

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 ESECUTIVO**

**RAMPA OVEST CAVALCAVIA
IR1G - KM 37+407 - TRATTO 0**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

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

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 3	E	C V	R O	I R 1 G 0 0	0 0 1	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Emissione	GDP <i>WDP</i>	19/05/2014	Rocksoil <i>Tomam</i>	21/05/2014	A. Palomba <i>[Signature]</i>	23/05/2014	
A01	Revisione generale	GDP <i>WDP</i>	24/04/2015	Rocksoil <i>Tomam</i>	27/04/2015	A. Palomba <i>[Signature]</i>	30/04/2015	
A02	Modifica lotto costruttivo	GDP <i>WDP</i>	21/06/2016	Rocksoil <i>Tomam</i>	21/06/2016	A. Mancarella <i>[Signature]</i>	23/06/2016	

n. Elab.:

File: IG51-03-E-CV-RO-IR1G-00-001-A02

CUP: F81H9200000008

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-03-E-CV-RO-IR1G-00-001-A02</p>	<p>Foglio 2 di 26</p>

INDICE

INDICE.....	2
1 PREMESSA.....	3
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3 ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO.....	3
4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	4
4.1 Le unità litostratigrafiche nell'intorno dell'opera in progetto	6
4.1.1 I depositi post-messiniani.....	7
4.1.2 Unità pleistocenico-oloceniche del bacino del T. Scrivia	8
4.2 Indagini geognostiche	13
4.3 Geologia del sito di intervento.....	14
5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	16
5.1 Complessi idrogeologici	16
5.1.1 Considerazioni generali.....	16
5.1.2 Depositi di origine antropica.....	17
5.1.3 Complesso 2 (fl3).....	18
5.1.4 Complesso 3 (fl2, fl1, flp1)	19
5.1.5 Complesso 6 (aL, mA1)	19
5.2 Assetto idrogeologico dell'area di intervento	21
6 PROBLEMATICHE CONNESSE ALLA REALIZZAZIONE DELL'OPERA	22
7 BIBLIOGRAFIA	24

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-03-E-CV-RO-IR1G-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 3 di 26</p>

1 PREMESSA

Il presente rapporto fa parte del Progetto Esecutivo del nuovo collegamento AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi" e riguarda la realizzazione dell'opera identificata dal codice WBS IR1G, che si riferisce alla realizzazione della rampa ovest del cavalcavia, nella tratta di pianura, situato in prossimità della pk 37+407.

La presente nota descrive quanto rappresentato negli elaborati grafici allegati e costituisce una revisione e un aggiornamento degli studi geologici eseguiti in fase di Progetto Definitivo, rispetto alla quale sono stati eseguiti ex novo dei rilievi geologici, geomorfologici e idrogeologici integrativi di superficie e sono stati recepiti e interpretati i risultati della campagna di indagini geognostiche del Progetto Esecutivo.

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".

Per quanto riguarda gli aspetti inerenti la sismicità del settore interessato dal progetto, si rimanda alla relazione di inquadramento sismico dell'intera opera (doc. n. IG51-02-E-CV-RH-GE00-01-001-A00).

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);

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-03-E-CV-RO-IR1G-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 4 di 26</p>

- l'interpretazione dei dati raccolti sul terreno alla luce dell'insieme delle informazioni disponibili;
- la redazione degli elaborati geologici del Progetto Esecutivo (PE).

L'elaborazione dei dati è stata eseguita in ottemperanza alle specifiche tecniche di progettazione e alle richieste di approfondimento riportate nella delibera CIPE n. 80/2006, relative alle opere in oggetto.

Il gruppo di lavoro è così costituito:

- coordinamento generale: Dott. Geol. L. Delle Piane (responsabile di progetto);
- supervisione e controllo elaborati: Dott. Geol. L. Delle Piane, Dott. Geol. P. Perello;
- rilevamento geologico-strutturale, sedimentologico-stratigrafico e geomorfologico: Dott. Geol. L. Delle Piane, Dott. Geol. P. Perello, Dott. Geol. A. Damiano, Dott.sa Geol. A. Giorza, Dott.sa Geol. A. Musso, Dott. Geol. D. Varrone;
- idrogeologia, modellazione idrogeologica numerica, idrogeochimica: Dott. Geol. P. Perello, Dott.sa Geol. A. Giorza, Dott. Geol. A. Baietto;
- elaborazioni GIS e CAD: Dott.sa Geol. A. Musso, Dott.sa Geol. A. Giorza.

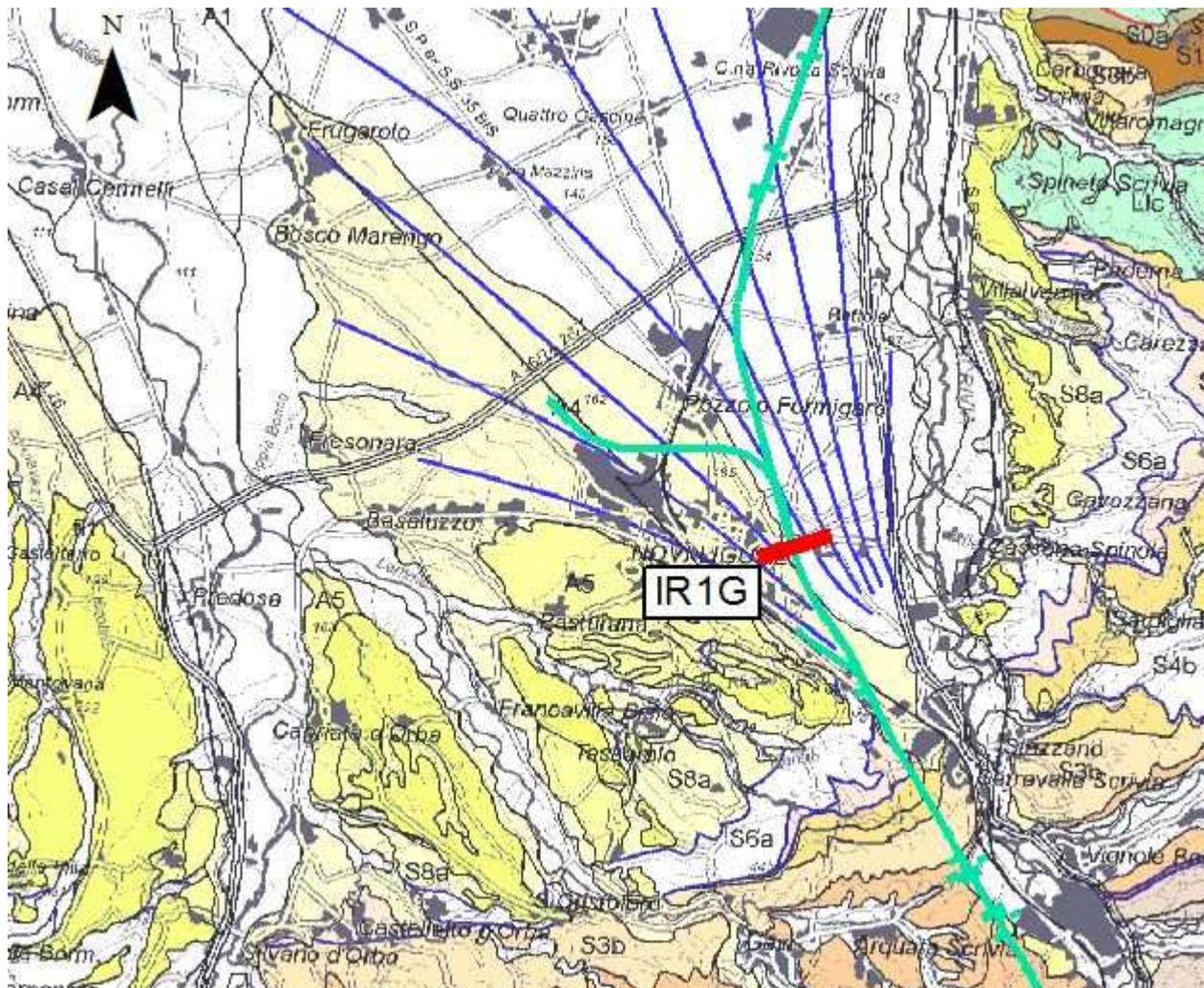
4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

La zona interessata dalla realizzazione dell'opera in esame ricade sui depositi alluvionali pleistocenico-olocenici del bacino di Alessandria, rappresentati in questo settore dai depositi del T. Scrivia, che ricoprono in discordanza la successione sedimentaria post-messiniana (Argille di Lugagnano/Argille Azzurre, Sabbie d'Asti, Villafranchiano *auct.*), a sua volta poggiate sulle unità del Bacino Terziario Piemontese (BTP) (Figura 1).

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.

Carta Geologica d'Italia Foglio 70 "Alessandria" 1:100.000	Carta Geologica del Piemonte 1:250.000 (in prep.)		Tratta AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi"	
			PROGETTO DEFINITIVO	PROGETTO ESECUTIVO
A3 – Alluvioni attuali	DEPOSITI FLUVIALI DEL BACINO ALESSANDRINO	A1- Depositi fluviali del Pleistocene sup. - Olocene	a - Fluviale attuale	a - Depositi fluviali attuali
A ²⁻¹ – Alluvioni post-glaciali		A2 – Depositi fluviali della parte terminale del Pleistocene sup.		
I ³ – Fluviale recente		A3 – Depositi fluviali del Pleistocene sup.	fl3- Fluviale recente	fl3 - Depositi fluviali recenti, Pleistocene sup.? - Olocene
FI ² – Fluviale medio		A4 – Depositi fluviali del Pleistocene medio - sup.	fl2- Fluviale medio	fl2 - Depositi fluviali medi, Pleistocene medio - sup.
FI ¹ – Fluviale antico I ² – Villafranchiano auct.		A5 – Depositi fluviali del Pleistocene medio	fl1- Fluviale antico	fl1 - Depositi fluviali antichi, Pleistocene medio?
P ³⁻² - Sabbie di Asti		A6 – Depositi fluviali del Pleistocene inf. - medio		vL – Villafranchiano auct. e Sabbie d'Asti, Pleistocene inf.
	S9b – Sintema di Maranzana			
P - Argille di Lugagnano, Pliocene	SUCCESIONI POST-MESSINIANE	S8b – Successioni siltose e sabbioso-ghialose piacentiane		
		S8a – Formazione delle Argille Azzurre dello Zancleano	aL – Argille di Lugagnano (Formazione delle Argille Azzurre), Zancleano	

Tabella 1 - Tabella nomenclaturale riassuntiva delle unità post-messiniane e quaternarie descritte in letteratura, messe a confronto con la terminologia e le sigle adottate nelle fasi di progettazione Definitiva ed Esecutiva.

**LEGENDA****Depositi alluvionali**

A1/A6 depositi fluviali del bacino alessandrino (Pleistocene medio – Attuale)

Bacino Terziario Piemontese

S8a Successioni marnoso-siltose zancleane; **S6a** Successioni terrigene messiniane; **S4c** Evaporiti e successioni euxiniche messiniane; **S4b** Corpi arenaceo-conglomeratici tortoniano-messiniani; **S4a** Successioni marnose tortoniano-messiniane; **S3b** Successioni arenaceo-pelitiche ed arenacee serravalliano-tortoniane.

Figura 1 - Estratto della nuova Carta Geologica del Piemonte in scala 1:250.000 e relativa legenda (Piana et al., in prep.) con l'ubicazione dell'area di intervento.

4.1 Le unità litostratigrafiche nell'intorno dell'opera in progetto

L'opera oggetto del presente rapporto interessa essenzialmente i depositi alluvionali quaternari del bacino del T. Scrivia riferibili al Fluviale Recente (fl3/A3, cfr. Tabella 1), poggianti sulle unità riferibili alla successione post-messiniana, rappresentate dalle Argille di Lugagnano/Argille Azzurre (aL/S8a, cfr. Tabella 1) e dal Villafranchiano *auct.*-Sabbie di Asti (vL/S8a e S8b, cfr. Tabella 1).

La descrizione delle formazioni di seguito riportata è derivata dagli 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.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-03-E-CV-RO-IR1G-00-001-A02 Foglio 7 di 26

4.1.1 I depositi post-messiniani

I depositi appartenenti alla successione sedimentaria post-messiniana affiorano all'estremità settentrionale della dorsale montuosa dell'Appennino ligure, in prossimità dell'apice dell'ampio conoide del Torrente Scrivia, a nord di Serravalle Scrivia e sono rappresentati dalla Formazione delle Argille Azzurre (Argille di Lugagnano, aL), dalle Sabbie di Asti e dal Villafranchiano *auct.*

4.1.1a Formazione delle Argille Azzurre (Argille di Lugagnano, aL)

Le Argille di Lugagnano rappresentano il termine basale della successione pliocenica. Il passaggio tra i sottostanti Conglomerati di Cassano Spinola (BTP) 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 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.

Sulla base della associazioni a foraminiferi planctonici le Argille di Lugagnano sono riferibili allo Zancleano (Pliocene inferiore) (Dela Pierre *et al.* 2003).

4.1.1b Sabbie di Asti

L'unità delle Sabbie di Asti appoggia sulle Argille Azzurre con un passaggio graduale, caratterizzato da alternanze tra sabbie e siltiti; è costituita da sabbie da fini a grossolane passanti a siltiti, a composizione silicoclastica, di colore giallo o grigio-azzurro, organizzate in strati da decimetrici a plurimetrici (fino a 5 m) amalgamati, a base netta e sovente irregolare. Gli strati mostrano cenni di laminazione piano-parallela (evidenziata da allineamenti sparsi di ciottoli e da concentrazioni di gusci isorientati di bivalvi e gasteropodi), tuttavia si presentano sovente omogenei a causa dell'intensa bioturbazione.

Sulla base dell'associazione a foraminiferi le Sabbie di Asti possono essere riferite allo Zancleano-Piacenziano.

Le associazioni a foraminiferi bentonici (*Florilus boueanum*, *Ammonia spp.*, *Cibicides lobatulus*, *Protoelphidium granosum*, *Bolivina spp.*, *Brizalina spp.*, *Textularia spp.*) (Dela Pierre *et al.* 2003) suggeriscono un ambiente di deposizione tra infralitorale e circolitorale.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-03-E-CV-RO-IR1G-00-001-A02 Foglio 8 di 26

4.1.1c Villafranchiano auct

Quest'unità comprende una parte della successione nota in letteratura come "Villafranchiano" di età Zancleano-Gelasiana, rappresentata da sedimenti sabbioso-limosi, talora ghiaiosi, di ambiente marino transizionale e continentale, che poggiano con contatto transazionale sulle Sabbie d'Asti.

In particolare si possono osservare:

- Sabbie da fini a grossolane passanti a siltiti, di colore giallo o grigio-azzurro, organizzate in strati da decimetrici a plurimetrici (fino a 5 m) amalgamati, a base netta e sovente irregolare. Gli strati mostrano cenni di laminazione piano-parallela, tuttavia si presentano sovente omogeneizzati dall'intensa bioturbazione.
- Sabbie e sabbie ghiaiose in strati decimetrici, parzialmente cementate, alternate verso l'alto a peliti. Nella parte medio-bassa della formazione gli strati sabbiosi sono bioturbati (icnogenere *Ophiomorpha*) e sono presenti corpi conglomeratici a geometria canalizzata e a laminazione obliqua. Le siltiti sono per lo più laminate e più raramente bioturbate. Nel complesso sono interpretabili come depositi marini marginali, di fronte e piana deltizia.
- Ghiaie e sabbie ghiaiose mal selezionate, parzialmente cementate, organizzate in corpi piano-concavi canalizzati. Sono localmente associate siltiti contenenti resti di molluschi dulcicoli e rizoconcrezioni. I sedimenti di quest'unità sono interpretabili come depositi fluviali di *braided stream* ghiaioso-sabbioso e subordinatamente di piana di inondazione.

I sedimenti riferiti alle Sabbie di Asti ed al *Villafranchiano auct.* sono stati distinti, per la prima volta, in fase di Progetto Esecutivo in quanto presentano caratteristiche geotecniche sensibilmente differenti rispetto ai depositi fluviali/alluvionali del T. Scrivia cui erano stati accomunati nel corso delle precedenti fasi progettuali.

Le caratteristiche delle Sabbie di Asti e del *Villafranchiano auct.* sono osservabili, in affioramento, esclusivamente in prossimità dei settori collinari situati ad W-SW dell'area di pianura. Invece, in corrispondenza della suddetta area di pianura le uniche indicazioni stratigrafico-sedimentologiche relative al sottosuolo provengono dai dati di sondaggi.

Come risulta dalla descrizione sopra riportata (cfr. §4.4.1.b e §4.4.1.c) le Sabbie di Asti ed il *Villafranchiano auct.* presentano, a tratti, una marcata convergenza di facies; quindi, dalla sola osservazione delle carote di sondaggio, non risulta possibile distinguere con precisione le due unità. Per questa ragione, in fase di Progetto Esecutivo le due unità stratigrafiche sono state rappresentate con un unico termine che le comprende entrambe: Sabbie di Asti - *Villafranchiano auct.* (vL).

4.1.2 Unità pleistocenico-oloceniche del bacino del T. Scrivia

Nei dintorni dell'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, per quanto riguarda i termini stratigrafici più antichi, sia in corrispondenza dell'ampio conoide del T. Scrivia, che si estende tra Serravalle Scrivia e Tortona (Figura 1).

I depositi fluviali del bacino del T. 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.

Dal profilo morfostratigrafico realizzato per il tratto del T. Scrivia che va da Serravalle a Villalvernia (Figura 2) si può osservare che nella fascia altimetrica compresa tra i 305 e i 130 m s.l. m. esistono svariati 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 deposizione dei sedimenti e modellamento delle superfici.

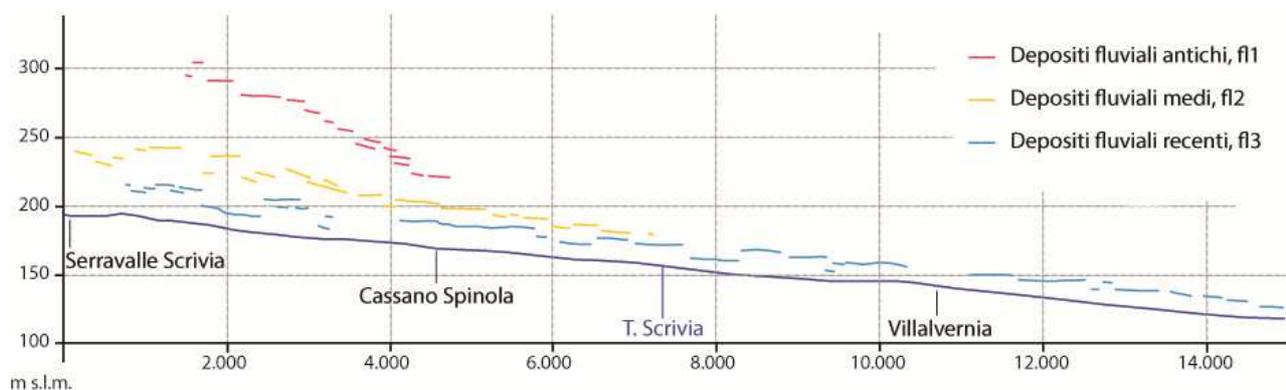


Figura 2 - Profilo morfostratigrafico del Torrente Scrivia realizzato nel tratto compreso tra gli abitati di Serravalle Scrivia e Villalvernia e riferito al versante idrografico sinistro della Valle Scrivia (non sono stati rappresentati gli ordini di terrazzi riferibili all'evoluzione recente del T. Scrivia - depositi fluviali attuali (a)- in quanto scarsamente rilevanti ai fini dell'opera).

Il 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 (f1).

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 (f2).

Il gruppo di terrazzi situato in prossimità della fascia altimetrica inferiore, compresa tra i 245 e i 175 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 (f3).

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 3).

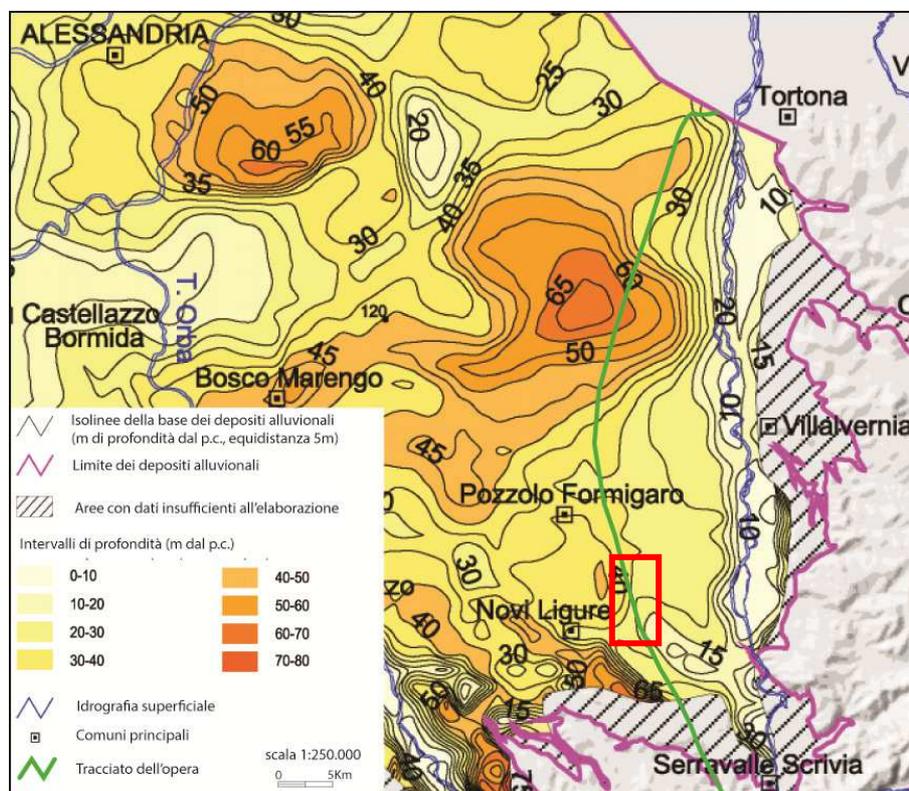


Figura 3 - Carta schematica della profondità della superficie basale dei depositi alluvionali del settore alessandrino (adattato da Irace et al., 2009). Dalla carta emerge l'estrema irregolarità dell'andamento della superficie basale dei depositi alluvionali lungo il tracciato dell'opera (linea verde), da superficiale a mediamente profondo nei settori di Novi Ligure-Pozzolo Formigaro, con un evidente depocentro nel settore tra Villalvernia e Tortona.

4.1.2a Depositi fluviali antichi (fl1)

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
	IG51-03-E-CV-RO-IR1G-00-001-A02 Foglio 11 di 26

4.1.2b 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 4).



Figura 4 - Sondaggio XA301B111, dettaglio dell'unità fl2.

La superficie di appoggio basale, di natura erosiva, è modellata sul substrato costituito dalle successioni post-messiniane (Argille di Lugagnano, aL; Sabbie di Asti - Villafranchiano *auct.*, vL; Figura 5). 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.

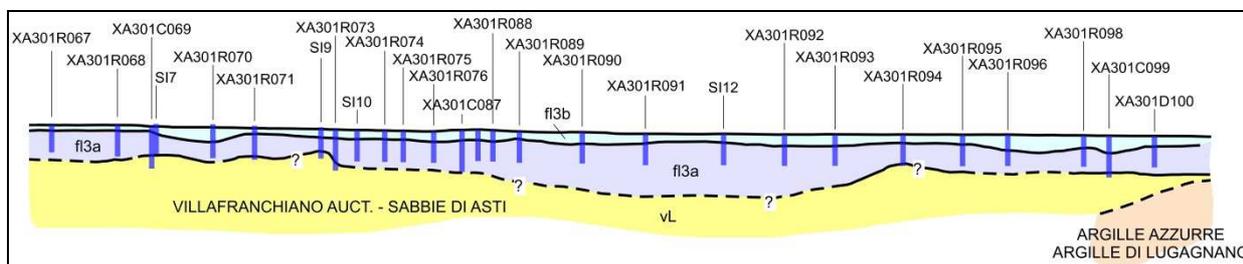


Figura 5 - Andamento dei limiti stratigrafici desunto dai dati dei sondaggi disponibili. I sondaggi rappresentati hanno lunghezza di 30-40 m.

4.1.2c Depositi fluviali recenti (fl3)

I depositi fluviali riferiti a quest'unità sono ubicati in corrispondenza dell'ampio terrazzo, sospeso di 20-25 metri rispetto all'alveo del T. Scrivia, che si estende in sinistra idrografica, da Serravalle Scrivia a Tortona.

I depositi fluviali recenti comprendono sedimenti a granulometria grossolana costituiti, in generale, da ghiaie e sabbie, con percentuali variabili di argille e limi. Trattandosi di depositi fluviali di tipo *braided*, la geometria interna dei corpi sedimentari è piuttosto irregolare, con corpi ghiaioso-sabbiosi piano-concavi, di spessore da metrico a plurimetrico ed estensione laterale decametrica, intercalati a depositi più fini, sabbiosi, sabbioso-limosi e limoso-argillosi.

Lo spessore complessivo dei depositi fluviali recenti (fl3) varia da 1-2 metri a oltre 60 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.

Sulla base dell'osservazione delle stratigrafie dei sondaggi eseguiti nelle fasi Preliminare, Definitiva ed Esecutiva di progetto, degli affioramenti esposti in corrispondenza di alcuni orli di terrazzo e delle analisi granulometriche (elaborato A301-00-D-CV-RG-GE00-0-1-002-A.00), i depositi fluviali recenti sono stati distinti in due sub-unità geometricamente sovrapposte (fl3a e fl3b).

Sub-unità fl3a - ghiaie sabbiose limoso/argillose

L'unità fl3a, stratigraficamente inferiore è costituita da ghiaie sabbiose limoso-argillose. 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. 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 (Figura 5), costituito da Sabbie d'Asti -Villafranchiano *auct.* (vL). I depositi fluviali recenti (fl3a) non si trovano mai in affioramento e sono sempre ricoperti dalla sub-unità dei depositi fluviali recenti (fl3b).

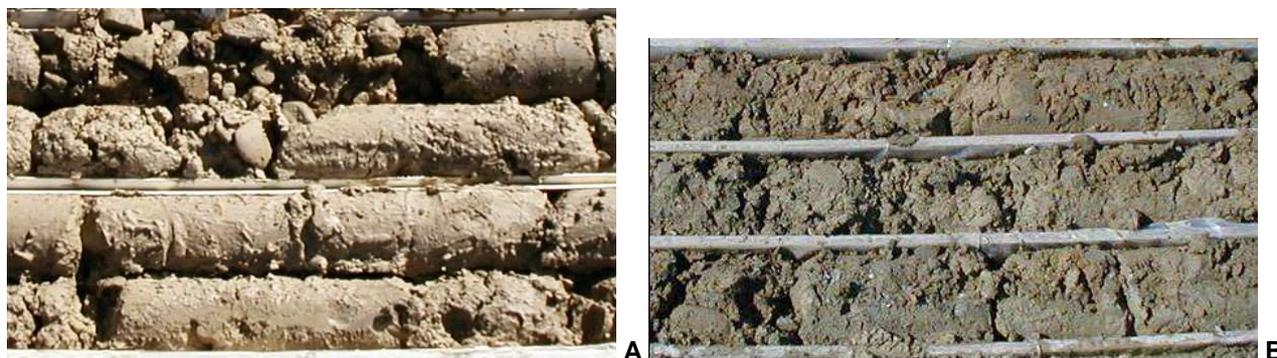


Figura 6 - Dettaglio dell'unità fl3a: (A): sondaggio XA301C072, (B): sondaggio XA301C087.

Sub-unità fl3b - ghiaie sabbiose

L'unità fl3b, stratigraficamente superiore è costituita da ghiaie sabbiose, 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).

La superficie di appoggio basale, probabilmente di natura erosiva, è modellata nei depositi fluviali recenti (fl3a). I depositi fluviali recenti (fl3b) sono ricoperti da suoli che presentano un grado di evoluzione medio-basso con potenza media variabile da 0,5 a 2 metri, prevalentemente utilizzati come coltivo.

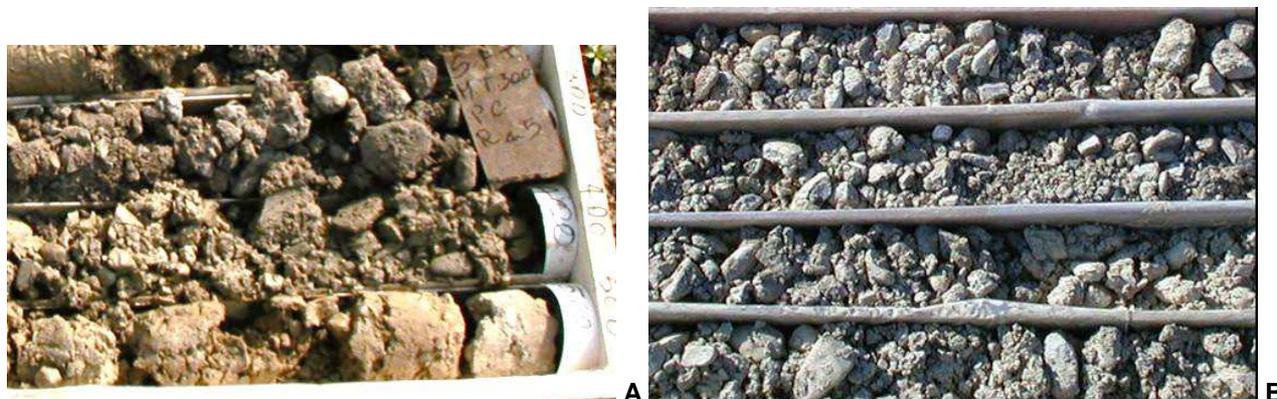


Figura 7 - Dettaglio dell'unità fl3b: (A): sondaggio XA301C070, (B): sondaggio XA301C087.

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 (Tabella 2). Nel complesso, si presentano da poco alterati a non alterati.

4.2 Indagini geognostiche

Le indagini geognostiche ritenute significative per la ricostruzione geologico-idrogeologica del settore d'interesse sono di seguito elencate:

codice	Fase progettuale	Caratteristiche/Descrizione
--------	------------------	-----------------------------

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-03-E-CV-RO-IR1G-00-001-A02 Foglio 14 di 26

AA301R062	PP	Depositi alluvionali, Argille di Luganano
L3-S20	PE	Depositi alluvionali, Argille di Luganano
L2-S46	PE	Depositi alluvionali, Argille di Luganano
L3-S60	PE	Depositi alluvionali, Argille di Luganano

Per i dettagli inerenti le singole stratigrafie, si rimanda ai documenti disponibili, prodotti dalle ditte incaricate dell'esecuzione delle indagini.

4.3 Geologia del sito di intervento

Il modello geologico di riferimento generale prevede che l'opera in esame appoggi sui depositi alluvionali terrazzati del T. Scrivia, riferibili ai depositi fluviali recenti (sub-unità fl3b) a valle della scarpata di terrazzo, sui depositi alluvionali medi (unità fl2) al di sopra della scarpata, e su una fascia di depositi colluviali presenti lungo la scarpata del terrazzo e prodottisi a spese dei soprastanti depositi alluvionali fl2.

Come evidenziato nel profilo geologico, è prevedibile che la base dell'opera appoggi sulla sub-unità fl3b (settore prossimo alla spalla del cavalcaferrovia) costituita da limi sabbioso ghiaiosi, sui depositi colluviali nel settore centrale e sui depositi alluvionali fl2 nella parte terminale del rilevato, opposta al cavalcavia.

Lo spessore complessivo dei depositi fluviali recenti (fl3), nella tratta interessata dalla realizzazione dell'opera di circa 4 m, rappresentati interamente dalla sub-unità fl3b, come indagato dai due sondaggi L3-S60 e L2-S46.

Tali depositi poggiano su un substrato costituito dalle argille di Lugagnano, individuato dai sondaggi suddetti fino a fondo foro (25 e 30 m rispettivamente in L3-S60 e L2-S46).

Nel complesso i depositi fluviali recenti (fl3) e medi (fl2) sono ricoperti da una coltre di suolo/terreno vegetale di spessore medio di circa 0,5 m. Lo strato superficiale di suolo e terreno vegetale/agricolo andrà interamente rimosso e riutilizzato per la risistemazione ambientale dell'area di cantiere.

L'opera in progetto andrà parzialmente ad insistere su di un rilevato esistente, costituito da materiale di riporto con spessore variabile da 0,5 a 4 metri circa.

Nel tratto relativo all'opera non si configurano particolari criticità, a parte la potenziale presenza di livelli limoso-argillosi nei depositi alluvionali che almeno potenzialmente potrebbero risultare compressibili, anche se il loro prevedibile ridotto spessore fa sì che questo non rappresenti un importante fattore condizionante. Le caratteristiche dell'opera andranno comunque adattate a questa eventuale circostanza.

Dal punto di vista geomorfologico, il settore d'interesse si situa in prossimità dell'area apicale-mediana del conoide del T. Scrivia (Figura 8), a NE del terrazzo che separa i depositi fluviali medi (fl2) ed i depositi fluviali recenti (fl3).

Il settore è interessato da attività agricola prevalente ed è ancora possibile, localmente, osservare la morfologia originaria caratterizzata da una superficie terrazzata, da subpianeggiante a debolmente inclinata verso NW-NNW, sviluppata a una quota media di 165 m e sopraelevata di 7 m circa rispetto all'alveo attuale del T. Scrivia. L'area è caratterizzata da un drenaggio superficiale orientato in parte verso i quadranti di NW-NNW e in parte verso i quadranti di NE-NNE.

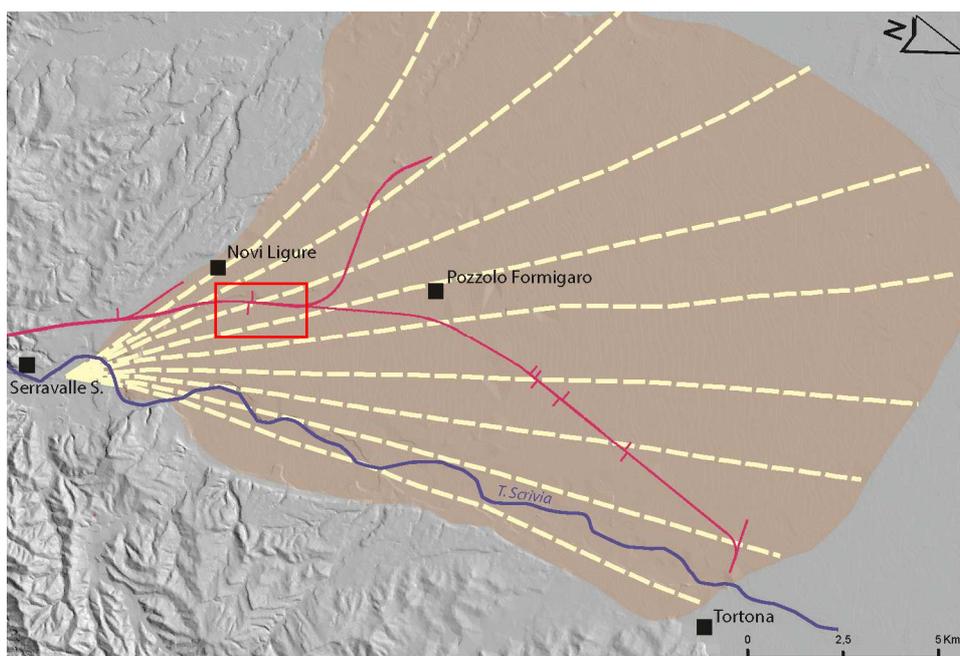


Figura 8 - Rappresentazione schematica dell'estensione areale del conoide del T. Scrivia, dei vari ordini di terrazzi da cui esso è dissecato. Il quadrato rosso indica la posizione dell'opera in progetto.

La permeabilità (K) della sub-unità fl3a, valutata sulla base di 46 prove di permeabilità di tipo Lefranc (a carico costante e a carico variabile), condotte in corrispondenza di 33 sondaggi localizzati lungo tutta la tratta di pianura (tra Novi Ligure e Tortona), presenta un intervallo di valori piuttosto ampio, variabile tra $1.77E-04$ m/s e $1.45E-08$ m/s. L'estrema variabilità dei valori di conducibilità, rilevata alla scala dell'intero areale del conoide del T. Scrivia, è da imputarsi i) alla geometria interna del deposito, ii) alla relativa distribuzione delle diverse classi granulometriche, iii) alla diversa ubicazione e profondità delle prove eseguite.

Come per la sub-unità fl3a, anche in questo caso la permeabilità (K) della sub-unità fl3b, valutata sulla base delle medesime prove di permeabilità eseguite nei sondaggi sopra citati, localizzati nella tratta di pianura tra Novi Ligure e Tortona, presenta, per gli stessi motivi, un intervallo di valori piuttosto ampio, tra $3.54E-04$ m/s e $7.7E-07$ m/s.

Unità	Composizione granulometrica			Permeabilità K (m/s)				
				valori generali per la sub-unità*			valori della sub-unità in prossimità dell'opera**	
	ghiaia	sabbia	limo+argilla	max	min	media		
f13b	75%	18%	7%	3,54E-04	7,7E-07	9,02E-05	-	
f13a	64%	19%	17%	1,77E-04	1,45E-08	1,46E-05	1,02E-06	(XA301R065)
							7,61E-05	(SI3)
							2,50E-05	
							9,25E-06	

* Sono considerati tutti i dati disponibili di prove di permeabilità realizzate con metodo Lefranc a carico costante e variabile, condotte in tutta l'areale di distribuzione delle sub-unità f13a e f13b.

**Sono considerati soltanto i dati di prove di permeabilità realizzate con metodo Lefranc a carico costante e variabile condotte in prossimità del settore interessato dall'opera in progetto.

Tabella 2 - Caratteristiche granulometriche e di permeabilità delle due sub-unità (f13a, f13b) che costituiscono i depositi fluviali recenti (f13).

5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

5.1 Complessi idrogeologici

5.1.1 Considerazioni generali

La zona interessata dallo sviluppo della linea MI-GE è stata suddivisa su base litologica in diversi complessi idrogeologici a permeabilità differente, distinguendo 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.

La permeabilità delle unità di basamento prequaternario nell'area di interesse è molto spesso anisotropa e il flusso avviene preferenzialmente lungo discontinuità più o meno diffuse al loro interno. A rigore in contesti di questo tipo dovrebbero essere definite le permeabilità lungo i sistemi di frattura, tuttavia, allo scopo di semplificare la modellizzazione del comportamento idrogeologico delle unità di basamento, si è ritenuto opportuno introdurre una semplificazione, riconducendo la permeabilità discontinua dell'ammasso roccioso a quella di un mezzo poroso e facendo quindi riferimento al concetto di "permeabilità equivalente", ovvero sia ad un tensore di permeabilità, del quale per la classificazione è stato considerato il valore maggiore.

Per contro, all'interno dei depositi quaternari, la componente anisotropa della permeabilità è spesso irrilevante, dato che si tratta nella maggior parte dei casi di depositi sciolti a granulometria grossolana, in cui l'eventuale presenza di livelli limoso-argillosi, generalmente di spessore limitato, non costituisce un elemento di compartimentazione significativo, data la ridotta estensione laterale di tali orizzonti. I depositi alluvionali costituiscono dal punto di vista idrogeologico un mezzo poroso a permeabilità medio-elevata, isotropo o debolmente anisotropo in senso verticale (cioè perpendicolarmente agli strati).

Nel presente capitolo, ai fini descrittivi, si farà riferimento alle classi di permeabilità riassunte in Tabella 3.

Si precisa che, nel testo che segue, ove si fa riferimento a valori fisici numericamente definiti, in luogo del termine “permeabilità” verrà più correttamente impiegato il termine “conducibilità idraulica” (K, espressa in m/s), dal momento che 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 mq) sarebbe in realtà una proprietà intrinseca dell’acquifero indipendente dal tipo di fluido che lo permea. Si continuerà invece ad utilizzare il termine “permeabilità” o “grado di permeabilità” per indicare genericamente e a livello concettuale le proprietà idrogeologiche dei diversi litotipi, senza specifici riferimenti a valori fisici numericamente definiti.

Classe	Conducibilità idraulica in m/s	Descrizione
K1	> 1E-04	molto alta
K2	1E-05 a 1E-04	alta
K3	1E-06 a 1E-05	medio-alta
K4	1E-07 a 1E-06	media
K5	1E-08 a 1E-07	bassa
K6	< 1E-08	molto bassa

Tabella 3 – 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).

L’attribuzione del grado di permeabilità a ogni complesso idrogeologico 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.

Durante la fase di perforazione dei sondaggi geognostici del PP, PD e PE sono state eseguite prove di tipo Lefranc e Lugeon (campagne geognostiche 1992-1993, 1996, 2001-2002 e 2004). I valori di conducibilità, espressi in Unità Lugeon e in m/s, sono stati dedotti dall’interpretazione delle prove idrauliche.

5.1.2 Depositi di origine antropica

I depositi antropici a livello locale possono essere interpretati come un complesso idrogeologico. Nel caso dell’opera in questione il deposito è legato allo sviluppo agricolo dell’area circostante. La pezzatura del deposito si suppone essere eterogenea con grado di compattazione e cementazione abbastanza basso. Non sono disponibili prove di tipo idraulico su questi depositi ma dalle considerazioni sopraelencate si può ipotizzare una conducibilità idraulica abbastanza elevata compresa tra 1E-03 e 1E-05 m/s.

5.1.3 Complesso 2 (f13)

Questo complesso presenta una permeabilità primaria per porosità, trattandosi principalmente di depositi alluvionali a granulometria piuttosto grossolana che appartengono al livello litostratigrafico f13.

Per tale livello litostratigrafico f13, sulla base delle indagini eseguite (sondaggi, trincee, pozzetti esplorativi) è stato possibile introdurre una differenziazione tra un orizzonte, generalmente più profondo, meno permeabile, poiché composto da una più abbondante matrice limoso-argillosa (f13a), e un orizzonte maggiormente permeabile, costituito da una matrice sabbioso-ghiaiosa (f13b).

Alla luce di tale suddivisione litostratigrafica si giustifica quanto emerso dai test idraulici eseguiti, che suggeriscono una distribuzione bimodale della conducibilità idraulica. I depositi alluvionali f13a presentano in media conducibilità idrauliche comprese tra $1E-07$ e $1E-05$ m/s, mentre per i depositi f13b le conducibilità prevalenti si collocano nell'intervallo $5E-06$ / $5E-04$ m/s.

Non si possono escludere limitate variazioni verticali e laterali della permeabilità, principalmente per passaggi dei materiali grossolani a intercalazioni di materiali più fini, a granulometria sabbiosa. Effetti di compartimentazione sono comunque ritenuti possibili solo a scala locale.

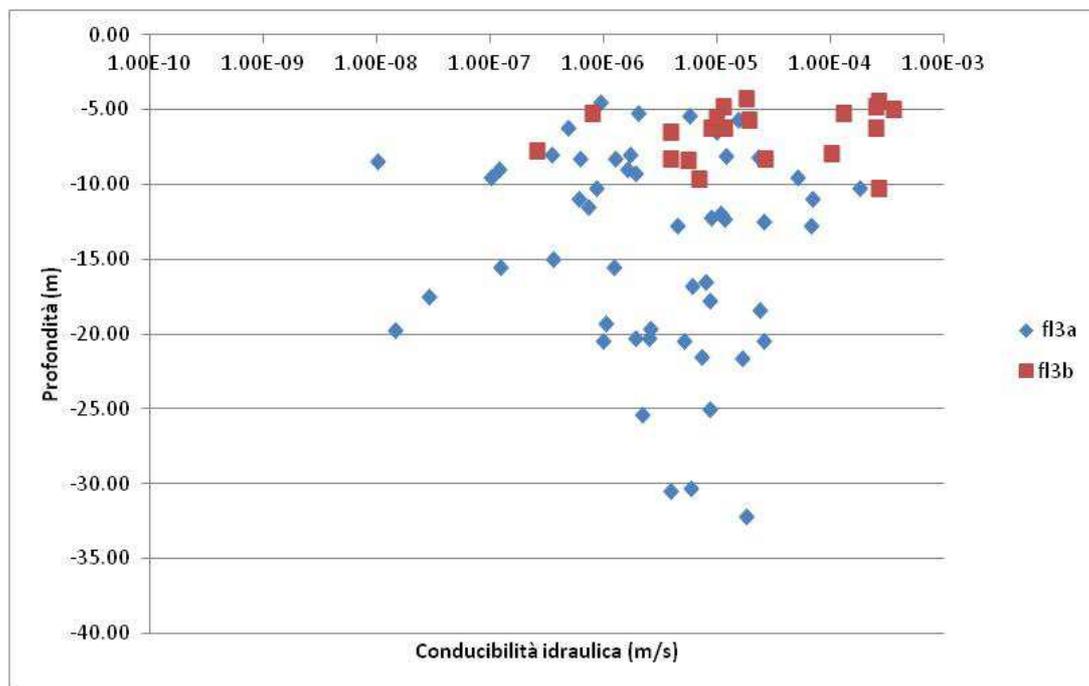


Figura 9. Grafico delle conducibilità idrauliche per i depositi alluvionali attuali (f13), in cui vengono distinte le sub-unità f13a ed f13b da prove sui sondaggi del Progetto preliminare (R065, R067, R068, R069, R070, R071, R072, R073, R074, R075, R076, R087, R088, R088, R089, R092, R093, R094, R099, R100, R102, R103, R104, R106, R107, R109), del Progetto definitivo (SI07, SI09, SI10, SI13, SI14, SI47) e del Progetto esecutivo (L2-S32, L2-S34, L2-S32, L2-S43, L2-S47, L2-S48, L2-S50, L2-S52, L2-S15).

5.1.4 Complesso 3 (fl2, fl1, flp1)

Anche questo complesso idrogeologico, come i precedenti, è costituito da depositi alluvionali; esso è caratterizzato da un grado di compattazione variabile e la sua permeabilità è principalmente legata alla porosità primaria del deposito.

I test idraulici, disponibili solo per il livello litostratigrafico fl2 (Figura 9), mettono in evidenza valori di conducibilità idraulica piuttosto dispersi, con valori medi compresi tra $1E-05$ e $1E-07$ m/s; localmente si potrebbero riscontrare conducibilità maggiori (fino a $1E-04$ m/s) o minori (fino a $1E-08$ m/s) dipendenti dalla presenza di orizzonti differenziabili in relazione al diverso rapporto percentuale tra ghiaie, sabbie, limi e argille.

La stratigrafia di questi sedimenti, nota sulla base dei sondaggi eseguiti, evidenzia una successione di orizzonti limoso-argillosi che possono causare locali effetti di compartimentazione.

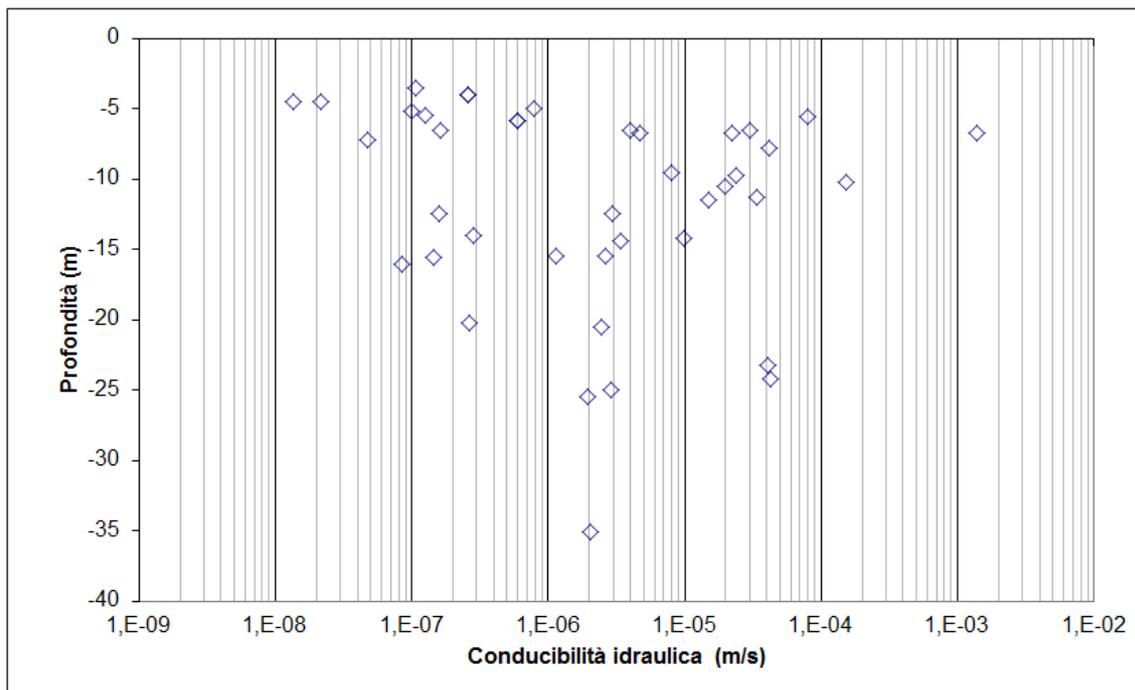


Figura 10. Grafico delle conducibilità idrauliche per i depositi alluvionali medi (fl2).

5.1.5 Complesso 6 (aL, mA1)

Il complesso idrogeologico 6 è costituito prevalentemente da argille e argille siltose (aL) o da marne con intercalazioni pelitiche (mA1), in cui la permeabilità è prevalentemente legata allo stato di fratturazione dell'ammasso; la permeabilità primaria è da considerarsi trascurabile, fatta eccezione per locali corpi lenticolari di arenarie e microconglomerati con scarsa continuità laterale.

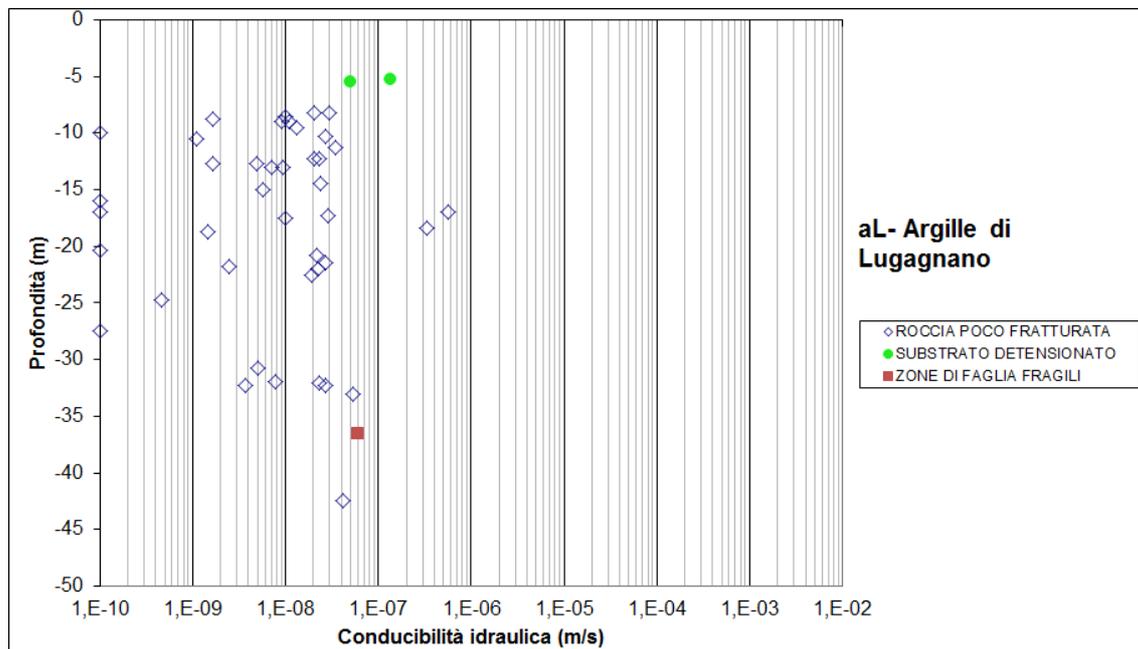


Figura 11. Grafico delle conducibilità idrauliche per le Argille di Lugagnano.

I test idraulici eseguiti direttamente sulle Argille di Lugagnano (aL), appartenenti a questo complesso idrogeologico, mostrano conducibilità idrauliche prevalenti, fuori dalle zone di faglia, comprese tra $5E-08$ e $1E-10$ m/s (Figura 11). Si può però supporre che i valori maggiori di $1E-08$ m/s costituiscano dei valori sovrastimati, probabilmente dovuti a particolarità stratigrafiche localizzate nell'immediato intorno del sondaggio, quali porzioni di ammasso meno argillose.

L'esame generale di questi litotipi, sia sul terreno, che nelle carote dei sondaggi, suggerisce infatti che, a scala più ampia di quella investigata dai sondaggi (m-dam), esista sempre una netta prevalenza di materiale limoso-argilloso (65% limo, 35% argilla, secondo i dati granulometrici esistenti). Pertanto, si può ragionevolmente supporre che i valori di conducibilità maggiori di $1E-08$ m/s rappresentino delle particolarità con valore poco più che puntuale e che, generalmente, la conducibilità idraulica in questi litotipi vada considerata inferiore a $1E-08$ m/s.

Una spiegazione alternativa per giustificare il fatto che i valori forniti dalle prove idrauliche siano sovrastimati è che questi litotipi, particolarmente plastici e deformabili, al momento della rimozione del rivestimento dei sondaggi prima dell'esecuzione delle prove, originino dei fenomeni di convergenza del foro con sviluppo di microfratture e pertanto si verifichi un moderato incremento della permeabilità nell'immediato intorno del sondaggio, che è poi quello investigato con il test.

I pochi valori di conducibilità idraulica maggiori di $1E-07$ m/s, benché non rappresentativi della permeabilità media di questi litotipi, costituiscono verosimilmente misure eseguite in livelli sabbiosi-gliaiosi, sporadicamente presenti all'interno della formazione.

Per le zone di faglia, la conducibilità idraulica è stimata, essendo presente un unico dato misurato, tra $1E-07$ e $1E-10$ m/s. Data la tipologia dei materiali che costituiscono il complesso è logico attendersi che le faglie non determinino particolari aumenti della permeabilità, ma anzi siano connesse a fenomeni di cementazione o a sviluppo di sottili pellicole fillosilicatiche che inducono un'ulteriore riduzione della permeabilità. Questi processi di cementazione o sviluppo di livelli

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-03-E-CV-RO-IR1G-00-001-A02 Foglio 21 di 26

fillosilicatici non dovrebbero comunque determinare significativi fenomeni di compartimentazione, dal momento che già la permeabilità primaria risulta essere molto bassa.

5.2 Assetto idrogeologico dell'area di intervento

L'area di intervento è situata all'interno del terrazzo di origine alluvionale situato nella fascia altimetrica inferiore del conoide del T. Scrvia, in prossimità della sua zona di apice a Est dell'abitato di Novi Ligure.

L'area dove verrà effettuato l'intervento è situata in una zona antropizzata dove è presente uno spessore di circa 0,5 m di terreno coltivo che poggia direttamente al di sopra dei depositi fluviali attuali (unità fl3 – complesso idrogeologico 2), che si presentano con granulometria limoso-sabbiosa, con frequente presenza di ghiaia e ciottoli, con potenza di circa 4 m. Al di sotto di questi depositi il substrato è costituito dalla Formazione delle Argille Azzurre (Argille di Lugagnano). Il reticolato idrografico superficiale è rappresentato da canali di modesta lunghezza ad uso prettamente agricolo.

In questo settore quindi l'acquifero è molto sottile e può in realtà essere suddiviso in due acquiferi solo parzialmente collegati idrogeologicamente. Per comprendere le geometrie dei corpi idrogeologici si deve dapprima considerare la morfologia superficiale. Nella zona di Serravalle – Novi Ligure si distinguono due ordini di terrazzi dello Scrvia. Il terrazzo più elevato si sviluppa ai piedi dei rilievi collinari ed è bordato verso NE da una scarpata di altezza variabile da 10 a 20m, che si segue con continuità fino a Novi. Ai piedi di questa scarpata inizia il ripiano del terrazzo inferiore, che si estende poi fino all'attuale fondovalle Scrvia.

Il terrazzo superiore è costituito da depositi fluviali medi (fl2), riferibili al complesso idrogeologico 3. Lo spessore di questi depositi è piuttosto esiguo, variabile da pochi metri nel settore meridionale (Serravalle) a una decina di metri nel settore settentrionale (zona immediatamente a sud di Tortona). Questi depositi poggiano direttamente sul substrato impermeabile pre-quaternario, qui costituito in particolare dalle Argille di Lugagnano.

Il terrazzo inferiore è costituito da depositi alluvionali di età recente (fl3a), anche in questo caso di spessore piuttosto esiguo, da pochi metri a sud, in particolare all'altezza della WBS in oggetto sono corca 4 m, fino a 10-20 m verso nord. Il substrato dei depositi alluvionali è analogo a quello del terrazzo più elevato

La presenza della scarpata che separa i due terrazzi e l'esiguo spessore dei depositi, fa sì che sostanzialmente sia assente un contatto laterale tra i depositi dei due terrazzi, o perlomeno che la superficie di contatto sia discontinua e comunque molto ridotta. Lungo la scarpata non emerge il substrato pre-quaternario dei depositi soprattutto grazie alla presenza di una coltre di depositi detritico-colluviali derivanti da rimobilizzazione dei depositi alluvionali medi del terrazzo superiore. Questa coltre, relativamente permeabile costituisce un sottile elemento di raccordo idrogeologico tra i depositi che ricoprono i due terrazzi, ma si tratta di un livello molto sottile, di potenza inferiore a quella dei due complessi (circa 2-3 m nel settore della WBS in oggetto).

In un tale contesto geometrico dei complessi acquiferi, l'assetto della falda presente al loro interno può essere riassunto secondo quanto segue (cfr. Figura 12). Nel terrazzo superiore è presente una falda a pelo libero alimentata principalmente da acque di ruscellamento dai versanti, che presenta una direzione media di deflusso da SW verso NE. Si tratta di una falda poco attiva poiché la permeabilità dell'acquifero non è molto elevata (si veda a tale proposito il paragrafo 1.1.3 della relazione idrogeologica generale) e così pure la ricarica disponibile. In corrispondenza del terrazzo le acque di falda defluenti dall'acquifero in parte emergono in piccoli fossi, in parte proseguono il loro percorso sotterraneo verso l'acquifero dei depositi alluvionali del terrazzo inferiore attraverso il raccordo idrogeologico garantito dalla sottile coltre di depositi detritico-colluviali. L'acquifero del terrazzo inferiore è ugualmente un acquifero a falda libera con senso di flusso da SW verso NE.

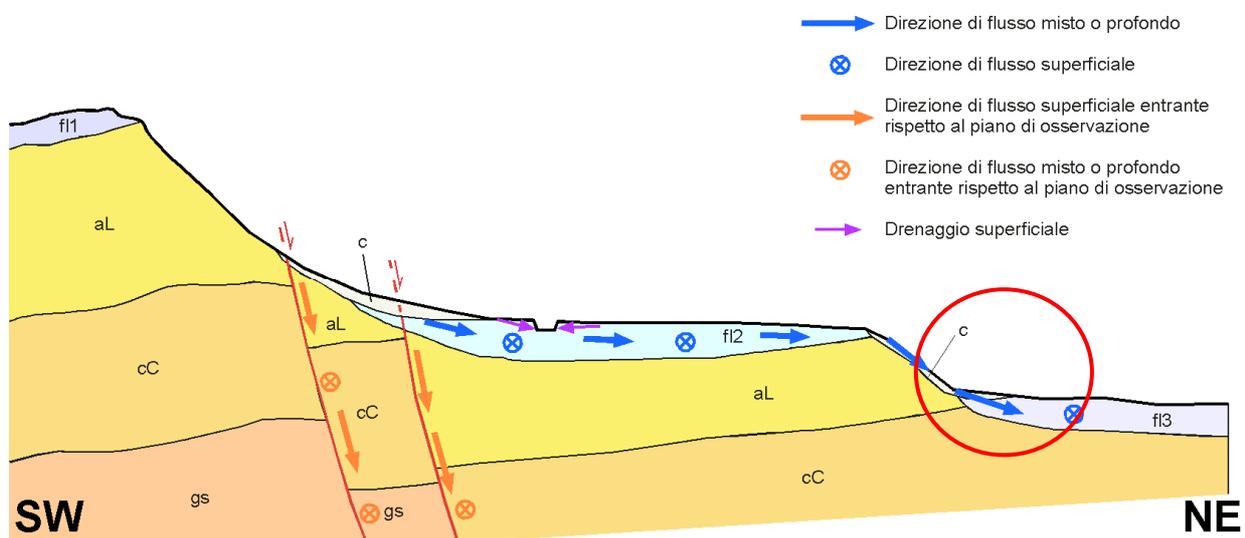


Figura 12. Sezione schematica che illustra i rapporti tra i depositi fluviali dei due terrazzi del Torrente Scrivia nel settore di Serravalle – Novi Ligure e i sistemi di flusso presenti al loro interno. Il cerchio rosso indica la posizione dell'opera in oggetto nello schema concettuale

In sintesi in questo settore non esiste un vero e proprio acquifero continuo, ma due sottili acquiferi che presentano degli scambi in corrispondenza della scarpata che separa i due terrazzi, ma parte dell'acqua dell'acquifero superiore viene anche drenata dai fossi che incidono la scarpata. Peraltro in corrispondenza della scarpata è presente una serie di piccoli specchi d'acqua artificiali che rappresentano delle emergenze delle acque di falda. Procedendo da Serravalle verso Novi lo spessore dei depositi tende comunque ad aumentare lievemente e con gradualità, la zona di contatto tra i due acquiferi diviene sempre più consistente e conseguentemente gli scambi tra i due acquiferi sempre più rilevanti; la situazione si approssima pertanto a quella di un singolo acquifero continuo.

6 PROBLEMATICHE CONNESSE ALLA REALIZZAZIONE DELL'OPERA

Dal punto di vista geologico e geotecnico non sussistono, come precedentemente accennato, criticità particolari. Gli unici elementi da tenere in considerazione sono i) la potenziale presenza di

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-03-E-CV-RO-IR1G-00-001-A02 <div style="float: right;">Foglio 23 di 26</div>

livelli limoso-argillosi compressibili nei depositi alluvionali e il comportamento di tali terreni sotto i carichi di progetto e ii) la scarsa qualità geotecnica degli accumuli di materiale di riporto presenti nell'area, che andranno rimossi prima di realizzare il sottofondo del rilevato.

L'eventuale suolo e terreno vegetale presenti andranno stoccati a parte per la rinaturalizzazione finale delle aree cantierizzate.

Dal punto di vista idrogeologico non sono state riscontrate problematiche particolarmente significative in relazione alla realizzazione dell'opera e ciò tanto per la fase di cantierizzazione e costruzione quanto per la fase di esercizio; è comunque importante tenere presente il contesto idrogeologico generale in cui sarà realizzata l'opera, che vede la presenza di una falda libera a pochi metri dalla superficie, ospitata in terreni alluvionali relativamente permeabili.

Ciò rende la falda particolarmente vulnerabile alla propagazione di inquinanti che si dovessero infiltrare dalla superficie, ad esempio per versamento accidentale di liquidi (carburanti, lubrificanti, ecc.) nell'area di cantiere. Sarà quindi necessario prevedere misure di prevenzione quali ad es. lo stoccaggio di oli e carburanti in aree precedentemente impermeabilizzate, la predisposizione di sistemi di raccolta e decantazione dei reflui superficiali e misure di bonifica di urgenza nel caso che si verifichi un inquinamento imprevisto.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-03-E-CV-RO-IR1G-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 24 di 26</p>

7 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. *Ophioliti*, 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.
- 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. *Ophioliti*, 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. *Ophioliti*, 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.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-03-E-CV-RO-IR1G-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 25 di 26</p>

- 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-Trecate 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, 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.
- Irace A., Clemente P., Natalicchio M., Ossella L., Trenkwalder S. et alii (2009) - Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale. La Nuova Lito, Firenze: pp 110.
- 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.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-03-E-CV-RO-IR1G-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 26 di 26</p>

- 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.
- Pozzi R. & Francani V. (1968) – Lineamenti idrogeologici della Pianura di Alessandria. *Geol. Tec.*, anno 15, n.4, pp. 131-143.
- 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.
- Schumacher, m. E. & Laubscher, H. P. (1996) - 3D crustal architecture of the Alps-Apennines 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.