzontale e con  $H_y$  il campo magnetico

associato, in una direzione ortogonale, allora l'impedenza di superficie  $Z_s$  vale:

$$Z_s = E_x / H_y$$

Le misure di impedenza di superficie in funzione della frequenza possono essere interpretate in termini di proprietà elettriche del sottosuolo, perciò l'indagine restituisce un profilo di resistività elettrica al pari di una comune indagine geoelettrica.

La configurazione della strumentazione MT prevede, Figura 7-1, l'impiego di 4 elettrodi, disposti a croce secondo i quattro punti cardinali, e la disposizione dei due sensori elettromagnetici tra loro ortogonali ad una distanza di circa 25 m dallo strumento ricevente.

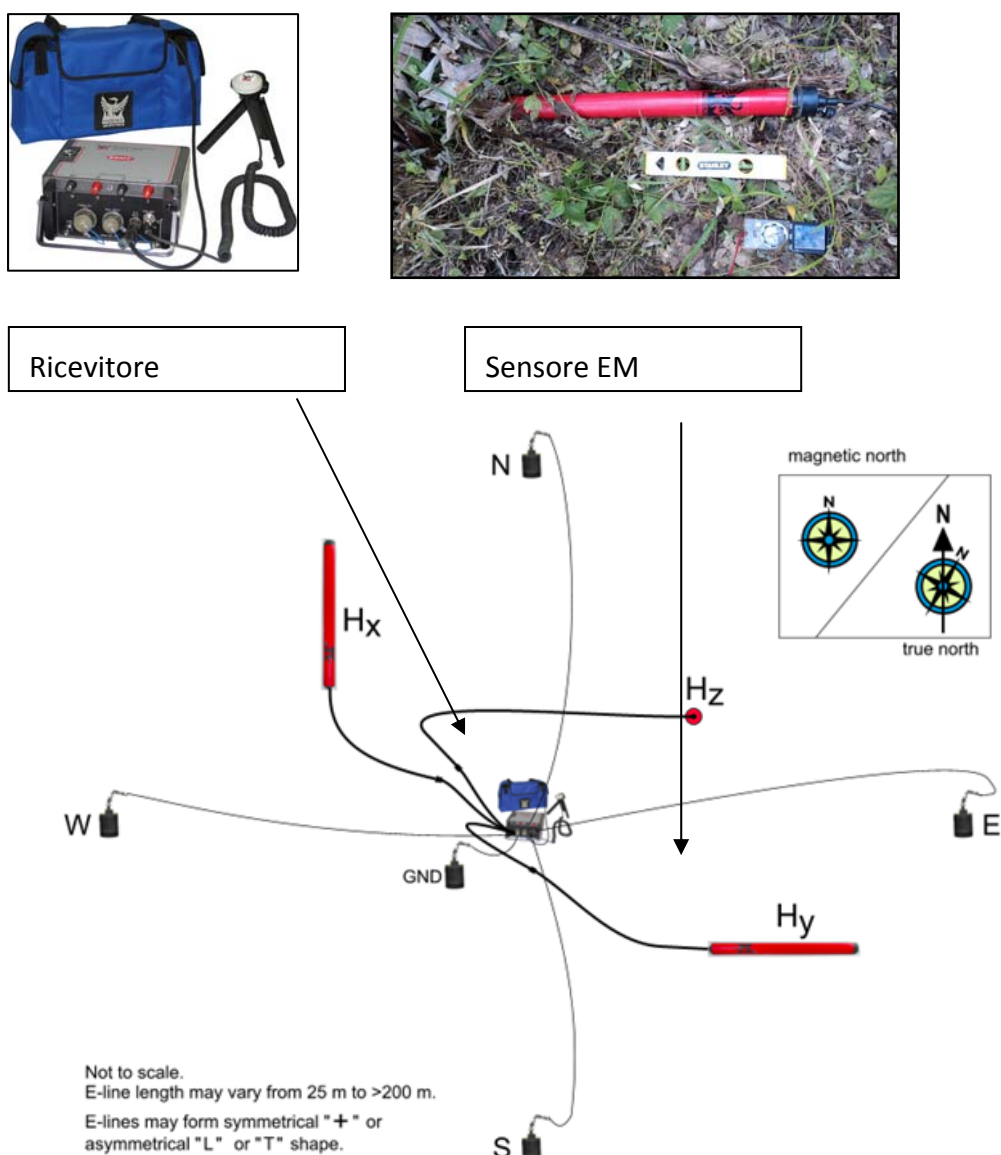


Figura 7-1 – Discussione delle indagini progetto preliminare (2011) – Metodo magneto – tellurico – Disposizione della strumentazione MT

I tempi di acquisizione sono variabili, ma generalmente sono compresi tra un minimo di 30

minuti fino a 12 ore per punto di misura a seconda del disturbo antropico presente.

Poiché si acquisiscono dei dati su un punto, sondaggio MT verticale, è necessario per ottenere una sezione acquisire più punti lungo un allineamento, con una spaziatura tra le basi adeguata alla risoluzione richiesta e compresa normalmente tra 50 e 100 m.

Un aspetto di particolare rilievo per la validità dell'applicazione di questa metodologia è la tipologia di sequenza stratigrafica da verificare. In particolare la presenza di un rilevante spessore di roccia resistiva, Dolomia Principale, poggiate su rocce molto meno resistive, caratterizzate da una frazione pelitico – marnosa elevata, è una condizione molto favorevole per l'individuazione del limite stratigrafico tramite la restituzione di un profilo di resistività elettrica.

L'ubicazione degli stendimenti magneto - tellurici è avvenuta sulla base delle criticità geologiche che sono state desunte tramite l'analisi della cartografia geologica e dei profili geologici del tracciato, realizzati per la precedente fase di scelta del tracciato. In particolare si è deciso di realizzare gli stendimenti in corrispondenza di:

- sezione 1 Valpegara - galleria S.Pietro: verifica della presenza ed estensione del lineamento tettonico della faglia di Valpegara;
- sezione 2 Sosteri – galleria di valico: verifica della presenza ed estensione di alcuni lineamenti tettonici, associati alla faglia del Posina;
- sezioni 3 e 10 Nosellari – galleria di valico: verifica della presenza ed estensione di alcuni lineamenti tettonici;
- sezione 4 Costa – galleria di valico: verifica della profondità del contatto stratigrafico tra Dolomia Principale e sequenza permio – triassica e della presenza ed estensione dei lineamenti tettonici associati alla faglia della val di Centa;
- sezioni 5 e 7 Costa – galleria di valico: sezioni trasversali alla sezione 4 di taratura della stessa;
- sezione 7 Besenello – galleria di valico: verifica della presenza ed estensione del lineamento tettonico della val della Scaletta e stima dello spessore della conoide di Besenello.

Le informazioni di carattere geologico – strutturale fornite dall'indagine MT sono state attentamente valutate ed interpretate, al fine di redigere il "*Profilo geologico*" longitudinale del tracciato.



## 8 INTERPRETAZIONE INDAGINE MT

L'indagine MT restituisce un profilo di resistività del sottosuolo tramite l'interpolazione dei dati in corrispondenza di un numero di verticali pari al numero delle basi di acquisizione.

Ne deriva che l'attendibilità del modello di resistività è in funzione principalmente del numero di basi e secondariamente della loro spaziatura.

Il primo aspetto infatti condiziona fortemente la distribuzione dei campi di resistività mentre il secondo definisce ulteriormente l'ampiezza degli stessi all'interno dei limiti suddetti.

In particolare questo effetto è tanto più marcato quanto maggiore è la differenza di resistività elettrica tra due materiali adiacenti, attraversati dallo stendimento MT, come è il caso di una zona di faglia e dell'ammasso roccioso indisturbato incassante.

Il risultato è che se lo stendimento non è sufficientemente lungo ovvero, se non c'è un numero sufficiente di stazioni di acquisizione al di fuori della zona di faglia, si assiste ad una sovrastima dell'ampiezza della zona a maggiore fratturazione. Se la faglia è caratterizzata da un rigetto anche l'entità dello stesso può risultare falsata.

La sovrastima dell'ampiezza delle zone di faglia a minore resistività è un fenomeno noto e diffuso anche nelle indagini geoelettriche, tanto che spesso la definizione dell'ampiezza di questi settori a maggiore fratturazione viene tarata attraverso rilievi di superficie geologico-strutturali e dati da sondaggi. Questa ampiezza può essere inoltre ulteriormente amplificata da un contenuto d'acqua superiore per aumento dell'indice dei vuoti rispetto all'ammasso circostante.

La suddetta imprecisione è molto meno marcata se il limite tra il mezzo resistivo e quello conduttivo è in un piano sub-parallelo a quello della superficie topografica, contenente lo stendimento, dal momento che tale limite risulta esteso lateralmente.

I suddetti limiti del metodo MT hanno portato ad utilizzare le informazioni raccolte nel seguente modo:

- Sezioni 1, 2, 3, 7 e 10: si tratta di stendimenti di verifica di lineamenti morfo-tettonici che risentono degli effetti descritti in precedenza. Ne deriva che l'ampiezza delle zone a maggiore fratturazione e il rigetto eventualmente associato sono stati stabiliti considerando le informazioni desunte anche dai rilievi di superficie ovvero dalla cartografia geologica. Gli stendimenti MT sono stati quindi utilizzati principalmente per la verifica dell'estensione fino al piano della galleria dei suddetti lineamenti;
- Sezioni 4, 5 e 6: si tratta di stendimenti di verifica dell'assetto stratigrafico della galleria di valico che hanno evidenziato chiaramente il contatto stratigrafico tra la

Dolomia Principale e la sottostante sequenza permio – triassica ed hanno evidenziato l'estensione dei lineamenti morfo – tettonici fino a profondità ben superiori a quelle della galleria di valico.

Queste considerazioni sono state attentamente valutate per la redazione dei profili geologici e quindi per l'applicazione delle sezioni di scavo.

La sezione 7 – Besenello illustra chiaramente l'assetto strutturale della val d'Adige, che come noto in letteratura, si tratta di un'incisione molto profonda riempita da depositi fluviali e fluvioglaciali, legata principalmente all'azione erosiva dell'Adige in funzione delle variazioni di quota del livello di base di recapito, dovuto sia a motivi tettonici sia di fluttuazioni eustatiche. Indagini condotte fino ad ora indicano il tetto del substrato roccioso ad una profondità di 600 – 700 m e la presente indagine MT sembra confermarlo. Lo spessore della conoide di Besenello non è così chiaro, perciò si dovrà procedere nella successiva fase progettuale ad un sondaggio di taratura. Si nota invece chiaramente la presenza della faglia della val della Scaletta.

La taratura del modello geologico dovrà avvenire nella fase successiva di progettazione attraverso la realizzazione di stendimenti MT più estesi e con basi più frequenti, associati dove possibile a dei sondaggi di taratura.

La sezione 4 risulta essere lo stendimento MT più importante per la definizione del modello geologico della galleria di valico.

La sezione 4 presenta uno sviluppo di 2.4 Km con un numero di verticali di acquisizione pari a 20 con una interdistanza di circa 120 m ed è stata realizzata in corrispondenza del settore a maggiore copertura della galleria di valico con valori dell'ordine dei 1200 – 1400 m.

Lo stendimento che ha raggiunto una profondità di indagine di circa 4 Km ha permesso di chiarire l'assetto stratigrafico e strutturale del suddetto settore, confermando la presenza al di sotto della Dolomia Principale della sequenza stratigrafica permio – triassica.

Questo risultato è di straordinario valore per la progettazione dell'opera e per la conoscenza scientifico - geologica dell'area dal momento che il modello geologico del progetto definitivo del 1995 era stato realizzato sulla base di considerazioni meramente stratigrafiche, desunte dai rilievi geologici di superficie e dalle fonti bibliografiche.

Lo stesso approccio era stato utilizzato anche per la fase di indagine, precedente alla presente, di scelta del tracciato giungendo ad un modello geologico diverso rispetto a quello suddetto, evidenziando una forte incertezza nella definizione dello stesso.

La validità del modello proposto in questa fase di progetto risulta essere certificata dall'indagine MT condotta.

L'importanza di questa indagine è tale che si è deciso di riportare in allegato al presente rapporto una tavola illustrativa dei risultati dell'indagine, al fine di poter facilmente usufruire degli stessi per una più immediata comprensione di quanto riportato nel capitolo seguente.

### *8.1 Modello geologico di riferimento della galleria di valico*

Si riporta nella sottostante tabella per ciascuna formazione lo spessore minimo e quello massimo noti in letteratura, seguendo l'ordine cronologico dalla più antica alla più recente, di tutte le formazioni geologiche oggetto di studio.

Tabella 8-1- Interpretazione indagine MT – Modello geologico di riferimento della galleria di valico – Spessori minimo e massimo delle formazioni		
<b>Formazione</b>	<b>Spessore minimo (m)</b>	<b>Spessore massimo (m)</b>
Basamento metamorfico	Non definito	Non definito
Arenarie val Gardena	20	50
Bellerophon	10	50
Werfen	250	300
Dolomia del Serla	40	60
Gracilis	20	40
Conglomerato di Voltago	20	30
Dolomia della Valsugana	200	300
Calcari scuri di Margon	50	60
Marne val di Centa	15	25
Calcari val di Gola	30	40
Dolomia del Sinedech	80	100
Raibl	10	20
Dolomia Principale	600	800
Calcari grigi	200	300
S.Vigilio	20	25
Rosso Ammonitico	10	20
Biancone	150	200
Scaglia rossa	70	80

In particolare la sequenza stratigrafica permio – triassica, conosciuta dalle fonti bibliografiche e dai rilievi geologici di superficie, presenta uno spessore variabile da un minimo di circa 800 m ad un massimo di 1000 m circa.

Questo valore corrisponde molto bene con la potenza del settore, individuato dalla sezione 4, caratterizzato da valori di resistività elettrica pari a 100 – 500 ohm/m. I limiti inferiore e superiore di questo settore conduttivo sono nettamente marcati da un notevole incremento della resistività, corrispondente alla Dolomia Principale con la sovrastante sequenza carbonatica e al basamento metamorfico. La presenza del basamento metamorfico è supportato sia da dati di letteratura sia dall'estensione fino a profondità di 4 Km degli elevati valori di resistività.

Una volta stabilita la presenza di questi tre domini geologici, visibili in Figura 8-1 è necessario definire un campo di valori di resistività che determina il passaggio tra i tre domini geologici.

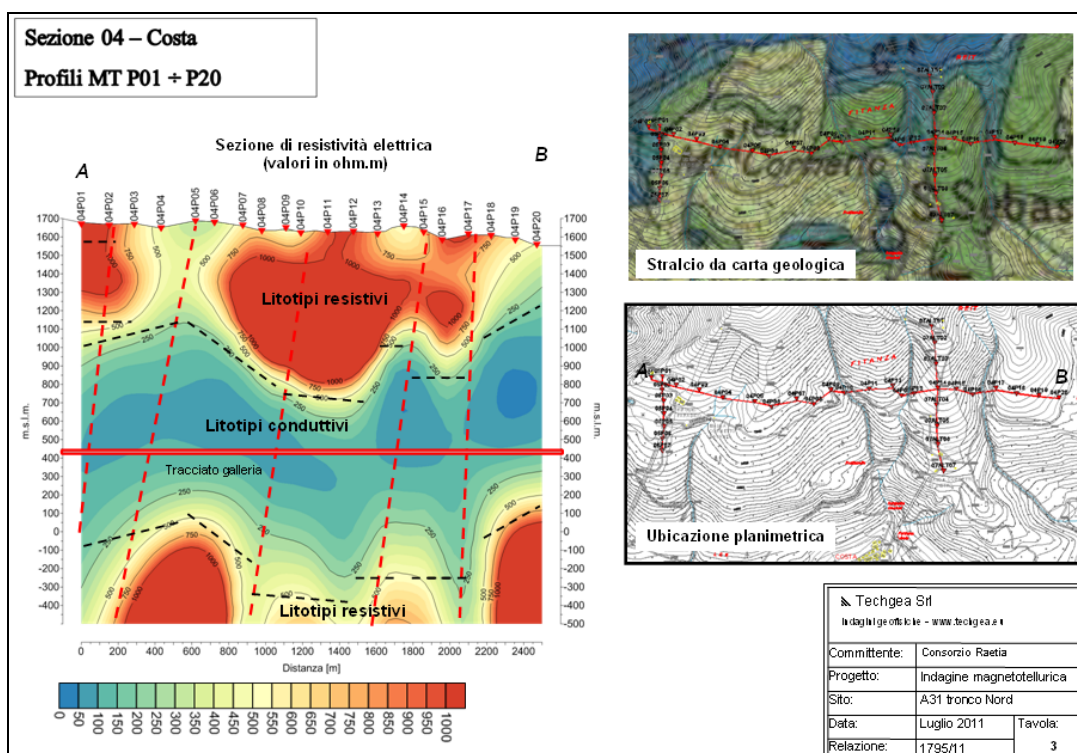


Figura 8-1 – Interpretazione indagine MT – Modello geologico di riferimento della galleria di Valico – Sezione 4 Costa longitudinale alla galleria di valico nel settore a massima copertura

Questa scelta è molto delicata dal momento che l'estrema variabilità lito – stratigrafica delle formazioni coinvolte e i loro esigui spessori determinano notevoli differenze da un punto di vista applicativo in funzione della formazione geologica presente al piano della galleria.

La definizione di questi limiti è inoltre affetta da una inevitabile imprecisione intrinseca al metodo in merito alle profondità alle quali si ha il cambio di resistività ed alla presenza di importanti lineamenti tettonici, che condizionano la distribuzione e l'ampiezza dei settori a minore resistività.

Ne deriva che sulla base di considerazioni stratigrafiche e di caratteristiche lito – stratigrafiche delle formazioni coinvolte si decide di assegnare valori di resistività pari a:

- 750 – 1000 ohm/m alla Dolomia principale caratterizzata da una struttura massiva e quindi resistiva;
- 500 – 750 ohm/m alla sequenza carbonatica sovrastante la Dolomia principale caratterizzata da una struttura meno massiva a causa di una netta stratificazione;
- 100 – 500 ohm/m alla sequenza stratigrafica al di sotto della Dolomia principale a causa di una frazione marnoso – calcarea importante e di una netta stratificazione;
- 250 – 1000 ohm/m al basamento metamorfico fino a valori di resistività superiori a 1000 ohm/m in profondità.

La variabilità della resistività elettrica del basamento metamorfico potrebbe dipendere dalla sua variabilità litologica.

In particolare il passaggio tra una resistività di 250 – 500 ohm/m ad una di 500 – 1000 ohm/m potrebbe essere ragionevolmente dovuto al passaggio tra le filladi, filladi quarzifere e le sottostanti metavulcaniti molto più massive e ricche in quarzo.

Se così fosse lo spessore delle filladi si aggirerebbe attorno ai 300 – 400 m, valore congruente con gli spessori indicati nel Foglio Trento n°060 ad est della linea del Calisio, passante per il lago di Caldonazzo, dove affiorano le filladi al di sopra delle meta-vulcaniti.

Questo valore sembra essere giustificato, se si considera l'inevitabile erosione alla quale è andato incontro il basamento metamorfico prima della deposizione della sequenza permio – triassica.

Sulla base delle suddette considerazioni e delle informazioni tratte dalla *“Cartografia geologica”* si è ricostruito il modello geologico del settore a maggiore copertura della galleria di valico.

L'assegnazione di uno spessore minimo di circa 500 m alla formazione della Dolomia principale ed alla sovrastante sequenza carbonatica, in accordo con le informazioni derivanti dalla cartografia geologica ha portato ad ipotizzare una sequenza stratigrafica, che è stata oggetto di una importante erosione durante il Carnico, così come riferito anche da fonti bibliografiche per il rilievo attiguo della Vigolana.

In particolare il Gruppo del Raibl è stato fatto appoggiare direttamente al di sopra della Dolomia della Valsugana ovvero si stima che l'erosione abbia asportato uno spessore di 150

– 200 m della sequenza, corrispondente alle formazioni dei Calcari scuri di Margon, delle Marne della val di Centa, dei Calcari della val di Gola e della Dolomia del Sindech.

Se non si ipotizzasse questo evento erosivo lo spessore della Dolomia Principale verrebbe sensibilmente ridotto ad un valore di 300 m circa, che risulterebbe essere incongruente con i dati forniti dalla cartografia geologica.

Questo modello sembra inoltre essere sostenuto anche dal fatto che la zona a minore resistività elettrica si concentra in corrispondenza della porzione superiore della formazione del Werfen, caratterizzata da membri a forte componente terrigena.

Una analoga riduzione della resistività non trova riscontro in quella che dovrebbe essere la posizione delle formazioni dei Calcari scuri di Margon e della Marne della val di Centa, anche se potrebbe essere obliterata dai loro esigui spessori in rapporto a quello della sovrastante sequenza dolomitico – calcarea, che condiziona fortemente la distribuzione della resistività.

Ne deriva che la galleria si sviluppa in modo preponderante all'interno della formazione del Werfen, come illustrato dai *“Profili geologici”*.

Il modello geologico così definito mette in evidenza i seguenti aspetti, che erano stati ipotizzati dagli studi geologici di riferimento:

- Il basamento metamorfico si trova ad una quota leggermente superiore rispetto a quanto previsto, confermando la presenza di un alto strutturale, delimitato dalla linea della Valsugana che bordava a sud la grande caldera atesina, dove si è depositata la relativa sequenza vulcanica, assente in questo settore;
- i rilievi della Vigolana e della Marzola si confermano essere un blocco di pop – up, delimitata dalle linee del Calisio, Trento – Cles, val della Scaletta, Trento – Roncogno. L'indagine infatti evidenzia una quota del basamento metamorfico pari a circa 0 – 200 m s.l.m.m. in rapporto ai diversi dislocamenti tettonici, che è inferiore di circa 700 – 900 m rispetto alla quota massima di affioramento del basamento in val di Centa pari a circa 900 - 950 m s.l.m.m.. Rilievi di superficie hanno infatti individuato al di sopra di questa quota la formazione della Arenarie della val Gardena. Questo aspetto è inoltre una conferma della prosecuzione del lineamento della Valsugana fino alla val d'Adige;
- lo spessore della Dolomia Principale è fortemente inferiore rispetto a quanto previsto dalla interpolazione dei dati forniti dai soli rilievi di superficie e da correlazioni stratigrafiche. In particolare lo spessore è pari a circa 500 m, quindi inferiore rispetto anche al valore minimo previsto di 600 m;
- l'assetto strutturale dell'area è molto complesso, risentendo della vicinanza del lineamento della Valsugana e della faglia della val di Centa.

Un aspetto di particolare importanza e che necessita di altri studi è l'assetto geologico – strutturale dell'area, fortemente influenzato da un fascio di faglie afferenti al sistema della faglia della val di Centa, segnate nella “*Carta geologica*” nell'area di realizzazione dell'indagine.

Queste faglie sembrano avere un carattere essenzialmente trascorrente con modesti rigetti verticali dalla lettura della cartografia geologica, tuttavia l'indagine evidenzia come queste faglie siano caratterizzate da importanti rigetti verticali nell'ordine dei 200 – 300 m. Questo aspetto può essere spiegato alla luce delle vicende tettoniche che si sono susseguite nell'area, in particolare si tratta della riattivazione in faglie trascorrenti e transpressive, durante il Neogene, delle ereditate strutture tettoniche distensive mesozoico – paleogeniche. Lo sviluppo della storia tettonica suddetta sembra essere supportato dal cinematismo delle faglie attraversate dalla sezione 4 il cui carattere distensivo originario è mascherato dalla successiva inversione strutturale.

Ne deriva che lo spessore delle formazioni, caso evidente della Dolomia Principale, potrebbe non essere omogeneo all'interno dei settori delimitati dalle faglie individuate, a causa dell'iniziale carattere distensivo sin-sedimentario e di quello successivo trascorrente delle faglie, che hanno allineato porzioni di sequenza con spessori variabili lateralmente. Non esistono tuttavia elementi sufficienti per determinare queste variazioni, perciò si è deciso di rappresentare le formazioni nel “*Profilo geologico*” con spessori uniformi.



## 9 DATI DISPONIBILI ED ELABORATI PRODOTTI

Gli elaborati prodotti sono la “*Carta geologica e geomorfologica*” e il “*Profilo geologico*” longitudinale al tracciato per i quali si riporta una descrizione. 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.

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

### 9.1 Metodologia di lavoro

#### Cartografia geologica e geomorfologica

La carta geologica e geomorfologica allegata al progetto preliminare è redatta in scala 1:10.000 utilizzando come base topografica la cartografia del CTR regionale.

Il lavoro è stato effettuato acquisendo preliminarmente la documentazione bibliografica disponibile e citata al capitolo 3. In particolare la carta geologica e la carta geomorfologica in scala 1:10.000 allegata al progetto posto a base di gara (progetto definitivo e SIA anno 1995, progetto preliminare anno 2005), nonché la carta geologica e la carta geomorfologica in scala 1:5.000 del progetto definitivo del tratto Piovene Rocchette – SS350 in località Schiri, redatto nel 2005 ed allegato anch'esso alla documentazione posta a base di gara. Successivamente sono state reperite le cartografie geologiche e geomorfologiche allegate ai Piani Regolatori dei Comuni attraversati, e la cartografia geologica in scala 1:50.000, con relative note illustrative, del Foglio 060 Trento e Foglio 082 Asiago della Carta geologica d'Italia, redatti dall'ISPRA e pubblicati nel 2010 (F 60) e nel 2007 (F082). Quest'ultimi elaborati rappresentano un'evoluzione, con diverse integrazioni in chiave stratigrafica e strutturale, dei più vecchi Fogli 21 Trento e 36 Schio della Carta geologica d'Italia, in scala 1:100.000, databili fra il 1968 e 1969.

Sulla base della documentazione sopra elencata è stata redatta una prima bozza di carta geologica e geomorfologica in scala 1:5.000 utilizzata come base per i rilievi di campagna.

Tali rilievi sono stati condotti in prima fase nel periodo marzo – aprile 2011 tramite gruppi di geologi rilevatori divisi in 4 squadre, ed integrati nel luglio 2011 contestualmente alle indagini geognostiche di campo.

Il lavoro ha permesso di :

- prendere contatto con i luoghi ed i terreni, verificando e laddove possibile ottimizzando le opere ed i tracciati;
- verificare, modificare, integrare o correggere la cartografia geologica tecnica dedotta dalle informazioni bibliografiche che, alla luce dei riscontri sul terreno, si è dimostrata un prodotto già di buona qualità;
- individuare le principali criticità geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e le difficoltà tecniche connesse a ciascun tracciato e, più nel dettaglio, a ciascuna opera;
- 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;
- ubicare ed affinare le indagini geognostiche a corredo del progetto preliminare ed eseguite durante il mese di luglio 2011.

In questa sede sono state scattate numerosissime fotografie e sono state redatte schede tecniche, dati e commenti, successivamente trasferite ai progettisti.

La carta geologica allegata al progetto preliminare deriva quindi da una buona ed affidabile documentazione bibliografica e, per un intorno non inferiore ad 1 Km rispetto all'asse stradale, è stata verificata direttamente sul terreno, adeguata ed integrata.

Pur se i rilievi sono effettuati in scala 1:5.000, gli elaborati di progetto vengono emessi in scala 1:10.000, conformemente alle specifiche di normativa e capitolato, suddivisi in 5 tavole.

### Profili geologici

L'opera in progetto si compone di due carreggiate per ogni senso di marcia. Per le opere in sotterraneo sono previsti due forni separati, così come i tratti in viadotto si sviluppano su impalcati separati ed affiancati.

Il profilo geologico allegato al progetto è tracciato in posizione intermedia rispetto alle due carreggiate.

Le lunghezze delle opere citate nel testo sono relative alla carreggiata in direzione nord; Laddove le opere sulle due piste hanno caratteristiche sensibilmente diverse il testo ne fornisce adeguato riscontro.

I profili geologici sono stati realizzati a partire dalle informazioni fornite dalla carta geologica e geomorfologica ed integrate per mezzo di tutte le indagini fino ad ora realizzate.

In particolare le indagini sismiche eseguite in sede di progettazione preliminare sono state ubicate in maniera tale da definire le profondità del contatto coltri/substrato roccioso in corrispondenza di punti critici come imbocchi, accumuli di frana o di conoide, tratti in galleria a modesta copertura o su fianchi vallivi ricoperti da coltri detritiche. Le indagini magnetotelluriche sono invece state posizionate laddove, in base a considerazioni stratigrafiche, si supponeva che le gallerie potessero interessare le formazioni rocciose sottostanti alla Dolomia Principale e/o importanti zone di faglia a carattere regionale. Le suddette formazioni infatti non affiorano in un intorno significativo rispetto all'asse galleria e l'assetto strutturale dell'area di studio complica notevolmente la ricostruzione del modello geologico.

## 9.2 *Planimetria geologica e geomorfologica*

### Assetto geomorfologico

In linea generale lungo l'intera area d'interesse progettuale il litotipo fondamentale è rappresentato dalla Formazione della Dolomia Principale, che affiora estesamente lungo entrambe le sponde della Valdastico, e rappresenta il substrato roccioso laddove sono cartografate coltri di materiali sciolti. Essendo un carbonato doppio di calcio e magnesio pochi e localizzati sono i fenomeni carsici riscontrati in questo litotipo.

Alle quote più alte al di sopra della Dolomia si segnalano depositi sedimentari mesozoici prevalentemente calcarei (dal basso verso l'alto Calcari Grigi – Gruppo di san Vigilio, Rosso Ammonitico, Biancone e, localmente, Scaglia) che affiorano estesamente sugli altopiani. Sono materiali caratterizzati da un diffuso carsismo, come testimoniato dalla presenza di inghiottitoi, grotte, doline e dalla scarsa idrografia di superficie.

Le principali faglie sono orientate prevalentemente NNW-SSE o NW-SE, più raramente NE-SW. Buona parte delle incisioni principali (ad esempio Posina, Val d'Assa, Val di Centa, Val di Gola) e secondarie che confluiscono ortogonalmente sull'Astico sono impostate in corrispondenza di lineazioni tettoniche. Ciò, unitamente alle elevate pendenze, favorisce la formazione di conoidi detritiche o alluvionali, o ancora da debris flow, spesso potenzialmente attive almeno a seguito degli eventi meteorici più intensi, puntualmente segnalate in carta.

Lungo la valle dell'Astico sono cartografati depositi alluvionali attuali e recenti, costituiti da prevalenti ghiaie e sabbie per spessori che, quasi ovunque, sono superiori alle massime profondità raggiunte dai sondaggi e pari a 40 m. L'elevata pendenza dei versanti indica

sensibili approfondimenti del substrato roccioso a partire dai fianchi vallivi. I depositi alluvionali sono caratterizzati da terrazzi di erosione fluviale, che demarcano il più recente approfondimento del torrente Astico.

Coltri di detrito ammantano il piede dei versanti mascherando il contatto con il sottostante substrato. L'acclività è quasi sempre molto elevata. Dissesti più o meno localizzati si instaurano a seguito degli eventi meteorici più intensi o a carattere eccezionale. In tale contesto molto importante è la presenza di una copertura vegetale, erbacea ma meglio ancora arborea, che limita sensibilmente il dissesto idrogeologico.

Un importante accumulo di antica frana è cartografato in corrispondenza dell'imbocco settentrionale della galleria San Pietro.

Tutta la parte iniziale del tracciato, da Piovene Rocchette a velo d'Astico circa, è impostata in depositi fluvioglaciali ed alluvionali terrazzati, o depositi glaciali, imputabili al trascinamento e allo scioglimento dell'imponente ghiacciaio dell'Astico in epoca quaternaria.

Essi poggiano in continuità sulla Dolomia Principale, visibile localmente in affioramento nella parte inferiore dell'incisione valliva.

#### Assetto geologico - strutturale

Partendo dalla fine dell'attuale autostrada A31 a Piovene Rocchette i primi 2.200 m si sviluppano prevalentemente in scavo all'interno di depositi fluvioglaciali ed alluvionali terrazzati prevalentemente granulari.

La carta permette di osservare come la profonda forra dell'Astico sia scavata entro gli stessi depositi fluvioglaciali, che mostrano condizioni di sostanziale stabilità anche in presenza di scarpate di altezza decametrica e di pendenze molto accentuate. Ciò è dovuto alle buone caratteristiche dei materiali, sottoposti peraltro a pressioni enormi da parte dei ghiacciai in epoca geologicamente recente (come testimoniato anche da tension cracks riscontrate durante i rilievi) e probabilmente anche da un grado di cementazione, difficilmente quantificabile, dovuto alle acque d'infiltrazione. Localmente nella forra, ma non in asse stradale, alle quote più basse affiora il substrato in forma di Dolomia Principale.

Poco a margine dell'attraversamento del Viadotto Piovene, lato Besenello, si osserva un dissesto localizzato dovuto in parte ad erosione al piede da parte del corso d'acqua ed in parte ad erosione superficiale. Da notare la sua vicinanza alla spalla del Viadotto Piovene.

Fra le pk 2.800 – 3.800 sono cartografati depositi glaciali riferibili alla morena frontale del ghiacciaio dell'Astico, testimoniati da materiali eterogenei, blocchi e massi anche di grandi dimensioni.

Fra le pk 3.800 – 7.000 circa è presente un tratto in rilevato compreso fra due viadotti posti ad attraversamento dell’Astico. Sul terreno prevalgono depositi alluvionali e fluvioglaciali, prevalentemente granulari, poggiati sul substrato roccioso. La Dolomia Principale affiora su entrambe le sponde vallive.

Fra le pk 7.000 – 7.400 il tracciato si approssima alla sponda sinistra dell’Astico, intercettando depositi di conoide detritica ed alluvionale e coltri detritiche accumulate al piede dei versanti, mentre la Dolomia Principale affiora nelle immediate vicinanze. Ad una spiccata variabilità litologica, non solo superficiale ma anche sotterranea, si contrappone una complessa morfologia. Ed infatti il tracciato sulle due carreggiate (monte e valle) si trova rispettivamente in scavo e rilevato, mentre in corrispondenza della galleria Velo gli affioramenti rocciosi sono carenti.

Fra le pk 7.400 – 10.200 il tracciato resta in galleria, sulla sponda sinistra dell’Astico e sulla verticale di estese coltri detritiche che ammantano e ricoprono il piede dei versanti. Morfologicamente il pendio è molto ripido, specie laddove affiora la roccia della Dolomia Principale, mentre in corrispondenza delle coltri la pendenza chiaramente diminuisce. Gli accumuli detritici al piede sono talvolta non o scarsamente vegetati, a testimonianza di una continua alimentazione da monte.

Fra le pk 10.200 – 14.200 il tracciato resta prevalentemente in galleria ma si sposta verso l’interno del rilievo, cosicché sulla sua verticale affiora ora estesamente la Formazione della Dolomia Principale e, alle quote più elevate, ora dei Calcari Grigi.

Morfologie carsiche ed inghiottitoi sono riscontrate parzialmente in sinistra idrografica, più diffusamente in destra, a quote più elevate rispetto a quelle di progetto.

Attorno alla pk 12.400 l’incisione della Val d’Assa, che s’interpone fra le gallerie Forte Corbin e Pedescala, viene superata in viadotto. Qui al substrato si sovrappongono diffuse coltri detritiche.

Fra le pk 14.200 – 14.600 il tracciato supera l’Astico portandosi in destra idrografica. L’attraversamento del corso d’acqua avviene in corrispondenza di depositi alluvionali attuali e recenti, prevalentemente granulari, indagati attraverso i sondaggi della campagna del 1995.

Fra le pk 14.600 – 18.300 si ubica la galleria S. Pietro, l’opera in sotterraneo più lunga dopo la galleria di valico, e la più importante galleria naturale prevista con sistema tradizionale. Su buona parte del tracciato affiora la Dolomia. Un’estesa coltre detritica affiora attorno alla pk 16.600 in una zona tettonicamente disturbata.

In corrispondenza dell’imbocco settentrionale della galleria è cartografata la paleofrana della Marogna, una grande ed antica frana, probabilmente di scivolamento planare lungo strato,

la cui messa in posto è stata favorita dall'elevato grado di fratturazione e disgiunzione della roccia imputabile a numerose e variamente orientate tettoniche, ed alla sfavorevole giacitura degli strati a franapoggio. Non sussistono condizioni di reale pericolosità geomorfologica per l'opera in quanto l'accumulo è stabile. Si segnalano però difficoltà esecutive in quanto il materiale è costituito da blocchi eterometrici anche ciclopici in matrice sabbioso limosa a tratti probabilmente anche abbondante. Da segnalare, inoltre, come in corrispondenza delle aree di competenza dell'imbocco negli ultimi anni sia stata intrapresa un'attività di cava.

Fra le pk 18.300 – 21.100 si trova il tratto all'aperto più esteso del progetto. Il tracciato, infatti, supera l'Astico con il Viadotto Molino, e si porta in sinistra idrografica ora in rilevato, ora in scavo, ora in galleria in funzione della situazione morfologica locale. Il lungo viadotto Posta supera ancora una volta l'Astico riportando il tracciato in destra idrografica ed in galleria.

La geologia di questo settore è variabile da punto a punto. In corrispondenza e nelle vicinanze dell'alveo sono presenti potenti depositi alluvionali. In prossimità dei versanti si riscontrano coltri detritiche allungate parallelamente alla valle. In corrispondenza dei corsi d'acqua minori orientati perpendicolarmente all'Astico, e che scendono con elevata pendenza dalle quote più elevate, sono presenti conoidi alluvionali in buona parte attive o potenzialmente attive a seguito degli eventi meteorici più intensi. In tale contesto il tracciato è stato studiato, plano-altimetricamente, in modo da minimizzare l'interferenza con le citate conoidi.

Fra le pk 21.100 -23.300 il tracciato resta in destra idrografica ed in galleria descrivendo una curva con concavità verso nord, attraversando infine un'ultima volta l'Astico in viadotto.

La Dolomia Principale affiora ancora estesamente, fatta eccezione per l'attraversamento del corso d'acqua impostato, chiaramente, in depositi alluvionali la cui grana aumenta procedendo verso monte, mentre il relativo spessore diminuisce progressivamente.

Fra le pk 23.300 – 38.400 è ubicata la galleria di valico, geologicamente l'opera più importante e caratterizzante dell'intero progetto. In superficie è evidente tutta la serie mesozoica compresa fra Dolomia Principale e Biancone. Faglie a carattere regionale come la linea della Val Posina e la linea della Val di Gola intercettano il tracciato. La faglia della val di Gola, in particolare, non si esclude che possa, per un tratto, disporsi parallelamente ed a modesta distanza (o in corrispondenza) dell'opera, come si evince dall'allegata cartografia.

In base agli studi bibliografici ed alle indagini magneto-tellurico eseguite gli spessori della serie mesozoica, e della Dolomia in particolare, sono tali per cui laddove le coperture sono maggiori e pari a 1.400 m lo scavo interessa la sequenza stratigrafica permio - triassica.

Questa sequenza affiora in val di Centa perciò a grande distanza dall'asse del tracciato ed al di fuori della rappresentazione cartografica realizzata.

L'imbocco meridionale della galleria è impostato in una coltre detritica posta al piede di un ripido versante ove affiora estesamente la Dolomia Principale. L'imbocco settentrionale evita la conoide di Besenello, un'area dalla morfologia dolce ampiamente adibita a scopo agricolo, localmente residenziale, e resta al piede di un ripido versante, rispettando così nella misura migliore possibile il territorio.

Fra le pk 38.400 – 39.300 il tracciato sbocca in Val d'Adige e, dopo un breve tratto in rilevato, si porta in viadotto superando così la S.S.12, la ferrovia del Brennero, il fiume Adige e l'autostrada A22 del Brennero, sulla quale si innesta.

L'intera ed ampia valle dell'Adige è occupata da depositi alluvionali recenti ed attuali i cui spessori, come desunto da numerosi riferimenti bibliografici e dalla sezione MT 7 - Besenello, sono nell'ordine di diverse centinaia di metri. La porzione superficiale di questa potente coltre alluvionale, come confermato da un sondaggio eseguito nel 1995 e da numerosi sondaggi reperiti presso la banca dati della PAT ed allegati agli studi per la scelta del tracciato, è costituita da ghiaie sabbie.

### *9.3 Profilo geologico*

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

La prima parte del tracciato si sviluppa prevalentemente a raso ed in destra idrografica dell'Astico, la cui profonda incisione viene superata con il Viadotto Piovene (~ 290 m). Prosegue in leggero scavo sino alla galleria naturale S. Agata (~ 990 m) e supera una seconda volta l'Astico in corrispondenza del viadotto Boiadori (~ 480 m). Continua su rilevato per alcune centinaia di metri in un'area parzialmente aperta che permette il posizionamento, alla pk 5.500 circa, dello svincolo di Velo d'Astico. Superato lo svincolo piega verso NW superando ancora l'Astico con il Viadotto Velo (685 m) e, raggiunta nuovamente la sponda destra, s'immette nella galleria artificiale/naturale Velo (135 m).

Tutto il settore descritto è impostato in depositi fluvioglaciali ed alluvionali terrazzati costituiti da ghiaie e sabbie spesso stratificate, da molto addensate a debolmente cementate, o depositi glaciali costituiti da ghiaie in matrice limoso sabbioso argillosa, con anche blocchi e massi, localizzati in corrispondenza della galleria S. Agata.

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 segnala un fenomeno d'instabilità a carico dei depositi

fluvioglaciali ed alluvionali, innescato da erosione di sponda da parte dell'Astico, solo parzialmente mitigato da interventi di difesa spondale.



Figura 9-1 – Metodologia di lavoro – Profilo geologico - Dissesto in sponda destra dell'Astico in prossimità del tracciato a carico dei depositi fluvioglaciali

Le indagini disponibili sono quelle allegate al progetto a base di gara (campagna anno 1995 e 2005); 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, estesi sino alle massime profondità indagate.

In presenza di depositi di copertura alluvionali o fluvioglaciali gli imbocchi delle gallerie naturali richiederanno opportune opere di sostegno. Lo scavo, sviluppato in buona parte entro materiali sciolti, avverrà con sistema tradizionale e richiederà un diffuso ricorso ad interventi di consolidamento del fronte e del contorno. Le coperture in calotta sono metriche, con valori massimi nell'ordine di 15 – 25 m sulla galleria S. Agata.

Gli scavi delle gallerie artificiali richiedono un precontenimento a mezzo di paratie tirantate.

Le fondazioni dei viadotti Velo e Boiadori saranno su pali di grande diametro. Il viadotto Piovene è un'elegante struttura ad arco per il quale è previsto un consolidamento dei terreni con jet grouting in corrispondenza dei plinti di fondazione.

#### 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. Dopo la galleria artificiale Velo (135 m) preceduta e seguita da brevi tratti in scavo sulla carreggiata di monte, ed in rilevato su quella di valle, inizia una rapida successione di gallerie naturali separate da brevi tratti all'aperto posti su rilevati di altezza



variabile fra 1-2 m ed un massimo di 10 m. In particolare la galleria Cogollo (1.560 m), Costa del Prà, (855 m), Forte Corbin (2.210 m) e Pedescala (1.750 m). Fra le gallerie Pedescala e Forte Corbin è ubicato il Viadotto Assa (105 m) che supera l'omonimo corso d'acqua, affluente dell'Astico.

La galleria artificiale Velo interessa depositi fluvioglaciali e depositi di conoide alluvionale. Da questo punto in avanti il tracciato si sviluppa per ampie tratte all'interno delle pendici in sinistra o destra idrografica dell'Astico, ove affiora estesamente la Formazione della Dolomia Principale, la cui continuità è interrotta da depositi di conoide ed ampie falde di detrito poste al piede dei versanti. 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.

Sulla galleria Cogollo diffuse coltri detritiche gravano in zona imbocco ed interessano anche la galleria per circa un centinaio di metri, mentre tutto l'ampio settore centrale si sviluppa in Dolomia Principale. Le condizioni morfologiche e geologiche impongono il ricorso ad un ampio tratto in artificiale all'imbocco lato Besenello.

Sulla galleria Costa del Prà l'imbocco lato Piovene ed i primi 350 m circa sono previsti in Dolomia Principale, mentre tutta la restante parte settentrionale intercetta depositi detritici di versante. Da notare le modeste coperture in calotta e la forte pendenza trasversale, tale per cui si prevedono condizioni morfologiche ed anche geologiche molto diverse fra pista di monte e pista di valle. La pista di monte in particolare avrà sufficienti coperture e potrà svilupparsi in buona parte in roccia, mentre la pista di valle avrà coperture molto modeste (e forte asimmetria fra paramento destro e sinistro) e con buona probabilità si svilupperà, almeno parzialmente, in materiali sciolti. Tale contesto determina una situazione di oggettiva difficoltà e criticità tecnico esecutiva tanto che si consiglia, in vista della successiva fase progettuale, uno spostamento del tracciato verso monte.

Come per la galleria Cogollo le condizioni morfologiche e geologiche impongono il ricorso ad un ampio tratto in artificiale all'imbocco lato Besenello.

La galleria Forte Corbin mostra la presenza di un'estesa coltre detritica all'imbocco lato Piovene, che ben presto lascia spazio alla Dolomia Principale che interessa la massima parte del tracciato in galleria nonché l'imbocco settentrionale lato Besenello.

Il viadotto Assa interessa una coltre detritica il cui spessore atteso è almeno deca metrico.

La galleria Pedescala si sviluppa interamente in Dolomia Principale, fatta eccezione per un breve tratto all'imbocco lato Piovene indagato mediante sismica a rifrazione. Da segnalare la presenza di una faglia che, posta parallela al tracciato tra le due canne, potrebbe per questo avere ripercussioni sulla qualità della roccia lungo un ampio tratto.

Le coperture in calotta, fatta eccezione per le zone d'imbocco, variano da 10/20 m sino a 80 – 100 m, con punte massime attorno a 200 m sulla galleria Forte Cobin, e di 250 - 340 m sulla 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 del terreno sarà previsto per le zone d'imbocco, per l'attraversamento delle fasce di disturbo tettonico e nelle tratte di attraversamento delle coltri detritiche.

Per gli imbocchi posti direttamente in roccia sarà possibile un attacco diretto; per gli imbocchi in materiali sciolti, così come per i tratti in artificiale negli stessi terreni, sarà necessario prevedere paratie tirantate su più ordini.

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

#### Da pk 14.200 a pk 18.400

All'uscita della galleria Pedescala il tracciato attraversa l'Astico con il viadotto Settecà (424 m) portandosi in destra idrografica. Rientra quindi immediatamente in sotterraneo con la galleria San Pietro (3.507 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 conoidi detritiche. All'imbocco settentrionale della galleria San Pietro si trova l'esteso accumulo dell'antica frana della Marogna, costituito da frammenti e blocchi di dolomia in matrice ghiaioso sabbioso limosa. Proprio in quest'area si è recentemente estesa l'attività di una vicina cava. I sondaggi disponibili sono rappresentati dall'S14 – S15 – S16, della campagna 1995, profondi rispettivamente 40, 30 e 25 m, che si sviluppano in prevalenti ghiaie e sabbie senza intercettare il substrato roccioso. Il sondaggio S14 si ubica sul viadotto Settecà, i sondaggi S15 – S16 sull'imbocco settentrionale della galleria San Pietro e sul successivo viadotto Molino.

Nell'estate 2011 un approfondimento geognostico è stato condotto mediante:

- traverse sismiche a rifrazione poste all'imbocco settentrionale della galleria, lato Besenello, per meglio indagare l'accumulo di frana;
- uno stendimento magnetotellurico posto nella parte centrale della galleria, ad elevata copertura, al fine di verificare se gli scavi restano in Dolomia ovvero interessano anche terreni ad essa sottostanti.



Figura 9-2 – Metodologia di lavoro – Profilo geologico - La zona dell'imbocco N galleria San Pietro

La galleria San Pietro è interamente impostata in Dolomia Principale. All'imbocco meridionale è presente una modesta coltre detritica; all'imbocco settentrionale l'accumulo di frana, da considerarsi di antica data e completamente stabilizzato, interessa l'opera per uno sviluppo di oltre 200 m.

Su entrambi gli imbocchi sarà necessario prevedere opere di presidio. Lo scavo in sotterraneo avverrà con sistema tradizionale privilegiando sezioni con chiodature o centine e spritz; interventi di preconsolidamento saranno necessari 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.

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

#### Da pk 18.400 a pk 21.100

In uscita dalla galleria san Pietro il viadotto Molino (460 m) scavalca l'Astico a valle del paese di Pedemonte. L'asse stradale si sposta quindi in sinistra idrografica ed al piede dei versanti, e si sviluppa sulla pista di monte prevalentemente in scavo (o galleria artificiale) e sulla pista di valle su rilevati che raggiungono altezze metriche con punte superiori a 10 m. Torna nuovamente in destra idrografica superando l'Astico con i viadotti Posta 1 (590 m) e Posta 2 (689 m).

Alla pk 18.750 ed a margine del viadotto Molino è posizionato lo svincolo di Lastebasse.

I versanti affacciati sull'Astico sono interamente impostati in Dolomia Principale. L'asse stradale, ubicato al piede dei rilievi, interessa principalmente l'accumulo di frana della Marogna, e i depositi alluvionali attuali e recenti dell'Astico, coltri detritiche e depositi di conoide. Nel complesso materiali granulari ghiaioso sabbiosi con possibile presenza di frammenti e blocchi lapidei. Gli spessori delle coperture sono da metrici a decametrici.

Indagini disponibili sono rappresentate dai sondaggi allegati al progetto a base di gara e databili al 1995. 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. Gli scavi della galleria artificiale e delle trincee si svilupperanno prevalentemente in materiali sciolti e richiederanno pendenze adeguatamente abbattute o, in alternativa, opportune opere di sostegno.

#### Da pk 21.100 a pk 23.350

Superato il viadotto Posta il tracciato ritorna in sotterraneo con la galleria Pedemonte (1.849 m) che, descrivendo una curva con concavità a nord, si affaccia per l'ultima volta sull'Astico, superato con il viadotto Ciechi (285 m). Al termine del viadotto, in località Lastebasse, ha inizio la galleria Lavarone (o galleria di valico).

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.

I sondaggi disponibili sono ancora quelli del 1995, ubicati lungo o ai margini della piana alluvionale in corrispondenza del viadotto Ciechi e dell'imbocco meridionale della galleria Lavarone. Il sondaggio S22, ubicato in sponda destra e profondo 25,00 m attraversa depositi alluvionali grossolani ed intercetta la roccia alla profondità di 23,00 m da p.c..

Ambo gli imbocchi della galleria Pedemonte, interessando coltri di materiale sciolto, richiederanno opere di sostegno. L'opera in sotterraneo si sviluppa in Dolomia Principale; lo scavo avverrà con sistema tradizionale privilegiando sezioni con chiodature radiali o centine e spritz; un pre-contenimento sarà 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.

Da pk 23.350 a pk 38+400 39.300

Dopo il viadotto Ciechi in sponda sinistra dell'Astico si ubica l'imbocco meridionale della galleria Lavarone, in corrispondenza di una coltre detritica sopra la quale svetta un'imponente parete di Dolomia Principale solcata da fratture principali e faglie minori.



Figura 9-3 – Metodologia di lavoro – Profilo geologico - Imbocco meridionale della galleria di valico

Il tracciato scelto per la galleria di valico ha un andamento circa W-E che attraversando l'Altopiano di Folgaria, sbocca in Val d'Adige poco a monte dell'abitato di Besenello.

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.

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 ed incerta una precisa ricostruzione stratigrafica in profondità. Da segnalare l'interferenza con diverse faglie, alcune delle quali anche importanti, fra cui la linea di Posina, la faglia Carbonare – Malga Clama, la faglia della Val di Centa, la faglia della Val di Gola e la faglia della Scaletta.

Il tracciato resta a valle, ad una distanza di circa 600 m, rispetto al lago di Lavarone.

Le indagini dirette sono costituite da alcuni sondaggi del 1995. Il più rappresentativo è certamente il sondaggio S27, profondo 70 m, ubicato a valle rispetto al tracciato 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. Da segnalare anche il sondaggio S23, profondo 15 m, posto in prossimità dell'imbocco meridionale, zona d'imbocco, interamente compreso in ciottoli, frammenti lapidei e ghiaie. I rilievi di superficie hanno permesso di cartografare una successione stratigrafica compresa fra Dolomia Principale e Biancone, mentre le elevate coperture (punte massime superiori a 1.400 m) e la tettonica determinano sensibili incertezze circa la reale successione stratigrafica presente in corrispondenza del settore centrale della galleria. In tale contesto la progettazione preliminare si è avvalsa di un'indagine magneto-tellurica che ha raggiunto quote anche superiori rispetto a quelle delle opere, mentre alcune traverse sismiche a rifrazione sono state posizionate in corrispondenza di entrambi gli imbocchi. Tali indagini sono state completate nel luglio 2011.

La galleria di valico, lunga 15.140 m, mostra coperture variabili da circa 600 m a oltre 1.400 m. Lo scavo si svilupperà per i primi 5.850 m circa in Dolomia Principale. In corrispondenza del settore centrale a più elevata copertura, e per una estensione indicativamente prevista in circa 7.600 m, le indagini hanno messo in luce una successione di terreni più antichi databili dal triassico superiore al Permiano, scomposta da numerose faglie in una serie di blocchi variamente rialzati. In particolare si ritiene di poter intercettare le Formazioni Raibl, Dolomia della Valsugana, Dolomia del Serla, Werfen, Bellerophon ed Arenarie di Val Gardena. Nella parte orientale lo scavo torna nella Dolomia Principale, con eccezione degli ultimi 150 m circa all'imbocco lato Benenello dove sono previsti materiali detritici.

Su entrambi gli imbocchi dovranno essere previste opere di sostegno, mentre lo scavo della galleria avverrà con sistema meccanizzato.

#### Da pk 38+400 a pk 39.300

Un breve rilevato collega la galleria di valico con il viadotto Adige (500m). Quest'opera supera la S.S.12, la ferrovia Verona – Brennero e lo stesso Fiume Adige permettendo quindi l'innesto del tracciato in progetto con l'A22 del Brennero. Lo sbocco della galleria e la prima parte del viadotto insistono su depositi detritici al margine della conoide di Besenello, che verso valle passano bruscamente ai potenti depositi alluvionali dell'Adige.

Sulla piana alluvionale sondaggi della PAT, inseriti nella documentazione della fase di studio precedente di scelta del tracciato, mostrano materiali sciolti che hanno, almeno sino alle massime profondità indagate di 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, eseguito nel 1995 e profondo 27 m, conferma la presenza di ghiaie e sabbie di origine alluvionale. Il viadotto Adige, interamente impostato in depositi alluvionali, avrà fondazioni su pali di grande diametro.

## 10 CONCLUSIONI

Lo studio è stato condotto sulla base di tutte le informazioni attualmente disponibili, derivanti dalla bibliografia, dalle precedenti fasi di progettazione e dalle indagini eseguite a supporto dell'attuale progetto preliminare.

La conformazione morfologica del territorio è caratterizzata dalla presenza di estesi altopiani incisi profondamente dai corsi d'acqua con uno stile tipo canyon.

L'ossatura di questi altopiani è data dalla formazione della Dolomia Principale, caratterizzata da una stratificazione da decimetrica a metrica con giacitura sub-orizzontale e da un elevato grado litoide.

Ne deriva che lo scavo delle gallerie lungo la val d'Astico all'interno dell'ammasso roccioso non presenta particolari difficoltà ad eccezione di quelle legate al tracciato, che risulta essere in alcuni punti estremamente parietale, interessando estesamente le coltri di detritiche ai piedi dei ripidi versanti.

La galleria di valico, che è l'opera principale, risulta invece essere collocata in un'area complessa da un punto di vista geologico e strutturale, risentendo della vicinanza di importanti lineamenti tettonici come quello della Valsugana, della val di Centa, della val di Gola e della val della Scaletta.

La sequenza stratigrafica inoltre non affiora interamente in superficie nelle immediate vicinanze del tracciato a causa delle elevate coperture dovute alla presenza dell'altopiano di Folgaria, che è molto esteso lateralmente. I litotipi presenti al di sotto della Dolomia Principale affiorano in valli adiacenti come la val di Centa, ma la ricostruzione della loro prosecuzione al piano della galleria è complicata dalla faglie suddette. E' stato possibile diminuire l'incertezza del modello geologico grazie ad una indagine di magneto – tellurica che ha permesso di individuare chiaramente l'intera sequenza stratigrafica e la presenza di importanti faglie, che si estendono a profondità superiori a quelle della galleria.

In sintesi le principali criticità geologiche del tracciato in val d'Astico sono:

- nella parte relative alle gallerie Cogollo e Costa del Pra condizioni di modesta copertura, e sezioni trasversali fortemente asimmetriche e ripide, con presenza di materiale sciolto lungo il profilo di scavo, più accentuato ed esteso sulla pista di valle;
- l'imbocco nord e il primo tratto della galleria S.Pietro risultano essere in corrispondenza di un antico corpo di frana, paleo-frana della Marogna, che è costituito da materiale eterometrico con blocchi dispersi in una matrice sabbioso – limosa.

Le principali criticità geologiche della galleria di valico sono:

- la presenza di numerose dislocazioni tettoniche anche importanti, che complicano la successione e determinano la presenza di materiale maggiormente degradato;
- nel tratto centrale della galleria, a più elevata copertura, è prevista una successione stratigrafica permio - triassica caratterizzata da elevata variabilità stratigrafica e da un grado litoide medio – basso. Questi aspetti dovranno essere valutati al fine della stabilità del cavo e della sua deformabilità in vista della scelta della metodologia di scavo.



## 11 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