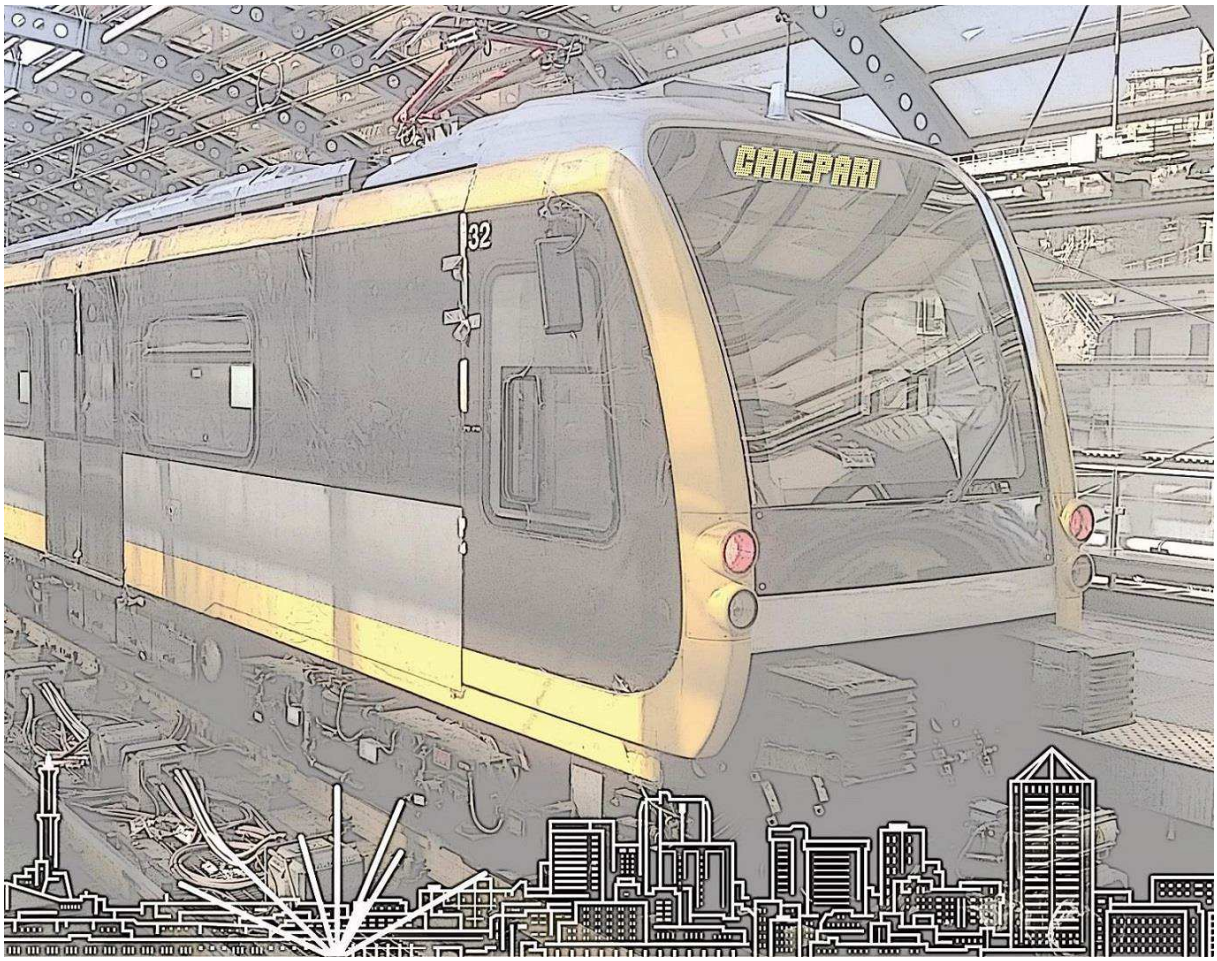
Comune di Genova

METROPOLITANA DI GENOVA

Firmato digitalmen
te da: Paolo Marchetti
Data: 2021.07.30
C: IT

Opere di prolungamento della tratta CANEPARI - RIVAROLO

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA



STUDI E INDAGINI
RELAZIONE IDROLOGICO IDRAULICA

Commessa	Fase	Lotto	Disciplina	WBS	Tipo	Numero	Foglio	Rev. Esterna
MGE1	PF	L2	IDR	COM	R	001	00	A

SOTECNI SYSTRA GROUP
ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
SETECO ingegneria s.r.l.

Rev.	Descrizione	Nome		Data	Firma
A	Prima emissione	Redatto	D. Cerlini	04/01/2021	
		Verificato	D. Canestrelli	04/01/2021	
		Approvato	A. Sanna	04/01/2021	
		Autorizzato	P. Marchetti	04/01/2021	
B		Redatto			
		Verificato			
		Approvato			
		Autorizzato			
C		Redatto			
		Verificato			
		Approvato			
		Autorizzato			
D		Redatto			
		Verificato			
		Approvato			
		Autorizzato			

Comune di Genova

INDICE

1.	PREMESSA	6
2.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
3.	RIFERIMENTI NORMATIVI	8
4.	ANALISI DEI VINCOLI NORMATIVI E DELLA PERICOLOSITÀ	9
4.1	PREMESSA	9
4.2	CARTA DEL RETICOLO REGIONALE DGR 507/2019	9
4.3	PIANO DI BACINO DEL TORRENTE POLCEVERA	10
4.4	ASSETTO SISTEMATORIO PREVISTO PER IL TRATTO TERMINALE T. TORBELLA NELL'AMBITO DEL PIANO DI BACINO	11
5.	ALTERNATIVE DI INTERVENTO	13
6.	VALUTAZIONI PRELIMINARI DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DELL'OPERA	17
7.	IDRAULICA DI PIATTAFORMA	19
7.1	CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DELLA PIATTAFORMA	19
7.2	ELEMENTI COSTITUENTI IL SISTEMA DI DRENAGGIO DELLA PIATTAFORMA	21
7.3	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO	24
7.3.1	PREMESSA	24
7.3.2	CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA	24
7.4	DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO	26
7.4.1	METODO RAZIONALE	26
7.4.2	CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE	26
7.5	PRIME VALUTAZIONI IN RELAZIONE ALLE PORTATE DA SMALTIRE	27
7.6	TIPOLOGIE COSTRUTTIVE PREVISTE	28
8.	STIMA IDROLOGICA AI SENSI DELL'ART. 16 DELLE NORME GEOLOGICHE DEL PUC	29

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.1: Ubicazione del sito di intervento su vista da satellite, fuori scala. 6
Figura 2.1: Tracciato indicativo del collettore posto al di sotto di via Pallavicini - via Rossini recapitante in Polcevera 7
Figura 2.2: Zona del punto di sbocco in T. Torbella del collettore di via Rossini 7
Figura 2.3: Stralcio cartografico fuori scala dalla Carta del reticolo idrografico del vigente Piano di Bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico del Torrente Polcevera nella zona di confluenza del T. Torbella 8
Figura 4.1: Stralcio cartografico fuori scala dalla Carta del Reticolo Idrografico Regionale di cui alla D.G.R. 507 del 21.06.19 con indicazione dell'area in esame 9
Figura 4.2: Stralcio cartografico fuori scala dalla Carta delle Fasce di Inondabilità del vigente Piano di Bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico del Torrente Polcevera nella zona di confluenza del T. Torbella 10
Figura 4.3: Piano di Bacino del Torrente Polcevera: carta delle fasce di inondabilità focalizzata sulla zona oggetto di intervento e sul tratto terminale del Torrente Torbella 12
Figura 4.4: Piano di Bacino del Torrente Polcevera - Stralcio Carta degli interventi focalizzata sul tratto terminale del Torrente Torbella 12
Figura 5.1: Planimetria del prolungamento della tratta tra Canepari e Rivarolo (viene riportata la soluzione n. 3) 13
Figura 5.2: Soluzione 1 – Profilo longitudinale 13
Figura 5.3: Soluzione 2 – Profilo longitudinale 14
Figura 5.4: Soluzione 3 – Profilo longitudinale 14
Figura 5.5: Profili di piena T. Polcevera risultanti dalle verifiche idrauliche di Piano di Bacino 15
Figura 5.6: Profili di piena T. Polcevera risultanti dalle verifiche idrauliche monodimensionali sviluppate da Italferr nell'ambito dello Studio Idraulico del Progetto Esecutivo di Primo Livello del nuovo Viadotto Polcevera (marzo 2019) – immagine stralciata da elaborato RI ID0002 C01 B 16
Figura 6.1: Stazione Rivarolo (soluzione n.3) 18
Figura 7.1: Andamento altimetrico della nuova linea d prolungamento della metropolitana da Canepari a Rivarolo (soluzione 3) 19
Figura 7.2: Planimetria stazione Rivarolo a quota banchina 20
Figura 7.3: Sezione stazione Rivarolo 20
Figura 7.4:Sezioni di intervento previste 23

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 7.1: Valori dei parametri delle LSPP per le stazioni di interesse 24
Tabella 7.2: Tabella del valore del coefficiente rd in funzione della durata di pioggia d 25
Tabella 7.3: Valori dei parametri delle LSPP per le stazioni di interesse 25

1. PREMESSA

Nella presente relazione vengono affrontati gli aspetti idrologici ed idraulici dell'area interessata dalla realizzazione del prolungamento della linea metropolitana di Genova, tra le stazioni Canepari e Rivarolo in Val Polcevera, in prosecuzione del tratto in avanzata fase di progettazione, che contempla la prosecuzione della linea esistente tra le stazioni Brin e Canepari.



Figura 1.1: Ubicazione del sito di intervento su vista da satellite, fuori scala.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il tracciato di prolungamento si pone a cavallo del bacino del Torrente Torbella, che, tra gli affluenti del Polcevera interessati dalla realizzazione della nuova infrastruttura, è il più importante per estensione del bacino, lunghezza dell'asta, portata ed è anche quello con bacino maggiormente urbanizzato. L'asta principale del corso d'acqua presenta brusche curvature in parte indotte da interventi artificiali di canalizzazione.

Nel tratto terminale il T. Torbella scorre a cielo aperto fino alla confluenza nel T. Polcevera ed è superato dal rilevato ferroviario interessato dall'opera in progetto con un ponte ad arco affiancato, su entrambe le sponde, da sottopassi stradali.

Gli altri rivi sono tombinati sotto gli assi stradali e i loro percorsi sono stati spesso deviati per rispettare i confini tra diverse proprietà.

A questi si aggiungono le "rogge", antichi canali in pietra e mattoni che corrono in genere parallelamente all'asta del Polcevera. Anticamente erano usati a fini irrigui o per deviare le acque a servizio degli insediamenti lungo le sponde; in seguito, sono diventati anch'essi canali di drenaggio

urbano o tratti fognari. Nell'ambito della presente analisi quello più rilevante, oltre che potenzialmente collegato a situazioni di allagamento verificatisi che potrebbero avere rilevanza anche ai fini del prolungamento della nuova infrastruttura, è quello posizionato in corrispondenza di via T. Durazzo Pallavicini e che procedendo verso Sud, dopo aver attraversato gli esistenti viadotti ferroviari, si colloca al di sotto di via Gioachino Rossini. Nel tratto terminale le dimensioni di tale canale risultano, secondo documentazione storica, superiori a 2 m di altezza e di 1.5 m ca. di larghezza.

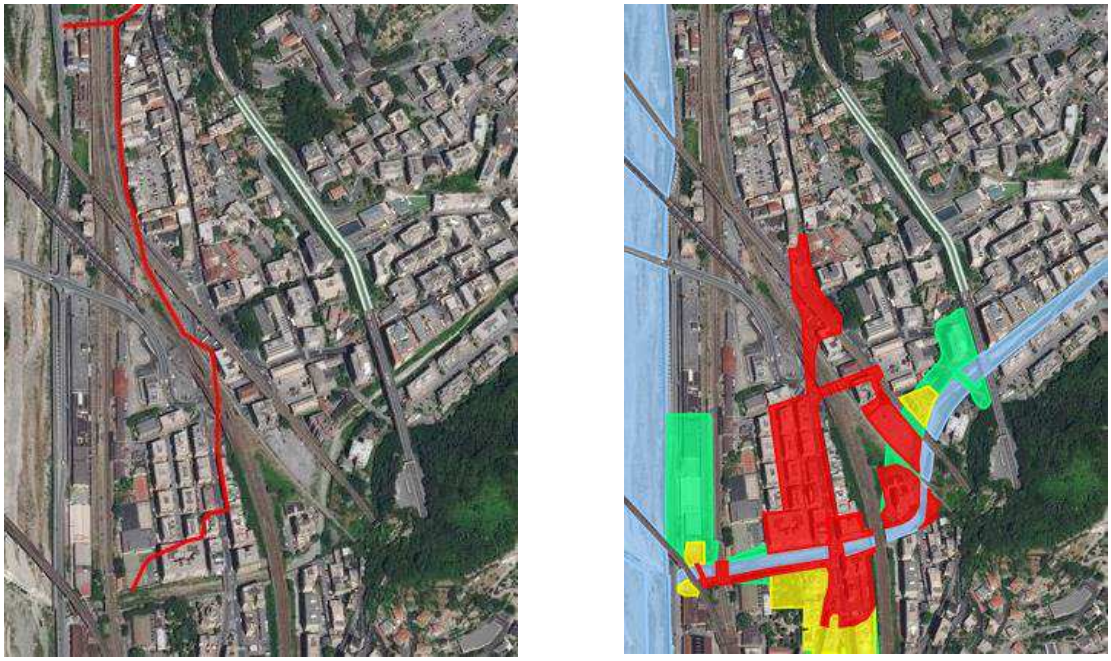


Figura 2.1: Tracciato indicativo del collettore posto al di sotto di via Pallavicini - via Rossini recapitante in Polcevera



Figura 2.2: Zona del punto di sbocco in T. Torbella del collettore di via Rossini

Ai margini nord dell'intervento è altresì presente un rivo "senza nome" proveniente da Begato / Ospedale Celesia, tombinato sotto via Carnia e recapitante in sinistra Polcevera. Tale rivo non è riportato nella Carta del reticolo idrografico del vigente Piano di Bacino (*Figura 2.3*) ma viene invece indicato nella Carta del Reticolo Idrografico Regionale di cui alla D.G.R. 507 del 21.06.19 di cui al successivo *paragrafo 4.2* (e *Figura 4.1*).

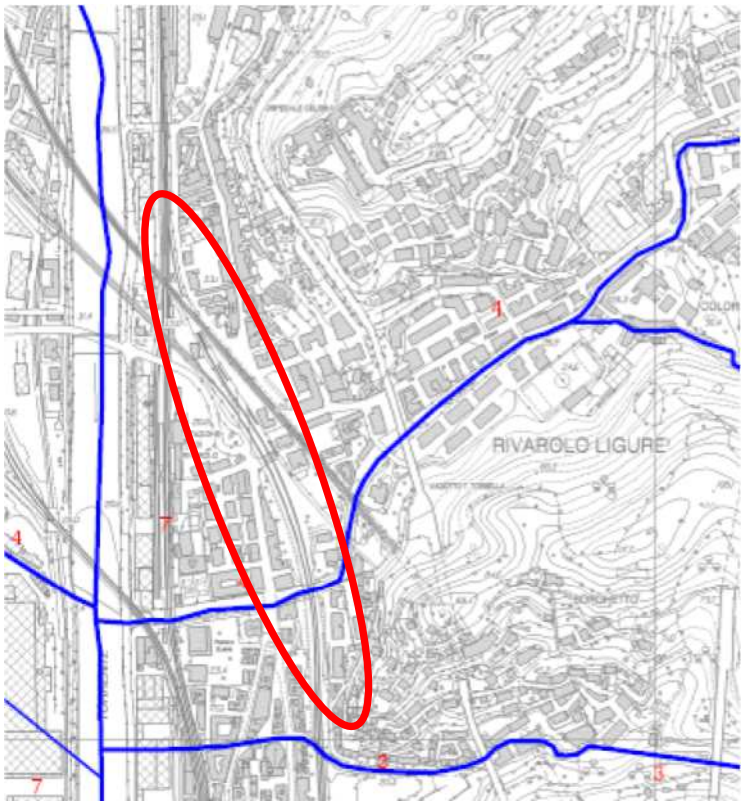


Figura 2.3: Stralcio cartografico fuori scala dalla Carta del reticolo idrografico del vigente Piano di Bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico del Torrente Polcevera nella zona di confluenza del T. Torbella

L'unico bacino del reticolo principale interferente con la nuova infrastruttura è quindi rappresentato dal Torrente Torbella, affluente di sinistra del Polcevera, caratterizzato da una portata di piena duecentennale stimata da Piano in 145 mc/s.

Sulla base di quanto riportato da cartografia di Piano, nonché della Carta del Reticolo Idrografico Regionale di cui alla D.G.R. 507 del 21.06.19 di cui al successivo *paragrafo 4.2*, non risultano altre interferenze per l'infrastruttura in progetto correlate al reticolo idraulico principale o secondario.

Dal punto di vista del drenaggio della piattaforma metropolitana in progetto, al capitolo 7 si riportano alcune preliminari valutazioni dei criteri di definizione e della tipologia di elementi che compongono il sistema di drenaggio, in relazione sia alle valutazioni idrologiche per la stima delle portate complessive drenate dalla piattaforma, sia agli elementi di raccolta, convogliamento e recapito che compongono il sistema.

3. RIFERIMENTI NORMATIVI

Dal punto di vista dell'analisi idrologica ed idraulica i principali riferimenti normativi sono costituiti da:

- D.G.R. n. 507 del 21.06.2019: adozione nuovo reticolo idrografico regionale;
- Piano di Bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico del Torrente Polcevera, approvato con DCP n.14 del 02/04/2003, comprese le successive modifiche fino all'attuale vigenza.

4. ANALISI DEI VINCOLI NORMATIVI E DELLA PERICOLOSITÀ

4.1 Premessa

Nel presente paragrafo viene ripercorso l'inquadramento dell'area di intervento rispetto agli strumenti di pianificazione territoriale che trattano della pericolosità idraulica del territorio, che ne evidenziano le criticità e che, di conseguenza, impongono vincoli di cui occorre tenere conto nel corso dell'iter progettuale e autorizzativo delle opere proposte.

4.2 Carta del Reticolo Regionale DGR 507/2019

La carta del Reticolo Idrografico Regionale prodotta a stralcio in *Figura 4.1*, mostra che il tratto di prolungamento della linea metropolitana in esame corre in sponda sinistra del T. Polcevera all'altezza della confluenza nella piana del T. Torbella, che scorre a cielo aperto nel suo alveo.

Al termine settentrionale del tracciato proposto, inoltre, come in precedenza anticipato si innesta nel Polcevera un altro rivo laterale/canale di drenaggio urbano, tombinato sotto Via Carnia e proveniente dalla zona di Begato.

Come a seguire più dettagliatamente illustrato, il progetto propone un'infrastruttura lineare pubblica che, nel primo tratto dei tre tracciati previsti, in vicinanza del T. Torbella, sfrutta il rilevato ferroviario esistente rimanendo sopraelevata rispetto al torrente. A seguire verso Nord, in funzione del tracciato prescelto se in sotterraneo o in superficie, occorrerà garantire le distanze di norma dai corsi d'acqua segnalati come appartenenti al reticolo idrografico regionale e verificare gli eventuali adempimenti autorizzativi necessari da parte dell'Ufficio della Difesa del Suolo di Genova - Regione Liguria. Ciò anche nel caso di intersezioni con rivi minori; l'interferenza con la rete di drenaggio urbano che interessa l'area è invece di competenza del Comune di Genova o, in subordine, del gestore del servizio idrico integrato (Iren).

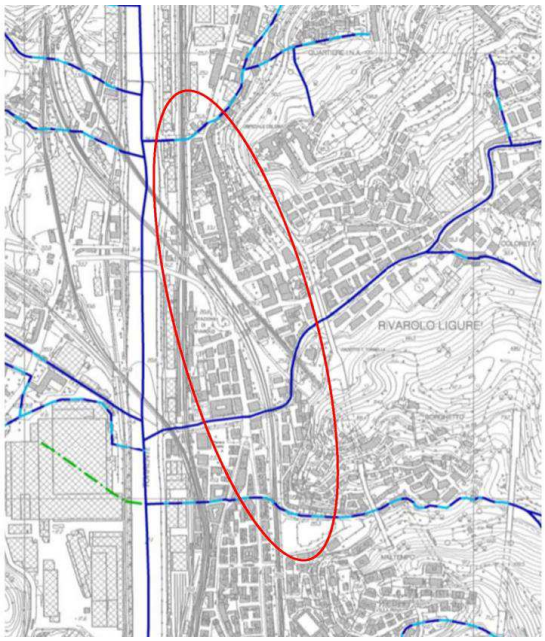


Figura 4.1: Stralcio cartografico fuori scala dalla Carta del Reticolo Idrografico Regionale di cui alla D.G.R. 507 del 21.06.19 con indicazione dell'area in esame

4.3 Piano di Bacino del Torrente Polcevera

L'intervento in esame ricade nel territorio di competenza del Piano di Bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico del Torrente Polcevera, approvato con DCP n. 14 del 02.04.2003.

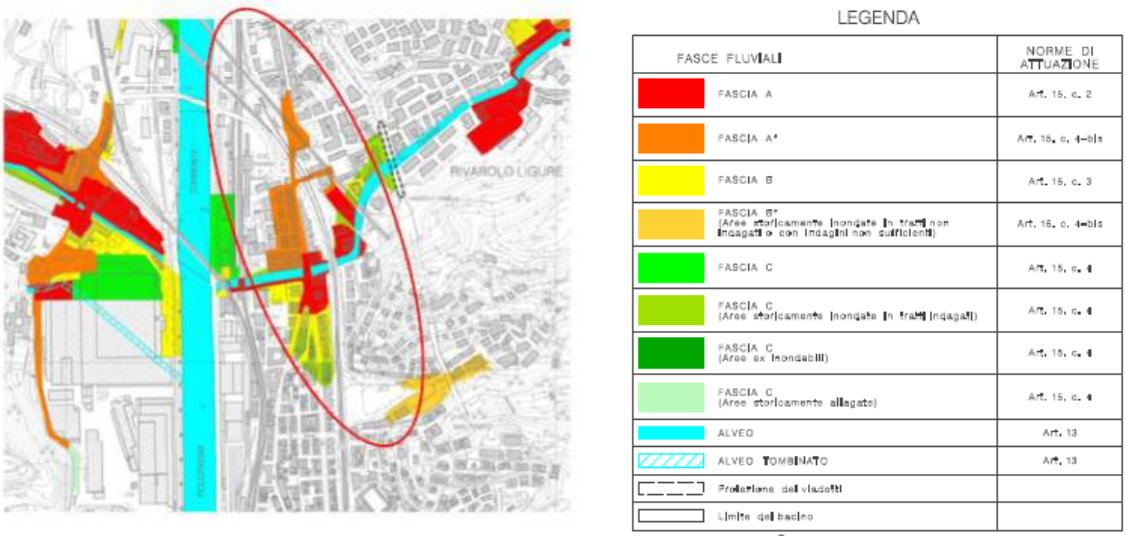


Figura 4.2: Stralcio cartografico fuori scala dalla Carta delle Fasce di Inondabilità del vigente Piano di Bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico del Torrente Polcevera nella zona di confluenza del T. Torbella

Con riferimento all'art. 12 delle Norme di Attuazione (approvate con D.C.M. n° 26 del 25/06/2015), nell'ambito del Piano vengono individuate le seguenti categorie di aree relative alle fasce di inondabilità (Aree AIN), riportate nella carta delle fasce di inondabilità ed articolate nel modo seguente:

1. Fascia A – pericolosità idraulica molto elevata (Pi3): aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T = 50 anni;
2. Fascia B – pericolosità idraulica media (Pi2): aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T = 200 anni;
3. Fascia C – pericolosità idraulica bassa (Pi1): aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T = 500 anni, o aree storicamente inondate ove più ampie, laddove non si siano verificate modifiche definitive del territorio tali da escludere il ripetersi dell'evento;
4. Fascia B* (ovvero A*): aree storicamente inondate, per le quali non siano avvenute modifiche definitive del territorio tali da escludere il ripetersi dell'evento, ovvero aree individuate come a rischio di inondazione sulla base di considerazioni geomorfologiche o di altre evidenze di criticità, in corrispondenza delle quali non siano state effettuate nell'ambito del Piano le adeguate verifiche idrauliche finalizzate all'individuazione delle fasce di inondabilità.

In *Figura 4.2* viene riportato lo stralcio della vigente Carta delle Fasce di Inondabilità del Piano di Bacino del Torrente Polcevera, dalla quale si evince che:

- nell'area di intervento, all'altezza del Torrente Torbella, sono mappate aree classificate in Fascia A, quindi inondabili per eventi con tempo di ritorno di 50 anni. In questo tratto la linea della nuova metropolitana, che si configura secondo le definizioni di normativa come un'infrastruttura pubblica ammissibile. Occorre però, ai sensi dell'art. 15 c.2c e c.2d, la preliminare verifica dell'ammissibilità dell'intervento proposto tramite uno studio di compatibilità idraulica finalizzato a valutare se l'intervento sia compatibile con le condizioni dell'area, in termini di pericolosità e di rischio. La norma chiede che tale studio sia basato su uno studio idraulico di dettaglio redatto in conformità all'allegato 3 della Norma di Piano, che permetta la valutazione delle conseguenze in termini idraulico-ambientali, della realizzazione dell'opera per un tratto significativo del corso d'acqua. La tipologia e le caratteristiche progettuali dell'opera stessa devono essere individuati sulla base del suddetto studio idraulico, al fine di minimizzare il rischio connesso in tutte le aree interessate e di individuare tutti gli accorgimenti costruttivi e le misure necessarie per la tutela della pubblica incolumità;
- in destra del T. Torbella in prossimità dell'area interessata dai tracciati in esame, è mappata una estesa area classificata come A* corrispondente ad aree storicamente inondate per le quali non siano avvenute modifiche definitive del territorio tali da escludere il ripetersi dell'evento, ovvero aree individuate come a rischio di inondazione sulla base di considerazioni geomorfologiche o di altre evidenze di criticità, in corrispondenza delle quali non siano state effettuate nell'ambito del Piano le adeguate verifiche idrauliche finalizzate all'individuazione delle fasce di inondabilità". Ai sensi dell'art.15 c.4 bis si applica la medesima norma dell'art. 15 c.2 sopra richiamata.

Tali esondazioni, come in precedenza accennato, potrebbero essere correlate anche a situazioni di insufficienza del collettore di drenaggio al di sotto di via T. Durazzo Pallavicini che, dopo aver sottopassato gli esistenti viadotti ferroviari e procedendo verso Sud, si colloca al di sotto di via Gioachino Rossini, per confluire infine nel T. Torbella stesso.

4.4 Assetto sistematorio previsto per il tratto terminale T. Torbella nell'ambito del Piano di Bacino

Come in precedenza indicato il tratto terminale del T. Torbella, interessato dalla realizzazione degli interventi infrastrutturali in oggetto, è attualmente caratterizzato da un elevato livello di criticità idraulica.

Gli interventi strutturali previsti dal Piano vigente per la risoluzione di tale criticità sono essenzialmente costituiti da (*Figura 4.4*):

- demolizione della passerella pedonale situata nei pressi della confluenza con il torrente Polcevera (intervento denominato TOR-IDR-11);
- adeguamento in quota della difesa spondale di contenimento in sinistra ed in destra orografica nel tratto compreso tra i ponti di via Canepari e la foce (TOR-IDR-10);
- adeguamento del manufatto di attraversamento di via Canepari (TOR-IDR-9);
- difesa spondale in sponda destra a valle del ponte ferroviario di monte (TOR-IDR-8).

Allo stato attuale, da informazioni acquisite presso le Amministrazioni competenti (Comune di Genova), tali interventi non risultano di imminente attivazione.

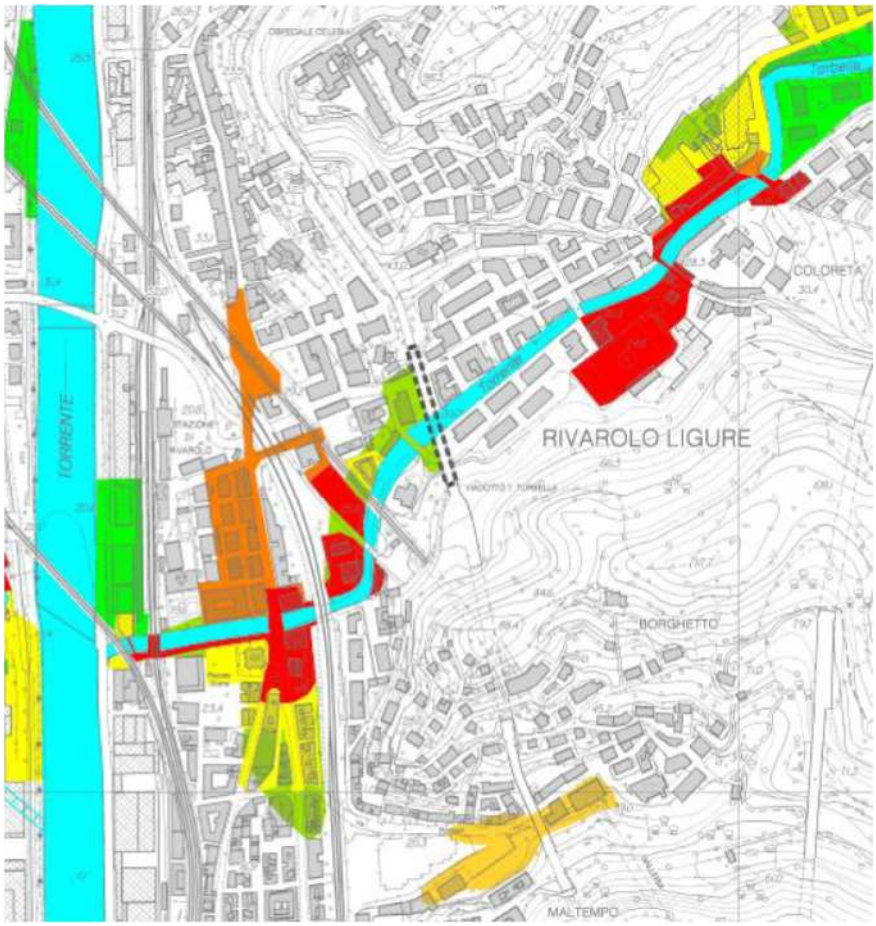


Figura 4.3: Piano di Bacino del Torrente Polcevera: carta delle fasce di inondabilità focalizzata sulla zona oggetto di intervento e sul tratto terminale del Torrente Torbella

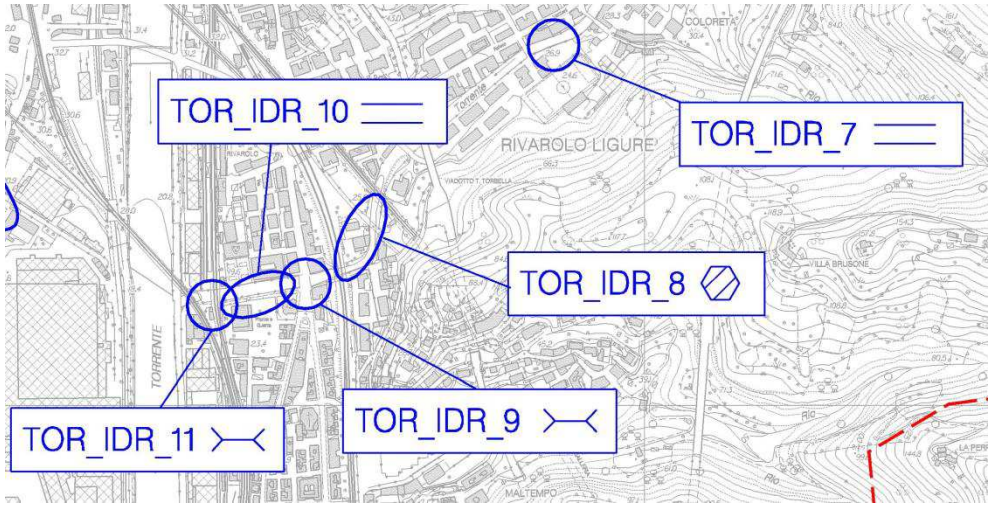


Figura 4.4: Piano di Bacino del Torrente Polcevera - Stralcio Carta degli interventi focalizzata sul tratto terminale del Torrente Torbella

5. ALTERNATIVE DI INTERVENTO

Sono **tre** i **tracciati alternativi** analizzati per il prolungamento della tratta tra Canepari e Rivarolo, della lunghezza complessiva tra 500 e 800 m circa.

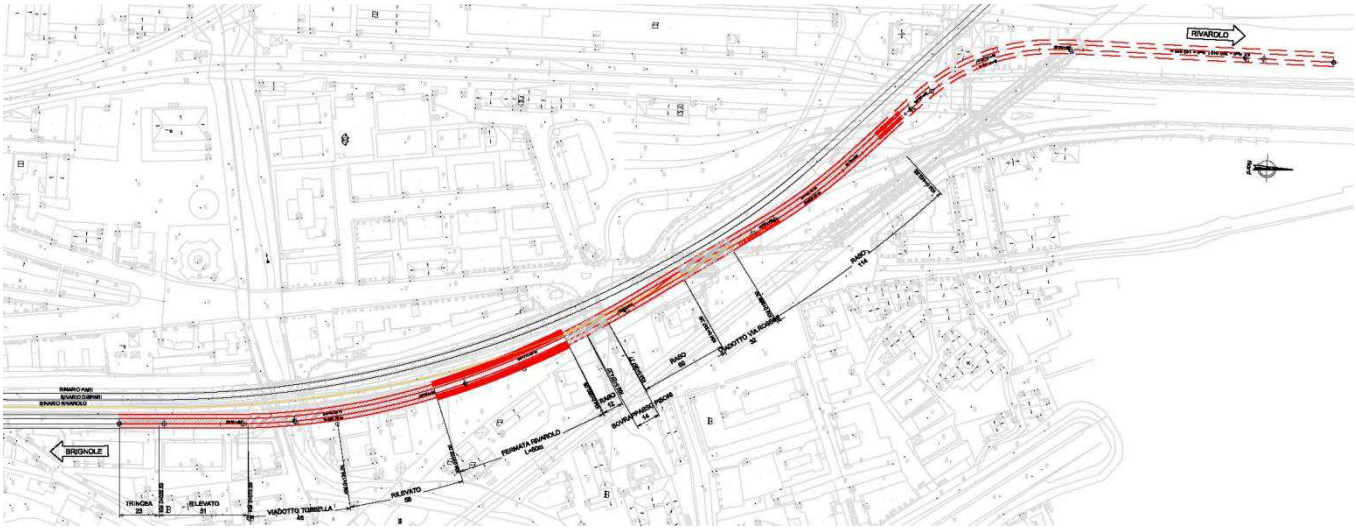


Figura 5.1: Planimetria del prolungamento della tratta tra Canepari e Rivarolo (viene riportata la soluzione n. 3)

I tre tracciati sono caratterizzati da un andamento planimetrico comparabili, mentre si differenziano significativamente dal punto di vista altimetrico.

- Il primo, denominato **soluzione 1**, si sviluppa principalmente in sotterraneo. A partire da Sud, dopo aver scavalcato il T. Torbella correndo in corrispondenza del rilevato esistente, la linea entra in sotterraneo e si approfondisce gradualmente fino all'intersezione con via Rossini. Prosegue poi risalendo gradualmente e sottopassando tutte le linee ferroviarie esistenti e si mantiene in sotterraneo fino al termine del tratto, tra Via Argine Polcevera e Via Francesco Campora.

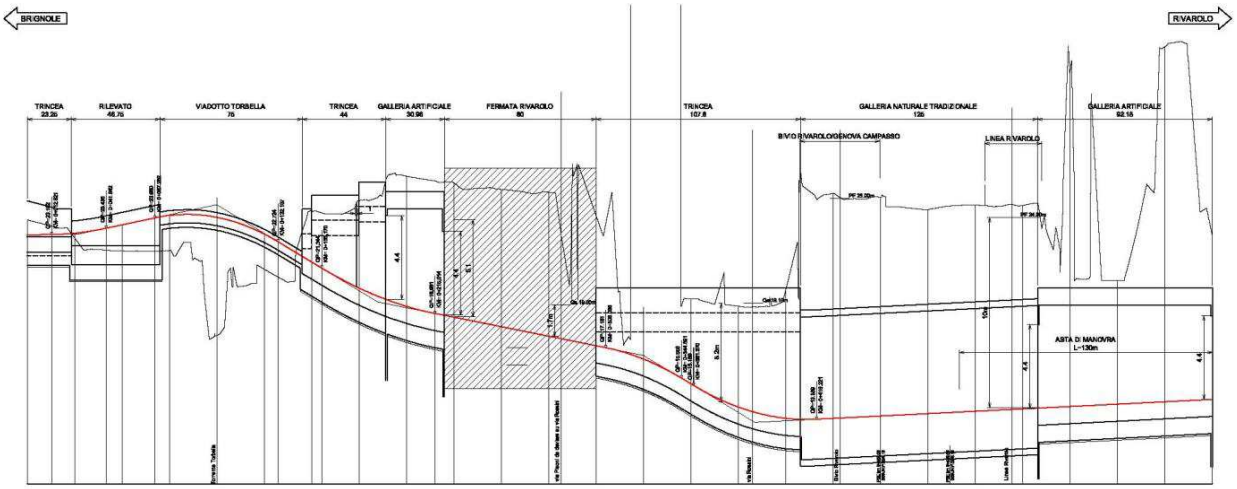


Figura 5.2: Soluzione 1 – Profilo longitudinale

- Il secondo, corrispondente alla **soluzione 2**, si sviluppa interamente fuori terra e prevede la realizzazione di una galleria artificiale sul bivio Rivarolo/Genova Campasso. Rispetto a tale linea il prolungamento si mantiene immediatamente a Est adiacente a via Teresa Durazzo Pallavicini. La stazione Rivarolo è posizionata tra il torrente Torbella e via Pisoni, in viadotto con una banchina aggettante sul bivio Rivarolo/Genova Campasso.

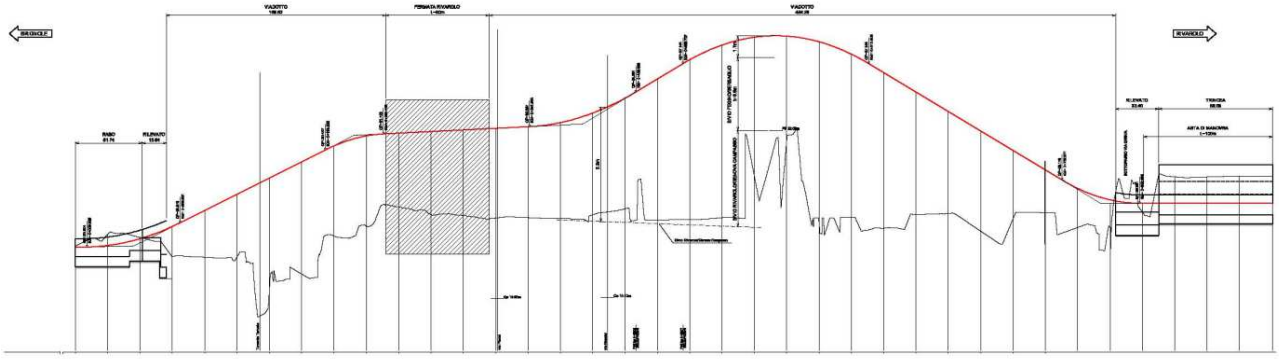


Figura 5.3: Soluzione 2 – Profilo longitudinale

- Il terzo, detto **soluzione 3**, prevede che la linea transiti nel primo tratto a Sud, alla quota del rilevato ferroviario esistente, che supera su viadotto il T. Torbella e prosegue fino alla nuova stazione Rivarolo, sistemata a raso sul rilevato, tra il T. Torbella e via Pisoni. Da qui, in vista già di un suo eventuale prolungamento, la linea inizia a scendere in sottosuolo per sottopassare il rilevato ferroviario della linea Rivarolo/Genova Campasso che corre parallela al Polcevera e risalire subito dopo per portarsi nuovamente a raso terreno, dove termina in via Argine Polcevera previa demolizione di due edifici.

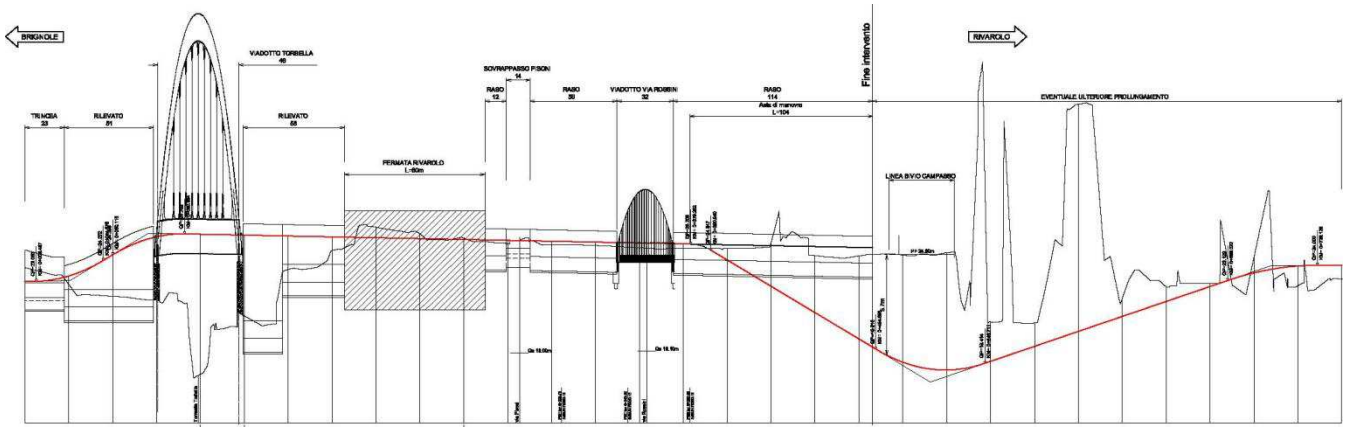


Figura 5.4: Soluzione 3 – Profilo longitudinale

Nella valutazione della scelta più idonea dal punto di vista dell'assetto idrologico ed idraulico del territorio vi è il tema fondamentale delle **aree inondabili che interessano la zona**, in particolare segnalate dal vigente Piano di Bacino del T. Polcevera in destra del T. Torbella, proprio all'altezza delle zone di valle dei tracciati in esame, e costituite da zone esondabili di Fascia A e di Fascia A* secondo quanto illustrato al precedente *paragrafo 4.3*.

Si richiama come tali aree allagabili siano correlate a situazioni di insufficienza idraulica del T. Torbella e, presumibilmente, del collettore di drenaggio posizionato al di sotto di via Pallavicini che, dopo aver sottopassato l'esistente rilevato ferroviario, percorre via Rossini.

Rispetto a tali criticità, anche in relazione all'assetto sistematorio complessivo previsto da Piano per il tratto terminale del T. Torbella ed agli interventi ivi previsti da parte degli Enti competenti, nei successivi sviluppi progettuali sarà necessario individuare interventi di mitigazione e riduzione del rischio graduati in funzione, naturalmente, dell'effettiva posizione della linea (in sotterraneo, a raso o sopraelevata) e della stazione Rivarolo.

Per le zone di monte dei tracciati in esame, e con particolare riferimento al tratto della nuova infrastruttura previsto in sottopasso in due delle soluzioni progettuali (soluzione n. 1 e soluzione n.3) prefigurate nel presente PFTE, non si riscontrano attualmente situazioni di criticità per allagamenti dovuti a corsi d'acqua del reticolo principale.

Dagli studi idraulici pregressi realizzati, con particolare riferimento al Piano di Bacino, non risultano infatti situazioni di insufficienza correlate al T. Polcevera, rispetto al quale la nuova infrastruttura si pone in affiancamento. In particolare tra le sezioni di *Piano* POL-34 (valle) e POL-49 (monte) localizzate all'altezza dell'intervento in progetto le verifiche idrauliche effettuate nell'ambito del *Piano* rilevano una quota di piena duecentennale sempre contenuta all'interno delle linee di sponda, con franchi in sinistra idraulica ovunque superiori a 1 m a meno di un breve tratto (sezioni POL-39 e POL-40) immediatamente a monte del ponte della linea FS Genova-Ovada.

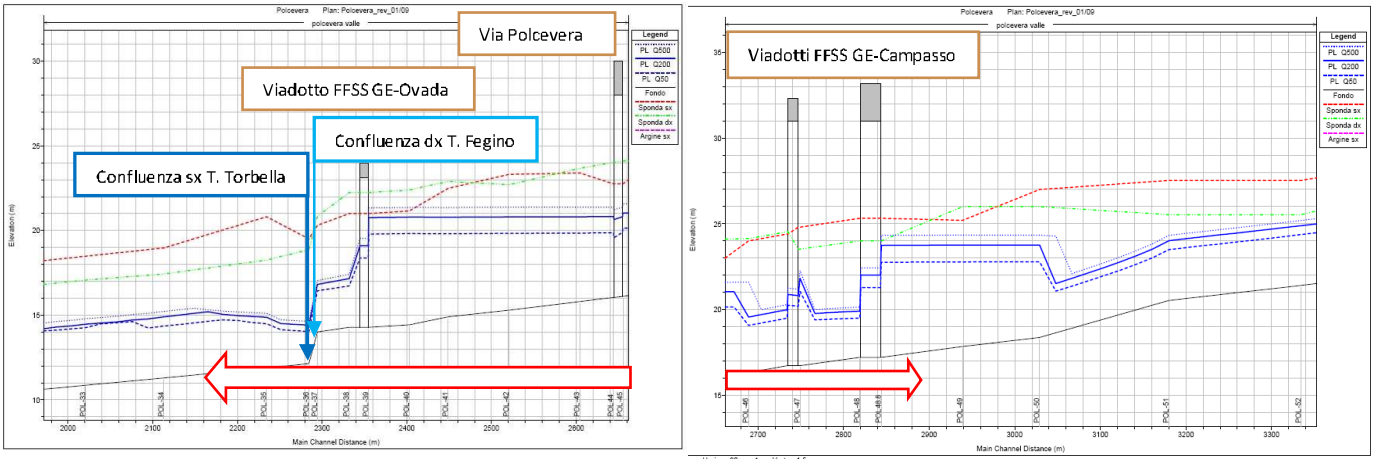


Figura 5.5: Profili di piena T. Polcevera risultanti dalle verifiche idrauliche di Piano di Bacino nel tratto in affiancamento alle opere in progetto (freccia di colore rosso)

Tali preliminari indicazioni trovano conferma in altri studi idraulici disponibili per il tratto di asta fluviale del T. Polcevera nell'area di intervento, quali lo *Studio Idraulico* sviluppato da Italferr nell'ambito del Progetto Esecutivo di Primo Livello (marzo 2019) redatto da PerGenova SCpA per conto del Commissario Straordinario per la ricostruzione del Viadotto Polcevera dell'Autostrada A10 (D.P.C.M. 4 ottobre 2018).

Resta inteso che, anche in relazione alla configurazione di tracciato effettivamente scelta, gli approfondimenti idraulici che saranno condotti nelle successive fasi progettuali costituiranno la base per la corretta progettazione dell'infrastruttura viaria e relative misure di protezione. In tal senso si

ricorda, in particolare, la protezione degli imbocchi delle parti sotterranee dall'ingresso di acque provenienti dalle esondazioni del reticolo idrografico esistente. Tali approfondimenti dovranno necessariamente interfacciarsi con le attività di progettazione delle opere di messa in sicurezza idraulica, ovvero di mitigazione del rischio, sviluppate dagli Enti competenti per la risoluzione delle criticità idrauliche del territorio.

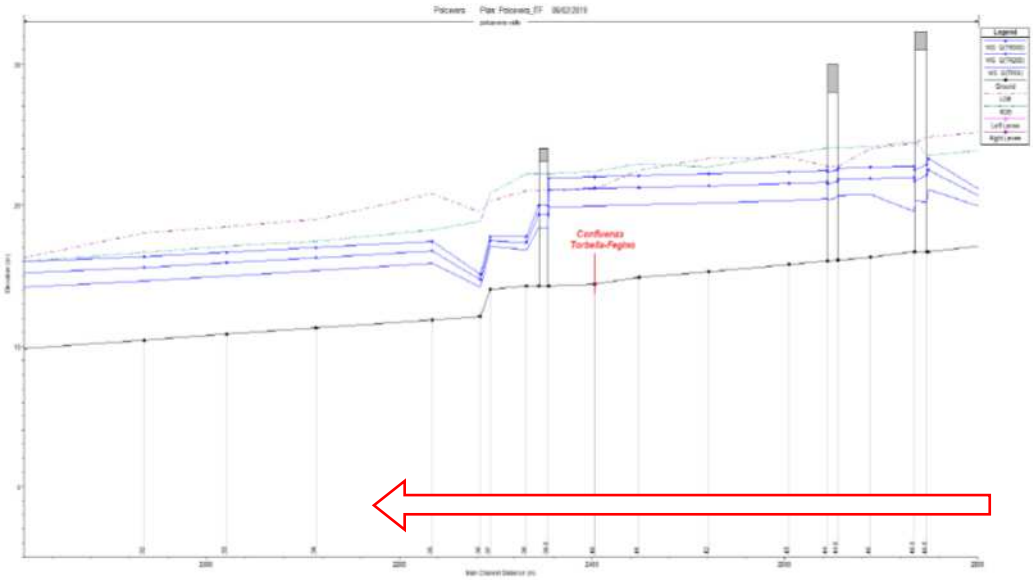


Figura 5.6: Profili di piena T. Polcevera risultanti dalle verifiche idrauliche monodimensionali sviluppate da Italferr nell'ambito dello Studio Idraulico del Progetto Esecutivo di Primo Livello del nuovo Viadotto Polcevera (marzo 2019) – immagine stralciata da elaborato RI ID0002 C01 B

Nella scelta del tracciato più idoneo si pone poi il tema dell'interferenza con la fitta reti di sottoservizi, tra cui rami di drenaggio "minori" del reticolo urbano (fognatura e rete bianca), che interessa la zona, con presenza di cunicoli che determinerebbero una interferenza significativa soprattutto per i tratti in sotterraneo.

In ultimo la possibilità di gestione e recapito delle acque di piattaforma, anch'essa da definire in relazione alla tipologia di tracciato scelta e connesse possibilità di recapito finale, dovendo valutare situazioni che non vadano ad aggravare esistenti situazioni di criticità e che privilegino, laddove possibile, scarichi a gravità.

Da tali considerazioni è emerso come le soluzioni maggiormente compatibili dal punto di vista dell'assetto idraulico del territorio siano indubbiamente costituite dalla seconda e terza soluzione analizzate, presentando la prima soluzione lunghi tratti in sotterraneo poco compatibili con l'attuale livello di criticità dell'area, nonché con le caratteristiche idrologiche ed idrauliche del territorio (nodo idraulico Polcevera-Torbella e rivi minori, con bacini medio-piccoli caratterizzati, oltre che da attuali situazioni di insufficienza, da tempi di risposta assai rapidi).

Incrociando quindi tali valutazioni con l'analisi degli alti indicatori che tengono conto, sulla base di quanto riportato negli altri elaborati di progetto cui si rimanda, della complessità infrastrutturale, delle caratteristiche del tracciato rispetto all'esercizio ferroviario, degli effetti sul territorio (sottrazione di suolo ed interferenze con l'edificato), dei previsti impatti ambientali e paesaggistici, l'onerosità di cantiere ed i previsti costi di intervento la soluzione maggiormente scelta tra quelle valutate stante l'attuale quadro conoscitivo del territorio è rappresentata dalla soluzione 3.

6. VALUTAZIONI PRELIMINARI DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DELL'OPERA

L'analisi degli aspetti di inserimento della nuova struttura ha portato ad evidenziare come la linea di prolungamento della metropolitana Canepari-Rivarolo si inserisca in un contesto territoriale attualmente caratterizzato da un elevato grado di criticità idraulica, correlata alle insufficienze idrauliche di corsi d'acqua del reticolo principale e secondario (in primis T. Torbella e reticolo urbano minore).

Tale situazione, intrinseca dell'attuale assetto territoriale e non correlata alla nuova infrastruttura, è valutata negli attuali strumenti di pianificazione, in particolare il Piano di Bacino che peraltro individua gli interventi che dovranno essere attuati per la mitigazione e messa in sicurezza delle aree da parte degli Enti competenti.

La realizzazione della nuova infrastruttura di trasporto, compatibile ai sensi di quanto previsto da normativa di *Piano*, non andrà a modificare o ad aggravare tale situazione, ponendosi (con particolare riferimento alla seconda e terza soluzione valutata nell'ambito del presente PFTE) a quote di intervento significativamente superiori rispetto all'attuale piano campagna.

La nuova linea, appoggiandosi infatti agli attuali rilevati della linea ferroviaria di Campasso con quote di progetto superiori di almeno 5 m all'attuale piano campagna ed oltrepassando in viadotto via Pisoni e via Rossini, non instaurerà sottrazione di area rispetto alle attuali superfici di allagamento valutate da Piano e quindi non determinerà condizioni di aggravio di pericolosità e rischio per i territori limitrofi.

Tale situazione risulta peraltro confermata anche per la nuova stazione di Rivarolo che, comunque collocata a quota superiore rispetto all'attuale piano campagna, si collocherà "in ombra", ovvero inglobata, rispetto agli attuali rilevati ferroviari (Figura 6.1).

All'inizio del progetto definitivo occorrerà comunque effettuare una verifica dell'ammissibilità dell'intervento proposto tramite uno studio di compatibilità idraulica mirato a definire gli eventuali interventi e predisposizioni necessari a rendere l'opera compatibile con le condizioni idrauliche dell'area.

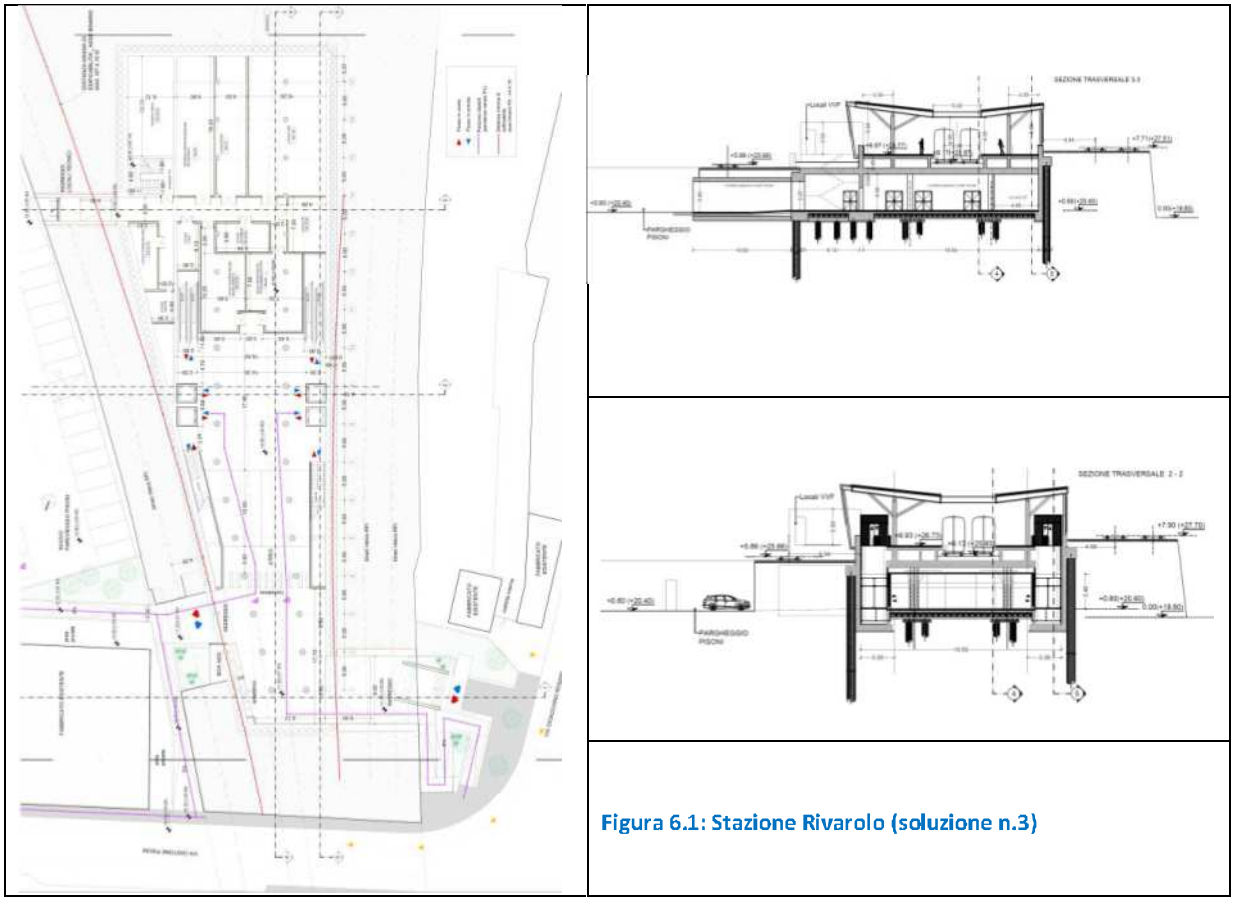


Figura 6.1: Stazione Rivarolo (soluzione n.3)

Resta altresì inteso che il progetto di prolungamento dell'infrastruttura terrà conto degli studi idraulici disponibili per l'area e degli interventi di sistemazione previsti dagli Enti competenti per la risoluzione delle attuali insufficienze e criticità.

Le opere in progetto non vincoleranno in alcun modo i previsti interventi di adeguamento per la messa in sicurezza del territorio e la progettazione degli interventi in oggetto, anche nelle successive fasi di sviluppo, verrà comunque elaborata con la necessaria flessibilità per rendere comunque compatibili le nuove opere con l'assetto sistematorio dell'area che risulterà da perseguire sulla base dei futuri studi di approfondimento idraulico.

7. IDRAULICA DI PIATTAFORMA

7.1 Caratterizzazione geometrica della piattaforma

Ai fini delle prime valutazioni sul drenaggio di piattaforma si rileva come l'analisi dei profili della soluzione scelta, la 3, della nuova infrastruttura evidenzi quote di progetto per la maggior parte pari o superiori all'attuale piano campagna, ad eccezione del primo tratto in trincea e del tratto terminale che scende per il futuro sottopasso del Bivio – Campasso con scarichi che dovranno essere previsti sia a gravità che mediante sollevamento.

In particolare, il profilo altimetrico è caratterizzato, procedendo da Canepari verso Rivarolo, da un andamento schematizzabile secondo tre livellette:

1) un primo tratto da Canepari fino all'inizio del viadotto Torbella,
2) un secondo tratto dal viadotto Torbella a fine viadotto via Rossini;
3) un ultimo tratto, che scende per il sottopasso del Bivio – Campasso, da fine viadotto via Rossini fino al termine dell'intervento di prolungamento.

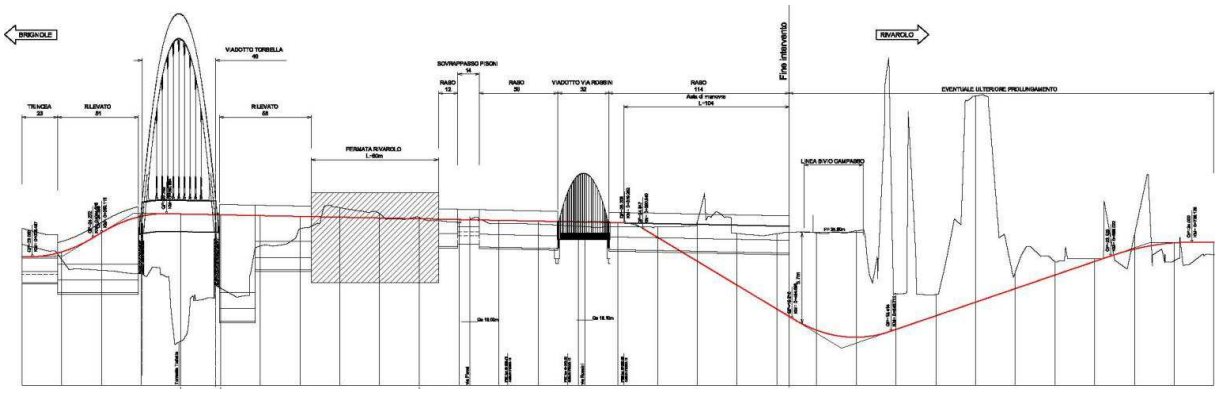


Figura 7.1: Andamento altimetrico della nuova linea d prolungamento della metropolitana da Canepari a Rivarolo (soluzione 3)

La superficie complessiva della nuova piattaforma, caratterizzata da uno sviluppo di ca. 430 m e larghezza pari a 8 m, risulta pari a circa 3'450 mq.

In corrispondenza della stazione di Rivarolo si individua, dalle tavole progettuali ad oggi sviluppate, un'area coperta pari a circa 1'400 mq al netto della superficie dei binari già considerata nello sviluppo totale (pari a circa 640 mq).

Di seguito si riportano alcuni stralci delle tavole relative alla stazione di Rivarolo.

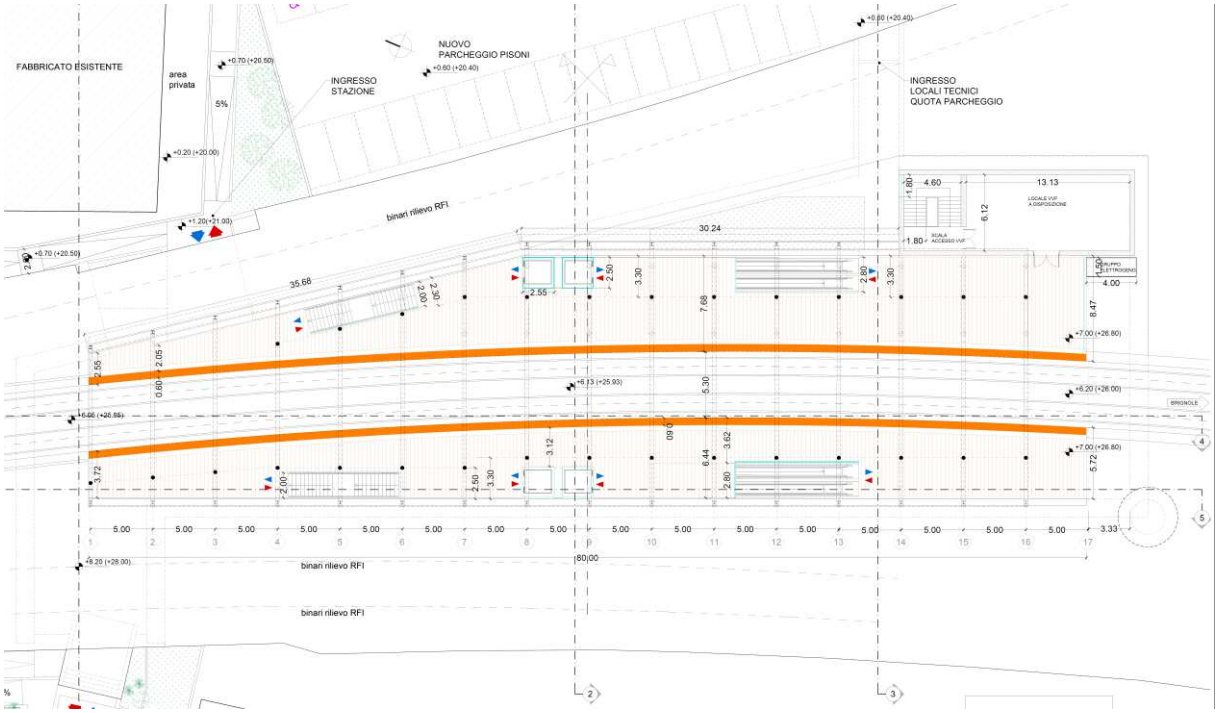


Figura 7.2: Planimetria stazione Rivarolo a quota banchina

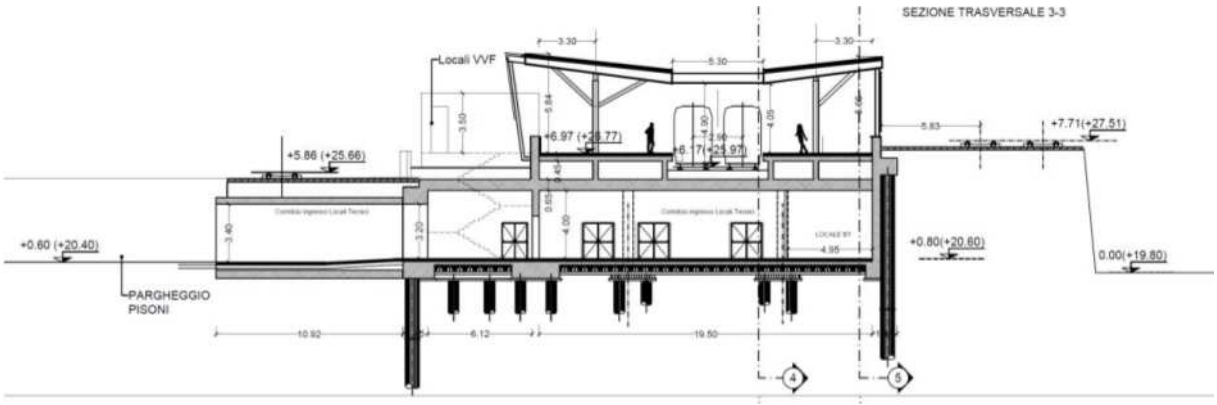


Figura 7.3: Sezione stazione Rivarolo

7.2 Elementi costituenti il sistema di drenaggio della piattaforma

Le soluzioni per lo smaltimento delle acque meteoriche ricadenti sulla piattaforma dipendono dalle diverse situazioni ed esigenze che si incontrano nello studio della rete drenante, e devono soddisfare due requisiti fondamentali:

- garantire un immediato smaltimento delle acque meteoriche evitando il formarsi di ristagni sulla piattaforma: questo si ottiene assegnando alla piattaforma un'idonea pendenza trasversale e predisponendo un adeguato sistema di raccolta integrato negli elementi centrali e marginali rispetto ai binari;
- convogliare, ove necessario, tutte le acque raccolte dalla piattaforma ai punti di recapito.

Il sistema di drenaggio è, quindi, funzionale all'allontanamento delle acque meteoriche dalla piattaforma, alla protezione della stessa dalle acque precipitate esternamente ed al trasferimento dei deflussi verso i punti di recapito.

Il sistema di drenaggio può essere strutturato secondo tre parti fondamentali:

- elementi di raccolta: costituiscono il sistema primario, possono essere elementi continui marginali alla carreggiata o discontinui, ad interassi dimensionati in modo da limitare i tiranti idrici in piattaforma garantendo la sicurezza degli utenti. Rientrano negli elementi di raccolta le canalette e le caditoie.
- elementi di convogliamento: rappresentano un sistema secondario, a valle degli elementi di raccolta. Gli elementi del sistema primario scaricano nel sistema secondario, garantendo così la capacità del sistema primario ed evitando rigurgiti in piattaforma a garanzia della sicurezza dell'infrastruttura. Gli elementi di convogliamento, costituiti nel caso in esame da collettori posto sotto ai binari, provvedono al trasferimento delle acque raccolte verso i recapiti.
- elementi di recapito: i recapiti sono costituiti da rami di qualunque ordine della rete idrografica naturale o artificiale. Nel caso in esame essi saranno costituiti dai collettori della rete fognaria esistente e/o in progetto che, a loro volta, recapiteranno nel torrente Polcevera.

Il dimensionamento idraulico degli elementi costitutivi del sistema di drenaggio viene generalmente effettuato con riferimento a differenti diversi tempi di ritorno: 20 anni per gli elementi di raccolta in piattaforma, 50 anni per i collettori che convogliano le acque al recapito.

Inoltre, il dimensionamento delle canalette e dei collettori viene effettuato considerando degli apporti d'acqua da smaltire da correlarsi in condizioni di funzionamento, in caso di incendio, degli eventuali impianti di spegnimento, sprinkler e idranti.

Il tipo di elemento di raccolta da prevedere sull'infrastruttura dipende dalla tipologia di sezione considerata.

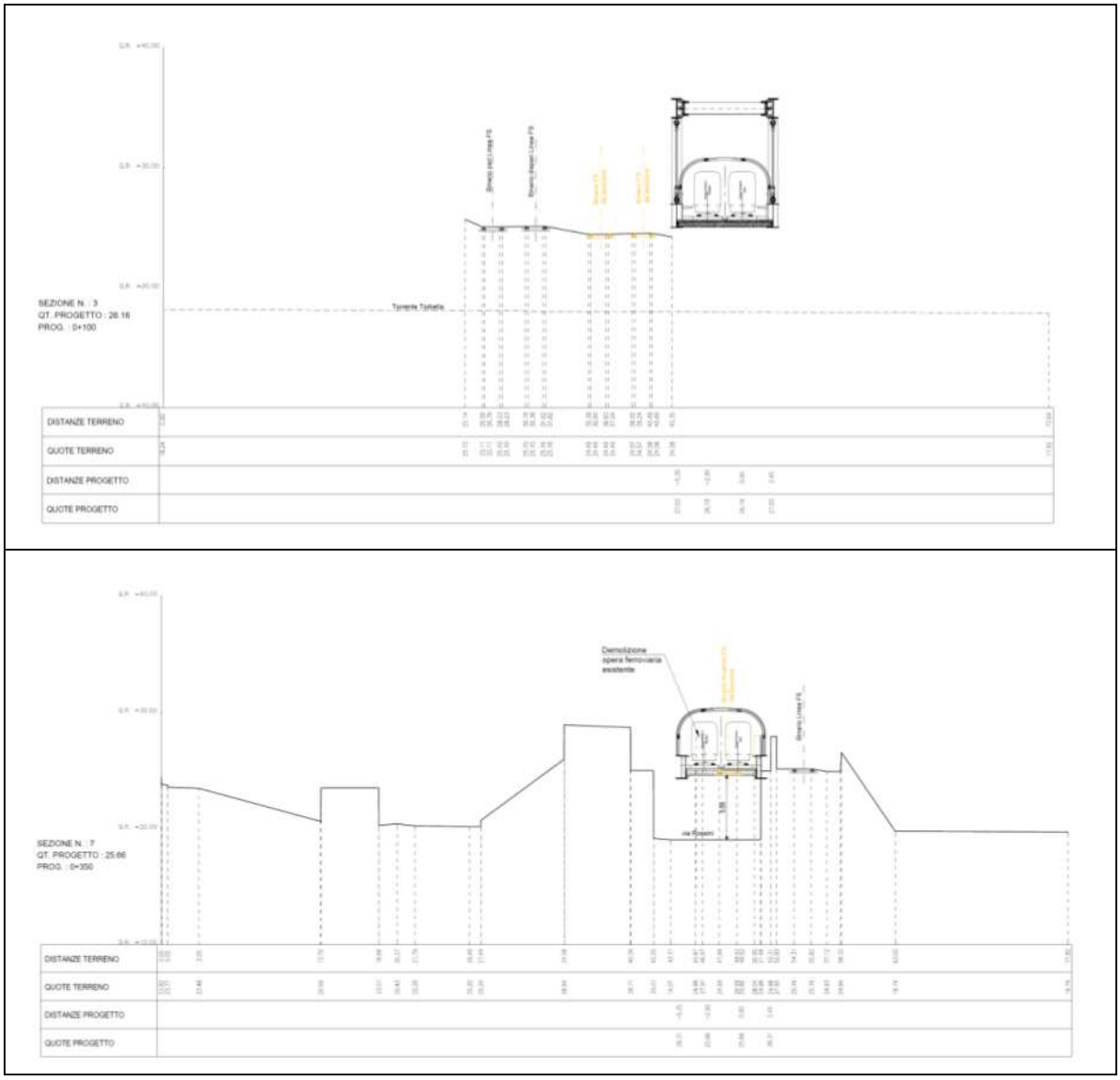
Le sezioni si possono suddividere in due macro categorie: sezione corrente dell'infrastruttura e sezioni singolari.

La sezione corrente dell'infrastruttura si divide a sua volta, per caratteri costruttivi, in:

- sezione in trincea;
- sezione in viadotto;
- sezione "aggettante" (via Rossini,...);
- sezione a piano campagna (sul Binario Rivarolo FS da demolire....);

Inoltre, il sistema di drenaggio, a seconda della pendenza trasversale della piattaforma, si può schematizzare in:

- drenaggio centrale, nei tratti in cui la raccolta delle acque avviene al di sotto di ciascun binario o al centro di essi;
- drenaggio marginale, nei tratti in cui la raccolta delle acque avviene lateralmente.



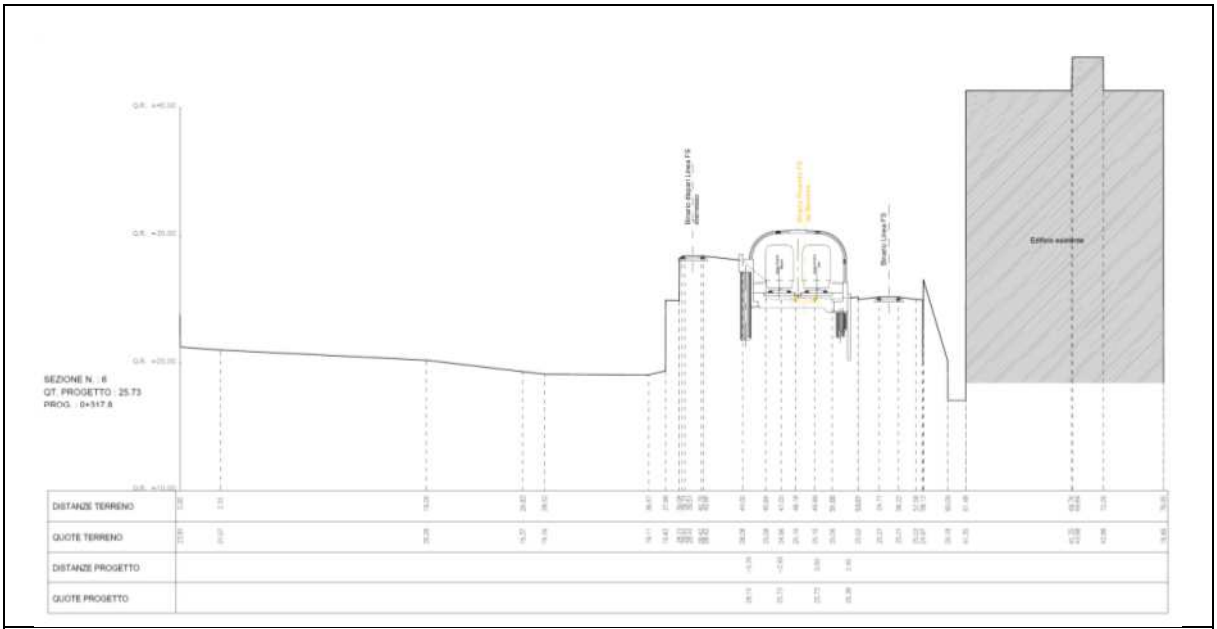


Figura 7.4:Sezioni di intervento previste

In relazione alle caratteristiche locali della sezione verranno previste differenti tipologie di elementi di raccolta e convogliamento.

In particolare, lungo tutto lo sviluppo dell'infrastruttura, la raccolta delle acque di piattaforma avviene attraverso la canaletta, elemento longitudinale continuo posto al centro del binario o marginalmente in funzione della pendenza trasversale della piattaforma; quando la canaletta raggiunge il massimo grado di riempimento previsto in progetto scarica nel collettore sottostante.
Le canalette si trovano in posizione centrale rispetto ai binari in rettilineo e in posizione laterale nelle curve, in modo tale da sfruttare l'inclinazione del piano di appoggio dei binari per il deflusso delle acque. Il passaggio della canaletta da una posizione all'altra (da baricentrica e laterale e viceversa) avviene attraverso la realizzazione di doppie curve a 45° che permettono un transito ortogonale rispetto all'asse del binario, evitando interferenze con i punti di fissaggio dello stesso.

L'acqua drenata dal singolo sottobacino defluisce lungo la piattaforma (dotata di adeguata pendenza longitudinale e trasversale) fino ad una **caditoia** che, tramite pozzetto, scarica nel collettore sottostante.

Nelle aree della nuova stazione Rivarolo gli elementi di raccolta saranno anche di tipo puntuale.

Un'importante componente del sistema di drenaggio delle acque meteoriche è costituita dal controllo qualitativo delle portate scaricate nei recapiti. In funzione delle caratteristiche dell'idrografia interferita e della sensibilità del ricettore, per lo smaltimento potranno essere impiegati presidi atti a controllare i parametri qualitativi delle portate scaricate

Il sistema di drenaggio che prevede il convogliamento dell'acqua di piattaforma ai presidi idraulici è denominato sistema chiuso, in quanto permette di ottenere una separazione delle acque meteoriche ricadenti sulla piattaforma stradale da quelle esterne e garantisce la salvaguardia nei confronti dell'inquinamento corrente ed accidentale. Viceversa, il sistema in cui il recapito delle acque di piattaforma avviene direttamente nei ricettori finali è denominato sistema aperto.

Nel caso in esame nelle successive fasi progettuali verrà valutato se optare per la realizzazione di un sistema aperto o di tipo chiuso, con localizzazione in quest'ultimo caso di eventuale futuro presidi qualitativi che servano tutto il territorio drenato sia della rete di drenaggio della piattaforma, sia dai nuovi collettori idraulici, da collocare poco a monte degli scarichi nei ricettori finali.

7.3 Criteri di dimensionamento

7.3.1 Premessa

Per la determinazione della portata di progetto necessaria al dimensionamento degli elementi costituenti il sistema di drenaggio (elementi di raccolta e convogliamento) il riferimento è costituito dal modello di trasformazione afflussi-deflussi di tipo cinematico che, partendo dal dato di pioggia, permette di calcolare la portata drenata dal singolo bacino (porzione di piattaforma) scolante.

Attraverso tale metodologia è stato in questo modo possibile valutare preliminarmente in questa fase le portate complessive di drenaggio, mentre nelle successive fasi di progettazione si procederà alla suddivisione in dettaglio dell'infrastruttura in differenti sottobacini scolanti, andando a determinane per ciascuno le caratteristiche geometriche: superficie, lunghezza e distanza dal recapito finale, direzione di scorrimento e pendenze longitudinale e trasversale.

7.3.2 Curve di possibilità pluviometrica

Nella definizione delle curve di possibilità pluviometrica si è fatto riferimento a quanto riportato nella Relazione idrologica del presente Studio di Fattibilità, nella quale sono state elaborate le serie storiche delle precipitazioni massime annue per durate di pioggia di 1, 3, 6, 12 e 24 ore registrate alle stazioni pluviometriche di Genova Università, Genova Servizio Idrografico e Genova Castellaccio più prossime all'area in esame. Sono quindi state ricavate le curve di possibilità pluviometrica nella consueta forma monomia $h = at^n$ in cui h rappresenta l'altezza di pioggia (mm), t la durata della precipitazione (ore), mentre a ed n sono i due parametri delle curve stimati attraverso l'elaborazione statistica dei dati di pioggia disponibili ($0<n<1$); i valori dei parametri a ed n stimati per i tempi di ritorno di interesse sono riportati nella tabella seguente:

Stazione	Valori di a [mm] per i seguenti tempi di ritorno T [anni]				n
	10	20	50	100	
GE Università	79.30	92.33	109.19	121.82	0.334
GE Servizio Idrografico	71.50	82.74	97.30	108.20	0.344
GE Castellaccio	77.54	90.57	107.44	120.07	0.341
Media	*76.11*	*88.55*	*104.64*	*116.70*	*0.340*

Tabella 7.1: Valori dei parametri delle LSPP per le stazioni di interesse

Tuttavia, com'è noto, nella progettazione dei sistemi di drenaggio è necessario far riferimento agli eventi meteorici di breve durata: nel caso specifico essi sono commisurati al tempo di risposta relativamente breve (in genere largamente inferiore all'ora) dei bacini e sottobacini in cui la superficie drenata è stata suddivisa.

In assenza di dati di pioggia intensa di durata inferiore all'ora, nel seguito è stato necessario, applicando una nota metodologia proposta in letteratura (*Sistemi di fognatura – Manuale di progettazione*, prof. S. Artina e altri 1997, ed. HOEPLI), estendere il campo di validità delle curve di possibilità pluviometrica anche alle durate di pioggia inferiori all'ora partendo dalle serie storiche di dati disponibili che comprendono unicamente altezze di pioggia registrate per durate superiori all'ora.

In particolare, il sopraccitato metodo parte dall'osservazione che i rapporti r_δ fra le altezze di pioggia di durata δ inferiori all'ora e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località [*Bell 1969*]. Per le finalità del presente studio si è quindi ritenuto legittimo fare riferimento ai dati disponibili per il pluviografo di Milano Monviso dove, su un campione di 17 anni di osservazioni sono stati calcolati i rapporti r_δ dei valori medi delle massime altezze di pioggia annue di diversa durata h_δ, rispetto al valor medio della massima altezza annua oraria h_1,. Fissato un assegnato tempo di ritorno si è moltiplicata la precipitazione oraria della stazione di interesse per i coefficienti r_δ riportati in Tabella 7.2:

$$h_\delta = r_\delta \cdot h_1 = r_\delta \cdot \left(a \cdot 1^n\right) \qquad (7.1)$$

sono state così ottenute le altezze di pioggia nelle stazioni di interesse di assegnato tempo di ritorno per durate comprese fra 1 e 45 minuti.

δ	[min]	1	2	3	4	5	10	15	30	45
$r_\delta=h_\delta/h_1$		0.13	0.18	0.229	0.272	0.322	0.489	0.601	0.811	0.913

Tabella 7.2: Tabella del valore del coefficiente rd in funzione della durata di pioggia *d*

Al fine di assegnare anche alle curve di possibilità pluviometrica ottenute per durate inferiori all'ora la consueta forma monomia $h = at^n$ si è successivamente proceduto a ricavare i due coefficienti *a'* e *n'* mediante la regressione ai minimi quadrati effettuata sulla carta logaritmica (in cui le ascisse sono il logaritmo naturale della durata di pioggia *t*, e le ordinate sono il logaritmo naturale dell'altezza di pioggia *h*) vincolando la curva valida per t < 1 ora a passare per il valore di altezza di pioggia ottenuto per una durata di pioggia pari ad un'ora. Il coefficiente R^2 che si ottiene dalla regressione lineare assume valori prossimi all'unità (indice di un buon adattamento ai dati) e comunque non inferiore a 0.98.

Ripetendo questo procedimento per i diversi tempi di ritorno di interesse sono stati ricavati i valori dei coefficienti *a'* e *n'* riportati nella tabella seguente:

Stazione	**Valori di a [mm] per i seguenti tempi di ritorno T [anni]**				**n**
	10	**20**	**50**	**100**	
GE Università	79.30	92.33	109.19	121.82	0.48
GE Servizio Idrografico	71.50	82.74	97.30	108.20	0.48
GE Castellaccio	77.54	90.57	107.44	120.07	0.48
Media	*76.11*	*88.55*	*104.64*	*116.70*	*0.48*

Tabella 7.3: Valori dei parametri delle LSPP per le stazioni di interesse

7.4 Definizione delle portate di riferimento

7.4.1 Metodo razionale

Una volta effettuata la stima dei parametri della curva di possibilità pluviometrica si è proceduto al calcolo della massima portata al colmo di piena utilizzando *il metodo razionale (o di corrivazione)* secondo cui la massima portata al colmo si verifica per una durata di pioggia pari al tempo di corrivazione, ed assume la seguente espressione:

$$Q_c = \frac{1}{3600}\varphi \cdot S \cdot a \cdot t_c^{n-1} \qquad (7.2)$$

dove:

- Q_c: portata critica di dimensionamento delle opere (l/s),
- S: superficie complessiva del bacino (m^2),
- *a*, *n* : parametri della curva di possibilità pluviometrica,
- φ: coefficiente di afflusso (≤1),
- t_c: tempo di corrivazione (ore), tempo che impiega la goccia d'acqua "idraulicamente" più lontana a raggiungere la sezione di chiusura del bacino.

Il coefficiente di afflusso φ ha la funzione di stimare l'altezza di pioggia netta $h_n = h \cdot \varphi$, ovvero quella parte di pioggia che, una volta depurata dalle diverse perdite, defluisce superficialmente e deve quindi essere allontanata mediante la rete di drenaggio.

Nel caso in esame, poiché la parte preponderante dei bacini presi in considerazione risulta costituita dalla piattaforma è corretto fare riferimento, a favore di sicurezza, a φ=1 (superfici completamente impermeabili).

7.4.2 Calcolo del tempo di corrivazione

La durata di pioggia critica per il bacino (*o tempo di corrivazione*) si determina mediante la seguente formula:

$$t_c = t_a + t_r \qquad (7.3)$$

dove t_c è la durata critica di pioggia; t_a è il tempo di entrata in rete, ossia il tempo massimo necessario alle gocce d'acqua per raggiungere la rete di drenaggio dal punto di caduta (il tempo di entrata è funzione, generalmente, della densità della rete di drenaggio e della natura delle superfici scolanti); infine t_r è il tempo di traslazione lungo i rami costituenti il percorso idraulicamente più lungo.

Per la stima dei tempi di entrata alla rete di drenaggio, per quanto riguarda una superficie pavimentata, si è applicata la seguente formula proposta dalla *Federal Aviation Administration*:

$$t_a = 3.26 \cdot (1.1 - C)\frac{L_{eff}^{0.5}}{i^{1/3}} \qquad (7.4)$$

dove:

- i: pendenza della strada lungo la linea di corrente ricavata come risultante delle pendenze trasversali e longitudinali i_t e i_l;
- L_{eff}: lunghezza del percorso dell'acqua prima di raggiungere le canalizzazioni; L_{eff} può essere calcolato sulla base della seguente formula:

$$L_{eff} = L_c \left[1 + \left(\frac{i_l}{i_t} \right)^2 \right]^{0.5} \qquad (7.5)$$

- C: coefficiente di deflusso.

Il tempo di traslazione t_r alla generica sezione può essere valutato con la seguente relazione:

$$t_r = \sum_{i=1}^{N} \frac{l_i}{v_i} \qquad (7.6)$$

dove:

- N: numero dei tronchi della rete a monte della generica sezione, facenti parte dell'asta principale;
- l_i: lunghezza del tronco i-esimo;
- v_i: velocità del tronco i-esimo, assunta in questa sede pari a 0.5 m/s.

7.5 Prime valutazioni in relazione alle portate da smaltire

Dall'applicazione delle linee segnalatici alle superfici in esame risultano, in relazione alle sottoaree di calcolo e relativi tempi di corrivazione, valori di coefficienti udometrici variabili tra 600 e 700 l/s ha per tempi di ritorno 20 anni e 700 e 800 l/s ha per tempi di ritorno di 50 anni.

I valori di portata da smaltire in riferimento ai quattro macro elementi di livelletta di cui al precedente *paragrafo 7.2*, verranno definiti nella successiva fase di progettazione in cui il maggior dettaglio di inserimento dell'opera nel contesto urbano permetterà di valutare in modo appropriato eventuali tratti di trasferimento delle acque anche in contropendenza.

In relazione a tali valori, previo singolo dimensionamento dei vari sottobacini in cui verrà divisa la piattaforma, si procederà, nelle successive fasi progettuali, al dimensionamento dei singoli elementi di captazione e di convogliamento, tenendo a riferimento le caratteristiche geometriche della nuova infrastruttura e le possibilità di recapito delle acque drenate.

7.6 Tipologie costruttive previste

Lo schema previsto prevede:

- **canaletta rettangolare in cls** posizionata centralmente rispetto ai binari, con dimensione di base pari a 40 cm e altezza 20 cm. In corrispondenza della stazione Canepari e dei manufatti di linea si prevede l'inserimento di un **grigliato pedonale in ghisa sferoidale**, classe C250;
- **tubazione circolare** in **PVC200** posta in collegamento con la rete superficiale di canalette attraverso pozzetti, dimensioni interne 60x80;
- **pozzetti in cls,** dotati di **chiusino in ghisa sferoidale**, classe di resistenza C250 presenti ogni 50 m, di collegamento tra le canalette superficiali e i collettori;
- **tubazioni in PVC rigido** conformi alla norma UNI EN 1401-1, con classe di rigidità anulare SN4.

8. NORME GEOLOGICHE ED URBANISTICHE DEL COMUNE DI GENOVA

L'art. 16 delle Norme Geologiche del PUC di Genova richiede la redazione di apposita "*stima idrologica*" ad ogni pratica urbanistico-edilizia, finalizzata al rispetto di quanto indicato all'art. 14 comma 3 delle Norme Generali Urbanistiche relativamente all'applicazione dell'invarianza idraulica con l'obiettivo di far diminuire il deflusso verso le reti di drenaggio urbano e da queste verso i corsi d'acqua già in condizioni critiche, riducendo così l'effetto degli scarichi urbani sulle portate di piena dei corsi d'acqua stessi.

In sede di progettazione definitiva verrà applicato numericamente quanto già descritto in modo dettagliato al capitolo 7 relativamente alla procedura di valutazione dell'invarianza idraulica dell'intera piattaforma del tratto di Metropolitana di cui al presente PFTE, compresa la stazione di Rivarolo, richiamando le grandezze geometriche ed idrauliche indicate all'art. 14 comma 3 delle Norme Generali Urbanistiche.

In particolare, saranno previste limitazioni alle portate scaricate al reticolo idrografico attraverso opportuni sistemi di laminazione che, per quanto possibile anticipare in questa sede, privilegeranno l'aumento delle sezioni dei tubi di convogliamento piuttosto che vasche di accumulo puntuali che necessitano, generalmente, di maggiori oneri gestionali. Ciò pur nella consapevolezza che la nuova infrastruttura si inserisce in un contesto già totalmente impermeabilizzato per cui di per sé non costituirà un aggravio delle superfici impermeabili rispetto alla situazione attuale.