

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE**




COMUNE DI TORINO



**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
Lotto Generale: Politecnico - Rebaudengo**


| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|------|-------|------|---|-----|-----|---|-----|---|---|---|------------|
| PROGETTO DEFINITIVO | |  INFRASTRUTTURE PER LA MOBILITÀ INFRATRASPORTI S.r.l. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DIRETTORE PROGETTAZIONE Responsabile integrazione discipline specialistiche | IL PROGETTISTA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ing. R. Crova Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 6038S | Ing. F. Rizzo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 9337K | IDROLOGIA E IDRAULICA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ELABORATO | | | | | | | | | | REV. | | SCALA | DATA | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Int. | Est. | | | | | | | | | | | |
| BIM MANAGER Geom. L. D'Accardi | | | | | | | | | | MT | L2 | T1 | A0 | D | IDR | GEN | R | 001 | 0 | 1 | - | 11/11/2022 |

AGGIORNAMENTI

Fg. 1 di 1


| REV. | DESCRIZIONE | DATA | REDATTO | CONTROLLATO | APPROVATO | VISTO |
|------|---|----------|---------|-------------|-----------|-------|
| 0 | EMISSIONE | 05/09/12 | SRIA | PDM | FRI | RCR |
| 1 | Emissione finale a seguito di verifica preventiva | 11/11/22 | SRIA | PDM | FRI | RCR |
| - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|------|---|-----------|------------|---------|----------|------|---|-----------|------------|--|--|--|--|--|--|
| <table border="1"> <tr> <td>LOTTO 0</td> <td>CARTELLA</td> <td>4.12</td> <td>1</td> <td>MTL2T1A0D</td> <td>IDRGENR001</td> </tr> </table> | | | | | | LOTTO 0 | CARTELLA | 4.12 | 1 | MTL2T1A0D | IDRGENR001 | <p align="center">STAZIONE APPALTANTE</p> <p align="center">DIRETTORE DI DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ Ing. R. Bertasio</p> <p align="center">RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. A. Strozziro</p> | | | | | |
| LOTTO 0 | CARTELLA | 4.12 | 1 | MTL2T1A0D | IDRGENR001 | | | | | | | | | | | | |

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

INDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. PREMESSA | 2 |
| 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE GENERALE | 6 |
| 3. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO..... | 7 |
| 3.1 PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) | 8 |
| 3.2 PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) | 11 |
| 3.3 QUADRO RIASSUNTIVO DELLE DIRETTIVE DI PIANO | 14 |
| 4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO..... | 15 |
| 5. CARATTERISTICHE GENERALI DEL BACINO IDROGRAFICO DEL F. DORA RIPARIA | 18 |
| 5.1 CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICA DEL F. DORA RIPARIA..... | 19 |
| 5.2 DEFLUSSO MINIMO VITALE (DMV) | 20 |
| 5.3 PORTATE DI PIENA | 22 |
| 5.4 APPROFONDIMENTO RELATIVO AL DISSESTO DEL F. DORA RIPARIA | 24 |
| 6. STUDIO IDRAULICO DEL DEFLUSSO DI PIENA DEL F. DORA RIPARIA..... | 27 |
| 6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO | 27 |
| 6.1.1 <i>Hec-RAS monodimensionale.....</i> | <i>27</i> |
| 6.1.2 <i>Hec-RAS bidimensionale</i> | <i>28</i> |
| 6.2 GEOMETRIA DI RIFERIMENTO | 30 |
| 6.2.1 <i>Area computazionale 2D</i> | <i>32</i> |
| 6.2.2 <i>Sezioni di calcolo</i> | <i>33</i> |
| 6.2.3 <i>Strutture interferenti.....</i> | <i>33</i> |
| 6.3 CONDIZIONI AL CONTORNO | 35 |
| 6.3.1 <i>Parametri di scabrezza</i> | <i>36</i> |
| 6.4 SCENARI SIMULATI | 36 |
| 6.5 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE E DETERMINAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA ATTUALE..... | 37 |
| 6.5.1 <i>PLAN 01 – Evento di piena associato a un tempo di ritorno di 100 anni.....</i> | <i>38</i> |
| 6.5.2 <i>PLAN 02 – Evento di piena associato a un tempo di ritorno di 200 anni.....</i> | <i>39</i> |
| 6.5.3 <i>PLAN 03 – Evento di piena associato a un tempo di ritorno di 500 anni.....</i> | <i>43</i> |
| 6.5.4 <i>PLAN 04, 05, 06 e 07 – Evento di piena associato a un tempo di ritorno di 200 anni e parziale ostruzione alternativa dei ponti di via Cigna, via Bologna, corso Regio Parco e via Rossini 47</i> | <i>47</i> |
| 7. DEFINIZIONE DELLE QUOTE DI SICUREZZA IDRAULICA PER I MANUFATTI IN PROGETTO..... | 50 |

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

1. PREMESSA

Il presente studio idrologico-idraulico del fiume Dora Riparia è stato predisposto con l'obiettivo di verificare le potenziali interferenze idrauliche attese tra i deflussi di piena del corso d'acqua e le opere della nuova linea 2 della Metropolitana Automatica di Torino – Tratta Politecnico-Rebaudengo.

In particolare, lo studio intende fornire adeguato riscontro agli specifici pareri pervenuti sul Progetto di Fattibilità Tecnico Economica, approvato in linea tecnica dalla Giunta Comunale di Torino con Delib. n. 202000368/34 del 04/02/2020, e in particolare a quelli formulati dall'A.I.Po e dalla Regione Piemonte dai quali si estraggono e riportano di seguito i passaggi più significativi.

Parere A.I.Po


"(...) per quanto di competenza della scrivente Autorità Idraulica, si osserva quanto segue:

- 1) *nella tratta Centrale il tracciato proposto interferisce con i principali corpi idrici superficiali solo in corrispondenza del Fiume Dora Riparia che viene attraversata in sub alveo tra le progressive 8+600 ed 8+700 circa, nel tratto compreso tra le previste stazioni "Mole - Giardini Reali" e "Verona"; in tale tratto, pertanto, le opere superficiali potrebbero subire gli effetti legati alle esondazioni della Dora Riparia che interesserebbero, nello specifico, le Stazioni "Verona" e "Novara" (per eventi caratterizzati da TR500), oltre che i pozzi "PVR" e "PMO" (i quali si collocano all'esterno della fascia B del PAI ma all'interno dell'area definita a rischio "medio" dal PGRA).*

(...)

Posto che in questa fase progettuale le quote altimetriche dei battenti idrici che si instaurerebbero in occasione degli eventi di piena sono state stimate a partire dai dati attualmente disponibili e in assenza di specifica modellazione idraulica, nella fase di Progettazione Definitiva, al fine di definire correttamente il potenziale rischio idraulico al quale, in occasione di possibili eventi di piena, risultano esposte le infrastrutture di cui trattasi, sarà necessario predisporre una idonea modellazione "2D" su un significativo tratto dei corsi d'acqua interessati (da condursi su base DTM aggiornata) utilizzando, quali portate al colmo dell'idrogramma di piena (QTR200), sia il valore desunto dal PGRA sia il più recente valore stimato dal Centro Funzionale di ARPA-Piemonte. Relativamente alla "Tratta Centrale", caratterizzata dalla presenza del Fiume Dora Riparia, tenuto conto che è in fase di progettazione Preliminare una Cassa di Laminazione a monte della Città di Torino (già prevista dalla Pianificazione di Bacino), si reputa utile e necessario estendere le suddette analisi idrauliche al fine di tener conto degli effetti della suddetta area di laminazione, valutando sia lo stato attuale (senza Cassa) sia quello di progetto, al fine di un confronto dei risultati ottenuti.

L'estensione delle aree di esondazione potrebbe certamente essere mitigata con la realizzazione della Cassa di espansione; in assenza della quale tali aree sarebbero soggette a rilevanti fenomeni di esondazione. Si auspica, pertanto, di poter realizzare la cassa di laminazione della Dora Riparia

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

contestualmente e in maniera coordinata alle opere in oggetto, al fine di minimizzare gli effetti idraulici sul dimensionamento dei manufatti di protezione degli imbocchi e/o degli accessi alle opere in sotterraneo. La stipula di un Accordo di Programma in tal senso agevolerebbe sicuramente tale operazione.

Sulla base dei risultati ottenuti il Proponente avrà cura di progettare gli accessi alle stazioni e gli imbocchi dei pozzi a quote superiori ai tiranti idrici raggiunti al verificarsi della piena di riferimento dei corsi d'acqua nell'ambito dei quali essi ricadono e aumentati di un adeguato franco idraulico; quote che potranno essere materializzate sia con rampe/gradini/soglie per quanto riguarda i varchi di ingresso alle stazioni, sia tramite la sopraelevazione delle strutture relative ai pozzi'.

Rispetto a quanto sopra, come meglio descritto nel prosieguo, si anticipa già che il proponente ha ritenuto di assumere quali quote idrauliche di riferimento quelle ottenute dalle simulazioni idrauliche dei deflussi della portata di piena con tempo 500 anni, opportunamente incrementate di 1 m di franco idraulico, al fine di garantire adeguate condizioni di sicurezza idraulica agli accessi alle stazioni e agli imbocchi dei pozzi interferenti.


Tale assunzione consente di:

- progettare i varchi a quote di sicurezza tali da mitigare il rischio idraulico anche a fronte di possibili parziali ostruzioni degli attraversamenti più critici al verificarsi della piena di riferimento (TR 200 anni);
- comprendere anche gli effetti dell'eventuale deflusso di una portata al colmo il cui valore sia quello più recente stimato dal Centro Funzionale di ARPA Piemonte, ossia circa 780 m³/s, valore di molto inferiore a quello della portata cinquecentennale definita nel PGRA (890 m³/s);
- comprendere anche gli effetti dell'eventuale deflusso di una portata al colmo laminata dalla cassa di espansione in progetto a monte di Torino (condizione senz'altro meno gravosa).

Parere Regione Piemonte – Direzione Opere Pubbliche e Difesa del suolo – Settore Infrastrutture strategiche

"(...) Per quanto concerne la tratta NORD, il progetto ha correttamente fatto riferimento all'elaborato del PGRA "Profili di piena dei corsi d'acqua del reticolo principale (2016)", che riporta i valori delle portate e dei livelli di piena del torrente Stura così come indicati nell'elaborato della Direttiva Piene; per la stima dei livelli di piena in corrispondenza del tracciato, lo Studio fa riferimento a una metodologia speditiva proposta dal prof. Anselmo nella c.d. "Variante 100 del PRG di adeguamento al PAI" che presenta, per le modalità di calcolo, una valutazione in prima approssimazione delle condizioni di pericolosità. (...)


Per quanto riguarda la tratta CENTRALE, la stima dei livelli di piena, oltre a risentire delle stesse incertezze sopra descritte, fa riferimento a livelli di piena differenti rispetto ai valori indicati dal PGRA (...).

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

Per quanto concerne la tratta SUD, l'analisi si limita a considerare il pozzo PCR, per il quale non sono raggiunte conclusioni definitive sulla pericolosità; in particolare il progetto evidenzia la limitatezza della stessa metodologia applicata, in quanto: "la procedura di interpolazione porterebbe ad una pesante sovrastima dei livelli effettivi" e conclude pertanto che: "...la precedente metodologia non sarà applicata alla definizione della quota di riferimento del pozzo PCR sebbene esso all'interno delle aree classificate a probabilità di esondazione dalla Direttiva 2007/60 CE-D. Lgs 49/2010, "Direttiva Alluvioni" e dalle fasce fluviali tracciate lungo tutto il percorso del fiume e riportate nelle carte della e Fasce PAI".

Pertanto, si ritiene che:

- *il progetto sia compatibile con gli obiettivi di pianificazione di bacino indicati dal PGRA, avendo una interferenza nulla con i sistemi difensivi e le opere idrauliche esistenti, e non pregiudichi né l'officiosità idraulica del corso d'acqua né la sua funzionalità idromorfologica, di cui agli obiettivi del PGRA, (l'obiettivo n. 2 del PGRA recita: "migliorare la performance dei sistemi difensivi esistenti", l'obiettivo n. 4 "assicurare maggiore spazio ai fiumi", l'obiettivo n. 5 è relativo alla "difesa delle città e delle aree metropolitane");*
- *nella fase di progettazione definitiva, il progetto debba affrontare in modo più dettagliato le condizioni di pericolosità esistenti, migliorando la conoscenza del rischio, di cui all'obiettivo n. 1 del PGRA, attraverso:*
 - 1) *la predisposizione di modellistiche idrauliche bidimensionali, che valutino l'estensione delle aree di esondazione dei fiumi Stura di Lanzo, Dora Riparia e Sangone e i relativi livelli di esondazione, solo parzialmente stimati, nella progettazione presentata, con metodologie speditive;*
 - 2) *il riferimento ai valori delle portate al colmo di piena a TR 200 anni e TR 500 anni di cui all'elaborato del PGRA "Profili di piena dei corsi d'acqua del reticolo principale (2016)", con un confronto tra i risultati relativi alla stima dei livelli di piena ottenuti dalle simulazioni idrauliche e quelli del citato elaborato del PGRA;*
- *nella fase di progettazione definitiva, il progetto debba affrontare in modo più corposo il tema del rischio, promuovendo una "analisi di vulnerabilità" dell'infrastruttura lineare, al fine della riduzione dell'esposizione al rischio (obiettivo n. 3 del PGRA), e specifici protocolli d'azione da attuarsi in caso di piene fluviali, in collaborazione con ARPA e il settore Protezione Civile; pur essendo condivisibile l'approccio del mantenimento del metro di franco, rispetto al livello di piena riferiti alle portate con tempo di ritorno 200ennale, per le stazioni e i pozzi inseriti in aree H, L, M del PGRA, si ritiene che l'analisi di rischio debba essere estesa alle stazioni e pozzi che, per la loro prossimità alle aree di esondazione, possano comunque rappresentare potenzialmente un elemento di vulnerabilità per l'intera infrastruttura;*

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

- *per quanto riguarda la tratta centrale, con riferimento alla Dora Riparia, sia necessario il confronto tra la portata attuale in assenza di cassa di laminazione e con la portata che deriverà a seguito della sua realizzazione ed i relativi livelli, per il tratto cittadino interessato dall'infrastruttura;*
- *per quanto riguarda la tratta centrale, con riferimento alla Dora Riparia, al fine della valutazione delle condizioni di pericolosità, vulnerabilità e di rischio sopra indicate, sia opportuno che il progetto definitivo operi un confronto, per il tratto cittadino interessato dall'infrastruttura, tra il campo di esondazione determinato con i valori di portata al colmo attuali e quello determinato nelle condizioni successive alla realizzazione della cassa di laminazione situata a monte della Città di Torino'.*

In relazione a quanto sopra e ai contenuti del presente studio si precisa che si fornisce opportuno riscontro alle richieste avanzate dal Settore Regionale e si ripropone quanto sopra anticipato in merito alle quote assunte per la progettazione dei varchi: l'aver stabilito quale riferimento la portata con tempo di ritorno cinquecentennale di fatto rende superflua la verifica per portate senz'altro meno gravose, ad esempio quelle laminate dalla cassa di espansione prevista a monte di Torino.



2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE GENERALE

La tratta centrale della Metro 2 di Torino consentirà l'attraversamento della città a partire da Nord, in corrispondenza della stazione Rebaudengo, in direzione sud, sino alla stazione Politecnico (vedi: Figura 1; per maggiori dettagli sul tracciato di progetto si rimanda agli specifici elaborati del presente Progetto Definitivo).

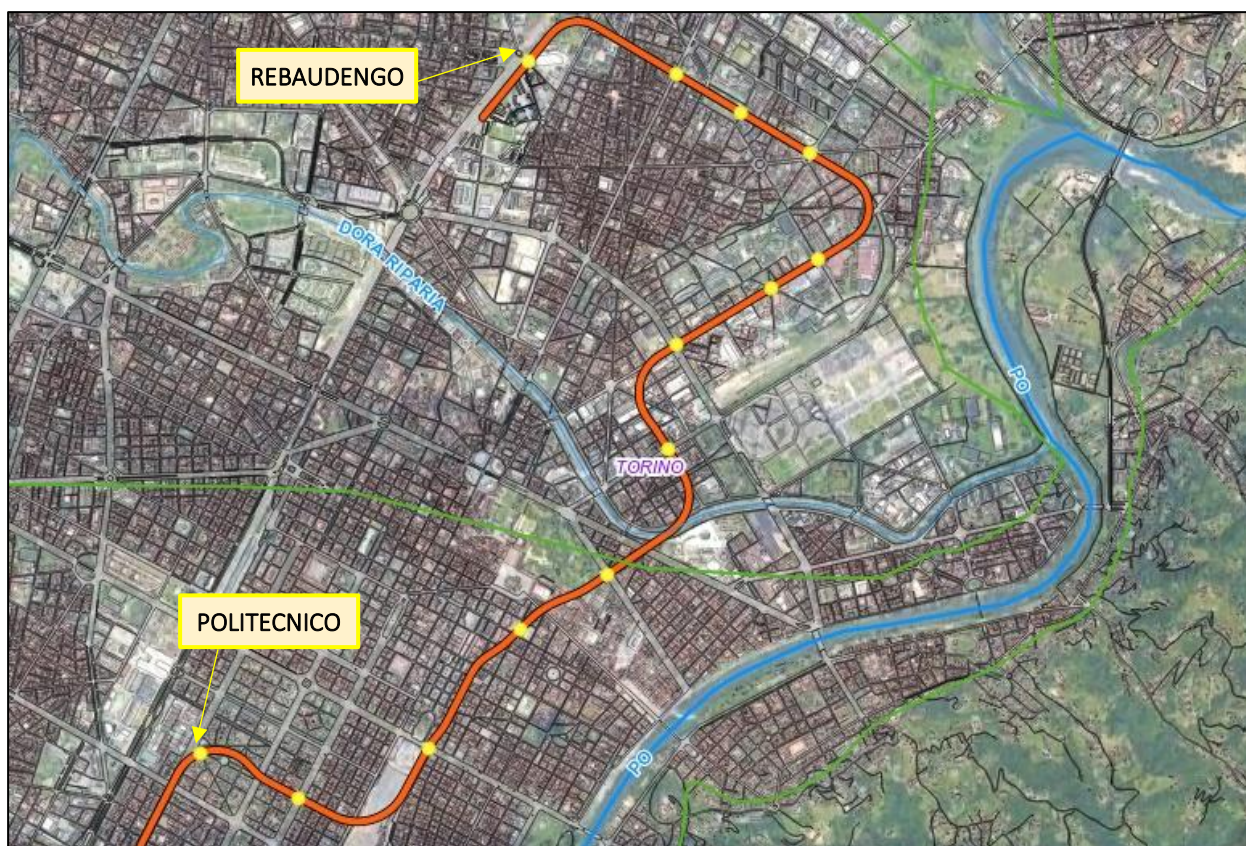



Figura 1 – Inquadramento territoriale della tratta centrale della Metro 2, con indicazione planimetrica delle stazioni in progetto

Il territorio del Comune di Torino è interessato dalla presenza di quattro corsi d'acqua. Il fiume principale è il Po, che defluisce da sud-ovest verso nord-est e riceve i contributi di tre affluenti in sinistra idraulica: il t. Sangone, il f. Dora Riparia e il f. Stura di Lanzo.

Con riferimento alla Figura 1 la tratta centrale della Metro 2 interferisce unicamente con il corso della Dora Riparia che viene attraversata in subalveo nel tratto compreso tra le previste stazioni Mole/Giardini Reali e Verona.

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

3. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Per quanto riguarda l'abitato di Torino il quadro normativo di riferimento per quanto attiene alla normativa idraulica è abbastanza complesso.

Le norme di riferimento risultano le seguenti:

Normativa comunitaria

- DIRETTIVA 2007/60/CE Direttiva del parlamento europeo e del consiglio del 23 ottobre 2007 relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni

Normativa nazionale


- DPCM del 27 ottobre 2016 Approvazione del Piano di gestione del rischio alluvioni del Distretto idrografico Padano.
- Decreto Legislativo 10 dicembre 2010, n. 219.
- Decreto Legislativo 23 febbraio 2010 n.49 Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.
- È inoltre ancora in vigore il Regio decreto 25 luglio 1904, n. 523 Testo unico sulle opere idrauliche.
- Nel caso di attraversamento o ponte nel DECRETO 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni». (GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8) vengono modificati i franchi idraulici dei ponti.

Atti dell'Autorità di Bacino del fiume Po

- P.A.I. (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del Po) è lo strumento giuridico che disciplina le azioni riguardanti la difesa idrogeologica del territorio e della rete idrografica del bacino del Po, attraverso l'individuazione delle linee generali di assetto idraulico ed idrogeologico.
È stato approvato con DPCM del 24 maggio 2001 e pubblicato su Gazzetta Ufficiale n. 183 dell'8/8/2001. Il PAI inizia un processo di pianificazione in quanto sollecita la verifica del "quadro dei dissesti" attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.
- Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni assunto dal Segretario Generale dell'Autorità di bacino del fiume Po con proprio decreto in data 20 giugno 2014;
- Decreto n.122/2014 sulla Pubblicazione delle mappe di pericolosità e rischio alluvionale e dello schema di progetto di PGRA.

Piani di Gestione Rischio alluvioni.

- Variante alle Norme di attuazione del PAI.

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

- Atti della Regione Piemonte
- DGR n. 17-792 del 22 dicembre 2014 relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni, ai sensi del D. Lgs 49/2010: presa d'atto delle mappe di pericolosità e di rischio e del progetto di Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA).
- DGR n. 8-2588 del 14.12.2015 preso atto del primo Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA).
- DGR n. 12-4031 10 ottobre 2016, Progetto di Variante alle Norme di attuazione del PAI: Parere della Regione Piemonte.
- La normativa del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico prevede che i Comuni, in sede di formazione e adozione degli strumenti urbanistici generali e loro varianti, sono tenuti a conformare le loro previsioni alle delimitazioni e alle relative disposizioni normative, sulla base di una verifica di compatibilità idraulica e idrogeologica delle previsioni contenute negli strumenti urbanistici vigenti con le condizioni presenti o potenziali rilevate anche nella cartografia del PAI.
 In Regione Piemonte questo processo è stato regolato dalla D.G.R.64-7417 del 7.04.2014.
- Con Deliberazione della Giunta Regionale del 20 luglio 2018, n. 28-7253 è stato adottato il Progetto di revisione del Piano di Tutela delle Acque (PTA), comprensivo dei documenti di supporto per l'avvio della fase di Valutazione Ambientale Strategica.
- Con Deliberazione della Giunta Regionale 30 luglio 2018, n. 25-7286 sono state adottate le Disposizioni regionali riguardanti l'attuazione del Piano di gestione rischio alluvioni (PGRA) nel settore urbanistico (art. 58 Norme di Attuazione PAI, integrate dal Titolo V), le attività per i comuni non ancora adeguati al PAI e l'aggiornamento del quadro del dissesto a seguito di eventi calamitosi.


Norme di piano regolatore della Città di Torino

- NORME SULL'ASSETTO IDROGEOLOGICO E DI ADEGUAMENTO AL P.A.I. variante: id 226, var. n. 100 - variante geologica, approvata il 06/11/2008.

Al di là di tali norme, e dell'evidente gerarchia delle stesse, per le quali è sicuramente prevalente quanto riportato nelle Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto idrografico Padano, è stato possibile ricostruire, almeno in parte, la storia delle norme stesse alle quali non sempre sono associati dei livelli di riferimento sulla base dei quali definire a priori le quote di sicurezza degli interventi.

3.1 Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

Come riportato nella Relazione generale del *Progetto di Piano stralcio per l'Assetto idrogeologico (PAI)*:
"Il "Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico" ha lo scopo di assicurare, attraverso la programmazione di opere strutturali, vincoli, direttive, la difesa del suolo rispetto al dissesto di natura idraulica e

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

idrogeologica e la tutela degli aspetti ambientali a esso connessi, in coerenza con le finalità generali e i indicate all'art. 3 della legge 183/89 e con i contenuti del Piano di bacino fissati all'art. 17 della stessa legge.

Il Piano definisce e programma le azioni attraverso la valutazione unitaria dei vari settori di disciplina, con i seguenti obiettivi:

- *garantire un livello di sicurezza adeguato sul territorio;*
- *conseguire un recupero della funzionalità dei sistemi naturali (anche tramite la riduzione dell'artificialità conseguente alle opere di difesa), il ripristino, la riqualificazione e la tutela delle caratteristiche ambientali del territorio, il recupero delle aree fluviali a utilizzi ricreativi;*
- *conseguire il recupero degli ambiti fluviali e del sistema idrico quale elementi centrali dell'assetto territoriale del bacino idrografico;*
- *raggiungere condizioni di uso del suolo compatibili con le caratteristiche dei sistemi idrografici e dei versanti, funzionali a conseguire effetti di stabilizzazione e consolidamento dei terreni e di riduzione dei deflussi di piena. [...]*


Sulla rete idrografica principale gli obiettivi sopra indicati costituiscono il riferimento rispetto al quale il Piano definisce l'assetto di progetto dei corsi d'acqua; la loro trasposizione alle singole situazioni è funzione dalle specifiche condizioni degli stessi, determinate prevalentemente da:

- *caratteristiche geomorfologiche e di regime idraulico attuali e loro tendenza evolutiva;*
- *livello di sistemazione idraulica presente;*
- *condizionamenti determinati dal sistema infrastrutturale e urbano circostante;*
- *condizioni di uso del suolo nella regione fluviale e di naturalità della stessa.*

Per ciascun corso d'acqua della rete idrografica principale l'assetto di progetto è individuato dai seguenti elementi:

- *il limite dell'alveo di piena e delle aree inondabili rispetto alla piena di riferimento;*
- *l'assetto del sistema difensivo complessivo: argini e opere di sponda, eventuali dispositivi di laminazione controllata, diversivi o scolmatori;*
- *le caratteristiche morfologiche e geometriche dell'alveo;*
- *le caratteristiche di uso del suolo della regione fluviale e dei sistemi presenti di specifico interesse naturalistico. [...]*

Nell'ambito degli obiettivi e delle finalità indicate, il Piano compie alcune scelte strategiche di fondo, che, brevemente richiamate, costituiscono le condizioni al contorno e la qualificazione degli obiettivi principali:

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

- *la valutazione del rischio idraulico e idrogeologico, al quale commisurare sia la realizzazione delle opere di difesa idraulica che le scelte di pianificazione territoriale al fine di assicurare condizioni di sicurezza e di compatibilità delle attività antropiche;*
- *l'interazione tra il rischio idraulico e idrogeologico, le attività agricolo-forestali e la pianificazione urbanistica e territoriale, di particolare rilevanza per una pianificazione complessiva degli usi del territorio che tenga conto dei fenomeni idrologici del reticolo idrografico e della dinamica dei versanti;*
- *il perseguimento, ai fini della minimizzazione del rischio, di una reale integrazione tra gli interventi strutturali preventivi di difesa, la regolamentazione dell'uso del suolo, la previsione delle piene e dei fenomeni di dissesto e la gestione degli eventi critici (protezione civile)."*

Pertanto, nell'ambito della progettazione del PAI, con l'obiettivo di mitigazione del rischio idrogeologico, è stata condotta una valutazione delle modalità di deflusso delle portate di piena dei principali corsi d'acqua per assegnati tempi di ritorno arrivando infine alla delimitazione delle fasce fluviali, di cui a seguire si riporta la definizione:

- *la «**Fascia A**» o Fascia di deflusso della piena; è costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena ;*
- *la «**Fascia B**» o Fascia di esondazione; esterna alla precedente, è costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento). Il Piano indica con apposito segno grafico, denominato "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C", le opere idrauliche programmate per la difesa del territorio. Allorché dette opere saranno realizzate, i confini della Fascia B si intenderanno definiti in conformità al tracciato dell'opera idraulica eseguita e la delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino di presa d'atto del collaudo dell'opera varrà come variante automatica del presente Piano per il tracciato di cui si tratta;*
- *la «**Fascia C**» o Area di inondazione per piena catastrofica; è costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.*

Nell'immagine a seguire si riporta la delimitazione delle fasce fluviali lungo il f. Dora Riparia, in corrispondenza del sotto – attraversamento di corso Regina Margherita, in cui il tracciato della Metro 2 si accosta progressivamente al corso d'acqua.

Si evidenzia che le due stazioni Verona e Novara e i pozzi di ventilazione PMO, PVR ed EMO ricadono in fascia C.

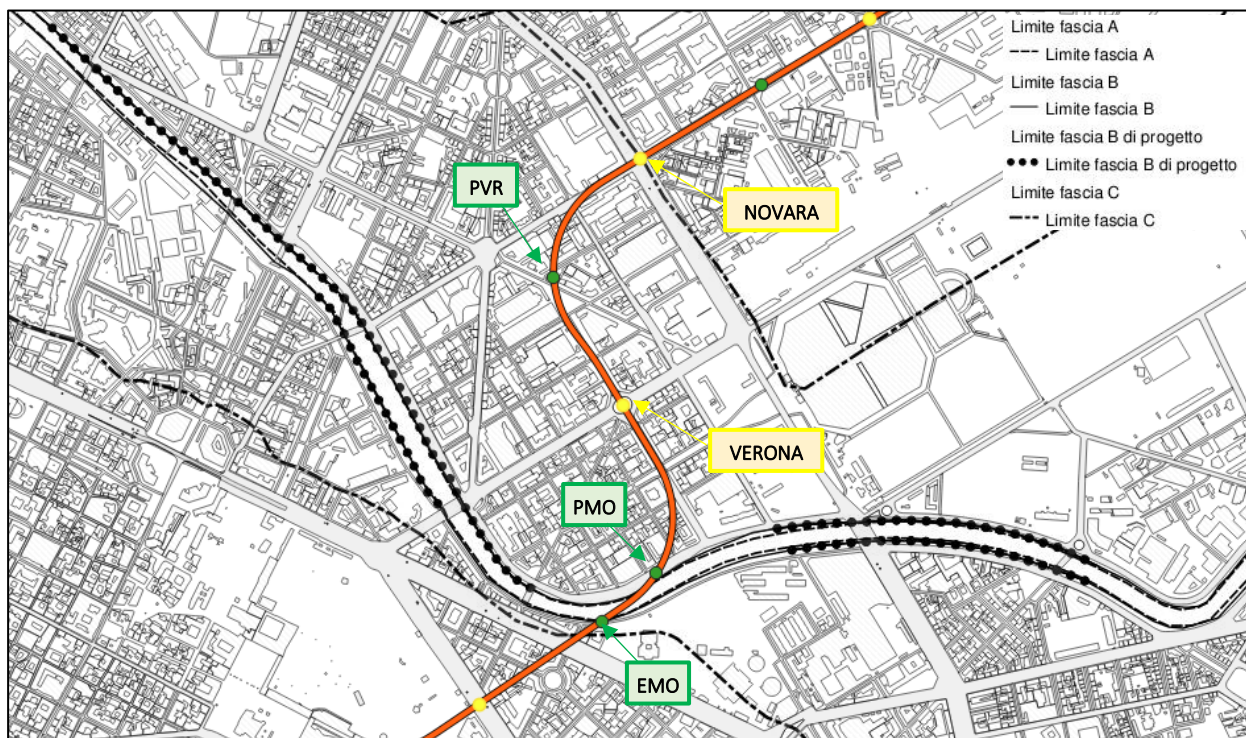



Figura 2 – Fasce fluviali (fonte: PAI) in corrispondenza dell'interferenza del tracciato della Metro 2 con il f. Dora Riparia (i punti gialli rappresentano le stazioni metro in progetto, mentre i punti verdi indicano l'ubicazione dei pozzi di ventilazione)

3.2 Piano di gestione del rischio alluvioni (PGRA)

La Direttiva Europea 2007/60/CE, recepita nel diritto italiano con D.lgs. 49/2010, ha dato avvio ad una nuova fase della politica nazionale per la gestione del rischio di alluvioni, che il Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) deve attuare, nel modo più efficace. Il PGRA, introdotto dalla Direttiva per ogni distretto idrografico, dirige l'azione sulle aree a rischio più significativo, organizzate e gerarchizzate rispetto all'insieme di tutte le aree a rischio e definisce gli obiettivi di sicurezza e le priorità di intervento a scala distrettuale, in modo concertato fra tutte le Amministrazioni e gli Enti gestori, con la partecipazione dei portatori di interesse e il coinvolgimento del pubblico in generale.

Nell'ambito del Piano di Gestione del Rischio Alluvionale – P.G.R.A. è stato redatto il *Progetto esecutivo delle attività per la redazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione*, approvato nella seduta di Comitato Tecnico del 31 gennaio 2012, che *“definisce le metodologie comuni che, in continuità con i processi di attuazione e aggiornamento della pianificazione di bacino vigente, consentano uno sviluppo coordinato e concertato a scala di distretto idrografico delle attività conoscitive da realizzare da parte dei diversi soggetti competenti ai fini dell'allineamento alle indicazioni delle Direttive europee. [...] Le specifiche in esso contenute sono orientate alla predisposizione delle mappe di pericolosità e di rischio. [...]”*

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

Coerentemente con l'approccio definito nel PAI, anche per l'attuazione della Direttiva Alluvioni si propone di assumere metodi di analisi differenziati in relazione alla tipologia ed importanza dei processi di alluvione prevalenti: viene proposto un metodo di analisi completo per i corsi d'acqua principali e un metodo di analisi semplificato a sua volta differenziato per il reticolo secondario collinare e montano, per il reticolo secondario di pianura e per le aree costiere lacuali e marine. [...]

Sono stati infine individuati alcuni temi di interesse generale in relazione ai quali emerge la necessità di sviluppare specifiche attività di ricerca con un coordinamento tecnico - scientifico a livello nazionale:

- *cambiamenti climatici e loro influenza sulla mappatura e gestione del rischio di alluvione;*
- *mappatura delle aree allagabili nel caso di scenari di rischio residuale con rotture arginali;*
- *incidenza del trasporto solido sulla pericolosità idraulica;*
- *rischio di inondazione nelle aree urbane. [...]*

L'attività è finalizzata alla mappatura della pericolosità idraulica per tre distinti scenari di piena (alluvioni rare TR 500 anni, poco frequenti TR 100 – 200 anni e frequenti TR 20 – 50 anni) e deve consentire la delimitazione del limite delle aree inondabili e la sua caratterizzazione in termini di livelli idrici e velocità. [...]

Per la delimitazione del limite delle aree inondabili è necessario prevedere quattro fasi di attività:

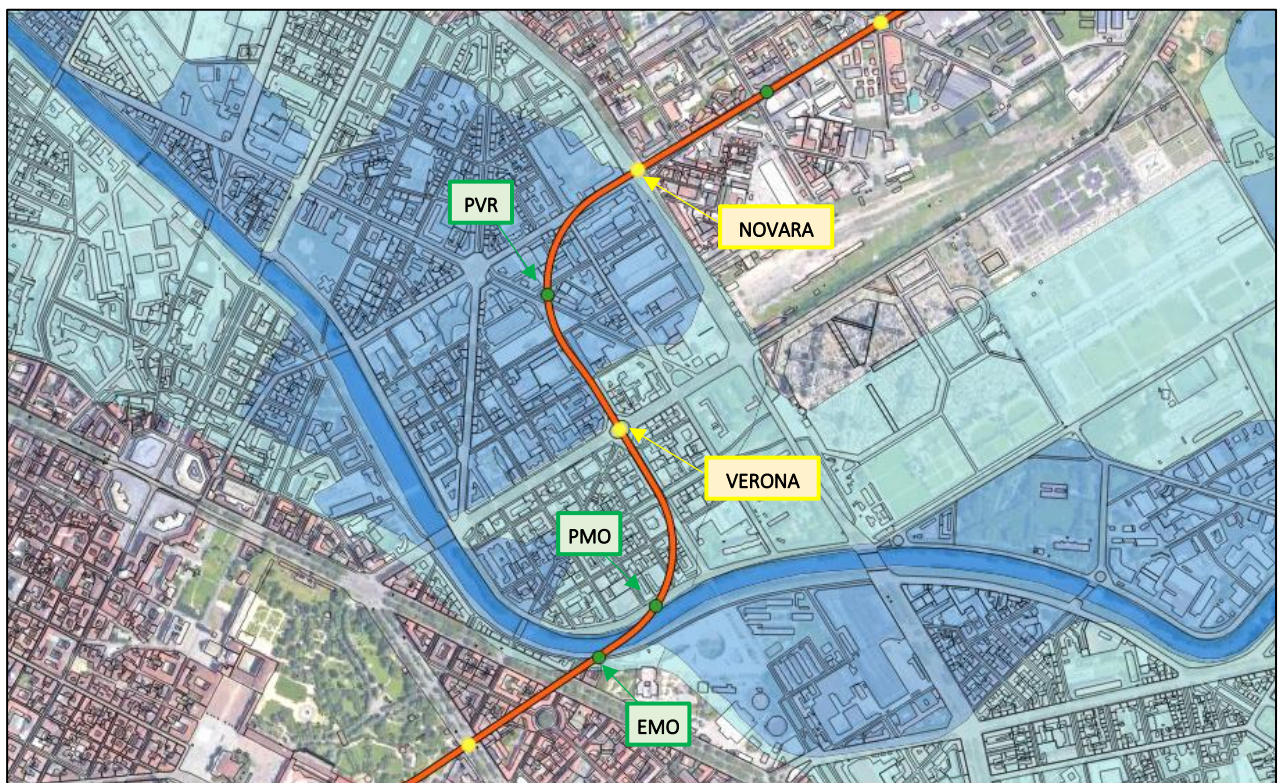
- *Presenza in carico dei risultati del modello idraulico: si prevede che a conclusione delle attività di modellazione idraulica sia fornita, oltre ai risultati delle simulazioni (livelli, velocità, portate, ecc.), la rappresentazione delle aree soggiacenti ai livelli di piena ottenuta tramite l'intersezione GIS del DEM liquido costruito a partire dalla stima dei livelli idrici nelle diverse sezioni trasversali e il DEM del terreno;*
- *Analisi dell'assetto plano-altimetrico e delimitazione del limite delle aree inondabili: interpretazione della carta delle aree soggiacenti ai livelli di piena e dei risultati del modello idraulico e delimitazione del limite delle aree inondabili sulla scorta dell'analisi degli elementi naturali (forme e processi morfologici) e artificiali (opere, infrastrutture, ecc.) che caratterizzano l'assetto plano-altimetrico dell'alveo e della regione fluviale. In particolare tale attività si basa su un'analisi integrata del DTM derivante dai rilievi laser scanner, delle ortofoto digitali e foto aeree e delle informazioni disponibili in relazione alle caratteristiche e all'evoluzione morfologica e al catasto delle opere idrauliche;*
- *Analisi degli effetti degli eventi di piena storici: verifica e validazione della delimitazione sulla scorta degli eventi di piena storici, per i quali sono disponibili cartografie di evento;*
- *Verifiche locali: verifica e validazione della delimitazione sulla scorta di documentazione fotografica ed indicazioni di campo derivanti da sopralluoghi mirati, nonché di segnalazioni di criticità pervenute da parte di enti locali, associazioni, privati cittadini."*



Le mappe di pericolosità aggiornate al 2015, di cui si porta un estratto nel seguito tengono conto sia delle osservazioni accolte nell'ambito della fase di partecipazione, sia degli approfondimenti conoscitivi derivanti dal processo tuttora in corso di aggiornamento e adeguamento della pianificazione urbanistica al PAI e, in alcuni casi, anche degli effetti dei più recenti eventi alluvionali.

Nello specifico, per le aree oggetto d'interesse, si hanno le delimitazioni riportate nell'immagine a seguire, dove sono rappresentati diversi scenari alluvionali relativamente a diversi tempi di ritorno dell'evento di piena assunto.

Si evidenzia nuovamente che le stazioni metro Verona e Novara ricadono in aree con probabilità di alluvione scarsa, associata pertanto a un tempo di ritorno di 500 anni. Inoltre i pozzi di ventilazione PMO, PVR ed EMO ricadono in aree con probabilità di alluvione media, associata a tempi di ritorno di 200 anni.




| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |



Figura 3 – Inquadramento del tracciato completo della Metro 2 e scenari di alluvione (PGRA 2015), in corrispondenza dell'interferenza con il f. Dora Riparia (i punti gialli rappresentano le stazioni metro in progetto, mentre i punti verdi indicano l'ubicazione dei pozzi di ventilazione)

3.3 Quadro riassuntivo delle direttive di piano

Con riferimento a quanto riportato nei precedenti paragrafi, analizzando l'intero tracciato a partire da sud, fino alla stazione Mole/Giardini Reali, il tracciato della Metro 2 si sviluppa interamente in aree esterne alle fasce interessate dalla dinamica dei corsi d'acqua principali, per cui non si rilevano condizionamenti sotto il profilo idraulico, anche laddove esso si trovi, dal punto di vista idrografico, nel bacino in sinistra Po (cfr. Figura 3).

Nel tratto successivo alla stazione Mole/Giardini Reali, in corrispondenza del sotto-attraffersamento di corso Regina Margherita, il tracciato si accosta progressivamente alla Dora Riparia e subisce pertanto i condizionamenti idraulici legati ad una vasta zona di potenziale esondazione presente in sponda sinistra da parte della Dora Riparia che interessa perlomeno le due stazioni Verona e Novara, oltre che i pozzi denominati PVR, PMO ed EMO.

Successivamente, la tratta compresa fra le stazioni Cimarosa e Rebaudengo è situata in sponda destra della Stura di Lanzo ad una notevole distanza dal corso d'acqua e si sviluppa interamente in aree esterne alle fasce interessate dalla dinamica del corso d'acqua suddetto, per cui non si rilevano condizionamenti sotto il profilo idraulico.

I cinque punti specifici precedentemente individuati ricadono sia nella delimitazione delle fasce fluviali PAI (cfr. §3.1) che nelle mappe di pericolosità idraulica del PGRA (cfr. §3.2). Pertanto per tali manufatti è da attendersi la possibilità di interessamento da parte dei deflussi della Dora Riparia dovuti all'esondazione legata al verificarsi di eventi eccezionali correlabili al tempo di ritorno duecentennale o cinquecentennale a seconda della localizzazione.

A seguire si riporta una tabella riassuntiva dei dissesti idraulici in corrispondenza dei manufatti interferenti con la linea Metro 2.


| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

Tabella 1 – Tabella riassuntiva dei dissesti idraulici in corrispondenza dei manufatti interferenti con le fasce fluviali

| STAZIONE/ POZZO | CLASSIFICAZIONE NEL PIANO FASCE | DIRETTIVA ALLUVIONI PROBABILITÀ DI ALLUVIONAMENTO | TEMPO DI RITORNO DI RIFERIMENTO (ANNI) |
|-----------------|---------------------------------|--|--|
| Pozzo PMO | Fascia B | Probabilità media | 200 |
| Stazione Verona | Fascia C | Probabilità scarsa | 500 |
| Pozzo PVR | Fascia B-C | Probabilità media | 200 |
| Stazione Novara | Fascia C | Probabilità scarsa | 500 |
| Pozzo EMO | Fascia B | Probabilità media | 200 |

Alla luce di quanto evinto dagli elaborati delle direttive di piano vigenti lungo il f. Dora Riparia, si è proceduto, nell’ambito della presente progettazione definitiva, all’allestimento di una modellazione idraulica bidimensionale volta allo studio e all’approfondimento della dinamica di deflusso di piena del corso d’acqua in analisi, con particolare attenzione alle aree dove saranno realizzate le opere in progetto.


4. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

| N. | CODIFICHE | TITOLO ELABORATO | SCALA |
|------------------------------|-----------------------|--|----------|
| ELABORATI DESCRITTIVI | | | |
| R.1 | MTL2T1A0DIDRGENR001 | RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA INTERFERENZA DELL’OPERA CON I DEFLUSSI DI PIENA DEL FIUME DORA RIPARIA | - |
| R.2 | MTL2T1A0DIDRGENR002 | RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE IN FASE DI CANTIERE E DI ESERCIZIO | - |
| ELABORATI GRAFICI | | | |
| T.1 | MTL2T1A0DIDRGENT001 | COROGRAFIA DEL RETICOLO IDROGRAFICO | 1:10’000 |
| T.2 | MTL2T1A0DIDRGENT002 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLANIMETRIA DI INQUADRAMENTO | 1:5’000 |
| T.3 | MTL2T1A0DIDRGENT003.1 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 01 – Q_{TR100} – TIRANTI IDRAULICI (TAV. 1 di 3) | 1:2’500 |
| T.4 | MTL2T1A0DIDRGENT003.2 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 01 – Q_{TR100} – TIRANTI IDRAULICI (TAV. 2 di 3) | 1:2’500 |
| T.5 | MTL2T1A0DIDRGENT003.3 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 01 – Q_{TR100} – TIRANTI IDRAULICI (TAV. 3 di 3) | 1:2’500 |
| T.6 | MTL2T1A0DIDRGENT004.1 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 01 – Q_{TR100} – VELOCITA’ DI DEFLUSSO (TAV. 1 di 3) | 1:2’500 |
| T.7 | MTL2T1A0DIDRGENT004.2 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 01 – Q_{TR100} – VELOCITA’ DI DEFLUSSO (TAV. 2 di 3) | 1:2’500 |
| T.8 | MTL2T1A0DIDRGENT004.3 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 01 – Q_{TR100} – VELOCITA’ DI DEFLUSSO (TAV. 3 di 3) | 1:2’500 |

| | | | |
|------|-----------------------|---|---------|
| T.9 | MTL2T1A0DIDRGENR005.1 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 02 – Q _{TR200} – TIRANTI IDRAULICI (TAV. 1 di 3) | 1:2'500 |
| T.10 | MTL2T1A0DIDRGENR005.2 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 02 – Q _{TR200} – TIRANTI IDRAULICI (TAV. 2 di 3) | 1:2'500 |
| T.11 | MTL2T1A0DIDRGENR005.3 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 02 – Q _{TR200} – TIRANTI IDRAULICI (TAV. 3 di 3) | 1:2'500 |
| T.12 | MTL2T1A0DIDRGENR006.1 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 02 – Q _{TR200} – VELOCITA' DI DEFLUSSO (TAV. 1 di 3) | 1:2'500 |
| T.13 | MTL2T1A0DIDRGENR006.2 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 02 – Q _{TR200} – VELOCITA' DI DEFLUSSO (TAV. 2 di 3) | 1:2'500 |
| T.14 | MTL2T1A0DIDRGENR006.3 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 02 – Q _{TR200} – VELOCITA' DI DEFLUSSO (TAV. 3 di 3) | 1:2'500 |
| T.15 | MTL2T1A0DIDRGENR007.1 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 03 – Q _{TR500} – TIRANTI IDRAULICI (TAV. 1 di 3) | 1:2'500 |
| T.16 | MTL2T1A0DIDRGENR007.2 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 03 – Q _{TR500} – TIRANTI IDRAULICI (TAV. 2 di 3) | 1:2'500 |
| T.17 | MTL2T1A0DIDRGENR007.3 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 03 – Q _{TR500} – TIRANTI IDRAULICI (TAV. 3 di 3) | 1:2'500 |
| T.18 | MTL2T1A0DIDRGENR008.1 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 03 – Q _{TR500} – VELOCITA' DI DEFLUSSO (TAV. 1 di 3) | 1:2'500 |
| T.19 | MTL2T1A0DIDRGENR008.2 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 03 – Q _{TR500} – VELOCITA' DI DEFLUSSO (TAV. 2 di 3) | 1:2'500 |
| T.20 | MTL2T1A0DIDRGENR008.3 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 03 – Q _{TR500} – VELOCITA' DI DEFLUSSO (TAV. 3 di 3) | 1:2'500 |
| T.21 | MTL2T1A0DIDRGENR009.1 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 04 – Q _{TR200} E PONTE VIA CIGNA PARZ. OSTRUITO – TIRANTI IDRAULICI (TAV. 1 di 3) | 1:2'500 |
| T.22 | MTL2T1A0DIDRGENR009.2 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 04 – Q _{TR200} E PONTE VIA CIGNA PARZ. OSTRUITO – TIRANTI IDRAULICI (TAV. 2 di 3) | 1:2'500 |
| T.23 | MTL2T1A0DIDRGENR009.3 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 04 – Q _{TR200} E PONTE VIA CIGNA PARZ. OSTRUITO – TIRANTI IDRAULICI (TAV. 3 di 3) | 1:2'500 |
| T.24 | MTL2T1A0DIDRGENR010.1 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 04 – Q _{TR200} E PONTE VIA CIGNA PARZ. OSTRUITO – VELOCITA' DI DEFLUSSO (TAV. 1 di 3) | 1:2'500 |
| T.25 | MTL2T1A0DIDRGENR010.2 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 04 – Q _{TR200} E PONTE VIA CIGNA PARZ. OSTRUITO – VELOCITA' DI DEFLUSSO (TAV. 2 di 3) | 1:2'500 |
| T.26 | MTL2T1A0DIDRGENR010.3 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 04 – Q _{TR200} E PONTE VIA CIGNA PARZ. OSTRUITO – VELOCITA' DI DEFLUSSO (TAV. 3 di 3) | 1:2'500 |
| T.27 | MTL2T1A0DIDRGENR011.1 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 05 – Q _{TR200} E PONTE VIA BOLOGNA PARZ. OSTRUITO – TIRANTI IDRAULICI (TAV. 1 di 3) | 1:2'500 |
| T.28 | MTL2T1A0DIDRGENR011.2 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 05 – Q _{TR200} E PONTE VIA BOLOGNA PARZ. OSTRUITO – TIRANTI IDRAULICI (TAV. 2 di 3) | 1:2'500 |
| T.29 | MTL2T1A0DIDRGENR011.3 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 05 – Q _{TR200} E PONTE VIA BOLOGNA PARZ. OSTRUITO – TIRANTI IDRAULICI (TAV. 3 di 3) | 1:2'500 |
| T.30 | MTL2T1A0DIDRGENR012.1 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 05 – Q _{TR200} E PONTE VIA BOLOGNA PARZ. OSTRUITO – VELOCITA' DI DEFLUSSO (TAV. 1 di 3) | 1:2'500 |
| T.31 | MTL2T1A0DIDRGENR012.2 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 05 – Q _{TR200} E PONTE VIA BOLOGNA PARZ. OSTRUITO – VELOCITA' DI DEFLUSSO (TAV. 2 di 3) | 1:2'500 |
| T.32 | MTL2T1A0DIDRGENR012.3 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 05 – Q _{TR200} E PONTE VIA BOLOGNA PARZ. OSTRUITO – VELOCITA' DI DEFLUSSO (TAV. 3 di 3) | 1:2'500 |
| T.33 | MTL2T1A0DIDRGENR013.1 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 06 – Q _{TR200} E PONTE C.SO REGIO PARCO PARZ. OSTRUITO – TIRANTI IDRAULICI (TAV. 1 di 3) | 1:2'500 |
| T.34 | MTL2T1A0DIDRGENR013.2 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA | 1:2'500 |



| | | | |
|------|-----------------------|---|---------|
| | | PLAN 06 – Q_{TR200} E PONTE C.SO REGIO PARCO PARZ. OSTRUITO – TIRANTI IDRAULICI (TAV. 2 di 3) | |
| T.35 | MTL2T1A0DIDRGENT013.3 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 06 – Q_{TR200} E PONTE C.SO REGIO PARCO PARZ. OSTRUITO – TIRANTI IDRAULICI (TAV. 3 di 3) | 1:2'500 |
| T.36 | MTL2T1A0DIDRGENT014.1 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 06 – Q_{TR200} E P.TE C.SO R. PARCO PARZ. OSTRUITO – VELOCITA' DI DEFLUSSO (TAV. 1 di 3) | 1:2'500 |
| T.37 | MTL2T1A0DIDRGENT014.2 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 06 – Q_{TR200} E P.TE C.SO R. PARCO PARZ. OSTRUITO – VELOCITA' DI DEFLUSSO (TAV. 2 di 3) | 1:2'500 |
| T.38 | MTL2T1A0DIDRGENT014.3 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 06 – Q_{TR200} E P.TE C.SO R. PARCO PARZ. OSTRUITO – VELOCITA' DI DEFLUSSO (TAV. 3 di 3) | 1:2'500 |
| T.39 | MTL2T1A0DIDRGENT015.1 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 07 – Q_{TR200} E PONTE VIA ROSSINI PARZ. OSTRUITO – TIRANTI IDRAULICI (TAV. 1 di 3) | 1:2'500 |
| T.40 | MTL2T1A0DIDRGENT015.2 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 07 – Q_{TR200} E PONTE VIA ROSSINI PARZ. OSTRUITO – TIRANTI IDRAULICI (TAV. 2 di 3) | 1:2'500 |
| T.41 | MTL2T1A0DIDRGENT015.3 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 07 – Q_{TR200} E PONTE VIA ROSSINI PARZ. OSTRUITO – TIRANTI IDRAULICI (TAV. 3 di 3) | 1:2'500 |
| T.42 | MTL2T1A0DIDRGENT016.1 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 07 – Q_{TR200} E PONTE VIA ROSSINI PARZ. OSTRUITO – VELOCITA' DI DEFLUSSO (TAV. 1 di 3) | 1:2'500 |
| T.43 | MTL2T1A0DIDRGENT016.2 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 07 – Q_{TR200} E PONTE VIA ROSSINI PARZ. OSTRUITO – VELOCITA' DI DEFLUSSO (TAV. 2 di 3) | 1:2'500 |
| T.44 | MTL2T1A0DIDRGENT016.3 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA PLAN 07 – Q_{TR200} E PONTE VIA ROSSINI PARZ. OSTRUITO – VELOCITA' DI DEFLUSSO (TAV. 3 di 3) | 1:2'500 |
| T.45 | MTL2T1A0DIDRGENT017.1 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA LIVELLI IDRICI DI PIENA DI RIFERIMENTO (TAV. 1 di 2) | 1:1'000 |
| T.46 | MTL2T1A0DIDRGENT017.2 | SIMULAZIONI IDRAULICHE 2D FIUME DORA RIPARIA LIVELLI IDRICI DI PIENA DI RIFERIMENTO (TAV. 2 di 2) | 1:1'000 |

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

5. CARATTERISTICHE GENERALI DEL BACINO IDROGRAFICO DEL F. DORA RIPARIA

Il sottobacino del torrente Dora Riparia comprende 42 Comuni su una superficie di 1'172 km² prevalentemente montuosa, con un'altitudine media di 742 m s.l.m.

Il fiume Dora Riparia percorre tutta l'asta valliva della Valle di Susa fino allo sbocco nella pianura torinese. Il corso d'acqua trae origine da due rami: la Dora di Cesana e la Dora di Bardonecchia; la prima riceve i torrenti Thuras, Ripa e Piccola Dora, mentre nella seconda confluiscono i torrenti Melezet, Rho, Frejus e Rochemolles. I due rami confluiscono nella piana di Oulx, dove il corso d'acqua tende a divagare nella grande massa di detriti trasportati e depositati. Nel tratto successivo la pendenza del corso d'acqua aumenta e l'alveo si fa più ristretto, sino ad assumere la conformazione di una stretta gola incisa nello sperone roccioso che sbarrava la valle a monte di Susa. In questo tratto la Dora Riparia riceve in sinistra i torrenti Clarea, proveniente dal massiccio della Rocca d'Ambin, e Cenischia, emissario dei laghi del Moncenisio. Dopo Susa la valle assume la forma caratteristica ad U, propria della sua origine glaciale, e si sviluppa in modo rettilineo in direzione est-ovest. Ad Avigliana la Dora Riparia riceve lo scarico dei due omonimi laghi posti sull'antico percorso del torrente Sangone e, ad Alpignano, si rinserra tra le formazioni moreniche della collina di Rivoli prima di uscire nella pianura torinese, formata dal suo antico conoide di deiezione. L'asta principale della Dora Riparia è suddivisibile in tre tratti, distinti per caratteristiche morfologiche, morfometriche e per comportamento idraulico: il tratto montano fino a Susa, quello di fondovalle fino a Sant'Ambrogio e quello prettamente di pianura fino alla confluenza in Po a Torino. Il primo tratto sottende il sottobacino a monte di Susa, il secondo tratto il sottobacino della bassa Valle di Susa e della Val Cenischia. L'andamento dell'alveo è monocursale rettilineo da Susa a Castello di Camerletto (Caselette), diventa sinuoso fino a all'ingresso in Torino per poi essere rettilineo, contenuto da muri di sponda continui nell'attraversamento della città.

Il bacino della Dora Riparia è distinguibile in due ambiti territoriali: la zona collinare-montana a ovest, che lo interessa quasi integralmente (circa il 90%), e la zona di pianura localizzata nel settore est.

Il regime dei deflussi presenta una criticità classificabile come alta in relazione agli altri sottobacini regionali e le portate della Dora Riparia risultano sempre decisamente minori di quelle teoriche naturali. Le condizioni di depauperamento di risorsa sull'asta di valle, fino all'attraversamento dell'area metropolitana di Torino (vedi: Figura 4), sono prodotte dai numerosi canali a scopo irriguo-idroelettrico e igienico. Proprio alle pressioni derivanti ai prelievi idrici è attribuibile principalmente il rischio di non raggiungimento degli obiettivi previsti dalla direttiva 2000/60/CE. Sulla Dora Riparia inoltre costituisce fattore di rischio anche l'alto grado di artificializzazione legato alla regimazione delle acque, mentre nel tratto in bassa valle una ulteriore pressione potrebbe essere determinata dalla potenziale emissione di sostanze pericolose. Nel tratto di chiusura alle pressioni già citate si sommano quelle legate all'urbanizzazione e alla presenza di scarichi di acque reflue urbane.



Giunto in pianura, il corso d’acqua attraversa poi i territori dei comuni di Avigliana, Alpignano, Pianezza, Collegno e per ultima l’ampia area metropolitana di Torino; continua la sua discesa nella parte nord della città, dopo aver attraversato il parco della Pellerina, andando poi a confluire nel Po presso il Parco Colletta. Si riporta in Figura 4 la rappresentazione del bacino con indicazione delle stazioni di monitoraggio.




Figura 4 – Inquadramento territoriale e principali pressioni insistenti.

5.1 Caratterizzazione idrologica del f. Dora Riparia

Il bacino della Dora Riparia è classificabile tra i “bacini alpini interni”. Appartengono a tale tipologia le vallate poste nelle zone più interne della catena alpina, che protegge dall’arrivo diretto di aria umida dall’Atlantico o dal Mediterraneo e fa sì che le altezze annue e l’intensità di precipitazione risultino piuttosto modeste. Inoltre, per la presenza di ampie zone al di sopra dei 2000 m s.m., le precipitazioni si manifestano nella maggior parte dell’anno prevalentemente sotto forma nevosa e non contribuiscono alla formazione delle piene.

Le piene si verificano generalmente tra la fine della primavera e l’inizio dell’autunno, quando le precipitazioni nevose sono in proporzione scarse. Talora, in particolare a fine primavera, la presenza di un manto nevoso ancora consistente provoca un importante incremento del contributo di piena per effetto della fusione nivale. In questo ambito territoriale, tipico dei bacini alpini interni, spesso il verificarsi delle piene critiche non corrisponde ai valori di massima intensità di pioggia registrati alle stazioni pluviometriche, ma alla coincidenza di una serie di fattori negativi che (oltre alla elevata intensità delle precipitazioni) comprende essenzialmente il manifestarsi di rialzi termici anomali e la presenza di una coltre nevosa consistente.

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

Nei bacini secondari si verificano frequentemente piene provocate da rovesci o temporali di grande intensità ma di scarsa estensione. In questi casi si possono verificare rilevanti fenomeni di trasporto solido, con danni notevoli soprattutto nel caso di riattivazione di conoidi. Nel bacino idrografico le precipitazioni medie variano da 800 mm/anno in pianura a poco oltre 1000 mm/anno nelle zone più elevate.

5.2 Deflusso Minimo Vitale (DMV)

La normativa vigente prevede che le Regioni determinino il Deflusso Minimo Vitale in base ai criteri individuati dalle Autorità di Bacino. L'Autorità di Bacino del fiume Po ha fissato, infatti, con l'Allegato B della delibera n. 7 del 2004 i criteri generali di calcolo del DMV nonché le modalità e i tempi entro i quali le Regioni devono procedere a fissare o adeguare i propri Regolamenti. In particolare la Regione Piemonte ha emanato il Regolamento regionale 17 luglio 2007, n. 8/R: "*Disposizioni per la prima attuazione delle norme in materia di deflusso minimo vitale (Legge regionale 29 dicembre 2000, n. 61)*", al quale si deve fare riferimento in sostituzione delle disposizioni di cui alla deliberazione della Giunta regionale 26 aprile 1995 n. 74-45166.

Il Deflusso Minimo Vitale (DMV) è definito come il deflusso che deve essere presente nel corso d'acqua a valle delle captazioni idriche al fine di mantenere vitali le condizioni di funzionalità e di qualità degli ecosistemi, nel rispetto delle scadenze previste dal D.Lgs.152 per il conseguimento degli obiettivi stabiliti dal decreto stesso. La stima del DMV è correlata alla componente idrologica, definita con riferimento sia alle peculiarità del regime delle precipitazioni, sia a fattori correttivi determinati con riferimento alle caratteristiche morfologiche dell'alveo, dello stato di naturalità, della destinazione funzionale e degli obiettivi di qualità definiti nell'ambito dei Piani di Tutela delle Acque definiti a cura delle Regioni.

In merito al DMV è possibile individuare due diversi contesti applicativi: il primo è connesso all'esigenza di determinare la portata da lasciare defluire a valle delle derivazioni esistenti perché siano ripristinate condizioni minime di naturalità e di qualità dell'ambiente; il secondo è relativo alle nuove derivazioni, rispetto alle quali deve essere garantito che non risultino compromesse le condizioni attuali di naturalità.

La definizione del valore del DMV alla sezione di presa sul corso d'acqua in studio ha richiesto di sviluppare le elaborazioni che seguono con riferimento al Regolamento n. 8/R del 2007, poiché a far data dall'entrata in vigore di tale regolamento (art.15) non trovano più applicazione le disposizioni di cui alla deliberazione della Giunta regionale 26 aprile 1995 n. 74-45166. Le disposizioni dell'art. 10 comma 1a) del citato Regolamento, indicano che per il rilascio di nuove concessioni di derivazione di acque superficiali è necessario determinare il DMV ambientale, calcolato dal DMV di base sul quale applicare gli ulteriori fattori correttivi riguardanti la naturalità (N), la qualità dell'acqua (Q), la fruizione (F) e le esigenze di modulazione della portata. Tali fattori correttivi, ai sensi dell'art. 5, sono definiti dal Piano di Tutela delle Acque.

L'allegato A del Regolamento 8/R definisce le modalità per la determinazione del DMV idrologico da cui calcolare il DMV di base. Il prodotto del fattore k moltiplicato per la portata media annua specifica e per la superficie del bacino sotteso costituisce il DMV idrologico. Il DMV di base è quantificato per ciascuna sezione di prelievo moltiplicando il DMV idrologico per i fattori di correzione M e A che sono funzione rispettivamente dell'incidenza che le particolari caratteristiche morfologiche dell'alveo determinano sulle condizioni di deflusso dell'acqua e degli effetti degli scambi idrici tra le acque superficiali e sotterranee.

Si definisce pertanto il DMV secondo le formulazioni seguenti:

$$\text{DMV base} = k \cdot q_{\text{meda}} \cdot S \cdot M \cdot A$$

in cui:

- k = frazione della portata media annua (parametro sperimentale per singole aree omogenee);
- q_{meda} = portata media annua specifica naturale per unità di superficie del bacino sotteso, espressa in l/s/km²;
- S = superficie del bacino sottesa dalla sezione del corpo idrico, espressa in km²;
- M = parametro morfologico;
- A = parametro funzione dell'interazione tra le acque superficiali e le acque sotterranee.

$$\text{DMV ambientale} = \text{DMV base} \cdot N \cdot Q \cdot F \cdot T$$

La determinazione del parametro k, così come i restanti valori dei parametri idrologici e ambientali necessari per il calcolo del DMV alla sezione di riferimento, è stata sviluppata sulla base di quanto indicato nell'Elaborato A2.12 - *Regolazione del deflusso minimo vitale* della Cartografia di Piano del PTA della Regione Piemonte, di cui in Figura 5 si riporta un estratto per il fiume Dora Riparia.

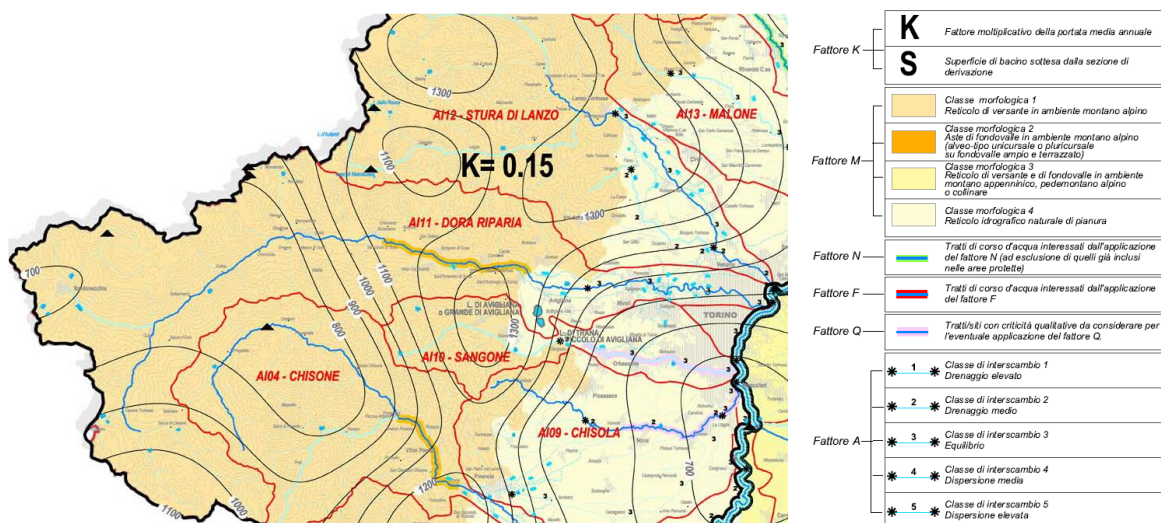



Figura 5 – Estratto dalla Cartografia di Piano del PTA: Elaborato A2.12 – Regolazione del Deflusso Minimo Vitale

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

Utilizzando le formulazioni come richiesto dalla normativa e con riferimento ai parametri sopra elencati, si calcola il DMV.

5.3 Portate di piena

Per la definizione dei valori delle portate di piena per il fiume Dora Riparia occorre fare riferimento al *Piano per la valutazione e la Gestione del Rischio di Alluvioni* (Marzo 2016), il quale risulta essere lo strumento di pianificazione più aggiornato. Nel sopracitato Piano, per il bacino della Dora Riparia, vengono indicati i valori della portata di piena, al variare della progressiva lungo il corso d'acqua, relativamente a tempi di ritorno di 10, 200 e 500 anni. Nella tabella a seguire si riportano i valori di portata, definiti in corrispondenza della sezione 014 – 1P ubicata a monte di Corso Regina Margherita, al Parco della Pellerina, nel Comune di Torino.

Tabella 2 – Portate di piena per il f. Dora Riparia,

| Corso d'acqua | Q 10 (m³/s) | Q 200 (m³/s) | Q 500 (m³/s) |
|--------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Dora Riparia - Torino | 300 | 630 | 890 |

Successivamente sono stati ricostruiti per interpolazione i valori di portata relativamente ai tempi di ritorno di 20, 50 e 100 anni, utili per lo studio idraulico condotto (vedi: Figura 6).

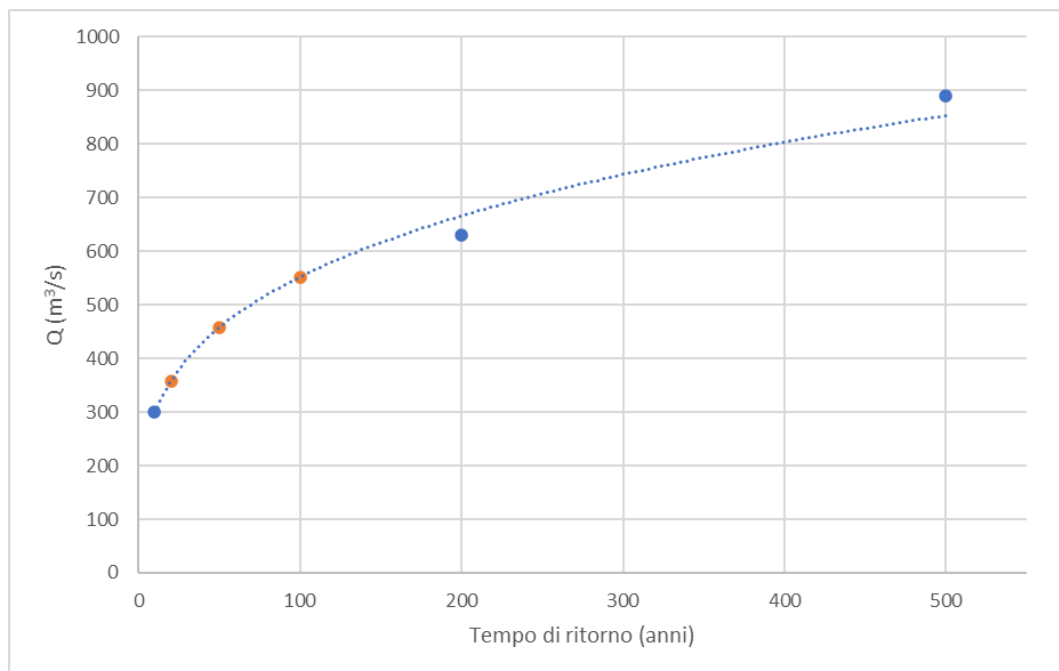


Figura 6 – Ricostruzione dei valori di portata al picco per tempi di ritorno di 20, 50 e 100 anni (punti arancioni), partendo dai valori noti desunti dal PGRA (punti blu, vedi: Tabella 2)



Nella tabella a seguire si riportano i valori di portata al picco, per fissati tempi di ritorno, ottenuti seconda la metodologia precedentemente esposta e che saranno utilizzati nelle simulazioni idrauliche condotte dagli scriventi.

Tabella 3 – Portate di piena per il f. Dora Riparia,

| Corso d'acqua | Q10 (m³/s) | Q 20 (m³/s) | Q 50 (m³/s) | Q 100 (m³/s) | Q 200 (m³/s) | Q 500 (m³/s) |
|----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Dora Riparia | 300 | 360 | 460 | 550 | 630 | 890 |

Infine sono stati determinati gli idrogrammi di piena (vedi: Figura 7), al variare del tempo di ritorno, imponendo i valori di portata al picco soprariportati e una durata dell'evento pari al doppio del tempo di corrivazione del f. Dora Riparia a Torino, che risulta essere di circa 11 ore.

Le caratteristiche degli idrogrammi sono da ritenersi attendibili, sebbene di recente il corso d'acqua abbia mostrato la capacità di subire innalzamenti dei livelli ben più repentini di quelli teoricamente attesi, probabilmente anche a causa di improvvisi fenomeni di fusione di grandi volumi nivali provocati da rapidi innalzamenti di temperatura per intensi flussi sciroccali.

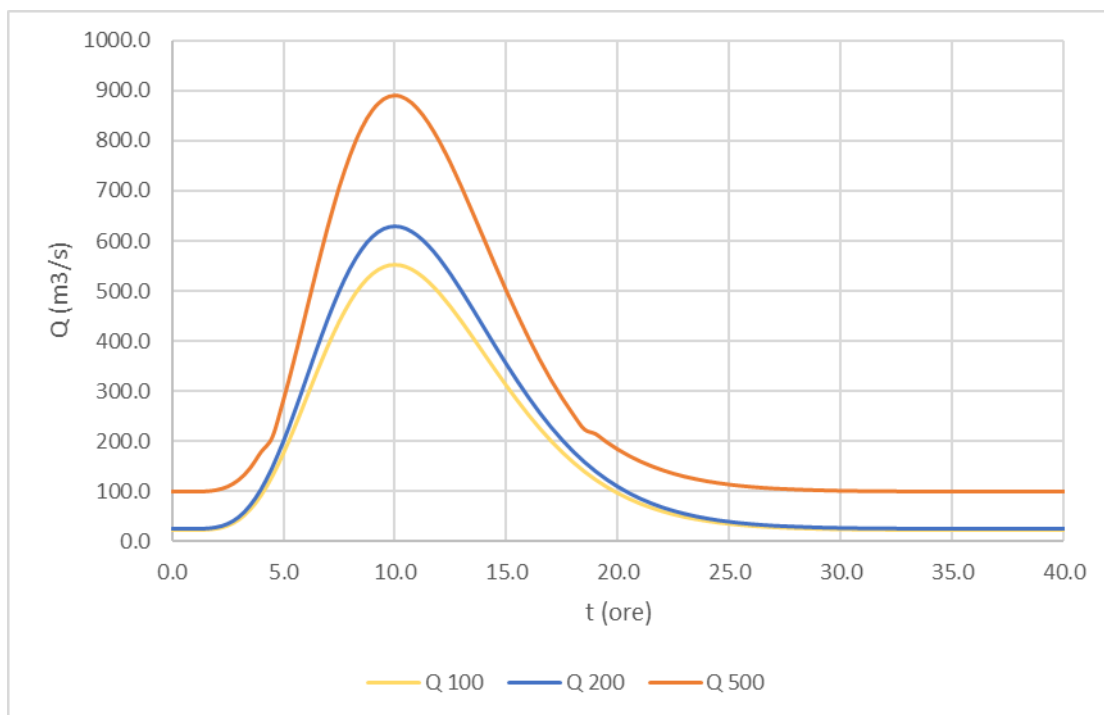



Figura 7 – Idrogrammi di piena relativamente a tempi di ritorno di 100, 200 e 500 anni

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

5.4 Approfondimento relativo al dissesto del f. dora riparia

Le principali caratteristiche di carattere idrologico del corso d'acqua della Dora Riparia interessato dal tracciato principale sono desunte da varie fonti di dati.

Il Progetto di Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni – ARS Distrettuali 2, in particolare per quanto riguarda il tratto di riferimento del Po e della Dora Riparia in ambito cittadino, individua le portate di piena stimate per l'evento del 2000 e riportate nel Rapporto di ARPA Piemonte del 2003 (Eventi Alluvionali in Piemonte 13 – 16 ottobre 2000) pari a circa:

- 700 m³/s sulla Dora Riparia a Torino (stima ricostruita sulla base di tracce di piena);
- 2'350 m³/s sul fiume Po a Torino (Murazzi);

I medesimi valori nel 2016 sono stati stimati pari a 2200 m³/s sul fiume Po a Torino (Murazzi) mentre il rapporto d'evento preliminare ARPA ad oggi pubblicato non riporta ulteriori dati per la Dora Riparia.

L'inquadramento di Assetto Idrogeologico generale del fiume Dora Riparia è stato inoltre realizzato con la Variante al PAI (Variante del 2008), nel tratto compreso fra Oulx e la confluenza in Po. Questo documento è il risultato di approfondimenti conoscitivi e di analisi condotte a seguito della piena dell'ottobre 2000 che hanno permesso l'individuazione delle linee di intervento strutturali.

Il Piano di Assetto idrogeologico oggi individua per il fiume Dora Riparia un valore di portata in ingresso alla città di Torino con TR 200 anni pari a 630 m³/s, mentre nell'assetto di progetto, con la realizzazione di una cassa di espansione a monte di Torino in comune di Alpignano, è prevista una portata di progetto a valle della vasca in ingresso all'abitato pari a 530 m³/s.

Con riferimento all'attraversamento del Fiume Dora è possibile fare riferimento alla Variante al PAI (Variante del 2008), nel tratto compreso fra Oulx e la confluenza in Po. All'elaborato "A.3.2.3 *Trasporto solido*" si riportano delle indicazioni relative alla tendenza evolutiva del corso d'acqua in oggetto. La seguente immagine rappresenta un profilo longitudinale di evoluzione del corso d'acqua prevista dal suddetto studio. Con la simulazione denominata *Dora 2012* si intende riportare il profilo evoluzione del corso d'acqua a partire dal 2002 simulati 10 anni di deflusso del fiume in oggetto. Pertanto il confronto profilo 2002 con profilo 2012 rappresenta in realtà il confronto tra le condizioni di rilievo e le condizioni alla fine simulazione. Tale simulazione riporta quindi gli effetti della tendenza evolutiva del corso d'acqua.

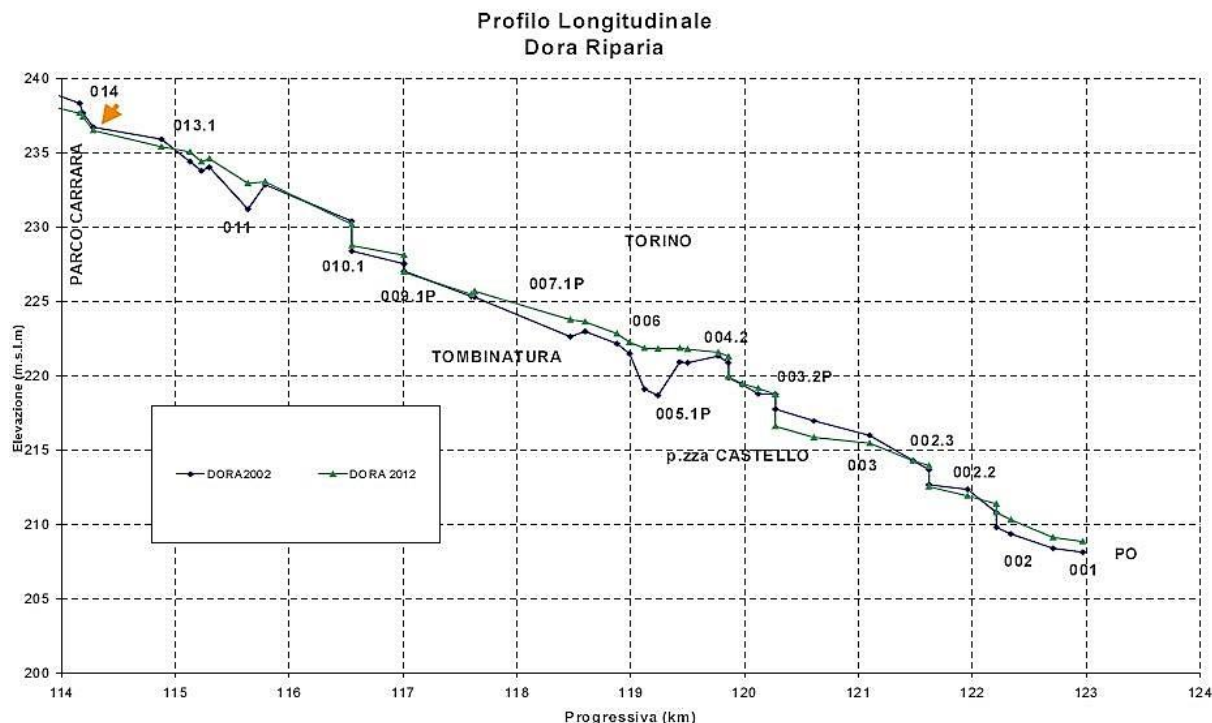



Figura 8 – Profilo longitudinale della Dora Riparia dedotto dalla Variante al PAI con riferimento alla tendenza evolutiva dell’alveo ed alla sua stabilità a seguito della simulazione pluriennale del trasporto solido

L’attraversamento della linea in oggetto avviene all’incirca alla progressiva fluviale della Dora Km 120,5 e presenta una potenziale abbassamento localizzato del fondo alveo pari ad 1 m al massimo. Sulla base delle conclusioni dello studio, tale tratto in oggetto risulta comunque stabile per le dinamiche deposizionali ed erosive per varie ragioni: innanzitutto il fatto che l’intero profilo di fondo è presidiato da numerose traverse e salti di fondo che dissipano la capacità di erosione, inoltre la presenza delle sponde in muratura evita la divagazione laterale. Nel tratto di attraversamento dell’area urbana di Torino il modello redatto nella Variante al PAI (Variante del 2008), nel tratto compreso fra Oulx e la confluenza in Po predice sostanziale stabilità del fondo alveo.

A distanza di alcuni anni dalla pubblicazione dei suddetti studi l’evoluzione del corso d’acqua in corrispondenza dell’attraversamento, prospettata di abbassamento del fondo di circa 1 m, non è visibile e l’alveo è da ritenersi in condizioni di stabilità e stazionarietà in quanto permangono i presidi del fondo costituiti dalle numerose traverse presenti nel tratto cittadino della Dora.

L’eventuale abbassamento di 1 m dell’alveo nel tratto di interesse comunque risulta ininfluente considerata la profondità dello scavo della linea.


Sul fiume Dora Riparia oltre alla stabilità dell’alveo le criticità idrauliche riguardano l’intero tratto cittadino e sono piuttosto connesse all’insufficienza della capacità di convogliamento dell’alveo della

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

portata di riferimento duecentennale, anche e soprattutto per la ridotta officiosità di molti ponti. Tale deficit genera in più tratti il superamento delle sponde e il conseguente rischio di allagamento di diverse parti urbanizzate della città.

In relazione a tale criticità il PAI prevede quindi la realizzazione di una cassa di laminazione a monte di Torino (in Comune di Alpignano) in grado di ridurre il picco della portata di piena a valori compatibili con la portata in grado di transitare nel tratto in questione. Oltre a ciò restano comunque da completare alcuni locali interventi di adeguamento locale delle opere di difesa (muri) in particolare in corrispondenza dei ponti maggiormente interferenti.

In conclusione il dissesto proposto nella direttiva alluvioni con aggiornamento 2015 tuttora vigente è da considerarsi realistico sino almeno all'entrata in funzione della cassa di espansione di Alpignano, sebbene le simulazioni bidimensionali condotte nel presente studio consentano di dettagliare maggiormente il campo d'allagamento atteso per i diversi scenari indagati.

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

6. STUDIO IDRAULICO DEL DEFLUSSO DI PIENA DEL F. DORA RIPARIA

Lo studio idraulico effettuato dagli scriventi si propone di individuare i livelli di piena del f. Dora Riparia associati ad eventi con tempo di ritorno di 100, 200 e 500 anni, e l'estensione degli eventuali relativi allagamenti, con particolare interesse alla zona di intersezione con la nuova linea metropolitana in progetto.

6.1 Metodologia di calcolo

Per le simulazioni è stato utilizzato il software Hec-RAS, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center, River Analysis System dell'US Army Corps of Engineers. In particolare è stata utilizzata la versione n. 5.0.7 pubblicata nel marzo 2019, che risulta essere la versione più stabile.

Con le ultime versioni è stata implementata la capacità di eseguire uno schema di modellazione bidimensionale all'interno della simulazione condotta in regime di moto vario. Gli utenti possono quindi eseguire una modellazione in moto vario con schema monodimensionale (1D) combinato anche con uno schema quasi-bidimensionale e/o bidimensionale puro (2D) con l'aggiunta di aree 2D nel modello, come nel presente studio.

6.1.1 Hec-RAS monodimensionale


I modelli sviluppati con Hec-RAS 1D descrivono il moto monodimensionale, stazionario, di una corrente non uniforme, tale che la distribuzione delle pressioni possa essere considerata di tipo idrostatico. Il modello è a fondo fisso e può applicarsi senza problemi con pendenze di fondo non troppo elevate (non superiori al 10%).

Il calcolo effettuato nelle suddette ipotesi risulta sicuramente cautelativo, in quanto è noto dall'idraulica fluviale che, in condizioni di moto permanente, le portate al colmo defluiscono con una quota idrica superiore a quella che si verificherebbe (per la stessa portata) in condizioni di moto vario. Le principali caratteristiche della corrente (livello idrico e velocità media) vengono calcolate a partire da una sezione (dove le variabili sono note) e passando alla successiva, posta a monte o a valle a seconda che il regime sia, rispettivamente, subcritico o supercritico. Ciò avviene risolvendo, con una procedura iterativa nota come standard step, l'equazione che esprime il bilancio di energia della corrente tra le medesime sezioni, nota anche come equazione di Bernoulli:

$$h_m + z_m + \frac{\alpha_m V_m^2}{2g} = h_v + z_v + \frac{\alpha_v V_v^2}{2g} + \Delta H$$

dove, avendo indicato con il pedice m le grandezze che si riferiscono alla sezione di monte e con il pedice v quelle della sezione di valle, si ha:

- h_m e h_v sono le altezze idriche;

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

- z_m e z_v sono le quote del fondo alveo rispetto ad un riferimento prefissato;
- V_m e V_v sono le velocità medie;
- α_m e α_v sono i coefficienti di ragguaglio delle potenze cinetiche o coefficienti di Coriolis;
- ΔH è la perdita di carico tra le due sezioni.

Il modello prevede una schematizzazione idraulica dell'alveo, attraverso una successione di sezioni trasversali, perpendicolari al vettore velocità della corrente. Ogni sezione può essere anche solo parzialmente interessata dal deflusso idrico. In caso contrario, ovvero di una sezione trasversale interamente contribuente al deflusso, il modello non è in grado di simulare le esondazioni in destra o sinistra idrografica, ossia oltre l'estensione topografica rilevata della sezione.

Nella procedura di calcolo, per la determinazione delle caratteristiche idrauliche della corrente, è necessario determinare l'area della sezione bagnata, il perimetro bagnato, il raggio idraulico e la larghezza della sezione in corrispondenza di un determinato valore della superficie libera. Ogni sezione viene ulteriormente distinta in tre parti, ovvero la parte in cui defluisce il filone centrale della corrente (channel) e le parti laterali perifluviali, in destra e in sinistra idrografica (right/left overbank, indicate con gli acronimi ROB/LOB). Per tenere in conto la sinuosità del corso d'acqua, il software permette di indicare il valore della distanza tra sezioni consecutive (parametro Downstream reach lenght), differenziando, tra due sezioni consecutive, il valore della distanza per la parte del channel, e per quelle dei ROB e LOB e dando la possibilità di specificare valore differenti del parametro di scabrezza.


La valutazione delle perdite di carico è effettuata tramite la formule empirica di Chezy, in cui il parametro C è espresso tramite il coefficiente n di Manning (espresso in $s\ m^{-1/3}$).

Per la valutazione degli effetti di rigurgito dovuti alla presenza di ostacoli quali pile, ponti o una qualunque altra struttura in alveo, il software fa riferimento all'approccio basato sul principio delle quantità di moto totali (equazione globale dell'equilibrio dinamico).

6.1.2 Hec-RAS bidimensionale

Le nuove funzionalità di simulazione della propagazione dei deflussi in Hec-RAS sono state sviluppate per permettere all'utente di eseguire la modellazione 1D/2D combinata. L'algoritmo di modellazione del moto bidimensionale in Hec-RAS ha le seguenti caratteristiche, che rappresentano le potenzialità e l'innovazione del codice di calcolo non solo rispetto alla modellazione monodimensionale, ma anche rispetto ai più datati codici bidimensionali esistenti:

1. **Modellazione combinata 1D e 2D:** la possibilità di eseguire una modellazione combinata 1D e 2D all'interno dello stesso modello in regime di moto vario permette all'utente di lavorare su schemi fluviali più complessi, utilizzando la modellazione 1D per l'asta fluviale principale, e la modellazione 2D nelle zone esterne che lo richiedono per modellare in modo fedele la propagazione dei deflussi nelle aree perifluviali;

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

2. **Equazioni complete di Saint Venant o di diffusione dell'onda in 2D:** il programma risolve sia le equazioni 2D di diffusione dell'onda o quelle complete di Saint Venant. Questa opzione è selezionabile dall'utente, offrendo quindi una maggiore flessibilità. In generale, le equazioni di diffusione dell'onda in 2D consentono al software di funzionare più velocemente garantendo una maggiore stabilità. Le equazioni 2D in forma completa di Saint Venant sono applicabile a una gamma più ampia di problemi, ma la grande maggioranza delle situazioni può essere modellata con sufficiente precisione con le equazioni di diffusione dell'onda;
3. **Algoritmo di soluzione ai volumi finiti:** il risolutore delle equazioni di moto bidimensionale utilizza un algoritmo implicito ai Volumi finiti. L'algoritmo di soluzione consente di utilizzare passi temporali di calcolo maggiori rispetto ai metodi espliciti. L'approccio ai volumi finiti fornisce un miglioramento della stabilità e robustezza rispetto alle tradizionali tecniche differenziali di soluzione basate su metodi a elementi finiti;
4. **Algoritmo per la soluzione accoppiata dei modelli 1D e 2D:** gli algoritmi di soluzione 1D e 2D sono strettamente accoppiati nello stesso passo temporale di calcolo. Questo permette una perfetta coerenza a ogni passo temporale tra i modelli 1D e 2D. Ad esempio, se l'alveo principale è modellato in 1D, ma l'area a tergo degli argini è modellata in 2D, il deflusso al di sopra dell'argine o eventualmente attraverso una breccia nell'argine è valutato utilizzando come carico di monte il livello nel fiume 1D e come carico di valle il livello nell'area 2D. L'equazione dello stramazzone è utilizzata per calcolare il deflusso al di sopra l'argine o attraverso la breccia;
5. **Maglie computazionali strutturate e non strutturate:** il software è stato progettato per utilizzare mesh computazionali strutturate o non strutturate. Ciò significa che le celle di calcolo possono essere triangoli, quadrati, rettangoli o anche elementi a cinque e sei facce. La maglia può essere una miscela di forme e dimensioni delle celle. Il contorno esterno della maglia computazionale è definito con un poligono;
6. **Tabella dettagliata delle proprietà idrauliche per le celle di calcolo:** ogni cella e ogni faccia della cella per tutta la maglia di calcolo è pretrattata al fine di sviluppare dettagliate tabelle di proprietà idrauliche basate sul DTM utilizzato nel processo di modellazione, vedi Figura 9;

Nella Figura 9 a sinistra è illustrato un esempio di maglia di calcolo sovrapposta ai dati del terreno. Le celle computazionali sono delimitate dalle linee nere spesse. I centri di calcolo di ogni cella sono rappresentati dai nodi neri e sono i luoghi dove sono calcolati livello idrico e portata. La curva altezza/volume per ogni cella si basa sui dati del terreno sottostante. Ogni faccia della cella è una sezione trasversale dettagliata basata anch'essa sul terreno sottostante;

Questo metodo di rappresentazione delle celle permette all'acqua di spostarsi tra le celle in base ai dati del terreno sottostante. Pertanto un piccolo canale che attraversa le celle e le cui dimensioni sono molto più piccole della dimensione delle celle viene comunque rappresentato tramite la curva altezza/volume delle celle oltre che dalle proprietà idrauliche delle facce tra le celle. Ciò significa



che l'acqua scorre tra le celle più grandi ma comunque il deflusso è condizionato dalle caratteristiche del canale. Un esempio di un piccolo canale che attraversa celle della griglia molto più grandi è illustrato a destra nella Figura 9, che presenta diversi canali che sono molto più piccoli della dimensione media della cella utilizzata per modellare la zona. Tuttavia, come illustrato nella figura medesima a destra, il deflusso avviene attraverso i piccoli canali in funzione delle proprietà idrauliche del canale. Il deflusso rimane nei canali fino a quando la portata non è tale da causare la tracimazione delle sponde e quindi il deflusso si riversa nelle aree adiacenti;

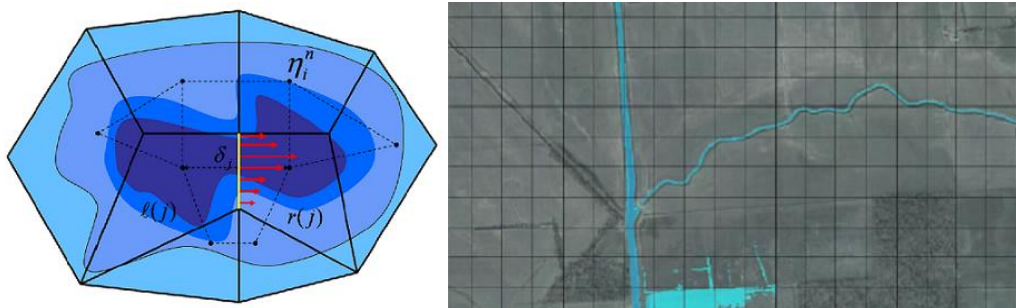


Figura 9 – Rete di calcolo non strutturata con i dati dettagliati del modello digitale del terreno ed esempio che mostra i vantaggi di utilizzare un approccio basato sulla variabilità del DTM all'interno della cella.

- 7. Dettagliata mappatura dello scenario degli allagamenti con animazioni:** la perimetrazione delle aree allagabili così come le animazioni dello scenario degli allagamenti in funzione del tempo è fatta all'interno di HEC-RAS utilizzando le funzionalità di RAS - Mapper. La mappatura delle aree allagate si basa sul DTM, ciò significa che la reale superficie bagnata è basata sui dettagli della morfologia del terreno sottostante e non sulla dimensione della cella di calcolo;
- 8. Algoritmo di calcolo basato su sistemi Multi-Processore:** Il modello di calcolo 2D è stato programmato per sfruttare i sistemi multi-processore presenti sui computer moderni (architettura parallela). In questo l'algoritmo di soluzione presenta una maggiore velocità e quindi i computer dotati di più processori sono in grado di eseguire la modellazione 2D più velocemente rispetto ai computer a singolo processore.

6.2 Geometria di riferimento

Nell'ambito dello studio idraulico è stato allestito un opportuno modello di calcolo 1D/2D, con sezioni monodimensionali, per la caratterizzazione dell'alveo inciso, combinata ad aree computazionali bidimensionali per le aree perfluviali. La geometria utilizzata per la modellazione idraulica è stata sviluppata sulla base delle seguenti informazioni topografiche:

- Modello digitale del Terreno (DTM) realizzato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (M.A.T.T.M.) nell'ambito del Piano Straordinario di Telerilevamento (P.S.T.) con volo LiDAR, anno 2008;



- Rilievo batimetrico dell'asta del f. Dora Riparia, effettuato nel 2002, dall'Agenzia Interregionale per il fiume Po (AIPo) e disponibile sul geoportale dell'Ente;
- Rilievi topografici integrativi condotti dagli scriventi nel mese di ottobre 2021 e volti alla caratterizzazione di dettaglio di alcune infrastrutture interferenti (vedi: Figura 10).




Figura 10 – Esecuzione del rilievo topografico integrativo condotto da SRIA nell'ottobre 2021

Le basi topografiche precedentemente elencate sono state opportunamente combinate ed integrate con il fine di ricostruire un DSM attendibile al netto della vegetazione presente (cfr. Figura 11).



Figura 11 – Dettaglio del DSM ricostruito dagli scriventi che consente di simulare la presenza di edifici nell'area d'interesse, fortemente urbanizzata

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

Lo studio idraulico degli scriventi è dunque stato condotto sulla scorta di un modello di simulazione idraulica combinato 1D e 2D, in regime di moto vario, utilizzando la schematizzazione monodimensionale per l'asta fluviale del f. Dora Riparia, e la modellazione bidimensionale per le aree perifluviali al fine di modellare in modo fedele la propagazione dei deflussi nelle aree urbane di Torino potenzialmente interessate dalle esondazioni.

Nell'esecuzione del modello le simulazioni 1D e 2D vengono svolte contemporaneamente per ogni step temporale. Questo permette una perfetta coerenza tra gli elementi 1D e quelli 2D.

6.2.1 Area computazionale 2D

L'area computazionale utilizzata nelle simulazioni idrauliche è stata sufficientemente estesa in modo da:

- Rendere trascurabili le imprecisioni di calcolo che si manifestano nell'intorno delle interfacce su cui sono applicate le condizioni al contorno di monte e di valle;
- Evidenziare chiaramente l'estensione trasversale delle aree interessate dai deflussi di piena.

In Figura 12 si riporta il dominio di calcolo, che si estende dal ponte di Corso Principe Oddone fino alla confluenza del f. Dora Riparia con il f. Po, in corrispondenza del Parco della Colletta.

Le due sezioni al contorno sono state anche scelte in modo accurato al fine di:

- Identificare a monte una sezione ove i deflussi di piena siano sufficientemente concentrati;
- Valutare gli eventuali effetti sui deflussi di piena del fiume Dora Riparia in termini di rigurgito dei livelli idrici in occasione di concomitanti eventi di piena del fiume Po.

Il dominio computazionale bidimensionale così ottenuto risulta dunque costituito da due regioni, afferenti rispettivamente alle aree perifluviali site in destra e sinistra idraulica. La maglia complessiva di entrambe le aree 2D è costituita da circa 33.000 celle di calcolo, 15 x 15 m, per un'estensione complessiva di circa 5,6 km². Tramite l'utilizzo di break lines è stato possibile modificare localmente le celle di calcolo, consentendo sia di modificare la dimensione delle stesse, che di disporle in modo **da adattarle meglio alla morfologia del terreno e alla presenza dei numerosi edifici.**

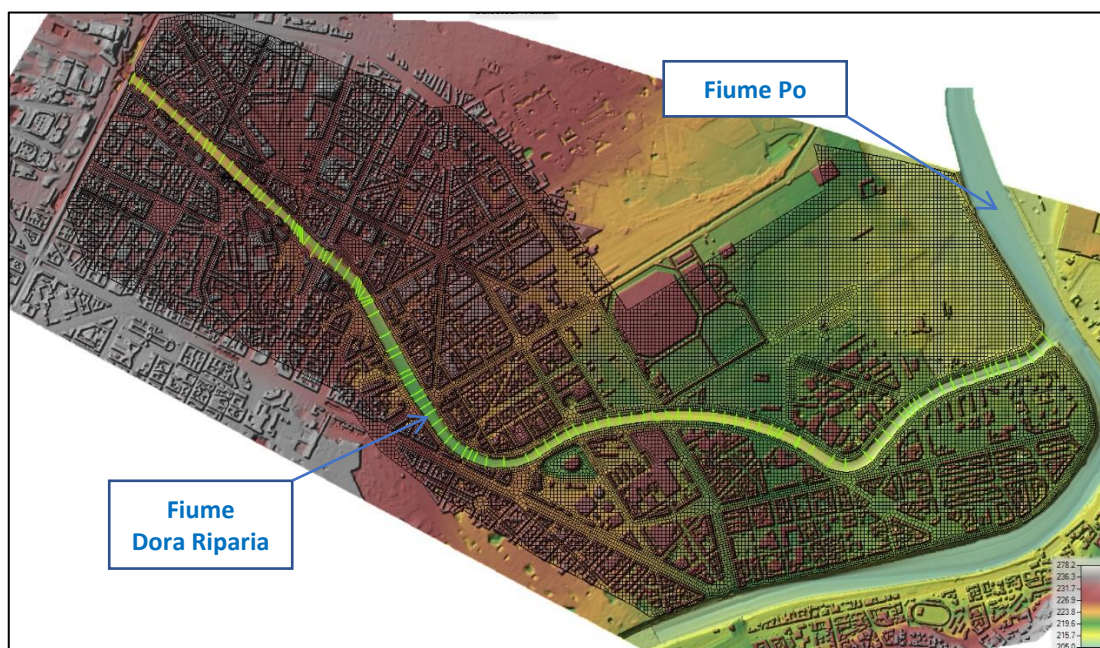


Figura 12 – Estensione del dominio di calcolo adottato (area reticolata), da corso Principe Oddone alla confluenza con il f. Po, in corrispondenza del Parco della Colletta

6.2.2 Sezioni di calcolo

La modellazione 1D dell'alveo inciso del f. Dora Riparia è stata costruita su un tratto di asta fluviale di lunghezza pari a circa 5 km e comprende n. 113 sezioni di calcolo mediamente distanti 50 m l'una dall'altra.

Le sezioni in esame sono state estese soltanto lungo l'incisione d'alveo; in corrispondenza delle sponde, sia in destra che in sinistra idraulica, sono state inseriti due sfioratori laterali (*lateral structures*) fittizi, ai quali sono state imposte, come quote di sfioro, le quote reali del terreno. Le strutture laterali così inserite consentono di combinare la modellazione monodimensionale con quella bidimensionale, in funzione della variazione di livello idrico che si registra nella generica sezione.

6.2.3 Strutture interferenti

Il modello numerico è stato opportunamente integrato inserendo la geometria dei n.13 attraversamenti e delle n.3 soglie di fondo esistenti nel tratto in esame, al fine di valutare le modalità di interferenza dei manufatti con il deflusso di piena del fiume Dora Riparia.

L'unico attraversamento non inserito nella geometria di calcolo è la passerella "Franco Mellano", ubicata subito a valle del Campus Einaudi, poiché non interferisce con la sezione di deflusso del corso d'acqua. Il ponte Carpanini e il ponte tramviario ubicato subito a valle sono vincolati da martinetti idraulici che, in occasione di eventi di piena, consentono il sollevamento dei manufatti. Nelle simulazioni condotte, per entrambi i ponti di attraversamento, è stato ipotizzato il massimo sollevamento per garantire una maggiore sezione di deflusso.



Figura 13 – Vista da monte del ponte Carpanini in condizioni di normale esercizio, pertanto non sollevato.




Figura 14 – Ponte tramviario ubicato a valle del ponte Carpanini parzialmente sollevato

Per quanto riguarda le soglie idrauliche, due delle tre inserite nella geometria di calcolo sono ubicate in corrispondenza delle due centrali idroelettriche esistenti lungo il f. Dora Riparia (vedi: Tabella 5). In corrispondenza di tali traverse sono stati installati due gommoni gonfiabili e abbattibili in caso di piena, che pertanto non sono stati inseriti nella geometria di calcolo allestita.

Le geometrie dei manufatti inseriti nel modello numerico sono in parte disponibili dai rilievi effettuati negli anni dall'Agenzia Interregionale per il fiume Po (A.I.Po).

Inoltre gli scriventi, nel mese di ottobre 2021, hanno effettuato una campagna di rilievo topografico integrativo al fine di rilevare le strutture di cui non si disponevano informazioni e per garantire la maggiore precisione possibile nell'esecuzione delle valutazioni tecniche.

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

Nelle tabelle a seguire sono riportati gli elenchi delle strutture interferenti inserite nel modello idraulico allestito.

Tabella 4 – Manufatti di attraversamento esistenti (da monte verso valle) nel tratto di f. Dora Riparia d'interesse

| Manufatto |
|--|
| Ponte via Cigna |
| Passerella pedonale |
| Ponte Carpanini |
| Ponte tram |
| Ponte Mosca |
| Passerella pedonale |
| Ponte Bologna |
| Ponte Regio Parco |
| Ponte Rossini |
| Ponte Corso Tortona |
| Ponte Emanuele Filiberto |
| Ponte Washington |
| Passerella pedonale Parco della Colletta |

Tabella 5 – Soglie esistenti (da monte verso valle) lungo il tratto di f. Dora Riparia oggetto di interesse

| Manufatto |
|------------------------------------|
| Soglia Centrale Regio Parco |
| Soglia Emanuele Filiberto |
| Soglia Centrale Emanuele Filiberto |

6.3 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno applicate sono le seguenti:

- Condizione di monte – F. Dora Riparia: Idrogrammi di piena (TR 100, 200 e 500 anni, cfr. §5.3), imposti alla sezione 1D all'estremo di monte del modello, posta subito a valle del ponte di Corso Principe Oddone;
- Condizione di valle – F. Dora Riparia: livello del f. Po in occasione di un evento di piena duecentennale, imposto alla sezione 1D all'estremo di valle del modello. La condizione è ritenuta sufficientemente cautelativa e il valore è stato desunto dal documento "Profili di piena dei corsi d'acqua del reticolo principale – Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni", Marzo 2016 (vedi: Tabella 6), relativamente alla sezione PAI n. 268, ubicata in corrispondenza della confluenza del f. Dora Riparia con il f. Po e coincidente con la sezione di chiusura del modello idraulico allestito dagli scriventi.


| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

Tabella 6 – Profilo di piena del f. Po relativamente a eventi di piena di 20, 200 e 500 anni

| Sez. PAI | Progr. PAI (km) | Sez. modello SdF | Progr. modello SdF (km) | T = 20 | T = 200 | T = 500 |
|----------|-----------------|------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | anni | anni | anni |
| | | | | Quota idrica (m s.m.) | Quota idrica (m s.m.) | Quota idrica (m s.m.) |
| 270 | 109.090 | 120906 | 110.187 | 214.27 | 215.70 | 216.10 |
| | | 120560 | 110.533 | 213.39 | 214.60 | 214.93 |
| 269 | 109.684 | 120298 | 110.795 | 213.14 | 214.40 | 214.75 |
| | | 120122 | 110.971 | 213.24 | 214.54 | 214.90 |
| | | 120108 | 110.985 | 213.23 | 214.50 | 214.85 |
| | | 120072 | 111.021 | 213.20 | 214.45 | 214.79 |
| | | 120055 | 111.038 | 213.23 | 214.49 | 214.84 |
| | | 119963 | 111.130 | 213.26 | 214.56 | 214.92 |
| 268 | 110.279 | 119745 | 111.348 | 212.73 | 213.67 | 213.93 |

6.3.1 Parametri di scabrezza

A seguire si riportano i valori dei parametri di scabrezza di Manning utilizzati:


- Sezioni monodimensionali, alveo inciso del f. Dora Riparia: $n = 0,031 \text{ s/m}^{1/3}$;
- Celle 2D, zone urbanizzate: $n = 0,02 \text{ s/m}^{1/3}$.

6.4 Scenari simulati

Gli scenari esaminati nelle simulazioni del deflusso di piena del f. Dora Riparia sono associati ai seguenti tempi di ritorno e in tutti i casi si ipotizza, come detto, il concomitante deflusso nel fiume Po del picco di piena duecentennale (condizione cautelativa):

- PLAN 01: evento di piena associato a un tempo di ritorno di 100 anni;
- PLAN 02: evento di piena associato a un tempo di ritorno di 200 anni;
- PLAN 03: evento di piena associato a un tempo di ritorno di 500 anni.

Inoltre i manufatti di attraversamento di via Cigna, via Bologna, corso Regio Parco e via Rossini risultano essere punti particolarmente critici in caso di piena. Difatti, tali manufatti sono caratterizzati da sezioni di deflusso insufficienti da un punto di vista idraulico e la presenza di una o due pile in alveo potrebbe comportare l'accumulo di materiale flottante in corrispondenza della sezione di monte che andrebbe ad ostruire ulteriormente la sezione di deflusso. Pertanto sono state effettuate delle simulazioni idrauliche aggiuntive, per l'evento di piena duecentennale di riferimento, nelle quali si è

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

ipotizzata l'occlusione parziale alternativa dei quattro differenti manufatti di attraversamento sopracitati.

Le simulazioni idrauliche condotte con il fine di valutare l'incidenza della parziale occlusione in corrispondenza di determinati manufatti di attraversamento sono di seguito elencate:

- PLAN 04: evento di piena associato a TR 200 anni, parziale occlusione del ponte di via Cigna;
- PLAN 05: evento di piena associato a TR 200 anni, parziale occlusione del ponte di via Bologna;
- PLAN 06: evento di piena associato a TR 200 anni, parziale occlusione del ponte di corso Regio Parco;
- PLAN 07: evento di piena associato a TR 200 anni, parziale occlusione del ponte di via Rossini.

La parziale occlusione dei manufatti è stata simulata tramite l'inserimento di una *obstruction*, di larghezza pari a 6 m in corrispondenza di ciascuna pila presente. Le *obstructions* consentono di modellare porzioni di sezione che sono permanentemente bloccate e che pertanto, dal punto di vista idraulico, producono una riduzione dell'area bagnata ed un aumento del perimetro bagnato nel momento in cui l'acqua viene a contatto con esse.

A titolo esemplificativo, nell'immagine a seguire si riporta la schematizzazione del ponte di Via Bologna, in condizioni di parziale occlusione (*PLAN 05*).

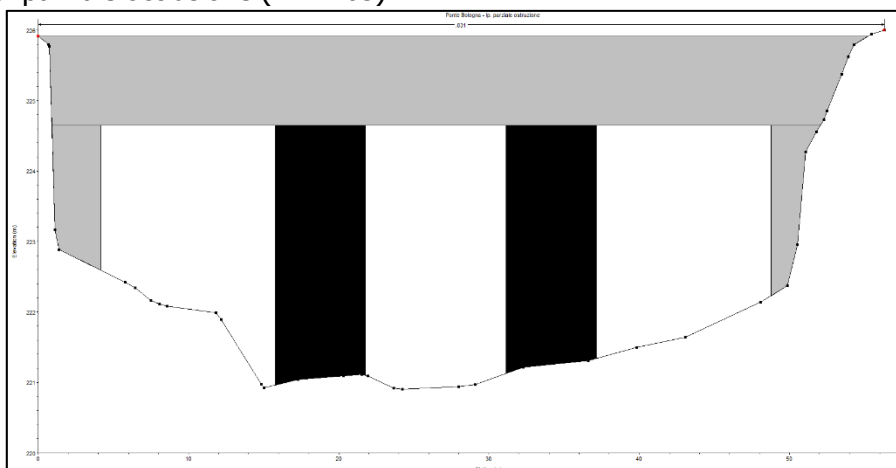


Figura 15 – Schematizzazione del ponte di Via Bologna in condizioni di parziale ostruzione, tramite l'inserimento di obstructions in corrispondenza delle pile del manufatto (PLAN 05)

6.5 Risultati delle simulazioni idrauliche e determinazione della pericolosità idraulica attuale

Nei paragrafi a seguire vengono analizzati i risultati delle simulazioni idrauliche per il tratto di f. Dora Riparia da corso Principe Oddone alla confluenza in f. Po, nel comune di Torino. Particolare attenzione verrà riposta alle aree in cui è prevista la realizzazione delle opere della Metro 2.



È del tutto evidente che immagini statiche come quelle che è possibile riportare in relazione e nelle relative tavole grafiche non sono in grado di far apprezzare completamente le dinamiche di deflusso della corrente, ottenibili dal modello di calcolo. Le simulazioni sono state infatti svolte in moto vario, il quale per sua natura dovrebbe essere osservato in modalità “dinamica” durante l’arco temporale dell’evento simulato con gli opportuni software, per consentire un migliore apprezzamento della dinamica di deflusso.

Si rimanda agli specifici elaborati grafici per la completa consultazione dei risultati ottenuti.

6.5.1 PLAN 01 – Evento di piena associato a un tempo di ritorno di 100 anni

Dalla simulazione idraulica condotta in occasione di un evento associato a un tempo di ritorno di 100 anni si evince che i deflussi di piena restano sostanzialmente contenuti nell’alveo attivo del f. Dora Riparia (vedi: Figura 16).

Pur non manifestandosi fenomeni di esondazione è importante segnalare l’insufficienza idraulica della maggior parte dei manufatti di attraversamento esistenti nel tratto di corso d’acqua indagato, anche in occasione dell’evento di piena simulato (TR 100 anni).

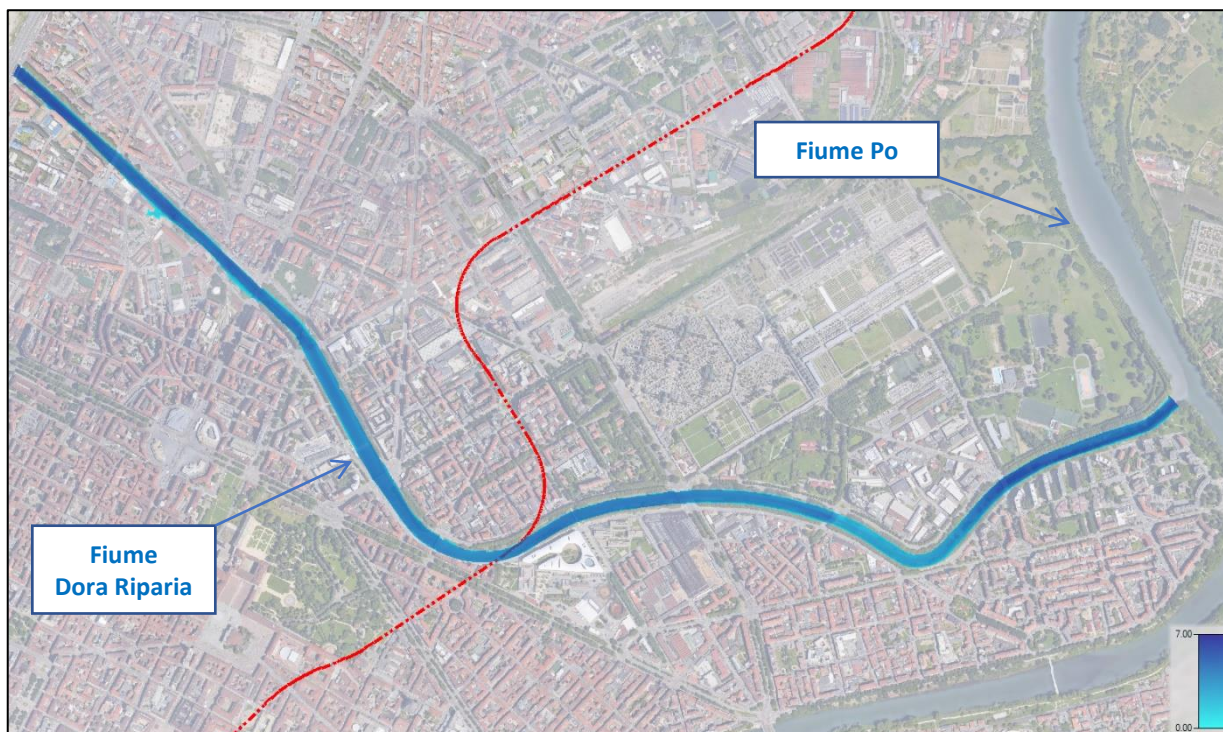



Figura 16 - Massimi battenti in occasione di un evento di piena associato a un tempo di ritorno di 100 anni.

La linea rossa rappresenta il tracciato della Metro 2

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

A seguire si riportano i livelli misurati a monte di ciascun ponte e il franco idraulico in corrispondenza degli stessi. Si precisa che in corrispondenza dei ponti ad arco la quota di intradosso riportata si riferisce alla quota in chiave e il franco idraulico è stato calcolato proprio rispetto a tale quota.

Dalla consultazione della Tabella 7 si evidenzia come cinque manufatti di attraversamento presentino un funzionamento in pressione in occasione dell'evento simulato; mentre i restanti ponti, ad eccezione del Ponte Mosca, del Ponte Washington e della passerella pedonale del Parco della Colletta, presentano un franco idraulico inferiore al metro.

Tabella 7 – Quote d'intradosso, livelli idraulici (Plan 01 – TR100) e franchi idraulici calcolati per ciascun ponte

| Ponte | Quota intradosso m s.l.m. | Livello idraulico TR 100 anni m s.l.m. | Franco idraulico m |
|---------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------|
| Via Cigna* | 228.45 | 228.13 | 0.3 |
| Passerella pedonale | 226.85 | 227.59 | Ponte in pressione |
| Ponte Carpanini | 227.2 | 226.59 | 0.6 |
| Ponte tram | 226.27 | 226.78 | Ponte in pressione |
| Ponte Mosca* | 230.53 | 226.24 | 4.3 |
| Passerella pedonale | 225.65 | 225.82 | Ponte in pressione |
| Via Bologna | 224.65 | 225.55 | Ponte in pressione |
| Corso Regio Parco | 223.73 | 223.76 | Ponte in pressione |
| Via Rossini | 223.35 | 222.94 | 0.4 |
| Corso Tortona* | 220.69 | 220.54 | 0.2 |
| Emanuele Filiberto* | 219.07 | 218.57 | 0.5 |
| Ponte Washington | 217.45 | 214.72 | 2.7 |
| Passerella Parco | 216.17 | 214.02 | 2.1 |
| Colletta | | | |

**Ponti ad arco. La quota d'intradosso riportata è la quota in chiave. Pertanto in franco idraulico è stato calcolato rispetto la chiave dell'arco.*

6.5.2 PLAN 02 – Evento di piena associato a un tempo di ritorno di 200 anni

La simulazione dell'evento di piena associato a un tempo di ritorno di 200 anni, tecnicamente il più importante dato che trattasi dell'evento di riferimento previsto dalla normativa, restituisce evidenti insufficienze lungo le sponde del f. Dora Riparia. Difatti, con riferimento alla Figura 17, si evidenziano fenomeni di allagamento localizzati nell'area di Borgo Dora e in corrispondenza di Lungo Dora Firenze e Lungo Dora Savona nell'area compresa tra via Bologna e via Rossini.

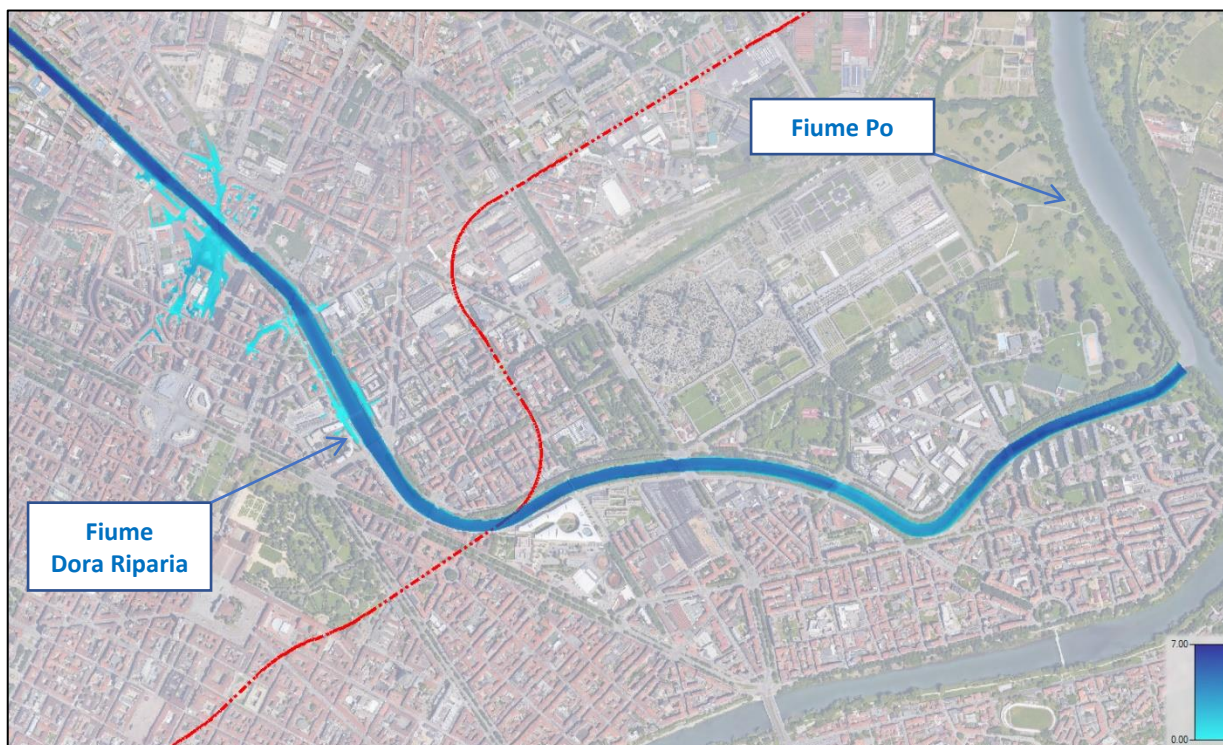


Figura 17 – Massimi battenti in occasione di un evento di piena associato a un tempo di ritorno di 200 anni.

La linea rossa rappresenta il tracciato della Metro 2

Tali fenomeni esondativi sono da attribuire all'insufficienza idraulica di molti manufatti di attraversamento che viene nuovamente evidenziata in Tabella 8.

Nello specifico, l'allagamento prodotto nell'area di Borgo Dora, sia in destra che in sinistra idraulica, è imputabile all'insufficienza della sezione idraulica del ponte tramviario che, lavorando in pressione per gran parte dell'evento simulato, comporta un rigurgito dei livelli a monte dello stesso e conseguentemente la tracimazione di sponda. Nell'immagine a seguire si riporta la sezione del ponte con indicazione del massimo livello idrico registrato.

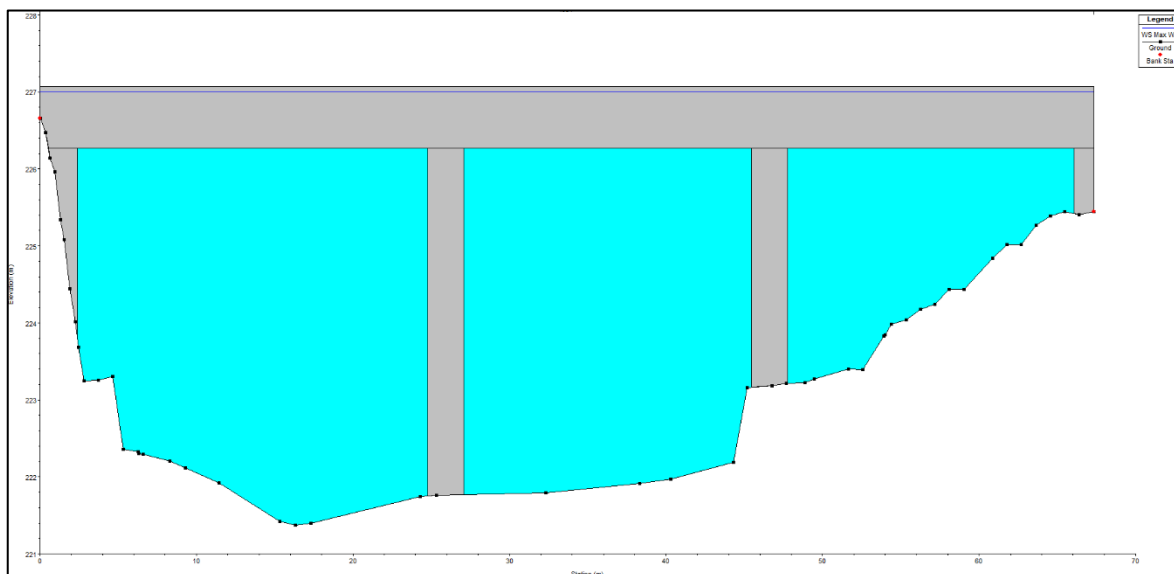


Figura 18 – Ponte tramviario, ubicato a valle del ponte Carpanini, con indicazione del massimo livello idrico registrato in occasione di un evento di piena duecentennale

In Figura 19 si riporta una sezione ubicata a monte del ponte tramviario, con indicazione del massimo livello idrico registrato in occasione dell'evento simulato, da cui si evidenzia il fenomeno di tracimazione delle sponde, sia in destra che in sinistra idraulica.

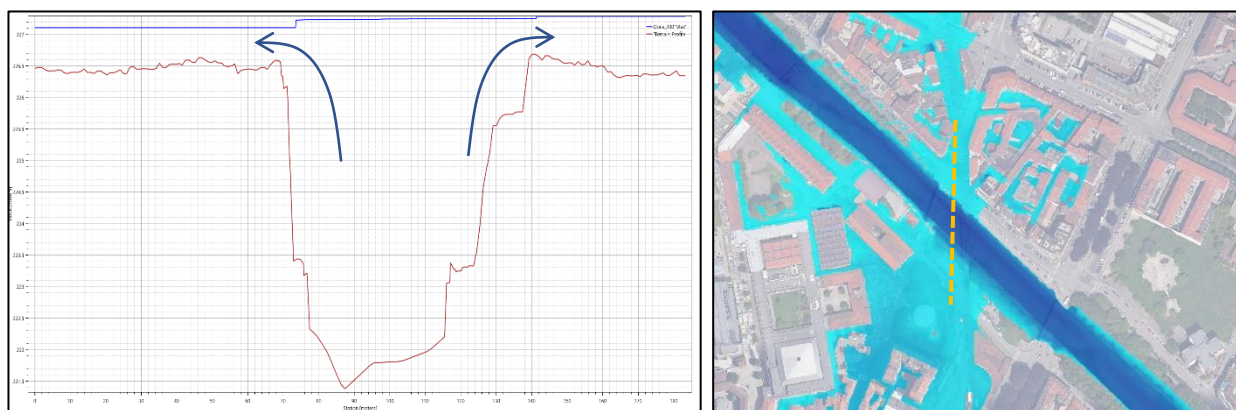


Figura 19 – Sezione ubicata a monte del ponte tramviario, in zona Borgo Dora, con indicazione del massimo livello idrico registrato in occasione di evento di piena duecentennale

Allo stesso modo, gli allagamenti evidenti in corrispondenza di Lungo Dora Firenze e Lungo Dora Savona, tra via Bologna e via Rossini, sono conseguenza della scarsa officiosità idraulica del ponte di via Bologna che peraltro risulta evidente anche per eventi di piena centennali (cfr. Tabella 7). Tale insufficienza idraulica comporta l'insorgenza di un fenomeno di rigurgito a monte del ponte e pertanto un innalzamento di livello idrico non contenuto dalle sponde esistenti (cfr. Figura 21). I fenomeni di

allagamento interessano Lungo Dora Savona e Lungo Dora Firenze, nel tratto compreso tra via Bologna e via Rossini, e parte di via Priocca.

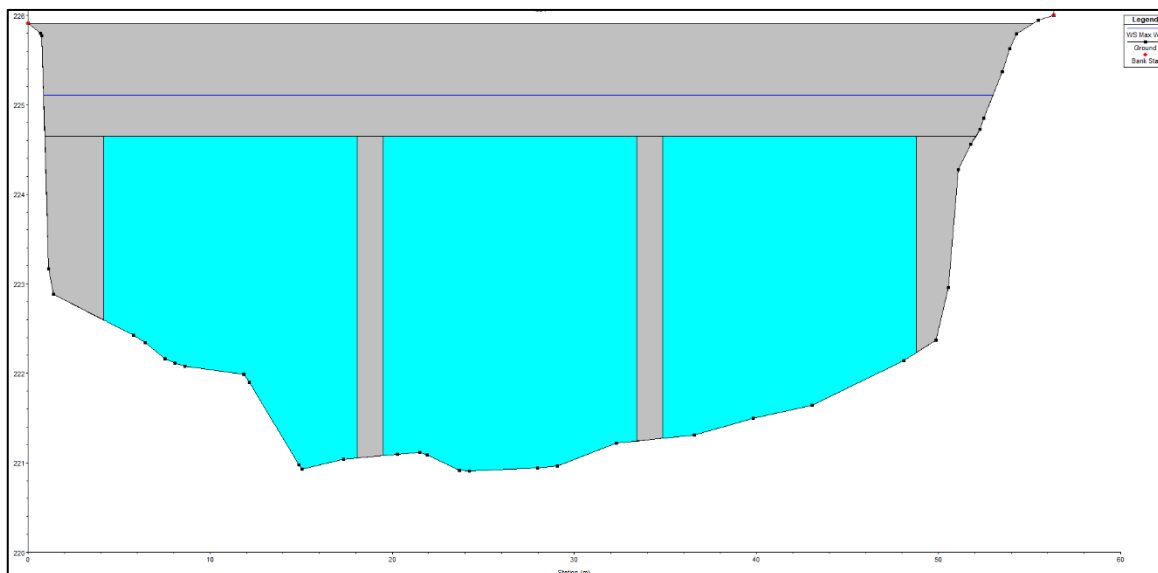


Figura 20 - Ponte di via Bologna con indicazione del massimo livello idrico registrato in occasione di un evento di piena duecentennale

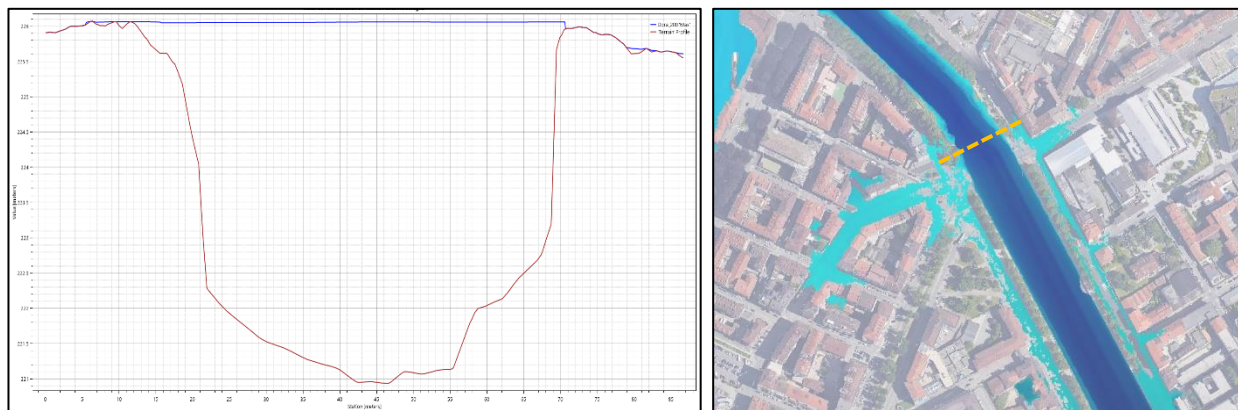


Figura 21 – Sezione ubicata a monte del ponte di Via Bologna, con indicazione del massimo livello idrico registrato in occasione di evento di piena duecentennale

Nella tabella a seguire sono riportati i franchi idraulici calcolati in corrispondenza di ciascun ponte inserito nella geometria di calcolo. Nuovamente, come già evidenziato con la simulazione precedente associata a un tempo di ritorno di 100 anni, si evidenzia l'insufficienza idraulica della quasi totalità dei manufatti di attraversamento.

Tabella 8 – Quote d'intradosso, livelli idraulici (Plan 02 – TR200) e franchi idraulici calcolati per ciascun ponte



| Ponte | Quota intradosso m s.l.m. | Livello idraulico TR 200 anni m s.l.m. | Franco idraulico m |
|---------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------|
| Via Cigna* | 228.45 | 228.77 | Ponte in pressione |
| Passerella pedonale | 226.85 | 228.18 | Ponte in pressione |
| Ponte Carpanini | 227.2 | 227.07 | 0.1 |
| Ponte tram | 226.27 | 227.26 | Ponte in pressione |
| Ponte Mosca* | 230.53 | 226.67 | 3.9 |
| Passerella pedonale | 225.65 | 226.33 | Ponte in pressione |
| Via Bologna | 224.65 | 226.07 | Ponte in pressione |
| Corso Regio Parco | 223.73 | 224.18 | Ponte in pressione |
| Via Rossini | 223.35 | 223.28 | 0.1 |
| Corso Tortona* | 220.69 | 220.93 | Ponte in pressione |
| Emanuele Filiberto* | 219.07 | 218.84 | 0.2 |
| Ponte Washington | 217.45 | 214.81 | 2.6 |
| Passerella Parco | | | |
| Colletta | 216.17 | 214.08 | 2.1 |

**Ponti ad arco. La quota d'intradosso riportata è la quota in chiave. Pertanto in franco idraulico è stato calcolato rispetto la chiave dell'arco.*

6.5.3 PLAN 03 – Evento di piena associato a un tempo di ritorno di 500 anni

Con riferimento alla Figura 22, si evidenzia come un evento di piena associato a un tempo di ritorno di 500 anni produca allagamenti diffusi, prevalentemente in sinistra idraulica del f. Dora Riparia.

Tali allagamenti sono certamente conseguenza dell'insufficienza idraulica dei manufatti di attraversamento, che producono fenomeni di rigurgito a monte degli stessi e anche direttamente provocati da insufficiente capacità di convogliamento dell'alveo. In Tabella 9 sono riportati i franchi idraulici calcolati in corrispondenza di ciascun ponte inserito nella geometria di calcolo. Si evidenzia nuovamente quanto visto anche nelle precedenti simulazioni idrauliche: la quasi totalità dei ponti presenta un funzionamento in pressione.

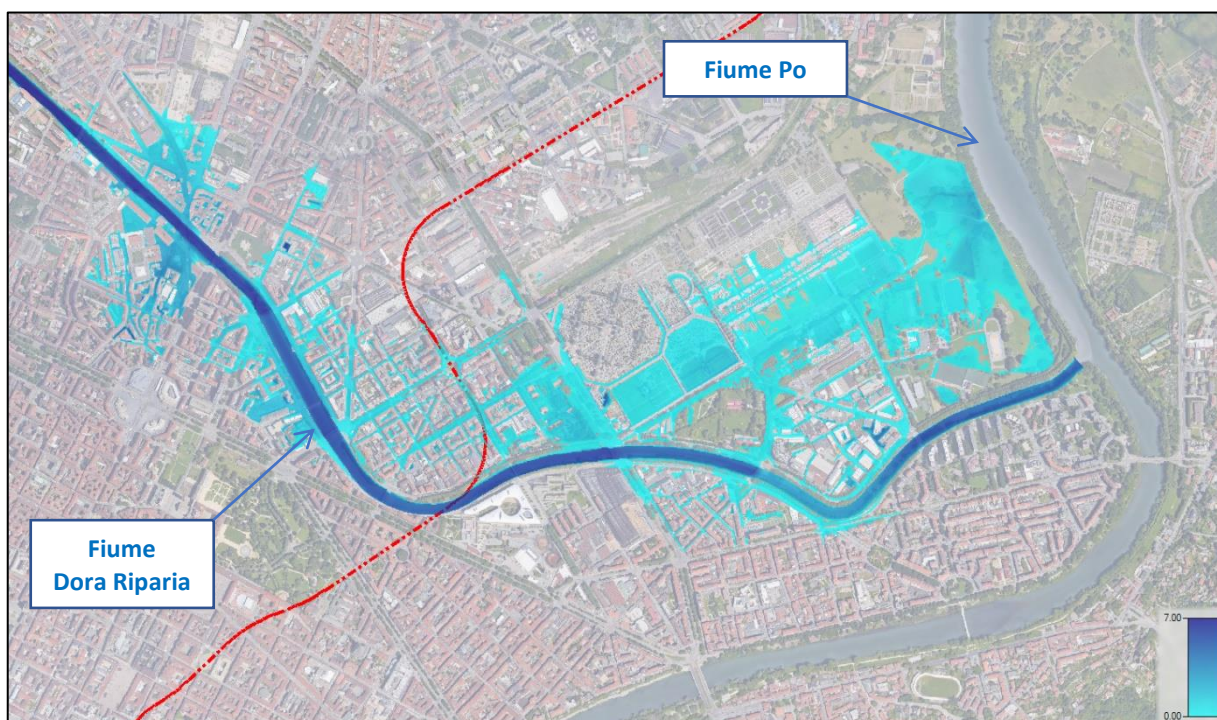


Figura 22 - Massimi battenti in occasione di un evento di piena associato a un tempo di ritorno di 500 anni.

La linea rossa rappresenta il tracciato della Metro

Tabella 9 – Quote d'intradosso, livelli idraulici (Plan 03 – TR500) e franchi idraulici calcolati per ciascun ponte

| Ponte | Quota intradosso m s.l.m. | Livello idraulico TR 500 anni m s.l.m. | Franco idraulico m |
|------------------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------|
| Via Cigna* | 228.45 | 230.29 | Ponte in pressione |
| Passerella pedonale | 226.85 | 229.48 | Ponte in pressione |
| Ponte Carpanini | 227.2 | 228.8 | Ponte in pressione |
| Ponte tram | 226.27 | 228.6 | Ponte in pressione |
| Ponte Mosca* | 230.53 | 228.0 | 2.5 |
| Passerella pedonale | 225.65 | 227.8 | Ponte in pressione |
| Via Bologna | 224.65 | 227.76 | Ponte in pressione |
| Corso Regio Parco | 223.73 | 225.58 | Ponte in pressione |
| Via Rossini | 223.35 | 224.49 | Ponte in pressione |
| Corso Tortona* | 220.69 | 222.38 | Ponte in pressione |
| Emanuele Filiberto* | 219.07 | 219.94 | Ponte in pressione |
| Ponte Washington | 217.45 | 214.83 | 2.6 |
| Passerella Parco Colletta | 216.17 | 214.09 | 2.1 |



**Ponti ad arco. La quota d'intradosso riportata è la quota in chiave. Pertanto in franco idraulico è stato calcolato rispetto la chiave dell'arco.*

Con riferimento all'opera in progetto, nel tratto successivo alla stazione Mole/Giardini Reali, il tracciato della Metro 2 si accosta progressivamente al f. Dora Riparia. Gli allagamenti conseguenti al passaggio dell'onda di piena associata a un tempo di ritorno di 500 anni interessano aree in cui si prevede la realizzazione di opere strategiche per la Metro 2 (cfr. Figura 23).

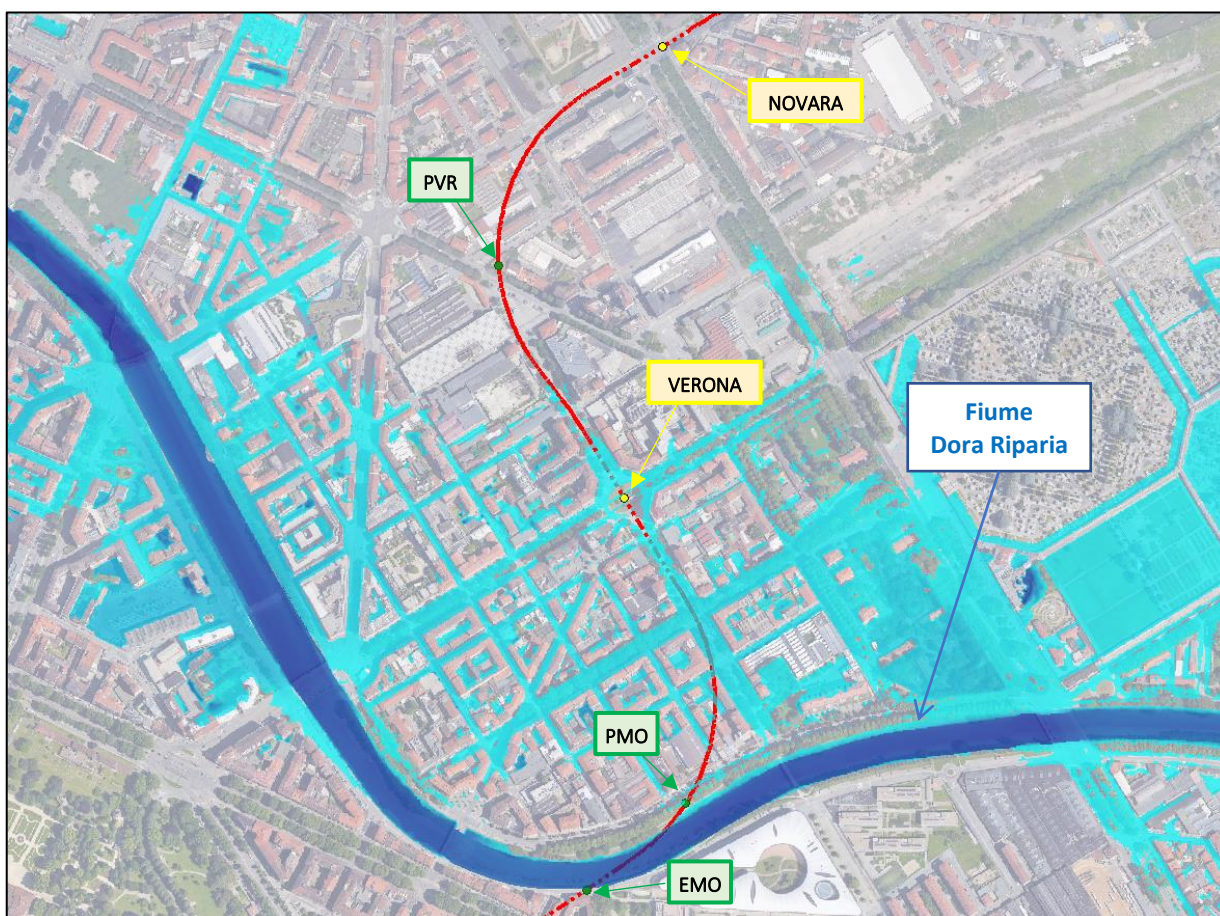


Figura 23 – Massimi battenti in occasione di un evento di piena TR 500 anni in corrispondenza dell'ubicazione delle opere in progetto

I risultati della simulazione idraulica relativa a un evento cinquecentennale, in relazione all'opera in progetto, si possono riassumere con quanto segue:

- gli accessi alla stazione "Verona" (in sinistra idrografica) risultano collocati in un'area direttamente interessata dai deflussi di piena, sebbene caratterizzata da battenti idrici modesti, ma velocità di deflusso localmente non trascurabili;



- il varco tecnico posto in sinistra idraulica sul ciglio spondale, identificato con la sigla PMO ricade in un'area interessata dai deflussi di piena. Anche in questo caso si registrano battenti idrici e velocità di deflusso modesti.

A titolo di esempio nelle immagini a seguire si riportano due estratti, in corrispondenza dell'area in cui si prevede la realizzazione della stazione Verona, in cui vengono rappresentati i massimi tiranti idrici e le massime velocità di deflusso in occasione dell'evento di piena simulato. Per una completa consultazione dei risultati ottenuti si rimanda agli specifici elaborati grafici.

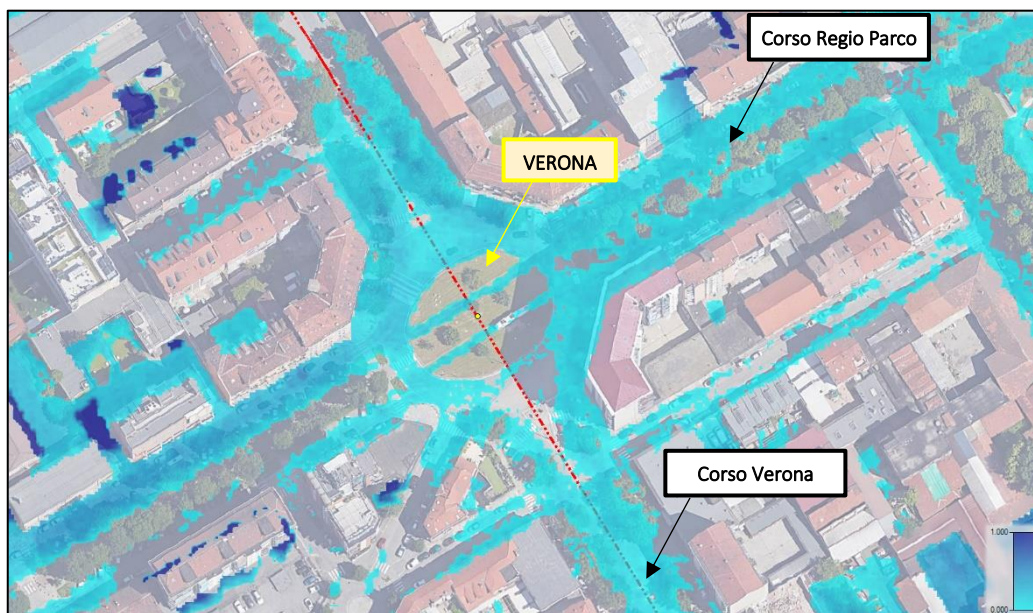


Figura 24 – Massimi tiranti idrici, in occasione di un evento di piena TR 500 anni, in corrispondenza dell'area in cui si prevede la realizzazione della stazione Verona

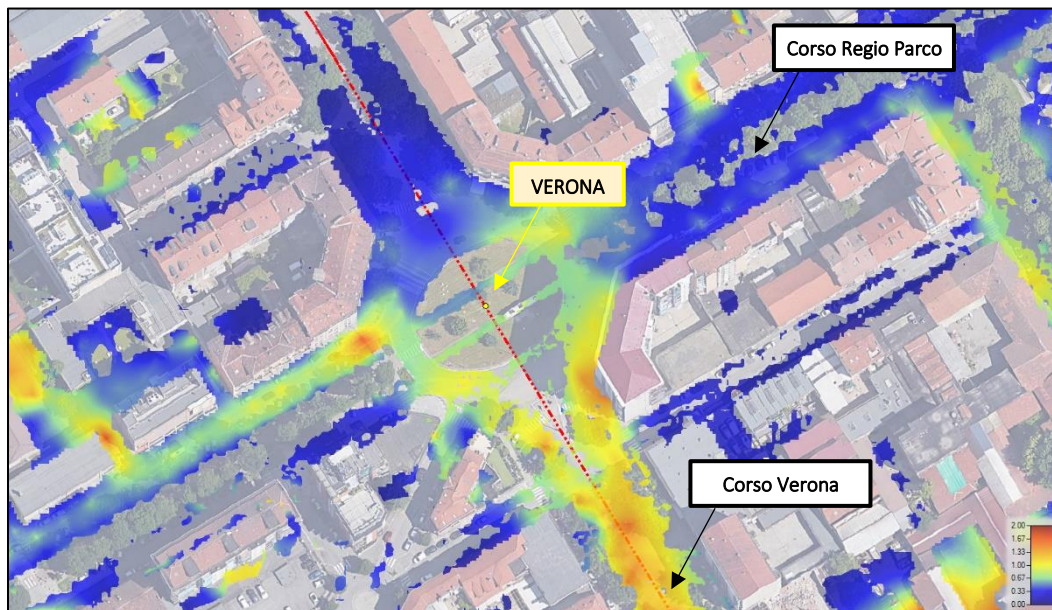


Figura 25 – Massime velocità di deflusso, in occasione di un evento di piena TR 500 anni, in corrispondenza dell'area in cui si prevede la realizzazione della stazione Verona

6.5.4 PLAN 04, 05, 06 e 07 – Evento di piena associato a un tempo di ritorno di 200 anni e parziale ostruzione alternativa dei ponti di via Cigna, via Bologna, corso Regio Parco e via Rossini

Come ampiamente affrontato nei paragrafi precedenti e in particolare ai risultati riassunti in Tabella 7, Tabella 8 e Tabella 9, la quasi totalità dei manufatti di attraversamento lungo il tratto di f. Dora Riparia analizzato risulta insufficiente da un punto di vista idraulico.

Pertanto si è provveduto ad allestire delle simulazioni aggiuntive che consentissero, in maniera cautelativa, di valutare il comportamento idraulico del corso d'acqua nel caso di parziale ostruzione alternativa dei ponti di via Cigna, via Bologna, corso Regio Parco e via Rossini in occasione dell'evento di piena duecentennale, ossia di quello da assumere come riferimento secondo la normativa tecnica.

Tali manufatti sono caratterizzati da sezioni di deflusso notoriamente insufficienti e la presenza delle pile in alveo aumenta la probabilità d'impaccamento di materiale flottante in corrispondenza della sezione di monte, il che potrebbe ridurre ulteriormente la sezione disponibile al deflusso.

Rinviando agli specifici elaborati grafici per la completa consultazione dei risultati ottenuti nell'ambito delle simulazioni condotte nei diversi ipotetici scenari di parziale ostruzione dei ponti (vedi: PLAN 04, 05, 06 e 07), dall'analisi dei risultati ottenuti per ciascuno di essi si evince come quello maggiormente gravoso appaia senz'altro quello che assume la parziale occlusione del ponte di via Bologna (PLAN 05), i cui risultati sono descritti a seguire, a partire dalle massime aree allagabili al verificarsi dell'ipotetico evento.

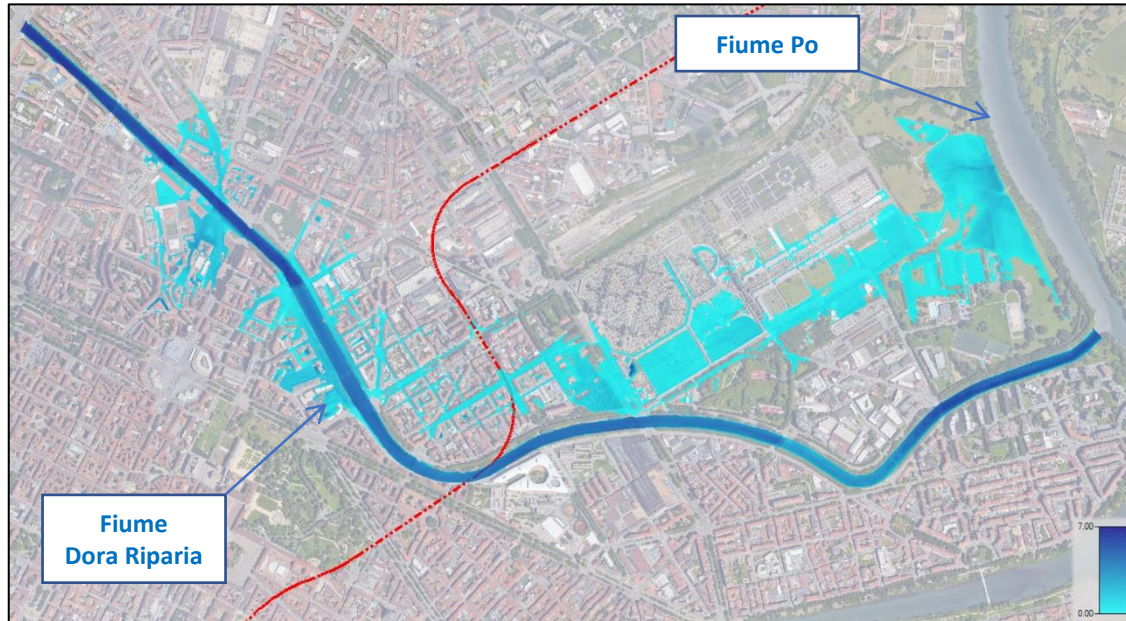


Figura 26 – Massimi battenti in occasione di un evento di piena TR 200 anni, con la parziale occlusione del ponte di via Bologna (PLAN 05)

L'innalzamento di livello a monte del ponte di via Bologna, dovuto alla parziale occlusione dello stesso, comporta un più evidente fenomeno di rigurgito idraulico e conseguente tracimazione di sponda. I fenomeni di allagamento in sinistra idraulica si propagano verso est per la morfologia per territorio, analogamente a quanto avverrebbe al defluire della piena cinquecentennale.

Nell'immagine a seguire si riporta il confronto tra il profilo idraulico del Plan 02 (Q_{TR200} con sezioni di deflusso libere in corrispondenza dell'attraversamento) e il presente: è evidente l'ulteriore innalzamento del livello idrico a monte del ponte di via Bologna conseguente alla parziale ostruzione del manufatto.

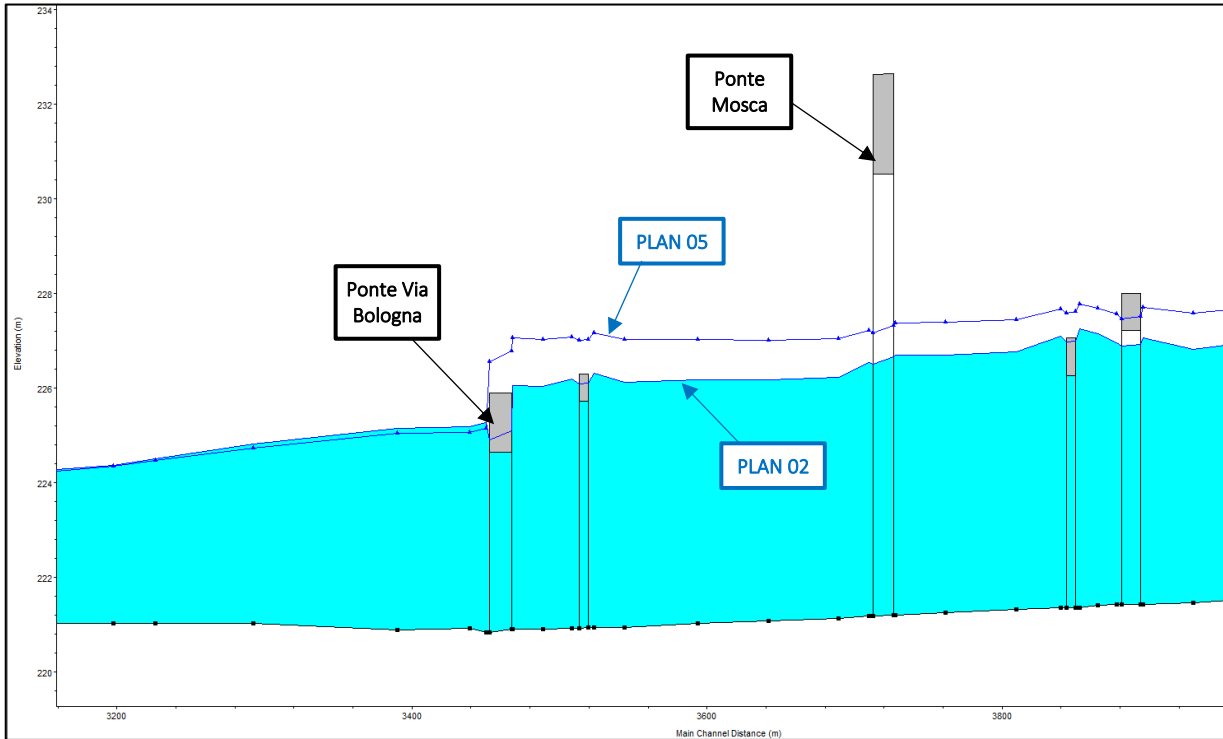


Figura 27 – Confronto del profilo idraulico delle simulazioni per portata con tempo di ritorno duecentennale con (PLAN 05) e senza (PLAN 02) ostruzione parziale del ponte di via Bologna



7. DEFINIZIONE DELLE QUOTE DI SICUREZZA IDRAULICA PER I MANUFATTI IN PROGETTO

L'esame dei risultati delle simulazioni idrauliche condotte, nei differenti scenari ipotizzati, ha consentito di delineare un quadro conoscitivo delle aree d'interesse sufficientemente approfondito. È stato accertato che gli effetti, in termini di allagamenti attesi, provocati dalla parziale occlusione di alcuni dei manufatti di attraversamento (cfr. §6.5.4), selezionati tra i più critici, sono ricompresi entro i limiti di allagamento della portata di piena associata a un tempo di ritorno di 500 anni.

Pertanto, tenuto conto delle analisi bidimensionali effettuate e dell'estensione e dei battenti degli allagamenti attesi, che nel caso della simulazione più cautelativa non superano i 30 cm, si ritiene adeguatamente cautelativo assumere quali quote di riferimento idrico per la progettazione dei manufatti di linea, quelle determinate dalla simulazione con $Tr = 500$ anni e incrementate per non meno di 50 cm di franco idraulico, ma utilmente maggiore laddove ciò sia compatibile con le esigenze architettoniche, strutturali e urbanistiche locali.

Le stazioni Novara e Verona presentano un'estensione planimetrica tale che i relativi varchi risultano distribuiti su superfici tali da essere caratterizzate da quote di piano strada variabili in maniera non trascurabile. Per tale ragione per ciascuna di esse sono state definite due differenti aree cui si ritiene possibile associare una quota omogenea di piano strada cui fare riferimento per la determinazione dei franchi idraulici.

Nelle immagini a seguire si riporta la perimetrazione delle aree omogenee per le due stazioni.

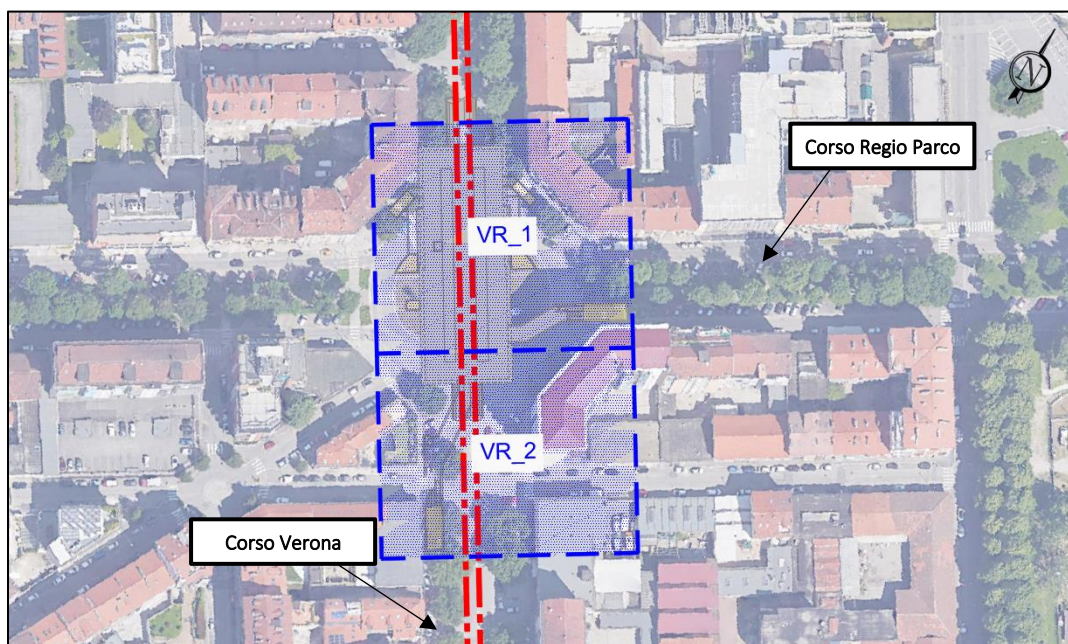


Figura 28 – Delimitazione delle aree a quote di piano campagna omogenee per la stazione Verona

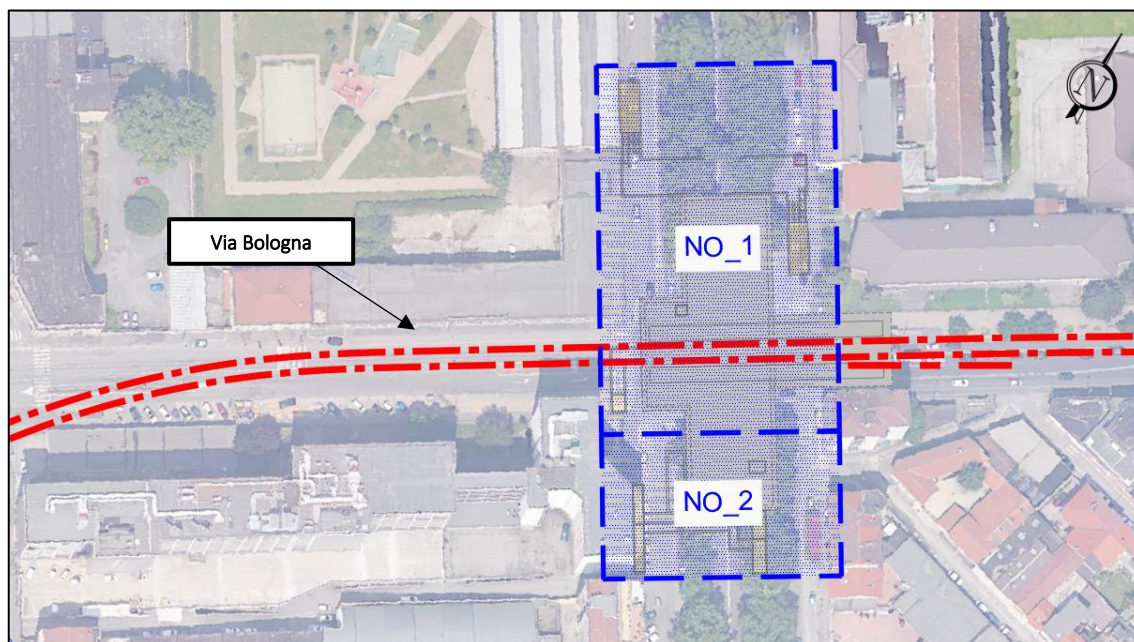


Figura 29 – Delimitazione delle aree a quote di piano campagna omogenee per la stazione Novara


Come rappresentato in dettaglio nelle specifiche tavole " T. 45 e T. 46 – Simulazioni idrauliche 2D Fiume Dora Riparia – Livelli idrici di piena di riferimento", i livelli idrici di riferimento sono stati assunti facendo riferimento alla minor distanza tra il limite degli allagamenti attesi per lo scenario assunto (PLAN 03 – Q_{TR500}) e le opere in progetto.

Le quote di sicurezza idraulica sono state quindi ottenute applicando 50 cm di franco idraulico ai suddetti livelli idrici per la situazione più critica dal punto di vista architettonico e un franco maggiore per gli altri varchi d'interesse, come sintetizzato nella successiva tabella:

Tabella 10 – Definizione delle quote di sicurezza idraulica per i manufatti in progetto

| Stazione | Codifica | Quota media terreno m s.l.m. | Livello idraulico TR 500 anni m s.l.m. | Quota di sicurezza idraulica m s.l.m. | Altezza minima strutture di contenimento m | Franco idraulico m |
|-----------------|-----------------|-------------------------------------|---|--|---|---------------------------|
| Novara | NO_1 | 226,1 | 226,4 | 227,3 | 1,2 | 0,9 |
| | NO_2 | 225,7 | 226,4 | 226,9 | 1,2 | 0,5 |
| PVR | PVR | 225,8 | 226,3 | 227,0 | 1,2 | 0,7 |
| Verona | VR_1 | 224,5 | 224,8 | 225,7 | 1,2 | 0,9 |
| | VR_2 | 223,5 | 223,8 | 224,7 | 1,2 | 0,9 |
| EMO | EMO | 224,0 | 223,3 | 223,8 | n.a. | n.a. |
| PMO | PMO | 222,8 | 223,2 | 224,0 | 1,2 | 0,8 |

Le stesse potranno essere materializzate adottando opportuni accorgimenti sia costruttivi/strutturali, sia gestionali.

| | |
|--|---|
|  CITTA' DI TORINO | Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo |
| Idrologia e idraulica – Relazione Idrologica e Idraulica | 01_MTL2T1A0DIDRGENR001-0-1 |

La situazione più critica si verificherebbe in corrispondenza di alcuni accessi della stazione “Novara”, dove l’altezza minima delle opere di contenimento rispetto alla quota media della livelletta stradale sarebbe di 1,2 m per garantire il franco idraulico minimo di 0,5 m.

L’altezza massima fuori terra delle strutture di contenimento (1,2 m) si potrebbe a titolo d’esempio raggiungere come segue:

- 0,2 m: altezza marciapiede rispetto alla livelletta stradale;
- 1,0 m: altezza parapetto rispetto alla quota del marciapiede;

Sul lato dell’accesso bisognerebbe invece predisporre l’uso di panconi mobili e sopraelevazione della soglia di accesso aggiungendo 2 o 3 gradini rispetto alla quota della strada.

Analoghe soluzioni potrebbero essere adottate per i manufatti di accesso degli ascensori, mentre per quanto riguarda i pozzi di aerazione sarà sufficiente posizionare le griglie al di sopra della quota di sicurezza idraulica.