NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA

Adeguamento del sistema
A7 - A10 - A12

Ambito Bolzaneto e ambito Torbella

PROGETTO DEFINITIVO

DOCUMENTAZIONE GENERALE

GEOLOGIA

-

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E
DI INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

VERIFICA a cura di:	RIESAME a cura di:	VALIDAZIONE INTERNA a cura di:
IL GEOLOGO Dott. Geol. Giovanni Ricci Ord. Geol. Piemonte N. 866	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Marco Trovato Ord. Ingg. Messina N. 3802	**IL DIRETTORE TECNICO** Ing. Piero Bongio Ord. Ingg. Bologna N. A10935 T.A. - Geologia e Geotecnica

CODICE IDENTIFICATIVO											ORDINATORE
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog, Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	-
T0863	LLE1	PD	DG	GEO	00000	00000	R	GEO	0001	00	SCALA -

TECNE Sustainable Engineering

ENGINEERING COORDINATOR:
Ing. Mario Brugnoli
Ord. Ingg. Roma N. A24308

SUPPORTO SPECIALISTICO:

REVISIONE		
n.	descrizione	data
00	PRIMA EMISSIONE	FEBBRAIO 2024

CODIFICA ASPI	Codice Commessa	Fase	Origine	Disciplina	W B S	Tipo	Progressivo	Classe	Status	Rev.
	OG276-PD-TECN-GEO-00000-REL-000001							1	APD	0

	VISTO DEL COMMITTENTE	VISTO DEL CONCEDENTE
	autostrade per l'italia IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Antonio Bracchi	Ministero delle infrastrutture e dei trasporti

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA SOC. AUTOSTRADE PER L'ITALIA S.P.A.. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE.
THIS DOCUMENT MAY NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SOC. AUTOSTRADE PER L'ITALIA S.P.A.. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTED BY LAW.

Sommario

PREMESSA 7

1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 11

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 12

3 INDAGINI GEOGNOSTICHE 14

3.1 INDAGINI BIBLIOGRAFICHE E PREGRESSE 14
3.2 INDAGINI DI PROGETTO 14
3.2.1 Indagini progetto preliminare 2003 14
3.2.2 Indagini progetto preliminare 2004 14
3.2.3 Indagini progetto preliminare 2006-2007 14
3.2.4 Indagini progetto definitivo 2010 15
3.2.5 Indagini integrative 2015-2016 15
3.2.6 Indagini progetto esecutivo 2017-2018 16
3.2.7 Indagini variante Ambito – 2022 17

4 ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI 18

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE 18
4.2 INQUADRAMENTO TETTONICO DELL'AREA GENOVESE 21
4.2.1 Dominio delle Liguridi (Dominio dei Flysch) 23
4.3 ASSETTO STRATIGRAFICO LOCALE 24
4.3.1 Unità Tettonica Mignanego 24
4.3.2 Unità Tettonica Montanesi 25
4.3.3 Unità Tettonica Ronco 27
4.3.4 Unità Tettonica Antola 30
4.3.5 Depositi quaternari continentali 34
4.4 ASSETTO GEOMORFOLOGICO 36
4.5 COMPATIBILITÀ GEOMORFOLOGICA CON CARTOGRAFIE DI ENTI ED ISTITUZIONI 37
4.5.1 Verifiche con la cartografia dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale 37
4.5.2 Verifica delle criticità geomorfologiche con I.F.F.I. 43
4.5.3 Verifica delle criticità geomorfologiche con la cartografia del Comune di Genova 44

5 ASPETTI IDROGEOLOGICI 46

5.1 ANALISI DEGLI ELEMENTI GEOLOGICI A SUPPORTO DELLA CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA 46
5.2 DEFINIZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO 46
5.3 INDIVIDUAZIONE DELLE CAPTAZIONI PRESENTI NELL'AREA 49
5.4 PERMEABILITÀ DEI LITOTIPI E INDIVIDUAZIONE DEI COMPLESSI IDROGEOLOGICI 60
5.4.1 Quadro generale 60
5.4.2 Analisi del contesto dell'Ambito Bolzaneto e Torbella 64
5.5 MISURE PIEZOMETRICHE 71
5.6 VALUTAZIONE QUALITATIVA DELLE INTERFERENZE ATTESE TRA OPERE DI PROGETTO E LE ACQUE SOTTERRANEE 74

6 ASPETTI LEGATI ALLA SISMICITÀ 77

6.1 SISMICITÀ STORICA E RECENTE 77
6.1.1 Sismicità recente (dal 1985 al gennaio 2024) 79
6.2 FAGLIE CAPACI 81
6.3 STRUTTURE SISMOGENETICHE 82
6.4 CLASSIFICAZIONE SISMICA (INGV) 84
6.5 CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SITO 86
6.5.1 Categoria di sottosuolo 88
6.5.2 Microzonazione sismica 95

7 DESCRIZIONE DEI TRACCIATI PRINCIPALI 99

7.1 GALLERIA FORTE DIAMANTE SUD – CAMERONE 1B – FORTE DIAMANTE NORD 99
7.2 GALLERIA POLCEVERA 100
7.3 GALLERIA SAN ROCCO 101
7.4 GALLERIA BRIC DU VENTO – CAMERONE 3 102
7.5 GALLERIA TORBELLA EST – CAMERONE 2 – GALLERIA BACCAN SUD – CAMERONE 1A – GALLERIA BACCAN NORD 102
7.6 GALLERIA GEMINIANO 1 104
7.7 GALLERIA GEMINIANO 2 104
8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE 105
9 BIBLIOGRAFIA 107

Indice delle figure

FIGURA 0-1 - COROGRAFIA NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA NELLA CONFIGURAZIONE PE 2018 – IN EVIDENZA L'AREA OGGETTO DI VARIANTE 7
FIGURA 0-2 - COROGRAFIA GENERALE DI RAFFRONTO PD-VARIANTE 8
FIGURA 2-1 – AMBITO BOLZANETO - UBICAZIONE DELL'AREA 12
FIGURA 2-2 – AMBITO TORBELLA - UBICAZIONE DELL'AREA 13
FIGURA 4-1 - SCHEMA TETTONICO DELL'AREA DI STUDIO 19
FIGURA 4-2 - SCHEMA PALEOGEOGRAFICO IPOTETICO DURANTE IL GIURASSICO MEDIO SUPERIORE DALL'ESTERNO AVAMPAESE) ALL'INTERNO (AUSTRO-SUDALPINO) 20
FIGURA 4-3 – SCHEMA TETTONICO (FOGLIO 213-230 GENOVA) 21
FIGURA 4-4 – STRALCIO CARTA GEOLOGICA CARG – FOGLIO GENOVA – AMBITO TORBELLA-BOLZANETO 24
FIGURA 4-5 - FORMAZIONE DI MIGNANEGO 25
FIGURA 4-6 - FORMAZIONE DI MONTANESI 26
FIGURA 4-7 - AFFIORAMENTO DI ARGILLITI DI MONTANESI, QUI RAPPRESENTATE DA ARGILLITI SILTOSE DI COLORE GRIGIO SCURO. LOCALITÀ: BOLZANETO (BRIC DU VENTO). 27
FIGURA 4-8 - STRATI ARENITICI DELLA FORMAZIONE DI RONCO INTERESSATI DA UNA COMPLESSA DEFORMAZIONE, IN PARTE RICONDUCIBILE A FENOMENI SINDEPOSIZIONALI, LOCALITÀ: BOLZANETO, VIA ALLA CHIESA DI GEMINIANO. 28
FIGURA 4-9 - FORMAZIONE DI RONCO, STRATI CALCAREO-MARNOSI PLURI-DECIMETRICI. LOCALITÀ: RIO BRUCIATE (ZONA TORBELLA). 28
FIGURA 4-10 - SONDAGGIO MB11 - INTERVALLO COMPRESO TRA 95 E 100 M. FASCE COSTITUITE DA CATACLASITI CON MATRICE ARGILLOSO-LIMOSA E CLASTI ANGOLOSI DI DIMENSIONI FINO A PLURI-CENTIMETRICHE COSTITUITI DA ARENITI MEDIO-FINI O DA FRAMMENTI DI VENE A QUARZO O A CARBONATO. 29
FIGURA 4-11 - ARGILLITI DI MONTOGGIO; ARGILLITI SCURE CON STRATI CENTIMETRICI DI ARENITI FINI E SILTITI LAMINATE. LOCALITÀ: PORTA DI GRANAROLO 31
FIGURA 4-12 - AFFIORAMENTO DI ARGILLITI DI MONTOGGIO, COSTITUITE DA ARGILLITI SCURE CON INTERSTRATI ARENITICI BOUDINATI. LOCALITÀ: RIO TORBELLA, A MONTE DEL PONTE DI VILLA NUOVA (BEGATO) 31
FIGURA 4-13 - AFFIORAMENTO DI ARGILLITI DI MONTOGGIO, COSTITUITE DA ARGILLITI DI COLORE GRIGIO, CON LIVELLI NERI RICCHI DI SOSTANZA ORGANICA. LOCALITÀ: RIO TORBELLA, A MONTE DEL PONTE DI VILLA NUOVA (BEGATO) 32
FIGURA 4-14 - FORMAZIONE DI ANTOLA 33
FIGURA 4-15 - FORMAZIONE DEL MONTE ANTOLA; BANCHI CALCAREO-MARNOSI DI POTENZA FINO A METRICA. LOCALITÀ: PIANI DI FREGOSO 33
FIGURA 4-16 - BACINI DELLA PROVINCIA DI GENOVA - DATE DI APPROVAZIONE ED EVENTUALI VARIANTI PER IL BACINO INTERESSATO DAL PROGETTO 37
FIGURA 4-17 - PIANO DI BACINO DEL TORRENTE POLCEVERA – CARTA DELLA SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO – TAVOLA 213110, 213120 E 213150 (DATA ULTIMA MODIFICA DELL'ELABORATO 13/02/2017) 38
FIGURA 4-18 - PIANO DI BACINO DEL TORRENTE POLCEVERA – CARTA DELLA FRANOSITÀ REALE – TAVOLA 213110, 213120 E 213150 (DATA ULTIMA MODIFICA DELL'ELABORATO 13/02/2017) 39
FIGURA 4-19 - PIANO DI BACINO DEL TORRENTE POLCEVERA – CARTA GEOMORFOLOGICA – TAVOLA 213110, 213120 E 213150 (DATA ULTIMA MODIFICA DELL'ELABORATO 13/02/2017) 40
FIGURA 4-20 - PIANO DI BACINO DEL TORRENTE POLCEVERA – CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO – TAVOLA 3 POLCEVERA-SECCA-BURLA (DATA ULTIMA MODIFICA DELL'ELABORATO 28/01/2021) 41
FIGURA 4-21 - PIANO DI BACINO DEL TORRENTE POLCEVERA – CARTA DEGLI INTERVENTI – TAVOLA 213120 E 213150 (DATA ULTIMA MODIFICA DELL'ELABORATO 06/04/2023) 42
FIGURA 4-22 - ESTRATTO DA CARTOGRAFIA ONLINE IFFI (FEBBRAIO 2024) 43
FIGURA 4-23 - PIANO URBANISTICO DEL COMUNE DI GENOVA - CARTA GEOMORFOLOGICA FOGLIO 7, 8, 17, 18, 27 E 28 45
FIGURA 5-1 - BACINO DEL TORRENTE POLCEVERA 47
FIGURA 5-2 - ELEMENTI IDROGRAFICI NEL SETTORE EST POLCEVERA. 48
FIGURA 5-3 - ELEMENTI IDROGRAFICI NEL SETTORE TORBELLA. 48
FIGURA 5-4 - SORGENTI E LORO DESTINAZIONE D'USO NEL SETTORE EST POLCEVERA. 51
FIGURA 5-5 - PANORAMICA DEL VERSANTE SU CUI AFFIORA LA SORGENTE S650 UBICATA LUNGO IL PERIMETRO DELL'AREA DI CANTIERE DEGLI IMBOCCHI. A SINISTRA DELL'IMMAGINE È VISIBILE L'AREA COLTIVATA. 52
FIGURA 5-6 - PARTICOLARE DELLA TUBAZIONE CHE RACCOGLIE I DEFLUSSI DELLA SORGENTE E LA VASCA CHE PERMETTE L'ACCUMULO PER L'UTILIZZO IRRIGUO. 52
FIGURA 5-7 - SORGENTE S632; PANORAMICA DELLA SORGENTE E TUBAZIONE DI MANDATA. 53

FIGURA 5-8 - S632 OPERA DI PRESA. 53
FIGURA 5-9 - SORGENTE S633 AREA RECINTATA INTORNO ALLA PRESA. 53
FIGURA 5-10 - SORGENTE S633 TUBO DI CAPTAZIONE. 53
FIGURA 5-11 - SORGENTE S651 INCISIONE CON PUNTO DI RISORGIVA E TUBAZIONE DI PRESA 53
FIGURA 5-12 - SORGENTE S651 TUBAZIONE DI MANDATA DA INCISIONE CON RISORGIVA. 53
FIGURA 5-13 - INCISIONE CON RISORGIVA S652 54
FIGURA 5-14 - SORGENTE S652 PUNTO DI RISORGIVA CAPTATO. 54
FIGURA 5-15 - SORGENTI E LORO DESTINAZIONE D'USO NEL SETTORE TORBELLA. 55
FIGURA 5-16 – VASCA DI RACCOLTA ED IMPIANTO POMPAGGIO IN CORRISPONDENZA DELLA CAPTAZIONE S608 56
FIGURA 5-17 –OPERA DI PRESA DELLA SORGENTE S609 NELL'ALVEO COMPLETAMENTE ASCIUTTO (02/11/2017) DEL RIO BRUCIATE. 56
FIGURA 5-18 – ALVEO DEL RIO A VALLE DELLA PRESA SORGENTE S609 56
FIGURA 5-19- VASCA DI ACCUMULO DELLA SORGENTE S609. 56
FIGURA 5-20 – INTERNO DEL BOTTINO DI PRESA DELLA SORGENTE S638. 56
FIGURA 5-21 – PANORMICA DELL'INCISIONE DOVE È SITUATA LA SORGENTE S635. 56
FIGURA 5-22 – BOTTINO DI PRESA DELLA SORGENTE S635. 57
FIGURA 5-23 – BOTTINO DI PRESA DELLA SORGENTE S636 COPERTO DA VEGETAZIONE IN ADIACENZA ALLA STRADA. 57
FIGURA 5-24 – BORTTINO DI PRESA DELLA SORGENTE 637 57
FIGURA 5-25 – INTERNO DEL BOTTINO DI PRESA DELLA SORGENTE S637. 57
FIGURA 5-26 – UBICAZIONE DEI PUNTI DI SCARICO DEI DRENAGGI DELLA GALLERIA ESISTENTE MONTE SPERONE DELLA A12. 58
FIGURA 5-27 – DRENAGGIO PARIETALE AS01 DELLA GALLERIA ESISTENTE SULLA A12 "MONTE SPERONE". 59
FIGURA 5-28 – DRENAGGIO PARIETALE AS02. 59
FIGURA 5-29 – PUNTO CONFLUENZA NEL TORBELLA DEGLI APPORTI DA ARCO ROVESCIO (AS03). 59
FIGURA 5-30 – MENSOLA METALLICA CHE SUPPORTA IL SERBATOIO DI RACCOLTA DEGLI APPORTI PROVENIENTI DALL'ARCO ROVESCIO. 59
FIGURA 5-31 – DEPOSITI DERIVANTI DA PRECIPITAZIONE CHIMICA DELLE ACQUE DI SCARICO PROVENIENTI DALL'ARCO ROVESCIO CHE HANNO COMPLETAMENTE RICOPERTO IL SERBATOIO DI RACCOLTA. 60
FIGURA 5-32 – TRATTO TOMBATO DEL TORRENTE TORBELLA. 60
FIGURA 5-33 - GRADO DI PERMEABILITÀ DELLE DIFFERENTI UNITÀ IDROGEOLOGICHE. SONO EVIDENZIATE LE CLASSI RIGUARDANTI I LITOTIPI DELL'AMBITO BOLZANETO E TORBELLA. 63
FIGURA 5-34 – VALORE MEDIO DI CONDUCIBILITÀ IDRAULICA SULLA BASE DELLE PROVE LUGEON PER LE DIFFERENTI UNITÀ LITOLOGICHE TESTATE. 67
FIGURA 5-35 – ARGILLITI DI MONTANESI, DISTRIBUZIONE STATISTICA DEI VALORI DI PERMEABILITÀ DA PROVE LUGEON 68
FIGURA 5-36 – FORMAZIONE DI RONCO, DISTRIBUZIONE STATISTICA DEI VALORI DI PERMEABILITÀ DA PROVE LUGEON 69
FIGURA 5-37 – FORMAZIONE DELL'ANTOLA, DISTRIBUZIONE STATISTICA DEI VALORI DI PERMEABILITÀ DA PROVE LUGEON 70
FIGURA 5-38 – RISULTATI DELLE PROVE DI PERMEABILITÀ SULLA PROFONDITÀ DI PROVA 71
FIGURA 5-39 – VALUTAZIONE DEL RISCHIO DEPAUPERAMENTO DELLE SORGENTI NEL SETTORE EST POLCEVERA. 75
FIGURA 5-40 – VALUTAZIONE DEL RISCHIO DEPAUPERAMENTO DELLE SORGENTI NEL SETTORE TORBELLA. 75
FIGURA 6-1 - GRAFICO "INTENSITÀ MACROSISMICA/TEMPO" RELATIVO ALLA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI GENOVA RICAVATA DA DBMI15 (DISPONIBILE SUL WEB ALL'INDIRIZZO HTTPS://EMIDIUS.MI.INGV.IT/CPTI15-DBMI15_V2.0) 79
FIGURA 6-2 - DATABASE ISIDE: DISTRIBUZIONE TERREMOTI PERIODO 1985-GENNAIO 2024. 80
FIGURA 6-3 - DATABASE INGV: DISTRIBUZIONE TERREMOTI CON MW>3 NEL PERIODO 1985-GENNAIO 2023 NELL'AREA PIÙ PROSSIMA ALL'OPERA. 81
FIGURA 6-4 - DISTRIBUZIONE FAGLIE CAPACI "PROGETTO ITHACA" 82
FIGURA 6-5 – MAPPA DELLE AREE SISMOGENETICHE DI INTERESSE (FONTE: DATABASE OF INDIVIDUAL SEISMOGENITIC SOURCES - DISS 3 – HTTP://DISS.RM.INGV.IT/DISS/). 83
FIGURA 6-6 – CLASSIFICAZIONE SISMICA AL 31 MARZO 2023 (DIPARTIMENTO DI PROTEZIONE CIVILE) 85
FIGURA 6-7 – CLASSIFICAZIONE SISMICA REGIONE LIGURIA (DGR 216/2017 AGGIORNATA CON DGR 962/2018) 86
FIGURA 6-8 - ANALISI DI DISAGGREGAZIONE DI A(G) CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO DEL 10% IN 50 ANNI – TR 1000 ANNI, SECONDO LA MAPPA INTERATTIVA DI PERICOLOSITÀ SISMICA PER L'AREA DI INTERESSE (HTTP://ESSE1-GIS.MI.INGV.IT) 87
FIGURA 6-9 – SONDAGGIO BV01: RAPPRESENTAZIONE DELLE VELOCITÀ VS CON LA PROFONDITÀ CALCOLATA DALLA DOWN HOLE (INTERPRETAZIONE GEOEXPLORER SRL, 2023). 88
FIGURA 6-10 – SONDAGGIO BV02: RAPPRESENTAZIONE DELLE VELOCITÀ VS CON LA PROFONDITÀ CALCOLATA DALLA DOWN HOLE (INTERPRETAZIONE GEOEXPLORER SRL, 2023). 89
FIGURA 6-11 – SONDAGGI IE7-IE8: RAPPRESENTAZIONE DELLE VELOCITÀ VS CON LA PROFONDITÀ CALCOLATA DALLA CROSS HOLE (INTERPRETAZIONE GEOLAND SRL, 2015). 90

FIGURA 6-12 – SONDAGGI IE9-IE10: RAPPRESENTAZIONE DELLE VELOCITÀ VS CON LA PROFONDITÀ CALCOLATA DALLA CROSS HOLE (INTERPRETAZIONE GEOLAND SRL, 2015).....91
FIGURA 6-13 – SONDAGGIO MB16BIS E MB16TER: RAPPRESENTAZIONE DELLE VELOCITÀ VS CON LA PROFONDITÀ CALCOLATA DALLA CROSS HOLE (INTERPRETAZIONE TEKNOS, 2011). 92
FIGURA 6-14 – SONDAGGI IE5-IE6: RAPPRESENTAZIONE DELLE VELOCITÀ VS CON LA PROFONDITÀ CALCOLATA DALLA CROSS HOLE (INTERPRETAZIONE GEOLAND SRL, 2015).....93
FIGURA 6-15 – SONDAGGI IE3-IE4: RAPPRESENTAZIONE DELLE VELOCITÀ VS CON LA PROFONDITÀ CALCOLATA DALLA CROSS HOLE (INTERPRETAZIONE GEOLAND SRL, 2015).....94
FIGURA 6-16 – CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA" ASSOCIATA AL PUC DEL COMUNE DI GENOVA 96
FIGURA 6-17 – AREA POTENZIALMENTE INTERESSATA DA RISCHIO LIQUEFAZIONE AI SENSI DELLA DGR N.535 DEL 18/6/2021 (REGIONE LIGURIA) 98
FIGURA 7-1 – ASSETTO STRATIGRAFICO DELL'AREA DI IMBOCCO DELLA GALLERIA POLCEVERA 101

Indice delle tabelle

TABELLA 5-1 – ELENCO SORGENTI AMBITO BOLZANETO 49
TABELLA 5-2 – ELENCO SORGENTI AMBITO TORBELLA 50
TABELLA 5-3 – CLASSIFICAZIONE D'USO DELLE SORGENTI 50
TABELLA 5-4 - DATI IDROMETRICI E PARAMETRI DI QUALITÀ DELLE SORGENTI DELL'AMBITO BOLZANETO MISURATI IN SITO.....52
TABELLA 5-5 - DATI IDROMETRICI E PARAMETRI DI QUALITÀ DELLE SORGENTI DELL'AMBITO TORBELLA, MISURATI IN SITO. 55
TABELLA 5-6 – ARGILLITI DI MONTANESI MTE, PROVE DI PERMEABILITÀ, DATI STATISTICI 67
TABELLA 5-7 – FORMAZIONE DI RONCO ROC, PROVE DI PERMEABILITÀ, DATI STATISTICI 68
TABELLA 5-8 – FORMAZIONE DEL MONTE ANTOLA FAN, PROVE DI PERMEABILITÀ, DATI STATISTICI 69
TABELLA 5-9 – DATI PIEZOMETRICI DISPONIBILI PER L'AMBITO BOLZANETO, SOPRA SETTORE EST, SOTTO, SETTORE NORD POLCEVERA 72
TABELLA 5-10 – DATI PIEZOMETRICI DISPONIBILI PER L'AMBITO TORBELLA. 73
TABELLA 5-11 – AMBITO BOLZANETO E TORBELLA, SINTESI DEI DATI RELATIVI ALLE SORGENTI CON INDICE DI RISCHIO MAGGIORE 76

PREMESSA

La presente Relazione è stata redatta a supporto della progettazione della Variante al Progetto Definitivo dell'Ambito di Bolzaneto e delle opere in sotterraneo fino all'interconnessione di Torbella ed il collegamento con la A12, ricadenti nel nodo stradale e autostradale della Gronda di Genova atto a garantire l'adeguamento delle infrastrutture esistenti A10, A7, A12 e A26, nei tratti ricadenti nell'area del comune di Genova, tramite il potenziamento fuori sede dell'A10 (Gronda di Ponente) e quello parzialmente fuori sede delle autostrade A7 e A12.

La Variante sviluppata tiene conto delle modifiche ed integrazioni intervenute durante le fasi di verifiche di ottemperanza alle suddette prescrizioni, nonché degli approfondimenti sviluppati nella fase di sviluppo del Progetto Esecutivo della Gronda non ancora approvato.

Il progetto del Nodo di Genova prevede la realizzazione di una nuova infrastruttura autostradale, tra Vesima e Genova Ovest (Gronda di Ponente), con attraversamento della Valle Polcevera in corrispondenza di Bolzaneto, il potenziamento dell'autostrada A7 nel tratto compreso tra Bolzaneto e Genova Ovest e la realizzazione della nuova carreggiata est dell'A12 tra Begato e Genova Est nonché vari interventi di connessione alla viabilità esistente.

Figura 0-1 - Corografia Nodo stradale e autostradale di Genova nella configurazione PE 2018 – In evidenza l'area oggetto di variante

Le modifiche apportate al progetto definitivo approvato, oggetto della presente variante, si sono rese necessarie a seguito delle richieste di approfondimento in merito alla possibilità di anticipare ulteriormente l'apertura del potenziamento della A7 ed in particolare del nuovo asse A7/A12, in direzione Livorno, e del nuovo asse A7/A12, direzione Milano - formulate da parte del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti nel Dispositivo di Approvazione del Progetto Definitivo prot. n. 15802 del 07.10.17.

Il riscontro a tale indicazione, pervenuta da parte del MIT, è stata l'occasione di sviluppo di migliorie tecniche e realizzative, finalizzate all'incremento della sicurezza, e di minimizzazione dell'impatto della cantierizzazione dell'opera sui tratti autostradali in esercizio.

La necessità dello sviluppo di una variante al progetto, inoltre, nasce anche dal mancato riscontro da parte del C.S.LL.PP. al quesito avanzato da ASPI a seguito del parere espresso dell'Autorità di Bacino relativamente alla soluzione di progetto dei viadotti Secca Sud e Secca Nord. Ciò ha condotto allo sviluppo di una soluzione progettuale che prevede la demolizione e ricostruzione delle due opere d'arte maggiori, sviluppata in modo da essere idraulicamente compatibile ed ottemperante alle previsioni delle NTC 2008/2018.

Infine, le soluzioni tecniche sviluppate nella presente variante consentono un miglioramento degli impatti ambientali del progetto.

Gli ambiti della Gronda interessati dalla variante in oggetto riguardato l'area di Bolzaneto e le opere in sotterraneo che da qui si muovono verso l'ambito Torbella, attraverso le gallerie Forte Diamante e San Rocco, quest'ultima attraverso l'immissione nella galleria Bric du Ventu; è altresì interessata dalla variante la connessione della Gronda con la A12, attraverso un tratto interamente in sotterraneo costituito dalla galleria Torbella Est.

La soluzione progettuale studiata nella variante interessa complessivamente circa 12 km di tracciato - inclusi i nuovi assi stradali delle gallerie Giminiano 1 e 2 - di cui l'80% si sviluppa interamente in sotterraneo.

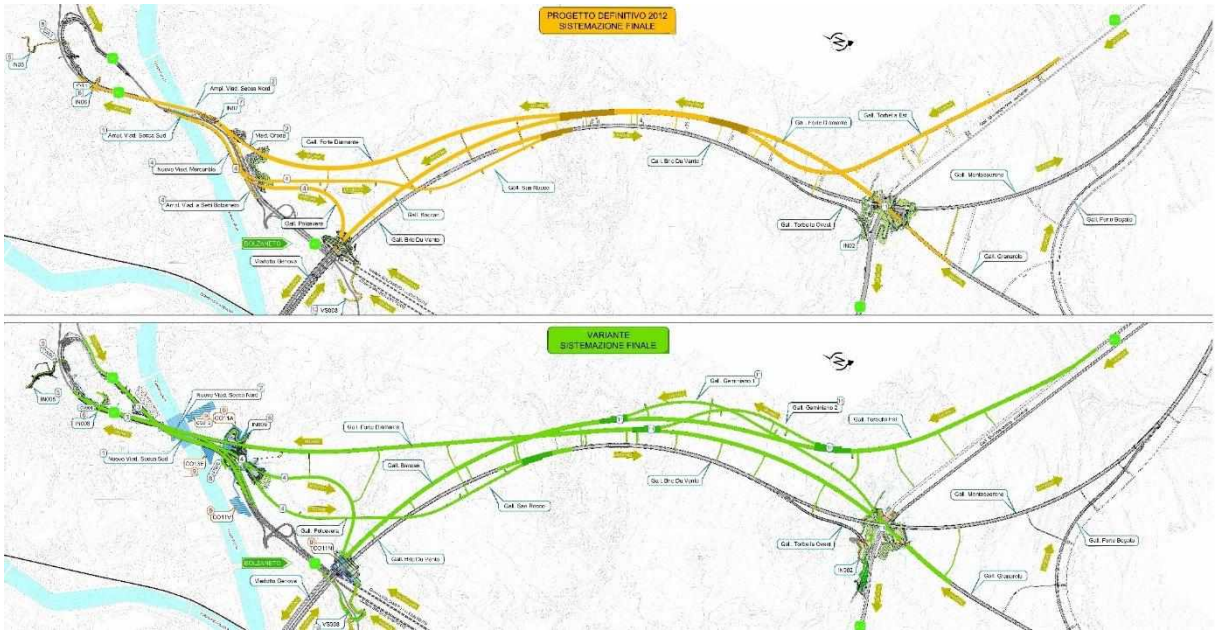

Figura 0-2 - Corografia generale di raffronto PD-Variante

Di seguito si riporta un elenco delle principali modifiche:

- Demolizione e ricostruzione del viadotto Secca Sud;
- Demolizione e ricostruzione del Viadotto Secca Nord, modifica del tratto terminale del potenziamento fuori sede dell'autostrada A7, adeguamento dell'intervento di riqualifica della carreggiata in direzione Milano dell'autostrada A7 esistente nel tratto tra lo svincolo di Bolzaneto e il viadotto Secca;
- Riconfigurazione dell'intervento di riqualifica del tratto dell'A7 esistente ricompreso tra i nuovi viadotti Secca e la rampa Morego di collegamento dell'A7 in direzione Nord con l'A7 in direzione Sud;
- Riconfigurazione dello svincolo di collegamento della A7, per il traffico proveniente da Milano, con la Gronda di Ponente in direzione Savona (rampa 2) e la nuova A12 in direzione Livorno (rampa 3)
- Deviazione di via Inferiore Porcile (viabilità interferita IN005) e adeguamento del cavalcavia autostradale (CV002)
- Deviazione di via di Po (viabilità interferita IN006) e demolizione e ricostruzione del cavalcavia autostradale (CV001)
- Deviazione della strada privata (viabilità interferita IN007) che conduce da via Sardorella ai compendi immobiliari delle società Black Oils S.p.a. e Europam S.r.l.
- Deviazione Salita Bocchettina (viabilità interferita IN009) e demolizione e ricostruzione della nuova struttura del sottopasso veicolare (ST020)
- Aree cantieri industriali CI10, CI11, CI12, CI33, CI34 e CI35 a servizio della cantierizzazione dell'intervento di adeguamento dello snodo di Bolzaneto della A7
- Cantiere di imbocco delle gallerie Polcevera, Baccan e Bric du Vento (CI28) e relativa Viabilità di accesso (VS08) – Miglioramento dell'accessibilità al piazzale di imbocco dalla viabilità ordinaria

- Potenziamento dell'interconnessione a "livello" tra la carreggiata Nord dell'autostrada A7 e la carreggiata Ovest dell'autostrada A12 mediante sostituzione del tronco di scambio a quattro corsie, della lunghezza di 500 metri circa, all'interno della galleria Forte Diamante, con un nodo a carreggiate sfalsate sempre in galleria (Forte Diamante per la carreggiata nord dell'autostrada A7 e Baccan per la carreggiata ovest dell'autostrada A12) permettendo lo smistamento delle correnti veicolari fra i due assi principali mediante rami di interconnessione in galleria che confluiscono o divergono dagli assi principali (galleria Geminiano 1 per il collegamento dell'A7 con l'A12 e galleria Geminiano 2 per il collegamento dell'A12 con l'A7.

La Variante al Progetto Definitivo prevede la realizzazione delle seguenti principali opere (per la descrizione completa delle WBS si rimanda alla relazione generale e agli specifici elaborati "Planimetria delle WBS" aventi codifica GEN-0100 e GEN-0101):

Gallerie (e relativi tratti in artificiale di imbocco, imbocchi e sistemazioni finali)

- Galleria Polcevera;
- Galleria San Rocco;
- Galleria Baccan;
- Galleria Forte Diamante;
- Galleria Bric du Vento;
- Galleria Torbella Est;
- Galleria Granarolo;
- Galleria Geminiano 1;
- Galleria Geminiano 2;
- N. 23 Bypass.

Opere d'arte maggiori:

- Viadotto Secca Sud;
- Viadotto Secca Nord + Viadotto di collegamento A7-Asse 3.

Viabilità di servizio e viabilità interferite:

- VS025 e VS25A viabilità ausiliaria di servizio all'imbocco delle Gallerie Polcevera-San Rocco;
- VS008 viabilità ausiliaria di servizio all'imbocco della Galleria Baccan – Bric du Vento – Polcevera;
- VS013 viabilità di servizio ambito Torbella
- VS18A, VS18B e VS18C viabilità di servizio ambito Torbella
- IN002 viabilità interferita via Torbella
- IN005 deviazione viabilità interferita Morego;
- IN006 viabilità interferita via Rio di Po;
- IN009 viabilità interferita all'imbocco della Galleria Forte Diamante.

Opere d'arte minori:

- SP007 Adeguamento Ponte Via Mercati Generali
- SP012 Sottovia rampa svincolo Bolzaneto
- SP013 Sottovia rampa svincolo Bolzaneto
- ST020 Sottovia Via Bocchettina
- CU040 Cunicolo di drenaggio G. Forte Diamante
- GA001 Galleria artificiale Torbella

Cavalcavia:

- CV001 Cavalcavia Rampa di collegamento Morego
- CV002 Cavalcavia Via Inferiore Porcile

Aree di cantiere:

- CI007 cantiere industriale zona Torbella
- CI012 cantiere industriale Viadotti e Gallerie a Bolzaneto
- N. 6 cantieri operativi

Lo scopo dello studio consiste nell'illustrare gli elementi geologici, geomorfologici e idrogeologici utili a definire i principali aspetti riconducibili alla natura ed alle caratteristiche dei depositi interessati dall'opera in esame, con particolare riferimento alle suddette varianti.

Nei riguardi dell'inquadramento geologico e geomorfologico il lavoro definisce l'assetto strutturale e litostratigrafico, la morfologia evolutiva del territorio e la verifica degli elementi di rischio esistenti, anche in relazione agli strumenti di pianificazione emessi dagli Enti competenti.

Nei riguardi dell'inquadramento idrogeologico il lavoro definisce i complessi idrogeologici identificati nell'area di studio, la direzione dei flussi sotterranei, e laddove ipotizzabile, la ricostruzione della superfice piezometrica.

Infine, nei riguardi dell'inquadramento sismico il lavoro identifica la sismicità storica e recente, la pericolosità sismica e la categoria di suolo, nonché la definizione della frequenza caratteristica dell'area di studio (se identificabile).

Gli elementi utilizzati per la redazione della carta e del profilo sono stati ricavati dall'analisi critica dei dati bibliografici, integrati dal rilevamento geologico e geomorfologico condotto per il progetto della Gronda, dall'esame di tutte le stratigrafie disponibili (pozzi, indagini pregresse e appositamente realizzate).

Sulla base delle attività conoscitive e di tutti i dati raccolti è stato ricostruito il quadro geologico dell'area e sono stati redatti i seguenti elaborati cartografici, riportati in allegato alla presente relazione (a scala 1: 5000):

- carta geologica
- carta geomorfologica
- profili geologici delle rampe in variante
- carta della suscettività al dissesto e delle frane da IFFI
- carta idrogeologica

Si rimanda agli elaborati geotecnici per la definizione dei parametri caratteristici di calcolo e verifica delle fondazioni, comprese le eventuali verifiche di liquefazione dei terreni, se dovute, una volta verificate le possibili condizioni predisponenti e scatenanti individuate dalla normativa. Agli stessi elaborati geotecnici si rimanda anche per la definizione dei parametri sismici di progetto.

1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Lo studio è stato realizzato nel rispetto e in ottemperanza alla normativa vigente, ed elencata di seguito.

- Legge 464/84. Norme per agevolare l'acquisizione da parte del Servizio geologico (Dipartimento Difesa del Suolo dell'APAT) della Direzione generale delle miniere del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale.
- Ministero delle Infrastrutture e degli Interni (2008). NTC 2008: Norme Tecniche delle Costruzioni
- Ministero delle Infrastrutture e degli Interni (2018). NTC 2018: Norme Tecniche delle Costruzioni
- Ministero delle Infrastrutture e degli Interni (2019). Circolare n.7 C.S.LL.PP.: Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri (2003). Ordinanza OPCM 3274/2003: Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri (2006). Ordinanza OPCM 3519/2006: Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.
- Presidenza della Repubblica (2001). DPR 380/2001: Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.
- Regione Liguria (2004). DGR 1118/2004: Approvazione della procedura per la determinazione degli interventi di bonifica urgenti e avviamento delle attività di mappatura delle zone interessate da presenza di amianto.
- Regione Liguria (2017). DGR 216/2017: Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria.
- Regione Liguria (2018). DGR 962/2018: Approvazione modifiche alla classificazione sismica regionale conseguenti alla fusione dei Comuni di Montalto Ligure e di Carpasio.
- Regione Liguria (2021). DGR 534/2021. Criteri e linee guida regionali per l'approfondimento degli studi geologico tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale. Adozione delle Linee Guida per la Gestione del Territorio in Aree interessate da faglie attive e capaci (FAC)
- Regione Liguria (2021). DGR 535/2021. Adozione delle Linee Guida per la Gestione del Territorio in Aree Interessate da Liquefazione (LQ) ed approvazione criteri tecnici integrativi alla DGR 471/2010

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in cui si colloca il progetto della "Gronda di Genova" si estende dalla località Vesima ad ovest, allo svincolo di Genova Est lungo la A12 e raggiunge verso sud la zona portuale di Sampierdarena.

Le aree in cui si collocano gli assi in variante oggetto della presente relazione sono ubicate lungo il Torrente Polcevera, in prossimità della confluenza con il T. Secca immediatamente a N dello svincolo di Bolzaneto lungo la A7; il bacino idrografico interessato è il Torrente Polcevera, principale corso d'acqua dell'area genovese.

Il cantiere degli imbocchi delle gallerie Forte Diamante, San Rocco e Polcevera lato nord è posto in sinistra orografica del T. Secca a ridosso della corsia N dell'Autostrada A7.

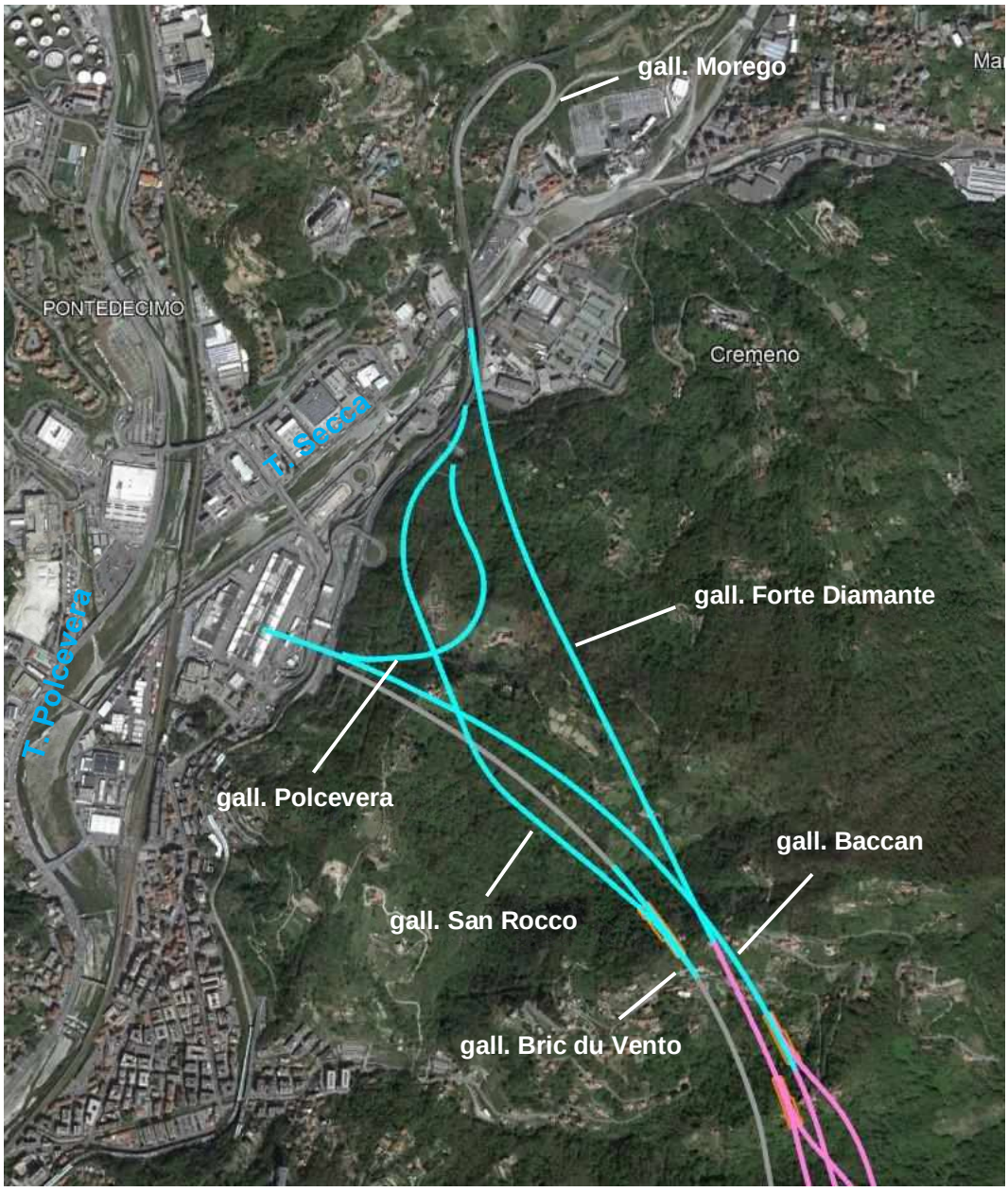

Figura 2-1 – Ambito Bolzaneto - Ubicazione dell'area

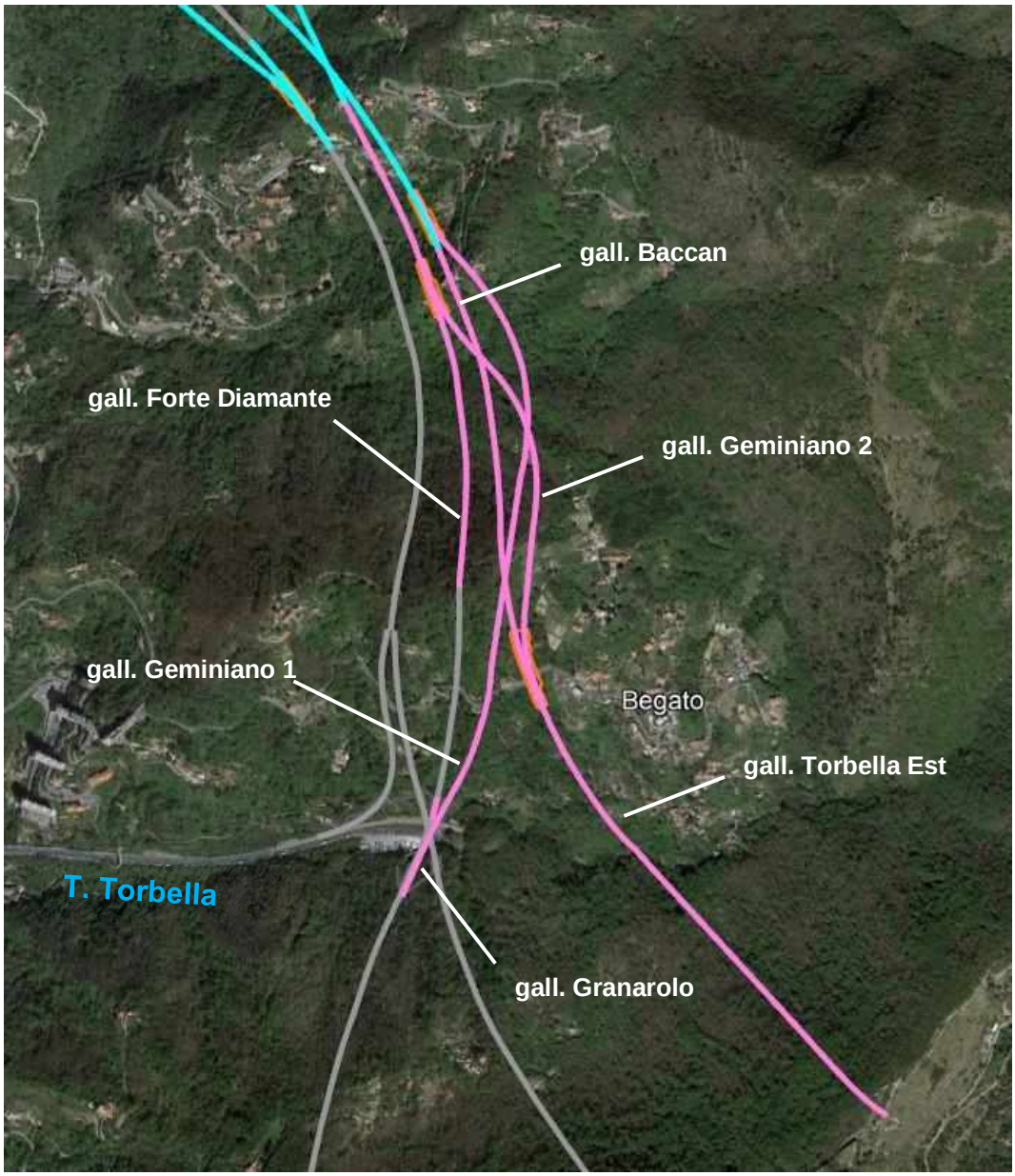

Figura 2-2 – Ambito Torbella - Ubicazione dell'area

3 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di ricostruire la stratigrafia e le caratteristiche dei terreni presenti nel sottosuolo è indispensabile utilizzare dati provenienti dai sondaggi geognostici, dalle indagini geofisiche e da rilievi geomeccanici.

A tal fine si è provveduto in prima fase a reperire tutti i dati disponibili (presso Enti o privati all'interno dell'area in esame) e successivamente alla realizzazione di una apposita campagna di indagini mirata alla definizione degli aspetti di maggiore interesse stratigrafico, ingegneristico e sismico.

Di seguito sono riepilogate le indagini disponibili per l'area della variante ai Lotti 2 e 3, suddivise tra bibliografiche e di progetto. Sui campioni prelevati nei sondaggi eseguiti nelle varie campagne di indagine sono state eseguite prove di laboratorio per definire le caratteristiche dei materiali.

3.1 INDAGINI BIBLIOGRAFICHE E PREGRESSE

Sono state acquisite tutte le stratigrafie dei sondaggi e dei pozzi per acqua che ricadono in una fascia ampia circa 2 km a cavallo dei tracciati. Si tratta di documenti reperibili presso il Geoportale della Regione Liguria, gli archivi del Comune di Genova o presso privati (Autorità Portuale, Ansaldo S.p.A., Studio Geotecnico Italiano). Le indagini sono per lo più prive di coordinate, pertanto, l'ubicazione è solo indicativa.

Le perforazioni sono concentrate per lo più nella zona del Torrente Polcevera.

3.2 INDAGINI DI PROGETTO

3.2.1 Indagini progetto preliminare 2003

Si tratta di indagini realizzate nell'ambito del Progetto preliminare della Gronda di Genova su un tracciato differente dall'attuale; constano di 7 sondaggi ed alcune stese di sismica a rifrazione.

Sondaggi	Tipologia	Profondità (m)
SC	verticale	25
S9	verticale	65.2
SD	verticale	20.5
SE	verticale	20
S11	verticale	20.1
S5	verticale	20
SB	verticale	30.2

3.2.2 Indagini progetto preliminare 2004

Le indagini, realizzate nell'ambito del Progetto preliminare della Gronda di Genova su un tracciato differente dall'attuale, constano di 3 sondaggi e alcune stese di sismica a rifrazione.

Sondaggi	Tipologia	Profondità (m)
SA1	verticale	105
SPL1	verticale	60
SPL13	verticale	130

3.2.3 Indagini progetto preliminare 2006-2007

Le indagini, realizzate nell'ambito del progetto preliminare su un tracciato solo parzialmente coincidente con l'attuale, comprende 1 sondaggio nell'area di interesse per le varianti.

Sondaggi	Tipologia	Profondità (m)
SA7-1	verticale	165

3.2.4 Indagini progetto definitivo 2010

Nell'ambito del progetto definitivo è stata eseguita una campagna geognostica che ha compreso le seguenti attività:

- Sondaggi a carotaggio continuo e a distruzione;
- prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati dai sondaggi, per definire le caratteristiche meccaniche dei materiali;
- indagini geofisiche a rifrazione tomografica con acquisizione sia di Vp sia di Vs e prove Cross Hole in fori di sondaggio per la definizione del Vs30.
- rilievi geomeccanici associati a Point Load Strenght Test
- analisi ambientali su campioni prelevati dai sondaggi (al fine di determinare le caratteristiche dei vari litotipi presenti nell'area)

La seguente tabella sintetizza tipologia e profondità dei sondaggi eseguiti:

Sondaggio	Profondità	Tipologia	Inclinazione	Strumentazione
MB26	135	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
MB28	130	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
MB29	115	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
MB30	130	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
MB31	90	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
MB33	120	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
RE13	140	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
RE15	35	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
RE16	35	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
RE17	35	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
RE18	25	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
RE19	25	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
RE23	25	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
MB15	25	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
MB16	30	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
MB16bis	30	distruzione di nucleo	verticale	Cross Hole
MB16ter	30	distruzione di nucleo	verticale	Cross Hole
MB17	25	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
MB20	150	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
MB23	135	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
MB24	100	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
RE2	25	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
RE4	30	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA

3.2.5 Indagini integrative 2015-2016

La campagna è consistita nella realizzazione di sondaggi nei seguenti ambiti:

- aree franose indicate sulle carte della suscettività al disseto del Piano di Bacino;
- imbocchi non indagati precedentemente a causa di difficoltà di accesso. Tali sondaggi hanno infatti richiesto l'ausilio di elicotteri per il trasporto delle attrezzature di perforazione.
- sondaggi lungo l'asse Torbella est, al di sopra della Galleria Monte Sperone esistente (ST2) e un sondaggio elicotterabile in Val Torbella (ST3), non indagati precedentemente a causa di difficoltà di accesso;
- sondaggi all'interno della Galleria Monte Sperone esistente (con chiusura al traffico della Canna ovest) nel tratto in cui è previsto l'alesaggio.

Sondaggio	Profondità	Tipologia	Inclinazione	Strumentazione
IE7	35	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
IE7bis	35	distruzione di nucleo	verticale	Inclinometro
IE7ter	35	distruzione di nucleo	verticale	Cross Hole
IE8	35	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
IE8bis	35	distruzione di nucleo	verticale	Cross Hole
IE8ter	35	distruzione di nucleo	verticale	Inclinometro
IE9	35	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
IE9bis	35	distruzione di nucleo	verticale	Cross Hole
IE9ter	35	distruzione di nucleo	verticale	Inclinometro
IE10	35	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
IE10bis	35	distruzione di nucleo	verticale	Cross Hole
IE10ter	35	distruzione di nucleo	verticale	Inclinometro
IE3	35	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
IE3bis	35	distruzione di nucleo	verticale	Cross Hole
IE3ter	35	distruzione di nucleo	verticale	Inclinometro
IE4	35	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
IE4bis	35	distruzione di nucleo	verticale	Cross Hole
IE4ter	35	distruzione di nucleo	verticale	Inclinometro
IE5	35	carotaggio continuo	verticale	Inclinometro
IE5bis	35	distruzione di nucleo	verticale	Piezometro TA
IE5ter	35	distruzione di nucleo	verticale	Cross Hole
IE6	35	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
IE6bis	35	distruzione di nucleo	verticale	Cross Hole
IE6ter	35	distruzione di nucleo	verticale	Inclinometro
ST2	160	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
ST3	65	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
G1*	7	carotaggio continuo	orizzontale	-
G2*	10	carotaggio continuo	orizzontale	-
G3*	10	carotaggio continuo	verticale	-
G4*	10	carotaggio continuo	verticale	-

* Sondaggi Galleria Montesperone

3.2.6 **Indagini progetto esecutivo 2017-2018**

Nell'ambito del progetto esecutivo è stata eseguita una campagna geognostica che ha compreso le seguenti attività:

- Sondaggi a carotaggio continuo e a distruzione (anche inclinati ed orizzontali);
- prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati dai sondaggi, per definire le caratteristiche meccaniche dei materiali;
- indagini geofisiche a rifrazione tomografica con acquisizione sia di Vp sia di Vs, prove Cross Hole/Down Hole in fori di sondaggio e MASW per la definizione della Vs30. In particolare è stata eseguita una stesa (Linea F) lungo il tracciato della Galleria Torbella est per verificare la presenza di strutture e lo spessore della frana di Piani di Fregoso;
- rilievi geomeccanici associati a Point Load Strenght Test.

Le seguenti tabelle esprime sintetizzano tipologia e profondità dei sondaggi eseguiti:

Sondaggio	Profondità	Tipologia	Inclinazione	Strumentazione
T5	100	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
T6	116	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
T7	75	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
E20	30	carotaggio continuo	verticale	-
E21	30	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
E22	30	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
E23	30	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
E24	30	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
E25	30	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
E26	30	carotaggio continuo	verticale	-
E27	25	carotaggio continuo	verticale	Inclinometro
EF1	30	carotaggio continuo	verticale	Inclinometro
ST4	135	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
C4	250	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA

3.2.7 Indagini variante Ambito – 2022

L'area della variante è stata ulteriormente indagata con i seguenti sondaggi, oltre ad alcune stese di sismica a rifrazione.

Sondaggio	Profondità	Tipologia	Inclinazione	Strumentazione
BV01	30	carotaggio continuo	verticale	Down Hole
BV02	35	carotaggio continuo	verticale	Down Hole
BV03	30	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
BV04	30	carotaggio continuo	verticale	Inclinometro
BV04BIS	30	distruzione di nucleo	verticale	Piezometro TA
BV05	25	carotaggio continuo	verticale	Piezometro TA
BV06	35	carotaggio continuo	verticale	-

4 ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

L'area genovese è caratterizzata da un'elevata complessità strutturale, essendo collocata in quella che viene tradizionalmente considerata come zona di giustapposizione del dominio orogenico alpino con quello appenninico, descritta in letteratura come "nodo collisionale ligure" (Laubscher et al. 1992).

La zona analizzata è stata suddivisa in "unità tettono-metamorfiche", ovvero in volumi rocciosi caratterizzati da incompatibilità metamorfiche e strutturali rispetto ai volumi adiacenti; inoltre, sono state individuate "unità tettoniche", che sono unità distinte in base al loro diverso assetto strutturale. Queste due unità di rango superiore sono state poi suddivise in un certo numero di domini ed unità strutturali di rango inferiore, definiti in base alle suddivisioni litologiche e minero-petrografiche necessarie alle trattazioni tematiche di progetto.

Procedendo da ovest verso est, è possibile distinguere tre settori caratterizzati dall'associazione di unità di crosta oceanica (metaofioliti) e di mantello, unità di margine continentale e unità costituite da successioni sedimentarie di natura flyschoide.

- il Gruppo di Voltri (unità tettono-metamorfiche Voltri e Palmaro-Caffarella): sono costituite dalle associazioni pre-cenomaniane di ofioliti e metasedimenti carbonatici del dominio oceanico liguro-piemontese. I litotipi dell'Unità Voltri hanno registrato un picco metamorfico eclogitico mentre la riequilibratura metamorfica delle rocce dell'Unità Palmaro-Caffarella è limitata alla facies scisti-blu (Federico et al, 2004). La distinzione sicura tra i litotipi delle due unità è possibile solo alla scala microscopica e per questo motivo essi sono stati accorpati nella legenda della carta geologica;
- Zona Sestri-Voltaggio Auct.: interessa la dorsale montuosa che costituisce la parte alta del versante in destra idrografica della Val Polcevera fino al Torrente Chiaravagna e comprende Unità Tettonometamorfiche estremamente differenti per litologia e livello di metamorfismo (Capponi e Crispini, 2008). È costituita da tre unità tettono-metamorfiche, di cui due ofiolitiche (Cravasco-Voltaggio e Figogna) e una di margine continentale (Gazzo-Isoverde). Il livello del metamorfismo decresce passando dalle unità Cravasco-Voltaggio e Gazzo-Isoverde (facies scisti blu) all'Unità Figogna (facies pumpellyite-actinolite). La Zona Sestri-Voltaggio riunisce unità di tipo assai diverso per caratteristiche litotecniche e geologico-strutturali, comprendendo peridotiti serpentinizzate e serpentiniti fortemente tettonizzate, calcari dolomitici, scisti calcarei, metabasalti ed argilloscisti. E' stato quindi necessario, per una classificazione dei litotipi e delle zone tettoniche efficace ai fini del presente studio, definire una "Zona Sestri-Voltaggio *sensu stricto*" che includesse le unità più intensamente tettonizzate comprese tra il limite orientale dell'unità Palmaro-Caffarella ad Ovest e le Serpentiniti del Bric dei Corvi ad Est. La "Zona Sestri-Voltaggio s.s." include litotipi dell'Unità Gazzo-Isoverde (dolomie e calcari), dell'unità Cravasco-Voltaggio (serpentiniti, argilloscisti carbonatici del Monte Larvego) e parzialmente dell'Unità Figogna (scisti carbonatici, metabasalti tettonizzati e serpentiniti cataclastiche del Bric dei Corvi). Il grande corpo di metabasalti poco tettonizzati del Bric del Teiolo e le unità metasedimentarie che costituiscono la successione di copertura sopra-ofiolitica mesozoica affiorante sul versante destro della Val Polcevera (Metasedimenti silicei della Madonna della Guardia, Argilloscisti di Costagiutta, Argilloscisti di Murta) non sono qui considerati parti della "Zona Sestri-Voltaggio *sensu stricto",* ma semplicemente della Zona Sestri-Voltaggio *Auct*.;
- Dominio delle Unità Liguridi (dominio dei Flysch): interessa la valle del Torrente Polcevera e la zona ad est ed è rappresentato da quattro unità tettoniche ascrivibili al dominio ligure interno (Mignanego, Montanesi, Ronco) e al dominio ligure esterno (Unità Antola, con l'interposta unità delle Argilliti di Montoggio), separate tettonicamente dall'Unità di M. Figogna e sovrapposte tra di loro da zone di taglio a basso-medio angolo che presentano vergenza media verso W-NW. Procedendo verso est, il grado metamorfico decresce da basso a bassissimo nelle prime tre unità fino ad arrivare a condizioni di diagenesi per l'Unità Antola. Queste unità si presentano impilate con vergenza da E verso W, e occupano grossomodo fasce allungate in senso N-S.

Le unità tettono-metamorfiche Voltri e Palmaro-Caffarella sono giustapposte a quelle della Zona Sestri-Voltaggio lungo una discontinuità strutturale regionale a direzione N-S, nota in bibliografia come "Linea Sestri-Voltaggio" alla quale viene fatto corrispondere il limite fisico tra Alpi ed Appennini. Tale lineamento

tettonico è stato variamente interpretato in letteratura: come faglia trasforme (Elter & Pertusati, 1973), come sovrascorrimento (Cortesogno & Haccard, 1984) o come faglia estensionale (Hoogerduijn Strating, 1994).

Si tratta, in ogni caso, non di una faglia individuale, ma di una zona di deformazione regionale - rappresentata in pratica dall'intera "Zona Sestri-Voltaggio *sensu stricto"* - che si identifica come un'area di concentrazione preferenziale della deformazione, esplicata a livelli strutturali diversi in momenti successivi dell'evoluzione della catena alpino-appenninica (Crispini et al. 2009, Piana et al., 2017).

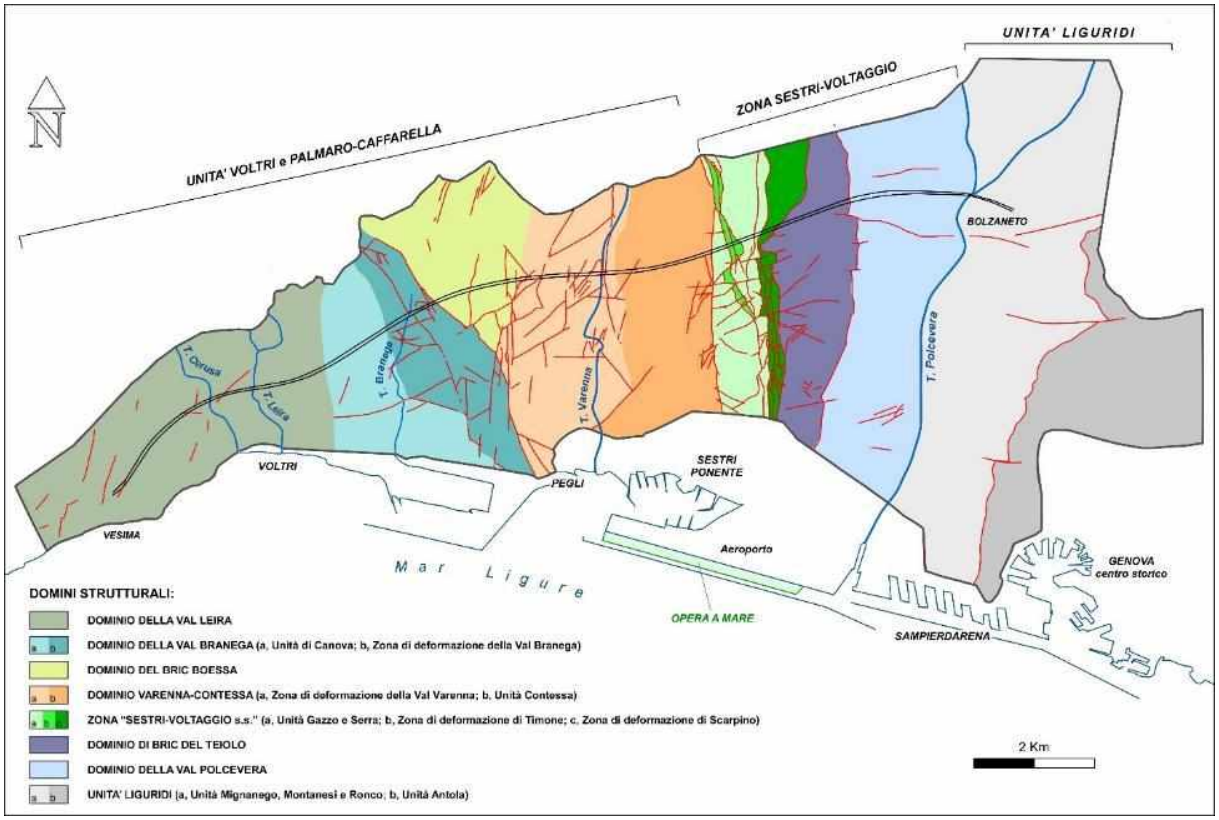

Figura 4-1 - Schema tettonico dell'area di studio

La storia geologica di questo settore delle Alpi Liguri inizia nel Giurassico medio quando, in seguito all'apertura dell'Atlantico centrale ed alla deriva verso est della placca africana, si vennero a creare le condizioni per l'apertura di un bacino oceanico (bacino ligure - piemontese) compreso tra il paleo-continente europeo (avampaese) ed il paleo-continente africano (dominio insubrico). Successivamente, si instaurarono le condizioni che portarono all'orogenesi alpina, con la progressiva chiusura del bacino con la collisione tra i due paleo-continenti.

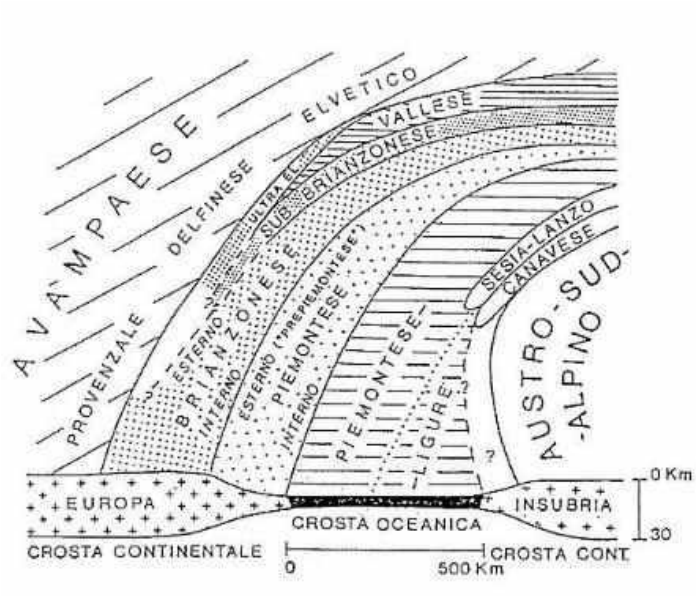

Figura 4-2 - Schema paleogeografico ipotetico durante il Giurassico medio superiore dall'esterno avampaese) all'interno (Austro-Sudalpino)

Le principali fasi orogenetiche alpine si sono realizzate in quest'area tra i 90 ed i 40 milioni di anni fa (Cretaceo sup. - Eocene), determinando la deformazione sia dei depositi oceanici (per altro in gran parte subdotti), sia dei depositi continentali, prossimi alla zona di sutura, che risultano traslati verso l'avampaese: ne consegue una struttura a falde di ricoprimento. Ognuna di queste falde costituisce tradizionalmente una unità tettonica o stratigrafico - strutturale la cui successione stratigrafica e la relativa posizione nell'edificio della catena testimoniano, pur con alcune incertezze, l'appartenenza ad un dato dominio paleogeografico.

Alla fine dell'Eocene le Alpi Liguri risultano ormai formate ed emerse (anche se ancora in sollevamento) e costituiscono la zona di alimentazione dei depositi postorogenici.

Tra l'Oligocene sup. ed il Miocene inf. viene a crearsi, nell'area a sud, un braccio di mare (Mar Ligure) in conseguenza alla rotazione antioraria del Blocco Sardo-Corso mentre ad est è presente il Bacino Terziario Ligure - Piemontese (i cui depositi caratterizzano la zona delle Langhe ed affiorano solo sporadicamente nell'area genovese).

La sequenza neotettonica può essere così sintetizzata:

- fase distensiva, collocabile temporalmente a partire dal Miocene Medio, che porta alla formazione di aree di sedimentazione con direttrici N-S sulla costa ligure;
- fase compressiva, collocabile temporalmente al passaggio tra Miocene medio e Miocene superiore, con deformazione dei Bacini suddetti ed esteso processo di sollevamento ed erosione;
- nel Tortoniano (Miocene sup.) la sedimentazione riprende in nuovi bacini di distensione, il cui asse nel Bacino Ligure si dispone in senso SW-NE; la deposizione è inizialmente terrigena e successivamente evaporitica;
- nel Pliocene inferiore la costa ligure viene interessata da una trasgressione con sedimentazione di ambiente batiale e successivamente da importanti apparati deltizi, che indicano un ringiovanimento del rilievo e l'inizio di una regressione. La linea di costa si presentava frastagliata, con valli in cui sfociavano i corsi d'acqua. L'ambiente prossimale è quindi caratterizzato da depositi fini schiettamente marini e da depositi grossolani derivati sia dagli apparati deltizi sia dal detrito di versante della costa alta (Formazione delle Argille di Ortovero);
- nel Pliocene sup. – Pleistocene il Bacino ligure è in fase di subsidenza;
- la tettonica pliocenica e quaternaria è essenzialmente distensiva o almeno con prevalenti effetti distensivi superficiali, con diverse fasi separate, e risulta essere ancora in atto, come testimoniato dal continuo sollevamento della zona costiera e della prima fascia off-shore, stimabile in almeno 400 metri nella zona di Genova (Ferraris et al., 2012).

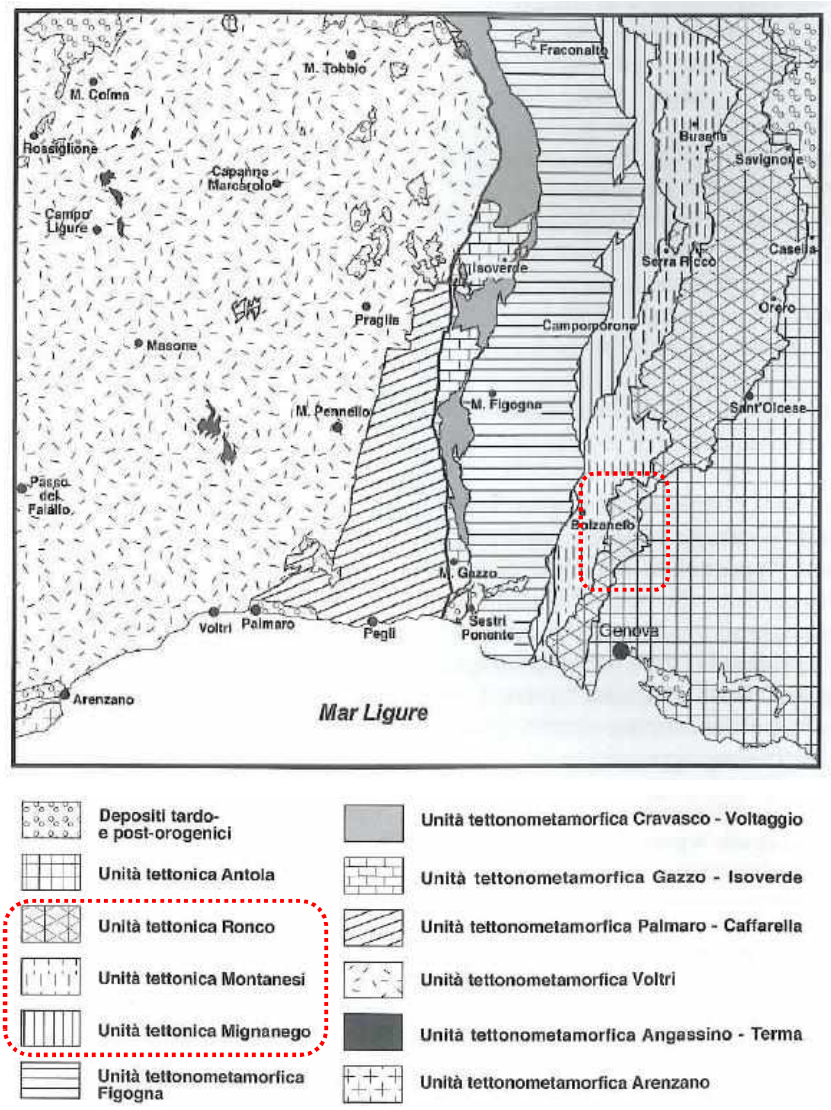

Figura 4-3 – Schema tettonico (Foglio 213-230 Genova)

4.2 INQUADRAMENTO TETTONICO DELL'AREA GENOVESE

Tutte le diverse unità tettoniche e tettonometamorfiche sono caratterizzate da un'evoluzione deformativa polifasica definita da almeno quattro eventi deformativi principali sovrapposti (Capponi & Crispini, 2008).

Le tracce di questa storia evolutiva sono rinvenibili sia direttamente in affioramento, come nel caso delle pieghe di generazione diversa presenti nelle unità tettonometamorfiche, sia indirettamente, come ad esempio nel caso degli eventi deformativi D3 e D4, ipotizzati per le unità di flysch sulla base di considerazioni cartografico-strutturali.

Nelle unità tettonometamorfiche, le associazioni strutturali legate ai diversi eventi deformativi sono chiaramente riferibili a traiettorie seguite dai volumi rocciosi attraverso livelli crostali progressivamente più superficiali.

Gli eventi deformativi D1 e D2

I primi due eventi (D1 e D2) mostrano caratteri geometrici simili, in quanto rappresentati prevalentemente da sistemi di pieghe isoclinali-traspositive espresse a tutte le scale. Il piegamento sovrapposto D1/D2 è responsabile della parallelizzazione delle superfici preesistenti alle nuove foliazioni di piano assiale, con la conseguente formazione di una superficie di origine composita a pervasività regionale, nel seguito indicata come SP (Scistosità Principale). Questa foliazione è

generalmente quella più penetrativa alla scala dell'affioramento e nell'Unità Voltri è anche costituita da foliazioni eclogitiche legate alle fasi di subduzione pre-D1\D2 (evento preD1; Capponi & Crispini, 2002).

La superficie SP presenta direzioni assiali medie tra N-S e NNE-SSW e superfici assiali con inclinazioni da medie a elevate, immergenti generalmente verso E; l'inclinazione della SP aumenta da Est ad Ovest, fino a essere subverticale in prossimità del contatto con la Zona Sestri-Voltaggio.

Le pieghe D1/D2 possono assumere morfologie variabili tra le pieghe cilindriche e le pieghe a guaina. Nell'unità Voltri, gli eventi D1 e D2 sono coevi con la riequilibratura metamorfica in facies scisti verdi ad anfibolo sodico e in facies scisti verdi e sono correlati alla fase di esumazione delle unità metamorfiche (Capponi & Crispini, 2002); nelle Unità Palmaro-Caffarella, Cravasco-Voltaggio e Gazzo-Isoverde, le strutture D1\D2 sono coeve con la facies metamorfica scisti blu. Nell'Unità Figogna, le paragenesi sin-D1\D2 sono quelle tipiche del grado metamorfico molto basso, in facies a pumpellyite-actinolite (Crispini & Capponi, 2001).

Le pieghe D1/D2 sono distinguibili con sicurezza solo quando sono sovrapposte geometricamente, generalmente secondo figure di interferenza di tipo 3 (Ramsay, 1967); nelle unità tettonometamorfiche a, causa dell'elevata componente di deformazione non coassiale che ha caratterizzato i primi due eventi deformativi, queste strutture possono assumere morfologie variabili tra le pieghe cilindriche e le pieghe a guaina (Capponi & Crispini, 2002).

L'eterogeneità della distribuzione della deformazione sin-D2 verso la zona di contatto tra l'Unità Voltri e la Zona Sestri-Voltaggio, potrebbe rappresentare un effetto dell'attività della "Linea Sestri-Voltaggio" (ovvero del sistema di faglie che bordano la Zona Sestri-Voltaggio sul suo lato occidentale) già a partire dagli stadi finali dell'evento D2 (Crispini & Capponi, 2001). In particolare, l'anisotropia reologica rappresentata dal contatto tra le rocce dell'Unità Voltri e i litotipi carbonatici dell'Unità Gazzo-Isoverde avrebbe rappresentato un importante fattore di controllo per la localizzazione della deformazione lungo la Linea Sestri-Voltaggio (Capponi & Crispini, 2002).

Il ruolo della Zona Sestri-Voltaggio deve infatti essere inquadrato nell'evoluzione geodinamica tardo-eocenica/miocenica del cosiddetto "Nodo Ligure" (Laubscher et al.1992), caratterizzata da convergenza obliqua tra la placca europea e quella adriatica, il cui movimento verso NW avrebbe indotto la rotazione antioraria della microplacca corso-sarda (Molli et al., 2010 con bibliografia).

Gli effetti dei conseguenti retroscorrimenti delle Alpi liguri sulle unità appenniniche e dell'indentazione complessa della crosta europea e adriatica si sarebbero prevalentemente manifestati con eventi deformativi caratterizzati dalla coesistenza di strutture fragili-duttili e fragili legate a identiche condizioni termo-bariche.

L'evento deformativo D3

Il successivo evento deformativo D3, coevo con facies metamorfiche comprese tra scisti verdi e scisti verdi inferiore, è caratterizzato dalla coesistenza di sistemi di pieghe e zone di taglio prevalentemente contrazionali le cui caratteristiche testimoniano un'evoluzione progressiva della deformazione verso livelli strutturali più superficiali.

Le pieghe D3 sono strutture da decimetriche a decametriche con profili aperti, assi debolmente inclinati verso NNE e/o verso SSW e piani assiali poco inclinati. Questo evento plicativo, espresso in modo omogeneo nel settore in esame, è scarsamente scistogeno e piega ad alto angolo la foliazione composita regionale e i fianchi delle strutture D1\D2.

Al piegamento sin-D3 sono associati sistemi di zone di taglio inverse da duttili a fragili-duttili, poco inclinate, che talora riattivano le superfici di piano assiale, con processi deformativi spesso assistiti da intense attività di fluidi ricchi in carbonato, in certi casi così importanti da idratare e carbonatare le rocce incassanti (ad esempio, le serpentiniti sono state trasformate in scisti a clorite, tremolite e actinolite, oppure in serpentiniti carbonatate). Queste zone di taglio sembrano essersi sviluppate progressivamente in un ampio intervallo di tempo, contemporaneamente e posteriormente alle pieghe D3.

L'evento deformativo D4

L'evento deformativo D4 è espresso in modo omogeneo da un'associazione strutturale costituita da pieghe, sovrascorrimenti e sistemi di faglie.

Le pieghe D4, distribuite in modo omogeneo in tutta l'Unità Voltri e nella Zona Sestri-Voltaggio, hanno profili aperti, lunghezza d'onda pluri-chilometrica e assi sub-orizzontali diretti tra N-S e NW-SE. I piani

assiali sono caratterizzati da direzioni N-S e NW-SE, ridotti valori di inclinazione verso W. I fianchi delle pieghe D4 sono frequentemente riattivati come sovrascorrimenti con direzioni di trasporto E-NE, associati allo sviluppo di livelli di potenza fino a decametrica di rocce di faglia di diverso tipo. Queste strutture sono caratterizzate da fronti a persistenza chilometrica e sono associate a mineralizzazioni a zeolite, clorite e carbonati indicative di livelli crostali piuttosto superficiali.

A questo evento deformativo sono inoltre riferiti sistemi di faglie particolarmente ben espressi nel settore orientale dell'Unità Voltri in prossimità del contatto con la Zona Sestri-Voltaggio, che presentano direzione N-S, NW-SE e NE-SW. Queste faglie sono prevalentemente subverticali, presentano livelli di rocce di faglia di potenza da decimetrica a metrica e sono caratterizzate da strie da sub-orizzontali a moderatamente inclinate, con sensi di movimento destri o inversi.

Le faglie del sistema NE-SW, sempre subverticali, sono solitamente più corte delle precedenti e possono tagliare i sistemi di faglie longitudinali N-S e quelli NW-SE. Queste strutture sono localmente molto frequenti, definendo zone di concentrazione della deformazione, oppure possono assolvere al ruolo di svincoli meccanici (tear faults) dei sistemi di sovrascorrimenti D4 sopra descritti.

Altri sistemi di faglie sono costituiti da faglie normali dirette NNE-SSW e WSW-ENE e soprattutto da sistemi di faglie trascorrenti ed inverse a direzione media E-W, particolarmente importanti per il progetto in quanto possono presentare persistenza pluri-ettometrica, fino a chilometrica, i quali possono tagliare tutte le strutture sopra descritte.

Tutti i sistemi di faglie descritti possono essere localmente riattivati con movimenti di tipo distensivo.

Le associazioni strutturali D4 sono geometricamente e cinematicamente congruenti con un raccorciamento regionale a direzione NE-SW, responsabile di un regime transpressivo destro. Questo quadro cinematico sarebbe in accordo con un contesto geodinamico, attivo fino all'inizio del Miocene inferiore, caratterizzato da tettonica transpressiva destra lungo la Zona Sestri-Voltaggio, la quale rappresenterebbe un importante svincolo cinematico regionale (confronta con Crispini et al. 2009 e Molli et al. 2010).

4.2.1 **Dominio delle Liguridi (Dominio dei Flysch)**

Il Dominio dei Flysch è caratterizzato dalla presenza di unità tettoniche che coinvolgono unità bacinali argillitiche e flyschoidi; interessa la valle del Torrente Polcevera e comprende una serie di Unità Tettoniche assai omogenee dal punto di vista litologico, con un grado di metamorfismo progressivamente decrescente procedendo da W verso E; le unità in sinistra idrografica del Torrente Polcevera sono considerabili non-metamorfiche.

Le unità, in apparenza molto omogenee dal punto di vista litologico e tessiturale, sono state in passato trattate come un unico insieme denominato "Argille a Palombini" o "Flysch di Busalla". Studi recenti hanno contribuito a definire una migliore suddivisione delle unità che, sebbene difficoltosa sul campo, consente una migliore analisi della struttura geologica.

Più precisamente procedendo dal basso verso l'alto strutturale e da W verso E si susseguono le seguenti unità:

- Unità Tettonica Mignanego;
- Unità Tettonica Montanesi;
- Unità Tettonica Ronco;
- Unità Tettonica Antola.

Queste unità si presentano impilate, occupano grossomodo fasce allungate in senso N-S lungo la Val Polcevera e sono separate da piani per lo più a basso angolo immergenti verso E, con vergenza dei thrust verso W.

I thrust a basso angolo risultano tagliati e dislocati da faglie trascorrenti e normali, orientate tra E-W e ENE-WSW e dalle loro coniugate, caratteristiche del campo fragile e legate alle più recenti fasi deformative. Queste strutture tardive, generalmente sub-verticali, si manifestano mediante fasce cataclasate di ampiezza decametrica in quanto la presenza di litotipi plastici favorisce la diffusione delle deformazioni in volumi piuttosto ampi.

Data la scarsa quantità di affioramenti e l'impossibilità di seguire le strutture nel loro sviluppo planimetrico, la mappatura delle faglie è per lo più dovuta a considerazioni geometriche e a diffuse evidenze morfologiche

Nelle unità più basse la deformazione ha agito in buona parte in regime di anchimetamorfismo e frequentemente la giacitura media è dovuta ai fianchi di pieghe isoclinali. Data la paraconcordanza con le giaciture medie alcuni tratti dei sovrascorrimenti potrebbero essere in realtà superfici di scollamento e carreggiamento: sarebbe quindi più corretto usare il termine generico di thrust che non implica una "risalita" nella serie del blocco carreggiato.

4.3 ASSETTO STRATIGRAFICO LOCALE

Di seguito viene riportato lo stralcio della Carta CARG per l'area di interesse.

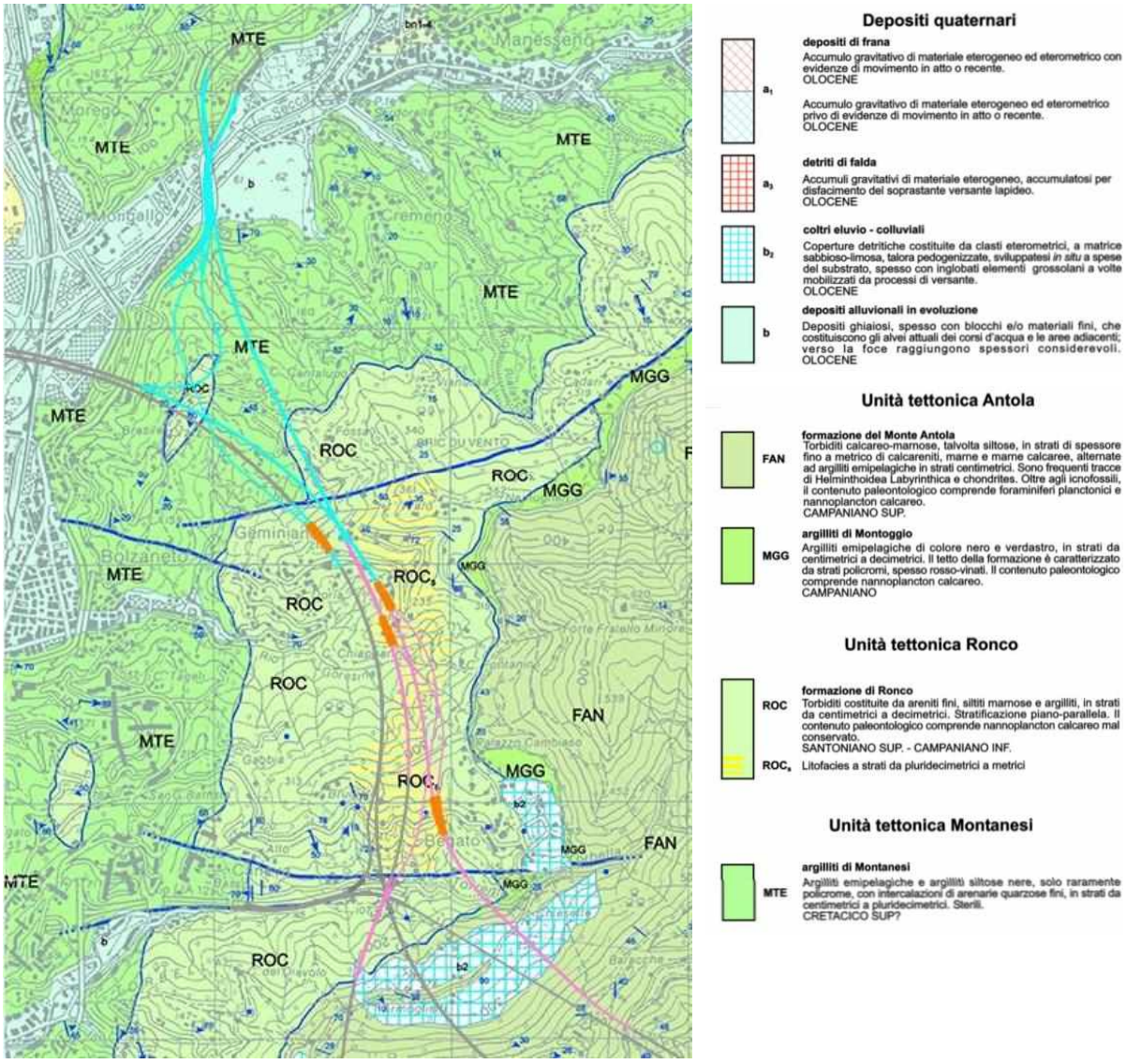

Figura 4-4 – Stralcio Carta geologica CARG – Foglio Genova – Ambito Torbella-Bolzaneto

4.3.1 Unità Tettonica Mignanego

Include la sola Formazione di Mignanego, che affiora in lembi discontinui in destra idrografica del Torrente Polcevera. Il limite superiore (con la Formazione di Montanesi) è eroso e in parte coperto dalle alluvioni di fondovalle; il limite inferiore, con gli argilloscisti di Murta, è localmente visibile e si presenta come un contatto tettonico distribuito su più superfici di frizione entro le argilliti

Formazione di Mignanego (MIG)

La formazione del Flysch di Mignanego è costituita da alternanze di arenarie calcaree grigio chiaro, nocciola in alterazione, a grana da media a medio - fine con laminazione da piano-parallela a convoluta (sequenze di Bouma), in strati da centimetrici a decimetrici, e di siltiti grigio nerastre sottilmente laminate in livelli decimetrici. Gli orizzonti arenacei conservano tracce di figure di erosione alla base.

Presenza di pieghe a piccolo raggio con asse parallelo ai piani di clivaggio. Il rapporto arenarie/siltiti è pari a 1:2.

Sulla base delle strutture sedimentarie in un affioramento presso il fondovalle è stata ipotizzata una giacitura rovescia, ma la scarsità e la bassa qualità degli affioramenti non hanno consentito una verifica di questa possibile struttura.

Nella parte a quota più elevata si osservano soprattutto pieghe asimmetriche a vergenza occidentale, a scala decimetrica, che fanno ipotizzare il proseguimento dello stile strutturale individuato in sinistra idrografica della Val Polcevera.

Età ipotizzata dal CARG: Cretacico sup.

Figura 4-5 - Formazione di Mignanego

4.3.2 **Unità Tettonica Montanesi**

Include la sola Formazione di Montanesi, affiorante in sinistra idrografica del Torrente Polcevera, a partire dal fondovalle fino al contato tettonico con l'Unità Tettonica Ronco. Il limite superiore non è mai direttamente osservabile ma si assiste ad un progressivo incremento del grado di disturbo tettonico (scompaginazione degli strati e clastesi). Il limite inferiore, anch'esso tettonico, non è visibile poiché coperto dalle alluvioni di fondovalle.

Formazione di Montanesi (MTE)

Argilliti e argilliti siltose ricche in materiale carbonioso, fittamente laminate, di colore da grigio nerastro a nero, solo raramente policrome, nocciola in alterazione; superfici di laminazione planari da lisce a molto lisce, leggermente alterate con patine argillose, localmente riempite. Talora si rinvengono intercalazioni di areniti quarzose a grana medio-fine, in strati da centimetrici a pluri-decimetrici. Sono presenti vene con apertura millimetrico centimetrica, cementate da quarzo ± carbonato. Il rapporto arenaria/pelite è mediamente pari a 1:10. Sono presenti numerose vene di quarzo di spessore centimetrico. Le superfici di laminazione risultano lisce, con ossidazione superficiale e sviluppo di patine limoso - argillose.

Le Argilliti di Montanesi affiorano nella parte inferiore del versante sinistro della Val Polcevera, dal settore di Campasso (Sampierdarena) a S fino alla confluenza tra il Polcevera e il Torrente Secca, a Nord. Nell'area di interesse, questa unità affiora in un settore di versante posto a quote altimetriche molto basse, intensamente vegetato e/o antropizzato; gli affioramenti sono pertanto in genere molto ridotti, limitati ai tagli stradali o alle incisioni del reticolato idrografico

La stratificazione raramente appare poco disturbata e dove questo si verifica le giaciture sono vergenti mediamente verso E. Localmente si osserva una pseudo stratificazione indotta da pieghe isoclinali strizzate a piccolo raggio con interruzione della continuità degli strati arenacei, sempre con immersione verso i quadranti orientali e vergenza mediamente verso W; tali strutture potrebbero essere indotte da fenomeni di trascinamento legati a piani di thrust sub - paralleli alla stratificazione. La foliazione suddivide l'ammasso in lithons di aspetto scaglioso, che sono interessati da fenomeni di pedogenesi fino a 5-6 m di profondità.

Età ipotizzata dal CARG: Cretacico sup.

Figura 4-6 - Formazione di Montanesi

Figura 4-7 - Affioramento di Argilliti di Montanesi, qui rappresentate da argilliti siltose di colore grigio scuro. Località: Bolzaneto (Bric du Vento).

4.3.3 **Unità Tettonica Ronco**

Include la sola Formazione di Ronco che affiora lungo la parte medio-alta del versante sinistro della Val Polcevera, in posizione geometricamente inferiore alle successioni dell'unità tettonica Antola che costituiscono la cresta spartiacque con la Val Bisagno, e costituisce una fascia continua a direzione NNE-SSW che si segue dai primi rilievi alle spalle di Sampierdarena fino al settore di Geminiano, al margine settentrionale dell'area di interesse.

Il litosoma, delimitato secondo la ricostruzione del CARG da contatti tettonici (thrust) a tetto ed a letto, ha geometria complessivamente tabulare con immersione verso E; secondo alcuni modelli (Ellero, 2000) costituirebbe il nucleo di una grande piega isoclinale laminata. Le giaciture, mediamente orientate verso E, paiono maggiormente disturbate in una fascia centrale tra la cresta e il fondovalle a partire da Fregoso verso S. Si evidenziano pieghe di ampiezza compresa tra decine e centinaia di metri, con assi orientati grossomodo NE-SW e orizzonti fortemente disturbati da pieghe metriche e decimetriche. Oltre alle pieghe ad ampio raggio, si osservano in vicinanza di faglie e del thrust dell'Unità Antola pieghe strizzate, generalmente con nucleo siltitico od argillitico.

Formazione di Ronco (ROC)

La Formazione di Ronco (Santoniano sup.-Campaniano inf.; Capponi & Crispini, 2008) è costituita da una successione di calcari marnosi e areniti medio-fini, in strati generalmente pluri-centimetrici o decimetrici, con intercalazioni di siltiti marnose e argilliti, localmente con aspetto filladico; sono presenti vene ad apertura millimetrico-centimetrica, cementate da carbonato e quarzo. Verso il tetto sono presenti strati di 70-80 cm di spessore. La stratificazione è sempre piano-parallela a scala dell'affioramento.

Localmente, lo spessore degli strati calcareo-marnosi e arenitici aumenta fino a pluri-decimetrico (nel settore di Begato).

L'unità non presenta tracce significative di metamorfismo ed il contenuto paleontologico è limitato a nannoplancton calcareo (mal conservato), che fornisce indizi di età compresa tra il Santoniano superiore e il Campaniano inferiore. A causa delle estese coperture la Formazione di Ronco affiora diffusamente ma per piccole estensioni. I disturbi sono maggiori nella porzione medio - bassa dell'unità, dove il rapporto tra gli stati arenitici e le intercalazioni pelitiche può oscillare tra 1:1 ed 1:2. Nella parte medio - alta della formazione, caratterizzata da strati decisamente più massicci con interstrati pelitici sottili, i disturbi sono meno evidenti e la clastesi è concentrata in fasce più ristrette.

In questa unità non sono state osservate sorgenti significative o particolari evidenze relative alla presenza di acqua nell'ammasso.

Figura 4-8 - Strati arenitici della Formazione di Ronco interessati da una complessa deformazione, in parte riconducibile a fenomeni sindeposizionali, Località: Bolzaneto, Via alla Chiesa di Geminiano.

Figura 4-9 - Formazione di Ronco, strati calcareo-marnosi pluri-decimetrici. Località: Rio Bruciate (Zona Torbella).

I sondaggi effettuati lungo il tracciato del Nodo di Genova evidenziano la presenza di orizzonti di brecce a clasti da spigolosi a subarrotondati immersi in matrice pelitico-argillitica con strutture fluidali. I clasti sono talora intrabacinali ma più frequentemente sono presenti arenarie litificate, che hanno subito clastesi e ricristallizzazione di quarzo prima del coinvolgimento nella breccia; il che ci induce a considerarle d'origine puramente tettonica.

Figura 4-10 - Sondaggio MB11 - intervallo compreso tra 95 e 100 m. Fasce costituite da cataclasiti con matrice argilloso-limosa e clasti angolosi di dimensioni fino a pluri-centimetriche costituiti da areniti medio-fini o da frammenti di vene a quarzo o a carbonato.

I corpi di brecce sono dunque espressione di fasce tettonizzate di potenza da pluri-metrica a decametrica sviluppate lungo zone di taglio a medio-basso angolo immergenti verso i quadranti orientali. Questi piani di taglio possono essere immaginati come "splay" o come piani secondari paralleli ai piani di taglio principali responsabili della giustapposizione delle diverse unità tettoniche del settore Est Polcevera. Queste fasce sono costituite da cataclasiti con matrice argilloso-limosa e clasti angolosi di dimensioni fino a pluri-centimetriche costituiti da areniti medio-fini o da frammenti di vene a quarzo o a carbonato. Sono presenti livelli di gouge di potenza fino a pluridecimetrica.

Un ulteriore dato emerso dai sondaggi, che ha consentito di suffragare osservazioni considerate dubbie in affioramento, è la ripetizione di porzioni di Formazione di Ronco isolate dal litosoma principale dell'unità, e distribuite in corpi allungati sul versante E della Val Polcevera, con orientamento NNE-SSW. Si ripete così un motivo già parzialmente evidenziato verso S, in cui un nucleo di Formazione di Ronco è coinvolto in una struttura a piega sinclinale del contatto con la sottostante Unità di Montanesi e successivamente il lato di monte evolve in una faglia normale, in campo fragile, che ribassa il nucleo di Ronco: l'unità, in questo modo, affiora così fino al fondovalle ed è stata identificata anche sotto la copertura alluvionale. Nella porzione più settentrionale dell'area l'unità affiora anche in destra idrografica del T. Secca, dato cartografico che non era stato evidenziato in passato, e la sua presenza si accorda con il modello interpretativo sopra descritto.

Età ipotizzata dal CARG: Santoniano sup. – Campaniano inf.

Formazione di Ronco e Argilliti di Montanesi - Criteri distintivi

Le Argilliti di Montanesi e la Formazione di Ronco sono entrambe unità litostratigrafiche costituite da successioni pelitico-arenitiche con debole sovraimpronta metamorfica (anchizonale). Nella recente letteratura geologica sono state attribuite a due distinte unità tettoniche (Unità Tettonica Montanesi e Unità Tettonica Ronco), giustapposte da un contatto tettonico immergente ad angolo medio o medio-alto verso i quadranti orientali (Ellero, 2000; Ellero et al. 2001; Capponi e Crispini, 2008). Tuttavia, tali unità litostratigrafiche rappresentano con ogni probabilità due termini di una successione stratigrafica originariamente continua, tanto che il passaggio dalle Argilliti di Montanesi alla Formazione di Ronco era considerato transizionale e di natura stratigrafica dagli autori precedenti (Marini, 1998), e corrisponde ad un graduale aumento della potenza e della frequenza delle intercalazioni arenitiche e

ad un aumento della componente carbonatica (pressoché assente nelle Argilliti di Montanesi). Non è altresì possibile escludere che le due unità siano, almeno in parte, eteropiche e che quindi i rapporti stratigrafici originari non siano di sola sovrapposizione verticale ma anche di possibile interdigitazione laterale.

In ogni caso si sottolinea che le due unità presentano caratteristiche litologiche affini, soprattutto negli intervalli prossimi al contatto. Per questo motivo, il contatto tra le due unità non deve essere considerato come un elemento evidente ed inequivocabile.

4.3.4 **Unità Tettonica Antola**

L'Unità di Antola si trova al tetto dell'edificio a falde affiorante nell'area in esame ed è interpretata come espressione del bacino oceanico ligure - piemontese e della sua transizione al margine continentale della placca Adria. La corrispondenza di sequenza e di intervalli biostratigrafici documentati consente di correlare l'unità a quella del Flysch ad elmintoidi (Unità di M.Cassio), affiorante nell'Appennino settentrionale esterno, suggerendo che l'unità del M. Antola sia collocabile tra le successioni flyschoidi del bacino ligure esterno. Questa correlazione implica che per raggiungere l'attuale livello strutturale al tetto della catena nord-appenninica l'Unità di Antola deve aver subito una antica fase tettonica Europa - vergente.

Nell'area rilevata, l'Unità di Antola è presente con una formazione del complesso basale (Argillite di Montoggio) e con i depositi torbiditici carbonatici intermedi che costituiscono la Formazione di Antola s.s. Le giaciture sono mediamente vergenti verso i quadranti orientali, più ripide nel settore meridionale rilevato (30°-70°) e meno inclinate da Fregoso verso N (10°-30°).

Argilliti di Montoggio

Le Argilliti di Montoggio (Campaniano; Capponi & Crispini, 2008) sono costituite da una successione di argilliti e siltiti di colore generalmente scuro, a stratificazione sottile; localmente (verso il tetto della formazione) sono presenti livelli grigio-verdastri o rosati contenenti bioturbazioni attribuibili all'ichnogenere Chondrites. Sono presenti rari interstrati arenitici di potenza pluri-centimetrica o decimetrica, spesso boudinati a causa dell'intensa deformazione che ha interessato l'unità. Nella parte alta della formazione sono presenti livelli centimetrico-decimetrici di colore nero, costituiti da peliti molto ricche in sostanza organica.

In sondaggio questi orizzonti sono frequentemente ammorbiditi ove si trovino in corrispondenza di rilasci o di settori fratturati della Formazione di Antola, quindi soggetti a percolazione profonda di acqua. Nel sondaggio MS1, in località Armoglietti, la presenza di fratture all'interno della Formazione di Monte Antola, consente infiltrazione di acqua per tutto il tratto costituito da calcari e quindi le sottostanti Argiliti di Montoggio subiscono fenomeni di rammollimento molto spinti.

Nell'area di interesse, le Argilliti di Montoggio affiorano lungo il fianco sinistro della Val Polcevera in una fascia a direzione SSW-NNE, alla base della cresta spartiacque impostata nelle successioni calcaree della Formazione del Monte Antola. Il settore di versante occupato dalle Argilliti di Montoggio corrisponde ad una marcata rottura di pendenza, e costituisce una fascia semi-pianeggiante di alcune decine di metri di larghezza, ben riconoscibile nel paesaggio, soprattutto in corrispondenza delle dorsali e lungo i versanti con giacitura degli strati a reggipoggio. Questa fascia, soprattutto quando si trova nelle immediate vicinanze della Formazione del Monte Antola è ricoperta da una falda di detrito di diversi metri di spessore, contenente blocchi di calcari marnosi derivanti da crolli.

Questa unità è presente in modo discontinuo ma diffuso alla base della Formazione di Antola, e costituisce corpi lenticolari rimasti legati all'hanging wall del sovrascorrimento della Formazione di Antola sulle unità sottostanti. Il thrust basale si presenta con un'inclinazione a basso angolo verso i quadranti orientali che tende a verticalizzarsi verso S (risulta anche piegato a W di Granarolo per probabile interferenza con il sistema strutturale orientato WNW-ESE). L'Argillite di Montoggio ha costituito l'orizzonte di scollamento per l'unità soprastante; per questo motivo gli affioramenti oltre che essere discontinui si presentano fortemente tettonizzati. Le argilliti sono attraversate da numerose famiglie di fratture che delineano lithons molto allungati e gli intervalli silicoclastici sono frammentati con scarsa continuità (area S.Benigno).

Verso N si osservano intercalazioni di livelletti arenacei con sottili interstrati pelitici non eccessivamente deformati. È comunque sempre evidente una certa discordanza angolare tra le due formazioni.

Figura 4-11 - Argilliti di Montoggio; argilliti scure con strati centimetrici di areniti fini e siltiti laminate. Località: Porta di Granarolo.

Figura 4-12 - Affioramento di Argilliti di Montoggio, costituite da argilliti scure con interstrati arenitici boudinati. Località: Rio Torbella, a monte del ponte di Villa Nuova (Begato)

Figura 4-13 - Affioramento di Argilliti di Montoggio, costituite da argilliti di colore grigio, con livelli neri ricchi di sostanza organica. Località: Rio Torbella, a monte del ponte di Villa Nuova (Begato)

Nella cartografia geologica ufficiale (Foglio CARG Genova 1:50000, Capponi & Crispini 2008; Carta Geologica a scala 1:5000 del Piano Urbanistico Comunale di Genova), le Argilliti di Montoggio sono cartografate come una serie di corpi lateralmente discontinui, di estensione pluri-ettometrica. Nei settori in cui le Argilliti di Montoggio non sono cartografate, la Formazione del Monte Antola è rappresentata a diretto contatto con la Formazione di Ronco sottostante. Questa interpretazione sembra risentire delle condizioni di affioramento non ottimali delle Argilliti di Montoggio, spesso ricoperte da una spessa coltre di depositi di versante. Non è pertanto da escludere che le Argilliti di Montoggio costituiscano, nel settore di interesse, un intervallo con maggiore continuità laterale, per quanto soggetto a importanti variazioni di potenza, e non una serie di corpi a geometria lenticolare interposti tra la Formazione del Monte Antola e la Formazione di Ronco.

Età ipotizzata dal CARG: Campaniano

Formazione del Monte Antola (FAN)

Sequenze di torbiditi carbonatiche, in prevalenza calcareo - marnose, talvolta siltose, con orizzonti fini prevalentemente marnosi: calcareniti e calcareniti marnose grigio chiare, biancastre in alterazione, marne e marne calcaree in strati planari, da decimetrici fino a plurimetrici, intercalati da strati marnosi e siltitici ed in misura minore argillitici, in strati da centimetrici a decimetrici. Rapporto calcareniti/siltiti >>1.

Sono presenti strati pluri-decimetrici di calcareniti grossolane, talora a laminazione piano-parallela, con patina di alterazione bruno-rossiccia.Le superfici di strato dei banchi calcareo-marnosi presentano spesso abbondanti ichnofossili appartenenti ai generi *Helminthoidea* e *Chondrites*.

Negli orizzonti calcareo - marnosi più massivi il disturbo tettonico rende di difficile lettura la stratificazione, usualmente ben evidente. Il comportamento rigido degli orizzonti calcarei è manifesto nelle aree di cerniera, dove sono frequenti fratture radiali, quasi sempre suturate da calcite. Gli orizzonti calcarei basali, immediatamente soprastanti alla Formazione delle Argilliti di Montoggio, sono estremamente competenti e mostrano buon rilievo morfologico (es. tra Fregoso e Begato, alta Val Torbella), poiché le pareti sono ringiovanite da crolli innescati dalla presenza di un substrato tendenzialmente plastico (Argillite di Montoggio). Le falde di detrito generate in queste condizioni possono superare lo spessore verticale di 25 m.

La Formazione del Monte Antola affiora nel settore orientale dell'area di interesse, a partire dalla cresta della dorsale spartiacque tra la Val Polcevera e la Val Bisagno verso Est.

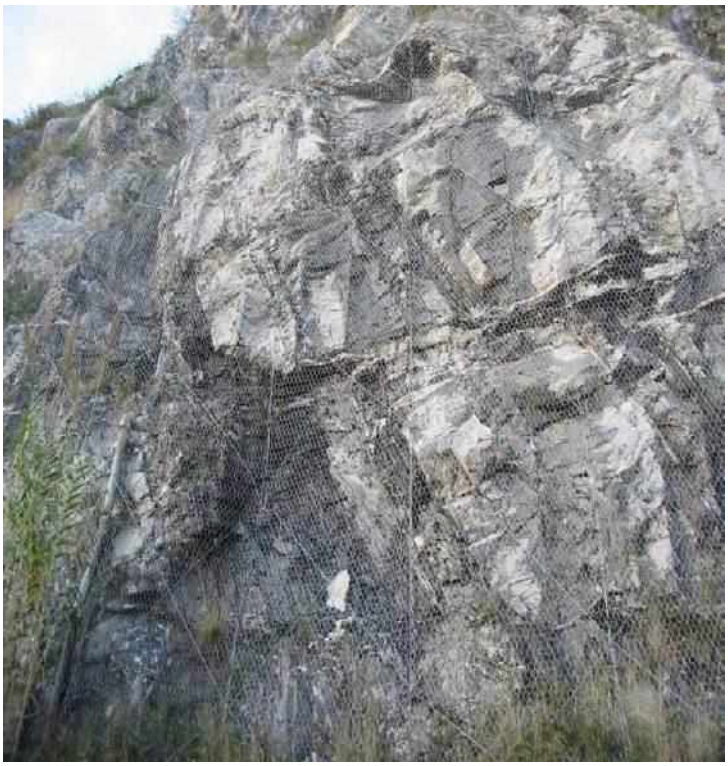

Figura 4-14 - Formazione di Antola

Figura 4-15 - Formazione del Monte Antola; banchi calcareo-marnosi di potenza fino a metrica. Località: Piani di Fregoso

Nel settore più orientale, in val Bisagno a monte di Staglieno, i sistemi di pieghe a mesoscala sono più sviluppati, grazie anche alla presenza di orizzonti a stratificazione da sottile a media.

La parte bassa della Formazione è localmente sede di risorgenze diffuse, quasi sempre sepolte entro il detrito di falda. Risorgenze effimere sono presenti anche in concomitanza di faglie a basso angolo; le faglie inverse, in unità di questo tipo, costituiscono normalmente acquicludo che sorreggono piccole falde temporanee, tuttavia la fratturazione fragile in regime distensivo, legata alle fasi neotettoniche soprattutto verso costa, determina l'impossibilità che queste falde temporanee possano dare sorgenti di carattere più continuo. Dove non direttamente interessati da disturbi tettonici gli ammassi rocciosi si presentano in buone condizioni.

Età ipotizzata dal CARG: Campaniano sup.

4.3.5 **Depositi quaternari continentali**

L'area rilevata presenta caratteristiche differenti a seconda delle litologie che costituiscono il substrato. I meccanismi evolutivi predominanti sono guidati dalla pedogenesi, dalla gravità, dalle acque superficiali e dall'intervento antropico.

Materiale di riporto antropico

Materiali di riporto e terreni rimaneggiati a seguito dell'urbanizzazione sono presenti in modo diffuso nel fondovalle dei torrenti Polcevera, Secca e Torbella, in corrispondenza delle infrastrutture viarie e ferroviarie ed in tutte le zone edificate. In planimetria i depositi antropici sono riportati solo dove gli spessori sono più rilevanti.

Nel contesto che caratterizza la zona in esame, il materiale di riporto assume spessori variabili da pochi centimetri fino alla decina di metri.

Il deposito è costituito da materiale di varia granulometria e può contenere anche laterizi, legno, blocchi lapidei metrici, asfalto e resti di manufatti.

Coltri superficiali e detrito di versante

Assumono caratteri differenti a seconda della litologia e dell'assetto del substrato: i litotipi argillitici e flyschioidi della Val Polcevera sono molto sensibili ai fenomeni di degradazione, alterazione e pedogenesi. Ad eccezione delle aree di cresta maggiormente soggette all'erosione, dove è possibile individuare affioramenti più estesi delle unità lapidee, in tutta l'area l'orizzonte di decarbonatazione si spinge normalmente nel substrato sino a 3 ÷ 4 m di profondità, ma localmente può raggiungere anche i 7 ÷ 8 m. La parte bassa dei versanti presenta coperture di detrito di versante (tipicamente un diamicton a supporto di matrice limoso-sabbioso-argillosa) che superano generalmente i 3 m di spessore.

Depositi di frana

Il disequilibrio morfo-topografico indotto dal rapido sollevamento del settore costiero e dal conseguente approfondimento del reticolo idrografico, unitamente alla eterogeneità composizionale e geomeccanica dei litotipi presenti, ha comportato l'attivazione di fenomeni gravitativi di varie tipologie e dimensioni, coinvolgenti sia le unità lapidee del substrato sia i terreni delle coperture.

Sulle successioni flyschoidi della Val Polcevera i depositi di frana sono generalmente impostati nei depositi superficiali a granulometria più fine e nella porzione più degradata del substrato. Si attivano come colate o scivolamenti, ma perdono rapidamente evidenza morfologica a causa della densa vegetazione.

Nei litotipi riferibili alla Formazione di Monte Antola sono anche osservabili scorrimenti di tipo planare con eventuali locali componenti rotazionali, con piano di movimento in corrispondenza di superfici di stratificazione o della superficie di appoggio detrito-substrato, e crolli.

Depositi alluvionali

Sono costituiti principalmente da ghiaie medie e grossolane a matrice sabbiosa e da ghiaie e sabbie limose.

Comprendono i vari tipi di sedimenti derivanti dall'azione di trasporto ad opera delle acque incanalate lungo il reticolo idrico locale. In base alle caratteristiche principali del corso d'acqua sono stati distinti:

- depositi torrentizi;

- depositi alluvionali attuali;
- depositi alluvionali antichi.

I torrenti minori dell'area, sia tributari del Polcevera (che è il principale corso d'acqua dell'area e quello in cui i depositi alluvionali sono più sviluppati), sia sfocianti direttamente in mare, presentano sempre materassi alluvionali costituiti da ghiaie sabbiose, il loro spessore appare inferiore a 1 m nelle aste montane e si incrementa rapidamente allo sbocco della stretta fascia costiera.

La Val Polcevera è occupata in buona parte da depositi alluvionali grossolani, con spessori che variano da pochi metri fino a decine di metri di profondità. I dati dei sondaggi mettono in evidenza anche settori con matrice a forte componente limosa e subordinatamente argillosa. Verso lo sbocco a mare tali livelli raggiungono un notevole spessore (pluridecametrici) ed isolano parzialmente la falda superficiale da quella più profonda, quest'ultima è sede dell'acquifero captato ad es. dal campo pozzi di Campi. Considerando i dati derivanti dai sondaggi (es. SPO4 e pozzi Torbella) non sembra esserci continuità all'interno di tali depositi, sia in senso trasversale, che longitudinale. Lo spessore dei depositi alluvionali (Pliocene inferiore) è irregolare poiché suturano una superficie erosiva che, nella zona interessata dal progetto, raggiunge i -30÷-35 m rispetto all'attuale livello marino.

Depositi torrentizi

Sono relativi alle aste drenanti i piccoli bacini di tipo torrentizio caratterizzate generalmente da uno sviluppo lineare, elevato gradiente di fondo, deflussi non perenni, regime delle portate fortemente variabile, elevata capacità di trasporto solido in occasione di eventi di precipitazione intensi. Il contesto geologico-geomorfologico in cui è impostato il bacino, che va dai versanti collinari ad elevata acclività incisi nelle litologie competenti, ai piccoli impluvi nei blandii pendii modellati nelle unità marnoso-argillitiche, impronta la composizione granulometrica caratterizzata da un'elevata variabilità.

I depositi, negli ambienti di alta energia, comprendono ciottoli, blocchi e ghiaie, con locali intercalazioni sabbiose, i clasti (con dimensioni anche nell'ordine del metro) sono poco elaborati o spigolosi, costituiti in prevalenza da calcescisti, serpentiniti e metabasiti. Nei contesti a bassa energia prevalgono sabbie limose e limi sabbioso-argillosi inglobanti a tratti ghiaie minute e rari clasti di minori dimensioni (1 ÷ 2 dm), costituiti per lo più da marne e calcari marnosi.

Gli spessori sono in genere compresi tra 1 ÷ 2 m e 4 ÷ 5 m, tranne nei casi in cui il corso d'acqua dopo aver percorso il pendio acclive si immette in modo repentino nel fondovalle dando origine, in corrispondenza del cambio di pendenza ad un conoide torrentizio-alluvionale. Esempi di queste forme si individuano in destra del T. Polcevera, dove il modesto Rio Ronco si immette nella piana principale.

Depositi alluvionali attuali

Depositi presenti nell'ambito cittadino del fondovalle, contenuti generalmente all'interno delle opere di difesa spondale di tipo continuo. Comprendono ghiaie medio-grossolane a matrice sabbiosa e sabbie limose con ghiaia. Clasti eterometrici, poligenici da poco arrotondati a ben elaborati. Spessore generalmente compreso tra 1 ÷ 5 m. Gli affioramenti di maggiore estensione si riscontrano nel fondovalle del T. Polcevera, dallo sbocco in mare sino alla zona di confluenza con i T. Burla e Secca.

Depositi alluvionali antichi

Presenti alla base e ai margini dei depositi alluvionali attuali, colmano le incisioni dei principali corsi d'acqua costituendo superfici terrazzate poste a quote poco superiori a quelle dell'alveo ordinario. I corpi deposizionali principali si rinvengono nel fondovalle del T. Polcevera e del T. Secca. Nell'ambito cittadino l'assetto superficiale e le evidenze morfologiche risultano completamente obliterate dai rimodellamenti e dagli interventi urbanistici. Lo sviluppo delle infrastrutture ferroviarie, in particolare, ha comportato sul finire dell'800 rilevanti trasformazioni nell'ampio fondovalle del T. Polcevera con il taglio di un meandro, in seguito completamente urbanizzato, e lo scavo di un nuovo tratto di alveo per la realizzazione dello scalo ferroviario di Bolzaneto.

Sono costituiti da alternanze di ghiaie a matrice sabbiosa, sabbie, ghiaie e ciottoli, costituenti corpi con giacitura lentiforme e spessore metrico. Presenza di orizzonti e lenti sabbioso-limose e, nei fondovalle impostati nelle sequenze marnoso-argillitiche, a granulometria limoso-argillosa. I clasti da sub-arrotondati, a sub-angolari, hanno composizione poligenica rappresentativa delle litologie affioranti nel bacino. In prossimità del passaggio alle unità del substrato, comprendono anche scaglie e blocchi della roccia incassante con dimensioni da decimetriche a metriche.

Gli spessori complessivi lungo i fondovalle variano da una decina di metri, nei tratti più interni, a varie decine di metri in prossimità del litorale, in relazione al rapido approfondimento dei solchi erosionali conseguente alle variazioni del livello marino nel corso delle diverse fasi climatiche del Quaternario. Nei periodi di massima espansione glaciale il livello marino medio si disponeva a circa – 110 m s.l.m. (rispetto allo 0 m s.l.m. attuale), il raggiungimento del nuovo livello di base imposto ha comportato un rilevante approfondimento del reticolo idrografico nel tratto prossimo alla costa.

Le indagini eseguite lungo il tracciato di progetto hanno riscontrato spessori che nell'attraversamento del fondovalle del T. Polcevera variano dai 5 ÷ 10 m in prossimità dei versanti collinari a 30 ÷ 35 m nel settore centrale. La superficie di appoggio basale della sequenza alluvionale, di natura erosionale, è caratterizzata da un andamento articolato con inclinazione nell'insieme volta verso mare.

4.4 ASSETTO GEOMORFOLOGICO

La caratterizzazione geomorfologica dell'area è stata affrontata sia tramite fotointerpretazione in stereoscopia, sia mediante verifiche in sito, al fine di discriminare e riconoscere l'insieme delle forme e dei fenomeni che possano avere interesse pratico nei confronti della realizzazione delle opere in progetto, sia mediante rilievi di dettaglio. Gli elementi derivati dalla fotointerpretazione risultano in buon accordo con quanto rilevato direttamente in sito, con quanto segnalato sulle carte fornite dalle Amministrazioni (Comune e Provincia di Genova) e con le risultanze delle indagini geognostiche.

Studi precedenti (a corredo delle cartografie tematiche sia comunali che provinciali) sottolineano come le morfologie – sia legate alla gravità sia all'azione delle acque superficiali - risultino fortemente influenzate dall'orientazione degli elementi tettonici principali (direttrici ad andamento N-S, NW-SE e NE-SW). Probabilmente questi lineamenti, determinando la fratturazione ed il decadimento delle caratteristiche dell'ammasso roccioso, favoriscono lo sviluppo di coltri di detrito favorevoli all'instaurarsi di successivi fenomeni di dissesto ed influenzano l'andamento dei corsi d'acqua.

La zona di Bolzaneto è dominata dalle successioni di argilloscisti che determinano morfologie morbide, sebbene caratterizzate da versanti ripidi. L'elevato spessore delle coltri di alterazione, che supera localmente i 15 metri, ma presenta valori medi di 2-4 m, è facilmente inciso da rii minori e canali di ruscellamento temporaneo, con scarpate in erosione che raggiungono i 6-7 metri di altezza; tuttavia, data l'intensa copertura vegetale non si evidenziano testate in arretramento e significativi fenomeni di erosione accelerata.

I versanti impostati nell'ambito di unità argillitiche sono spesso soggetti a frane in corrispondenza di interventi antropici.

Il fondovalle è sostanzialmente pianeggiante sebbene quasi interamente antropizzato e modificato dai rilevati ferroviari e stradali realizzati sulla sponda orientale e dalle spianate dell'area industriale ubicata sulla sponda occidentale. L'alveo di esondazione del fiume è interamente contenuto entro le scarpate morfologiche, completamente rettificate e rivestite da muri. Per ampi tratti anche il fondo del fiume è rivestito da lastre di cemento.

La zona di Torbella è dominata dalla cresta dei Forti di Genova, costituita dalla Formazione del Monte Antola che, soprattutto nella parte basale, presenta bancate carbonatiche di discreto rilievo morfologico; queste scarpate hanno generato consistenti falde di detrito, di cui alla testata della valle del T. Torbella sono conservate ampie porzioni fossili. Le pareti ad elevata acclività hanno generato fenomeni franosi nel recente passato; a NE di Begato sono conservate tracce visibili e di fronte, in località C. del Diavolo, è presente una frana attiva caratterizzata dalla riattivazione di una precedente colata di blocchi estesa su un fronte più ampio.

Alcuni dissesti minori sono diffusi sui versanti; in particolare la Formazione di Ronco appare suscettibile in corrispondenza di alcune delle linee strutturali ad andamento coniugato lungo la direttrice E-W.

Di particolare rilevanza, sul versante sinistro della Val Torbella, è un esteso corpo di frana che ha interessato un ampio tratto di versante dalla località Dal Forno, fino in prossimità degli imbocchi delle attuali Gallerie Monte Sperone. Il movimento gravitativo si è impostato nelle unità lapidee del substrato e la zona superiore di distacco è localizzabile nel settore superiore del crinale Forte Sperone – Forte Begato. Gli spessori del corpo di frana accertati mediante sondaggi a carotaggio continuo sono compresi tra la decina di metri ed i 70 ÷ 80 m (sondaggi SA7-1, ST 2). Non si hanno elementi per una

datazione diretta del fenomeno, tuttavia, il pressoché completo rimodellamento del settore superiore del versante e l'esistenza di una superficie sub-pianeggiante in posizione altimetrica intermedia ci consente di ritenere che la mobilizzazione della frana e la successiva evoluzione gravitativa in massa del versante siano avvenute in epoca piuttosto remota. Si ritiene pertanto che si tratti di una frana antica, attualmente sospesa rispetto alla quota di base del fondovalle come anche mostrato dalla linea sismica "F" (Akron 2018).

4.5 COMPATIBILITÀ GEOMORFOLOGICA CON CARTOGRAFIE DI ENTI ED ISTITUZIONI

4.5.1 Verifiche con la cartografia dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale

Nell'ambito del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PSAI) sono identificate e descritte le aree di pericolosità geomorfologica ed idraulica, finalizzate alla redazione di strumenti di pianificazione per la salvaguardia del territorio.

L'area ricade nel Bacino del Torrente Polcevera.

Figura 4-16 - Bacini della Provincia di Genova - Date di approvazione ed eventuali varianti per il bacino interessato dal progetto

Dall'analisi della carta della suscettività al dissesto risulta che la zona interessata dalla variante (relativamente a imbocchi e tratte all'aperto) rientra per lo più in settori classificati come Pg0 (nel fondovalle - Suscettività al dissesto molto bassa), Pg1 e Pg2 (Suscettività al dissesto da bassa a media) e Pg3b (suscettività elevata).

Sono presenti alcune frane attive (Pg4) in sinistra al T. Secca e frane attive (Pg4) e quiescenti (Pg3a) in Val Torbella, ma distanti dal tracciato o con tratti in galleria.

Si sottolinea comunque la necessità di prestare massima attenzione (sia in fase di progettazione, sia in fase costruttiva) anche a quelle opere che ricadono in aree apparentemente meno critiche, ovvero quelle classificate come Pg3b e Pg2 dal PSAI che, sebbene evidenzino modesta suscettività al dissesto, si configurano comunque come zone sensibili.

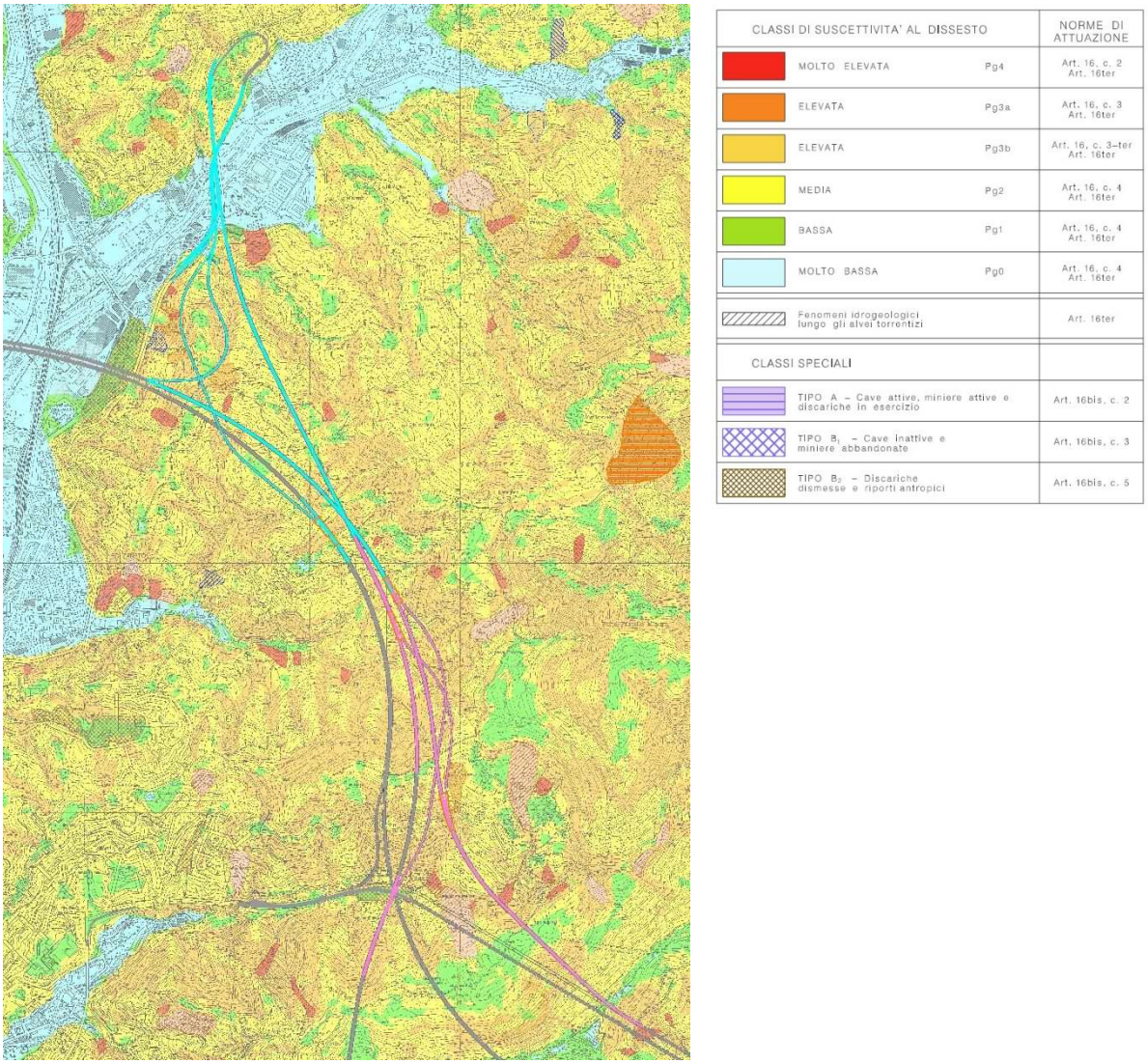

Figura 4-17 - Piano di Bacino del Torrente Polcevera – Carta della suscettività al dissesto – Tavola 213110, 213120 e 213150 (data ultima modifica dell'elaborato 13/02/2017)

La carta della franosità reale segnala diverse criticità, ma distanti dalle opere in variante.

Ambito Bolzaneto

In prossimità dei tracciati in variante si identificano:

- una frana superficiale attiva circa 70 m ad est dell'imbocco della Forte Diamante (711);
- una frana attiva (836) che borda l'autostrada esistente poco prima dello svincolo di Bolzaneto;
- tre frane (994, 712 e 714) presenti in corrispondenza nel medesimo svincolo.
- alcuni impluvi, tra cui quello del T. Orpea, sono caratterizzati da erosione concentrata di fondo.

Sia il dissesto limitrofo all'autostrada sia quelli dello svincolo sono stati oggetto di approfondimenti durante la realizzazione del precedente progetto definitivo/esecutivo (cfr. schede frana SGT135 e SGT190).

Ambito Torbella

In prossimità dei tracciati in variante si identificano:

- Frana attiva 762: la galleria Torbella Est passa al di sotto del dissesto con una copertura di 30 m;
- Frana attiva 763: è posta ad oltre 80 m dall'Imbocco della rampa Geminiano 1;
- Due frane di cui una attiva (1347) ed una quiescente (764) sul versante sinistro della valle Torbella a SW del tracciato della Galleria Torbella est (distanza planimetrica dalla Pg4 maggiore di 60 m e copertura galleria maggiore di 30 m)

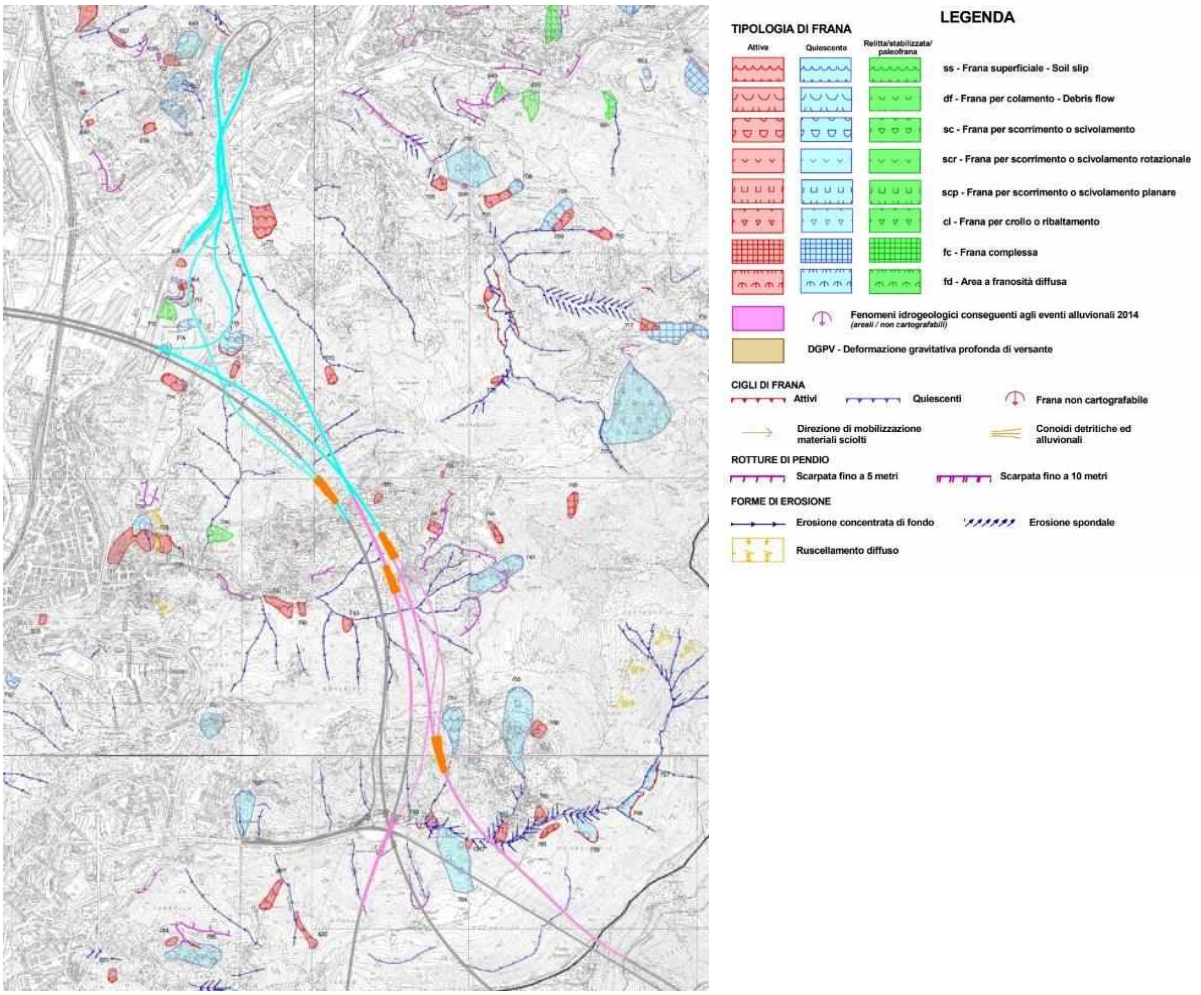

Figura 4-18 - Piano di Bacino del Torrente Polcevera – Carta della franosità reale – Tavola 213110, 213120 e 213150 (data ultima modifica dell'elaborato 13/02/2017)

I litotipi presenti sono caratterizzati da substrato con caratteristiche meccaniche per lo più scadenti, alterate e fratturate (argilloscisti).

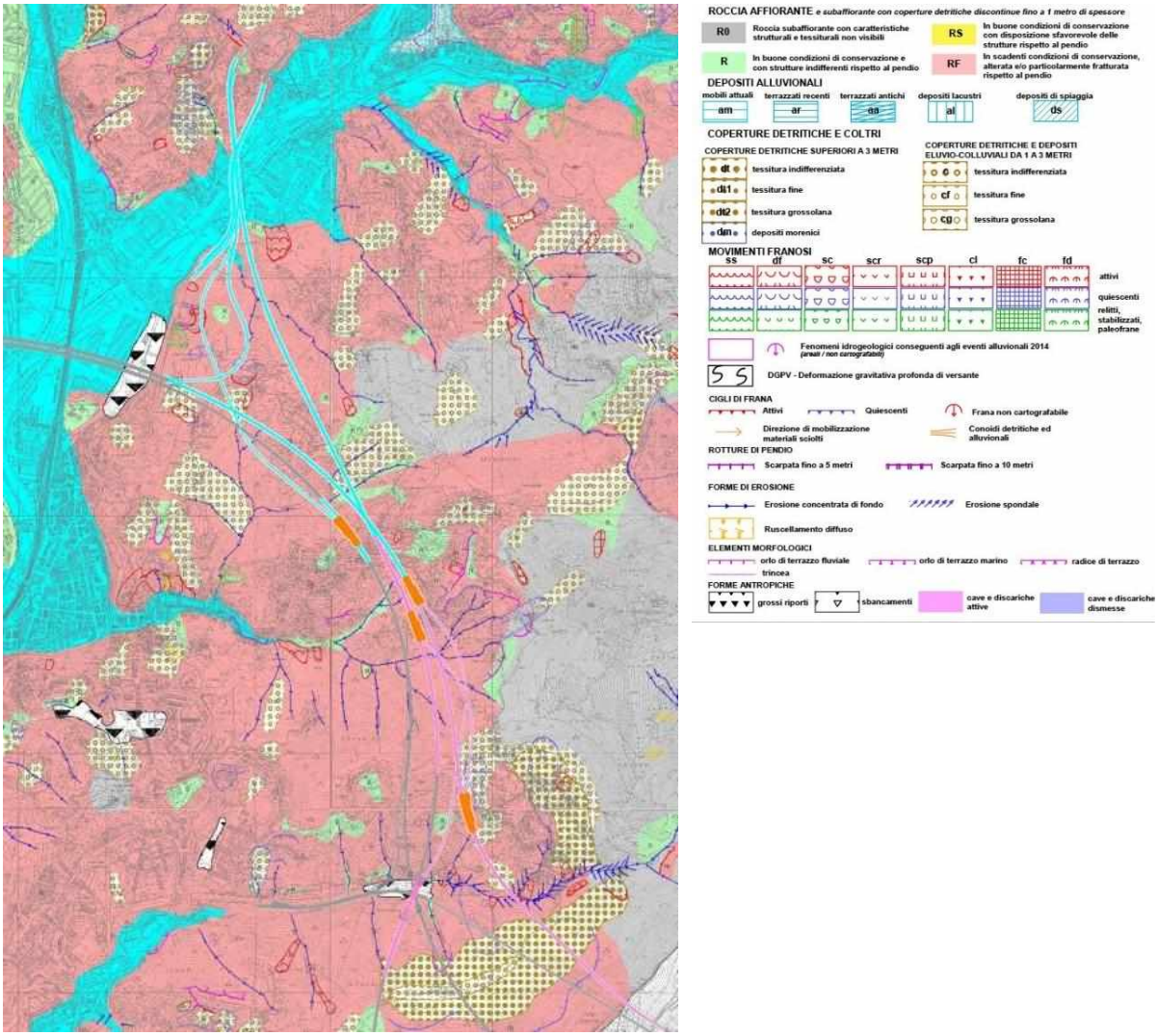

Figura 4-19 - Piano di Bacino del Torrente Polcevera – Carta geomorfologica – Tavola 213110, 213120 e 213150 (data ultima modifica dell'elaborato 13/02/2017)

Per quanto concerne il rischio idraulico, non è segnalato nessun rischio per gli imbocchi, solo un rischio moderato per la parte di fondovalle dell'Orpea ed al di sotto del Viadotto Secca; lungo il Torrente Secca, a S del Viadotto e lungo Via Rio di Po, sono segnalate aree a rischio idraulico molto elevato.

Per l'area di Torbella non sono segnalati rischi.

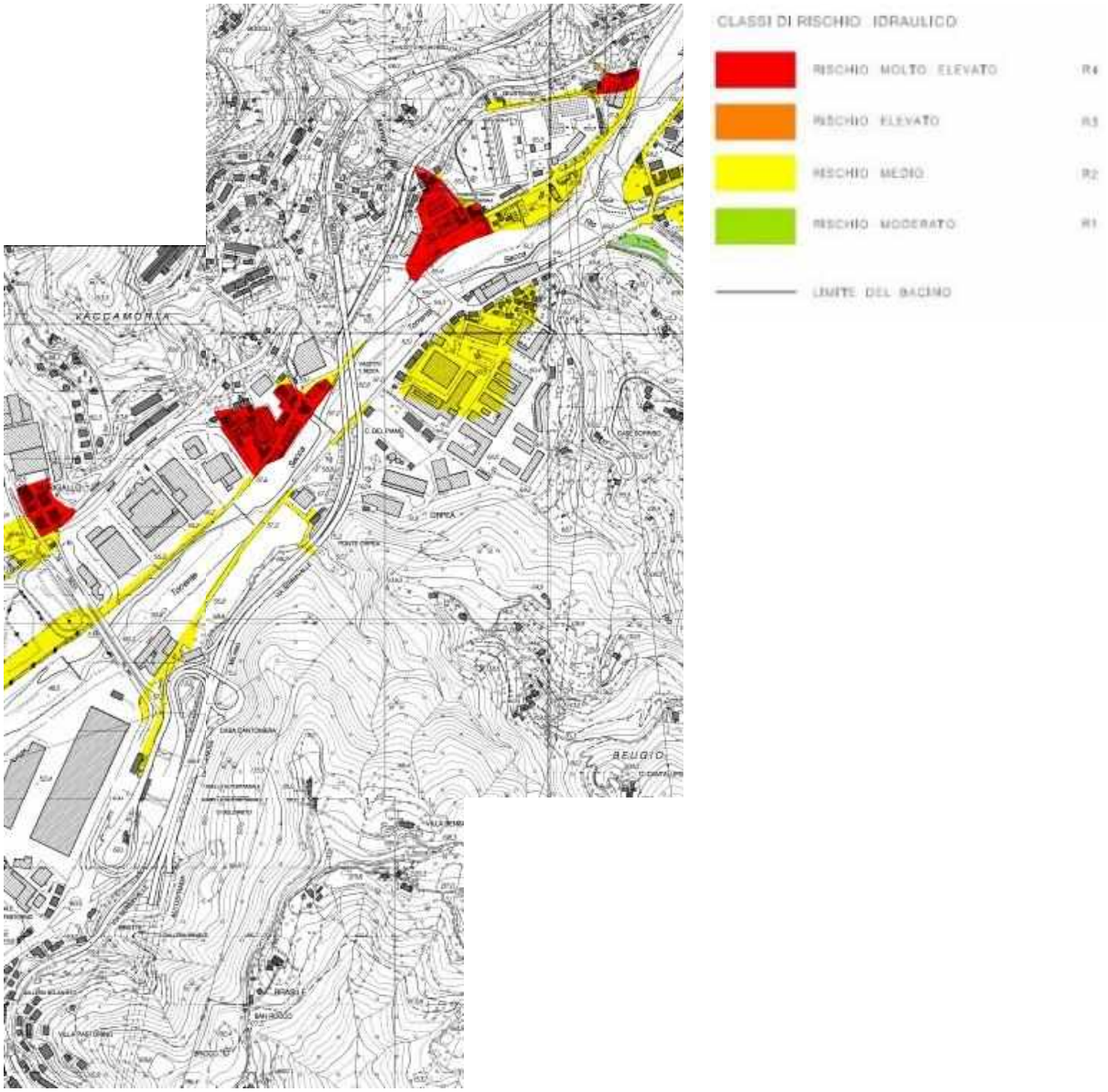

Figura 4-20 - Piano di Bacino del Torrente Polcevera – Carta del rischio idraulico – Tavola 3 Polcevera-Secca-Burla (data ultima modifica dell'elaborato 28/01/2021)

Il "Piano degli interventi di mitigazione del rischio" del Piano di Bacino prevede interventi sui versanti nell'area a monte della A7 in zona Morego (n. 27) ed in corrispondenza della frana attiva ad est dell'imbocco della Forte Diamante (n. 82) e un intervento idraulico lungo il Secca (MO_IDR_1).

Gli interventi in Ambito Bolzaneto prevedono:

n. 27 Morego: interventi diffusi a protezione del versante, quali fascinate e canalette inerbite e opere di drenaggio sul versante; lungo alcuni rii secondari, previa un'opportuna pulizia, briglie in gabbioni per contrastare l'erosione di fondo.

n. 82 Loc. Orpea. Intervento di rimodellamento del versante

MO-IDR-1 Rio Morego: Si propone il rifacimento o l'adeguamento delle sezioni più critiche all'interno del tombino dalla confluenza con il torrente Secca fino a monte della strada.

In Ambito Torbella sono previsti interventi sulle aste torrentizie e *n. 42 Zona tra Begato e Fregoso: consolidamento dei versanti e regimazione dei corsi d'acqua.*

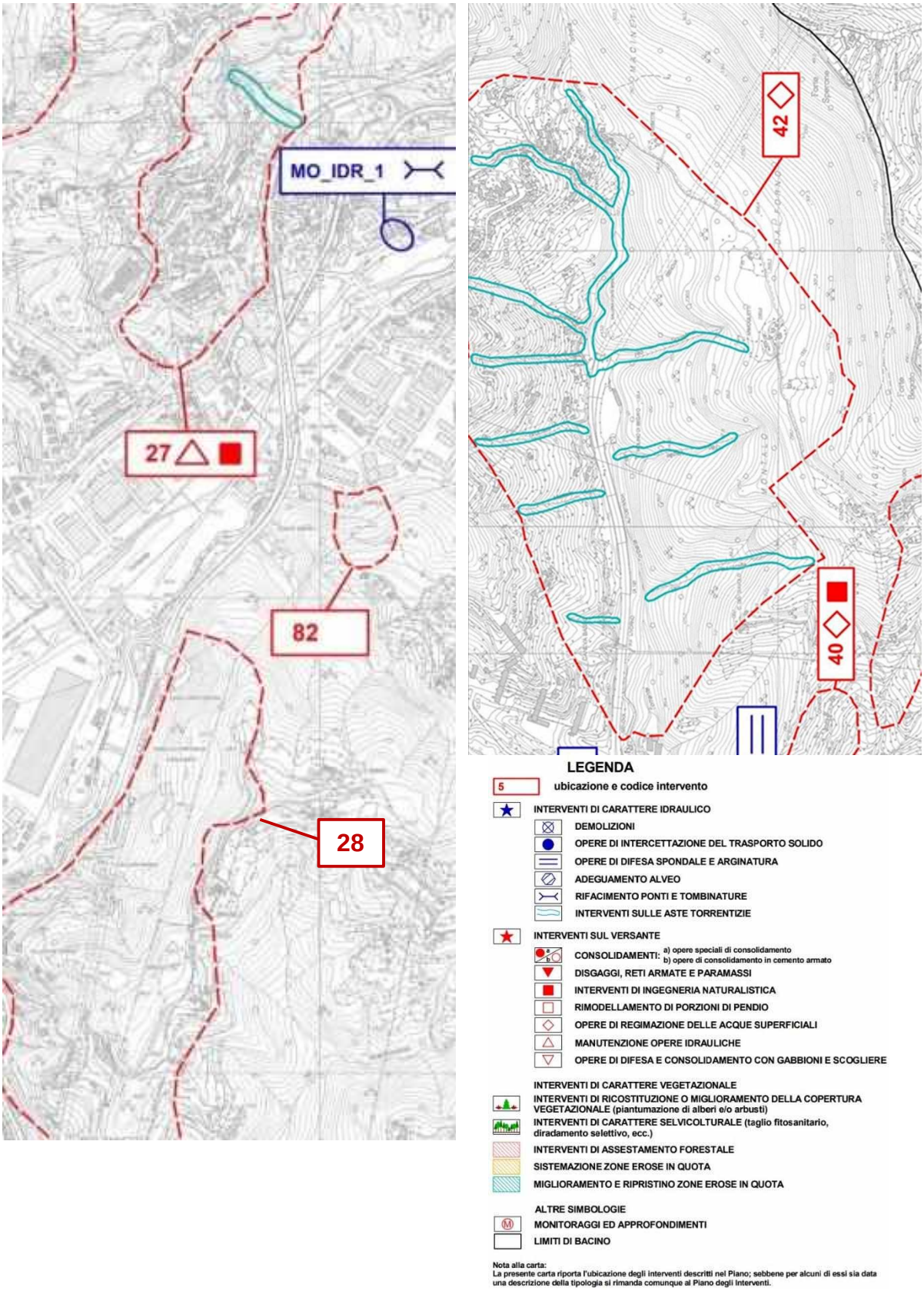

Figura 4-21 - Piano di Bacino del Torrente Polcevera – Carta degli interventi – Tavola 213120 e 213150 (data ultima modifica dell'elaborato 06/04/2023)

4.5.2 **Verifica delle criticità geomorfologiche con I.F.F.I.**

Il Progetto IFFI - Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (APAT, 2005), realizzato per conto del Servizio Geologico - ISPRA con l'ausilio delle Regioni e Province autonome, costituisce il primo inventario omogeneo e aggiornato dei fenomeni franosi sull'intero territorio nazionale.

La cartografia IFFI, redatta alla scala 1:25000, è stata consultata per l'area di interesse progettuale: sono segnalati i medesimi dissesti indicati nei P.di B..In particolare buona parte delle Pg3 e Pg4 prossime ai tracciti sono classificate come “Aree con frane superficiali diffuse” ad eccezione dei due dissesti sul versante sinistro della Valle Torbella (Pg4 e Pg3a) che sono “Scivolamenti rotazionali/traslativi”.

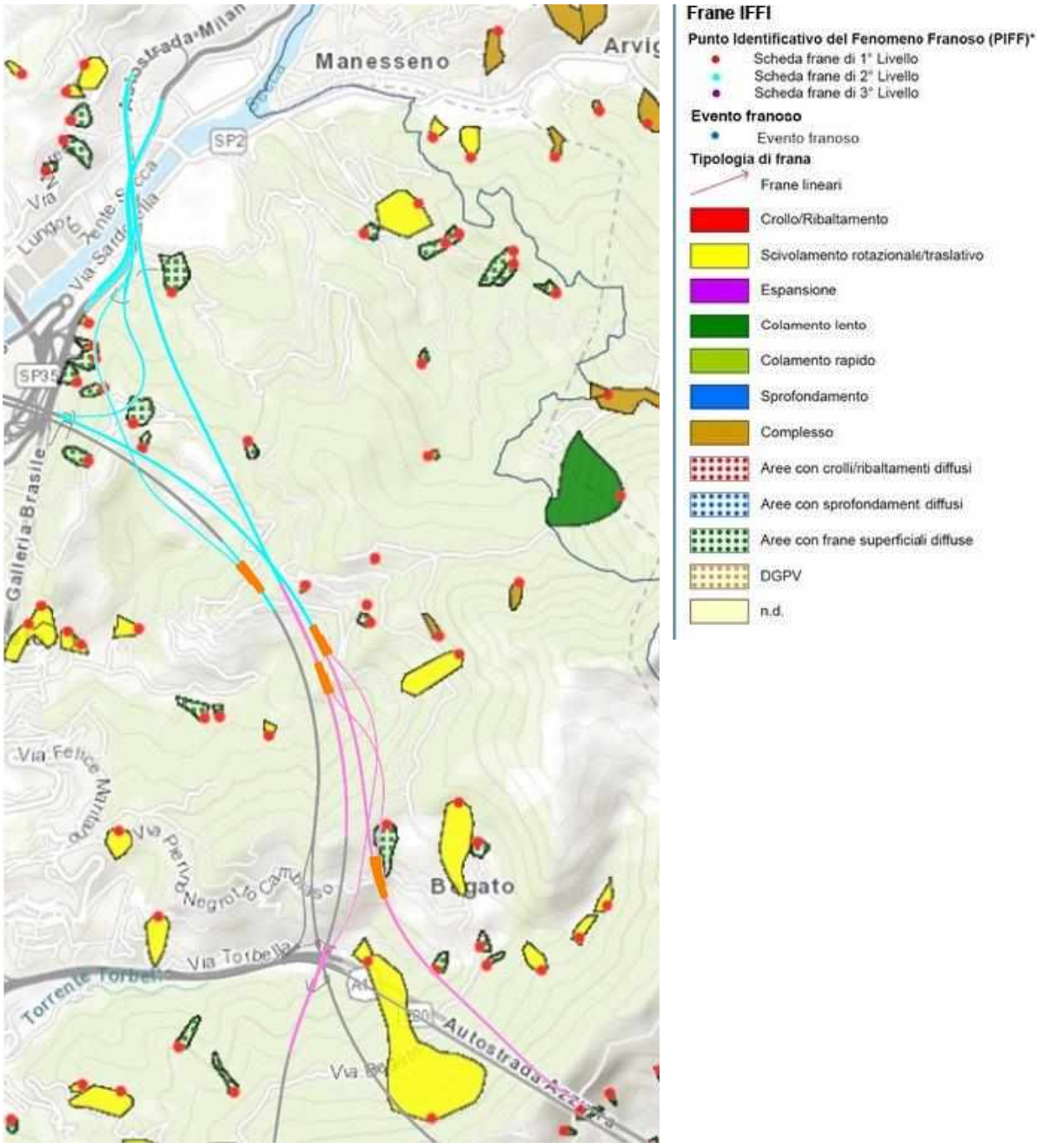

Figura 4-22 - Estratto da cartografia online IFFI (Febbraio 2024).

4.5.3 Verifica delle criticità geomorfologiche con la cartografia del Comune di Genova

Per quanto riguarda il Piano Urbanistico del Comune di Genova, entrato in vigore il 03/12/2015), di seguito si riporta uno stralcio della Carta della geomorfologica a scala 1:5.000.

Per l'area in esame i tratti in variante ricadono in un settore con coltri eluvio-colluviali e/o miste con spessori da 0.5 a 3 m e localmente da 3 a 5 m; la roccia affiorante/subaffiorante ha caratteristiche da buone a scadenti. In particolare il substrato con migliori caratteristiche viene segnalato nella porzione più ad ovest, in corrispondenza con gli affioramenti di Calcari di Monte Antola, sul versante sinistro della Val Torbella ed in alcuni tratti lungo i tracciati tra Torbella e Geminiano ricadenti nella Formazione di Ronco; materiali con caratteristiche buone ma giacitura sfavorevole rispetto al pendio sono indicate in corrispondenza dello Svincolo di Bolzaneto; rocce con caratteristiche scadenti sono segnalate lungo il fondovalle della Val Torbella, presumibilmente connesse con le strutture E-W che caratterizzano questo settore.

Per qanto riguarda le tratte all'aperto o con minor copertura:

- a Sud del Rio Orpea, in corrispondenza degli imbocchi di San Rocco e Polcevera N, è inoltre segnalato un ciglio di arretramento morfologico associato ad erosione di fondo;
- Sullo svincolo di Bolzaneto sono segnalate 2 frane quiescenti, una frana attiva ed una stabilizzata (la galleria San Rocco passa al di sotto dei dissesti quiescenti);
- Gli imbocchi in Val Torbella sono prossimi a piccole frane non cartografabili mentre gli impluvi sono caratterizzati da erosione concentrata sul fondo;
- La Galleria Torbella Est sottopassa una frana attiva in corrispondenza di una vallecola contraddistinta da erosione laterale.

Figura 4-23 - Piano Urbanistico del Comune di Genova - Carta geomorfologica Foglio 7, 8, 17, 18, 27 e 28