



AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD

1° LOTTO

Piovene Rocchette - Valle dell'Astico

PROGETTO DEFINITIVO

CUP	G21B1 30006 60005
WBS	B25.A31N.L1
COMMESSA	J16L1

COMMITTENTE



S.p.A. AUTOSTRADA BRESCIA VERONA VICENZA PADOVA
Area Costruzioni Autostradali

CAPO COMMESSA
PER LA PROGETTAZIONE
Dott. Ing. Gabriella Costantini

PRESTATORE DI SERVIZI:
CONSORZIO RAETIA



RAPPRESENTANTE: Dott. Ing. Alberto Scotti

RESPONSABILI DELL'INTEGRAZIONE
TRA LE PROVAZIONI SPECIALI TECNICHE:
Technital S.p.A. - Dott. Ing. Andrea Renzo



PROGETTAZIONE:

- ROCKSOIL S.p.A.**
Il Responsabile: Ing. G. Cassani
Il Geologo: Dott. Geol. F. Pennino
- PROTEC SPA**
Il Responsabile: Ing. A. Renzo
Il Geologo: Dott. Geol. E. Flesia
- 3TI PROGETTI ITALIA INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.**
Il Responsabile: Ing. S. Possati
Il Geologo: Dott. Geol. V. Federici

ELABORATO: STUDI PER LA CONOSCENZA DEL CONTESTO
GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA
RELAZIONE GEOLOGICA

Progressivo	Rev.
03 06 01 001 02	02

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Controllo	Approvazione	SCALA:
00	MARZO 2017	PRIMA EMISSIONE	TECHNITAL / Fresia - ROCKSOIL / Pennino - 3TI / Federici	TECHNITAL / Fresia - ROCKSOIL / Pennino - 3TI / Federici	TECHNITAL / Renzo - ROCKSOIL / Gatti - 3TI / Possati	NOME FILE: J16L1_03_06_01_001_0101_OPD_02.doc
01	MAGGIO 2017	REVISIONE	TECHNITAL / Fresia - ROCKSOIL / Pennino - 3TI / Federici	TECHNITAL / Fresia - ROCKSOIL / Pennino - 3TI / Federici	TECHNITAL / Renzo - ROCKSOIL / Gatti - 3TI / Possati	CM. Progr. FG. Liv. Rev.
02	LUGLIO 2017	RECEPIMENTO OSSERVAZIONI	TECHNITAL / Fresia - ROCKSOIL / Pennino - 3TI / Federici	TECHNITAL / Fresia - ROCKSOIL / Pennino - 3TI / Federici	TECHNITAL / Renzo - ROCKSOIL / Gatti - 3TI / Possati	J16L1_03_06_01_001_0101_OPD_02

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO
PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

Committente:



Progettazione:

CONSORZIO RAETIA



PROGETTO DEFINITIVO

STUDI PER LA CONOSCENZA DEL CONTESTO

Geologia e Geomorfologia

Relazione geologica e geomorfologica

I N D I C E

1. INTRODUZIONE	4
2. NORMATIVA E PRESCRIZIONI DI RIFERIMENTO	8
3. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	9
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE	12
4.1. INDAGINI PREGRESSE	12
4.1.2 <i>Indagini di progetto definitivo Piovene Rocchette – Besenello (1995)</i>	12
4.1.3 <i>Indagini tratto Piovene Rocchette – S.P.350 Schiri (2005)</i>	16
4.1.4 <i>Indagini di progetto preliminare (2011)</i>	17
4.2. INDAGINI PER LA PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL 1° LOTTO (2016-2017)	19
4.1.1 <i>Acquisizione di documentazione bibliografica</i>	21
4.1.2 <i>Foto interpretazione geologica di dettaglio</i>	21
4.1.3 <i>Rilievi geologici, geomorfologici, idrogeologici e geomeccanici</i>	22
4.1.4 <i>Pozzetti esplorativi</i>	22
4.1.5 <i>Sondaggi con prove in sito e di laboratorio</i>	24
4.1.6 <i>Indagini geofisiche. Sismica a rifrazione e tomografia elettrica.</i>	26
4.1.7 <i>Indagini geofisiche. Magnetotellurica.</i>	27
4.3. PRINCIPALI ELEMENTI DI NOVITA' EMERSI DALLE INDAGINI INTEGRATIVE DI PD	29
5. MODELLO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO GENERALE	32
5.1. ASSETTO GENERALE	32
5.2. SEQUENZA STRATIGRAFICA	34
5.2.1 <i>BASAMENTO METAMORFICO – (Carbonifero)</i>	35
5.2.2 <i>ARENARIE DI VAL GARDENA – (Permiano medio – sup.)</i>	36
5.2.3 <i>FORMAZIONE A BELLEROPHON – (Permiano sup.)</i>	36
5.2.4 <i>FORMAZIONE DI WERFEN – (Scitico)</i>	37
5.2.5 <i>DOLOMIA DEL SERLA INFERIORE - (Scitico – Anisico inf.)</i>	38
5.2.6 <i>FORMAZIONE A GRACILIS – (Anisico inf. – Pelsonico)</i>	39
5.2.7 <i>CONGLOMERATO DI VOLTAGO – (Anisico inferiore - Pelsonico)</i>	40
5.2.8 <i>DOLOMIA DELLA VALSUGANA – (Pelsonico – Illirico inferiore)</i>	40
5.2.9 <i>Gruppo delle Zwischenbildungen (Anisico sup - Ladinico)</i>	41
5.2.10 <i>DOLOMIA DELLO SCILIAR (Ladinico)</i>	44
5.2.11 <i>VULCANITI RIOLITICO DACITICHE (Ladinico superiore)</i>	44
5.2.12 <i>GRUPPO DI RAIBL – (Carnico)</i>	45
5.2.13 <i>DOLOMIA PRINCIPALE – (Retico – Carnico sup.)</i>	46
5.2.14 <i>CALCARI GRIGI – (Lias medio – inf.)</i>	47
5.2.15 <i>Oolite di S.VIGILIO – (Bajociano – Aleniano)</i>	48
5.2.16 <i>ROSSO AMMONITICO – (Titoniano p.p. – Bajociano)</i>	49

5.2.17	<i>BIANCONE (maiolica) – (Cenomaniano – Titoniano p.p.)</i>	49
5.2.18	<i>FORMAZIONI ERUTTIVE TERZIARIE – (Paleocene sup. – Miocene inf.)</i>	49
5.2.19	<i>PALEOFRANE – (Quaternario)</i>	50
5.2.20	<i>DEPOSITI GLACIALI – (Quaternario)</i>	52
5.2.21	<i>DEPOSITI FLUVIOGLACIALI ED ALLUVIONALI TERRAZZATI – (Quaternario)</i>	53
5.2.22	<i>ALLUVIONI ATTUALI E RECENTI – (Quaternario)</i>	55
5.2.23	<i>DETRITO DI CONOIDE ALLUVIONALE E DA DEBRIS FLOW – (Quaternario)</i>	56
5.2.24	<i>DETRITO DI VERSANTE – (Quaternario)</i>	57
6.	ASSETTO GEOLOGICO - STRUTTURALE	58
6.1.	ASSETTO STRUTTURALE DELLA VAL D’ASTICO	60
6.2.	ASSETTO STRUTTURALE DELLA VAL DI GOLA	61
6.3.	FAGLIE DI CARATTERE REGIONALE	62
6.4.	ANALISI DEI POSSIBILI CINEMATISMI	64
7.	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	65
7.1.	CARATTERI GEOMORFOLOGICI GENERALI	65
7.2.	GEOMORFOLOGIA DEI TRATTI ALL’APERTO	67
7.3.	FENOMENI GRAVITATIVI	70
8.	ANALISI DEGLI SCENARI DI RISCHIO	85
9.	MODELLO GEOLOGICO E INTERAZIONE CON LE OPERE	87
9.1.	CARTOGRAFIA E PROFILI DI PROGETTO	87
9.2.	ASSETTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO E STRUTTURALE LUNGO IL TRACCIATO	88
9.2.1	<i>TRATTO DA PIOVENE ROCCHETTE ALL’IMBOCCO SUD DELLA GALLERIA COGOLLO (PK 0+000 – PK 4+636)</i>	89
9.2.2	<i>TRATTO DA PK 4+636 A PK 11+220 (GALLERIA COGOLLO)</i>	92
9.2.3	<i>TRATTO DA PK 11+220 A 11+351</i>	94
9.2.4	<i>TRATTO DA PK 11+351 A 13+114 (GALLERIA PEDESCALA)</i>	95
9.2.5	<i>TRATTO DA PK 13+114 A 13+705 CIRCA</i>	96
9.2.6	<i>TRATTO DA PK 13+705 A 17+170 CIRCA (GALLERIA SAN PIETRO)</i>	97
9.2.7	<i>FRA LE PK 17+170 E PK 18+000 (FINE INTERVENTO)</i>	127
10.	CONCLUSIONI	129
11.	BIBLIOGRAFIA	130

1. INTRODUZIONE

Il presente elaborato costituisce la “*Relazione geologico-geomorfologica*” di progetto definitivo del 1° lotto funzionale dell’autostrada A31 Vicenza – Piovene Rocchette – Trento, a prolungamento dell’attuale tratto in esercizio da Longare, (a sud di Vicenza), fino a Piovene Rocchette, ai sensi dell’art. 8 dell’allegato XXI del D.Lgs 163/2006 e s.m.i.

Oggetto della presente Relazione è fornire un inquadramento geologico, geomorfologico, strutturale e litologico-stratigrafico del settore interessato dalle opere infrastrutturali connesse alla prosecuzione dell’autostrada A31, dallo svincolo di Piovene Rocchette, dove oggi termina l’autostrada, fino allo svincolo di Pedemonte, al confine con la provincia di Trento, per un totale di circa 18 chilometri, (cfr figura 1.1).

Una caratteristica peculiare delle zone in cui si sviluppa il tracciato è l’assetto morfologico generale, dominato da ampi altopiani aventi quote variabili fra 900 - 1.300 metri circa, che bordano la piana alluvionale del torrente d’Astico che rimane invece a quote comprese fra 250 e 400 m s.l.m.m. Nel tratto in argomento la valle dell’Astico risulta stretta e profondamente incisa, delimitata da ripide pareti rocciose, a nord dell’abitato di Arsiero e decisamente più aperta e ampia, a valle.

Procedendo da sud verso nord, nel senso delle progressive crescenti, la prima parte del tracciato, fra gli svincoli di Piovene Rocchette e Cogollo, si snoda per circa 4.500 m all’aperto in un contesto sostanzialmente sub pianeggiante. Qui le opere principali sono rappresentate dal viadotto Piovene sul torrente Astico e dalle gallerie S. Agata 1 e S. Agata 2.

Superato lo svincolo di Cogollo il tracciato autostradale si addentra in un contesto francamente montuoso (rimanendo ora in sinistra ora in destra idrografica del torrente Astico), per l’attraversamento del quale il progetto prevede la successione delle gallerie naturali Cogollo, Pedescala e S. Pietro, separate fra loro dal viadotto Assa sull’omonimo corso d’acqua, e dai viadotti Settecà e Molino sull’Astico stesso.

Il dettaglio delle opere previste nell’ambito del 1° lotto funzionale è il seguente:

Gallerie:

Opera		Carreggiata dir. Nord	Carreggiata dir. Sud
		L (m)	L (m)
Galleria art.	S. Agata 1	100,00	100,00
Galleria	S. Agata 2	1.325,28	1.314,62
Galleria	Cogollo	6.584,50	6.591,00
Galleria	Pedescala	1.763,30	1.732,80
Galleria	S. Pietro	3.465,00	3.589,00

Viadotti:

Opera		Carreggiata dir. Nord	Carreggiata dir. Sud
		L (m)	L (m)
Viadotto	Piovene	285,50	285,50
Viadotto	Assa	107,20	107,20
Viadotto	Settecà	412,25	412,25
(Viadotto	Molino)	490,51	489,36

La galleria S. Agata 1 è artificiale; le gallerie S. Agata 2, Pedescala e San Pietro sono naturali e realizzate con sistema di scavo in tradizionale. La più lunga, galleria Cogollo, è prevista con sistema meccanizzato (TBM).

Ubicate in prossimità del limite degli altopiani di Asiago e Tonezza le gallerie hanno coperture variabili dai 1.000 m della Cogollo ai circa 400 m della Pedescala e San Pietro. La galleria S Agata 2, ricadente nel tratto iniziale sub pianeggiante, ha copertura massima di circa 40 m.

Dalle tabelle sopra riportate si evince come, a fronte di uno sviluppo complessivo del 1° lotto di circa 18 Km, ben 13,1 Km sono in galleria, per un tratto quindi corrispondente a circa il 73% dell'intero tracciato.

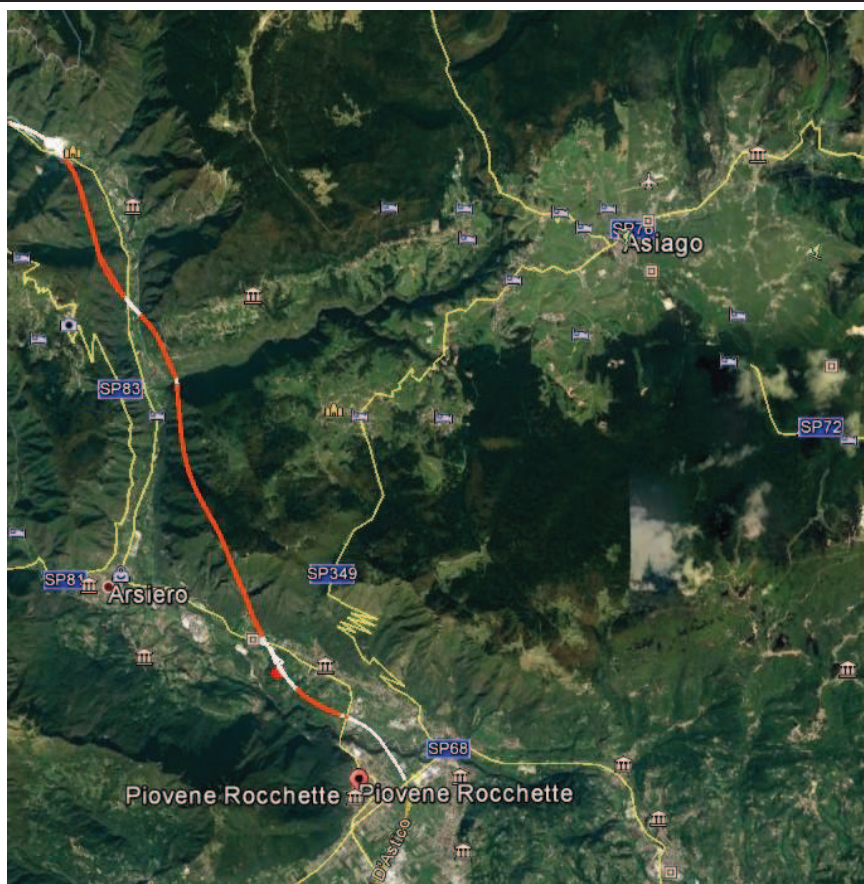


Figura 1.1 - Inquadramento geografico dell'area

Nel seguito si fornirà un inquadramento generale delle caratteristiche geologiche, stratigrafiche e geomorfologiche dell'area.

Scopo della presente Relazione, in particolare, è l'identificazione dei terreni e degli ammassi rocciosi presenti nell'area di stretto interesse progettuale, la definizione del modello geologico del sottosuolo, la descrizione degli aspetti relativi alla litologia, tettonica e geomorfologia, la valutazione della prevista interazione con le opere nonché la descrizione di particolari criticità geologiche che impongano condizionamenti o vincoli alla progettazione.

Il quadro informativo illustrato nel testo della presente Relazione, basato sull'analisi di tutta la documentazione disponibile, arricchita dalle indagini geognostiche eseguite nelle diverse fasi progettuali, è integrato dagli elaborati grafici di progetto, cui si rimanda per i dovuti approfondimenti.

La documentazione progettuale, relazione ed elaborati grafici, riferita al capitolo geologia-idrogeologia-geomorfologia-geotecnica-sismica è stata redatta congiuntamente dai seguenti tecnici delle Società Consorziate Technital, Rocksoil e 3TI Progetti Italia, ciascuno per la parte di

propria competenza:

Dott. Geol. Fresia (Technital) per il tratto in materiali sciolti fra inizio intervento e l'imbocco sud della galleria Cogollo (viadotto Piovene escluso).

Dott.ssa Geol. Pennino (Rocksoil) per la parte in roccia e nei detriti presso gli imbocchi delle gallerie, con particolare riferimento alle gallerie Cogollo, Pedescala e S Pietro.

Dott. Geol. Federici (3Ti) per i rimanenti settori in materiali sciolti, con particolare riferimento per gli attraversamenti dell'Astico e Assa in corrispondenza dei viadotti Piovene, Assa, Settecà e Molino, oltre allo svincolo di Pedemonte.

2. NORMATIVA E PRESCRIZIONI DI RIFERIMENTO

Per il presente lavoro sono state prese a riferimento le seguenti normative di legge:

Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.”

D.M. 11.03.1988 e s.m.i. “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e le scarpate, i criteri generali, e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”

Circ. LL.PP. 24 settembre 1988 n. 30483 Legge 02/02/74, n.64 art.1. D.M. 11/03/1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l’applicazione”.

D.M. 14 gennaio 2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni.”

3. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

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

- Progetto definitivo e SIA del tracciato denominato A1 (1995);
- Progetto definitivo del collegamento fra Piovene Rocchette e la SP350 in località Schiri (2005);
- Studio di fattibilità per la scelta del tracciato (2011);
- Progetto preliminare dell'A31 nord da Piovene Rocchette a Besenello, completo di SIA e valutazione dei possibili tracciati alternativi (2011). La soluzione sviluppata a livello di preliminare è denominata A4;
- 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 sotterraneo;
- Indagini geognostiche e prove di laboratorio.

QPT. QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

- Sistema geologico, scala 1:30.000;
- Tracciato A. Profilo geologico scala 1:25.000/25.000;
- Tracciato 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 E PROGETTO PRELIMINARE DELLA SOLUZIONE DENOMINATA A4 (2011)

- Indagini geognostiche;
- Relazione geologica e geomorfologica;
- Relazione geotecnica;
- Relazione geomeccanica;
- Relazione sismica;
- Carta geologica e geomorfologica scala 1:10.000;
- Carta idrogeologica scala :10.000;
- Sezioni idrogeologiche;
- Profilo geologico scala 1:5.000;
- Profilo geotecnico e geomeccanico scala 1:5.000
- Corografia macrozone sismiche scala 1:20.000

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. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nel seguito si fornisce una descrizione di tutti gli studi eseguiti, sia gli studi pregressi realizzati nel corso dell'iter progettuale, sia gli studi 2016-2017, di approfondimento per la redazione del Progetto Definitivo del 1° Lotto.

4.1. INDAGINI PREGRESSE

4.1.2 Indagini di 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 sondaggi, e precisamente: S10bis, S20, S22 e S27, hanno raggiunto il substrato roccioso, 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; si tenga conto che nella documentazione progettuale sono inseriti solo i sondaggi ricadenti nel tratto di competenza del 1° lotto (da excptu2 fino a S17)

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 4.1 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;
- 2 prove edometriche;
- 8 prove con penetrometro tascabile;

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

- 2 prove con torvane.

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

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

Tabella 4.2 Indagini – Autostrada Valdastico A31 - Progetto definitivo 1995 – Prove di laboratorio su terra

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

Le prove eseguite sono:

- descrizione macroscopica;
- 1 analisi petrografica su campione di andesite;
- 56 pesi di volume;
- 10 determinazioni del coefficiente di imbibizione;

- 24 prove sclerometriche;
- 23 prove di compressioni monoassiale con rilievo delle deformazioni;
- 14 prove triassiali;
- 19 prove di trazione indiretta tipo brasiliana;
- 30 prove di point – load;
- 9 prove di taglio su giunto;
- 35 prove di tilt test per valutazione attrito di base;
- 19 determinazioni del valore di JRC e JCS su giunto;
- 42 determinazioni delle velocità delle onde di compressione Vp e di taglio Vs 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 specifica planimetria, alla carta geologica ed ai profili geologici.

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 4.3 Indagini – Autostrada Valdastico A31 - Progetto definitivo 1995 – Prove di laboratorio su roccia

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

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

Tabella 4.4- Indagini – Autostrada Valdastico A31 - Progetto definitivo 1995 – Prove di laboratorio su roccia per scavo meccanizzato con TBM

4.1.3 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	Tovane	Materiale
						Lugeon (n°)	Le Franc (n°)				
SD5	40	-	-	-	-	-	3	9	-	-	ghiaia sabbioso - limosa e sabbie ghiaioso-limose, presenza di ciottoli
SD4P	20	x	-	-	-	-	3	7	-	-	ghiaia con sabbia limosa, presenza di ciottoli
SD3P	20	x	-	-	-	-	3	6	-	-	ghiaia sabbioso - limosa, presenza di ciottoli
SD2P	25	-	-	-	-	-	3	7	-	-	ghiaia con sabbia deb. limosa, presenza di ciottoli

Tabella 4.5 Indagini – Collegamento casello Piovene Rocchette - SP350 - Progetto definitivo 2005 -

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

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

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

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

Tabella 4.6 Indagini – Collegamento casello Piovene Rocchette e SP350 - Progetto definitivo 2005 - Prove di laboratorio

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

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

4.1.4 Indagini di progetto preliminare (2011)

La campagna d'indagine per lo sviluppo del progetto preliminare è stata condotta lungo l'intera soluzione di tracciato denominata A4, da Piovene Rocchette a Besenello, ed incentrata sulla definizione del modello geologico della opere in sotterraneo con particolare riguardo per l'individuazione dei terreni sottostanti la Dolomia Principale, e la definizione dei contatti stratigrafici fra coperture e substrato roccioso. Buona parte delle indagini hanno interessato la galleria di valico e la galleria Pedemonte, poste oltre lo svincolo di Valle dell'Astico, oltre ad un allineamento di gallerie parietali (denominate Cogollo, Costa del Pra, Forte Corbin) che, a seguito delle osservazioni formulate sul progetto preliminare, sono state sostituite dalla nuova, più interna e lunga galleria Cogollo. Ne consegue che buona parte delle indagini della campagna 2011 rimane disassata o posizionata oltre rispetto al tracciato del 1° lotto. In dettaglio la campagna del 2011 ha previsto:

- rilievi geologici, idrogeologici e geomeccanici lungo l'intero tracciato con particolare attenzione per la galleria di valico;
- n° 19 stendimenti di sismica a rifrazione con tecnica tomografica ed acquisizione delle onde Vp e Vs. Gli stendimenti, riepilogati in tabella 4.7, sono posizionati in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie e/o nelle tratte parietali. Dalla tabella si evince come le sole traverse sismiche TR06, all'imbocco sud della galleria Pedescala, e TR07A-TR07B all'imbocco nord della galleria San Pietro, ricadano nel 1° lotto;
- n° 9 stazioni audiomagnetotelluriche ubicate lungo i tratti a maggiore copertura delle gallerie naturali, come riepilogato in tabella 4.8, per complessivi 6.100 m di

stendimento. Dalla tabella si evince che la sola stazione AMT01P ricade nel 1° lotto e più precisamente lungo la galleria San Pietro.

SEZIONE	Opera	LUNGHEZZA LINEA (m)	Ubicazione
TR01a	Galleria Cogollo	230	Su precedente tracciato
TR01b	Galleria Cogollo	190	Su precedente tracciato
TR02a	Galleria Cogollo	230	Su precedente tracciato
TR02b	Galleria Cogollo	230	Su precedente tracciato
TR03a	Galleria Costa del Prà	230	Su precedente tracciato
TR03b	Galleria Costa del Prà	230	Su precedente tracciato
TR04	Galleria Forte Corbin	230	Su precedente tracciato
TR05a	Galleria Forte Corbin	110	Su precedente tracciato
TR05b	Galleria Forte Corbin	230	Su precedente tracciato
TR06	Galleria Pedescala	230	1° lotto
TR07a	Galleria San Pietro	230	1° lotto
TR07b	Galleria San Pietro	110	1° lotto
TR08a	Galleria Pedemonte	110	Oltre svincolo Valle dell'Astico
TR08b	Galleria Pedemonte	110	Oltre svincolo Valle dell'Astico
TR08c	Galleria Pedemonte	110	Oltre svincolo Valle dell'Astico
TR09a	Galleria Pedemonte	110	Oltre svincolo Valle dell'Astico
TR09b	Galleria Pedemonte	110	Oltre svincolo Valle dell'Astico
TR10	Galleria di valico	110	Oltre svincolo Valle dell'Astico
T11	Galleria di valico	210	Oltre svincolo Valle dell'Astico
		3.350	

Tabella 4.7. Sismica a rifrazione campagna 2011

Stazione AMT	Opera	Lunghezza a profilo	Ubicazione
AMT01P	Galleria S. Pietro - Valpegara	500 m	1° lotto Galleria S Pietro
AMT02P	Galleria di valico - Sosteri	600 m	Oltre svincolo valle dell'Astico
AMT10P	Galleria di valico - Nosellari	300 m	Oltre svincolo valle dell'Astico
AMT03P	Galleria di valico - Nosellari	400 m	Oltre svincolo valle dell'Astico
AMT06P	Galleria di valico - Nosellari	100 m	Oltre svincolo valle dell'Astico
ALT07P	Galleria di valico - Costa	800 m	Oltre svincolo valle dell'Astico
AMT05P	Galleria di valico - Costa	400 m	Oltre svincolo valle dell'Astico
AMT04P	Galleria di valico - Costa	2.400 m	Oltre svincolo valle dell'Astico
AMT07P	Galleria di valico lato Besenello	600 m	Oltre svincolo valle dell'Astico

Tabella 4.8 Audiomagnetotellurica campagna anno 2011

Le traverse sismiche hanno evidenziato, sulle gallerie Cogollo, Costa del Pra e Forte Corbin, possibili contatti laterali detrito/roccia. Tale riscontro è uno degli elementi che ha consigliato, in fase di progettazione definitiva e contestualmente alle osservazioni e prescrizioni formulate sul progetto preliminare, uno spostamento dell'asse stradale verso l'interno con l'inserimento della nuova galleria Cogollo lunga oltre 6.300 m

Le indagini magnetotelluriche hanno dettagliato l'assetto geologico strutturale in corrispondenza della galleria di valico e della galleria San Pietro. In particolare hanno individuato uno spessore complessivo della Dolomia Principale nell'ordine di almeno 600 m compatibile con i riscontri bibliografici. Hanno altresì confermato le ipotesi dedotte dalle ricostruzioni geostratigrafiche ovvero l'attraversamento, nella porzione centro occidentale della galleria di valico (di cui alla soluzione di tracciato denominata A4, e comunque ricadente oltre lo svincolo di Valle dell'Astico) della successione permio – triassica. In corrispondenza della galleria San Pietro hanno individuato la possibile presenza della successione permio – triassica, o di depositi maggiormente conduttivi (vulcaniti?) e limitatamente all'area indagata, a profondità superiori rispetto all'opera.

4.2. INDAGINI PER LA PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL 1° LOTTO (2016-2017)

Dall'insieme delle indagini pregresse disponibili, tenuto conto delle osservazioni mosse sul progetto preliminare in sede di approvazione, e constatata la necessaria implementazione del modello geologico di riferimento per la progettazione definitiva, la campagna geognostica è stata sviluppata con specifico riferimento alle seguenti possibili criticità:

- tratto Piovene Rocchette – Cogollo: presenza di materiali sciolti di origine fluvioglaciale, peraltro già ampiamente indagati durante le campagne precedenti, sede di una possibile falda idrica;
- tratto Cogollo – Svincolo Valle dell'Astico: presenza di una successione di gallerie naturali dove si rende necessario approfondire l'assetto stratigrafico in corrispondenza degli imbocchi (contatto detrito – substrato roccioso) individuando la posizione del letto della Dolomia Principale ed i terreni ad essa sottostanti, potenzialmente interferenti con gli scavi;
- opere in sotterraneo del tratto Cogollo – Svincolo Valle dell'Astico: approfondire la caratterizzazione geologico strutturale, geomeccanica e idrogeologica dei terreni interessati dagli scavi valutando le condizioni di potenziale rischio connesse con l'intercettazione di cavità carsiche;
- attraversamenti in viadotto dell'Astico: confermare l'inquadramento geologico stratigrafico ed idrogeologico delineato a seguito delle campagne d'indagine precedenti spingendo i carotaggi sino a profondità nell'ordine di 50 m da p.c.;

La campagna d'indagine di progetto definitivo si è articolata attraverso le seguenti fasi:

- acquisizione di documentazione bibliografica;
- foto interpretazione geologica da immagini satellitari;
- rilievi geologici, geomeccanici e idrogeologici di campagna;
- sondaggi a carotaggio continuo con prove in sito e di laboratorio, geotecnico e ambientale;

- traverse sismiche a rifrazione, tomografie elettriche e Masw;
- stendimenti magnetotellurici.

Tutte le indagini sono state seguite costantemente da tecnici esperti, appartenenti al gruppo di progettazione, in maniera tale da verificare e dettagliare il programma di campionamenti e prove, nonché apportare tutte le modifiche ritenute opportune sulla base dei riscontri via via emergenti. Di seguito sono brevemente descritte e commentate le indagini geognostiche eseguite in sede di progettazione definitiva nel periodo compreso fra dicembre 2016 e marzo 2017.

4.1.1 Acquisizione di documentazione bibliografica

Ampia documentazione bibliografica era stata già acquisita in sede di progettazione preliminare. Tale aspetto è stato comunque approfondito in questa fase con particolare riferimento agli aggiornamenti nel frattempo intervenuti sulla documentazione del PAI, sugli elaborati allegati alla strumentazione di pianificazione territoriale dei Comuni attraversati, a sopralluoghi e riunioni con la Regione Veneto in riferimento al piano cave e al data base sorgenti e cavità carsiche, di cui sono stati forniti gli "shape-file". Sono inoltre state acquisite, presso la società Alto Vicentino Servizi (Avs) le ubicazioni delle emergenze idriche (pozzi e sorgenti) utilizzate a scopo idropotabile lungo la valle dell'Astico, con relative analisi chimiche e, ove disponibili, misure di portata.

4.1.2 Foto interpretazione geologica di dettaglio

Una foto interpretazione geologica 3D è stata condotta, mediante uso di immagini satellitari di recente acquisizione, attraverso la restituzione di un modello DEM del terreno.

L'area indagata è stata estesa ad un intorno significativo rispetto all'asse stradale con una superficie complessiva studiata di circa 100 Km².

La foto interpretazione ha riguardato i caratteri geologici, geomorfologici e strutturali quali le forme di erosione ed accumulo, l'individuazione di morfologie carsiche di superficie, l'andamento degli orli di terrazzi e cordoni morenici, perimetrazione di frane attuali o antiche, meandri abbandonati, ubicazione delle conoidi detritiche e alluvionali, individuazione delle principali lineazioni tettoniche potenzialmente interferenti con le opere in sotterraneo ecc. I risultati di questa analisi sono stati verificati/integrati nel corso dei rilievi di campagna e trasferiti nella cartografia geologica e geomorfologica redatta a supporto della progettazione.



Figura 4.1 - Modello
la carta geologica del



3D del terreno con sopra-riportata
Foglio 82 Asiago.

Figura 4.2 - Un dettaglio ad elevata risoluzione della zona in cui ricade lo svincolo di Pedemonte

4.1.3 Rilievi geologici, geomorfologici, idrogeologici e geomeccanici

Nel corso della campagna di Progetto Definitivo del 2016-2017 sono stati eseguiti una serie di rilievi geologici di campagna per un approfondimento delle caratteristiche geologiche, geostrutturali ed idrogeologiche dell'area interessata dal tracciato delle opere a progetto.

Il rilevamento geologico ha consentito un maggior grado di affinamento dei contatti geologici, in particolare delle zone di fondovalle e degli imbocchi delle gallerie, tra i detriti di versante e gli ammassi rocciosi.

Nel corso della campagna di rilevamento sono stati realizzati 6 stop geotruturali di dettaglio nonché numerose misure di giacitura sia della superficie di stratificazione sia dei principali giunti di discontinuità, utilizzati per la redazione della carta geologica e delle sezioni, con particolare riferimento ai profili longitudinali al tracciato

I rilievi geotruturali sono riportati e descritti in un elaborato specifico.

A livello geomorfologico sono state compiute ricognizioni sulle aree in dissesto, sui corpi di antica frana e sulle principali evidenze carsiche. In particolare sono state individuate ed ispezionate le cavità carsiche ubicate nell'intorno dell'asse stradale.

Dal punto di vista idrogeologico sono state censite le sorgenti individuate dalle informazioni bibliografiche, e riepilogate in specifiche schede, acquisendo per ciascuna, oltre alla documentazione disponibile, i parametri di temperatura, conducibilità e pH, tramite misure in sito. Nel corso dei rilievi di campagna sono state altresì individuate sorgenti non segnalate nella documentazione disponibile.

Sono stati inoltre prelevati numerosi campioni d'acqua da sottoporre ad analisi di laboratorio in corrispondenza di sondaggi e sorgenti.

Per gli approfondimenti in merito alle tematiche di interesse idrogeologico si rimanda alla specifica Relazione idrogeologica di progetto.

4.1.4 Pozzetti esplorativi

Le ditte Geotecnica Veneta e Georicerche hanno eseguito n° 6 pozzetti esplorativi di profondità compresa fra 1 - 3 m. da p.c. Posizionati nei tratti all'aperto hanno permesso di individuare lo spessore del terreno vegetale, prelevare campioni, verificare la tipologia dei terreni posti a modesta profondità, effettuare prove in sito volte alla verifica della capacità portante e permeabilità dei terreni. Su ogni pozzetto sono state eseguite n° 2 prove di carico con piastra su due cicli (carico – scarico – carico) alle profondità di 0,5 m e 1 m da p.c. per un totale di 12 prove, prelevati n° 10 campioni rimaneggiati ed effettuate n° 2 prove Lefranc.

Sondaggio	Esecutore	prof (m)	Lefranc (n°)	camp. rim (n°)	camp. amb. (n°)	Carico piastra (n°)	Materiale
PZ1D	Geotecnica Veneta	1		2		2	Ghiaia con sabbia limosa
PZ2D	Geotecnica Veneta	1		2		2	Ghiaia con sabbia limosa
PZ3D	Geotecnica Veneta	2		2	2	2	Ghiaia con sabbia limosa
PZ4D	Geotecnica Veneta	3		2	3	2	Ghiaia con sabbia limosa
PZ5D	Georicerche	3	1	1	3	2	Trovanti, ciottoli e ghiaia in matrice sabbiosa
PZ6D	Georicerche	3	1	1	3	2	

Tabella 4.9 Pozzetti esplorativi campagna 2016 – 2017

4.1.5 Sondaggi con prove in sito e di laboratorio

Al fine di completare la campagna geognostica nei tempi stabiliti (compresi fra dicembre 2016 e marzo 2017) i sondaggi sono stati affidati alle tre seguenti ditte:

- Geotecnica Veneta di Olmo di Martellago (Ve);
- Georicerche di Due Carrare (Pd);
- Citiemme di Torino;

Quanto sopra in modo da garantire un utilizzo simultaneo minimo di 3 sonde e massimo di 5 sonde.

Tutti i sondaggi, fatta eccezione per S11Dbis, (a distruzione di nucleo) posizionato in corrispondenza di una viabilità esistente che durante l'esecuzione dei lavori poteva essere parzializzata solo per breve tempo, sono a carotaggio continuo.

Inoltre tutti i sondaggi, fatta eccezione per S10D e S17Dbis, sono attrezzati con piezometro.

Le profondità indagate variano da un minimo di 10 m per il sondaggio S0D, relativo ad un tratto in trincea, fino ad un massimo di 160 m per il sondaggio l'S14D ubicato lungo la galleria San Pietro.

Procedendo da Piovene Rocchette verso Besenello i sondaggi sono stati realizzati: nel tratto in trincea ad inizio intervento, sul viadotto Piovene, su un cavalcavia per viabilità secondaria, lungo la Galleria S. Agata, sullo svincolo di Cogollo, in zona d'imbocco sud della Galleria Cogollo, lungo la Galleria Cogollo, in corrispondenza del Viadotto Assa e della Galleria Pedescala, sul Viadotto Settecà, lungo la galleria S. Pietro, all'imbocco nord della Galleria San Pietro, sul Viadotto Molino e svincolo di Valle dell'Astico.

Complessivamente sono stati eseguiti n° 22 sondaggi per oltre 1.020 m di perforazione che di fatto integrano e completano i sondaggi già realizzati durante le campagne del 1995 e 2005 lungo il medesimo tracciato.

Nel corso dei sondaggi sono state eseguite sistematiche prove in sito consistenti in:

- n° 136 prove SPT in materiali sciolti;
- n° 11 prove di permeabilità tipo Lefranc in materiali sciolti, e n° 13 prove tipo Lugeon in roccia;
- n° 12 prove dilatometriche in roccia;
- n° 7 prove con pocket penetrometer direttamente sulle carote in presenza di materiali fini.

Sono inoltre stati prelevati oltre 220 campioni rimaneggiati consistenti in ghiaia e sabbia nei materiali sciolti, e carote lapidee nei tratti in roccia, sottoposti a prove di laboratorio. A causa della diffusa presenza di materiali granulari è stato possibile procedere con il prelievo di pochissimi campioni indisturbati.

La tabella 4.10 riepiloga le caratteristiche dei sondaggi, le prove in sito e i campioni prelevati. Nell'ultima colonna a destra è sinteticamente riepilogata la stratigrafia dei terreni attraversati.

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

Dato che i campioni riferibili a materiali sciolti sono quasi esclusivamente granulari le prove di laboratorio eseguite riguardano prevalentemente peso di volume, contenuto d'acqua, granulometria e, ove possibile, limiti di Atterberg.

Sui campioni lapidei, riferibili alla Dolomia Principale ed alle Vulcaniti, è stato determinato il peso di volume, resistenza a compressione semplice, resistenza a compressione triassiale, resistenza a trazione. Sono inoltre state eseguite prove per valutare la fresabilità in vista della previsione di scavo meccanizzato della galleria Cogollo fra cui in particolare: Punch penetration test, prova di abrasione, analisi diffrattometriche e petrografiche in sezione sottile.

CAMPAGNA GEOGNOSTICA DI PROGETTO DEFINITIVO 2016 - 2017													
Sondaggio	Esecutore	prof (m)	piez tubo aperto	camp. rim (n°)	camp. indist (n°)	camp. amb. (n°)	prova dilatom (n°)	Permeabilità		SPT (n°)	Pocket Penetrom	Torvaine	Materiale
								Lugeon	Lefranc				
S0D	Geotecnica Veneta	10	si	5		3				4			Ghiaia in matrice sabbioso limosa. Presenti blocchi
S1D	Geotecnica Veneta	50	si	15		3				12			Ghiaia in matrice limosa. Rari blocchi
S2D	Geotecnica Veneta	30	si	12		3			1	10			Ghiaia in matrice sabbioso limosa
S2D bis	Geotecnica Veneta	15	si	7		3				7			Ghiaia in matrice sabbioso limosa. Rari blocchi
S3D	Geotecnica Veneta	25	si	7		3				7			Ghiaia in matrice sabbioso limosa. Frequenti blocchi
S4D	Geotecnica Veneta	35	si	13	1	2			1	11	2	2	Ghiaia in matrice sabbioso limosa
S5D	Geotecnica Veneta	35	si	14					1	11			Ghiaie sabbioso limose con intercalazioni di limi sabbiosi
S6D	Geotecnica Veneta	35	si	13					1	11	5	5	Ghiaie sabbioso limose con intercalazioni di limi sabbiosi
S7D	Georicerche	50	si	5		3			2				Ghiaia in matrice sabbiosa. Trovanti fino a 26,5 m
S7D bis	CTM	71,4	si	5									Frammenti lapidei con sabbia limosa / Vulcaniti
S8D	CTM	77	si	15			2	4					Vulcaniti
S9D	CTM	40	si	12			2	2					Dolomia
S10D	CTM	40	no	12		3	3	2					Dolomia
S11D	CTM	45	si	15		3							Dolomia
S11Dbis	CTM	80	si	0									Dolomia
S12D	CTM	50	si	19					1	18			Ghiaie e sabbie debolmente limose
S13D	CTM	50	si	18					1	18			Ghiaie e sabbie debolmente limose
S14D	Georicerche	160	si	3		3	5	5					Dolomia molto fratturata
S15D	Georicerche	30	si	5		3			1	2			Trovanti in ghiaia sabbiosa / ciottoli con ghiaia sabbiosa
S16D	Georicerche	50	si	15					1	15			Trovanti in ghiaia sabbiosa / ciottoli con ghiaia sabbiosa
S17D	Georicerche	40	si	10					1	10			Riporto, trovanti in ghiaia, ciottoli con ghiaia sabbiosa
S17D bis	Georicerche	10	no	5									Riporto, trovanti in ghiaia, ciottoli con ghiaia sabbiosa

Tabella 4.10 Sondaggi campagna 2016-2017

Si sono altresì prelevati alcuni campioni di Dolomia in affioramento sui quali, dopo averli opportunamente ridotti ad adeguata pezzatura, sono state eseguite prove Los Angeles per valutare la possibilità di utilizzo della roccia come inerte per il confezionamento di conglomerati cementizi e bituminosi. Per gli stessi scopi si sono inoltre acquisite ulteriori prove eseguite su Dolomia proveniente e lavorata da cava Molino (zona svincolo valle dell'Astico) e relative a: determinazione dell'indice di forma, Micro Deval, assorbimento d'acqua ed ancora Los Angeles.

Infine in corrispondenza del sondaggio S14D a fine lavori sono state eseguite: prova di verticalità in foro, rilievo televisivo, gamma ray log, rilievo della temperatura, misura della conducibilità elettrica.

Per il dettaglio delle prove di laboratorio si veda l'apposito elaborato.

4.1.6 Indagini geofisiche. Sismica a rifrazione e tomografia elettrica.

Stante la scarsa accessibilità delle aree in asse al tracciato una valida integrazione all'analisi conoscitiva è stata ottenuta attraverso indagini sismiche a rifrazione con tecnica tomografica in onde P ed S poste prevalentemente in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie e più limitatamente (a causa delle elevate coperture) delle gallerie naturali (traversa sismica TSD10 lungo la galleria S. Pietro eseguita a riflessione).

Una taratura delle indagini geofisiche è stata ottenuta attraverso i sondaggi a carotaggio continuo ubicati, ove possibile, nelle vicinanze degli stendimenti.

Sempre con riferimento alla reciproca taratura dell'indagine geofisica agli imbocchi delle gallerie, ed in sostanziale sovrapposizione con gli stendimenti sismici, sono stati eseguiti stendimenti di tomografia elettrica.

Come riepilogato in tabella 4.11 e 4.12 sono state eseguite n° 14 traverse sismiche a rifrazione e n° 2 a riflessione per complessivi 3.931 + 1.885 m di stendimento, e n° 7 tomografie elettriche per complessivi 1040 m di stendimento.

Stendimenti sismici ed elettrici, laddove entrambi presenti, sono stati eseguiti lungo il medesimo allineamento e stendimento.

ID SEZIONE	SISMICA A RIFRAZIONE	SISMICA A RIFLESSIONE	TOMOGRAFIA ELETTRICA	INDAGINI MASW
TSD1	X		X	
TSD2	X			
TSD2bis	X			
TSD3	X		X	
TSD4	X		X	
TSD4bis	X			
TSD5	X		X	
TSD6	X			
TSD7	X		X	
TSD8	X		X	
TSD9	X			
TSD10	X			
TSD10bis	X	X		
TSD10ter	X			
TSD11	X		X	
Vs30_1				X
Vs30_2				X
Vs30_3				X
Vs30_4				X
Vs30_5				X
Vs30_6				X
Vs30_7				X
Vs30_8				X
Vs30_9				X
TOTALE	3.931 m	1885 m	1.040 m	9

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

Tabella 4.11 Sismica e geoelettrica campagna 2016-2017

ID SEZIONE	PUNTI DI RICEZIONE	INTERDISTANZA (m)	LUNGHEZZA (m)
TSD1	41	3	120
TSD3	41	3	120
TSD4	41	3	120
TSD5	41	3	120
TSD7	41	3	120
TSD8	41	4	160
TSD11	81	3.5	280
TOTALE (m)			1040

ID SEZIONE	PUNTI DI RICEZIONE	INTERDISTANZA (m)	LUNGHEZZA (m)
TSD1	24	5	115
TSD2	24	5	115
TSD2bis	72	6	426
TSD3	24	5	115
TSD4	24	5	115
TSD4bis	24	5	115
TSD5	24	5	115
TSD6	24	5	115
TSD7	24	5	115
TSD8	24	5	115
TSD9	24	5	115
TSD10	60	5	885
TSD10bis	192	5	1000
TSD10ter	48	5	235
TSD11	48	5	235
TOTALE			3.931

Tabella 4.12. Geometria degli stendimenti elettrici (sopra) e sismici (sotto) anno 2016 - 2017

Per la determinazione della categoria di suolo di fondazione sono state eseguite, in corrispondenza delle opere principali, n° 9 indagini sismiche tipo Masw con determinazione della Vs30, velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m. In tabella 4.13 sono riepilogati i punti di ricezione utilizzati negli stendimenti, la relativa interdistanza ed il valore della Vs30 (velocità media onde di taglio nei primi 30 m).

ID	PUNTI DI RICEZIONE	INTERDISTANZA (m)	INDAGINE MASW	Vs30 (m/s)	Tipologia di terreno
VS30_1	12	2	VS30_1	631	B
VS30_2	12	2	VS30_2	772	B
VS30_3	12	2	VS30_3	634	B
VS30_4	24	2	VS30_4	635	B
VS30_5	24	2	VS30_5	893	A
VS30_6	24	2.5	VS30_6	678	B
VS30_7	24	2.5	VS30_7	568	B
VS30_8	24	2	VS30_8	843	A
VS30_9	24	2.5	VS30_9	603	B

Tabella 4.13 MASW campagna anno 2016 – 2017

4.1.7 Indagini geofisiche. Magnetotellurica.

Per indagare i tratti in galleria caratterizzati, come già anticipato, da condizioni di elevata copertura (fino a 1.000 m) e scarsa accessibilità si è fatto ricorso ad indagini geofisiche con metodo magnetotellurico, una tecnologia leggera, speditiva e quindi adeguata all'utilizzo in condizioni di alta quota ed in situazioni orografiche ed ambientali oggettivamente difficili.

Le indagini magnetotelluriche, già sperimentate con buon successo in sede di progettazione preliminare, hanno avuto lo scopo di verificare ed integrare l'inquadramento geologico stratigrafico e strutturale delle principali opere in sotterraneo dedotto dai rilievi, dalle indagini puntuali (sondaggi) e dalle prospezioni sismiche ed elettriche condotte in zona d'imbocco. Sono perciò disposte ad integrazione degli indagini disponibili e particolarmente concentrate nelle aree ove sussistono i maggiori dubbi interpretativi, e dove in particolare le condizioni della rete viaria e/o orografiche sono tali da rendere complesso l'impiego di altri metodi d'indagine. I pregi del metodo magnetotellurico brevemente sono:

- tempi ridotti di acquisizione dei dati, grazie alla compattezza della strumentazione che non necessita di estesi stendimenti di cavi e di geofoni, garantendo rapidità di realizzazione a fronte di un difficile contesto morfologico;
- non necessita di esplosivo o altra energizzazione esterna, in quanto registra i campi elettro – magnetici naturali terrestri;
- capacità di indagare profondità fino a 2 Km con un buon dettaglio dei contatti stratigrafici e dei principali motivi strutturali;
- la sequenza stratigrafica dominante, costituita da rocce resistive che poggiano su rocce conduttive, è particolarmente favorevole alla applicazione di questo metodo.

Il parametro ottenuto dall'elaborazione ed interpretazione dei dati è la conducibilità elettrica dei terreni, che in sede di restituzione è stata calata in un possibile modello elettro stratigrafico interpretativo.

In una prima fase sono stati eseguiti n° 8 stendimenti magnetotellurici di lunghezza variabile fra 400 m e 1.500 m (numerati da AMT1D ad AMT7D) di cui AMT6bD ed AMT7D posti in corrispondenza di una possibile variante di tracciato analizzata a seguito delle prescrizioni VIA, per complessivi 5.600 m. In corso d'opera a seguito della restituzione delle stesse magnetotelluriche, dei rilievi di campagna e delle prime risultanze dei sondaggi, è stata prevista un'integrazione mediante le linee AMT8D-AMT12D, in buona parte disposte ortogonalmente alle precedenti, al tracciato ed ai principali allineamenti tettonici individuati.

Come riepilogato in tabella 4.14 sono state complessivamente eseguite n° 13 stese magnetotelluriche per complessivi 8.250 m circa di sviluppo.

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

Numero indagine	AMT1D	AMT2D	AMT3D	AMT4D	AMT5D	AMT6D	AMT6b
Progressiva (m)	7.700	9.100	9.750	12.200	14.600	16.300	-
Ubicazione	GN Cogollo	GN Cogollo	GN Cogollo	GN Pedescala	GN S Pietro	GN S Pietro	Opzione B
Litotipo	Calcarei, dolomia e vulcaniti	Calcarei, dolomia e vulcaniti	Calcarei, dolomia e vulcaniti	Calcarei e Dolomia	Calcarei e Dolomia	Dolomia	Dolomia
Lunghezza stesa (m)	1500,00	375,00	450,00	600,00	825,00	375,00	1125,00
Numero indagine	AMT7D	AMT8D	AMT9D	AMT10D	AMT11D	AMT12D	
Progressiva (m)	-	5.300	7.450	10.650	12.000	16.450	
Ubicazione	Opzione B	GN Cogollo	GN Cogollo	GN Cogollo	GN Pedescala	GN S Pietro	
Litotipo	Dolomia	Depositi di copertura, dolomia e vulcaniti	Calcarei, Dolomia e vulcaniti	Calcarei, Dolomia e vulcaniti	Dolomia e vulcaniti	Dolomia	
Lunghezza stesa (m)	400,00	400,00	600,00	400,00	600,00	600,00	

Tabella 4.14 Stendimenti magnetotellurici campagna anno 2016-2017

Sulla galleria Cogollo gli stendimenti sono posizionati lungo il versante occidentale dell'Altopiano di Asiago, in particolare nella zona del Monte Cengio (tratta a maggiore copertura, oltre 1.000 m) e sul ripido versante sinistro dell'Astico fra Schiri e Pedescala. Alcuni sondaggi geognostici ubicati in zona d'imbocco, ed altri disassati rispetto al tracciato, hanno permesso di meglio comprendere l'assetto strutturale dell'ammasso tarando gli stendimenti audio – magnetotellurici e riscontrando non solo la Dolomia Principale, diffusamente affiorante, ma anche le sottostanti vulcaniti di colata. Sulla galleria Pedescala è stata indagata la parte centrale a maggiore copertura dell'opera; in zona più prossima all'imbocco sud sono stati eseguiti i sondaggi S10Dbis, S11D ed S11Dbis, che contribuiscono alla taratura dei risultati.

Sulla galleria San Pietro sono state indagate ampie parti della galleria, che si sviluppa in destra Astico su di un versante già indagato con lo stendimento magnetotellurico AMT01P di preliminare. Nella parte centrale dell'opera la traversa magnetotellurica AMT5D è tarata da un sondaggio profondo (S14D da 160 m) spinto al di sotto dell'arco rovescio della galleria, oltre che dalla traversa sismica a riflessione TSD10.

4.3. PRINCIPALI ELEMENTI DI NOVITA' EMERSI DALLE INDAGINI INTEGRATIVE DI PD

Le nuove indagini di PD, rispetto alle indagini di PP e dello Studio di Fattibilità hanno consentito un affinamento della ricostruzione stratigrafica generale con particolare riferimento alla zona prossima al tracciato e a quota cavo.

Di seguito si riportano le principali "nuove" evidenze litologico-stratigrafiche:

- Il sondaggio S7D ha evidenziato per tutta la sua lunghezza (40 m dal piano campagna) la presenza di detrito di versante di natura dolomitica in matrice ghiaioso-sabbiosa. Rispetto agli elaborati geologici di PP lo spessore di detrito di versante intercetta interamente il cavo della galleria, nella zona di imbocco sud della galleria Cogollo.
- Il sondaggio S7Dbis ha rilevato la presenza di vulcaniti a contatto con il detrito di versante; il passaggio dal detrito di versante alle vulcaniti è segnalato da uno spessore di circa 3 metri probabilmente ascrivibile alle vulcaniti intensamente alterate, o argillificate,

processo segnalato nelle “Note illustrative” al foglio Asiago, CARG.

- Le evidenze litologiche sopra descritte risulterebbero confermate anche dalle indagini di tomografia sismica e dalle indagini magnetotelluriche eseguite nel tratto in esame. La tomografia sismica TS02Bis, evidenzerebbe in particolare una probabile risalita del substrato roccioso, a partire dalla pk 5+250 circa.

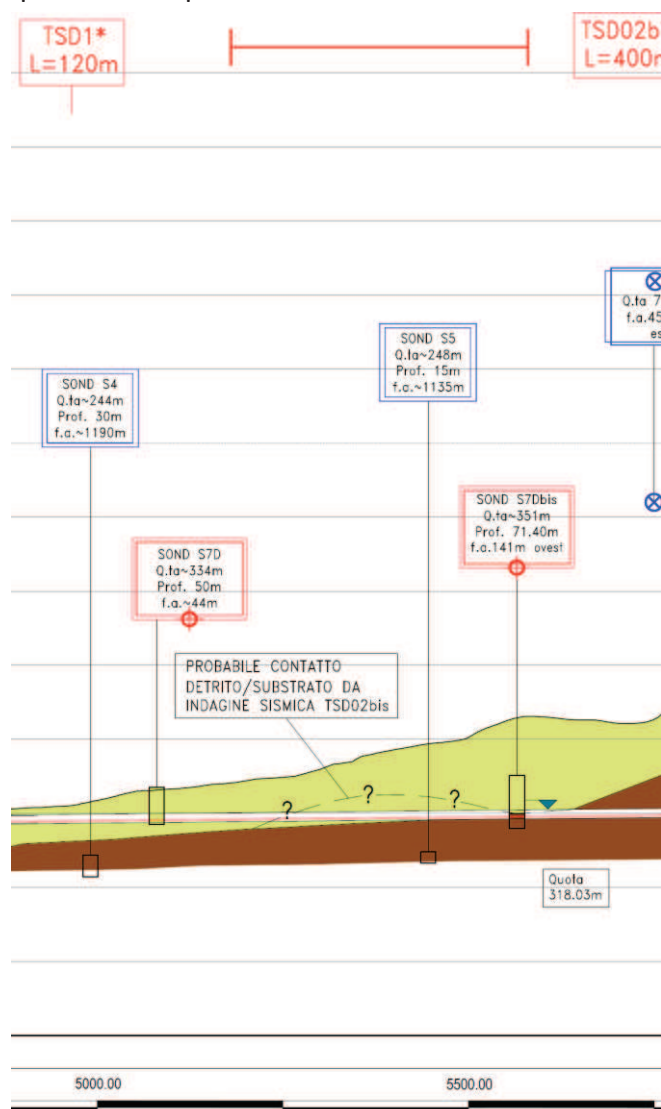


Figura 4.3 Estratto dal Profilo longitudinale in asse al tracciato, in corrispondenza della zona Galleria Cogollo da Sud, tratto da pk 5+000 a pk 5+700 circa

- Il sondaggio S14D eseguito di lunghezza pari a 160m, (in modo da raggiungere la quota galleria) ha attraversato materiali dolomitici di scadenti caratteristiche geomeccaniche, da cataclasati a intensamente fratturati / fratturati. Tale sondaggio è stato realizzato vicino all’asse tracciato, in prossimità della importante faglia della Valpegara, in una zona soprastante la Galleria S. Pietro, all’inizio di un tratto in cui in superficie si è rilevata la presenza di estesi tratti di materiale detritico.

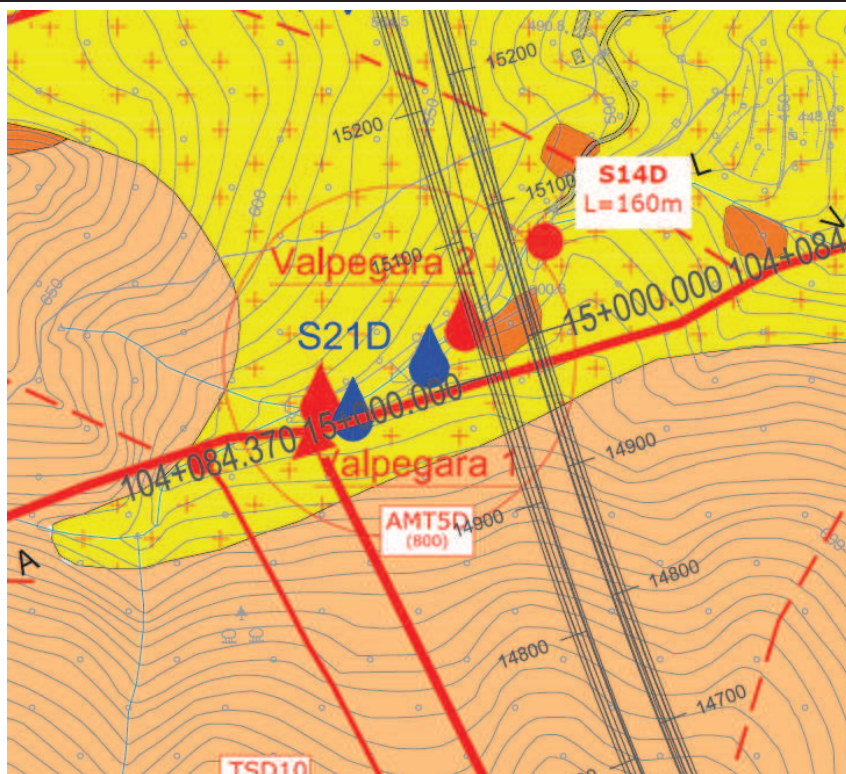


Figura 4.4- Ubicazione sondaggio S14D, (estratto dalla carta geologica di PD)

Sulla base di quanto sopra descritto nel corso della progettazione si è ritenuto opportuno prevedere un approfondimento di indagine del tratto compreso tra la zona di esecuzione del sondaggio S14D e la zona immediatamente a nord dello stesso, (tra le pk 15+000 e 16+000 circa), le cui risultanze vengono commentate al successivo capitolo 9 della presente Relazione.

5. MODELLO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO GENERALE

5.1. 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 degli 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 in diminuzione da N verso S indica la presenza di un alto strutturale. Lo spessore medio, di circa 25 – 50 m, è difficilmente definibile a causa della morfologia accidentata del substrato roccioso. Il contatto diretto tra le due formazioni è stato individuato in val Bevertal così come indicato nella "Relazione geologica" del progetto definitivo del 1995.

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 ed 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 in figura 5.1.

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

Il dominio marino si riafferma dopo un periodo di sollevamento tettonico a partire dall'Anisico con la formazione di un ambiente di piattaforma in un mare basso e limpido ove si depositano la Dolomia del Serla inferiore e della Valsugana, fra loro separate dalla Formazione a Gracilis, il gruppo delle Zwischenbildung e la Dolomia dello Sciliar.

L'attività vulcanica del Ladinico superiore non sembra lasciare tracce particolarmente evidenti in questo settore, anche se la recente cartografia geologica al 50.000 (foglio Asiago) i rilievi di campagna e le indagini geognostiche eseguite in sede di progettazione definitiva individuano piccoli affioramenti riconducibili a colate riodacitiche in sinistra Astico fra Cogollo ed Arsiero.

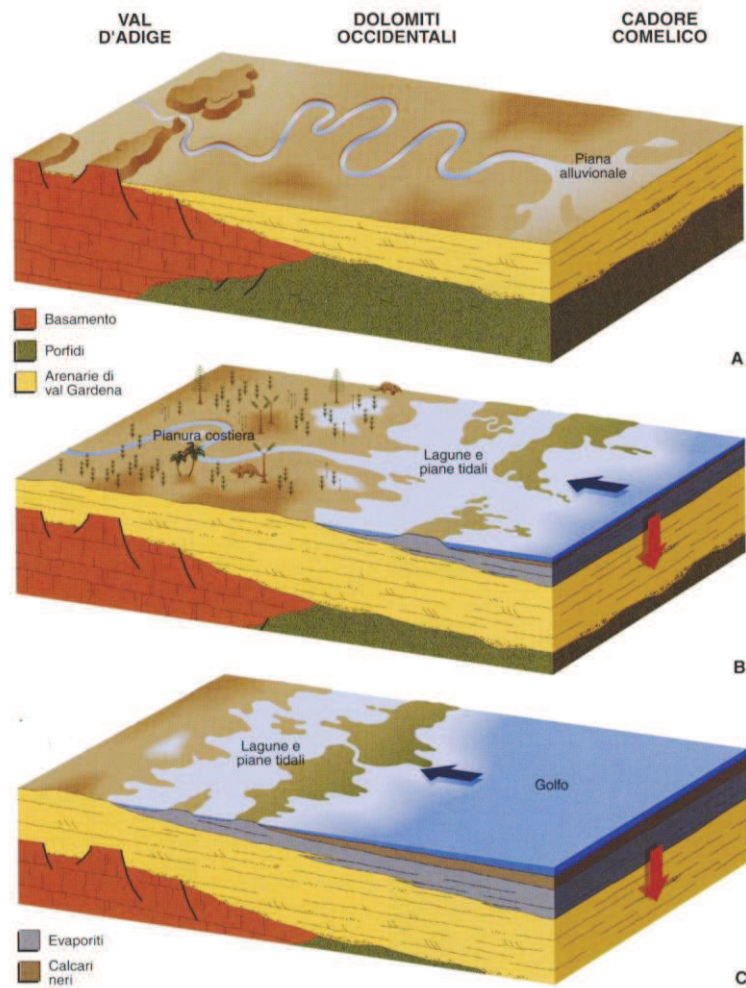


Figura 5.1 - Geologia – Evoluzione paleo – geografica – Evoluzione geologica e geografica della regione dolomitica durante il Permiano medio – superiore (da A. Bosellini, 1996 – Geologia delle Dolomiti)

Durante il Carnico si assiste ad un sollevamento tettonico generale che determina l'erosione delle formazioni precedentemente deposte fino ad intaccare, nei settori più elevati, la Dolomia della Valsugana. 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 potente formazione della Dolomia Principale, la cui deposizione abbraccia tutto il Trias superiore. A partire dalla fine del Trias, circa 205 Ma, questa grande piattaforma carbonatica, conosciuta con il nome di piattaforma di Trento, inizia a sprofondare.

Si ha così la deposizione di una sequenza calcarea giurassico cretacea rappresentata dal Gruppo dei Calcari Grigi e dalle Formazioni del Rosso Ammonitico, Biancone e 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 molto limitato 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.

Nel quaternario il succedersi di fasi glaciali ed interglaciali, cui si ricollegano variazioni eustatiche del livello marino, porta al progressivo riempimento della pianura padana e, nei settori più a monte, all'erosione e successivo sovralluvionamento delle valli glaciali. Il piccolo ghiacciaio dell'Astico segue il corso fluviale e lascia tracce di una piccola morena frontale laddove, a sud di Cogollo del Cengio, la piana alluvionale si allarga sensibilmente.

5.2. SEQUENZA STRATIGRAFICA

La successione stratigrafica affiorante entro e nell'intorno dell'area in studio è rappresentata da formazioni rocciose di età compresa tra il Triassico medio ed il Cretaceo inferiore, ovvero fra le vulcaniti ladiniche poste al letto della Dolomia Principale lungo la valle dell'Astico e la Maiolica sugli altopiani di Asiago e Tonezza, con coperture quaternarie continentali riconducibili essenzialmente a depositi glaciali, fluviali, fluvio glaciali e di versante.

La sequenza litologico-stratigrafica che interessa il tracciato autostradale è così rappresentata, dalla formazione più antica alla più recente:

- Vulcaniti indifferenziate, riolitico-dacitiche, affioranti nella Valdastico in lembi isolati; la loro genesi è collegata a colate sottomarine, sono fortemente fratturate e/o alterate e localmente possono presentare fenomeni di argillificazione. La loro età è ascrivibile all'acme vulcanico del Ladinico superiore.
- Dolomia principale che affiora estesamente nella Valdastico ed interessa il 90% del tracciato autostradale. E' costituita da dolomie chiare, da grigio a biancastre, ben stratificate, lo spessore varia da 500 a 600 metri circa. L'età è ascrivibile al Carnico superiore nella parte basale della sequenza ed al Retico nella parte superiore.
- Gruppo dei Calcari grigi, costituito da sequenze di calcari micritici. Gli strati hanno colore prevalentemente grigio, grigio-bruno o nocciola, talora bianco avorio o più raramente su toni rosati. La successione è ben stratificata. L'età del gruppo dei calcari grigi è da attribuire al Lias medio ed inferiore. Lo spessore complessivo della formazione nell'area dell'altopiano di Folgaria e della Vigolana meridionale è stimato attorno ai 330 metri circa. Questa litologia non interseca mai il tracciato autostradale perché si sviluppa nella porzione superiore dei versanti che delimitano gli altopiani strutturali dell'area di studio.

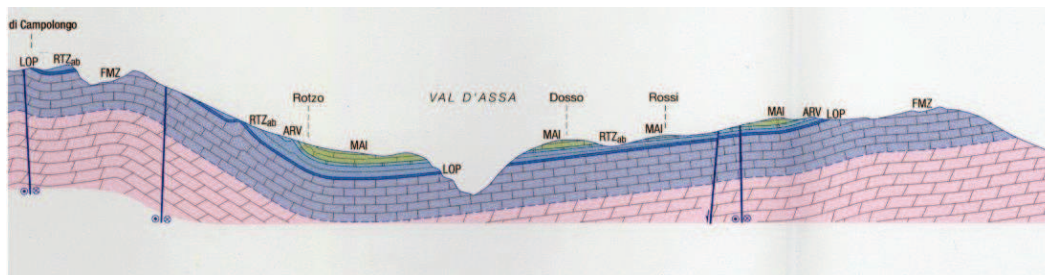


Figura 5.2 - Morfologia a plateau dell'altopiano della Valdastico e sequenza litologica caratteristica (tratto da "Carta Geologica d'Italia 1:50000, Regione Veneto, foglio 082 Asiago)

Pur se i terreni attesi in corrispondenza delle opere, e riscontrati nel corso delle indagini, sono sostanzialmente quelli attribuiti alle vulcaniti ladiniche, alla Dolomia Principale ed alle coperture quaternarie, si è ritenuto comunque opportuno descrivere in questo capitolo l'intera sequenza stratigrafica in modo da mantenerne traccia negli elaborati progettuali in vista di possibili e successivi affinamenti ed approfondimenti degli stessi.

Ciascuna formazione viene quindi descritta evidenziando i principali caratteri stratigrafici che sono alla base della classificazione geotecnica - geomeccanica propedeutica per la definizione del comportamento 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 dell'attuale assetto stratigrafico.

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 pubblicato nel 2007.

La documentazione fotografica allegata alla descrizione stratigrafica delle formazioni deriva dai riferimenti bibliografici (opportunosamente citati) e da rilievi geologici di campagna.

5.2.1 BASAMENTO METAMORFICO – (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, sotto forma di intercalazioni ad estensione da plurimetrica a pluridecimetrica. In particolare gli scisti quarzoso – sericitici segna no 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 affiorano solamente le filladi.

Non è riscontrabile nelle aree di competenza del 1° lotto.

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

Affiorano lungo la Val di Centa (a nord ed esternamente alle aree in progetto) poggianti sul basamento metamorfico per 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. L'ambiente di sedimentazione è una pianura fluviale meandriforme passante verso l'alto ad un ambiente di sabka con condizioni di forte evapo-traspirazione. La formazione è sovente soppressa tettonicamente per la presenza di livelli plastici incompetenti. Lo spessore si aggira attorno ai 25 – 50 m. Non è riscontrabile nelle aree di competenza del 1° lotto.



Figura 5.3 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento delle Arenarie di Val Gardena n°20 (da M.Avanzini, *Seminario intermedio – Fogli Trento e Mezzolombardo – Le unità sedimentarie: nomenclatura, proposte, problemi*)

5.2.3 FORMAZIONE A BELLEROPHON – (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 sabbia costiera o una laguna inquinata da apporti terrigeni. Lo spessore varia da 10 – 50 m. Non è riscontrabile nelle aree di competenza del 1° lotto.



Figura 5.4 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione a Bellerophon in Val Bevertal

5.2.4 FORMAZIONE DI WERFEN – (Scitico)

La formazione è in continuità stratigrafica con la sottostante Formazione a Bellerophon ed indica l'inizio della successione sedimentaria triassica. Gli affioramenti più importanti sono in Val di Centa. La sequenza stratigrafica è costituita da molteplici litotipi quali calcari, calcari marnosi, dolomie arenacee, marne, siltiti, arenarie rosse e grigie, calcareniti a volte dolomitizzate e micriti più o meno dolomitiche.



Figura 5.5 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione di Werfen nella facies calcarea di letto ed in quella pelitico – marnosa di tetto

Il limite superiore 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 è di circa 250 – 300 m. Non è riscontrabile nelle aree di competenza del 1° lotto.

5.2.5 DOLOMIA DEL SERLA INFERIORE - (*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 suddivise in strati prevalentemente centimetrico-decimetrici, con giunti da piani ad ondulati. Sono comuni le intercalazioni di peliti grigie e verdine, laminate, sotto forma 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. Non è riscontrabile nelle aree di competenza del 1° lotto.

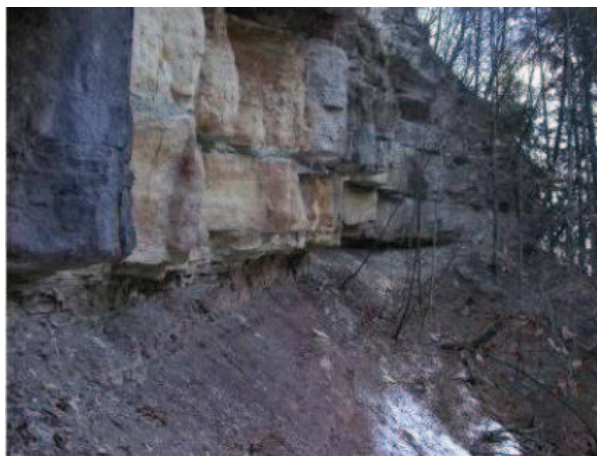


Figura 5.6 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione del Serla inf. a contatto con la sottostante formazione del Werfen (da M.Avanzini, *Seminario intermedio – Fogli Trento e Mezzolombardo – Le unità sedimentarie: nomenclatura, proposte, problemi*)

5.2.6 FORMAZIONE A GRACILIS – (Anisico inf. – Pelsonico)

Si tratta di un'unità carbonatico-terrigena caratteristica della regione di Recoaro, individuata anche in Valsugana, affiorante in Val Rossa ed in Val Bianca. In queste 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 posizione intermedia 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, separate da giunti piano-paralleli leggermente ondulati. Conclude la successione un pacco di circa 10 m, marcatamente evidente per la prevalenza dei toni rossastri, formato da un'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 è valutato fra 30 - 40 m. Non è riscontrabile nelle aree di competenza del 1° lotto.



Figura 5.7 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione a Gracilis a Ravina in val Gola (da M.Avanzini, *Seminario intermedio – Fogli Trento e Mezzolombardo – Le unità sedimentarie: nomenclatura, proposte, problemi*)

5.2.7 CONGLOMERATO DI VOLTAGO – (*Anisico inferiore - Pelsonico*)

Si tratta di un'unità conglomeratico-arenaceo-pelitica prevalentemente giallo-rossastra che si riscontra solo molto a nord delle aree in studio. Sulla Vigolana inizia con un banco conglomeratico dello spessore di 1.5 m di colore complessivamente biancastro seguito da circa 8 m di arenarie cui si intercalano argilliti e siltiti giallastre e rossastre che fanno da transizione a dolomie, dolomie siltose, alternate con siltiti e peliti grigio-nerastre bituminose.

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

L'ambiente di deposizione è continentale con condizioni variabili da fluviale a piana alluvionale, che si evolve verso una laguna terrigena. Lo spessore della formazione varia tra i 20 e i 30 m. Non è riscontrabile nelle aree di competenza del 1° lotto.

5.2.8 DOLOMIA DELLA VALSUGANA – (*Pelsonico – Illirico inferiore*)

Questa formazione costituisce gran parte delle propaggini settentrionali ed orientali della Vigolana ed è formata da una sequenza 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 livelli di dolomie terrose o nerastre, bituminose.

L'ambiente deposizionale è peritidale sviluppatosi al margine di un'ampia laguna carbonatica. Lo spessore della formazione è nell'ordine di 200 – 250 m. Non è riscontrabile nelle aree di competenza del 1° lotto.



Figura 5.8 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione della Dolomia della Valsugana a Ravina in val di Gola (da M.Avanzini, *Seminario intermedio – Fogli Trento e Mezzolombardo – Le unità sedimentarie: nomenclatura, proposte, problemi*)

5.2.9 Gruppo delle Zwischenbildungen (Anisico sup - Ladinico)

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, indicato con il termine di "Zwischenbildungen". Il Gruppo è costituito da quattro formazioni anche se nell'alta Valsugana e in Val di Centa ne sono presenti solamente tre: 1) Calcari scuri di Margon; 2) Marne della Val di Centa; 3) Calcari della Val Gola.

I Calcari scuri di Margon affiorano lungo l'asta torrentizia del torrente Centa e sono costituiti da laminiti carbonatico-bituminose bruno-nerastre, talora siltose, suddivise in strati pluricentimetrici e di calcari e calcari siltosi grigi e nocciola, in strati centimetrico-pluricentimetrici e di marne grigie ben stratificate. Sono presenti rari livelli calcarenitici.



Figura 5.9 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione dei Calcari scuri di Margon presso l'asta del torrente Centa in corrispondenza della SS349

L'ambiente di sedimentazione dei Calcari scuri di Margon corrisponde a quello di un bacino articolato a circolazione ristretta, con condizioni anossiche sul fondo. Lo spessore è di poco più di una sessantina di metri.

Le Marne della Val di Centa sono composte da calcareniti fini, più o meno siltose, grigie, alternate a marne, peliti ed arenarie fini in strati da centimetrici a pluricentimetrici. L'ambiente di sedimentazione corrisponde ad un approfondimento del bacino con condizioni schiettamente pelagiche, ma con forti apporti terrigeni. Lo spessore è di circa 15 – 20 m.



Figura 5.10 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento delle Marne della val di Centa lungo l’asta del torrente Centa presso SS349

I Calcari della Val Gola sono composti da calcareniti nocciola o grigie in strati prevalentemente pluricentimetrici con giunti da piano-paralleli a nettamente nodulari, con alternanze di marne argillose grigio scure fogliettate e siltiti 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").



Figura 5.11 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della formazione dei Calcari della val Gola (da M.Avanzini, Seminario intermedio – Fogli Trento e Mezzolombardo – Le unità sedimentarie: nomenclatura, proposte, problemi)

L'ambiente di sedimentazione corrisponde a quello di un altofondo pelagico a sedimentazione lenta con apporti terrigeni, anche di tipo vulcanico. Lo spessore si aggira fra i 35-40 m.

Nessuna delle formazioni del gruppo affiora nelle aree di competenza del 1° lotto.

5.2.10 DOLOMIA DELLO SCILIAR (*Ladinico*)

Costituisce un'unità di piattaforma ladinica cui alcuni autori attribuiscono anche il nome di dolomia del Sindech. E' formata da dolomie cristallina, biancastre, da massicce a grossolanamente stratificata, attraversata al tetto da una rete di filoncelli sedimentari di dolomia cristallina scura che si insinuano per uno spessore di 5-7 m.

Il passaggio con i depositi al tetto è marcato dalla comparsa di dolomie screziate associate ad intercalazioni pelitiche, con possibile interposizione di livelli di breccie. Lo spessore è di circa 80 – 100 m; l'ambiente di sedimentazione corrisponde a quello di una piattaforma carbonatica. Non affiora nelle aree di competenza del 1° lotto.



Figura 5.12 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Dolomia dello Sciliar in Val di Centa

5.2.11 VULCANITI RIOLITICO DACITICHE (*Ladinico superiore*)

In Val d'Astico sono riscontrabili alcuni isolati affioramenti di vulcaniti ladiniche nella zona della frana del Brusolè e sul fondo del torrente Posina, nonché ed in maniera relativamente più diffusa in sinistra Astico a nord dell'abitato di Seghe. Costituiscono prodotti vulcanici appartenenti al magmatismo medio-triassico, assenti in Valsugana e nei dintorni di Trento.

Gli affioramenti riscontrabili in Valdastico fra Arsiero e Meda (cfr. DE VECCHI & SEDEA, 1983) sono riodaciti di colata a struttura fluidale e andesiti a strutture granofirica.

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

Con riferimento alle aree in studio sono state riscontrate in corrispondenza dell'intero sviluppo del sondaggio S8D (per uno spessore di 77 m) e nel sondaggio S7Dbis senza che fosse possibile evidenziare chiaramente il passaggio con le formazioni soprastanti (Dolomia Principale?) o sottostanti (Dolomia dello Sciliar?).



Figura 5.13 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento di Vulcaniti ladiniche fortemente alterate a monte dell'abitato di Seghe (sinistra Astico)

5.2.12 GRUPPO DI RAIBL – (Carnico)

Affioramenti di litotipi appartenenti al Gruppo di Raibl sono presenti nella media Val d'Astico a Meda, a nord dell'omonimo Castello e presso Arsiero, nonché sulla Vigolana, in Valsugana e nella 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 (cfr. DE ZANCHE & MIETTO, 1977) sono presenti anche livelli di conglomerati e microconglomerati ad elementi vulcanici. Depositi di argilliti rossastre probabilmente riferibili al gruppo di Raibl sono stati riscontrati nel sondaggio S7Dbis al di sopra delle vulcaniti. Lo spessore complessivo del Gruppo in quest'area è al massimo di pochissimi metri.

5.2.13 DOLOMIA PRINCIPALE – (*Retico – Carnico sup.*)

La Dolomia Principale costituisce l'ossatura dei massicci carbonatici degli altipiani che costeggiano i due fianchi della Valdstico lungo i quali si sviluppano le principali opere in sotterraneo previste in progetto. Carotata in corrispondenza di diversi sondaggi fra cui S9D, S10D, S11D, S11Dbis, S14D) è costituita da dolomie e calcari dolomitici chiari, di colore prevalentemente nocciola o grigio-chiaro, talora con toni rosa. La stratificazione è generalmente ben espressa con prevalenza di strati spessi sui 20-80 cm, giunti piano-paralleli lievemente 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, dolomie stromatolitiche, dolomie ad intraclasti, breccie dolomitiche, dolomie pellettiere. Possono riscontrarsi intercalazioni di peliti giallo-verdastre. 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.

Nelle aree in studio il limite tra la formazione della Dolomia Principale ed i soprastanti Calcari Grigi è spesso occultato da una fascia d'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 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.

In Val d'Astico (M. Cengio) lo spessore della Dolomia Principale desumibile dai rilievi di campagna e dalle indagini magnetotelluriche eseguite in fase di progettazione dovrebbe aggirarsi su valori attorno ai 600 - 800 m. La difficoltà maggiore nella valutazione dello spessore di questa formazione consiste nella definizione del limite superiore. Un ulteriore elemento di incertezza è collegato al ripetersi ciclico delle litologie che,

tenuto conto dell'elevato spessore della formazione nel suo complesso, rendono oltremodo difficile la valutazione dell'entità dei rigetti delle dislocazioni tettoniche che interessano la formazione stessa.





Figura 5.14- Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento della Dolomia Principale presso Valdastico e Pedemonte

5.2.14 CALCARI GRIGI – (*Lias medio – inf.*)

Affiorano estesamente sulla porzione superiore degli altopiani che caratterizzano l'area di studio rimanendo a quote francamente superiori rispetto quelle interessate dalle opere.

I Calcari Grigi sono composti 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 distinti tre membri. Il membro inferiore dato da biocalcareni micritiche laminate, che in val d'Astico affiorano 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 è di circa 40 m.

Il membro intermedio è costituito da calcareniti oolitiche prevalenti di colore bianco o nocciola. E' 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 si aggira sui 250 m.



Figura 5.15 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Affioramento dei Calcari Grigi presso Nosellari

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.

5.2.15 Oolite di S.VIGILIO – (Bajociano – Aleniano)

L'Oolite di S. Vigilio è composta 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 è di natura lacunosa 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 encrinitiche. Lo spessore dei litotipi sopra descritti, che rimangono a quote superiori rispetto alle opere, è mediamente attorno ai 25 m.

5.2.16 ROSSO AMMONITICO – (Titoniano p.p. – Bajociano)

La formazione, affiorante sugli altopiani che delimitano la Val d'Astico a quote superiori rispetto alle opere, è costituita da calcari nodulari rosati o rossastri generalmente massivi. Accanto a questi sono presenti calcari stratificati, talora con giunti marcati da superfici stilolitiche. La colorazione rossastra è dovuta alla presenza di spalmature di ossidi di ferro, concentratisi a causa del particolare ambiente in cui è avvenuta la sedimentazione, ambiente con bassi tassi di sedimentazione e fortemente ossidato. Lenti e letti di selce rossa si rinvengono nella parte media della formazione. Questo deposito è la prima formazione pelagica della successione giurassica e testimonia l'annegamento della piattaforma di Trento verificatosi durante il Giurassico medio-superiore. La potenza complessiva varia tra i 10 ed i 20 metri circa.

5.2.17 BIANCONE (maiolica) – (Cenomaniano – Titoniano p.p.)

La formazione, anch'essa affiorante sugli altopiani a quote superiori rispetto alle opere, può essere divisa in due parti. Quella inferiore costituita da calcari micritici bianchi o avorio, a fratturazione concoide, ben stratificati con strati spessi da 0,05 a 0,4 m circa e lenti o noduli di selce grigia o bruna. Quella superiore mostra una stratificazione lievemente più marcata, prevalentemente pluricentimetrica, e una colorazione che assume toni più marcatamente bianco-grigiastri e grigiastri posti in relazione ad un incremento del contenuto della frazione argillosa e bituminosa. Il passaggio con la soprastante 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. Lo spessore è nell'ordine di 200 m circa.

5.2.18 FORMAZIONI ERUTTIVE TERZIARIE – (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.

5.2.19 PALEOFRANE – (Quaternario)

Si tratta di accumuli di antica frana aventi dimensioni estremamente variabili e riconducibili generalmente a scivolamenti lungo superfici di strato in seno alla formazione della Dolomia Principale. Con riferimento alle aree in studio i principali accumuli sono quelli della frana di Brustolè sul Posina ad Arsiero, della Marogna a Casotto in Val d'Astico e della Gruma a Cogollo del Cengio.

In tutti i casi gli accumuli sono composti da frammenti, clasti e blocchi eterometrici di Dolomia, aventi dimensione da qualche metro cubo fino a qualche centinaio di metri cubi, immersi in una matrice di natura essenzialmente sabbioso – limosa.

A Brustolè, esternamente rispetto all'area in studio, la superficie di scivolamento coincide con il tetto delle vulcaniti ladiniche ove sono presenti le argilliti della formazione Raibl.

Di particolare interesse in ambito progettuale è la frana della Marogna, in corpo alla quale ricadono l'imbocco nord della galleria S Pietro, il viadotto Molino e lo svincolo di valle dell'Astico. Tradizionalmente è considerata una grande frana sismoindotta (volume 17×10^6 mc) avvenuta in occasione del terremoto del 03.01.1117 che, staccatasi dal versante destro, ha invaso ed occluso l'alveo risalendo il versante opposto. In realtà studi effettuati separatamente da più autori non concordano con un unico grande crollo, quanto piuttosto con una serie di fenomeni avvenuti in periodi successivi fra cui certamente anche (ma non solo) quello datato al gennaio 1117. Lo sbarramento dell'Astico dev'essere stato effimero perché non si riscontrano depositi lacustri, anche se nel catasto napoleonico l'attuale contrada Sella è indicata come contrada Laghetto. La nicchia di distacco si sviluppa a monte dell'accumulo e corrisponde alla "parete La Gioia". La fotografia seguente ritrae la frana della Marogna prima che l'attività di due cave, poste rispettivamente in sinistra e destra idrografica, ne modificassero apprezzabilmente l'aspetto naturale.



Figura 5.16 - Paleofrana della Marogna (dalle note illustrative della carta geologica al 50.000 Foglio 82 Asiago)



Figura 5.17 - Paleofrana della Marogna – gennaio 2017

Di un certo interesse è anche l'accumulo di frana di Gruma, al centro dell'anfiteatro morenico di Cogollo del Cengio ed in corrispondenza della galleria naturale S Agata 2, dove forma il dosso collinare più elevato (m. 351.4). Si tratta di un corpo parzialmente sepolto soggetto agli effetti dell'abrasione glaciale da parte del ghiacciaio della Val d'Astico che vi è passato sopra e poi, durante le fasi di ritiro di quest'ultimo, ricoperto da depositi glaciali. Altri depositi di frana sono probabilmente presenti all'interno dell'impalcatura di sedimenti che forma l'apparato morenico frontale, come è testimoniato da numerosi affioramenti presenti sulla scarpata erosiva che borda quest'ultimo sia ad ovest che a sud. 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 osservabili, ad esempio, sulla scarpata a monte della centrale idroelettrica dell'ENEL, a N di Meda. Dal punto di vista cronologico, sulla base dei rapporti stratigrafici e dei caratteri dell'alterazione, l'accumulo di Gruma si colloca nel Pleistocene superiore. Si tratta dunque di una paleofrana avvenuta in epoca precedente all'ultimo episodio di espansione glaciale nell'area e quindi in un contesto morfoclimatico ben diverso dall'attuale

5.2.20 DEPOSITI GLACIALI – (Quaternario)

Interessano il tracciato di progetto nel tratto compreso fra l'imbocco sud della galleria Cogollo e la galleria S. Agata 2. 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 una matrice di natura limoso-sabbiosa-argillosa; possono presentare una stratificazione interna, talora ben espressa. In geologia del quaternario tali depositi vengono genericamente definiti con il termine di diamicton.

Dalle analisi granulometriche eseguite in sede di progettazione si evince come la frazione ghiaiosa sia sempre superiore alle altre mentre quella fine è prevalentemente limosa. La composizione media è: ghiaia 40-60%, sabbia 20-30%, limo 10-20% ed argilla circa 7-10%. Il materiale non è plastico o a modesta plasticità con limite di liquidità 20-25 ed indice di plasticità compreso fra 5 e 10. Ai sensi della classifica UNI 10006 sono classificabili come A1 ed A2-4 fino ad un massimo di A2-6 per i depositi a maggiore contenuto di fine.

Durante il Pleistocene superiore la Val d'Astico era occupata da un ghiacciaio che si spingeva a valle sino a Cogollo del Cengio, dove ha edificato il proprio apparato morenico frontale. Le morene qui presenti sono formate prevalentemente da depositi glaciali di ablazione costituiti da diamicton massivi. In corrispondenza della scarpata di erosione fluviale che borda tale apparato collinare si possono osservare depositi 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. Questi 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 affiora sul greto del T. Astico tra Seghe di Velo d'Astico e la soglia rocciosa di Meda. Si tratta di depositi glaciali di fondo ("morena 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 (0.5-8 cm), con ciottoli e piccoli massi.

I depositi sopra descritti sono associati o intercalati a orizzonti formati da limi argillosi laminati (depositi lacustri e glaciolacustri) oppure da sabbie massive o stratificate, contenenti livelli o lenti di ghiaie medie e fini (depositi di contatto glaciale) che si rinvengono più frequentemente nei settori laterali della valle e raramente riscontrati in asse progettuale.

Lo spessore è legato alla morfologia del substrato roccioso e raggiunge le svariate decine di metri in corrispondenza dei fondovalle.

5.2.21 DEPOSITI FLUVIOGLACIALI ED ALLUVIONALI TERRAZZATI – (Quaternario)

Il grande apporto di materiale eroso, rimaneggiato, trasportato e deposto durante i periodi interglaciali dal Torrente Astico ha comportato la messa in posto di depositi fluvioglaciali ed alluvionali per spessori pluridecametrici affioranti estesamente in corrispondenza e nell'intorno dell'asse di progetto fra inizio intervento e lo svincolo di Cogollo.

L'approfondimento dell'alveo dell'Astico nella arte finale del Pleistocene superiore e nel corso dell'Olocene ha profondamente inciso questi depositi lasciando in eredità evidenti orli di terrazzo disposti su più livelli. Sul lato meridionale delle colline moreniche di Cogollo del Cengio l'Astico ha eroso sia il substrato roccioso calcareo - dolomitico che i sovrastanti depositi fluvioglaciali dando luogo ad un canyon meandriforme profondo circa 60-70 m rispetto alla piana circostante. Presso Ponte Pilo, a Piovene-Rocchette, si possono osservare circa 50-60 m di depositi fluvioglaciali poggianti sui Calcari Grigi. Sulle superfici affioranti si osservano ghiaie anche molto grossolane inglobanti massi che possono raggiungere il metro cubo. Dalle analisi granulometriche eseguite in sede di progettazione si evince una composizione media con il 50-60% di ghiaia, 20-30% di sabbia, 15-20% di limo e circa 5% di argilla. Rispetto ai depositi glaciali il contenuto d'argilla risulta inferiore ed il materiale generalmente non è plastico, classificabile ai sensi della CNR UNI 10006 come A1 o A2-4.

Si tratta di depositi a stratificazione orizzontale, talora grossolana, composti prevalentemente da dolomie, calcari dolomitici, porfiriti e subordinatamente porfidi ed altri litotipi; il grado di arrotondamento dei clasti è spesso medio-elevato.



Figura 5.18 Depositi fluvioglaciali ghiaioso sabbiosi stratificati

Sono dotati di un modesto grado di cementazione che i sondaggi non permettono di apprezzare, carotando materiale sciolto, ma che si può intuire osservando le ripide ed alte pareti incise dall'Astico fra Cogollo e Piovene Rocchette. La cementazione è ben sviluppata in genere solo in alcuni circoscritti e limitati settori, spesso relativi a depositi affioranti su scarpate da lungo tempo esposte, ed in tal caso ha per lo più carattere superficiale (alcuni metri); talvolta la cementazione dà luogo a livelli non potenti (pochi metri) ma piuttosto continui lateralmente, localizzati soprattutto in corrispondenza di orizzonti originariamente molto permeabili, oppure la si osserva in corrispondenza degli orli dei terrazzi, specie quelli più antichi ed esterni (a quote più elevate) sovente caratterizzati da materiale grossolano.

A valle di Cogollo del Cengio, specie nelle porzioni marginali a ridosso dei rilievi, possono essere intercalati da sedimenti glaciali, ghiaie a supporto di matrice limoso-argillosa oppure sedimenti fini (sabbie e limi) talora sovraconsolidati.



Figura 5.19 - Geologia – Sequenza stratigrafica – Depositi fluvioglaciali profondamente incisi dall’Astico in prossimità del viadotto Piovene (sopra). Orizzonte cementato affiorante in corrispondenza dell’orlo di un terrazzo a Cogollo del Cengio (sotto).

5.2.22 ALLUVIONI ATTUALI E RECENTI – (Quaternario)

Si tratta di depositi legati alla dinamica fluviale attuale e recente costituiti dai materiali trasportati dai torrenti ed accumulati nel loro alveo. Riscontrabili in corrispondenza degli attraversamenti dell’Astico previsti in progetto sono prevalentemente formati da ciottoli, ghiaie e sabbie con debole frazione fine. Le ghiaie ed i ciottoli mostrano un grado di arrotondamento medio e medio-elevato. Le analisi granulometriche eseguite in sede di progettazione rilevano una composizione prevalentemente ghiaiosa con composizione media: ghiaia 60-70%, sabbia 25 – 40%, limo ed argilla 5 – 7%.



Figura 5.20 Alluvioni attuali e recenti

Dal punto di vista della composizione litologica prevalgono nettamente i termini provenienti dalle formazioni della Dolomia Principale e dei Calcari Grigi, mentre del tutto subordinati sono i porfidi, graniti, filladi, gneiss, e quarzo. La natura dei ciottoli riflette quella delle rocce del bacino da cui provengono; su questa base le alluvioni del T. Astico, a monte del punto di confluenza con il T. Posina, si distinguono bene per l'assenza quasi totale di elementi vulcanitici triassici. Accanto ai depositi in alveo sono stati cartografati anche quelli che costituiscono i terrazzi alluvionali antistanti, i quali possono in parte essere investiti da eventi di piena a carattere eccezionale documentati in epoca storica.

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

Dove i rii ed i torrenti minori confluiscono nell'Astico, talvolta con pendenze particolarmente elevate (alvei sospesi) sono cartografati conoidi alluvionali o di tipo misto legati all'attività torrentizia ed a processi di trasporto in massa tipo "debris-flow". I conoidi, formati in periodi climatici ben più umidi di quelli attuali, sono spesso estesi e sviluppati, specie sul versante meridionale dell'altopiano di Asiago, in molti casi incisi dai corsi d'acqua che li hanno costruiti o erosi, e rimodellati al piede dalle divagazioni del T. Astico. In molti casi i torrenti attuali hanno costruito nuovi conoidi di minori dimensioni.

Si tratta di corpi sedimentari formati da ghiaie eterometriche, sovente molto grossolane con anche piccoli blocchi, e contenuto variabile 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, localizzati allo sbocco di canaloni 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 conoidi sono attivamente alimentati e caratterizzati da fenomeni di trasporto solido con fenomeni tipo debris flow (colate detritiche a rapida evoluzione) come testimoniato da fenomeni avvenuti in epoca anche recente e/o dallo scarso sviluppo della copertura vegetale.

5.2.24 DETRITO DI VERSANTE – (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 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 un'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 coni 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.

Lungo la Valle dell'Astico a nord di Seghe, tra Schiri, Piangrande e Casale si sviluppano coltri detritiche ben cementate del tipo "falde detritiche stratificate" originatesi in ambiente periglaciale durante il Pleistocene superiore o l'Olocene antico.

6. ASSETTO GEOLOGICO - STRUTTURALE

L'area di studio rappresenta la porzione meno deformata del Sudalpino, risultando priva di significative strutture compressive. 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 sostanzialmente assenti le vulcaniti.

Questa grande distinzione, visibile in Figura 6.20, 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 6.1.

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 permo – 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.

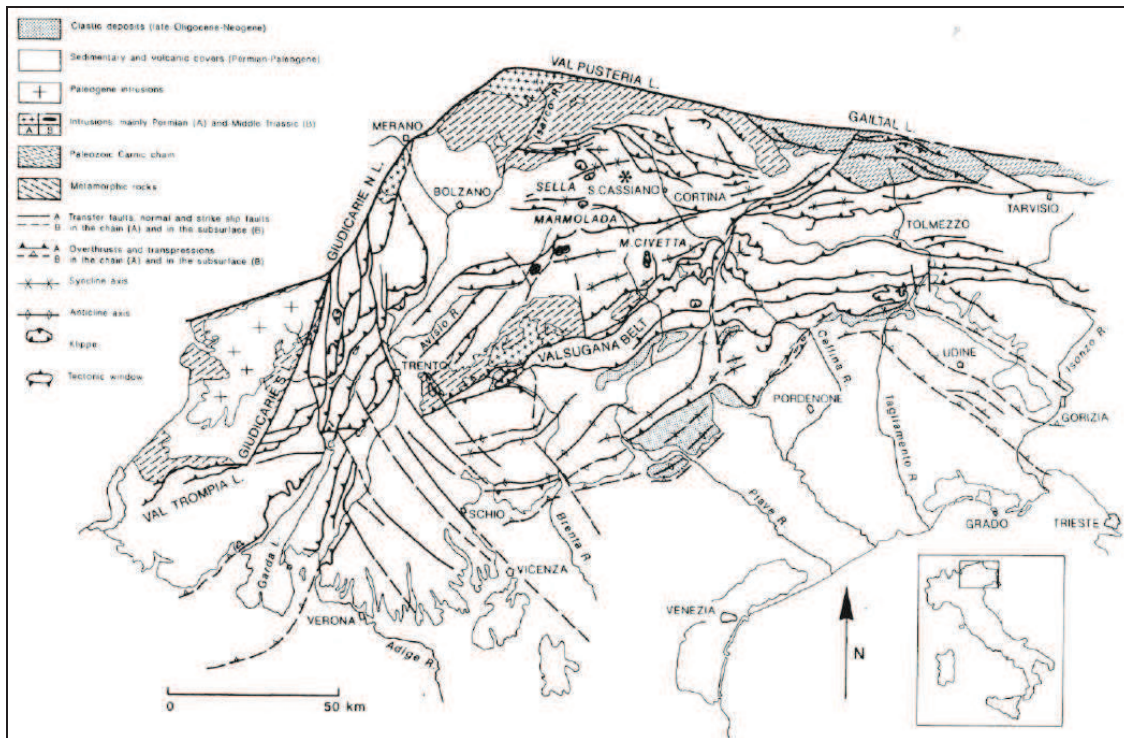


Figura 6.1 - Geologia – Assetto strutturale – Schema strutturale delle Alpi Meridionali Orientali (da A.Castellarin et alii - 1996)– La tettonica delle Dolomiti nel quadro della Alpi Meridionali – Società Geologica Italiana – 78°Riunione Estiva)

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 σ_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 σ_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 σ_1 tra N130° e N150°.

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.

6.1. *ASSETTO STRUTTURALE DELLA 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, individuati. Le direzioni di questi lineamenti rispecchiano in linea di massima le quattro direzioni suddette. La Figura 6.2 illustra l’assetto strutturale dell’area di studio.



Figura 6.2 - 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)

6.2. 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.

6.3. FAGLIE DI CARATTERE REGIONALE

Sulla base delle informazioni bibliografie, di quelle raccolte durante i rilievi di superficie nonché delle risultanze della fotointerpretazione, delle indagini geofisiche, (sismiche e magnetotelluriche) e geognostiche (sondaggi), si segnala la presenza nell'area di interesse, di alcune faglie di importanza regionale attraversate dal tracciato, indicate come "*faglie principali*" nella carta geologica e nei profili geologici-geomeccanici di progetto e distinte da altre faglie di minore persistenza, classificate come "*faglie secondarie*", comunque presenti e evidenziate negli elaborati progettuali.

In particolare si segnala l'intercettazione di "*faglie principali*" nelle seguenti tratte:

- pk 8+500 ÷ 8+700 circa e pk 11+100 ÷ 11+200 circa della Galleria Cogollo
- pk 11+700 circa della Galleria Pedescala
- tratto da 12+000 a pk 12+700 circa della Galleria Pedescala.

Come indicato nei profili geomeccanici di progetto, la presenza di un sistema di faglie con direzione sub-parallela al tracciato (faglie trascorrenti orientate circa NO-SE e sub-parallele alla linea Schio – Vicenza – appartenenti al sistema scledense), potrebbe far sì che il maggior grado di fratturazione/alterazione degli ammassi, generalmente correlato alla vicinanza con le zone di faglia, possa interessare il tracciato delle opere in sotterraneo anche per tratti superiori rispetto alle progressive sopra indicate.

Intorno alla pk 15+000 del tracciato della Galleria S.Pietro è prevista inoltre l'intercettazione della faglia regionale della "Valpegara", con direzione perpendicolare al tracciato (E – W di tipo valsuganese).

In corrispondenza di ciascuna zona di faglia, è prevista la presenza di una fascia caratterizzata da un maggior grado di fratturazione/alterazione degli ammassi (definita "damage zone" nei profili geologici e geomeccanici di progetto). Sulla base delle osservazioni e dei rilievi effettuati in sito e delle esperienze pregresse maturate in analoghi contesti geologici-geomeccanici, si è ipotizzata, per tale fascia di disturbo, uno spessore pari a 20m.

L'intercettazione di una faglia ortogonale all'asse galleria comporta pertanto che il tratto di cavo interessato dalla "damage zone" sia di circa 20m (vedi figura 6.3).

L'intercettazione di una faglia con direzione obliqua rispetto all'asse galleria comporta invece che il tratto di cavo interessato da tale fascia di disturbo, possa essere molto più esteso, come illustrato nello schema riportato nella seguente figura 6.4.

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

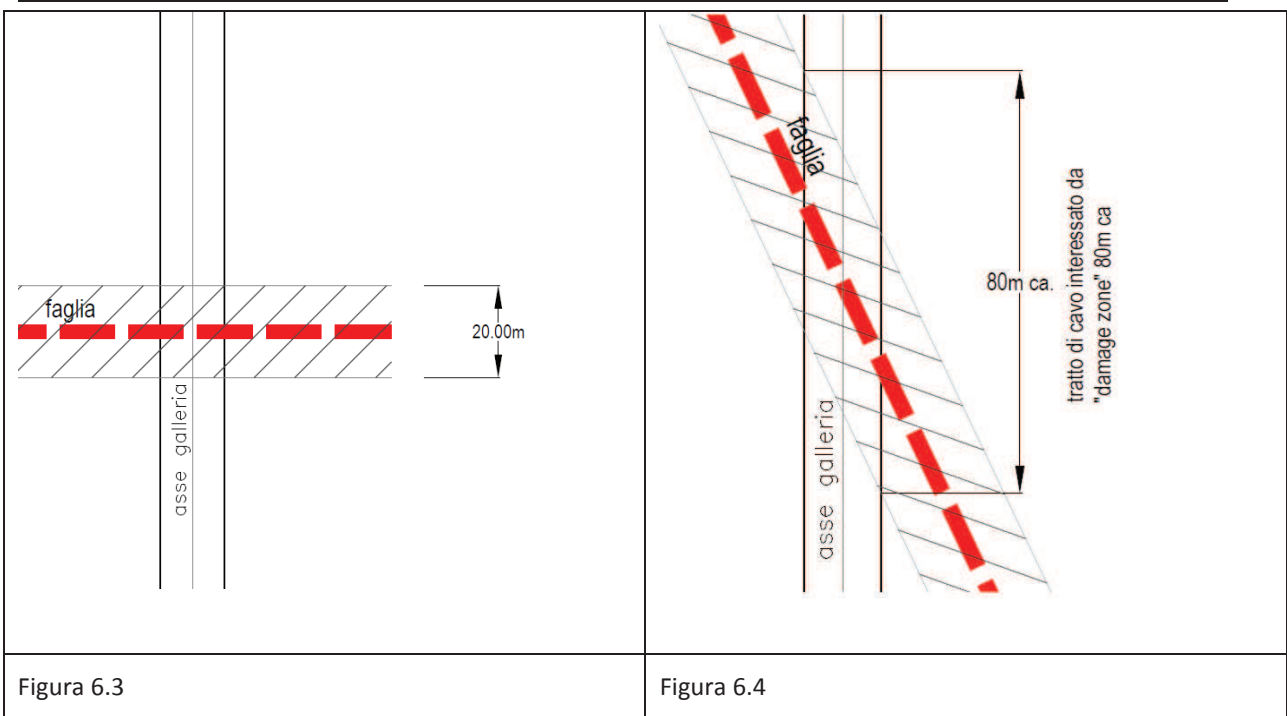


Figura 6.3

Figura 6.4

In particolare, nel contesto in esame, la presenza di un sistema di faglie con direzione sub-parallela al tracciato (in prevalenza faglie trascorrenti orientate circa NO-SE e sub-parallele alla linea Schio – Vicenza, riportate nelle carte geologiche), comporta estesi tratti previsti in materiale fratturato/alterato, come illustrato in Figura 6.5, estratta dal Profilo Geomeccanico della Galleria Pedescala.

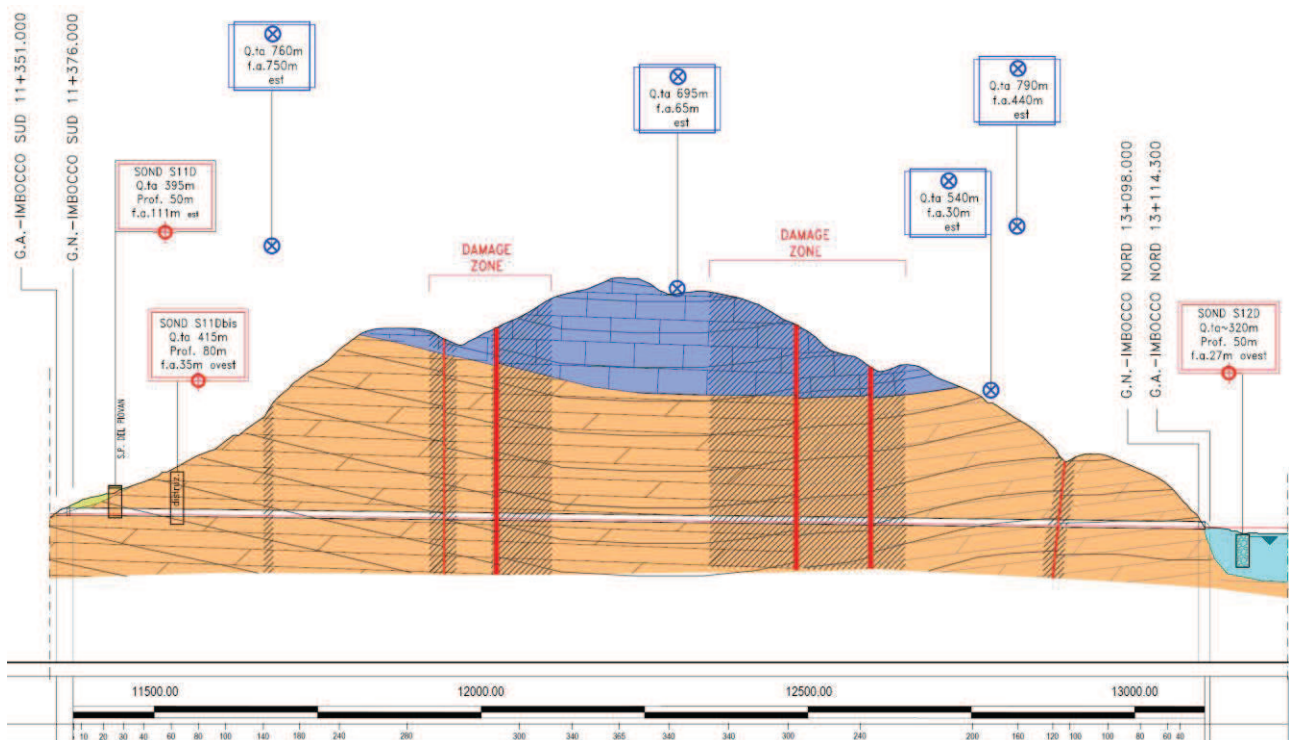


Figura 6.5 Stralcio profilo galleria Pedescala

6.4. ANALISI DEI POSSIBILI CINEMATISMI

Le possibili cinematiche di collasso sono state analizzate e verificate sia in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie sia in corrispondenza delle tratte in sotterraneo.

1. Il progetto di ogni singolo imbocco rappresenta l'analisi di tutti i cinematismi possibili del versante interessato dall'opera a progetto. In corrispondenza di ogni singolo imbocco non sono stati osservati fenomeni di caduta massi; per le analisi e le verifiche di dettaglio si rimanda agli elaborati progettuali di ogni singolo imbocco.
2. Le cinematiche di collasso che possono manifestarsi in corrispondenza del fronte e/o del contorno del cavo, sono state analizzate e descritte nelle relazioni tecniche di calcolo delle singole gallerie al paragrafo "Analisi dei tetraedri instabili". Si ricorda inoltre che per la galleria Cogollo tali analisi non sono state eseguite in quanto la tipologia di scavo prevista è quella in meccanizzato.

7. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

7.1. CARATTERI GEOMORFOLOGICI GENERALI

Dal punto di vista morfologico l'area di studio è fortemente influenzata dall'assetto lito – stratigrafico e dai motivi strutturali principali, con la presenza di estesi altopiani con la particolare conformazione tabulare o “a plateau”.

L'attività morfogenetica di quest'area è legata soprattutto a:

- Attività di trasporto torrentizio nelle vallecole più importanti
- Fenomeni carsici con la conseguente formazione di depressioni chiuse, doline, scarpate.

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: valli strette delimitate da ripide ed alte scarpate. 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.

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 canaloni, 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. Fa eccezione, in particolare, per dimensioni ed importanza, la paleo – frana della Marogna presso Casotto, in prossimità dello svincolo di Valle dell'Astico, zona peraltro comune a tutte le ipotesi di tracciato contemplate nelle precedenti fasi progettuali .

L'azione erosiva dei ghiacciai sulle formazioni carbonatiche è modesta grazie al loro elevato grado litoide, perciò la relativa presenza è testimoniata esclusivamente dai correlati depositi morenici.



Figura 7.1 - Geomorfologia - Assetto morfologico generale - Pareti verticali della valle del torrente Astico che presenta una morfologia tipo forra. Foto scattata da N verso S. Sullo sfondo la confluenza con il Posina

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 generalmente scarsi i depositi di frana, grazie alle buone caratteristiche geomeccaniche delle formazioni carbonatiche. Si ricorda, tuttavia, 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. Da notare come la frana della Marogna sia ubicata all'esterno di una curva del torrente Astico proprio dove maggiore è la "spallata" inferta dal peso del ghiacciaio sulla roccia; un fenomeno questo che si riscontra più volte nelle Alpi e che certamente costituisce una delle cause predisponenti la franosità di grandi volumi rocciosi.

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'escavazione agì in modo differenziale a seconda dell'entità dei flussi glaciali, accentuando i dislivelli morfologici pre – esistenti tra le valli principali e quelle laterali.

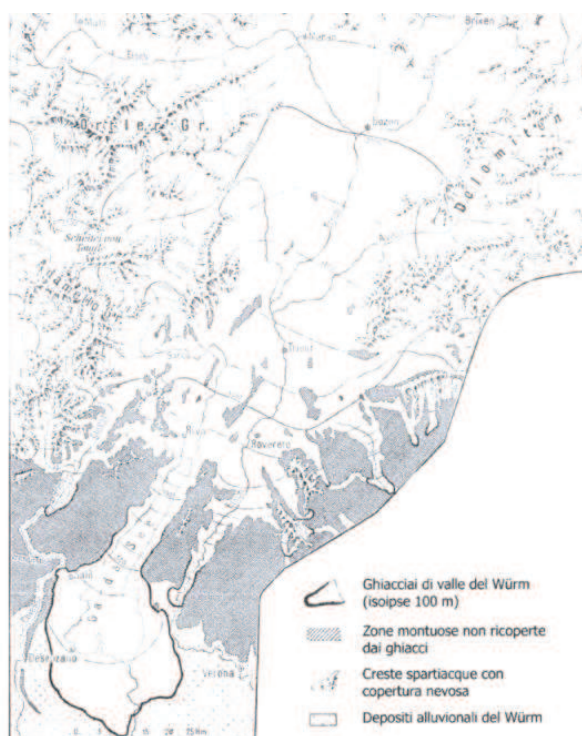


Figura 7.2 - Geomorfologia – Assetto morfologico generale – Estensione del ghiacciaio atesino durante la massima espansione glaciale wurmiana (da M.Bassetti, A.Borsato, 2005 – Evoluzione geomorfologica della Bassa Valle dell'Adige dall'ultimo massimo glaciale: sintesi delle conoscenze e riferimenti ad aree limitrofe)

7.2. GEOMORFOLOGIA DEI TRATTI ALL'APERTO

La Val d'Astico si presenta come un profondo solco dai fianchi molto ripidi inciso in una altipiano roccioso ad assetto tabulare. Da nord a sud, dallo svincolo di Valle dell'Astico fino ad Arsiero, la valle è relativamente stretta, moderatamente più larga in corrispondenza delle confluenze dei

principali torrenti laterali, sovralluvionata da una potente (decametrica) coltre di depositi alluvionali e fluvioglaciali

Presso Arsiero il Torrente Posina si immette in destra nell'Astico, i versanti diventano meno ripidi e la valle si allarga assumendo un profilo asimmetrico, per lo meno sino a Meda di Velo d'Astico.

Alla base delle ripide pareti rocciose che formano i fianchi della valle esiste una falda detritica pressoché continua che le raccorda con il fondovalle. Si tratta di depositi formati da elementi spigolosi di dolomie e calcari associati a piccoli massi, alimentati dai processi di disgregazione fisica della compagine rocciosa, oltre che da piccoli crolli e distacchi dalle pareti rocciose soprastanti. Alla base di ripidi canali tali depositi assumono la forma di cono.

I corsi d'acqua principali e secondari che ad angolo retto, spesso ad elevata pendenza longitudinale o addirittura sospesi, dagli altopiani confluiscono verso l'Astico danno origine, in corrispondenza della brusca diminuzione di pendenza, alla deposizione di conoidi alluvionali distribuite in destra e sinistra idrografica. Esse con i loro depositi contribuiscono a spingere l'alveo sul lato opposto della golena accentuando la sinuosità del corso d'acqua. Le incisioni principali sono in sinistra idrografica la Val Canaglia a Cogollo, la Val Cengiotta a Casale, la Val d'Assa a Pedescaia, la Val del Rigolosso a Righete, la Val Torra a Casotto. In destra idrografica la Valle del Posina ad Arsiero e la Val Pegara.

Cavità carsiche sono state censite su ambo le pendici rocciose che bordano la valle, risultando più numerose in destra idrografica piuttosto che in sinistra; si può ritenere che tali cavità, talvolta anche aventi lunghezza di qualche centinaio di metri e dimensioni di alcuni metri, siano testimonianze delle diverse quote raggiunte nel tempo dal livello di base. Quelle poste a quote inferiori, appena al di sopra dell'attuale golena dell'Astico (ad esempio la grotta del Rio Tevere) potrebbero rappresentare il "troppo pieno" dell'attuale livello di base.

Complice la natura rocciosa dei terreni affioranti le condizioni di stabilità sono generalmente buone, con possibili fenomeni di caduta massi laddove ad un elevato grado di fratturazione si accompagna una maggiore pendenza dei versanti. Nella porzione settentrionale dell'area in studio è ubicato il grande accumulo della frana della Marogna. Come più sopra anticipato le cause predisponenti la sua messa in posto, avvenuta probabilmente in più fasi, sono riconducibili a condizioni di strati a franapoggio sul fianco settentrionale di una anticlinale, a locali condizioni di elevata fratturazione resi evidenti da diffuse coltri detritiche e condizioni di rischio caduta massi (segnalati nella documentazione del PAI) al detensionamento provocato dal ritiro del ghiacciaio in una zona posta all'esterno di una brusca curva del corso d'acqua; la causa determinante, almeno per lo scoscendimento principale, viene ricondotta al grande terremoto del gennaio 1173.

A valle di Arsiero fra l'imbocco sud della galleria Cogollo e Piovene Rocchette l'elemento morfologico caratterizzante è l'anfiteatro morenico di Cogollo del Cengio, formatosi alla fronte del

ramo del ghiacciaio atesino che scendeva lungo la Valle dell'Astico nel corso del Pleistocene superiore. E' composto da cordoni morenici subparalleli il cui sviluppo in pianta è stato probabilmente condizionato dalla presenza dell'accumulo di paleofrana della Gruma. Si correlano a rilievi collinari ai due lati della valle corrispondenti alle morene laterali. Le più evidenti sono quelle poste ad ovest di Meda (Velo d'Astico) e presso Grumo Ventaro – Casale (Cogollo del Cengio).

Tra Arsiero e Cogollo del Cengio i versanti erano lambiti dai ghiacci solo alla base. Su di essi ebbero dunque modo di svilupparsi processi tipici di ambiente periglaciale che hanno portato alla recessione dei versanti rocciosi ed alla formazione, alla loro base, di depositi del tipo "falde detritiche stratificate" (CASTIGLIONI et al., 1979). Nei processi di denudazione ha giocato un ruolo predominante la degradazione crioclastica delle pareti rocciose, attraverso processi di macro- e meso-gelivazione a spese dei litotipi calcareo-dolomitici presenti su questo versante. Gran parte del versante meridionale del Monte Cengio è caratterizzato dalla presenza di grandi placche di questi depositi, successivamente reincisi dai corsi d'acqua.

Con il ritiro della lingua glaciale la valle è stata interessata da intenso sovralluvionamento e successivamente dall'incisione delle colline moreniche di Cogollo del Cengio e della piana fluvioglaciale antistante. Il T. Astico ha scavato lentamente nel suo alveo rimanendo però confinato nel percorso attraverso Caltrano e la valle di Calvene-Breganze, che aveva assunto anche in epoca precedente (BARTOLOMEI, 1976), mentre fra Piovene Rocchette e Chiuppano piega a sud un più antico paleo alveo.

Nel postglaciale l'evoluzione della vallata è marcata soprattutto dal terrazzamento dei depositi alluvionali e dal rimodellamento delle scarpate rocciose.

I depositi che formano i terrazzi di Pavin (Velo d'Astico) (292-300 m) quelli tra Grumo Ventaro (Cogollo del Cengio) e la conoide della Rivona (292-298 m circa) si correlano bene con la piana intermorenica interna all'anfiteatro di Cogollo del Cengio. Assieme ai depositi alluvionali di Piangrande (300-305 m) Schiri e Torre Alta testimoniano il livello massimo raggiunto dalle alluvioni fluvioglaciali durante la fase iniziale di ritiro. Già il terrazzo di Scalini-Arsiero-Velo d'Astico, che è uno dei più grandi e meglio conservati in tutta la valle, è leggermente più basso (circa 5-10 m presso S. Giorgio di Velo d'Astico) del sistema di terrazzi appena descritto. L'esame delle alluvioni terrazzate presenti nella valle suggerisce la presenza di 4 sistemi principali di terrazzi scaglionati a varie altezze sul fondovalle attuale. Il sistema più elevato si colloca ad un'altezza massima di 60-65 m sul greto dell'Astico; il grado di cementazione dei terrazzi risulta variabile e, in linea generale, quelli più antichi ed elevati risultano maggiormente cementati.

I conoidi legati all'attività torrentizia ed a processi di trasporto in massa sono morfologie caratteristiche del fondovalle dell'Astico. Gran parte di questi corpi rappresenta forme antiche messe in opera in condizioni climatiche più umide rispetto alle attuali; spesso infatti sono incisi dallo stesso torrente che li ha costruiti. E' il caso del conoide della Rivona a valle di Casale e della Val Cengiotta, ma anche di quello di Schiri-Pisciavacca, che denotano almeno una fase di incisione

oltre che la troncatura dell'unghia del conoide più antico da parte del T. Astico, così come avviene in molti altri casi per i tributari laterali.

In genere il conoide più recente poggia sul terrazzo di fondovalle e conserva piuttosto bene la forma tipica di conoide, in quanto scarsamente eroso dal divagare dell'Astico. In genere sono forme moderatamente attive che testimoniano la presenza di processi erosivi concentrati o diffusi che avvengono nei tratti più ripidi, e/o il trasporto a valle di materiale detritico in occasione di eventi meteorici eccezionali. Sono fenomeni che si verificano con una certa frequenza, anche se i livelli di rischio si mantengono bassi con danni soprattutto materiali. Anche gli affluenti minori, poveri d'acqua in quanto privi di un ampio bacino e il cui corso è per lo più limitato in canali lungo i ripidi versanti della valle, sono associati a piccole conoidi che affluiscono nell'Astico; si tratta di corpi alimentati per lo più da processi di "debris-flow" a spese dei materiali detritici convogliati nelle valle, caratterizzati da un'attività intermittente che trae origine dalle zone poste a quota più elevata.

7.3. FENOMENI GRAVITATIVI

Si riporta di seguito una breve descrizione dei principali fenomeni gravitativi individuati in sede di rilievi di campagna e/o censiti nella documentazione del PAI al fini di cogliere le possibili criticità correlate alle opere. Si tratta di frane intimamente legate all'assetto lito – strutturale e tettonico delle formazioni nelle quali si sono sviluppate.

Fenomeno franoso in Comune di Piovene Rocchette

Procedendo da sud verso nord fra Ponte Pilo e Calappi, in prossimità della Spalla 1 del viadotto Piovene (destra idrografica attorno alla pk 1.000) è rilevabile il coronamento e la superficie di scivolamento di una frana per erosione al piede originata a spese dei depositi fluvioglaciali prevalentemente granulari dell'Astico durante l'alluvione del 1966. Posto sulla parte esterna di una curva del corso d'acqua il fenomeno franoso è stato individuato fin dalla progettazione preliminare condizionando la scelta di tracciato, ovvero il tracciato è stato posizionato in maniera tale da evitare qualsiasi interferenza con il fenomeno descritto.

Per arginare un'eventuale evoluzione del fenomeno è stato realizzato un muro di protezione al piede ed alcuni pennelli che deviano la corrente; i rilievi condotti in fase di progettazione hanno permesso di osservare i terreni affioranti riscontrando la presenza di alcuni massi, materiale eterogeneo prevalentemente ciottoloso, ghiaioso sabbioso e orizzonti cementati posti prevalentemente nella porzione più elevata della successione.

L'area coinvolta dal dissesto risulta stabile a grande scala, ma piuttosto ripida, priva di copertura arborea e pertanto soggetta a un fenomeno di erosione ad opera delle acque ruscellanti che comporta un progressivo, per quanto assai lento, arretramento del coronamento che lambisce, in sommità, la strada di accesso ad alcune abitazioni private.



Figura 7.3 - Fenomeno franoso in destra Astico in prossimità del viadotto Piovene. Costituisce un ottimo spaccato che permette di osservare la stratigrafia dei depositi fluvioglaciali inglobanti ciottoli, massi e orizzonti ben cementati

Il fenomeno in questione è censito dal PAI con codice 0240091200 e grado di pericolosità P3 per la parte inferiore, e P2 per quella superiore; quest'ultima ingloba anche le abitazioni poste in prossimità del coronamento.

Pur se la frana non interferisce con il tracciato in fase di progettazione è stato previsto, anche per dare riscontro alle osservazioni pervenute in sede di approvazione del progetto preliminare, un intervento con terre rinforzate con paramento esterno in gabbioni volto a ripristinare la configurazione del pendio fornendo al contempo adeguata protezione al piede nei confronti dell'erosione.

Paleofrana nella morena frontale dell'Astico

Al centro dell'anfiteatro morenico di Cogollo del Cengio la cartografia geologica riporta un accumulo di paleofrana, riscontrabile in numerosa documentazione bibliografica, che forma il dosso collinare più elevato di quota 351 m attorno alla pk 3+250 della galleria S. Agata 2. Trattasi di un accumulo massivo costituito da blocchi eterometrici a spigoli vivi generalmente a contatto reciproco e parzialmente sepolto, probabilmente soggetto agli effetti dell'abrasione glaciale e successivamente ricoperto da depositi glaciali. Altri depositi riconducibili ad antiche frane sono probabilmente riscontrabili all'interno dell'impalcatura di sedimenti che formano l'apparato morenico frontale, come testimoniato da affioramenti presenti su scarpate esposte, i più caratteristici dei quali formano un livello discontinuo intercalato a depositi fluvioglaciali attorno alla quota 275 m. Spesso più che un deposito vero e proprio si osservano singoli massi o gruppi di massi spigolosi di Dolomia o materiali vulcanici di alcuni metri cubi intercalati alle ghiaie fluvioglaciali. Si possono osservare ad esempio sulla scarpata a monte della centrale idroelettrica dell'ENEL a N di Meda.

Un altro corpo di frana costituisce il rilievo del Curegno ad O di Meda.

Si tratta di paleofrane avvenute durante l'ultimo episodio di espansione glaciale nell'area e quindi in un contesto morfoclimatico molto diverso dall'attuale. La loro presenza non implica alcuna

pericolosità geomorfologica, come dimostra anche il fatto che non sono censite nella documentazione del PAI, ma vincola le soluzioni progettuali per le opere di sostegno sconsigliando in queste aree l'uso di pali e preferendo il ricorso a paratie di micropali.

Imbocco sud galleria Cogollo

In prossimità dell'imbocco sud della galleria Cogollo fra le pk 5+000 e 6+000 la carta di pericolosità geologica del PAI riporta alcuni dissesti franosi non delimitati, e la perimetrazione di una zona di attenzione. Essi in ogni caso non incidono in alcun modo con le opere in quanto il tracciato si sviluppa in galleria ed a profondità tali da non essere interessato da eventuali dinamiche di superficie.

Imbocco sud galleria Pedescala

L'imbocco sud della galleria Pedescala ricade all'interno di una zona di attenzione riportata nella carta di pericolosità geologica del PAI. In questo perimetro, che approssimativamente coincide con l'andamento della falda detritica, sono stati eseguiti i sondaggi S10D ed S11D che riscontrano fin da subito la formazione della Dolomia Principale, oltre ad alcune traverse sismiche (fra cui TSD5 – TSD4bis) che, in congruenza con i rilievi di campagna, oltre a condizioni di substrato affiorante o subaffiorante rilevano la presenza di una copertura detritica che localmente assume lo spessore di pochi metri. Pur se i dati disponibili non evidenziano condizioni di pericolosità geomorfologica, la riscontrata presenza di una coltre di materiale sciolto poggiante sul substrato roccioso ha consigliato il ricorso, per l'imbocco della galleria, ad una paratia di contenimento degli scavi provvisionali.

Galleria Pedescala

Lungo il tracciato della galleria Pedescala attorno alla pk 12+000 la carta di pericolosità geologica del PAI riporta la frana avente codice 0240111300 e grado di pericolosità P4. Tale fenomeno non incide in alcun modo con i lavori preso atto che la galleria si sviluppa ad una profondità di oltre 200 – 300 m da p.c. e quindi al riparo da eventuali dinamiche di superficie.

Imbocco nord galleria Pedescala

Circa 100 m a nord rispetto l'imbocco settentrionale della galleria Pedescala i rilievi di campagna hanno riscontrato la presenza di uno smottamento a carico della copertura detritica che ricopre la Formazione della Dolomia Principale. A protezione della S.P.84, immediatamente sottostante, sono state installate barriere paramassi ad alta energia. Il fenomeno in argomento, che non trova riscontro nella cartografia del PAI, non interessa e non interferisce in alcun modo con le opere in progetto.

Viadotto Settecà

Circa 100 m a nord rispetto l'imbocco settentrionale della galleria Pedescala i rilievi di campagna hanno riscontrato la presenza di uno smottamento a carico della copertura detritica che ricopre la Formazione della Dolomia Principale. A protezione della S.P.84, immediatamente sottostante, sono state installate alcune barriere paramassi. Il fenomeno in argomento, che non trova riscontro nella cartografia del PAI, non interessa e non interferisce in alcun modo con le opere in progetto. In tale contesto si colloca quanto evidenziato nelle note illustrative del foglio 82 Asiago della Carta Geologica d'Italia (Scala 1:50.000), laddove al par. 6.7 si descrivono colamenti rapidi avvenuti a seguito degli eventi meteorici del 1966 presso Pedescala, alla confluenza del T. Assa



Figura 7.4 - Smottamento a margine della SP84

Imbocco sud galleria S. Pietro

La carta di pericolosità geologica del PAI riporta due zone di attenzione adiacenti che vanno a lambire l'imbocco sud della galleria S Pietro e la porzione terminale del viadotto Settecà. In quest'area ricade il sondaggio S14 e, poco più a mont,e parte delle traverse sismiche TSD8 – TSD9. Il sondaggio, profondo 40 m, riscontra per l'intero sviluppo depositi ghiaioso sabbiosi con ciottoli e blocchi di dolomia; le indagini geofisiche sono ben congruenti con l'indagine diretta evidenziando spessori metrici di materiale sciolto avente modesta velocità delle onde sismiche (< 1.000 m/s).Ne consegue la presenza di importanti spessori di materiale sciolto di copertura in una zona di transizione fra il piede di alcune piccole conoidi laterali e la piana alluvionale dell'Astico che hanno determinato il ricorso, per l'imbocco della galleria, ad un'opera di sostegno costituita da una paratia.

I dati geognostici unitamente ai rilievi di campagna evidenziano come le perimetrazioni PAI di cui sopra corrispondano alla terminazione di antiche conoidi, il cui piede è inciso dall'Astico, senza particolari condizioni di pericolosità geomorfologica. La falda è governata dalla profonda e molto permeabile subalvea dell'Astico dove i rilievi piezometrici la riscontrano attorno alla quota 317 mslm, a fronte di una livelletta in zona d'imbocco superiore a quota 330 mslm.

Galleria S Pietro

Attorno alla pk 16+000 della galleria S Pietro la carta di pericolosità geologica del PAI riporta l'ampia perimetrazione avente codice 0240112400 e grado di pericolosità P4. Trattasi di una zona ad elevato rischio caduta massi che scaturisce dall'elevato grado di fratturazione della roccia riscontrato durante i rilievi, da scarpate subverticali e dalla presenza, a valle, di alcune abitazioni e della SP350. In questo tratto, in cui la galleria rimane ad una profondità di circa 150-200 m dal p.c. è stato eseguito il sondaggio S14D, di lunghezza pari a 160m, (in modo da raggiungere la quota galleria), il quale ha attraversato materiali dolomitici di scadenti caratteristiche geomeccaniche, da cataclasati a intensamente fratturati / fratturati. Tale sondaggio è stato realizzato vicino all'asse tracciato, in prossimità della importante faglia della Valpegara.

Sulla base di quanto sopra descritto nel corso della progettazione si è ritenuto opportuno prevedere un approfondimento di indagine del tratto compreso tra la zona di esecuzione del sondaggio S14D e la zona immediatamente a nord dello stesso, (tra le pk 15+000 e 16+000 circa) mediante indagini sismiche a rifrazione e riflessione che hanno sostanzialmente confermato l'elevato grado di fratturazione della roccia.

Paleofrana della Marogna

Presso Casotto è cartografato il grande accumulo della frana della "Marogna" con un volume stimato, variabile a seconda delle fonti consultate, fino a circa 17 milioni di metri cubi. Si tratta di una frana per scivolamento di strato in seno alla formazione della Dolomia Principale staccatasi da

un versante, disposto con giacitura a franapoggio, corrispondente al fianco settentrionale dell'anticlinale del Monte Lisser. Cartografia geologica e rilievi di campagna permettono di individuare sia il coronamento di frana, che corrisponde con la parete La Gioia, sia l'ampio accumulo nel quale sin dal 1985 sono attive alcune cave (cava Molino in sinistra idrografica e cava Marogna in destra). Tale accumulo, entro cui stenta a crescere una vegetazione arborea e la cui composizione è particolarmente evidente proprio in corrispondenza degli ampi fronti di cava, è formato da massi eterogenei di Dolomia Principale, anche di varie decine di metri cubi, in matrice sabbioso limosa. La sua messa in posto a livello di corpo principale viene tradizionalmente fatta coincidere con l'evento sismico del 3.1.1117. La frana ha invaso e sovra-escavato il fondovalle dell'Astico risalendo il versante opposto e creando uno sbarramento, a seguito del quale a monte si è venuto a creare un piccolo bacino lacustre. La piena del 1278 ha distrutto la diga naturale alluvionando le contrade e valle e ripristinando il normale deflusso in alveo.

L'accumulo caratterizza oggi tutto il versante destro fra le quote di 400 m slm del fondovalle e 1100-1200 m della parete La Gioia, dove si sviluppa la cava Marogna, nonché la porzione in sinistra Astico dove si ubica la cava Molino, oggi in via di esaurimento e in buona parte ripristinata. Dal punto di vista progettuale interessa l'imbocco nord della galleria S Pietro, il tratto all'aperto tra detto imbocco e il viadotto Molino, il settore occupato dal viadotto e lo svincolo Valle dell'Astico.

La cartografia del PAI riporta una zona di attenzione il cui perimetro coincide con l'accumulo della frana di cui alla cartografia geologica.

Nell'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (IFFI) (accesso consentito mediante portale dell'ISPRA), l'accumulo corrispondente al corpo di Frana della Marogna è ben rappresentato, classificato come "scivolamento rotazionale/traslattivo".

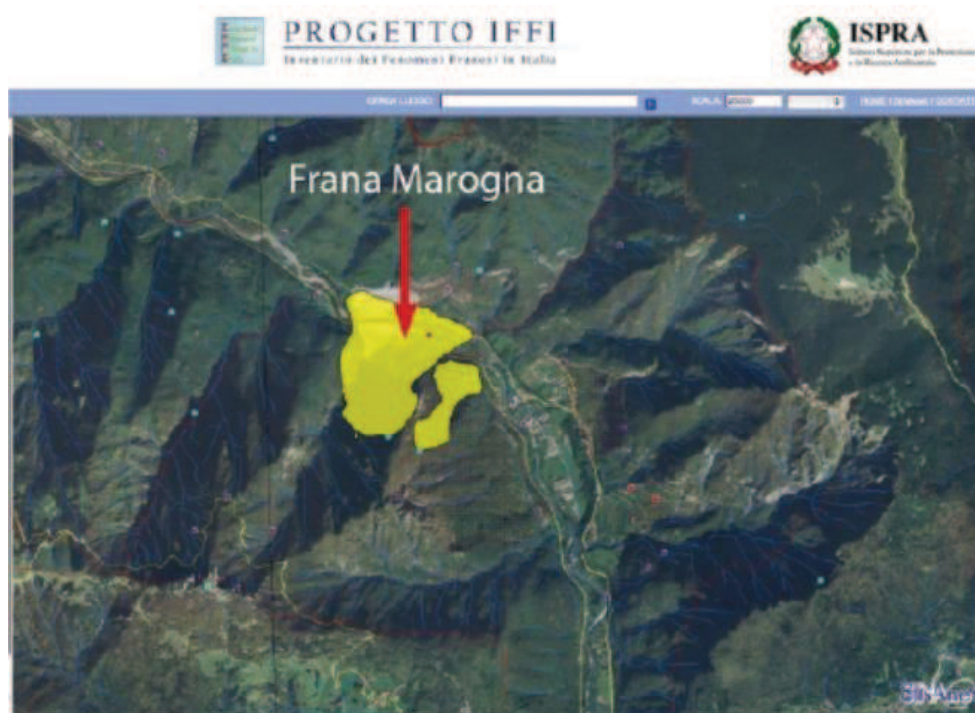


Figura 7.5 – Paleofrana della Marogna (da "Progetto IFFI")



Figura 7.6 – Paleofrana della Marogna presso Casotto. A sinistra prima dell'avvio dell'attività di cava Marogna; a destra oggi



Figura 7.7 - Massi costituenti l'accumulo della Marogna affioranti lungo il fronte di cava.

Studi effettuati da diversi autori (fra cui Genevois, Tecca, Deganutti e Dal Prà – 2013) hanno individuato la superficie di scivolamento nei piani di strato di una anticlinale, ed in un thrust che sembra aver tagliato la porzione superiore della stessa anticlinale. Dimostrano inoltre che la frana non è riconducibile ad un unico evento, bensì ad almeno due o più fenomeni distinti di cui il principale è correlabile (come confermano anche datazioni su frammenti lignei rinvenuti in posto) con fenomeni di crollo e scivolamento traslativo avvenuti in occasione del sisma del 1117 (magnitudo attribuita 7.0) ed il secondo, in pianta simile ad un conoide, con processi tipo rock fall avalanche (Varnes 1978). Tale ipotesi è sostanzialmente condivisa dagli autori del Foglio 82 Asiago dell'Ispra.

L'assetto anticlinalico dell'area fa sì che le porzioni caratterizzate da una maggiore inclinazione

degli strati corrispondano ai volumi già collassati, mentre quelle rimaste in posto coincidono con la porzione sommitale del rilievo dove l'immersione degli stessi strati è minore, fino a condizioni sub orizzontali.

La figura seguente tratta dal lavoro di Genevois et alii riporta il coronamento della frana coincidente con la parete "La Gioia", i due corpi che costituiscono la frana, le variabili condizioni di giacitura lungo il fianco dell'anticlinale (immersione da 50° a 23°) e la faglia inversa (thrust fault) che, non riportata nella recente carta geologica foglio Asiago, interessa la stessa anticlinale.



Figura 7.8 - Genevois et alii 2013 Field study and bidimensional numerical simulation of runout and deposition of La Marogna Rockslide

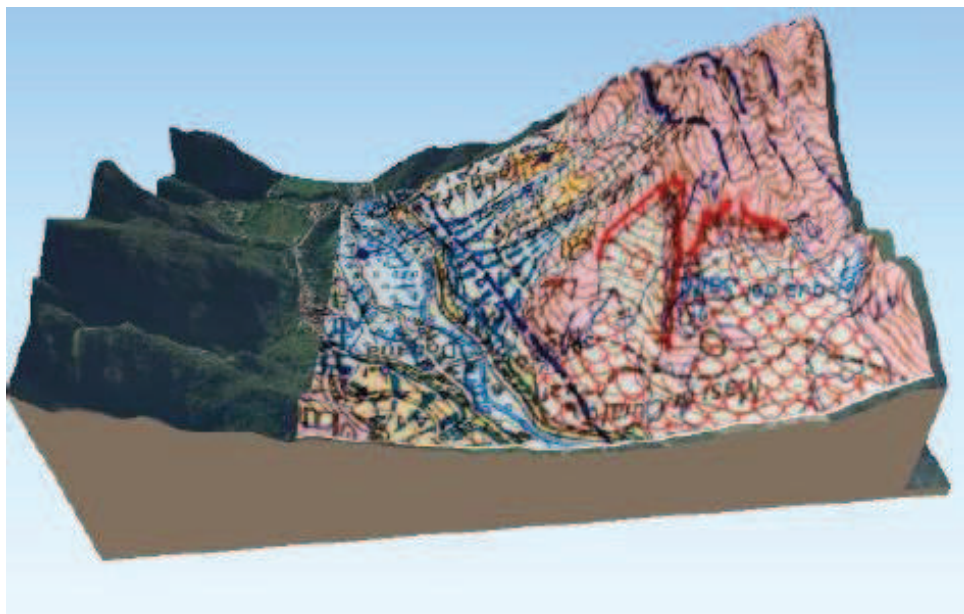


Figura 7.9 - Modello digitale del terreno con sovrapposta la cartografia geologica del Foglio Asiago

Dalle note descrittive del foglio Asiago della carta geologica al 50.000 si evince, per la frana della Marogna, una sostanziale pericolosità legata a possibili fenomeni di caduta massi e più limitatamente di colata. In particolare “nel settore più a sud i ripidi versanti (parete La Gioia) sono interessati prevalentemente da fenomeni di crollo ed in secondo luogo da fenomeni di colata rapida che si verificano in occasione di particolari condizioni metereologiche (alluvione del 1966)”.

Uno studio redatto da Zampieri e Adami nel 2013 dal titolo “Influence of the geological structure on a rockslide in northeastern Italy” attribuisce la superficie di scivolamento ad una faglia inversa posta lungo un piano di debolezza parallelo alla stratificazione nella porzione inferiore del pendio, e che va a trancare gli strati in quella superiore. Essendo la superficie di scivolamento della frana (corrispondente alla faglia inversa) inclinata di 35° verso il fondovalle, ed avendo la stessa (secondo gli autori) prosecuzione oltre l’attuale coronamento della parete La Gioia, alla luce dei dati disponibili non possono escludersi nuovi eventi di distacco importanti, specialmente in caso di eventi sismici. Tali valutazioni sono però puramente qualitative e non supportate da verifiche numeriche.

Analisi effettuate più recentemente mediante utilizzo di codici di calcolo agli elementi finiti, rilievi tradizionali in parete, rilievi con laser scanner e prove di laboratorio su campioni da A. Ferrero G. Mandrone (2015) hanno messo in luce la variazione dei fattori di sicurezza in funzione di una serie di parametri (posizione del giunto rispetto alla scarpata e inclinazione della superficie di scivolamento) dimostrando condizioni di stabilità nella porzione sommitale dell’area, dove la giacitura è suborizzontale o poco inclinata, e condizioni di potenzialmente instabilità (specie in caso di sisma) nelle porzioni medio basse dove l’inclinazione si approssima a quella individuata

come critica (38 – 40°). Le verifiche condotte escludono la messa in posto della frana della Marogna in un unico evento e propendono verso almeno due eventi distinti, o meglio ancora una messa in posto più articolata ottenuta dal susseguirsi di più eventi con volumi variabili da qualche decina fino a qualche migliaio di metri cubi. I risultati del modello geomeccanico dimostrano come a carico della parete La Gioia non sussista la possibilità di innesco di ulteriori fenomeni franosi di elevata volumetria con superficie di scorrimento profonde. Dimostrano inoltre come, in condizioni molto cautelative, i volumi movimentabili siano al massimo nell'ordine di 60.000 mc.

Alla luce dei dati disponibili si ritiene che le attuali condizioni di pericolosità che caratterizzano quest'area, evidenziate dai rilievi geologici di campagna, dallo studio aerofotogeologico, dalla documentazione bibliografica con particolare riferimento al foglio Asiago della carta geologica ed allo studio di Ferrero A. & Mandrone G (2015) siano fondamentalmente riconducibili a fenomeni di caduta massi che possono staccarsi dalla parete La Gioia dove la giacitura delle discontinuità stratigrafiche e tettoniche (franapoggio) e l'elevato grado di fratturazione isolano non solo blocchi ma anche pinnacoli e torrioni rocciosi di grande volume.

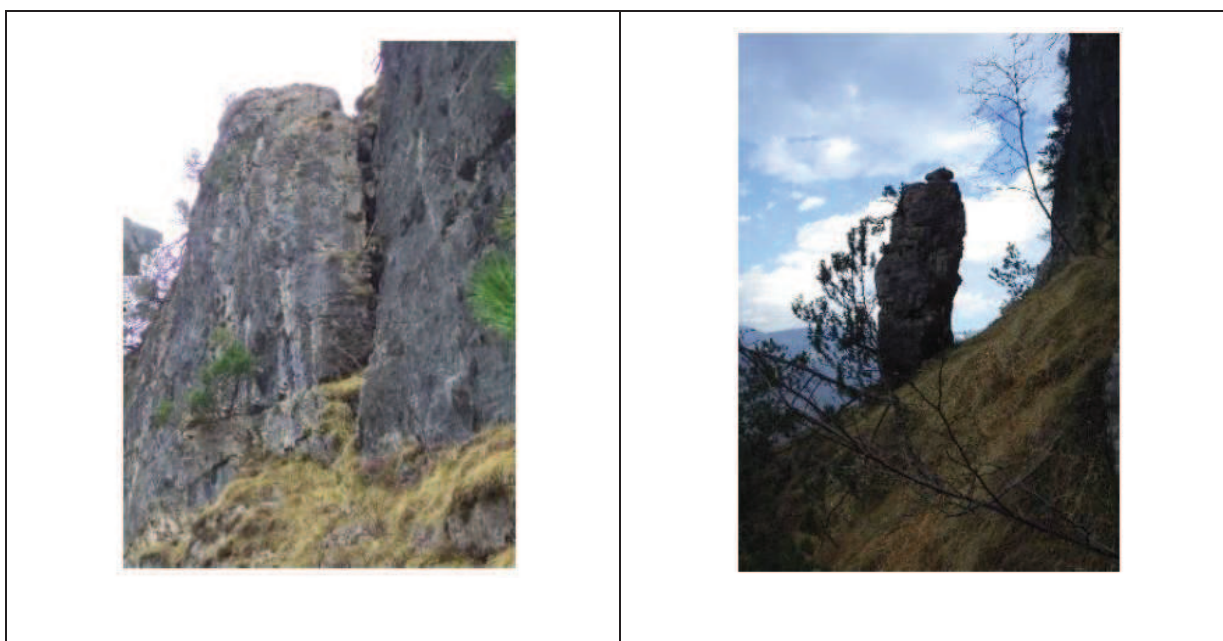


Figura 7.10 - Pilastrini e torrioni potenzialmente instabili lungo ed al piede della parete La Gioia

Le analisi traiettografiche di A. Ferrero G. Mandrone 2015 in particolare escluderebbero possibili coinvolgimenti di tali fenomeni di caduta massi con le opere in progetto.

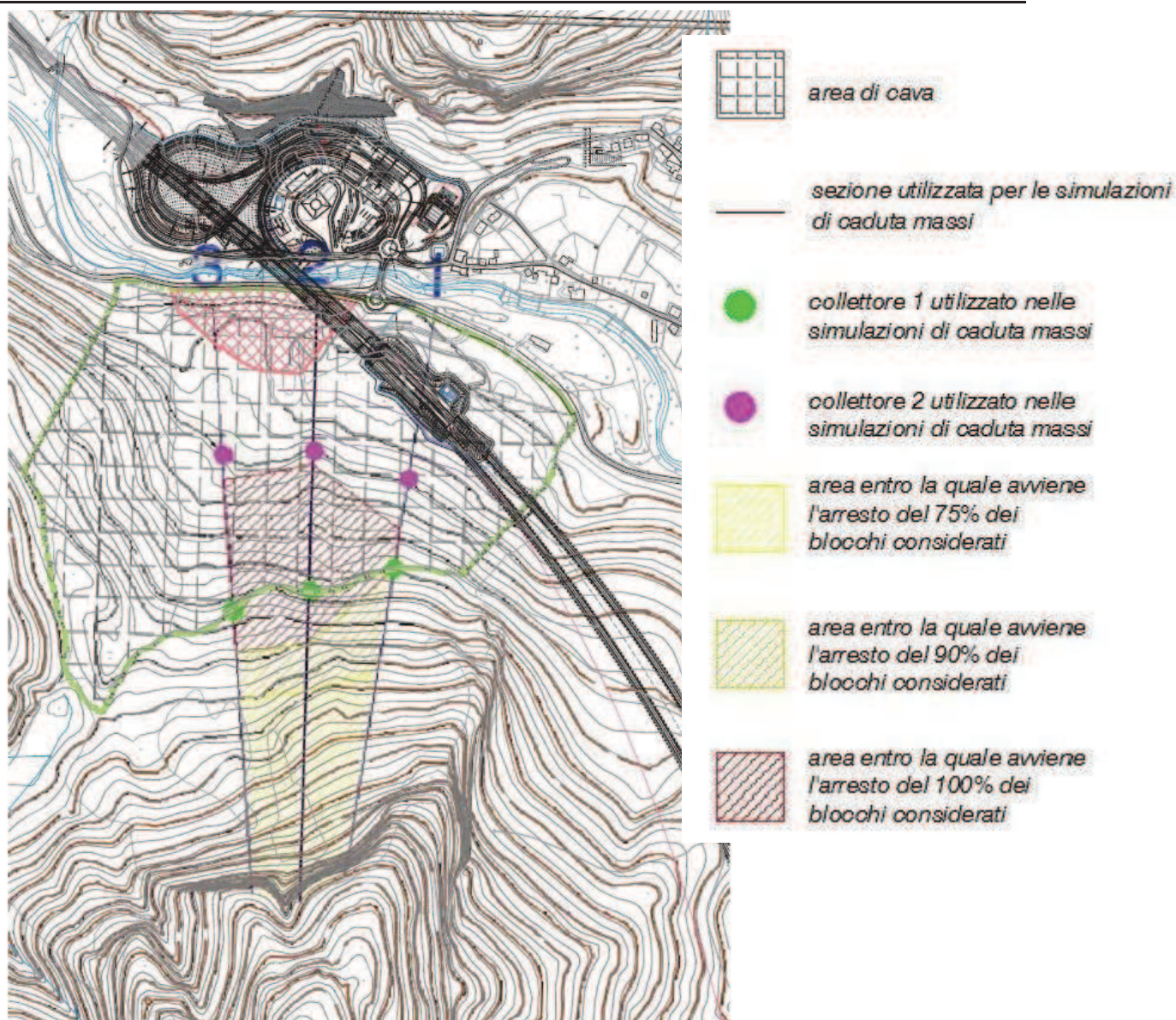


Figura 7.11 – Analisi traiettografiche (da A. Ferreno e G. Mandrone, 2015) caduta massi: sovrapposizione con planimetria opere di progetto

Tale valutazione è figlia di un particolare contesto morfologico relativo all'anno 2015, e non tiene conto di eventuali modifiche che possono essere apportate all'accumulo della frana della Marogna per effetto dell'importante e continua attività di escavazione da parte dell'omonima cava.

Per quanto sopra ed a maggiore favore di sicurezza nella zona dell'imbocco della galleria e del viadotto sono state progettualmente previste opportune opere di protezione costituite da una doppia fila di barriere paramassi ad alta energia.

Svincolo Pedemonte

In corrispondenza delle pareti calcareo-dolomitiche ubicate a nord dello svincolo si evidenziano condizioni di pericolosità legate alla presenza di pareti subverticali le quali, pur se bonificate nel

corso dell'attività di cava (cava Molino) potrebbero comunque comportare la caduta (diretta o per rimbalzo) di materiale lapideo sulle sottostanti aree di svincolo e rampe di accesso.

In sede di progettazione sono state previste opere di stabilizzazione e consolidamento rappresentate da interventi di rivestimento con reti, chiodi e reticoli di funi, oltre ad una duna di protezione (interposta fra parete rocciosa e rampe) sormontata da una barriera paramassi.

Di seguito si riportano infine le conclusioni dello studio di interferometria realizzato DARES TECHNOLOGY allo scopo di rilevare, misurare e monitorare le deformazioni avvenute nel recente passato prima della realizzazione delle opere a progetto.

L'area presa in esame dallo studio interferometrico copre una superficie di 106 km² circa, da Piovene Rocchetta al lago Caldonazzo (cfr. Figura 7.12)



Figura 7.12 – Area di studio

Per lo studio sono stati utilizzati i “dataset” (satellite Sentinel 1) sia discendenti che quelli ascendenti, per il periodo compreso tra marzo 2015 e ottobre 2016.

Lo studio ha consentito di suddividere l'area in una zona nord (esterna al tracciato in esame di 1° lotto, attualmente in esame) ed una zona sud, che comprende il tracciato di 1° lotto.

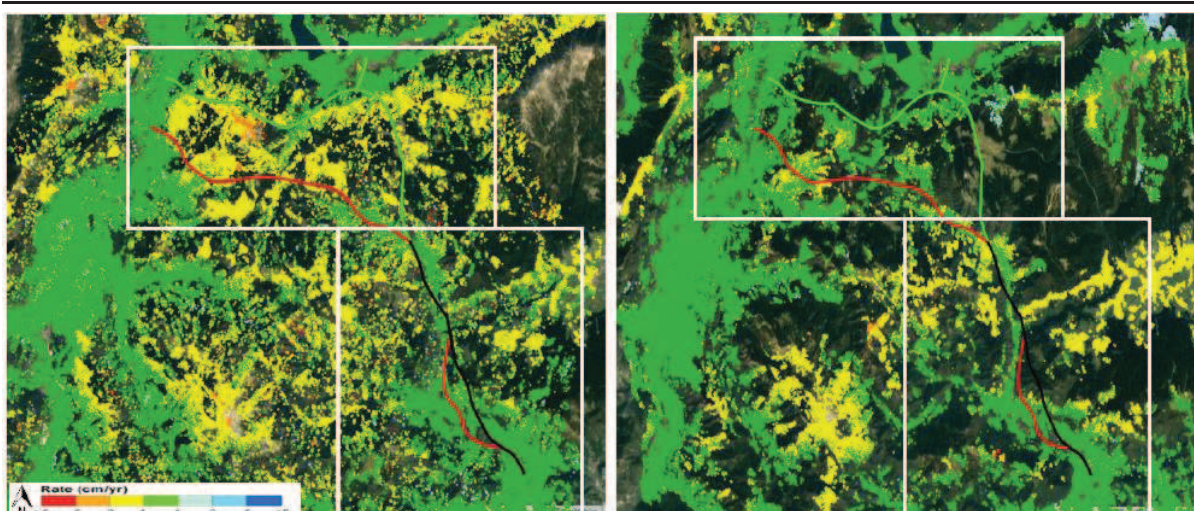


Figura 7.13 – sulla sinistra i dati “discendenti”, sulla destra i dati “ascendenti”

Lo studio evidenzia una generale assenza di fenomeni deformativi in atto con la sola eccezione, con riferimento ad aree prossime al tracciato, a modesti spostamenti circoscritti all’area di cava Marogna rilevati sia con dati ascendenti che discendenti (cfr. fig. 7.12a e b).

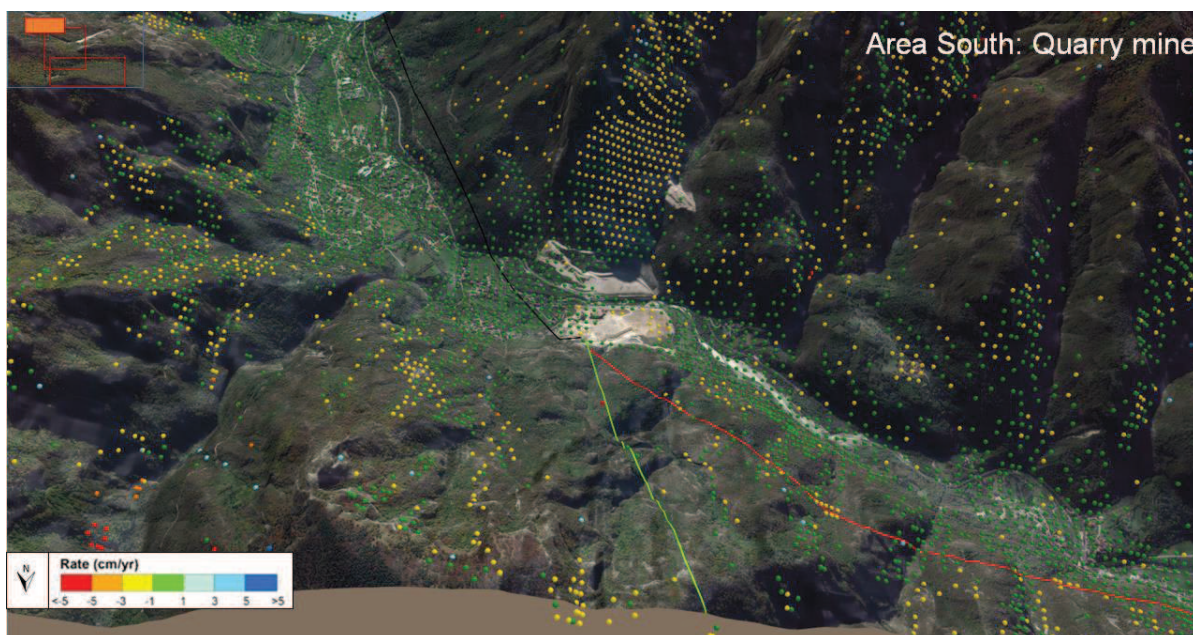


Figura 7.14a – Area cava Marogna - dati “discendenti”



Figura 7.14b – area cava Marogna - dati “ascendenti”

Più in dettaglio i risultati dell'interferometria evidenziano la presenza di possibili zone di deformazione, con spostamenti calcolati nell'ordine di 2 cm / anno, in aree vicine ma comunque esterne ai siti direttamente interessati dalle opere a progetto. Anche lo studio da foto aeree ha evidenziato possibili e limitati spostamenti in alcune aree ricadenti nel perimetro di cava Marogna (destra idrografica) a margine del tracciato. Nella valutazione dei dati si deve considerare come l'attività di cava negli ultimi 2 anni in questa zona sia stata molto intensa, con prelievo di oltre 1,5 – 2 milioni di mc di materiale, e tale contesto potrebbe aver influito significativamente sulla restituzione dei dati.

E' importante precisare che tali valori di deformazione sono ritenuti compatibili per il contesto in esame, montagnoso e molto acclive.

Lo studio raccomanda il prosieguo del monitoraggio mediante interferometria anche nella fase di realizzazione delle opere, al fine di verificare e controllare eventuali accelerazioni dei movimenti in concomitanza delle lavorazioni.

In relazione agli scenari geomorfologici sopra evidenziati sono stati previsti in questa sede progettuale una serie di provvedimenti finalizzati alla gestione e al controllo delle condizioni di pericolosità dell'intero versante comprendenti l'area attualmente occupata dal grande accumulo di frana, le pareti subverticali costituenti la nicchia di distacco principale della frana storica (parete La Gioia) e il sovrastante settore di roccia in posto rappresentato dai rilievi calcareo-dolomitici. I provvedimenti consistono in:

- un monitoraggio topografico mediante mire ottiche con stazioni di misura costituite da prismi riflettenti controllati mediante stazione totale (ubicata sul versante opposto in

- posizione stabile);
- la posa di alcuni piezometri ed inclinometri.

Si suggerisce inoltre di predisporre prima dell'inizio dei lavori una nuova campagna di monitoraggio interferometrico nella zona della Marogna.

8. ANALISI DEGLI SCENARI DI RISCHIO

L'analisi del contesto geologico – stratigrafico, geomorfologico e tettonico dell'area di studio, sopra sintetizzato ed illustrato anche negli elaborati grafici di riferimento (cartografia di progetto, profili e sezioni geologiche), ha consentito una valutazione, qualitativa, dei possibili scenari di rischio connessi al particolare contesto in esame.

Al fine di consentire l'individuazione degli interventi tecnici e costruttivi finalizzati ad una corretta gestione di ciascun fattore di rischio si è adottata una metodologia di studio le cui fasi sostanziali sono di seguito descritte:

- Esame degli elaborati progettuali di riferimento e dei dati derivanti dalle indagini geognostiche pregresse e di quelle effettuate per il PD
- Sopralluoghi e rilievi geologici e geomeccanici
- Classificazione dei fattori di rischio geologici, geomorfologici e geomeccanici ed eventuali altre criticità individuate lungo il tracciato delle opere
- Caratterizzazione e circoscrizione di ciascun fattore di rischio secondo i criteri di seguito elencati:
 - o Analisi combinata della probabilità di accadimento e della relativa incidenza (danno) per ciascun fattore individuato lungo il tracciato delle gallerie per ogni WBS.
 - o Attribuzione ad ogni aspetto analizzato, del grado di rischio (probabilità x danno= rischio: da molto basso ad alto) secondo la matrice di seguito illustrata:

Impact	Likelihood				
	Rare	Unlikely	Possible	Likely	Almost certain
Catastrophic	moderate	moderate	high	critical	critical
Major	low	moderate	moderate	high	critical
Moderate	low	moderate	moderate	moderate	high
Minor	very low	low	moderate	moderate	moderate
Insignificant	very low	very low	low	low	moderate

La valutazione del rischio, condotta nel modo sopra illustrato, è stata definita per i seguenti aspetti principali:

Analisi di rischio legate alle caratteristiche dell'ammasso roccioso

- Instabilità del fronte e/o del cavo per la presenza di
 - o Zone tettonizzate
 - o Basse coperture
- Presenza in superficie di doline e depressioni di origine carsica
- Deformazioni d'ammasso (convergenze/estrusioni)
- Fenomeni di subsidenza/interferenza con opere di superficie

- Fenomeni di squeezing
- Fenomeni di spalling
- Fenomeni di swelling

Analisi di rischio legate alla presenza di acqua

- Carico idraulico
- Venute d'acqua concentrate
- Fenomeni carsici
- Acque aggressive
- Fenomeni di dissoluzione

L'analisi combinata della probabilità di accadimento e del relativo danno ha consentito di definire le seguenti quattro classi di rischio, rappresentate nei profili geologici e geomeccanici di progetto:

- Rischio trascurabile (rappresentato con il colore bianco)
- Rischio basso (rappresentato con il colore verde)
- Rischio medio (rappresentato con il colore arancio)
- Rischio elevato (rappresentato con il colore rosso).

9. MODELLO GEOLOGICO E INTERAZIONE CON LE OPERE

Di seguito si riporta una descrizione dell'interazione opere terreni con riferimento al tracciato di progetto ed agli elaborati prodotti in supporto al presente testo che sono la "Cartografia geologica, geomorfologica" ed i "Profili geologici", cui si deve far riferimento per maggiori dettagli. E' stata redatta anche la "Carta degli elementi del PAI" che riepiloga i contenuti della carta di pericolosità geologica dell'Autorità di Bacino del Bacchiglione Brenta relativamente ai comuni attraversati

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

9.1. CARTOGRAFIA E PROFILI DI PROGETTO

La carta geologica e la carta geomorfologica sono state redatte in scala 1:5.000 utilizzando come base topografica la cartografia del CTR regionale.

Il lavoro è stato effettuato acquisendo preliminarmente la documentazione bibliografica disponibile ed in particolare la carta geologica e la carta geomorfologica in scala 1:10.000 allegata al progetto preliminare, oltre alla carta geologica e carta geomorfologica in scala 1:5.000 del progetto definitivo del tratto Piovene Rocchette – SS350 in località Schiri. Sono quindi state consultate le cartografie geologiche e geomorfologiche allegate ai Piani Regolatori dei Comuni attraversati, oltre all'ottima carta geologica in scala 1:50.000, con relative note illustrative, del Foglio 082 Asiago pubblicato dall'ISPRA nel 2007. Questo elaborato in particolare rappresenta un'evoluzione, con diverse integrazioni in chiave stratigrafica e strutturale, del più vecchio Foglio 36 Schio della Carta geologica d'Italia in scala 1:100.000 redatto nel 1969.

Sono quindi stati acquisiti i dati del censimento delle cavità carsiche fornito dalla Regione Veneto, oltre ai risultati dello studio delle foto aeree rappresentati da: faglie e allineamenti tettonici in genere, conoidi detritiche ed alluvionali, orli di terrazzo, doline e fenomenologie carsiche, impluvi, coronamenti ed accumuli di frana, aree di cava attiva o dismessa ecc.

Sulla base della documentazione sopra elencata sono stati condotti, nel periodo gennaio – marzo 2017, dettagliati rilievi di campagna eseguiti da almeno due distinte squadre di rilevatori. Il lavoro ha permesso di :

- verificare le informazioni dedotte da foto aeree;

- modificare, integrare o correggere la cartografia geologica ereditata dalle precedenti fasi progettuali;
- individuare le principali criticità geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e le difficoltà tecniche connesse con ciascuna opera;
- verificare i principali affioramenti guidando e modificando, ove ritenuto necessario, l'ubicazione delle indagini geognostiche in corso;
- eseguire rilievi geostrutturali integrativi in corrispondenza delle principali opere in sotterraneo.

La carta geologica allegata al progetto definitivo è stata, rispetto quella del preliminare, completamente ridisegnata acquisendo un maggior livello di informazioni. In particolare si è scelto di rappresentare non solo la cartografia geologica in s.s. ma anche, con tonalità di colore diverse, gli affioramenti.

E' stata redatta una specifica carta geomorfologica (il progetto preliminare conteneva un'unica carta geologica e geomorfologica) arricchita di tutti gli elementi riscontrati in bibliografia, nei rilievi di campagna e dallo studio delle foto aeree. Essa contiene le forme di erosione e di accumulo presenti sul territorio distinte anche in funzione del relativo grado di attività. Per evitare una sovrapposizione di contenuti, che avrebbe comportato una minore leggibilità dei dati, si è scelto di riportare i riferimenti della carta di pericolosità geologica del PAI in uno specifico e separato elaborato i cui contenuti, per una corretta lettura, vanno confrontati con la carta geologica e carta geomorfologica di progetto.

I profili geologici sono stati redatti con riferimento ad entrambe le carreggiate impiegando le informazioni fornite dalla carta geologica ed integrati dalle risultanze delle indagini geognostiche dirette ed indirette eseguite nelle diverse fasi.

Nei profili geologici sono riportate le risultanze emerse dalle analisi dei fattori di rischio eseguite secondo la metodologia illustrata nel precedente capitolo. Nei profili geomeccanici sono sintetizzati i conseguenti interventi di "terapia" per la descrizione dei quali si rimanda alle Relazioni Geomeccanica, Idrogeologica ed alla Relazione Tecnica corredata di elaborati grafici.

9.2. ASSETTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO E STRUTTURALE LUNGO IL TRACCIATO

Si descrivono di seguito i principali aspetti di carattere geologico-geomorfologico e strutturale previsti lungo il tracciato; (progressive riferite alla canna Nord).

*9.2.1 TRATTO DA PIOVENE ROCCHETTE ALL'IMBOCCO SUD DELLA
GALLERIA COGOLLO (PK 0+000 – PK 4+636)*

Partendo dalla fine dell'attuale autostrada A31 a Piovene Rocchette i primi 2.800 m circa di tracciato si sviluppano prevalentemente in scavo nei depositi fluvioglaciali ed alluvionali terrazzati granulari.

La carta geologica permette di osservare come la profonda forra dell'Astico sia scavata entro gli stessi depositi fluvioglaciali, che evidenziano condizioni di sostanziale stabilità anche in presenza di scarpate di altezza pluridecametrica e di pendenze molto accentuate (fino a pareti subverticali). Ciò è dovuto alle buone caratteristiche dei materiali, sottoposti peraltro a pressioni enormi in epoca geologicamente recente (come testimoniato anche da tension cracks riscontrate durante i rilievi) e caratterizzati da un grado di cementazione difficilmente quantificabile dovuto alle acque d'infiltrazione.

Localmente nella forra, non in asse stradale, alle quote più basse affiora il substrato roccioso, in forma di Dolomia Principale o Calcari Grigi.

Le scarpate dei tratti in trincea (a monte del casello di Piovene Rocchette) ricadono nei medesimi materiali e sono sagomate con pendenze spesso anche nell'ordine di 1/1, che risultano stabili, a dimostrazione delle buone caratteristiche geotecniche a breve e lungo termine dei depositi fluvioglaciali.

Attorno alla pk 1+000 l'Astico viene scavalcato per mezzo del viadotto Piovene, lungo circa 190 m. Qui il corso d'acqua ha profondamente inciso il materasso alluvionale fluvioglaciale per un'altezza superiore a 50 - 60 m portando in affioramento, su ambo le sponde, depositi ghiaioso sabbiosi molto addensati con matrice limosa inglobanti ciottoli e blocchi di dimensioni nell'ordine di circa 1 – 2 mc. Questa conformazione, come dimostrano anche back analysis condotte sulle scarpate naturali, si dimostra stabile ammettendo la presenza di una coesione che le operazioni di carotaggio non permettono di apprezzare.

In tale contesto per il viadotto è stata prevista un'elegante soluzione a stampella con fondazioni su pozzo in corrispondenza delle stesse stampelle, per meglio sopportare i carichi imposti, e su pali di grande diametro per spalle e pile laterali.

Nei livelli superiori i rilievi di campagna mostrano la presenza di orli di terrazzo fortemente cementati aventi spessore di pochi metri e continuità laterale pluridecametrica.



Figura 9.0 Orli di terrazzo cementati nei depositi fluvioglaciali e glaciali

La foto di figura 9.0.1 è stata scattata in corrispondenza della superficie di scivolamento delle frana per erosione al piede posta accanto alla spalla 1 del viadotto Piovene, e permette di osservare un terreno fondamentalmente ghiaioso sabbioso, con cenni di stratificazione, inglobante ciottoli, massi e alcuni orizzonti ben cementati.



Figura 9.0.1 - La superficie di frana accanto al viadotto Piovene permette di osservare più chiaramente la natura del materiale inglobante frammenti ciottoli, massi e orizzonti superficiali ben cementati

Superato il viadotto il tracciato prosegue in trincea ed all'interno dei depositi fluvioglaciali risolvendo l'interferenza della SP 350 con la galleria artificiale S. Agata 1 posta fra le pk 2+048 – 2+148 (lunghezza 100 m).

Dopo un breve tratto all'aperto fra le pk 2+236 e pk 2+872 circa ha inizio il tratto in artificiale della galleria S Agata 2.

In presenza di materiali sciolti e stante, come sopra esposto, la possibile presenza di orizzonti cementati e di massi, le opere di sostegno degli scavi sono cautelativamente previste con parati di micropali.

Fra le pk 2.800 – 4+650 (imbocco sud galleria Cogollo) sono cartografati depositi glaciali riferibili alla morena frontale del ghiacciaio dell'Astico testimoniati da ghiaie e sabbie in matrice limoso argillosa inglobanti pezzame eterogeneo fra cui blocchi e massi di grandi dimensioni, quota parte dei quali attribuibili alla paleofrana della Gruma posta attorno alla pk 3+200 circa.

L'opera principale di questo tratto è certamente la galleria S Agata 2, lunga complessivamente circa 1.300 m, di cui in naturale circa 580 m e tratti in artificiale da 630 a sud e 90 m a nord. Le coperture sono variabili da un massimo di circa 40 m a valori minimi, per i tratti in naturale, nell'ordine di un diametro. Le artificiali sono realizzate con scavi provvisori aventi pendenza 1/1 o, nelle sezioni d'imbocco e laddove le altezze sono maggiori, con paratie di micropali. La naturale sarà interamente scavata in ghiaie e sabbie limose di origine glaciale, con possibili e limitate intercalazioni limoso argillose, richiedendo con ciò l'ausilio sistematico e generalizzato a sezioni di scavo che prevedono interventi di preconsolidamento in avanzamento e/o dalla superficie. Nel caso specifico il preconsolidamento sarà ottenuto mediante colonne jet armate con tubi metallici quando poste al contorno, e armate con VTR quando al fronte. Nelle sezioni d'imbocco il consolidamento viene effettuato direttamente dalla superficie.

Superata la galleria S Agata 2 si apre l'ultimo tratto all'aperto prima dell'imbocco della galleria naturale Cogollo. Questo settore si sviluppa prevalentemente in scavo, con un rilevato attorno alla pk 4+500 di altezza massima fino a 15 m. In quest'ambito fra le gallerie S Agata 2 e Cogollo è posizionato lo svincolo di Cogollo del Cengio

Geologicamente fino alla pk 2+800 sono cartografati depositi fluvioglaciali terrazzati ghiaioso sabbiosi con matrice limosa, spesso stratificati, da molto addensati a debolmente cementati; da qui in avanti depositi glaciali. Al di là della diversa genesi le condizioni granulometriche e tessiturali dei due depositi sono sostanzialmente simili e difficilmente distinguibili; ad un più attento esame i depositi glaciali mostrano un maggior contenuto di fine, maggiore plasticità e più diffusa presenza

di massi, anche di grandi dimensioni. Tale ultima caratteristica rilevata dai sondaggi eseguiti in asse progettuale può essere messa in relazione con l'accumulo di frana della Gruma.

Il substrato roccioso, costituito prevalentemente dalla Dolomia Principale, rimane a profondità tale da non essere certamente interessato dai lavori affiorando solo, e non diffusamente, lungo la profonda forra dell'Astico.

In estrema sintesi i diffusi scavi previsti in questo tratto andranno ad interessare materiali fondamentalmente granulari di buona/ottima qualità ampiamente riutilizzabili per i lavori. La falda rimane a profondità superiori rispetto quelle interessate dai lavori.

Data la vocazione prevalentemente agricola dell'area le indagini eseguite hanno evidenziato la presenza di uno spessore di terreno vegetale nell'ordine di circa 40 – 50 cm. Ne consegue che il progetto ha previsto uno spessore di scotico di 20 cm seguito da ulteriori 30 cm di bonifica; questo materiale sarà accantonato sul posto e utilizzato a copertura delle scarpate e più in generale nelle opere a verde.

9.2.2 TRATTO DA PK 4+636 A PK 11+220 (GALLERIA COGOLLO)

Da pk 4+636 a pk 11+220 è prevista la Galleria Cogollo.

- *(tratto da pk 4+636 a pk 4+867 ca. in galleria Artificiale)*
- *(tratto da pk 4+867 a pk 11+199 circa, in galleria Naturale)*
- *(tratto da pk 11+199 a pk 11+220 in galleria Artificiale).*

La realizzazione della Galleria Naturale Cogollo è prevista mediante sistema di scavo in meccanizzato (TBM).

Le coperture per la Galleria Cogollo sono comprese tra un minimo di 4÷5m circa nelle zone di imbocco, ad un massimo di 1000m nel tratto centrale.

Come evidenziato nella cartografia geologica e nei profili, il tratto della Galleria Cogollo da imbocco Sud è ubicato all'interno di rilevanti spessori di coltri detritiche, (Alluvioni/Detriti di versante), in considerazione dei quali si sono previste opere di imbocco caratterizzate da pali di grande diametro.

Anche il primo tratto di galleria naturale, fino a pk 5+600 circa, è previsto all'interno di coltri detritiche/alluvionali, in corrispondenza delle quali alcuni piezometri, segnalano la presenza di livelli di falda superiori rispetto alla quota calotta della galleria.

Sulla base delle indicazioni desumibili dalle indagini geognostiche indirette condotte nell'area, (tomografia sismica), vi è la probabilità che l'intercettazione del substrato roccioso in galleria possa avvenire prima della pk 5+600 sopra indicata, ma già alla pk 5+250 circa.

Oltre la pk 5+600 circa lo scavo è intestato all'interno del substrato roccioso, inizialmente caratterizzato, (in base alle indicazioni emerse dai sondaggi), dalla Formazione delle Vulcaniti) e successivamente dalla Dolomia Principale. La zona di contatto tra Vulcaniti e Dolomia Principale, prevista nel profilo geologico intorno alla pk 7+750 circa, è stata ipotizzata tenendo conto delle giaciture degli strati rilevate nell'area, delle risultanze dei sondaggi che hanno intercettato le Vulcaniti, (S7bis e S8) nonché degli spessori medi indicati in letteratura per la Dolomia Principale. Si segnala tuttavia che, sulla base dei dati disponibili, non è possibile escludere che tale contatto possa essere ubicato a quote leggermente più alte o, soprattutto, più basse rispetto a quanto indicato e conseguentemente, tenendo conto della giacitura poco inclinata del contatto stesso, la progressiva di intercettazione in galleria del contatto Dolomia/Vulcaniti potrebbe subire variazioni anche notevoli.

Considerando il relativamente maggiore grado di permeabilità previsto per la Dolomia Principale, nei confronti delle sottostanti Vulcaniti (che potrebbero costituire, in tal senso, un "acquicludo") è possibile che nella zona di contatto tra Dolomia e Vulcaniti si verificano venute d'acqua in galleria. Come indicato nei profili geologici e geomeccanici, nel corso dello scavo della Galleria Cogollo è prevista l'intercettazione di faglie o zone di fratturazione, circa alle pk (5+900, 7+200, 7+500, 7+750, 8+500-8+600, 9+100, 9+600, 10+200, 10+400, 11+180).

Per tali zone di faglia/fratturazione sono state analizzate le condizioni di rischio, sia dal punto di vista geomeccanico, sia dal punto di vista idrogeologico, classificate tenendo conto della rilevanza della faglia intercettata ("principale" o "secondaria").

Si segnalano in particolare, tra quelle sopra citate, le faglie a pk 8+500÷8+600 e 11+180 circa, classificate come faglie principali.

Per quanto riguarda le analisi dei fattori di rischio geomeccanico e idrogeologico ed alla gestione degli stessi, legate alle zone di faglia si rimanda alle rispettive Relazioni ed ai relativi elaborati grafici.

Come indicato nella carta geologica e nei profili geomeccanici di progetto, la presenza di un sistema di faglie con direzione sub-parallela al tracciato della Galleria Cogollo (faglie trascorrenti orientate circa NO-SE appartenenti al sistema scledense), potrebbe far sì che il maggior grado di

fratturazione/alterazione degli ammassi, generalmente correlato alla vicinanza con le zone di faglia, possa interessare il tracciato delle opere in sotterraneo anche per tratti superiori rispetto alle progressive sopra indicate.

Un ulteriore fattore di rischio da tenere in considerazione per la Galleria Cogollo è legato alle condizioni di copertura, come di seguito descritto:

- Un lungo tratto iniziale, compreso tra l'imbocco lato Sud, (pk 4+867) e la pk 5+250 è interessato, oltre che dalla presenza di materiale detritico, da coperture ridotte, comprese tra 5m e 50m, con la presenza di edifici in superficie. Fino alla pk 5+500 circa le coperture salgono gradualmente rimanendo comunque inferiori a 100m, per poi salire rapidamente quando la galleria si intesta all'interno dell'ammasso roccioso.
- Nel tratto interno, compreso tra le pk 6+400 e pk 8+700 circa, caratterizzato per contro da coperture medio-elevate, comprese tra 600m e 1000m è segnalato un rischio legato a possibili fenomeni di "spalling".

In considerazione della presenza di una zona di faglia nel tratto prossimo all'imbocco Nord della Galleria Cogollo e di una lieve copertura detritica si è prevista, per tale zona di imbocco, una paratia berlinese.

Per questo settore la ricostruzione del modello geologico è stata eseguita sulla base dei rilievi in sito e delle indagini. Le informazioni ottenute sono congruenti tra loro ed hanno consentito una ricostruzione del sottosuolo sufficientemente accurata. Le locali incertezze sui contatti tra le vulcaniti ed il detrito di versante non influenza le modalità di scavo previste per la tratta in esame (meccanizzato) ed in particolare non influenza le caratteristiche della TBM prescelta.

Anche le incertezze sulla circolazione idrica in sotterraneo non influenzano le fasi di scavo, in quanto nella zona di imbocco il livello di falda rimane al di sotto del piano stradale.

Infine i possibili effetti indotti dallo scavo saranno tenuti sotto controllo mediante la fase di monitoraggio ed i documenti di progetto sono stati integrati con una analisi del bacino di subsidenza e la valutazione del pericolo di danno agli edifici all'interno della fascia di possibile "risentimento" delle operazioni di scavo per effetto del "volume perso" (cfr. "Relazione tecnica e di calcolo – Galleria Cogollo", elaborato J16L1-070204001-0101-OPD-01).

9.2.3 TRATTO DA PK 11+220 A 11+351

Il tracciato esce brevemente all'aperto con il viadotto Assa, interposto fra le gallerie Cogollo e Pedescala. In quest'ambito ed in asse autostrada il substrato risulta generalmente non affiorante

(mentre è visibile a quote superiori) ricoperto da coltri detritiche più diffuse ed estese in destra piuttosto che sinistra idrografica, che traggono origine dalle parti rocciose circostanti.

Per il viadotto la soluzione scelta per le fondazioni va a ricercare l'appoggio diretto nel substrato roccioso, posto a modesta profondità, mediante plinto su terreno consolidato con micropali per le spalle, ed un pozzo scavati con l'ausilio di coronelle perimetrali in micropali per la pila intermedia.

9.2.4 TRATTO DA PK 11+351 A 13+114 (GALLERIA PEDESCALA)

Da pk 11+351 a pk 13+114 circa è prevista la Galleria Pedescala.

- *(tratto da pk 11+351 a pk 11+376 ca. in galleria Artificiale)*
- *(tratto da pk 11+376 a pk 13+098 circa, in galleria Naturale)*
- *(tratto da pk 13+098 a pk 13+114 in galleria Artificiale).*

La realizzazione della Galleria Naturale Pedescala è prevista mediante sistema di scavo in tradizionale.

Le coperture per la Galleria Pedescala sono comprese tra un minimo di 4÷5m circa nelle zone di imbocco, ad un massimo di 370m nel tratto centrale.

In corrispondenza della zona di imbocco Sud della Galleria Pedescala i rilievi in sito, i sondaggi e le indagini sismiche hanno individuato la presenza di una coltre detritica che, secondo le ricostruzioni eseguite, andrebbe ad interessare anche i primi tratti in galleria Naturale.

Per far fronte a tale criticità il progetto prevede, a protezione delle attività di imbocco, una paratia tipo berlinese in micropali e per i primi tratti in galleria naturale l'adozione di sezioni tipo C e B2V, caratterizzate da interventi di preconsolidamento al fronte ed al contorno.

La restante parte della Galleria Pedescala è prevista all'interno della Dolomia Principale, compreso l'imbocco lato Nord, per il quale è previsto un imbocco ad attacco diretto e l'attacco mediante una sezione tipo B0V.

Una importante criticità della Galleria Pedescala, sia dal punto di vista geomeccanico sia idrogeologico, è ascrivibile alla presenza di un sistema di faglie "principali" sub parallele alla galleria, (faglie trascorrenti orientate circa NO-SE appartenenti al sistema scledense), che interseca la stessa per lunghe porzioni del tratto centrale, come indicato nei profili geomeccanici (vedi ad es. tratti in canna Nord compresi tra le pk 11+900 e pk 12+150 e tra le pk 12+300 e pk 12+700 circa).

Come indicato nella carta geologica e nei profili geomeccanici di progetto, la presenza di un sistema di faglie con direzione sub-parallela al tracciato della Galleria Cogollo (faglie trascorrenti orientate circa NO-SE appartenenti al sistema scledense), potrebbe far sì che il maggior grado di fratturazione/alterazione degli ammassi, generalmente correlato alla vicinanza con le zone di faglia, possa interessare il tracciato delle opere in sotterraneo anche per tratti superiori rispetto alle progressive sopra indicate.

Altre faglie, classificate come "secondarie" intersecano il tracciato intorno alle pk 11+700 e pk 12+850 circa.

All'intorno della pk 12+250 in superficie è presente una importante grotta ("Buso delle Banchette"). Pur non avendo nessuna certezza del suo rinvenimento a quota galleria, è stato comunque previsto nel profilo geomeccanico di riferimento, uno scenario di rischio elevato nella tratta sottesa.

Un ulteriore aspetto emerso dall'analisi dei fattori di rischio è correlabile al sottoattraversamento della strada S.P. del Piovan in condizioni di ridotta copertura (20-25m circa) in prossimità della zona di imbocco Sud, ove sono presenti coltri detritiche che interessano la sagoma di scavo.

9.2.5 TRATTO DA PK 13+114 A 13+705 CIRCA

Fra le pk 13+114 e pk 13+705 circa, quindi fra le gallerie Pedescala e S Pietro, viene scavalcato per la seconda volta il torrente Astico. L'attraversamento, risolto con il viadotto Settecà, interessa depositi alluvionali indagati con sondaggi eseguiti in diverse fasi che non riscontrano il substrato roccioso sino alle massime profondità indagate (50 m). In questo caso la presenza di falda a modesta profondità (< 4 m da p.c.) di condizioni di elevata permeabilità ($k = 10^{-3}$ m/s) e di pozzi utilizzati a scopo idropotabile posti a monte e valle dell'attraversamento, impone condizioni di vulnerabilità idrogeologica (per maggiori dettagli si rimanda alla relazione idrogeologica) che hanno condizionato la scelta della soluzione in fondazione. Nel caso in argomento sono state previste fondazioni su micropali.

9.2.6 TRATTO DA PK 13+705 A 17+170 CIRCA (GALLERIA SAN PIETRO)

Da pk 13+705 a pk 17+170 circa è prevista la Galleria San Pietro (pk riferite alla canna Nord).

- *(tratto da pk 13+705 a pk 13+725 ca. in galleria Artificiale)*
- *(tratto da pk 13+725 a pk 17+100 circa, in galleria Naturale)*
- *(tratto da pk 17+100 a pk 17+170 in galleria Artificiale).*

La realizzazione della Galleria Naturale S. Pietro è prevista mediante sistema di scavo in tradizionale.

Le coperture per la Galleria S. Pietro sono comprese tra un minimo di 4÷5m circa nelle zone di imbocco, ad un massimo di 350m nel tratto centrale.

Rispetto al Progetto Preliminare, il tracciato della galleria è stato variato nel settore centrale: a partire dalla PK 14+400 il tracciato è stato spostato verso valle di circa 140 metri.

Il tracciato è stato ridefinito per un'ottimizzazione plano-altimetrica finalizzata alla prosecuzione del 2° lotto funzionale della tratta autostradale verso Trento.

In corrispondenza della zona di imbocco Sud della Galleria S. Pietro i rilievi in sito, i sondaggi e le indagini sismiche hanno individuato la presenza di rilevanti spessori di coltre detritica che, in base alle ricostruzioni geologico-stratigrafiche eseguite, interessano anche una prima tratta iniziale della galleria naturale fino alla PK 13+500 circa, per poi intestarsi all'interno del substrato roccioso, ascrivibile alla Formazione della Dolomia Principale fino alla PK 15+000 circa.

In corrispondenza della PK 15+000 è prevista l'intercettazione della faglia "principale" della "Valpegara", con direzione perpendicolare al tracciato (E – W di tipo Val Suganese).

Altre faglie, di importanza minore, sono previste intorno alle PK 14+500, 15+200, 16+200, 16+500 circa, sempre con direzione perpendicolare al tracciato.

Per la tratta da pk 15+000 a pk 16+000 circa, come indicato nei profili geomeccanici, si segnala la prevalente presenza di un ammasso da molto fratturato a cataclasato, individuato dalle indagini sismiche (TSD10bis e ter) e dal sondaggio S14D. Considerato il particolare contesto evidenziato dalle indagini sopra citate, si ritiene opportuno descrivere di seguito le risultanze delle indagini stesse e le modalità con cui esse sono state interpretate al fine di pervenire alla ricostruzione dei profili geologici e geomeccanici di Progetto.

Caratterizzazione geologica della tratta compresa tra le pk 15+000 e le pk 16+000 ca. della Galleria San Pietro

Sondaggio S14D.

All'incirca in corrispondenza della PK 15+000, è stato eseguito il sondaggio S14D di lunghezza pari a 160m allo scopo di raggiungere e superare la quota galleria. Il sondaggio è stato realizzato all'interno del setto tra le due canne, in prossimità della faglia della Valpegara e di una diffusa presenza, evidenziata dal rilievo di superficie, di depositi di detrito di versante (cfr. figura 9.1).

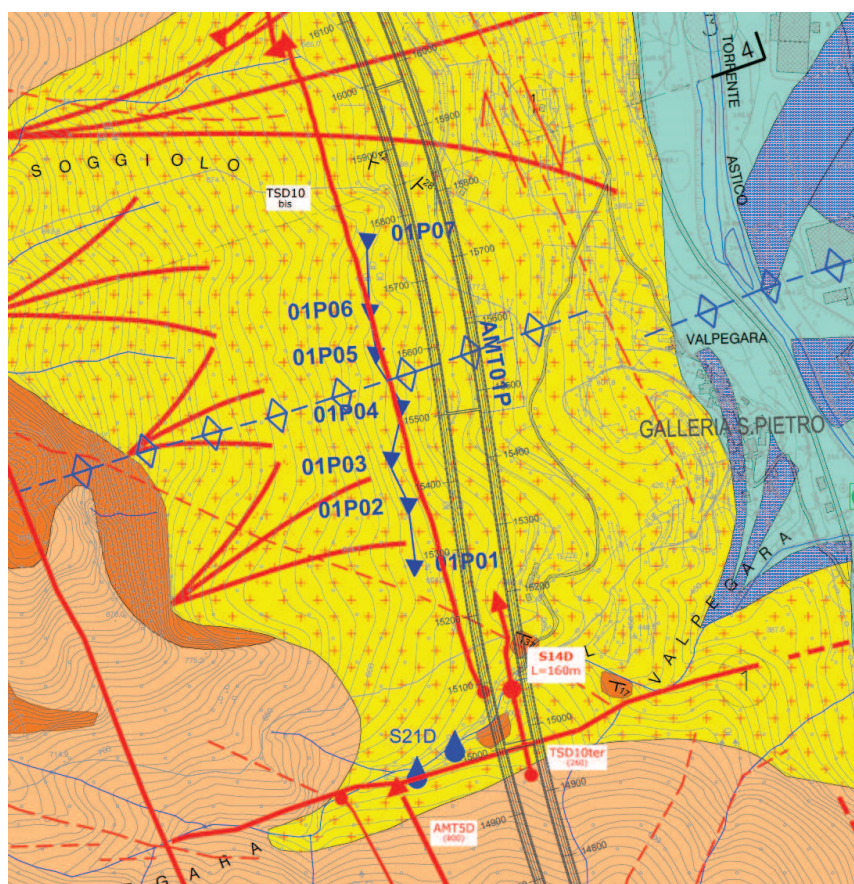


Figura 9.1 Ubicazione Sondaggio S14D e indagini sismiche integrative TSD10bis e TSD10ter

Il sondaggio, eseguito a carotaggio continuo, ha evidenziato nel complesso un ammasso roccioso a litologia dolomitica prevalente, ma intensamente disgregato; in particolare il sondaggio mostra caratteristiche peggiori nella parte più superficiale e caratteristiche migliori a profondità elevata, in corrispondenza del cavo della galleria.

Dall'analisi della documentazione disponibile (stratigrafia in figura 9.2 e foto cassette in figura 9.3) si ricavano le seguenti informazioni:

Descrizione da stratigrafia disponibile:

- da 0,0 a 2,30m: *Ghiaia e ciottoli calcarei spigolosi in matrice sabbiosa, frammisti a terreno vegetale*
- da 2,30m a 70,5m: *Roccia calcarea poco cementata e disgregata in ghiaia e sabbia. (Cataclasite?)*
- da 70.5 m a 160m: *Roccia calcarea (Dolomia) micro-fratturata molto fragile durante le operazioni di estrusione. Aumento graduale del grado di compattezza a partire da 130 m da p.c.*

Dalle informazioni riportate nella colonna stratigrafica si evince che il foro del sondaggio è stato rivestito fino a 30m. Mentre dai 30m ai 160m non è risultato necessario adottare il rivestimento del foro.

Dalle informazioni comunicateci dall'Impresa esecutrice del sondaggio, a causa delle condizioni di fratturazione dell'ammasso, nel tratto più superficiale del sondaggio non è risultato possibile utilizzare il carotiere doppio nel corso delle operazioni di carotaggio. Il sondaggio è stato pertanto realizzato con l'utilizzo del carotiere semplice fino a 70.5m dal piano campagna e, con il carotiere doppio da 70.5m a 160m dal piano campagna.

Dall'analisi delle carote estratte, (vedi documentazione fotografica in figura 9.3) si osserva che:

- Il materiale risulta completamente disgregato in tutto il tratto esattamente coincidente con l'utilizzo del carotiere semplice, da 0 a 70.5m, (a testimoniare il fatto che l'utilizzo del carotiere semplice nei primi 70.5m ha arrecato un importante disturbo alle operazioni di carotaggio e verosimilmente ha contribuito a incrementare le condizioni di disgregazione dell'ammasso, comunque in parte già presenti). Si distingue inoltre un primo tratto, da 0 a 25m circa, in cui le carote presentano un colore giallo brunastro, ad indicare evidenze di alterazione, ed un aspetto meno litoide del materiale carotato, rispetto a quanto riscontrabile nel tratto da 25m a 70m circa. In tutti i 70m i clasti si presentano con spigoli vivi, non arrotondati.
- Da 70.5m a 150m circa si rileva un progressivo miglioramento con la profondità, registrando comunque un grado di fratturazione molto elevato dell'ammasso roccioso, che si presenta a litologia dolomitica, con giunti a superficie scabra, poco o moderatamente alterati.
- Da 150 a 160m circa, si osserva un miglioramento delle condizioni di fratturazione e di alterazione dell'ammasso roccioso, confermando sempre la presenza della litologia dolomitica.

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



Committente: Consorzio Raetia	Sondaggio: S14D
Riferimento: A31 Valdastico Nord - Progetto definitivo	Data: 14/02-29/03/2017
Coordinate: 1682595.37 m E; 5082932.60 N	Quota: 497.03 mslm
Perforazione: A carotaggio continuo - Sig. G. Veronese	



Installato piezometro a tubo aperto diam. 2" alla profondità di 160.00 m da p.c.
 Alla posa del piezometro rilevata presenza di acqua a circa 71.00 metri da p.c.
 In perforazione rilevata presenza di acqua a circa 6.0 metri da p.c.
 Tra 130.00-160.00 eseguite n. 4 prove lugeon e 5 prove dilatometriche
 A fine sondaggio rilevata la verticalità del foro, eseguita videoispezione e log termico.

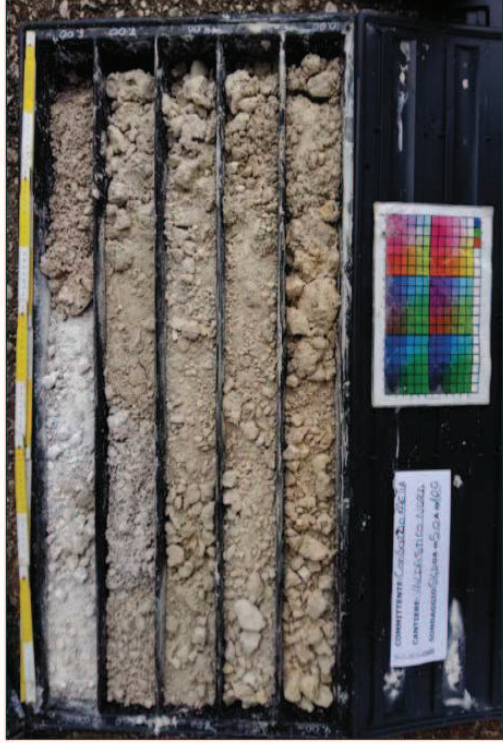
MR 7.5-03B

Figura 9.2

Pagina 1	Fotografie - Pagina 1/8	Committente: Consorzio Raetia	Sondaggio: S14D
		Riferimento: A31 Valdastico Nord - Progetto definitivo	Data: 14/02-29/03/2017



Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00



Cassetta n° 3 - profondità da m 10,00 a m 15,00



Cassetta n° 4 - profondità da m 15,00 a m 20,00

Pagina 2	Fotografie - Pagina 2/8	Committente: Consorzio Raetia	Sondaggio: S14D
		Riferimento: A31 Valdastico Nord - Progetto definitivo	Data: 14/02-29/03/2017



Cassetta n° 5 - profondità da m 20,00 a m 25,00



Cassetta n° 6 - profondità da m 25,00 a m 30,00



Cassetta n° 7 - profondità da m 30,00 a m 35,00



Cassetta n° 8 - profondità da m 35,00 a m 40,00

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



Cassetta n° 9 - profondità da m 40,00 a m 45,00



Cassetta n° 10 - profondità da m 45,00 a m 50,00



Cassetta n° 11 - profondità da m 50,00 a m 55,00



Cassetta n° 12 - profondità da m 55,00 a m 60,00

Pagina 4	Fotografie - Pagina 4/8	Committente: Consorzio Raetia	Sondaggio: S14D
		Riferimento: A31 Valdastico Nord - Progetto definitivo	Data: 14/02-29/03/2017



Cassetta n° 13 - profondità da m 60,00 a m 65,00



Cassetta n° 14 - profondità da m 65,00 a m 70,00



Cassetta n° 15 - profondità da m 70,00 a m 75,00



Cassetta n° 16 - profondità da m 75,00 a m 80,00

Pagina 5	Fotografie - Pagina 5/8	Committente: Consorzio Raetia	Sondaggio: S14D
		Riferimento: A31 Valdastico Nord - Progetto definitivo	Data: 14/02-29/03/2017



Cassetta n° 17 - profondità da m 80,00 a m 85,00



Cassetta n° 18 - profondità da m 85,00 a m 90,00



Cassetta n° 19 - profondità da m 90,00 a m 95,00



Cassetta n° 20 - profondità da m 95,00 a m 100,00

Pagina 6	Fotografie - Pagina 6/8	Committente: Consorzio Raetia	Sondaggio: S14D
		Riferimento: A31 Valdastico Nord - Progetto definitivo	Data: 14/02-29/03/2017



Cassetta n° 21 - profondità da m 100,00 a m 105,00



Cassetta n° 22 - profondità da m 105,00 a m 110,00



Cassetta n° 23 - profondità da m 110,00 a m 115,00



Cassetta n° 24 - profondità da m 115,00 a m 120,00

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

Pagina 7	Fotografie - Pagina 7/8	Committente: Consorzio Raetia	Sondaggio: S14D
		Riferimento: A31 Valdastico Nord - Progetto definitivo	Data: 14/02-29/03/2017



Cassetta n° 25 - profondità da m 120,00 a m 125,00



Cassetta n° 26 - profondità da m 125,00 a m 130,00



Cassetta n° 27 - profondità da m 130,00 a m 135,00



Cassetta n° 28 - profondità da m 135,00 a m 140,00

Pagina 8	Fotografie - Pagina 8/8	Committente: Consorzio Raetia	Sondaggio: S14D
		Riferimento: A31 Valdastico Nord - Progetto definitivo	Data: 14/02-29/03/2017



Figura 9.3 foto carote estratte dal sondaggio

Indagini sismiche TSD10bis e TSD10tris.

Le risultanze del sondaggio hanno evidenziato, durante la fase di progettazione, la necessità di un approfondimento di indagine di tutto il settore compreso tra la posizione del sondaggio S14D e la zona immediatamente a nord dello stesso per circa 1 Km (tra le PK 15+000 e 16+000 circa – vedi figura 9.1).

Dalla analisi della tomografia della sismica a rifrazione, in base all'analisi delle Velocità di propagazione delle onde sismiche V_p , si evince una sostanziale suddivisione in 4 sismostrati (cfr figura 9.4):

- Materiale superficiale, caratterizzato da una $V_p < 1200$ m/s
- Materiale variamente addensato ($1200 < V_p < 3000$ m/s)
- Materiale a vario stato di fratturazione ($3000 < V_p < 4000$ m/s)
- Substrato lapideo ($V_p > 4000$ m/s)

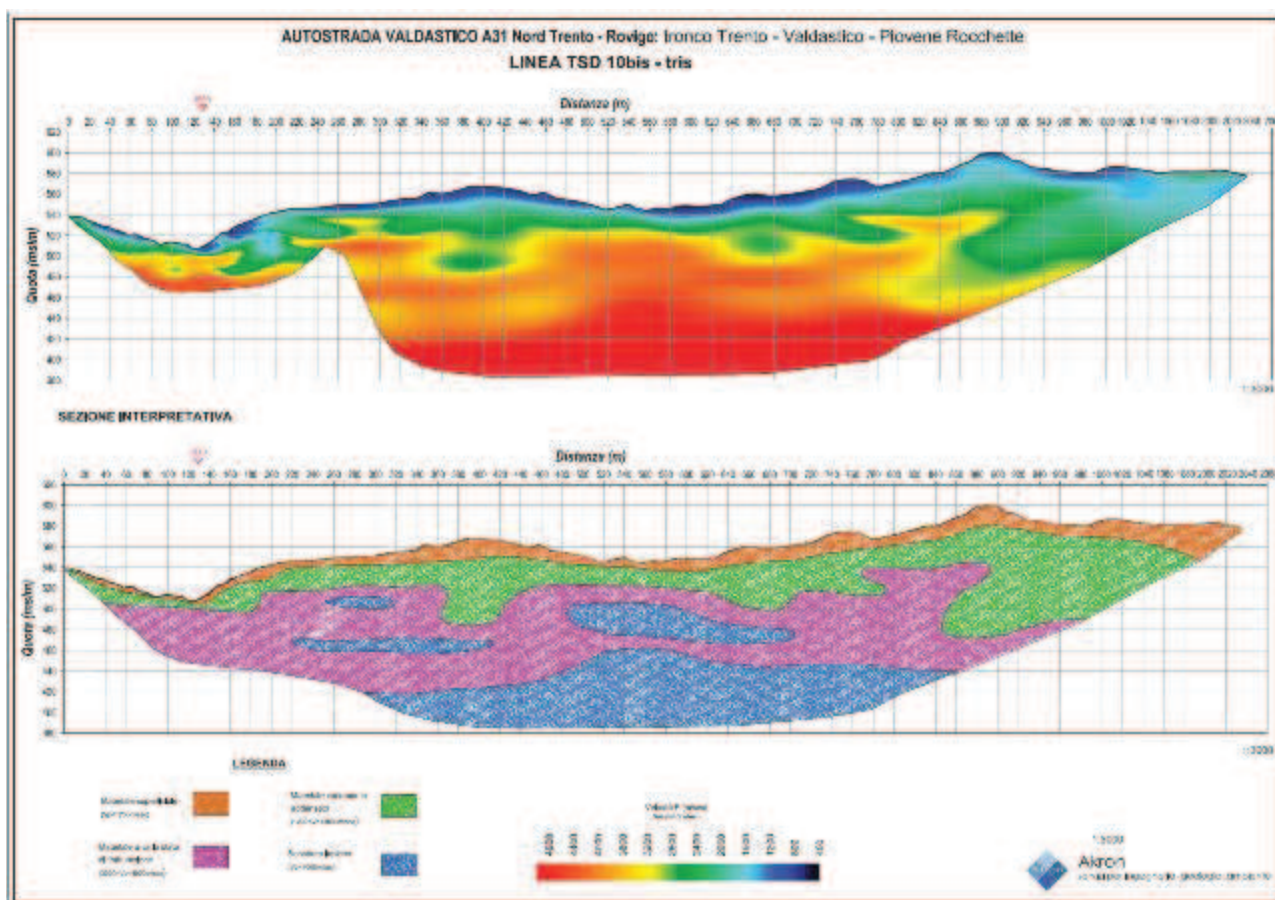
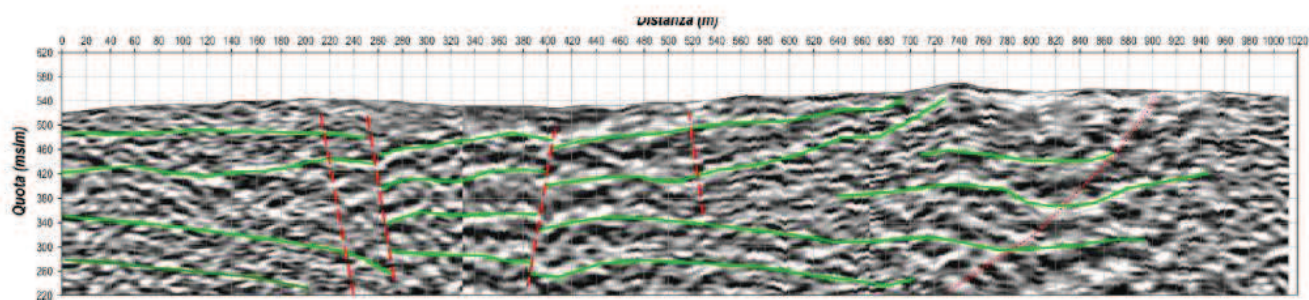
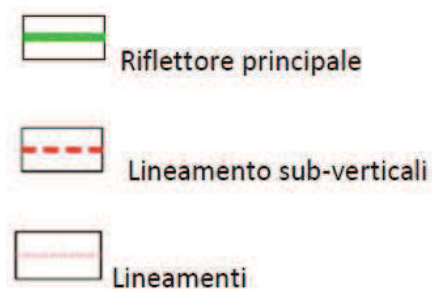


Figura 9.4.1 TSD10bis e TSD10ter

Inoltre, dall'analisi della sismica a riflessione è risultato possibile individuare la presenza di probabili lineamenti tettonici, come indicato in figura 9.4.2.



Linea TSD10bis – sezione interpretativa

Figura 9.4.2 risultanze sismica a riflessione

Interpretazione dei dati disponibili

In sintesi, dalla descrizione del sondaggio S14D sopra illustrata si evince che le operazioni di carotaggio hanno intensamente disturbato le condizioni di ammasso in situ:

- nei tratti più superficiali infatti, fino a 70,5m l'utilizzo del carotiere semplice ha molto probabilmente contribuito ad incrementare il disturbo, comunque in parte già presente, delle condizioni di ammasso, come confermato dalla foto di figura 9.5.a, che evidenzia il cambiamento delle condizioni del materiale recuperato prima e dopo la profondità di 70.5m coincidente con la sostituzione del tipo di carotiere, da semplice a doppio.



Figura 9.5.a

Inoltre, sulla base dei sopralluoghi eseguiti in corso di esecuzione del sondaggio stesso, nei tratti più profondi, a quota galleria, si osservava la carota estratta integra all'interno del carotiere doppio, che, a causa della intensa micro-fratturazione, si disgregava una volta estratta (si veda a titolo di esempio la documentazione fotografica riportata in Figure 9.5.b e 9.5.c registrata nel corso delle manovre di estrazione carote nel tratto compreso tra 130 e 150m ca di profondità).



Figura 9.5.b Ammasso roccioso micro-fratturato ma recuperato integro all'interno del carotiere



Figura 9.5.c Ammasso roccioso micro-fratturato ma recuperato integro all'interno del carotiere

Premesso quanto sopra, l'analisi congiunta dei dati del sondaggio S14D e della tomografia sismica a rifrazione TSD10bis e TSD10ter, delle informazioni desumibili dal rilievo geologico di superficie (illustrato nella carta geologica), ha consentito di individuare e distinguere sostanzialmente le tre tipologie di ammasso di seguito descritte, ciascuna delle quali ritenuta sostanzialmente omogenea per caratteristiche litologiche e geomeccaniche:

1. **Ammasso detritico**: caratterizzato da evidenze di alterazione di colore bruno-marrone, ciottoli eterometrici e ghiaia a spigoli vivi, in matrice limoso sabbiosa. Tale tipologia di ammasso, illustrata nelle foto di figura 9.6 (carote estratte dal sondaggio S14D), risulterebbe correlabile con il materiale che, nelle indagini sismiche, è caratterizzato da velocità di propagazione delle onde $V_p < 3000$ m/s; (colori azzurro e verde nella tomografia). Nella tomografia sismica lo spessore stimato per tale tipologia di ammasso, nella zona del sondaggio S14D è pari a circa 20-25m, corrispondente al tratto ove si riscontrano materiali disgregati con maggiori evidenze di alterazione nelle carote (figura 9.6) e ove l'indagine sismica TSD10ter evidenzia valori di $V_p \leq 3000 \div 3200$ m/s circa (fig. 9.7)



Figura 9.6 Foto rappresentative dell'ammasso detritico o materiale cataclasato

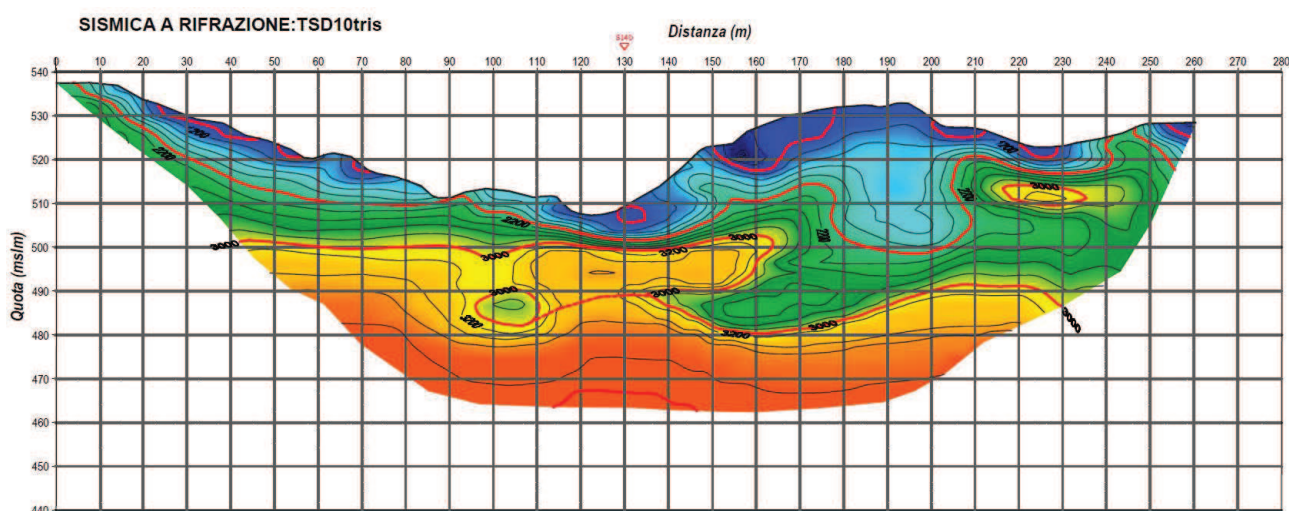


Figura 9.7 Tomografia sismica TSD10ter eseguita a cavallo del sondaggio S14D

Come si evince dalla tomografia della indagine sismica TSD10bis (vedi successiva figura 9.10) si osserva un significativo incremento di spessore per tale tipologia di ammasso, in corrispondenza della pk 15+850 circa ove le V_p con valori <3000 m/s arrivano ad interessare la quota galleria. Le caratteristiche scadenti dell'ammasso in tale tratto potrebbero essere attribuibili ad un approfondimento della coltre detritica o alla presenza di ammasso cataclasato, correlato al lineamento tettonico individuato dalle risultanze della sismica a riflessione (cfr. figura 9.4.2 e profili geologici di cui un estratto in fig. 9.15).

2. **Ammasso con grado di fratturazione molto elevato, a tratti cataclasato:** rientrano in tale categoria i materiali che, in base al sondaggio S14D, sono risultati con grado di fratturazione molto elevato, con RQD nelle cassette sostanzialmente nullo (si deve tener conto però del disturbo indotto dal carotiere per cui verosimilmente, per l'ammasso roccioso in posto, è lecito attendersi caratteristiche di RQD migliori); tale

tipologia di ammasso, illustrata nelle foto di figura 9.8 e figura 9.9 risulta correlabile con il materiale che, nelle indagini sismiche, è caratterizzato da valori di propagazione delle onde sismiche con velocità $3000 \text{ m/s} < V_p < 4000 \text{ m/s}$ (colore giallo - arancio nella tomografia).



Figura 9.8 Cassette estratte nel tratto di profondità comprese tra 116 e 120m



Figura 9.9 Cassette estratte nel tratto di profondità comprese tra 135 e 140m

Come si evince dalla tomografia sismica lo spessore stimato per tale tipologia di ammasso è variabile lungo la stesa sismica. In particolare si osserva una riduzione di spessore con

risalita del substrato lapideo meno fratturato ($V_p > 4000$ m/s – vedi tipologia di ammasso descritta al successivo punto 3), nel tratto centrale ed invece una lieve tendenza a progressivo incremento di spessore, con contestuale abbassamento della quota di passaggio con il substrato lapideo meno fratturato procedendo verso Sud, verso la faglia della Valpegara. Proseguendo, la lieve tendenza sopra descritta, anche nel tratto verso il sondaggio S14D (ove non sono più disponibili, almeno in profondità, le informazioni desumibili dalla TSD10bis), la quota del contatto con il substrato lapideo meno fratturato si correla con la profondità di 150m circa, individuata dal sondaggio S14D per tale zona di passaggio (vedi figura 9.10 e 9.11).

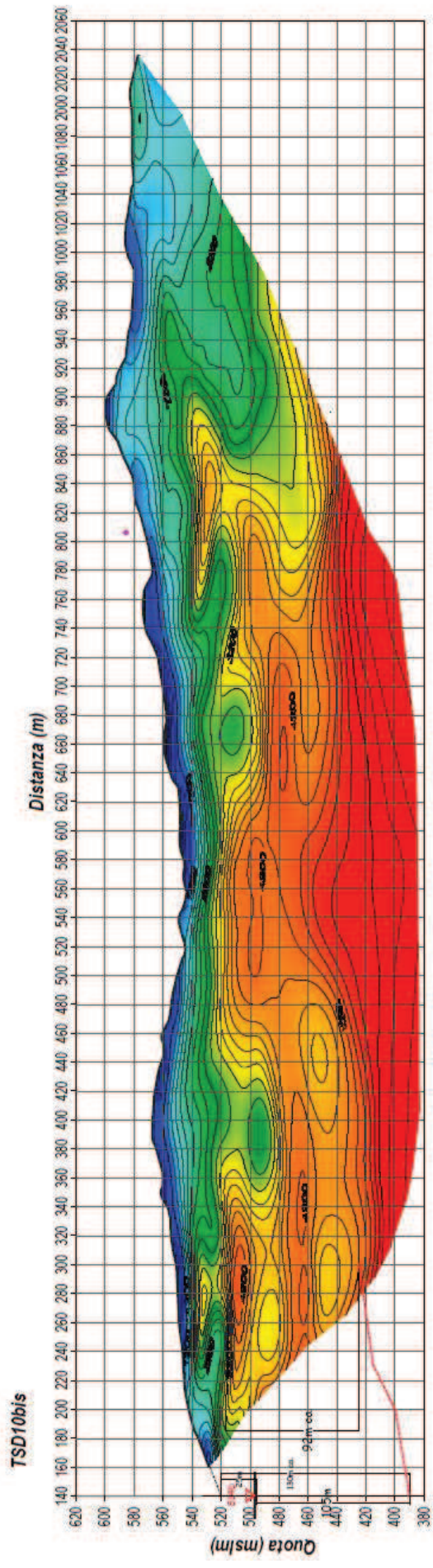


Figura 9.10

3. **Substrato lapideo con grado di fratturazione da medio a medio-elevato:** rientrano in tale categoria i materiali che, in base al sondaggio S14D, sono risultati (tenendo in conto il disturbo indotto dal carotiere) meno tettonizzati, con grado di fratturazione da medio a medio-elevato. Tale tipologia di ammasso, illustrata nelle foto di figg. 9.11 e 9.12, risulta correlabile con il materiale che, nelle indagini sismiche, è caratterizzato da valori di propagazione delle onde sismiche con Velocità $V_p > 4000$ m/s (colore rosso nella tomografia).



Figura 9.11 Cassette estratte nel tratto di profondità comprese tra 150 e 155m



Figura 9.12 Cassette estratte nel tratto di profondità comprese tra 155 e 160m

In particolare, il sondaggio S14D avrebbe interessato il materiale ascrivibile al sismostrato con $V_p > 4000$), solo nella parte alta dello stesso, dalla profondità di 150m fino alla profondità di 160m di fine sondaggio. Dall’analisi della tomografia sismica è probabile che le condizioni geomeccaniche dell’ammasso roccioso migliorino ulteriormente con la profondità, come evidenziato da un progressivo incremento dei valori di V_p nella TSD10bis (vedi figura 9.10).

Le indagini sismiche sono state eseguite in asse al vecchio tracciato (cfr stralcio planimetrico in fig. 9.1); la definizione del nuovo tracciato è avvenuta mentre le indagini erano già in corso. Per tale motivo, per una corretta interpretazione dei dati, al fine di correlare gli spessori dei vari sismostrati individuati dalle indagini sismiche con gli spessori dei materiali da attendersi in asse al nuovo tracciato delle gallerie, è risultato necessario traslare le informazioni desunte dalla indagine sismica sovrapponendole al profilo topografico del nuovo tracciato (vedi confronto tra profilo

topografico in asse all'indagine sismica e profilo topografico in asse al nuovo tracciato, in figura 9.13).

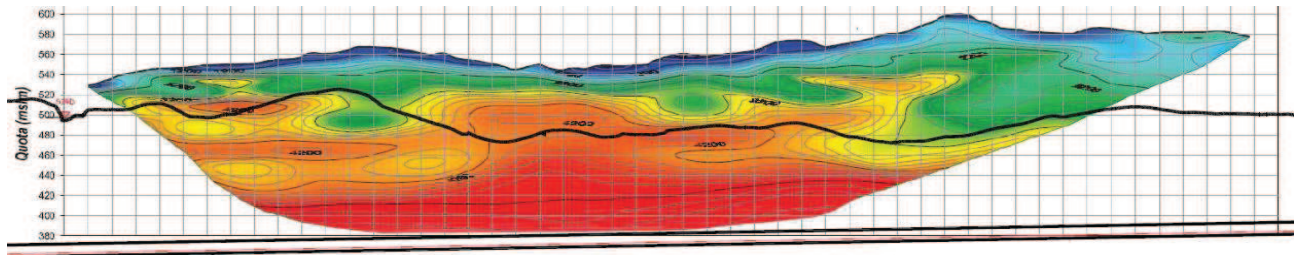


Figura 9.13 - TSD10bis in quota assoluta con tracciato aggiornato e relativo piano campagna
Sovrapponendo l'indagine sismica al nuovo tracciato e tenendo presente la suddivisione nelle tre tipologie di ammasso sopra descritte, si è pervenuti alla stesura dei profili geologici, illustrati negli specifici elaborati grafici; per comodità di lettura si riportano di seguito le figure scaturite dalla traslazione dell'indagine sul nuovo tracciato, canna nord e sud (fig. 9.14); per la visione di dettaglio dei profili geologici si rimanda comunque agli specifici elaborati di progetto, di cui si riporta uno stralcio in figura 9.15.

Nella Relazione geomeccanica verranno individuati i parametri geomeccanici rappresentativi delle tipologie di ammasso presenti a quota galleria.

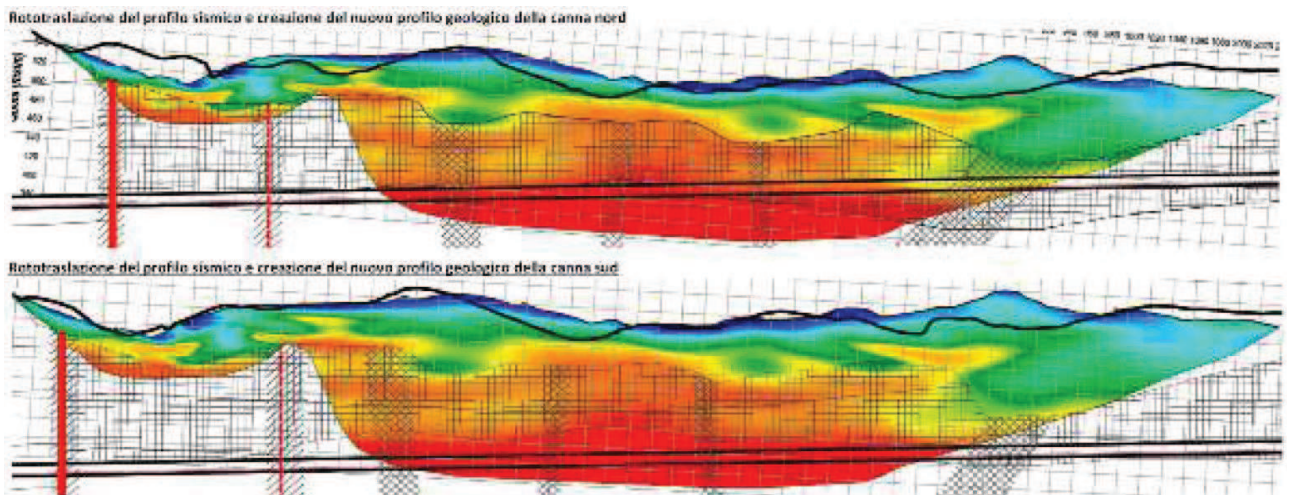


Figura 9.14 Rototraslazione del profilo sismico e creazione del nuovo profilo geologico della canna nord e sud

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

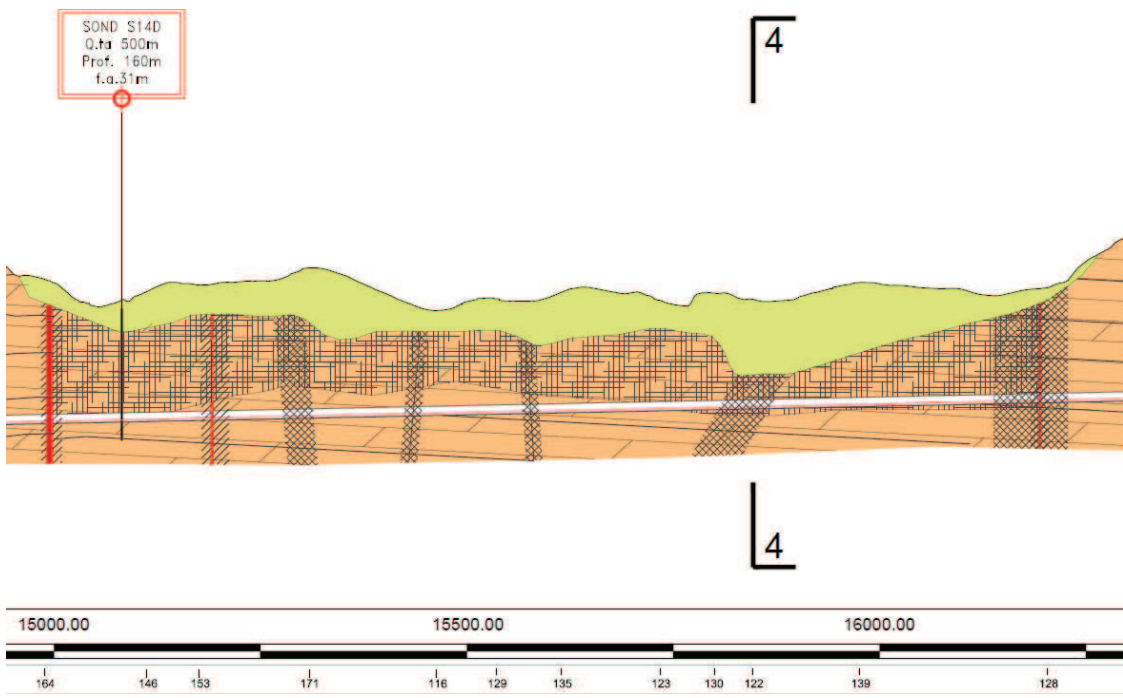
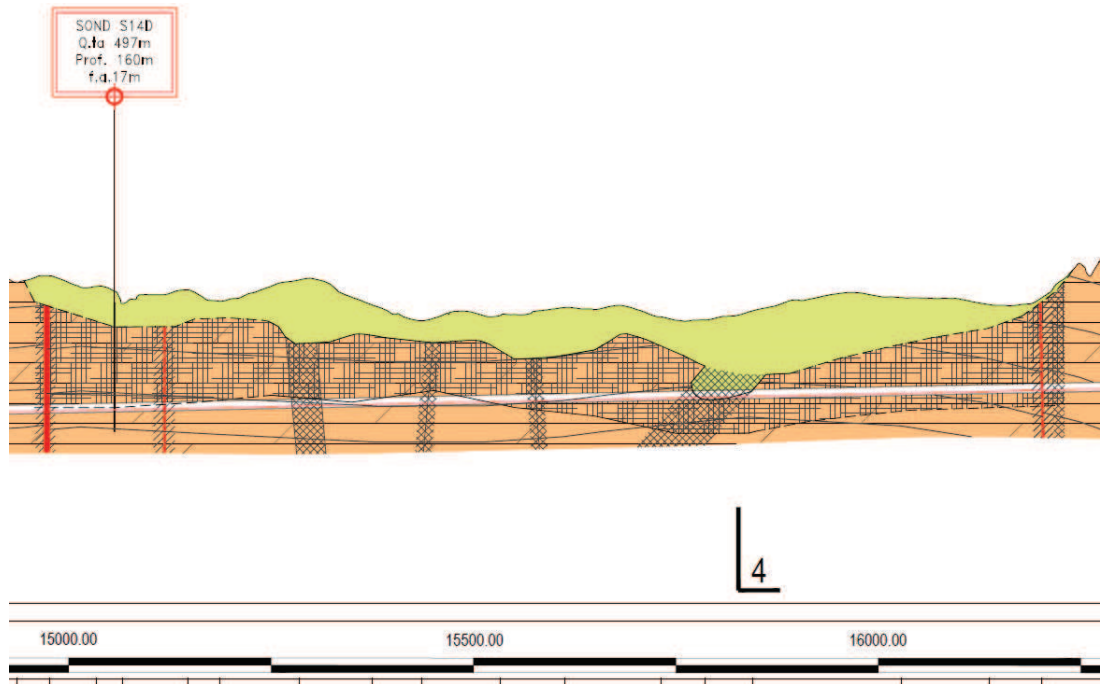


Figura 9.15 Stralcio dei profili geologici di progetto della canna nord (sopra) e sud (sotto)

Un'ulteriore elemento di criticità si rileva in corrispondenza della zona di Imbocco Nord della Galleria in argomento. Infatti dalla pk 16+750 circa fino all'imbocco Nord (compreso il tratto in galleria Artificiale), l'opera interferisce con gli imponenti accumuli detritici della frana della Marogna, le cui caratteristiche generali sono state ampiamente descritte nel paragrafo 7.2 relativo alla geomorfologia dei tratti all'aperto.

La ricostruzione della zona di contatto tra substrato roccioso e accumulo detritico ascrivibile alla paleofrana della Marogna, è avvenuta nel modo di seguito descritto.

Ricostruzione della zona di contatto tra substrato roccioso e accumulo detritico ascrivibile alla paleofrana della Marogna

Tale ricostruzione è avvenuta mediante analisi delle indagini sismiche eseguite nell'area, del sondaggio S15D e dei dati desumibili dal rilievo geologico-geomorfologico di superficie. In particolare, come si deduce dallo stralcio planimetrico della carta geologica (figura 9.16), le indagini di riferimento sono:

- la indagine sismica TSD11*, eseguita nella fase di progettazione definitiva
- le indagini sismiche TR07a e TR07b relative al progetto preliminare del 2001.

AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

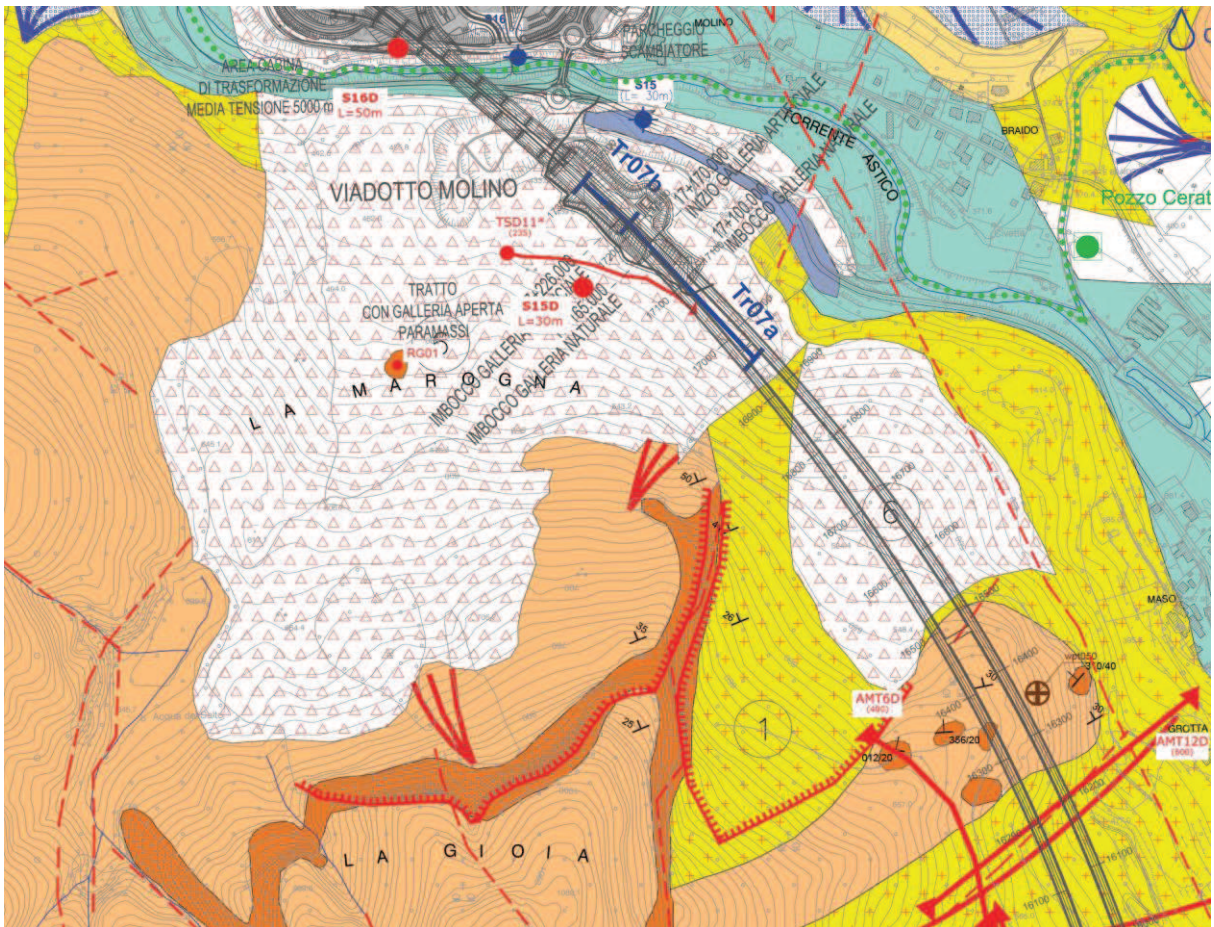


Figura 9.16

Analogamente alle assunzioni, (confermate dai sondaggi utilizzati per la calibratura delle indagini sismiche), già adottate in altri tratti limitrofi della galleria San Pietro stessa e anche per le gallerie Cogollo e Pedescala, si è considerato come ascrivibile al detrito il sismostrato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde sismiche $V_p < 3000$ m/s; il sondaggio S15D, che ha attraversato materiale detritico per tutta la sua lunghezza di 30m, conferma le assunzioni di cui sopra.

Valori di $V_p > 4000$ sono stati attribuiti al substrato roccioso da poco a mediamente fratturato, mentre i tratti con V_p comprese tra 3000 e 4000 m/s sono attribuiti al substrato roccioso fratturato (zona di transizione).

Sovrapponendo le indagini sismiche TR07a e b (che sono state eseguite in asse galleria, nel setto compreso tra canna nord e canna sud), alle gallerie, come illustrato in figura 9.17 e 9.18, è stato possibile ricostruire l'andamento del contatto detrito/roccia nella zona

direttamente interessata dalle indagini. A favore di sicurezza in tale ricostruzione si è adottata, come linea di separazione tra detrito e substrato roccioso, il sismostrato caratterizzato da $V_p = 3200$ m/s, anziché 3000 m/s come di consueto.

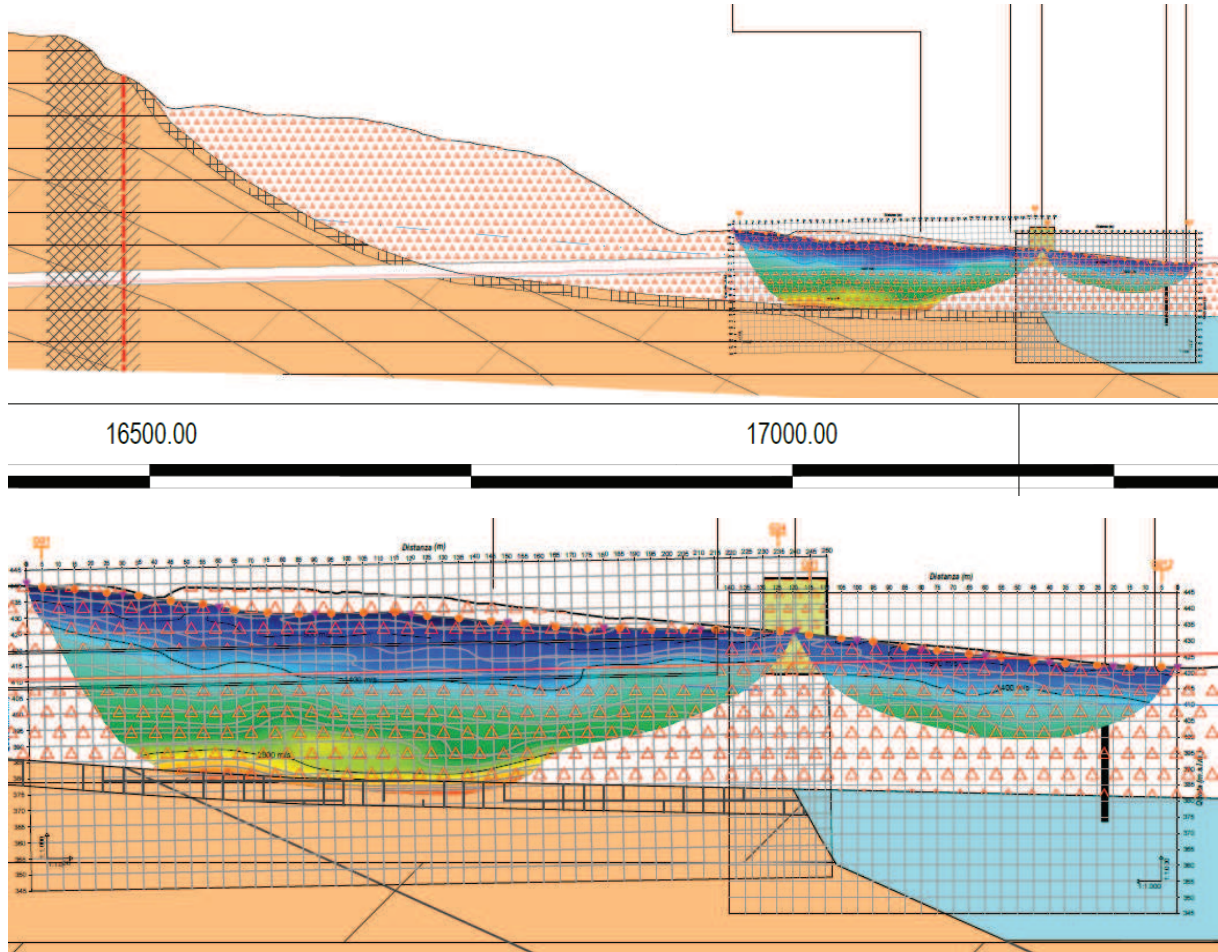
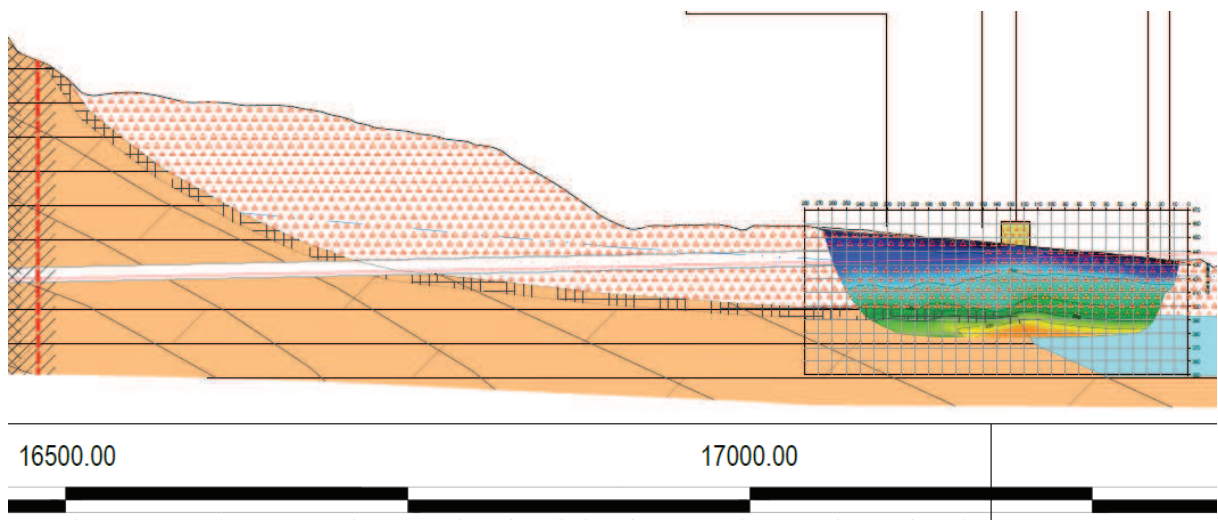


Figura 9.17a (Ricostruzione del contatto detrito roccia in canna Nord) – da sismiche TR07a e TR07b



AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD
1° LOTTO - PIOVENE ROCCHETTE – VALLE DELL'ASTICO

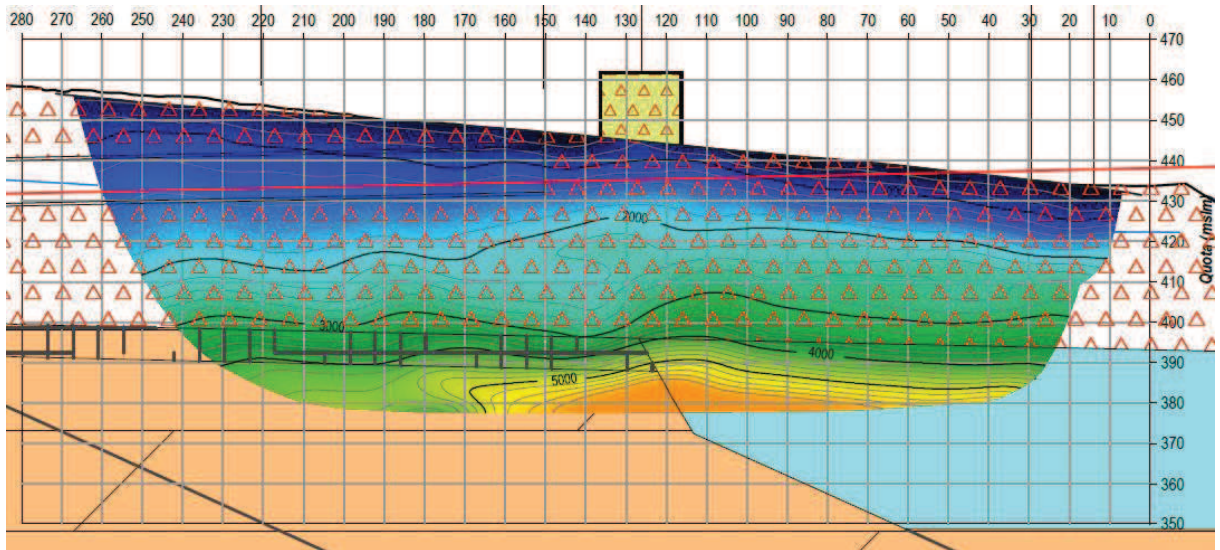


Figura 9.17b (Ricostruzione del contatto detrito roccia in canna Nord) – da sismica TSD11*

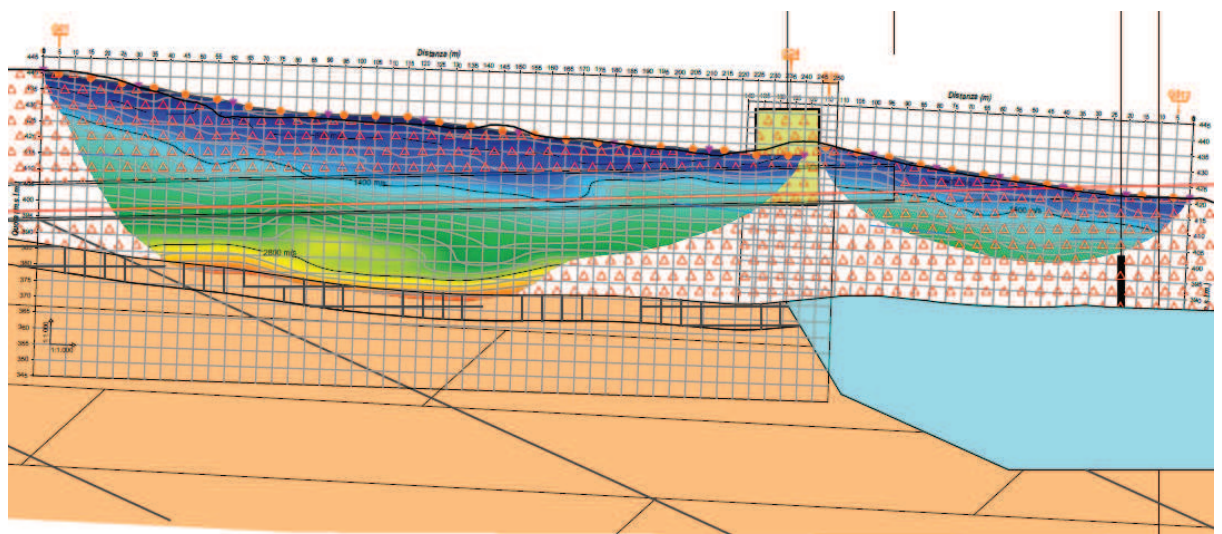
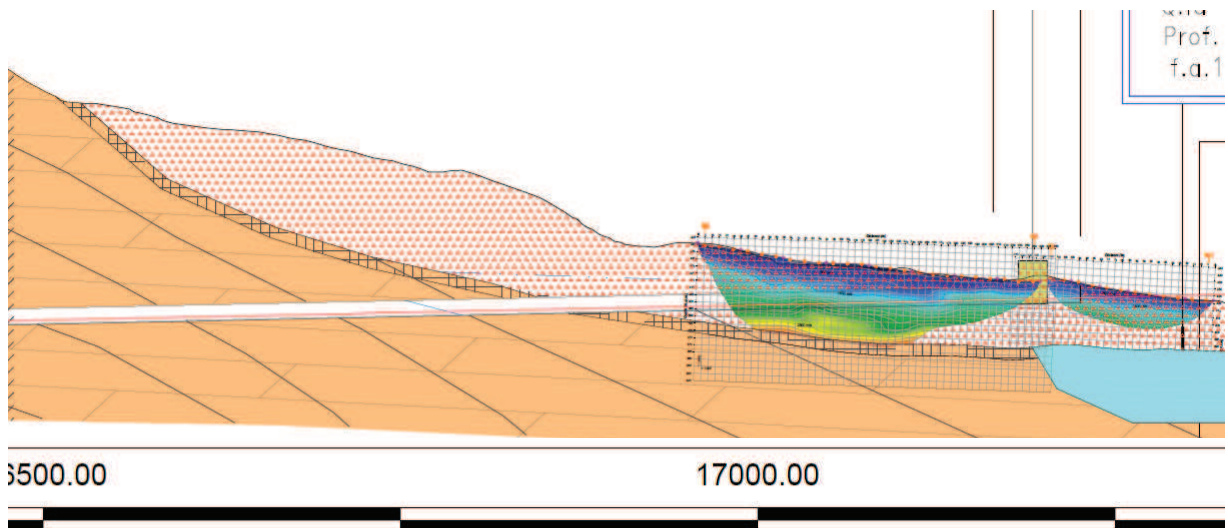


Figura 9.18a (Ricostruzione del contatto detrito roccia in canna Sud) – da sismiche TR07a e TR07b

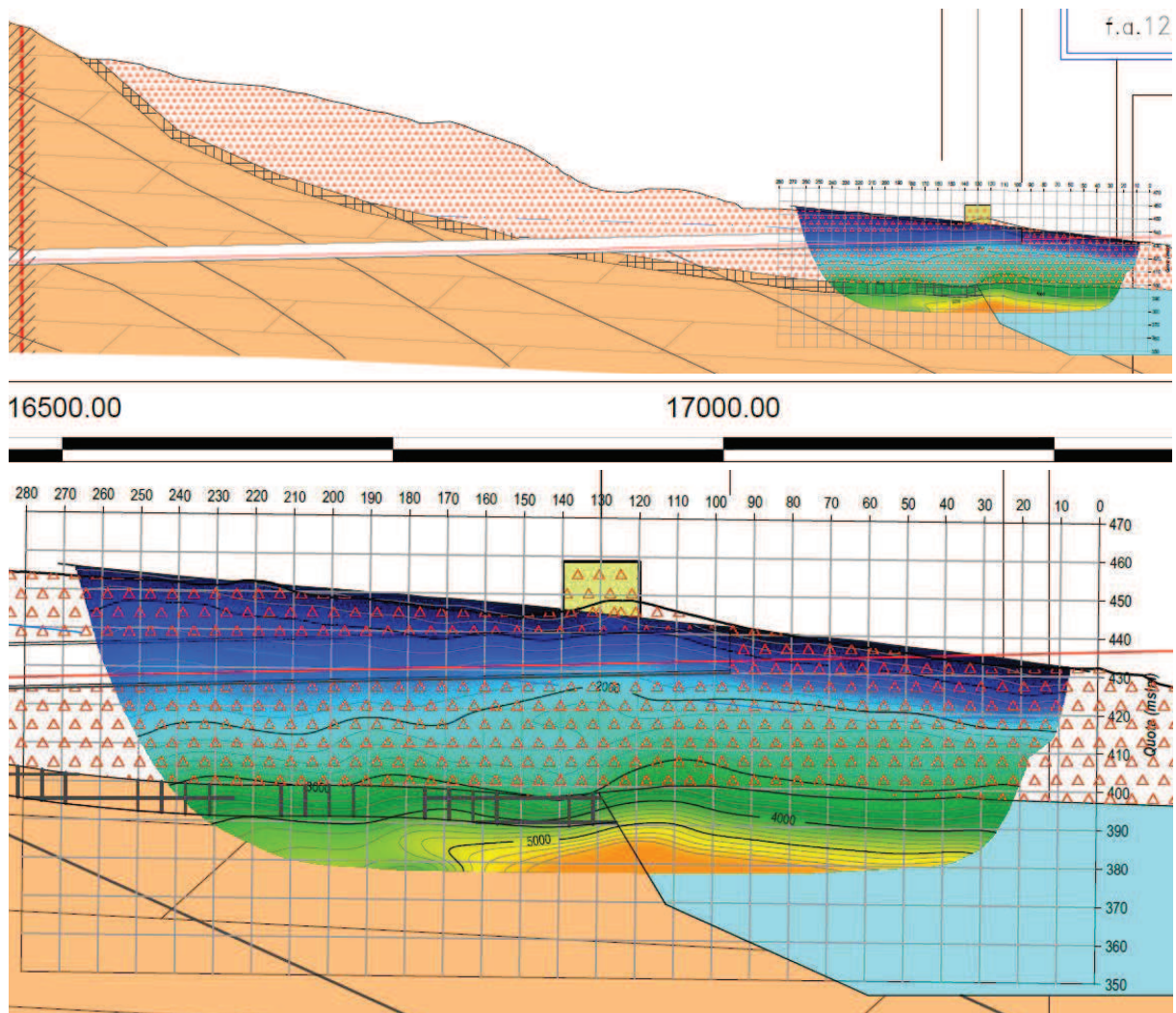


Figura 9.18b (Ricostruzione del contatto detrito roccia in canna Sud) – da sismica TSD11*

Per proseguire la ricostruzione della zona di contatto detrito roccia nel tratto a monte, non direttamente interessato dalle indagini, si è proceduto nel modo di seguito descritto:

- La pendenza della linea di contatto detrito/roccia individuata dalle indagini sismiche è stata proseguita, mantenendo sostanzialmente la stessa inclinazione, fino ad intercettare la zona prossima alla galleria
- Una volta individuata, secondo l'approccio cautelativo sopra descritto, l'intersezione della linea di contatto detrito roccia con la zona prossima alla galleria è stato ricostruito, verso monte, l'andamento del contatto detrito roccia seguendo, (con

maggior approssimazione possibile) la linea di pendenza degli strati, fino al punto in cui in superficie affiora il substrato roccioso.

L'indagine sismica TSD11*, oltre a confermare le risultanze della TR07a e b, ha permesso di attribuire uno spessore pari a 10m circa alla zona di transizione, caratterizzata da velocità di propagazione delle onde sismiche $3000 \text{ m/s} < V_p < 4000 \text{ m/s}$. questi valori potrebbero essere rappresentativi della fascia in prossimità del contatto tra detrito e roccia per un possibile detensionamento del substrato roccioso indotto dal fenomeno della paleofrana, (cfr figura 9.17b e 9.18b). Quindi si conferma la presenza del substrato roccioso (da poco a mediamente fratturato), caratterizzato da $V_p > 4000 \text{ m/s}$.

9.2.7 FRA LE PK 17+170 E PK 18+000 (FINE INTERVENTO)

In uscita dalla galleria S Pietro è ancora cartografata la paleofrana della Marogna il cui accumulo, come risulta dai rilievi di campagna, dalla esposizione di numerosi fronti di cava e dalle risultanze dei sondaggi, ha sovraescavato i depositi alluvionali e risalito il versante opposto andando ad interessare tutte le aree di competenza non solo dell’imbocco ma anche del viadotto Molino e dello svincolo di Valle dell’Astico. Sull’accumulo della frana della Marogna sono attive due cave; cava Marogna in destra idrografica, cava Molino in sinistra. La prima è attiva, la seconda in buona parte esaurita e ripristinata, con fronti aperti solo a tergo dell’abitato di Casotto.

Le indagini eseguite e la documentazione messa a disposizione dalla società che gestisce le cave dimostrano che in corrispondenza della Cava Molino, entro cui si sviluppa buona parte dello svincolo (posto in viadotto e rilevato) sono presenti circa 4 m di riporto (impiegato per la rinaturalizzazione dell’area) rappresentato da materiale proveniente dalla lavorazione di cava e prevalentemente granulare, con uno strato superficiale di estensione e spessore non omogenea argilloso e/o ricco di sostanza organica. Si è quindi previsto in quest’ambito uno scotico e bonifica spinto sino alla profondità di 1 m da p.c., suggerendo inoltre la realizzazione dei rilevati con un certo anticipo rispetto al completamento dei lavori in modo da assicurare il costipamento del riporto.

La presenza di massi ciclopici di Dolomia messi in evidenza nel corso dei sondaggi e visibili negli ampi fronti di cava, unitamente alle condizioni di elevata vulnerabilità idrogeologica comuni al viadotto Settecà (falda a modesta profondità, elevata permeabilità e presenza di pozzi usati a scopo idropotabile) hanno consigliato per il viadotto Molino l’adozione di fondazioni su micropali metallici.

L’imbocco della galleria S Pietro, stante la presenza di materiali sciolti contenenti blocchi ciclopici, viene risolta con una paratia di micropali tirantata su più livelli.

Gli studi e le indagini svolte in ambito geologico, geotecnico ed idrogeologico hanno consentito di meglio approfondire le criticità presenti lungo il tracciato delle opere e di suddividerlo in zone a comportamento omogeneo.

Per quanto riguarda le interazioni del tracciato della tratta all’aperto con le descritte problematiche geomorfologiche del versante a monte dell’opera in progetto, con riferimento principalmente alla pericolosità di caduta massi dalle sovrastanti pareti calcareo-dolomitiche si rimanda a quanto evidenziato nel paragrafo 7.3. A protezione dei piazzali e rampe di svincolo sono stati previsti interventi di consolidamento della scarpata rocciosa in sinistra idrografica (zona cava Molino) costituiti da reti metalliche fissate con chiodi e reticoli di funi; fra la parete stessa e le rampe di svincolo è interposta una duna sulla quale è installata una barriera paramassi. In destra idrografica (zona cava Marogna) a protezione di eventuali fenomeni di caduta massi dalla parete La Gioia sono state previste, fra la stessa parete e l’imbocco nord galleria S Pietro – viadotto Molino, due file parallele di barriere paramassi ad alta energia.

10. CONCLUSIONI

Il presente elaborato costituisce la “*Relazione geologico-geomorfologica*” di progetto definitivo del 1° lotto funzionale dell’autostrada A31 Vicenza – Piovene Rocchette – Trento, a prolungamento dell’attuale tratto in esercizio da Longare, (a sud di Vicenza), fino a Piovene Rocchette, ai sensi dell’art. 8 dell’allegato XXI del D.Lgs 163/2006 e s.m.i.

Oggetto della presente Relazione è l’inquadramento geologico, geomorfologico, strutturale e litologico-stratigrafico del settore interessato dalle opere infrastrutturali connesse alla prosecuzione dell’autostrada A31, dallo svincolo di Piovene Rocchette, dove oggi termina l’autostrada, fino allo svincolo di San Pietro, al confine con la provincia di Trento, per un totale di circa 18 chilometri, (cfr figura 1.1).

Dopo un breve illustrazione delle opere previste, (CAPITOLO 1), della Normativa e documentazione di riferimento (CAPITOLO 2 e 3), si è proceduto alla descrizione di tutte le indagini geognostiche disponibili (CAPITOLO 4), individuando i principali elementi di novità emersi dalle indagini recenti, eseguite in tale fase di Progettazione Definitiva .

Si è quindi proceduto con la descrizione del modello geologico generale dell’area in studio, prendendo in esame gli aspetti stratigrafici, tettonici e geomorfologici (CAPITOLI 5, 6 e 7). In considerazione degli aspetti analizzati si sono individuati i possibili scenari di rischio, (CAPITOLO 8), procedendo ad una descrizione lungo tutto il tracciato delle principali criticità attese, dal punto di vista geologico-geomorfologico (CAPITOLO 9).

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.Bosellini (1996) – Geologia delle Dolomiti – Casa ed. Athesia – pp.191
- A.Castellarin et alii (1996)– La tettonica delle Dolomiti nel quadro della Alpi Meridionali – Società Geologica Italiana – 78° Riunione Estiva
- M.Dal Pra (1992) La frana di Casotto (Vi) Studio geomeccanico ed analisi a ritroso con il metodo agli elementi finiti. Tesi di laurea; relatore Prof R.Genevois, Università di Ferrara.
- A.Ferrero, G.Mandrone (2015). Studio delle condizioni di stabilità della parete La Gioia in relazione alla realizzazione di un impianto per la produzione di calce dolomitica di proprietà Fassa s.r.l. Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Torino;
- R.Genevois, P.Rosella, A. Deganutti, M. Dal Pra (2013): Field study and bidimensional numerical simulation of runout and deposition of la Marogna rockslide (Vicenza, Italy). Italian Journal of engineering geology and environment 2013
- 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.
- D.Zampieri, S.Adami (2013) Influence of the geological structure on a rockslide in northeastern Italy. Italian Journal of engineering geology and environment 2013.

Documentazione geologica di pianificazione territoriale (PRG, PUC ecc) dei Comuni attraversati;
Documentazione e cartografia del Piano stralcio per Assetto Idrogeologico (PAI) dei bacini idrografici dei fiumi Tagliamento, Piave, Brenta-Bacchiglione;
Data base delle sorgenti e delle cavità carsiche della Regione Veneto;
Ubicazione di pozzi, sorgenti e rete di serbatoi a scopo idropotabile della società Alto Vicentino Servizi lungo la Valdastico.