

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI
PROGETTO DEFINITIVO**

INTERCONNESSIONE NOVI LIGURE ALTERNATIVA ALLO SHUNT

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing. E. Pagani	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
A 3 0 1	0 X	D	C V	R O	G E 0 0 0 0	0 0 1	D

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Emissione	GDP	20/06/2014	Rocksoil	20/06/2014	A. Palomba	25/06/2014	
C01	Revisione generale	GDP	20/04/2015	Rocksoil	22/04/2015	A. Palomba	24/04/2015	
D00	Revisione per Istruttoria	GDP	28/07/2015	Rocksoil	28/07/2015	A. Palomba	28/07/2015	

n. Elab.:	File: A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00D00
-----------	--

CUP: F81H92000000008

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00</p>	<p>Foglio 2 di 40</p>

INDICE

INDICE.....		2
1. PREMESSA.....		3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO		3
3. ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO.....		3
4. CARATTERISTICHE DELL'OPERA		4
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO		5
5.1. Evoluzione tettonostratigrafica del Bacino Terziario Piemontese (BTP).....		6
5.2. Il Bacino Terziario Piemontese		9
5.2.1. Gruppo della Gessoso-Solfifera.....		9
5.3. Depositi post-messiniani.....		11
5.3.1. Argille di Lugagnano (Argille Azzurre) (aL)		11
5.4. Unità pleistocenico-oloceniche		12
5.4.1. Bacino dello Scrivia.....		12
5.5. Geomorfologia		16
6. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....		18
7. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO		19
7.1. Idrogeologia delle formazioni affioranti lungo il tracciato		22
7.1.1. Complesso 4 (c, d, aF)		22
7.1.2. Complesso 3 (fl2, fl1).....		22
7.1.3. Complesso 6 (aL, mA1).....		23
7.1.4. Complesso 7 (cC)		24
7.2. Sistemi di flusso		25
7.2.1. Ricostruzione della piezometria		25
7.2.2. Oscillazioni piezometriche stagionali		27
7.2.3. La trincea della linea ferroviaria attuale		28
7.3. Censimento dei punti d'acqua.....		31
8. STIMA DEGLI IMPATTI ASSOCIATI ALLA REALIZZAZIONE DELL'INTERCONNESSIONE DI NOVI LIGURE		33
8.1. Impatti sul breve periodo.....		33
8.2. Impatti sul lungo periodo.....		34
9. CONDIZIONI GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE ATTESE		34
10. BIBLIOGRAFIA		37

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00</p> <p>Foglio 3 di 40</p>

1. PREMESSA

Il presente rapporto riguarda la realizzazione dell'opera identificata come Interconnessione di Novi Ligure alternativa alla Shunt. L'analisi effettuata si inserisce nell'ambito del Progetto Definitivo relativo al nuovo collegamento AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi".

La presente nota costituisce una revisione e un aggiornamento degli studi geologici eseguiti in fase precedente, rispetto alla quale sono stati eseguiti ex novo alcuni rilievi geologici integrativi di superficie.

In questo rapporto viene descritto il contesto geologico, geomorfologico ed idrogeologico nel quale si inserisce l'opera in oggetto.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente rapporto fa riferimento alla seguente documentazione:

- D.M. 11.03.1988 e s.m.i. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e le scarpate, i criteri generali, e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"
- Circ. LL.PP. 24 settembre 1988 n. 30483 Legge 02/02/74, n.64 art.1. D.M. 11/03/1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione".

3. ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO

Lo studio geologico-geomorfologico e idrogeologico del sito di intervento ha previsto:

- l'esecuzione di una ricerca bibliografica;
- il rilevamento di terreno e l'acquisizione dei dati geologici, geomorfologici ed idrogeologici relativi alle aree di intervento;
- l'analisi ed interpretazione delle immagini aeree disponibili;
- la revisione critica dei dati della campagna geognostica del Progetto Definitivo approvato nel 2005, nonché delle relazioni geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche del medesimo Progetto Definitivo (PD);
- l'esame dei dati dei sondaggi e delle indagini integrative richieste in sede di Progettazione Esecutiva (ove disponibili);
- l'interpretazione dei dati raccolti sul terreno alla luce dell'insieme delle informazioni disponibili;
- la redazione degli elaborati geologici.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00 Foglio 4 di 40

La documentazione allegata alla presente relazione è costituita dalla Carta Idrogeologica (GE00-A301-0X-D-CV-P5-GE00-00-001-D00), dalla Carta geologica-geomorfologica (A301-0X-D-CV-G5-GE00-00-001-D00, dai Profili geologici ed idrogeologici – Binario pari e dispari (A301-0X-D-CV-FX-GE00-00-001-D00) e dalla Relazione sul modello numerico di flusso dell'interconnessione di Novi Ligure (A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-002-A00).

4. CARATTERISTICHE DELL'OPERA

L'interconnessione di Novi Ligure rappresenta un'opera di collegamento tra la linea ferroviaria storica Tortona-Novì Ligure e la nuova opera. L'interconnessione è divisa in due binari, uno pari ed uno dispari (rispettivamente abbreviati come BP e BD), illustrati in Figura 1. Su ogni binario è prevista la realizzazione delle seguenti opere:

Binario Pari			
Da pk	A pk	Lungh. (m)	Tipo di opera
0+000	0+337	340	Camerone
0+337	1+330	993	Galleria Naturale
1+330	1+360.5	30.5	Galleria Artificiale "Tipo 1"
1+360.5	1+491.5	131	Galleria Artificiale "Tipo 2"
1+491.5	1+644	152.5	Trincea tra Diaframmi "Tipo 1"
1+644	1+825	181	Trincea tra Diaframmi "Tipo 2"
1+825	1+918	93	Trincea Naturale
1+918	2+353	435	Rilevato

Binario Dispari			
Da pk	A pk	Lungh. (m)	Tipo di opera
0+000	0+349	352	Camerone
0+349	1+074	725	Galleria Naturale
1+074	1+104.5	30.5	Galleria Artificiale "Tipo 1"
1+104.5	1+172	67.5	Galleria Artificiale "Tipo 2"
1+172	1+182	10	Galleria Artificiale "Tipo 3"
1+182	1+222	40	Galleria Artificiale "Tipo 4"
1+222	1+252	30	Galleria Artificiale "Tipo 3"
1+252	1+269.5	17.5	Galleria Artificiale "Tipo 2"
1+269.5	1+299.5	30	Galleria Artificiale "Tipo 4"
1+299.5	1+362	62.5	Galleria Artificiale "Tipo 2"
1+362	1+589	227	Trincea tra diaframmi "Tipo 1"

1+589	1+734	145	Trincea tra muri ad "U"
1+734	1+859	125	Trincea naturale
1+859	2+741	882	Rilevato

Per la descrizione delle caratteristiche costruttive dei singoli tratti di opera si rimanda alla specifica documentazione progettuale.

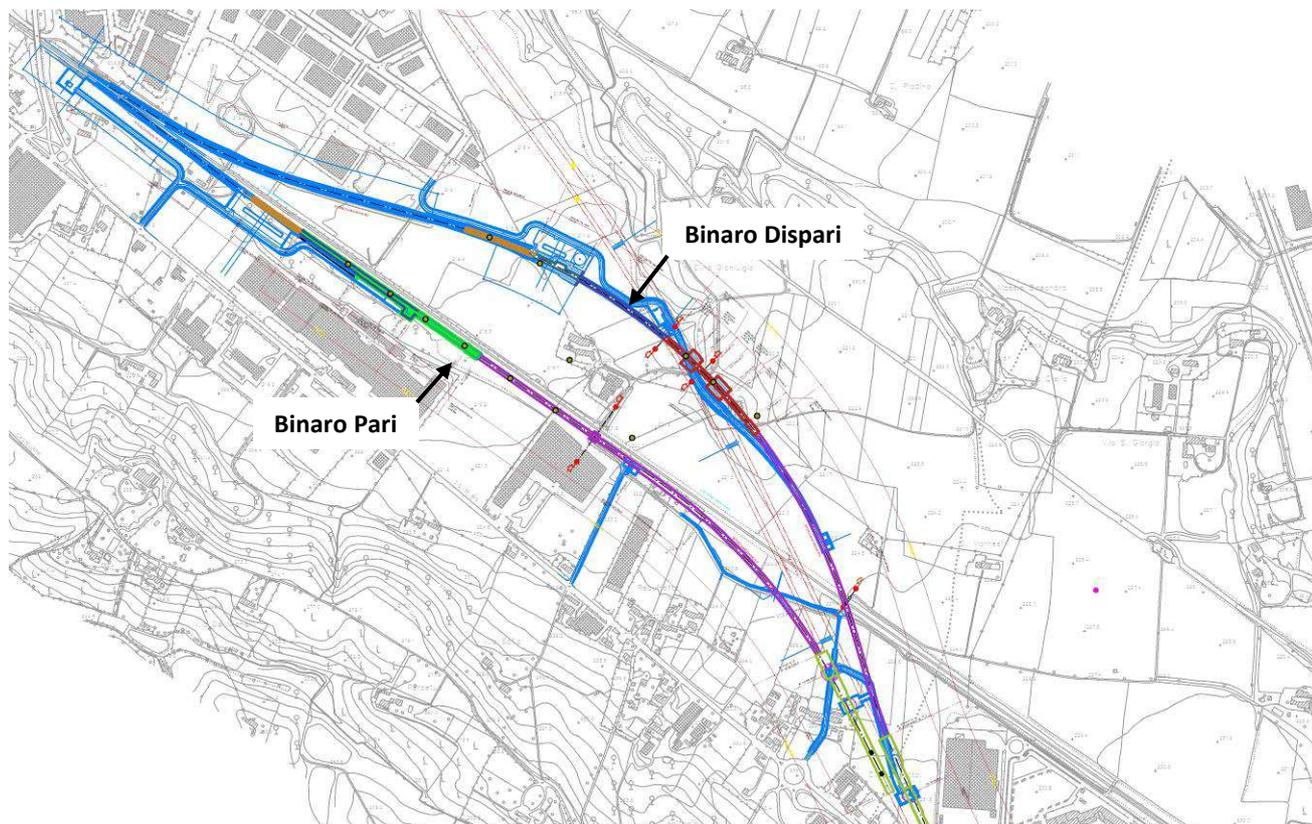


Figura 1 – Tracciato del Binario Pari e del Binario Dispari dell'Interconnessione Novi Ligure.

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La zona interessata dall'opera in progetto ricade in parte nelle unità sommitali del Bacino Terziario Piemontese (BTP) e in parte all'interno dei sovrastanti depositi post-messiniani, sormontati a loro volta dai depositi alluvionali pleistocenico-olocenici del bacino di Alessandria, rappresentati in questo settore dai depositi del T. Scrivia.

In particolare, il tratto di linea oggetto del presente rapporto attraversa il termine basale della successione pliocenica, rappresentato dalle Argille di Lugagnano/Argille Azzurre (aL), poggianti sull'unità dei Conglomerati di Cassano Spinola del Gruppo della Gessoso-Solfifera (BTP). Le Argille Azzurre sono sormontate dai depositi alluvionali quaternari del bacino del T. Scrivia riferibili al Fluviale Medio (f12).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00
	Foglio 6 di 40

La descrizione delle formazioni di seguito riportata è relativa agli studi di dettaglio condotti in fase di Progetto Esecutivo, nelle aree oggetto d'intervento, implementati con informazioni provenienti dal Progetto Definitivo nonché dai dati presenti in letteratura.

5.1. Evoluzione tettonostratigrafica del Bacino Terziario Piemontese (BTP)

I depositi del BTP ricoprono in discordanza unità di diversa composizione e pertinenza crostale (unità metamorfiche alpine e unità sedimentarie liguri), che sono state tra loro giustapposte dalla fase collisionale eocenica mesoalpina (Castellarin, 1994), corrispondente alla "fase ligure" (Elter & Pertusati, 1973). Tale configurazione è il risultato dell'evoluzione collisionale, a doppia vergenza, della catena alpina (Roure et al., 1996) che ha portato all'individuazione, sul suo lato interno, di un prisma orogenico complesso, riconoscibile anche nel sottosuolo fino ad una profondità di 6-7 km.

A partire dall'Eocene superiore e fino a tutto l'Oligocene inferiore, al di sopra della parte interna del prisma orogenico alpino si è sviluppato un bacino (Bacino Terziario epi-mesoalpino di Mutti et al., 1995) che può essere considerato come un bacino di retroforeland alpino in cui si sono deposte le successioni basali (Oligocene inferiore) del BTP e dei bacini epiliguri dell'Appennino settentrionale. Questo bacino si è sviluppato in seguito al retroscorrimento delle unità metamorfiche alpine su quelle liguri (fase mesoalpina o ligure Auct.). I retroscorrimenti mesoalpini sono ben documentati nel sottosuolo padano (Roure et al., 1990; Fantoni et al., 2002), mentre in superficie sono rappresentati dalla Zona Sestri-Voltaggio (Cortesogno et al., 1979; Cortesogno & Haccard, 1984; Hoogerduijn Strating, 1994).

Alla fine dell'Oligocene inferiore, il contesto geodinamico regionale viene modificato dall'apertura del Bacino Ligure-Provenzale. Di conseguenza, tra l'Oligocene superiore e il Miocene medio, la cinematica di questa parte della catena alpina viene influenzata dagli eventi tettonici coevi alla costruzione della catena appenninica e la parte occidentale del bacino di retroforeland alpino viene incorporato in una nuova catena, ora a vergenza appenninica, differenziandosi in diversi domini tettonostratigrafici, costituiti da successioni sedimentarie solo parzialmente confrontabili:

- l'Alto Monferrato e il bacino delle Langhe, sviluppati su un substrato costituito da unità metamorfiche alpine;
- il Monferrato e la zona Borbera-Grue, le cui successioni si sono deposte su unità liguri non metamorfiche (Piana & Polino, 1995; Biella et al., 1997);
- la Collina di Torino, poggiante su un substrato costituito da unità sudalpine (Mosca et al., 2009).

A partire dal Serravalliano, le successioni del BTP vengono coinvolte nella tettonica nord-vergente padana (Falletti et al., 1995). I vari domini tettonostratigrafici prima individuatisi vengono ad assumere la posizione di bacini satellite al di sopra del thrust belt sud-padano (Laubscher et al., 1992; Piana, 2000). Infine, nel Miocene superiore si individua il "thrust frontale padano" attraverso il quale il thrust belt sud-padano sovrascorre sull'avanfossa padana (ovvero appenninica) nel corso del Plio-Pleistocene.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00	Foglio 7 di 40

Nel complesso la successione sedimentaria del BTP, prevalentemente terrigena-silicoclastica, si sviluppa dall'Eocene superiore al Miocene superiore (Messiniano), raggiungendo spessori che superano talora i 4.000 m (Mutti et. al., 1995). Sulla base dei dati biostratigrafici e litostratigrafici, la successione sedimentaria del BTP è stata suddivisa in unità e gruppi di unità delimitati da superfici di discontinuità, cui corrispondono specifici eventi tettonici e variazioni assolute del livello marino.

Nell'intento di garantire una continuità tra la terminologia adottata in fase di Progetto Definitivo ed Esecutivo, senza tuttavia tralasciare le informazioni derivanti dai dati di letteratura più recenti, è stata realizzata una tabella (Tabella 1) in cui è messa a confronto la nomenclatura derivante dalla cartografia ufficiale e quella impiegata in fase di Progetto Esecutivo.

In Tabella 1 sono inoltre evidenziati i casi in cui l'implementazione delle conoscenze in fase esecutiva ha imposto una variazione/integrazione della nomenclatura, della gerarchia e/o della descrizione delle unità stratigrafiche interessate dall'opera.

CARTA GEOLOGICA DEL PIEMONTE alla scala 1:250.000 (in prep).	CATALOGO delle FORMAZIONI ITALIANE e CARIMATI (cfr. Carta geologica d'Italia, scala 1:100.000 e PROGETTO CARG, scala 1:50.000)		Tratta AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi" PROGETTO DEFINITIVO	Tratta AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi" PROGETTO ESECUTIVO
Successioni terrigene messiniane, S6a	Gruppo della Gessoso-Solfifera	Formazione di Cassano Spinola, CSS	Conglomerati di Cassano Spinola, cC	Conglomerati di Cassano Spinola, cC
Evaporiti clastiche messiniane, S5a		Complesso Caotico della Valle Versa, CTV	Formazione Gessoso-Solfifera, gS	<u>Membro di Riomaggiore, qS</u>
Successioni marnose tortoniano-messiniane, S4a	Marne di S. Agata Fossili, SAF	Marne di S. Agata Fossili	marne e peliti, mA1	marne e peliti, mA1
Corpi arenaceo-conglomeratici tortoniano-messiniani, S4b			areniti fini, mA2	areniti fini, mA2
Successioni arenaceo-pelitiche ed arenacee serravalliano-tortoniane, S3b	Formazione di Serravalle, SEV		Arenarie di Serravalle, aS	Arenarie di Serravalle, aS
Successioni arenaceo-pelitiche e marnose burdigaliano-langhiane, S3a	Marne di Cessole, CES		Marne di Cessole, mC	Marne di Cessole, mC
	Formazione di Costa Areasa		Formazione di Costa Areasa, fC	Formazione di Costa Areasa, fC <u>Formazione di Costa Areasa, areniti medie e fini, fCa</u>
Successioni prevalentemente carbonatiche burdigaliane, S2a	Formazione di Rigoroso, RIO	Membro di Costa Montada	marne e areniti, uMc	<u>alternanze di marne e areniti, uMc</u>
Depositi silicei aquitaniano-burdigaliani, S1d			arenarie medie, uMb	<u>areniti medio-grossolane, uMb</u>
			Marne, uMa	<u>marne e marne silicizzate, uMa</u>
Successioni marnose rupeliano-aquitane, S1b	Marne di Rigoroso	Formazione di Rigoroso	areniti e marne, fR	<u>marne con livelli arenacei, fR</u>
			marne grigie, mR	<u>marne siltose, mR</u>
Successioni arenacee e arenaceo-pelitiche rupeliane, S1a	Formazione di Molare	Formazione di Molare	Membro arenaceo, FMa	<u>Litofacies arenacea, FMa</u>
			Membro conglomeratico cementato, FMc	<u>Litofacies siltoso-pelitica, FMc</u>
			Conglomerati poligenici, FMp	<u>Litofacies rudite calcarea, FMc</u>
			Brecce della Costa di Cravara, FMbc	<u>Litofacies rudite poligenica, FMp</u> <u>Litofacies brecciosa, FMbc</u>
-	Brecce della Costa di Cravara, CRA		Brecce della Costa di Cravara	<u>Brecce della Costa di Cravara</u>

Tabella 1 - Tabella nomenclaturale riassuntiva delle unità stratigrafiche del Bacino Terziario Piemontese presenti in letteratura messi a confronto con i termini e le sigle di progetto nelle fasi Definitiva ed Esecutiva. In rosso sono evidenziati i termini oggetto di revisione (come terminologia, gerarchia e/o come descrizione).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00 <table border="1" data-bbox="1420 235 1532 291"> <tr> <td>Foglio 9 di 40</td> </tr> </table>	Foglio 9 di 40
Foglio 9 di 40		

5.2. Il Bacino Terziario Piemontese

5.2.1. Gruppo della Gessoso-Solfifera

Il Gruppo della Gessoso-Solfifera comprende tutte le successioni sedimentarie connesse alla crisi di salinità di età Messiniana che secondo il modello CIESM (2008) si è sviluppata attraverso tre stadi evolutivi cui sono legati tre differenti tipi di depositi: 1) evaporiti primarie e peliti euxiniche tempo-equivalenti, 2) evaporiti risedimentate e 3) depositi terrigeni post-evaporitici.

L'unità è riportata tra le Unità tradizionali formalizzate nel fascicolo VII, Quaderno 7, del SGN-ISPRA (Roveri & Manzi, 2007), mentre il termine di Formazione Gessoso Solfifera è stato emendato.

A sud del settore interessato dalla WBS in oggetto affiorano i depositi riferibili alla fase (1), costituiti da peliti euxiniche con rari interstrati di gessoclastiti (Membro di Riomaggiore, gS), seguiti dai depositi della fase terrigeni post-evaporitici (3), rappresentati dai Conglomerati di Cassano Spinola (cS).

5.2.1.1. Membro di Riomaggiore (gS)

Il Membro di Riomaggiore presenta una potenza massima di 80-100 m circa e risulta nel complesso costituito da argille, siltiti e subordinate arenarie con stratificazione centimetrica molto ben sviluppata e laminazione millimetrica (Figura 2), che conferisce a tali depositi un aspetto "varvato". La colorazione è molto variabile dal giallo bruno, al crema, al grigio e localmente violacea. Ciò che contraddistingue questi depositi è l'assenza di bioturbazione. Il contenuto fossilifero è soprattutto concentrato lungo le superfici di laminazione degli strati argillosi, ed è rappresentato da resti vegetali e squame o resti di pesci e larve di libellula e resti di esemplari adulti. Inoltre sono presenti lamine e gruppi di lamine, caratterizzate da un'abbondante concentrazione di frustoli di diatomee.

A questi sedimenti si intercalano, in misura subordinata, depositi evaporitici rappresentati da livelli millimetrici di gesso cristallino e solo localmente da banchi pluridecimetrici di gesso costituito da gesso laminato microcristallino e da gessoclastiti.

I depositi del Membro di Riomaggiore sono interpretati come depositi euxinici ed evaporitici di scarpata.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00 <table border="1" data-bbox="1420 235 1532 291"> <tr> <td>Foglio 10 di 40</td> </tr> </table>	Foglio 10 di 40
Foglio 10 di 40		



Figura 2: Livelli millimetrico-centimetrici sottilmente laminati costituiti da peliti, siltiti e gesso cumulitico microcristallino.

5.2.1.2. Conglomerati di Cassano-Spinola (cC)

Questa formazione presenta nel suo complesso una geometria piano-concava con uno spessore massimo di oltre 200 m nel settore di Cassano Spinola (AL) e di 60-80 m circa in prossimità di Serravalle Scrivia e Novi Ligure. La variabilità laterale di spessore della formazione è dovuta principalmente all'irregolarità geometrica del limite erosionale inferiore che a sua volta è fortemente condizionato dall'assetto strutturale dell'area.

La formazione è riferibile alla parte superiore dell'intervallo "post-evaporitico" del Messiniano ed è costituita per la maggior parte da alternanze arenaceo-pelitiche (Figura 3) e subordinatamente da corpi lenticolari di conglomerati. I livelli arenacei sono potenti da qualche decimetro a 2-3 m e talora risultano amalgamati. Internamente essi risultano omogenei oppure sono gradati e caratterizzati da associazioni di strutture trattive (laminazione piano-parallela, laminazione obliqua planare a medio-grande scala, lamine oblique concave a media e piccola scala, laminazione ondulata, laminazione convoluta). Le intercalazioni pelitiche (potenti da pochi centimetri a 1 m circa) corrispondono ad intervalli compositi, costituiti da un'alternanza ritmica fra strati centimetrico-decimetrici di argille omogenee e strati centimetrici di siltiti o strati millimetrico-centimetrici di areniti fini.

I corpi conglomeratici, nel settore interessato dall'opera possono raggiungere i 2-3 m di spessore e mostrano un'estensione laterale variabile intorno alla decina di metri. Si tratta di conglomerati clast-supported, con matrice sabbiosa, a ciottoli centimetrico-decimetrici, passanti lateralmente ad areniti medie e grossolane. Localmente è osservabile l'embriciatura dei ciottoli ed una stratificazione mal

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00 Foglio 11 di 40

definita. Il contatto inferiore con i depositi pelitico-siltosi sottostanti risulta netto ed erosionale. Sulla base del modello proposto da Ghibaudo et al. (1985), questi depositi possono essere interpretati come depositi di delta-conoide distale.



Figura 3: Evidenza del passaggio stratigrafico tra il Membro di Riomaggiore (gS) e i Conglomerati di Cassano Spinola (cC), qui rappresentati da facies fini siltoso-argillose.

5.3. Depositi post-messiniani

5.3.1. Argille di Lugagnano (Argille Azzurre) (aL)

Le Argille di Lugagnano rappresentano il termine basale della successione pliocenica. Il passaggio tra i Conglomerati di Cassano Spinola e le Argille di Lugagnano è stato osservato esclusivamente in carote di sondaggio e risulta di tipo transizionale rapido, sviluppandosi entro pochi metri.

Le Argille di Lugagnano sono costituite da argille e argille siltose, localmente sabbiose-fini, di colore beige (zona di alterazione superficiale) o grigio-azzurro, a stratificazione mal distinta, localmente sottolineata da livelli con maggior contenuto in sostanza organica. Si mostrano localmente bioturbate e contengono resti di bivalvi, gasteropodi, echinidi, pteropodi, associazioni a foraminiferi planctonici e bentonici ed abbondanti frustoli vegetali. Il contenuto fossilifero ed in generale la scarsa frazione carbonatica tendono a diminuire verso la parte alta della formazione

Localmente si rinvencono livelli di arenarie e microconglomerati, che costituiscono corpi lenticolari, potenti fino a qualche metro.

Nel complesso la formazione è riferibile ad un ambiente da bacinale profondo ad uno di scarpata, prossimo alla piattaforma esterna.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00 <div style="float: right;">Foglio 12 di 40</div>

Sulla base della associazioni a foraminiferi planctonici le Argille di Lugagnano sono riferibili allo Zancleano (Pliocene inferiore).

5.4. Unità pleistocenico-oloceniche

5.4.1. Bacino dello Scrivia

Nell'area oggetto d'intervento i depositi fluviali riferibili al bacino del Torrente Scrivia sono localizzati sia alla sommità dei rilievi collinari prospicienti le aree di pianura, sia in corrispondenza dell'ampio conoide del T. Scrivia, che si sviluppa all'incirca dall'abitato di Serravalle Scrivia a quello di Tortona.

I depositi fluviali del bacino del Torrente Scrivia sono costituiti da successioni che presentano una granulometria scarsamente differenziata con netta prevalenza di elementi clastici grossolani, tuttavia sulla base delle caratteristiche litologiche, delle caratteristiche dei suoli cui sono associate e sulla base della posizione geometrica che essi occupano all'interno del bacino si sono potute distinguere in 3 unità principali.

Nel complesso i depositi fluviali del bacino dello Scrivia poggiano, da sud a nord, con una superficie di discontinuità stratigrafica sulle successioni sedimentarie del Bacino Terziario Piemontese, sulle successioni post-Messiniane e sui depositi "Villafranchiani" auct. La superficie di appoggio basale dei depositi fluviali è molto superficiale in prossimità dei rilievi (Serravalle S. e Novi Ligure), mentre tende ad approfondirsi notevolmente procedendo verso nord (depocentro del Bacino Alessandrino) come riportato nella carta della profondità della superficie basale dei depositi alluvionali del settore alessandrino (Figura 4).

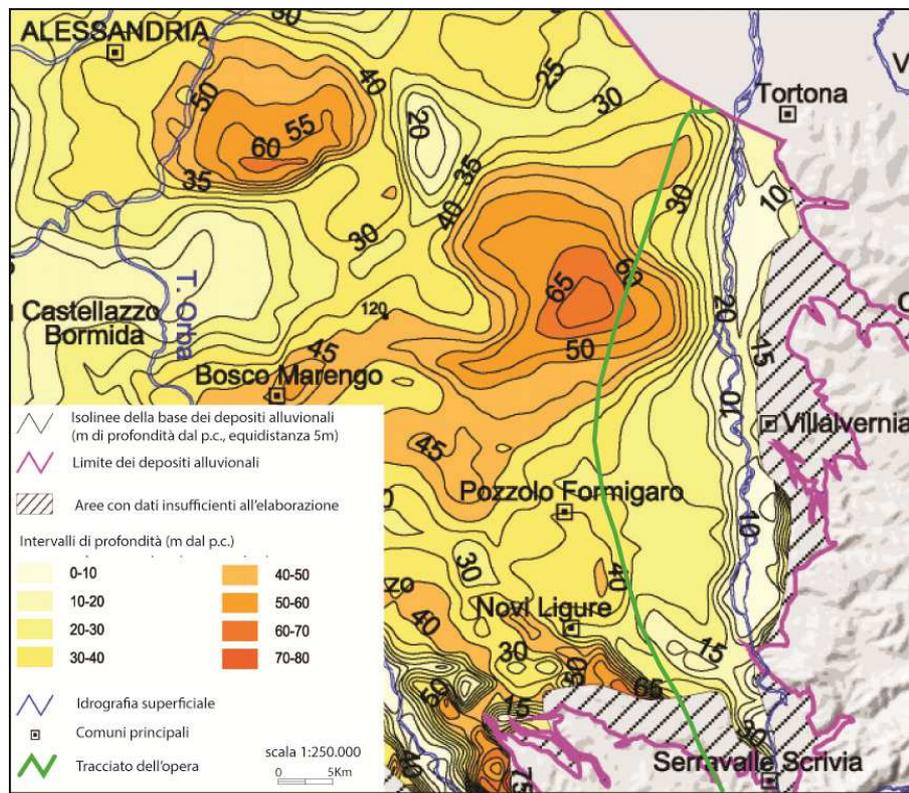


Figura 4: Carta schematica della profondità della superficie basale dei depositi alluvionali del settore alessandrino (adattato da Irace et al., 2009). Dalla carta emerge l'estrema irregolarità dell'andamento della superficie basale dei depositi alluvionali lungo il tracciato dell'opera (linea verde), da superficiale a mediamente profondo nei settori di Novi Ligure-Pozzolo Formigaro, con un evidente depocentro nel settore tra Villalvernia e Tortona.

5.4.1.1. Depositi fluviali antichi (f11)

I depositi fluviali riferiti a questa unità sono ubicati in corrispondenza di alcuni lembi di superfici terrazzate presenti in sinistra idrografica del T. Scrivia in corrispondenza di superfici di modeste dimensioni sospese di circa 75-50 m rispetto all'alveo del T. Scrivia e sono rappresentati da sedimenti fluviali ghiaioso-sabbiosi con struttura a supporto di clasti, ben alterati (5YR 4/6 - 2,5YR 5/8). I clasti sono costituiti soprattutto da serpentiniti, metabasiti e quarziti; localmente presentano patine di ossidi di ferro e manganese e frequentemente sono ben osservabili dei veri e propri livelli centimetrici di ossidi nero-rossastri. La matrice fine, siltoso-arenacea è molto alterata. Questi depositi sono associati a dei paleosuoli abbastanza evoluti, come testimoniato anche dalla locale presenza di concrezioni calcaree (pedotubuli e rizoconcrezioni).

La superficie di appoggio basale, di natura erosiva, è modellata nel substrato prequaternario o nei depositi del Bacino Terziario Piemontese; la superficie sommitale dei depositi coincide solo in parte con il top deposizionale essendo in generale sensibilmente rimodellata.

In base al grado di alterazione e ai rapporti con le altre unità, i depositi fluviali antichi possono essere indicativamente riferiti al Pleistocene medio.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00 <table border="1" data-bbox="1420 224 1532 291"> <tr> <td>Foglio 14 di 40</td> </tr> </table>	Foglio 14 di 40
Foglio 14 di 40		

5.4.1.2. Depositi fluviali medi (fl2)

I depositi fluviali riferiti a questa unità sono ubicati in corrispondenza dell'ampio terrazzo di Novi Ligure, sospeso di 25-45 metri rispetto all'alveo del T. Scrivia e che si estende da Serravalle Scrivia a Pozzolo Formigaro in sinistra idrografica del T. Scrivia.

Le osservazioni stratigrafiche derivano soprattutto dalle stratigrafie di sondaggio e in minima parte da osservazioni dirette. I depositi fluviali medi (fl2) sono costituiti da ghiaie sabbioso-limose debolmente argillose. Dall'analisi granulometrica di 4 campioni raccolti in 1 sito le classi granulometriche risultano così distribuite: 57% ghiaia, 21% sabbia, 15% limo e 7% argilla. La matrice fine, siltoso-arenacea è mediamente alterata. Solo localmente sono presenti livelli metrici di argille e silt-argillosi (Figura 5).

La superficie di appoggio basale, di natura erosiva, è modellata sul substrato costituito dalle successioni post-messiniane (Argille di Lugagnano, aL; Sabbie d'Asti e successione Villafranchiana auct., vL). La superficie sommitale dei depositi coincide solo in parte con il top deposizionale essendo in generale sensibilmente rimodellata, soprattutto in corrispondenza dell'orlo del terrazzo che separa i depositi fluviali medi (fl2) da quelli recenti (fl3). I depositi fluviali medi (fl2) sono ricoperti da suoli che presentano un grado di evoluzione medio-basso con potenza media variabile da 0,5 a 2 metri, attualmente utilizzati come strato coltivo. Lo spessore complessivo dei depositi fluviali medi varia da 1-2 metri a 10-15 metri circa.

In base al grado di alterazione e ai rapporti con le altre unità, i depositi fluviali medi possono essere indicativamente riferiti al Pleistocene medio-superiore.



Figura 5: Sondaggio XA301B111, dettaglio dell'unità fl2.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00 <div style="float: right;">Foglio 15 di 40</div>

5.4.1.3. Depositi fluviali recenti (fl3)

I depositi fluviali recenti comprendono sedimenti a granulometria grossolana costituiti in generale da ghiaie e sabbie con percentuali minori di argille e limi. Sulla base dell'osservazione delle stratigrafie dei sondaggi eseguiti nelle fasi Preliminare e Definitiva di progetto, degli affioramenti osservati in corrispondenza di alcuni orli di terrazzo e dalle analisi granulometriche (elaborato A301-00-D-CV-RG-GE00-0-1-002-A.00) i depositi fluviali recenti sono stati distinti in due unità geometricamente sovrapposte (fl3a e fl3b).

I depositi fluviali riferiti a questa unità sono ubicati in corrispondenza dell'ampio terrazzo, sospeso di 20-5 metri rispetto all'alveo del T. Scrivia e che si estende da Serravalle Scrivia a Tortona in sinistra idrografica del T. Scrivia.

L'unità stratigraficamente inferiore è costituita da ghiaie sabbiose limoso/argillose (fl3a). Dall'analisi granulometrica di 18 campioni raccolti in 7 siti differenti le classi granulometriche risultano così distribuite: 64% ghiaia, 19% sabbia, 11% limo e 6% argilla (Figura 6). Nel complesso si presentano da mediamente a poco alterati. Localmente sono presenti livelli metrici di argille e silt argillosi.

La superficie di appoggio basale, di natura erosiva, è modellata sul substrato costituito dalle successioni post-messiniane (Argille di Lugagnano, aL; Sabbie di Asti e successione Villafranchiana auct., vL e localmente sull'Unità Antola). I depositi fluviali recenti (fl3a) non si trovano mai in affioramento e sono sempre ricoperti dall'unità indicata come fl3b dei depositi fluviali recenti.

L'unità stratigraficamente superiore è costituita da ghiaie sabbiose (fl3b) con clasti che presentano vari gradi di arrotondamento e sfericità e diametro massimo di circa 3-4 cm, solo localmente sono presenti elementi con diametro maggiore (Figura 7). Dall'analisi granulometrica di 6 campioni raccolti in 5 siti differenti le classi granulometriche risultano così distribuite: 75% ghiaia, 18% sabbia, 4% limo e 3% argilla. Nel complesso si presentano da poco alterati a non alterati.

La superficie di appoggio basale, probabilmente di natura erosiva, è modellata nei depositi fluviali recenti (fl3a). I depositi fluviali recenti (fl3) sono ricoperti da suoli che presentano un grado di evoluzione medio-basso con potenza media variabile da 0,5 a 2 metri, attualmente utilizzati come coltivo.



Figura 6: Sondaggio XA301C087, dettaglio dell'unità f13a.



Figura 7: Sondaggio XA301C087, dettaglio dell'unità f13b.

Lo spessore complessivo dei depositi fluviali recenti varia da 1-2 metri a oltre 40 metri. In base al grado di alterazione e ai rapporti con le altre unità, i depositi fluviali recenti possono essere indicativamente riferiti, nel complesso al Pleistocene superiore-Olocene.

5.5. Geomorfologia

L'area di indagine si colloca sulla piana alluvionale terrazzata situata in sponda sinistra idrografica del Torrente Scriva, tra gli abitati di Serravalle Scrivia e Novi Ligure; si tratta di un settore posto in corrispondenza dello sbocco della Valle Scrivia sull'apice del vasto conoide alluvionale che forma la pianura tra Serravalle, Novi, Frugarolo, Castelnuovo Scrivia e Tortona, delimitata, a E e a N, dal corso dei fiumi Orba, Bormida, Tanaro e Po e a E dal corso del T. Grue.

Dal profilo morfostratigrafico realizzato per il tratto del T. Scrivia che va da Serravalle a Villalvernia si può osservare che nella fascia altimetrica compresa tra 305 e 130 m s.l.m. esistono diversi ordini di terrazzi di origine fluviale. I terrazzi, sulla base della loro quota attuale, possono essere schematicamente suddivisi in 3 gruppi principali che corrispondono ad altrettante fasi di modellamento delle superfici e deposizione dei sedimenti.

Il gruppo di terrazzi situato in prossimità della fascia altimetrica più alta, compresa tra 305 e 225 m, è ubicato in prevalenza lungo i fianchi e in parte alla sommità dei rilievi collinari che sovrastano il conoide del T. Scrivia. Questi terrazzi sono modellati e delimitano arealmente i depositi fluviali antichi (fl1).

Il gruppo di terrazzi situato in prossimità della fascia altimetrica intermedia, compresa tra 245 e 175 m, è ubicato in corrispondenza del conoide del T. Scrivia. Questi terrazzi delimitano le estese aree poco acclivi o pianeggianti sulle quali sorgono gli abitati di Serravalle Scrivia, Novi Ligure e, in parte, Pozzolo Formigaro. Questi terrazzi sono modellati e delimitano arealmente i depositi fluviali medi (fl2).

Il gruppo di terrazzi situato in prossimità della fascia altimetrica inferiore, compresa tra 225 e 125 metri, è ubicato in corrispondenza del conoide del T. Scrivia, a poche decine di metri dal suo alveo ordinario. Questi terrazzi sono modellati e delimitano arealmente i depositi fluviali recenti (fl3).

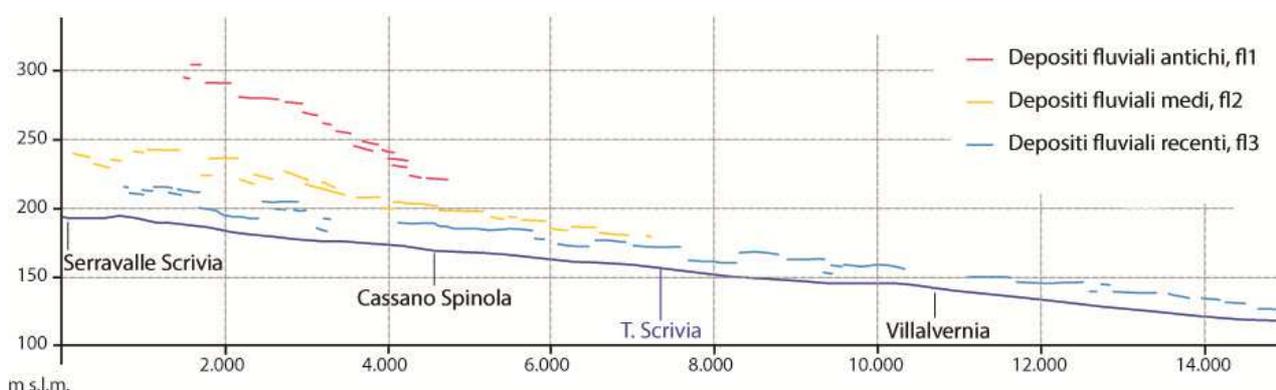


Figura 8: Profilo morfostratigrafico del Torrente Scrivia realizzato nel tratto compreso tra gli abitati di Serravalle Scrivia e Villalvernia e riferito al versante idrografico sinistro della Valle Scrivia (non sono stati rappresentati gli ordini di terrazzi riferibili all'evoluzione recente del T. Scrivia - depositi fluviali attuali (a)- in quanto scarsamente rilevanti ai fini dell'opera).

Il terrazzo su cui si sviluppano le opere in progetto è impostato nei depositi alluvionali del Fluviale Medio (fl2) e si estende con andamento SE-NW tra 230 m e 218 m di quota, con una larghezza, nel tratto interessato dalle opere, compresa tra 1000 e 1200 m; il gradiente morfologico medio è di circa 4.5‰ in senso longitudinale (SE-NW), con drenaggio superficiale diretto dalla base del versante collinare sinistro della Valle Scrivia verso NE.

Il terrazzo fl2 è delimitato a NE da una scarpata fluviale, che immette a un terrazzo subpianeggiante sottostante, impostato nei depositi del Fluviale Recente (fl3). Il terrazzo fl3, costituito da depositi alluvionali sottili, è a sua volta inciso dalla scarpata di erosione che delimita l'alveo attuale del T. Scrivia, che si trova a una distanza minima di 1800 m dall'asse delle opere in progetto.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 18 di 40</p>

La scarpata che delimita il terrazzo fl2 ha in pianta una geometria irregolare, essendo incisa da alcuni corsi d'acqua minori, che si impostano lungo direttrici ad andamento medio N-S, obliquo rispetto all'asse vallivo principale e con drenaggio verso N, determinando incisioni più o meno profonde che interrompono la continuità laterale del terrazzo. In particolare, la testata di una di tali incisioni interseca l'asse dell'interconnessione Dispari presso la località Cascina Moffa, alla pk 1250 ca., dove è occupata da due piccoli specchi d'acqua.

A livello locale quindi, la morfologia è controllata:

- dalla presenza al piede del versante collinare di piccoli conoidi alluvionali, di pertinenza del reticolato idrografico secondario, che sfociano sul terrazzo principale, nonché di sottili accumuli di detrito di versante che raccordano il pendio alla piana alluvionale;
- dalla presenza di alcune linee di drenaggio trasversali rispetto all'asse vallivo;
- da vistosi interventi di riassetto territoriale connessi con interventi di urbanizzazione, in articolare tra la linea ferroviaria attuale e il versante collinare, dove sono presenti diversi insediamenti industriali, in corrispondenza dell'allacciamento tra le interconnessioni e la prevista linea di valico, dove si trova il centro commerciale di Serravalle e all'estremo opposto, dove inizia la periferia di Novi Ligure.

È da segnalare la presenza sul terrazzo in esame di diversi specchi d'acqua che colmano alcune depressioni morfologiche e che danno un'indicazione di quanto possa essere localmente superficiale la falda ospitata nelle alluvioni. In particolare, presso C.na Moffa sono presenti, come precedentemente accennato, due laghetti che occupano il fondo di un'incisione di origine fluviale, legata all'alveo di un piccolo corso d'acqua che prende origine circa 200 m a SE dal cascinale. Questi laghetti si collocano a ridosso del tracciato dell'interconnessione Dispari; il bordo meridionale dello specchio d'acqua più vicino è circa 10 m a N dell'asse di linea. Sull'esatta verticale dell'asse di linea è presente un'ulteriore depressione, posta tra la cascina e il primo laghetto, che all'epoca del rilievo risultava asciutta. Non è chiaro se anche questa depressione possa stagionalmente ospitare un piccolo stagno.

Il terrazzo impostato nei depositi fl2 è tagliato diagonalmente dalla trincea della linea ferroviaria attuale, che corre in direzione SE-NW tra le località di C.na Colombina (a ridosso dell'outlet di Serravalle) e C.na Moffa; la lunghezza totale della trincea è di 1900 ca; la sua profondità massima rispetto al piano campagna circostante è di 11 m ca. nei pressi dell'outlet di Serravalle; la profondità si riduce progressivamente arrivando a 5 m ca. 700 m più a NW e a 1 m ca., 1300 m più a NW. La trincea termina circa 500 m a SE dello stabilimento della NOVI Dolciaria.

6. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le indagini geognostiche disponibili e significative per il settore interessato dall'opera sono elencate di seguito.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00 Foglio 19 di 40

- Indagini Progetto Preliminare: XA301G022, XA301G023, XA301G024, AA301B042, EA301B043 e EA301R044.
- Indagini Progetto Definitivo: SI48.
- Indagini Progetto Esecutivo: L2-S01, L2-S02, L2-S03, L2-S53, L3-S01, L3-S02, L3-S03, L3-S06, L3-S07, L3-S13, L3-S14, L3-S55.
- Indagini Progetto Definitivo – Interconnessione Novi Ligure (2014): S-OV42-1, S-OV42-2, S-OV42-3, S-OV42-4.

Nel complesso, tutte le sezioni indicano la presenza di: i) un intervallo superficiale di 8-15 metri circa di depositi alluvionali sabbioso siltosi con un livello ghiaioso basale discontinuo (0-3 m circa); ii) un substrato argilloso, localmente siltoso, rappresentato dalle formazioni dei Conglomerati di Cassano Spinola e delle Argille di Lugagnano.

La descrizione dettagliata dei singoli sondaggi è riportata nei rispettivi elaborati.

7. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico, l'opera in esame si situa al passaggio tra le formazioni sedimentarie del Bacino Terziario Piemontese (BTP) e i depositi alluvionali quaternari del fondovalle Scrivia, con una ripartizione dei litotipi intercettati che è leggermente diversa tra le due interconnessioni sui binari pari e dispari, a causa della differente geometria dei due tracciati.

L'area di studio è stata suddivisa, sia su base litologica sia in base ai risultati delle prove di permeabilità eseguite in sondaggio, in complessi idrogeologici a permeabilità differenziata, distinguendo lungo l'asse delle gallerie settori con comportamento idrogeologico omogeneo. I sistemi di flusso idrico sotterraneo possono svilupparsi all'interno di un solo complesso idrogeologico, quando questo è limitato lateralmente da complessi meno permeabili, oppure possono attraversare più complessi permeabili adiacenti.

In linea generale, l'interconnessione di Novi Ligure attraversa due grandi tipologie di complessi, ovvero i) complessi permeabili per porosità, riferiti all'insieme delle alluvioni quaternarie e ii) complessi permeabili per fratturazione \pm porosità, riferibili ai sedimenti del BTP.

Per questi ultimi, a prescindere dalla grandezza delle permeabilità misurate in sito, va precisato che nell'elaborare i dati idrogeologici si è reso necessario adottare alcune semplificazioni concettuali, assimilando comunque la permeabilità discontinua dei mezzi fratturati a quella di corrispondenti mezzi porosi.

La permeabilità delle unità sedimentarie del BTP, nell'area di interesse, è molto spesso anisotropa, cioè il flusso idrogeologico avviene preferenzialmente lungo discontinuità più o meno diffuse al loro interno, come la stratificazione oppure sistemi di fratture, che possono essere più o meno pervasivi ed estesi.

A rigore, in contesti di questo tipo, dovrebbero essere definite le permeabilità lungo i singoli sistemi di discontinuità, il che non è tuttavia realistico per i seguenti motivi:

- alla scala delle opere (e ancor di più a scala maggiore), la permeabilità delle singole fratture o dei singoli sistemi di frattura non è particolarmente significativa, poiché la circolazione sotterranea avviene sempre lungo percorsi misti, che sfruttano più sistemi variamente interconnessi;
- per definire il grado di permeabilità dei singoli elementi del sistema idrogeologico sarebbero necessari studi di estremo dettaglio sullo stato di fratturazione, non realizzabili nell'ambito della progettazione di opere lineari di diversi km di lunghezza;
- le prove idrauliche in foro, strumento principale attraverso cui viene definito il grado di permeabilità, restituiscono valori medi di permeabilità, calcolati per una camera di prova e quindi per un volume roccioso che comprende generalmente più fratture.

Riconducendo la permeabilità discontinua del mezzo fratturato/stratificato a quella di un mezzo poroso si fa quindi riferimento al concetto di "permeabilità equivalente", ovvero a un tensore di permeabilità, del quale, ai fini della classificazione idrogeologica, è stato considerato il valore maggiore. Tenendo presente quanto sopra, nel seguito, ai fini descrittivi, si farà riferimento alle classi di permeabilità indicate nella tabella seguente.

Va precisato che, ove si faccia riferimento a valori fisici numericamente definiti, è più corretto impiegare il termine "conducibilità idraulica" (K, espressa in m/s), in luogo del termine "permeabilità", poiché i valori fisici a cui si fa riferimento tengono conto delle proprietà del mezzo acquoso (densità unitaria, temperatura di 20°C ecc.), mentre la "permeabilità" (k, espressa in m²) sarebbe in realtà una proprietà intrinseca dell'acquifero indipendente dal fluido che lo attraversa. Si continuerà invece ad utilizzare il termine "permeabilità" o "grado di permeabilità" per indicare genericamente e a livello concettuale le proprietà idrogeologiche dei diversi ammassi, senza specifici riferimenti a valori fisici numericamente definiti.

Classe	Conducibilità idraulica in m/s	Descrizione
K1	$> 10^{-4}$	molto alta
K2	10^{-5} a 10^{-4}	alta
K3	10^{-6} a 10^{-5}	medio-alta
K4	10^{-7} a 10^{-6}	media
K5	10^{-8} a 10^{-7}	bassa
K6	$< 10^{-8}$	molto bassa

Tabella 2 – Descrizione delle classi di conducibilità idraulica utilizzate (N.B.: la classificazione non è valida per le rocce carsiche, per le quali è necessaria una valutazione specifica).

Con riferimento alla permeabilità nelle unità del basamento (inteso come insieme delle formazioni prequaternarie), indipendentemente dagli aspetti litologici, si possono distinguere due diversi contesti, ovvero i) mezzo roccioso (o litoide) in normale stato di fratturazione e ii) zone di faglia.

Il contesto del primo tipo è largamente dominante: la permeabilità è indotta dalla presenza di un reticolo di discontinuità (fratture e/o stratificazione) poco persistenti lateralmente (metri/decine di metri), includendo in queste discontinuità anche le faglie discrete con zona di deformazione cataclastica di spessore modesto (dell'ordine del metro) e persistenza modesta (m/dam). Ciò

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00 <table border="1" style="float: right; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Foglio 21 di 40</td> </tr> </table>	Foglio 21 di 40
Foglio 21 di 40		

significa che a scala decimetrica o metrica talora si possono avere permeabilità anche piuttosto elevate, determinate dalla presenza di singole fratture aperte o faglie discrete, ma a scala decametrico-ettometrica la permeabilità media è per lo più bassa, l'interconnessione reciproca tra le discontinuità non è elevata.

Il contesto del secondo tipo è volumetricamente subordinato ed è correlato alla presenza di zone di faglia con fascia di deformazione cataclastica di spessore da diversi metri a diverse decine di metri. In questa fasce, oltre alla densità di fratturazione molto elevata, possono essere presenti anche livelli di brecce tettoniche, che costituiscono un materiale pseudo-poroso a permeabilità elevata. In questo contesto la permeabilità generale è piuttosto alta, poiché il grado di interconnessione tra le discontinuità è elevato e le fratture presentano sovente riempimenti granulari poco coesivi (brecce e microbrecce). Nelle zone di faglia le rocce cataclastiche più permeabili costituiscono tipicamente due fasce (salbande) dette "zone di danneggiamento" (*damage zones*) poste ai due lati di una fascia centrale dove si concentra il massimo della deformazione, detta "zona di nucleo" (*core zone*). In questa fascia può essere presente un'elevata quantità di prodotti di frizione a grana fine o finissima, poco permeabile (*gouge di faglia*). Nelle faglie maggiori, la zona di nucleo può pertanto costituire un setto poco permeabile più o meno potente, interno alla fascia più permeabile.

L'attribuzione del grado di permeabilità ad ogni complesso idrogeologico attraversato dal tracciato di progetto è basata sui dati di conducibilità misurati nei sondaggi e disponibili in letteratura. Laddove non sono disponibili valori misurati o quando i dati disponibili non garantiscono un'adeguata rappresentatività statistica, la stima della conducibilità è stata basata su un'analisi critica dei dati geologici terreno e sull'analogia con formazioni con caratteristiche idrodinamiche simili. Durante le fasi di rilevamento di terreno è stata prestata particolare attenzione alla descrizione dello stato di fratturazione e del grado di cementazione.

Va specificato anche che i valori di conducibilità idraulica forniti si riferiscono a una scala sub-ettometrica, significativa per la dimensione delle opere in progetto. A scala metrica o plurimetrica, potrebbero essere incontrati localmente valori anche più elevati di quelli dedotti in base ai dati disponibili, poiché a tale scala la permeabilità potrebbe essere governata dalle caratteristiche idrauliche di singole fratture. Questi elementi "anomali" tuttavia sono in genere poco interconnessi e risultano ininfluenti per le considerazioni idrogeologiche svolte alla scala del progetto.

Durante le campagne di perforazione dei sondaggi geognostici eseguite per il PD e per il PE (campagne geognostiche 1992-1993, 1996, 2001-2002, 2004 e 2012-2014), sono state realizzate numerose prove in foro di tipo Lefranc e Lugeon. I valori di conducibilità, espressi in Unità Lugeon e in m/s, sono stati dedotti dall'interpretazione delle suddette prove idrauliche. I terreni testati presentano, nella maggior parte dei casi, un grado di permeabilità primario basso o molto basso, con la sola esclusione dei depositi alluvionali.

Il deflusso idrico sotterraneo è quindi determinato, nel basamento prequaternario, essenzialmente dalla permeabilità per fratturazione, condizionata dal basso grado di interconnessione dei sistemi di fratture e nei depositi quaternari dalla porosità, condizionata dalla composizione granulometrica dei materiali.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00 <table border="1" data-bbox="1420 235 1532 291"> <tr> <td>Foglio 22 di 40</td> </tr> </table>	Foglio 22 di 40
Foglio 22 di 40		

7.1. Idrogeologia delle formazioni affioranti lungo il tracciato

Per quanto riguarda l'idrogeologia delle formazioni affioranti lungo il tracciato, nell'ambito degli studi inerenti il PE della linea AV/AC Milano-Genova, sono stati identificati venti diversi complessi idrogeologici.

Per una trattazione generale relativa all'assetto idrogeologico dell'area d'interesse si rimanda alla relativa Relazione Idrogeologica Generale (GE00-IG51-00-E-CV-RO-GE00-02-001-A00 e successive revisioni).

7.1.1. Complesso 4 (c, d, aF)

I depositi quaternari del Complesso Idrogeologico 4 sono essenzialmente rappresentati dal sottile strato di coltre detritica (\pm rimaneggiata e frammista a riporti di origine antropica) che ricopre in maniera ubiquitaria l'area di interesse per l'opera, con uno spessore mediamente variabile tra 1 e 2 m; pur non costituendo un acquifero significativo, dato l'esiguo spessore, questo complesso è comunque importante poiché costituisce un mezzo permeabile in grado assorbire e veicolare per infiltrazione, verso gli orizzonti inferiori, gran parte delle precipitazioni. Esso può quindi costituire un serbatoio in grado di garantire un'alimentazione rilevante a strutture idrogeologiche del substrato, che potrebbero essere intercettate dalle opere.

Nell'area di interesse, la coltre, nelle porzioni più pellicolari, è costituita da elementi litoidi di taglia da subcentimetrica a decimetrica, immersi in matrice limoso-sabbiosa e con caratteristiche variabili in funzione del litotipo di provenienza.

Questo tipo di depositi presenta una conducibilità idraulica per porosità primaria; in profondità, nei settori dove la coltre si sviluppa direttamente a carico del substrato prequaternario e dove si ha un passaggio graduale al substrato in posto, alterato e fratturato, si passa ad un contesto misto di permeabilità per fratturazione e porosità, a seconda del grado di alterazione del substrato stesso.

Non sono disponibili prove di tipo idraulico per i depositi quaternari (c) ma sembra comunque ragionevole presupporre una conducibilità stimata compresa tra 1×10^{-6} e 1×10^{-8} m/s.

7.1.2. Complesso 3 (fl2, fl1)

Questo complesso idrogeologico interessa direttamente l'opera in progetto lungo entrambi i tracciati, almeno a partire dal punto in cui i depositi fluviali iniziano a comparire in calotta, quindi dalle pk 0+900 (BD) e 0+950 (BP); è comunque possibile che i depositi "fl2" compaiano in calotta anche prima, a causa dell'esigua copertura in roccia e di possibili irregolarità della superficie di appoggio basal.

Questo complesso è caratterizzato da un grado di cementazione variabile e la cui permeabilità è principalmente legata alla porosità primaria del deposito.

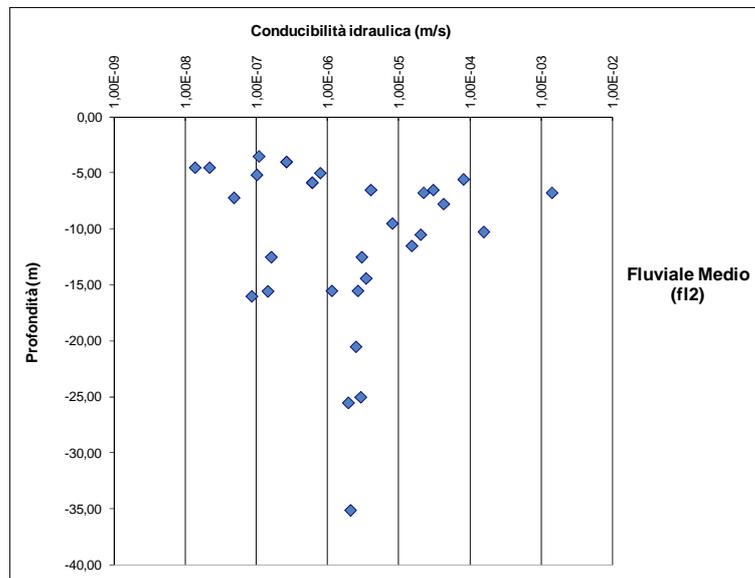


Figura 9 - Grafico delle conducibilità idrauliche per i depositi alluvionali medi (fl2) da prove sui sondaggi del PP, PD e PE.

I test idraulici eseguiti (Figura 9), mettono in evidenza valori di conducibilità idraulica piuttosto dispersi, compresi in media tra 1×10^{-5} e 1×10^{-7} m/s; localmente si potrebbero riscontrare conducibilità maggiori (fino a 1×10^{-3} m/s) o minori (fino a 1×10^{-8} m/s) a seconda della presenza di strati differenziabili in relazione a diverse percentuali di ghiaia, sabbia, limo e argilla.

La stratigrafia di questi sedimenti, nota sulla base dei sondaggi eseguiti, evidenzia una successione di orizzonti a composizione limoso-argillosa che possono causare locali effetti di compartimentazione in senso verticale dell'acquifero.

7.1.3. Complesso 6 (aL, mA1)

Dalle osservazioni di terreno emerge che il complesso idrogeologico 6 è costituito prevalentemente da argille e argille siltose (aL) e marne con intercalazioni pelitiche (mA1), in cui la permeabilità è prevalentemente legata allo stato di fratturazione dell'ammasso, mentre la permeabilità per porosità è da considerarsi trascurabile, fatta eccezione per la possibile sporadica presenza di corpi lenticolari di arenarie e microconglomerati, con scarsa continuità laterale.

I test idraulici eseguiti direttamente su questo complesso idrogeologico mostrano conducibilità idrauliche prevalenti, fuori dalle zone di faglia, tra 1×10^{-8} a 1×10^{-10} m/s (Per questo complesso idrogeologico i dati da test idraulici eseguiti in foro disponibili sono pochi (Figura 10). Essi mettono in evidenza una conducibilità idraulica dell'ordine di 1×10^{-8} - 1×10^{-9} m/s; cautelativamente si è comunque ipotizzato che si possano raggiungere valori fino a 1×10^{-6} m/s, vista la possibile presenza di livelli poco cementati.

Per le zone di faglia la conducibilità idraulica è stata stimata nell'intervallo $1 \times 10^{-6}/1 \times 10^{-9}$ m/s. Si può ipotizzare che lungo le faglie del complesso le permeabilità maggiori siano relative alle zone di

danneggiamento, mentre le zone di nucleo possono presentare un effetto compartimentante per la presenza più o meno continua di prodotti di frizione tettonica con granulometria fine.

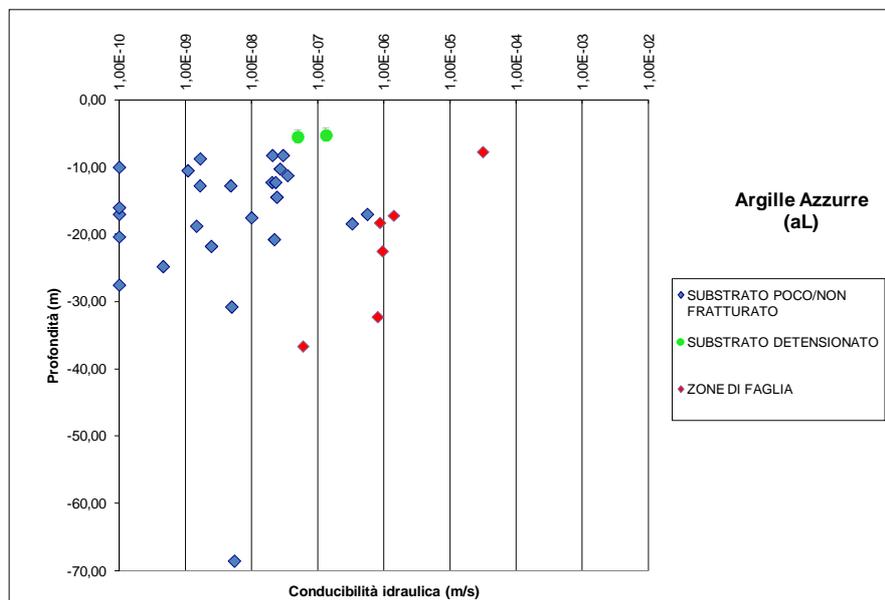


Figura 10 - Grafico delle conducibilità idrauliche per le Argille Azzurre da prove sui sondaggi del PP, PD e PE. (N.B.: i dati relativi alle “zone di faglia” sono attendibili solo per i valori di permeabilità inferiori).

7.1.4. Complesso 7 (cC)

Questo complesso idrogeologico è formato unicamente dalla Formazione di Cassano Spinola, che interessa le opere in progetto per una breve tratta nella parte iniziale, comprendendo almeno in platea tra le pk 0+000 e 0+360 ca. (BD) e tra le pk 0+000 e 0+180 ca. (BP).

Dai dati di terreno emerge che questa formazione presenta occasionalmente orizzonti poco compattati e con un basso grado di cementazione. In corrispondenza degli orizzonti poco cementati essa presenta sostanzialmente una permeabilità per porosità, mentre in corrispondenza di zone in cui il grado di cementazione tende ad aumentare può essere presente una componente di permeabilità per fratturazione.

Per questo complesso idrogeologico i dati da test idraulici eseguiti in foro disponibili sono pochi (Figura 11). Essi mettono in evidenza una conducibilità idraulica dell'ordine di 1×10^{-8} - 1×10^{-9} m/s; cautelativamente si è comunque ipotizzato che si possano raggiungere valori fino a 1×10^{-6} m/s, vista la possibile presenza di livelli poco cementati.

Per le zone di faglia la conducibilità idraulica è stata stimata nell'intervallo 1×10^{-6} / 1×10^{-9} m/s. Si può ipotizzare che lungo le faglie del complesso le permeabilità maggiori siano relative alle zone di danneggiamento, mentre le zone di nucleo possono presentare un effetto compartimentante per la presenza più o meno continua di prodotti di frizione tettonica con granulometria fine.

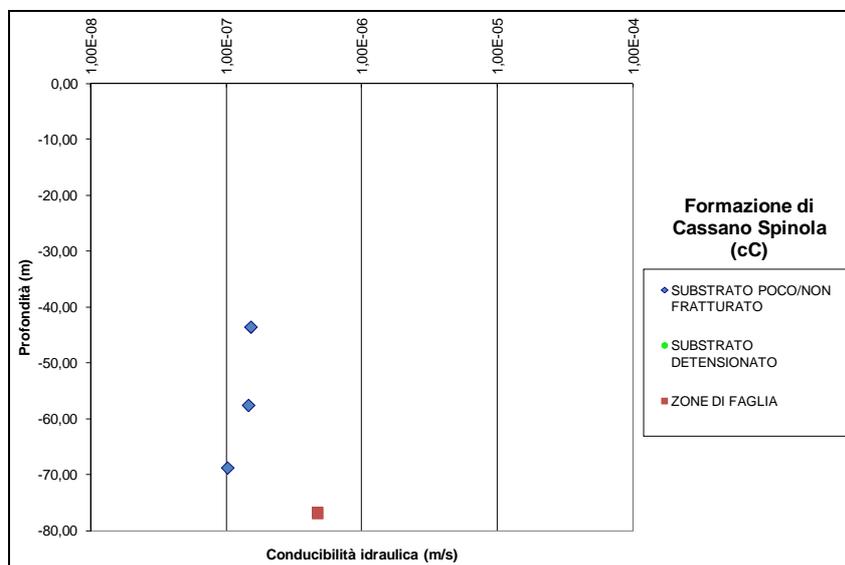


Figura 11 - Grafico delle conducibilità idrauliche per la formazione di Cassano Spinola da prove sui sondaggi del PP, PD e PE.

7.2. Sistemi di flusso

7.2.1. Ricostruzione della piezometria

Nel settore in cui ricade l'opera di Interconnessione di Novi Ligure è stata effettuata una ricostruzione dettagliata della piezometria. Per tale ricostruzione sono stati utilizzati i dati derivanti dal monitoraggio piezometrico del PP effettuato nel 2002-2003, i dati ricavati dai piezometri realizzati nell'ambito del PE e i valori di misura disponibili per alcuni pozzi presenti nel settore di interesse. Nell'effettuare la ricostruzione del livello massimo di falda vanno considerati i seguenti aspetti, che hanno un'influenza sulla rappresentatività della ricostruzione stessa:

- La ricostruzione è stata effettuata interpolando valori piezometrici misurati in periodi temporalmente diversi (dal 2002 fino ad oggi). I piezometri che consentono di effettuare una valutazione maggiormente approfondita sul livello minimo e massimo di falda sono quelli del PP, gli unici di cui esista una serie di monitoraggio completa (misura annuale). Tuttavia, i piezometri del PP sono relativamente pochi e per gli altri piezometri e pozzi di cui esistono delle misure queste sono puntuali, quindi i loro valori non necessariamente sono riferibili ad una quota massima o minima di falda. Pertanto, nella ricostruzione piezometrica è stata data maggiore valenza alle serie di valori di PP e un peso relativamente minore ai valori misurati negli altri punti monitorati;
- Per i piezometri del PE non sono quasi mai disponibili delle quote di pc, anche nelle schede di sondaggio originali (ad es. mancano i dati relativamente a L2-S2, L2-S3, L2-S53, etc.). In questa fase la quota di pc è stata attribuita utilizzando i riferimenti di quota deducibili dalle carte topografiche a disposizione. Tuttavia, risulta chiaro che la ricostruzione della

piezometria effettuata a partire da questi punti può essere suscettibile di una certa imprecisione;

- Per i pozzi, le misure di livello di cui ci sono stati forniti i dati non sono accompagnate da una descrizione delle condizioni idrauliche del pozzo. In altre parole, non è noto dove sia posizionata la colonna filtrante del pozzo e non è neppure noto quali fossero le condizioni del pozzo nel momento in cui è stata effettuata la misura (es. pozzo in pompaggio, pozzo a riposo, pozzo in disuso);
- Nella ricostruzione sono stati anche considerati i livelli misurati nei laghetti e nei fossi drenanti.

Si è scelto di effettuare una ricostruzione della piezometria massima di falda, la quale costituisce la situazione di maggiore rilevanza per gli effetti sull'acquifero derivati dall'interazione con le opere sotterranee previste per l'interconnessione. Per tale ricostruzione sono stati presi in considerazione i seguenti punti d'acqua in cui è disponibile almeno una misura di livello:

XA301G023, XA301G024, EA301R044, EA301B043, L2-S2, L2-S3, L2-S53, L3-S1, L3S1-DH, L3-S5, PNL1, PNL212, PNL111, PNL113, PNL121, PNL127, PNL128, PNL211, PNL105, PNL113, L3-S1, PNL126, PNL146.

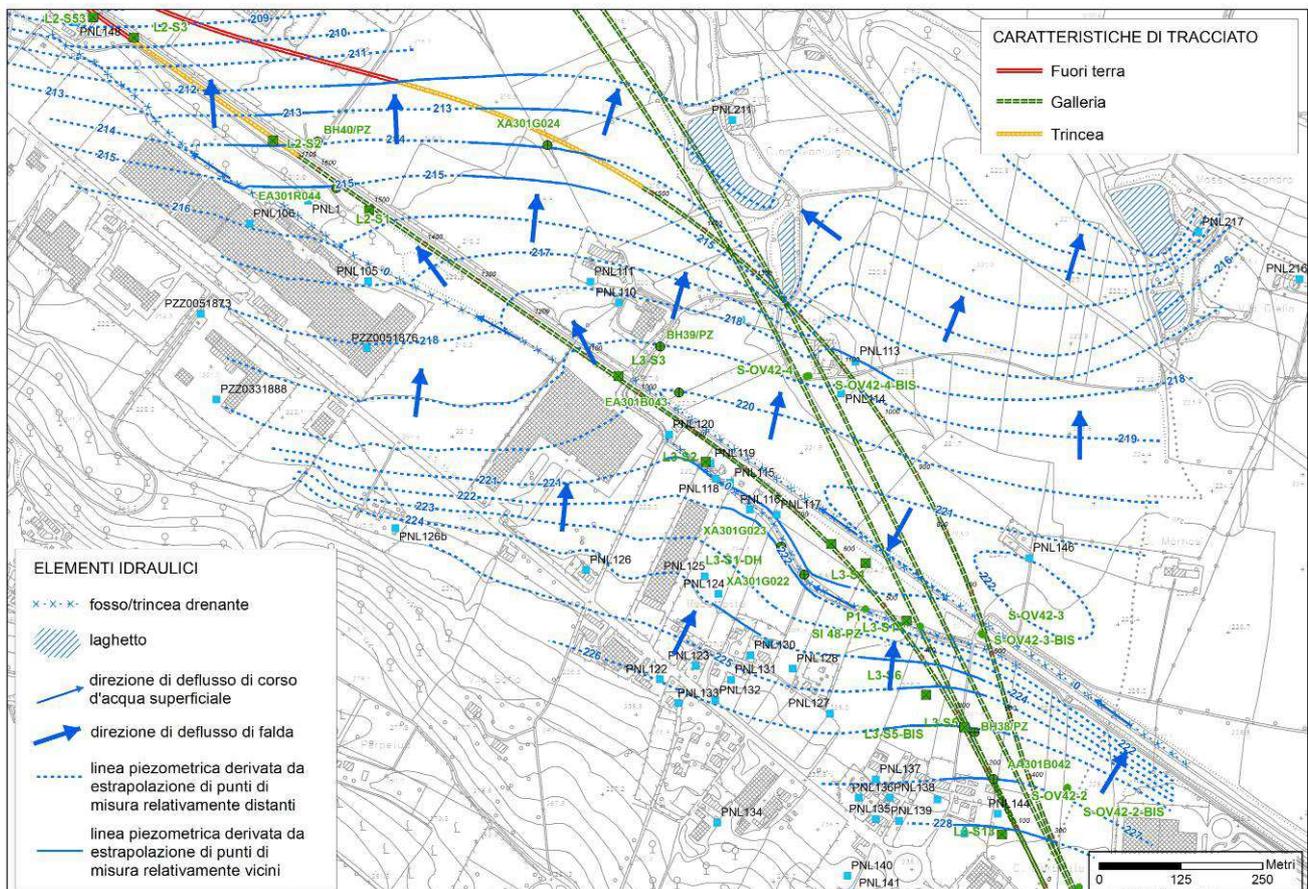


Figura 12 – Distribuzione piezometrica relativa al livello massimo di falda.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00 <table border="1" data-bbox="1420 235 1532 291"> <tr> <td>Foglio 27 di 40</td> </tr> </table>	Foglio 27 di 40
Foglio 27 di 40		

Come si può osservare dalla Figura 12, la direzione media di flusso è ca. Nord-Sud, con locali deviazioni in corrispondenza ai fossi ed ai laghetti. I fossi del Rio Gazzo e della trincea ferroviaria e i laghetti posti a valle del BD, rappresentano tutti elementi idraulici determinanti per il controllo della distribuzione piezometrica del settore. In corrispondenza ai due fossi ed ai laghetti la falda viene a giorno. Il recapito di tali elementi idrici provoca la convergenza delle linee di flusso nelle porzioni di acquifero immediatamente circostanti. I fossi costituiscono elementi di controllo dell'innalzamento massimo del livello piezometrico. Essi agiscono come "troppopieno", lasciando defluire l'acqua in eccesso.

La soggiacenza della falda in condizioni di piezometria massima è dell'ordine di ca 1-2 m, variabili da settore a settore. I valori di minore soggiacenza sono riscontrabili nel settore centro-meridionale dell'area rappresentata in Figura 12. Valori superiori sono invece osservabili nel settore settentrionale, in prossimità della scarpata fluviale che delimita a Nord l'area di ricostruzione della piezometria. Come già detto, la soggiacenza risulta nulla (i.e. livello piezometrico a piano campagna) in corrispondenza dei fossi e dei laghetti. Inoltre, la piezometria si attesta ad un livello coincidente con quello di piano campagna in corrispondenza alla Cascina Moffa.

7.2.2. Oscillazioni piezometriche stagionali

Le oscillazioni piezometriche stagionali sono mediamente dell'ordine di 2 m, con valori massimi fino a 4-5 m in alcuni settori. Un esempio, di misure di livello massimo e minimo riscontrato in alcuni piezometri è riportato in Tabella 3.

In dettaglio, in Figura 13 si possono osservare le variazioni di livello nel piezometro EA301R044, il quale ha una soggiacenza minima di poco più di 1.5 m dal p.c. ed una massima di 6.3 m ca., con un'oscillazione di 4.6 m ca., congruente con i valori dei piezometri ubicati nei settori limitrofi (cfr. Tabella 3).

Tipo di piezometro	Norton 10,00 m	Quota assoluta piezometro m s.l.m.	217,58
Tratto fessurato	-	Quota del piano campagna m s.l.m.	217,58
Progressiva km	-	Quota piano ferro m s.l.m.	194,20

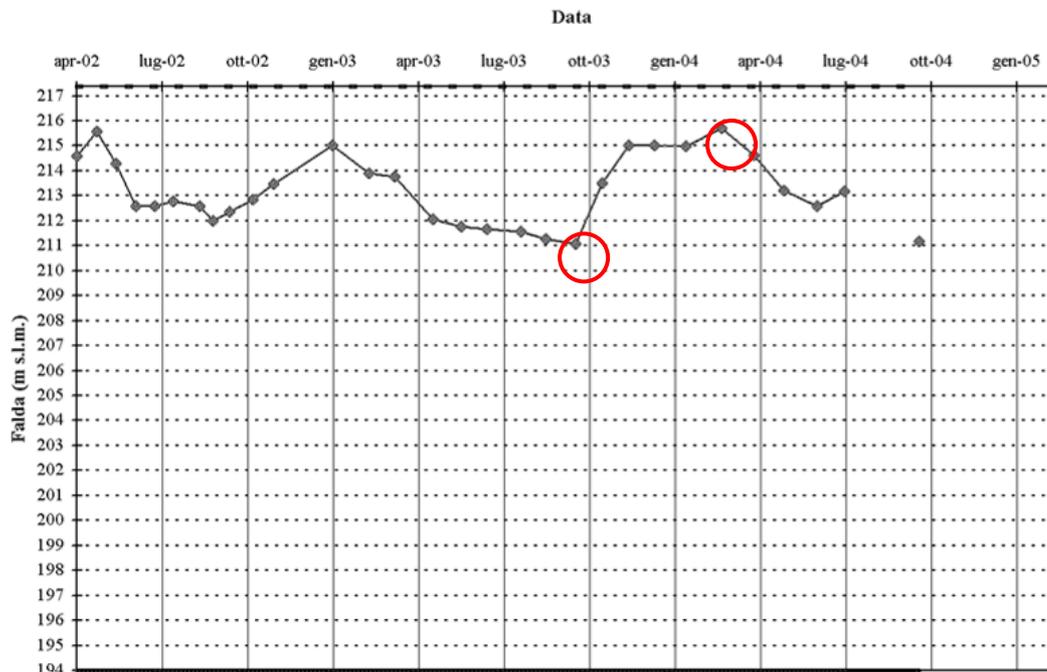


Figura 13 – Grafico delle fluttuazioni del livello piezometrico nel foro EA301R044; i cerchi indicano la soggiacenza minima e massima (cfr. tabella seguente).

Piezometro	Quota	Max falda	Quota max	Data	Min falda	Quota min	Data	Oscillazione
	p.c.					(m)		
EA301B043	220,77	0,8	219,97	15/05/2002	5,65	215,12	29/01/2005	4.85
EA301R044	217,58	1,66	215,92	27/02/2004	6,3	211,28	26/09/2003	4.64
XA301G022	223,34	0,6	222,74	27/02/2004	3,2	220,14	20/06/2002	2.6
XA301G023	223,03	0,8	222,23	05/08/2002	3,2	219,83	26/08/2003	2.4
XA301R004	208,69	2,25	206,44	21/02/2003	4,1	204,59	11/07/2002	1.85

Tabella 3 – Oscillazioni della falda nei piezometri realizzati in fase di PD, in prossimità del tracciato delle opere in esame. Periodo di osservazione: 2002/2005 (in corsivo il piezometro del grafico precedente).

Alla scala del progetto i dati piezometrici aggiornati con i risultati dei monitoraggi più recenti (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) confermano la presenza una falda continua, con soggiacenza variabile tra 0.6 e 13 m. È probabile che in taluni periodi dell'anno il livello piezometrico arrivi anche a quote molto prossime al piano campagna, come confermato dall'evidenza di alcune zone umide e specchi d'acqua stagnante nel settore a NW dell'area in esame.

Oltre ai motivi naturali legati ai cicli stagionali magra-piena, le variazioni piezometriche di questo settore sono presumibilmente ascrivibili anche all'effetto del pompaggio di alcuni pozzi presenti nella zona industriale.

7.2.3. La trincea della linea ferroviaria attuale

Il terrazzo fluviale f12 è tagliato dalla linea ferroviaria attuale, che corre in direzione SE-NW e che tra l'orlo SE del terrazzo stesso (località C.na Colombina, a ridosso dell'outlet di Serravalle) e la località

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00</p>	<p>Foglio 29 di 40</p>

C.na Moffa, 1900 m ca. più a NW, si sviluppa in trincea. La trincea termina almeno 500 m prima dello stabilimento della NOVI Dolciaria.

La profondità massima dalla trincea rispetto al piano campagna circostante è di 11 m ca. nei pressi dell'outlet di Serravalle; la profondità si riduce progressivamente arrivando a 5 m ca. 700 m più a NW e a 1 m ca., 1300 m più a NW; in corrispondenza delle interconnessioni la quota del piano del ferro attuale è di 221 m, contro una quota del piano campagna compresa tra 222 e 225 m; la profondità è quindi variabile tra 1 e 4 m ca.

Il sistema di canalette drenanti della trincea intercetta l'acquifero fl2 con un grado di interferenza che varia in funzione della profondità della trincea stessa: è probabile che nel settore antistante all'area dell'outlet, dove la trincea ha la maggiore profondità (11 m ca. rispetto al piano campagna), essa tagli trasversalmente l'acquifero fino alla sua base, isolando il lobo più orientale del terrazzo che potrebbe essere completamente drenato (in effetti non è presente nessun pozzo per acqua in questo settore).

Per contro, procedendo verso NW, la graduale diminuzione della profondità della trincea fa sì che il drenaggio da questa operato interessi porzioni di acquifero via via più superficiali. In corrispondenza delle due interconnessioni, la base dei depositi fl2 si posiziona almeno 5 m più in basso del fondo della trincea, permettendo quindi di mantenere un flusso sotterraneo nelle alluvioni fl2. Nella parte più nord-occidentale della trincea l'interferenza con l'acquifero è nulla poiché questa è molto superficiale.

In Figura 14 sono riportate, al bordo del terrazzo alluvionale, due faglie con direzione circa NW-SE, lungo cui si potrebbero sviluppare, nel substrato, dei sistemi di flusso presumibilmente profondi, con direzione di circolazione da SE a NW (Figura 14). La permeabilità lungo queste zone di faglia è comunque bassa per cui l'entità di questi ipotetici sistemi di flusso è da ritenersi di scarso rilievo ai fini progettuali.

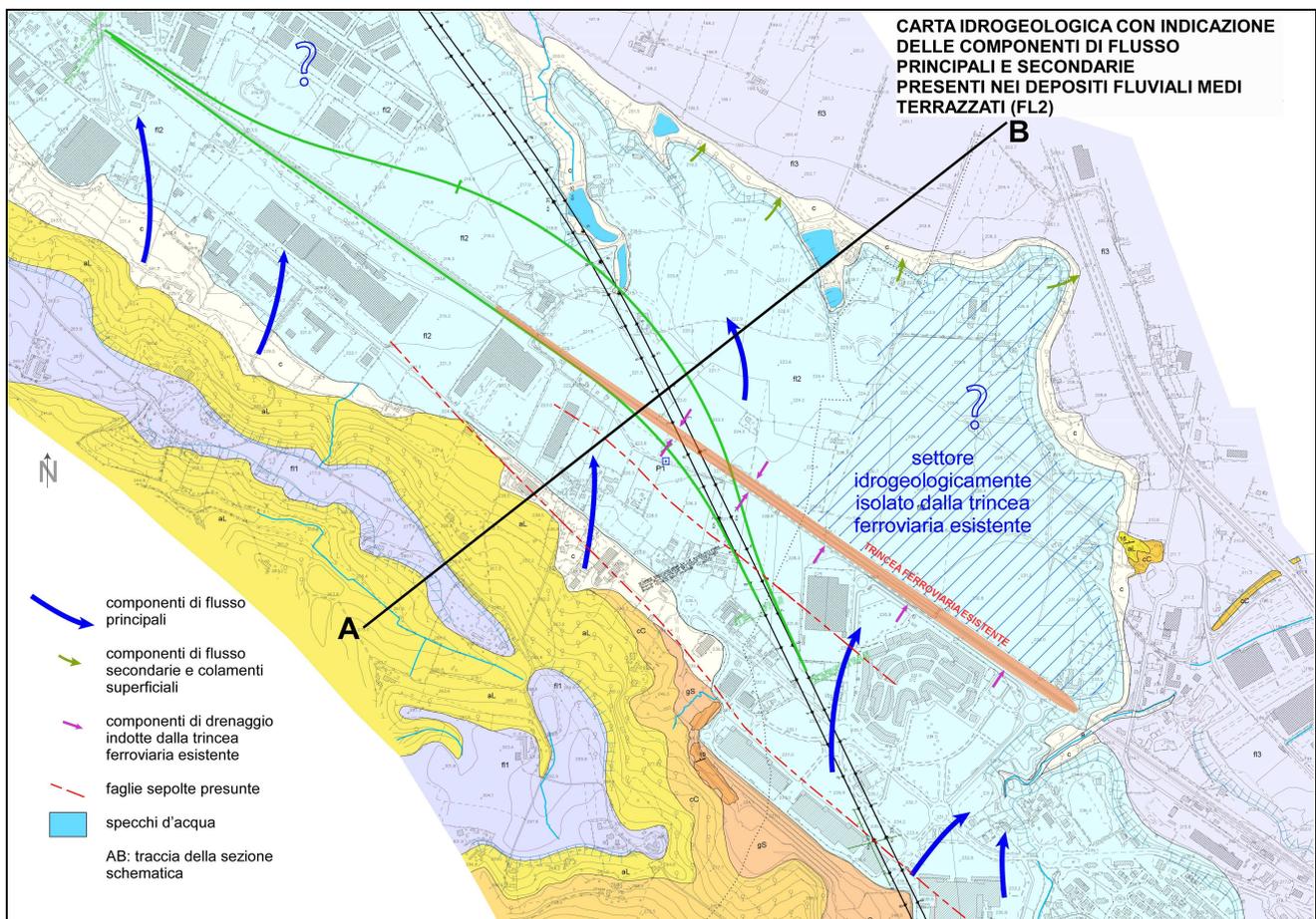
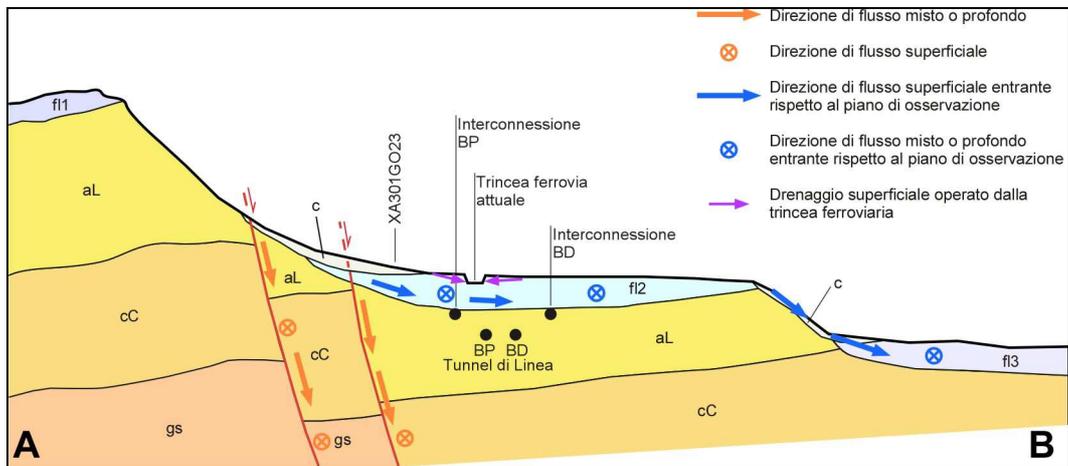


Figura 14 – Schema idrogeologico con indicazione dei sistemi di flusso ipotizzati. A: sezione geologica e idrogeologica schematica (N.B.: non in scala) perpendicolare al tracciato della linea principale e alle interconnessioni di Novi Ligure, in cui è possibile notare la posizione dei depositi alluvionali medi (fl2) e recenti (fl3), i sistemi di flusso misti o profondi (in arancione) e i sistemi di flusso superficiali (in azzurro). gs: Gruppo della Gessoso-Solfifera; cC: conglomerati di Cassano Spinola; aL: formazione delle Argille Azzurre; fl2: depositi alluvionali riferibili al Fluviale Medio; fl3: depositi alluvionali riferibili al Fluviale Recente (fl3); a: depositi alluvionali attuali; c: coltre detritico-colluviale. B: carta geologico-idrogeologica semplificata.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00		Foglio 31 di 40

7.3. Censimento dei punti d'acqua

Come precedentemente accennato, nell'area interessata dallo sviluppo delle opere e per un intorno significativo rispetto alle medesime non sono presenti sorgenti superficiali.

Per contro, in una fascia di circa 2000 m di distanza dalle opere in progetto, sono stati individuati 113 pozzi, ad uso principalmente irriguo, domestico e subordinatamente industriale. I dati a disposizione, elencati nella tabella sottostante, comprendono informazioni sul livello statico di falda, la profondità dei pozzi e il relativo utilizzo.

Cod. Pozzo	X	Y	Comune	Profondità	Livello statico	Fonte	uso	quota	Monitorato
PNL218	1485289,25	4956181,82	Novi Ligure	8	6,2	Dott. Bollettinari	Irr.	202	
PNL213	1485605,56	4955820,05	Novi Ligure	-	5,0	"	No	205	
PNL212	1485310,58	4955687,03	Novi Ligure	11	7,1	"	No	206	
PNL214	1486656,73	4955301,42	Novi Ligure	-	7,1	"	No	197	
PNL211	1486193,60	4955006,68	Novi Ligure	7	5,5	"	No/Irr.	210	
PNL217	1486907,77	4954833,57	Novi Ligure	-	4,3	"	No	213	
PNL112	1486207,60	4954697,86	Novi Ligure	8	1,0	"	Dom./Irr.	217	si
PSS25	1487120,17	4952814,97	Serravalle S.	10	1,6	"	Nessuno	240	si
PSS24	1486858,76	4952968,43	Serravalle S.	15	9,7	"	Nessuno	268	
PSS0338795	1487273,89	4953127,31	Serravalle S.	0	0,0	"		234	
PNL1	1485543,96	4954882,24	Novi Ligure	0	0,0	"		214	
PNL14	1485290,16	4955269,30	Novi Ligure	0	0,0	"		209	si
PNL16/b	1485477,87	4955459,44	Novi Ligure	0	0,0	"		210	si
PNL83	1485169,63	4955468,91	Novi Ligure	8	-	"	Irr./Ind.	208	
PNL86	1485141,32	4955514,82	Novi Ligure	8	-	"	No	207	
PNL88	1485003,20	4955570,06	Novi Ligure	9	6,5	"	Irr.	207	
PNL82	1484990,38	4955647,65	Novi Ligure	8	-	"	Irr.	206	
PNL80	1484864,96	4955686,66	Novi Ligure	7	-	"	No	205	
PNL87	1484576,30	4955718,48	Novi Ligure	-	-	"	-	205	
PNL77	1485139,29	4955965,26	Novi Ligure	9	-	"	Dom./Irr.	205	
PNL78	1485106,06	4955987,23	Novi Ligure	9	-	"	Dom./Irr.	205	
PNL75	1485120,41	4956053,09	Novi Ligure	9	-	"	Dom.	205	
PNL76	1485188,25	4956060,79	Novi Ligure	9	-	"	Dom./Irr.	205	si
PNL109	1485144,72	4956288,13	Novi Ligure	8	5,5	"	Irr.	201	si
PNL73	1485091,29	4956420,10	Novi Ligure	8	6,5	"	Dom./Irr.	200	si
PNL74	1485113,85	4956400,88	Novi Ligure	8	6,5	"	Dom./Irr.	200	
PNL69	1484884,67	4956449,84	Novi Ligure	16	-	"	Dom./Irr.	202	
PNL146	1486648,68	4954330,50	Novi Ligure	8	6,3	"	Dom.	223	si
PNL106	1485454,29	4954846,77	Novi Ligure	-	-	"	Chiuso	214	
PNL105	1485635,97	4954757,46	Novi Ligure	8	-	"	Ind.	215	si
PNL142	1485054,77	4955063,64	Novi Ligure	7	4,5	"	Irr.	211	
PNL148	1485187,96	4955157,86	Novi Ligure	6	5,0	"	Irr.	210	
PNL149	1484945,96	4955221,89	Novi Ligure	-	-	"	-	209	
PNL150	1484921,83	4955230,58	Novi Ligure	-	-	"	-	209	
PNL101	1484867,49	4955173,23	Novi Ligure	18	-	"	Ind.	211	
PNL102	1484845,89	4955190,88	Novi Ligure	18	-	"	Ind.	210	
PNL103	1484917,05	4955009,81	Novi Ligure	16	-	"	Dom./Irr.	214	
PNL104	1484954,06	4954994,21	Novi Ligure	10	-	"	Irr.	214	
PNL97	1484690,19	4955533,01	Novi Ligure	7	3,0	"	Irr.	205	
PNL107	1484713,42	4955490,15	Novi Ligure	6	4,5	"	Irr.	206	
PNL111	1485976,24	4954756,89	Novi Ligure	12	2,0	"	Dom./Irr.	217	si
PNL110	1486020,30	4954724,73	Novi Ligure	15	5,0	"	Dom./Irr.	218	
PNL121	1485980,50	4954183,13	Novi Ligure	18	16,0	"	Irr.	234	
PNL126	1485969,86	4954311,94	Novi Ligure	10	-	"	Dom.	226	
PNL134	1486170,47	4953921,62	Novi Ligure	30	27,5	"	Irr.	245	



Cod. Pozzo	X	Y	Comune	Profondità	Livello statico	Fonte	uso	quota	Monitorato
PNL127	1486343,27	4954090,03	Novi Ligure	7	5,0	"	Irr.	228	
PNL71	1484939,60	4956365,38	Novi Ligure	7	5,0	Dott. Bollettinari	Irr.	202	
PNL72	1484951,44	4956315,93	Novi Ligure	7	4,0	"	Irr.	202	
PNL137	1486413,52	4953988,34	Novi Ligure	10	5,0	"	Irr.	229	
PNL136	1486387,69	4953959,95	Novi Ligure	11	9,0	"	Irr.	230	
PNL135	1486413,52	4953926,91	Novi Ligure	11	9,0	"	Irr.	231	
PNL139	1486449,28	4953924,16	Novi Ligure	10	5,0	"	Irr.	230	
PNL138	1486435,07	4953959,89	Novi Ligure	9	7,0	"	Dom./Irr.	229	si
PNL140	1486370,03	4953839,42	Novi Ligure	-	-	"	No	238	
PNL141	1486381,87	4953812,57	Novi Ligure	10	6,0	"	Irr.	239	
PNL125	1486151,18	4954301,85	Novi Ligure	8	-	"	Irr.	224	si
PNL124	1486172,56	4954274,62	Novi Ligure	14	-	"	Irr.	224	
PNL128	1486286,24	4954159,20	Novi Ligure	9	7,0	"	Dom.	227	si
PNL129	1486249,57	4954199,50	Novi Ligure	9	7,0	"	Irr.	226	
NL130	1486221,46	4954179,96	Novi Ligure	8	6,0	"	Dom.	226	
PNL122	1486082,93	4954143,05	Novi Ligure	10	6,5	"	Irr.	231	
PNL133	1486110,72	4954105,70	Novi Ligure	-	-	"	-	233	
PNL123	1486137,96	4954163,62	Novi Ligure	11	2,5	"	Dom./Irr.	228	
PNL132	1486167,55	4954110,40	Novi Ligure	10	7,5	"	Irr.	231	
PNL131	1486191,72	4954142,18	Novi Ligure	10	8,0	"	Dom.	228	
PNL100	1484812,98	4955322,07	Novi Ligure	8	-	"	Irr.	209	
PNL90	1484774,82	4955389,98	Novi Ligure	7	-	"	Irr.	208	
PNL91	1484799,81	4955432,14	Novi Ligure	7	-	"	Irr.	208	
PNL94	1484747,79	4955457,86	Novi Ligure	7	-	"	Irr.	207	
PNL81	1485047,36	4955495,82	Novi Ligure	6	-	"	Irr.	207	
PNL85	1485016,55	4955463,63	Novi Ligure	7	-	"	Irr.	207	
PNL95	1484633,67	4955442,47	Novi Ligure	7	3,5	"	Irr.	207	
PZ26	1484789,16	4955268,12	Novi Ligure	0	0,0	"		209	
PNL99	1484778,92	4955280,39	Novi Ligure	8	4,0	"	Irr.	209	
PNL96	1484643,24	4955415,10	Novi Ligure	7	3,5	"	Irr.	207	
PNL92	1484682,14	4955361,14	Novi Ligure	7	-	"	Irr.	208	
PNL93	1484702,18	4955379,34	Novi Ligure	7	-	"	Irr.	207	
PNL89	1484718,66	4955327,31	Novi Ligure	7	0,0	"	Ind.	208	
PNL98	1484758,24	4955315,38	Novi Ligure	8	-	"	Dom./Irr.	209	
PNL84	1485041,81	4955450,73	Novi Ligure	6	-	"	Ind.	208	
-	1485071,40	4955449,62	Novi Ligure	-	-	"	-	208	
PNL143	1486508,23	4953957,33	Novi Ligure	10	7,5	"	Irr.	228	
PNL144	1486600,31	4953935,11	Novi Ligure	-	-	"	Irr.	228	
PNL145	1486549,51	4953904,95	Novi Ligure	-	-	"	-	229	si
PNL147	1486670,16	4953727,14	Novi Ligure	12	9,5	"	Irr.	234	si
PSS15	1486662,22	4953706,51	Novi Ligure	12	10,5	"	Irr.	235	
PSS14	1486689,21	4953612,84	Serravalle S.	12	10,0	"	Irr.	237	
PSS13	1486744,77	4953609,67	Serravalle S.	12	10,5	"	Irr.	235	si
PSS22	1486797,16	4953571,57	Serravalle S.	21	-	"	Dom.	234	si
-	1486781,28	4953549,34	Serravalle S.	0	0,0	"	-	235	
PSS21	1486852,72	4953587,44	Serravalle S.	13	9,8	"	Irr.	233	si
PNL114	1486360,20	4954584,40	Novi Ligure	5	-	"	Dom.	216	si
PNL113	1486382,42	4954633,61	Novi Ligure	10	1,0	"	Dom.	215	si
PNL120	1486096,67	4954520,90	Novi Ligure	-	-	"	-	220	si
PNL119	1486160,17	4954476,45	Novi Ligure	-	-	"	-	221	si
PNL118	1486168,11	4954452,63	Novi Ligure	10	-	"	Irr.	221	
PNL115	1486190,33	4954446,28	Novi Ligure	8	4,0	"	Irr.	221	si
PNL116	1486220,50	4954405,01	Novi Ligure	8	4,0	"	Irr.	222	
PNL117	1486261,77	4954397,07	Novi Ligure	-	-	"	-	222	si
1041\3	1484526,61	4955915,92	Tortona	0	0,0	Provincia	Irr.	203	
1240	1485167,64	4952921,82	Tortona	0	0,0	"	Irr.	251	

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00 Foglio 33 di 40

Cod. Pozzo	X	Y	Comune	Profondità	Livello statico	Fonte	uso	quota	Monitorato
661	1486273,70	4954896,88	Novi Ligure	10	0,0	"	Irr.	210	
662	1486271,70	4954904,88	Novi Ligure	10	0,0	"	Irr.	211	
2093	1484519,61	4955463,90	Tortona	25	0,0	Provincia	Irr./Ind.	208	
884	1484432,61	4955227,90	Pozzolo F.	30	0,0	"	Dom.	229	
754	1484869,63	4955841,91	Tortona	60	0,0	"	Irr.	206	
850	1485801,67	4954635,88	Novi Ligure	92	0,0	"	Irr.	218	
1758	1483517,57	4953467,84	Novi Ligure	130	0,0	"	Ind.	220	
PZZ0051876	1485633,78	4954654,31	Novi Ligure	9	0,0	"	-	217	
PZZ0329831	1484667,89	4955935,54	Novi Ligure	20	0,0	"	-	204	
PZZ0331888	1485403,53	4954575,09	Novi Ligure	27	0,0	"	-	223	
PZZ0337428	1485258,10	4955534,18	Novi Ligure	20	0,0	"	-	207	
PZZ0051873	1485379,50	4954707,13	Novi Ligure	13	0,0	"	-	219	

Tabella 4 – Pozzi per acqua censiti entro una fascia di 1000 m dalle interconnessioni in progetto.

8. STIMA DEGLI IMPATTI ASSOCIATI ALLA REALIZZAZIONE DELL'INTERCONNESSIONE DI NOVI LIGURE

Un'opera come quella dell'Interconnessione di Novi Ligure, che attraversa in parte l'acquifero nei depositi alluvionali, può determinare un'interferenza sulla falda con potenziali effetti negativi sulle risorse idriche circostanti. E' possibile effettuare una distinzione tra impatti sul breve periodo, indotti dall'aggettamento della falda per la realizzazione delle opere dell'interconnessione, ed impatti sul lungo periodo, dovuti agli effetti di sbarramento dell'opera sul naturale deflusso della falda.

Un approfondimento degli aspetti inerenti alle modalità di impatto sul breve e sul lungo termine è stato effettuato attraverso modelli numerici di flusso. Per una descrizione di tali aspetti e dei risultati ottenuti attraverso la modellizzazione si rimanda alla relazione specialistica "Relazione sul modello numerico di flusso dell'interconnessione di Novi Ligure" - A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-002-A00. In questa relazione è riportata la valutazione degli effetti della falda anche in relazione alle specifiche soluzioni progettuali considerate per la realizzazione dell'Interconnessione di Novi Ligure.

Nei successivi due paragrafi si accenna brevemente solo di quali aspetti legati all'impatto si è focalizzata l'analisi numerica condotta, rimandando alla relazione sopra citata per gli specifici approfondimenti.

8.1. Impatti sul breve periodo

Per impatti sul breve periodo si intendono quegli effetti sull'acquifero determinati dall'aggettamento della falda effettuato per consentire la realizzazione di alcune opere. Chiaramente, tali abbassamenti non saranno unicamente circoscritti all'opera, ma si estenderanno in un intorno entro cui potrebbero essere presenti anche dei pozzi. I pozzi che eventualmente ricadranno entro la zona di abbassamento del livello di falda potranno essere quindi potenzialmente impattati, posto che l'acquifero da cui emungono tali pozzi sia lo stesso interessato dall'aggettamento.

Per la descrizione di dettaglio di tale tipologia di impatto si rimanda alla descrizione contenuta nella "Relazione sul modello numerico di flusso dell'interconnessione di Novi Ligure" - A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-002-A00.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00 <div style="float: right;">Foglio 34 di 40</div>

8.2. Impatti sul lungo periodo

Per impatti sul lungo periodo si intendono unicamente quegli impatti derivanti dal fatto che l'opera in esercizio costituirà un elemento prevalentemente impermeabile (fatto salvo dei tratti in cui è prevista la realizzazione di due by-pass idraulici in corrispondenza al Binario Dispari). Pertanto, in questo caso l'impatto potrebbe essere legato ad un effetto di sollevamento del livello piezometrico a quote fino a piano campagna per effetto dello sbarramento idraulico creato dall'opera. Lo scopo principale delle simulazioni numeriche svolte è stato quindi quello di valutare sul lungo periodo l'entità del potenziale innalzamento del livello piezometrico che si può verificare per effetto del parziale sbarramento che l'opera produce rispetto al naturale deflusso di falda.

Per la descrizione di dettaglio di tale tipologia di impatto si rimanda alla descrizione contenuta nella "Relazione sul modello numerico di flusso dell'interconnessione di Novi Ligure" - A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-002-A00.

9. CONDIZIONI GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE ATTESE

Di seguito viene presentata in maniera schematica una breve descrizione dell'assetto geologico e idrogeologico atteso per tratte omogenee lungo il tracciato dell'Interconnessione Novi Ligure, per il Binario Pari e per il Binario Dispari. Poiché le condizioni geologiche si ripropongono in maniera quasi identica, la descrizione che segue è univoca mentre variano solo le progressive di progetto a cui possono essere incontrati i diversi passaggi.

Dove necessario, vengono aggiunti dettagli inerenti l'uno o l'altro tracciato di interconnessione.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00 Foglio 35 di 40

pk BP		descrizione	pk BD	
da	a		da	a
0+000	0+200 c.a.	<p>In questa tratta è previsto un assetto geologico misto, con le Argille Azzurre (aL) che occupano la parte superiore della sezione di scavo e la Formazione di Cassano Spinola (cC) nella parte inferiore. La presenza di un fronte di scavo misto non dovrebbe dare luogo a un comportamento geomeccanico significativamente differente poiché i due litotipi sono tra loro molto simili.</p> <p>Non sono previste discontinuità strutturali significative, che peraltro all'interno delle successioni argillose e argilloso-siltose non avrebbero probabilmente un ruolo idrogeologico molto marcato.</p> <p>Dal punto di vista del comportamento geomeccanico è prevedibile che lo sviluppo della zona di disturbo al contorno dello scavo possa estendersi fino a raggiungere l'interfaccia substrato/depositi fluviali (fl2). Questi depositi (Fluviale Medio, fl2) non contribuiscono efficacemente al sostegno dello scavo, trattandosi per lo più di materiale sciolto, consolidato e solo localmente cementato il cui carico litostatico andrà a gravare passivamente sulla volta impostata nel substrato pre-quadernario. Questo potrebbe indurre deformazioni e subsidenze a livello della superficie.</p>	0+000	0+430
0+200	0+250	<p>Probabile presenza di una discontinuità strutturale significativa (zona di faglia) con rigetto di 20-25 m circa, suggerito da un marcato approfondimento del limite aL/cC nei sondaggi. La faglia, essendo sviluppata all'interno di successioni argillose e argilloso-siltose, non dovrebbe avere una rilevanza significativa dal un punto di vista idrogeologico, la permeabilità lungo la zona di deformazione non dovrebbe essere significativamente più alta rispetto a quella dei litotipi non deformati.</p>	0+430	0+450
0+250	1+1040 c.a.	<p>In questa tratta è previsto l'attraversamento da parte dell'opera delle Argille Azzurre. Localmente, all'interno delle Argille Azzurre possono essere presenti livelli ghiaiosi con geometria lenticolare. Non sono previste discontinuità strutturali significative, che peraltro all'interno delle successioni argillose e argilloso-siltose non avrebbero probabilmente un ruolo idrogeologico molto marcato.</p> <p>Dal punto di vista del comportamento geomeccanico è prevedibile che lo sviluppo della zona di disturbo al contorno dello scavo possa estendersi fino a raggiungere l'interfaccia substrato/depositi fluviali (fl2). Questi depositi (Fluviale medio, fl2) non contribuiscono efficacemente al sostegno dello scavo, trattandosi per lo più di materiale sciolto, consolidato e solo localmente cementato il cui</p>	0+450	1+060

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00 Foglio 36 di 40

		<p>carico litostatico andrà a gravare passivamente sulla volta impostata nel substrato prequaternario. Questo potrà indurre deformazioni e subsidenze a livello della superficie.</p> <p>Dal punto di vista idrogeologico le argille sono quasi del tutto impermeabili o con permeabilità molto bassa; non si dovrebbero quindi incontrare venute d'acqua provenienti direttamente dal substrato, mentre è probabile che una certa quantità di acqua filtri verso lo scavo dalle soprastanti alluvioni fl2, a causa delle deformazioni indotte nelle argille dallo scavo stesso.</p>		
1+1040	1+560 c.a.	<p>In questa tratta è prevista la presenza di una sezione di scavo mista, con le Argille Azzurre (aL) che andranno a occupare la porzione inferiore della sezione e i depositi alluvionali riferibili al terrazzo fluviale del T. Scrivia (Fluviale Medio, fl2) nella parte alta della sezione. A progressive crescenti i depositi alluvionali andranno via via ad occupare l'intera sezione di scavo.</p> <p>Il passaggio stratigrafico tra le Argille Azzurre e i depositi alluvionali è caratterizzato da una superficie erosionale piana, con possibili locali ondulazioni (paleoalvei sepolti).</p> <p>Non sono previste discontinuità strutturali significative, che peraltro all'interno delle argille non avrebbero probabilmente un ruolo idrogeologico molto marcato.</p> <p>I depositi alluvionali hanno, in questo settore, uno spessore abbastanza costante di 8-10 m e ospitano una falda freatica con superficie ubicata tra 2 e 6 m dal p.c. Sono quindi prevedibili venute d'acqua dai depositi alluvionali saturi.</p> <p>Lo strato di alluvioni non contribuisce efficacemente al sostegno dello scavo, trattandosi per lo più di depositi sciolti, solo localmente cementati.</p> <p>Dal punto di vista del comportamento geotecnico/ geomeccanico, sono prevedibili deformazioni e subsidenze a livello della superficie, anche indotte da sovrascavo nei depositi sciolti.</p>	1+060	1+500
1+1520	Fine opera	<p>In questa tratta l'opera esce progressivamente all'aperto, andando ad appoggiare al di sopra dei depositi alluvionali riferibili al terrazzo fluviale del T. Scrivia (Fluviale Medio, fl2), parzialmente consolidati e ricoperti da uno strato superficiale detritico-colluviale localmente frammisto a materiale di riporto.</p> <p>I depositi alluvionali hanno, in questo settore, uno spessore abbastanza costante di 8-10 m e ospitano una falda freatica con superficie ubicata tra 2 e 6 m dal p.c.</p>	1+500	Fine opera

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00 <table border="1" style="float: right; margin-left: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Foglio 37 di 40</td> </tr> </table>	Foglio 37 di 40
Foglio 37 di 40		

10. BIBLIOGRAFIA

- Amorosi A., Ricci Lucchi F. & Tateo F. (1995) - The Lower Miocene siliceous zone: a marker in the palaeogeographic evolution of the northern Apennines. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 118: 131-149.
- Barelli, V. (1835) - Cenni di statistica mineralogica degli stati di S.M. il Re di Sardegna. Tipografia Fodratti, Torino.
- Biella G., Polino R., De Franco R., Rossi P.M., Clari P., Corsi A. & Gelati R. (1997) - The crustal structure of the western Po plain: reconstruction from the integrated geological and seismic data. *Terra Nova*, 9: 28-31.
- Biella G.C., Gelati R., Lozej A., Rossi P.M. & Tabacco I. (1988) - Sezioni geologiche nella zona limite Alpioccidentali-Appennino settentrionale ottenute da dati geofisici. *Rend. Soc. Geol. It.*, 11: 287-292.
- Boni A. & Casnedi R. (1970) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000: Fogli 69 e 70 "Asti" e "Alessandria". Poligrafica & Carte Valori, Ercolano: 64 pp.
- Briano, G., Isella, L., Restagno, S., Rodino, A., Trimboli, M. & Vigo, M. (2011) - Problematiche idrogeologiche, geotecniche e di gestione del rischio, associate alle vecchie aree estrattive in ambito urbano nei gessi di Isoverde. Convegno di Geologia Urbana (Genova), Poster. <http://www.sggconsult.it>
- Capponi, G. & Crispini, L. (1997) - Progressive shear deformation in the metasediments of the Voltri Group (Ligurian Alps, Italy): occurrence of structures recording extension parallel to the regional foliation. *Boll. Soc. Geol. It.*, 116, 267 - 277.
- Capponi, G. & Crispini, L. (2002) - Structural and metamorphic signature of alpine tectonics in the Voltri Massif (Ligurian Alps, northwestern Italy). *Eclogae geol. Helv.*, 95, 31-42.
- Capponi, G., Crispini, L., Giammarino, S., Bruzzo, D., Garofano, M., Lano, M., Piazza, M., Vigo, E., Del Tredici, S. & Pacciani, G. (2007) - Carta Geologica d'Italia. Foglio 231-214 Genova. Progetto CARG, Università di Genova/Dip.Te.Ris., Regione Liguria.
- Capponi, G., Crispini, L., Piazza, M. & Amandola, L. (2001) - Field constraints to the Mid-Tertiary kinematics of the Ligurian Alps. *Ofioliti*, 26(2b), 409-416.
- Capponi, G., Crispini, L., Cortesogno, L., Gaggero, L., Firpo, M., Piccazzo, M., Cabella, R., Nosengo, S., Bonci, M.C., Vannucci, G., Piazza, M., Ramella, A., Perilli, N., et alii (2009) - Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 213-230 - Genova.
- Castellarin A. (1994) - Strutturazione eo- e mesoalpina dell'Appennino settentrionale attorno al "nodo ligure". *Studi Geol. Camerti*, vol. spec., CROP 1-1A: 99-108.
- Castello, B., Moro, M., Chiarabba, C., Di Bona M., Doumaz F., Selvaggi G., Amato A. (2004) - Carta della sismicità in Italia. Centro Nazionale Terremoti - INGV.
- Chiarabba, C., Jovane, L. & Di Stefano, R. (2005) - A new view of Italian seismicity using 20 years of instrumental recordings. *Tectonophysics*, 395, 251-268.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00 <table border="1" style="float: right; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Foglio 38 di 40</td> </tr> </table>	Foglio 38 di 40
Foglio 38 di 40		

- Cortesogno L., Di Battistini G., Lucchetti G. & Venturelli G. (1979) - Metamorphic assemblages of two high pressure-low temperature ophiolitic units of central-western Liguria: mineralogical and chemical features and tectonic significance. *Ofioliti*, 4 (2): 121-156.
- Cortesogno L. & Haccard D. (1984) - Note illustrative alla carta geologica della zona Sestri-Voltaggio. *Mem. Soc. Geol. It.*, 28: 115-150.
- Crispini, L. & Capponi, G. (2001) - Tectonic evolution of the Voltri Group and Sestri Voltaggio Zone (southern limit of the NW Alps): a review. *Ofioliti*, 26(2a), 161-164.
- D'Atri A. & Tateo F. (1994) - Volcano-sedimentary beds of Oligocene age from the Tertiary Piedmont Basin (NW Italy): biostratigraphy and mineralogy. *Giornale di Geologia*: III, 56/1, 79-95. Bologna.
- Dela Pierre F., Piana F., Fioraso G., Boano P., Bicchi E., Forno M.G., Violanti D., Clari P. & Polino R. (2003) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 157 "Trino". APAT Roma: 147 pp.
- Dematteis, A., Kalamaras, G. & Eusebio, A. (1999) - A systems approach for evaluating springs drawdown due to tunneling. *Atti del convegno AITES ITA*, 69 Hudson, 1992.
- Elter P. & Pertusati P. (1973) - Considerazioni sul limite Alpi-Appennino e sulle sue relazioni con l'arco delle Alpi occidentali. *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 12: 359-375.
- Falletti P., Gelati R. & Rogledi S. (1995) - Oligo-Miocene evolution of Monferrato and Langhe, related to deep structures. In: R. POLINO & R. SACCHI (Ed.) *Atti Convegno Rapporti Alpi-Appennino*. *Acc. Naz. Sci., Sc. Doc.*, 14: 1-19.
- Fantoni R., Bello M., Ronchi P. & Scotti P. (2002) - Po Valley oil play: from the Villafortuna-Treccate field to South Alpine and Northern Apennines exploration. *EAGE Conf. Florence, Extended Abstracts Book*: 4 pp.
- Federico, L., Capponi, G., Crispini, L., & Scambelluri, M. (2004) - Exhumation of alpine high-pressure rocks: insights from petrology of eclogite clasts in the Tertiary Piedmontese basin (Ligurian Alps, Italy). *Lithos*, 74, 21-40.
- Festa A., Boano P., Irace A., Lucchesi S., Forno M.G., Dela Pierre F., Fioraso G. & Piana F. (2009a) - Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 156 Torino Est. ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca ambientale, Roma.
- Fusinieri, A., in AA.VV. (1831) - *Annali delle Scienze del Regno Lombardo Veneto*. Tomo 1. Padova, tipografia del Seminario.
- Galbiati B. (1977) - La successione oligo-miocenica tra Rigoroso e Carrosio (Bacino ligure-piemontese). *Atti Ist. Geol. Univ. Pavia*, 26: 30-48.
- Gelati R. (1967) - Osservazioni stratigrafiche sull'Oligo-Miocene delle Langhe (Piemonte-Italia). *Pubbl. Ist. Geol. Univ. Milano*, 236: 1-18.
- Gelati R. (1968) - Stratigrafia dell'Oligo-Miocene delle Langhe tra le valli dei fiumi Tanaro e Bormida di Spigno. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, 74: 865-967.
- Ghibaud G., Clari P. & Perello M. (1985) - Litostratigrafia, sedimentologia ed evoluzione tettonico-sedimentaria dei depositi miocenici del margine sud-orientale del Bacino Terziario Ligure-Piemontese (Valli Borbera, Scrivia e Lemme). *Boll. Soc. Geol. It.*, 104: 349-397.
- Gnaccolini M., Gelati R. & Falletti P. (1999) - Sequence Stratigraphy of the "Langhe" Oligo-Miocene Succession, Tertiary Piedmont Basin, Northern Italy. In: DE GRACIANSKY P.C., HARDENBOL J,

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00 <table border="1" data-bbox="1420 235 1532 291"> <tr> <td>Foglio 39 di 40</td> </tr> </table>	Foglio 39 di 40
Foglio 39 di 40		

JACQUIN T. & VAIL P. (Eds.), Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins. SEPM, Spec. Publ., 60: 233-244.

- Haccard, D. (1976) - Carte géologique au 1:50000 de Sestri-Voltaggio. Pubblicazione CNR, Pisa.
- Hoogerduijn Strating E.H. (1994) - Extensional faulting in an intraoceanic subduction complex - working hypothesis for the Paleogene of the Alps-Appennine system. *Tectonophysics*, 238: 255-273.
- Laubscher H.P., Biella G.C., Cassinis R., Gelati R., Lozej A., Scarascia S. & Tabacco I. (1992) - The collisional Knot in Liguria. *Geol. Rund.*, 81: 275-289.
- Marini, M. (1998) - Carta geologica della Val Polcevera e zone limitrofe (Appennino Settentrionale) alla scala 1:25.000. Note illustrative. *Atti Ticinensi di Scienze della Terra*, 40, 33-64.
- Mosca P., Polino R., Rogledi S. & Rossi M. (2009) - New data for the kinematic interpretation of the Alps-Appennines junction (Northwestern Italy). *Int. J. Earth Sc.*, 99, 833-849.
- Mutti E., Papani L., Di Biase D., Davoli G., Mora S., Segadelli S. & Tinterri R. (1995) - Il Bacino Terziario Epimesoalpino e le sue implicazioni sui rapporti tra Alpi ed Appennino. *Mem. Sci. Geol.*, 47: 217-244.
- Piana, F., Falletti, P., Fioraso, G., Irace, A., Mosca, P., et alii (in prep.) - Carta geologica del Piemonte in scala 1:250.000. Consiglio Nazionale delle Ricerche, IGG Torino; Università degli Studi di Torino, DST; Politecnico di Torino, DIATI.
- Piana F. & Polino R. (1995) - Tertiary structural relationships between Alps and Apennines: the critical Torino Hill and Monferrato area, Northwestern Italy. *Terra Nova*, 7: 138-143.
- Piccardo, G.B. (1984) - Le ofioliti metamorfiche del gruppo di Voltri, Alpi Liguri: caratteri primari ed interpretazione geodinamica. *Mem. Soc. Geol. It.*, 28, 11, 95-114.
- Pieri M. & Groppi G. (1981) - Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy, *Quad. CNR, Prog. Fin. Geodinamica*, Roma: 1-13.
- Polino, R., Clari, P., Crispini, L., D'Atri, A., Dela Pierre, F., Novaretti, A., Piana, F., Ruffini, R. & Timpanelli, M. (1995) - Rapporti Alpi-Appennino e guide alle escursioni. *Atti del Convegno: "Rapporti tra Alpi e Appennino"*, Accademia Nazionale delle Scienze, 14, 531-593.
- Principi, G. & Treves, B. (1984) - Il sistema corso-appenninico come prisma d'accrescimento. Riflessi sul problema generale del limite Alpi-Appennini. *Mem. Soc. Geol. It.*, 28, 10, 549-576.
- Protezione Civile (2004) - Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- Ramsay, J.G. (1967) - Folding and fracturing of rocks. Mc Graw-Hill New York, 568 pp.
- Rebora, G. (1990) - Massi erratici sulle argilliti nell'area Bocchetta-Voltaggio (Alessandria). *Il Naturalista*, 3, 3.
- Roure F., Polino R. & Nicolich R.P. (1990) - Early Neogene deformation beneath the Po plain: constraints on the post-collisional Alpine evolution. *Mém. Soc. Géol. France N. S.*, 156: 309-322.
- Roure F., Bergerat F., Damotte, B., Mugnier, J.L. & Polino R. (1996) - The ECORS-CROP Alpine seismic traverse. *Mem. Soc. Géol. France*, 170: 1-113.
- Scholle, P.A. (1970) - The Sestri-Voltaggio Line: a transform fault induced tectonic boundary between the Alps and the Apennines. *American Journal of Science*, 269, 343-359.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-0X-D-CV-RO-GE00-00-001-D00 <table border="1" data-bbox="1420 235 1532 288"> <tr> <td>Foglio 40 di 40</td> </tr> </table>	Foglio 40 di 40
Foglio 40 di 40		

Schumacher, M. E. & Laubscher, H. P. (1996) - 3D crustal architecture of the Alps-Appennines join - a new view on seismic data. *Tectonophysics*, 260, 349-363.

Sibson, R.H. (1977) - Fault rocks and fault mechanisms. *J. Geol. Soc. Lond.*, 133, 191-213.

Sturani, C. (1975) - Explanatory notes on the Western Alps (from the Sestri-Voltaggio line to the Val d'Ossola). *Quaderni de "La ricerca scientifica"*, 90, 28.

Sturani, C. (1973) - Considerazioni sui rapporti tra Appennino settentrionale ed Alpi occidentali. Estratto dal quaderno n. 183. *Atti del Convegno sul tema: "Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino"*, 183, 119-142.

Tateo F. (1992) - Studio mineralogico-geochimico di sedimenti vulcanoderivati (Oligocene-Miocene inferiore) nell'appennino settentrionale. PhD Thesis, Univ. Bologna, 216 pp.

Tamponi, M. (1994) - Very-low and low grade metamorphism in Internal Ligurid units (northern Apennines, Italy). *Plinius*, 11, 190-194.

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, 11, 5-75.