0	11/2017	PRIMA EMISSIONE	PENNINO	PENNINO	CASSANI
Revisione	**Data**	**Oggetto revisione**	**Redatto**	**Verificato**	**Approvato**

REGIONE LIGURIA

#ItaliaSicura Presidenza del Consiglio dei Ministri

COMUNE DI GENOVA

PIANO STRALCIO PER LE AREE METROPOLITANE E LE AREE URBANE CON ALTO LIVELLO DI POPOLAZIONE ESPOSTA AL RISCHIO DI ALLUVIONI

Presidenza del Consiglio dei Ministri

PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
COMMISSARIO STRAORDINARIO
delegato per l'attuazione degli interventi inseriti nell'A.d.P. del 16.09.2010 e ss.ii.
(ex art. 10 del D.L. n. 91 del 24.06.2014)

Commissario straordinario

Dott. Giovanni TOTI

PROGETTISTI

CAPOGRUPPO MANDATARIA:

ROCKSOIL S.p.A.
CONSULENZA E ASSISTENZA TECNICA
nel campo della GEOINGEGNERIA

MANDANTI:

art ambiente risorse territorio

HYDRODATA INGEGNERIA DELLE RISORSE IDRICHE

Ing. Mario CANGIANO

Ing. Paolo GALLO

Ing. Francesco DE SANCTIS

Dott.ssa Francesca GIOMI

RESPONSABILE STRUTTURA COMMISSARIALE: **Ing. Luca BERRUTI**

RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO: **Ing. Stefano PINASCO**

Progettista responsabile integrazioni prestazioni specialistiche e Direttore Tecnico della mandataria.
Rocksoil S.p.A.
Ing. Giovanna Cassani
Ord. Ingg. Milano N° 20997

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO
DOTT. ING. CASSANI GIOVANNA
Sez. A Settori:
a) civile e ambientale
b) industriale
c) dell'informazione
n° A 20997

Progettista/Geologo specialista responsabile elaborato
Rocksoil S.p.A.
Dott. Geol. Fiorenza Pennino
Ord. Reg. Geologi Lombardia N°1575 AP - sezione A

COLLEGIO DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
FIORENZA PENNINO
geologo specialista
Albo n. 1575 AP
sezione A

Intervento/Opera

SECONDO LOTTO DEI LAVORI RELATIVI ALLA REALIZZAZIONE DELLA GALLERIA SCOLMATRICE DEL TORRENTE BISAGNO IN COMUNE DI GENOVA

PROGETTO ESECUTIVO

N° Progr.: ----

Codice elaborato: BIS2E - R - SDB01 -RE01- 0

Oggetto della tavola

STUDI DI BASE

GEOLOGIA-IDROGEOLOGIA-GEOMORFOLOGIA

GEOLOGIA - GEOMORFOLOGIA

Relazione geologica-geomorfologica generale

Scala: -

Data: NOVEMBRE 2017

Codice FILE: BIS2E-R-SDB01-RE01-0

I DISEGNI E LE INFORMAZIONI IN ESSI CONTENUTE SONO PROPRIETA' ESCLUSIVA DELLA STRUTTURA COMMISSARIALE E NON POSSONO ESSERE MODIFICATI, RIPRODOTTI, RESI PUBBLICI O UTILIZZATI PER USI DIFFERENTI DA QUELLI PER CUI SONO STATI REDATTI, SALVO AUTORIZZAZIONE SCRITTA.

INDICE

1. INTRODUZIONE 2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 3
3. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO 4
3.1. Progetto preliminare e Progetto Definitivo 4
3.2. Progetto definitivo ed esecutivo del canale deviatore Fereggiano 4
3.3. Progetto definitivo ed esecutivo del canale deviatore Fereggiano 5
4. INQUADRAMENTO GENERALE 10
4.1. Breve descrizione dell'opera 10
4.2. Inquadramento geografico 10
5. ANALISI DELLE PRINCIPALI CRITICITA' 12
6. INDAGINI GEOGNOSTICHE 20
7. MODELLO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE 21
7.1. Assetto geologico regionale 21
7.2. Assetto geologico locale 24
7.2.1. Le Argilliti di Montoggio 25
7.2.2. Il Flysch di Monte Antola 26
7.2.3. Le Argille di Ortovero 28
7.2.4. Depositi alluvionali 28
7.2.5. Coltri detritiche eluvio-colluviali 30
7.2.6. Depositi di spiaggia 31
7.2.7. Depositi antropici 31
7.3. Assetto geomorfologico 31
7.3.1. Bacino del torrente Bisagno 32
8. ANALISI DEGLI SCENARI DI RISCHIO 36
9. MODELLO GEOLOGICO PER TRATTE OMOGENEE 38
9.1. Profili geologici 40
10. CONCLUSIONI 45

1. INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione è fornire l'inquadramento geologico, geomorfologico, litologico-stratigrafico dell'area interessata dalla futura realizzazione della galleria scolmatrice del torrente Bisagno. L'intervento a progetto comprende nello specifico le seguenti opere:

- il complesso delle opere di presa e sistemazione dell'alveo Bisagno,
- la galleria scolmatrice con sviluppo complessivo di 6500 m circa da scavarsi parte con sistema tradizionale e parte con sistema meccanizzato
- gli interventi connessi alle opere d'attacco della galleria scolmatrice sull'alveo Bisagno, previsto all'altezza di Via Merello, ovvero in prossimità dell'area verde delle piscine all'aperto in corrispondenza dell'area sportiva Sciorba
- la realizzazione di una finestra di servizio con sviluppo complessivo di circa 410 m, il cui imbocco è previsto in corrispondenza dell'area Ex – Canile Comunale (via Gelasio Adamoli 3, a circa 450 m dall'area sportiva della Sciorba)
- gli interventi connessi allo sbocco a mare presso la spiaggia di San Giuliano, con il completamento del manufatto di convergenza della galleria Bisagno sulla galleria scolmatrice del torrente Fereggiano, i cui lavori sono in corso di completamento.

Le vicende delle piene del torrente Bisagno e del rio Fereggiano hanno segnato, in maniera talvolta tragica, la storia recente della città di Genova. Già nel 1989 fu dato corso alla costruzione del deviatore Fereggiano, ovvero di uno scolmatore di piena in galleria, con presa prevista in via Pinetti-salita Ginestrato, allo scopo di "deviare" pressoché l'intera portata del torrente nella galleria stessa, sgravando il tratto terminale del rio fino alla foce. Non era uno "scolmatore" (ossia un'opera idraulica atta a "scolmare" ovvero a ridurre le portate di piena di un corso d'acqua) ma un vero e proprio "deviatore" (in grado cioè di "deviare" l'intera portata del corso d'acqua).

Il percorso "storico" del progetto dello scolmatore del torrente Bisagno è stato piuttosto tormentato: a partire dalla redazione del Progetto Preliminare del 2000, con la successiva redazione del Progetto Definitivo del 2007 per finire con il Progetto Esecutivo per il completamento del "canale deviatore Fereggiano" del 2014, sono state realizzate campagne di indagini per fornire un inquadramento geologico – strutturale-litologico e geotecnico dell'area di intervento.

Nel corso della attuale fase di avvio della Progettazione Esecutiva sono stati realizzate indagini di approfondimento delle seguenti aree:

- area interessata dalla Finestra di Servizio, che finora non era stata indagata in quanto non era interessata da opere di progetto
- area interessata dalle opere a monte della galleria scolmatrice, non sufficientemente indagata nelle precedenti fasi progettuali
- area interessata dall'attraversamento, a quota cavo, dalle argilliti appartenenti alla Formazione delle "Argilliti di Montoggio".

Le rimanenti aree sono state oggetto di un rilievo geologico generale di superficie e di una analisi approfondita dei dati attualmente a disposizione, sia dalle indagini pregresse sia dai dati di scavo del canale deviatore Fereggiano.

2. NORMATIVA 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. 14/01/2008: “Norme Tecniche per le costruzioni”.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici “Istruzioni per l’applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008.
- DGR 216 del 17/03/2017 in relazione alla nuova classificazione sismica approvata per la Regione Liguria.

3. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Per un primo inquadramento geologico delle aree d'interesse progettuale sono stati esaminati tutti i dati disponibili inerenti i seguenti lavori:

- progetto preliminare e definitivo dell'opera in oggetto
- progetto definitivo ed esecutivo del deviatore del torrente Fereggiano
- dati ottenuti in fase di scavo dal canale deviatore Fereggiano
- altri progetti minori.

Sono inoltre stati eseguiti sopralluoghi in sito per verificare i dati disponibili e raccogliere in campo ulteriori elementi utili al completamento del presente lavoro.

3.1. Progetto preliminare e Progetto Definitivo

In sintesi l'analisi dei due progetti riporta negli elaborati il seguente inquadramento geologico:

- Argilliti di Montoggio (Cretaceo) costituite da argilliti laminate con limitate intercalazioni quarzoso arenacee; il grado di fratturazione è da medio ad elevato;
- Flysch di Monte Antola (Cretaceo) in facies torbiditica costituito da alternanze di calcari, calcari marnosi ed argilliti con grado di fratturazione medio ma accentuato nelle zone di disturbo tettonico;
- Argille di Ortovero (Pliocene) costituite da marne argillose ed argille marnose con sporadici livelli sabbioso calcarenitici;
- Depositi superficiali e coltri eluviocolluviali a matrice ghiaiosa.

La galleria si sviluppa quasi interamente all'interno del Flysch di Monte Antola, attraversato da faglie in corrispondenza delle quali si prevede la presenza di materiale intensamente fratturato. Le argille di Ortovero sono previste per un'estensione di circa 350 m nell'attraversamento di una "fossa tettonica" (graben di Terralba) posta in corrispondenza dell'Ospedale di San Martino. Nella stessa area, ed in particolare sulla verticale del Forte di San Martino, è previsto l'attraversamento di una limitata tratta (circa 50-60 m) entro le Argilliti di Montoggio.

In fase di Progetto Definitivo è stata eseguita una campagna di indagini costituita da:

- Rilievi geologici e geostrutturali di superficie
- N. 8 sondaggi a carotaggio continuo di profondità variabile tra un minimo di 23 m ed un massimo di 90 m; tutti i sondaggi sono stati attrezzati con piezometro a tuo aperto
- Nel corso dei sondaggi sono state eseguite prove in situ (permeabilità e dilatometriche) e prove geotecniche e geomeccaniche di laboratorio per la caratterizzazione degli ammassi rocciosi interessati dagli scavi.
- Una serie di traverse sismiche a rifrazione lato sbocco a mare

Nel complesso la documentazione relativa al progetto definitivo risulta, dal punto di vista geologico, sufficientemente dettagliata in relazione al livello progettuale richiesto. Questa consente un primo inquadramento ed approccio alla conoscenza del territorio ed evidenzia l'assenza di vincoli di natura geologica all'esecuzione dell'opera.

3.2. Progetto definitivo ed esecutivo del canale deviatore Fereggiano

Il progetto del deviatore del Torrente Fereggiano è stato redatto da Italstrade S.p.A. nel febbraio 1989. Dalla documentazione di progetto, e dal confronto fra questa ed i rilievi condotti in sito ed al fronte di scavo in fase di avanzamento, si evince un inquadramento geologico generale che, almeno per le tratte attraversate, è risultato in accordo con quanto emerso dalla campagna d'indagine. La parte scavata si sviluppa interamente entro il Flysch di Monte Antola variamente fratturato.

Le indagini eseguite per il Fereggiano, complice anche la vicinanza fra quest'opera e la galleria del Bisagno, si sono dimostrate particolarmente utili per caratterizzare l'ammasso nella tratta compresa fra

l'Ospedale di San Martino e lo sbocco a mare.

Per il canale Fereggiano sono stati realizzati n. 6 sondaggi in fase di PD (serie SF..) e n. 8 sondaggi realizzati per il PE (serie S….ES).

Oltre alle stratigrafie dei sondaggi sono disponibili le prove in situ, le prove di laboratorio, misure del livello della falda, prove di permeabilità, ed infine una serie di rilievi del fronte di scavo.

3.3. Progetto definitivo ed esecutivo del canale deviatore Fereggiano

Sono infine stati analizzati una serie di dati disponibili riferita a progetti pubblici e privati, generalmente di modesta entità, effettuati nelle aree d'interesse progettuale e reperiti nella banca dati del Comune di Genova. Nel complesso i dati geologici e stratigrafici disponibili sono relativi a perforazioni aventi lunghezza molto modesta (10 – 20 m) in relazione alla profondità della galleria in quanto generalmente finalizzati a progetti di tipo residenziale. Si tratta inoltre di sondaggi con valore fondamentalmente di tipo geognostico e pertanto non corredate da prove in sito o da prove su campioni.

A livello generale queste indagini risultano molto utili ed una ottima fonte di informazioni in quanto consentono (quasi sempre), di ricondurre le litologie attraversate alle relative unità di appartenenza (depositi superficiali, Argille di Ortovero, Flysch di Monte Antola, Argilliti di Montoggio). In particolare le stratigrafie esaminate rappresentano un valido supporto all'inquadramento generale delle aree, confermano i dati disponibili e quelli acquisiti sull'assetto stratigrafico e tettonico del graben di Terralba, forniscono una ulteriore conferma circa la presenza delle Argilliti di Montoggio nella zona del Rio Mermi e rappresentano una preziosa fonte d'informazioni per quanto attiene l'area in prossimità dell'opera di presa. Qui in particolare, attraverso i dati reperiti, è stato possibile affinare le conoscenze acquisite e meglio tarare l'indagine sismica eseguita.

Nel complesso sono oltre 100 stratigrafie, di cui alcune sono relative a perforazioni esterne rispetto al tracciato, altre poco significative e/o dettagliate, altre invece ubicate in corrispondenza di indagini aventi maggior grado di affidabilità o maggior profondità d'investigazione.

In Tabella 1sono riassunte le informazioni principali ricavate dai sondaggi in argomento.

Tabella 1

Sond.	Progressiva (m)	Quota (m l.m.m.)	Prof. (m)	Progetto di riferimento	Litologie prevalenti	Distanza dalla condotta (m)	Unità
4289/S4	376.36	20.2	12	Progetto di sistemazione area sportive con due piani di parcheggi interrati	Calcare marnoso	150.81	Flysch di M. Antola
4289/S2	400.08	22.6	10	Progetto di sistemazione area sportiva	Calcare marnoso	163.41	Flysch di M. Antola
4289/S3	401.68	20.9	10	Progetto di sistemazione area sportiva con due piani di parcheggi interrati	Calcare marnoso	138.73	Flysch di M. Antola
4289/S1	431.23	22.7	12	Progetto di sistemazione area sportiva con due piani di parcheggi interrati	Calcare marnoso	141.21	Flysch di M. Antola
4277/S8	491.45	44	8	Progetto di impermeabilizzazione superficie	Limo argilloso e calcare marnoso	109.11	Depositi Superficiali
4277/S6	498.15	44	8	Progetto di impermeabilizzazione superficie	Calcare marnoso	118.46	Flysch di M. Antola

4277/S5	509.67	44	13	Progetto di impermeabilizzazione superficie	Calcare marnoso	122.02	Flysch di M. Antola
4277/S7	523.78	44	8	Progetto di impermeabilizzazione superficie	Calcare marnoso	115.22	Flysch di M. Antola
119/S1	794.82				Marna calcarea e calcare marnoso		Flysch di M. Antola
119/S2	795.79				Marna calcarea e calcare marnoso		Flysch di M. Antola
119/S3	802.40				Marna calcarea e calcare marnoso		Flysch di M. Antola
119/S4	836.73				Marna calcarea e calcare marnoso		Flysch di M. Antola
4276/S3	1056.68	44.6	11.50	Edilizia privata	Limo argilloso	81.59	Depositi Superficiali
4276/S2	1125.88	48.5	10.50	Edilizia privata	Limo argilloso	155.66	Depositi Superficiali
4276/S1	1173.06	50.5	10.50	Edilizia privata	Limo argilloso	185.19	Depositi Superficiali
154/S1	1218.13	54.0	12.80	Edilizia privata	Marna argillosa, calcare deb. marnoso	318.99	Flysch di M. Antola
171/S1	1223.26	57	8	Edilizia privata	Calcare marnoso	29.50	Flysch di M. Antola
154/S3	1234.28	54.1	15.3	Edilizia privata	Argilla limosa marnosa, Marna calcarea, calcare deb. marnoso	291.84	Flysch di M. Antola
154/S2	1237.86	54	14	Edilizia privata	Argilla limosa marnosa, Marna calcarea, calcare deb. marnoso	313.25	Flysch di M. Antola
171/S2	1241.08	59	8.2	Edilizia privata	Calcare marnose	32.15	Flysch di M. Antola
94/S1C-S2C	1939.64	52	8.3 / 10,10	Edilizia privata	Calcare marnoso	145.40	Flysch di M. Antola
3110/S1	2065.46		22.5		Marna e limo argillo-sabbioso		Argille di Ortovero
3110/S2	2090		22.5		Marna e limo argillo-sabbioso		Argille di Ortovero
3121/S1	2117.21	57	8	Collegamento stradale tra via Marsano e Manlasco	Marna	227.04	Argille di Ortovero
94/S3	2300		10.1		Calcare marnoso		Flysch di M. Antola
94/S2	2270		10		Calcare marnoso		Flysch di M. Antola
3121/SS1	2320	57.30	13	Collegamento stradale tra via Marsano e Manlasco	Marna	226.45	Argille di Ortovero
3121/S3	2400		10.50		Riporto		Depositi antropici
3121/SS3	2440		10		Riporto		Depositi antropici
3121/S4	2560		11.50		Riporto		Depositi antropici
3121/S5	2500		12.00		Riporto		Depositi antropici
3121/S6	2520		12.20		Riporto		Depositi antropici

3121/S7	2530		13.00		Riporto		Depositi antropici
3372/S12	2550	78.6	15.00	Indagini per Ospedale S. Martino	Argilla limosa, marna calcarea, calcare marnoso	75.85	Flysch di M. Antola
3372/S8	2550	81	10.00	Indagini per Ospedale S. Martino	Argilla marnosa, calcare marnoso, marna calcarea	60.71	Flysch di M. Antola
3372/S9	2570	81	13.10	Indagini per Ospedale S. Martino	Argilla limosa, calcare marnoso, argillite	77.93	Flysch di M. Antola
3372/S4	2560	89.2	15.00	Indagini per Ospedale S. Martino	Calcare marnoso, marna calcarea,	59.60	Flysch di M. Antola
3372/S6	2570	85	10.00	Indagini per Ospedale S. Martino	Calcare marnoso	48.63	Flysch di M. Antola
3372/S14	2580	89.2	7.00	Indagini per Ospedale S. Martino	Marna calcarea	61.33	Flysch di M. Antola
3372/S3	2570	83.3	15	Indagini per Ospedale S. Martino	Calcare marnoso, marna calcarea, argillite	85.52	Flysch di M. Antola
3372/S7	2600	87	15	Indagini per Ospedale S. Martino	Marna calcarea, calcare marnoso, argillite	88.18	Flysch di M. Antola
3372/S10bis	2620	89	2	Indagini per Ospedale S. Martino	Calcare marnoso		Flysch di M. Antola
168/S2	2770	62	13	Edilizia privata	Calcari marnosi	70.96	Flysch di M. Antola
168/S1	2780	68	13	Edilizia privata	Calcari marnosi	86.31	Flysch di M. Antola
3195/S3	2830	107.16	15	Edilizia privata	Calcari marnosi	216.20	Flysch di M. Antola
3195/S1	2835	109.15	15	Edilizia privata	Calcari marnosi	232.04	Flysch di M. Antola
3195/S2	2850	110.89	15	Edilizia privata	Calcari marnosi	247.74	Flysch di M. Antola
3092/S30	3970	145	20		Argilla limosa, calcari marnosi	64.22	Flysch di M. Antola
3092/S37	3980	151	20		Argilla limosa, calcari marnosi	49.79	Flysch di M. Antola
3079/S6	4040	130			Calcare marnoso		Flysch di M. Antola
3092/S39	4030	140	25		Argilla limosa, calcari marnosi	72.35	Flysch di M. Antola
3079/S7	4045	163.9			Calcare marnoso		Flysch di M. Antola
3216/S4	4020	29					
3216/S2	4025	36.50	10		Alternanze livelli argillitici e calcarei	141.16	Flysch di M. Antola
3216/S3	4030	37.00	10		Calcare marnoso	162.99	Flysch di M. Antola
3216/S1	4050	37.50	11		Calcare marnoso	146.87	Flysch di M. Antola
3070/S2	5360	90.00	20.20		Argillite	322.61	Argilliti di Montoggio
3070/S1	5370	90.00	20.00		Argillite	296.89	Argilliti di Montoggio
3249/S1	5380	64.23	10.00		Argillite	180.17	Argilliti di Montoggio
3249/S2	5390	76.48	8.70		Argillite	169.07	Argilliti di Montoggio

3249/S3	5400	77.48	10.00		Argillite		Argilliti di Montoggio
32497S4	5420	81.40	10.00		Argillite		Argilliti di Montoggio
3249/S5	5430	85.95	10.00		Argillite		Argilliti di Montoggio
3249/S7	5440	87.71	10.00		Argillite		Argilliti di Montoggio
3249/S6	5450	93.78	10.00		Argillite	216.05	Argilliti di Montoggio
3012/S1	5690	178.90	15		Calcare marnoso	111.46	Flysch di M. Antola
3012/S2	5750	154.80	15		Calcare marnoso	74.11	Flysch di M. Antola
3275/S2	5740	127	14		Argillite		Argilliti di Montoggio
3012/S3	5770	163.20	15		Calcare marnoso	35.86	Flysch di M. Antola
3275/S18	5770	139	15		Calcare marnoso e argilla		Flysch di M. Antola
3275/S1	5780	131	14		Argillite		Argilliti di Montoggio
3169/S5	5860	75	20		Calcare grigio fratturato		Flysch di M. Antola
3169/S4	5880	74	20		Calcare grigio fratturato		Flysch di M. Antola
3169/S3	5900	73.2	15		Calcare grigio fratturato		Flysch di M. Antola
3169/S1	5940	75	20		Calcare grigio fratturato		Flysch di M. Antola
3169/S2	5950	74	15		Calcare grigio fratturato		Flysch di M. Antola
3007/S17	6600	44.70	20		Calcare marnoso		Flysch di M. Antola
3007/S15	6605	44.20	20		Coltre detritica		Depositi Superficiali
3007/S16	6605	55.90	20		Calcare marnoso e arenaceo		Flysch di M. Antola
3007/S25	6630	52.00	30		Calcare marnoso e arenaceo		Flysch di M. Antola
3088/S2	6506.94	45.93	21		Calcare arenaceo		Flysch di M. Antola
3007/S19	6630	46.00	21		Calcare arenaceo		Flysch di M. Antola
3007/S24	6650	44.00	20		Calcare arenaceo fratturato		Flysch di M. Antola
3007/S21	6640	40.80	20		Ghiaia con matrice limosa		Depositi Superficiali
3007/S23	6660	44.00	20		Ghiaia con matrice limosa		Depositi Superficiali
3088/S3	6670	44.35	30		Calcare arenaceo		Depositi Superficiali
3007/S22	6670	44.20	20		Ghiaia con matrice limosa		Depositi Superficiali
3007/S18	6660	48.90	30		Calcare arenaceo		Flysch di M. Antola
3088/S1	6655	44.29	30		Calcare arenaceo		Flysch di M. Antola
3007/S20	6680	43.70	30		Calcare arenaceo fratturato		Flysch di M. Antola
3104/S2	6725	40.20	20		Ghiaia		Depositi Superficiali
3104/S3	6730	38.50	20		Ghiaia		Depositi Superficiali
3104/S1	6770	43.80	20		Ghiaia		Depositi Superficiali
3223/S2	6800				Ghiaia e argilla		Depositi Superficiali
3223/S1	6800	43.6			Ghiaia e argilla		Depositi Superficiali

I sondaggi sopra elencati, che mantengono sigla e numerazione con cui sono stati archiviati a

cura del Comune di Genova, sono stati riportati nella planimetria con ubicazione delle indagini pregresse, in scala 1:5.000, allegata al progetto.

4. INQUADRAMENTO GENERALE

Si riporta un sintetico inquadramento geografico dell'area di intervento ed un sintetico inquadramento geologico generale, volto ad individuare le principali formazioni coinvolte dal tracciato della galleria.

4.1. Breve descrizione dell'opera

Nel complesso l'intervento a progetto comprende nello specifico le seguenti opere:

- il complesso delle opere di presa e sistemazione dell'alveo Bisagno,
- la galleria scolmatrice con uno sviluppo complessivo di 6500 m circa da scavarsi parte con sistema tradizionale e parte con sistema meccanizzato
- gli interventi connessi alle opere d'attacco della galleria scolmatrice sull'alveo Bisagno, previsto all'altezza di Via Merello, ovvero in prossimità dell'area verde delle piscine all'aperto in corrispondenza dell'area sportiva Sciorba
- la realizzazione di una finestra di servizio con sviluppo complessivo di circa 410 m, il cui imbocco è previsto in corrispondenza dell'area Ex – Canile Comunale (via Gelasio Adamoli 3, a circa 450 m dall'area sportiva della Sciorba)
- gli interventi connessi allo sbocco a mare presso la spiaggia di San Giuliano, con il completamento del manufatto di convergenza della galleria Bisagno sulla galleria scolmatrice del torrente Fereggiano, i cui lavori sono in corso di completamento.

4.2. Inquadramento geografico

L'area interessata dalla galleria a progetto (cfr.figura 4.1) si trova interamente in corrispondenza del versante in sponda sinistra del Torrente Bisagno. Il tracciato della galleria si sviluppa in direzione nord – Sud: a partire da monte descrive dapprima un'ampia curva con la concavità rivolta verso il Torrente Bisagno e quindi prosegue rettilineo fino allo sbocco a mare all'incirca in corrispondenza della zona della spiaggia di San Giuliano. L'opera ricade interamente all'interno del territorio comunale di Genova città.

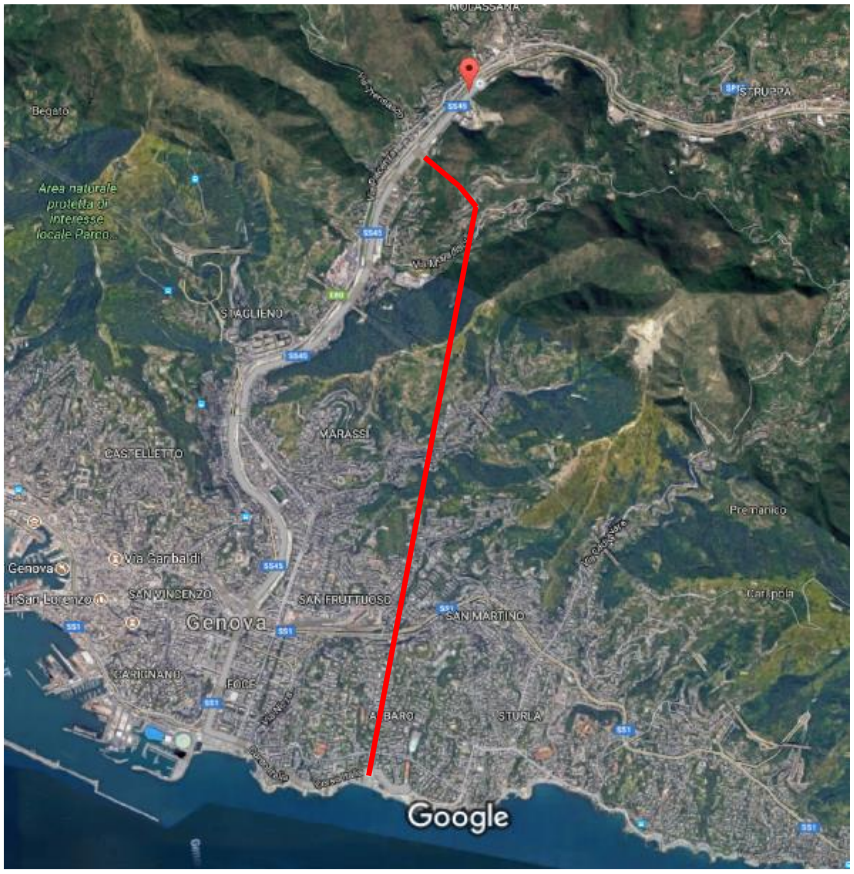


Figura 4.1 – Inquadramento geografico dell'area di intervento

5. ANALISI DELLE PRINCIPALI CRITICITA'

L'esame del contesto geologico-geomorfologico ed idrogeologico dell'area interessata dall'infrastruttura in esame ha evidenziato tre tratte a maggiore criticità, di seguito riportate partendo da monte:

- La tratta in corrispondenza dell'attraversamento del substrato appartenente alla formazione delle Argilliti di Montoggio, tra le progressive 5+320 e 5+430 circa
- La tratta di sotto-attraversamento del "Graben di Terralba", interessato dalla formazione delle Argille di Ortovero, tra le progressive 2+020 e 2+300 circa
- La tratta interessata da un ammasso roccioso particolarmente fratturato ed in corrispondenza di basse coperture, all'incirca compresa tra le progressive 0+550 e 1+200; la tratta è caratterizzata da coperture che vanno da un minimo di 20 m circa ad una massimo di 55 m circa, con la presenza di edifici in superficie.

Per la prima tratta, la criticità è rappresentata dall'attraversamento di un tratto in cui il substrato presenta caratteristiche notevolmente differenti:

- i calcari marnosi del Flysch dell'Antola sono lapidei, da poco a mediamente fratturati, stratificati e con un comportamento di tipo fragile, con una permeabilità di tipo secondario,
- le argilliti sono laminate con limitate intercalazioni quarzoso arenacee, con un grado di fratturazione da medio ad elevato e possono presentare un comportamento di tipo spingente.
- L'attraversamento è inoltre delimitato da due faglie all'incirca subverticali.

La zona di transizione tra le due differenti litologie è caratterizzata da un ammasso fratturato così come evidenziato dalle indagini pregresse (sondaggio S8D) (cfr. fig. 5.1).

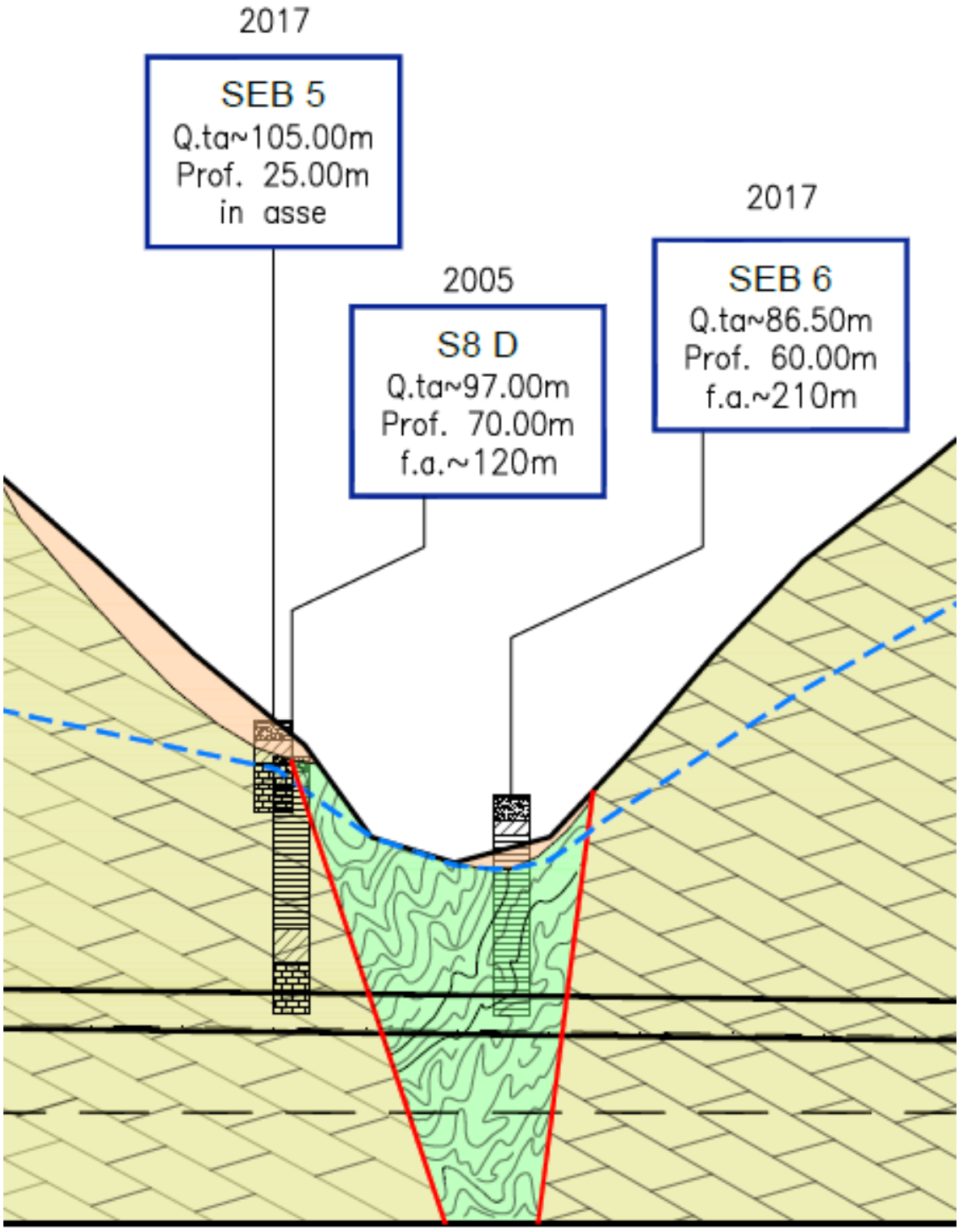


Figura 5.1 – Sondaggio S8D – Zona di passaggio tra Argilliti e Calcari marnosi



Figura 5.2 – Argilliti scistose in affioramento nel Rio Mermi ("Argilliti di Montoggio")

Le nuove indagini eseguite, SEB5 e SEB6, hanno consentito di ridefinire l'area di interesse delle "Argilliti di Montoggio" (cfr. fig. 5.3).


2017
SEB 5
Q.ta~105.00m
Prof. 25.00m
in asse
2005
S8 D
Q.ta~97.00m
Prof. 70.00m
f.a.~120m
2017
SEB 6
Q.ta~86.50m
Prof. 60.00m
f.a.~210m

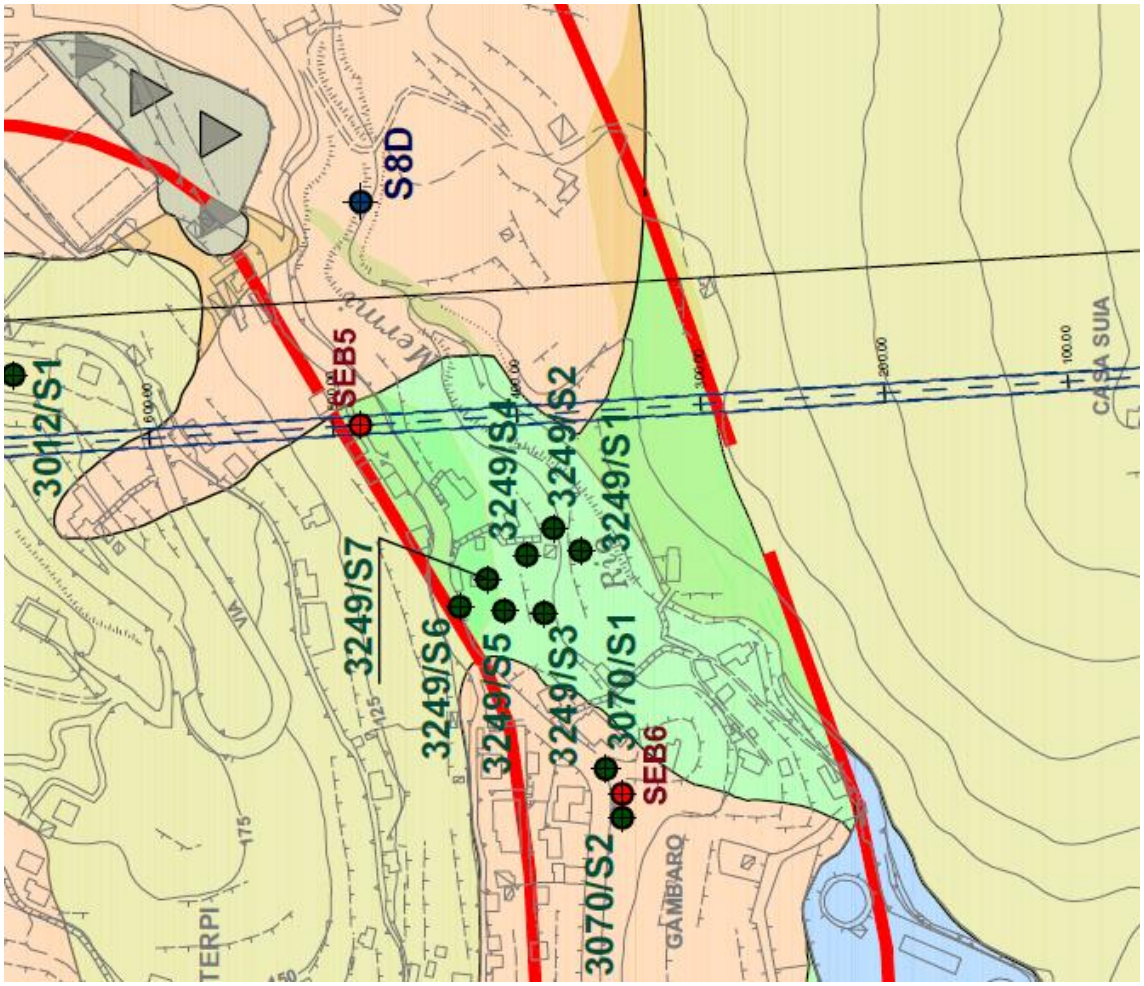


Figura 5.3 – Stralcio profilo geologico e planimetria geologica tra le progressive 5+320 e 5+430 circa

In particolare il sondaggio SEB5, in asse al tracciato ha consentito di meglio definire la tratta all'interno delle argilliti di Montoggio a quota cavo.

Il sondaggio ha evidenziato la presenza di calcare marnoso e marne (Flysch dell'Antola) a partire da 5.5 m circa dal piano campagna (cfr. fig. 5.4). Per questo motivo il sondaggio è stato interrotto a m 25 dal piano campagna, allo scopo di eseguire un sondaggio interamente all'interno delle Argilliti di Montoggio (SEB6).



Figura 5.4 – Sondaggio SEB5 da m 5.00 a m 15.00

Il sondaggio SEB6 eseguito fuori asse rispetto al tracciato (cfr. fig. 5.3a e 5.3b), ha rilevato la presenza di Argilliti di Montoggio a partire da 7 m circa dal piano campagna (cfr.fig. 5.5): dopo pochi metri di cappellaccio alterato e fratturato, si osservano argilliti, laminate, localmente con inclusi marnosi.



Figura 5.5 – Sondaggio SEB6 da m 5.00 a m 10.00

Per la seconda tratta, la criticità è rappresentata dal sotto-attraversamento del Graben si Terralba:

- in questa tratta il tracciato si sviluppa interamente all'interno dei calcari marnosi del Flysch dell'Antola, intensamente fratturato ed alterato come evidenziato in fase di scavo del canale deviatore Fereggiano, e delimitato da due faglie.
- I sondaggi eseguiti nell'area, in particolare il sondaggio S2ES, hanno rilevato, alla base delle argille di Ortovero, uno strato di depositi ghiaiosi, a contatto con il substrato fratturato
- la tratta, di lunghezza pari a circa 350 m, è caratterizzata da basse coperture, in ambiente urbano.
- Le argille di Ortovero sono previste per un'estensione di circa 350 m nell'attraversamento di una "fossa tettonica" (graben di Terralba) posta in corrispondenza dell'Ospedale di San Martino.

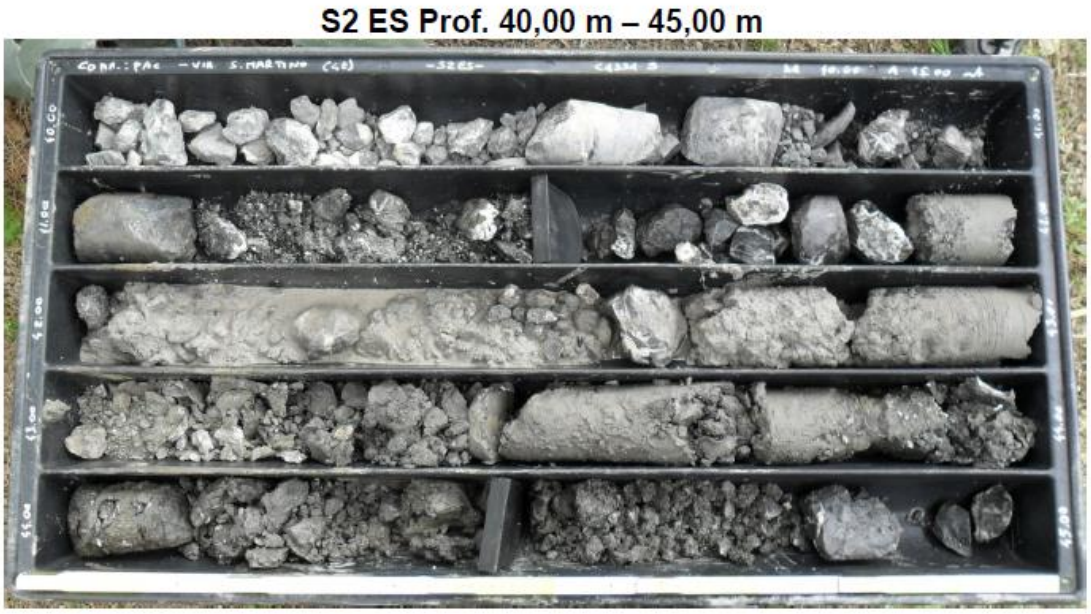


Figura 5.6 – Depositi ghiaiosi alla base delle argille di Ortovero

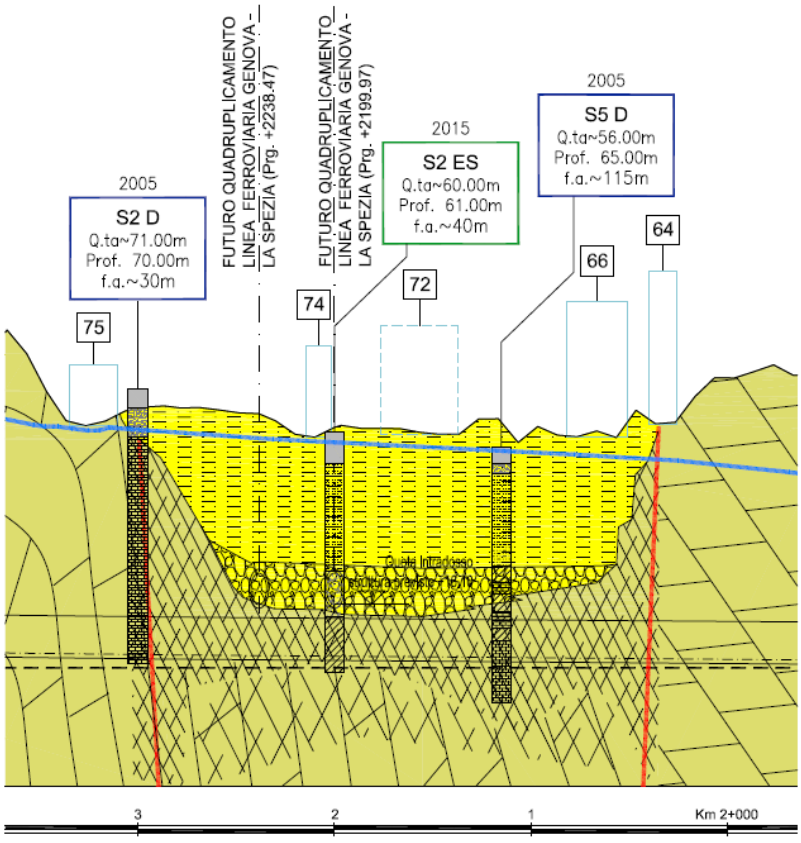


Figura 5.7 – Sotto-attraversamento Graben di Terralba

Infine in corrispondenza delle progressive 0+550 e 1+200, in fase di scavo del Canale deviatore Fereggiano è stato osservato un ammasso roccioso particolarmente fratturato, in corrispondenza di basse coperture; la tratta è infatti caratterizzata da coperture che vanno da un minimo di 20 m circa ad una massimo di 55 m circa, con la presenza di edifici in superficie.

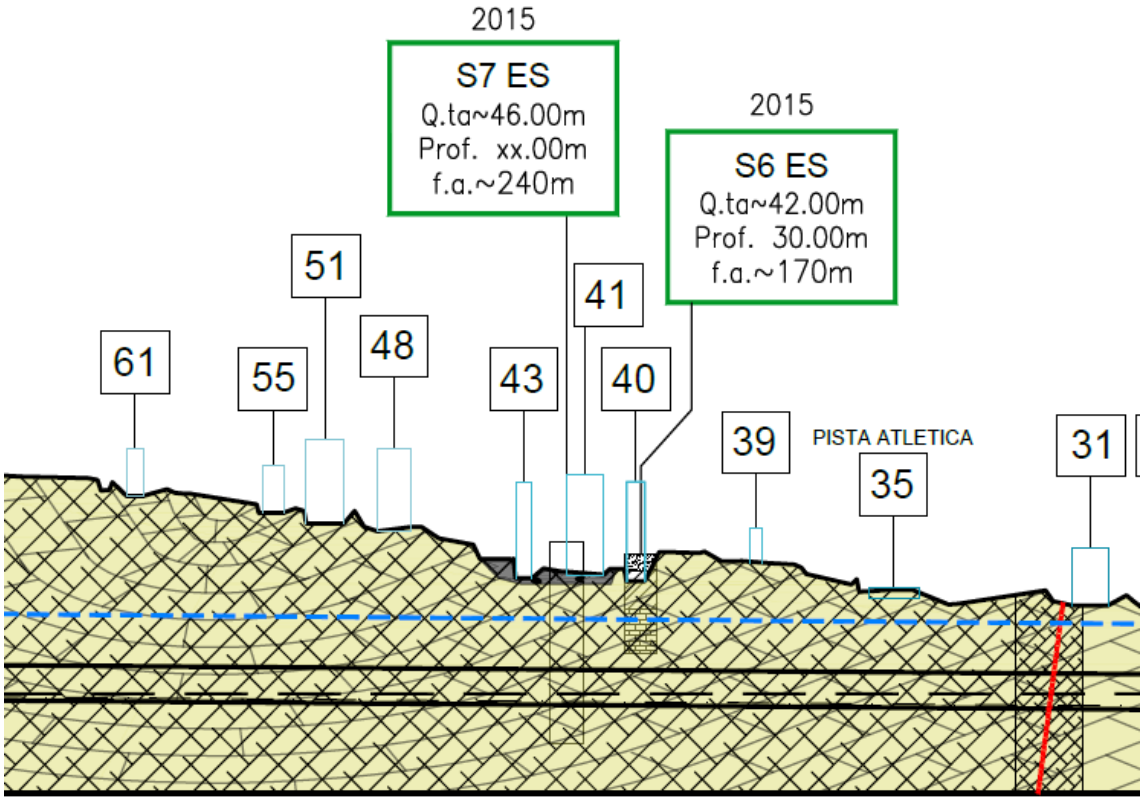


Figura 5.8 – Sotto-attraversamento tratta a basse coperture tra le progressive 0+550 e 1+200 circa

6. INDAGINI GEOGNOSTICHE

In fase di pianificazione delle attività finalizzate alla redazione del Progetto Esecutivo, si è ritenuto necessario programmare una indagine geognostica integrativa che si è posta i seguenti obiettivi:

- Approfondimento della ricostruzione litologico-stratigrafica in corrispondenza dell'area delle opere di monte
- Analisi ed investigazione dell'area in corrispondenza della zona di imbocco della finestra di servizio (area ex-canile comunale)
- Analisi ed investigazione dell'area in corrispondenza del camerone di innesto della finestra di servizio nella galleria scolmatrice
- Approfondimento della ricostruzione litologico – stratigrafica in corrispondenza dell'attraversamento delle argilliti di Montoggio.

A tale scopo sono state programmate le seguenti indagini:

- N. 5 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (serie SEB…); il sondaggio SEB6 è stato inserito nel programma, in corso d'opera, a seguito delle risultanze del sondaggio SEB5
- Sismica a riflessione
- Sismica a riflessione
- Prove sismiche cross-hole in foro nell'area Sciorba (opere di monte)
- Installazione di un nuovo piezometro in corrispondenza dell'area Sciorba
- Prove in foro di sondaggio per la valutazione delle caratteristiche di permeabilità e deformabilità dei terreni interessati dagli scavi
- Prove geomeccaniche di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche di resistenza, deformabilità e fresabilità dei terreni coinvolti negli scavi.

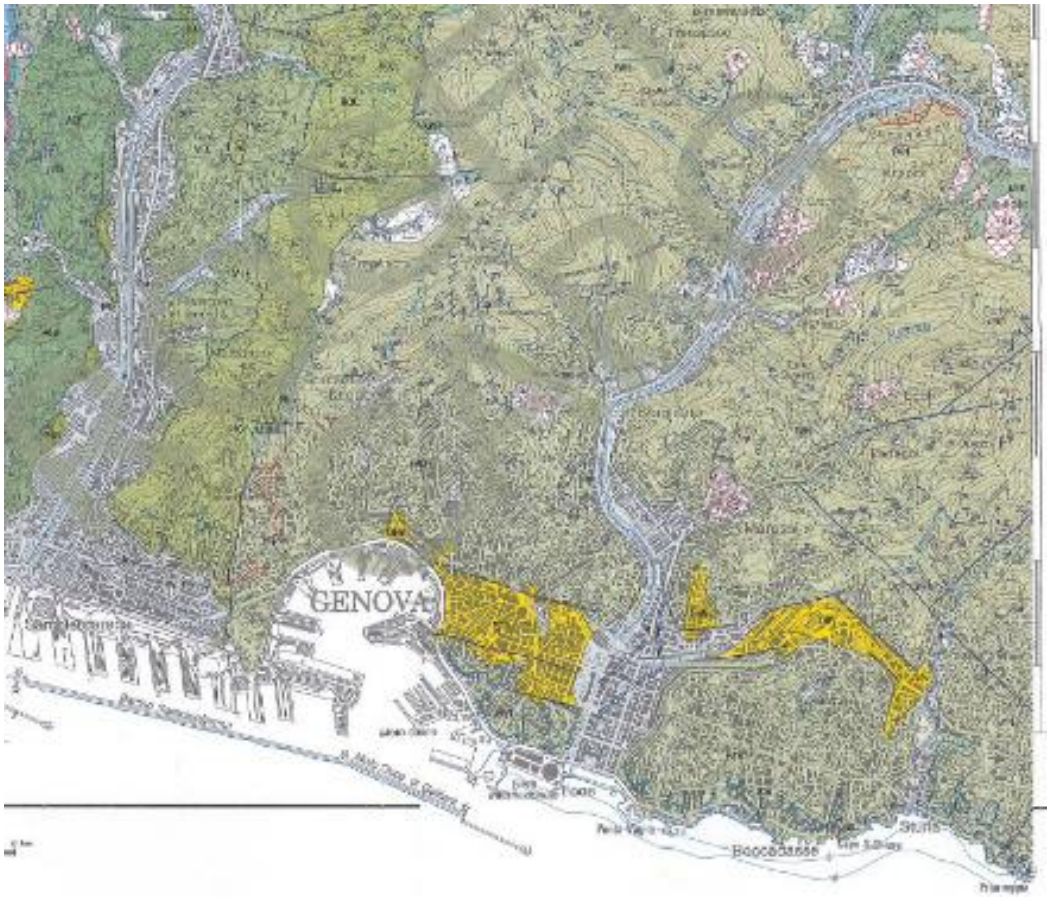
Il piano delle indagini è illustrato in modo dettagliato negli elaborati grafici, Planimetria ubicazione indagini (BIS2E-R-IND01-PL01-0) e nella relazione illustrativa indagini (elaborato BIS2E-R-IND01-RE01-0).

7. MODELLO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE

Nel seguito si riporta un inquadramento geologico geomorfologico generale dell'area e quindi, nel dettaglio, la situazione geologico-morfologica locale.

7.1. Assetto geologico regionale

Il settore interessato dalle opere a progetto è interamente compreso nel Foglio 213-230 Genova della Carta Geologica d'Italia, a scala 1:50.000. Questo settore della Liguria è caratterizzato da un substrato costituito dai flysch Intrappenninici e dalla presenza, discontinua, di coperture, generalmente di ridotto spessore, rappresentate da depositi quaternari.



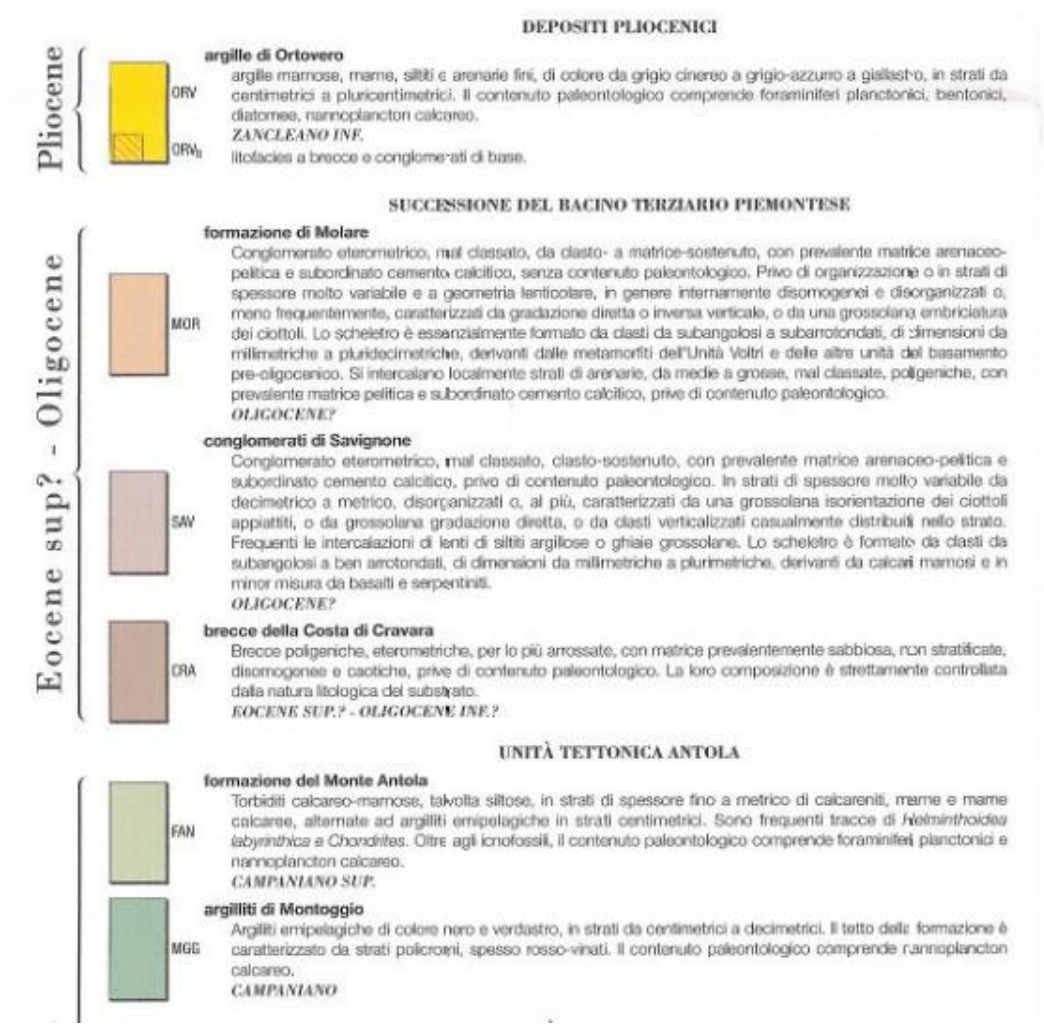


Figura 7.1 – Stralcio carta geologica 1:50.000 Foglio 213-230 Genova

La storia geologica dell'area interessata dal tracciato può essere inserita nel contesto più generale della complessa storia evolutiva della Liguria. L'evento che maggiormente caratterizza il territorio in esame ha inizio con un movimento di divergenza dei blocchi cratonici di Europa ed Africa, che porta alla formazione dell'Oceano Ligure - Piemontese. Al termine della sua evoluzione, sviluppatasi nell'intero periodo Cretaceo, ha inizio l'Orogenesi Alpina durante la quale si verifica un riavvicinamento delle zolle continentali; queste collidono e si sovrappongono mentre una parte dei terreni generatisi durante la fase espansiva è subdotta.

La deposizione dell'Unità del Monte Antola (UMA), cui appartengono buona parte dei terreni rilevati nell'area in studio, avviene nel Cretaceo medio – superiore all'interno di una fossa circa subparallela al piano di subduzione ed in un bacino allungato in direzione circa E-W.

A seguire la deposizione (Fase 0, Marini 1981) inizia la prima fase di ripiegamento (fase alpina precoce) con carattere decisamente compressivo, vergenza verso S ed assi delle pieghe diretti verso E. Nel corso di questa fase vengono generati vasti piani di rottura (faglia inversa di Ellera – Magrania) ed accavallamenti di masse a diversa vergenza, le pieghe assumono scala chilometrica e l'UMA va in emersione. La fase tettonica successiva, concomitante con il parossimo principale alpino e responsabile dell'instaurarsi più ad oriente della zona a scaglie Sestri – Voltaggio, ha una direzione circa ortogonale alla prima e genera due famiglie di pieghe a scala chilometrica, accompagnate da pieghe minori cui corrispondono due sub-fasi con assi dapprima in direzione circa Est e poi Nord-Est. Ad esse è associata una scistosità di frattura molto evidente in particolare nelle argilliti, dove il clivaggio è la superficie più evidente in affioramento rispetto alla stratificazione.

Le linee di cerniera e le superfici assiali dei due sistemi di strutture sono, generalmente, perpendicolari tra loro, tranne che nelle zone dove la seconda fase riorienta gli elementi strutturali della prima fase. Uno schema tridimensionale dell'interferenza geometrica tra le due deformazioni plicative principali è rappresentato in Figura 7.2.

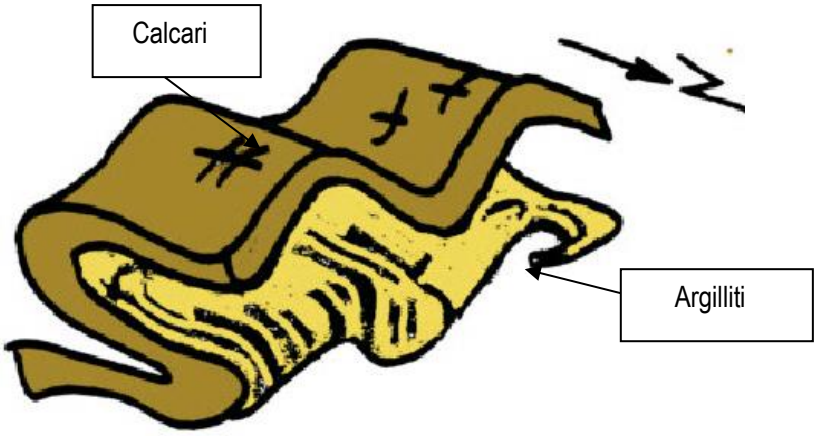


Figura 7.2

Dall'analisi delle stereo proiezioni polari delle famiglie di discontinuità (cfr. elaborati BIS2E-R-SDB01-PL10-0, BIS2E-R-SDB01-PL11-0) si osserva che, spesso, le giaciture dei due sistemi principali di fratture sono disperse in relazione alla sovraimposizione della Fase 2 sulla fase 1.

Le fasi plicative hanno comunque dato una risposta deformativa diversa in relazione ai materiali coinvolti; infatti gli orizzonti a comportamento duttile generano pieghe a diverso raggio mentre negli orizzonti rigidi possono crearsi diffuse fratturazioni secondo piani ortogonali alla stratificazione.

L'unità viene successivamente interessata da ulteriori fasi deformative in ambiente duttile e fragile. I piani di discontinuità sono in un primo momento paralleli alla costa (E-W) e successivamente normali alla stessa, contribuendo in tal modo ad impostare le direttrici dei principali corsi d'acqua.

La fase tettonica più recente ha generato due sistemi di faglie con direzione circa Est – Ovest che hanno interessato l'UMA lungo una striscia che corre tra la zona della Stazione di Porta Principe, a ponente, e il quartiere di Sturla a levante. Gli eventi dislocativi hanno abbassato una zolla del massiccio calcareo (struttura a graben). Nella fossa creatasi, delimitata da faglie e fianchi gradonati, si è inserito il mare che ne ha determinato il riempimento con sedimenti principalmente fini (argillo – limosi, Argille di Ortovero) in ragione della profondità di deposizione. Ai margini della fossa talvolta si riscontrano rifluimenti di natura argillosa che si sovrimpongono, generalmente per spessori modesti, al basamento calcareo.

Alla base della fossa si rileva la presenza di depositi grossolani che costituiscono il prodotto del progressivo disfacimento delle falesie calcaree che delimitavano la fossa stessa prima dell'inizio del colmamento. Ai margini della depressione si sono originate, nel corso dello "strappo" che ha portato all'approfondimento della fossa, fasce di cataclasiti e contesti dove la roccia ha subito processi di alterazione anche in profondità.

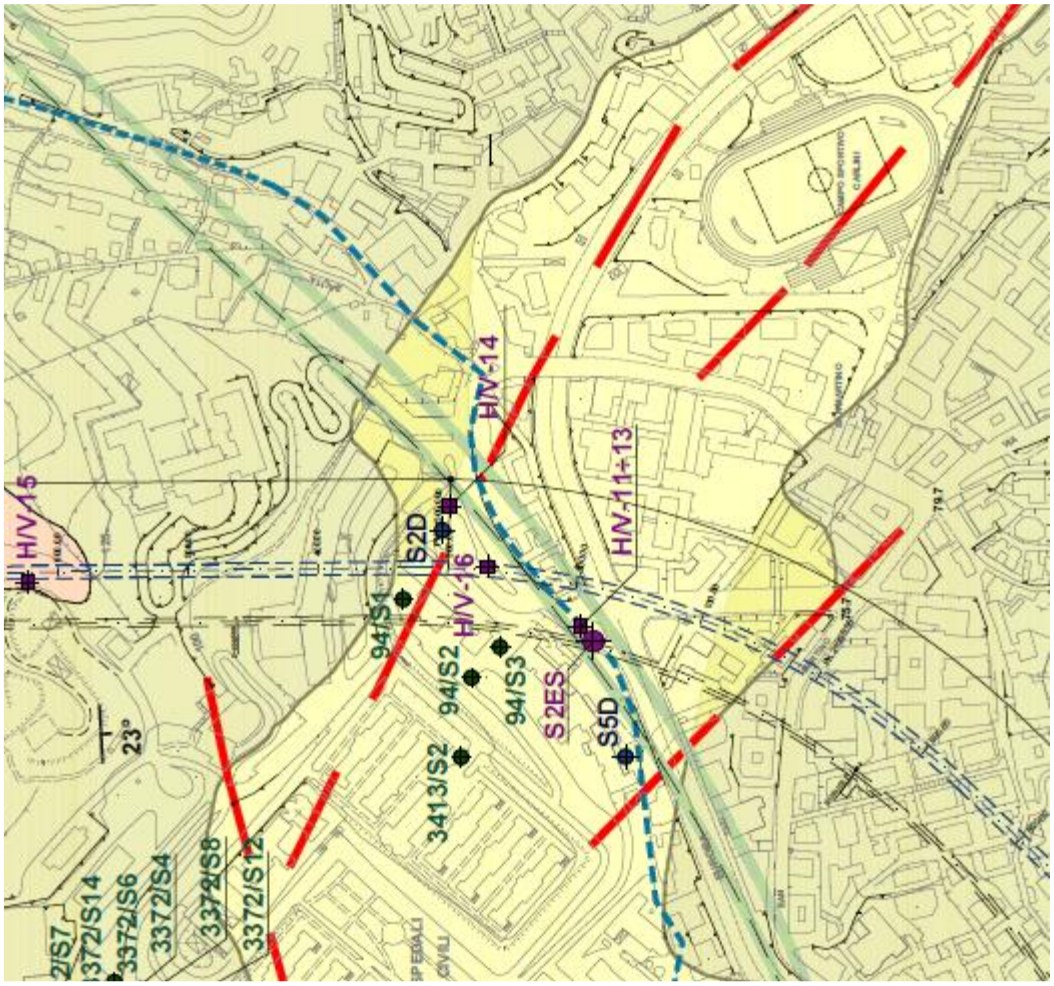


Figura 7.3 – Stralcio planimetrico carta geologica Fossa tettonica

Nel quadro generale l'Appennino Settentrionale si colloca al raccordo con la catena alpina ed è tradizionalmente delimitato a NW dalla linea Sestri – Voltaggio e a Sud dalla linea Ancona – Anzio (Corsi, 2003). Le Unità che lo costituiscono sono riconducibili a quattro domini paleogeografici ben distinti:

- Bacino Ligure (oceanico e transizionale),
- Bacino Subligure,
- Bacino Toscano
- Bacino Umbro – Marchigiano.

Il dominio Ligure è suddivisibile in due sottodomini:

- Bacino Ligure Interno
- Bacino Ligure Esterno.

7.2. Assetto geologico locale

L'area interessata dal tracciato dello scolmatore del Torrente Bisagno include la porzione inferiore e mediana della Val Bisagno, che scorre con direzione circa N-S, e parte dei bacini dei Rii Fereggiano, Rovare e Noce. Dal punto di vista geolitologico questo settore è caratterizzato dalla presenza delle tre seguenti Formazioni, distinte in ordine cronologico dalla più antica alla più recente:

- Argilliti di Montoggio – (Cenomaniano - Turoniano)
- Flysch di Monte Antola (Campaniano superiore, Maastrichtiano – Paleocene basale)
- Argille di Ortovero (Pliocene inferiore)

Le prime due Formazioni concorrono a formare l'Unità Tettonica di Monte Antola (UMA), che

compete ad un'area di bacino di fondo oceanico sviluppatasi a partire dal Giurassico superiore fra i margini paleoeuropeo e adriatico, non interessata dal metamorfismo di alta pressione e colmata rapidamente nel corso delle fasi orogeniche iniziali dell'edificio strutturale nordappenninico.

L'UMA rappresenta una delle falde di impilamento tettonico a margine della linea Sestri-Voltaggio. Poggia tettonicamente sull'Unità del Flysch di Busalla e la base del sovrascorrimento è rappresentata dalle Argilliti di Montoggio che avrebbero funzionato da livello di scollamento e lubrificante tettonico.

Da segnalare la presenza, nella zona dell'ospedale di S. Martino, della formazione delle Argille di Ortovero, un deposito che rappresenta il colmamento di un basso strutturale (graben) del fondale marino pliocenico.

Nell'ambito dell'anfiteatro genovese il flysch di Monte Antola rappresenta la litologia arealmente predominante che determina la morfologia dei versanti. Le argilliti basali affiorano lungo i fianchi della media Val Bisagno, dove risultano più diffuse in sponda destra rispetto alla sinistra, mentre sono praticamente assenti nell'area cittadina se si eccettua una ristretta zona in Albaro. Le argille plioceniche, infine, sono presenti con buona continuità in una larga fascia che attraversa la città in direzione ponente – levante.

Nel seguito si descrivono in dettaglio i depositi presenti lungo lo sviluppo delle opere, dal più antico al più recente ivi inclusi i termini di copertura

7.2.1. Le Argilliti di Montoggio

Le Argilliti di Montoggio sono argilliti manganesifere varicolori prevalentemente grigio scuro-nerastro, talvolta verde pallido o rosso-vinaccia, ad accentuata scistosità con sporadiche intercalazioni arenacee di spessore decimetrico. Sono depositi di ambiente emipelagico; poste alla base del Flysch di Monte Antola morfologicamente sono facilmente distinguibili per la brusca rottura di pendio che determinano. La struttura nel complesso si presenta fortemente scagliettata per effetto in special modo dell'intensa milonitizzazione alla quale il materiale è stato sottoposto; tali argilliti rappresentano infatti una superficie di scorrimento preferenziale per le principali dislocazioni tettoniche.

Il limite inferiore della formazione è rappresentato dal Flysch di Ronco e la natura del contatto, stratigrafico o tettonico, è ancora controversa. Lo spessore della formazione è normalmente modesto; nella zona di Montoggio è indicato in bibliografia, normalmente, nell'ordine di una trentina di metri. Valori localmente riscontrati e nell'ordine di 70 – 80 m sono imputabili a sovrapposizione tettonica.

Il grado di alterazione delle argilliti è sempre elevato; risultano fortemente aggredibili dagli agenti esogeni e, pertanto, scarsamente rappresentate in affioramento ammantate da una estesa copertura detritica. L'alterazione, causa l'elevato stato di fratturazione, può spingersi anche in profondità per effetto del regime di circolazione delle acque.



Figura 7.4 – Sondaggio SEB6 da m 15.00 a m 20.00

7.2.2. *Il Flysch di Monte Antola*

Il Flysch di M.te Antola, a Fucoidi ed Helmintoidi appartiene, nell'ambito del Dominio Piemontese Ligure, alle Liguridi Interne. E' costituito da una sequenza monotona di strati torbiditici accumulati in facies probabilmente distale lungo superfici di fondale inclinate ed instabili. La sequenza litologica tipo è costituita da alternanze eteropiche di calcari arenacei fini, calcari marnosi, marne calcaree, livelli di argilliti emipelagiche talora scistose e, più raramente, strati a base arenacea (Figura 7.5).

Lo spessore del Flysch di Monte Antola non dovrebbe superare, nel genovese, lo spessore di 200 m; nell'ambito della sua intera area di affioramento, fra il bordo padano dell'Appennino settentrionale ed il Mar Ligure, si ritiene che la sua potenza, causa accavallamenti tettonici, possa superare i 2000 m.

L'ordine di grandezza delle differenti litofacies in ambito cittadino vede una netta prevalenza della componente calcarea, calcareo marnosa o marnoso calcarea (70-80)%, limitati calcari arenacei (15%) ed argilliti complessivamente inferiori al 5% (Limoncelli e Marini, 1969 – Marini, 1981 e 2003).

I livelli calcarei e calcareo-marnosi si presentano in strati e banchi aventi spessori da sub-metrici a plurimetrici (spessore medio 1,0-1,50 m), generalmente compatti, da poco a mediamente fratturati esternamente alle zone di maggior disturbo tettonico. Gli interstrati argillitici hanno spessore decimetrico ed un elevato grado di alterazione. Lo spessore del Flysch non è conosciuto con precisione; causa accavallamenti tettonici si stima possa essere dell'ordine di 2.000 m o superiore. Stratigraficamente sia a grande che a piccola scala si hanno frequenti ed improvvise variazioni giaciturali per effetto sia di complessi fenomeni sinsedimentari (slumping) sia per le diverse deformazioni plicative subite dall'ammasso in fasi diverse.

E' stato accertato che il Flysch dell'Antola non è interessato da processi metamorfici oltre il campo della diagenesi.

La transizione alle sottostanti Argilliti di Montoggio è graduale e rappresentato da pochi metri di fitte intercalazioni di straterelli marnoso calcarei, argillitici ed arenacei.

Il Flysch di Monte Antola evidenzia una certa eterogeneità imputabile alla presenza di diverse litologie con comportamento ora rigido (calcari arenacei fini), ora mediamente rigido (calcari marnosi) ora duttile (marne ed argilliti), sia da una spiccata variabilità dello stato fessurativo della roccia.

Il grado di alterazione del materiale in banco dipende essenzialmente dalle condizioni di esposizione, dalla circolazione di acque di falda e dalla natura della facies interessate. Le bancate francamente calcaree sono, in genere, poco alterate già a livello di affioramento. Non è inconsueto riscontrare a modeste profondità livelli calcarei con roccia essenzialmente sana, anche se fratturata, avente resistenza medio – elevata.

Differenti sono le caratteristiche medie dei livelli marnosi ed argillitici. I primi se superficiali o soggetti a circolazione di acqua di falda sono, in genere, molto alterati, suddivisi in scaglie oppure ad aspetto terroso e plastico pur con consistenza medio-alta. Se l'alterazione non ha ancora prodotto il disfacimento totale si può avere uno stato di conservazione intermedio con roccia tenera o debole.

Situazione analoga si riscontra nei livelli argillitici, quasi sempre scistosi, le cui caratteristiche di resistenza decadono rapidamente al crescere del grado di alterazione che può interessare livelli anche relativamente profondi (fino a molte decine di metri).

Le intercalazioni marnose e argillose alterate costituiscono, in caso di giacitura sfavorevole, i piani di debolezza preferenziali lungo i quali possono instaurarsi fenomeni di instabilità. Tale contesto, unitamente ad un certo grado di frammentazione della massa rocciosa imputabile a motivi tettonici, giustifica la presenza di accumuli di frana, localmente anche importanti e generalmente di antica data (paleofrane).

Il Flysch di Monte Antola, rappresentato da calcari non puri, sulla base degli elementi bibliografici acquisiti integrati dalle diverse evidenze in sito, non risulta soggetto a fenomeni carsici di rilievo. Alcuni autori addirittura dubitano che per l'Antola si possa parlare di vero e proprio carsismo il quale, comunque, assume un carattere blando e poco pervasivo. I dati disponibili, in particolare, sembrano escludere la presenza di una circolazione idrica a grande scala di tipo carsico.



Figura 7.5 – Sondaggio SEB2 – Area Sciorba – Opere di monte

7.2.3. *Le Argille di Ortovero*

Le Argille di Ortovero sono depositi marini costituiti prevalentemente da marne e marne argillose, di colore grigio o grigio azzurro quando non alterate, fortemente sovraconsolidate e molto consistenti o dure. Più raramente si registra la presenza di strati sottili di sabbie a grado di cementazione variabile. Alla base della Formazione sono presenti livelli ghiaiosi e conglomeratici. Le argille di Ortovero affiorano in lembi isolati lungo la costa ligure tra Albenga e il levante genovese, dove occupano una fascia, di larghezza variabile (massimo circa 1 km), disposta grosso modo est – ovest tra il centro città e Sturla.

Difficilmente riscontrabili in affioramento in quanto confinate in aree densamente urbanizzate, le argille hanno colmato una fossa tettonica neogenica per spessori molto variabili; si va dagli oltre 200 m riscontrati nel centro di Genova (Piazza Corvetto – Acquasola) a spessori di alcune decine di metri (o pochi metri) all'estremità della depressione.

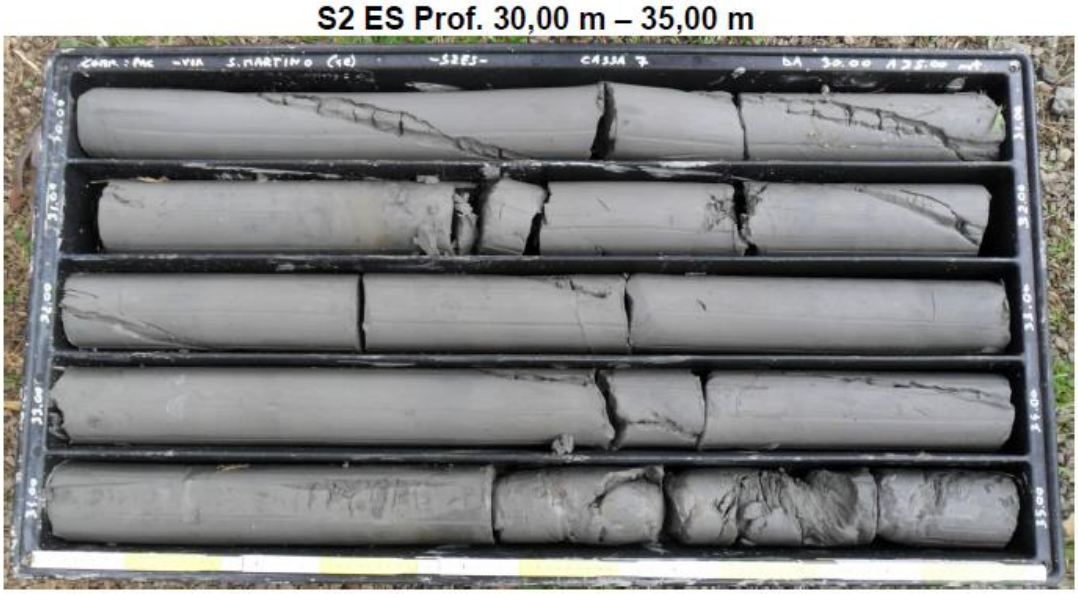


Figura 7.6 – Sondaggio S2 ES – Argille di Ortovero

7.2.4. *Depositi alluvionali*

I depositi alluvionali più significativi sono circoscritti al tratto mediano e terminale dell'asta del T. Bisagno, per una lunghezza di circa 10 km, larghezza compresa tra circa 200 m e 1.000 m e spessori compresi tra 10 e 50 m. In seno al materasso alluvionale, poggiante normalmente sui calcari dell'Antola, è possibile distinguere due settori differenti. Il primo, più esteso (circa 8 km) e settentrionale, è costituito da ghiaie, ghiaie limose e ghiaie sabbiose che raggiungono spessori massimi di 25-30 m; il secondo e terminale tratto, più prossimo alla foce e dove vengono raggiunti i massimi spessori, presenta all'interno delle ghiaie uno strato pressoché continuo di limi ed argille con spessori compresi tra 4 e 15 m.

I depositi alluvionali sono stati osservati nei sondaggi SEB3 e SEB4, eseguiti nell'alveo del torrente Bisagno in corrispondenza delle opere di monte (cfr. figg. 7.7 e 7.8).



Figura 7.7 – Sondaggio SEB3 – da 5.00 a 10.00 m



Figura 7.8 – Sondaggio SEB4 – da 5.00 a 10.00 m

7.2.5. *Coltri detritiche eluvio-colluviali*

Le coltri detritiche sono diffuse, in plaghe più o meno estese e distribuite "a macchia di leopardo", su tutto il territorio dell'anfiteatro genovese dove ricoprono il substrato calcareo marnoso. Nella maggior parte dei casi lo spessore delle coltri è limitato a pochi metri (1-5 m), più raramente si evince la presenza di coltri di spessore superiore a 5 m fino a 10-15 m. La natura delle coltri è essenzialmente eterogenea e ad ampio spettro granulometrico; esse sono infatti tipicamente costituite da un'abbondante scheletro grossolano di clasti calcarei immersi in una matrice fine dove prevale ora la frazione sabbiosa, ora quella limo-argillosa. I maggiori accumuli sono in genere associati alla presenza di corpi di paleofrana.

La presenza delle coltri detritiche è stata ben osservata nel sondaggio SEB1, realizzato in corrispondenza della zona di imbocco della finestra di servizio (area ex canile) (cfr. fig. 7.9).





Figura 7.9 – Sondaggio SEB1 – da 0.00 a 10.00 m

7.2.6. Depositi di spiaggia

I depositi di spiaggia bordano, localmente, il margine costiero per spessori di pochi metri. Sono in genere costituiti da depositi ciottolosi se non oggetto di ripascimenti sabbiosi artificiali.

7.2.7. Depositi antropici

Depositi antropici di estensione limitata, costituiti da materiali sciolti ed eterogenei in origine e composizione, con morfologia spianata, sono presenti in particolare nell'area urbanizzata in relazione ad interventi di edilizia o industriale. Nelle aree indagate sono rappresentati da ghiaie argillose con sabbie, o ghiaie sabbiose con argilla, ed includono frammenti calcarei eterometrici a spigoli vivi, chiodi metallici, ferri di armatura, elementi in muratura e pezzi di calcestruzzo.

7.3. Assetto geomorfologico

Di seguito si riporta una sintesi dell'assetto geomorfologico a livello regionale e, successivamente, a livello di bacino del Torrente Bisagno.

A grande scala il territorio genovese può essere descritto come una regione di colline e media montagna con limitate piane alluvionali normalmente poste lungo i principali corsi d'acqua. Elemento oro-idrografico essenziale è la presenza dello spartiacque Tirreno-Adriatico che decorre con andamento irregolare da SSW a NNE a breve distanza dalla costa. Le quote massime, disposte parallelamente alla costa stessa, non sempre coincidono con lo spartiacque. I due versanti del displuvio risultano fortemente asimmetrici: quello tirrenico è ripido con pendenza media anche superiore al 20%, quello padano degrada dolcemente verso la pianura con pendenze medie inferiori al 5%.

I corsi d'acqua del versante tirrenico scendono, di norma, ortogonalmente rispetto alla costa, mentre sul versante padano solo localmente si ha un'orientazione preferenziale con direzione SSE-NNW. I corsi d'acqua del versante tirrenico risultano molto più attivi rispetto a quelli padani ed hanno arretrato,

per erosione regressiva, le loro testate spostando i relativi spartiacque verso nord e catturando in tal modo parte dei bacini settentrionali. Questo è avvenuto con maggiore frequenza in aree ove prevalgono, in affioramento, terreni maggiormente erodibili in corrispondenza dei quali gli spartiacque descrivono archi con concavità rivolta a sud. Contrariamente al settore padano i bacini del versante tirrenico hanno dimensioni modeste con valli spesso profondamente incise delimitate da versanti ripidi; la curva di fondo degli alvei ha pendenza elevata nei tratti montani (superiore al 15%) con salti ed anche rapide. I corsi d'acqua secondari sono spesso paralleli alla direzione degli strati e confluiscono nel corso principale ad angolo retto.

In un contesto generale che manifesta un'orografia dai tratti marcatamente giovanili, con pendenze medio elevate o elevate in relazione ai litotipi affioranti, numerose sono le frane antiche (paleofrane) o recenti, quiescenti o attive, cartografate.

Un cenno meritano anche i fenomeni di erosione accelerata che, in presenza di precipitazioni eccezionali e di un assorbimento d'acqua non sempre elevato in ragione dell'acclività dei versanti, interessano alcuni settori del versante ligure. Versanti ripidi e rocce molto fratturate, o alternate a materiali degradabili, permettono che un intenso ruscellamento asporti, nelle parti più elevate dei bacini, la coltre superficiale con evidente danno per la stabilità dei pendii. Dove l'acqua scorre incanalata l'erosione spesso opera lungo gli argini scalzandoli e provocando dissesti a catena.

Frequenti sono in Liguria i casi di torrenti, in particolare il Leiro, il Polcevera ed il Bisagno che, improvvisamente ingrossati dalle precipitazioni e carichi di materiale asportato a monte, hanno eroso argini, sfondato ponti ed invaso gli abitati a valle. Tale contesto risulta aggravato dal marcato grado di antropizzazione che, localmente, ha sottratto ampie superfici all'infiltrazione sotterranea, ha tombato i corsi d'acqua ed ha portato ad un deciso sviluppo dei siti edificati all'interno delle naturali fasce di espansione delle piene fluviali.

Nell'area dell'Appennino ligure un netto contrasto morfologico contraddistingue le masse prevalentemente argillose (Argille a Palombini, Formazioni di Mignanego, Montanesi, Ronco e Montoggio) dai sovrastanti Calcari di Antola, spesso in scarpata al contatto.

L'irregolarità dei caratteri fisiografici ora descritti deriva principalmente dalla complessità dell'assetto strutturale della regione, dalla varietà delle litologie e dalla successione degli eventi tettonici ed orogenici.

Gli aspetti morfologici del territorio sono generalmente in accordo con le condizioni climatiche attuali anche se, localmente, sono evidenti relitti di condizioni climatiche molto diverse (paleosuoli).

A livello generale la costa si presenta normalmente alta; modesti promontori rocciosi si protendono a mare alternandosi ad insenature falcate ed orlate da strette spiagge e pianure litorali per lo più a ciottoli o con sabbie grossolane. Numerose sono le testimonianze, a diverse altezze, di antiche linee di riva e spianate di abrasione marina; particolarmente note sono quelle di Coronata e Nervi.

7.3.1. Bacino del torrente Bisagno

Il bacino idrografico del torrente Bisagno ha dimensioni medio piccole (93 km^2) ed è delimitato a nord dallo spartiacque Bisagno-Scrivia, ad ovest dallo spartiacque Bisagno-Polcevera, ad est dallo spartiacque Bisagno-Lavagna, ed infine a sud dallo spartiacque Bisagno-Sturla-Nervi-Poggio-Sori. La maggior parte dell'area d'interesse progettuale è compresa nel settore orientale del bacino del Bisagno; solo il tratto terminale della galleria, fra il Forte di San Martino ed il mare, ricade esternamente a tale bacino. L'asta principale del corso d'acqua, lunga 25 Km, ha un andamento irregolare con brusche variazioni di direzione; è infatti disposta circa parallela alla costa nella parte superiore del bacino (NNE-SSW) e perpendicolare alla stessa (N-S) nella parte inferiore. Numerosi sono i salti di fondo che testimoniano variazioni del livello basale nonché fenomeni di cattura a carico di alcuni tributari. I diversi affluenti si immettono in alveo normalmente ad angolo retto.

L'assetto oroidrografico del bacino è fortemente condizionato da fattori geodinamici endogeni, la cui influenza appare evidente soprattutto in relazione ad una serie di indicatori geomorfologici che testimoniano la rilevante correlazione fra attività tettonica quaternaria ed evoluzione morfologica del bacino stesso. La presenza di superfici fossili, terrazzi morfologici, movimenti di massa e meandri

testimonia come l'assetto attuale sia stato raggiunto attraverso fasi successive di erosione rapida avvenute in epoche relativamente recenti.

La diffusa presenza di materiali lapidei determina normalmente pendenze elevate; la pendenza media dei versanti è infatti del 31% con frequenti tratte anche superiori al 50%.

Nell'ambito dell'intero bacino il tessuto urbano occupa una superficie importante e valutata nell'ordine dell'11%.

Il Torrente Bisagno nel suo insieme disegna una valle con profilo ristretto ed incassato entro fianchi vallivi ove spesso affiora il substrato roccioso; tali fianchi risultano frequentemente asimmetrici causa una diversa giacitura degli strati. In tale contesto la piana alluvionale del corso d'acqua è di larghezza modesta, anche se tende ad allargarsi da monte verso valle; in molte tratte però la sua naturale larghezza è stata ridotta per interventi antropici che hanno portato all'edificazione di strade e fabbricati in aree un tempo di naturale espansione fluviale, aggravando in tal modo gli effetti delle periodiche alluvioni.

Caratteristica è la dimensione e la forma della fascia di transizione fra pianura e versante. Molto spesso in Liguria questa fascia è ampia e articolata a testimonianza di attività detritico colluviali di versante, mentre nel caso in studio l'attacco è spesso netto.

Altra caratteristica riguarda il rapporto planoaltimetrico fra alveo attuale e superficie della piana alluvionale. Si nota una generale uniformità sia del dislivello medio fra quota della piana e quota del greto, sia della morfologia della piana. Su quest'ultimo aspetto certamente è dominante l'azione dell'uomo il quale, sin da tempi remoti, ha rimodellato il terreno attenuando dislivelli, colmando tracce di vecchi alvei, spianando gibbosità ed accumuli sedimentari.

Il Torrente Bisagno scorre a cielo aperto per buona parte del suo percorso anche se, nella parte di attraversamento della città di Genova, la sua attuale configurazione geometrica, per effetto di importanti interventi antropici, risulta molto lontana da quella naturale. A partire dalla stazione di Brignole sino alla foce il corso d'acqua è tombato.

Le verifiche idrauliche allegate al Piano di Bacino individuano nel tratto terminale coperto, ed in quello scoperto sino alla confluenza con il Fereggiano, le principali criticità idrauliche. Il settore maggiormente critico è quello terminale, causa la grave insufficienza del tratto canalizzato la cui limitata officiosità comporta pericolosi fenomeni di rigurgito a monte amplificati dalla presenza dei manufatti interferenti con l'alveo. Emerge nel complesso una elevata suscettibilità al rischio di inondazione che comunque, come meglio illustrato in seguito, non interessa in alcun modo le aree di stretto interesse progettuale.

Nella parte montana del bacino lungo l'alveo del Torrente Bisagno affiora direttamente il substrato roccioso; procedendo verso valle questo si approfondisce e l'incisione viene colmata da una coltre alluvionale costituita da ghiaie e sabbie con anche limo ed argilla. L'estensione del materasso alluvionale copre una lunghezza di circa 10 Km ed una larghezza compresa fra 200 e 1.000 m; gli spessori sono molto variabili ed aumentano progressivamente verso la foce; nell'area in studio si va dai circa 20 m in corrispondenza dell'opera di presa ad oltre 40 m all'altezza di Piazza Giusti.

All'interno della coltre alluvionale è contenuta una importante falda idrica ampiamente utilizzata a scopo idropotabile ed industriale. L'alimentazione dell'acquifero è dovuta essenzialmente agli apporti diretti del Bisagno che pertanto ha caratteristiche "disperdenti"; da segnalare anche, seppur di incerta quantificazione, l'esistenza di un'alimentazione dovuta alle acque circolanti nell'ammasso roccioso calcareo fratturato.

La falda risulta libera lungo buona parte del percorso anche se, verso mare, la presenza di alcune intercalazioni argillose origina una seconda e più profonda falda in pressione. In corrispondenza della foce il saliente roccioso che costituisce il proseguimento sepolto della collina di Carignano, in corrispondenza di via Cecchi, confina la falda e protegge dall'intrusione del cuneo salino.

Localmente la presenza del fiume è segnalata, a quote maggiori rispetto a quella attuale, dalla presenza di superfici spianate di roccia prive però di depositi alluvionali.

Dal punto di vista litologico l'elemento predominante è dato dalla presenza di depositi calcareo marnosi riferibili al Flysch di Monte Antola; in subordine sono presenti, fra Molassana e Struppa, depositi riferibili alle Argilliti di Montoggio. La presenza dei calcari determina una buona energia di rilievo e un

grado di acclività medio – elevato. Le principali variazioni di pendenza sono riconducibili ora a variazioni nell'assetto giaciturale degli strati (condizioni di reggipoggio determinano pendenze maggiori rispetto a quelle a franapoggio), ora ai cambi di litologia; caratteristico è proprio il "salto di pendenza" dei versanti nel punto di passaggio fra calcari ed argilliti.

Dall'esame della carta geologica è evidente come la predominanza di un tipo litologico, seppur diversificato al suo interno, contribuisca a determinare caratteri morfologici sostanzialmente omogenei. La presenza di una marcata tettonica, sia fragile - duttile che duttile, caratterizza morfologicamente l'area. Il secondo aspetto, quello fragile, ha comunque la maggiore influenza sul quadro geomorfologico generale. Infatti l'allineamento dei corsi d'acqua si dimostra coerente con le principali lineazioni tettoniche che rappresentano zone di debolezza lungo le quali le acque hanno potuto incidere il proprio corso. Nei calcari il reticolo idrografico è disposto secondo lineazioni strutturali e corre fra fianchi incassati e stretti; in presenza di materiali argillosi il reticolo si è sviluppato, in assenza di vie preferenziali, a raggiera, secondo le linee di massima pendenza.

Lungo i versanti sono cartografate diverse frane e nel solo bacino del Bisagno ne sono censite ben 300. Alcune di queste rappresentano gli accumuli di antichi dissesti (paleofrane) imputabili a periodi climatici molto diversi da quelli attuali, ad eventi neotettonici o ad una ripetuta attività sismica; sono generalmente stabilizzate anche se non mancano casi di locali e/o superficiali riattivazioni. Sono comunque cartografate numerose frane quiescenti e più raramente alcune frane attive.

In presenza di coltri a prevalente composizione coesiva sono rilevabili dissesti superficiali con dinamica di tipo soliflusso; si tratta in genere di movimenti lenti che interessano la coltre detritica pluvio – colluviale, antichi accumuli di frana o la porzione corticale delle Argilliti di Montoggio maggiormente alterate e poggianti su materiali litoidi. È importante osservare come in genere i diversi dissesti siano connessi alla combinazione di più meccanismi di movimento avvenuti, simultaneamente o in tempi successivi, nell'ambito del medesimo versante.

Nella parte medio - alta del bacino sono noti fenomeni di Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (D.G.P.V.), che rappresentano la risposta più evidente dell'evoluzione dei pendii rispetto ai processi di abbassamento rapido per erosione del fondovalle. Essi sono concentrati, generalmente, in zone caratterizzate da litologie a prevalente comportamento diversificato (es.: fragile per calcari sovrapposti a litologie con associato un comportamento duttile quali le argilliti). Tali fenomeni sono osservabili lungo la sponda sinistra del torrente Bisagno (monte Rosato, monte Trincea, monte Lungo, monte Masapello).

In un contesto che vede la prevalenza di materiali lapidei stratificati le cause generali predisponenti alla franosità sono rappresentate dalle giaciture degli strati a franapoggio inclinati meno o come il versante. Ad aggravare la situazione possono concorrere sistemi fessurativi continui ed invasivi che, unitamente alla presenza di interstrati argillitici e/o argillosi, isolano intere masse rocciose che divengono pertanto libere di scivolare lungo piani inclinati. Le frane così generate possono essere classificate come frane di scivolamento lungo una superficie planare preesistente. Le eccezionali precipitazioni, o anche il solo effetto antropico, possono essere fra le principali cause determinanti delle frane.

Fra le frane per cause antropiche si vuole ricordare quella avvenuta a Genova in corrispondenza della Collina degli Angeli il 12 marzo 1968, dove circa 12.000 m3 di roccia investirono un edificio di 7 piani causando la morte di 19 persone. La massa rocciosa era rappresentata dai calcari marnosi dell'Antola con interstrati argillosi, disposta a franapoggio con pendenza simile al versante, disturbata da precedenti lavori di cava.

Sempre nell'Antola possono aversi anche frane per ribaltamento o crollo in presenza di strati a franapoggio e/o versanti particolarmente ripidi.

Come conseguenza dei fenomeni descritti si osservano, lungo le fasce basali dei versanti, coltri detritiche terroso - lapidee con spessori di norma contenuti nei 3 m; il fenomeno interessa particolarmente la valle del Rio Fereggiano e quella del Rio Rovare.

La giovane età del paesaggio è tradita nel suo complesso, oltre che dai fenomeni franosi, anche da fenomeni di erosione regressiva particolarmente evidenti lungo le valli secondarie. Il profilo longitudinale dei torrenti in questo territorio non sembra aver raggiunto l'equilibrio e mostra un trend

evolutivo che si manifesta anche attraverso un'intensa erosione al piede che può essere concausa di fenomeni d'instabilità. E' evidente, anche nei rii minori, un copioso alluvionamento con presenza di ghiaie ciottoli e blocchi di grandi dimensioni imputabile alla grande varietà di detriti di cui sono serbatoio le numerose frane o paleofrane.

Come conseguenza di tutto ciò durante le piene possono registrarsi eccezionali apporti di materiale con conseguente innalzamento dell'alveo; successivamente quando il regime viene normalizzato avviene una ripresa dell'erosione ed i corsi d'acqua reincidono le proprie alluvioni.

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
- Sopralluoghi e rilievi geologici e geomeccanici
- Classificazione dei fattori di rischio geologici, geomorfologici e geotecnici/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:
    - Analisi combinata della probabilità di accadimento e della relativa incidenza (danno) per ciascun fattore individuato lungo il tracciato dell'opera.
    - Attribuzione ad ogni aspetto analizzato, del grado di rischio (probabilità x danno= rischio: da molto basso ad alto) secondo la matrice di seguito illustrata:

	Likelihood				
Impact	**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

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).

La valutazione del rischio, condotta nel modo sopra illustrato e definita tratta per tratta secondo quanto indicato nei profili geologici e geomeccanici di PE, è stata condotta per i seguenti aspetti principali

- Rischio di instabilità del fronte e/o del cavo per la presenza di zone tettonizzate e/o di basse coperture
- Rischio presenza trovanti
- Rischio di fronte misto
- Rischio di fenomeni di “spalling”
- Rischio di fenomeni di “squeezing”
- Rischio di deformazioni d’ammasso (convergenze/estrusioni)
- Rischio di fenomeni di subsidenza e/ di interferenza con edifici
- Rischio di microcarsismo
- Rischio legato alla presenza di un elevato carico idraulico
- Rischio di venute d’acqua concentrate
- Rischio di eventuali fenomeni di dissoluzione
- Rischio di acque aggressive
- Rischio di impatto sulle risorse idriche (sorgenti).

9. MODELLO GEOLOGICO PER TRATTE OMOGENEE

La Carta Geologica in allegato, alla scala 1:2.000 ed 1:5000, è stata ottenuta interpolando i dati a disposizione con particolare riferimento alla cartografia geologica disponibile, alla carta degli affioramenti redatta sulla base dei recenti sopralluoghi ed alle stratigrafie di tutti i sondaggi geognostici, recenti e pregressi, ed in base alla cartografia prodotta nella fase di redazione del PD della galleria scolmatrice e del PE del canale deviatore Fereggiano. Gli studi condotti, in coerenza con le informazioni disponibili, hanno evidenziato come le litologie presenti nella zona interessata dal progetto siano riconducibili essenzialmente alle seguenti Formazioni:

- Argilliti di Montoggio;
- Flysch di Monte Antola;
- Argille di Ortovero;
- Depositi superficiali (alluvionali, colluviali, gravitativi, antropici, di spiaggia).

La parte settentrionale della carta, dal torrente Bisagno alla località Torre Quezzi, è caratterizzata da una morfologia molto acclive ed un basso grado di urbanizzazione. La parte meridionale invece, sviluppandosi per la maggior parte all'interno della Città di Genova, evidenzia un intenso grado di urbanizzazione e numerosi corsi d'acqua in parte tombati.

Dall'esame della carta geologica si nota come la maggior parte delle aree d'interesse progettuale sia occupata dal Flysch di Monte Antola, che si estende con continuità lungo quasi tutto lo sviluppo della galleria. La stratificazione, non sempre molto evidente in affioramento, riproduce una serie di strutture anticilinaliche e monoclinaliche spesso blande interrotte da sistemi di faglie disposte generalmente NW-SE e, più raramente, N-S. Accanto ai sistemi dislocativi indicati in carta è probabile ve ne siano altri non riconoscibili sia per la scarsità di affioramenti sia per il grado di urbanizzazione di molte aree. Normalmente il Flysch è ricoperto da una coltre detritica di spessore modesto; localmente sono presenti depositi riconducibili a movimenti gravitativi e costituiti prevalentemente da brecce eterogenee in matrice limoso - sabbiosa di colore grigio.

Le Argilliti di Montoggio sono confinate ad una stretta fascia nell'intorno del Rio Mermi tra le progressive 5300 e 5400. Tale affioramento è da mettere in relazione con la presenza di importanti sistemi di faglia. Le Argilliti di Montoggio affiorano localmente lungo il Rio Mermi, in generale sono ricoperte da una coltre detritica originata a spese della formazione stessa e su cui spesso s'instaurano fenomeni deformativi superficiali. Un secondo e limitato affioramento di Argilliti di Montoggio è cartografato ad est del Forte di San Martino.

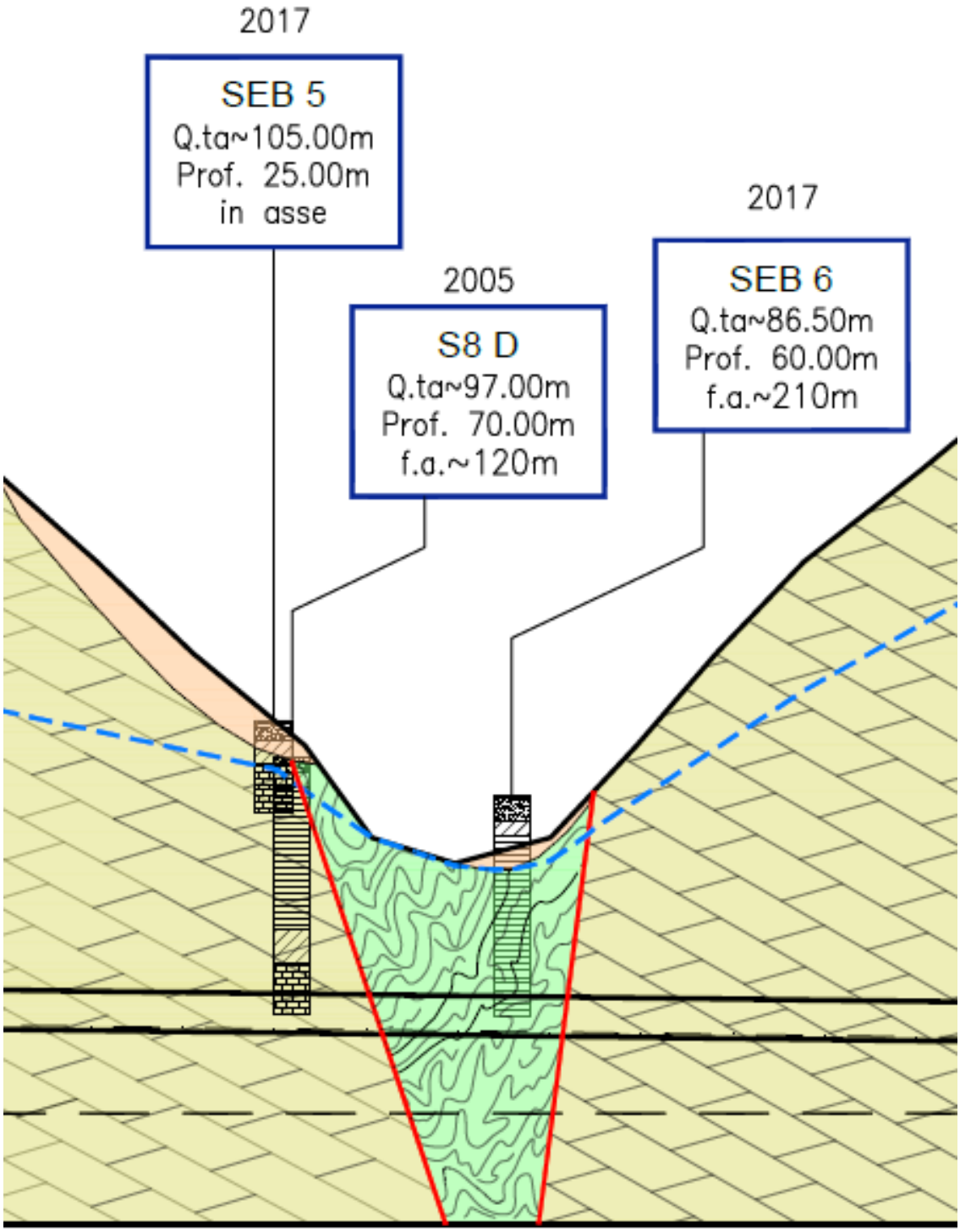


Figura 9.1 – Tratta in Argilliti scistose ("Argilliti di Montoggio")

Le Argille di Ortovero occupano una fascia ristretta avente direzione circa E-W, delimitata da due faglie parallele con direzione NW-SE o E-W (cfr. fig. 5.2). Lo spessore del litotipo si dimostra molto variabile e compreso fra i 60 m del vicino sondaggio SF6 del Fereggiano (anche se sono possibili spessori maggiori, sino a 80 – 100 m) ed i 12 m del sondaggio S2D. Anche in questo caso non sono stati riscontrati affioramenti del litotipo per effetto dell'elevata alterabilità dello stesso e del marcato grado di

urbanizzazione delle aree di competenza.

Lungo l'alveo del torrente Bisagno, ed in particolare in corrispondenza dell'opera di presa, sono presenti depositi alluvionali costituiti prevalentemente da ghiaie argillose con sabbia o sabbie argillose con ghiaia. Tali depositi, com'è stato possibile dedurre dalle stratigrafie dei sondaggi effettuati in passato, presentano spessori anche superiori ai 20 m. Spostandosi dal corso d'acqua verso i vicini rilievi i depositi alluvionali hanno spessori decrescenti, mentre su di essi poggia una coltre detritica originatasi a spese del Flysch e/o materiali di riporto messi in posto probabilmente a favore della costruzione dei diversi fabbricati.

In corrispondenza della costa sono presenti depositi di spiaggia; in molte aree esigenze di fruibilità detta battigia hanno portato, nel recente passato, a versamenti di materiale granulare spesso proveniente dalla manutenzione degli alvei fluviali.

9.1. Profili geologici

La redazione dei profili geologici di Progetto Esecutivo muove dall'affinamento della ricostruzione stratigrafica già proposta in sede di Progetto Definitivo, specie con riferimento alle quote di passaggio tra diverse formazioni, nei settori non sufficientemente coperti dalle verticali di indagine già eseguite nelle precedenti fasi progettuali.

Sono stati redatti due profili geologici:

- Profilo geologico ed idrogeologico di previsione lungo la galleria scolmatrice
- Profilo geologico ed idrogeologico di previsione lungo la galleria di servizio
- Ricostruzione geologico e litologico – stratigrafica dell'area della finestra di servizio mediante sezione longitudinali e trasversali di dettaglio
- Ricostruzione geologico e litologico – stratigrafica dell'area di monte mediante sezione longitudinali e trasversali di dettaglio.

Per il dettaglio si rimanda agli elaborati grafici di riferimento.

Nel seguito si riassumono in sintesi le caratteristiche geologiche per tratte omogenee a partire dalle opere di monte.

L'area in corrispondenza delle opere di monte è stata oggetto di indagini integrative, SEB2, SE2bis, SEB2ter, SEB3, SEB4, indagini simiche a rifrazione. L'approfondimento di indagini ha consentito una ricostruzione dettagliata dell'area riportata nell'elaborato BIS2E-R-SDB01-SZ02-0. La figura 9.2 riporta l'andamento lito-stratigrafico di dettaglio della zona di sbocco a monte della galleria scolmatrice. La ricostruzione di dettaglio sui sondaggi SEB2, SEB3 e sulle sismiche a rifrazione eseguite sia in alveo del torrente Bisagno sia in asse a Via Adamoli.

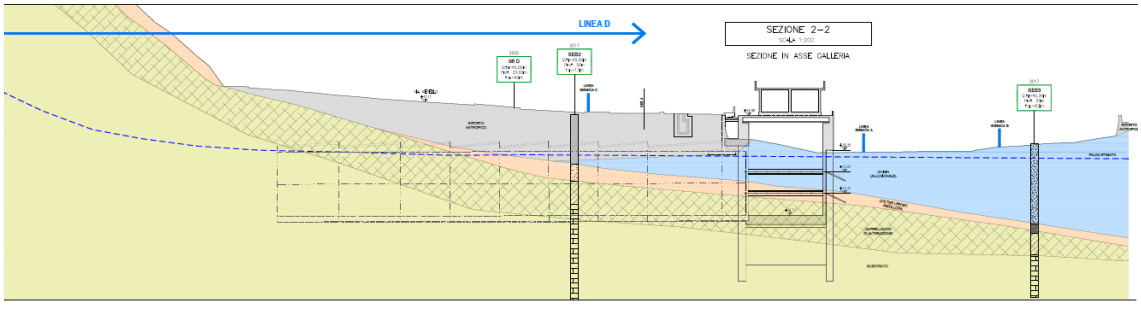


Figura 9.2 – Profilo longitudinale di dettaglio dell'opera di presa a monte

Dalla progressiva 6+600 circa, opera di monte fino alla progressiva 6.019 circa, progressiva di innesto con il camerone della finestra di servizio, lo scavo (previsto con metodologia tradizionale) si sviluppa interamente all'interno del Flysch del monte Antola, fig. 9.3.

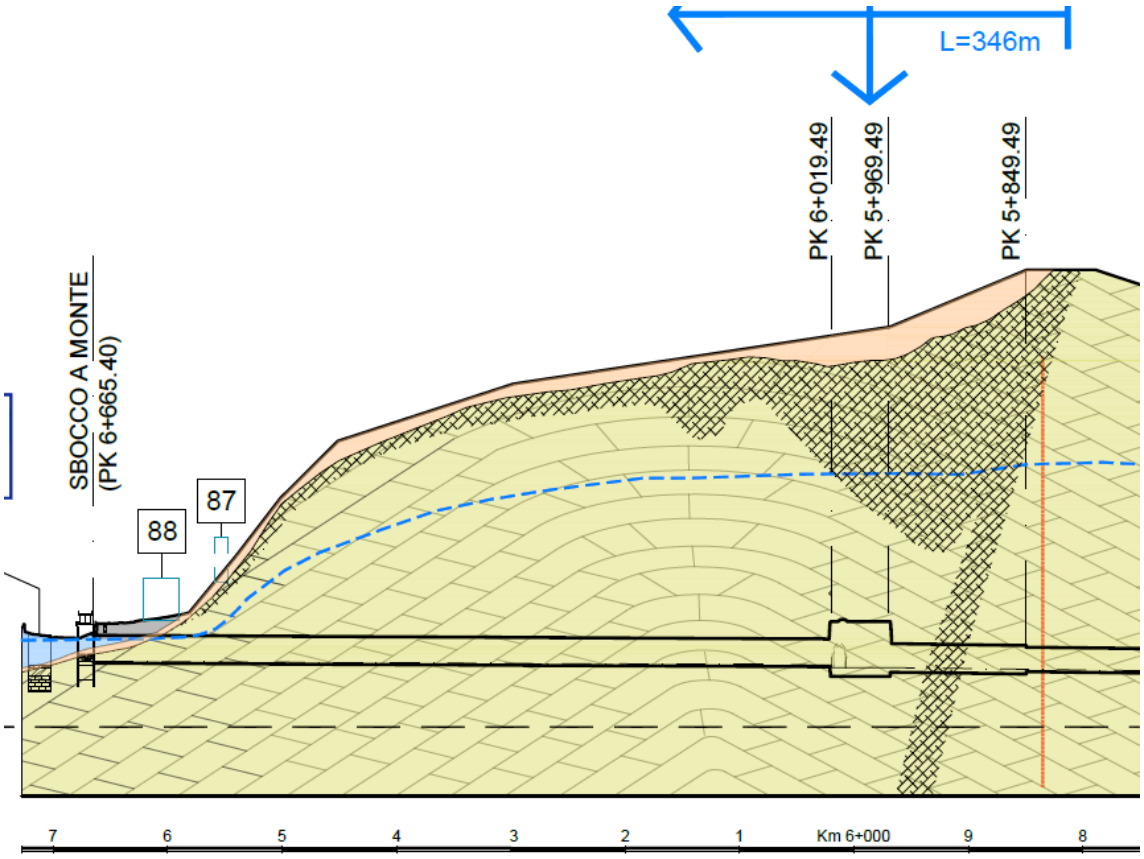


Figura 9.3 – Profilo longitudinale di dettaglio dall'opera di presa a monte ad innesto camerone

Dalla progressiva di innesto con la finestra di servizio fino alla progressiva 5+430 circa, lo scavo (previsto con metodo meccanizzato) si sviluppa parte all'interno del Flysch del Monte Antola e per una tratta di circa 100 m, all'interno delle Argilliti di Montoggio, il cui contatto con i calcari marnosi è delimitato da due faglie sub-verticali.

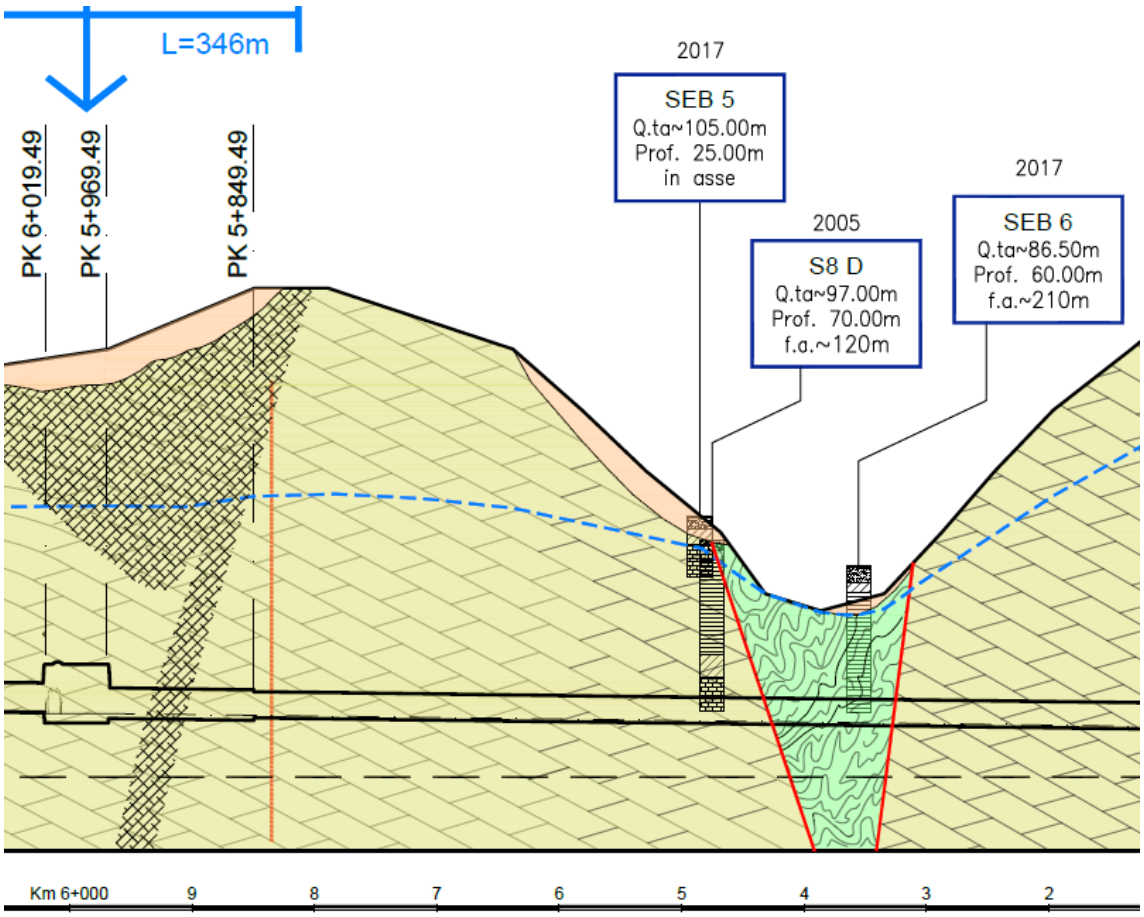


Figura 9.4 – Profilo longitudinale di dettaglio da innesto camerone ad attraversamento argilliti

Dalla progressiva 5+320 circa, zona di contatto con le Argilliti di Montoggio fino alla progressiva 2+300 circa, lo scavo si sviluppa interamente all'interno del Flysch dell'Antola, variamente ripiegato.

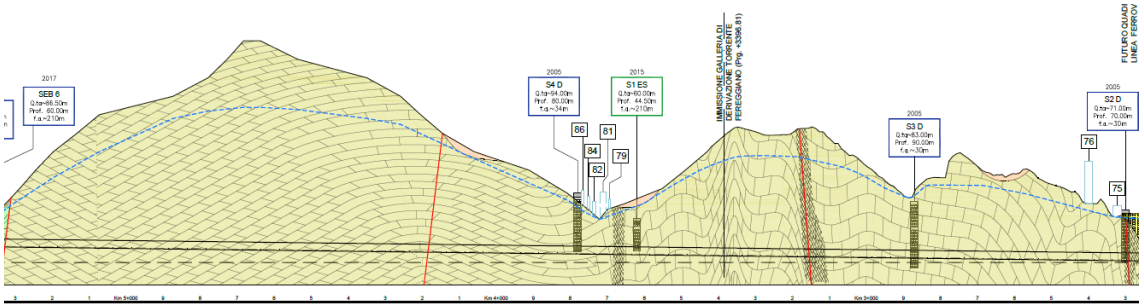


Figura 9.5 – Profilo longitudinale di dettaglio dell'opera nella tratta 2+300-5+230 circa

Dalla progressiva 2+300 alla progressiva 2+020 il tracciato si sviluppa interamente attraversamento del "Graben di Terralba", interessato dalla formazione delle Argille di Ortovero.

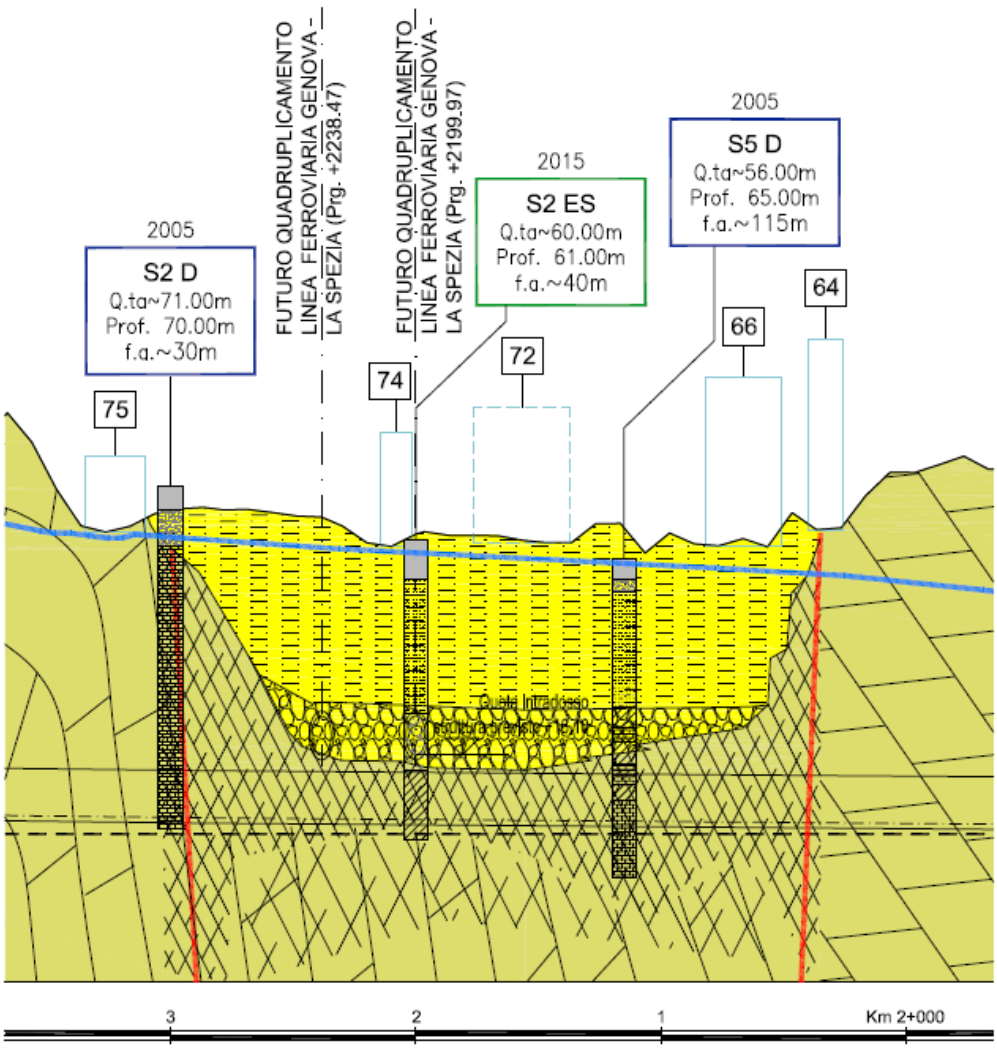


Figura 9.6 – Profilo longitudinale di dettaglio dell'opera nella tratta 2+300-2+020 circa

Nella tratta tra le progressive 2+020 e lo sbocco a mare (progressiva 0+000) lo scavo si sviluppa interamente all'interno del Flysch del Monte Antola con la presenza di basse coperture e di ammasso roccioso, localmente molto alterato e fratturato.

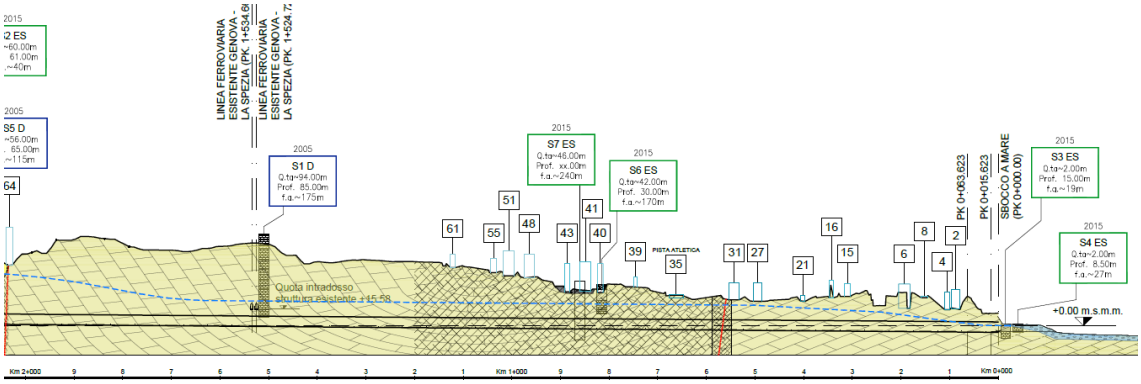


Figura 9.7 – Profilo longitudinale di dettaglio dell'opera nella tratta 2+020 e sboccoa mare (progressiva 0+000)

10. CONCLUSIONI

Come anticipato nell'introduzione, lo studio di approfondimento delle caratteristiche geologico – geomorfologiche è partito dalla una analisi approfondita di tutta la documentazione pregressa disponibile, sia proveneinte dalle precedenti fasi progettuali delle stesse opere, sia dai dati in fase di scavo del canale deviatore Fereggiano, sia dalle informazioni disponibili e relative ad indagini geognostiche ubicate sul territorio per progetti di edilizia pubblica o privata.

Sulla base dei dati disponibili e delle opere a progetto in questa fase di PE, è stata pianificata una campagna d'indagini geognostiche e geotecniche rappresentata da n. 6 sondaggi a carotaggio continuo di lunghezza compresa fra 15 e 60 m.

I sondaggi sono stati eseguiti nei mesi di ottobre e novembre 2017.

Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati campioni su cui effettuare prove di classificazione e caratterizzazione geotecnica e geomeccanica di laboratorio. Sono state effettuate prove in sito (permeabilità, dilatometriche, down hole ed SPT).

La campagna ha previsto inoltre l'esecuzione di traverse sismiche (riflessione e rifrazione) a terra in corrispondenza delle opere di monte e della zona di innesto tra finestra di servizio e galleria scolmatrice.

I dati ricavati sono stati ulteriormente integrati da rilievi geologici e geomeccanici in sito che hanno consentito di affinare la ricostruzione geologica precedentemente eseguita.

Una dettagliata cartografia in scala 1:2.000 riporta l'ubicazione delle indagini eseguite, pregresse ed attuali.

Dal punto di vista geologico stratigrafico sono presenti i seguenti terreni, dal più antico al più recente:

- Argilliti di Montoggio, rappresentate da argilliti laminate e scagliettate di colore scuro;
- Flysch di Monte Antola, rappresentato da calcari marnosi con subordinate intercalazioni di marne ed argilliti;
- Argille di Ortovero, rappresentate da marne argillose di colore grigio;
- Depositi colluvali, alluvionali, di spiaggia e riporti antropici,.

L'assetto geologico generale del territorio è deducibile dall'allegata carta geologica e, più in dettaglio, dal profilo geologico tracciato in asse alla galleria principale nonché in corrispondenza di tutte le altre opere. La carta idrogeologica individua le emergenze idriche (pozzi e sorgenti), delimita i bacini dei corsi d'acqua principali e, sulla base della cartografia geologica, suddivide i singoli litotipi in base alla relativa classe di permeabilità.

La galleria scolmatrice, l'opera principale, si sviluppa quasi interamente all'interno dei calcari marnosi del Flysch di Monte Antola, generalmente poco o mediamente fratturati. Localmente la monotonia del materiale è interrotta da faglie, generalmente di svincolo originate lungo il fianco delle pieghe, in corrispondenza delle quali il materiale si presenta da molto fratturato a brecciato. I sondaggi dimostrano come in ogni caso, anche nelle tratte meno disturbate, siano presenti locali orizzonti fratturati o brecciati di spessore generalmente modesto (1 – 3 m)

In corrispondenza dell'incisione del Rio Mermi, all'incirca tra le progressive 5300 e 5400, si prevede l'attraversamento delle Argilliti di Montoggio confinate ed isolate da importanti sistemi dislocativi; interpretati come superfici di sovrascorrimento sud vergenti che hanno determinato accavallamenti tettonici confermati dall'elevato spessore delle argilliti riscontrato nel corso del sondaggio S8D (oltre 40 m).

In prossimità dell'Ospedale di San Martino, fra le progressive 2.000 – 2.300 m circa, si prevede l'attraversamento del graben di Terralba, una fossa tettonica delimitata da sistemi di faglie dirette fra loro parallele successivamente colmata dalle Argille di Ortovero; le indagini eseguite evidenziano come la galleria resti al di sotto del letto delle Argille e quindi all'interno del Flysch.

Il quadro geologico generale ottenuto sulla base del supplemento d'indagine si dimostra coerente con le precedenti fasi progettuali, salvo alcune locali differenze derivanti da una più approfondita definizione dei litotipi presenti nel sottosuolo nelle diverse tratte, dal punto di vista geotecnico. In particolare sono in corso ed in fase di chiusura gli approfondimenti per le Argilliti di Montoggio.

L'opera di presa interessa depositi alluvionali e materiali di riporto aventi spessori variabili tra i 13 ed i 15 m; in prossimità dei versanti il substrato si approssima alla superficie.

L'opera di sbocco a mare vede la presenza di una modesta copertura di depositi di spiaggia e materiali di riporto (6 – 8 m) poggianti sul Flysch.

Anche la galleria di servizio è interamente impostata all'interno del substrato flyschioide, salvo i depositi di copertura localizzati nella zona di imbocco.