

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**

**PIAZZOLA DI SICUREZZA IMBOCCO NORD GALLERIA SERRAVALLE
A PK 36+600**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing. N. Meistro	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 4	E	C V	R O	I N 1 K 0 0	0 0 1	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Emissione	GDP <i>[Signature]</i>	10/01/2014	Rocksoil <i>[Signature]</i>	13/01/2014	A. Palomba <i>[Signature]</i>	15/01/2014	
A01	Revisione generale	GDP <i>[Signature]</i>	24/04/2015	Rocksoil <i>[Signature]</i>	27/04/2015	A. Palomba <i>[Signature]</i>	30/04/2015	
A02	Aggiornamento cartiglio	GDP <i>[Signature]</i>	12/12/2016	Rocksoil <i>[Signature]</i>	12/12/2016	A. Mancarella <i>[Signature]</i>	12/12/2016	

n. Elab.:	File: IG51-04-E-CV-RO-IN1K-00-001-A02
-----------	---------------------------------------

CUP: F81H9200000008

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-04-E-CV-RO-IN1K-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 2 di 23</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	Depositi post-messiniani	6
4.1.2	Unità pleistocenico-oloceniche del bacino del T. Scrivia	8
4.2	Indagini geognostiche	12
4.3	Geologia del sito di intervento.....	13
5	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	15
5.1	Complessi idrogeologici	15
5.1.1	Considerazioni generali.....	15
5.1.2	Complesso 2 (fl3, fl3a, fl3b)	Errore. Il segnalibro non è definito.
5.1.3	Complesso 6 (aL, mA1)	Errore. Il segnalibro non è definito.
5.1.4	Assetto idrogeologico dell'area di intervento	19
6	PROBLEMATICHE CONNESSE ALLA REALIZZAZIONE DELL'OPERA	20
7	BIBLIOGRAFIA	21

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>IG51-04-E-CV-RO-IN1K-00-001-A02</p>	<p>Foglio 3 di 23</p>

1 PREMESSA

Il presente rapporto riguarda la realizzazione della piazzola identificata dal codice IN1K, facente parte del Raccordo Tecnico III Valico - Novi Ligure, nel quadro delle opere di linea previste dal Progetto Esecutivo del nuovo collegamento AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi".

La piazzola IN1K si colloca in corrispondenza dell'imbocco nord della Galleria di Serravalle, lungo la linea AC/AV in progetto, alla pk 36+600.

La presente nota costituisce una revisione e un aggiornamento degli studi geologici eseguiti in fase di Progetto Definitivo, rispetto alla quale sono stati eseguiti ex novo alcuni rilievi geologici integrativi di superficie, [oltre a due nuovi sondaggi geognostici](#).

Questo rapporto descrive quanto rappresentato negli elaborati grafici allegati:

- profilo geologico generale;
- sezioni geologico-stratigrafiche trasversali;
- carta geologica, geomorfologica e idrogeologica.

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".

L'opera è in deroga alla normativa successiva all'anno 2005. 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;

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p style="text-align: center;">IG51-04-E-CV-RO-IN1K-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 4 di 23</p>

- 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 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.

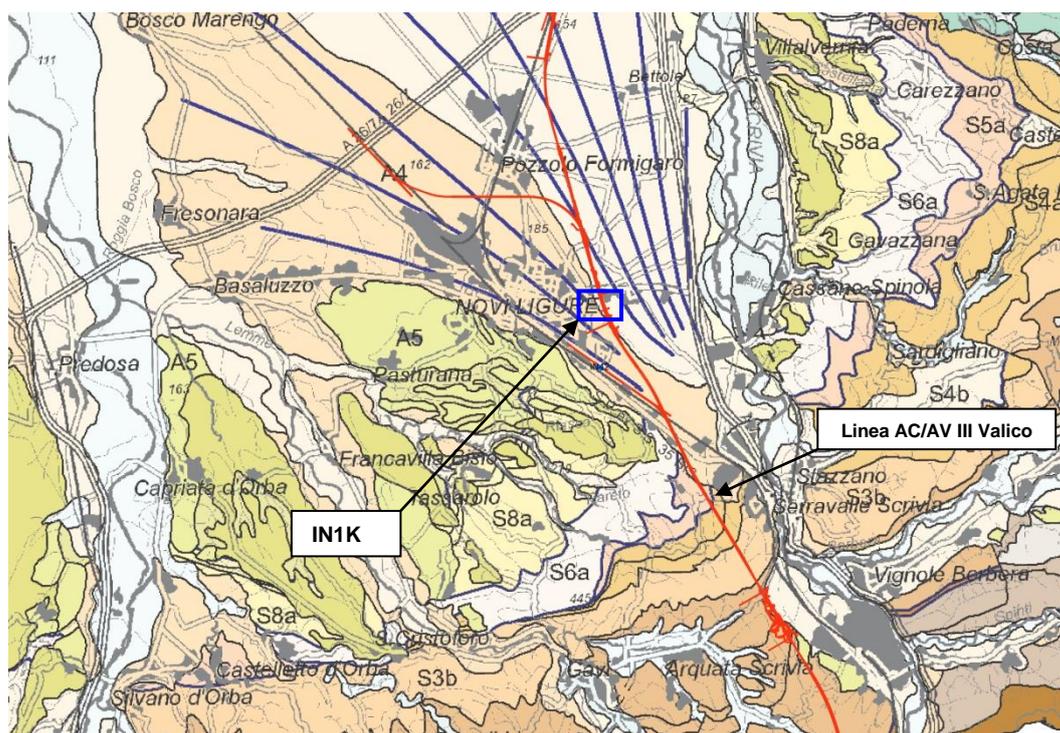
4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

La zona interessata dalla realizzazione della piazzola IN1K 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, rappresentata nell'area dalle Argille di Lugagnano/Argille Azzurre; i sedimenti post-messiniani ricoprono a loro volta in discordanza le successioni sedimentarie terrigene del Bacino Terziario Piemontese (BTP).

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.		
A ¹ /F ¹ ³ – Fluviale recente		A3 – Depositi fluviali del Pleistocene sup.	f13- Fluviale recente	f13 - Depositi fluviali recenti, Pleistocene sup.? - Olocene
F ¹² – Fluviale medio		A4 – Depositi fluviali del Pleistocene medio - sup.	f12- Fluviale medio	f12 - Depositi fluviali medi, Pleistocene medio - sup.
F ¹ – Fluviale antico F ² – Villafranchiano auct.		A5 – Depositi fluviali del Pleistocene medio A6 – Depositi fluviali del Pleistocene inf. - medio	f11- Fluviale antico	f11 - Depositi fluviali antichi, Pleistocene medio?
P ³⁻² - Sabbie di Asti	S9b – Sintema di Maranzana S8b – Successioni silteose e sabbioso-ghiaiose piacentiane	vL – Villafranchiano auct. e Sabbie d'Asti, Pleistocene inf.		
P - Argille di Lugagnano, Pliocene	SUCCESSIONI POST-MESSINIANE	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-pelittiche 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 (riquadro blu).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-RO-IN1K-00-001-A02 Foglio 6 di 23

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

L'area oggetto del presente rapporto appoggia essenzialmente sulle alluvioni quaternarie del bacino del T. Scrivia riferibili al Fluviale recente (f13), poggianti sul termine basale della successione pliocenica, rappresentato dalle Argille di Lugagnano/Argille Azzurre (aL).

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.

4.1.1 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 dalle Formazioni delle Argille Azzurre (Argille di Lugagnano, aL), delle Sabbie di Asti e del *Villafranchiano auct. p.p.*; solo le Argille Azzurre sono indirettamente interessate dall'opera in progetto, costituendo il substrato di appoggio delle alluvioni quaternarie su cui è realizzata la piazzola.

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 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.

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

4.1.1b Sabbie di Asti

Questa unità poggia sulle Argille Azzurre tramite con un passaggio graduale, caratterizzato da alternanze tra sabbie e siltiti. Mostra spessore variabile da 70 a 150 m ed è costituita da sabbie da fini a grossolane passanti a siltiti, a composizione silicoclastica, di colore giallo o grigio-azzurro,

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-IN1K-00-001-A02 Foglio 7 di 23

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 iso-orientati di bivalvi e gasteropodi) o di laminazione obliqua a festoni, tuttavia si presentano sovente omogenei a causa dell'intensa bioturbazione. Alla base sono presenti gruppi di strati con ripple da onda. Sono inoltre presenti abbondanti concrezioni.

Sulla base dell'associazione a foraminiferi le Sabbie d'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.*) suggeriscono un ambiente di deposizione tra infralitorale e circalitorale.

4.1.1c Villafranchiano auct. p.p.

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 transazionale e continentale, che poggiano con contatto transazionale rapido sulle Argille Azzurre.

In particolare, dal basso verso l'alto, si possono osservare:

- 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 (spessore variabile da 70 a 150 m). Gli strati mostrano cenni di laminazione piano-parallela o obliqua a festoni, tuttavia si presentano sovente omogeneizzati dall'intensa bioturbazione. Alla base sono presenti di gruppi di strati con ripple marks da onda. Sono inoltre presenti abbondanti concrezioni.
- Sabbie e sabbie ghiaiose in strati decimetrici, parzialmente cementate, alternate verso l'alto a peliti. Gli strati sabbiosi presentano strutture sedimentarie a grande scala quali lamine oblique sia a festoni che planari e strutture a piccola scala quali ad es. flaser-bedding; nella parte medio-bassa della formazione gli strati sabbiosi sono bioturbati (icnogenere *Ophiomorpha*) e sono presenti corpi conglomeratici a geometria canalizzata e a laminazione incrociata. Le siltiti sono per lo più laminate, mostrano weavy-bedding, ma sono anch'esse in qualche caso bioturbate. La potenza raggiunge gli 80 m. Nel complesso sono interpretabili come depositi marini marginali, di fronte e piana deltizia a controllo tidale.
- Ghiaie e sabbie ghiaiose mal selezionate, parzialmente cementate, organizzate in corpi piano-concavi canalizzati, che si ritagliano l'un l'altro, in gran parte caratterizzati da laminazione obliqua planare. 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. Nel complesso raggiungono uno spessore fino a 150 m.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-IN1K-00-001-A02 Foglio 8 di 23

4.1.2 Unità pleistocenico-oloceniche del bacino del T. 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.

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.

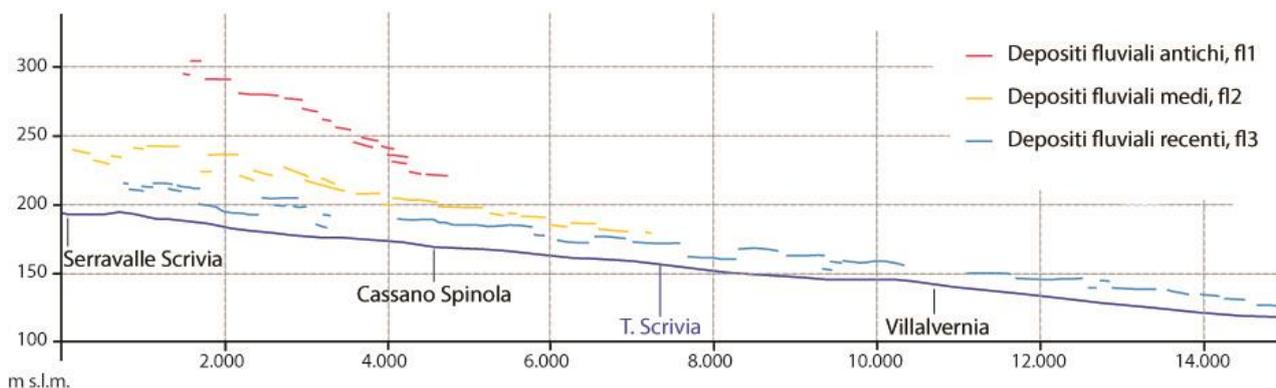


Figura 2: Profilo morfostratigrafico del Torrente Scrivia realizzato nel tratto compreso tra gli abitati di Serravalle Scrivia e Villalvernia e riferito al versante idrografico sinistro della Valle Scrivia (non sono stati rappresentati gli ordini di terrazzi riferibili all'evoluzione recente del T. Scrivia - 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).

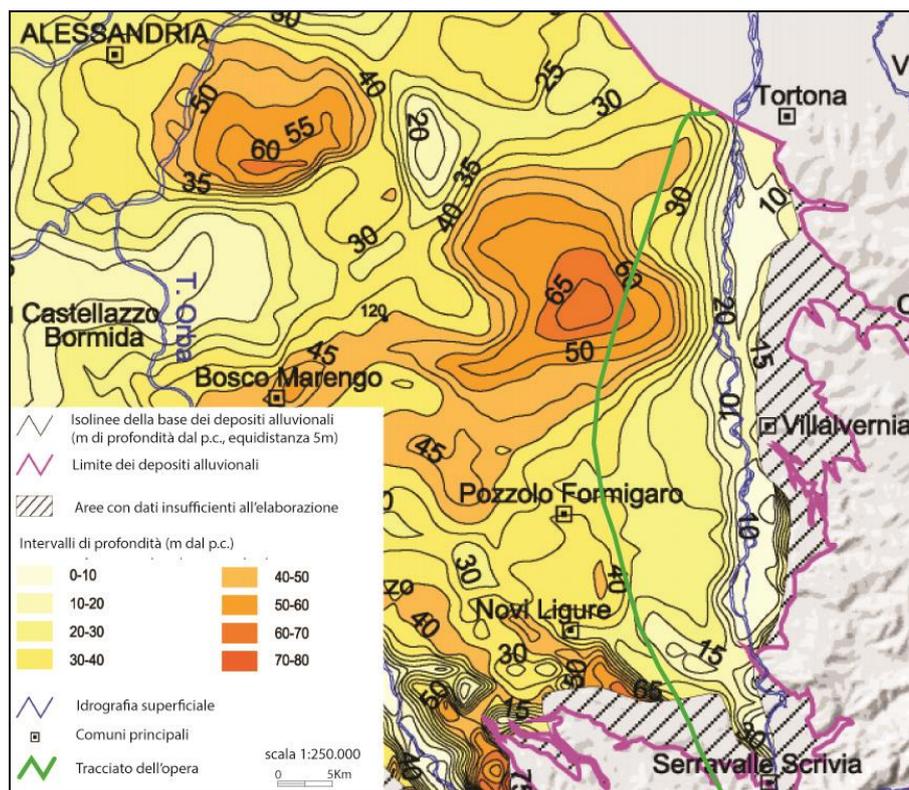


Figura 3: Carta schematica della profondità della superficie basale dei depositi alluvionali del settore alessandrino (adattato da Irace et al., 2009). Dalla carta emerge l'estrema irregolarità dell'andamento della superficie basale dei depositi alluvionali lungo il tracciato dell'opera (linea verde), 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).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-IN1K-00-001-A02 Foglio 10 di 23

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.

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 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.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-IN1K-00-001-A02 Foglio 11 di 23

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.

4.1.2c 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 5). Nel complesso si presentano da mediamente a poco alterati. Localmente sono presenti livelli metrici di argille e silt argillosi.



Figura 5: Sondaggio XA301C087, dettaglio dell'unità fl3a.

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 6). 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 fl3b.

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.

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
XA301R061	PP	Depositi alluvionali, Argille di Lugagnano
SF10	PD	Depositi alluvionali, Argille di Lugagnano
L2-S44	PE	Depositi alluvionali, Argille di Lugagnano
L3-S51	PE	Depositi alluvionali, Argille di Lugagnano

Per una descrizione dettagliata dei singoli sondaggi si rimanda ai relativi elaborati.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-IN1K-00-001-A02 Foglio 13 di 23

4.3 Geologia del sito di intervento

Dal punto di vista geologico la piazzola IN1K appoggia interamente sui depositi alluvionali terrazzati del T. Scrivia, riferibili al Fluviale Recente (f13), con stratificazione suborizzontale.

È quindi prevedibile che l'area di intervento interessi un complesso sedimentario fluviale a stratificazione suborizzontale, comprendente ghiaie sabbioso-limose debolmente argillose, con matrice fine, siltoso-arenacea mediamente alterata. Localmente potranno essere presenti livelli metrici argilloso e siltoso-argillosi (Figura 4).

I depositi fluviali recenti (f13) sono ricoperti da una coltre di suolo e terreno vegetale di spessore medio variabile da 0,5 a 2 metri; lo spessore complessivo dei depositi fluviali medi nel punto interessato dalla realizzazione delle piazzole è dell'ordine di 4-6 m.

Dal punto di vista geomorfologico, il settore di interesse si situa in prossimità dell'area medianapicale del conoide del T. Scrivia, dove quest'ultimo è dissecato da vari ordini di terrazzi fluviali (Figura 8).

Si tratta di un settore caratterizzato da una superficie terrazzata da sub-pianeggiante a debolmente inclinata verso NW-NNW situata al piede di un terrazzo fluviale con altezza di 16-17 metri circa. La superficie sulla quale andrà ad insistere l'opera in progetto è sviluppata ad una quota media di 188/192 m s.l.m. e sopraelevata di 20 m circa rispetto all'alveo attuale del T. Scrivia. L'area è caratterizzata da una fitta rete di canali artificiali ad uso irriguo, e presenta nel complesso un drenaggio superficiale orientato verso i quadranti di NW-NNW.



Figura 7: Vista della superficie terrazzata sulla quale andrà ad insistere l'opera in progetto; le frecce sullo sfondo indicano il ciglio del terrazzo.

Nel tratto relativo all'opera IN1K non si configurano particolari criticità, a parte la potenziale presenza di livelli limoso-argillosi 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 delle piazzole andranno comunque adattate a questa eventuale circostanza, qualora i sondaggi previsti dovessero evidenziare questo tipo di criticità, in particolare qualora dovesse emergere la presenza di strati compressibili di spessore superiore a 0,5 m entro il raggio di influenza dei carichi esercitati sul terreno.

Lo strato superficiale di suolo e terreno vegetale/agricolo andrà interamente rimosso e riutilizzato per la risistemazione ambientale dell'area di cantiere.

Dal punto di vista geomorfologico, il settore d'interesse si situa in prossimità dell'area apicale del conoide del T. Scrivia, dove quest'ultimo è dissecato da vari ordini di terrazzi fluviali (Figura 8).

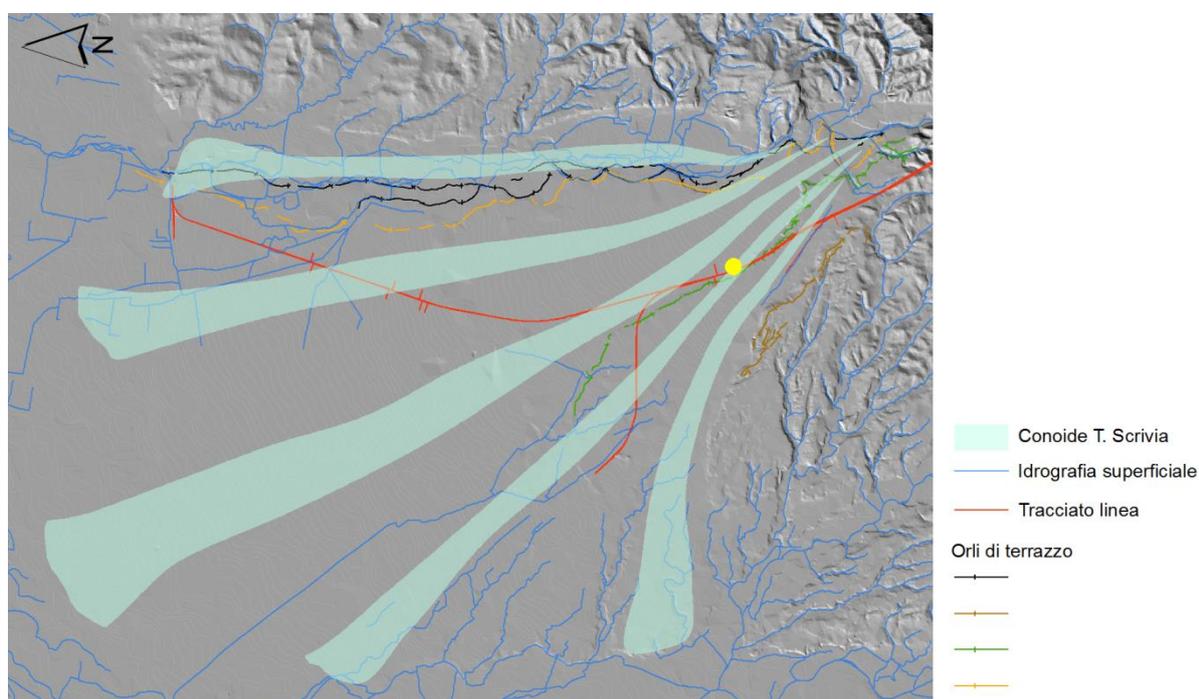


Figura 8: Rappresentazione schematica dell'estensione areale del conoide del T. Scrivia, dei vari ordini di terrazzi da cui esso è dissecato. Il punto giallo indica la posizione dell'opera in progetto.

Il settore è caratterizzato da una superficie terrazzata con andamento da sub-pianeggiante a debolmente inclinato verso NW-NNW, situata al piede di un terrazzo fluviale con altezza di 16-17 m circa. La superficie sulla quale sarà ubicata l'opera in progetto si trova a una quota compresa tra 188 e 192 m ed è sopraelevata di 20 m circa rispetto all'alveo attuale del T. Scrivia. L'area è caratterizzata da una fitta rete di canali artificiali ad uso irriguo e presenta nel complesso un drenaggio superficiale orientato verso i quadranti di NW-NNW.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-IN1K-00-001-A02
	Foglio 15 di 23

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 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 2.

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 m²) 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	$> 10^{-4}$	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).

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 PD 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.

Per quanto riguarda più strettamente l'opera in progetto, questa è interamente realizzata al di sopra dei depositi quaternari, che rappresentano un acquifero dalla produttività e dalla connettività idraulica abbastanza rilevanti, ma che verranno interessati solo in minima misura dalla realizzazione dell'opera; gran parte delle potenziali interferenze con l'acquifero residente nei depositi fluviali del conoide dello Scrivia riguarda, infatti, le tratte in galleria naturale e artificiale previste a sud della piazzola IN1K, lungo il Raccordo Tecnico di Novi Ligure e la galleria di Pozzolo Formigaro, a N del sito di intervento.

Il complesso idrogeologico cui fanno riferimento i depositi quaternari (fl3) è quello classificato, nel Modello Idrogeologico di Riferimento del PE, come "Complesso 1"; nella zona interessata dalla realizzazione del rilevato, la base del Complesso 1 (interfaccia alluvioni/substrato prequaternario) si colloca mediamente tra 4 e 6 m dal piano campagna. Le sottostanti Argille di Lugagnano fanno parte del Complesso 6. Le caratteristiche dei complessi idrogeologici sopra citati sono riassunte nei paragrafi che seguono.

5.1.1 Complesso 2 (fl3)

Questo complesso presenta una permeabilità primaria per porosità, trattandosi principalmente di depositi alluvionali a granulometria piuttosto grossolana che appartengono al livello litostratigrafico fl3.

Per tale livello litostratigrafico fl3, 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 (fl3a), e un orizzonte maggiormente permeabile, costituito da una matrice sabbioso-ghiaiosa (fl3b).

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 fl3a presentano in media conducibilità idrauliche comprese tra $1E-07$ e $1E-05$ m/s, mentre per i depositi fl3b 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.

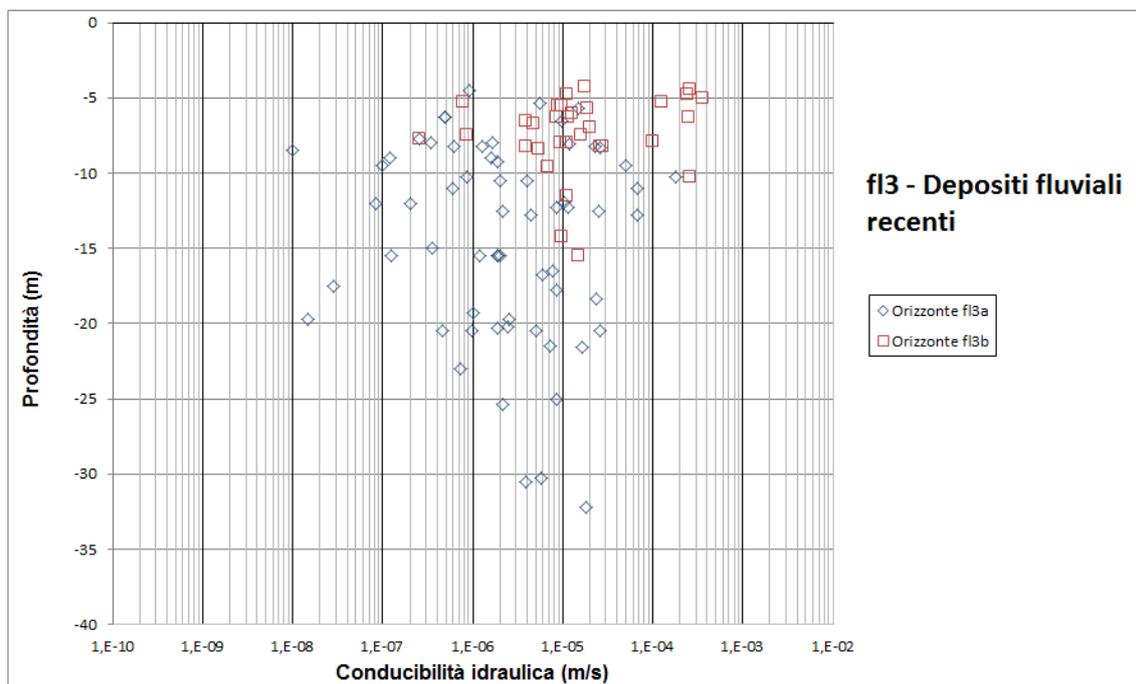


Figura 9. Grafico delle conducibilità idrauliche per i depositi alluvionali fl3.

Nell'area in oggetto i depositi fl3 sono presenti con spessori ridotti al di sotto della coltre colluviale, in corrispondenza dell'opera in progetto e con spessori presumibilmente più elevati nell'area pianeggiante terrazzata posta a E dell'opera stessa.

5.1.1 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.

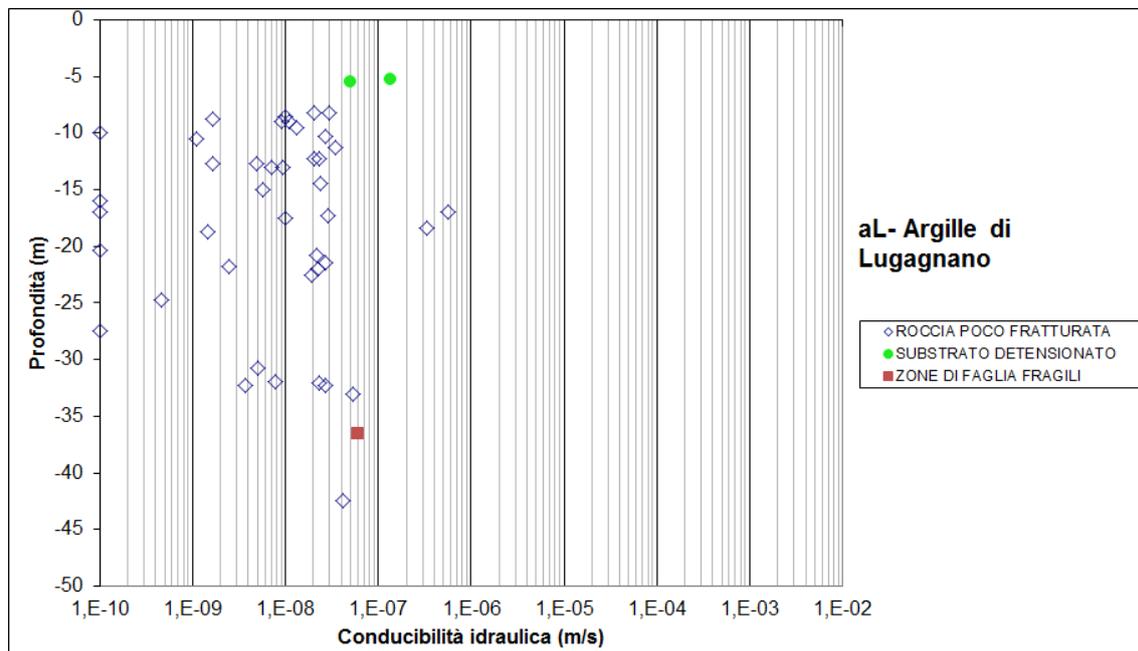


Figura 10. Grafico delle conducibilità idrauliche per le Argille di Lugagnano.

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 10). 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 microfrazture 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 sabbioso-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

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

Per il livello mA1 delle Marne di S. Agata Fossili esistono soltanto due test idraulici, che peraltro forniscono dei valori di conducibilità relativamente alti per la tipologia di deposito, dell'ordine di $1E-07$ m/s (Figura 11). Anche in questo caso però le osservazioni di superficie e delle carote suggeriscono che la permeabilità reale a scala medio-grande di questi litotipi sia inferiore a $1E-08$ m/s.

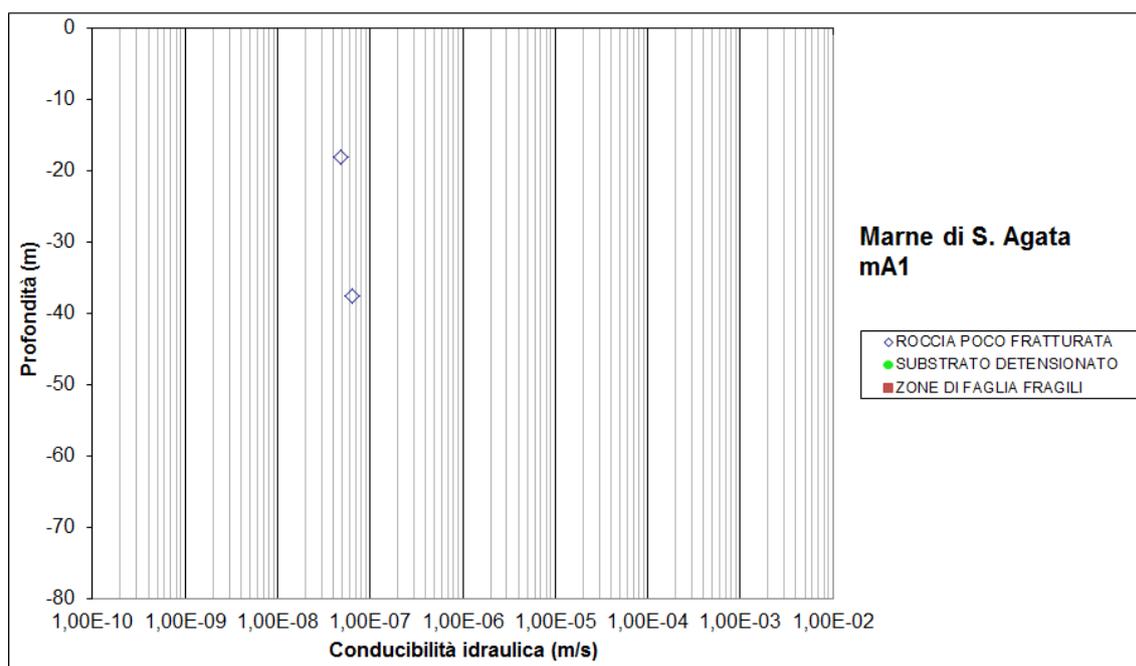


Figura 11. Grafico delle conducibilità idrauliche per le Marne di Sant'Agata Fossili (livello stratigrafico mA1).

5.2 Assetto idrogeologico dell'area di intervento

L'area di intervento è situata su un terrazzo alluvionale in sinistra idrografica del T. Scrivia, a cavallo della scarpata di origine fluviale che separa i depositi alluvionali medi (fl2), situati a SW dell'opera, e i depositi alluvionali recenti (fl3) a NE. L'opera ricade interamente all'interno dei depositi alluvionali recenti (fl3), la cui area terrazzata mostra un andamento pianeggiante, debolmente inclinato verso NNW, separata dall'attuale alveo di piena ordinaria del T. Scrivia da una scarpata di origine fluviale e sufficientemente lontana da non risentire delle dinamiche fluviali che lo interessano. I depositi alluvionali in questo settore hanno uno spessore stimato di circa 4-5 m, al di sopra è spesso presente una coltre di suolo di origine agricola con spessore variabile (<2 m).

L'idrografia dell'area è caratterizzata da un fitto reticolo di canali artificiali ad uso irriguo legati allo sviluppo agricolo della zona, per cui non sono presenti fenomeni deposizionali e/o di esondazione attivi, e il cui drenaggio superficiale può essere mediamente stimato verso NNW.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-IN1K-00-001-A02 Foglio 20 di 23

Non sono disponibili dati piezometrici della zona ma si ipotizza la presenza di una falda libera nei depositi alluvionali confinata verso il basso dal substrato, rappresentato dalle Argille di Lugagnano, aventi una permeabilità molto bassa.

Nell'intorno dell'opera sono presenti 7 pozzi, ad uso principalmente irriguo e domestico, per alcuni dei quali sono disponibili informazioni sul livello statico della falda, la profondità e l'uso (Tabella 3). Dato il tipo di opera in progettazione di carattere esclusivamente superficiale e data la collocazione dei pozzi a distanze considerevoli rispetto all'opera, si ipotizza che non ci siano interferenze sostanziali con le risorse idriche presenti nell'intorno.

N	Codice	X	Y	Comune	Profondità	Livello statico falda	Fonte	USO	Quota	Monitoraggio ambientale
1	PNL97	1484690.18811	4955533.00971	Novi Ligure	7	3.0	Bollettinari	IRRIGUO	205	-
2	PNL212	1485310.57737	4955687.03074	Novi Ligure	11	7.1	Bollettinari	NO USO	206	-
3	PNL213	1485605.55900	4955820.04547	Novi Ligure	-	5.0	Bollettinari	NO USO	205	-
4	PNL80	1484864.95769	4955686.65710	Novi Ligure	7	-	Bollettinari	NO USO	205	-
5	PNL82	1484990.37637	4955647.65386	Novi Ligure	8	-	Bollettinari	IRRIGUO	206	-
6	PNL88	1485003.19907	4955570.06350	Novi Ligure	9	7	Bollettinari	IRRIGUO	207	-
7	PNL44	1486341.98751	4956027.73127	Novi Ligure	7	6	PP	NON RILEVATO	193	-

Tabella 3 – Tabella riassuntiva dei pozzi presenti nella WBS in oggetto.

6 PROBLEMATICHE CONNESSE ALLA REALIZZAZIONE DELL'OPERA

Dal punto di vista geologico e geotecnico non sussistono, come sopra accennato, criticità particolari. Gli unici elementi da tenere in considerazione sono i) la potenziale presenza di livelli limoso-argillosi compressibili nelle alluvioni 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 style="text-align: center;">IG51-04-E-CV-RO-IN1K-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 21 di 23</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;">IG51-04-E-CV-RO-IN1K-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 22 di 23</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-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, 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.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-04-E-CV-RO-IN1K-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 23 di 23</p>

- 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.