

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**

**SOTTOPASSO FERROVIARIO BRETTELLA A7/A26 KM 44+191.450
Relazione Geologico-Geotecnica**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI	
Consorzio Cociv Ing.P.P.Marcheselli		

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 2	E	C V	R O	G A 1 N 0 X	0 0 4	A

Progettazione:

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima Emissione	D. Fanti	12/07/2013	S.Fuoco	16/07/2013	A. Palomba	18/07/2013	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n.Elabor.:	File:IG51-02-E-CV-RO-GA1N-0-X-004-A00.DOCX
------------	--

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-02-E-CV-RO-GA1N-0-X-004-A00 Relazione Geologico-Geotecnica</p>	<p>Foglio 3 di 14</p>

INDICE

1.	INTRODUZIONE	6
2.	PROFILO STRATIGRAFICO E STRATIGRAFIA DI PROGETTO.....	7
2.1.	Indagini in sito considerate	9
2.2.	Stratigrafia.....	9
2.3.	Parametrizzazione geotecnica	11
2.4.	Caratteristiche materiali geotecnici utilizzati nel calcolo geotecnico	11
3.	IDROGEOLOGIA E LIVELLI DI FALDA	12

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-02-E-CV-RO-GA1N-0-X-004-A00 Relazione Geologico-Geotecnica</p>	<p>Foglio 4 di 14</p>

INDICE FIGURE

Figura 1. Caratteristiche idrogeologiche dell'area in esame	13
Figura 2. Livelli di falda nell'area in esame	14
Figura 3. Livelli di falda nell'area in esame. Particolare.....	14

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GA1N-0-X-004-A00 Relazione Geologico-Geotecnica
	Foglio 5 di 14

INDICE TABELLE

Tabella 1. Sondaggi nell'area di realizzazione del sottovia scatolare.....	9
Tabella 2. Sondaggi campagna integrativa nell'area di realizzazione del sottovia scatolare e della galleria artificiale	9
Tabella 3. Intervalli di valori del numero di colpi da prove SPT per le formazioni presenti nell'area in esame .	10
Tabella 4. Stratigrafia di progetto per l'area in esame	10
Tabella 5. Caratteristiche di base dei materiali geotecnici.....	11
Tabella 6. Caratteristiche di progetto dei materiali geotecnici utilizzati nel calcolo	12

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-02-E-CV-RO-GA1N-0-X-004-A00 Relazione Geologico-Geotecnica	Foglio 6 di 14

1. INTRODUZIONE

Il sottovia autostradale interessa il tratto compreso fra le progressive Km 44+135 e 44+209 ed è costituito da uno scatolare di dimensioni interne pari a 11.0 m x 8.35 m con uno sviluppo longitudinale di circa 76m. I piedritti sono costituiti da berlinesi di pali Φ 1200 mentre il solettone inferiore è spesso 120 cm e quello superiore 140 cm. La quota di estradosso del solettone di copertura si trova ad una profondità variabile tra 2.65 e 3.00 m dal piano autostradale.

Il presente documento riporta la sintesi degli studi ed indagini condotte nell'area delle opere GA1M e GA1N caratterizzate da una certa uniformità nelle formazioni interessate dagli scavi, con particolare riferimento al sottopasso autostradale (GA1N), in quale interessa lo scavo nel terreno naturale per una minima porzione, con gli scavi che invece interessano in maniera prevalente il rilevato autostradale.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GA1N-0-X-004-A00 Relazione Geologico-Geotecnica
	Foglio 7 di 14

2. PROFILO STRATIGRAFICO E STRATIGRAFIA DI PROGETTO

2.1. Inquadramento geologico

L'opera oggetto del presente rapporto è situata in un settore di pianura, caratterizzato dalla successione di depositi alluvionali del Bacino di Alessandria (Pleistocene inf- Olocene) che poggiano in discontinuità sulla successione sedimentaria post-messiniana, rappresentata in questo settore dalla Formazione delle argille Azzurre (Zancleano), dalle Sabbie d'Asti I.s. e dal Villafranchiano".

Dal punto di vista geologico l'area d'intervento ricade interamente nell'ambito dei depositi alluvionali del bacino alessandrino ed in particolare nell'unità dei depositi alluvionali recenti (fl3). I depositi alluvionali recenti sono posizionati in aree prossime all'alveo del T. Scrivia e sono delimitati a est dallo stesso corso d'acqua e a ovest dall'orlo di terrazzo di Novi Ligure - Formigaro ad orientazione Nord Ovest-Sud Est. Terrazzo alla cui base doveva posizionarsi un paleo-alveo dello Scrivia che dalla zona di Serravalle raggiungeva e attraversava l'attuale centro di Pozzolo e da qui proseguiva verso Ovest secondo un tracciato corrispondente all'attuale Rio di Castel Gazzo. Lo spostamento successivo dell'alveo a Est di Pozzolo e poi ancora verso Est sino al raggiungimento della posizione attuale ha conformato questo tratto di pianura che viene attribuito al fluviale recente. Fluviale recente che si eleva, rispetto all'alveo attuale dello Scrivia, di 20 m nel tratto di monte (zona di Serravalle-Novì) e di 5 metri nel tratto di valle (tra Rivalta Scrivia e Tortona).

Il fluviale recente (fl3) comprende terreni a granulometria grossolana con ghiaie nettamente prevalenti (70-80%) sulle sabbie (10-20%) e sulle parti più fini (limo+argilla) 10-20%.

La litofacies è distribuita su gran parte dell'area di pianura interessata dal tracciato del III Valico. Nel tratto meridionale, a ridosso dell'imbocco nord della Galleria di Serravalle, si evidenziano modesti spessori (circa 4 m) di ghiaie sabbioso-limose che ricoprono la formazione delle Argille Azzurre. Verso nord, in corrispondenza della progressiva 37+500 ca., si osserva un rapido incremento dello spessore dei sedimenti, che passa da 3-4 m a oltre 30 m; tale spessore aumenta ulteriormente verso nord.

Le informazioni circa l'andamento delle unità nel sottosuolo sono state derivate dai sondaggi SI11 e XA301C87, ubicati in prossimità della WBS GA1N, e dai sondaggi XA301R088 e XA301R076, ubicati rispettivamente a poche centinaia di metri a Nord ed a Sud della WBS.

Le unità litologiche che caratterizzano l'area d'intervento sono costituite dall'alto verso il basso da:

- materiali di riporto con spessore da 0.5 a 4 m, posti in corrispondenza dell'opera in progetto (ove è attualmente presente il rilevato della carreggiata autostradale). Vicino al rilevato è invece presente, come strato superficiale, terreno vegetale costituito da argilla con limo sabbioso di spessore variabile tra 0,5 e 2 m circa (questo livello non è comunque interessato dall'opera).
- depositi alluvionali del Fluviale Recente (fl3), costituiti da ghiaie con diametro medio-grosso poco addensate, sabbioso-siltose e locali lenti di limi argilloso-argillosi di colore ocreo. Lo

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GA1N-0-X-004-A00 Relazione Geologico-Geotecnica
	Foglio 8 di 14

spessore minimo misurato nei sondaggi, nel settore d'interesse, è variabile da 3 metri a 13 metri.

- depositi alluvionali del Fluviale Recente (fl3), costituiti da ghiaie poligeniche da addensate a molto addensate, con abbondante matrice sabbioso-siltosa-argillosa; lo spessore di tali depositi non è noto, anche se comunque è ubicato ad una profondità che i sondaggi realizzati in questo settore indicano essere maggiore del piano di posa dei pali di grosso diametro.

Dal punto di vista idrogeologico, il settore in cui ricade la WBS GA1N è caratterizzato dalla presenza di un acquifero superficiale a falda libera costituito da depositi alluvionali di pianura. Il substrato impermeabile o molto poco permeabile è invece costituito dalle Argille di Lugagnano; il limite con il substrato non è noto anche se i sondaggi indicano che esso si trovi a profondità maggiori di 40 m. L'orizzonte superiore dei depositi fluviali risulta essere maggiormente permeabile rispetto all'orizzonte inferiore.

Un'indicazione sui valori di permeabilità dell'orizzonte superiore dei depositi fl3 deriva dalle prove idrauliche eseguite per il Progetto Definitivo sui pozzi esplorativi eseguiti tra Pozzolo Formigaro e Tortona. Tali prove sono state effettuate in trincee scavate fino ad una profondità di 1.5 m da pc. Le prove realizzate indicano una permeabilità compresa tra 2×10^{-4} m/s e 8×10^{-4} m/s.

Per quanto riguarda il livello inferiore dei depositi fl3, le prove Lefranc eseguite nell'ambito del Progetto Definitivo definiscono un intervallo piuttosto ampio di valori, compresi tra 1×10^{-6} e 1×10^{-3} m/s. Le prove effettuate nel sondaggio SI11, prossimo alla WBS GA1N, hanno fornito le seguenti permeabilità:

- da 7.80 a 9.00 m da pc: 5.41×10^{-6} m/s;
- da 16.5 a 18.5 m da pc: 2.87×10^{-8} m/s;
- da 25.5 a 27.0 m da pc: 1.91×10^{-8} m/s.

In questo settore la direzione media di deflusso di falda è da S a N e il gradiente idraulico medio di è basso, dell'ordine di 5×10^{-3} . Un'indicazione sul livello di falda di riferimento e sull'entità delle oscillazioni piezometriche è possibile derivarla dai piezometri XA301C087 e XA301R077. Dai dati di monitoraggio piezometrico a disposizione è possibile definire i seguenti livelli di soggiacenza minima (i.e. falda di progetto) e massima da piano campagna:

- minima soggiacenza 6-6.5 m
- massima soggiacenza 13.5-14 m

Va rimarcato che il monitoraggio piezometrico ha interessato un periodo di tempo di pochi anni (da Marzo 2002 ad Agosto 2004) e pertanto non sia un riferimento sufficientemente rappresentativo della casistica delle possibili oscillazioni massime e minime del livello di falda. Comunque, sulla base dei dati a disposizione si ritiene che il discostamento non possa essere significativamente maggiore rispetto ai valori riportati in profilo (dell'ordine del $\pm 10\%$). In ogni caso la relazione geologica riporta come è possibile escludere che vi sia un'interferenza diretta con la falda acquifera e gli scavi per la realizzazione del sottopasso in progetto.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GA1N-0-X-004-A00 Relazione Geologico-Geotecnica
	Foglio 9 di 14

In conclusione non si ravvisa alcuna particolare criticità legata a possibili impatti connessi alla realizzazione del sottopasso con le risorse idriche presenti nel settore.

2.2. Indagini in sito considerate

Nella zona della galleria artificiale in oggetto, sono stati eseguiti una serie di sondaggi geotecnici a carotaggio continuo. La denominazione dei sondaggi di cui sopra, nonché le rispettive profondità raggiunte, sono riportate nella tabella seguente.

Sondaggi a carotaggio		
Denominazione	Quota assoluta (m s.l.m.m.)	Lunghezza (m)
XA301R076	153.10	30
XA301C087	150.38	40
XA301R088	149.78	30
XA301R089	146.60	30

Tabella 1. Sondaggi nell'area di realizzazione del sottovia scatolare

Nell'area è stata effettuata una campagna integrativa (2005) allo scopo di completare le informazioni geotecniche con un maggiore grado di dettaglio.

Sondaggio	Pk	Quota assoluta (m s.l.m.m.)	Lunghezza (m)
SI9	41+500	158,272	30
SI10	42+850	156,188	30
SI11	44+200	151,551	30

Tabella 2. Sondaggi campagna integrativa nell'area di realizzazione del sottovia scatolare e della galleria artificiale

La campagna ha visto la realizzazione di una serie di sondaggi geognostici, prove in sito in corrispondenza degli stessi (SPT e prove Lefranc, principalmente) ed il prelievo di campioni per prove di laboratorio.

2.3. Stratigrafia

Sulla base dei dati disponibili, la situazione stratigrafica del sito può essere così schematizzata:

A partire dal piano campagna locale e fino a quote assolute variabili tra 149.3 e 148.80 m s.l.m.m. si può incontrare uno strato superficiale di terreno di riporto/agricolo costituito da limo sabbioso marrone scuro di spessore pari a circa 2 m, localmente inglobante clasti arrotondati (Formazione LS).

Al di sotto della Formazione LS e fino alle massime profondità indagate è presente un deposito di origine alluvionale postglaciale (Olocene) fl3 costituito da ghiaia medio grossa in matrice variabile da

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GA1N-0-X-004-A00 Relazione Geologico-Geotecnica

Foglio
10 di 14

sabbiosa in superficie ad argillosa in profondità. In dettaglio la stratigrafia di tale deposito alluvionale può essere schematizzata nel modo seguente:

Al di sotto della Formazione LS e fino a quote assolute variabili tra 144.40 e 144.50 m s.l.m.m. sono presenti ghiaie medio grosse grigiastre in matrice sabbiosa debolmente limosa (Formazione GS).

Al di sotto della Formazione GS e fino a quote variabili tra 127.00 e 127.90 m s.l.m.m. sono presenti ghiaie medio grosse in matrice limosa debolmente argillosa (con la matrice argillosa crescente con la profondità) di colore marrone (Formazione GLA1).

Al di sotto della Formazione GLA e fino a quote variabili tra 124.00 e 124.40 m s.l.m.m. sono presenti ghiaie medio grosse in matrice argillosa di colore marrone rossiccio, avente caratteristiche meccaniche leggermente inferiori rispetto al deposito sovrastante (Formazione GA)

Al di sotto della Formazione GA e fino alla massime profondità indagate si ritrova nuovamente la Formazione GLA, costituita da ghiaia medio grossa in matrice limosa debolmente argillosa, con matrice argillosa più abbondante rispetto alla formazione GLA1 (Formazione GLA2).

Le prove SPT hanno fornito gli intervalli di valori riportati nella seguente tabella.

Prove	Formazione LS	Formazione GS	Formazione GLA1	Formazione GA	Formazione GLA2
N _{SPT} (colpi/30cm)	-	32 ÷ 79 (1)	34 ÷ 85 (1)	65 ÷ 70 (1)	80 ÷ 90

(1) Alcuni valori a rifiuto

Tabella 3. Intervalli di valori del numero di colpi da prove SPT per le formazioni presenti nell'area in esame

Alla luce di quanto sopra la stratigrafia di progetto da utilizzarsi nelle verifiche geotecniche è riportata nella tabella seguente.

Stratigrafia di calcolo	Da (m s.l.m.m.)	A (m s.l.m.m.)	Tipo di terreno
LS	p.c.	149.00	Limo sabbioso
GS	149.00	144.50	Ghiaia medio grossa in matrice sabbiosa
GLA 1	144.50	127.50	Ghiaia medio grossa in matrice limosa
GA	127.50	124.20	Ghiaia medio grossa in matrice argillosa
GLA 2	124.20	In poi	Ghiaia medio grossa in matrice limosa

Tabella 4. Stratigrafia di progetto per l'area in esame

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GA1N-0-X-004-A00 Relazione Geologico-Geotecnica

Foglio
11 di 14

Per la condizione in esame si prevede che il terreno al di sotto del rilevato sia stato bonificato, ed assimilabile al materiale GS.

2.4. Parametrizzazione geotecnica

Di seguito si forniscono i parametri di base per i materiali geotecnici nell'area in esame

Parametri	Formazione LS	Formazione GS	Formazione GLA 1	Formazione GA	Formazione GLA 2
Peso di volume γ (kN/m ³)	18	19 ÷ 20	19 ÷ 20	19 ÷ 20	19 ÷ 20
Densità relativa D_r (%)	-	75 ÷ 95	45 ÷ 90	77 ÷ 87	80 ÷ 90
Angolo di resistenza al taglio operativo ϕ' (°)	28 ÷ 30	40 ÷ 45	37 ÷ 45	41 ÷ 42	42
Velocità delle onde di taglio V_s (m/s)(2)	-	175 ÷ 225 (1)	190 ÷ 305 (1)	285 ÷ 295 (1)	315 + 2.1 z (1)
Modulo di taglio a piccole deformazioni G_0 per materiali granulari (MPa)	-	60 ÷ 105 (2)	75 ÷ 195 (2)	165 ÷ 180 (2)	200
Modulo di Young a piccole deformazioni E_0 per materiali granulari (MPa)	-	160 ÷ 265 (2)	190 ÷ 500 (2)	435 ÷ 465 (2)	520 + 5.20 z (2)

(1) Valori delle velocità delle onde di taglio ricavate dai dati SPT secondo la correlazione di Ohta e Goto.

(2) Valori crescenti con la profondità.

Tabella 5. Caratteristiche di base dei materiali geotecnici

Nel calcolo delle opere di sostegno tipo paratie, tirantate e non, si adotteranno valori del modulo di deformabilità pari a circa 1/3÷1/5 di quelli iniziali a piccole deformazioni.

Nel calcolo dei cedimenti della galleria artificiale si adotteranno valori del modulo di deformabilità pari a circa 1/10 di quelli iniziali a piccole deformazioni.

Per quanto sopra, la parametrizzazione dei terreni risulta come di seguito riportato.

2.5. Caratteristiche materiali geotecnici utilizzati nel calcolo geotecnico

La stratigrafia di progetto che illustra i rapporti opere-terreni è stato dedotto dal profilo geotecnico-geologico lungo la tratta in esame.

Lo scavo, come evidenziato nell'introduzione, interessa altresì il rilevato autostradale, che viene assunto con le proprietà utilizzate tipicamente per tali tipologie di opere, dove:

$$\phi' = 35-38^\circ,$$

$$E = 15-50 \text{ MPa}$$

Pertanto con riferimento alla caratterizzazione geotecnica, si assumono i seguenti valori per il complesso geotecnico d'interesse, come di seguito riportato.

Terreno	Sigla	γ (kN/m ³)	c' (kN/m ²)	ϕ' (°)	E_{op} (MPa)	E_{UR} (MPa)
Rilevato autostradale	Ril	18	0.0	35	15	$E_{op} * 1.6$
Ghiaia sabbiosa	GS/GLA	19	0.0	40	40	$E_{op} * 1.6$
Strato superficiale	LS	18	0.0	28	20	$E_{op} * 1.6$

Tabella 6. Caratteristiche di progetto dei materiali geotecnici utilizzati nel calcolo

dove

- γ = peso dell'unità di volume del terreno;
- c' = coesione in termini di pressioni effettive;
- ϕ' = angolo di attrito in termini di pressioni effettive;
- E_{op} = modulo di deformabilità operativo in corrispondenza della curva di compressione vergine;
- E_{UR} = modulo di deformabilità operativo in corrispondenza di cicli di scarico/carico (unloading/reloading).

3. IDROGEOLOGIA E LIVELLI DI FALDA

L'area in esame è stata indagata mediante una serie di prove in sito realizzate nei fori di sondaggio.

Particolarmente numerose, le prove Lefranc hanno permesso di definire la permeabilità locale delle varie formazioni nel sottosuolo.

La figura sottostante riporta la sintesi delle indagini condotte, che hanno mostrato come la stratigrafia sia caratterizzata da una variazione delle permeabilità, ed in particolare una loro riduzione con l'aumento della profondità.

In particolare vengono a distinguersi:

- i valori di permeabilità determinati attraverso prove Lefranc (colore ciano);
- andamento livello piezometrico massimo gennaio 2003 (colore blu);
- andamento livello piezometrico minimo settembre / ottobre 2003 (colore viola).

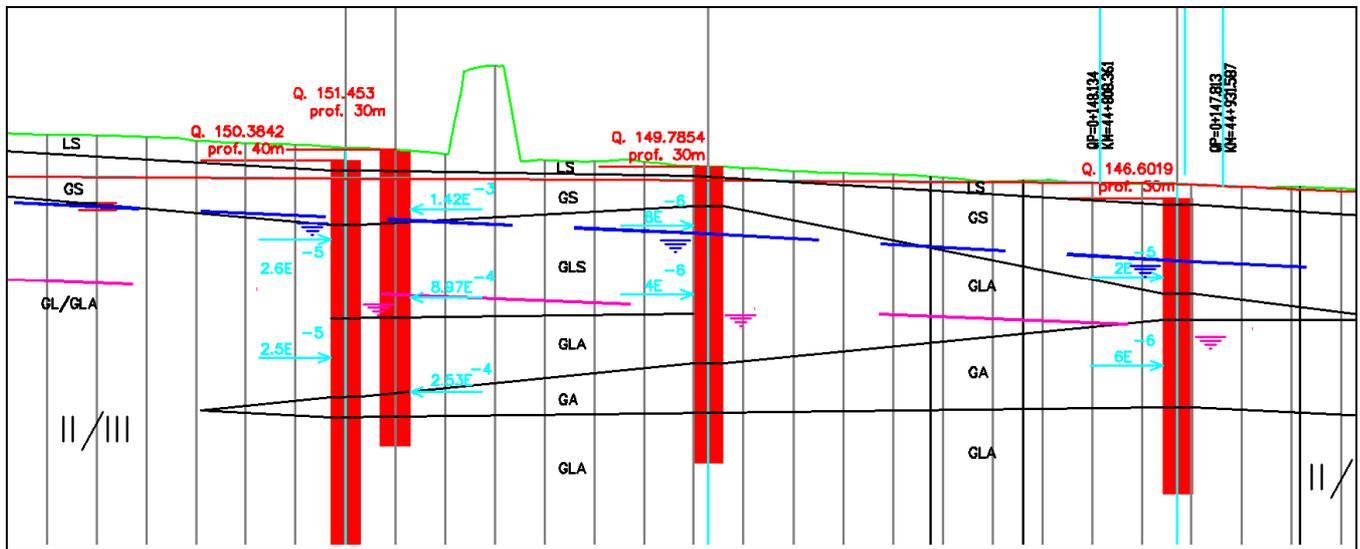


Figura 1. Caratteristiche idrogeologiche dell'area in esame

Nel dettaglio, è possibile osservare come:

- gli strati superficiali (LS, GS) sono caratterizzati da una permeabilità tipica di materiali grossolani puliti, dell'ordine di 10^{-3} m/s. Tale valore può tuttavia essere inteso come limite superiore, determinato in corrispondenza di un'area che potrebbe essere stata oggetto di trasformazioni antropiche, in quanto la medesima formazione mostra lateralmente e a distanza non eccezionali dei valori significativamente inferiori;
- gli strati sottostanti risultano caratterizzati da una permeabilità inferiore, ad evidenziare la presenza di una componente fine costante lungo la verticale, che risulta dell'ordine di 10^{-5} m/s (variabilità da $2 \cdot 10^{-5}$ per verticale di indagine XA301C087 e $4 \cdot 10^{-6}$ per verticale di indagine XA301R088, ma con valori che possono lambire il valore di 10^{-3} m/s ($8.97 \cdot 10^{-4}$ m/s, per verticale di indagine SI11).

In termini di livelli di falda, si assiste alla seguente condizione:

- con riferimento alla falda massima misurata, lo scavo si posiziona al di sopra del livello di falda, ed appare come non interferente con la falda;
- con riferimento ad una falda di progetto posizionata ad un livello di 1.5m più alto della falda massima, è visibile come questa vada a lambire il fondo degli scavi.

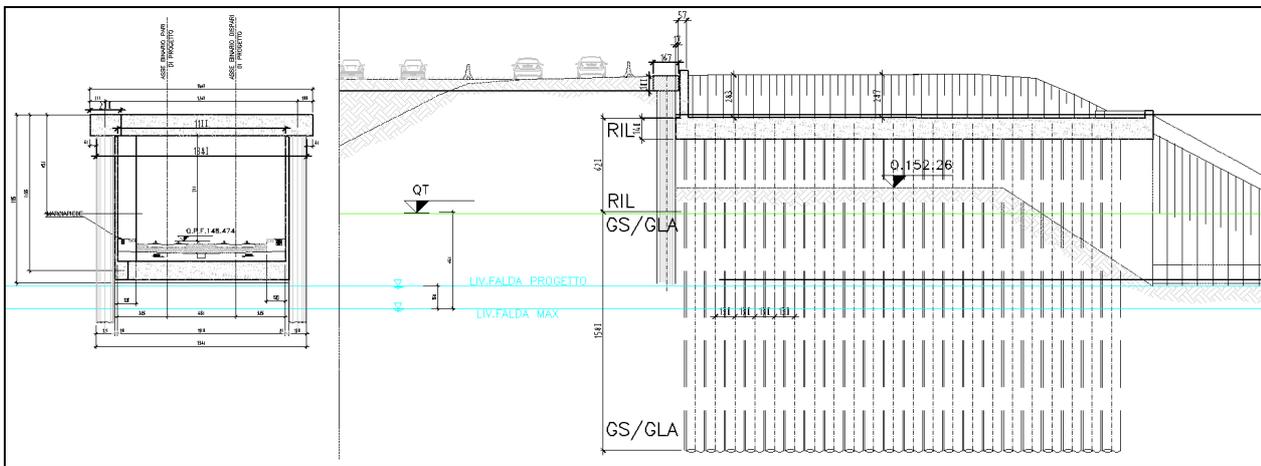


Figura 2. Livelli di falda nell'area in esame

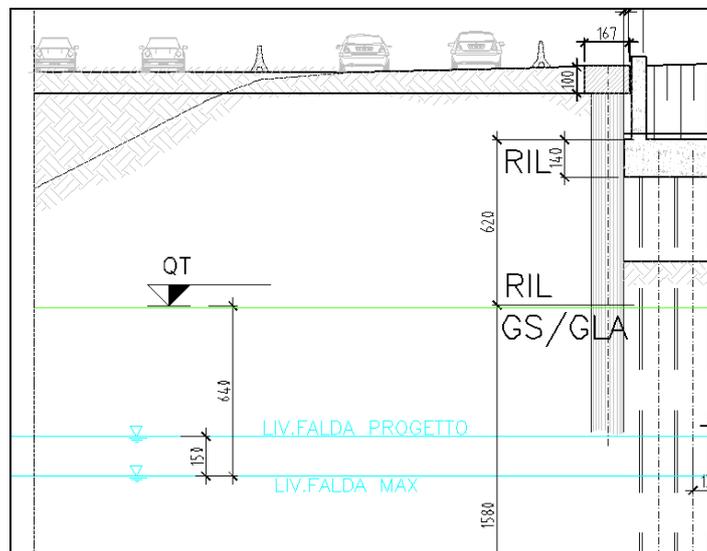


Figura 3. Livelli di falda nell'area in esame. Particolare

L'eventuale evacuazione delle acque, nell'eventualità comunque non prevista in progetto, potrà comunque essere condotta attraverso un sistema a gravità, in quanto la fasizzazione delle opere prevede la realizzazione dell'opera per fasi.

La prima fase risulta essere realizzata lato Milano, ma l'approfondimento dello scavo risulta condotto per una porzione ancora al di sopra del livello del p.c.

L'approfondimento definitivo al di sotto della quota del p.c. viene condotto al termine della realizzazione della copertura e dei ritombamenti, con possibilità di scarico delle eventuali acque per gravità in direzione Milano, dove la tratta risulta con pendenza verso il basso di circa 0.46%, per poi collegarsi agli scarichi di progetto per le acque bianche.