

Commissario:



Contraente:



Progettista:



Project & Construction Management & Quality Assurance: Rina Consulting SpA



VIADOTTO POLCEVERA
PROGETTO ESECUTIVO di 1° LIVELLO
RELAZIONE GEOLOGICA

EMISSIONE PER ENTI

Contraente	Project & Construction Management & Quality Assurance	Direttore Lavori
Data: _____	Data: _____	Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
N G 1 2	0 0	E	6 9	R G	G E 0 0 0 1	C 0 1	A

PROGETTAZIONE								IL PROGETTISTA
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	F. Marchese
A	Emissione Esecutiva di 1° Livello	W. Rivola	25/02/2019	E. Poggi	25/02/2019	A. Perego	25/02/2019	ITALFERR S.p.A. Dott. Geologo Francesco Marchese RINA UD GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE Ordine Geologi Lazio n. 179 ES
B								
C								

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
2 di 97

INDICE

1.	PREMESSA.....	6
1.1.	ALTRI DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	8
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	9
3.	DATI DI BASE	10
3.1.	PREMESSA.....	10
3.2.	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	10
3.2.1.	<i>Premessa.....</i>	<i>10</i>
3.2.2.	<i>Campagna Italferr 2019 - Progetto Esecutivo del viadotto Polcevera.....</i>	<i>10</i>
3.2.3.	<i>Archivio SPEA - Sondaggi eseguiti per i vari progetti della Gronda di Genova.....</i>	<i>20</i>
3.2.4.	<i>Archivio Italferr 2008 - Progetto Esecutivo del Potenziamento infrastrutturale Voltri-Brignole.....</i>	<i>23</i>
3.2.5.	<i>Sondaggi disponibili presso il database geognostico della Regione Liguria.....</i>	<i>24</i>
3.3.	DATI DI MONITORAGGIO	27
3.3.1.	<i>Premessa.....</i>	<i>27</i>
3.3.2.	<i>Monitoraggio piezometrico.....</i>	<i>27</i>
3.3.3.	<i>Monitoraggio inclinometrico.....</i>	<i>28</i>
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL' AREA.....	29
4.1.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	29
4.2.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE GENERALE	29
5.	STRATIGRAFIA.....	31
5.1.	PREMESSA.....	31
5.2.	UNITÀ COSTITUITE DA <i>FLYSCH</i>	36
5.2.1.	<i>Unità tettonica Ronco</i>	<i>36</i>
5.2.1.1.	<i>Formazione di Ronco (ROC).....</i>	<i>36</i>
5.2.2.	<i>Unità tettonica Montanesi</i>	<i>37</i>
5.2.2.1.	<i>Argilliti di Montanesi (MTE).....</i>	<i>37</i>
5.2.3.	<i>Unità tettonica Mignanego.....</i>	<i>38</i>
5.2.3.1.	<i>Argilliti di Mignanego (MIG).....</i>	<i>39</i>

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
3 di 97

5.3.	UNITÀ DI CROSTA OCEANICA E DI MANTELLO	39
5.3.1.	Unità tettonica Figogna.....	39
5.3.1.1.	Argilloscisti di Murta (AGF).....	40
5.4.	DEPOSITI QUATERNARI	41
5.4.1.	Depositi d'alveo attuale (a).....	41
5.4.2.	Depositi alluvionali e marini (b).....	41
5.4.3.	Coltri eluvio-colluviali (b ₂).....	41
5.4.4.	Riperti, aree fortemente antropizzate e discariche (r).....	41
6.	TETTONICA	43
6.1.	PREMESSA.....	43
6.2.	UNITÀ COSTITUITE DA FLYSCH	43
6.2.1.	Unità tettonica Ronco	43
6.2.2.	Unità tettonica Montanesi	44
6.2.3.	Unità tettonica Mignanego	45
6.3.	UNITÀ TETTONOMETAMORFICA FIGOGNA.....	46
7.	GEOMORFOLOGIA.....	48
7.1.	ASSETTO GEOMORFOLOGICO GENERALE.....	48
7.2.	ELEMENTI IDROGRAFICI.....	48
7.3.	ELEMENTI STRUTTURALI E TETTONICI	48
7.4.	FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI	49
7.5.	FORME ANTROPICHE E MANUFATTI.....	49
8.	COMPATIBILITÀ GEOMORFOLOGICA DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO.....	51
8.1.	PREMESSA.....	51
8.2.	RISCHIO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	51
8.2.1.	Carta della suscettività al dissesto	51
8.2.2.	Carta del rischio geologico	51
8.3.	RISCHIO IDRAULICO.....	52
8.3.1.	Carta delle aree inondabili e delle aree storicamente inondate.....	52

Contraente 		Progettista 			
Doc. N.	Progetto NG12	Lotto 00	Codifica Documento E 69 RG GE0001 C01	Rev. A	Foglio 4 di 97
8.3.2. <i>Carta delle fasce di inondabilità</i> 53 8.3.3. <i>Carta del rischio idraulico</i> 53 8.4. RISCHIO IDROGEOLOGICO 54 9. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO E POTENZIALI CRITICITÀ..... 62 9.1. PREMESSA..... 62 9.2. DESCRIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO IN ASSE AL VIADOTTO POLCEVERA 62 9.3. DESCRIZIONE DELLE SEZIONI GEOLOGICHE TRASVERSALI AL VIADOTTO POLCEVERA 64 10. VINCOLI..... 66 10.1. PREMESSA..... 66 10.2. PIANO DI BACINO STRALCIO PER LA TUTELA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO DELL' ADB LIGURIA 66 10.3. PIANO URBANISTICO COMUNALE DI GENOVA 66 11. IDROGEOLOGIA 70 11.1. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE 70 11.2. PROVE DI PERMEABILITÀ 70 11.3. COMPLESSI IDROGEOLOGICI..... 74 11.3.1. <i>Premessa</i> 74 11.3.2. <i>Complessi delle unità del substrato</i> 76 11.3.2.1. <i>Complesso Argillitico (ARG)</i> 76 11.3.2.2. <i>Complesso arenitico-siltoso (ARS)</i> 77 11.3.3. <i>Complessi dei depositi di copertura</i> 77 11.3.3.1. <i>Complesso dei terreni di riporto (RIP)</i> 77 11.3.3.2. <i>Complesso ghiaioso-sabbioso (GHS)</i> 77 11.3.3.3. <i>Complesso limoso-argilloso (LMA)</i> 77 11.3.4. <i>Valori di permeabilità dei complessi idrogeologici</i> 78 11.4. CONDIZIONI DI DEFLUSSO IDRICO SOTTERRANEO..... 78 12. MODELLO IDROGEOLOGICO DI RIFERIMENTO E POTENZIALI CRITICITÀ..... 80 12.1. PREMESSA..... 80 12.2. DESCRIZIONE DEL MODELLO IDROGEOLOGICO DI RIFERIMENTO IN ASSE AL VIADOTTO POLCEVERA..... 80 12.1. DESCRIZIONE DELLE SEZIONI IDROGEOLOGICHE TRASVERSALI AL VIADOTTO POLCEVERA..... 80					

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
5 di 97

13. SISMICITÀ DELL' AREA	81
13.1. CLASSIFICAZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	81
13.2. SISMICITÀ STORICA.....	87
13.3. SORGENTI SISMOGENETICHE E FAGLIE CAPACI.....	91
13.4. MAGNITUDO DI RIFERIMENTO DA ZS9	93
13.5. AZIONE SISMICA DI PROGETTO	95
13.6. SUSCETTIVITÀ AI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE	95
14. BIBLIOGRAFIA	96

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
6 di 97

1. PREMESSA

La presente relazione illustra e riassume i risultati dello studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico eseguito a supporto del Progetto Esecutivo di 1° livello del viadotto autostradale “Polcevera”, ubicato tra le progressive 0+000 e 1+170 circa della Autostrada A10 “Genova-Ventimiglia”.

La lunghezza complessiva del viadotto in progetto è di 1.090 metri.

L’area interessata dallo studio, costituita da una fascia di territorio di circa 2 km² a cavallo del tracciato autostradale in progetto, si colloca in prossimità della Val Polcevera, nella porzione centrale del territorio comunale di Genova, tra i quartieri di Cornigliano e Sampierdarena.

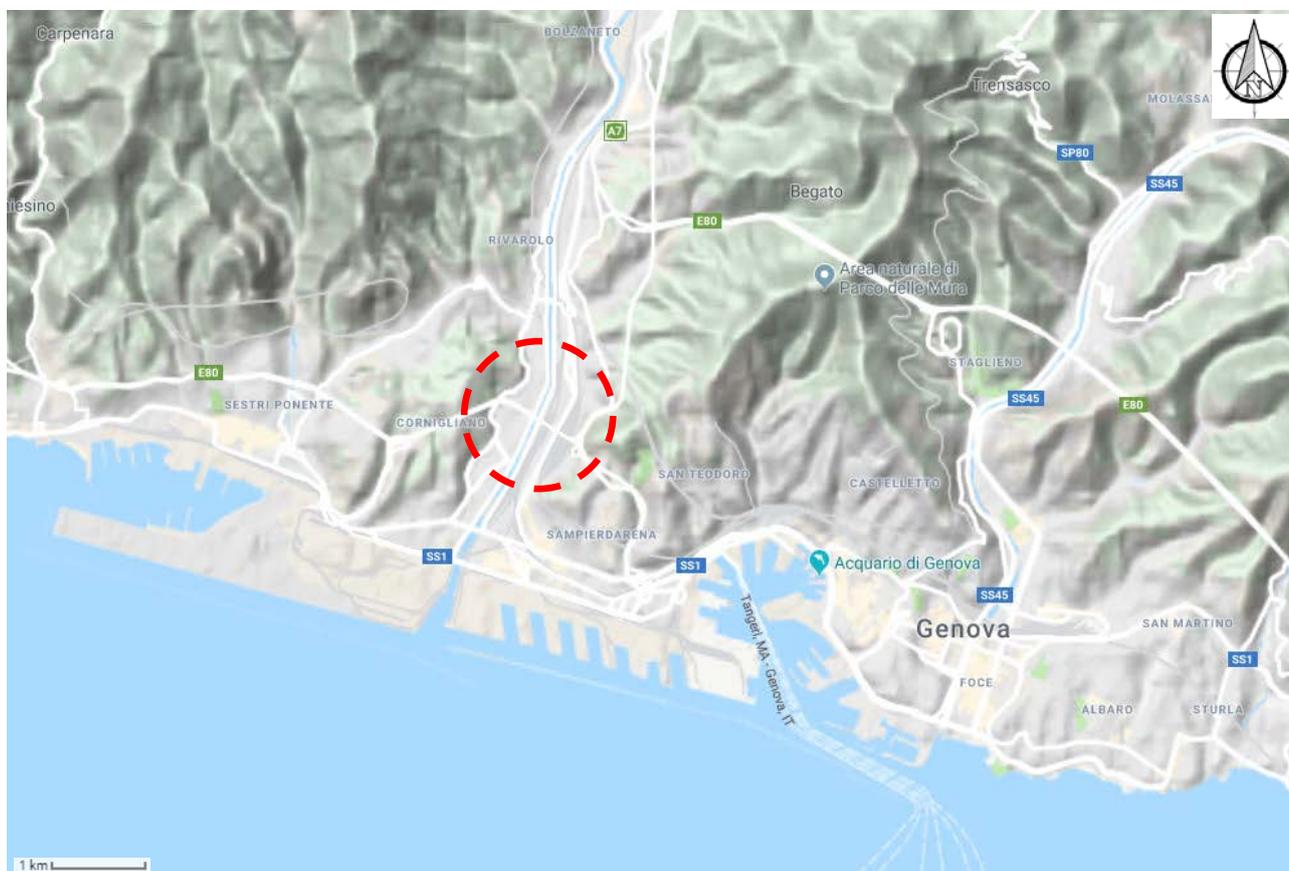


Figura 1.1 – Corografia dell’area di studio, in rosso (da www.google.it/maps; scala grafica)

Con riferimento alla Carta Topografica d’Italia edita dall’Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), l’area di studio è individuabile all’interno del Foglio 82 “Genova” in scala 1:100.000, nella Tavoleta 82-II-NE “Sestri Ponente” in scala 1:25.000 e, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Liguria, negli elementi 213151 “Rivarolo” e 213152 “Sampierdarena” in scala 1:5.000.

In particolare, il lavoro si è svolto attraverso le seguenti fasi operative:

- acquisizione ed analisi degli studi geologici esistenti riguardanti l’area di interesse, in particolare, quelli del Progetto CARG alla scala 1:50.000 n. 213-230 “Genova” (Capponi & Crispini, 2008a, 2008b), della Carta geologica alla scala 1:5.000 del Piano Urbanistico Comunale di Genova e della “Carta geologica della Val Polcevera e zone limitrofe (Appennino Settentrionale) alla scala 1:25000 (Marini, 1998);
- approfondimenti conoscitivi mediante studi fotointerpretativi condotti su ortofoto e D.E.M.;

Contraente 		Progettista 			
Doc. N.	Progetto NG12	Lotto 00	Codifica Documento E 69 RG GE0001 C01	Rev. A	Foglio 7 di 97

- rilievi diretti sul terreno mirati alla definizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area;
- acquisizione ed analisi delle indagini geognostiche disponibili ed appositamente realizzate nell'area di interesse progettuale;
- analisi dei dati e redazione delle presenti note di sintesi e degli elaborati cartografici a corredo.

Il lavoro si è articolato in una fase preliminare di raccolta ed analisi dei dati bibliografici, a cui hanno fatto seguito le attività in campo (rilievo geologico, rilievo geomorfologico e supervisione delle indagini geognostiche in corso).

Nello studio si è fatto riferimento ai risultati della campagna di indagini geognostiche in sito appositamente realizzate nel periodo gennaio-febbraio 2019 nell'ambito della presente fase progettuale, nonché alle indagini disponibili in campagne pregresse e bibliografiche.

Le presenti note e gli elaborati cartografici ad esse allegati contengono la sintesi dello studio effettuato, chiariscono gli aspetti connessi con lo scenario naturale relativamente alla componente geologica in cui si colloca il settore di studio e affrontano gli elementi ritenuti critici dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico, fornendo un quadro d'insieme adeguato all'attuale progetto.

Le informazioni di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area indagata sono state sintetizzate nei seguenti elaborati, che costituiscono parte integrante della presente relazione:

- carta con ubicazione delle indagini (n.2 tavole in scala 1:1.000);
- carta geologica/geomorfologica (n.2 tavole in scala 1:1.000);
- carta idrogeologica e dei punti d'acqua (n.2 tavole in scala 1:1.000);
- profilo geologico (n.2 tavole in scala 1:1.000/200);
- profilo idrogeologico (n.2 tavole in scala 1:1.000/200);
- sezioni geologiche trasversali di dettaglio (n.1 tavola in scala 1:1.000/200);
- sezioni idrogeologiche trasversali di dettaglio (n.1 tavola in scala 1:1.000/200).

L'elenco completo degli elaborati prodotti nell'ambito dello studio geologico a supporto del Progetto Esecutivo del viadotto Polcevera è riportato nella seguente Tabella 1.1, suddiviso per gruppi tematici.

Tabella 1.1 – Elenco degli elaborati dello studio geologico (Progetto Esecutivo)

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
NG12 00 E 69 P7 GE 0001 C01 A	Carta con ubicazione delle indagini Tav.1	1:1000
NG12 00 E 69 P7 GE 0001 C02 A	Carta con ubicazione delle indagini Tav.2	1:1000
NG12 00 E 69 G7 GE 0001 C01 A	Carta geologica/geomorfologica Tav.1	1:1000
NG12 00 E 69 G7 GE 0001 C02 A	Carta geologica/geomorfologica tav. Tav.2	1:1000
NG12 00 E 69 G7 GE 0002 C01 A	Carta idrogeologica e dei punti d'acqua Tav.1	1:1000
NG12 00 E 69 G7 GE 0002 C02 A	Carta idrogeologica e dei punti d'acqua Tav.2	1:1000
NG12 00 E 69 F7 GE 0001 C01 A	Profilo geologico Tav.1	1:1000/200
NG12 00 E 69 F7 GE 0001 C02 A	Profilo geologico Tav.2	1:1000/200
NG12 00 E 69 F7 GE 0002 C01 A	Profilo idrogeologico Tav.1	1:1000/200
NG12 00 E 69 F7 GE 0002 C02 A	Profilo idrogeologico tav. Tav.2	1:1000/200

Contraente 		Progettista 			
Doc. N.	Progetto NG12	Lotto 00	Codifica Documento E 69 RG GE0001 C01	Rev. A	Foglio 8 di 97

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
NG12 00 E 69 WZ GE 0001 C01 A	Sezioni geologiche trasversali di dettaglio	1:1000/200
NG12 00 E 69 WZ GE 0002 C01 A	Sezioni idrogeologiche trasversali di dettaglio	1:1000/200
NG12 00 E 69 RH GE 0001 C01 A	Modellazione 3D del tetto del substrato roccioso	-
NG12 00 E 69 RH GE 0001 C02 A	Relazione di validazione delle indagini geofisiche, a cura dell'Università di Bologna, Dipartimento di Fisica e Astronomia	-

1.1. Altri documenti di riferimento

Ai fini del presente studio, si è fatto inoltre riferimento agli elaborati elencati nella seguente Tabella 1.2, relativi ad indagini in sito, di laboratorio e monitoraggio, prodotti a corredo della presente fase progettuale.

Tabella 1.2 – Documentazione tecnica di riferimento a supporto dello studio geologico

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
NG12 00 E 69 SG GE 0000 C01 A	Report indagini geognostiche e prove in sito 1/2	-
NG12 00 E 69 SG GE 0000 C02 A	Report indagini geognostiche e prove in sito 2/2	-
NG12 00 E 69 SH GE 0001 C01 A	Relazione indagini geofisiche	-
NG12 00 E 69 SH GE 0001 C02 A	Esiti delle prove di laboratorio	-
NG12 00 E 69 P7 GE 0001 C03 A	Carta ubicazione indagini geofisiche	1:1000
NG12 00 E 69 P7 GE 0001 C04 A	Indagini geofisiche – Tomografia geoelettrica – Sezioni L1, L2 e L5	1:1000
NG12 00 E 69 P7 GE 0001 C05 A	Indagini geofisiche – Tomografia geoelettrica – Sezioni L3 e L4	1:1000
NG12 00 E 69 P8 GE 0001 C01 A	Indagini geofisiche – Sismica a rifrazione con elaborazione tomografica – P1, P2, P3, P4, P5	1:500
NG12 00 E 69 RH TA 0000 C01 A	Gestione materiali di risulta e siti di approvvigionamento e smaltimento - Relazione Generale	-
NG12 00 E 09 GE VI 0000 C01 A	Relazione Geotecnica Generale	-

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
9 di 97

2. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- D.L. n.180 del 11/06/1998, “Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania”, convertito in L. n.267 del 03/08/1998.
- L.R. n.4 del 22/01/1999, “Norme in materia di foreste e di assetto idrogeologico”.
- Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio n.2000/60/CE del 23/10/2000, “Quadro per l'azione comunitaria in materia di acque”.
- O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003 e s.m.i., “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modifiche ed integrazioni.
- O.P.C.M. n.3519 del 28/04/2006, “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.
- D.G.R. n.216 del 17/03/2017, “Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria”.
- D.M. 17/01/2018, “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.

Contraente 	Progettista 				
Doc. N.	Progetto NG12	Lotto 00	Codifica Documento E 69 RG GE0001 C01	Rev. A	Foglio 10 di 97

3. DATI DI BASE

3.1. PREMESSA

La cartografia geologica è stata revisionata ed aggiornata al fine di recepire quanto disponibile nell'ambito del progetto CARG, del Piano Urbanistico Comunale (PUC) del Comune di Genova e della bibliografia scientifica: in particolare, si è fatto riferimento al foglio della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 n.213-230 "Genova" (Capponi & Crispini, 2008a), alla Carta geologica alla scala 1:5.000 n.27-37 del PUC ed alla "Carta geologica della Val Polcevera e zone limitrofe alla scala 1:25.000" (Marini, 1998). Sono stati verificati gli elementi geologici, quali i limiti delle formazioni, le faglie ed i depositi quaternari, anche in relazione alle risultanze delle attività di campagna (rilevamento geologico e geomorfologico), della campagna geognostica in sito realizzata a supporto del presente progetto ed alla revisione critica dei dati delle campagne di indagine pregresse.

Per quanto concerne i fenomeni franosi è stata condotta l'analisi delle immagini da satellite disponibili e, successivamente, il rilievo geomorfologico delle aree di versante in destra e sinistra idraulica del torrente Polcevera; sulla base delle quali non sono stati individuate situazioni di particolare criticità per le opere in progetto.

Nel corso dello studio sono state consultate e analizzate tutte le indagini geognostiche disponibili in bibliografia ed appositamente realizzate nel settore di territorio interessato dagli interventi in progetto. L'intero set di dati derivanti dalle indagini di sito ha permesso di configurare un quadro di conoscenze soddisfacente circa l'assetto litostratigrafico e geologico-strutturale dei termini litologici interessati dalle opere in progetto.

3.2. INDAGINI GEOGNOSTICHE

3.2.1. Premessa

Nel presente paragrafo verranno descritte tutte le indagini in sito disponibili nell'area di studio, caratterizzate da sondaggi, prove in foro, indagini geofisiche e l'installazione di strumentazione di monitoraggio geotecnico.

In particolare, le indagini disponibili sono state eseguite nelle seguenti campagne di indagine, elencate e descritte nel seguito a partire da quella più recente:

- campagna Italferr 2019 - Progetto Esecutivo del viadotto Polcevera;
- archivio SPEA - Sondaggi eseguiti per i vari progetti della Gronda di Genova;
- archivio Italferr 2008 - Progetto Esecutivo del Potenziamento infrastrutturale Voltri-Brignole;
- sondaggi e pozzi disponibili presso il database geognostico della Regione Liguria.

Per l'ubicazione delle indagini utilizzate si rimanda alle tavole denominate "Carta con ubicazione delle indagini" in scala 1:1.000 allegate al presente studio.

3.2.2. Campagna Italferr 2019 - Progetto Esecutivo del viadotto Polcevera

Durante la campagna indagini Italferr realizzata nel periodo gennaio-febbraio 2019 a supporto del Progetto Esecutivo, nell'area in oggetto sono stati eseguiti:

- n. 17 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, spinti a profondità variabili tra 30 e 60.8 m dal piano di campagna, attrezzati con piezometri, inclinometri e tubazione in PVC per l'esecuzione di prove geofisiche in foro;
- n. 4 sondaggi ambientali a carotaggio continuo, spinti a profondità variabili tra 30 e 45 m dal piano di campagna, attrezzati con piezometro a tubo aperto da 3";
- n. 7 prove sismiche in foro di tipo down-hole, con elaborazione in onde P e S;

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
11 di 97

- n. 5 stendimenti tomografici elettrici, di cui due longitudinali e tre trasversali alla val Polcevera;
- n. 5 stendimenti sismici a rifrazione, in corrispondenza della spalla del viadotto autostradale in sinistra idraulica;
- n. 20 misure sismiche in tecnica passiva tipo HVSR in asse al viadotto;
- n. 41 misure sismiche in tecnica passiva tipo HVSR; di queste, due misure sono state realizzate sulle fondazioni delle pile del viadotto esistente e le restanti, rispettivamente 16 a nord e 23 a sud dell'opera, per la mappatura del bedrock sismico;
- n. 17 misure sismiche di tipo MASW/ReMi in asse all'opera in progetto.

In Tabella 3.1 si riporta il quadro riassuntivo dei sondaggi disponibili con l'indicazione, per ogni sondaggio, di:

- codice identificativo del sondaggio;
- coordinate del punto nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso ovest Roma 40;
- quota boccaforo (metri s.l.m.);
- profondità del sondaggio (metri);
- strumentazione installata;
- prove in foro eseguite;
- campioni prelevati.

In Tabella 3.2 e Tabella 3.3 si riporta il quadro riassuntivo delle indagini geofisiche realizzate con l'indicazione, per ogni prova, di:

- codice identificativo della prova;
- coordinate del punto nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso ovest Roma 40 (per le tomografie elettriche sono riportati il punto di inizio e di fine del profilo);
- tipologia della prova;
- lunghezza della prova (ad esclusione delle prove HVSR).

Tabella 3.1 – Elenco dei sondaggi realizzati nella campagna Italferr 2019

ID	Coordinate Gauss-Boaga		Quota m slm	Profondità [m]	Strumentazione	Prove in foro			Campioni	
	E	N				Prof. SPT	Lefranc/Lugeon [prof. m]	Press./Dilat. [prof. m]	CI	CR/CL
IFPM1	1490699.57	4919411.12	12.66	50.3	DH [50.3]	1.5	Lef.[5.5]	Press.[4.5]	CI1 [4.1-4.45]	CR1 [11.2-11.7]
						4.5	Lug.[29.5]	Dilat.[27.0]		CL1 [17.0-17.2]
						7.5	Lug.[46.8]	Dilat.[46.4]		CL2 [29.6-29.8]
						10.5				CL3 [47.2-47.5]
						13.1				
						16.5				

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
12 di 97

ID	Coordinate Gauss-Boaga		Quota m slm	Profondità [m]	Strumentazione	Prove in foro			Campioni	
	E	N				Prof. SPT	Lefranc/Lugeon [prof. m]	Press./Dilat. [prof. m]	CI	CR/CL
IFPM2	1490820.66	4919397.31	11.56	55.0	Piez. C [12.0] Piez. C [43.0]	3.0	Lef.[7.4]	Press.[4.5]	CI1 [4.5-4.9]	CR1 [3.5-3.9]
						6.0	Lef.[14.8]	Press.[26.8]	CI2 [23.8-24.3]	CR2 [6.2-6.6]
						9.0	Lug.[51.9]	Dilat.[44.8]	CI3 [51.2-52.0]	CR3 [10.4-11.0]
						12.0		Dilat.[53.3]		CR4 [17.5-18.0]
						15.0				CR5 [30.2-30.5]
						18.0				CR6 [38.5-39.0]
						21.0				CL1 [46.6-47.0]
						25.5				CL2 [54.7-55.0]
						28.4				
						30.0				
IFPM3	1490873.28	4919358.11	11.85	60.0	DH [60.0]	1.5	Lef.[8.2]	Dilat.[8.8]	CI1 [23.2-23.8]	CR1 [4.0-4.3]
						3.0	Lef.[18.0]	Press.[28.3]	CI2 [30.0-30.6]	CR2 [10.0-10.5]
						4.5		Dilat.[43.4]	CI3 [54.0-54.9]	CR3 [12.0-12.5]
						7.5		Dilat.[48.8]		CR4 [21.2-21.6]
						10.5				CL1 [42.0-42.5]
						13.5				
						16.5				
						19.5				
						22.5				
						25.5				
IFPM4	1490946.24	4919345.82	11.64	50.5	Piez. TA [3.0- 41.5]	3.0	Lef.[4.5]	Dilat.[12.0]	CI1 [21.0-21.4]	CR1 [3.4-3.7]
						6.0	Lef.[27.0]	Press.[28.0]	CI2 [25.5-26.1]	CR2 [8.0-8.5]
						9.0	Lug.[46.5]	Dilat.[39.5]		CR3 [12.3-12.7]
						12.0		Dilat.[48.5]		CR4 [19.6-20.0]
						15.0				CR5 [35.0-35.5]
						18.0				CL1 [42.4-43.0]
						22.5				CL2 [49.0-49.9]
						24.0				CL3 [50.0-50.4]
						27.0				
						30.0				
IFPM5	1490984.42	4919299.69	11.50	50.4	DH [50.4]	1.5	Lef.[7.5]	Press.[13.5]	CI1 [19.5-20.1]	CR1 [2.3-2.6]
						4.5	Lef.[16.5]	Press.[27.0]	CI2 [26.0-26.6]	CR2 [8.6-8.8]
						7.5	Lug.[47.0]	Dilat.[42.0]	CI3 [46.0-47.0]	CR3 [16.0-16.5]
						10.5		Dilat.[48.0]		CR4 [34.3-34.5]
						13.5				CL1 [38.5-39.0]
						16.5				CL2 [48.6-49.0]
						23.0				

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
13 di 97

ID	Coordinate Gauss-Boaga		Quota m slm	Profondità [m]	Strumentazione	Prove in foro			Campioni	
	E	N				Prof. SPT	Lefranc/Lugeon [prof. m]	Press./Dilat. [prof. m]	CI	CR/CL
IFPM6	1491061.36	4919274.27	11.26	55.0	Piez. C [21.0] Piez. C [42.0]	26.6				
						28.5				
						3.0	Lef.[10.5]	Dilat.[10.0]	CI1 [21.0-21.5]	CR1 [9.4-9.8]
						6.0	Lef.[25.5]	Dilat.[32.5]	CI2 [49.0-49.5]	CR2 [28.0-28.5]
						9.0	Lug.[51.8]	Dilat.[44.5]		CR3 [41.6-42.0]
						12.0		Dilat.[49.8]		CL1 [51.3-51.9]
						15.0				
						18.0				
						21.5				
						24.0				
IFPM7	1491176.58	4919205.56	11.35	60.8	DH [60.8]	1.5	Lef.[5.5]	Dilat.[11.5]	CI1 [53.7-54.4]	CR1 [14.7-15.0]
						4.5	Lef.[24.0]	Dilat.[31.0]		CL1 [43.5-44.0]
						7.5	Lug.[50.5]	Dilat.[55.5]		CL2 [48.0-48.3]
						10.5				
						13.5				
						16.5				
						19.5				
						22.5				
						25.5				
						28.5				
IFPM8	1491156.66	4919150.42	11.48	45.0	Piez. TA [3.0-33.0]	3.0	Lef.[6.0]	Dilat.[12.0]	CI1 [41.0-41.7]	CR1 [9.5-9.8]
						6.0	Lef.[27.0]	Dilat.[34.0]		CR2 [11.8-12.0]
						9.0	Lug.[42.0]			CR3 [17.8-18.0]
						12.0				CR4 [23.8-24.0]
						15.0				CR5 [26.7-27.0]
						18.0				CR6 [29.7-30.0]
						21.0				CL1 [34.8-35.0]
						24.0				CL2 [38.0-38.5]
						27.0				
						30.0				
IFPM9	1491305.33	4919143.53	11.61	55.0	DH [55.0]	1.5	Lef.[3.0]	Dilat.[12.5]	CI1 [22.0-22.5]	CR1 [1.5-2.0]
						4.5	Lef.[15.0]	Dilat.[50.8]	CI2 [54.0-54.5]	CR2 [4.5-5.0]
						7.5	Lug.[46.9]			CR3 [7.5-8.0]
						10.5				CR4 [10.5-11.0]
						13.5				CR5 [13.5-14.0]

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
14 di 97

ID	Coordinate Gauss-Boaga		Quota m slm	Profondità [m]	Strumentazione	Prove in foro			Campioni	
	E	N				Prof. SPT	Lefranc/Lugeon [prof. m]	Press./Dilat. [prof. m]	CI	CR/CL
						16.4				CR6 [16.4-16.9]
						19.5				CR7 [19.5-20.0]
						22.6				CR7bis [20-20.5]
										CR8 [22.6-23.0]
										CR9 [31.0-31.3]
										CR10 [42.6-42.9]
										CR11 [45.0-45.3]
IFPM 10	1491317.20	4919076.31	11.48	45.0	DH [44.0]	3.0	Lef.[13.5]	Dilat.[12.5]	CI1 [13.0-13.6]	CR1 [3.0-3.5]
						6.0	Lef.[22.5]	Press.[30.0]	CI2 [17.2-17.8]	CR2 [6.0-6.5]
						9.0	Lug.[32.9]	Dilat.[34.5]	CI3 [40.4-40.9]	CR3 [9.0-9.5]
						15.0				CR4 [15.0-15.5]
						21.0				CR5 [21.0-21.5]
										CR6 [30.6-30.8]
IFPM 11	1491359.05	4919078.53	16.80	45.0	Piez. TA [3.0- 33.0]	3.0	Lef.[7.5]	Dilat.[14.0]	CI1 [21.0-21.6]	CR1 [3.0-3.5]
						6.0	Lef.[13.5]	Press.[26.0]	CI2 [44.0-44.5]	CR2 [6.0-6.5]
						7.0	Lug.[36.8]	Dilat.[40.8]		CR2bis [6.5-7.0]
						9.0				CR3 [9.0-9.5]
						12.0				CR4 [12.0-12.5]
						18.0				CR5 [18.0-18.5]
						23.5				CR6 [21.6-22.1]
						26.2				CR7 [23.5-23.9]
				CR8 [26.2-26.6]						
IFPM 12	1491477.42	4918991.86	17.33	45.0	DH [45.0]	1.5	Lef.[9.0]	Dilat.[14.0]	CI1 [40.0-40.4]	CR1 [1.5-2.0]
						4.5	Lef.[21.0]	Dilat.[29.5]		CR2 [4.5-5.0]
						7.5	Lug.[37.5]			CR3 [7.5-7.9]
						10.5				CR4 [10.5-11.0]
						16.5				CR5 [16.5-16.8]
										CR6 [22.5-22.8]
										CR7 [24.6-24.9]
										CR8 [34.3-34.7]
IFPM 13	1491219.13	4919151.15	12.33	55.0	Piez. TA [3.0- 42.0]	3.0	Lef.[10.5]	Dilat.[14.0]	CI1 [53.5-53.9]	CR1 [3.0-3.5]
						6.0	Lef.[19.5]	Press.[26.0]		CR2 [6.0-6.5]
						9.0	Lug.[47.8]	Dilat.[37.0]		CR3 [9.0-9.5]
						12.0		Dilat.[49.5]		CR4 [12.0-12.5]
						15.0				CR4bis[13.2-13.7]
						18.0				CR5 [15.0-15.5]
						20.7				CR5bis[16.0-16.4]

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
15 di 97

ID	Coordinate Gauss-Boaga		Quota m slm	Profondità [m]	Strumentazione	Prove in foro			Campioni	
	E	N				Prof. SPT	Lefranc/Lugeon [prof. m]	Press./Dilat. [prof. m]	CI	CR/CL
						24.0				CR6 [18.0-18.5] CR7 [20.7-21.0] CR8 [24.0-24.5] CR9 [34.4-34.7] CR10 [43.7-43.9]
IFPM 14	1491562.15	4918932.64	55.50	45.0	Piez. TA [3.0- 33.0]	1.5	Lef.[4.0]	Press.[17.5]	CI1 [10.0-10.5]	CR1 [1.5-1.7]
						4.5	Lef.[16.5]	Press.[25.0]		CR2 [4.3-4.5]
						7.5	Lug.[42.5]	Dilat.[32.5]		CR3 [7.5-7.7]
						10.5		Dilat.[39.5]		CR4 [10.5-10.7]
						13.5				CR5 [13.5-13.7]
						16.5				CR6 [16.5-17.0]
						19.5				CR7 [19.5-19.7]
						22.5				CR8 [22.5-22.7]
IFPM 14bis	1491611.63	4919044.82	68.40	40.0	DH [40.0]					
IFPM 15	1490591.70	4919430.03	57.34	30.0	Incl. [30.0]	3.0	Lef.[7.5]	Press.[10.0]		CR1 [3.0-3.5]
						6.0	Lug.[22.8]	Dilat.[27.5]		CR2 [6.0-6.5]
										CR3 [10.5-11.0]
										CR4 [28.2-28.5]
IFPM 16	1490575.24	4919386.34	54.54	40.0	Piez. TA [3.0- 36.0]	1.5	Lef.[3.0]	Dilat.[12.5]		CR1 [4.5-5.0]
						4.5	Lug.[37.8]	Dilat.[35.5]		CR2 [7.5-8.0]
						7.5				CR3 [14.5-14.8]
										CR4 [34.0-34.5]
										CR5 [38.2-39.0]
PZM1	1490820.12	4919549.63	27.51	45.0	Piez. TA [3.0- 45.0]					
PZM2	1490713.28	4919142.49	10.30	30.0	Piez. TA [3.0- 30.0]					
PZM3	1491285.34	4919328.28	11.70	30.0	Piez. TA [3.0- 30.0]					
PZM4	1491163.06	4918927.26	10.12	30.0	Piez. TA [3.0- 30.0]					

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
16 di 97

ID	Coordinate Gauss-Boaga		Quota m slm	Profondità [m]	Strumentazione	Prove in foro			Campioni	
	E	N				Prof. SPT	Lefranc/Lugeon [prof. m]	Press./Dilat. [prof. m]	CI	CR/CL

Legenda:

ID	Identificativo del sondaggio
Piez. C	Piezometro Casagrande [profondità della cella]
Piez TA	Piezometro Tubo Aperto [profondità del tratto microfessurato]
DH	Tubo in PVC ø3" per prova down-hole [profondità del tubo]
Incl.	Inclinometro [profondità del tubo]
Lefranc	Prova di permeabilità tipo Lefranc [profondità del centro del tratto di prova]
Lugeon	Prova di permeabilità tipo Lugeon [profondità del centro del tratto di prova]
Press.	Prova pressiometrica [profondità del centro del tratto di prova]
Dilat.	Prova dilatometrica [profondità del centro del tratto di prova]
CI	Campione indisturbato [profondità del tratto campionato]
CR	Campione rimaneggiato prelevato in cassetta di sondaggio [profondità del tratto campionato]
CL	Campione litoide [profondità del tratto campionato]

Tabella 3.2 – Elenco delle indagini geofisiche realizzate nella campagna Italferr 2019

ID	Coordinate Gauss-Boaga		Tipologia di indagine	Lunghezza (m)
	E	N		
L1	1490727.74	4919475.14	Stendimento tomografico elettrico	410
	1491072.97	4919254.38		
L2	1491157.71	4919221.96	Stendimento tomografico elettrico	430
	1491509.03	4918970.70		
L3	1490922.82	4918841.18	Stendimento tomografico elettrico	830
	1491235.09	4919606.16		
L4	1490957.33	4918846.78	Stendimento tomografico elettrico	830
	1491276.08	4919610.21		
L5	1490723.58	4919477.91	Stendimento tomografico elettrico	950
	1491519.05	4918964.25		
P1	1491458.41	4918944.09	Stendimento sismico a rifrazione	115
	1491497.26	4919052.33		
P2	1491523.54	4918968.99	Stendimento sismico a rifrazione	115
	1491530.12	4919083.80		
P3	1491545.04	4919007.00	Stendimento sismico a rifrazione	57
	1491547.63	4919065.41		
P4	1491565.13	4919005.75	Stendimento sismico a rifrazione	57
	1491563.88	4919062.73		
P5	1491493.73	4919039.20	Stendimento sismico a rifrazione	75
	1491567.29	4919024.57		
HV1	1490641.40	4919420.41	Prova sismica HVSR in asse viadotto	-

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
17 di 97

ID	Coordinate Gauss-Boaga		Tipologia di indagine	Lunghezza (m)
	E	N		
HV2	1490704.78	4919424.18	Prova sismica HVSR in asse viadotto	-
HV3	1490751.28	4919453.94	Prova sismica HVSR in asse viadotto	-
HV4	1490811.18	4919422.52	Prova sismica HVSR in asse viadotto	-
HV5	1490851.94	4919396.60	Prova sismica HVSR in asse viadotto	-
HVp5	1490843.96	4919401.82	Prova sismica HVSR in asse viadotto	-
HV6	1490890.42	4919369.74	Prova sismica HVSR in asse viadotto	-
HV7	1490937.08	4919338.91	Prova sismica HVSR in asse viadotto	-
HV8	1490980.12	4919295.72	Prova sismica HVSR in asse viadotto	-
HV9	1491056.23	4919257.83	Prova sismica HVSR in asse viadotto	-
HV10	1491171.76	4919191.53	Prova sismica HVSR in asse viadotto	-
HV11	1491231.49	4919157.82	Prova sismica HVSR in asse viadotto	-
HVp11	1491501.14	4918990.40	Prova sismica HVSR in asse viadotto	-
HV12	1491291.86	4919120.78	Prova sismica HVSR in asse viadotto	-
HV13	1491323.97	4919088.43	Prova sismica HVSR in asse viadotto	-
HV14	1491361.17	4919074.54	Prova sismica HVSR in asse viadotto	-
HV15	1491406.82	4919052.68	Prova sismica HVSR in asse viadotto	-
HV16	1491450.09	4919027.91	Prova sismica HVSR in asse viadotto	-
HV17	1491478.54	4919005.32	Prova sismica HVSR in asse viadotto	-
HV18	1491539.65	4918982.17	Prova sismica HVSR in asse viadotto	-
R2	1490725.68	4919419.40	Prova sismica MASW/ReMi	-
R3	1490767.00	4919450.71	Prova sismica MASW/ReMi	-
R4	1490808.34	4919423.21	Prova sismica MASW/ReMi	-
R5	1490852.59	4919393.67	Prova sismica MASW/ReMi	-
R6	1490892.52	4919367.23	Prova sismica MASW/ReMi	-
R7	1490933.84	4919339.52	Prova sismica MASW/ReMi	-
R8	1490983.19	4919294.44	Prova sismica MASW/ReMi	-
R9	1491067.30	4919255.24	Prova sismica MASW/ReMi	-
R10	1491172.94	4919179.83	Prova sismica MASW/ReMi	-
R11	1491226.37	4919159.29	Prova sismica MASW/ReMi	-
R12	1491289.54	4919122.68	Prova sismica MASW/ReMi	-
R13	1491322.46	4919091.80	Prova sismica MASW/ReMi	-
R14	1491364.96	4919072.55	Prova sismica MASW/ReMi	-
R15	1491405.15	4919055.97	Prova sismica MASW/ReMi	-
R16	1491448.40	4919030.93	Prova sismica MASW/ReMi	-
R17	1491482.48	4919010.81	Prova sismica MASW/ReMi	-
R18	1491520.38	4918973.22	Prova sismica MASW/ReMi	-

Note:

Per le tomografie elettriche e gli stendimenti sismici a rifrazione sono indicate le coordinate degli estremi dello stendimento

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
18 di 97

ID	Coordinate Gauss-Boaga		Tipologia di indagine	Lunghezza (m)
	E	N		

Per le prove sismiche tipo MASW/ReMi sono indicate le coordinate del centro dello stendimento

Tabella 3.3 – Elenco delle indagini geofisiche realizzate nella campagna Italferr 2019 per mappatura bedrock sismico

ID	Coordinate Gauss-Boaga		Tipologia di indagine
	E	N	
HV1sud	1490578.49	4919378.98	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV2sud	1490769.11	4919304.93	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV3sud	1490828.47	4919246.70	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV4sud	1490914.11	4919209.93	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV5sud	1491136.11	4919085.93	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV6sud	1491196.68	4919053.87	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV7sud	1491346.24	4918912.35	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV8sud	1491444.04	4918957.53	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV9sud	1491453.12	4918858.92	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV10sud	1490619.11	4919258.93	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV11sud	1490824.11	4919016.93	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV12sud	1490982.11	4919079.93	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV13sud	1491152.12	4918981.00	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV14sud	1491316.53	4918816.62	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV15sud	1491297.06	4918754.86	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV16sud	1490794.11	4919087.93	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV17sud	1491220.51	4918777.42	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV18sud	1491096.11	4918898.92	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV19sud	1491356.38	4919013.20	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV20sud	1491242.10	4918697.67	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV21sud	1490896.11	4919136.93	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV22sud	1490891.11	4918944.93	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV23sud	1491412.11	4918674.21	Prova sismica HVSR a sud del viadotto
HV1nord	1490582.11	4919431.94	Prova sismica HVSR a nord del viadotto
HV2nord	1490831.91	4919464.54	Prova sismica HVSR a nord del viadotto
HV3nord	1490871.45	4919518.87	Prova sismica HVSR a nord del viadotto
HV4nord	1491079.69	4919432.31	Prova sismica HVSR a nord del viadotto
HV5nord	1491277.45	4919281.60	Prova sismica HVSR a nord del viadotto
HV7nord	1491530.36	4919242.56	Prova sismica HVSR a nord del viadotto
HV9nord	1491578.26	4919018.68	Prova sismica HVSR a nord del viadotto
HV11nord	1490952.11	4919603.94	Prova sismica HVSR a nord del viadotto
HV12nord	1491155.12	4919516.94	Prova sismica HVSR a nord del viadotto

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
19 di 97

ID	Coordinate Gauss-Boaga		Tipologia di indagine
	E	N	
HV13nord	1491437.12	4919374.93	Prova sismica HVSR a nord del viadotto
HV14nord	1491471.14	4919269.87	Prova sismica HVSR a nord del viadotto
HV16nord	1491027.11	4919649.94	Prova sismica HVSR a nord del viadotto
HV17nord	1491379.12	4919582.94	Prova sismica HVSR a nord del viadotto
HV18nord	1491636.12	4919331.93	Prova sismica HVSR a nord del viadotto
HV19nord	1490908.11	4919537.94	Prova sismica HVSR a nord del viadotto
HV20nord	1491188.12	4919619.94	Prova sismica HVSR a nord del viadotto
HVF1	1490846.03	4919409.78	Prova sismica HVSR sulla pila del viadotto
HVF2	1490910.58	4919369.83	Prova sismica HVSR sulla pila del viadotto

Contraente 		Progettista 			
Doc. N.	Progetto NG12	Lotto 00	Codifica Documento E 69 RG GE0001 C01	Rev. A	Foglio 20 di 97

3.2.3. Archivio SPEA - Sondaggi eseguiti per i vari progetti della Gronda di Genova

Tra le indagini disponibili presso l'archivio SPEA, relativi ai diversi progetti della Gronda di Genova, sono stati utilizzati n. 6 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, realizzati tra il 2003 ed il 2010 e spinti sino a profondità variabili tra 25 e 45 m dal piano di campagna. Alcuni fori sono stati attrezzati con piezometri.

In Tabella 3.4 si riporta il quadro riassuntivo dei sondaggi disponibili con l'indicazione, per ogni sondaggio, di:

- codice identificativo del sondaggio (con indicazione della data di esecuzione);
- coordinate del punto nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso ovest Roma 40;
- quota boccaforo (metri s.l.m.);
- profondità del sondaggio (metri);
- strumentazione installata (ad oggi non più in servizio);
- prove in foro eseguite;
- campioni prelevati.

Tabella 3.4 – Elenco dei sondaggi disponibili presso l'archivio SPEA

ID	Coordinate Gauss-Boaga		Quota m slm	Profondità [m]	Strumentazione	Prove in foro			Campioni	
	E	N				Prof. SPT	Lefranc/Lugeon [prof. m]	Press./Dilat. [prof. m]	CI	CR/CL
S9 set.2003	1491042.53	4919267.27	11.42	28.0	Piez. TA [5.0-15.5]	6.0			CI1 [17.5-17.9]	
						7.5				
						10.5				
SP01 mar.2007	1491050.13	4919121.87	7.35	40.0	Piez. TA [1.0-27.0]	1.5	Lef.[10.5]			CRA1 [0.3-1.3]
						3.0				CR1 [1.5-1.8]
						4.5				CR2 [3.0-3.3]
						6.0				CR3 [4.5-4.8]
						7.5				CR4 [6.0-6.3]
						9.0				CR5 [7.5-7.8]
						12.0				CR6 [9.0-9.3]
						15.5				CR7 [12.0-12.3]
						19.0				CR8 [15.5-15.8]
										CR9 [19.0-19.3]
										CR10 [21.0-21.3]
										CRA2 [23.0-24.0]
				CR11 [24.7-25.0]						
				SDI1 [29.55-29.9]						
				SDI2 [30.6-31.0]						
SP02 mar.2007	1491253.11	4919620.32	11.26	40.0	Piez. C [22.0]	3.0	Lef.[9.0]		CII [13.5-14.0]	CR1 [3.0-3.3]
						4.5	Lef.[19.5]			CR2 [4.5-4.8]

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
21 di 97

ID	Coordinate Gauss-Boaga		Quota m slm	Profondità [m]	Strumentazione	Prove in foro			Campioni	
	E	N				Prof. SPT	Lefranc/Lugeon [prof. m]	Press./Dilat. [prof. m]	CI	CR/CL
						6.0				CR3 [6.0-6.3]
						7.5				CR4 [7.5-7.8]
						18.5				CR5 [9.0-9.3]
						20.8				SD1A [14.5-14.8]
										CR6 [18.5-18.8]
										CR7 [20.8-21.1]
										SD1B [24.5-24.8]
										SDI1 [33.0-33.35]
										SDI 2 [33.6-33.8]
										SDI 3 [34.2-34.4]
										SDI 4 [36.6-37.0]
SP05 mar.2007	1491143.28	4919352.00	7.73	40.0	-	1.5	Lef.[9.0]		CI1 [11.5-12.1]	CR1 [1.5-1.8]
						3.5			CI2 [16.3-16.9]	CR2 [3.5-3.8]
						6.5			CI3 [24.8-25.4]	CR3 [6.5-6.8]
						8.0				CR4 [8.0-8.3]
						9.5				CR5 [9.5-9.8]
						19.0				SDI1 [14.4-14.7]
										SDI2 [18.0-18.3]
										CR6 [19.0-19.45]
										SDI3 [21.3-21.6]
										SDI4 [28.7-29.0]
										SDI5 [34.5-34.7]
				SDI6 [35.25-35.5]						
				SDI7 [39.5-40.0]						
SP06 mar.2007	1491215.91	4919523.77	8.25	45.0	-	1.6	Lef.[10.0]		CI1 [13.3-13.9]	CR1 [1.6-1.9]
						3.0	Lef.[19.0]		CI2 [26.4-27.0]	CR2 [3.0-3.3]
						4.6				CR3 [4.6-4.9]
						6.0				CR4 [6.0-6.3]
						7.5				CR5 [7.5-7.8]
						9.0				CR6 [9.0-9.3]
						10.5				CR7 [10.5-10.8]
						12.0				CR8 [12.0-12.3]
						18.0				CR9 [15.0-15.3]
						21.0				CR10 [18.0-18.3]
										CR11 [19.0-19.3]
										CR12 [21.0-21.3]
				SDI1 [22.5-22.8]						

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
22 di 97

ID	Coordinate Gauss-Boaga		Quota m slm	Profondità [m]	Strumentazione	Prove in foro			Campioni	
	E	N				Prof. SPT	Lefranc/Lugeon [prof. m]	Press./Dilat. [prof. m]	CI	CR/CL
										SDI2 [29.0-29.3] SDI3 [30.3-30.6] SDI4 [38.0-38.3] SDI5 [42.3-42.6]
MB1 lug.2010	1491609.36	4918950.70	63.73	25.0	Piez. TA [3.0-25.0]	1.5	Lef.[12.5]		CI1 [7.0-7.35]	CA1 [0.6-0.8]
						3.0			CR1 [2.6-2.8]	
						4.5			CR2 [9.0-9.25]	
						6.0			CR3 [14.6-14.8]	
						9.0			CR4 [16.1-16.3]	
						10.5			CR5 [20.3-20.6]	
						12.0				
						13.5				
						15.0				

Legenda:

- ID** Identificativo del sondaggio
- Piez. C** Piezometro Casagrande [profondità della cella]
- Piez TA** Piezometro Tubo Aperto [profondità del tratto microfessurato]
- DH** Tubo in PVC ø3" per prova down-hole [profondità del tubo]
- Incl.** Inclinometro [profondità del tubo]
- Lefranc** Prova di permeabilità tipo Lefranc [profondità del centro del tratto di prova]
- Lugeon** Prova di permeabilità tipo Lugeon [profondità del centro del tratto di prova]
- Press.** Prova pressiometrica [profondità del centro del tratto di prova]
- Dilat.** Prova dilatometrica [profondità del centro del tratto di prova]
- CI** Campione indisturbato [profondità del tratto campionato]
- CR** Campione rimaneggiato [profondità del tratto di campionato]
- CL** Campione litoide [profondità del tratto campionato]

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
23 di 97

3.2.4. Archivio Italferr 2008 - Progetto Esecutivo del Potenziamento infrastrutturale Voltri-Brignole

Tra le indagini disponibili presso l'archivio Italferr, relative al Progetto Esecutivo del Potenziamento infrastrutturale Voltri-Brignole, sono stati utilizzati n. 17 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, realizzati tra il 2001 ed il 2007 e spinti sino a profondità variabili tra 2.5 e 30 m dal piano di campagna. Alcuni fori sono stati attrezzati con piezometri.

In Tabella 3.4 si riporta il quadro riassuntivo dei sondaggi disponibili con l'indicazione, per ogni sondaggio, di:

- codice identificativo del sondaggio (con indicazione della data di esecuzione);
- coordinate del punto nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso ovest Roma 40;
- quota boccaforo (metri s.l.m.);
- profondità del sondaggio (metri);
- strumentazione installata (ad oggi non più in servizio);
- numero delle prove in foro eseguite;
- numero dei campioni prelevati.

Tabella 3.5 – Elenco dei sondaggi disponibili presso l'archivio Italferr PE “Voltri-Brignole”

ID	Data di esecuz.	Coordinate Gauss-Boaga		Quota m slm	Profondità [m]	Strumentazione	Prove in foro			Campioni	
		E	N				SPT	Lefranc/Lugeon.	Press./Dilat.	CI	CR CL
PNGCEIS21	2007	1491315.60	4919293.36	11.0	25.0	Piez. TA					
SCGCEIF24	2007	1491104.57	4918873.66	n.d.	2.5	-					
SCGCEIF25	2007	1491055.15	4918797.17	11.1	8.0	-					
PO7	2007	1491312.09	4919302.05	n.d.	3.6	-					
PO8	2007	1491254.28	4919329.35	n.d.	3.8	-					
S03	2007	1491289.44	4919265.20	12.1	15.0	Piez. TA					
S04	2007	1491264.30	4919282.69	12.0	29.0	Piez. TA					
S05	2007	1491240.87	4919135.05	11.7	21.0	Piez. TA					
S06	2007	1491209.14	4919158.15	12.3	15.0	Piez. TA					
S07	2007	1491190.25	4919003.30	12.3	15.0	Piez. TA					
S08	2007	1491155.72	4919021.31	12.4	15.0	Piez. TA					
S09	2007	1491127.62	4918934.37	12.4	15.0	Piez. TA					
S10	2007	1491091.76	4918867.79	12.6	21.0	Piez. TA					
XNLILBG17	2004	1491041.78	4918767.84	9.2	30.0	Piez. TA					
XNLILOG38	2004	1491116.28	4918866.48	11.0	15.0	Piez. TA					
S3	2001	1491058.75	4918875.12	12.3	30.0	Piez. TA					
S4	2001	1491280.57	4919325.10	11.5	25.0	-					

Legenda:

ID Identificativo del sondaggio

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
24 di 97

ID	Data di esecuz.	Coordinate Gauss-Boaga		Quota m slm	Profondità [m]	Strumentazione	Prove in foro			Campioni	
		E	N				SPT	Lefranc/Lugeon.	Press./Dilat.	CI	CR CL
SPT	Numero di prove in foro SPT										
Lefranc	Numero di prove di permeabilità tipo Lefranc										
Lugeon	Numero di prove di permeabilità tipo Lugeon										
Press.	Numero di prove pressiometriche										
Dilat.	Numero di prove dilatometriche										
CI	Numero di campioni indisturbati										
CR	Numero di campioni rimaneggiati										
CL	Numero di campioni litoidi										

3.2.5. Sondaggi disponibili presso il database geognostico della Regione Liguria

Tra le indagini disponibili presso il database geognostico della Regione Liguria (disponibile on-line al sito <http://geoportale.regione.liguria.it>), sono stati utilizzati:

- n. 23 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, realizzati fino al 2014 e spinti sino a profondità variabili tra 6 e 45 m dal piano di campagna;
- n. 12 opere di derivazione delle acque, ad uso sia industriale sia umano.

In Tabella 3.6 si riporta il quadro riassuntivo dei sondaggi disponibili con l'indicazione, per ogni sondaggio, di:

- codice identificativo del sondaggio (con indicazione della data di esecuzione);
- coordinate del punto nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso ovest Roma 40;
- quota boccaforo (metri s.l.m.);
- profondità del sondaggio (metri);
- numero delle prove in foro eseguite;
- numero dei campioni prelevati.

Tabella 3.6 – Elenco dei sondaggi disponibili presso il database Liguria

ID	Data di esecuzione	Coordinate Gauss-Boaga		Quota m slm	Profondità [m]	Prove in foro			Campioni	
		E	N			SPT	Lefranc/Lugeon.	Press./Dilat.	CI	CR/CL
1187_P37	n.d.	1490943.05	4918966.44	7.45	20.4					
1187_SW5	n.d.	1490774.51	4918891.47	n.d.	30.8					
1187_W4	n.d.	1491584.77	4919100.85	n.d.	35.5					
1187_W6	n.d.	1490773.87	4919494.20	n.d.	41.5					

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
25 di 97

ID	Data di esecuzione	Coordinate Gauss-Boaga		Quota m slm	Profondità [m]	Prove in foro			Campioni	
		E	N			SPT	Lefranc/Lugeon.	Press./Dilat.	CI	CR/CL
1187_W7	n.d.	1490654.08	4919477.66	n.d.	42.5					
1442_SX1	feb. 2006	1491089.70	4918915.05	n.d.	6.0					3
1442_SX2	feb. 2006	1491026.71	4918837.84	n.d.	6.0					3
1442_SX3	feb. 2006	1491358.97	4919580.09	n.d.	6.0					3
1621_S1-61	n.d.	1490904.12	4919497.15	n.d.	26.3					
1621_S1-89	n.d.	1490883.18	4919510.76	n.d.	28.6	10				
1621_S2-89	n.d.	1490868.91	4919478.39	n.d.	45.0	16				
1621_S3-89	n.d.	1490900.37	4919489.84	n.d.	27.7	11				
1621_S4-89	n.d.	1490919.87	4919518.02	n.d.	15.0	5				
1621_S1-92	nov. 1992	1490820.90	4918876.78	9.66	27.0	5				3
1621_S2-92	nov. 1992	1490820.90	4918876.78	8.12	28.5	6			2	4
1621_S3-92	nov. 1992	1490820.90	4918876.78	9.11	25.0					4
1621_S4-92	nov. 1992	1490820.90	4918876.78	8.95	25.0				1	2
1621_S1	dic. 2009	1490884.09	4919091.87	n.d.	20.0		3			
1621_S2-10	nov. 2009	1490873.07	4919239.18	n.d.	10.0	6				
1621_S3-10	nov. 2009	1490828.91	4919243.42	n.d.	20.0	2				
1621_S4-10	nov. 2009	1490773.47	4919214.25	n.d.	15.0	3				
1621_S5-10	dic. 2009	1490747.14	4919119.23	n.d.	20.0	4	3			
1680_SII	mar. 2014	1490559.66	4919404.67	60.0	15.0	2				5

Legenda:

ID	Identificativo del sondaggio
SPT	Numero di prove in foro SPT
Lefranc	Numero di prove di permeabilità tipo Lefranc
Lugeon	Numero di prove di permeabilità tipo Lugeon
Press.	Numero di prove pressimetriche
Dilat.	Numero di prove dilatometriche
CI	Numero di campioni indisturbati
CR	Numero di campioni rimaneggiati
CL	Numero di campioni litoidi

In Tabella 3.7 si riporta il quadro riassuntivo delle opere di derivazione delle acque disponibili con l'indicazione, per ogni punto, di:

- codice identificativo;
- coordinate del punto nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso ovest Roma 40;
- riferimenti catastali (sezione, foglio e mappale);
- portata massima e media (l/s);

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
26 di 97

- tipologia d'uso del punto di prelievo;
- stato attuale.

Tabella 3.7 – Elenco delle opere di derivazione disponibili presso il database Liguria

ID	Coordinate Gauss-Boaga		Riferimenti catastali			Portata max [l/s]	Portata media [l/s]	Tipologia d'uso	Stato attuale
	E	N		Foglio	Mappale				
Pozzo1 GDE1258	1491004	4919495	C	75	1007	11.6	11.6	Ind.	NE
Pozzo1 GDE00862/G	1491073	4919406	C	75	n.d.	n.d.	175	Umano	E
Pozzo4 GDE00862/G	1491072	4919406	C	75	n.d.	n.d.	175	Umano	E
Pozzo7 GDE006669/G	1490825	4919067	C	78	1122	80	80	Ind.	E
Pozzo GDE6480	1490784	4919043	C	78	834	25	25	Ind.	E
Pozzo Ibis GDE006669/G	1490890	4918906	C	78	951	80	80	Ind.	E
Pozzo GDE4210	1490874	4918907	C	78	951	10	10	Ind.	NE
Pozzo3 GDE1010	1491605	4919478	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	75	Umano	NE
PozzoB GDE00936/G	1491608	4919376	C	38	1399	n.d.	110	Umano	E
PozzoC GDE00936/G	1491617	4919358	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	105	Umano	E
PresaSup. GDE001252/G	1491605	4919342	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	125	Umano	E
Pozzo GDE1395	1491469	4918768	C	38	211	13	13	Ind.	NE

Legenda:

ID Identificativo del punto di prelievo
Ind. Tipologia d'uso: industriale
NE Stato attuale: non in esercizio
E Stato attuale: in esercizio

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
27 di 97

3.3. Dati di monitoraggio

3.3.1. Premessa

Durante la campagna indagini 2019, nei fori di sondaggio sono stati installati n.14 piezometri (a tubo aperto e Casagrande) e n.1 inclinometro.

Di seguito si fornisce il riepilogo della strumentazione installata e dei cicli di lettura ad oggi disponibili.

3.3.2. Monitoraggio piezometrico

Relativamente al monitoraggio dei livelli piezometrici, in Tabella 3.8 si riporta l'elenco delle verticali piezometriche monitorate, con l'indicazione delle caratteristiche del piezometro ed il dettaglio delle letture disponibili per ciascuno strumento.

Tabella 3.8 – Quadro riassuntivo dei piezometri installati nella campagna Italferr 2019

ID	Tipo piezometro	Tratto fessurato [da m. a m. da p.c.]	Letture disponibili	Periodo monitoraggio
IFPM2	Casagrande	cella 12 m	2	gen-feb 2019
	Casagrande	cella 43 m	2	gen-feb 2019
IFPM4	Tubo aperto 2.5"	3.0 - 41.5	2	gen-feb 2019
IFPM6	Casagrande	cella 21 m	1	gen. 2019
	Casagrande	cella 42 m	1	gen. 2019
IFPM8	Tubo aperto 2.5"	3.0 - 33.0	4	gen-feb 2019
IFPM11	Tubo aperto 3"	3.0 - 33.0	2	gen-feb 2019
IFPM13	Tubo aperto 3"	3.0 - 42.0	2	gen-feb 2019
IFPM14	Tubo aperto 3"	3.0 - 33.0	-	-
IFPM16	Tubo aperto 3"	3.0 - 36.0	2	gen-feb 2019
PZM1	Tubo aperto 3"	3.0 - 45.0	-	-
PZM2	Tubo aperto 3"	3.0 - 30.0	1	feb 2019
PZM3	Tubo aperto 3"	3.0 - 30.0	-	-
PZM4	Tubo aperto 3"	3.0 - 30.0	1	feb 2019

In Tabella 3.9 si elencano invece le risultanze delle letture piezometriche disponibili, espresse come soggiacenza, in metri dal piano campagna.

Tabella 3.9 – Quadro riassuntivo delle letture piezometriche disponibili (in m da p.c.)

ID	Tipo piez.	09 gen 19	13-14 gen 19	18 gen 19	22 gen 19	08 feb 19
IFPM2	C. 12m			5.73		5.23
	C. 43m			5.83		5.42
IFPM4	TA 2.5"				5.61	5.27
IFPM6	C. 21m		4.98			
	C. 42m		4.85			
IFPM8	TA 2.5"	4.62		4.64	2.32	4.24

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
28 di 97

ID	Tipo piez.	09 gen 19	13-14 gen 19	18 gen 19	22 gen 19	08 feb 19
IFPM11	TA 3"				9.80	9.14
IFPM13	TA 3"				5.46	5.06
IFPM14	TA 3"					
IFPM16	TA 3"				5.30	3.74
PZM1	TA 3"					
PZM2	TA 3"					5.15
PZM3	TA 3"					
PZM4	TA 3"					3.68

3.3.3. Monitoraggio inclinometrico

Nella seguente Tabella 3.10 si riporta l'elenco della strumentazione inclinometrica monitorata nell'area di studio.

etrica monitorata nell'area di studio.

In particolare, si tratta di un inclinometro (IFPM15) installato in corrispondenza della spalla del viadotto in destra idraulica, in una porzione di versante in cui non sono cartografati dissesti e fenomeni franosi, al fine di valutare e accertare, con dati strumentali, la sussistenza di eventuali spostamenti e deformazioni profonde. Il foro di sondaggio IFPM15 è stato ultimato in data 18/01/2019 pertanto, ad oggi, non è stata ancora effettuata la lettura origine (o lettura di zero).

Tabella 3.10 – Quadro riassuntivo degli inclinometri installati nella campagna Italferr 2019

ID	Tipo inclinometro	Letture	Data/Periodo monitoraggio
IFPM15	ø 88mm Lunghezza=30m	0	n.d.
		1	n.d.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
29 di 97

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA

4.1. Inquadramento geografico

L'area di studio interessa la porzione occidentale dell'abitato di Genova, tra i quartieri di Cornigliano e Sampierdarena, in corrispondenza della valle del torrente Polcevera.

Il fondovalle si presenta allungato in direzione nord-sud ed ha una larghezza di circa 900 metri; la superficie topografica è sub-orizzontale, leggermente immergente verso sud, mentre i versanti presentano una acclività medio-alta sia in destra sia in sinistra idraulica.

Il reticolo idrografico è caratterizzato dalla presenza del torrente Polcevera, che nell'area risulta regimato e scorre all'interno di argini artificiali; sono inoltre presenti alcuni tributari minori sia in destra sia in sinistra idraulica, i cui corsi oggi risultano totalmente tombati.

4.2. Inquadramento geologico-strutturale generale

L'area in esame si inserisce in un settore di grande complessità strutturale che rappresenta un'area di transizione tra la catena alpina e quella appenninica; essa infatti comprende unità delle Alpi liguri che sono state dapprima coinvolte nell'evoluzione alpina a livelli più o meno profondi e che, successivamente, sono state interessate da una tettonica attribuibile all'evoluzione appenninica.

Le Alpi liguri costituiscono la terminazione meridionale delle Alpi occidentali e sono costituite da un impilamento complesso di unità tettoniche le cui caratteristiche litostratigrafiche e strutturali riflettono l'evoluzione geodinamica di questo settore di catena; tale evoluzione inizia con le fasi di *rifting* e di *spreading* triassico-giurassiche, che determinano l'individuazione del bacino oceanico Ligure-Piemontese, tra i margini continentali assottigliati delle placche europea ed apula. A partire dal Cretaceo, l'inversione dei movimenti relativi determinano la convergenza dei margini e la subduzione di litosfera oceanica, fino alla chiusura del bacino Ligure-Piemontese e, successivamente, la collisione continentale e l'esumazione delle unità subdotte.

Le Alpi liguri sono quindi caratterizzate dalla sovrapposizione di unità di crosta oceanica e di mantello, rappresentate dall'Unità Figogna, Palmaro-Caffarella, Cravasco-Voltaggio e Voltri (Figura 4.1), riequilibrata a differenti profondità, e quindi a diverse condizioni di pressione e temperatura, per gradienti termici da bassi a molto bassi. La similitudine nell'evoluzione tettono-metamorfica indica che alle unità di crosta oceanica sono state precocemente associate unità le cui caratteristiche litologiche suggeriscono derivazione da un margine continentale, rappresentate dalle Unità Gazzo-Isoverde e Angassino-Terma.

Queste unità sono state esumate e accavallate le une sulle altre e sull'avampaese europeo che, nell'area genovese, è rappresentato dalla poco estesa unità di Arenzano.

Le unità costituite da *flysch* (Unità Antola, Unità Ronco, Unità Montanesi e Unità Mignanego) sono non metamorfiche o di basso grado metamorfico, il che indica che durante l'orogenesi alpina sono rimaste sempre a livelli strutturali piuttosto superficiali. Queste unità sono a loro volta accavallate sulle unità di grado metamorfico più elevato.

Questo complesso impilamento di unità è ricoperto in discordanza dai depositi del Bacino Terziario Piemontese, una successione sedimentaria tardo eocenica-oligocenica che affiora principalmente a nord dell'area di studio.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
30 di 97

SCHEMA TETTONICO

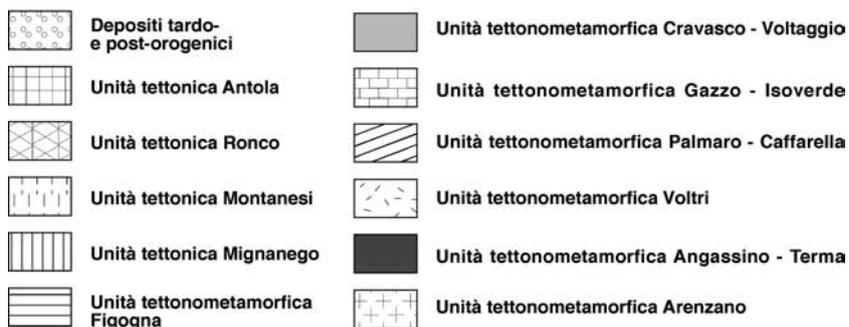
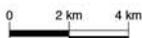
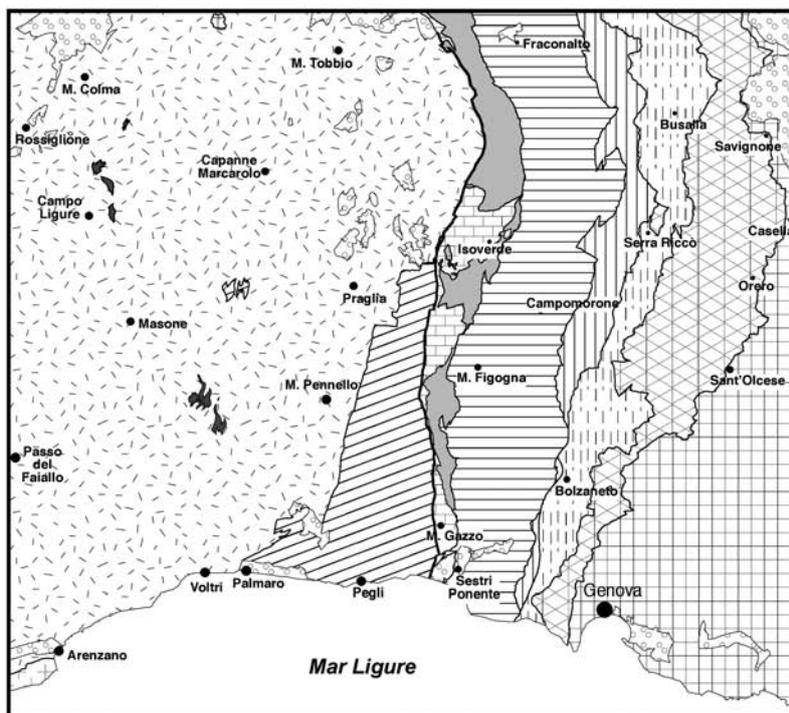


Figura 4.1 – Schema tettonico dell'area genovese (Capponi e Crispini, 2008b; scala grafica)

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
31 di 97

5. STRATIGRAFIA

5.1. Premessa

Le analisi effettuate ed i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere e cartografare differenti unità geologiche, relative sia a sequenze sedimentarie di substrato che a successioni clastiche di copertura. In particolare, le perimetrazioni e le descrizioni geologico-strutturali delle unità individuate nell'area derivano da un'integrazione tra le informazioni riportate in letteratura ed i dati raccolti dal rilevamento geologico di superficie e dalle numerose indagini geognostiche a disposizione.

Per quanto riguarda le unità del substrato è stata mantenuta la suddivisione in unità e formazioni del foglio "Genova" della Carta Geologica d'Italia (Capponi & Crispini, 2008a, 2008b) e della cartografia geologica del PUC del Comune di Genova, delle quali si riporta uno stralcio rispettivamente in Figura 5.2 e Figura 5.3.

Per quanto concerne le caratteristiche geometriche e strutturali, nel profilo geologico in scala 1:1.000/200 è stato ricostruito l'andamento dell'assetto giaciturale di tutte le successioni di substrato interessate dall'opera in progetto. Tale ricostruzione si basa sui dati geometrici ricavati dal rilevamento di campo e dalle indagini geognostiche disponibili, opportunamente integrati con quanto riportato negli studi bibliografici reperiti (Capponi & Crispini, 2008a, 2008b; Marini, 1998). Ad ogni modo, si sottolinea che le suddette ricostruzioni hanno una valenza generale e a grande scala, in quanto localmente l'assetto giaciturale dei termini litologici attraversati può essere notevolmente complicato dalla presenza di strutture tettoniche, fragili e duttili, non visibili alla scala di rilevamento.

La stratigrafia delle diverse unità verrà descritta secondo l'ordine di sovrapposizione tettonica, dall'alto verso il basso. Le varie unità litostratigrafiche appartenenti alle successioni delle differenti unità tettoniche vengono descritte dalle più antiche alle più recenti.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
32 di 97

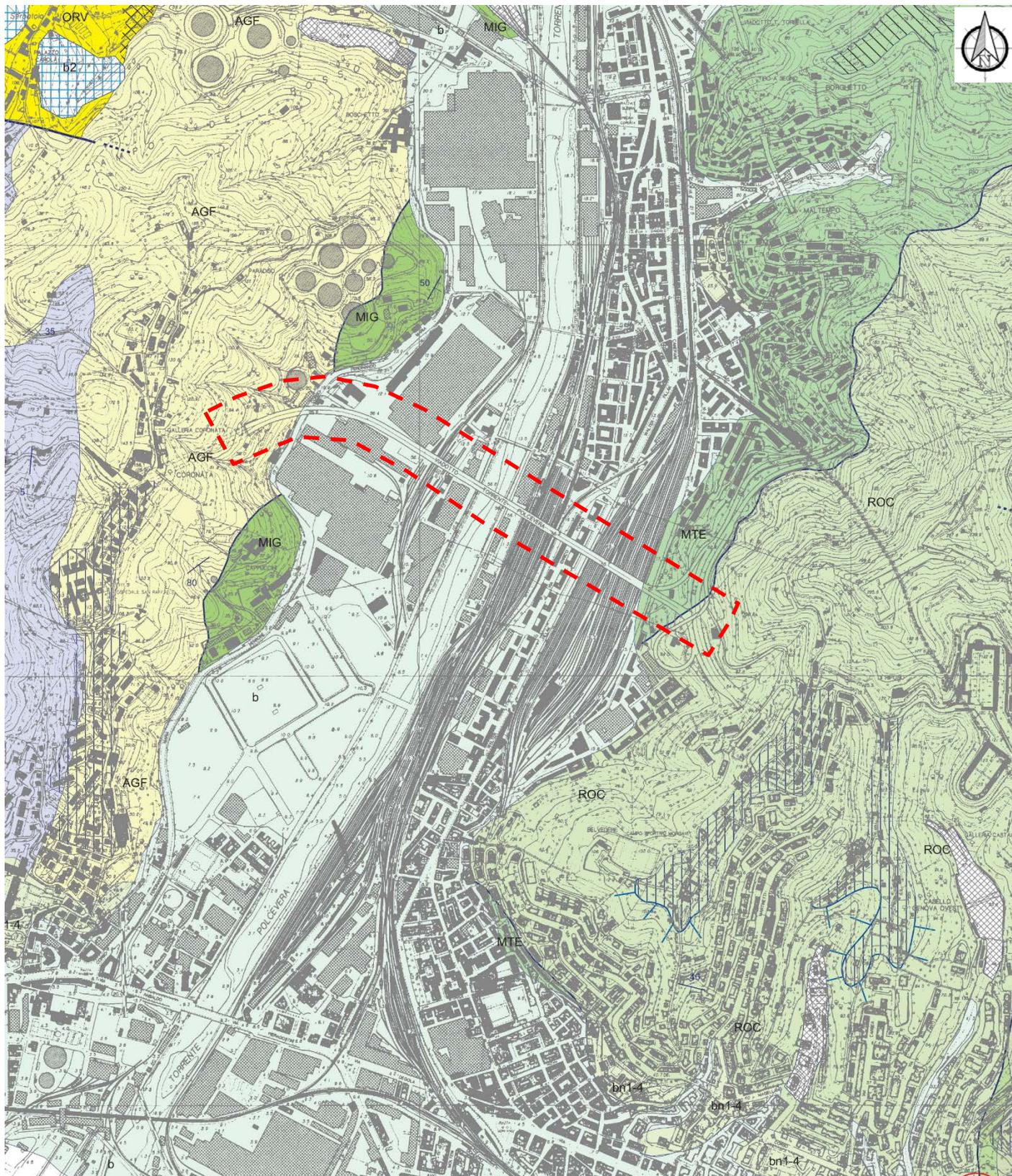


Figura 5.1 - Stralcio della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 foglio 213-230 "Genova" (non in scala, da Capponi & Crispini, 2008a). In tratteggio rosso è indicato il viadotto oggetto di studio

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
33 di 97

Depositi quaternari

- 

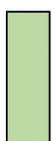
depositi di frana
a₁ Accumulo gravitativo di materiale eterogeneo ed eterometrico. Frane attive. OLOCENE
a₂ Accumulo gravitativo di materiale eterogeneo ed eterometrico. Frane quiescenti e stabilizzate. OLOCENE
- 

coltri eluvio - colluviali
b₂ Coperture detritiche costituite da clasti eterometrici, a matrice sabbioso-limoso, talora pedogenizzate, sviluppatasi *in situ* a spese del substrato, spesso con inglobati elementi grossolani a volte mobilizzati da processi di versante. OLOCENE
- 

depositi alluvionali in evoluzione
b Depositi ghiaiosi, spesso con blocchi e/o materiali fini, che costituiscono gli alvei attuali dei corsi d'acqua e le aree adiacenti; verso la foce raggiungono spessori considerevoli. OLOCENE
- 

depositi alluvionali terrazzati
b_{1,4} Depositi ghiaiosi e subordinati depositi sabbiosi posti a quote più elevate rispetto agli alvei attuali, coperti da una coltre colluviale, spesse volte pedogenizzata, di spessore variabile. PLEISTOCENE - OLOCENE

Unità tettonica Ronco

- 

ROC **formazione di Ronco**
 Torbiditi costituite da areniti fini, siltiti marnose e argilliti, in strati da centimetrici a decimetrici. Stratificazione piano-parallela. Il contenuto paleontologico comprende nannoplankton calcareo mal conservato. SANTONIANO SUP. - CAMPANIANO INF.

Unità tettonica Montanesi

- 

MTE **argilliti di Montanesi**
 Argilliti emipelagiche e argilliti siltose nere, solo raramente policrome, con intercalazioni di arenarie quarzose fini, in strati da centimetrici a pluridecimetrici. Sterili. CRETACICO SUP?

Unità tettonica Mignanego

- 

MIG **argilliti di Mignanego**
 Torbiditi siltoso arenacee medio-fini in strati da centimetrici a pluridecimetrici, talora con intercalazioni di argilloscisti neri, e da torbiditi marnose a base calcareo-arenacea sottile in strati da decimetrici a metri, prive di contenuto paleontologico. CRETACICO SUP?

Unità tettonometamorfica Figogna

- 

AGF **argilloscisti di Murta**
 Argilloscisti filladici neri, a patina sericitica, con intercalazioni di melasiltiti. Lo spessore degli strati è generalmente centimetrico. CRETACICO INF.?
- 

AGI **argilloscisti di Costagiutta**
 Alternanze di argilloscisti e calcari cristallini, metapeliti scistose grigio-nerastre, più o meno siltose, con intercalazioni di metacalcilutiti siltose più o meno marnose di colore grigio o grigio-bruno in strati e banchi, più frequenti alla base della sequenza. Lo spessore degli strati è generalmente centimetrico. CRETACICO INF.?

-  Sorgente
-  Cavit  ipogea
-  Localit  fossilifera
-  Cava attiva
-  Cava inattiva
-  Orlo di terrazzo
-  Orlo di scarpata di cava
-  Terrazzamenti fluviali
-  Terrazzamenti marini
-  Conoide alluvionale e da debris-flow
-  Riempimenti industriali, rilevati di infrastrutture autostradali, portuali e ferroviarie
-  Stratificazione
-  Stratificazione rovesciata
-  Stratificazione a polarit  indeterminata
-  Stratificazione a polarit  indeterminata verticale
-  Asse di piega di fase 1/2
-  Asse di piega di 1a fase
-  Fabric composito
-  Contatto stratigrafico
-  Contatto tettonico
-  Faglia e probabile prosecuzione

Figura 5.2 - Legenda della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 foglio 213-230 "Genova" (Capponi & Crispini, 2008a)

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
34 di 97

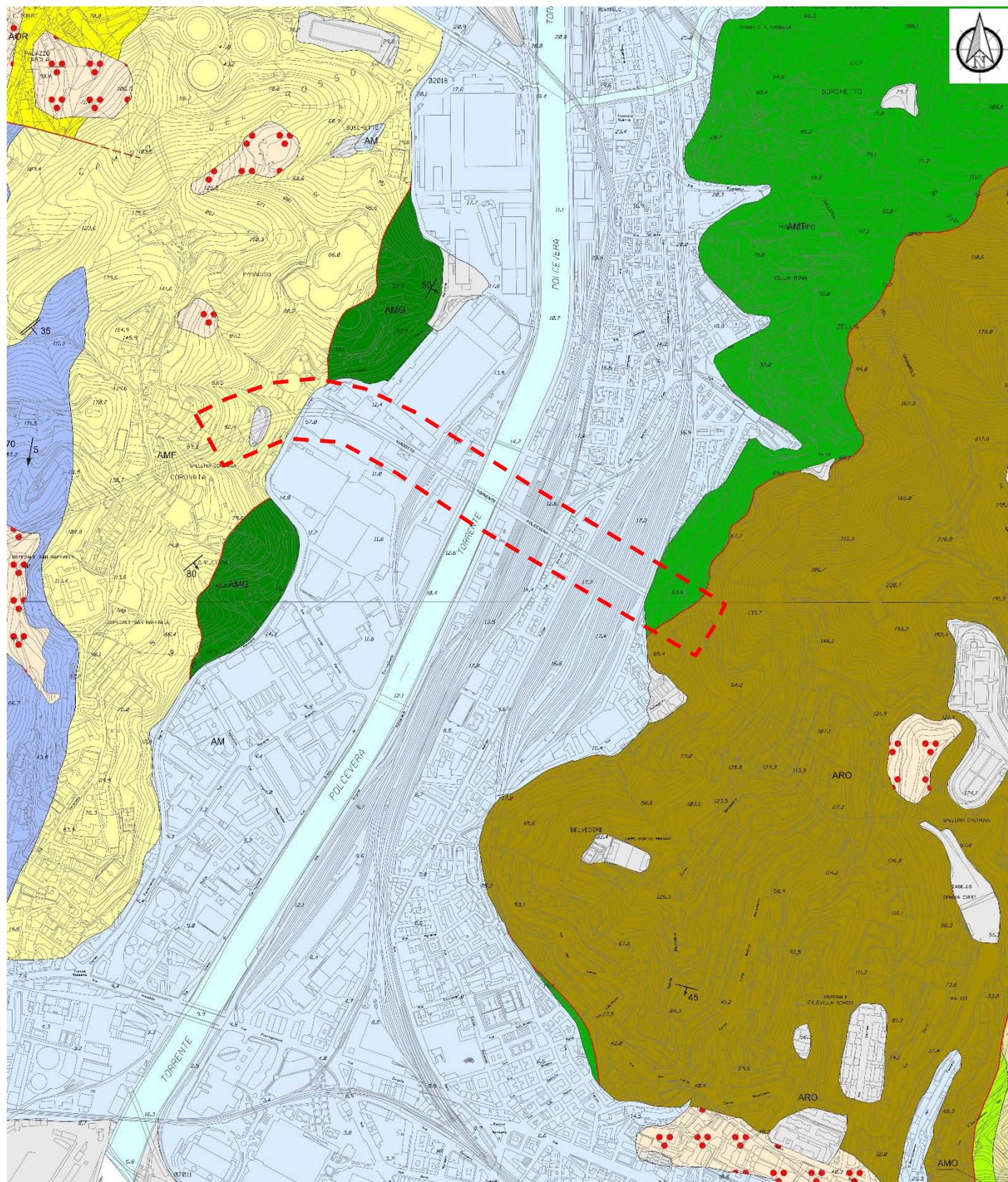


Figura 5.3 - Stralcio della Carta geologica del PUC del Comune di Genova, fogli 27-37 (non in scala). In tratteggio rosso è indicato il viadotto oggetto di studio

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
35 di 97

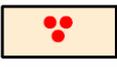
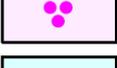
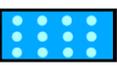
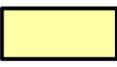
FORME ANTROPICHE	{		RIP	Riporti artificiali e discariche Depositi vari rimaneggiati
			CD	Coltri eluvio-colluviali di importanza particolare
QUATERNARIO	{		DF	Ammassi detritici di falda
			AA	Sedimenti di alveo
			AM	Sedimenti alluvionali e marini Depositi ghiaiosi e sabbiosi posti a quota piu' elevata rispetto agli alvei attuali o all'attuale livello del mare, talvolta terrazzati e/o coperti da coltri eluvio-colluviali di spessore variabile
			SP	Sedimenti di spiaggia
			BPP	Brecce di San Pietro ai Prati Brecce residuali a clasti calcareo dolomitici a matrice carbonatica
		<u>DEPOSITI PLIOCENICI</u>		
PLIOCENE	{		AOR	Argille di Ortovero Argille marnose, marne, siltiti e arenarie fini, di colore da grigio cinereo a grigio-azzurro a giallastro
<u>SUCCESSIONE DEL BACINO TERZIARIO PIEMONTESE</u>				
OLIGOCENE - EOCENE SUP.	{		MOR	Formazione di Molare Conglomerato eterometrico
			CRA	Brecce della Costa di Cravara Brecce poligeniche
<u>UNITA' TETTONICA ANTOLA</u>				
PALEOCENE - CRETACEO	{		CMA	Formazione del M. Antola Torbiditi calcareo-marnose, talvolta siltose, calcareniti, marne e marne calcaree, alternate ad argilliti emipelagiche
			AMO	Argilliti di Montoggio Argilliti emipelagiche di colore nero e verdastro
<u>UNITA' TETTONICA RONCO</u>				
SANTONIANO SUP CAMPANIANO INF.			ARO	Formazione di Ronco Torbiditi costituite da areniti fini, siltiti marnose e argilliti
<u>UNITA' TETTONICA MONTANESI</u>				
CRETACICO INF.			AMT	Argilliti di Montanesi Argilliti emipelagiche e argilliti siltose nere, solo raramente policrome con intercalazioni di arenarie quarzose fini
<u>UNITA' TETTONICA MIGNANEGO</u>				
CRETACICO INF.			AMG	Argilliti di Mignanego Torbiditi siltoso arenaceo medio fini con intercalazioni di argilloscisti neri e torbiditi marnose a base calcareo-arenacea
<u>UNITA' TETTONOMETAMORFICA FIGOGNA</u>				
CRETACICO INF.	{		AMF	Argilloscisti di Murta Argilloscisti filladici neri con intercalazioni di metasiltiti
			PMF	Argilloscisti di Costagiutta Alternanza di argilloscisti calcari cristallini e metapeliti

Figura 5.4 - Legenda della Carta Geologica del PUC di Genova

Contraente 	Progettista 				
Doc. N.	Progetto NG12	Lotto 00	Codifica Documento E 69 RG GE0001 C01	Rev. A	Foglio 36 di 97

5.2. Unità costituite da *flysch*

Sono costituite da successioni a *flysch*, con torbiditi sia a prevalenza arenacea sia a prevalenza carbonatica, classicamente riferite al Dominio Ligure. Il grado metamorfico è basso o bassissimo. Sono state distinte:

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

Di queste, l'Unità tettonica Antola non è presente nell'areale di studio, pertanto non ne viene riportata la descrizione.

5.2.1. Unità tettonica Ronco

L'Unità tettonica Ronco affiora nella dorsale che da Sampierdarena sale verso Fregoso e si trova geometricamente compresa fra l'Unità Montanesi e l'Unità Antola. Comprende la sola formazione di Ronco ed è attribuibile al Dominio Ligure Interno.

Essa è delimitata da contatti tettonici (*thrust*) a tetto ed a letto ed ha geometria complessivamente tabulare con immersione verso E; secondo alcuni modelli (Ellero, 2000) costituirebbe il nucleo di una grande piega isoclinala 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.

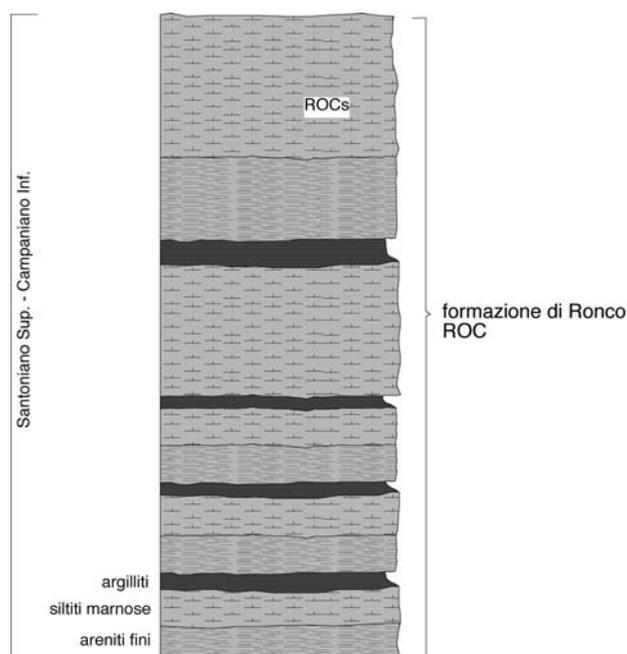


Figura 5.5 – Successione stratigrafica dell'Unità Ronco (Capponi & Crispini, 2008b; non in scala)

5.2.1.1. Formazione di Ronco (ROC)

La formazione di Ronco è caratterizzata da un metamorfismo di anchizona e consiste di torbiditi caratterizzate da alternanze di areniti fini, siltiti marnose ed argilliti, in strati da centimetrici a decimetrici. Lo spessore, difficilmente

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
37 di 97

quantificabile a causa delle pieghe sovrapposte, è ipotizzato da Marini (1998) tra 250 e 350 m, mentre Ellero (2000) riporta uno spessore apparente di circa 2000 m. La stratificazione è piano-parallela, con sequenze incomplete di Bouma Tc-e e Td-e. I meccanismi deposizionali più probabili sono torbiditi a bassa densità in cui prevalgono processi di trazione e decantazione. L'ambiente di formazione è attribuibile a una piana di bacino sovralimentata e/o a una frangia di conoide (Mutti & Ricci Lucchi, 1975).

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

Età: Santoniano Sup. - Campaniano Inf.

5.2.2. Unità tettonica Montanesi

L'Unità tettonica Montanesi affiora nel versante in sinistra idraulica del torrente Polcevera, a partire dal fondovalle fino al contatto 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, con l'Unità tettonica Mignanego non è visibile poiché coperto dalle alluvioni di fondovalle.

Comprende la sola formazione delle Argilliti di Montanesi ed è attribuibile al Dominio Ligure Interno.

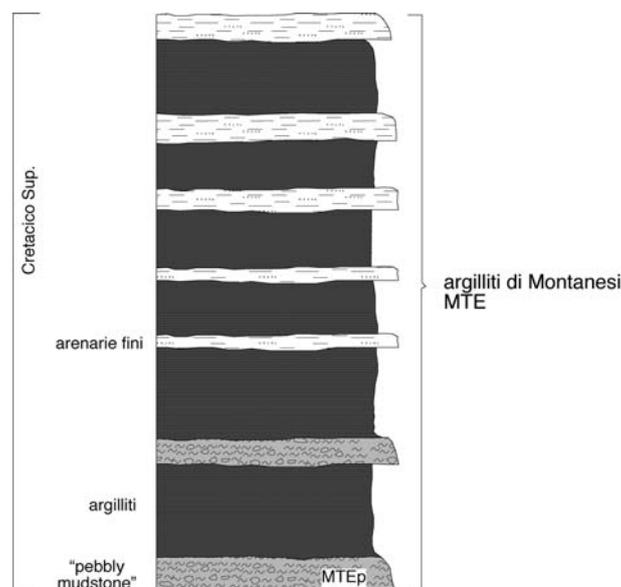


Figura 5.6 – Successione stratigrafica dell'Unità Montanesi (Capponi & Crispini, 2008b; non in scala)

5.2.2.1. Argilliti di Montanesi (MTE)

Le Argilliti di Montanesi consistono di torbiditi a metamorfismo di anchizona, costituite da argilliti emipelagiche e argilliti siltose nere, solo raramente policrome, in strati da centimetrici a pluri-decimetrici, con intercalazioni di arenarie siltose fini laminate, grigie, di spessore da centimetrico a pluri-centimetrico.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
38 di 97

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. 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.

L'ambiente di formazione suggerito dall'associazione litologica è quello di una piana emipelagica. A causa di un diffuso *slaty cleavage*, le rocce presentano una marcata fissilità. Come per altre formazioni polideformate, lo spessore reale non è quantificabile oggettivamente: Ellero (2000) riporta uno spessore apparente di circa 1800 m.

Nell'ambito della successione sono presenti delle intercalazioni di *pebbly mudstone* (MTEp), con clasti angolosi di dimensioni da millimetriche a pluri-decimetriche. Questi depositi sono interpretabili come depositi clastici grossolani, associati a un ambiente di scarpata e legati a processi deposizionali di *cohesive debris flow* (Ellero, 2000).

Non è presente alcun contenuto paleontologico significativo: un'età cenomaniana-turoniana è ipotizzabile per analogia con le unità omologhe della Val Lavagna (Marini, 1998).

Età: Cenomaniano-Turoniano

5.2.3. Unità tettonica Mignanego

L'Unità tettonica Mignanego affiora in lembi discontinui in destra idrografica del torrente Polcevera. Il limite superiore, con l'Unità di Montanesi, è eroso e in parte coperto dalle alluvioni di fondovalle; il limite inferiore, con l'Unità tettonometamorfica Figogna, è localmente visibile e si presenta come un contatto tettonico distribuito su più superfici di frizione entro le Argilliti di Mignanego.

Comprende la sola formazione delle Argilliti di Mignanego ed è attribuibile al Dominio Ligure Interno.

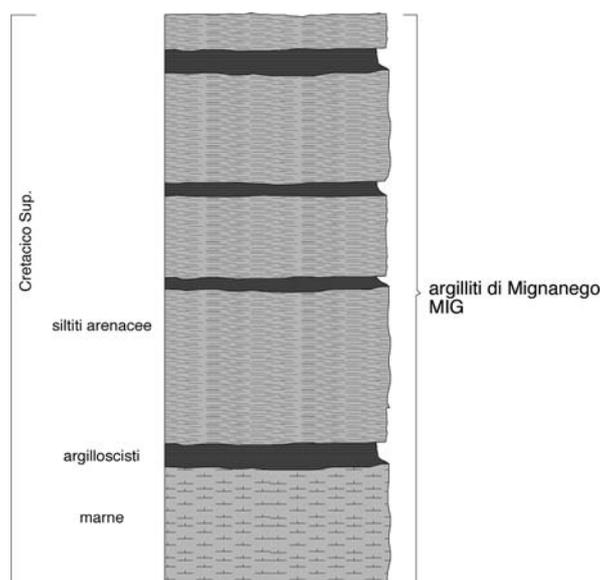


Figura 5.7 – Successione stratigrafica dell'Unità Mignanego (Capponi & Crispini, 2008b; non in scala)

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
39 di 97

5.2.3.1. Argilliti di Mignanego (MIG)

Le Argilliti di Mignanego consistono di torbiditi a metamorfismo di anchizona, costituite da siltiti arenacee medio-fini in strati da centimetrici a pluri-decimetrici, talora con intercalazioni di argilloscisti neri, e da torbiditi marnose a base calcareo-arenacea sottile in strati da decimetrici a metrici.

Gli orizzonti arenacei conservano tracce di figure di erosione alla base. Sono presenti pieghe a piccolo raggio con asse parallelo ai piani di clivaggio. Il rapporto arenarie/siltiti è pari a 1:2.

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.

Le associazioni di facies suggeriscono un ambiente deposizionale di piana di bacino sovralimentata, prossimo alle porzioni più distali di un apparato di conoide (Marini, 1998). Lo spessore della formazione non dovrebbe superare i 300 m anche se le deformazioni polifasiche rendono del tutto ipotetica la stima degli spessori originali; Ellero (2000) indica uno spessore apparente di circa 1500 m. Non è presente alcun contenuto paleontologico significativo; un'età turoniano-santoniana è ipotizzabile per analogia con le unità omologhe della Val Lavagna (Marini, 1998).

Età: Turoniano-Santoniano

5.3. Unità di crosta oceanica e di mantello

Le Unità di crosta oceanica e di mantello vengono distinte in ordine di sovrapposizione geometrica:

- Unità tettonometamorfica Figogna;
- Unità tettonometamorfica Cravasco-Voltaggio;
- Unità tettonometamorfica Palmaro-Caffarella
- Unità tettonometamorfica Voltri.

Queste unità sono litologicamente costituite da successioni ofiolitifere, comprendenti porzioni del basamento gabbro-peridotitico e le relative coperture vulcano-sedimentarie. Le diverse unità risultano polideformate e polimetamorfiche, sotto differenti condizioni di pressione e temperatura, per gradienti termici da bassi a molto bassi. Queste successioni ofiolitifere sono classicamente riferite al dominio oceanico Ligure-Piemontese (Vanossi et alii, 1984), che si sviluppa a partire dal Giurassico tra i blocchi continentali europeo e insubrico ed è successivamente coinvolto negli eventi subduzioni alpini.

Di quelle elencate in precedenza, la sola Unità tettonometamorfica Figogna è presente nell'areale di studio; pertanto, nel seguito, si riporta solo la descrizione di tale unità.

5.3.1. Unità tettonica Figogna

Questa unità affiora in una fascia allungata in direzione nord-sud che va dalla costa, all'altezza di Cornigliano, sino al monte Figogna. Tale andamento meridiano ricalca quello della cosiddetta zona Sestri-Voltaggio, in cui classicamente vengono riunite l'Unità del Monte Figogna, l'Unità Cravasco-Voltaggio e l'Unità Gazzo-Isoverde. Essa si trova compresa tra le unità Gazzo-Isoverde e Cravasco-Voltaggio a letto e l'Unità Mignanego a tetto.

L'Unità tettonometamorfica Figogna è costituita da un basamento metaofiolitico e relativa copertura metasedimentaria. La successione tipo dell'Unità Figogna presenta alcuni caratteri peculiari rispetto alle sequenze di crosta oceanica delle altre unità. Nei basalti, generalmente con giacitura a *pillow*, sono peculiari livelli di ialoclastiti e di breccie, più o meno rimaneggiate, e filoni di basalto e di dioriti. Le rocce gabbriiche, generalmente ben rappresentate nelle altre unità, sono limitate ad un affioramento volumetricamente molto ridotto.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
40 di 97

Le deformazioni sovrapposte definiscono un assetto strutturale complesso, di cui l'elemento più evidente è la grande anticlinale sinforme, a nucleo di serpentiniti e basalti, che si estende da Erzelli fino al monte Figogna.

Dal basso verso l'alto è possibile distinguere:

- Serpentiniti del Bric dei Corvi;
- Metagabbri di Gheresi;
- Metaoficalciti di Pietralavezzara;
- Metabasalti del Monte Figogna;
- Metasedimenti silicei della Madonna della Guardia;
- Metacalcari di Erzelli;
- Argillocisti di Costagiutta;
- Argillocisti di Murta.

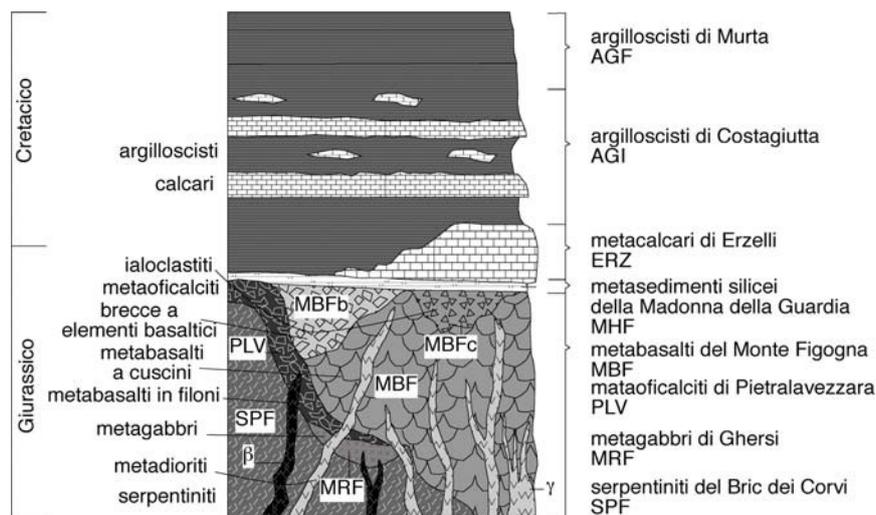


Figura 5.8 – Successione dell'Unità Figogna (Capponi & Crispini, 2008b; non in scala)

Di quelle elencate in precedenza, la sola formazione degli Argillocisti di Murta è presente nell'areale di studio; pertanto, nel seguito, si riporta solo la descrizione di tale formazione.

5.3.1.1. Argillocisti di Murta (AGF)

Sono costituiti da argillocisti filladici neri, a patina sericitica, con intercalazioni di metasiltiti, calcari e metaareniti fini di colore grigio chiaro, nocciola in alterazione, con laminazioni piano-parallele localmente convolute; lo spessore degli strati è generalmente da centimetrico a decimetrico; sono presenti orizzonti con strati fino a 30 centimetri di argilliti e metasiltiti. Sono frequenti gli essudati di quarzo e albite in lenti e vene.

Il rapporto stratimetrico metaareniti/metapeliti è di 1:2. Le superfici di strato su roccia fresca sono normalmente lucide, con veli di sericite talcosa al tatto; presentano talvolta tracce di scivolamento ed aspetto vetrificato (fenomeni di dinamometamorfismo). Possono essere presenti noduli allungati e liste di quarzo microcristallino biancastro.

I limiti con le Unità sovrastanti e sottostanti sono di tipo tettonico. Al suo interno l'unità presenta giaciture vergenti ad E, presso il limite con le Argilliti di Mignanego; spostandosi verso W le giaciture seguono l'andamento delle pieghe alla macroscale, ma sono raramente significative, poiché la stratificazione è disturbata da fitte sequenze di pieghe strizzate a piccolo raggio con assi orientati circa NNE-SSW.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
41 di 97

L'unità mostra intensi fenomeni di alterazione, infatti l'orizzonte pedogenizzato può superare i 4 m di spessore, senza contare l'accumulo di detrito di versante. I processi pedogenetici conferiscono alle superfici sericistiche un tipico aspetto di color nocciola grigiastro chiaro.

Lo spessore originario della formazione non è determinabile.

Età: Cretacico inferiore.

5.4. Depositi quaternari

Questi depositi ricoprono in discordanza i diversi termini litologici del substrato e sono stati distinti in:

- depositi d'alveo attuale (a);
- depositi alluvionali e marini (b);
- coltri eluvio-colluviali (b₂);
- riporti, aree fortemente antropizzate e discariche (r).

5.4.1. Depositi d'alveo attuale (a)

Depositi attuali del torrente Polcevera costituiti da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbioso-limosa e sabbioso-argillosa, da scarsa ad abbondante.

Età: Attuale

5.4.2. Depositi alluvionali e marini (b)

Si tratta di depositi alluvionali di età olocenica costituiti da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbioso limosa e sabbioso argillosa, da scarsa ad abbondante. Talora sono presenti blocchi e/o lenti isolate di materiali fini. Al tetto delle alluvioni è presente una copertura pressoché continua di terreni di riporto, generalmente grossolani, in spessori mediamente compresi tra i 2÷4 metri, che si rinvergono nel fondovalle del torrente Polcevera. La risalita del mare ed il sollevamento dell'area durante l'olocene hanno favorito l'aggradazione dei depositi alluvionali delle piccole piane costiere e la genesi di evidenti terrazzi fluviali. Riguardo alle piane costiere, recenti indagini geognostiche hanno messo in evidenza uno spessore di oltre 60 m della coltre alluvionale del torrente Polcevera nella zona di foce, confermando la presenza della struttura del canyon sottomarino anche nella porzione emersa del margine. In questo caso ai depositi alluvionali grossolani si intercalano, verso il basso, depositi fini di origine fluviale e marina e/o di transizione, in spessori di potenza anche decametrica. Si tratta per lo più di argille limose grigie, a bassa plasticità, con rari frammenti conchigliari e puntature nerastre; a luoghi si rinvergono resti lignei indecomposti; tali depositi hanno rivelato età olocenica (circa 6000-8000 anni) (Brandolini et alii, 2002).

Età: Olocene

5.4.3. Coltri eluvio-colluviali (b₂)

Si tratta di depositi continentali di versante e di alterazione del substrato, costituite da clasti di dimensioni eterometriche in matrice sabbiosa limosa; talvolta risultano pedogenizzate e spesso inglobano anche elementi grossolani mobilizzati da processi di versante.

Età: Olocene

5.4.4. Riporti, aree fortemente antropizzate e discariche (r)

Si tratta di depositi eterogenei ed eterometrici, generalmente costituiti da ghiaie e sabbie in matrice limosa e limoso-argillosa, con presenza di frammenti di laterizi e resti vegetali.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
42 di 97

Età: Attuale

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
43 di 97

6. TETTONICA

6.1. Premessa

Tutte le unità tettoniche e tettonometamorfiche presenti, e descritte al paragrafo precedente, sono caratterizzate da una storia deformativa polifasica che si esplicano, principalmente, nella sovrapposizione di strutture plicative. Nel presente paragrafo si fornisce la descrizione della storia deformativa per ogni unità tettonica; le fasi deformative riconoscibili in ciascuna unità saranno individuate con l'uso di un deponente, partendo dalle deformazioni più antiche che possono essere riconosciute e correlate alla scala di un'intera unità. Si segnala come le fasi deformative, anche se hanno la stessa posizione nella cronologia della deformazione, possono non avere nelle diverse unità lo stesso significato e la stessa età. Quindi la deformazione D_1 riconosciuta in una certa unità non corrisponde necessariamente alla deformazione D_1 riconosciuta in un'altra unità.

6.2. Unità costituite da *flysch*

Le Unità Ronco, Montanesi e Mignanego presentano un'evoluzione strutturale polifasica con caratteristiche strutturali e geometriche confrontabili. In generale sono presenti 4 fasi deformative che generano principalmente strutture a pieghe e zone di taglio. La correlazione diretta delle fasi deformative più antiche non è sempre possibile e per questo la storia deformativa verrà descritta separatamente per ogni unità tettonica.

Per quel che riguarda le condizioni metamorfiche delle deformazioni va precisato che in tipi litologici come quelli che costituiscono queste unità e in caso di grado metamorfico basso o bassissimo, la stima delle condizioni P_t è sempre molto difficoltosa. In linea generale, Ellero (2000) fornisce delle stime di t che vanno da 160° a 240° , con un aumento dal settore occidentale, strutturalmente più profondo, verso i settori orientali, strutturalmente più superficiali; il valore della P suggerisce profondità di seppellimento variabile tra 10 e 12 km, anche qui con un decremento da occidente verso oriente.

6.2.1. Unità tettonica Ronco

Nell'Unità Ronco la prima fase deformativa D_1 è caratterizzata da pieghe F_1 subsoclinali che presentano geometria simile (prevalentemente Classe 1C e 2, subordinate 1B, di Ramsay, 1967). Le pieghe F_1 non sono frequenti in affioramento, ma la presenza della D_1 è evidente sia per la presenza di figure di interferenza tra pieghe F_1 e F_2 (principalmente del tipo 3 di Ramsay, 1967) sia per la presenza di lineazioni di intersezione, lineazioni di crenulazione e strutture tipo *mullion* deformate attorno alle cerniere di pieghe F_2 .

Le pieghe F_1 sono generalmente cilindriche e presentano cerniere arrotondate e leggermente ispessite; nei litotipi più argillitici sono invece non cilindriche e i livelli di calcari subiscono fenomeni di *boudinage* e *necking* lungo i fianchi. Alle pieghe F_1 è associata una foliazione di piano assiale S_1 , generalmente non traspositiva, anche nelle zone di cerniera. Alla scala dell'affioramento la foliazione S_1 è facilmente riconoscibile nelle zone di cerniera delle pieghe F_1 mentre nei fianchi delle stesse pieghe risulta sub-parallela alla stratificazione e difficilmente distinguibile da essa o dalla fissilità (Figura 6.1). La giacitura di S_1 è attorno a direzioni meridiane, con immersioni verso E.

Nei litotipi argillitici la foliazione può essere definita come uno *slaty cleavage* poco evoluto associato a ricristallizzazione di albite + illite + clorite + calcite + quarzo \pm ossidi. Nei più competenti litotipi calcareo-marnosi, la foliazione S_1 è meno penetrativa e può essere definita come uno *spaced cleavage*, che dà luogo a fenomeni di rifrazione al passaggio tra le differenti litofacies. Alla prima fase D_1 si associano anche fenomeni di *pressure solution* con ricristallizzazione sin-cinematica di quarzo, calcite, clorite e illite e la formazione di un set di vene sintettoniche prevalentemente di tipo antitassiale (Ramsay, 1980).

La seconda fase D_2 genera pieghe (F_2) che sono le più evidenti in affioramento, osservabili dalla scala del cm fino a quella dei 100 m. Sono pieghe prevalentemente cilindriche a geometria simile o parallele (classi 1C, 2 subordinatamente 1B di Ramsay, 1967) con cerniere arrotondate; pieghe non cilindriche sono presenti nei litotipi argillitici. Nei litotipi arenitici e calcarei la S_2 è un clivaggio spaziato e non molto penetrativo, mentre nei litotipi

Contraente 	Progettista 				
Doc. N.	Progetto NG12	Lotto 00	Codifica Documento E 69 RG GE0001 C01	Rev. A	Foglio 44 di 97

argillitici la S_2 ha le caratteristiche di un *crenulation cleavage* penetrativo; alla scala microscopica lungo questa superficie non sono evidenti fenomeni di ricristallizzazione. Gli assi A_2 sono dispersi sulla S_2 (Figura 6.1), che ha giaciture preferenziali con direzione N-S e inclinazioni medie verso E. L'interferenza delle F_2 sulle F_1 genera pattern di tipo 3 secondo la classificazione di Ramsay (1967). Ove sia possibile riconoscere la polarità stratigrafica, le pieghe F_2 a scala cartografica sono prevalentemente strutture antiformali sinclinali e sinformi anticlinali.

Alcune caratteristiche delle pieghe F_2 , quali la geometria del profilo e la disposizione dei sistemi di *joint* e di vene sintettoniche, indicano per la realizzazione di queste pieghe sia un meccanismo del tipo *flexural slip*, sia meccanismi di tipo *tangential longitudinal strain* (Ramsay, 1967). Sono frequenti fenomeni di *boudinage* e *necking* lungo i fianchi delle F_2 .

Alla fase D_2 segue una fase deformativa D_3 caratterizzata da pieghe (F_3) aperte con geometria parallela (classi 1B e 1C di Ramsay, 1967) a scala ettometrica e pieghe a *chevron* o a *kink* di dimensione da metrica a ettometrica. Alle pieghe F_3 è associato un clivaggio classificabile come *spaced cleavage* e, a volte, strutture di tipo *pencil*. La superficie di clivaggio S_3 ha giaciture prevalentemente meridiane con immersione verso i quadranti occidentali (inclinazione media attorno a $60^\circ-70^\circ$). Gli A_3 hanno direzione attorno a $0^\circ-10^\circ$ con deboli immersioni sia verso N che verso S. L'asimmetria delle strutture indica un ribaltamento delle stesse verso E.

La D_4 è stata definita in quanto sono presenti pieghe molto aperte a grande lunghezza d'onda, non correlabili direttamente alla D_3 ed è individuabile attraverso l'elaborazione dei dati strutturali. È caratterizzata da assi N-S e superficie assiale subverticale.

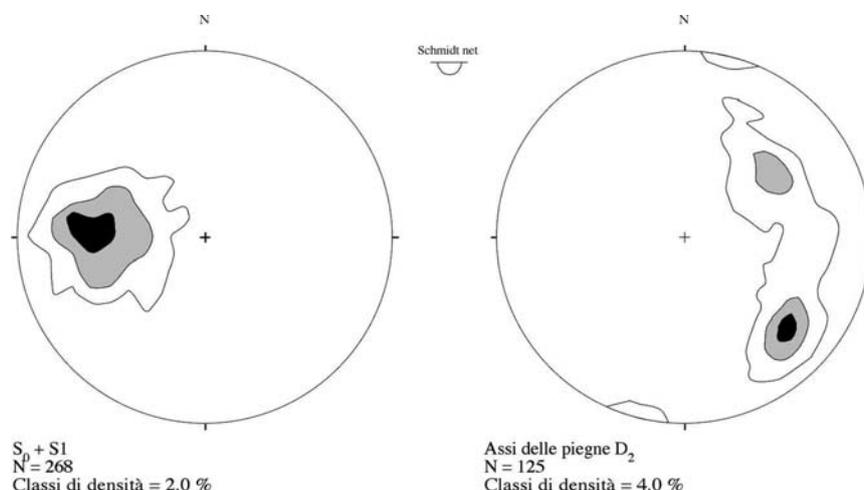


Figura 6.1 - Proiezioni stereografiche della superficie di strato e di S_1 e degli assi delle pieghe D_2 nell'Unità Ronco (Capponi & Crispini, 2008b)

6.2.2. Unità tettonica Montanesi

L'Unità Montanesi è caratterizzata da almeno 4 generazioni di strutture sovrapposte.

La fase deformativa D_1 , la più antica riconoscibile, è caratterizzata da pieghe F_1 subsoclinali spesso con carattere intrafoliare che presentano geometria simile (prevalentemente Classe 1C Ramsay, 1967). Gli assi A_1 presentano una accentuata dispersione da imputare sia al carattere non cilindrico delle pieghe sia all'effetto delle fasi deformative seguenti. Si individua comunque una direzione preferenziale attorno a $70^\circ-120^\circ$ con deboli immersioni. Alle pieghe F_1 è associata una foliazione di piano assiale S_1 , generalmente non traspositiva, anche nelle zone di cerniera, nella maggior parte dei casi parallela alla stratificazione, vista la geometria isoclinale delle pieghe. Ciò implica che sui fianchi delle pieghe, la S_1 sia difficilmente distinguibile dalla stratificazione o dalla fissilità. Nei litotipi argillitici la S_1

Contraente 	Progettista 				
Doc. N.	Progetto NG12	Lotto 00	Codifica Documento E 69 RG GE0001 C01	Rev. A	Foglio 45 di 97

ha le caratteristiche di uno *slaty cleavage* pervasivo e in alcuni casi traspositivo. A scala microscopica lungo la S_1 si può osservare ricristallizzazione di albite + illite + clorite + calcite + quarzo \pm ossidi. La giacitura media di S_1 è circa N-S, con inclinazioni da medie a forti verso E (Figura 6.2).

In questa unità si possono inoltre trovare zone di taglio caratterizzate da cataclasi foliate parallele alla foliazione principale; queste zone di taglio possono essere correlate alla D_1 (Ellero, 2000).

La fase D_2 sviluppa strutture del tutto confrontabili con quelle descritte per l'Unità Ronco. Le pieghe F_2 sono le più frequenti in affioramento dalla scala metrica a quella ettometrica. La geometria delle pieghe F_2 cambia in relazione ai litotipi ma ricade prevalentemente nelle pieghe simili e parallele, classi 1B, 1C e 2 di Ramsay (1967). Le superfici assiali delle pieghe F_2 sono orientate attorno a direzioni N-S, molto inclinate verso i quadranti orientali. Alle pieghe di questa generazione è associata una foliazione S_2 , disposta a ventaglio intorno al piano assiale, orientata N-S e immergente generalmente verso E, con inclinazioni elevate. Nei litotipi argillitici e pelitici la S_2 ha le caratteristiche di un *crenulation cleavage* e di uno *slaty cleavage*, mentre nei litotipi arenitici è più spaziata e meno penetrativa.

Lungo S_2 non sono evidenti fenomeni di ricristallizzazione. Gli A_2 mostrano una dispersione principalmente su una superficie coincidente con il piano assiale delle F_2 . Il senso di asimmetria delle pieghe e gli indicatori cinematici osservabili alla microscala suggeriscono una vergenza verso W (Ellero, 2000).

La deformazione D_3 è espressa da pieghe cilindriche da aperte a molto aperte, parallele o sub-parallele. Si tratta di pieghe da decametriche a ettometriche e quindi sono meno frequenti alla scala dell'affioramento; hanno piani assiali orientati N-S, sub-verticali, ma di preferenza immergenti verso W con forti inclinazioni. Gli assi sono anch'essi orientati N-S, con deboli inclinazioni sia verso N sia verso S. Alle pieghe D_3 è associata una foliazione spaziata poco pervasiva S_3 , disposta a ventaglio intorno ai piani assiali delle F_3 . La D_4 si rileva quasi esclusivamente a scala cartografica e dall'analisi dei dati strutturali che mostrano una dispersione delle S_3 .

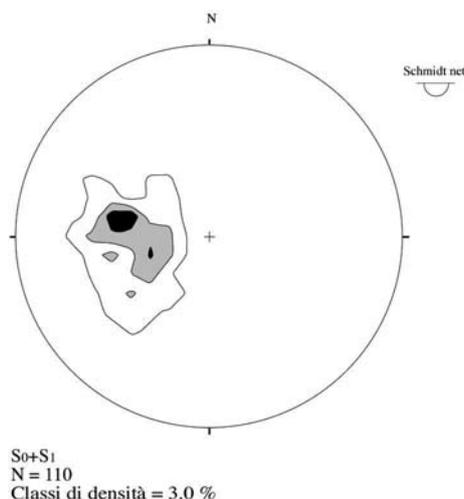


Figura 6.2 - Proiezione stereografica della superficie di strato e di S_1 nell'Unità Montanese (Capponi & Crispini, 2008b)

6.2.3. Unità tettonica Mignanego

La struttura più antica (D_1), non frequente in affioramento, è caratterizzata da pieghe (F_1) da strette a isoclinali con geometria simile, alle quali è associata una foliazione di piano assiale (S_1). Dove prevalgono le argilliti la S_1 ha le caratteristiche di uno *slaty cleavage* a volte associato a ricristallizzazione di albite + illite + clorite + calcite + quarzo \pm ossidi. Il clivaggio è nella maggior parte dei casi parallelo alla superficie di stratificazione (Figura 6.3) dalla quale diventa difficilmente distinguibile eccezion fatta per le zone di cerniera.

Contraente 	Progettista 				
Doc. N.	Progetto NG12	Lotto 00	Codifica Documento E 69 RG GE0001 C01	Rev. A	Foglio 46 di 97

Nei litotipi più competenti (areniti e calcari) la foliazione S_1 è meno penetrativa (spaziatura tra 2 e 20 cm) e può essere definita come uno *spaced cleavage* con fenomeni di rifrazione al passaggio tra differenti litotipi. Gli assi A_1 hanno un'orientazione preferenziale attorno a NW-SE. Le asimmetrie delle pieghe, la giacitura di S_1 e gli indicatori cinematici suggeriscono vergenza prevalente verso SW.

Le pieghe F_2 legate alla deformazione D_2 sono le più evidenti in affioramento; si tratta di pieghe prevalentemente cilindriche a geometria simile o parallele (classi 1C, 2 subordinatamente 1B di Ramsay, 1967); pieghe non cilindriche sono presenti nei litotipi pelitici. Le F_2 sono osservabili dalla scala decametrica fino a quella dei 100 m. Nei litotipi argillitici la S_2 ha le caratteristiche di un *crenulation cleavage* penetrativo, mentre nei litotipi arenitici e calcarei è un clivaggio spaziato e meno penetrativo. Alla scala microscopica lungo S_2 non sono evidenti fenomeni di ricristallizzazione mentre è caratteristica una ri-orientazione dei minerali detritici (principalmente fillosilicati) e la deformazione della foliazione S_1 . L'interferenza delle F_2 sulle F_1 genera pattern di tipo 3, meno frequentemente di tipo 2 secondo la classificazione di Ramsay (1967). La S_2 ha giaciture preferenziali con direzione N-S (tra 160° e 10°) e inclinazioni medie e immersioni verso E-NE; gli assi A_2 hanno una dispersione sulla S_2 con massimi relativi attorno a direzioni 130° e 170° e immersioni sia verso N sia verso S. Nell'Unità di Mignanego, laddove è possibile riconoscere la polarità stratigrafica, le F_2 sono prevalentemente strutture antiformali anticlinali e sinformi sinclinali.

La D_3 ha generato pieghe (F_3) aperte, parallele (classi 1B e 1C di Ramsay, 1967) e pieghe a *chevron* o a *kink* di dimensione da metrica a ettometrica. Le pieghe F_3 sono comunque raramente distinguibili alla scala dell'affioramento, mentre sono abbastanza evidenti alla scala cartografica. Alle F_3 è associato un clivaggio (classificabile come *spaced cleavage*) poco pervasivo visibile in zona di cerniera. La superficie assiale delle F_3 ha giaciture prevalenti meridiane con immersione verso i quadranti occidentali. Gli A_3 hanno direzione attorno a 0° - 10° con deboli immersioni sia verso N che verso S. L'asimmetria delle strutture indica un ribaltamento delle stesse verso E.

La D_4 è stata definita in quanto sono presenti pieghe molto aperte a grande lunghezza d'onda non correlabili direttamente alla D_3 , individuabile attraverso l'elaborazione dei dati strutturali a piccola scala. È caratterizzata da assi N-S e superficie assiale subverticale.

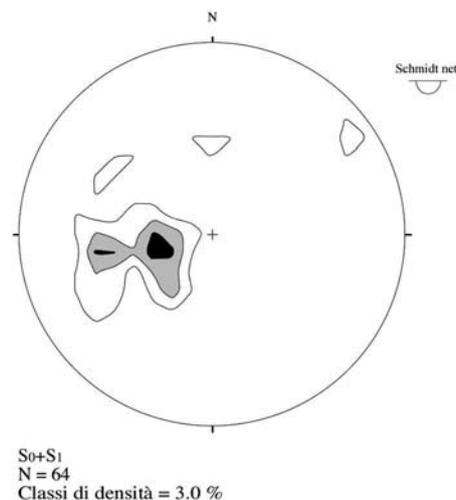


Figura 6.3 - Proiezione stereografica della superficie di strato e di S_1 nell'Unità Mignanego (Capponi & Crispini, 2008b)

6.3. Unità tettonometamorfica Figogna

Le deformazioni più antiche sono coeve con il metamorfismo in facies pumpellyite-actinolite e sono costituite da pieghe D_1 , osservabili a tutte le scale, con profilo chiuso a geometria simile, accompagnate da una scistosità penetrativa, parallela al piano assiale, che rappresenta la discontinuità planare più evidente sul terreno.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
47 di 97

Pattern d'interferenza del tipo 3 rivelano la presenza di una seconda generazione di pieghe (D_2) con caratteristiche del tutto simili. Anche in questo caso, qualora la distinzione non sia resa evidente da strutture di sovrapposizione, è meglio descrivere queste strutture più genericamente come pieghe D_1/D_2 . Vista la geometria delle pieghe D_2 , la scistosità associata diviene parallela alla scistosità D_1 , dando vita a un *fabric* composito (d'ora in poi abbreviato in fC) che ingloba la scistosità D_1 , la scistosità D_2 e tutte le superfici precedenti, compresa la superficie litologica. Questo *fabric* composito è la superficie più evidente sul terreno e quella lungo la quale avvengono i contatti tra i diversi tipi litologici. La giacitura del FC è caratterizzata da inclinazioni da medie ad alte e direzioni meridiane (Figura 6.4), mentre gli assi delle pieghe D_1/D_2 risultano dispersi su FC.

La deformazione D_3 si esprime con pieghe aperte ad assi poco inclinati e piano assiale debolmente immergente verso E, mentre la deformazione D_4 si rileva quasi esclusivamente dall'analisi dei dati strutturali che mostrano una dispersione delle S_3 . Per entrambe, la riattivazione metamorfica è ridotta o nulla.

Alle strutture D_3 è dovuta la grande anticlinale sinforme che si segue dalla costa fino al monte Figogna. Questa sinforme chilometrica, a nucleo di metabasalti e fianchi di metacalcari e argilloscisti, è realizzata da una piega D_3 e relative parassite, che deformano il fianco rovescio di una megapiegua D_1/D_2 .

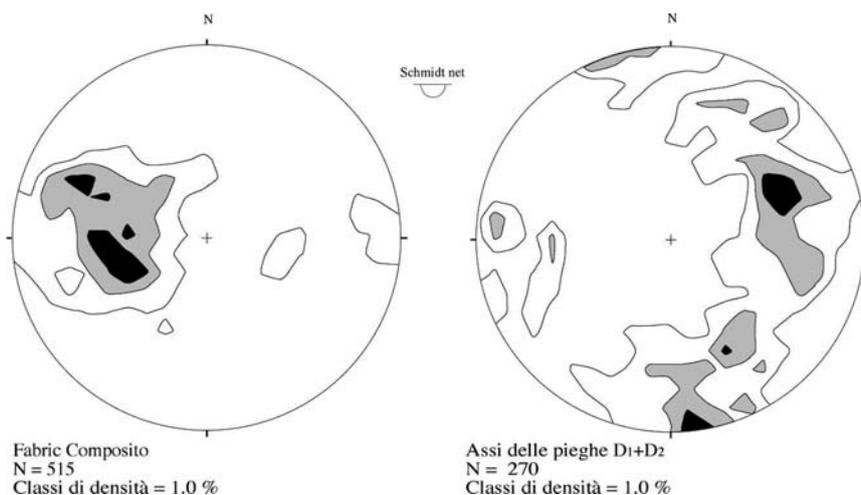


Figura 6.4 - Proiezioni stereografiche del Fabric Composito e degli assi delle pieghe D_1/D_2 nell'Unità Figogna (Capponi & Crispini, 2008b)

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
48 di 97

7. GEOMORFOLOGIA

7.1. Assetto geomorfologico generale

Il bacino del torrente Polcevera sottende una superficie complessiva pari a circa 138 km² e raggiunge la sua quota massima sul livello del mare in corrispondenza della vetta del monte Taccone (1.113 m). Il torrente Polcevera trae origine dalla confluenza del torrente Verde con il torrente Riccò, nei pressi di Pontedecimo, e l'asta principale scorre con andamento meridiano per 22 km, sfociando in mare in prossimità di Cornigliano.

La Val Polcevera è dominata dalle successioni di argilloscisti, argilliti ed unità *flyschoidi*, che determinano morfologie morbide sebbene caratterizzate da versanti ripidi. Il reticolo idrografico è poco gerarchizzato, anche per l'elevata acclività dei versanti.

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 possono raggiungere i 6-7 metri di altezza; tuttavia data l'intensa copertura vegetale non si evidenziano testate in arretramento e significativi fenomeni di erosione accelerata.

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 rettificata e rivestite da muri. Per ampi tratti anche il fondo del fiume è rivestito da lastre di cemento.

7.2. Elementi idrografici

La tettonica plio-quadernaria ha condizionato profondamente l'idrografia di superficie del versante ligure tirrenico. I bacini risultano, in quest'area, modellati prevalentemente dall'azione delle acque di ruscellamento ed incanalate e presentano un reticolo poco gerarchizzato.

Il reticolo idrografico è costituito dal torrente Polcevera e da una serie di rivi minori, impostati in corrispondenza delle principali discontinuità stratigrafiche o tettoniche. L'evoluzione recente della piana della Val Polcevera è stata totalmente condizionata, negli ultimi 150 anni, dagli interventi antropici; infatti, il sistema fluvio-costiero si presenta oggi imbrigliato da imponenti strutture portuali e da opere di regimazione dell'alveo che hanno drasticamente ridotto la dinamica naturale, i rivi sono stati progressivamente incanalati e coperti, diventando parte integrante del sistema fognario urbano. Nel tratto di foce, inoltre, le regimazioni dell'asta torrentizia del Polcevera hanno ridotto la sezione di deflusso da 450 m a meno di 100 m, aumentando il rischio dei fenomeni alluvionali e di esondazione, sempre più ricorrenti nell'area (Brandolini et alii., 1994). In Figura 7.1 si riporta uno stralcio della Carta del reticolo idrografico del Piano di bacino stralcio per la tutela del rischio idrogeologico del torrente Polcevera.

7.3. Elementi strutturali e tettonici

Un importante ruolo nell'evoluzione morfologica del territorio è svolto, ovviamente, dall'assetto strutturale dei litotipi affioranti e dal loro differente grado di erodibilità, legato essenzialmente alla natura litologica e sedimentologica dei depositi. Ad essi si aggiungono i numerosi elementi tettonici presenti nell'area, connessi alla complessa evoluzione tettonica che ha interessato i settori di catena in questione a partire dal Cretaceo.

Nelle aree di affioramento dei termini litologici a comportamento lapideo o pseudo-lapideo, la morfogenesi selettiva ha portato allo sviluppo di forme aspre e marcate, caratterizzate da versanti molto acclivi, spesso interrotti da bruschi stacchi morfologici connessi ad importanti elementi tettonici o a superfici di strato dei livelli più competenti.

Il settore della piana alluvionale del torrente Polcevera è caratterizzato dalla presenza di spessi depositi di copertura, di genesi prevalentemente alluvionale. In tale area la morfogenesi selettiva svolge quindi un ruolo di secondaria

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
49 di 97

importanza nell'evoluzione geomorfologica dei rilievi, in quanto subordinata ai processi deposizionali e di alterazione in situ dei litotipi affioranti.

Infine, i principali elementi strutturali presenti nell'area, connessi alla tettonica che ha interessato tale porzione di catena a partire dal Cretaceo, risultano particolarmente evidenti in tutto il settore di interesse e, in modo particolare, nelle aree di affioramento dei termini litologici più competenti.

7.4. Forme, processi e depositi gravitativi

Lo studio dei fenomeni di dissesto presenti nel settore di intervento è stato condotto mediante appositi rilievi di campo e studi foto-interpretativi di ortofoto e immagini satellitari. I suddetti dati sono stati opportunamente integrati con quelli provenienti dagli studi bibliografici e territoriali ad oggi disponibili. In particolare, per l'analisi dei fenomeni di dissesto sono state consultate le cartografie tematiche del Progetto IFFI (APAT 2007), le cartografie geologiche con elementi di geomorfologia della Carta Geologica d'Italia (Capponi & Crispini, 2008a, 2008b) e del PUC del Comune di Genova. I versanti della Val Polcevera sono interessati da fenomeni franosi le cui tipologie risultano diversificate in funzione principalmente delle caratteristiche litologiche del substrato e, secondariamente, del condizionamento tettonico-strutturale.

L'area di studio è interessata da un numero limitato di fenomeni franosi, che interessano essenzialmente la coltre di alterazione eluvio-colluviale delle formazioni di substrato ed hanno tipologia prevalentemente traslazionale e di colata (*soil slip* e *debris flow*): sono generalmente innescate da precipitazioni brevi ed intense che con cadenza annuale interessano l'area ligure. I fenomeni osservati sono perlopiù quiescenti, impostatisi prima dell'abbassamento del livello di base attuale; si tratta in genere di fenomeni assestati, la cui riattivazione è prevalentemente legata a grandi sbancamenti di origine antropica ed impregnazione del corpo di frana in seguito a periodi piovosi con picchi di intensità superiori ai 100 mm/giorno.

Relativamente alle cartografie geologico-geomorfologiche prodotte nell'ambito dello studio, negli elaborati è stata riportata la classificazione sulla base della tipologia di dissesto e sullo stato di attività (Cruden & Varnes, 1996). Per quanto riguarda la tipologia di dissesto, sono stati cartografati esclusivamente fenomeni per scivolamento rotazionale/traslato, caratterizzati da uno dei seguenti stati di attività:

- attivo/riattivato/sospeso (fa);
- quiescente (fq).

7.5. Forme antropiche e manufatti

Per quanto riguarda la presenza di sbancamenti e riporti di importanza rilevante, sono stati segnalati i casi in cui l'intervento artificiale ha determinato modifiche significative della morfologia originaria.

Si tratta in generale di riporti di materiale inerte che, in alcuni casi, è stato utilizzato per la realizzazione di infrastrutture di vario tipo. Nel versante in destra idraulica sono stati individuati, come riportato in cartografia, due siti caratterizzati dalla presenza di depositi di smarino, cioè dei detriti provenienti dai lavori di scavo della galleria autostradale "Coronata".

Contraente



Progettista



Doc. N.

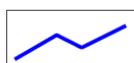
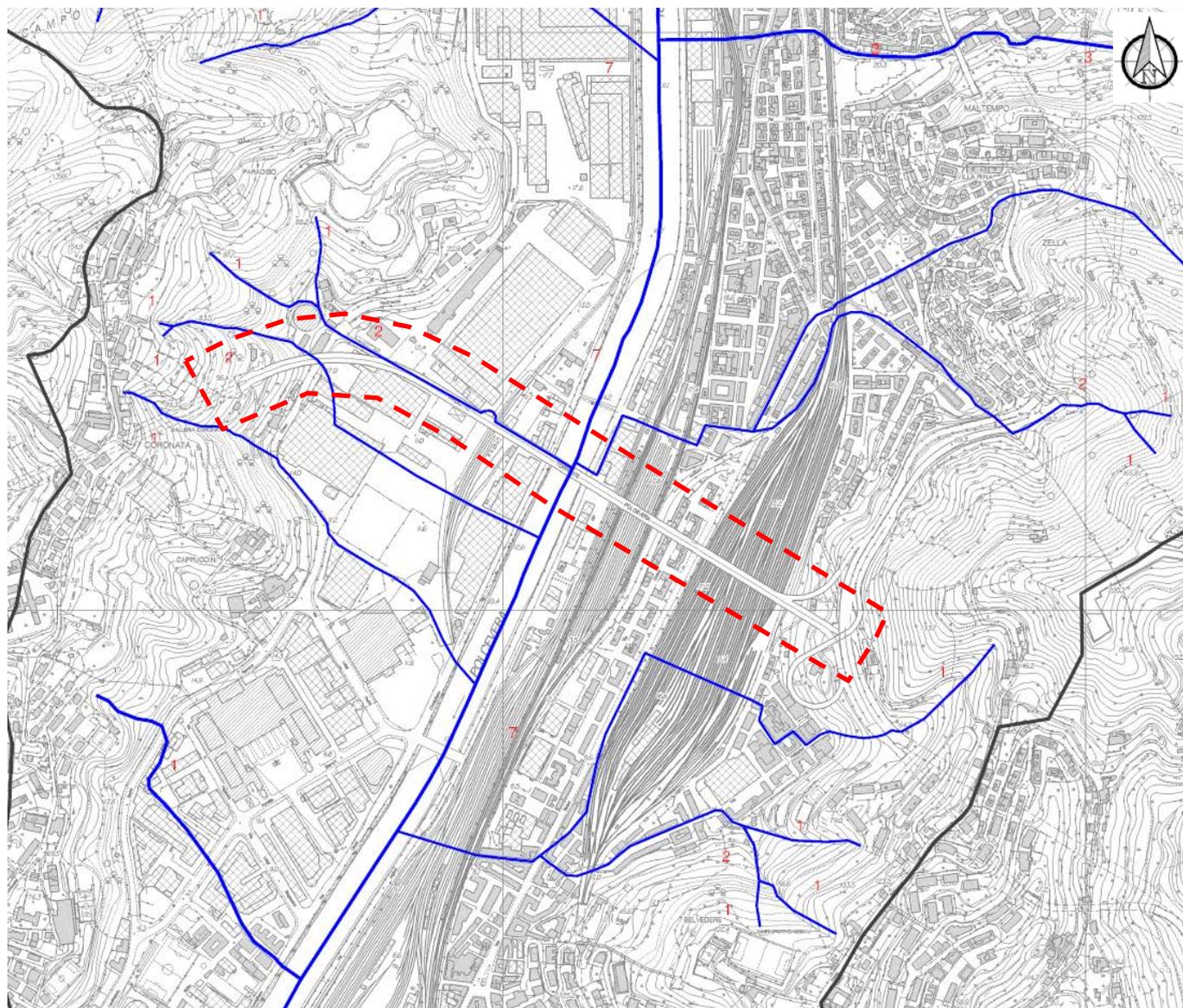
Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

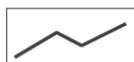
Foglio
50 di 97



CORSO D'ACQUA



NUMERO D'ORDINE
GERARCHIZZAZIONE DI HORTON-STRAHLER



LIMITE DEL BACINO IDROGRAFICO

Figura 7.1 - Stralcio della Carta del reticolo idrografico del PSAI del torrente Polcevera (non in scala). In tratteggio rosso l'area di studio.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
51 di 97

8. COMPATIBILITÀ GEOMORFOLOGICA DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

8.1. Premessa

Nei paragrafi successivi si riportano le valutazioni circa la compatibilità idrogeologica degli interventi in progetto; in particolare verrà valutata l'interferenza tra le opere ed i seguenti rischi:

- rischio geologico e geomorfologico;
- rischio idraulico;
- rischio idrogeologico.

A tal fine, sono stati analizzati gli elaborati del Piano di Bacino Stralcio per la tutela del Rischio Idrogeologico (in seguito PSAI) dell'Autorità di Bacino regionale della Liguria; in particolare la documentazione disponibile per il Bacino del Polcevera, approvato con D.C.P. n.14 del 02/04/2003 (ultima variante approvata con D.D.G. n.88 del 10/04/2017). È inoltre stata analizzata la documentazione del Piano di Tutela delle Acque (in seguito PTA) della Regione Liguria, approvato con D.C.R. n.32 del 24/11/2009.

8.2. Rischio geologico e geomorfologico

Per quanto riguarda la valutazione del rischio geologico e geomorfologico si è fatto riferimento agli elaborati del PSAI, in particolare alla cartografia della suscettività al dissesto ed alla carta del rischio geologico del Bacino del Polcevera.

8.2.1. Carta della suscettività al dissesto

La carta della suscettività al dissesto deriva dalla sovrapposizione di informazioni di carattere geologico e geomorfologico quali la tipologia di formazione geologica, l'acclività dei versanti, l'uso del suolo e la situazione geomorfologica di dettaglio. Ad ogni classe è associato un "peso relativo", che contribuisce alla definizione delle sei classi di suscettività, comprese tra molto bassa e molto elevata.

Lo stralcio della carta della suscettività al dissesto, riportata in Figura 8.4, riporta una suscettività molto bassa per il fondovalle Polcevera e una classe media per le aree delle due spalle, in corrispondenza della porzione mediana e basale dei versanti in destra e sinistra idraulica.

8.2.2. Carta del rischio geologico

La carta del rischio geologico deriva dalla sovrapposizione tra la pericolosità geomorfologica e gli elementi a rischio, derivanti dall'analisi dell'uso del suolo, così come indicato nella Relazione generale allegata al Piano di Bacino Stralcio del torrente Polcevera (Figura 8.1)

Contraente 		Progettista 			
Doc. N.	Progetto NG12	Lotto 00	Codifica Documento E 69 RG GE0001 C01	Rev. A	Foglio 52 di 97

Classe Elementi a Rischio	Codici Uso del Suolo	Descrizioni
E0	2.3 – 2.5 – 3.1 – 3.2 – 3.3 – 3.4.2 – 5.1.1	Prati e pascoli – Ex coltivi – Praterie – Zone boscate – Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva – Rocce nude –
E1	1.4.1 – 1.4.2 – 2.1.1 – 2.1.2.1 – 2.2.1 – 2.2.2 – 2.2.3 – 2.4	Aree verdi urbane – Aree sportive e ricreative – Seminativi in aree non irrigue – Seminativi, vivai, ecc. in piena aria – Vigneti – Frutteti – Oliveti – Zone agricole eterogenee
E2	1.1.2 – 1.3.1	Tessuto urbano discontinuo
E3	1.1.1 – 1.2.1 – 1.2.2 – 1.3.1 – 1.3.2	Tessuto urbano continuo – Aree industriali o commerciali – Reti autostradali, ferroviarie e spazi accessori – Aree estrattive – Discariche

Figura 8.1 – Definizione degli elementi a rischio (Autorità di Bacino Regionale della Liguria)

Pertanto, il rischio geologico deriva dal confronto tra gli elementi a rischio e le aree di bacino caratterizzate da una certa suscettività al dissesto dei versanti, così come definito in Figura 8.2.

Elementi a rischio	Suscettività al dissesto dei versanti				
	Pg0 Suscettività molto bassa	Pg1 Suscettività bassa	Pg2 Suscettività media	Pg3a e Pg3b Suscettività elevata	Pg4 Suscettività molto elevata
E0	R0	R0	R0	R1	R1
E1	R0	R1	R1	R2	R3
E2	R0	R1	R2	R3	R4
E3	R0	R1	R2	R4	R4

Figura 8.2 – Definizione delle classi di rischio geologico (Autorità di Bacino Regionale della Liguria)

Per quanto riguarda la carta del rischio geologico, della quale si riporta uno stralcio in Figura 8.5, l'area di fondovalle del torrente Polcevera è caratterizzata da un rischio lieve o trascurabile (R0); si segnala, invece, un rischio medio (R2) in corrispondenza delle spalle del viadotto.

8.3. Rischio idraulico

Per quanto riguarda la valutazione del rischio idraulico si è fatto riferimento agli elaborati del PSAI, in particolare alla cartografia delle aree inondabili e delle aree storicamente inondate, alla carta delle fasce di inondabilità e, infine, alla carta del rischio idraulico del Bacino del Polcevera.

8.3.1. Carta delle aree inondabili e delle aree storicamente inondate

La carta delle aree inondabili e delle aree storicamente inondate riporta le mappature relative alle aree inondate come individuate con DGR 594/01. La carta è integrata con le aree interessate dall'evento del 4 ottobre 2010, del 4 novembre 2011 e del 14/15 novembre 2014, come individuate dalla Regione Liguria.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
53 di 97

La cartografia, della quale si riporta uno stralcio in Figura 8.6, individua come aree storicamente inondabili le porzioni di fondovalle comprese tra le pile P3-P9 (tra via Perrone e via di Cornigliano) e tra le pile P12-P13 (tra via Porro e via Fillak) del viadotto in progetto.

8.3.2. Carta delle fasce di inondabilità

La carta delle fasce di inondabilità, della quale si riporta uno stralcio in Figura 8.7, riporta le seguenti fasce:

- Fascia A: aree perfluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T=50$ anni;
- Fascia B: aree perfluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T=200$ anni;
- Fascia C: aree perfluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente al periodo di ritorno $T=500$ anni o, se più estese, aree storicamente inondate.
- Fascia B* (ovvero A*): aree storicamente inondate, per le quali non siano avvenute modifiche definitive del territorio tali da escludere il ripetersi dell'evento, ovvero aree individuate come a rischio di inondazione sulla base di considerazioni geomorfologiche o di altre evidenze di criticità, in corrispondenza delle quali non siano state effettuate nell'ambito del Piano le adeguate verifiche idrauliche finalizzate all'individuazione delle fasce di inondabilità.

Nell'area di intervento è individuata una fascia C legata alle aree storicamente inondabili, nei due tratti individuati in precedenza, e cioè le porzioni di fondovalle comprese tra le pile P3-P9 (tra via Perrone e via di Cornigliano) e tra le pile P12-P13 (tra via Porro e via Fillak) del viadotto in progetto.

8.3.3. Carta del rischio idraulico

Analogamente alla carta del rischio geologico, anche la carta del rischio idraulico è stata definita a partire dagli elementi a rischio, derivanti dall'analisi dell'uso del suolo, così come indicato nella Relazione generale allegata al Piano di Bacino Stralcio del torrente Polcevera (Figura 8.1). Tale tematismo è stato sovrapposto alla cartografia delle fasce fluviali, così come definite nella "Carta delle fasce di inondabilità" descritte in precedenza; il rischio idraulico è stato così suddiviso in 5 classi a rischio crescente tra R0 e R4 (Figura 8.3).

Elementi a rischio	Fasce fluviali		
	200<T<500 fascia C	50<T<200 fascia B	T<50 fascia A
E0	R0	R1	R1
E1	R1	R2	R3
E2	R2	R3	R4
E3	R2	R4	R4

Figura 8.3 – Definizione delle classi di rischio idraulico (Autorità di Bacino Regionale della Liguria)

Nell'area di intervento sono classificate a rischio medio R2 le porzioni di fondovalle comprese tra le pile P3-P8 (tra via Perrone e via di Cornigliano) e tra le pile P12-P13 (tra via Porro e via Fillak) del viadotto in progetto.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
54 di 97

8.4. Rischio idrogeologico

Per quanto riguarda la valutazione del rischio idrogeologico si è fatto riferimento al PTA della Regione Liguria; in particolare alla cartografia dello “Stato complessivo delle acque sotterranee”, della quale si riporta uno stralcio in Figura 8.12.

La valutazione dello stato complessivo delle acque sotterranee è definita a partire dallo stato dei corpi idrici sotterranei, cioè dalla valutazione dello stato quantitativo e dello stato chimico delle acque sotterranee, così come definito nel PTA, in accordo al D.Lgs. n.30/2009 ed alla direttiva 2006/118/CE. Nel dettaglio, per il corpo idrico della Val Polcevera, sono stati definiti i seguenti parametri:

- stato quantitativo: buono (Figura 8.10);
- stato chimico: non buono (Figura 8.11).

Tali dati portano a definire lo stato complessivo del corpo idrico del Polcevera come “non buono” (Figura 8.12) e, di conseguenza, viene definito “a rischio”, così come riportato nel documento “Classificazione dei corpi idrici sotterranei” dello stesso PTA (Tabella 8.1).

Tabella 8.1 - Riepilogo delle caratteristiche del corpo idrico Polcevera

Codice Corpo idrico	NOME	Stato Chimico	Stato Quantitativo	Stato Complessivo	RISCHIO
CI_AGE01	POLCEVERA	Non Buono	Buono	Non Buono	A Rischio

Contraente



Progettista



Doc. N.

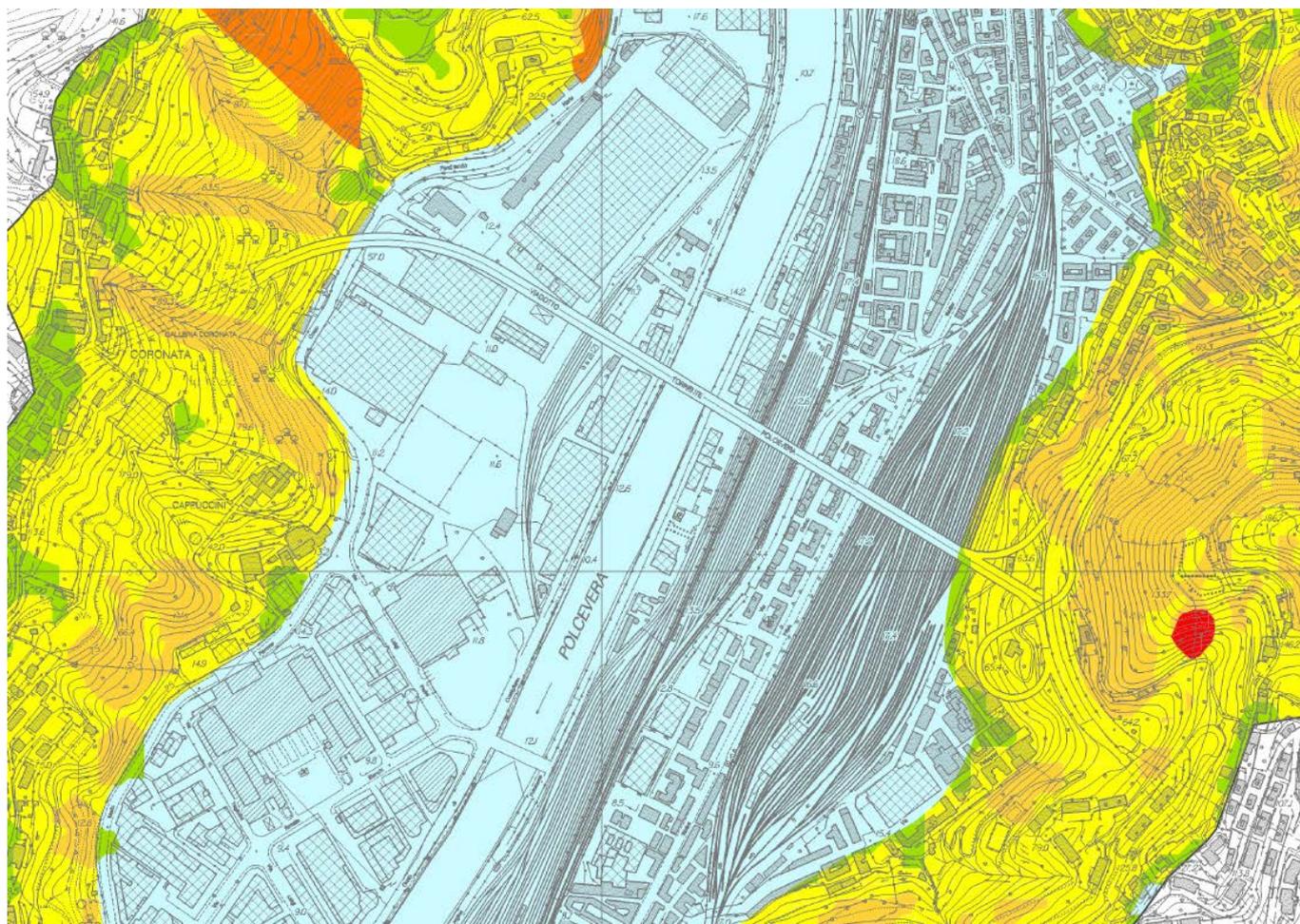
Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
55 di 97



LEGENDA

CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO			NORME DI ATTUAZIONE
	MOLTO ELEVATA	Pg4	Art. 16, c. 2 Art. 16ter
	ELEVATA	Pg3a	Art. 16, c. 3 Art. 16ter
	ELEVATA	Pg3b	Art. 16, c. 3-ter Art. 16ter
	MEDIA	Pg2	Art. 16, c. 4 Art. 16ter
	BASSA	Pg1	Art. 16, c. 4 Art. 16ter
	MOLTO BASSA	Pg0	Art. 16, c. 4 Art. 16ter

	Fenomeni idrogeologici lungo gli alvei torrentizi	Art. 16ter
CLASSI SPECIALI		
	TIPO A - Cave attive, miniere attive e discariche in esercizio	Art. 16bis, c. 2
	TIPO B ₁ - Cave inattive e miniere abbandonate	Art. 16bis, c. 3
	TIPO B ₂ - Discariche dismesse e riporti antropici	Art. 16bis, c. 5

Figura 8.4 – Stralcio della “Carta della suscettività al dissesto” dell’Autorità di Bacino Regionale della Liguria (non in scala)

Contraente



Progettista



Doc. N.

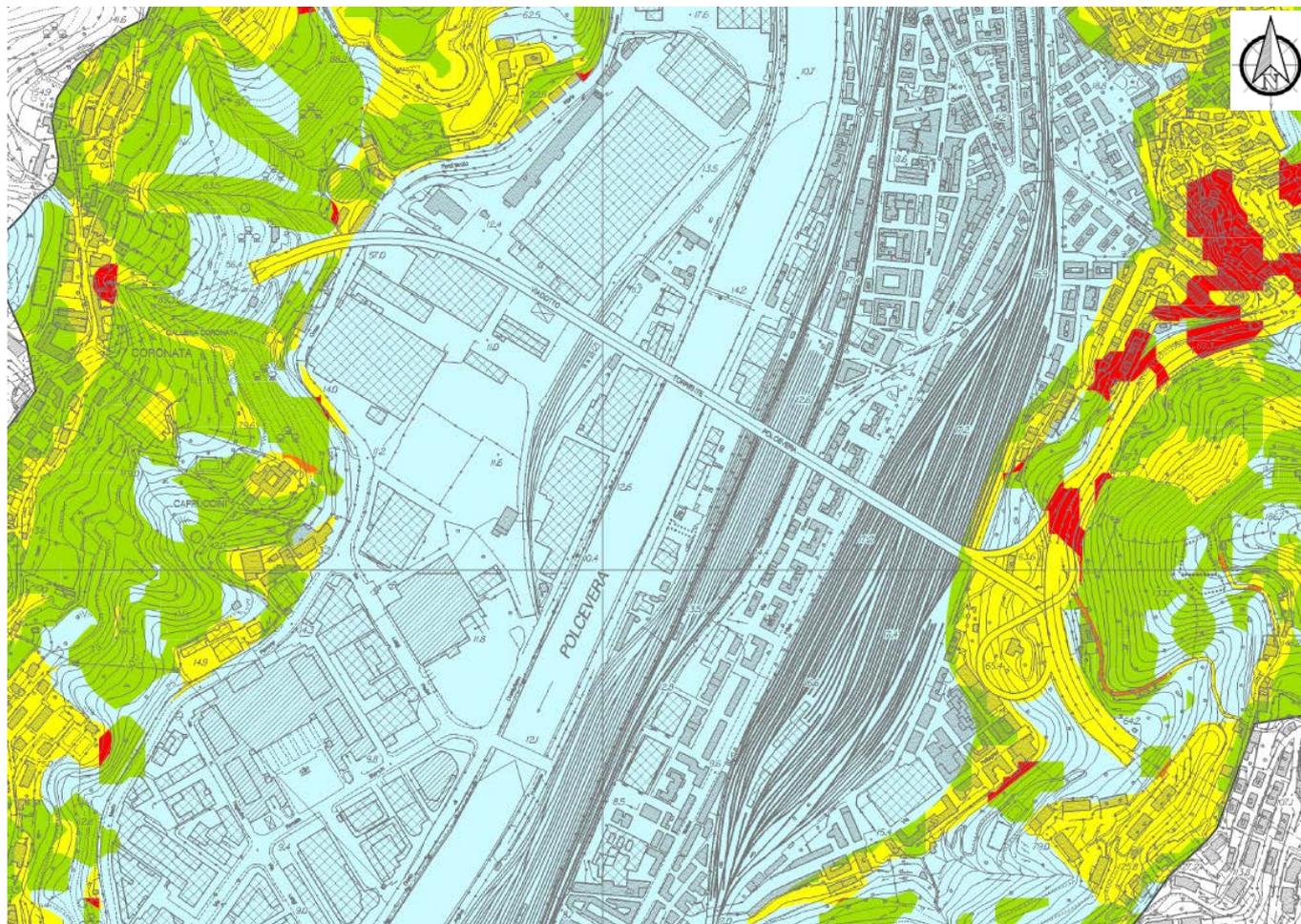
Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
56 di 97



LEGENDA

CLASSI DI RISCHIO GEOLOGICO

	RISCHIO MOLTO ELEVATO	R4
	RISCHIO ELEVATO	R3
	RISCHIO MEDIO	R2
	RISCHIO MODERATO	R1
	RISCHIO LIEVE O TRASCURABILE	R0

CLASSI SPECIALI

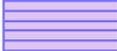
	CAVE ATTIVE, MINIERE ATTIVE E DISCARICHE IN ESERCIZIO
	LIMITE DI BACINO

Figura 8.5 – Stralcio della “Carta del rischio geologico” dell’Autorità di Bacino Regionale della Liguria (non in scala)

Contraente



Progettista



Doc. N.

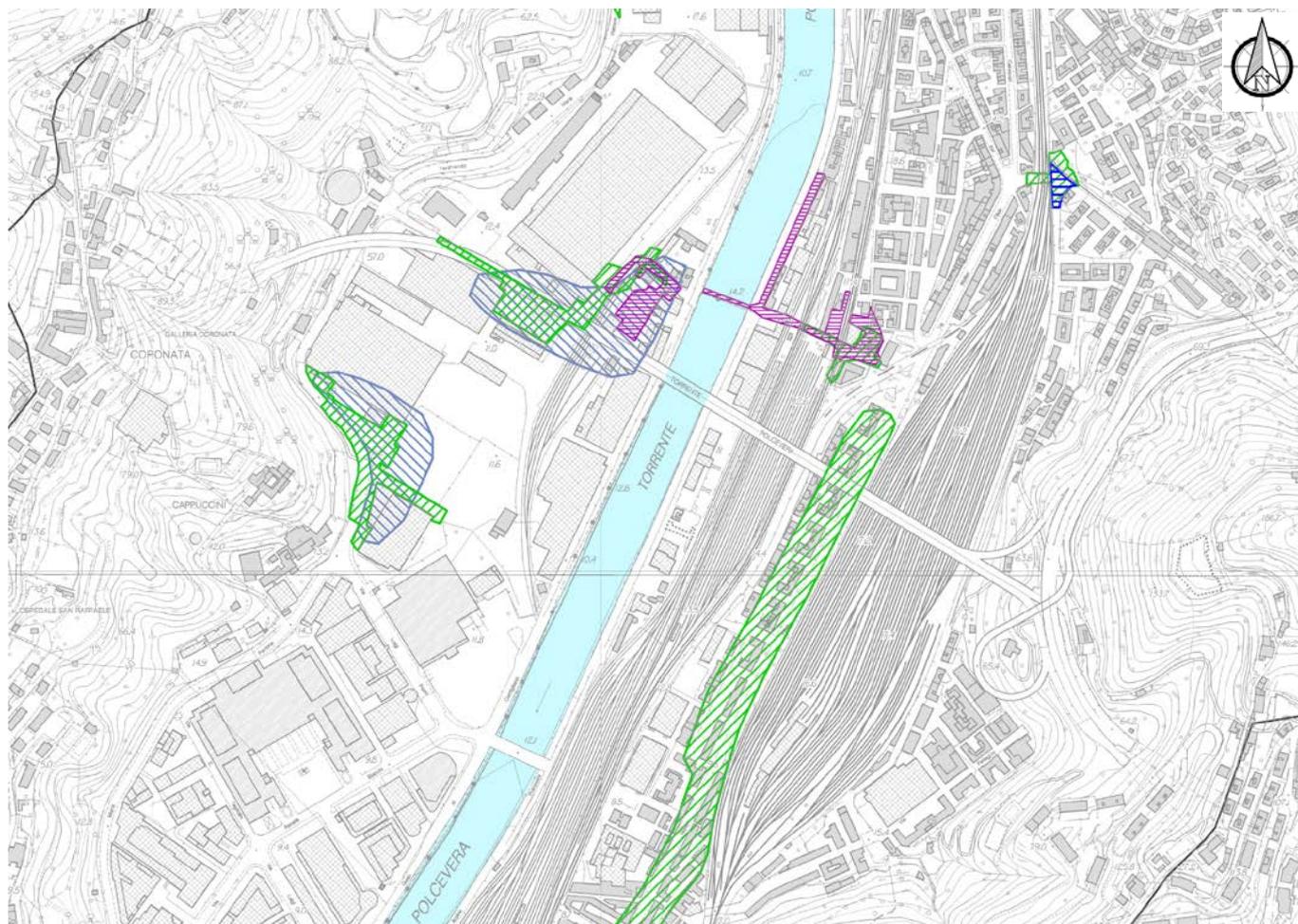
Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
57 di 97



LEGENDA

-  Aree inondabili con tempo di ritorno fino a 50 anni
-  Aree inondabili con tempo di ritorno fino a 200 anni
-  Aree inondabili con tempo di ritorno fino a 500 anni
-  Aree storicamente inondate (studio propedeutico)
-  Aree storicamente inondate DGR 594 /01 – Regione Liguria (scala originale 1:25000)
-  Aree inondate nell'evento del 4 ottobre 2010
-  Aree inondate nell'evento del 4 novembre 2011
-  Aree inondate negli eventi del 2014 (DGR 59/2015)
-  ALVEO
-  ALVEO TOMBINATO
-  LIMITE DEL BACINO

Figura 8.6 – Stralcio della “Carta delle aree inondabili e delle aree storicamente inondate” dell’Autorità di Bacino Regionale della Liguria (non in scala)

Contraente



Progettista



Doc. N.

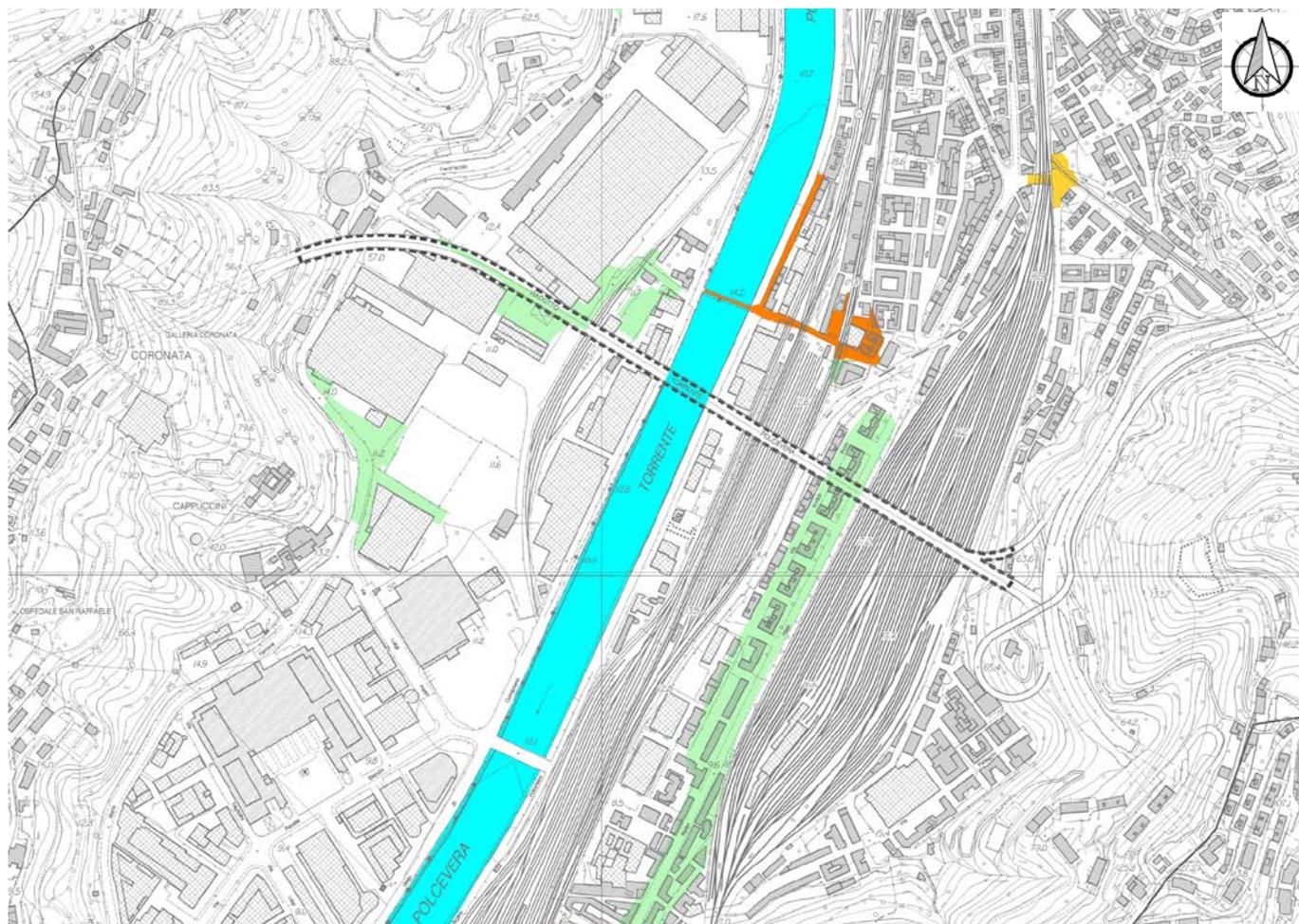
Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
58 di 97



LEGENDA

FASCE FLUVIALI	NORME DI ATTUAZIONE
FASCIA A	Art. 15, c. 2
FASCIA A*	Art. 15, c. 4-bis
FASCIA B	Art. 15, c. 3
FASCIA B* (Aree storicamente inondate in tratti non indagati o con indagini non sufficienti)	Art. 15, c. 4-bis
FASCIA C	Art. 15, c. 4
FASCIA C (Aree storicamente inondate in tratti indagati)	Art. 15, c. 4
FASCIA C (Aree ex inondabili)	Art. 15, c. 4
FASCIA C (Aree storicamente allagate)	Art. 15, c. 4
ALVEO	Art. 13
ALVEO TOMBINATO	Art. 13
Protezione del viadotto	
Limite del bacino	

Figura 8.7 – Stralcio della “Carta delle fasce di inondabilità” dell’Autorità di Bacino Regionale della Liguria (non in scala)

Contraente



Progettista



Doc. N.

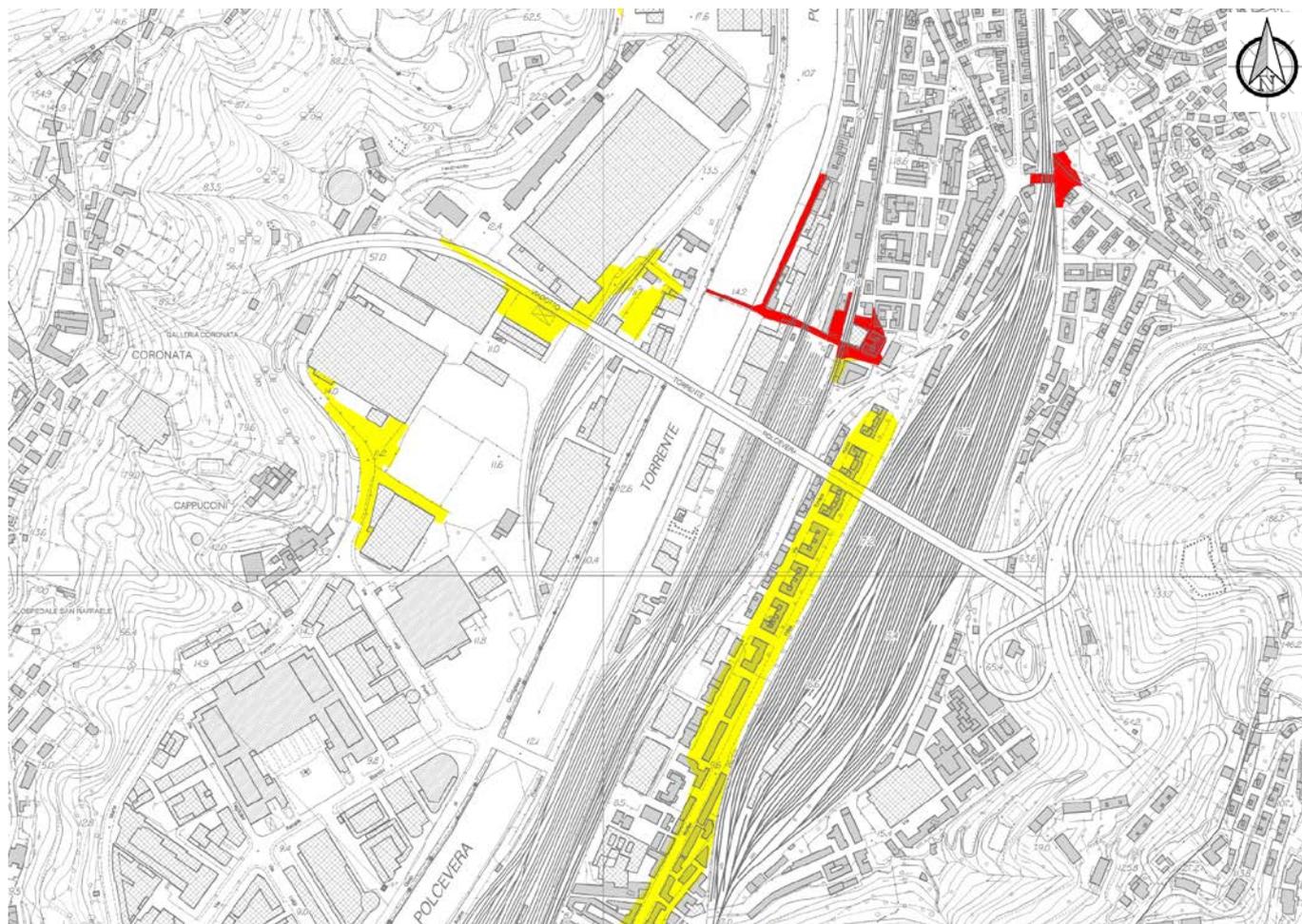
Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
59 di 97



LEGENDA

CLASSI DI RISCHIO IDRAULICO

	RISCHIO MOLTO ELEVATO	R4
	RISCHIO ELEVATO	R3
	RISCHIO MEDIO	R2
	RISCHIO MODERATO	R1
	LIMITE DEL BACINO	

Figura 8.8 – Stralcio della “Carta del rischio idraulico” dell’Autorità di Bacino Regionale della Liguria (non in scala)

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
60 di 97

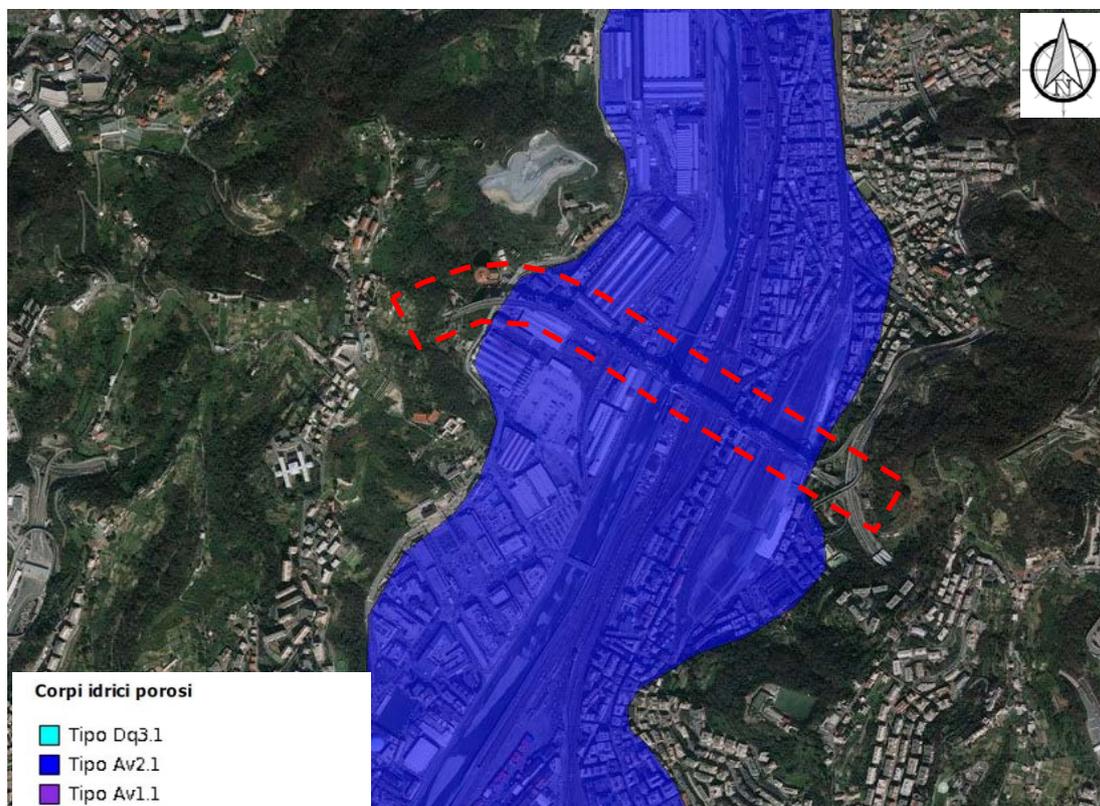


Figura 8.9 – Stralcio della carta “Caratterizzazione acque sotterranee” del PTA della Liguria (non in scala)

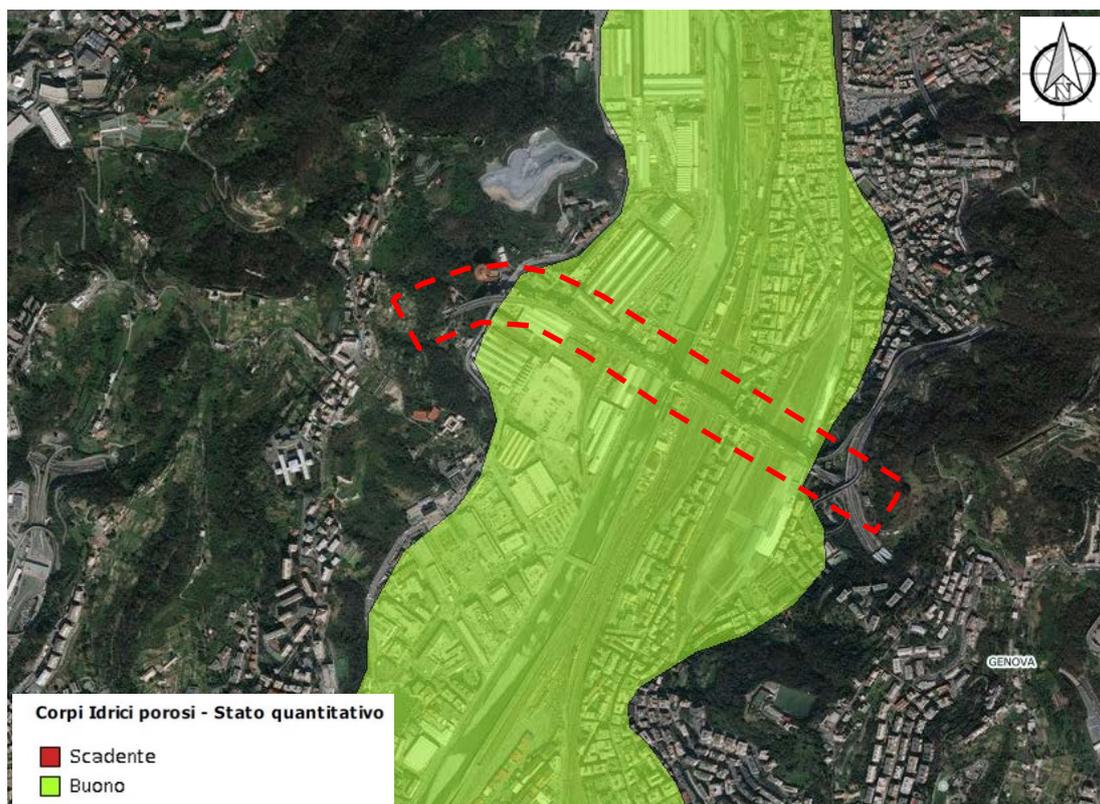


Figura 8.10 – Stralcio della carta “Stato quantitativo acque sotterranee” del PTA della Liguria (non in scala)

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
61 di 97

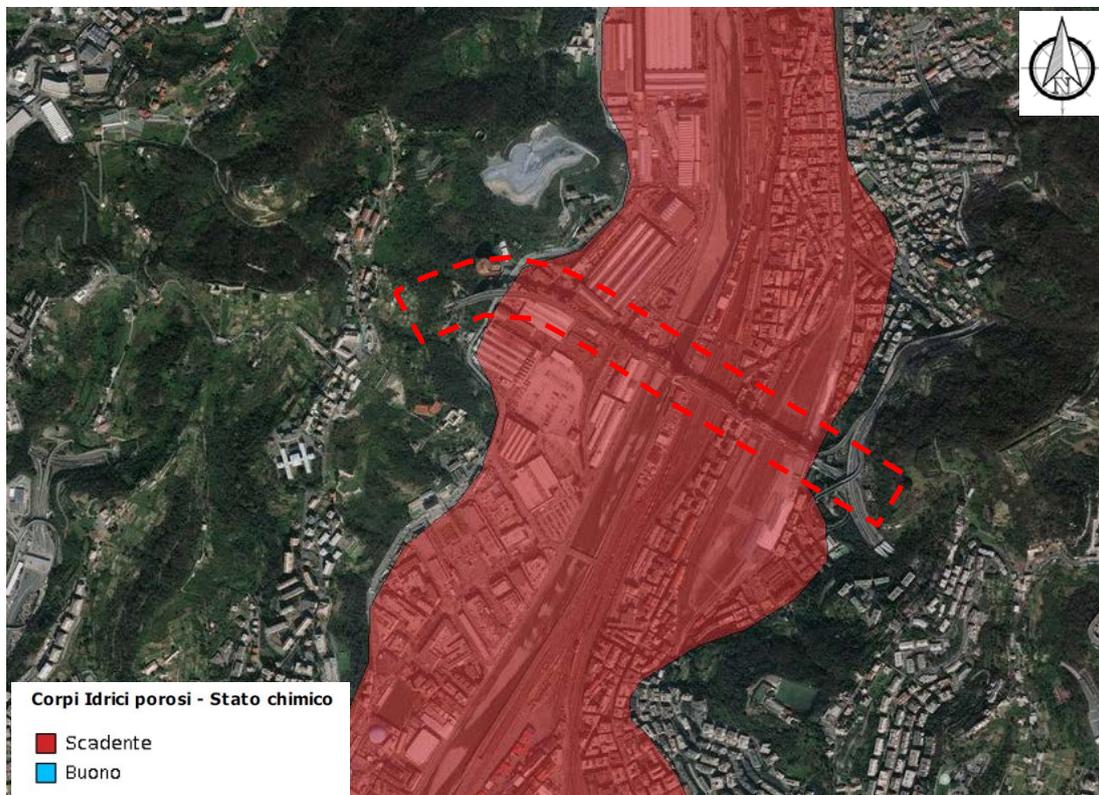


Figura 8.11 – Stralcio della carta “Stato chimico acque sotterranee” del PTA della Liguria (non in scala)

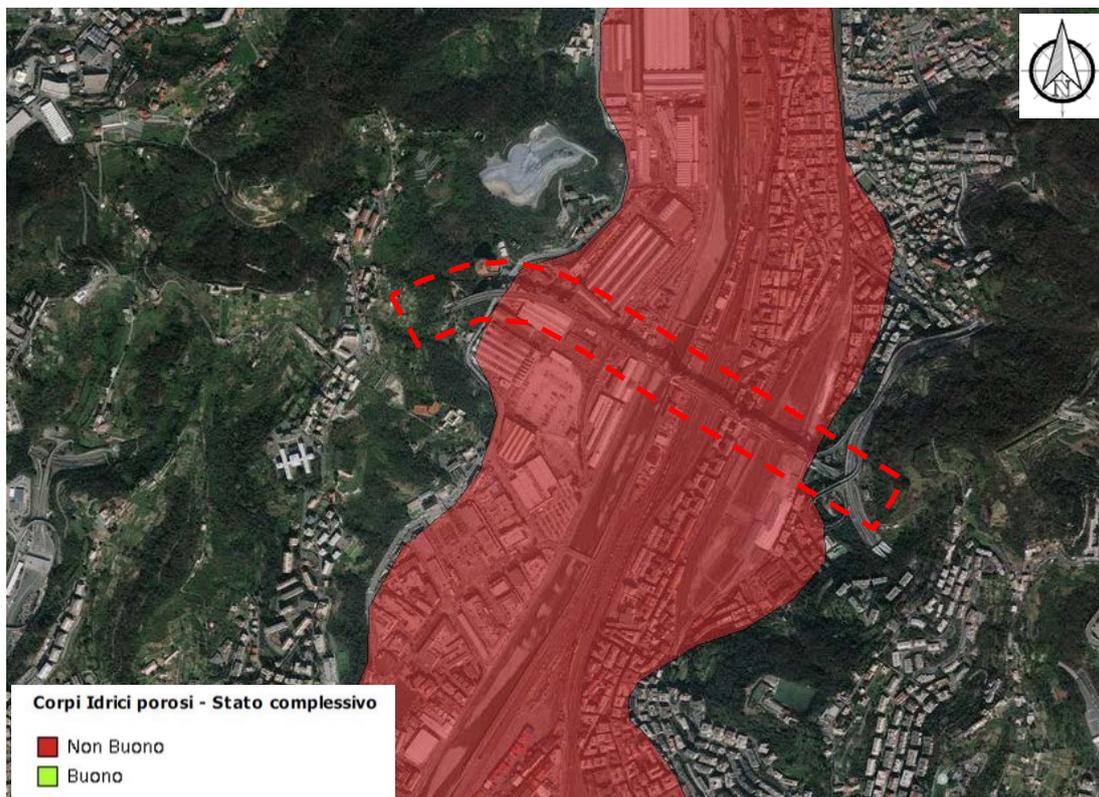


Figura 8.12 – Stralcio della carta “Stato complessivo acque sotterranee” del PTA della Liguria (non in scala)

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
62 di 97

9. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO E POTENZIALI CRITICITÀ

9.1. Premessa

Le analisi condotte e le ricostruzioni degli assetti geologico-strutturali riportati in cartografia hanno permesso di definire il contesto geologico di riferimento e tutti gli elementi di potenziale criticità per le opere in progetto

Nel presente paragrafo vengo quindi descritte tutte le principali caratteristiche geologiche s.l., gli aspetti più salienti ai fini progettuali e le potenziali criticità osservate, in relazione alla cartografia geologico-geomorfologica ed al profilo geologico allegati allo studio, ai quali si rimanda per un'analisi di dettaglio.

9.2. Descrizione del modello geologico di riferimento in asse al viadotto Polcevera

Il viadotto in progetto si inserisce nella bassa Val Polcevera, attraversando trasversalmente la valle all'altezza delle località Coronata, sul lato Ovest della valle, e Forte della Crocetta, sul suo lato Est, con una quota del piano viario posta a circa 56 m s.l.m.

La spalla SA (lato Ovest) e la pila P1 del viadotto si inseriscono nella porzione medio-inferiore di un versante ad elevata acclività, modellato prevalentemente su litotipi argillitico-scistosi riconducibili alla formazione degli Argilloscisti di Murta (AGF), intensamente tettonizzati, con stratificazione disturbata da fitte sequenze di pieghe strizzate a piccolo raggio e superfici di strato su roccia fresca normalmente lucide, con veli di sericite, talcosa al tatto.

Sul versante, fortemente antropizzato e ad aspetto terrazzato, sono inoltre presenti coperture detritiche di alterazione e disfacimento del substrato e/o terreni di riporto, in spessore variabile, costituiti da clasti eterometrici, a matrice prevalentemente sabbioso-limosa.

Dalla pila P2 alla pila P16 l'opera insiste sul fondovalle del torrente Polcevera, dove è presente un potente materasso alluvionale, con spessori mediamente compresi tra 28 e 44 m, principalmente costituito da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbioso-limosa e sabbioso-argillosa. Al tetto delle alluvioni è presente una copertura pressoché continua di terreni di riporto, generalmente grossolani, di spessore mediamente compreso tra 2 e 4 metri.

Ai depositi alluvionali grossolani si intercalano, verso il basso, depositi fini di origine fluviale e marina e/o di transizione, in spessori di potenza anche decametrica. Si tratta per lo più di argille limose grigie, di bassa plasticità, normalconsolidate, con rari frammenti conchigliari e puntature nerastre. In particolare, le indagini in sito hanno permesso di individuare tale orizzonte coesivo ad una profondità mediamente compresa tra 19 e 31 m da piano campagna. L'orizzonte si presenta continuo tra la pila P2 e la pila P9, mentre non si rinviene con la stessa continuità nella porzione est della valle; sulla base dei dati geognostici, infatti, tale orizzonte è stato individuato nuovamente tra la pila P12 e la pila P13. Altre lenti di materiali fini argillosi o limosi si individuano a quote superiori tra la pila P2 e la pila P5 e tra la pila P13 e la pila P15.

Inoltre, si segnala un potente orizzonte superficiale di materiali eluvio-colluviali, costituiti da clasti eterometrici, a matrice da argilloso-limosa a sabbioso-limosa, a bassa consistenza, in prossimità del fianco destro della valle, tra la pila P2 e la pila P5. Tale orizzonte è verosimilmente riconducibile all'azione di scarico ed accumulo nel tempo al piede del versante del materiale trasportato dagli affluenti in destra idraulica al Polcevera.

Alla base del potente materasso alluvionale, è presente un substrato roccioso argillitico costituito dalle Argilliti di Mignanego (MIG), in contatto tettonico sugli Argilloscisti di Murta (AGF), e dalle Argilliti di Montanesi (MTE), anch'esse in contatto tettonico sul Mignanego.

Da un punto di vista litologico e strutturale le due formazioni si presentano con caratteristiche molto simili, con porzioni di ammasso talora cataclate e/o porzioni intensamente disturbate e fratturate. Al tetto del substrato è in genere presente una porzione sommitale alterata (cappellaccio), con spessori mediamente compresi tra 3 e 4 metri.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
63 di 97

Per quanto concerne la pila P17, la pila P18 e la spalla SB (Est), esse insistono su un versante piuttosto acclive modellato su un substrato *flyschoide* costituito da alternanze di areniti fini, siltiti marnose ed argilliti, in strati da centimetrici a decimetrici, riconducibili alla formazione di Ronco. Il versante in oggetto presenta sostanziali differenze tra la porzione a sud ed a nord della spalla del viadotto: infatti, nel sondaggio IFPM14 (posto a sud della spalla) sono state individuate coperture detritiche di alterazione e disfacimento del substrato frammiste a terreni di riporto, costituiti da clasti eterometrici, a matrice prevalentemente sabbioso-limoso, per uno spessore dell'ordine di 25 metri circa. Questa porzione di versante è stata probabilmente oggetto di significative e successive modificazioni della morfologia, soprattutto a causa dei cantieri per la realizzazione dapprima dell'autostrada A7 e, successivamente, del viadotto Polcevera dell'autostrada A10. La porzione di versante a nord del viadotto presenta, invece, una configurazione morfologica modificata in misura minore dagli interventi antropici, tant'è che in corrispondenza della Salita V. Bersezio è visibile un affioramento delle Argilliti di Montanesi (MTE) sul lato di monte della strada. In Figura 9.1 si riporta una fotografia scattata durante i lavori di realizzazione del viadotto Polcevera (approssimativamente primi anni '60), dove già si può osservare la variabilità tra l'area a sud del viadotto (a destra in foto), che ospita il cantiere per la realizzazione del viadotto, e l'area a nord (a sinistra in foto), che non presenta significativi interventi di natura antropica. Infine, in Figura 9.2 si riporta l'affioramento di Argilliti di Montanesi visibile lungo la Salita Bersezio.

Da un punto di vista geologico e geomorfologico, non si ravvisano particolari criticità per l'opera in progetto.



Figura 9.1 – Foto scattata durante la costruzione del viadotto Polcevera, spalla est (anni '60)

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
64 di 97



Figura 9.2 – Affioramento di Argilliti di Montanesi (lungo la Salita V. Bersezio)

9.3. Descrizione delle sezioni geologiche trasversali al viadotto Polcevera

L'insieme delle indagini geognostiche disponibili evidenziano come il tetto del substrato roccioso si attesti a quote piuttosto variabili nell'area di studio, mostrando una "morfologia sepolta" articolata e caratterizzata talvolta da repentine variazioni di quota entro distanze relativamente contenute.

Allo scopo di meglio definire tale variabilità, sono state ricostruite, laddove disponibili sufficienti indagini, alcune sezioni trasversali di dettaglio; tali sezioni sono state realizzate interpolando le indagini realizzate in sito a supporto della progettazione, ubicate sostanzialmente longitudinalmente al viadotto, e le indagini bibliografiche e d'archivio reperite, collocate esternamente al sedime dell'opera ed in aree limitrofe ad essa.

Occorre tuttavia segnalare che il dato stratigrafico delle indagini bibliografiche e d'archivio risulta talvolta datato, facendo riferimento anche ad indagini realizzate tra gli anni 1960÷1990, a volte schematico e non corredato da documentazione fotografica. Per tale motivo si ritiene di dover considerare tali informazioni con un minor grado di attendibilità rispetto alle indagini più recenti.

Una prima sezione geologica trasversale all'opera è stata ricostruita in corrispondenza della porzione ovest del viadotto, tra la pila P4 e la pila P5 (sezione A-A'), dove sono disponibili vecchie indagini realizzate in area Ansaldo. La sezione evidenzia un substrato roccioso molto prossimo al piano campagna nella porzione di monte della sezione, con un sondaggio che individua il *bedrock* a circa 8÷9 m di profondità, per poi approfondirsi velocemente, in circa 70÷80 m, sino a quote oltre i 40 m da p.c.. Relativamente al materasso alluvionale di fondovalle, si individuano due potenti orizzonti ghiaioso-sabbiosi di potenza circa decametrica; in particolare, si individua un orizzonte ghiaioso-sabbioso profondo a partire dai 31 m circa di profondità, continuo su tutta la sezione, mentre un secondo orizzonte si individua tra i 12÷21 m circa da p.c.. Quest'ultimo non presenta continuità su tutta la sezione, ma lascia spazio, nella

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
65 di 97

porzione di monte della sezione, a depositi alluvionali e marini fini, che in tale zona raggiungono una potenza significativa (oltre 20 m). Gli orizzonti più superficiali sono invece rappresentati da terreni eluvio-colluviali di 5÷8 m di spessore, a cui si sovraimpongono terreni di riporto in spessore generalmente contenuto entro i 2÷3 m.

La seconda sezione geologica trasversale (sezione B-B') è stata realizzata tra le pile P10 e P11, utilizzando per la ricostruzione le indagini realizzate nell'ambito della campagna Italferr 2019 ed una verticale di indagine realizzata da Italferr nel 2007, nell'ambito delle attività di studio per potenziamento della linea Voltri-Brignole. La ricostruzione dell'assetto stratigrafico evidenzia quote del tetto del substrato roccioso assai diverse da punto a punto e variabili tra 27 e 41 m circa di profondità da p.c.. In tale porzione di fondovalle, le alluvioni sono essenzialmente costituite da materiali grossolani, ghiaioso-sabbiosi; solo localmente, in corrispondenza della porzione di monte della sezione, si individua una lente di materiale limoso-sabbioso, che però non determina alcuna interferenza ai fini dell'opera. n sommità sono presenti terreni di riporto in spessore generalmente variabili tra i 2÷5 m.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
66 di 97

10. VINCOLI

10.1. Premessa

In merito all'individuazione dei vincoli presenti nell'area di studio, è stata analizzata la documentazione disponibile nel Piano di Bacino Stralcio per la tutela del Rischio Idrogeologico (PSAI) dell'Autorità di Bacino della Liguria (torrente Polcevera) e nel Piano Urbanistico Comunale (PUC) del comune di Genova.

10.2. Piano di Bacino Stralcio per la tutela del Rischio Idrogeologico dell'AdB Liguria

Per quanto riguarda il PSAI dell'Autorità di Bacino della Liguria, la "Carta dei principali vincoli territoriali" del PSAI riporta i seguenti tematismi:

- aree sottoposte a vincolo idrogeologico (L.R. 4/1999);
- aree classificate "abitati da consolidare" (L. 64/1974);
- siti di interesse comunitario SIC (D.G.R. 646/2001);
- parchi naturali regionali.

Lo stralcio della carta riportato in Figura 10.1 indica come il fondovalle Polcevera non sia caratterizzato da vincoli, mentre sono sottoposte a vincolo idrogeologico le porzioni basali dei versanti in destra e sinistra idraulica, nella fattispecie fino alla pila P1 del nuovo viadotto in destra idraulica e a partire dalla pila P16 in sinistra idraulica.

10.3. Piano Urbanistico Comunale di Genova

Il Piano Urbanistico Comunale, approvato con Decreto Presidente Giunta Regionale n.44 in data 10/03/2000, confermato con Deliberazione della Giunta Regionale n.1304 del 5/11/2010 e successive varianti o aggiornamenti, efficaci ai sensi di legge, disciplina gli usi e le trasformazioni compatibili e sostenibili del territorio comunale. Esso è suddiviso in zone territoriali omogenee e speciali e ciascuna zona è dotata di una disciplina degli interventi, integrata negli assetti insediativo, vegetazionale e geomorfologico.

In Figura 10.2 si riporta lo stralcio della cartografia "Zonizzazione e suscettività d'uso del territorio" attraverso la quale, in accordo alle norme geologiche di attuazione dello stesso strumento urbanistico, viene definito il livello di approfondimento delle indagini in funzione della zonizzazione definita per l'area di intervento.

Per l'area di studio, vale la seguente zonizzazione:

- zona "B β ": aree urbanizzate con suscettività d'uso parzialmente condizionata" (corrispondente con il fondovalle, tra le pile P2 e P17 dell'opera in progetto): in tale zona le condizioni geologiche non pongono in rilievo fenomeni geologici negativi in atto, ma solo possibili problemi connessi ai rapporti esistenti tra substrato roccioso e coltri o coperture incoerenti o semicoerenti in debole pendio, nonché difficoltà di ordine geotecnico. Le problematiche essenziali di tali zone sono legate alla localizzazione in profondità del substrato lapideo della formazione di base ed alle caratteristiche geotecniche dei materiali sciolti, per la scelta e dimensionamento delle soluzioni fondazionali. Per tale zona vale quanto indicato all'art.4.2 delle Norme geologiche di attuazione del PUC;
- zona "D β ": aree urbanizzate con suscettività d'uso limitata e/o condizionata all'adozione di cautele specifiche" (corrispondente con le porzioni di versante comprese tra la spalla SA e la pila P2 e tra la pila P17 e la spalla SB dell'opera in progetto): in tale zona le condizioni rilevate pongono in evidenza criticità di una certa rilevanza, determinate dallo spessore delle coltri, dall'assetto giaciturale dei giunti di stratificazione e di fessurazione, dallo stato di continuità della massa rocciosa, dal grado di pendenza dei versanti e dalla presenza di fenomeni geomorfologici progressi (frane quiescenti, paleofrane). Questo insieme di situazioni porta ad inserire in termini di zonazione e quindi di normativa geologica di attuazione, tutti questi comparti nell'ambito di una fruibilità

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
67 di 97

urbanistica limitata ed in questo senso occorre sottolineare che, proprio in funzione delle tipologie relative alle problematiche emerse e della necessità di approfondire alcune tematiche connesse a situazioni specifiche, sarà necessario procedere ad una verifica preliminare, tesa a constatare l'effettiva assenza di fenomeni geologici tali da scongiurare, in rapporto ad una troppo elevata onerosità delle opere di bonifica e/o presidio, l'effettiva realizzabilità dell'intervento, ovvero la possibilità, adottando cautele specifiche, di migliorare le condizioni di stabilità delle aree. Per tale zona vale quanto indicato all'art.4.4 delle Norme geologiche di attuazione del PUC

Contraente



Progettista



Doc. N.

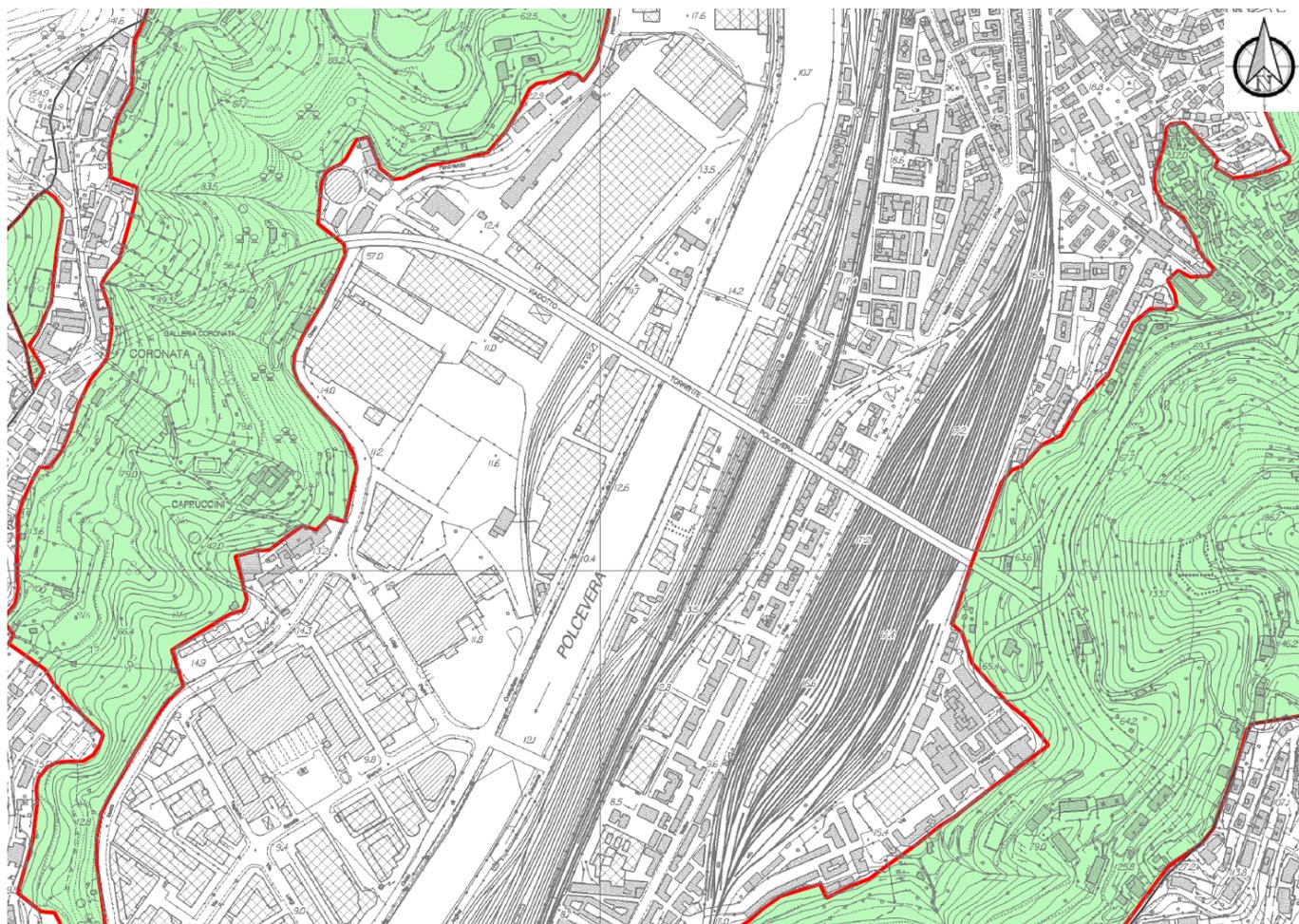
Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
68 di 97



LEGENDA

-  aree sottoposte a vincolo idrogeologico
-  aree classificate "abitati da consolidare" (L. 64/1974)
-  siti di interesse comunitario pSIC (D.G.R. 646/2001)
-  parchi naturali regionali
-  limite di bacino

Figura 10.1 – Stralcio della “Carta dei principali vincoli territoriali” dell’Autorità di Bacino Regionale della Liguria (non in scala)

Contraente



Progettista



Doc. N.

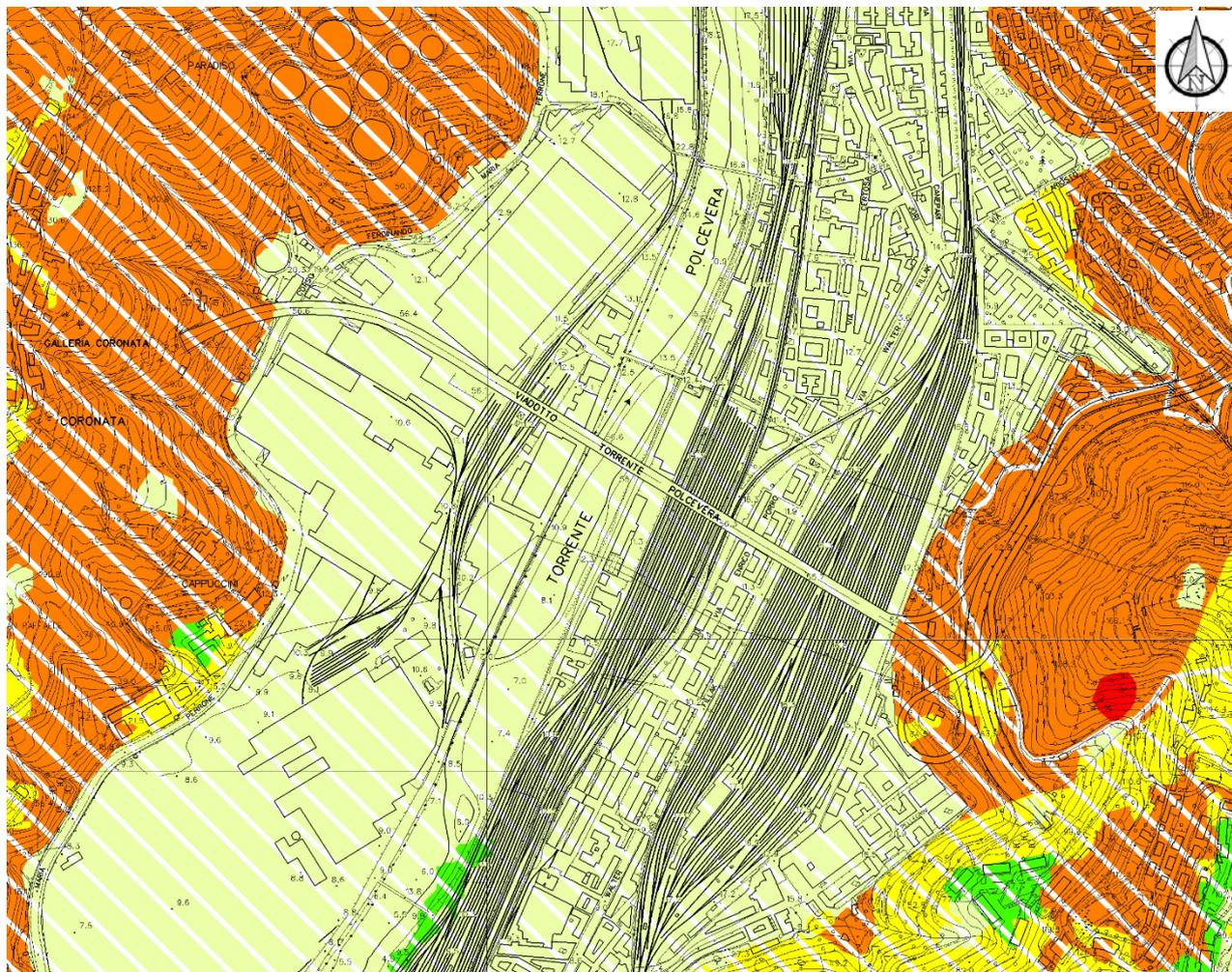
Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
69 di 97



LEGENDA

Zonizzazione e suscettività d'uso del territorio scala 1:5000

	Zona A)	α) Area con suscettività d'uso non condizionata β) Area urbanizzate con suscettività d'uso non condizionata
	Zona B)	α) Area con suscettività d'uso parzialmente condizionata β) Area urbanizzate con suscettività d'uso parzialmente condizionata
	Zona C)	α) Area con suscettività d'uso limitata β) Area urbanizzate con suscettività d'uso limitata
	Zona D)	α) Area con suscettività d'uso limitata e/o condizionata all'adozione di cautele specifiche β) Area urbanizzate con suscettività d'uso limitata e/o condizionata all'adozione di cautele specifiche
	Zona E)	α) Area allo stato attuale interdette β) Area urbanizzate allo stato attuale interdette
	Limite centro urbanizzato	

Figura 10.2 – Stralcio della cartografia “Zonizzazione e suscettività d’uso del territorio” del PUC di Genova (non in scala)

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
70 di 97

11. IDROGEOLOGIA

11.1. Inquadramento idrogeologico generale

Il settore di studio è caratterizzato da una notevole complessità idrogeologica, strettamente connessa alla presenza di differenti successioni sedimentarie e numerose strutture tettoniche.

In linea generale, il versante in destra idraulica ed il fondovalle del torrente Polcevera sono caratterizzati dalla presenza di un substrato prevalentemente argillitico, avente permeabilità da bassa a molto bassa, mentre in sinistra idraulica è cartografato un substrato *flyschoide*, che presenta generalmente una permeabilità maggiore rispetto alle argilliti e, comunque, una permeabilità per fessurazione nei settori più intensamente tettonizzati. In sponda destra del torrente Polcevera è segnalata la presenza di alcune sorgenti, allineate dove gli argilloscisti risultano in posizione rovesciata rispetto ai basalti, riconducibili alle zone di contatto tra la formazione sovrastante fessurata e la sottostante formazione argillitica, che può essere considerata praticamente impermeabile.

L'approfondimento idrogeologico realizzato per il presente studio ha consentito di definire, con il dovuto grado di dettaglio, le principali caratteristiche dell'area e lo schema di deflusso idrico sotterraneo. Le analisi sono state basate, in particolare, sui dati geologico-strutturali a disposizione e sulle informazioni idrogeologiche presenti nella letteratura scientifica riguardante l'area.

Il modello idrogeologico così sviluppato è stato quindi integrato con ulteriori dati provenienti dal monitoraggio piezometrico delle strumentazioni appositamente installate nei fori di sondaggio e dalle numerose prove di permeabilità condotte in fase di perforazione. In tal modo, è stato quindi possibile ricostruire l'andamento della superficie piezometrica in asse al viadotto in progetto e le principali direttrici di deflusso idrico sotterraneo nell'area di fondovalle.

Infine, lo studio geologico condotto ha permesso di definire lo stato di alterazione/fessurazione/carsismo degli ammassi rocciosi e le caratteristiche granulometriche dei terreni interessati dalle opere in progetto che, come noto, influenzano in maniera diretta il coefficiente di permeabilità dei vari corpi geologici e, quindi, la circolazione idrica sotterranea dell'area di studio.

11.2. Prove di permeabilità

Di seguito si riporta una sintesi delle prove condotte nei fori di sondaggio ricadenti all'interno dell'area di studio, con indicazione dei valori di permeabilità determinati e delle relative unità geologiche di appartenenza, distinti per campagna indagine.

Tabella 11.1 – Sintesi delle prove di permeabilità realizzate nella campagna Italferr 2019

ID	Tipologia	Prova	Profondità [da m. a m.]	Permeabilità [m/s]	Unità geologica di appartenenza *
IFPM1	Lefranc CV	1	4.9-6.0	1.23 E-06	b2
	Lugeon	1	29.5-32.5	1.66 E-07	MIG
	Lugeon	2	47.0-50.3	2.31 E-09	AGF
IFPM2	Lefranc CV	1	7.5-9.0	9.05 E-08	A
	Lefranc CC	2	15.0-16.5	1.35 E-04	G
	Lugeon	1	52.0-55.0	2.20 E-08	MIG
IFPM3	Lefranc CC	1	8.3-9.0	1.47 E-04	G
	Lefranc CC	2	18.0-19.3	1.36 E-04	G
	Lugeon	1	51.0-54.0	1.60 e-08	MIG

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
71 di 97

ID	Tipologia	Prova	Profondità [da m. a m.]	Permeabilità [m/s]	Unità geologica di appartenenza *
IFPM4	Lefranc CC	1	4.5-6.0	6.51 E-05	G
	Lefranc CV	2	27.0-28.5	1.58 E-06	A
	Lugeon	1	47.0-50.5	9.70 E-09	MIG
IFPM5	Lefranc CC	1	7.5-8.1	7.46 E-05	G
	Lefranc CC	2	16.5-17.0	1.29 E-04	G
	Lugeon	1	47.0-50.0	1.60 E-08	MIG
IFPM6	Lefranc CC	1	10.15-11.15	1.91 E-04	G
	Lefranc CV	2	25.5-27.0	1.92 E-05	S
	Lugeon	1	51.0-54.0	2.93 E-08	MIG
IFPM7	Lefranc CC	1	6.0-7.5	2.34 E-05	G
	Lefranc CC	2	24.2-25.0	1.77 E-04	G
	Lugeon	1	50.7-53.7	1.09 E-07	MTE
IFPM8	Lefranc CC	1	6.0-6.7	1.12 E-04	G
	Lefranc CC	2	27.0-28.1	5.59 E-04	G
	Lugeon	1	42.0-45.0	4.60 E-09	MTE
IFPM9	Lefranc CV	1	2.5-3.5	8.47 E-05	R
	Lefranc CV	2	14.5-15.5	6.97 E-05	G
	Lugeon	1	44.4-49.3	8.56 E-08	MTE
IFPM10	Lefranc CV	1	13.0-14.0	6.89 E-07	A
	Lefranc CV	2	22.0-23.0	3.95 E-06	L
	Lugeon	1	30.4-35.4	6.11 E-08	MTE
IFPM11	Lefranc CV	1	7.0-8.0	2.84 E-05	G
	Lefranc CV	2	13.0-14.0	3.02 E-05	G
	Lugeon	1	34.3-39.3	1.15 E-07	MTE
IFPM12	Lefranc CV	1	8.5-9.5	1.36 E-06	ROC
	Lefranc CV	2	20.5-21.5	1.94 E-06	ROC
	Lugeon	1	35.0-40.0	2.77 E-08	MTE
IFPM13	Lefranc CV	1	10.0-11.0	6.51 E-05	G
	Lefranc CV	2	19.0-20.0	6.64 E-05	G
	Lugeon	1	45.3-50.3	4.08 E-08	MTE
IFPM14	Lefranc CV	1	3.5-4.5	4.44 E-06	R
	Lefranc CV	2	16.0-17.0	9.72 E-07	R
	Lugeon	1	40.0-45.0	4.10 E-08	MTE
IFPM15	Lefranc CV	1	7.0-8.0	1.88 E-06	C
	Lugeon	1	20.5-25.0	3.18 E-07	AGF
IFPM16	Lefranc CV	1	2.5-3.5	6.18 E-06	R
	Lugeon	1	35.5-40.0	1.87 E-07	AGF

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
72 di 97

ID	Tipologia	Prova	Profondità [da m. a m.]	Permeabilità [m/s]	Unità geologica di appartenenza *
Legenda:					
ID	Identificativo del sondaggio				
Lefranc CV	Prova Lefranc a carico variabile				
Lefranc CC	Prova Lefranc a carico costante				
*	Le unità geologiche di appartenenza sono state definite in riferimento al profilo geologico				

Tabella 11.2 – Sintesi delle prove di permeabilità realizzate nella campagna Spea

ID	Tipologia	Prova	Profondità [da m. a m.]	Permeabilità [m/s]	Unità geologica di appartenenza *
SP01 (2007)	Lefranc CV	1	10.0-11.0	3.01 E-03	G
SP05 (2007)	Lefranc CV	1	8.5-9.5	2.14 E-03	G
MB1 (2010)	Lefranc CV	1	12.5-14.0	8.29 E-06	ROC
Legenda:					
ID	Identificativo del sondaggio				
Lefranc CV	Prova Lefranc a carico variabile				
Lefranc CC	Prova Lefranc a carico costante				
*	Le unità geologiche di appartenenza sono state definite in riferimento al profilo geologico				

La valutazione della permeabilità delle formazioni presenti nell'area di studio è stata eseguita seguendo un approccio combinato basato sull'esame delle prove in foro disponibili, sulle evidenze emerse nel corso dei sopralluoghi e sulle caratteristiche litologiche. Al termine di questa elaborazione, ad ogni formazione è stata associata una permeabilità di riferimento ed un range di variazione ragionevolmente possibile.

La Figura 11.1 sintetizza i risultati ottenuti dalle prove Lefranc e Lugeon eseguite nei fori di sondaggio, suddivisi per unità geologica: ad ogni unità corrisponde una verticale e la sigla dell'unità è riportata in un'etichetta di testo.

Il disco rosso rappresenta la media dei valori di permeabilità ottenuta mediando i Log_{10} delle permeabilità delle singole prove. In pratica, quindi, ipotizzando di disporre di 3 valori di k ($3 \cdot 10^{-5}$, $1 \cdot 10^{-7}$ e $3 \cdot 10^{-7}$) per calcolare la media è stata operata una trasformazione dei singoli valori in Log_{10} (rispettivamente -4.523, -7, -6.523), poi è stata eseguita una media dei tre valori (-6.015) e quindi è stato ricavato il valore medio ($k_{\text{medio}} = 10^{-6.015} = 9.65 \cdot 10^{-7}$).

La permeabilità si legge sull'asse sinistro del grafico.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
73 di 97

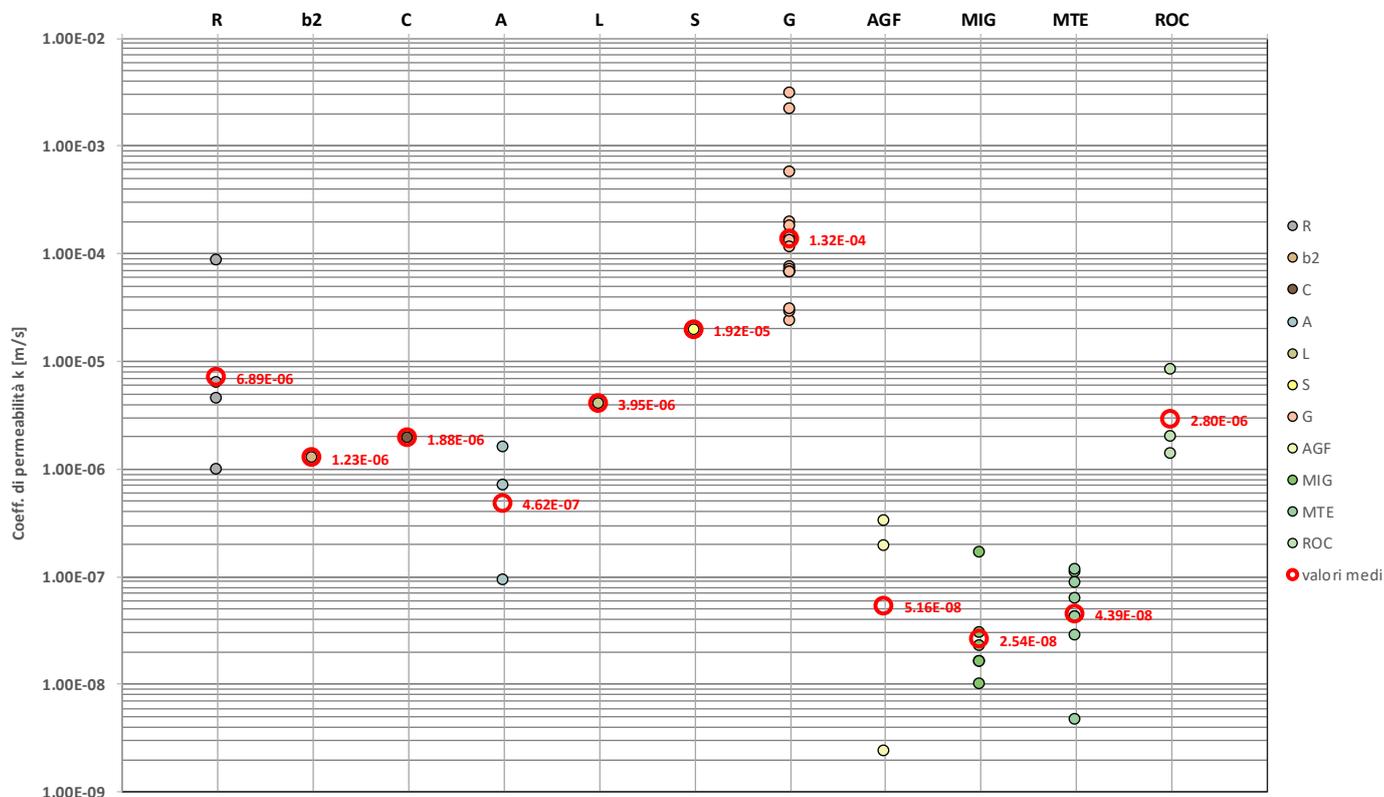


Figura 11.1 – Valori di permeabilità ottenuti dalle prove eseguite in foro, distinte per unità geologica. In rosso è indicato il valore di permeabilità medio ottenuto

Dall'esame dei valori ottenuti, per ogni unità è stata identificata la permeabilità media ed un campo di variabilità che identifica il massimo e minimo valore ragionevolmente atteso.

La sintesi di questa elaborazione è rappresentata nella Figura 11.2 dove è rappresentato, con una linea colorata, l'intervallo di ragionevole variabilità.

In alcuni casi l'intervallo di ragionevole variabilità della permeabilità si discosta dal valore medio ottenuto dalle prove. Questo si verifica soprattutto nei casi di unità geologiche in cui sono state eseguite poche prove e per le quali il valore ottenuto non era coerente con le caratteristiche litologiche e con le osservazioni eseguite in campagna. In questi casi ci si è discostati dal valore ottenuto dalle prove, andando ad associare all'unità una permeabilità di riferimento coerente con le osservazioni eseguite in sito.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
74 di 97

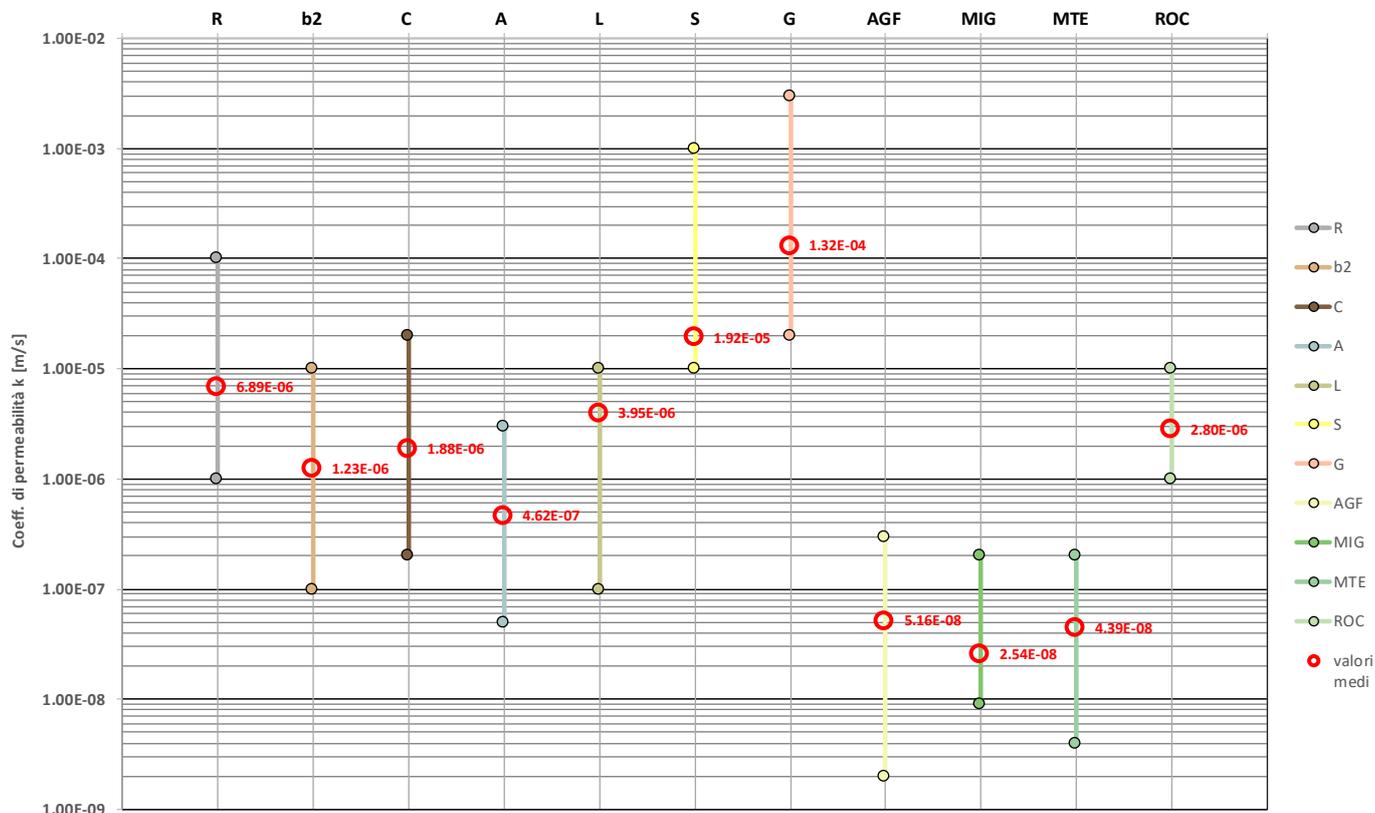


Figura 11.2 – Valori di permeabilità medi (cerchi rossi) e dell’intervallo di ragionevole variazione (linee colorate) distinte per unità geologica

11.3. Complessi idrogeologici

11.3.1. Premessa

In funzione delle prove di permeabilità e delle caratteristiche litologiche delle unità, nell’area sono stati individuati cinque complessi idrogeologici, intesi come corpi litologici simili caratterizzati da un prevalente tipo di circolazione idrica ed un grado di permeabilità relativa che si mantiene in un campo di variazione generalmente ristretto.

Di seguito, vengono descritti i caratteri peculiari dei diversi complessi individuati, seguendo uno schema basato sull’assetto geologico e litostratigrafico dell’area di intervento.

Nello specifico, la definizione delle caratteristiche idrogeologiche dei vari complessi presenti nell’area è stata compiuta in considerazione delle prove di permeabilità (Lefranc/Lugeon) realizzate nei fori di sondaggio nel corso delle diverse campagne di indagine.

In Figura 11.3 sono riportati i valori di permeabilità ottenuti dalle prove in foro, distinti per i complessi idrogeologici individuati.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
75 di 97

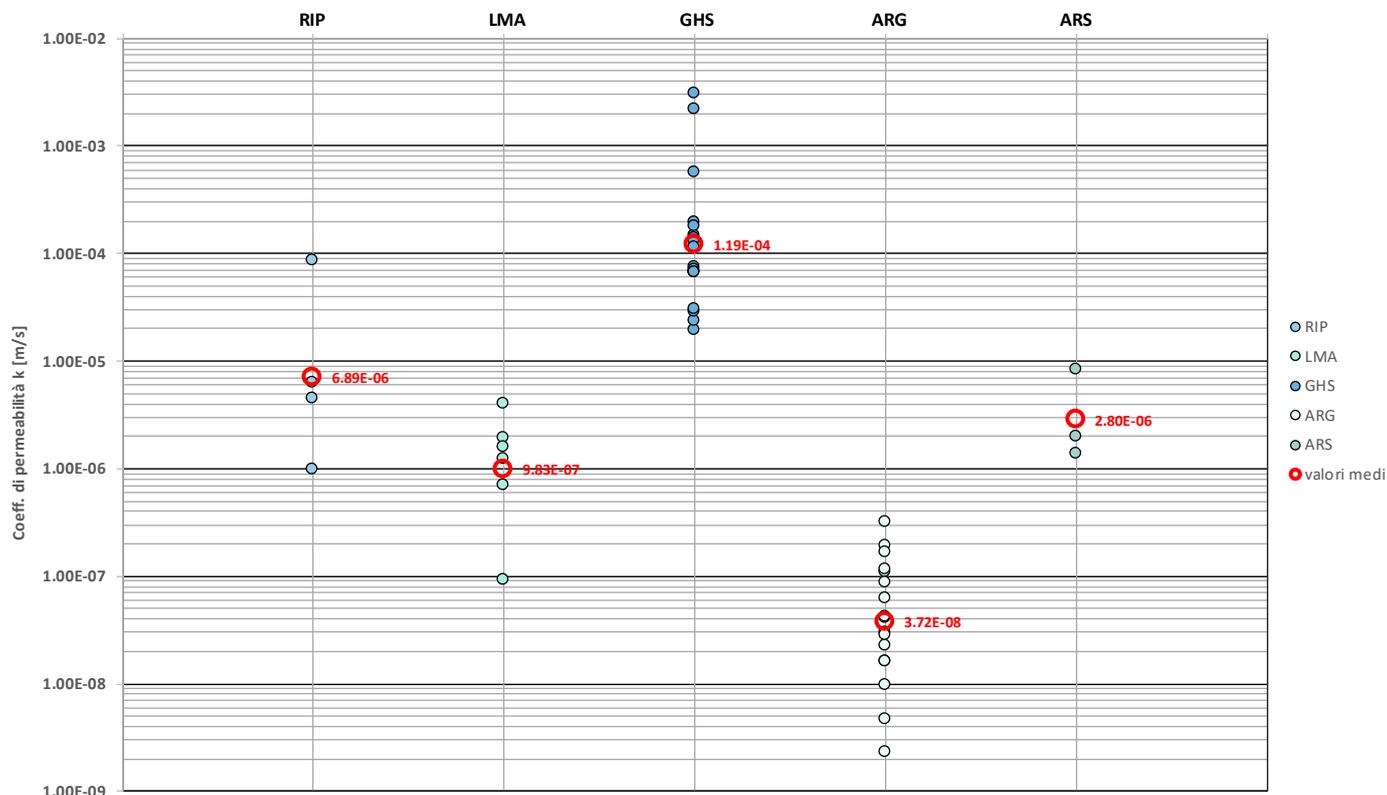


Figura 11.3 – Valori di permeabilità ottenuti dalle prove eseguite in foro raggruppati per complessi idrogeologici. In rosso è indicato il valore di permeabilità medio ottenuto

In Figura 11.4 si riporta l'intervallo di variazione per i complessi idrogeologici e, nuovamente, il valore medio ottenuto dalle prove in foro disponibili; si sottolinea che la stima di tale intervallo tiene conto anche delle caratteristiche sedimentologiche e litologiche dei terreni, nonché del grado di alterazione, fessurazione e carsismo dei singoli ammassi rocciosi.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
76 di 97

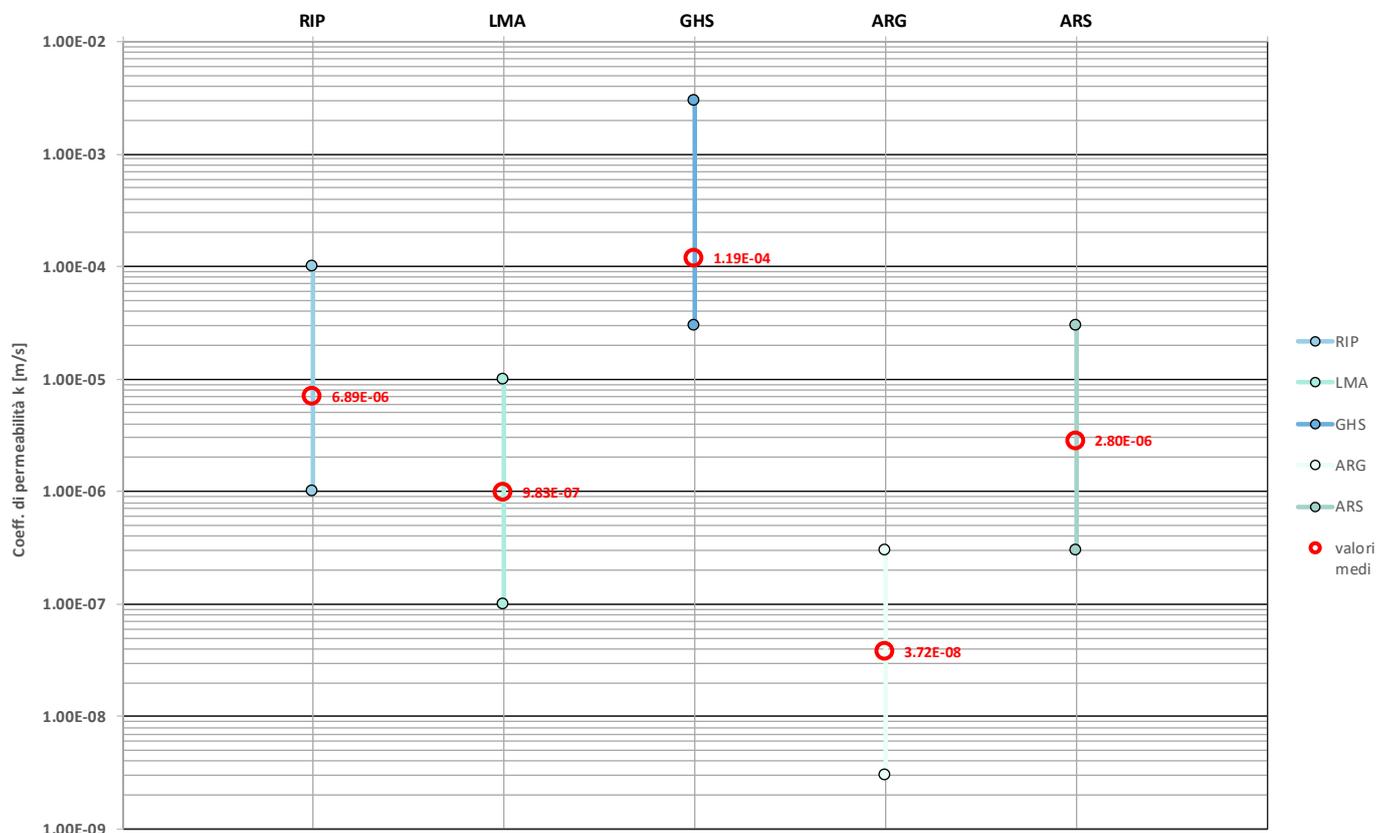


Figura 11.4 – Valori di permeabilità medi (cerchi rossi) e dell'intervallo di ragionevole variazione (linee colorate) distinti per complessi idrogeologici

11.3.2. Complessi delle unità del substrato

Questo gruppo è rappresentato da due distinti complessi idrogeologici, costituiti da successioni torbiditiche cretatiche.

11.3.2.1. Complesso Argillitico (ARG)

Al presente complesso sono associati i terreni prevalentemente argillitici e siltitici, di basso grado metamorfico, delle unità MTE, MIG e AGF. Si tratta di torbiditi caratterizzate da marcata fissilità, costituite da argilliti siltose nerastre con intercalazioni di arenarie siltose e siltiti arenacee fini, in rapporti variabili e di argilloscisti filladici neri con intercalazioni di metasiltiti.

Costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nello specifico contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli *acquiclude* significativi. Infatti, la circolazione idrica sotterranea è prevalentemente limitata alla porzione corticale dell'ammasso roccioso, ovvero alla coltre alterata superficiale; caratterizzata da porosità secondaria più elevata rispetto quella della roccia integra e pertanto da un maggior grado di conducibilità idraulica relativa. Ne consegue una modesta circolazione idrica superficiale, con relativo adattamento della superficie piezometrica alla morfologia del territorio (deflusso secondo le curve di pendenza). Tali falde idriche superficiali sono caratterizzate da limitate potenzialità e sono strettamente collegate alla stagionalità ed alla variabilità degli apporti meteorici.

La permeabilità, per fessurazione, è generalmente da molto bassa a bassa. A tale complesso si può attribuire, quindi, un coefficiente di permeabilità k variabile tra $3 \cdot 10^{-9}$ e $3 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
77 di 97

11.3.2.2. Complesso arenitico-siltoso (ARS)

Al presente complesso sono associati i terreni *flyschoidi* dell'unità ROC. Si tratta di torbiditi caratterizzate da alternanze di areniti fini, siltiti marnose ed argilliti, in strati da centimetrici a decimetrici.

Costituiscono acquiferi misti di modesta trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche di ridotta rilevanza, generalmente discontinue e limitate alla fascia corticale più fratturata ed alterata. Sono presenti sorgenti con scarsissima portate, spesso non permanenti o con spiccata variabilità stagionale. La permeabilità, per fessurazione, è generalmente da bassa a media. A questo complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k compreso tra $3 \cdot 10^{-7}$ e $3 \cdot 10^{-5}$ m/s.

11.3.3. *Complessi dei depositi di copertura*

Tale gruppo è rappresentato da tre differenti complessi idrogeologici, composti essenzialmente da depositi quaternari di natura antropica, alluvionale e detritico-colluviale.

11.3.3.1. Complesso dei terreni di riporto (RIP)

A tale complesso sono associati i terreni di origine antropica dell'unità r. Si tratta di depositi eterogenei ed eterometrici, con spessori variabili, derivanti dalle estese attività di trasformazione antropica del territorio e sono generalmente costituiti da ghiaie e sabbie in matrice limosa e limoso-argillosa, con presenza di frammenti di laterizi e resti vegetali.

Costituiscono acquiferi porosi di scarsa trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono privi di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di modeste falde a carattere stagionale. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa a media. Al complesso in questione si può attribuire, quindi, un coefficiente di permeabilità k compreso tra $1 \cdot 10^{-6}$ e $1 \cdot 10^{-4}$ m/s.

11.3.3.2. Complesso ghiaioso-sabbioso (GHS)

A tale complesso sono associati i terreni alluvionali e marini ed i depositi d'alveo attuali grossolani (sabbie e ghiaie) delle unità a e b. Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbioso-limosa e sabbioso-argillosa, da scarsa ad abbondante. Talora sono presenti blocchi e/o lenti isolate di materiali fini. Al tetto delle alluvioni è presente una copertura pressoché continua di terreni di riporto, generalmente grossolani, in spessori mediamente compresi tra i 2÷4 metri.

Costituiscono acquiferi porosi di buona trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di una falda idrica di particolare rilevanza, globalmente a deflusso unitario, che può avere interscambi con i corpi idrici superficiali e sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. Gli apporti idrici sono dovuti sia ad infiltrazione diretta che ad alimentazione di subalveo del torrente Polcevera e la normale direzione del deflusso delle acque segue la direzione dell'asse vallivo. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da media ad alta. Al presente complesso può essere attribuito un coefficiente di permeabilità k compreso tra $3 \cdot 10^{-5}$ e $3 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Per quanto riguarda i profili idrogeologici, al complesso GHS sono associate le unità G e S.

11.3.3.3. Complesso limoso-argilloso (LMA)

A tale complesso sono associati i terreni alluvionali fini (limi e argille) dell'unità b, le coltri eluvio-colluviali dell'unità b_2 ed i depositi franosi delle unità fa e fq. Si tratta di depositi composti da materiali di pezzatura variabile con frequente ed abbondante frazione fine costituiti prevalentemente da argille limose grigie e depositi continentali di versante e di alterazione del substrato, costituiti da clasti eterometrici, a matrice sabbioso-limosa.

Costituiscono acquiferi porosi di scarsa trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono privi di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di modeste falde a carattere stagionale. Per quanto riguarda l'unità

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
78 di 97

argilloso-limosa presente all'interno dei depositi alluvionali del fondovalle, non essendo caratterizzata da continuità sia longitudinale sia trasversale alla valle, non si configura come un *acquicluda* in grado di dividere l'acquifero alluvionale grossolano in due corpi tra loro distinti, bensì come unità a comportamento acquitardo. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è generalmente bassa. Al complesso in questione si può attribuire, quindi, un coefficiente di permeabilità k compreso tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Per quanto riguarda i profili idrogeologici, al complesso LMA sono associate le unità L, A, b2, c, fa e fq.

11.3.4. Valori di permeabilità dei complessi idrogeologici

In Tabella 11.3 si riporta il quadro riassuntivo dei complessi idrogeologici descritti al paragrafo precedente, con l'indicazione del tipo di permeabilità, dell'intervallo di ragionevole variazione del coefficiente di permeabilità e del valore di riferimento dello stesso.

Tabella 11.3 – Riepilogo delle caratteristiche di permeabilità dei complessi idrogeologici individuati

Complesso idrogeologico	Tipo di permeabilità	Intervallo di permeabilità [m/s]	Permeabilità di riferimento [m/s]	Unità corrispondenti in carta geologica	Unità corrispondenti in profilo geologico
ARG	Fessurazione	3 E-09 ÷ 3 E-07	3 E-08	MTE, MIG, AGF	MTE, MIG, AGF
ARS	Fessurazione	3 E-07 ÷ 3 E-05	3 E-06	ROC	ROC
RIP	Porosità	1 E-06 ÷ 1 E-04	1 E-05	r	r
GHS	Porosità	3 E-05 ÷ 3 E-03	1 E-04	a, b	G, S
LMA	Porosità	1 E-07 ÷ 1 E-05	1 E-06	b2, fa, fq	A, L, b2, c, fa, fq

11.4. Condizioni di deflusso idrico sotterraneo

I dati raccolti durante lo studio condotto, di carattere geologico ed idrogeologico, hanno permesso di definire le caratteristiche generali dell'area e di individuare, nel dettaglio, il regime di deflusso idrico sotterraneo proprio del settore di interesse. Le suddette valutazioni hanno quindi consentito di ricostruire sia l'andamento della superficie piezometrica sia le principali direttrici di deflusso idrico sotterraneo.

Si sottolinea che le ricostruzioni del livello piezometrico in profilo derivano da un'analisi approfondita dei dati di monitoraggio strumentale a disposizione, opportunamente integrati con tutte le informazioni raccolte circa l'assetto idrogeologico e stratigrafico-strutturale dell'area.

I litotipi prevalentemente argillitici del substrato (**ARG**) presentano una permeabilità per fessurazione variabile da molto bassa a bassa e, quindi, sono caratterizzati dall'assenza di falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza. Nello schema di circolazione idrica dell'area, tali terreni possono quindi essere considerati come degli *acquicluda* di notevole importanza, in quanto tamponano lateralmente e verticalmente gli acquiferi sotterranei più importanti.

I litotipi arenitico-siltosi del substrato (**ARS**), diversamente, rappresentano degli acquiferi di modesta rilevanza dal punto di vista idrogeologico. In generale, sono sede di falde sotterranee di scarsa importanza, in quanto contraddistinte da un deflusso idrico sotterraneo frazionato e fortemente eterogeneo. Le suddette falde presentano un carattere sia perenne sia stagionale e risultano spesso sostenute dagli orizzonti meno permeabili delle successioni di substrato. Le direzioni di deflusso sono ovviamente piuttosto eterogenee e, molto spesso, risultano direttamente influenzate dal locale stato di fratturazione dell'ammasso e dalla presenza di elementi tettonici.

I sedimenti alluvionali più grossolani (**GHS**) rappresentano degli acquiferi di particolare rilevanza, in quanto caratterizzati da notevole estensione areale e buona trasmissività. Costituiscono dei sistemi idrogeologici particolarmente articolati e complessi, in quanto direttamente influenzati dalle forti variazioni granulometriche dei

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
79 di 97

depositi e dalla presenza di locali intercalazioni pelitiche di bassa permeabilità. Sono sede di un unico corpo idrico, globalmente a deflusso unitario, i cui apporti sono dovuti sia ad infiltrazione diretta sia ad alimentazione di subalveo del torrente Polcevera; la normale direzione del deflusso delle acque segue la direzione dell'asse vallivo.

I depositi di copertura più fini (**LMA**), invece, non presentano corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza, sia per la scarsa trasmissività dei terreni che per il ridotto spessore degli stessi. Pertanto, la circolazione idrica avviene principalmente in senso verticale, tramite il passaggio delle acque meteoriche dalla superficie topografica alle falde più profonde degli acquiferi sottostanti. Per quanto riguarda l'unità argilloso-limosa presente all'interno dei depositi alluvionali del fondovalle, non essendo caratterizzata da continuità sia longitudinale sia trasversale alla valle, non si configura come un *acquiclude* in grado di dividere l'acquifero alluvionale grossolano in due corpi tra loro distinti, bensì come unità a comportamento acquitardo.

Localmente sono presenti depositi di copertura di origine antropica (**RIP**), costituiti generalmente da depositi grossolani in matrice limoso-argillosa. Costituiscono acquiferi porosi di scarsa trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi e, in generale, sono privi di falde idriche di importanza significativa, a meno di modesti acquiferi a carattere stagionale.

In generale, la circolazione idrica sotterranea avviene nell'unità alluvionale più permeabile del fondovalle, dove si rinviene un'importante falda freatica contenuta sempre all'interno dei depositi alluvionali olocenici. Tale falda è caratterizzata da una superficie piezometrica piuttosto superficiale che, in generale, segue l'andamento morfologico del fondovalle. L'alimentazione deriva sia dall'infiltrazione diretta sia dall'alimentazione di subalveo del torrente Polcevera mentre, in misura minore, può essere legata ai travasi idrici sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe appartenenti ai litotipi arenitico-siltosi presenti sul versante vallivo in sinistra idraulica.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
80 di 97

12. MODELLO IDROGEOLOGICO DI RIFERIMENTO E POTENZIALI CRITICITÀ

12.1. Premessa

Di seguito vengono descritte le principali caratteristiche idrogeologiche dell'area di intervento, sulla base dei rilievi effettuati in campo e delle risultanze delle indagini in sito, facendo riferimento a quanto definito nella cartografia idrogeologica ed al profilo idrogeologico allegati allo studio, ai quali si rimanda per un'analisi di dettaglio.

12.2. Descrizione del modello idrogeologico di riferimento in asse al viadotto Polcevera

Da un punto di vista idrogeologico, l'area di intervento è sostanzialmente riconducibile ad un corpo idrico principale a media permeabilità, costituito dal materasso alluvionale del torrente Polcevera, che poggia su un *bedrock* generalmente poco permeabile. In particolare, i depositi alluvionali del complesso ghiaioso-sabbioso (GHS) costituiscono un importante acquifero a carattere freatico con permeabilità delle alluvioni grossolane comprese tra $3 \cdot 10^{-5}$ e $3 \cdot 10^{-3}$ m/s; entro il materasso alluvionale non mancano tuttavia orizzonti fini poco permeabili riconducibili al complesso limoso-argilloso (LMA) a permeabilità medio bassa ($k = 10^{-7} \div 10^{-5}$ m/s), che tuttavia non modificano significativamente la trasmissività dell'acquifero.

Le formazioni di substrato appaiono, in genere, caratterizzati da una bassa permeabilità secondaria per fratturazione, con valori di k variabili tra $3 \cdot 10^{-9}$ e $3 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Il monitoraggio in corso sui piezometri installati durante la campagna Italferr 2019, nell'area di fondovalle indica la presenza di una falda freatica con valori di soggiacenza di circa 4-6 metri; il valore di circa 9 metri rilevato in corrispondenza dello strumento IFPM11 è comunque concorde con i dati relativi ai piezometri limitrofi, in ragione della maggiore elevazione del piano campagna in corrispondenza di quest'ultimo sondaggio. Per quanto riguarda i versanti in destra e sinistra idraulica, essi sono caratterizzati da una modesta circolazione idrica superficiale, con la formazione di locali falde idriche al contatto tra la formazione di substrato e la coltre di copertura; esse sono caratterizzate da limitate potenzialità e sono strettamente collegate alla stagionalità ed alla variabilità degli apporti meteorici. In questo ambito sono, ad oggi, disponibili le letture effettuate sul piezometro IFPM16, sul versante in destra idraulica. tale strumento segnala una soggiacenza di circa 4 metri, all'interno della coltre di copertura del *bedrock*.

12.1. Descrizione delle sezioni idrogeologiche trasversali al viadotto Polcevera

Relativamente agli aspetti idrogeologici, per le sezioni idrogeologiche trasversali valgono in generale le stesse considerazioni relative al modello idrogeologico in asse al tracciato, con il materasso alluvionale del torrente Polcevera che poggia su un *bedrock* generalmente poco permeabile.

Tuttavia, le due sezioni differiscono sostanzialmente tra loro in termini di rapporti tra i materiali grossolani a media permeabilità (complesso GHS) e quelli invece più fini a permeabilità bassa (LMA).

In particolare, nella sezione A-A', realizzata sul lato ovest della valle, in prossimità della pila P4 e della pila P5 del viadotto, si alternano in proporzioni quasi simili terreni fini poco permeabili riconducibili al complesso limoso-argilloso (LMA), caratterizzato da valori di permeabilità k compresi tra $10^{-7} \div 10^{-5}$ m/s, e terreni a media permeabilità ($k=3 \cdot 10^{-5} \div 3 \cdot 10^{-3}$ m/s) riferibili al complesso ghiaioso-sabbioso (GHS). Al contrario, la sezione B-B', realizzata grossomodo al centro della Valle ed in prossimità delle pile P10 e P11, dominano i terreni grossolani del complesso ghiaioso-sabbioso (GHS), con valori di permeabilità compresi tra $3 \cdot 10^{-5}$ e $3 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Relativamente ai livelli piezometrici in corrispondenza delle due sezioni, gli unici dati disponibili sono riferibili al monitoraggio in corso sui piezometri installati durante la campagna Italferr 2019, i quali mostrano, in corrispondenza delle sezioni trasversali, valori di soggiacenza della falda freatica compresi 4-5 metri di profondità da p.c..

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
81 di 97

13. SISMICITÀ DELL'AREA

13.1. Classificazione sismica e pericolosità sismica di base

La classificazione sismica del territorio nazionale è stata elaborata e rivista in seguito ai principali terremoti; tra questi, in particolare, quelli verificatisi in Irpinia nel 1980 ed in Molise nel 2002.

Fino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione; la sismicità era definita attraverso il grado di sismicità S.

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato, in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni), da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo. A tal fine è stata pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003. Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone (da 1 a 4), a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

A seguito dell'emanazione dei criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche da parte dello Stato, inseriti prima nell'allegato 1 dell'OPCM 3274/03 e in seguito aggiornati con l'OPCM 3519/06, la Regione Liguria ha individuato le zone sismiche e ha stilato un elenco regionale dei comuni in zona sismica (DGR n.530/2003). Con l'ufficializzazione della mappa di pericolosità sismica pubblicata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e allegata alla stessa OPCM 3519/06 è stata approvata con DGR n.1308 del 24 ottobre 2008 (pubblicata sul Burl n.47 del 19 novembre 2008) la nuova classificazione sismica della Regione Liguria, successivamente modificata con DGR n.1362 del 19 novembre 2010, con DGR n.216 del 17 marzo 2017 e con DGR n.962 del 23 novembre 2018.

Il Comune di Genova risulta classificato in zona "3", come riportato in Figura 13.1.

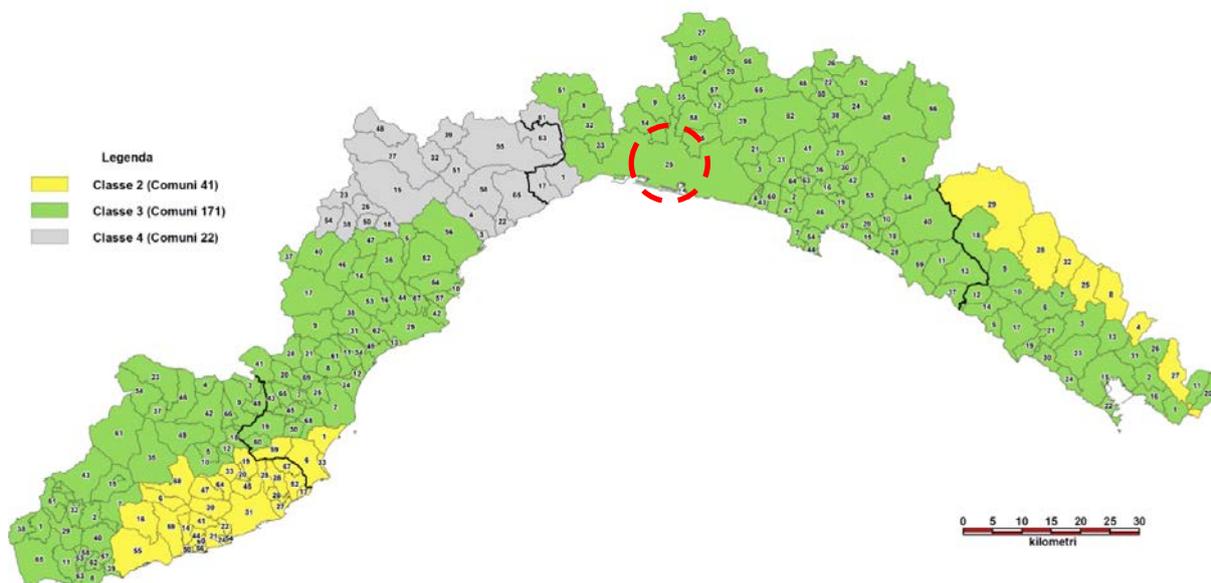


Figura 13.1 – Classificazione sismica della Regione Liguria (da www.regione.liguria.it; scala grafica). In rosso l'area di studio

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
82 di 97

Le novità introdotte con l'ordinanza sono state pienamente recepite e ulteriormente affinate, grazie anche agli studi svolti dai centri di competenza (INGV, Reluis, Eucentre). Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall'OPCM 3274/03, è stato adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006.

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'OPCM n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche (Tabella 13.1). Le Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008 hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona, e quindi per ciascun comune, precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dal 1° luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

L'azione sismica viene valutata in condizioni di campo libero (cioè in assenza di manufatti), su sito di riferimento rigido (di categoria A), a superficie orizzontale (superficie topografica di categoria T1), riferendosi alla definizione di "pericolosità sismica di base", fornita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) (Figura 13.2).

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica "probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} ":

a_g : accelerazione massima su suolo tipo A;

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_{C*} : periodo di riferimento che consente di calcolare il periodo T_C corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro.

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del Comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).

Tabella 13.1 – Valori di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferito a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s,30} > 800$ m/s

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche, a_g/g)
1	>0.25	0.35
2	0.15 ÷ 0.25	0.25
3	0.05 ÷ 0.15	0.15
4	<0.05	0.05

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
83 di 97



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressi in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

referita a suoli rigidi ($V_{s,30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

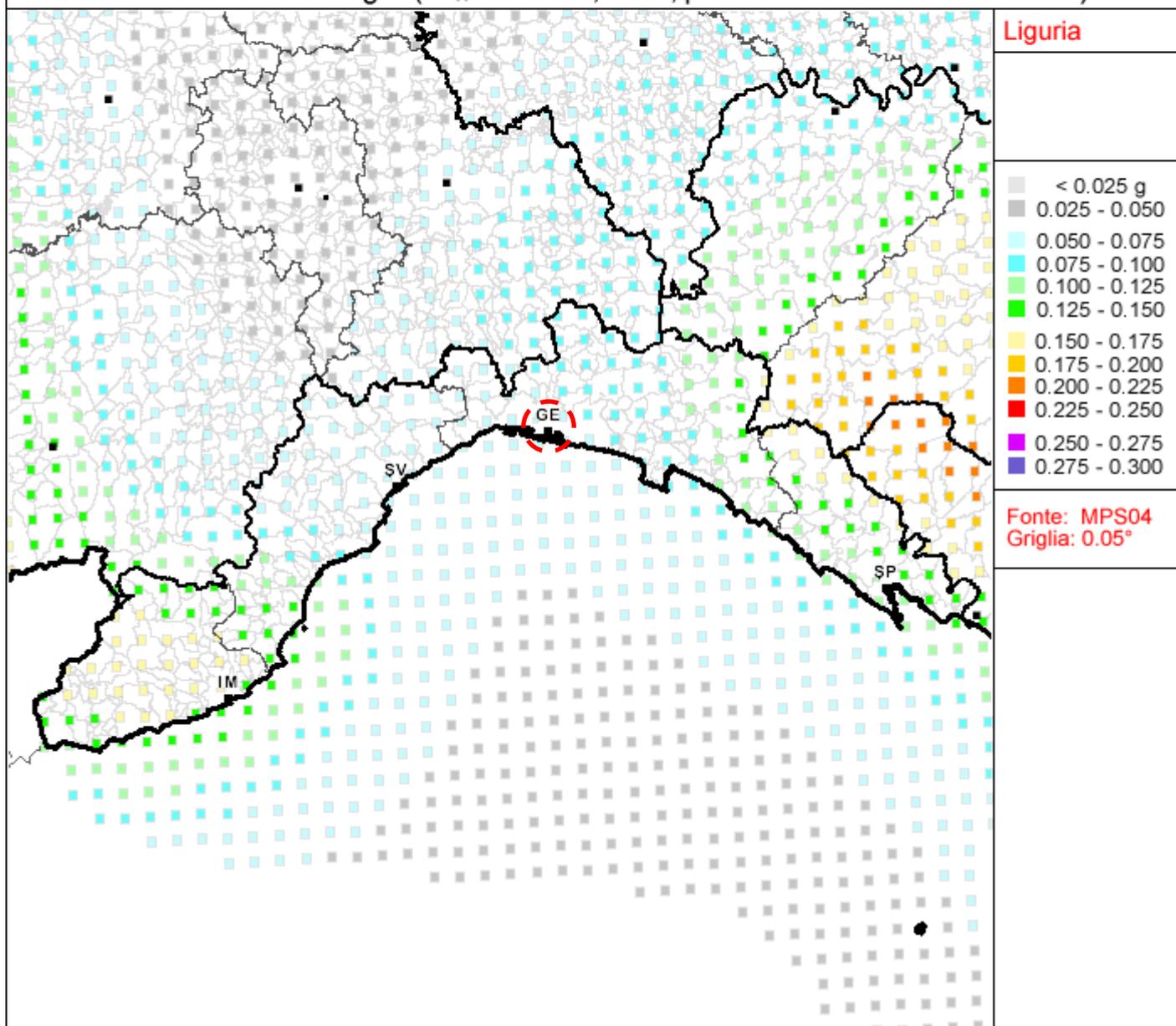


Figura 13.2 – Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ($V_{s,30} > 800$ m/s) – da INGV. In rosso l'area di studio

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
84 di 97

In Tabella 13.2 vengono forniti, per periodi di ritorno T_R di 30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni, i valori dei parametri a_g , F_0 e T_{C^*} da utilizzare per definire l'azione sismica nei diversi stati limite considerati.

Tabella 13.2 – Valori dei parametri di a_g , F_0 , T_{C^*} per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_0	T_{C^*}
30	0.023	2.548	0.183
50	0.029	2.523	0.206
72	0.034	2.542	0.221
101	0.038	2.554	0.242
140	0.043	2.523	0.265
201	0.050	2.527	0.270
475	0.068	2.535	0.287
975	0.087	2.533	0.297
2475	0.119	2.524	0.305

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

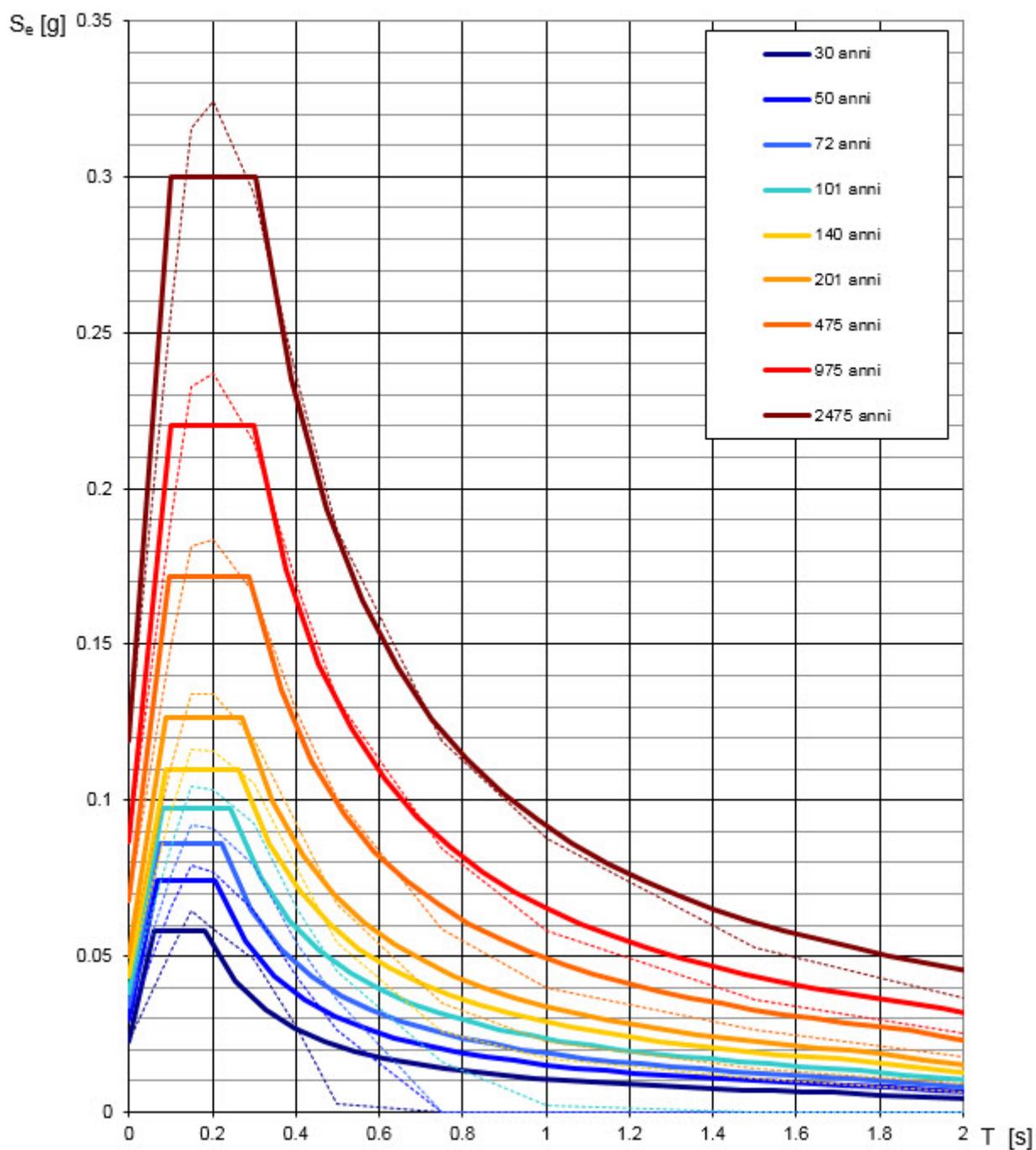
Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
85 di 97

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

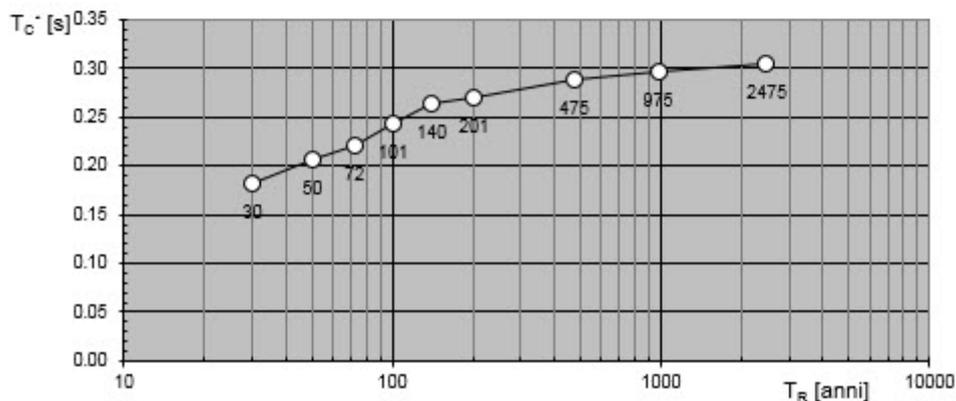
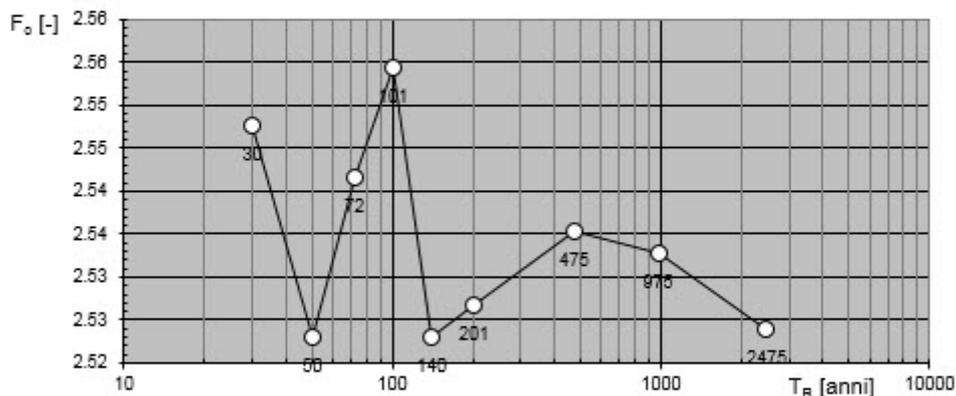
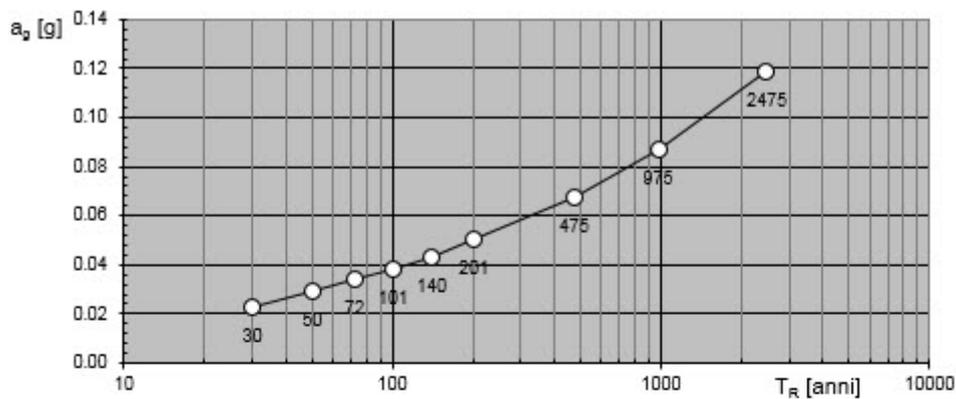
Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
86 di 97

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
87 di 97

13.2. Sismicità storica

Al fine di inquadrare dal punto di vista della sismicità storica l'area in esame, si riporta di seguito un riepilogo delle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno che hanno interessato storicamente il Comune di Genova.

Nello specifico, le informazioni riportate di seguito derivano dalla consultazione del DBMI15 (Locati et al., 2016), il database macrosismico utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (Rovida et al., 2016, consultabile on-line al sito <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>).

Nella successiva Tabella 9.3 sono indicati con i seguenti simboli:

Is = intensità in sito (MCS);

Anno = anno Me = mese Gi = giorno Or = ora Mi = minuto Se = secondo;

NMDP = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto;

Io = intensità massima (MCS);

Mw = magnitudo momento.

Tabella 13.3 – Storia sismica del Comune di Genova [44.419, 8.898]

Is	Anno Me Gi Or Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1182 08 15	Genova	1	6	4,63
5-6	1217 01 08	Genova	1	5-6	4,4
5-6	1222 12 25 12 30	Bresciano-Veronese	18	7-8	5,68
5	1276 07 29 18 30	Monferrato	9	5	4,81
6	1536 08 10 23	Genova	1	6	4,63
5	1541 10 22 18	Valle Scrivia	9	7	5,26
4-5	1612 01 31	Liguria occidentale	6	6-7	4,86
4	1644 02 15 04 30	Alpes Niçoises	29	8	5,74
4	1695 02 25 05 30	Asolano	107	10	6,4
F	1703 12 21 21	Piemonte-Liguria	3	4	3,7
5	1704 05 13 12 15	Riviera Ligure	4	5	4,16
5	1704 05 14 00 45	Riviera Ligure	2	5	4,16
3	1720 01 10	Toscana settentrionale	3	4-5	3,93
3	1730 03 29 00 05	Versilia	4	4	3,7
F	1732 05 21	Livorno	2	4-5	3,93
F	1738 11 05 00 30	Emilia occidentale	10	7	5,1
5	1740 03 06 05 40	Garfagnana	32	8	5,64
3	1742 01 27 11 20	Livornese	16	6	4,87
5	1751 11 21	Liguria	6	4	3,7
4-5	1759 05 26 22 15	Pavese	4	5	4,16
F	1767 01 21 07 45	Lunigiana	10	7	5,27
F	1767 01 21 09	Lunigiana	7	5-6	4,6
6-7	1767 02 07 03 45	Genovese	10	6	4,98

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
88 di 97

Is	Anno Me Gi Or Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3	1775 01 04 18	Appennino emiliano	6	4	4,43
3	1775 01 05 22 45	Appennino emiliano	7	5	4,55
F	1778 02 18 02 18	Lunigiana	2	4-5	3,93
3	1786 12 25 01	Riminese	90	8	5,66
3-4	1796 10 22 04	Emilia orientale	27	7	5,45
4	1802 05 12 09 30	Valle dell'Oglio	94	8	5,6
3-4	1806 02 12	Reggiano	28	7	5,21
5	1806 03 31	Liguria occidentale	6	5	4,62
2	1807 09 05 01 30	Liguria occidentale	10	5-6	4,81
3	1808 04 02 16 43	Val Pellice	105	8	5,64
3	1808 04 16 01 15	Val Pellice	21	7	5,34
F	1810 12 25 00 45	Pianura emiliana	33	6	5,06
4	1811 07 15 22 44	Modenese-Reggiano	19	6-7	5,13
F	1814 04 03	Costa pisano-livornese	4	6-7	5,12
3	1818 02 23 18 10	Liguria occidentale	45	7	5,32
3	1818 12 09 18 55	Parmense	26	7	5,24
NF	1824 02 04 21 50	Oltrepò Pavese	8	5	4,49
F	1826 06 24 12 15	Garda occidentale	20	5	4,62
6	1828 10 09 02 20	Oltrepò Pavese	110	8	5,72
4	1828 10 09 08	Oltrepò Pavese	6		
4	1828 10 10 01 30	Oltrepò Pavese	18		
4	1831 05 26 10 30	Liguria occidentale	33	8	5,56
2-3	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8	5,48
2	1832 03 11 06 45	Carpi	14	5	4,51
3	1832 03 11 08 45	Parmense	14		
4	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5,51
5	1834 02 14 13 15	Val di Taro-Lunigiana	112	9	5,96
4-5	1834 07 04 00 45	Val di Taro-Lunigiana	24	6-7	5,08
3	1837 04 11 17	Lunigiana	60	9	5,94
2	1843 10 25 03 30	Mugello	17	6-7	5,03
3	1846 08 14 12	Colline Pisane	121	9	6,04
4	1849 11 28 18	Val di Taro	7	6	4,63
3	1851 02 05 09 50	Valtellina	30	5	4,72
4-5	1854 12 29 01 45	Liguria occidentale	86	7-8	5,72
NF	1857 02 01	Parmense-Reggiano	22	6-7	5,11
4	1861 03 16	Varese Ligure	2	6	4,63
3	1869 12 13 02 53	Sassuolo	13	5	4,57
2-3	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5,85
3	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10	6,29
4-5	1873 09 17	Appennino tosco-ligure	64	6-7	5,26
3	1878 09 10 13 31	Lunigiana	12	6-7	4,98
NF	1882 02 15 05	Val Borbera	18	6	4,77

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
89 di 97

Is	Anno Me Gi Or Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3	1886 09 05	Torinese	101	7	5,22
6-7	1887 02 23 05 21 50.00	Liguria occidentale	1511	9	6,27
4	1891 06 07 01 06 14.00	Valle d'Ilasi	403	8-9	5,87
F	1894 11 27 05 07	Bresciano	183	6	4,89
2-3	1897 07 06 20 44	Mar Ligure	62	5	4,22
3	1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8	5,37
3	1901 01 23 00 17 10.00	Oltrepò Pavese	90	5	4,23
4	1901 10 30 14 49 58.00	Garda occidentale	289	7-8	5,44
3	1902 08 04 22 36 10.00	Lunigiana	60	6	4,78
3-4	1903 07 27 03 46	Lunigiana	79	7-8	5,19
2-3	1906 08 11 09 58	Liguria occidentale	82	5	4,41
4	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5,36
3	1910 01 23 01 50	Piacentino	118	5	4,39
2-3	1913 12 07 01 28	Valle Scrivia	56	5	4,57
3-4	1914 10 26 03 43 22.00	Torinese	63	7	5,24
4	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5,63
3	1915 10 10 23 10	Reggiano	30	6	4,87
F	1916 08 16 07 06 14.00	Riminense	257	8	5,82
3	1917 01 07 03 39	Savonese	32	5	4,35
F	1919 06 29 15 06 13.00	Mugello	565	10	6,38
6	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	750	10	6,53
5	1924 09 21 20 18	Genovese	11	5	4,32
2	1926 01 01 18 04 03.00	Carniola interna	63	7-8	5,72
3	1927 10 28 21 49	Alta Val di Taro	39	6	4,66
2-3	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5,13
3-4	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5,36
3	1929 04 22 08 26	Bolognese	41	6-7	5,1
4	1929 04 29 18 36	Bolognese	45	6	5,2
3-4	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5,29
2	1935 03 19 07 27 17.00	Embrunais	254	7	5,25
3	1937 12 10 18 04	Frignano	28	6	5,3
3	1939 10 15 14 05	Garfagnana	62	6-7	4,96
3	1939 10 31 06 47	Lunigiana	19	5-6	4,85
3	1940 01 24 23 32 16.00	Appennino emiliano	6		
3	1945 12 15 05 27	Oltrepò Pavese	12	6	4,72
3-4	1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5,17
3	1959 01 26 05 35 40.00	Alta Val di Taro	14	5	4,27
F	1963 07 19 05 46 01.50	Mar Ligure	412		5,95
F	1968 04 18 19 38 15.00	Liguria occidentale	51	7-8	4,93
3	1970 12 31 22 04 46.00	Liguria occidentale	79	6	4,62
3	1971 07 15 01 33 23.00	Parmense	228	8	5,51
3-4	1971 09 25 10 34 02.40	Mar Ligure	31	5-6	4,33

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
90 di 97

Is	Anno Me Gi Or Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1972 10 25 21 56 11.31	Appennino settentrionale	198	5	4,87
3-4	1975 11 16 13 04 25.14	Appennino piacentino	10	4-5	4,93
3-4	1976 05 06 20	Friuli	770	9-10	6,45
3	1976 08 22 02 49 13.00	Alta Val di Taro	26	5	4,54
3	1976 09 15 09 21 19.01	Friuli	54	8-9	5,95
NF	1978 12 05 15 39 04.00	Romagna	34	4-5	4,61
3	1979 02 09 14 44	Bergamasco	73	6	4,78
F	1980 01 05 14 32 26.00	Torinese	120	6-7	4,82
2-3	1980 06 07 18 35 01.00	Garfagnana	102	6-7	4,64
3-4	1980 12 23 12 01 06.00	Piacentino	69	6-7	4,57
4	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5,04
NF	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5,62
3	1989 12 26 19 59 58.42	Mar Ligure	290		4,46
4	1993 07 17 10 34 59.70	Liguria occidentale	336	5	4,34
NF	1995 10 10 06 54 21.72	Lunigiana	341	7	4,82
3	1996 10 15 09 55 59.95	Pianura emiliana	135	7	5,38
2	2000 08 21 17 14	Monferrato	595	6	4,94
3-4	2001 02 06 22 28 44.36	Mar Ligure	47	4-5	4,17
4-5	2003 04 11 09 26 57.78	Valle Scrivia	78	6-7	4,81
4	2004 11 24 22 59 38.55	Garda occidentale	176	7-8	4,99
NF	2005 04 13 18 46 07.69	Valle del Trebbia	163	4	3,68
NF	2005 04 18 10 59 18.56	Valle del Trebbia	284	4	3,97
4	2008 12 23 15 24 21.77	Parmense	291	6-7	5,36

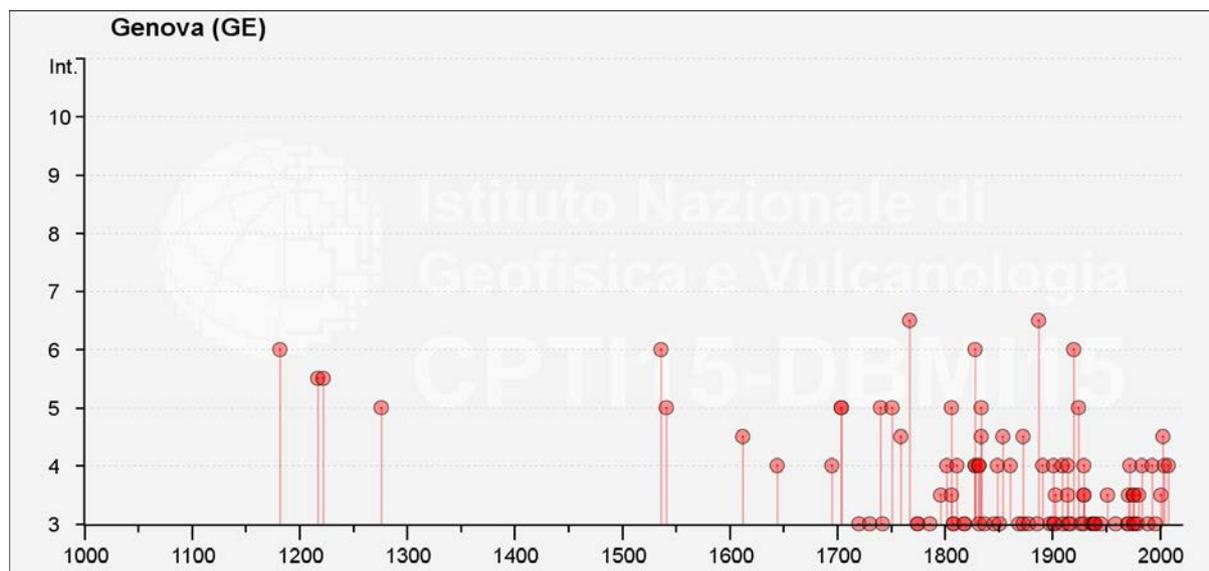


Figura 13.3 – Storia sismica del Comune di Genova [44.419, 8.898]

Contraente 		Progettista 			
Doc. N.	Progetto NG12	Lotto 00	Codifica Documento E 69 RG GE0001 C01	Rev. A	Foglio 91 di 97

13.3. Sorgenti sismogenetiche e faglie capaci

Recentemente è stata presentata la nuova versione (vers. 3.2) del database “A compilation of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy and sur-rounding areas”, inizialmente divulgato in forma preliminare nel luglio 2000 come versione 1.0 e quindi pubblicato nel 2001 come versione 2.0 (Valensise & Pantosti, 2001).

Il Database contiene sorgenti sismogenetiche individuali e composite ritenute in grado di generare grandi terremoti. La nuova versione del Database contiene oltre 100 sorgenti sismogenetiche identificate attraverso studi geologico-geofisici (70% in più rispetto alla precedente versione). Tali sorgenti ricadono sull’intero territorio italiano e su alcune regioni confinanti.

L’assetto di queste sorgenti fornisce informazioni sull’andamento dei maggiori sistemi di faglie attive, consentendo in alcuni casi di individuare aree di potenziale gap sismico.

Obiettivo del Database è quello di rendere quanto più possibile completa l’informazione sulle sorgenti sismogenetiche potenziali del territorio nazionale; per questa ragione, oltre ad un numero maggiore di sorgenti individuali, viene proposta una forma di rappresentazione e caratterizzazione di tutte le aree che, pur essendo certamente in grado di generare forti terremoti, sono ancora poco comprese. È stata pertanto istituita una nuova categoria di aree sismogenetiche per le quali, in analogia con quanto proposto dalla nuova zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti & Valensise, 2004), viene fornita la localizzazione geografica, la stima del meccanismo di fagliazione, la profondità efficace e la magnitudo massima attesa.

Dall’esame del Database, le sorgenti sismogenetiche composite (Figura 9.4) più vicine al territorio di Genova sono: la sorgente Imperia Promontory (ITCS022) e la sorgente Lunigiana (ITCS026). Le principali informazioni di riferimento per ciascuna sorgente sono riportate in Figura 9.5 e Figura 9.6.

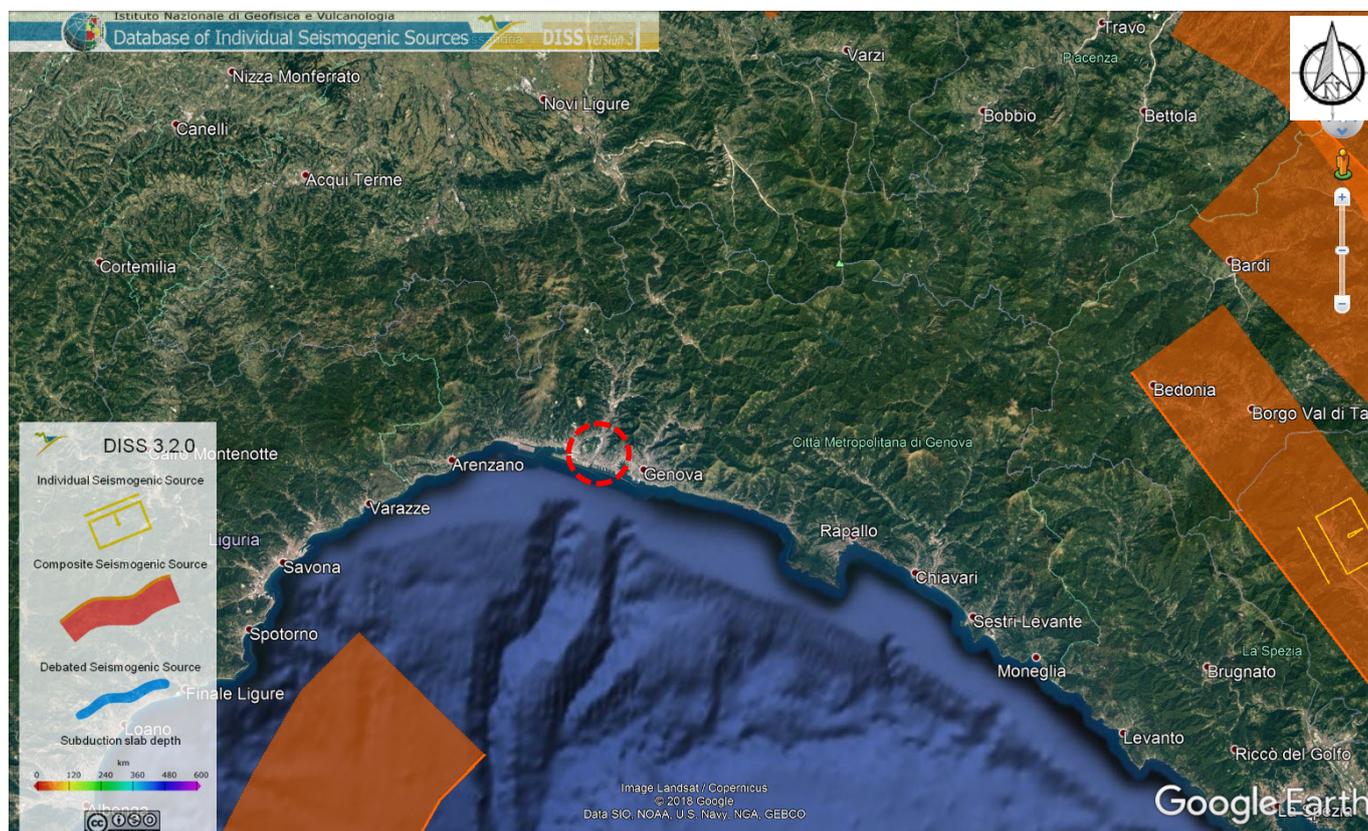


Figura 13.4 – Sorgenti sismogenetiche contenute nella nuova versione del “Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy” per l’area in oggetto. In rosso l’area di studio

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
92 di 97

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Min depth [km]	2.5	LD	Based on geological and morphobathymetric data by Larroque et al. (2011).
Max depth [km]	15.0	EJ	Assumed to be about the same as the base of lower crust.
Strike [deg] min... max	200...250	LD	Based on geological and morphobathymetric data by Larroque et al. (2011).
Dip [deg] min... max	25...50	EJ	Inferred from geophysical data.
Rake [deg] min... max	80...100	EJ	Inferred from active stress data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.25	EJ	Inferred from topographic and geological data (uplift) from various authors.
Max Magnitude [Mw]	6.6	EJ	Inferred from the largest known earthquake in the area.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 13.5 – Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta Imperia Promontory (ITCS022)

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Min depth [km]	1.0	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
Max depth [km]	10.0	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
Strike [deg] min... max	310...330	OD	Based on geological data.
Dip [deg] min... max	30...45	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
Rake [deg] min... max	260...280	EJ	Inferred from geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.0	EJ	Assumed from regional seismological data.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 13.6 – Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta Imperia Promontory (ITCS026)

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
93 di 97

Infine, la consultazione del database del progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults) ha permesso di verificare l'eventuale presenza di faglie capaci, definite come lineamenti tettonici attivi che possono potenzialmente creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche. In riferimento allo stralcio cartografico riportato in Figura 13.7, nell'area si può escludere la presenza di faglie capaci.

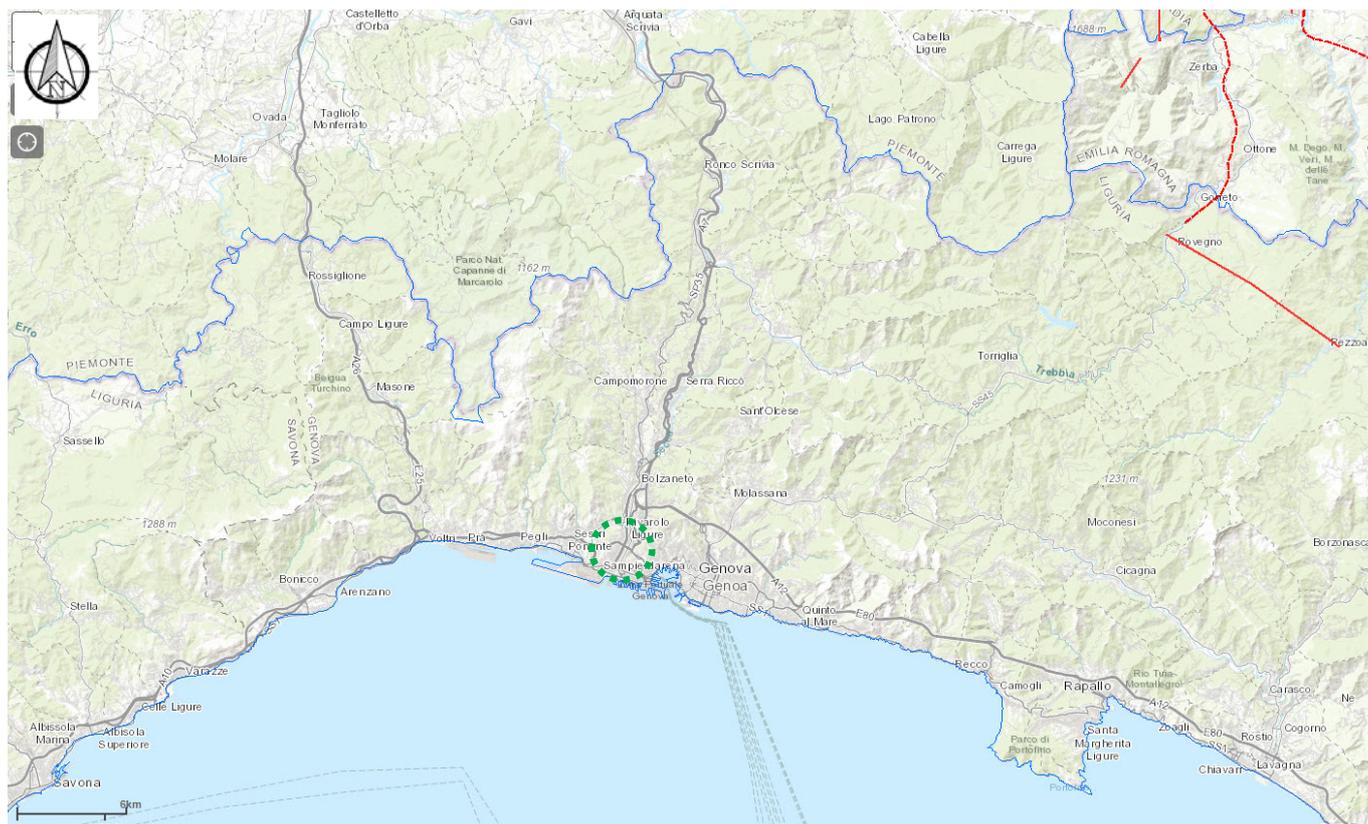


Figura 13.7 – Stralcio cartografico dell'area di interesse con indicazione delle faglie capaci (in rosso) (da <http://sgi.isprambiente.it/ArcGIS/rest/services/servizi/ithaca/MapServer>). In verde l'area di studio

13.4. Magnitudo di riferimento da ZS9

Sulla base delle originali elaborazioni relative alla definizione delle sorgenti sismogenetiche (DISS2.0-2001) è stato elaborato un modello sintetico che descrive la localizzazione delle sorgenti di futuri terremoti, la magnitudo massima che questi potranno raggiungere ed i *rate* di sismicità attesa zona per zona. Questo modello, che si pone come base per la redazione della carta di pericolosità sismica (Figura 13.8) è rappresentato dalla mappa delle zone sismogenetiche ZS9 (Meletti & Valensise, 2004).

In base alla zonazione sismogenetica ZS9 del territorio nazionale, la sismicità in Italia può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una legge di ricorrenza della magnitudo, espressa in termini di magnitudo momento M_w .

Nel caso di siti che ricadono al di fuori di tali zone si dovrà eseguire un'analisi accoppiata magnitudo distanza per il calcolo del valore di magnitudo in relazione alla distanza minima di ogni sito dalle zone sismogenetiche circostanti.

L'area di intervento ricade nelle immediate vicinanze (circa 5-6 km) della zona sismogenetica 911 "Tortona-Bobbio" (Figura 13.8) alla quale è associato un valore di magnitudo massima attesa di $M_{wmax}=6.14$ (Figura 13.9).

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
94 di 97

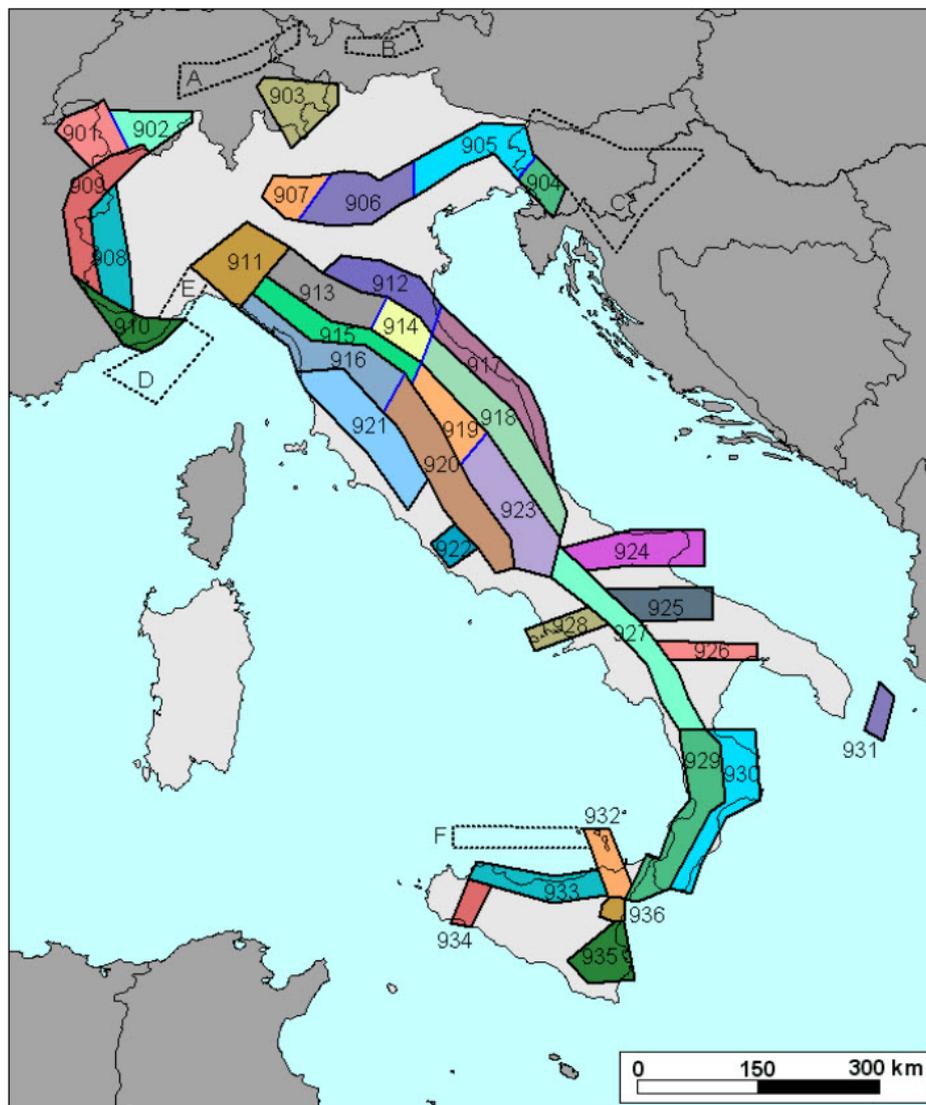


Figura 13.8 – Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Figura 13.9 – Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
95 di 97

13.5. Azione sismica di progetto

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

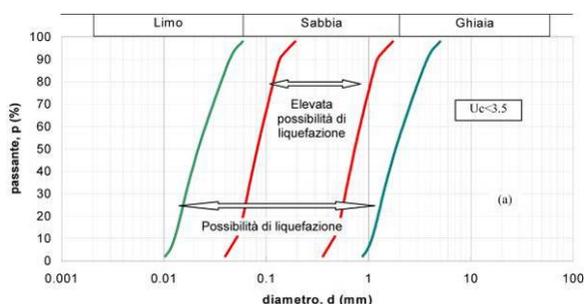
In riferimento al D.M. 17/01/2018, nel caso in esame non è possibile ricondurre chiaramente le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni alle categorie definite nella Tab. 3.2.II di detta normativa; si dovrà pertanto procedere alle specifiche analisi per la valutazione della Risposta Sismica Locale, per le quali si rimanda al documento “Relazione Sismica” redatta nell’ambito del presente progetto.

13.6. Suscettività ai fenomeni di liquefazione

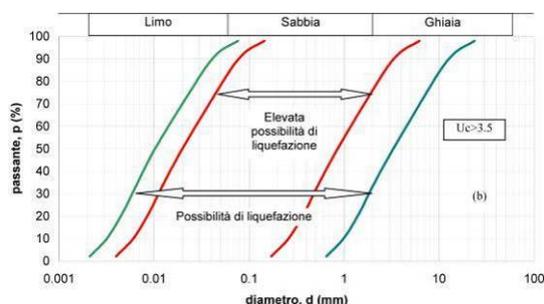
In terreni saturi sabbiosi sollecitati, in condizioni non drenate, da azioni cicliche dinamiche, il termine liquefazione comprende una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche. L’avvenuta liquefazione si manifesta, in presenza di manufatti, attraverso la perdita di capacità portante e/o lo sviluppo di elevati cedimenti e rotazioni.

In base ad D.M. 17/01/2018, la verifica di liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti minori di 0.1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite, con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa, e qc_{1N} è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche statiche (CPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel grafico a), nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ e nel grafico b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.



a)



b)

Nel caso in esame, non essendo nelle condizioni sopra elencate, ed essendo presenti nel primo sottosuolo terreni incoerenti saturi, è necessario valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione (F_L) attraverso opportune analisi, per le quali si rimanda al documento “Relazione Geotecnica Generale” redatta nell’ambito del presente progetto.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
96 di 97

14. BIBLIOGRAFIA

APAT (2007) - Rapporto sulle frane in Italia: il Progetto IFFI. Metodologia, risultati e rapporti regionali. Rapporti APAT, 78.

BRANDOLINI P., FIRPO M., MARINI M., PICCAZZO M., RAMELLA A. & TERRANOVA R. (1994) - Caratteristiche geomorfologiche ed evoluzione recente della piana del torrente Polcevera: rapporti con gli interventi antropici. Il Quaternario, 7 (1): 403-408.

BRANDOLINI P., CALDERONI G., GUIDO M.A., MONTANARI C., NICCHIA P., RAMELLA A. E TERRANOVA R. (2002) - Emergencias geomorfológico-paleoambientales de los depósitos cuaternarios en la llanura fluvial costera del torrente Polcevera (Liguria, norte de Italia). Revista de Geologia Aplicada a la Ingenieria y al Ambiente, n.17, Asociacion Argentina de Geologia Aplicada a la Ingenieria, Buenos aires: 29-38.

CAPPONI G. & CRISPINI L. (con la collaborazione di Bonci M.C., Bruzzo D., Cortesogno L., Del Tredici S., Firpo M., Gaggero L., Garofano M., Giammarino S., Lano M., Pacciani G., Piazza M., Perilli N., Piccazzo M., Ramella A., Vannucci G. & Vigo E.) (2008a) - Foglio 213-230 "Genova" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000. Apat-Regione Liguria, Selca, Firenze.

CAPPONI G. & CRISPINI L. (con la collaborazione di Bonci M.C., Cabella R., Cavallo C., Cortesogno L., Fabbri B., Federico L., Firpo M., Gaggero L., Nosengo S., Ottonello G., Piazza M., Perilli N., Piccazzo M., Ramella A., Spagnolo C., Vannucci G. & Vetuschi Zuccolini M.) (2008b) - Note Illustrative del Foglio 213-230 "Genova" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000. Apat-Regione Liguria, Selca, Firenze.

CRUDEN D.M. & VARNES D.J. (1996) - Landslide types and processes. In: Turner & Schuste (eds), Landslide investigation and mitigation, Special report 247, National Academy of Sciences, 36-75.

ELLERO A. (2000) - Assetto strutturale delle Unità Liguri Interne della Valpolcevera e dell'Alta Valle Scrivia (Appennino settentrionale). Boll. Soc. Geol. It., 119: 321-338, Roma.

LIMONCELLI B. & MARINI M. (1971) - Condizioni geologico-strutturali, idrografiche e geomorfologiche del territorio urbano della Città di Genova e loro riflessi applicativi. Tamburini Ed., 48 pp., Milano.

LOCATI M., CAMASSI R., ROVIDA A., ERCOLANI E., BERNARDINI F., CASTELLI V., CARACCILOLO C.H., TERTULLIANI A., ROSSI A., AZZARO R., D'AMICO S., CONTE S., ROCCHETTI E. (2016) - DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.

MARINI M. (1998) - Carta geologica della Val Polcevera e zone limitrofe (Appennino Settentrionale) alla scala 1:25.000. Note illustrative. Atti Tic. Sc. Terra, 40: 33-64, Pavia.

MELETTI C. & VALENSISE G. (a cura di) (2004) - Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20/03/2003 n.3274) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Zonazione sismogenetica ZS9, App.2 al Rapporto Conclusivo.

MUTTI E. & RICCI LUCCHI F. (1975) - Turbidite facies and facies associations. In: Examples of turbidite and facies associations from selected formations of the northern Apennines. 9th Int. Congr. sedimentology, guidebook: 21-36, Nizza.

POGGI E. (2011) - Rocce della Liguria. Il Piviere, Gavi (AL).

RAMSAY J.G. (1967) - Folding and fracturing of rocks. Mc Graw - Hill, 568 pp., New York.

RAMSAY J.G. (1980) - Shear zone geometry: a review. Journ. Struc. Geol., 2: 83-99.

Contraente



Progettista



Doc. N.

Progetto
NG12

Lotto
00

Codifica Documento
E 69 RG GE0001 C01

Rev.
A

Foglio
97 di 97

ROVIDA A., LOCATI M., CAMASSI R., LOLLI B., GASPERINI P., eds (2016) - CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.

VALENSISE G. & PANTOSTI D. (2001) - The investigation of potential earthquake sources in peninsular Italy: a review, *J. Seismol.*, 5, 287-306.

VANOSSI M., CORTESOGNO L., GALBIATI B., MESSIGA B., PICCARDO G. & VANNUCCI R. (1984) - Geologia delle Alpi Liguri: dati, problemi, ipotesi. *Mem. Soc. Geol. It.*, 28: 5-75, Roma.