COMMITTENTE

2.3.69.001

RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO

PROGETTAZIONE:

ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N 443/01

PROGETTO ESECUTIVO

POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE VOLTRI - BRIGNOLE

SPECIALIZZAZIONE LINEA DEI GIOVI AL TRAFFICO LOCALE CON ELIMINAZIONE DELLE INTERFERENZE IN AMBITO STAZIONE SAMPIERDARENA – RIPRISTINO DEL COLLEGAMENTO SANTA LIMBANIA - CAMPASSO

RELAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA / DISCIPLINA	PROGR.	REV.
GCE1	03	E	69	RG	GE0001	001	A

	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
	Emissione Esecutiva	ROMANO SALTAGNINI	Giugno 2008	POLIMENI		OCCIDENTE		MARCHESE

ITALFERR SpA
Dr. Geologo Francesco Marchese
Resp. U.O. Geologia
Ordine Geologi Lazio n. 179 es

File:		n. Elab

INDICE

1 INTRODUZIONE 3
2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO 4
3 ASSETTO TETTONICO STRUTTURALE 6
4 STRATIGRAFIA 11
5 SISMICITA' 14
6 INDAGINI GEOGNOSTICHE 15
7 GEOMORFOLOGIA 17
8 IDROGEOLOGIA 18
8.1 Classi di permeabilità 18
8.2 Piezometria e circolazione idrica sotterranea 21
9 CONDIZIONI GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE ATTESE 23
10BIBLIOGRAFIA 26

1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione vengono esaminati gli aspetti geologici, idrogeologici e geomorfologici relativi alla porzione di territorio interessata dal Progetto Esecutivo (Lotto 3) per il potenziamento infrastrutturale Voltri-Brignole, lungo la linea dei Giovi dal Bivio Polcevera alla stazione di Sampierdarena, e gli interventi di adeguamento a sagoma e ripristino delle gallerie esistenti della linea Santa Limbania – Campasso.

L'area di studio ricade nel settore occidentale della città di Genova, tra il Porto di Genova ed il Torrente Polcevera.

Il lavoro ha preso a riferimento dati derivanti da fonti bibliografiche e da alcune campagne di indagini geognostiche, eseguite tra il 2001 ed il 2008, integrati da una serie di sopralluoghi e rilievi in sito.

Le ricostruzioni ottenute sono state rappresentate nei seguenti elaborati cartografici di sintesi

- Carta geologica con elementi di geomorfologia in scala 1:2.000 (3 tavole),
- Carta idrogeologica in scala 1:2.000 (3 tavole),
- Profilo geologico in asse al binario pari linea dei Giovi in scala 1:2.000/200 (2 tavole),
- Profilo geologico gallerie Santa Limbania, San Lazzaro, Sampierdarena e Campasso in scala 1:1.000,
- Profilo idrogeologico in asse al binario pari linea dei Giovi in scala 1:2.000/200 (2 tavole),
- Profilo idrogeologico gallerie Santa Limbania, San Lazzaro, Sampierdarena e Campasso in scala 1:1.000,
- Planimetria con ubicazione indagini geognostiche in scala 1:2.000 (3 tavole),

che costituiscono parte integrante del presente lavoro.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area oggetto dell'intervento ricade nel dominio appenninico settentrionale (Ligure-Emiliano) il cui assetto geologico-strutturale è dovuto alla sovrapposizione tettonica di due grandi insiemi, diversi tra loro per caratteri litologici, strutturali ed evoluzione paleogeografica:

- *l'Insieme Esterno Umbro-toscano*, costituito da uno zoccolo continentale (Placca Apula Adriatico-Padana Autc.) sottostante una serie di successioni sedimentarie mesozoico-terziarie;
- *l'Insieme Interno Ligure-emiliano*, determinato dalla sovrapposizione di più unità tettoniche generatesi in un oceano, l'Oceano Ligure-piemontese, e successivamente sovrascorse da ovest verso est sull'insieme Esterno; l'Oceano Ligure-piemontese separava il Continente iberico-europeo dal Continente apulo-africano, e i suoi margini rappresentavano l'avampaese, rispettivamente delle Alpi e degli Appennini

L'Insieme Interno Ligure-emiliano vede la presenza di due domini distinti, separati tra loro da una discontinuità tettonica, ed entrambi caratterizzati dalla presenza di ofioliti:

– il Ligure Interno ha carattere oceanico e le ofioliti sono presenti in posizione primaria alla base della successione sedimentaria; comprende tre unità tettoniche sovrapposte: l'Unità Colli Tavarone-Serò, l'Unità Bracco-Val Gaveglia e l'Unità Gottero;

– il Ligure Esterno nel quale le ofioliti sono presenti come megaclasti rimaneggiati, e la serie sedimentaria è costituita dai livelli argillosi del creataceo medio-sup (Complessi di base) e dalle formazioni dei flysch a elmintoidi (Campaniano-Paleocene), nelle quali è compresa L'Unità di Monte Antola.

L'Unità dell'Antola è un'unità alloctona che si estende su una vastissima area che comprende un settore di catena appenninica, tra la Val Polcevera ad Ovest ed il bacino del fiume Trebbia ad Est, e arriva fino alla costa ligure.

Si tratta di una potente successione costituita da calcari marnosi poggianti su un esiguo livello pelitico (Argilliti di Montoggio) che funge da livello di base.

Le formazioni dell'unità dell'Antola sono state interessate da scarso nullo metamorfismo, tuttavia sono evidenti quasi ovunque le tracce di almeno tre fasi plicative. Per tale motivo le argilliti del complesso di base affiorano oltre che alla base della formazione, anche in più punti all'interno della serie calcarea, probabilmente implicate al nucleo delle importanti pieghe presenti, a geometria subisoclinale. Gli spessori complessivi risultano pertanto moltiplicati e raggiungono potenze

dell'ordine delle migliaia di metri. L'età dell'intera successione, dal complesso di base al tetto, è ascrivibile ad un intervallo di tempo compreso tra il Campaniano inf. ed il Paleocene basale.

L'Unità di Monte Antola si sovrappone tettonicamente alle unità della Zona Sestri-Voltaggio.

La zona Sestri-Voltaggio è definibile come una "sovrapposizione impilata" d'unità tettoniche formanti una ristretta fascia, allungate grossomodo in direzione N-S, limitate ad occidente dal "Gruppo di Voltri", sul quale poggiano, e ad oriente dalle unità liguridi (Antola e Zatta) che le ricoprono; essa è costituita da differenti unità, giustapposte in un complesso assetto strutturale durante l'evoluzione tettonica alpina.

Le unità appartenenti alla Zona Sestri-Voltaggio e affioranti nell'area in esame sono i terreni calcareo marnosi della Formazione di Ronco (Cretaceo Superiore), e del complesso degli argilloscisti (Cretaceo).

Oltre ai terreni delle unità tettoniche che costituiscono l'ossatura del tratto di catena alpino-appenninica su cui insiste l'area urbana genovese, nel settore in esame sono comunque predominanti le formazioni geologiche quaternarie non coinvolte nei movimenti orogenetici, discordanti sui terreni sottostanti, costituite dai depositi alluvionali antichi e recenti del Torrente Polcevera.

3 ASSETTO TETTONICO STRUTTURALE

La Liguria centrale si trova in una posizione chiave dal punto di vista geodinamico-strutturale, poiché rappresenta il punto di giunzione fra le Alpi occidentali e la catena appenninica settentrionale.

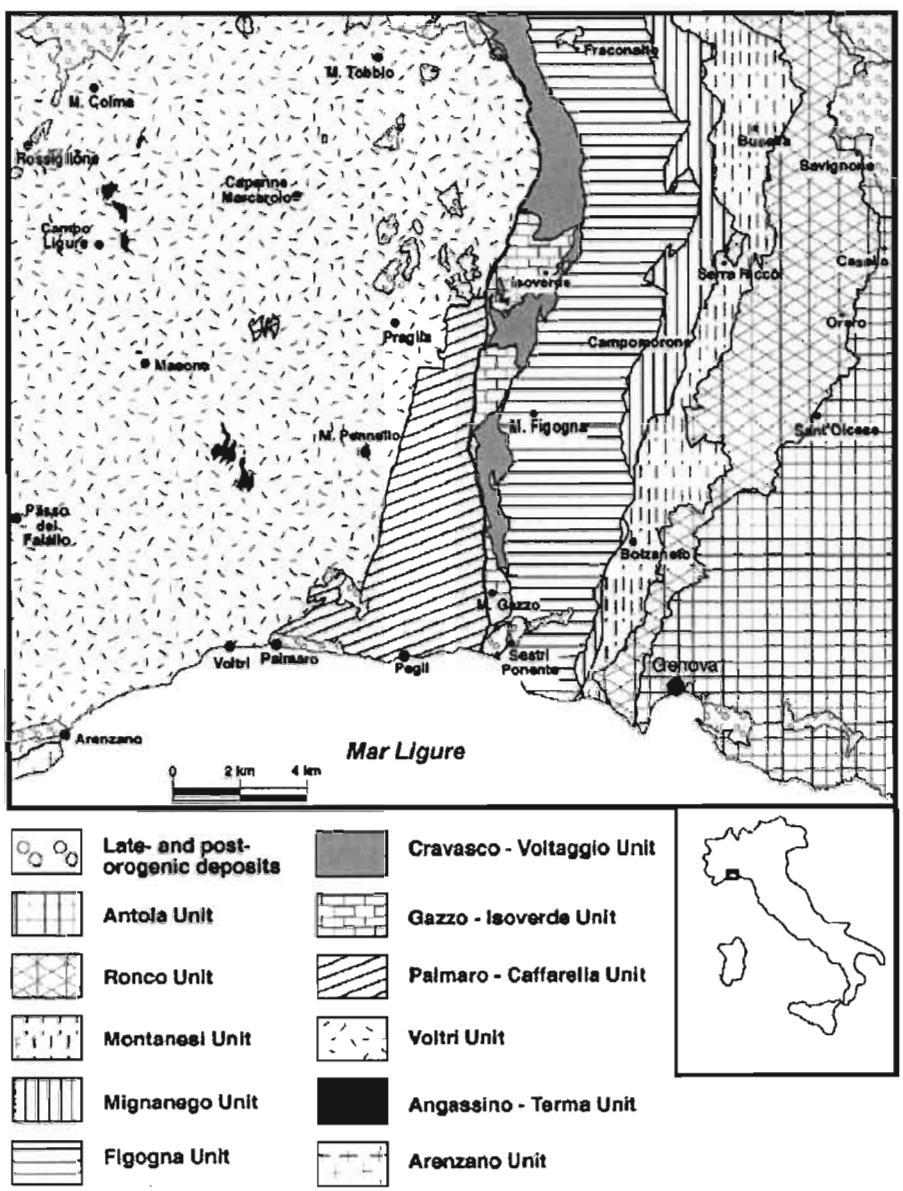


Figura 2: schema tettonico strutturale dell'area di Genova.

L'origine delle rocce che si rinvengono in quest'area (le unità del Gruppo di Voltri, la Zona Sestri-Voltaggio e l'areale del Flysch di M. Antola) risale al Cretaceo Superiore (60 - 80 milioni di anni fa)

quando ebbe inizio il movimento convergente della placca africana verso la placca euro-asiatica. Le terre emerse dei due continenti erano allora separate dal Bacino Ligure Piemontese, cioè un oceano alla base del quale era presente una copertura sedimentaria che ammantava il basamento oceanico. Questo movimento di avvicinamento continentale determinò la chiusura del bacino frapposto e l'inizio degli eventi tettogenetici alpini. La crosta oceanica del Bacino Ligure Piemontese sprofondò lungo dei piani di scivolamento (fase subduttiva) immergenti verso l'Africa (detta anche Insubria). Tale movimento determinò una intesa azione metamorfica sui materiali, con variazioni mineralogiche sostanziali, i quali vennero sottoposti ad elevatissime pressioni (7 - 10 kb) e temperature medio basse (300 - 400°C) tipiche di ambienti localizzati a profondità comprese tra 30 e 40 km.

Le coperture sedimentarie oceaniche in parte vennero coinvolte nello sprofondamento mentre altre sfuggirono alla subduzione corrugandosi contro il margine africano. Il movimento di convergenza continentale proseguì nell'Eocene Medio (40 milioni di anni fa) sino all'Eocene Superiore (35 mil.) quando avvenne la collisione tra la placca africana e la placca euro-asiatica. In queste fasi, i materiali derivanti dal Bacino Ligure Piemontese, furono riesumati dalle profondità e, totalmente modificati, dislocati in falde (unità strutturalmente differenziabili).

Il movimento della placca africana proseguì per alcuni milioni di anni dopo la collisione, penetrando profondamente il continente euro-asiatico e determinando rilevanti spostamenti e corrugamenti delle unità riesumate come l'Unita del Gruppo di Voltri. Tali dislocazioni, che determinarono la strutturazione delle Alpi, perdurarono per svariati milioni di anni e furono coinvolte da una successiva fase orogenetica che portò alla creazione degli Appennini ed alla distorsione della catena alpina in un arco.

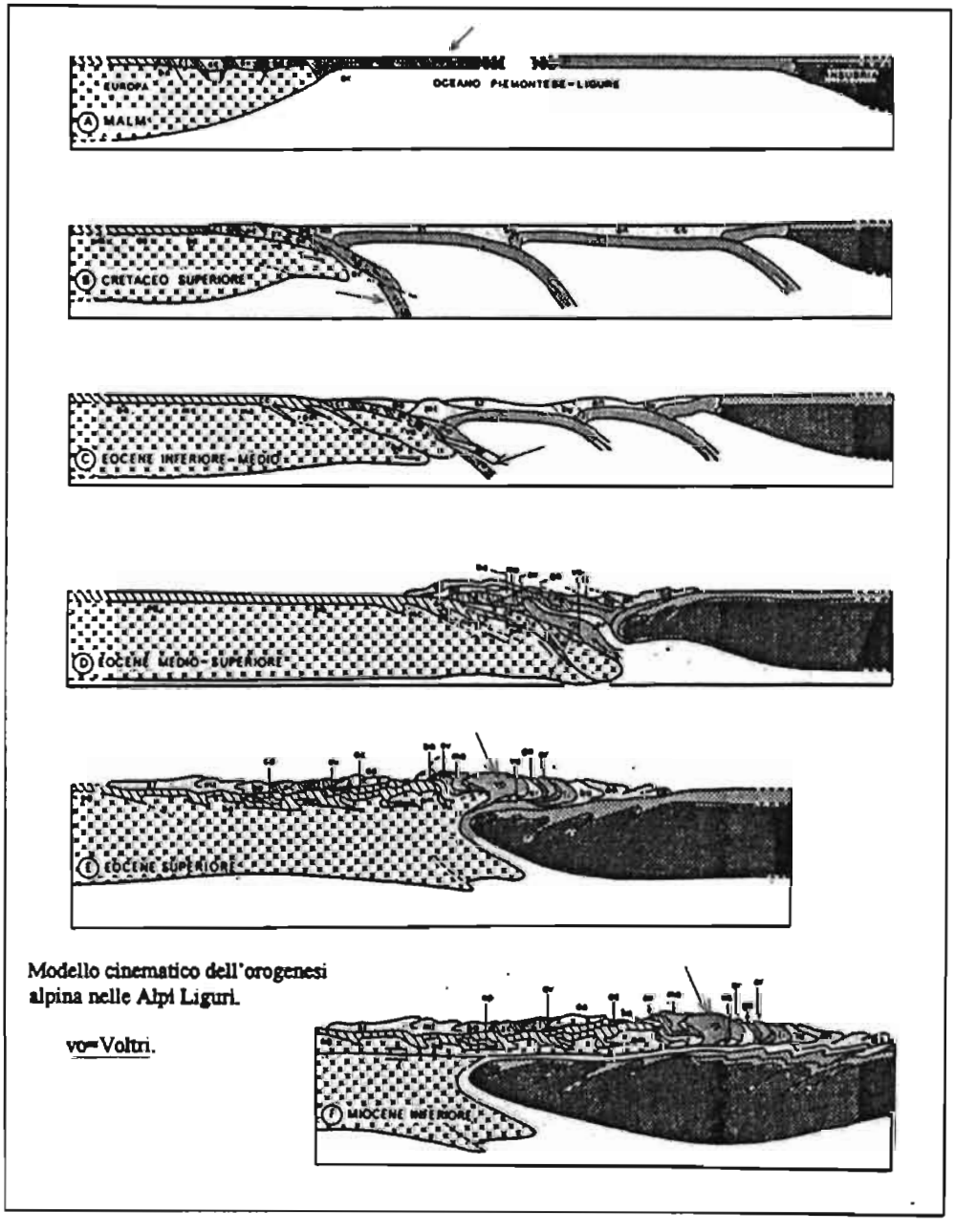


Figura 3: Modello cinematico dell'orogenesi Alpina nelle Alpi Liguri (Vanossi et alii, 1984).
Le frecce rosse evidenziano la posizione del Gruppo di Voltri nelle varie fasi evolutive.

In sostanza, quindi, tutta l'area della Liguria centrale è riassumibile (Haccard et alii, 1972) come il risultato di imponenti traslazioni della crosta oceanica ligure sulla zona piemontese.

Ciò ha determinato l'impilamento di un edificio a falde sovrapposte in cui i litotipi coinvolti dal processo di metamorfismo conseguente spaziano da rocce basiche di fondale oceanico a rocce

proprie della relativa copertura sedimentaria (come risulta dallo schema della figura 3): esse sono sostanzialmente serpentiniti con associati metagabbri e corpi eclogitici, metasedimenti con associate metabasiti (calcescisti, quarzoscisti, micascisti, metagabbri, prasiniti), lherzoliti con subordinati lembi di pirossenite e dunite.

Successivamente, nel Terziario, si instaura nell'area in esame, come in tutto il margine tirrenico, una fase tettonica distensiva che porta allo sprofondamento del golfo ligure. Il collasso avviene con la formazione di strutture a horst e graben orientate circa parallelamente alla costa.

Ciò determina una trasgressione marina che si spinge dentro nelle insenature e nelle valli longitudinali del margine tirrenico, dove avviene la deposizione di sedimenti marnosi, argillosi, sabbiosi e conglomeratici.

Sistemi successivi di faglie distensive plio-quaternarie vanno ad intersecare infine le strutture precedenti, generando sovente cattura e deviazione dei corsi d'acqua.

Da quanto detto, si delinea come il quadro tettonico dell'area in studio sia estremamente complicato, per il succedersi e l'intersecarsi di sistemi tettonici da prima prevalentemente compressivi e poi, successivamente, distensivi.

Conseguentemente, le unità del Gruppo di Voltri (come pure quelle della Zona Sestri-Voltaggio) appaiono sovente divise in singole scaglie tettoniche.

Secondo alcuni autori, sussisterebbero in corrispondenza del margine di giunzione alpino-appenninico evidenze di sistemi tettonici transpressivi che interesserebbero, in alcune zone, oltre al basamento anche le formazioni dell'Oligocene ma non quelle del Miocene.

Il sistema sarebbe principalmente rappresentato da una struttura transpressiva destra orientata circa in direzione NE-SW, centrata sul margine di giunzione fra il Gruppo di Voltri e la Zona Sestri-Voltaggio.

A tal proposito, è bene ricordare che, per la geologia strutturale, il confine fra Alpi e Appennini è rappresentato proprio dalla linea Sestri-Voltaggio, che quindi è riconosciuta come l'elemento di sutura tra le unità alpine e quelle a vergenza appenninica. Le Unità geologiche che costituiscono la Zona Sestri-Voltaggio risultano appoggiate tettonicamente ad ovest sul Gruppo di Voltri, mentre ad est (Val Polcevera) su di esse si accavalla il Supergruppo Antola-Zatta costituito prevalentemente da flysch originatisi in seguito a torbide marnoso-calcaree di facies distale.

In linea generale, possiamo dire che le strutture legate alla tettonica compressiva cretacica-eocenica hanno direzione prevalentemente N-S (NNW-SSE e NNE-SSW) con immersione verso est, e sono

caratterizzate da faglie inverse, sovrascorrimenti e strutture plicative duttili; queste ultime, da alcuni studi svolti su scistosità e lineazioni sarebbero associabili ad almeno tre fasi di deformazione.
Altresì, il sistema delle strutture tettoniche distensive (horst e graben) plioceniche avrebbe una direzione prevalente E-W (ENE-WSW e WNW-ESE).
In corrispondenza delle faglie si rinvengono sovente materiali decisamente cataclasati o addirittura milonitizzati, che bene testimoniano l'entità degli stress generatisi in corrispondenza delle aree tettonizzate.

Entrando nel dettaglio dell'area in esame i dati giaciturali ad oggi disponibili ricavati sia da bibliografia che da rilevamenti diretti di campagna hanno permesso di definire un modello di assetto geologico-strutturale utile per le valutazioni progettuali, la cui accuratezza è però limitata dalla scarsa presenza di affioramenti degni di nota presenti in area urbana.

Partendo dal bivio sul Polcevera, a nord, fino alla Stazione di Sampierdarena, a sud, l'area è caratterizzata dalla presenza dei soli depositi alluvionali attuali, antichi e recenti del Torrente Polcevera, per cui l'andamento del substrato è stato desunto solo sulla base dei sondaggi eseguiti.

Per quanto riguarda l'area interessata dai lavori di adeguamento a sagoma e ripristino delle gallerie naturali esistenti, estesa da Santa Limbania a est fino alla stazione di Campasso a ovest, si può osservare la presenza di una struttura, ad assetto monoclinalico est-immergente di circa 55°, che interessa il Flysch di M.te Antola e risulta sovrascorsa sulla Formazione di Ronco, con un contatto tettonico orientato circa NNE-SSW, il cui piano è intercettato dal cavo della galleria naturale Santa Limbania; la Formazione di Ronco, anch'essa est-immergente ma con una maggiore inclinazione, costituisce la sola unità geologica presente lungo le restanti tratte di galleria naturale fino alla stazione di Campasso.

4 STRATIGRAFIA

L'area oggetto dell'intervento è stata investigata a più riprese, nel corso delle diverse campagne di indagini geognostiche che si sono succedute nel tempo.
Le indagini, che hanno compreso sondaggi a carotaggio continuo, l'installazione di piezometri, l'esecuzione di prove e misure in sito, il prelievo di campioni sottoposti a prove ed analisi di laboratorio), sono risultate particolarmente utili per definizione delle condizioni stratigrafiche e delle caratteristiche idrogeologiche delle formazioni presenti.

La successione lito-stratigrafica delle formazioni presenti nell'area di intervento, a partire dalle più recenti fino alle più antiche, è descritta di seguito.

TERRENI DI RIPORTO (R)

Materiali di riporto eterogenei ed eterometrici costituiti prevalentemente da ghiaia sciolta in matrice sabbiosa e limosa con presenza di ciottoli, clasti poligenici da angolari ad arrotondati e frammenti di laterizi.

COLTRI ELUVIO-COLLUVIALI (dr) (Olocene)

Coperture detritiche costituite da clasti eterometrici a matrice sabbioso-limosa, talora pedogenizzati, sviluppatesi in situ a spese del substrato, spesso inglobanti elementi grossolani mobilizzati da processi di versante.

DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI (A) (Olocene)

Depositi alluvionali presenti nell'alveo o in prossimità del Torrente Polcevera, ancora in evoluzione, costituiti da ghiaie eterometriche e sabbie sciolte.

DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI E RECENTI (Aa) (Pleistocene-Olocene)

Depositi alluvionali posti generalmente a quote più elevate rispetto all'alveo attuale del Torrente Polcevera, costituiti da ghiaie sabbiose in matrice limoso-argillosa. In base alla composizione

granulometrica, determinata dalle informazioni delle indagini geognostiche, nel profilo geologico questa formazione è stata suddivisa al suo interno in quattro unità:

- Unità Aag: ghiaia eterometrica poligenica, da subangolosa ad arrotondata, da moderatamente addensata a molto addensata, in matrice limoso-argillosa, a luoghi sabbiosa e sabbioso-limosa, con ciottoli e clasti da angolosi a subarrotondati. I clasti di argilloscisti, a luoghi prevalenti, appaiono generalmente alterati, con patine di ossidazione ocracee.
- Unità Aas: sabbia da fine a grossolana, a luoghi ghiaiosa e/o limosa e debolmente limosa, di colore marrone; localmente sono presenti clasti poligenici eterometrici da arrotondati ad angolari. Si rinvengono frequentemente frammenti angolari di argilloscisti generalmente alterati, con patine di ossidazione ocracee.
- Unità Aal: limo argilloso di colore marrone-grigio e limo sabbioso-ghiaioso di colore grigio, localmente sono presenti clasti angolari poligenici.
- Unità Aaa: argilla con limo debolmente sabbiosa di colore grigio-marrone, da consistente a mediamente consistente. Localmente sono presenti clasti millimetrici fortemente alterati.

FLYSCH DI MONTE ANTOLA (FMA) (Campaniano superiore)

E' il prodotto di una sedimentazione torbiditica in facies distale, che ha determinato la deposizione di una sequenza ritmica costituita da calcari marnosi, talvolta siltosi, di colore grigio e strati di spessore fino a metrico di calcareniti, marne e marne calcaree alternate ad argilliti emipelagiche in strati centimetrici. I dati di letteratura individuano la seguente composizione litologica media: 5% arenarie, 20-30% calcareniti, 50-60% marne calcaree e calcari marnosi, 15% argilliti.

La formazione rocciosa si presenta da poco ad intensamente fratturata con giunti da ravvicinati a molto ravvicinati e patine di ossidazione ocracee.

FORMAZIONE DI RONCO (FR) (Santoniano superiore – Campaniano inferiore)

Questa formazione è costituita da calcari marnosi, marne calcaree e marne grigie, alternate con arenarie, calcareniti e argilliti scistose, con stratificazione piano-parallela. Lo spessore totale della formazione è stimato in circa 150 m.

COMPLESSO DEGLI ARGILLOSCISTI l.s. (AS) (Cretaceo)

Questo complesso è costituito da argilliti siltose nere, solo raramente policrome, con intercalazioni di arenarie quarzose fini, e argilloscisti filladici scuri, giallastri per alterazione, con intercalazioni di calcari micritici tipo "palombini" in strati di spessore metrico e submetrico, localmente con lenti di quarzo.

5 SISMICITA'

La zona interessata dalla linea ferroviaria in progetto ricade interamente nel territorio comunale di Genova che presenta un grado di sismicità decisamente basso.

Con riferimento alle recenti revisioni in materia di zonizzazione sismica (ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003) e dall'ulteriore confronto con la precedente classificazione, risulta che l'area in esame rientra nella zona sismica 4.

Comune	Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti emessi fino al 1984)	Classificazione 2003 (Zona)
Genova	NC	4

6 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nel periodo compreso tra il 2001 e il 2007, l'area interessata dal progetto in esame è stata investigata da diverse campagne di indagini geognostiche che hanno permesso di ricostruire l'assetto geologico stratigrafico ed idrogeologico con un buon grado di dettaglio.

All'interno dei fori di alcuni sondaggi sono state effettuate prove in sito, meccaniche del tipo Standard Penetration Test (SPT) e di permeabilità di tipo Lefranc; inoltre sono stati prelevati campioni di terreno e spezzoni di roccia sui quali sono state eseguite prove di laboratorio.

Allo scopo di verificare la presenza della falda e monitorare le eventuali variazioni del suo livello molti sondaggi sono stati attrezzati con piezometri a tubo aperto (Norton).

Inoltre, nel 2008, sono state realizzate delle indagini geotecniche e strutturali nei rivestimenti definitivi eseguite dall'interno delle gallerie naturali esistenti Santa Limbania, San Lazzaro, Sampierdarena e Campasso , della linea Santa Limbania – Campasso, interessate dagli interventi di adeguamento a sagoma e ripristino. Tali indagini hanno compreso l'esecuzione di perforazioni a carotaggio continuo inclinate nei rivestimenti e verticali in arco rovescio; queste ultime sono state approfondite fino a 4 metri per intercettare il substrato e permetterne il prelievo di campioni che sono stati da sottoposti a prove ed analisi di laboratorio.

Nella tabella seguente è riportato l'elenco dei sondaggi effettuati nel corso delle diverse campagne, e viene indicata, per ciascuno di essi, la codifica d'indagine, la tipologia, l'ubicazione, la quota in m s.l.m., la lunghezza, la strumentazione installata e l'anno di esecuzione.

N°	Codifica indagine	Tipologia indagine	Ubicazione	Quota m.s.l.m.	Lunghezza (metri)	Strumenti in foro	Campagna geognostica (anno)
1	PNGCE1S21	sondaggio geognostico	via Campi	11	25	piezometro t.a.	2007
2	SCGCE1F22		via S. Sonnino	17,1	8,0	-	2007
3	SCGCE1F23		Piazzale Petrella	15	8	-	2007
4	SCGCE1F24		area Genova Parcheggi		2,5		2007
5	SCGCE1F25		Via Capello	11,1	8		2007
6	PO5	sondaggio diagnostico	Via Questa		2		2007
7	PO6		Via Questa		2,6		2007
8	PO7		Via Campi		3,6		2004
9	PO8		Via Campi		3,8		2007
10	PO9		Via Tavani		2,0		2007
11	PO10		muro manifattura tabacchi		2,3		2007
12	PO11		area staz Sampierdarena		3,7		2007
13	PO12		area staz Sampierdarena		3,8		2007
14	S01	sondaggio ambientale		16,3	28	piezometro t.a.	2007
15	S02			16,6	15	piezometro t.a.	2007
16	S03			12,1	15	piezometro t.a.	2007
17	S04			12,0	29	piezometro t.a.	2007
18	S05			11,7	21	piezometro t.a.	2007
19	S06			12,3	15	piezometro t.a.	2007
20	S07			12,3	15	piezometro t.a.	2007
21	S08			12,4	15	piezometro t.a.	2007
22	S09			12,4	15	piezometro t.a.	2007
23	S10			12,6	21	piezometro t.a.	2007
24	M2	indagini geotecniche e strutturali nei rivestimenti definitivi delle gallerie esistenti	Galleria Santa Limbania		4	piezometro t.a.	2008
25	SLIM2		Galleria Santa Limbania		4	piezometro t.a.	2008
26	F1		Galleria Santa Limbania		3,5	piezometro t.a.	2008
27	SLAZ1		Galleria S. Lazzaro		4	piezometro t.a.	2008
28	PE				2	piezometro t.a.	2008
29	SAM1		Galleria Sampierdarena		4	piezometro t.a.	2008
30	SAM2		Galleria Sampierdarena		4		2008
31	F3		Galleria Sampierdarena		4		2008
32	CAM1		Galleria Campasso		4		2008
33	F4		Galleria Campasso		4		2008
34	XNL1LBG16	sondaggio geognostico		14,2	30	piezometro t.a.	2004
35	XNL1LBG17			9,2	30		2004
36	XNL1LBG18			8,8	30	piezometro t.a.	2004
37	XNL1LBG19			8,8	30	piezometro t.a.	2004
38	XNL1LBG20			8,6	30	piezometro t.a.	2004
39	XNL1LBG21			8,8	30	piezometro t.a.	2004
40	XNL1LOG37	sondaggio ambientale		18,3	15	piezometro t.a.	2004
41	XNL1LOG38			11	15	piezometro t.a.	2004
42	XNL1LFG39			8,1	15	piezometro t.a.	2004
43	S1	sondaggio geognostico		4,5	27	piezometro t.a.	2001
44	S2			9	25	-	2001
45	S2bis			6,5	25	piezometro t.a.	2001
46	S3			12,3	30	piezometro t.a.	2001
47	S4			11,5	25	-	2001
48	S5			17,8	25	-	2001

7 GEOMORFOLOGIA

L'assetto geomorfologico del territorio interessato dal progetto è caratterizzato dalla presenza di una fascia costiera pedemontana subpianeggiante interrotta verso N da una brusca rottura di pendio, che da luogo ad una morfologia collinare degradante a S verso il mare, solcata da incisioni vallive e fossi.

La morfologia dei rilievi e l'altimetria sono fortemente influenzate dalla litologia, con forme pianeggianti e poco acclivi in presenza di depositi alluvionali, a quote prossime al livello del mare, mentre un deciso aumento delle quote topografiche in corrispondenza delle aree di affioramento delle torbiditi (Formazione di Ronco e Flysch di M.te Antola) segna il passaggio a morfologie più aspre che nonostante l'intensa urbanizzazione sono ancora evidenti.

Il reticolo idrografico è costituito dal Torrente Polcevera e da una serie di rivi, impostatisi in corrispondenza delle principali discontinuità stratigrafiche o tettoniche lungo le formazioni torbiditiche.

Conseguentemente allo sviluppo urbano della città, già dal XIII sec. alcuni di questi rivi furono progressivamente incanalati e coperti (rivi tombinati) ed attualmente fanno parte integrante del sistema fognario urbano.

Nella tratta all'aperto, il tracciato si sviluppa in sinistra orografica del Torrente Polcevera e interessa la pianura alluvionale mentre le gallerie, localizzate ai margini del settore collinare, attraversano il substrato litoide.

In linea generale non è stata rilevata la presenza di elementi geomorfologici critici nelle aree interessate dalle opere in progetto.

8 IDROGEOLOGIA

La ricostruzione del quadro idrogeologico nell'area di studio è stata effettuata attribuendo in primo luogo a ciascuna formazione una classe di permeabilità, desunta dalla bibliografia e da considerazioni sulle caratteristiche geolitologiche e strutturali.

Successivamente, laddove possibile, si è proceduto a verificare tali assunzioni con i valori di permeabilità reali misurati in situ mediante prove di permeabilità eseguite nei sondaggi geognostici.

Le letture freatimetriche effettuate nei piezometri installati hanno inoltre permesso di ricostruire l'andamento della superficie piezometrica lungo il tracciato di progetto.

8.1 Classi di permeabilità

Sulla base delle caratteristiche geolitologiche e strutturali delle formazioni presenti sono state individuate quattro classi di permeabilità assegnando a ciascuna classe un intervallo di variabilità del coefficiente di conducibilità idraulica K:

- A: Permeabilità Alta con $K \geq 1E\text{-}3$ m/sec
- MA: Permeabilità Medio Alta $1E\text{-}5 \leq K < 1E\text{-}3$ m/sec
- MB: Permeabilità Medio Bassa $1E\text{-}7 \leq K < 1E\text{-}5$ m/sec
- B: Permeabilità Bassa con $K < 1E\text{-}7$ m/sec.

Ai terreni di riporto ed alle coltri eluvio-colluviali, entrambi costituiti da materiale grossolano immerso in una abbondante matrice che presenta una percentuale di frazione fine, può essere assegnata una classe di permeabilità medio-alta, per porosità.

I depositi alluvionali attuali, presenti nell'alveo o in prossimità del Torrente Polcevera, costituiti invece da terreni a granulometria prevalentemente grossolana in scarsa matrice può essere assegnata una classe di permeabilità alta, per porosità.

In analogia alla suddivisione adottata nell'ambito della descrizione stratigrafica, anche dal punto di vista idrogeologico i depositi alluvionali antichi e recenti sono stati suddivisi, sulla base delle caratteristiche granulometriche derivanti dai risultati delle indagini geognostiche, in quattro unità:

- Unità Aag: ghiaia in matrice limoso-argillosa, a luoghi sabbiosa e sabbioso-limosa;
- Unità Aas: sabbia da fine a grossolana, a luoghi ghiaiosa e/o limosa e debolmente limosa;
- Unità Aal: limo argilloso e limo sabbioso-ghiaioso;
- Unità Aaa: argilla con limo debolmente sabbiosa.

Ai terreni a granulometria più fine (Aal e Aaa) è stata attribuita una permeabilità medio-bassa per porosità mentre ai depositi più grossolani (Aag e Aas) è stata attribuita una permeabilità medio-alta sempre per porosità.

Prove di permeabilità di tipo Lefranc eseguite in questi depositi hanno fornito come risultato valori del coefficiente di permeabilità K che risultano in accordo con la classe assegnata (vedi la sottostante tabella).

VALORI DI PERMEABILITA' DETERMINATI PER I DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI E RECENTI

Sondaggio	Tratto di prova da p.c. (m)	Formazione	Litologia del tratto provato	Tipo di prova *	Permeabilità K (m/sec)
XNL1LBG16	15.60-17.60	Aag	Ghiaia con sabbia	LE	1.55E-4
	24.00-24.00	Aag	Ghiaia con sabbia	LE	6.96E-4
XNL1LBG17	8.00-9.00	Aag	Ghiaia debolmente limosa	LE	3.81E-5
XNL1LBG17	14.00-16.50	Aal	Limo sabbioso argilloso	LE	6.98E-8
XNL1LBG18	7.00-8.00	Aal	Limo sabbioso argilloso	LE	3.97E-7
XNL1LBG18	24.00-25.0	Aag	Ghiaia sabbiosa limosa	LE	2.04E-5
XNL1LBG19	8.80-9.80	Aal	Limo argilloso debolmente ghiaioso	LE	3.20E-7
XNL1LBG19	16.00-17.00	Aag	Ghiaia sabbiosa limosa	LE	2.52E-5
XNL1LBG20	7.50-9.00	Aal	Limo con ghiaia	LE	3.56E-6
XNL1LBG20	18.00-20.00	Aag	Ghiaia sabbiosa limosa	LE	4.18E-5
XNL1LBG21	8.00-9.00	Aag	Ghiaia sabbiosa limosa	LE	8.87E-6
XNL1LBG21	16.00-19.50	Aal	Limo argilloso debolmente sabbioso	LE	1.91E-7

* LE = prova di permeabilità tipo Lefranc

Alle formazioni torbiditiche (Formazione di Ronco, Flysch di M.te Antola) è stata assegnata una permeabilità medio-bassa per fatturazione.

Infine al complesso degli argilloscisti può essere attribuita una permeabilità bassa, per fatturazione.
Di seguito si elencano sinteticamente le classi ed il tipo di permeabilità attribuite per ogni formazione geologica presente nell'area in esame.

Unità a Permeabilità Alta: K ≥ 1E-3 m/s		
Formazione geologica	*Sigla in carta*	*Tipo di permeabilità*
Depositi alluvionali attuali	A	Porosità

Unità a Permeabilità Medio - Alta: 1E-5 ≤ K < 1E-3 m/s		
Formazione geologica	*Sigla in carta*	*Tipo di permeabilità*
Riporti	R	Porosità
Coltri eluvio-colluviali	dr	Porosità
Depositi alluvionali antichi e recenti: Unità Aag - Aas	Aag - Aas	Porosità

Unità a Permeabilità Medio- Bassa: 1E-7 ≤ K < 1E-5 m/s		
Formazione geologica	*Sigla in carta*	*Tipo di permeabilità*
Depositi alluvionali antichi e recenti: Unità Aal - Aaa	Aal - Aaa	Porosità
Flysch di Monte Antola	FMA	Fratturazione
Formazione di Ronco	FR	Fratturazione

Unità a Permeabilità Bassa: K < 1E-7 m/s		
Formazione geologica	*Sigla in carta*	*Tipo di permeabilità*
Complesso degli argilloscisti	AS	Fratturazione

8.2 Piezometria e circolazione idrica sotterranea

Per ricostruire l'andamento della circolazione idrica sotterranea, molti dei sondaggi eseguiti nel corso delle diverse campagne geognostiche sono stati attrezzati con piezometri di tipo Norton e sottoposti a cicli di monitoraggio del livello di falda nel tempo.

L'esame delle misure eseguite nel periodo di osservazione ha mostrato per ogni piezometro un valore di minimo e di massimo della soggiacenza con escursioni contenute, nella quasi totalità dei casi, in 1-2 m; in un solo piezometro è stata misurata una differenza di 4 m tra il valore massimo e minimo di soggiacenza.

L'eterogeneità temporale delle misure di monitoraggio, succedutesi nel corso delle diverse campagne geognostiche, non ha consentito di ricostruire un andamento della piezometrica riferito allo stesso periodo di osservazione.

Si è comunque deciso di rappresentare la superficie piezometrica nel profilo idrogeologico prendendo a riferimento il valore minimo di soggiacenza misurato nel tempo in corrispondenza del singolo piezometro; in tal modo sono state considerate condizioni di potenziale massima interferenza possibile, delle opere con la circolazione idrica profonda, trovandosi la falda alle quote più prossime al p.c. e quindi più vicina alle opere in progetto.

Il riepilogo delle misure freatimetriche eseguite è riportato nelle tabelle sottostanti.

NOTA: TA tubo aperto

Sondaggio	Piezometro	Progressiva Ubicazione (km)	Tratto fessurato da p.c. [m]	Periodo di riferimento delle letture	Soggiacenza massima da bocca foro [m]	Soggiacenza minima da bocca foro [m]	Quota assoluta della superficie di falda riferita al valore minimo di soggiacenza [m s.l.m.]
S1	TA	162+129	3.00÷27.00	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
S2 bis	TA	161+842	3.00÷25.00	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
S3	TA	161+075	3.00÷30.00	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
XNL1LBG16	TA	160+263	3.00÷30.00	Mar.2004÷Set.2004	9.97	5.85	8.35
XNL1LSG18	TA	161+904	3.00÷30.00	Mar.2004÷Set.2004	6.49	6.37	2.43
XNL1LFG19	TA	162+054	3.00÷30.00	Mar.2004÷Set.2004	6.43	6.37	2.43
XNL1LFG20	TA	162+225	3.00÷30.00	Mar.2004÷Set.2004	5.43	5.36	3.24
XNL1LFG21	TA	162+326	3.00÷30.00	Mar.2004÷Set.2004	6.21	6.15	2.65
XNL1LOG37	TA	160+254	3.00÷15.00	Dic. 2004		4.89	8.91
XNL1LBG38	TA	161+046	3.00÷15.00	Dic. 2004		3.47	6.23
XNL1LFG39	TA	161+935	3.00÷15.00	Dic. 2004		6.34	2.46
S01	TA	160+283	0.00÷27.00	Lug.2007÷Gen.2008	10.40	8.00	8.32
S02	TA	160+312	0.00÷15.00	Lug.2007÷Gen.2008	10.00	8.30	8.26
S03	TA	160+615	6.00÷15.00	Lug.2007÷Gen.2008	6.10	3.90	8.20
S04	TA	160+608	3.00÷29.00	Lug.2007÷Gen.2008	6.40	3.60	8.40
S05	TA	160+754	3.00÷21.00	Lug.2007÷Gen.2008	6.30	4.80	6.93
S06	TA	160+746	3.00÷15.00	Lug.2007÷Gen.2008	6.60	4.80	7.48
S08	TA	160+897	3.00÷15.00	Lug.2007÷Gen.2008	6.80	5.40	7.00
S10	TA	161+061	3.00÷18.00	Lug.2007÷Gen.2008	7.70	6.20	6.43
PNGCE1S21	TA	160+581	3.00÷25.00	Lug.2007÷Apr.2008	5.10	3.03	8.27

ELENCO PIEZOMETRI E LETTURA DI FALDA (AREA GALLERIE ESISTENTI)

Piezometro	Tipo	Ubicazione	Tratto fenestrato da pc (m)	Data lettura	Quota falda m s.l.m.
M2-S5	TA	Galleria Santa Limbania	1 - 4	Aprile 2008	**assente**
SLIM2-S5	TA	Galleria Santa Limbania	1 - 4	Aprile 2008	**assente**
F1-S2	TA	Galleria Santa Limbania	1 - 3,5	Aprile 2008	**assente**
SLAZ1-S2	TA	Galleria San Lazzaro	1 - 3,5	Aprile 2008	**assente**
PE	TA	Area tra Gallerie S.Lazzaro e Sampierdarena	1 - 2	Aprile 2008	**assente**
SAM1-S2	TA	Galleria Sampierdarena	1 - 4	Aprile 2008	**assente**

TA= tubo aperto

I dati registrati nei piezometri installati nei sondaggi eseguiti all'aperto mostrano la presenza di un acquifero nei depositi alluvionali, la cui superficie piezometrica si attesta tra i 9 e i 2.5 m circa s.l.m. con una soggiacenza variabile da 1 a 10 m circa dal p.c. (riferita a bocca foro), ed una direzione del flusso idrico orientata da N verso S.

Le misure freatimetriche eseguite nei piezometri installati nei sondaggi eseguiti dall'interno delle gallerie esistenti, non hanno registrato presenza di falda acquifera.

9 CONDIZIONI GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE ATTESE

Il progetto in esame prevede la realizzazione di opere all'aperto lungo la linea dei Giovi dal Bivio Polcevera alla stazione di Sampierdarena, ed una serie di interventi in galleria naturale per l'adeguamento a sagoma ed il ripristino delle gallerie esistenti lungo la linea Santa Limbania – Campasso (gallerie Santa Limbania, San Lazzaro, Sampierdarena e Campasso).

Tratta all'aperto

Il tracciato attraversa nella sua intera estensione i depositi alluvionali antichi e recenti del Torrente Polcevera.

Nella prima tratta, a partire dalla progressiva km 159+565 della attuale linea dei Giovi, fino al km 160+560, l'assetto stratigrafico è costituito da uno strato di spessore variabile da 3 a 6 m di terreni di riporto, seguito da un pacco di 25-30 m di ghiaie in matrice limosa-argillosa (Unità Aag dei depositi alluvionali antichi e recenti) con intercalazioni di lenti e strati di spessore variabile da 2 a 10 m di sabbie a luoghi ghiaiose e/o limose (Unità Aas dei depositi alluvionali antichi e recenti). Il substrato della copertura alluvionale è formato da un primo spessore di 4-6 m di argilloscisti intensamente alterati (Unità R1 del complesso degli argilloscisti), talvolta ridotti a frammenti litoidi a pezzatura ghiaiosa immersi in una matrice limoso-sabbiosa, seguito da argilliti siltose con intercalazioni di arenarie e argilloscisti filladici.

La falda acquifera è presente nella coltre alluvionale a profondità dal p.c. variabili dai 16 m, ad inizio tratta, agli 8 m a fine tratta.

Dal km 160+650, l'assetto stratigrafico presenta caratteristiche simili, in termini di successione litologico-stratigrafica e spessore delle formazioni, con l'eccezione della granulometria delle copertura alluvionale che vede un aumento della frazione fine per la presenza di lenti e strati, intercalati ai depositi ghiaiosi, costituiti da limi argillosi dell'Unità Aal e argille con limo dell'Unità Aaa.

In questa seconda parte del tracciato la falda acquifera presente nelle alluvioni si mantiene a profondità dal p.c. variabili dagli 8 m, a inizio e fine tratta, ai 3-4 m nella parte centrale.

Tratte in galleria naturale

L'esame delle carote di terreno estratte nel corso delle perforazioni di sondaggio, effettuate dall'interno delle gallerie naturali esistenti, e i risultati delle analisi di laboratorio eseguite sui campioni prelevati, hanno permesso di definire con maggiore dettaglio le caratteristiche litologiche dei terreni presenti all'intorno del cavo, ed i valori di resistenza a compressione della roccia intatta.

La prima tratta di intervento riguarda la galleria Santa Limbania, compresa tra le progressive km 0+114 e 0+785.
Fino al km0+730 circa viene intercettata la formazione del Flysch di Monte Antola, costituita da calcari marnosi, talvolta siltosi, di colore grigio e strati di spessore fino a metrico di calcareniti, marne e marne calcaree, alternate ad argilliti emipelagiche in strati centimetrici.
Prove di laboratorio eseguite su spezzoni litoidi prelevati nel corso delle perforazioni di sondaggio, hanno fornito valori di resistenza a compressione monoassiale di 62.5 e 70.2 MPa.
Al km 0+730 il Flysch di Monte Antola poggia in contatto tettonico per sovrascorrimento sopra la formazione di Ronco, che viene intercettata nella restante tratta di galleria fino all'imbocco al km 0+785.
La formazione di Ronco è costituita da calcari marnosi, marne calcaree e marne grigie, alternate con arenarie, calcareniti e argilliti scistose, con stratificazione piano-parallela.
Prove di laboratorio hanno individuato per questa formazione un range di valori di resistenza a compressione monoassiale compresi tra 13.8 e 56.4 MPa.
Di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle risultanze delle prove di laboratorio effettuate.

RISULTATI PROVE DI LABORATORIO

CODIFICA SONDAGGIO	UBICAZIONE	FORMAZIONE GEOLOGICA	Point Load Test	Espansione Laterale Libera (MPa)
M2S5	Galleria S. Limbania	Flysch M.te Antola		70,2
SLIM2S5	Galleria S. Limbania	Flysch M.te Antola		62,5
ExtraS10	Galleria S.Lazzaro	Ronco	5,44	
PES9	Galleria S.Lazzaro	Ronco	0,98	
SAN2S4	Galleria Sampierdarena	Ronco		28,6
SAN2S6	Galleria Sampierdarena	Ronco		13,8
F3S2	Galleria Sampierdarena	Ronco		36,7
CAM1S4	Galleria Campasso	Ronco		56,4

Le successive tratte di intervento riguardano le gallerie San Lazzaro, tra le progressive km 0+805 e 0+838, Sampierdarena, tra i km 0+933÷1+881, e Campasso, tra i km 2+139÷2+409, che interessano tutte la formazione di Ronco, con le stesse caratteristiche litologiche e di resistenza a compressione monoassiale viste in precedenza.

Le misure freatimetriche nei piezometri installati nei fori eseguiti in galleria al disotto dell'arco rovescio, non hanno rilevato presenza di falda acquifera almeno fino alla profondità investigata (4 metri sotto il piano ferro).

10 BIBLIOGRAFIA

1. AA.VV. (1994) –11 Itinerari delle Alpi Liguri – Guide geologiche regionali a cura della Società Geologica Italiana.
2. AA. VV., (1997) – *Atlante cartografico geologico del territorio del Comune di Genova – Cartografia geologica, geomorfologica ed idrogeologica in scala 1:10.000* – Comune di Genova.
3. AA. VV., (2007) – *Foglio n° 213/230 "Genova" della Carta geologica d'Italia in scala 1:50.000* – APAT - Servizio Geologico d'Italia - Progetto CARG.
4. AA.VV. (1994) – 10 Itinerari dell'Appennino ligure-emiliano – Guide geologiche regionali a cura della Società Geologica Italiana.
5. BERTOLETTI D., CARLINO F., TROILO C., (anno accademico 1995-96) "La città di sotto" Tesi di Laurea inedita.
6. LIMONCELLI B., MARINI M. – Condizioni geologico-strutturali, idrografiche e geomorfologiche del territorio urbano della città di Genova e loro riflessi applicativi. – Tamburini editore (1969)
7. MARINI M., (1980) – "Analisi strutturale e interpretazione paleogeografica e tettogenica dei Calcari di M.te Antola (Appennino Ligure)". Ofioliti, 6, 119-150.
8. NOSEGNO S., MONTALDO C. ET ALII, (1998) – Atlante cartografico geologico del territorio del Comune di Genova: cartografia geologica, geomorfologoca ed idrogeologica in scala 1:10.000-. A cura del Comune di Genova, Regione Liguria e AMGA.
9. RELAZIONE GEOLOGICA per lo S.I.A. del Progetto Definitivo della linea ferroviaria A.C. Genova – Milano Tratta "Terzo Valico" (Genova – Novi Ligure) – 1999.
10. RELAZIONE IDROGEOLOGICA per lo S.I.A. del Progetto Definitivo della linea ferroviaria A.C. Genova – Milano Tratta "Terzo Valico" (Genova – Novi Ligure) – 1999.