

Allegato 2

Relazione Idrologica ed Idraulica



COMUNE DI MILANO - MM Spa



CONNESSIONE IDRAULICA NAVIGLIO MARTESANA - DARSENA
E RIAPERTURA DELLE PRIME 5 TRATTE

**OGGETTO:**

**Connessione idraulica Naviglio Martesana – Darsena e
riapertura cinque tratti dei Navigli Milanesi**

**PROGETTO DI FATTIBILITA'
TECNICA ED ECONOMICA**

Ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs. 50/2016

IL PROGETTISTA
Ing. Matteo Ghia

IL DIRETTORE DI SETTORE
Arch. Giuseppina Sordi

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

5	Agosto 2018	SFTE – Relazione Idrologica ed Idraulica			
Rev.	Data	Descrizione	Red.	Rev.	File

PFTE.1.03





COMUNE DI MILANO

**GT - CONNESSIONE IDRAULICA NAVIGLIO
MARTESANA - DARSENA**

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

IL DIRETTORE TECNICO DOTT. ING. FRANCESCO VENZA Ordine degli Ingegneri Milano n° 14647		IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE FRA LE VARIE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE DOTT. ING. Andrea Pasquale Costa Ordine degli Ingegneri Milano n° A22465		IL PROGETTISTA RESPONSABILE DOTT. ING. Matteo Ghia Ordine degli Ingegneri Pavia n° 2100		
5	Ago. 2018	SFTE – Relazione Idrologica ed Idraulica	Scarpa	Ghia	Costa	Tornelli
Aggiorn.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Acquisito	Approvato

COLLABORAZIONE
ALLA PROGETTAZIONE:

CODIFICA
DOCUMENTO

Commessa

GT

Lotto

0

Fase

F

Categoria

D

Opera

RE

Progressivo

0123



INDICE DEI CONTENUTI

1	Premessa ed inquadramento del progetto	7
2	Cenni Storici.....	9
3	Il progetto di riconnessione idraulica	11
3.1	<i>Reticolo idrografico.....</i>	<i>15</i>
3.2	<i>Portata di progetto e punti di recapito</i>	<i>17</i>
3.3	<i>Analisi idrologica.....</i>	<i>20</i>
3.4	<i>Ietogramma di progetto.....</i>	<i>23</i>
3.5	<i>Le tratte della riconnessione idraulica.....</i>	<i>25</i>
3.5.1	<i>Tratta A</i>	<i>27</i>
3.5.2	<i>Tratta A1, A2 e A3.....</i>	<i>29</i>
3.5.3	<i>Tratta B</i>	<i>34</i>
3.5.4	<i>Tratta B1</i>	<i>38</i>
3.5.5	<i>B2 B3 B4.....</i>	<i>40</i>
3.5.6	<i>Tratta C</i>	<i>45</i>
3.5.7	<i>Tratta C1</i>	<i>47</i>
3.5.8	<i>Tratta D</i>	<i>49</i>
3.5.9	<i>Tratta D1</i>	<i>52</i>
3.5.10	<i>Tratta E</i>	<i>53</i>
3.6	<i>Modellazione idraulica della riconnessione.....</i>	<i>56</i>
3.6.1	<i>Tratta A</i>	<i>57</i>
3.6.2	<i>Tratte A1, A2, A3.....</i>	<i>58</i>
3.6.3	<i>Tratta B</i>	<i>60</i>
3.6.4	<i>Tratta B1</i>	<i>61</i>
3.6.5	<i>Tratte B2, B3, B4.....</i>	<i>63</i>
3.6.6	<i>Tratta C</i>	<i>65</i>
3.6.7	<i>Tratta C1</i>	<i>66</i>
3.6.8	<i>Tratta D</i>	<i>67</i>
3.6.9	<i>Tratta D1</i>	<i>68</i>
3.6.10	<i>Tratta E</i>	<i>70</i>
3.6.11	<i>Immissioni e scarico di portata.....</i>	<i>71</i>
3.6.12	<i>Contributo meteorico</i>	<i>72</i>
3.6.13	<i>Regolazioni dei livelli idrici tramite le chiuse delle conche</i>	<i>74</i>
3.7	<i>Risultati delle simulazioni idrauliche.....</i>	<i>76</i>
3.6.T.A.	<i>Riapertura Parziale in tempo asciutto</i>	<i>77</i>
3.6.T.B.	<i>Riapertura parziale in tempo bagnato (piogge T10)</i>	<i>85</i>
3.8	<i>Manufatti di regolazione e canali di by-pass.....</i>	<i>90</i>
3.8.1	<i>Manufatto di disconnessione e sfioro tra Martesana e Seveso.....</i>	<i>90</i>
3.8.2	<i>Manufatto di alimentazione della roggia Gerenzana</i>	<i>91</i>
3.8.3	<i>Manufatto di scarico e sfioro tra Martesana e Redefossi.....</i>	<i>91</i>
3.8.4	<i>Canale di by-pass della tratta B</i>	<i>94</i>
3.8.5	<i>Manufatti di monte e valle della tratta C ed alimentazione del by-pass della tratta</i>	<i>95</i>
3.8.6	<i>Manufatti di monte e valle della tratta D ed alimentazione della roggia Vettabbia.....</i>	<i>97</i>
3.8.7	<i>Camerette di spinta e recupero per la posa delle tratte interrato con tecnologie senza scavo</i>	<i>98</i>



4	Compatibilità del progetto di riconnessione idraulica con la riapertura totale dei navigli	101
4.1	<i>Il progetto di riapertura totale del naviglio.....</i>	<i>101</i>
4.2	<i>Simulazione idraulica dello scenario di riapertura totale del Naviglio</i>	<i>104</i>
4.2.1	<i>Naviglio della Martesana in via Melchiorre Gioia.....</i>	<i>104</i>
4.2.2	<i>Naviglio di San Marco.....</i>	<i>106</i>
4.2.3	<i>Cerchia Interna tra San Marco e via Senato</i>	<i>107</i>
4.2.1	<i>Cerchia Interna tra via Senato e la conca di Viarenna.....</i>	<i>108</i>
4.2.2	<i>La conca di Viarenna.....</i>	<i>109</i>
4.3	<i>Verifica dei livelli idrici previsti in caso di riapertura totale del Naviglio</i>	<i>110</i>
4.4	<i>Verifica degli attraversamenti stradali negli scenari di riconnessione idraulica e riapertura totale</i>	<i>111</i>
4.4.1	<i>Attraversamenti stradali del progetto di riconnessione idraulica</i>	<i>113</i>
4.4.1	<i>Attraversamenti stradali del progetto di riapertura totale del Naviglio</i>	<i>114</i>
5	Considerazioni finali.....	115



1 PREMESSA ED INQUADRAMENTO DEL PROGETTO

Il presente studio di fattibilità tecnico economica si occupa del progetto di “riconnesione idraulica dei navigli” che consentirà di ripristinare il collegamento idraulico tra il Naviglio della Martesana e la Darsena.

Obiettivo del presente studio di fattibilità tecnico economica è quello di dare seguito allo “studio di fattibilità idraulica per la riattivazione dei Navigli Milanesi e per la loro Navigabilità” (redatto nel 2015 da MM e Politecnico di Milano). Nello studio del 2015 si prevedeva infatti la riapertura totale dei navigli attraverso la riattivazione del naviglio della Martesana lungo il tracciato storico da Cassina de’ Pomm fino alla Darsena, con una configurazione differente da quella storica solo per quanto riguarda la larghezza del canale e il numero di conche per permettere l’integrazione del canale con i vincoli urbanistici odierni e con la fruizione del canale stesso ai fini della navigazione.

Ripristinare in primo luogo la connessione idraulica dei navigli, ricollegando il naviglio della Martesana alle acque della Darsena, veniva proposto nello studio 2015 quale atto preliminare alla realizzazione del progetto di riapertura totale dei Navigli Milanesi, in quanto unica garanzia di alimentazione per la riapertura del Naviglio.

L’opera di riconnesione idraulica in progetto assolve a questo scopo: ripristinare la connessione idraulica fra i navigli Milanesi, naviglio della Martesana Naviglio Grande e Naviglio Pavese; attraverso un’opera che consenta la realizzazione della riapertura del nuovo Naviglio anche per tratti non necessariamente consecutivi fino al raggiungimento della riapertura totale.

Il nuovo collegamento idraulico ripercorre il tracciato storico del Naviglio coprendo una lunghezza di circa 7’750 m da via M. Gioia, via San Marco, proseguendo lungo la Fossa Interna, da Via Fatebenefratelli a via De Amicis, svoltando infine in via Conca del Naviglio per raggiungere la Darsena. Approfondimenti tecnici hanno evidenziato l’opportunità di anticipare già nella fase di riconnesione idraulica l’apertura di alcune tratte più interessanti e urbanisticamente compatibili con l’assetto attuale della città di Milano.

Le tratte di naviglio proposte per la riapertura anticipata sono cinque:

- I. Tratta A: riapertura del canale in Via Melchiorre Gioia, da Cassina de Pomm a via Carissimi;
- II. Tratta B: riapertura del canale in corrispondenza della Conca dell’Incoronata, da viale Monte grappa a via San Marco fino all’incrocio con via Castelfidardo;
- III. Tratta C: riapertura del canale in corrispondenza della Università Statale e del Policlinico in via Sforza, da via Laghetto a Corso di Porta Romana;



- IV. Tratta D: riapertura del Canale in corrispondenza di Piazza Vetra e della Basilica di San Lorenzo Maggiore in via Molino delle Armi, da via Vettabbia a Corso di porta Ticinese;
- V. Tratta E: riapertura del Canale in corrispondenza della Conca di Viarenna in via Conca del Naviglio, da via d'Oggiono alla Darsena.

La soluzione studiata prevede: la posa di circa 3.5 km di nuova tubazione, realizzata prevalentemente tramite tecniche di posa “no-dig” in modo da limitare gli impatti delle cantierizzazioni sulla viabilità e sulla cittadinanza; il recupero di circa 1.4 km di tombinature esistenti in via San Marco e lungo l'ex Naviglio del Vallone in via De Amicis e Via Conca del Naviglio; la realizzazione di 2 km di Naviglio riaperto, in concomitanza all'intervento di riconnessione idraulica, suddivisi in 5 tratte non consecutive e scelte per il rilevante valore urbanistico. In particolare, lo scenario di progetto prevede una portata, pari a 3 m³/s, costante lungo tutta la riconnessione di cui 1 m³/s viene scaricato in Vettabbia, lasciando scorrere 2 m³/s verso la Darsena nelle tratte finali a valle di via Vettabbia.

La rinnovata alimentazione idraulica permette il recapito immediato nella Darsena di un ulteriore e benefico contributo irriguo per le aree agricole del Sud Milano e inoltre consente l'alimentazione di eventuali derivazioni sempre a fine irriguo, come la Roggia Vettabbia e cavo Bolagnos o i parchi cittadini (ad esempio, i giardini della Guastalla). Nondimeno, il collegamento ben si presta a svolgere importanti utilizzi impattanti sul Servizio Idrico della città di Milano, così come già strategicamente previsto nell'aggiornamento 2014 del Piano d'Ambito, assolvendo alla funzione di recapito delle seguenti tipologie di portate che attualmente gravano sulla fognatura mista del centro storico:

- acque parassite attualmente convogliate nella rete fognaria con conseguente diluizione del refluo dannosa per i processi di depurazione finale dei reflui urbani
- acque meteoriche intercettate dalla superficie impermeabile delle piattaforme stradali, adiacenti alle nuove tratte di riapertura, attualmente recapitate nella rete fognaria di tipo misto e di conseguenza agli scolmatori di piena
- acque provenienti da nuovi pozzi di geotermia o da campi pozzi, finalizzati al controllo dei fenomeni di risalita della falda, che recapitano in fognatura acque bianche in violazione alle norme regolamentari del SII

Si ritiene pertanto che questa nuova opera comporti un miglioramento, nei termini di aumento dell'efficienza economica ed ambientale, delle opere del Servizio Idrico Integrato perseguendo obiettivi strategici previsti dal suddetto Piano d'Ambito.

Il presente studio si pone come obiettivo la quantificazione del contributo dell'opera dal punto di vista idraulico nonché la stima delle portate parassite e meteoriche distoglibili dalla fognatura, e pertanto la valorizzazione economica di tale contributo a vantaggio del SII rispetto al costo totale stimato per la realizzazione dell'intera opera.

2 CENNI STORICI

La Cerchia dei Navigli fino al 1929 garantiva la continuità idraulica del sistema dei Navigli all'interno della città di Milano, connettendo il Naviglio della Martesana, che deriva le proprie acque dal fiume Adda e riceve, in via M. Gioia, le acque del torrente Seveso, alla Darsena di Porta Ticinese, a cui affluisce il Naviglio Grande derivato dal fiume Ticino e da cui ha origine il Naviglio Ticinese, che confluisce infine nel fiume Ticino a Pavia.

Prescindendo dalle rogge e cavi minori che avevano origine dalla Martesana e dalla Cerchia interna, il sistema nelle sue grandi linee era completato da tre scaricatori: il cavo Redefossi, con origine al ponte delle Gabelle e funzioni di scaricatore delle piene del Seveso e del naviglio della Martesana; la roggia Vettabbia, con origine al cosiddetto Fugone di via Molino delle Armi e funzioni di scaricatore della Cerchia Interna; il cavo Ticinello, con origine dalla Darsena e funzioni di scaricatore terminale del Naviglio Grande.

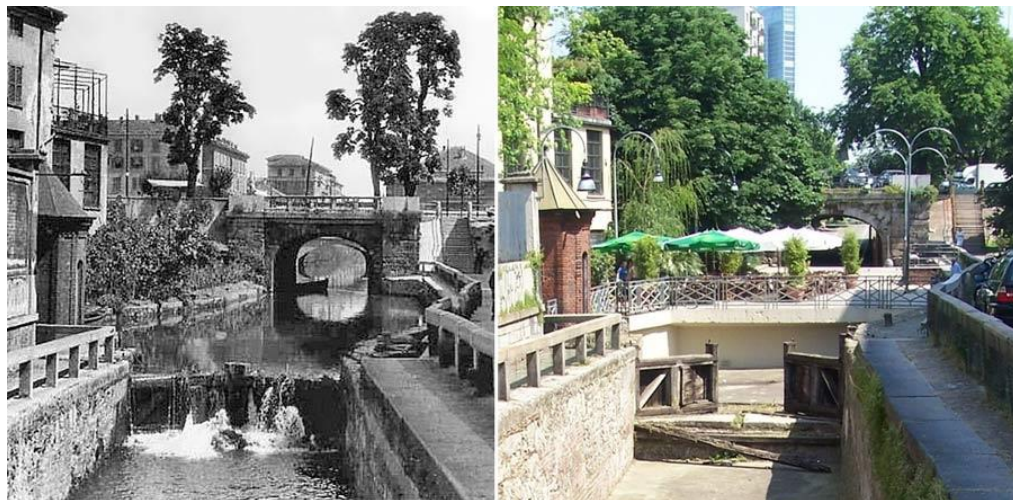


Figura 1. “Scorcio del Naviglio della Martesana nel passato e oggi in via San Marco, conca dell’Incoronata”

La copertura e il successivo interrimento della Cerchia interna hanno determinato la segmentazione del sistema e la disconnessione idraulica delle varie componenti (Figura 2). Oggi il Naviglio della Martesana scorre a cielo aperto fino a Cassina de’ Pomm per continuare il suo percorso tombinato nel tratto in via M. Gioia; dopo aver ricevuto la confluenza del Seveso, termina infine il suo corso al ponte delle Gabelle, dove scarica la propria portata residua, unitamente a quella del Seveso, nel cavo Redefossi.

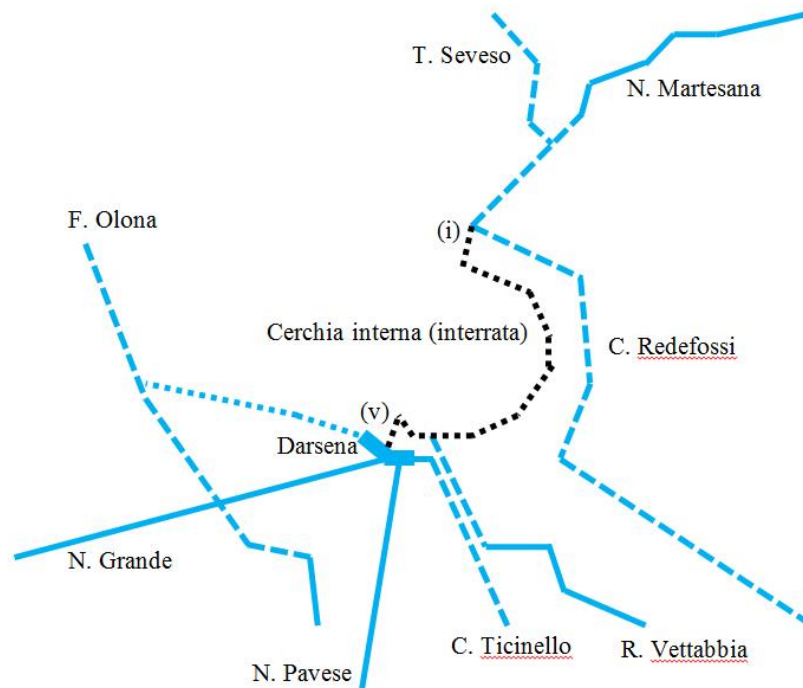


Figura 2. “Schema dell'idrografia dell'area urbana di Milano”

Il sistema Naviglio Grande – Darsena – Naviglio Pavese mantiene invece una propria continuità periferica, mentre la roggia Vettabbia è alimentata da pozzi di prima falda, in parte collettati attraverso il canale Grande Sevese nel centro di Milano, e da acqua depurata dell'impianto di Nosedo.

3 IL PROGETTO DI RICONNESSIONE IDRAULICA

Il progetto di “riconnessione idraulica dei navigli” consente di ripristinare il collegamento idraulico tra il Naviglio della Martesana e la Darsena. Il nuovo collegamento idraulico ripercorre il tracciato storico del Naviglio, come mostrato in Figura 3, coprendo una lunghezza di circa 7'750 m da via M. Gioia, via San Marco, proseguendo lungo la Fossa Interna, da Via Fatebenefratelli a Via De Amicis, svoltando infine in via Conca del Naviglio per raggiungere la Darsena.

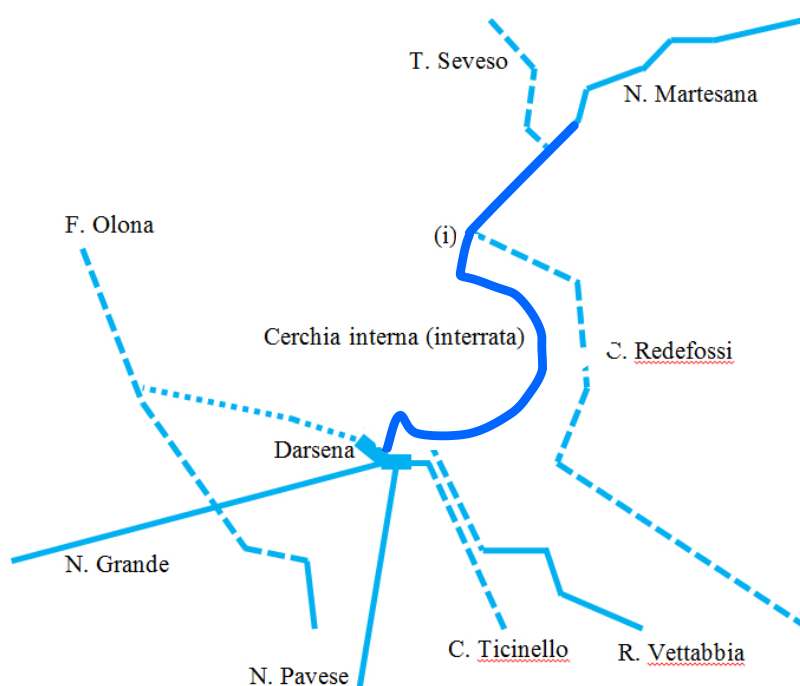


Figura 3. “Schema dell'idrografia dell'area urbana di Milano con nuovo intervento di riconnessione”

Approfondimenti tecnici, successivi allo studio del 2015 citato nel paragrafo precedente, hanno evidenziato l'opportunità di anticipare già nella fase di riconnessione idraulica l'apertura di alcune tratte più interessanti e urbanisticamente compatibili con l'assetto attuale della città di Milano.

Le tratte di naviglio proposte per la riapertura anticipata sono 5:

- I. **Tratta A:** riapertura del canale in Via Melchiorre Gioia, da Cassina de Pomm a via Carissimi;
- II. **Tratta B:** riapertura del canale in corrispondenza della Conca dell'Incoronata, da viale Monte grappa a via San Marco fino all'incrocio con via Castelfidardo;
- III. **Tratta C:** riapertura del canale in corrispondenza della Università Statale e del Policlinico in via Sforza, da via Laghetto a Corso di Porta Romana;
- IV. **Tratta D:** riapertura del Canale in corrispondenza di Piazza Vetra e della Basilica di San Lorenzo Maggiore in via Molino delle Armi, da via Vettabbia a Corso di porta Ticinese;



V. **Tratta E:** riapertura del Canale in corrispondenza della Conca di Viarenna in via Conca del Naviglio, da via d'Oggiono alla Darsena.

Le caratteristiche geometriche delle tratte oggetto di riapertura anticipata sono inoltre state previste in maniera tale da essere in futuro compatibili ovvero adattabili con interventi minimi ai manufatti di regolazione di monte e di valle di ciascuna tratta con quanto previsto dallo “Studio di fattibilità idraulica per la riattivazione dei Navigli Milanesi e per la loro Navigabilità”.

Inoltre, lungo il percorso si prevede di sfruttare, alcune tratte esistenti laddove disponibili e pervie.

In totale le tratte esistenti e recuperabili sono quattro:

1. la tombinatura del naviglio della Martesana in M. Gioia fino a via Carissimi;
2. il collettore di bypass al naviglio storico in via San Marco;
3. la Roggia Castello in via de Amicis,
4. la tombinatura in via Conca del Naviglio e via D'Annunzio.

Altrove, si prevede la posa di un collettore interrato tramite principalmente tecniche senza scavo aperto (spingitubo e/o microtunnelling) poco invasive dal punto di vista della cantierizzazione, quindi limitando i disagi al traffico, e posa tramite scavi a cielo aperto dove necessario.

La soluzione proposta consentirebbe di procedere alla riapertura di tratti più brevi e non necessariamente consecutivi, garantendo in ogni caso l'alimentazione idraulica e quindi la presenza di acqua corrente lungo tutto il percorso del nuovo collegamento.

Il nuovo collegamento idraulico permette il recapito immediato nella Darsena di un ulteriore contributo irriguo per le aree agricole del Sud Milano inoltre consente anche l'alimentazione di eventuali derivazioni sempre a fine irriguo, come la Roggia Vettabbia e cavo Bolagnos o i parchi cittadini (ad esempio, i giardini della Guastalla).

Nondimeno, il collegamento ben si presta a svolgere importanti utilizzi impattanti sul Servizio Idrico della città di Milano, così come già strategicamente previsto nell'aggiornamento 2014 del Piano d'Ambito, assolvendo alla funzione di recapito delle seguenti tipologie di portate che attualmente gravano sulla fognatura mista del centro storico:

- acque parassite attualmente convogliate nella rete fognaria con conseguente diluizione del refluo dannosa per i processi di depurazione finale dei reflui urbani
- acque meteoriche intercettate dalla superficie impermeabile delle piattaforme stradali, adiacenti alle nuove tratte di riapertura, attualmente recapitate nella rete fognaria di tipo misto e di conseguenza agli scolmatori di piena



- acque provenienti da nuovi pozzi di geotermia o da campi pozzi, finalizzati al controllo dei fenomeni di risalita della falda, che recapitano in fognatura acque bianche in violazione alle norme regolamentari del SII

Naturalmente i contributi meteorici dovranno essere opportunamente trattati e resi qualitativamente compatibili con la destinazione d'uso irriguo finale delle acque.

Si ritiene pertanto, secondo le considerazioni dei paragrafi che seguono, che questa nuova opera comporti un miglioramento, nei termini di aumento dell'efficienza economica ed ambientale, delle opere del Servizio Idrico Integrato perseguendo obiettivi strategici previsti dal suddetto Piano d'Ambito.

La nuova opera non si limita ad assolvere funzioni in fase di riapertura parziale del Naviglio ma anche quando la riapertura sarà totale l'opera è concepita come sussidiaria, ad esempio potrà essere usata come by-pass idraulico durante le operazioni di manutenzione dei Navigli consentendo di mettere in secca solo il tratto di intervento del canale riaperto.

Nei paragrafi seguenti verranno illustrati nel dettaglio:

- la portata di progetto e i punti di recapito (par. 3.2)
- l'analisi idrologica (par. 3.3)
- la precipitazione di progetto (par. 3.4)
- il percorso, la geometria delle varie tratte riaperte e tombinate (par. 0)
- la modellazione idraulica (par. 3.6)
- i risultati delle simulazioni idrauliche della riapertura parziale volte a studiare le prestazioni della nuova opera in tempo asciutto e in tempo bagnato (par. 3.7)
- I manufatti di regolazione e by-pass (par. 3.8)

Infine, nel capitolo 4, si analizza la compatibilità idraulica dell'opera di riconnessione idraulica del presente progetto nella prospettiva di riapertura totale del Naviglio.

A supporto della presente relazione si rimanda ai seguenti elaborati grafici e documenti allegati:

Progressivo	Progetto Funzionale
0059	Planimetria di progetto funzionale tratto A 1:500 Tav 1/2
0060	Planimetria di progetto funzionale tratto A 1:500 Tav 2/2
0061	Planimetria di progetto funzionale tratto B 1:500
0054	Planimetria di progetto funzionale tratto C 1:500
0052	Planimetria di progetto funzionale tratto D 1:500
0058	Planimetria di progetto funzionale tratto E 1:500
0110	Sezioni Tipologiche Funzionali Tratto A
0113	Sezioni Tipologiche Funzionali Tratto B-C-D
0111	Sezioni Tipologiche Funzionali Tratto E



Progressivo	Progetto idraulico
0070	Connessione idraulica - Planimetria di progetto - Tav.1
0071	Connessione idraulica - Planimetria di progetto - Tav.2
0072	Connessione idraulica - Planimetria di progetto - Tav.3
0073	Connessione idraulica - Planimetria di progetto - Tav.4
0074	Connessione idraulica - Planimetria di progetto - Tav.5
0075	Connessione idraulica - Planimetria di progetto - Tav.6
0076	Connessione idraulica - Planimetria di progetto - Tav.7
0077	Connessione idraulica - Planimetria di progetto - Tav.8
0078	Connessione idraulica - Planimetria di progetto - Tav.9
0079	Connessione idraulica - Planimetria di progetto - Tav.10
0080	Connessione idraulica - Planimetria di progetto - Tav.11
0081	Connessione idraulica - Planimetria di progetto - Tav.12
0082	Connessione idraulica - Planimetria di progetto - Tav.13
0083	Connessione idraulica - Planimetria di progetto - Tav.14
0084	Connessione idraulica - Planimetria di progetto - Tav.15
0085	Connessione idraulica - Planimetria di progetto - Tav.16
0086	Connessione idraulica - Tratto C - Manufatti di raccordo 1C e 3C - Funzionali
0087	Connessione idraulica - Tratto C - Manufatto 2C - Sovrappasso cunicolo M4 - Funzionale
0088	Connessione idraulica - Tratto D - Manufatti di raccordo 1D e 2D - Funzionali
0089	Connessione idraulica - Camere di spinta e recupero microtunnelling - Funzionali tipologici sistemazione finale
0097	Connessione idraulica - Schema unifilare camere di spinta e recupero microtunnelling
0090	Connessione idraulica - Planimetria inquadramento profili idraulici
0091	Connessione idraulica - Profili longitudinali tratto A - tratto A1
0092	Connessione idraulica - Profili longitudinali tratto A2 - tratto A3 - tratto B
0093	Connessione idraulica - Profili longitudinali tratto B1 - tratto B2
0094	Connessione idraulica - Profili longitudinali tratto B3 - tratto B4
0095	Connessione idraulica - Profili longitudinali tratto C - tratto C1
0096	Connessione idraulica - Profili longitudinali tratto D - tratto D1 - tratto E
0098	Tipologico funzionale conche con fasi di funzionamento

Progressivo	Documenti allegati
A	“Accordo per la gestione e l'utilizzo operativo del Sistema di supporto alle Decisioni (SSD) per il rischio idraulico sull'area metropolitana milanese”, 2017.
A1	Allegato 1 - “Accordo per la gestione e l'utilizzo operativo del Sistema di supporto alle Decisioni (SSD) per il rischio idraulico sull'area metropolitana milanese”.
A2	Allegato 2 - “Accordo per la gestione e l'utilizzo operativo del Sistema di supporto alle Decisioni (SSD) per il rischio idraulico sull'area metropolitana milanese”.



3.1 RETICOLO IDROGRAFICO

Il naviglio della Martesana è uno dei navigli milanesi storici e collega Milano con il fiume Adda da cui riceve le acque poco a valle di Trezzo sull'Adda, nei pressi del Santuario della Concesa, per giungere dopo circa 38 Km a Milano.

Per gran parte del suo percorso il Naviglio Martesana scorre, contrariamente agli altri navigli, perpendicolarmente alla linea di displuvio, incrociando quindi le acque in discesa dalle colline della Brianza ed in particolare i torrenti delle Trobbie (il torrente Trobbia di Gessate, la roggia Trobbia di Masate, il rio Vallone, il cavo Vareggio e il cavo Ambrosina) e Molgora e il fiume Lambro.

In particolare, in corrispondenza dell'abitato di Gessate è stato realizzato un canale scolmatore per ridurre il deflusso di piena del Trobbia di Gessate nel tratto in cui il torrente stesso attraversa i centri abitati di **Gessate e Bellinzago Lombardo**. Questo canale scolmatore, a monte dell'attraversamento con il Naviglio Martesana riceve le acque della roggia Trobbia di Masate, e poi, mediante un sistema di paratoie, riversa gran parte delle portate di piena nel Naviglio Martesana, mentre una piccola parte sottopassa il Naviglio stesso e prosegue a valle fino al ricongiungimento con il ramo di Gessate.

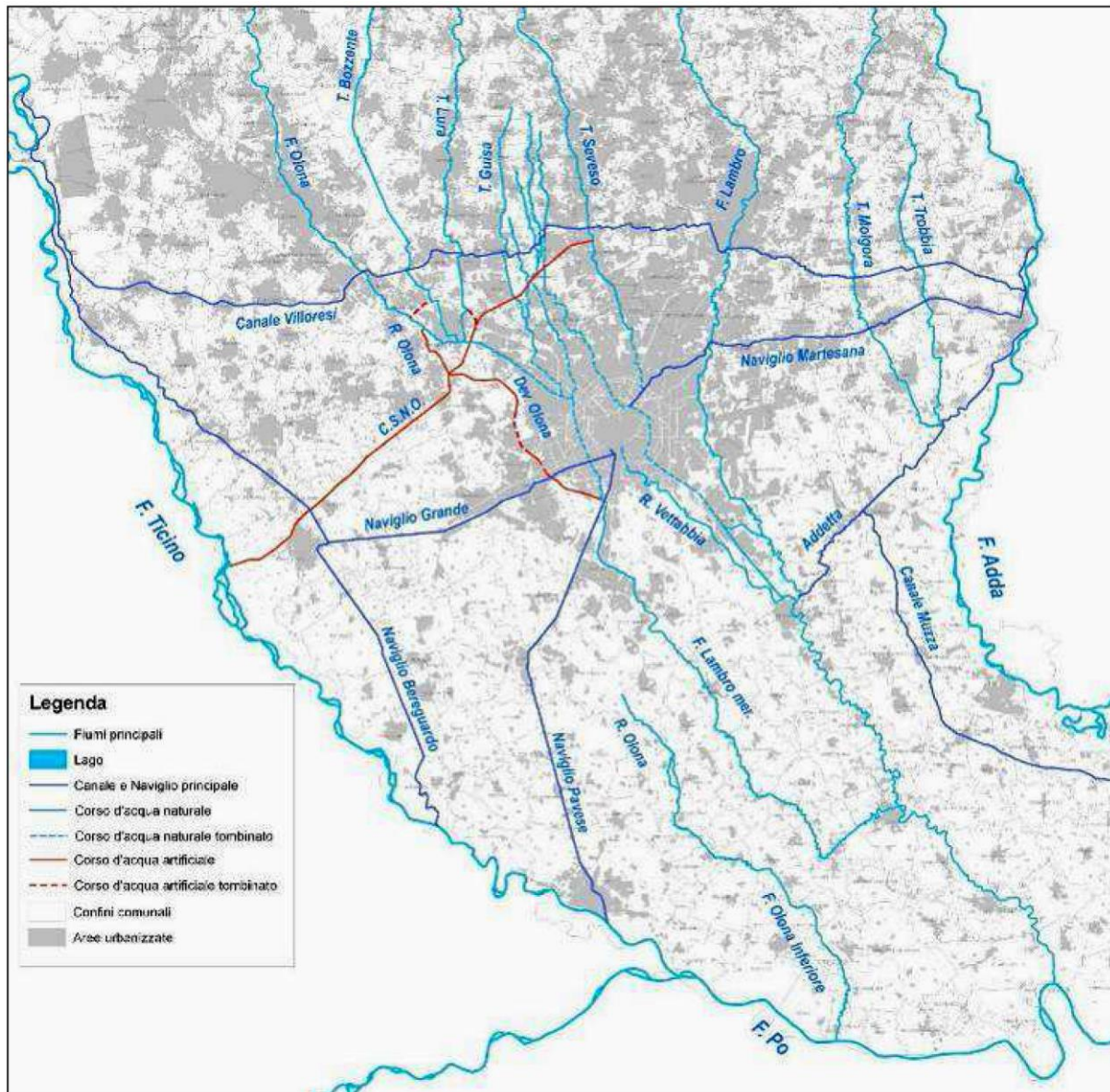
In accordo con il Consorzio di bonifica est Ticino Villorese, in occasione degli eventi di piena delle Trobbie viene limitata la portata che dall'Adda alimenta la Martesana in modo da permettere al canale scolmatore di scaricare fino a 40 metri cubi al secondo nella Martesana stessa. La sezione del naviglio Martesana si riduce progressivamente proseguendo verso Milano e, pertanto, non è in grado di trasportare tutta la portata che gli viene immessa dallo scaricatore.

Secondo l'analisi idraulica riportata nello "Studio di Fattibilità degli interventi per la creazione di aree di esondazione controllata del torrente Trobbia e affluenti" del luglio 2011, il naviglio Martesana è in grado di sopportare scarichi dal sistema delle Trobbie inferiori a 22 m³/s (ipotizzando di aver preventivamente ridotto le portate circolanti in Martesana fino a 5 m³/s), per portate superiori si verificherebbero pericolose esondazioni lungo il corso del naviglio nei comuni di Gessate, Gorgonzola, Cassina de' Pecchi e Cernusco sul Naviglio.

Prima dell'ingresso a Milano, la portata della Martesana viene quindi scolmata in parte nel torrente Molgora, nel comune di Gorgonzola, e in parte nel fiume Lambro, nel comune di Milano (nodo idraulico di via Idro).

Per quanto riguarda la regolazione delle portate di piena in ingresso al tratto tombinato del naviglio della Martesana in Milano, la portata massima viene regolata tramite il protocollo specificato nel "Accordo per la gestione e l'utilizzo operativo del Sistema di supporto alle Decisioni (SSD) per il rischio idraulico sull'area metropolitana milanese" tra Regione Lombardia, Protezione Civile, ARPA Lombardia, AIPo, Comune di Milano /MM SpA, Consorzio ETV, Parco Valle del Lambro (si riporta in allegato alla presente relazione il testo di tale accordo).

Tale accordo stabilisce che in caso di piena delle Trobbie, la portata in ingresso in Milano sarà contenuta entro la portata ordinaria di 1 m³/s aumentando conseguentemente la portata scaricata in Lambro operando sul nodo di via Idro Lambro-Naviglio Martesana, sulle quattro paratoie di sbarramento e sulle due paratoie di scarico del Martesana nel Lambro.



Schema 1. “Reticolo idrografico del naviglio della Martesana”



3.2 PORTATA DI PROGETTO E PUNTI DI RECAPITO

La nuova opera di riconnessione idraulica sarà regolata in termini di portata in ingresso a monte ed in termine di livelli tramite le conche previste nelle 5 tratte di riapertura. Si specifica che la portata in ingresso sarà regolata in modo tale da non superare i valori di progetto anche in occasione di eventi di piena che possono interessare il sistema delle Trobbie (paragrafo 3.1). In ogni caso, si anticipa che verrà studiato l'inserimento di un canale di by-pass alla tratta A in modo tale da consentire, in caso di manutenzione o altra necessità, di escludere l'ingresso della portata nell'opera di riconnessione idraulica senza interrompere l'alimentazione dell'intero sistema di riconnessione idraulica. Tale opera verrà meglio definita in fase di progettazione definitiva.

❖ Per quanto riguarda la portata di progetto della riconnessione idraulica, i valori massimi di portata costante in ingresso sono ipotizzati pari a:

- $Q=3 \text{ m}^3/\text{s}$ per la riapertura parziale del Naviglio (riconnessione idraulica);
- $Q=4 \text{ m}^3/\text{s}$ per la riapertura totale del Naviglio.

La differenza di portata tra i due scenari è motivata dalla necessità di garantire un adeguato franco idraulico di sicurezza nelle sezioni con spazi commerciali della tratta di Naviglio riaperta in via M. Gioia (tratta A). La riconnessione idraulica presenta tratte intubate che quindi aumentano le perdite di carico rispetto alla configurazione del canale finale con sezione ben più larga.

La scelta delle portate di progetto sia per la riconnessione idraulica sia per la riapertura totale è in accordo con le valutazioni esposte nel precedente studio di fattibilità del 2015, che riteneva come portata massima per il nuovo canale un valore compreso tra $3 \text{ m}^3/\text{s}$ e $4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tali valori di portata consentono infatti di mantenere velocità minime e massime opportune al mantenimento nelle tratte di canale, corrette condizioni igieniche, la visibilità dalle sponde e anche la futura navigabilità da parte di imbarcazioni leggere con funzioni turistiche. Queste caratteristiche vincolano le velocità minime e massime della corrente, i tiranti d'acqua minimi da garantire per rendere possibile il pescaggio dei natanti, le luci minime da mantenere per garantire il passaggio sotto i ponti e la distanza tra superficie libera dell'acqua e piano strada.

Per quanto riguarda le velocità di progetto, nelle tratte intubate della riconnessione idraulica, la velocità della corrente deve essere compresa tra i valori di 0.4 m/s e $2\text{-}2.5 \text{ m/s}$; mentre nelle tratte oggetto di riapertura del Naviglio (tratte A, B, C, D, E) si considera un range di velocità ragionevolmente comprese tra 0.2 m/s – 0.7 m/s .

Da un lato, la velocità dovrà essere abbastanza elevata da impedire depositi, esalazioni ed un eccessivo sviluppo di vegetazione e insetti. Dall'altro lato, la velocità dovrà essere abbastanza bassa da limitare le perdite di carico e le erosioni delle sezioni. Inoltre, nelle tratte oggetto di riapertura del Naviglio, il vincolo sulla velocità massima è più stringente, dovendo essere garantire la futura



manovrabilità dei natanti. Considerato che si intende proporre, per il Naviglio totalmente riaperto, una fruizione di tipo essenzialmente turistico con imbarcazioni leggere, e considerando la velocità massima delle imbarcazioni in servizio sui Navigli Grande e Martesana (4 nodi), si è ritenuto ragionevole richiedere che la velocità della corrente generalmente non superi 0.7 m/s.

❖ Il punto di recapito finale è la Darsena e la portata massima recapitabile è pari a 2 m³/s, per via della massima capacità idraulica della Roggia Castello esistente (sezione ovoidale 2,00 x 1,80 metri) situata in via de Amicis. La quota parte di portata eccedente ai 2 m³/s verrà scaricata in Roggia Vettabbia. Pertanto, oltre alla Darsena, un secondo recapito è la Roggia Vettabbia. Inoltre, lungo il tracciato è stata prevista la possibilità di scaricare in situazioni di emergenza le acque nel cavo Redefossi. Infine, il progetto prevede il mantenimento, ossia la riattivazione, delle storiche utenze irrigue di Roggia Gerenzana e del cavo Bolagnos.

❖ Inoltre, la presenza del Naviglio in prossimità di alcune zone, consente il distoglimento dalla rete fognaria, e quindi dalla depurazione, di una porzione di acque bianche (scarico specchi d'acqua di parchi cittadini, pompe di calore e di aggotamento, acque meteoriche) che attualmente grava sulla rete fognaria della Comune di Milano.

Tali acque bianche non sono conformi né per qualità né per quantità al sistema fognario ed all'impianto di depurazione, anzi sono acque "parassite" per il sistema fognario, le cui conseguenze principali consistono in:

- riduzione dell'efficienza dell'impianto di depurazione;
- riduzione della capacità di smaltimento dei collettori fognari;
- funzionamento delle stazioni di sollevamento in condizioni non prossime a quelle di progetto;
- aumento costi energetici, gestionali e depurativi

È evidente quindi il vantaggio offerto dalla possibilità di sfruttare la nuova opera di riconnessione idraulica come corpo idrico ricettore di tali acque.

Si è pertanto stimata la quota parte che può ritenersi costante nel tempo delle acque bianche lungo il percorso della riconnessione idraulica e con essa compatibili, tenendo separato dunque il contributo di origine meteorica.

La portata stimata è pari a circa 80 l/s e costituita dai seguenti contributi:

1. 50l/s dovuti al corso d'acqua tombinato di Via San Marco che si immette all'interno della rete fognaria in Via Borgonuovo. La portata è stata stimata in funzione della presenza di emungimenti a scopo geotermico.



2. 30 l/s legati allo scarico delle acque che oggi alimentano il sistema dei laghetti interni al Parco Indro Montanelli per il quale, in attesa della realizzazione della riconnessione idraulica, è previsto il recapito temporaneo all'interno del Cavo Redefossi; tale soluzione è infatti da considerarsi provvisoria note le limitate capacità ricettive del Cavo Redefossi.

Questo valore di portata ($Q=80\text{l/s}$) è da considerarsi esiguo rispetto alla capacità di portata dell'opera di riconnessione idraulica ma costituisce un contributo pressoché continuo, il che significa un volume di acque parassite (inutilmente) depurato annuo pari a $2\,522\,880\text{ m}^3$.

Nel presente studio questo contributo continuo è da considerati inglobato nel valore di portata massima in ingresso a monte della riconnessione.

Per quanto riguarda il contributo meteorico, l'effetto delle precipitazioni sarà valutato in condizioni di massima portata nell'opera di riconnessione idraulica al fine di dimostrare la resilienza idraulica dell'opera in progetto e l'assenza di esondazioni a fronte di tali eventi meteorici.

Il contributo meteorico sarà calcolato sui bacini urbani afferenti alle cinque tratte oggetto di riapertura per eventi di pioggia con tempo di ritorno T pari a 10 anni (par. 3.3) attraverso uno ietogramma sintetico di tipo Chicago (par. 3.4).

In sintesi, si analizzerà il funzionamento idraulico dei seguenti scenari:

❖ **RIAPERTURA PARZIALE:**

T.A. Tempo asciutto:

1. Scenario con portata costante $Q=3\text{ m}^3/\text{s}$, con scarico costante in Vettabbia pari a $1\text{ m}^3/\text{s}$;
2. Scenario con portata costante $Q=2\text{ m}^3/\text{s}$, senza scarico in Vettabbia.

T.B. Tempo bagnato:

1. Scenario al punto T.A.1 con aggiunta di contributo meteorico generato da una precipitazione con tempo di ritorno $T=10$ anni.

Il contributo meteorico sarà stimato sulle cinque tratte oggetto di riapertura.

❖ **RIAPERTURA TOTALE:**

T.A. Tempo asciutto:

1. Scenario con portata costante $Q=3\text{ m}^3/\text{s}$, con scarico costante in Vettabbia pari a $1\text{ m}^3/\text{s}$;
2. Scenario con portata costante $Q=2\text{ m}^3/\text{s}$, senza scarico in Vettabbia.



3.3 ANALISI IDROLOGICA

Per quanto riguarda il contributo meteorico, la stima delle caratteristiche delle precipitazioni estreme è basata su linee segnalatrici della possibilità pluviometrica (dette anche curve di possibilità pluviometrica) esprimibili come relazioni altezza-durata-frequenza (ADF) ovvero intensità-durata-frequenza (IDF).

Anche se queste relazioni sono di solito semplici ed i relativi metodi di stima ben consolidati in letteratura, di recente una certa attenzione è sorta in merito ai possibili effetti del cambiamento climatico sulla loro affidabilità probabilistica, dato che secondo recenti studi è da prevedersi l'aumento di alcuni degli eventi idrologici estremi. Becciu et al. (2016) hanno analizzato la serie storica delle precipitazioni registrate al pluviografo di via Monviso a Milano, dal 1971 al 2012, determinando (mediante applicazione del test non-parametrico Mann-Kendall, anche noto come test Kendall-Tau) la non significatività statistica delle tendenze riscontrate nelle serie di diversa durata, accettando pertanto la valutazione tradizionale delle suddette curve.

Al proposito della serie utilizzata e della sua significatività per la città di Milano, occorre rilevare come fin dal 1895 il Comune di Milano si sia dotato di una rete di pluviometri, che attualmente risulta costituita da 16 pluviometrografi, 14 dei quali distribuiti uniformemente sul territorio comunale, 1 nel Comune di Cusano Milanino e 1 in quello di Garbagnate Milanese. Tale rete, acquisita nel 2003 da MM S.p.A., è una delle più consistenti tra quelle esistenti, non solo in Italia, sia per l'estensione, sia per la continuità temporale delle registrazioni, che sono state e continuano ad essere oggetto di studi e ricerche anche da parte di diversi istituti universitari. In particolare, e per ciò che concerne la progettazione delle reti urbane, le serie dei pluviografi milanesi, dato il loro dettaglio temporale, è di fondamentale importanza per la corretta valutazione delle precipitazioni di breve e brevissima durata, che la stima a partire dalle piogge orarie e semiorarie conduce a sovrastimare.

Per la valutazione dell'andamento delle piogge sono stati estratti i massimi annuali per le durate di 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 300, 360, 420, 480, 540, 600, 720, 1080, 1440 minuti (ovvero 24 ore).

Avendo appurato che per la serie di dati della stazione pluviometrica considerata non vi sono significative tendenze in termini di cambiamento climatico, per individuare le curve di possibilità pluviometrica si è utilizzata tal quale l'intera serie di dati, (Becciu G. et al. 2016, "Curve di possibilità pluviometrica di Milano", Servizi a rete n°2).

Quindi è stato applicato il metodo dell'invarianza di scala, che presuppone l'autosomiglianza statistica delle distribuzioni di probabilità di tutte le durate. Secondo tale metodo le curve di possibilità pluviometrica possono essere espresse nella forma: $h(\theta, T) = \xi(T) \cdot \mu(\theta)$; Dove $\mu(\theta)$ è la curva che interpola l'andamento delle medie campionarie dei massimi annui mentre $\xi(T)$ è il fattore di crescita in funzione del tempo di ritorno T .



Per individuare la funzione $\mu(\theta)$ interpolante le medie campionarie dei massimi annui per le varie durate θ sono stati sviluppati due approcci alternativi.

Il primo approccio è consistito nell'esprimere la funzione $\mu(\theta)$ mediante due curve monomie rispettivamente una per le durate più brevi e una per le durate più lunghe. In particolare, si sono individuati due campi delle durate θ , rispettivamente:

- 5 minuti $\leq \theta \leq$ 25 minuti
- 25 minuti $\leq \theta \leq$ 1440 minuti.

Il secondo approccio è consistito invece nell'esprimere la funzione $\mu(\theta)$ mediante una sola curva a tre parametri.

Per l'individuazione del fattore di crescita $\xi(T)$ si è poi ricercata quale fosse la distribuzione di probabilità P più performante in termini d'interpolazione dei dati campionati nei 42 anni per le 20 diverse durate, ciascuno adimensionalizzato rispetto alla media campionaria della propria durata così da formare un unico campione aggregato.

In particolare, sono state considerate quattro diverse espressioni di distribuzioni di probabilità per valori estremi (GEV, Frechét, Weibull, Gumbel), calibrando i corrispondenti parametri attraverso il metodo dei minimi quadrati e conducendo poi un'analisi congiunta del test di adattamento della fascia fiduciaria e di quello di Pearson.

L'analisi congiunta dei risultati di tali due test di adattamento statistico, tenendo conto che per le distribuzioni di probabilità di Gumbel il test della fascia fiduciaria non è del tutto attendibile a causa della notevole apertura della banda di accettazione proprio verso i valori di elevato tempo di ritorno, porta a ritenere che per la serie di Milano – Via Monviso 1971-2012 la distribuzione di probabilità, e quindi il fattore di crescita, più performanti siano quelli di tipo GEV.

Pertanto, si ottengono le curve di possibilità pluviometrica riportate nel seguito, valide per durate da 5 minuti a 24 ore, essendo le altezze h espresse in mm, le durate θ in ore e i tempi di ritorno T in anni.

Curve a due parametri:

Durate: 5 min $\leq \theta \leq$ 25 min:

$$h = \mu(\theta) \cdot \xi(T) = a(T) \cdot \theta^n = 44.0 \cdot \left\{ 0.841 + \frac{0.259}{-0.06} \cdot \left\{ 1 - \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]^{-0.06} \right\} \right\} \cdot \theta^{0.562}$$

Durate: 25 min $\leq \theta \leq$ 24 ore:

$$h = \mu(\theta) \cdot \xi(T) = a(T) \cdot \theta^n = 34.2 \cdot \left\{ 0.841 + \frac{0.259}{-0.06} \cdot \left\{ 1 - \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]^{-0.06} \right\} \right\} \cdot \theta^{0.276}$$

Curve a tre parametri:



$$h = \mu(\theta) \cdot \xi(T) = \frac{A(T)}{(B + \theta)^C} \cdot \theta = \frac{36.9 \cdot \left\{ 0.841 + \frac{0.259}{-0.06} \cdot \left\{ 1 - \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]^{-0.06} \right\} \right\}}{(0.104 + \theta)^{0.754}} \cdot \theta$$

In particolare, in Tabella 1 sono riportati i valori dei parametri e in Figura 4 le curve di possibilità pluviometrica per tempi di ritorno T pari a 2, 5 e 10 anni per le formulazioni a due e tre parametri.

Rispetto alle curve ottenute sulla stessa serie, ma limitata al 1987 (ovvero operando un confronto per determinare come gli ultimi quindici anni abbiano variato la stima delle precipitazioni) si può osservare che esistono alcune differenze, sia in senso positivo che negativo (valori maggiori o minori ottenuti delle piogge stimate), ma ciò accade, verosimilmente, non solo per la differente base di dati ma anche in conseguenza del fatto che le prime poggiano su un'interpretazione statistica secondo la distribuzione di probabilità di Gumbel mentre le seconde secondo la distribuzione di probabilità GEV.

Occorre comunque rimarcare come il tempo di ritorno posto a base del progetto non è il rischio di superamento della grandezza in un determinato intervallo di tempo. Il rischio viene infatti definito come la probabilità P che il massimo annuale venga superato almeno una volta in N anni ed è legato al tempo di ritorno T dall'espressione: $P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T} \right)^N$. Quindi, per esempio, la probabilità o il rischio di superamento in N anni di un evento con 10 anni di tempo di ritorno risulta:

- in 1 anno: $P = 1 - (1 - 1/10)^1 = 0.10 = 10\%$;
- in 10 anni: $P = 1 - (1 - 1/10)^{10} = 0.65 = 65\%$;
- in 20 anni: $P = 1 - (1 - 1/10)^{20} = 0.88 = 88\%$.

Tale probabilità può quindi presentarsi piuttosto elevata durante la vita utile di un'opera, anche se il tempo di ritorno scelto a base del progetto di dimensionamento è elevato.

Tabella 1: "Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per tempi di ritorno T pari a 2, 5, 10, 50 e 100 anni".

Serie 1971-2012	Curva doppia monomia				Curva a tre parametri		
	5 min ≤ θ ≤ 25 min		25 min ≤ θ ≤ 24 ore		5 min ≤ θ ≤ 24 ore		
T [anni]	a	n	a	n	A	B	C
2	41.2	0.562	32.0	0.276	34.6	0.104	0.754
5	54.9		42.7		46.0		
10	64.5		50.1		54.1		
50	87.1		67.7		73.1		
100	97.4		75.7		81.7		

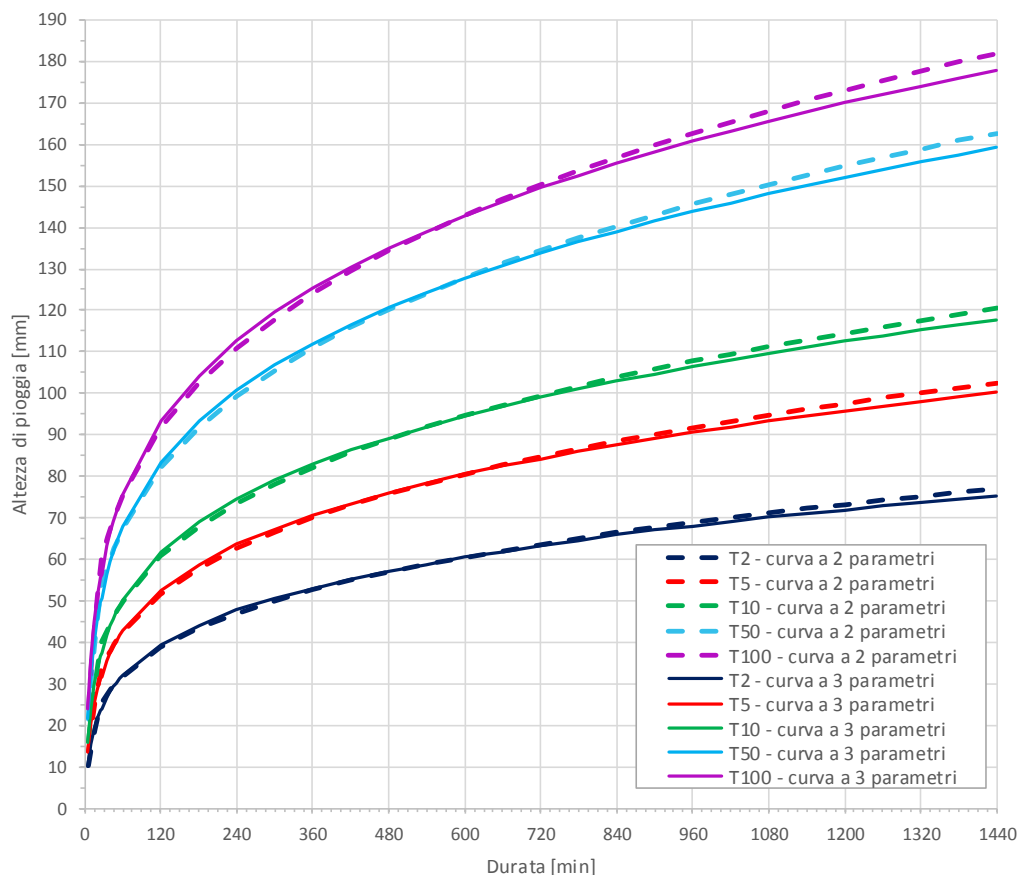


Figura 4. “Grafici delle curve di possibilità pluviometrica per tempi di ritorno T pari a 2, 5, 10, 50 e 100 anni generate a partire dalle espressioni a due e tre parametri”.

3.4 IETOGRAMMA DI PROGETTO

Per il calcolo della portata meteorica, gli eventi di pioggia sono tipicamente definiti sotto forma di ietogrammi (intensità nel tempo in mm/ora).

Onde simulare eventi di pioggia opportuni per il caso di studio in esame, è stato costruito uno ietogramma di tipo Chicago con tempo di ritorno T pari a 10 anni, come usuale nel dimensionamento dei collettori fognari della rete di Milano (è buona pratica scegliere $T = 2 \div 10$ anni). In particolare, è stato usato uno ietogramma di tipo Chicago con picco $r = 0.5$ e durata $t_p = 60$ minuti, Figura 5.

Tale ietogramma di progetto (Figura 5) è stato ricavato in base alle CPP (Tabella 1: $T=10$ anni, curva a 3 parametri $A=54.1$, $B=0.104$, $C=0.754$) determinate in riferimento al recente studio condotto congiuntamente da MM e Politecnico di Milano su una serie di pioggia dal 1971 al 2012 (Becciu et al. 2016), per piogge comprese tra cinque minuti e 24 ore alla stazione, gestita da MM, di via Monviso.

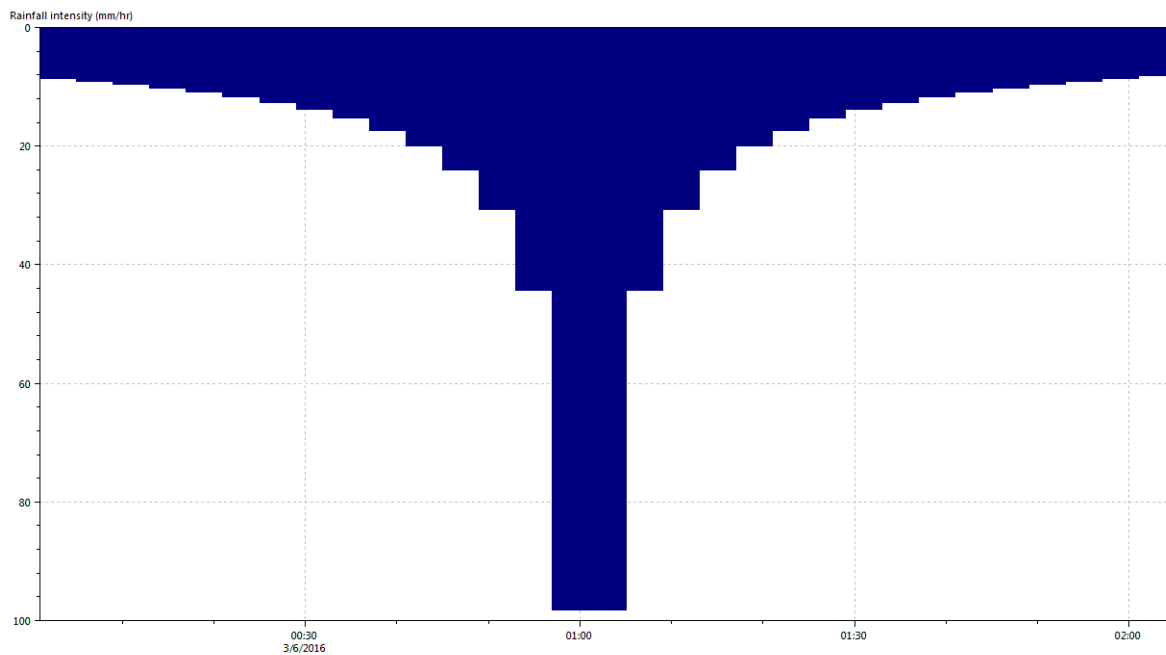


Figura 5. “Ietogramma Chicago di progetto, T=10 anni r=0.5 tp=60 minuti”.

Tabella 2. “Ietogramma Chicago di progetto, T=10 anni r=0.5 tp=60 minuti”.

Tempo [min]	i [mm/ora]	Tempo [min]	i [mm/ora]
1	8.58	65	44.34
5	9.04	69	30.63
9	9.55	73	24.01
13	10.15	77	20.02
17	10.84	81	17.31
21	11.65	85	15.34
25	12.63	89	13.83
29	13.83	93	12.63
33	15.34	97	11.65
37	17.31	101	10.84
41	20.02	105	10.15
45	24.01	109	9.55
49	30.63	113	9.04
53	44.34	117	8.58
57	98.23	121	8.18
61	98.23		



3.5 LE TRATTE DELLA RICONNESSIONE IDRAULICA

La riconnessione idraulica tra il Naviglio Martesana (Cassina de Pomm) e la Darsena è costituita dai tratti di nuova apertura collegati tra loro da tubazioni interrato. Alcune tratte di collegamento sono semplicemente da riutilizzare poiché già esistenti, lascio delle fasi di tombatura dei navigli avvenuta nel secolo scorso. Altre tratte sono previste nuove con diametro interno pari a 2 metri.

La posa delle nuove tubazioni avverrà prevalentemente attraverso tecnologie “no dig” (microtunneling o spingitubo) che sono caratterizzate da cantieri di dimensioni ridotte e quindi di minor impatto sulle attività antropiche. Solo in casi di reale necessità – quali ad esempio la posa nei tratti in cui è prevista la riapertura o la posa in limitati tratti caratterizzati da importanti interferenze con strutture esistenti – si farà ricorso alle tecnologie tradizionali per lo scavo a cielo aperto.

Le tratte della riconnessione idraulica sono state denominate con delle lettere che contraddistinguono le 5 tratte di riapertura (A, B, ..., E), mentre i collegamenti di tombatura portano il nome della tratta di apertura posta a monte, seguita da un codice numerico progressivo (A1, A2, ..., etc.).

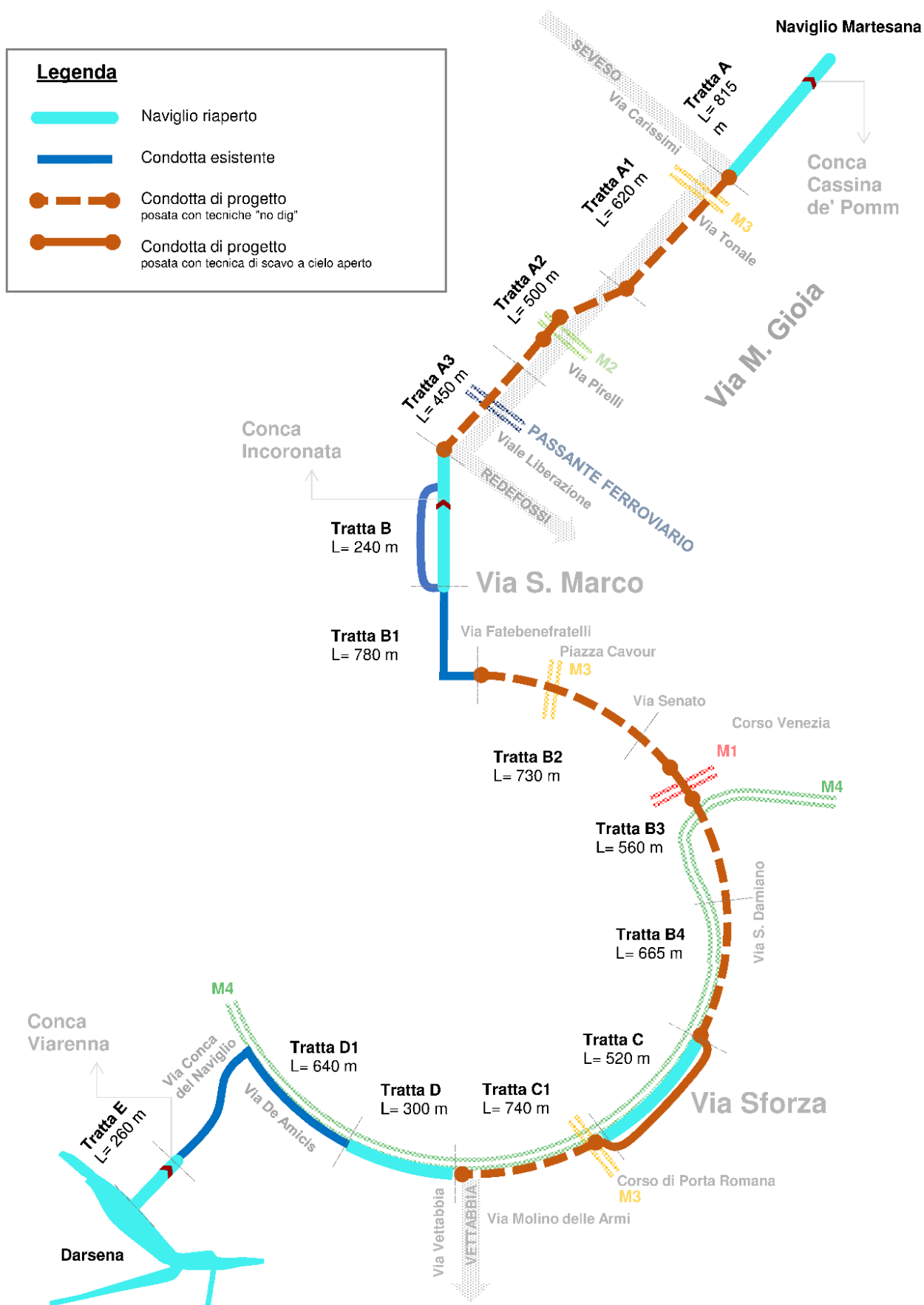


Figura 6. “Le tratte della riconnessione idraulica del Naviglio della Martesana”

3.5.1 TRATTA A

Seguendo il corso del Naviglio Martesana, è questo il primo tratto della riconnessione idraulica ed è anche il primo tratto per cui è prevista la riapertura già nella configurazione finale dei Navigli.

La tratta A è di fatto la naturale prosecuzione della configurazione del Naviglio della Martesana che nel tratto a monte fino a Cassina de' Pomm scorre attualmente in alveo aperto. La riapertura del canale consente un ridisegno ed una riqualificazione complessiva di un'area periferica.

La tratta si sviluppa lungo via M. Gioia e copre una lunghezza pari a circa 1030 metri da Cassina de' Pomm a poco prima dell'incrocio con Via Carissimi. Il canale avrà una sezione di dimensione variabile fra 6 m e 7 m e profonda 3 m.

Lungo la tratta sono progettate due conche: la conca di Cassina de' Pomm e la conca di via Carissimi. In entrambe le conche il tratto compreso fra le due porte avrà larghezza pari a 4,5 m.

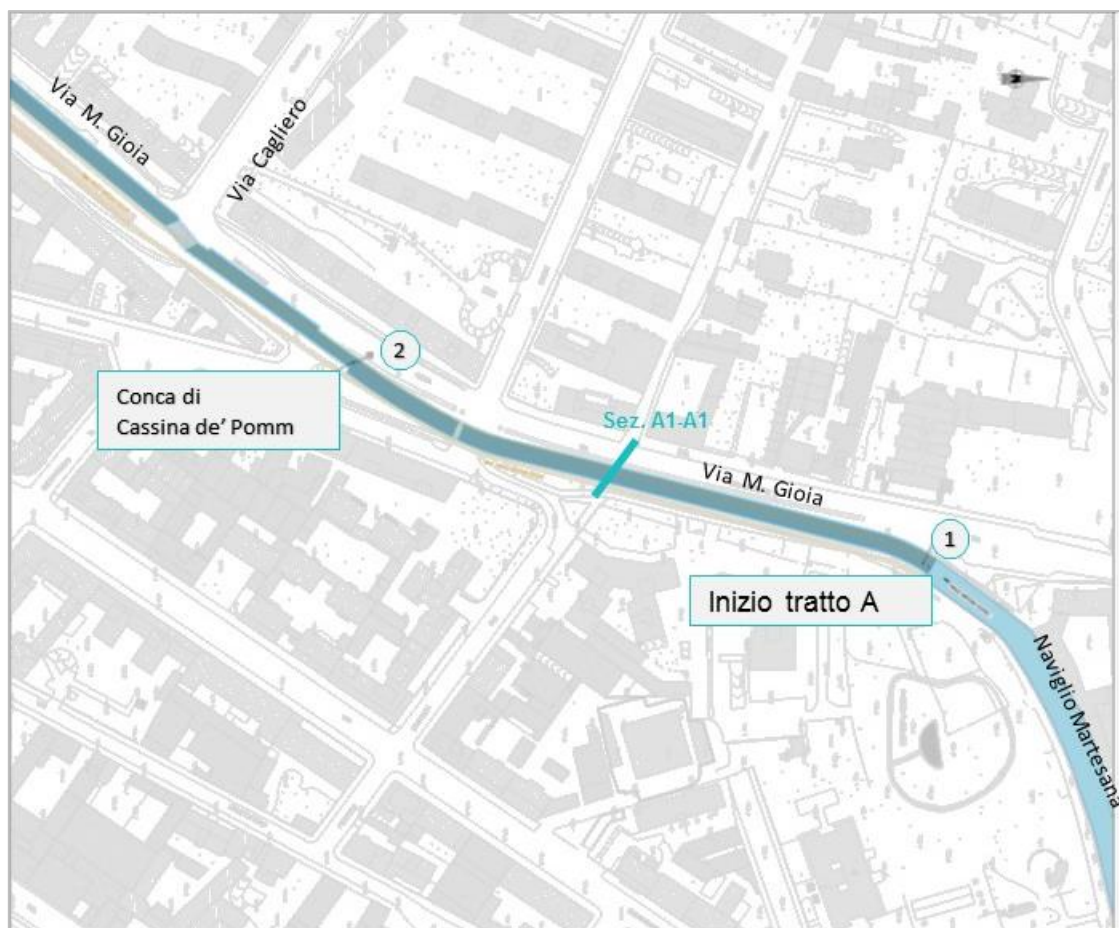


Figura 7. “La tratta A: riapertura del canale in Via Melchiorre Gioia, da Cassina de Pomm a via Cagliero”

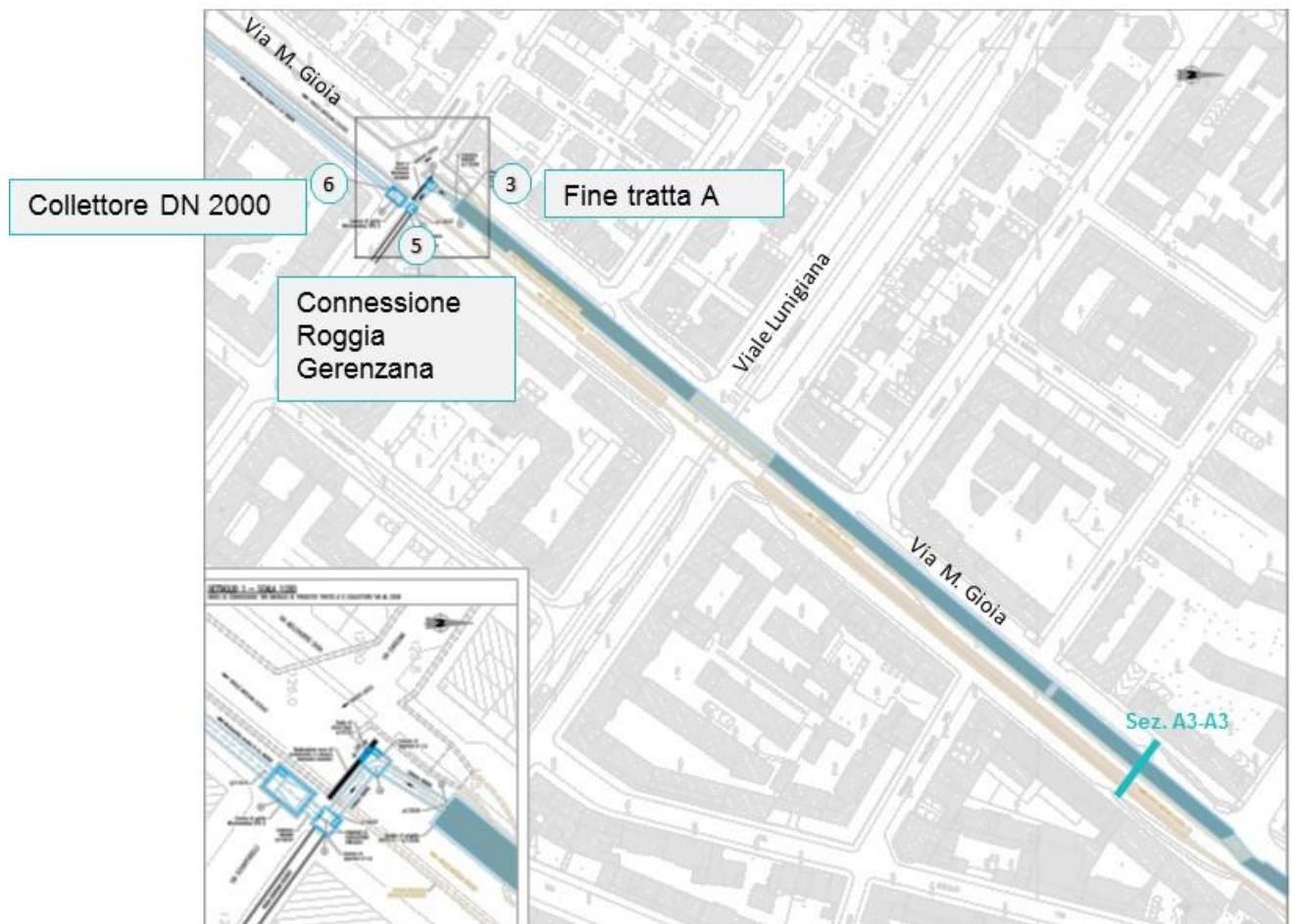


Figura 8. “La tratta A: riapertura del canale in Via Melchiorre Gioia, da via Cagliero a via Carissimi”

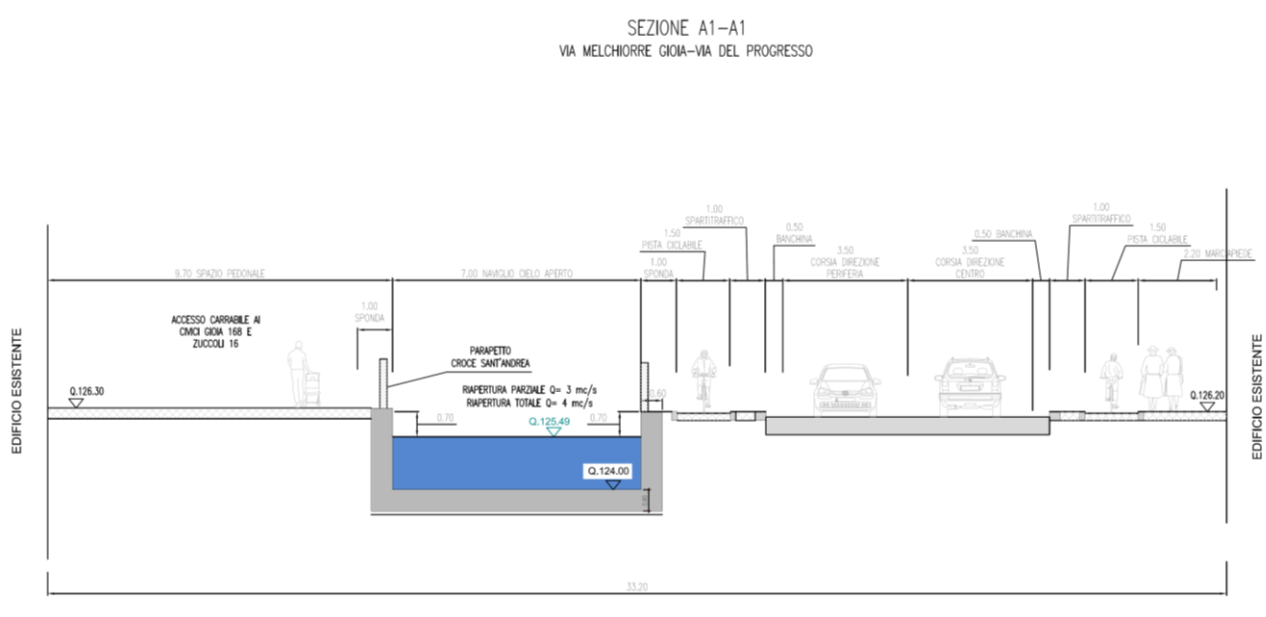


Figura 9. “La tratta A – sezione A1 – A1”



SEZIONE A3-A3
VIA MELCHIORRE GIOIA CIVICO 133 - VIA M.GIOIA, TRA VIA
CAGLIERO E VIA STRESA

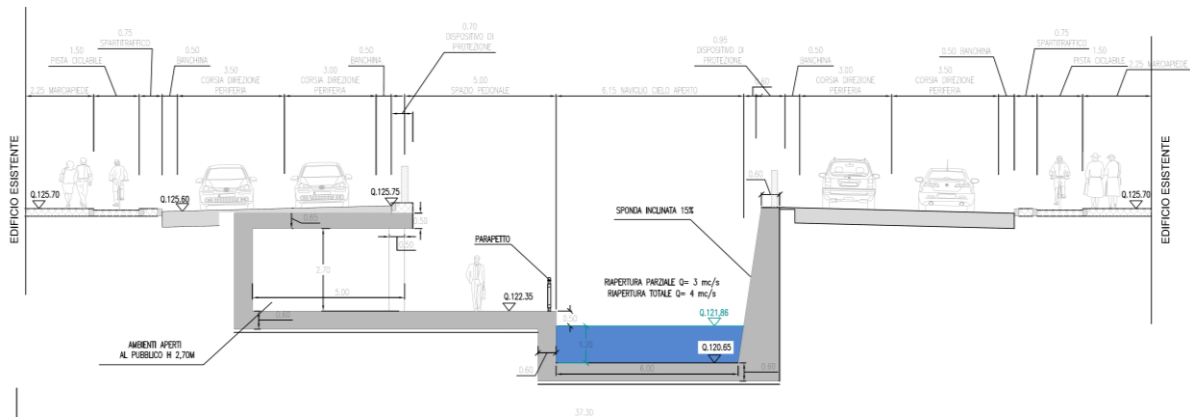


Figura 10. "La tratta A - sezione A3 - A3"

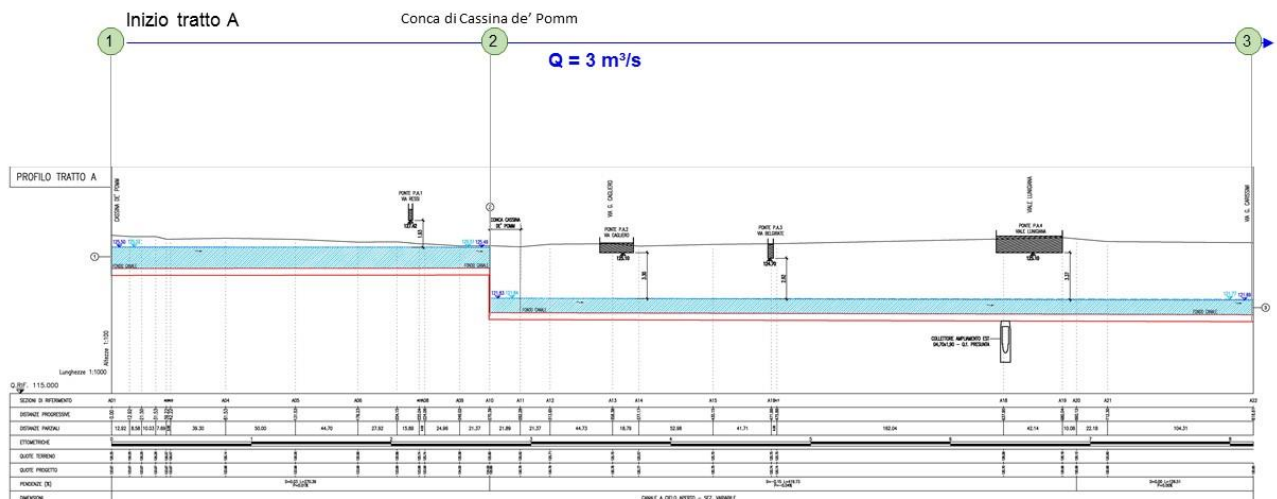


Figura 11. "La tratta A: profilo longitudinale della riconnessione"

Si osservi che nello studio di fattibilità del 2015 era prevista una seconda conca in via Carissimi. A tale conca veniva corrisposto un salto di fondo di appena 30 cm. Nel presente studio, la conca di via Carissimi viene eliminata, poiché il livello idraulico compatibile con un adeguato franco rispetto al piano degli spazi commerciali nelle sezioni di Naviglio in Via M. Gioia, del tipo riportato in Figura 10, è già realizzabile con la futura conca di via Pirelli.

3.5.2 TRATTA A1, A2 E A3

Via Melchiorre Gioia – da Via Carissimi ai Bastioni di Porta Nuova; lunghezza pari a 1572 m (rispettivamente le tre tratte hanno lunghezza $L_{A1}=621$ m, $L_{A2}=501$ m, $L_{A3}=450$ m). In questo tratto la riconnessione è garantita dalla posa della nuova tubazione (diametro 2 m).

La condotta verrà realizzata mediante tecniche “no dig” e posta in profondità onde evitare il fitto groviglio di sottoservizi altrimenti interferenti con una soluzione di posa più superficiale. Pertanto, il funzionamento idraulico di queste tratte avverrà secondo un moto in pressione, unica eccezione fatta per il tratto che passa sotto il palazzo del comune (lungo circa 198 m) in cui la galleria della linea metropolitana M2 e la relativa stazione di scalo (Gioia) soprastante sono interferenti e costringono a posare la condotta ad una quota più superficiale e a ridurne la sezione da circolare (diametro 2 m) ad una sezione scatolare (1,25 x 2 m).

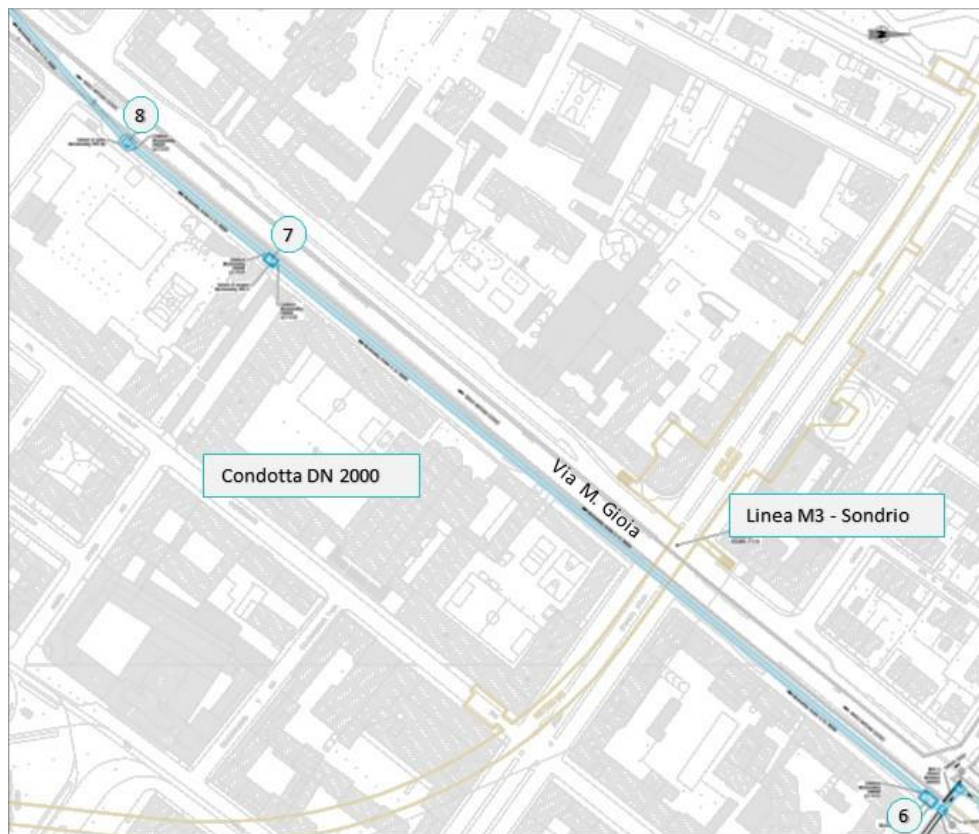


Figura 12. “La tratta A1: connessione idraulica in via M. Gioia”

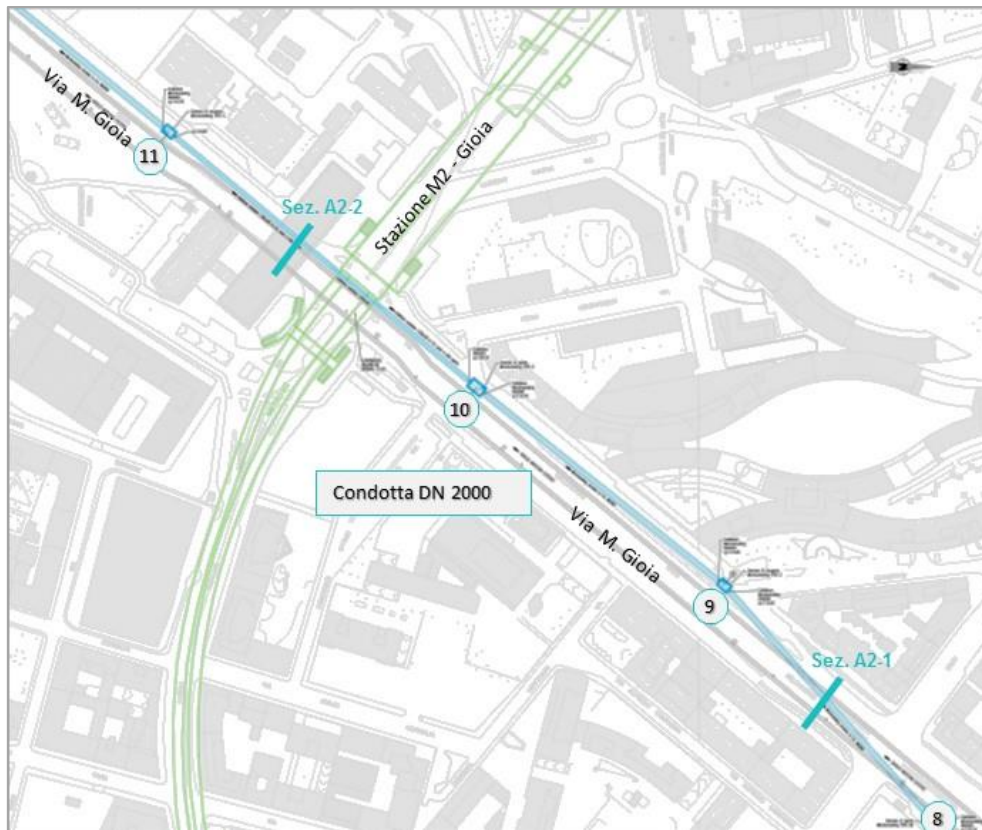


Figura 13. “La tratta A2: connessione idraulica in via M. Gioia”

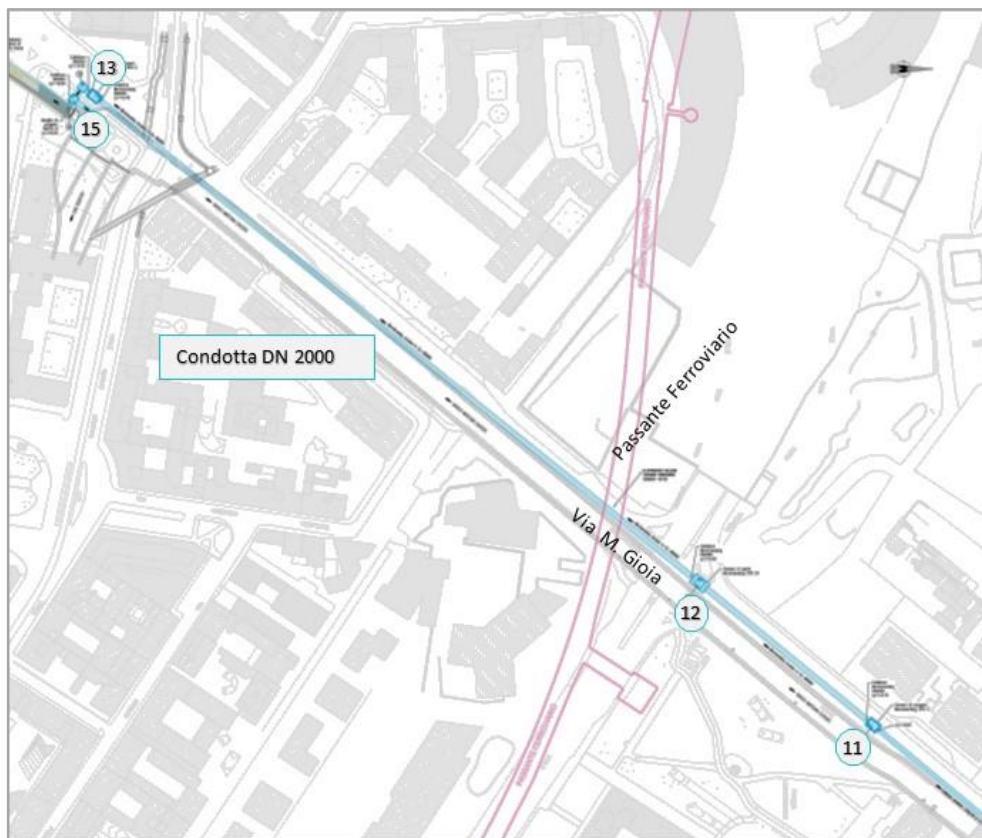


Figura 14. “La tratta A3: connessione idraulica in via M. Gioia”



SEZIONE A2-1
VIA M. GIOIA – ANGOLO VIA GALVANI

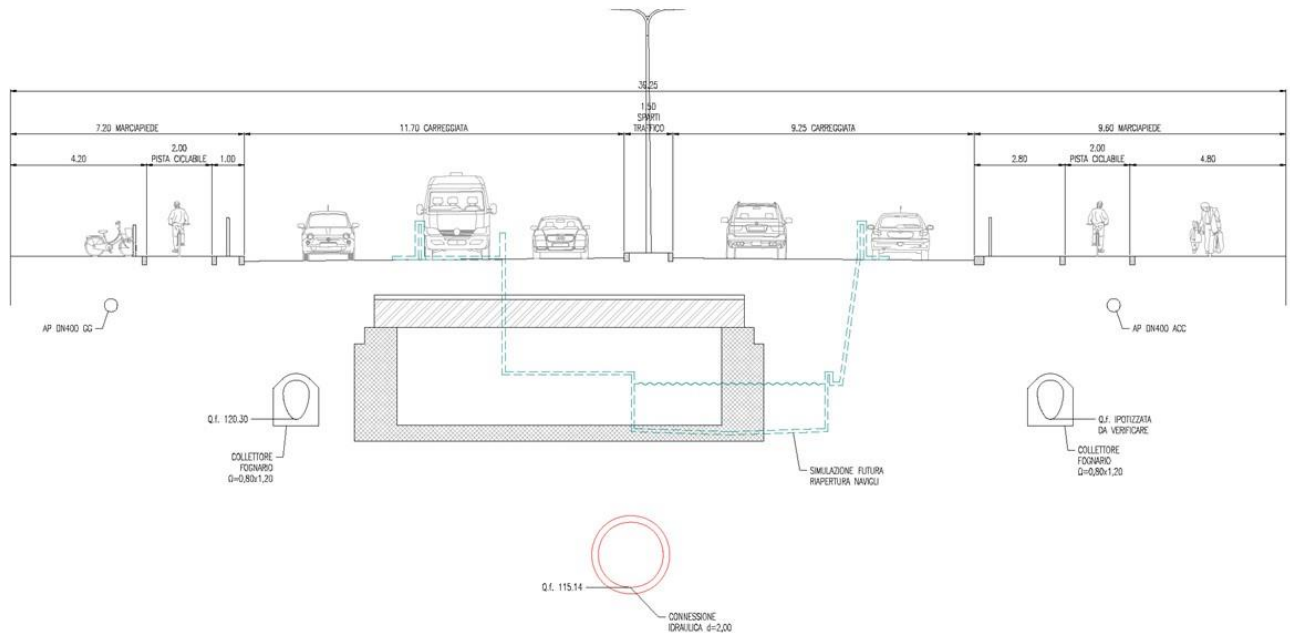


Figura 15. “La tratta A2 – sezione A2- 1”

SEZIONE A2-2
VIA M. GIOIA – ANGOLO VIA PIRELLI

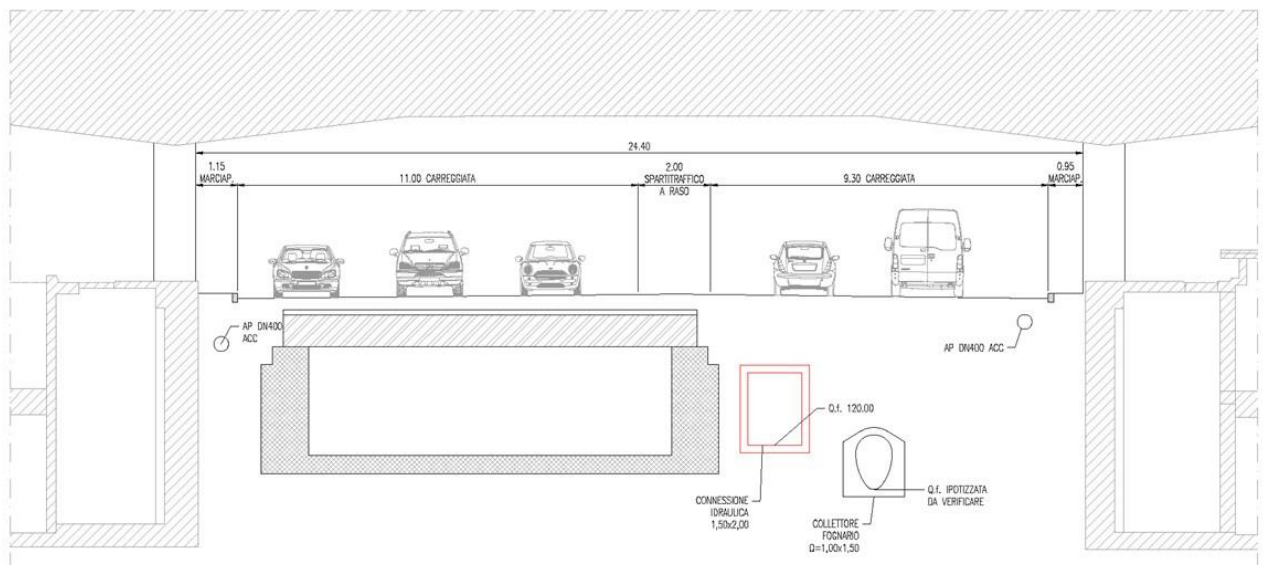


Figura 16. “La tratta A2 – sezione A2- 2”

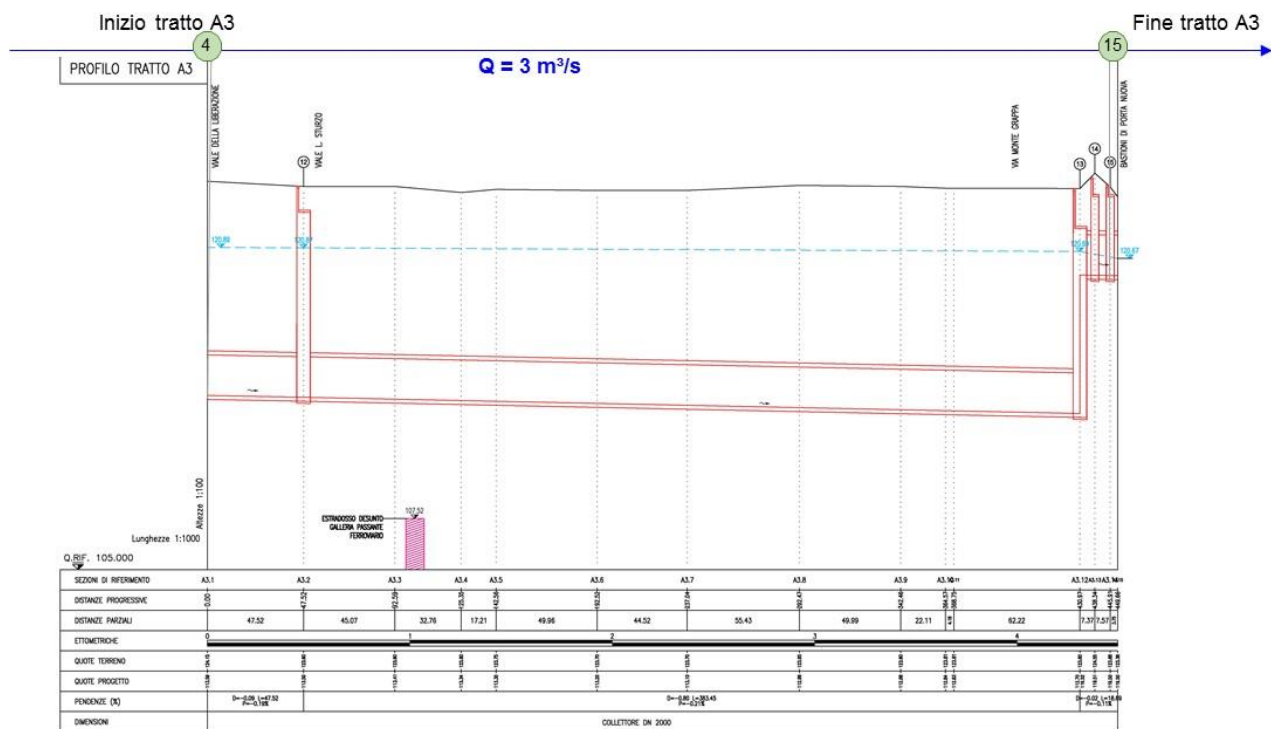


Figura 19. “La tratta A3: profilo longitudinale della riconnessione”

3.5.3 TRATTA B

In corrispondenza del viale Bastioni di Porta Nuova, all’altezza di via Melchiorre Gioia si trova il “Ponte delle Gabelle” e nel proseguo in via San Marco la Conca dell’Incoronata: è questo il secondo tratto per cui è prevista la riapertura già in configurazione finale del Naviglio.

Questo luogo offre uno dei pochi scorci nel centro città in cui è rimasta traccia dei navigli, in particolare le porte della conca dell’Incoronata sono state restaurate di recente (2015).

La lunghezza del tratto riaperto è pari a circa 240 metri, e comprende oltre alla conca storica, la riapertura di due nuove tratte a cielo aperto a monte e a valle della conca stessa. La larghezza del naviglio sarà variabile tra i 3,50 m e i 8,90 m e profonda 3 m.

Inoltre, in parallelo alla tratta di naviglio esiste tutt’oggi un canale che aveva un tempo funzione di by-pass della conca ed attualmente dismesso. Il progetto prevede il mantenimento della connessione tra il Naviglio riaperto e tale tratta di by-pass, nonché il suo recupero nella funzione originaria.

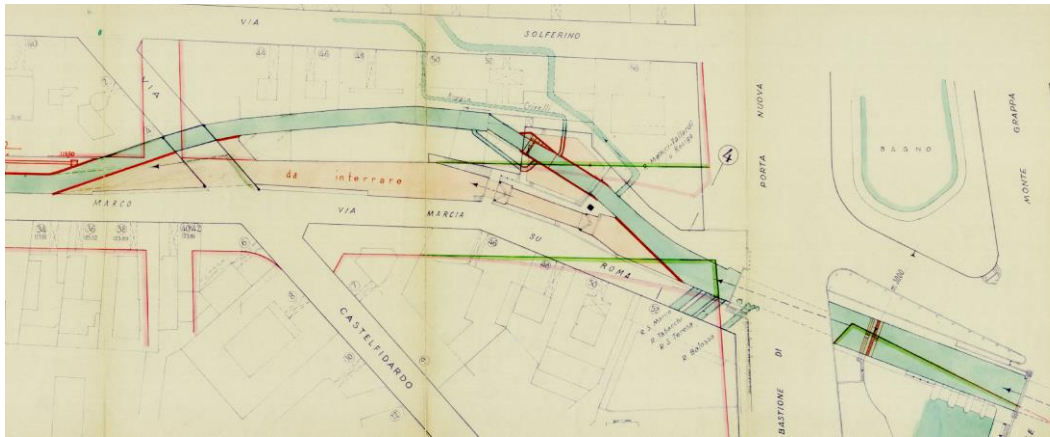


Figura 20. “La tratta B: riapertura del canale oggi asciutto e in parte interrato ed il relativo collettore di by-pass in corrispondenza della Conca dell'Incoronata, da viale Montegrappa a via San Marco fino all'incrocio con via Castelfidardo”

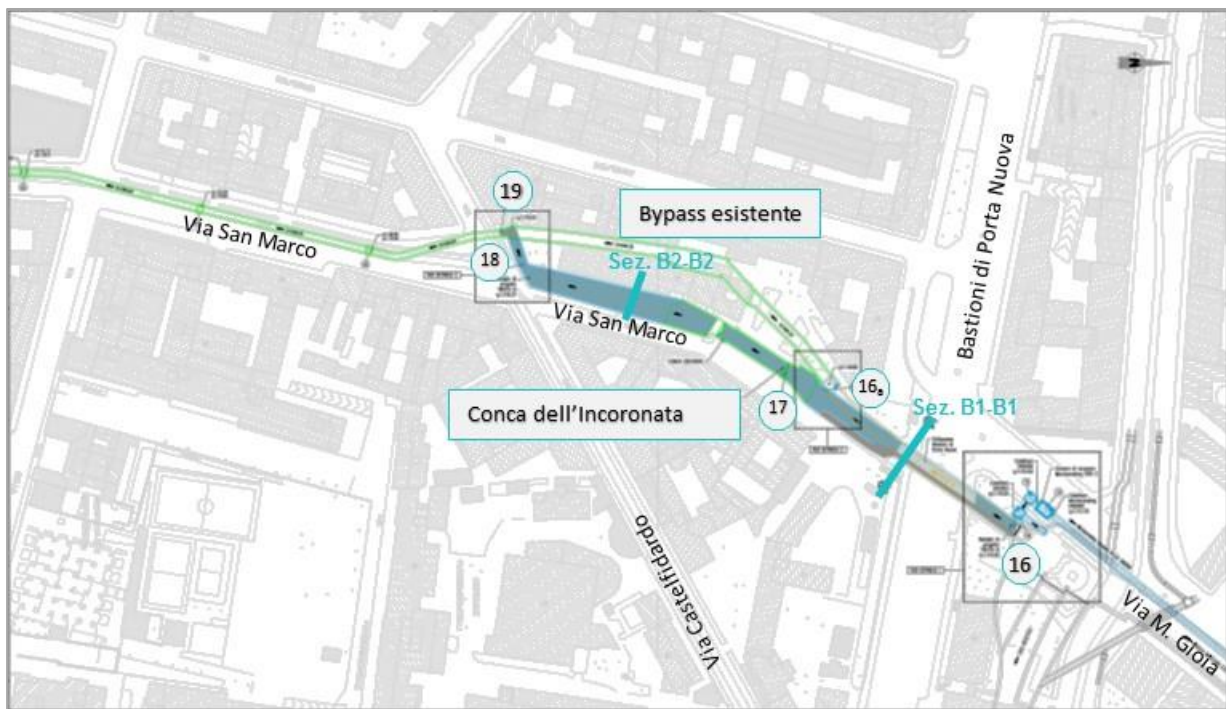


Figura 21. “La tratta B: riapertura del canale in corrispondenza della Conca dell’Incoronata, da viale Montegrappa a via San Marco fino all’incrocio con via Castelfidardo”

SEZIONE B1-B1 Sottopasso Bastioni di Porta Nuova

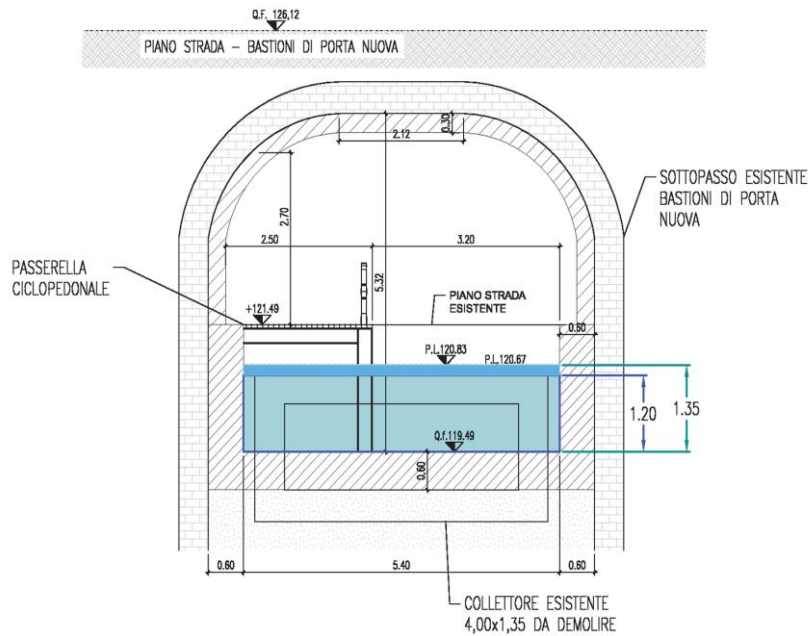


Figura 22. “La tratta B – sezione B1 – B1”

SEZIONE B2-B2 Via San Marco

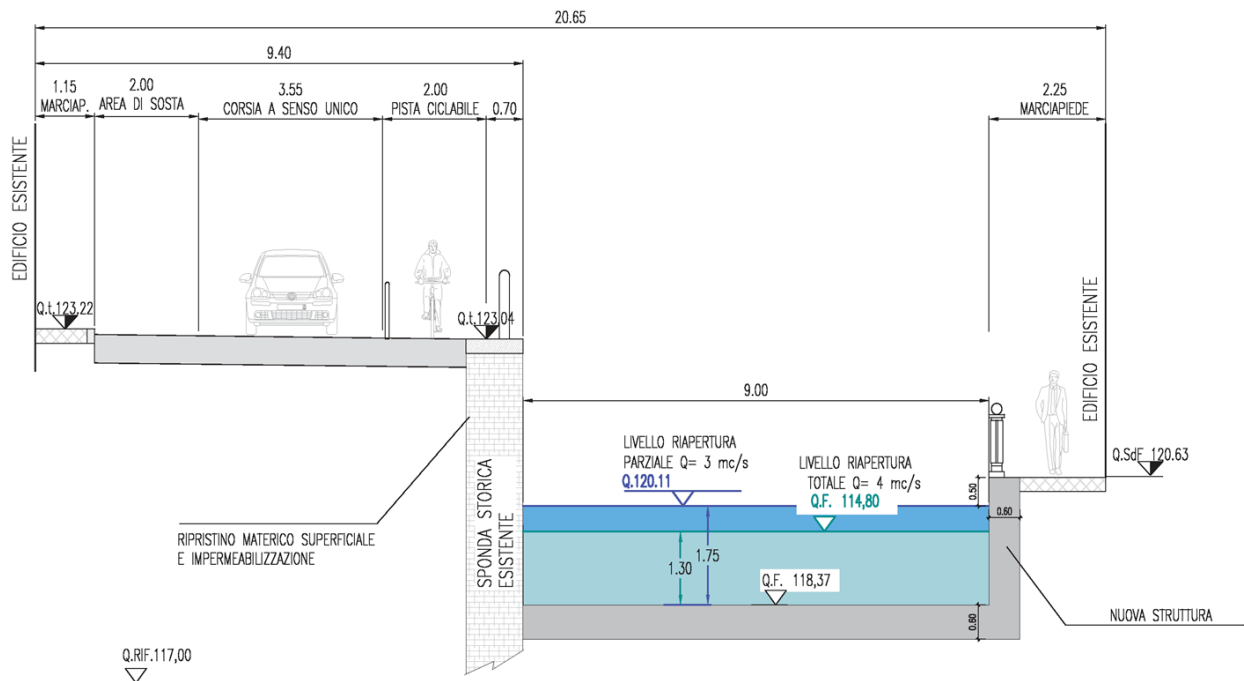


Figura 23. “La tratta B: sezione B2 - B2”

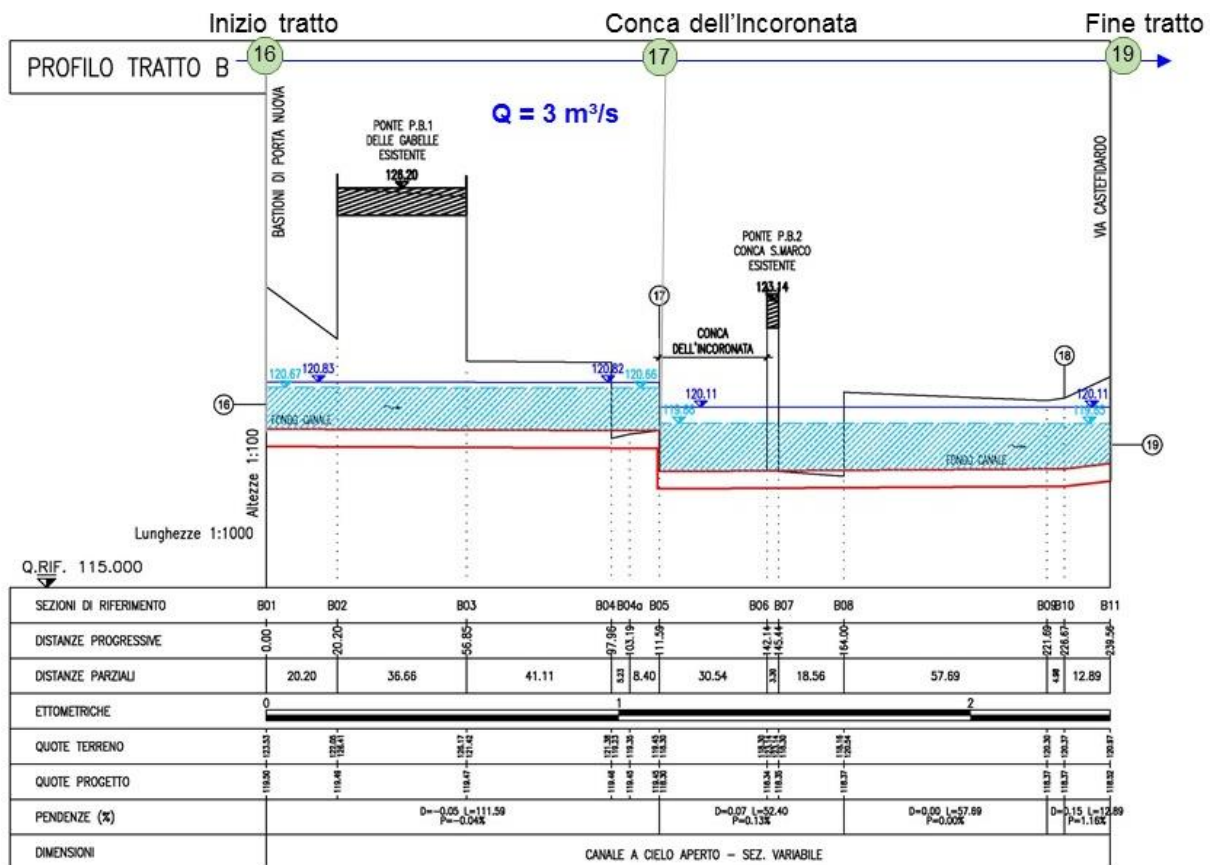


Figura 24. "La tratta B: profilo longitudinale della riconnessione"

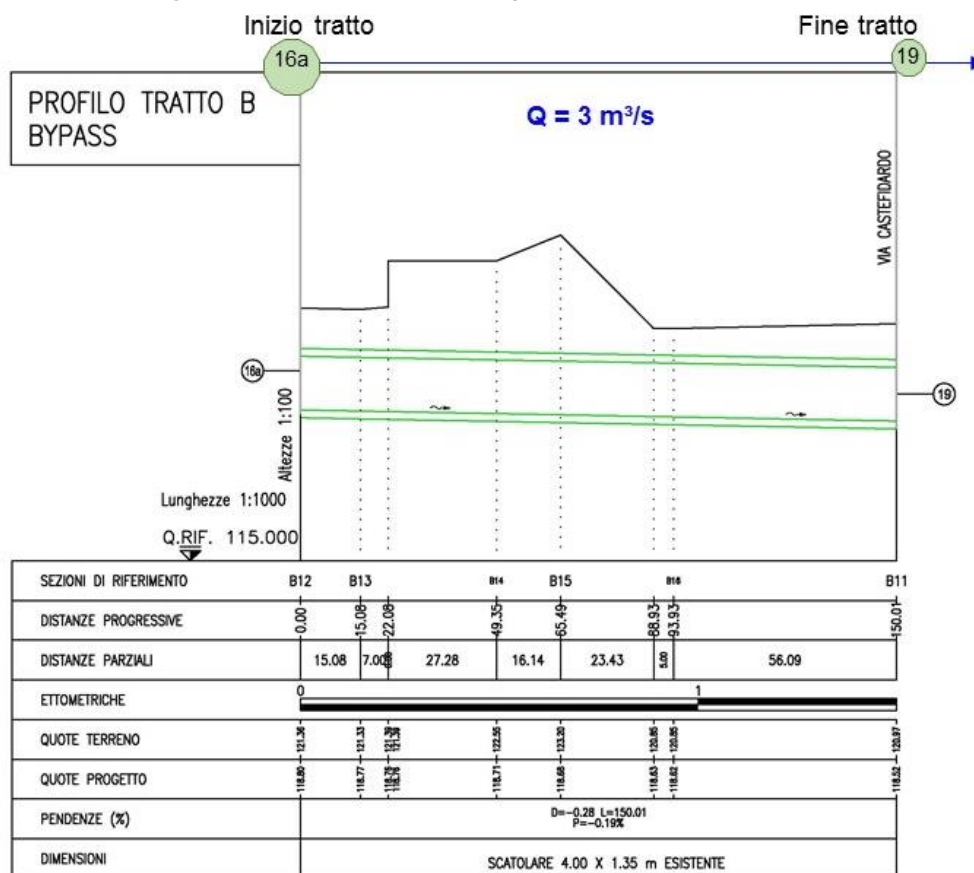


Figura 25. "La tratta B: profilo longitudinale del by-pass"

3.5.4 TRATTA B1

La tratta B1 si sviluppa lungo via San Marco, all'altezza di via Castelfidardo, fino a via Fatebenefratelli, all'incrocio con via Borgonuovo. La riconnessione idraulica sfrutta tombinature esistenti realizzate in seguito alla dismissione del naviglio in via San Marco; la tratta B1 ha lunghezza pari a 780 m e sezione variabile: in via San Marco la tombinatura esistente presenta sezione ad arco 2 x 2 metri; in Fatebenefratelli la tombinatura si collega ad una tubazione di sezione circolare pari a 1,5 metri.



Figura 26. "La tratta B1: planimetria della tombinatura esistente"

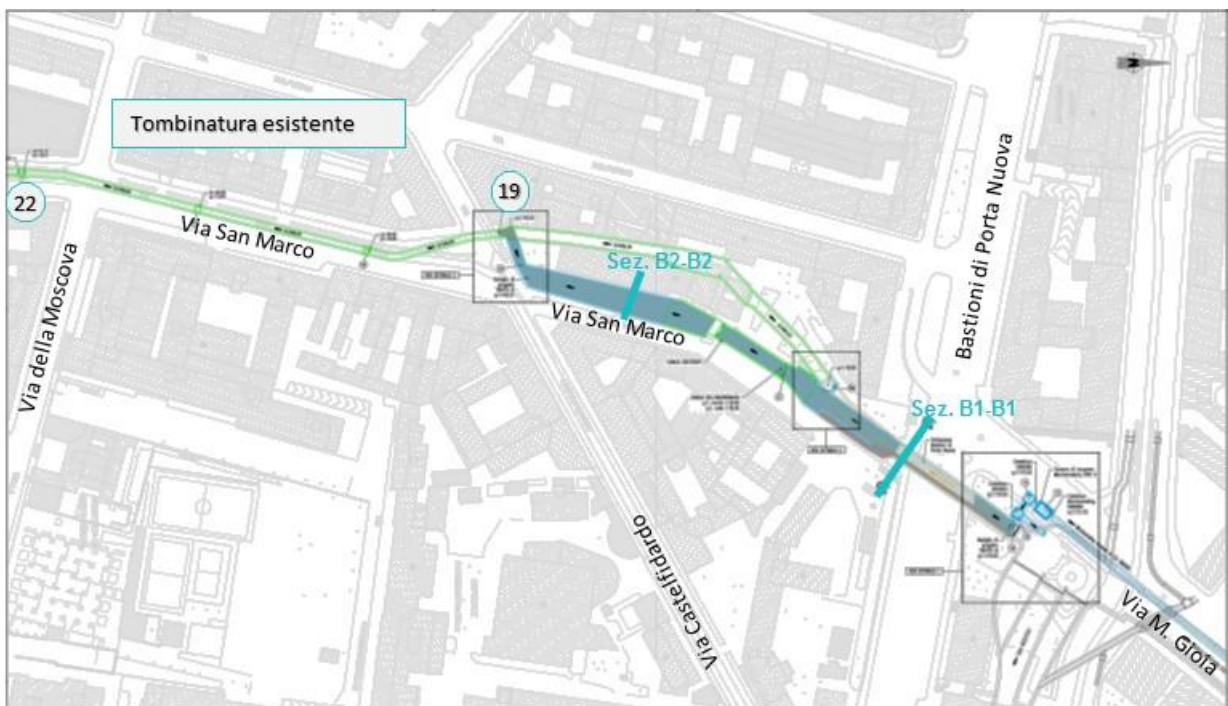


Figura 27. "La tratta B1: connessione idraulica in via San Marco"

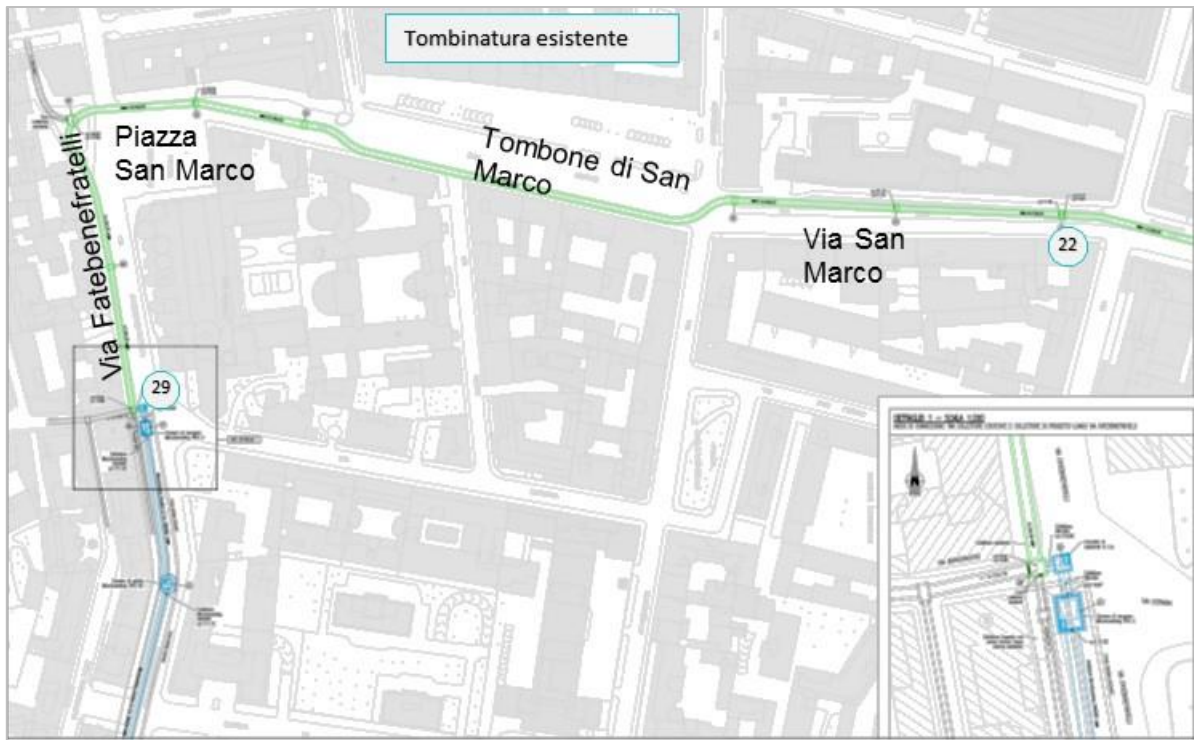


Figura 28. “La tratta B1: connessione idraulica in via San Marco”

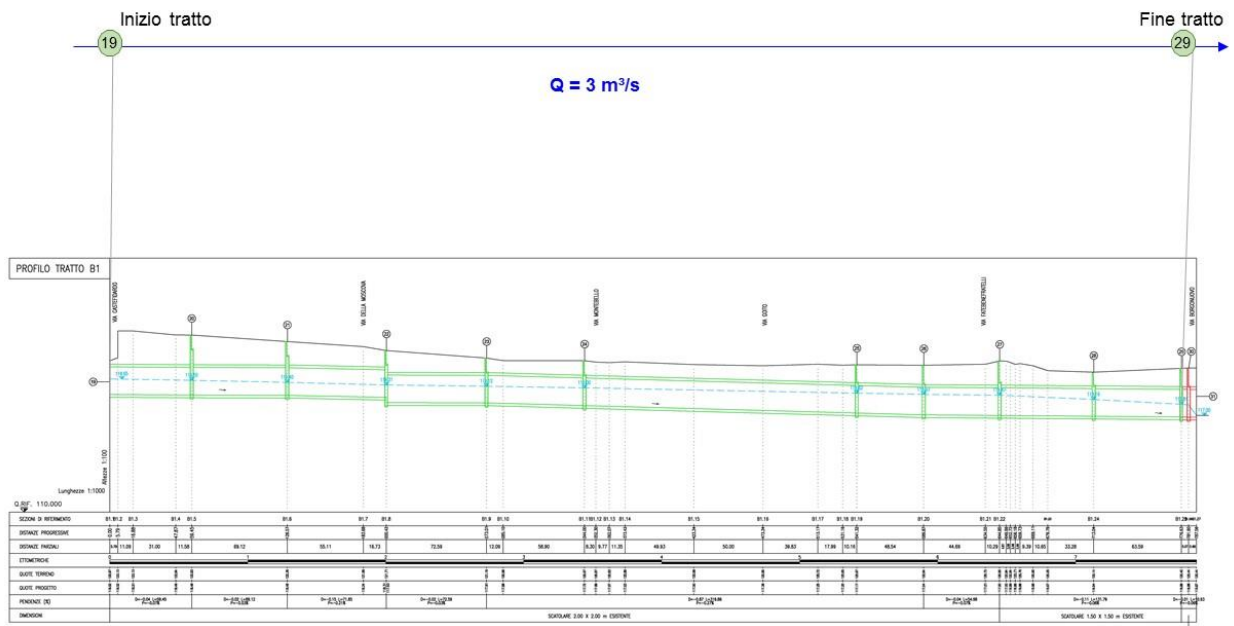


Figura 29. “La tratta B1: profilo longitudinale della riconnessione”

3.5.5**B2 B3 B4**

Le tratte B2, B3, B4 sono collocate lungo il tracciato della “fossa interna” fra via Fatebenefratelli (incrocio con Via Borgonuovo), via Senato, via San Damiano, via Visconti di Modrone, via Francesco Sforza (incrocio con via Laghetto); coprendo una lunghezza complessiva pari a circa 1’960 metri (rispettivamente le tre tratte hanno lunghezza $L_{B2}=728$ m, $L_{B3}=564$ m, $L_{B4}=665$ m).

In queste tratte la riconnessione è garantita dalla posa della nuova tubazione (diametro 2 m), posta al di sotto del tracciato storico della fossa interna, che ad oggi risulta tombato e riempito con mista di sabbia e ghiaia e consolidato da malte cementizie nella parte superiore.

La posa avverrà con tecniche “no dig” lungo le tre tratte, B2 B3 e B4, fatta eccezione per una breve distanza nella tratta B3 in cui in prossimità dell’incrocio con Corso di Porta Venezia la linea metropolitana M1 risulta interferente e costringe ad alzare la quota di fondo del collegamento idraulico. Per superare questa interferenza è prevista la realizzazione di tale incrocio mediante tecniche di scavo a cielo aperto già nella sua configurazione definitiva (7m x 3m), realizzando una doppia tombinatura scatolare 3,5m x 3m, di cui solo un fornice verrà effettivamente utilizzato per la riconnessione idraulica. Nella configurazione finale di Naviglio totalmente riaperto, questa soluzione permetterà di fare manutenzione alternata fra i due fornici, senza interrompere la continuità idraulica verso valle.

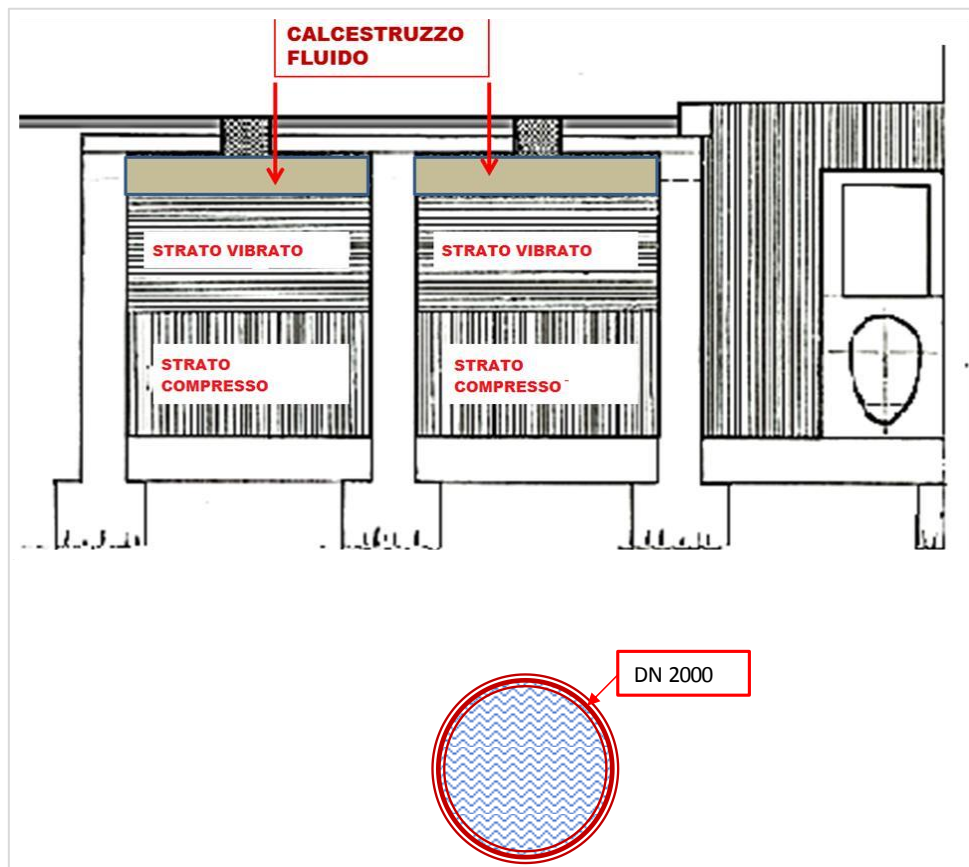


Figura 30. “Sezione riconnessione idraulica posta al di sotto della struttura esistente della Fossa Interna”

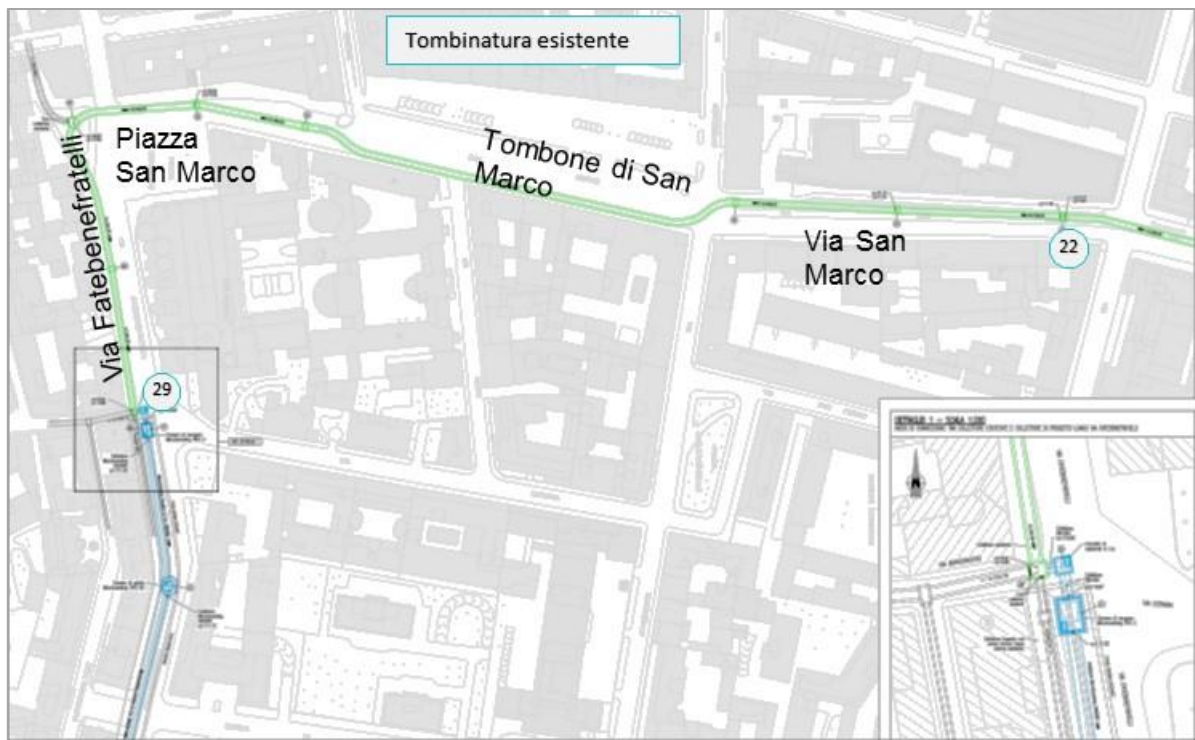


Figura 31. “La tratta B2: connessione idraulica in via Fatebenefratelli”

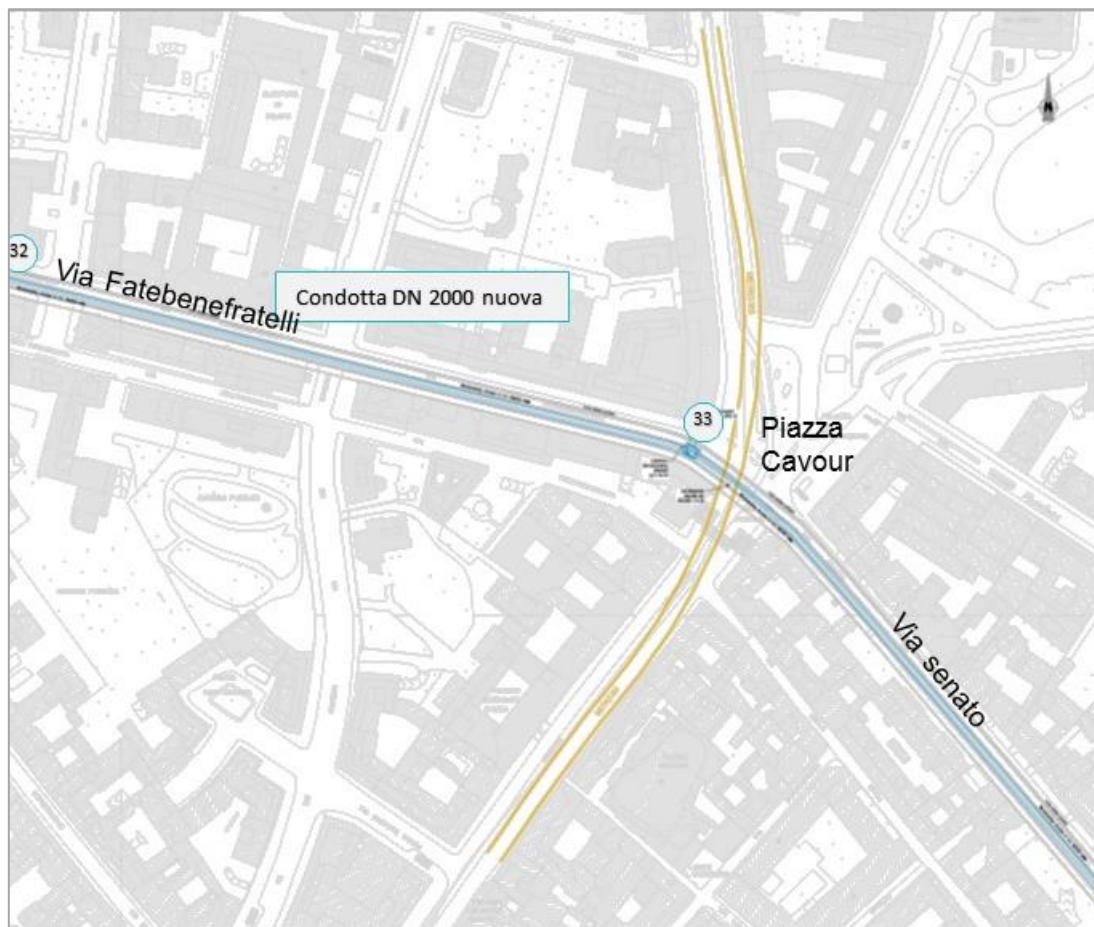


Figura 32. “La tratta B2-B3: connessione idraulica in via Fatebenefratelli e via Senato”

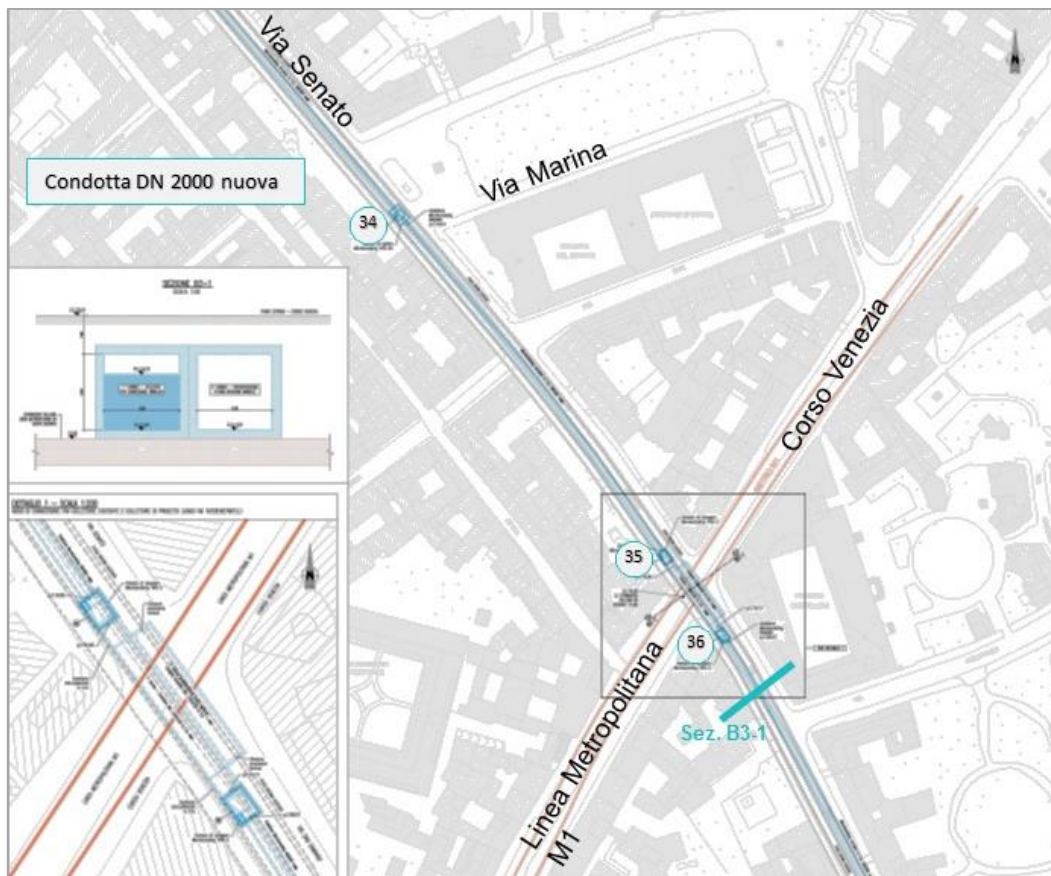


Figura 33. “La tratta B3: connessione idraulica in via Senato e via Visconti di Modrone”

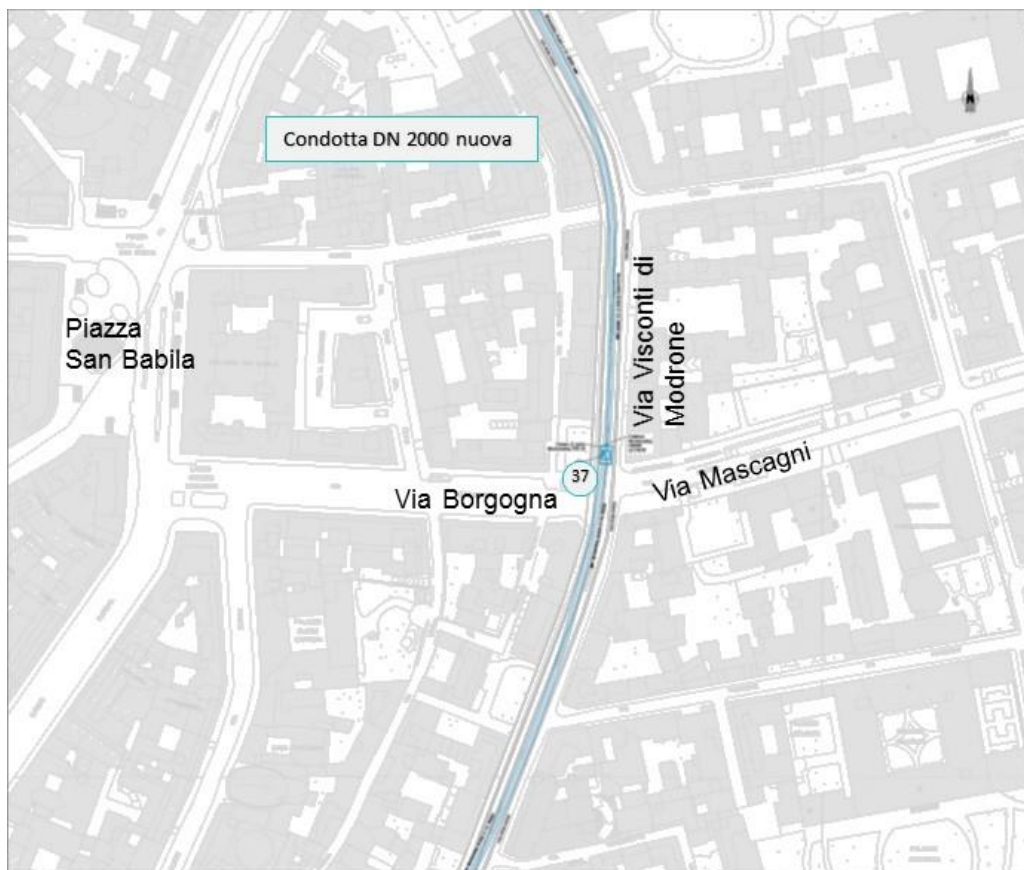


Figura 34. “La tratta B3-B4: connessione idraulica in via Visconti di Modrone e via Sforza”

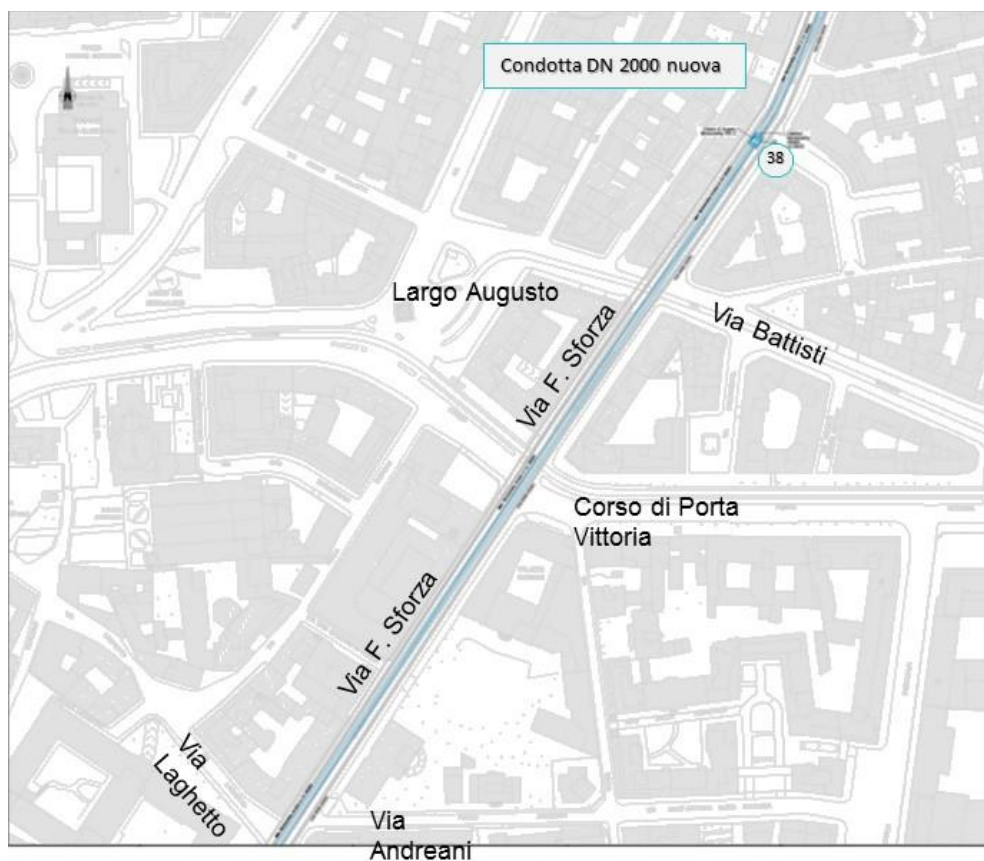


Figura 35. “La tratta B4: connessione idraulica in via Visconti di Modrone e via Sforza”

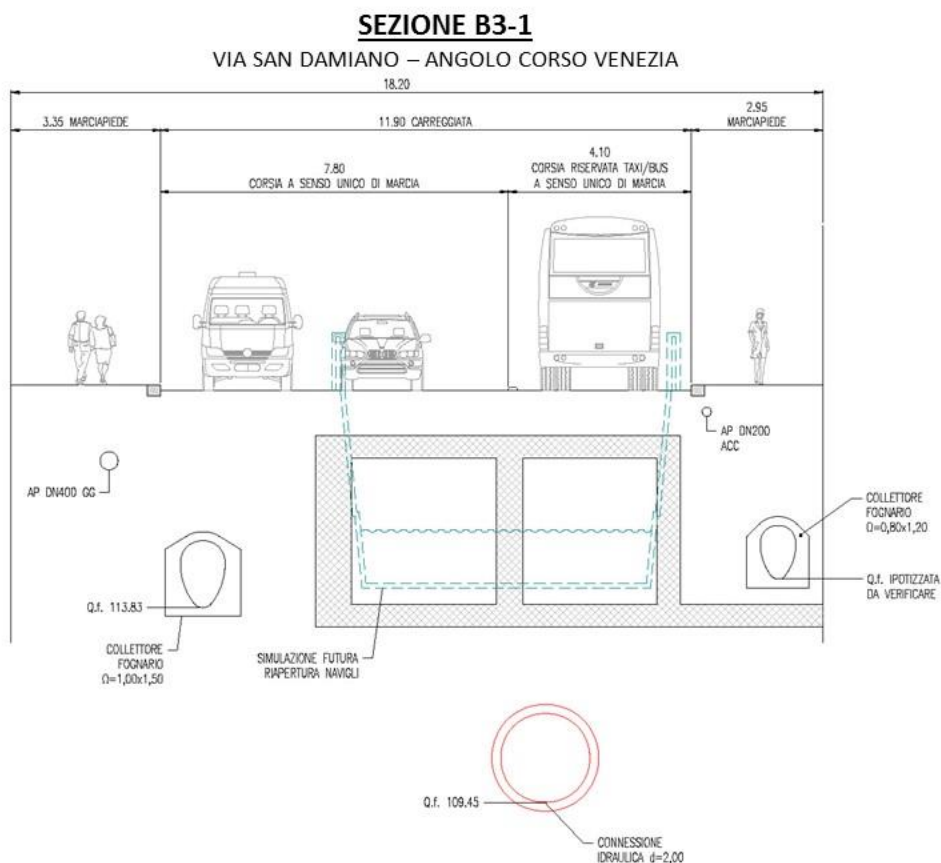
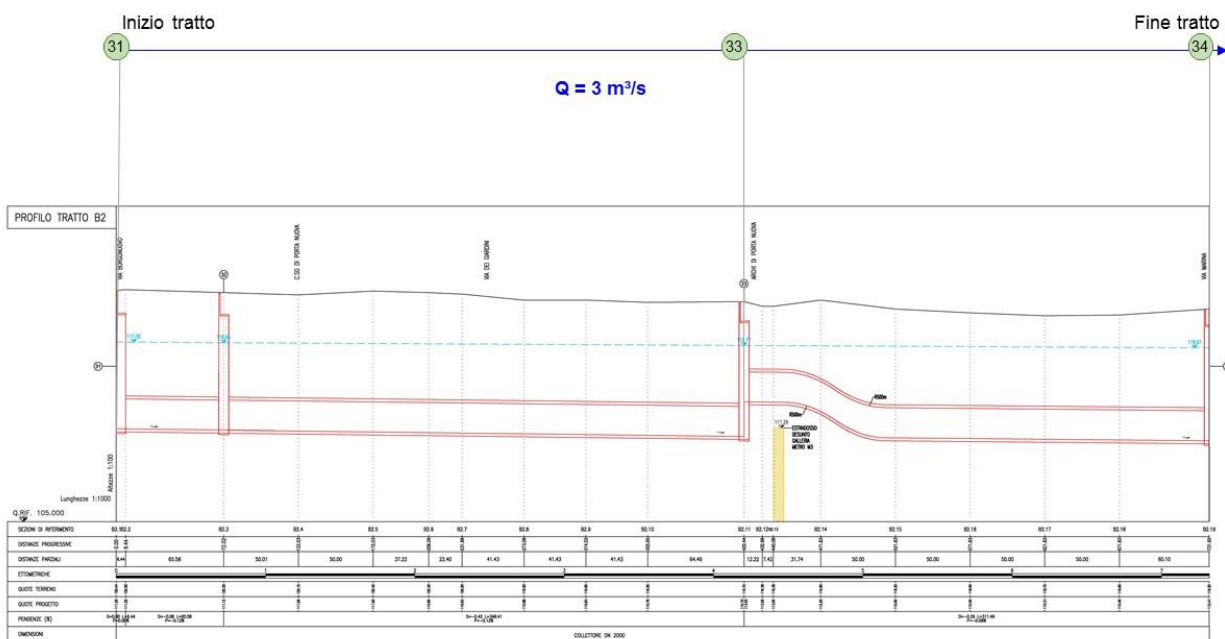


Figura 36. “La tratta B3: sezione B3-1 in via San Damiano, angolo Corso Venezia”



Q = 3 m³/s

PROFILO TRATTO B3

Q.RIF. 105.000

SEZIONI DI RIFERIMENTO	83.1	83.2	83.3	83.4	83.5	83.6	83.7	83.8	83.9	83.10	83.11	83.12	83.13	83.14	83.15	83.16	83.17
DISTANZE PROGRESSIVE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DISTANZE PARZIALI	51.09	48.86	58.63	44.88	74.52	9.81	20.87	44.04	46.50	47.38	46.37	42.24	41.78	20.47	25.84		
ETIMETRICHE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
QUOTE TERRENO	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
QUOTE PROGETTO	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
PENDENZE (%)																	
DIMENSIONI	COLLETTORE DN 2000				SCATOLARE 3500X3500 mm				COLLETTORE DN 2000								

Pag. 44 di 116

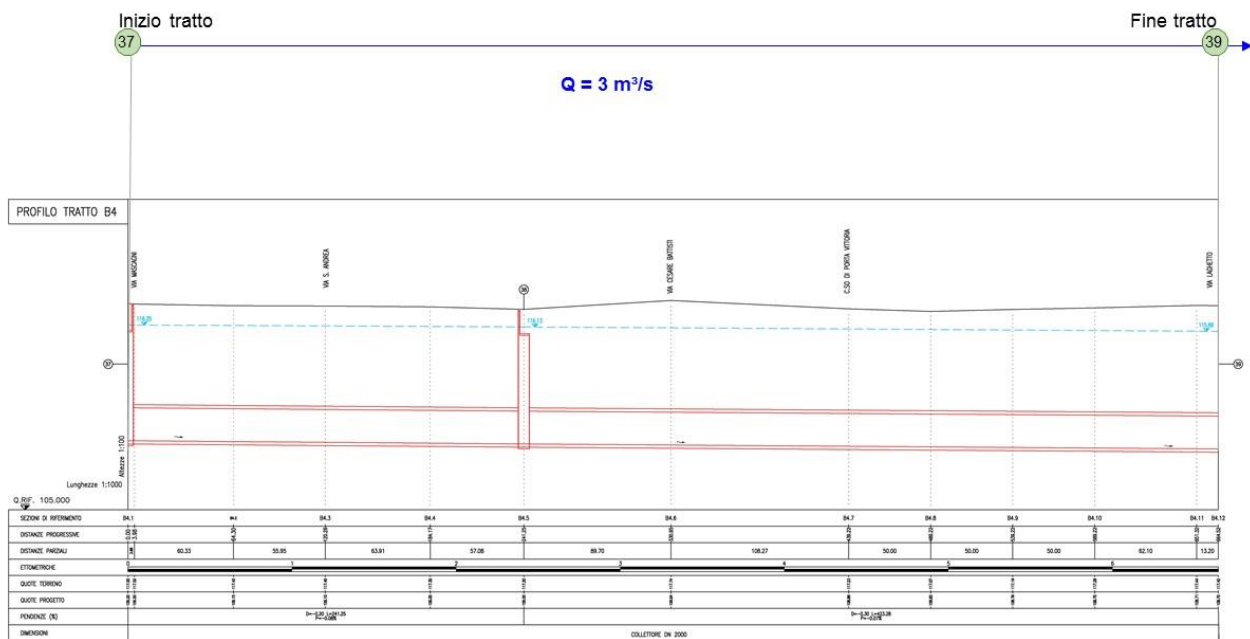


Figura 39. “La tratta B4: profilo longitudinale”

3.5.6 TRATTA C

La tratta C è la terza tratta di riconnessione idraulica in cui è prevista sin da subito la riapertura nella configurazione finale del Naviglio. Si trova lungo il percorso della Fossa Interna in via Francesco Sforza, tra via Laghetto e Corso di Porta Romana.

L'ambito di Via Francesco Sforza è caratterizzato dalla presenza di importanti funzioni quali l'Università degli Studi, il Policlinico, la Biblioteca, inserite in un contesto di indubbio pregio monumentale e paesaggistico: l'Ospedale Maggiore, il Parco della Guastalla, Via Laghetto.

A breve inoltre in Via Francesco Sforza sarà presente una fermata della nuova linea metropolitana M4 che andrà ad incidere profondamente sull'organizzazione viabilistica e trasportistica dell'ambito.

La lunghezza totale del tratto è pari a circa 520 m: il naviglio avrà una larghezza media pari a circa 7 m tra via Laghetto e via Andreani e pari a circa 6 m tra via Andreani e Corso di Porta Romana; la profondità delle sezioni è di circa 3 metri.

SEZIONE C1-C1
Via Francesco Sforza Civ. 43

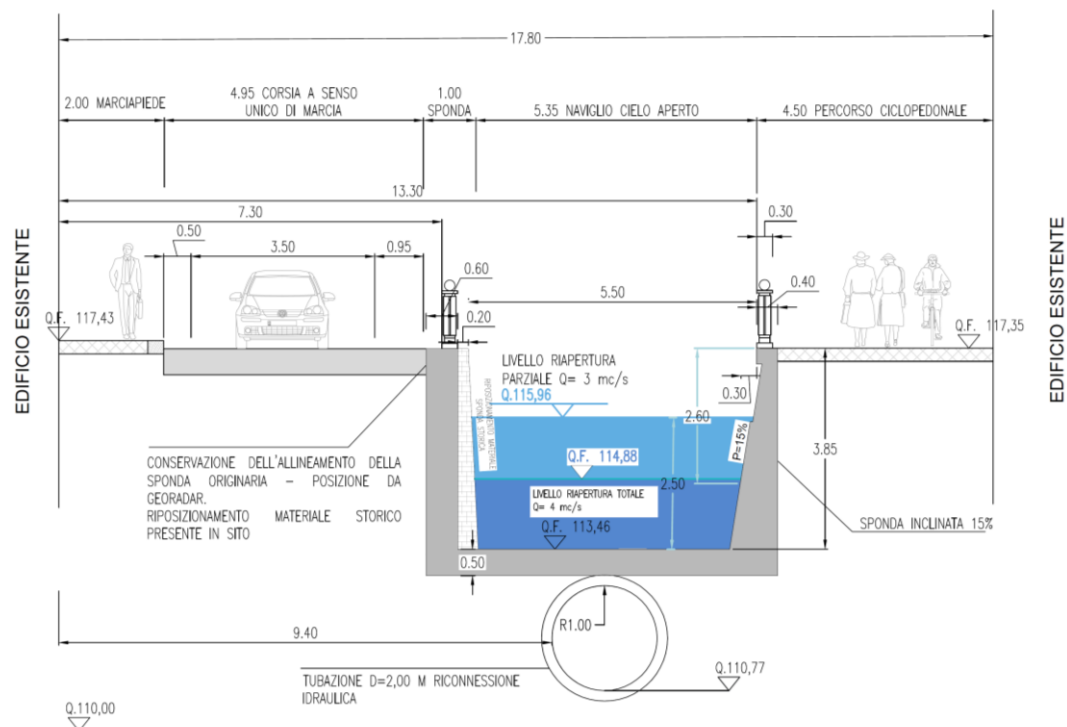


Figura 41. “La tratta C: sezione C1-C1 in via F. Sforza civ 43”

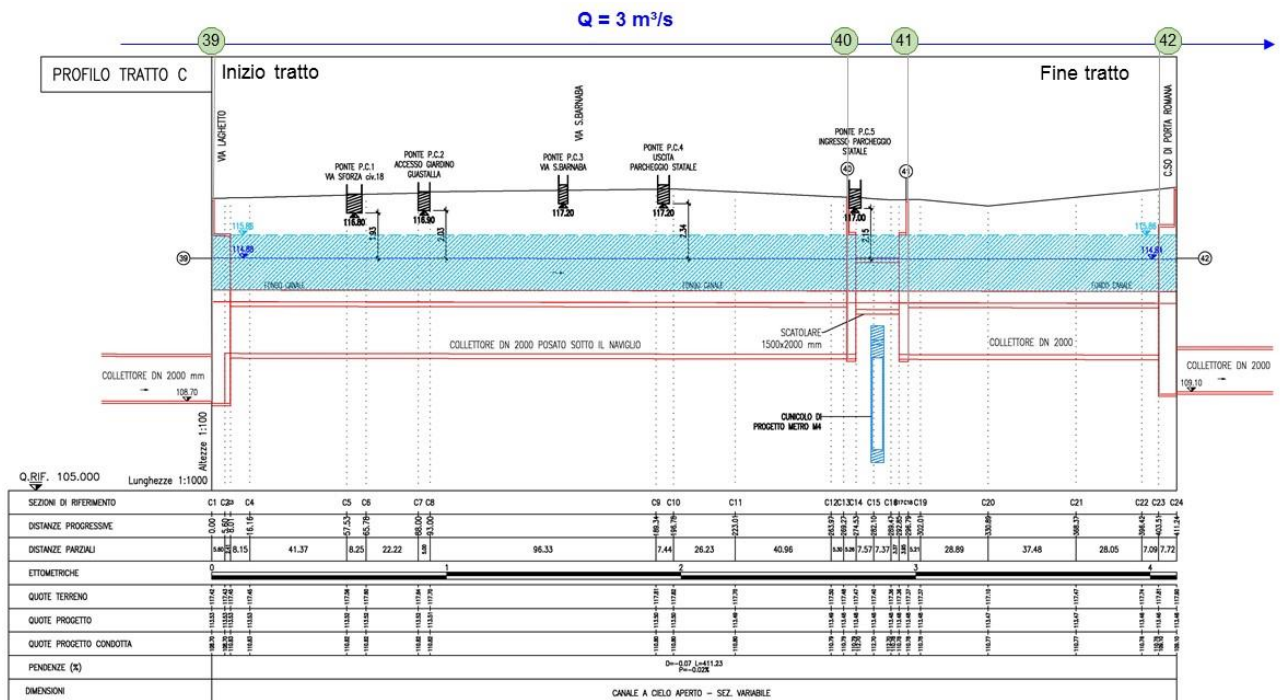


Figura 42. “La tratta C: profilo longitudinale della riapertura del naviglio in via F. Sforza”

3.5.7 TRATTA C1

La tratta C1 è una tratta di collegamento idraulico, da via Santa Sofia (incrocio con Corso di Porta Romana) e via Molino della Armi (incrocio con via Vettabbia), per una lunghezza pari a circa 740 m. La tratta verrà realizzata tramite la posa di nuova tubazione (diametro 2 m) tramite tecniche “no dig”, a quote ribassate pertanto il funzionamento idraulico di queste tratte avverrà secondo un moto in pressione.



Figura 43. “La tratta C1: riconnessione idraulica in via Santa Sofia da Corso di Porta Romana, e via Molino delle Armi”

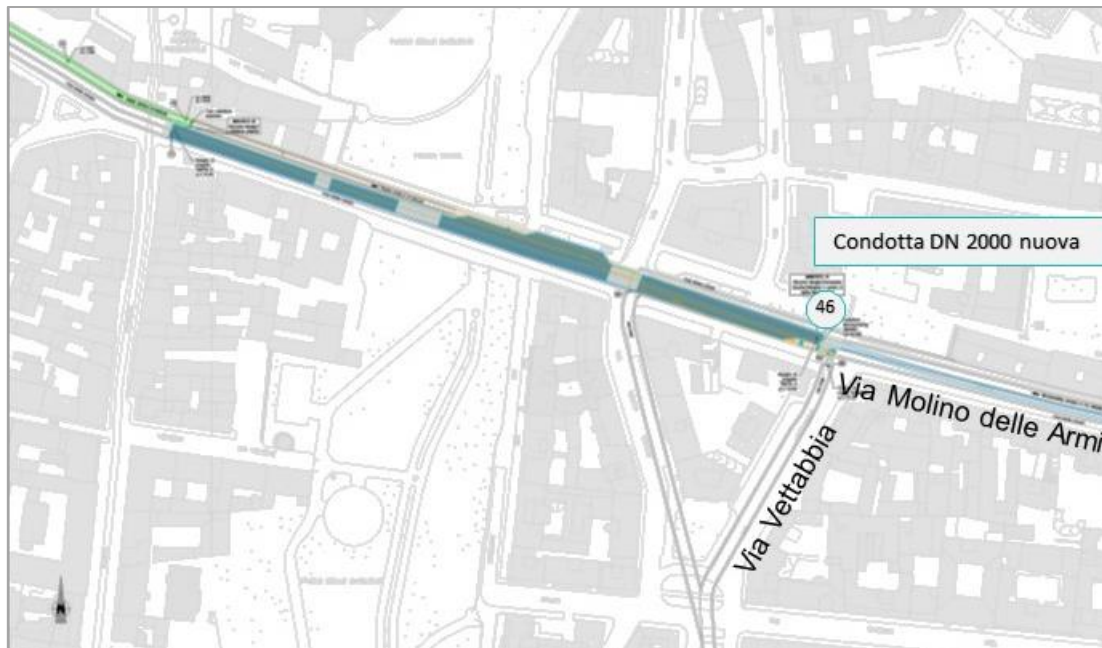


Figura 44. “La tratta C1: riconnessione idraulica in via Molino delle Armi fino all’incrocio con via Vettabbia”

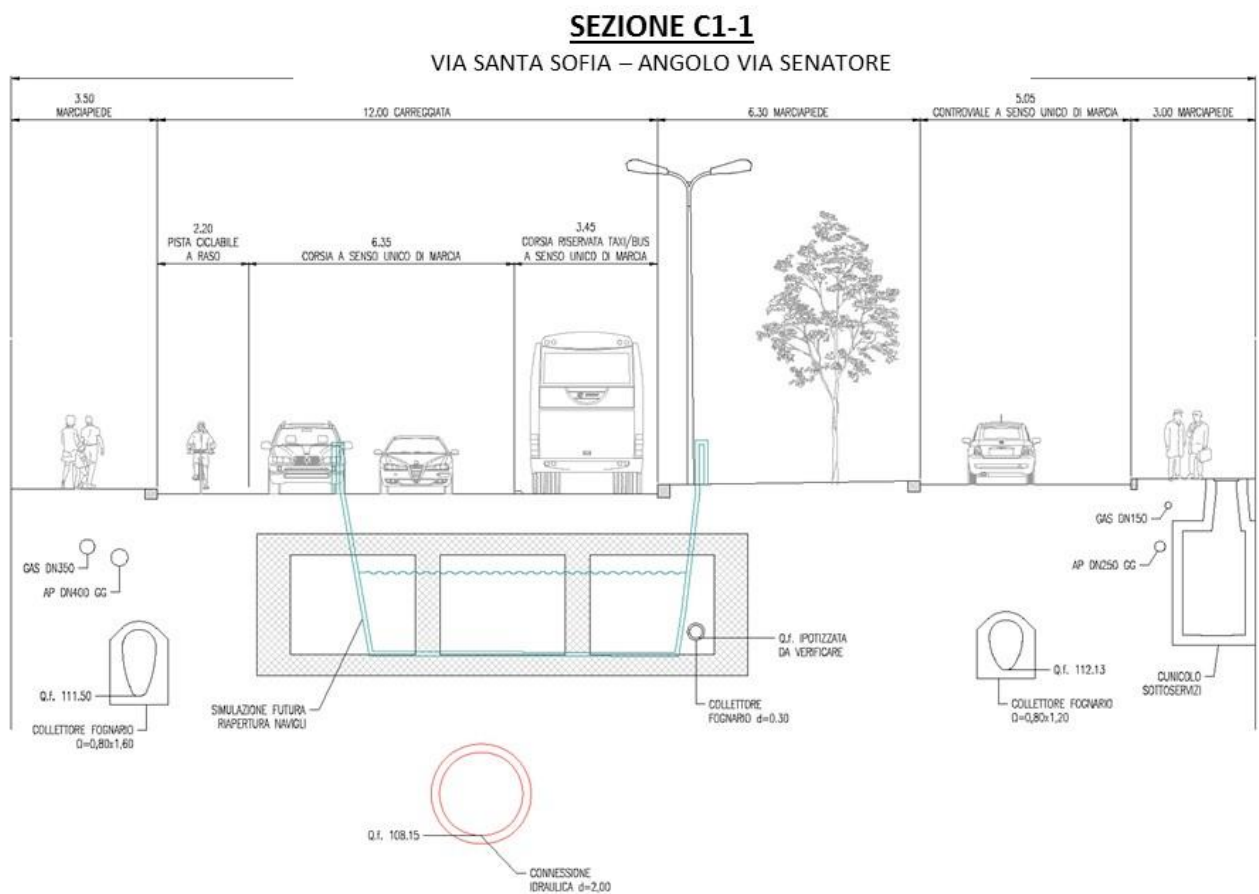


Figura 45. “La tratta C1: sezione C1-1 in via Santa Sofia angolo via Senatore”

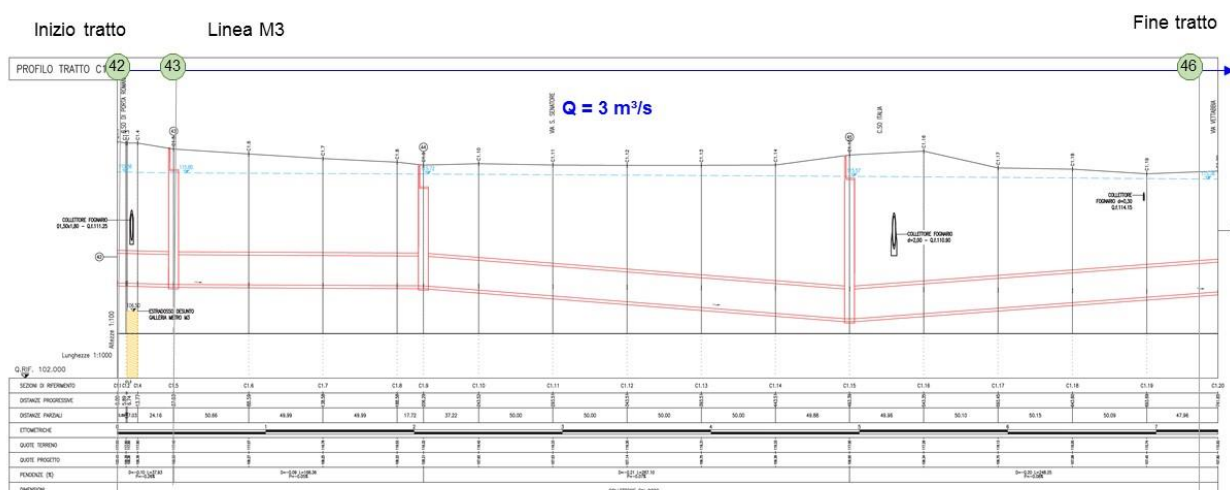


Figura 46. “La tratta C1: profilo longitudinale riconnessione idraulica in via Santa Sofia e via Molino delle Armi”

3.5.8 TRATTA D

La tratta D è la quarta tratta di riconnessione idraulica in cui è prevista sin da subito la riapertura nella configurazione finale del Naviglio. Si trova lungo il percorso della Fossa Interna in via Molino delle Armi – da Via Vettabbia a Corso di Porta Ticinese.

Questo ambito presenta importanti analogie a quello di Via Francesco Sforza, la presenza di importanti funzioni inserite in un contesto di indubbio pregio monumentale e paesaggistico, la Basilica di San Lorenzo ed il Parco delle Basiliche, hanno reso quasi naturale la sua scelta come quarto tratto per cui prevedere la riapertura iniziale dei Navigli.

A breve inoltre sarà presente una fermata della nuova linea metropolitana M4 che andrà ad incidere profondamente sull’organizzazione viabilistica e trasportistica dell’ambito.

La lunghezza totale del tratto è pari a circa 300 m. Per i primi 130 m partendo da Corso di Porta Ticinese, il nuovo alveo avrà una larghezza di 5,50 m; oltre tale porzione l’alveo subisce un progressivo allargamento fino ad una larghezza massima di circa 11 m.

Il punto più basso dell’intero Naviglio, lo era già nella configurazione storica, coincide con la prima sezione della tratta D in corrispondenza del manufatto di scarico in Roggia Vettabbia.

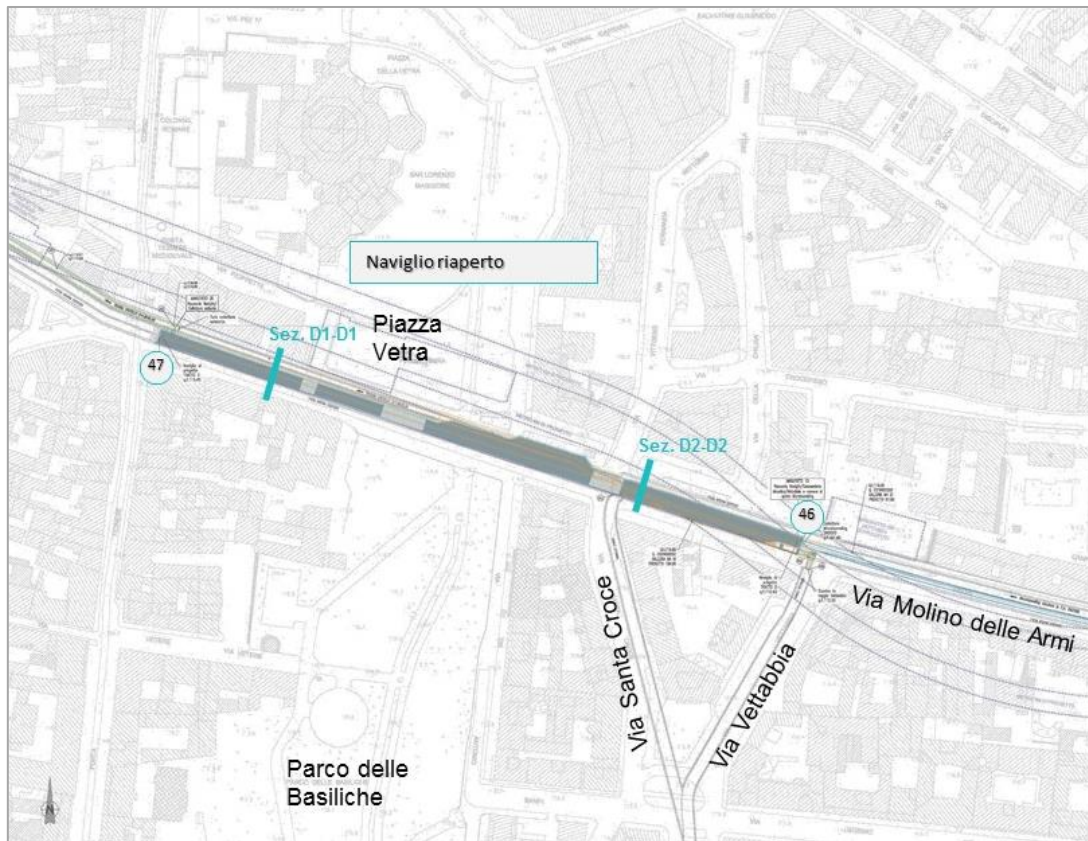


Figura 47. “La tratta D: riapertura del Canale in corrispondenza di Piazza Vetra e della Basilica di San Lorenzo Maggiore in via Molino delle Armi, da via Vettabbia a Corso di porta Ticinese”

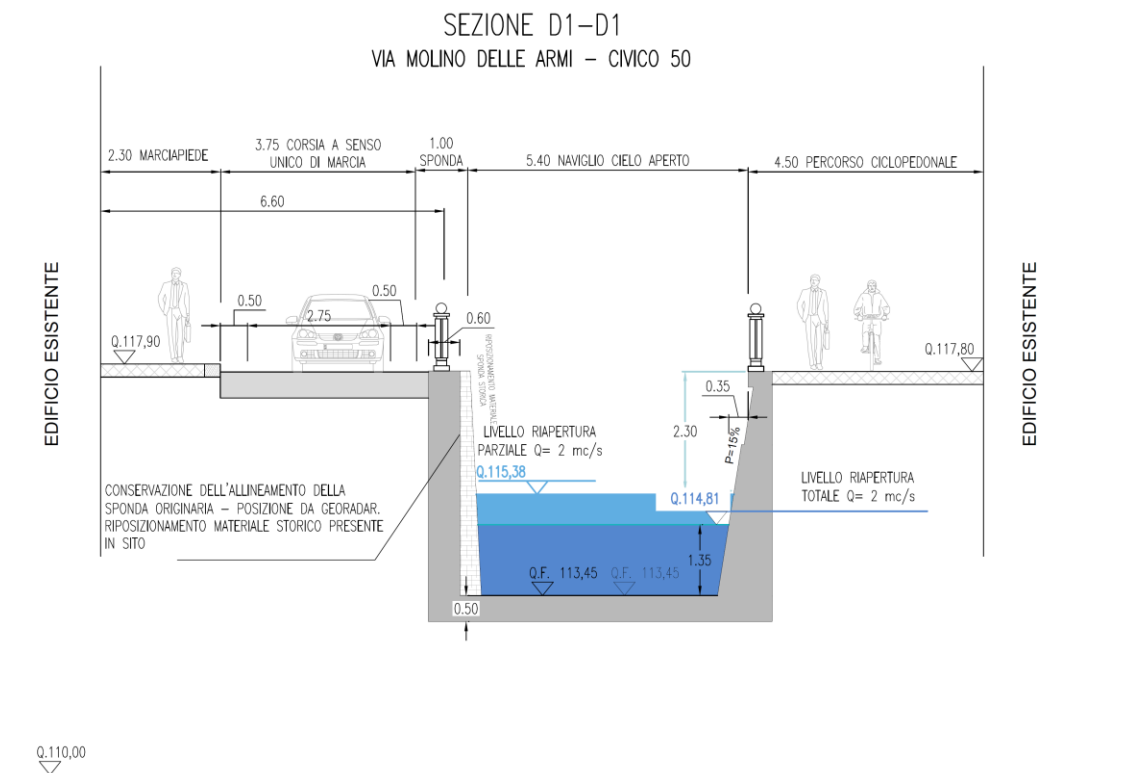


Figura 48. “La tratta D: sezione D1-D1 in via Molino delle Armi”



SEZIONE D2-D2
VIA MOLINO DELLE ARMI - CIVICO 25

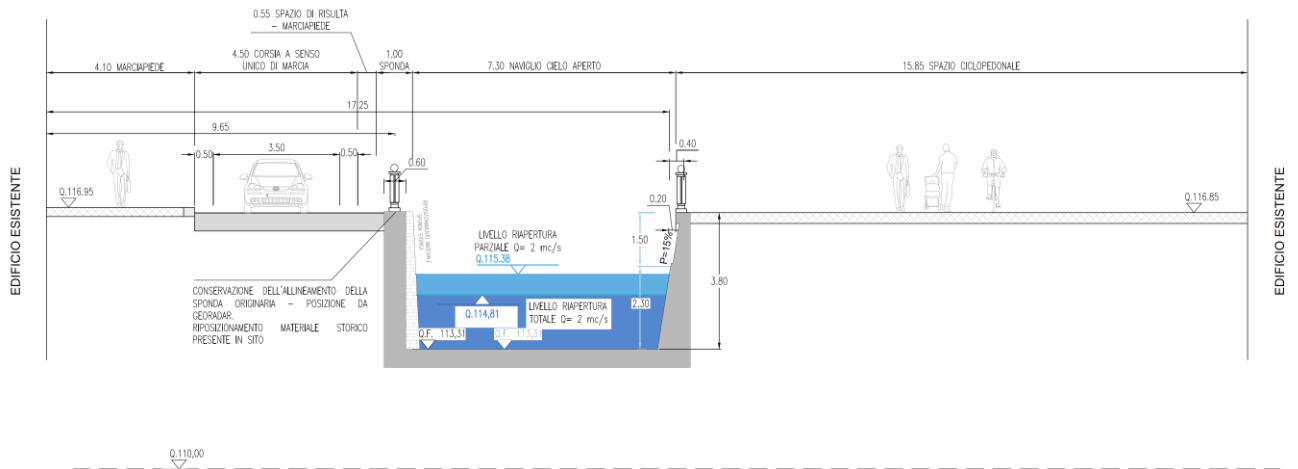


Figura 49. "La tratta D: sezione D2-D2 in via Molino delle Armi"

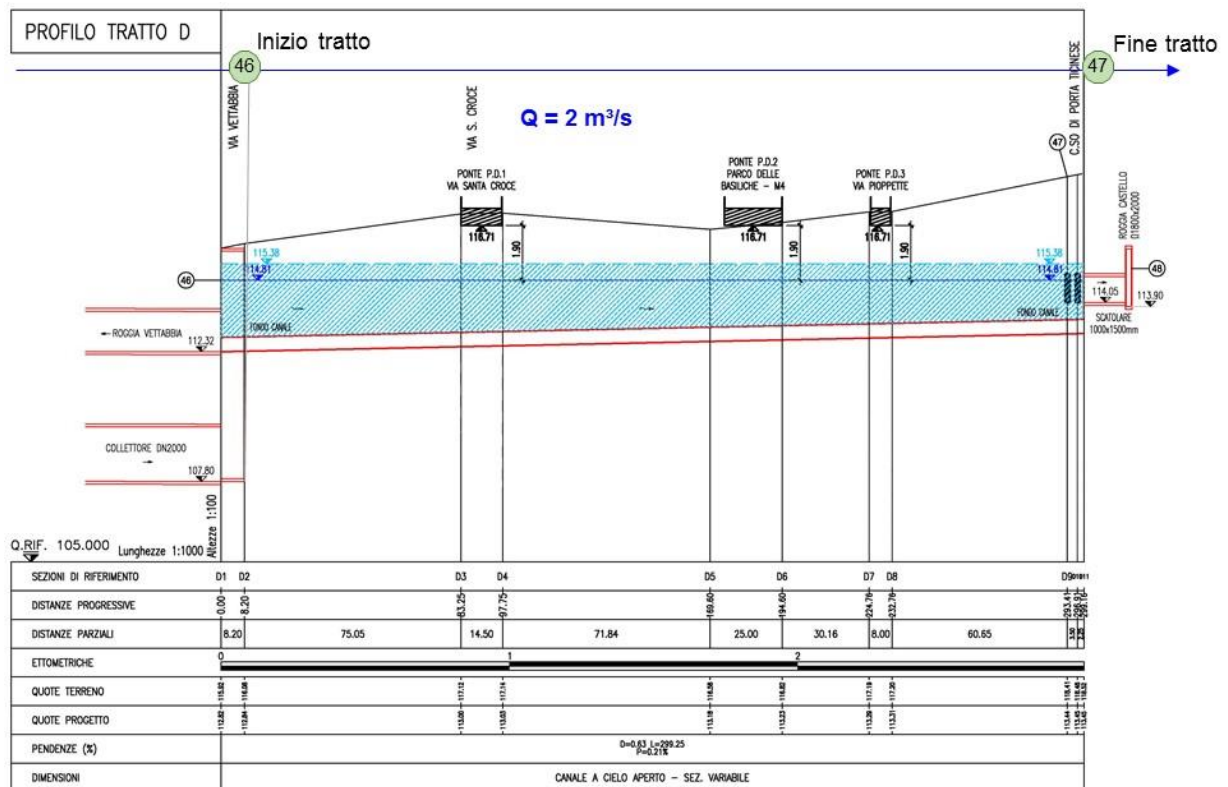


Figura 50. "La tratta D: profilo longitudinale in via Molino delle Armi"

3.5.9

TRATTA D1

La tratta D1 è una tratta di collegamento idraulico che si sviluppa lungo via E. De Amicis (incrocio Corso di Porta Ticinese) e via Conca del Naviglio (incrocio con via Marco D'Oggiono).

La riconnessione idraulica sfrutta una tombinatura esistente, la Roggia Castello per un tratto di lunghezza pari a circa 640m e sezione 2m x 1,8m. La peculiarità della tratta è di essere in contropendenza.

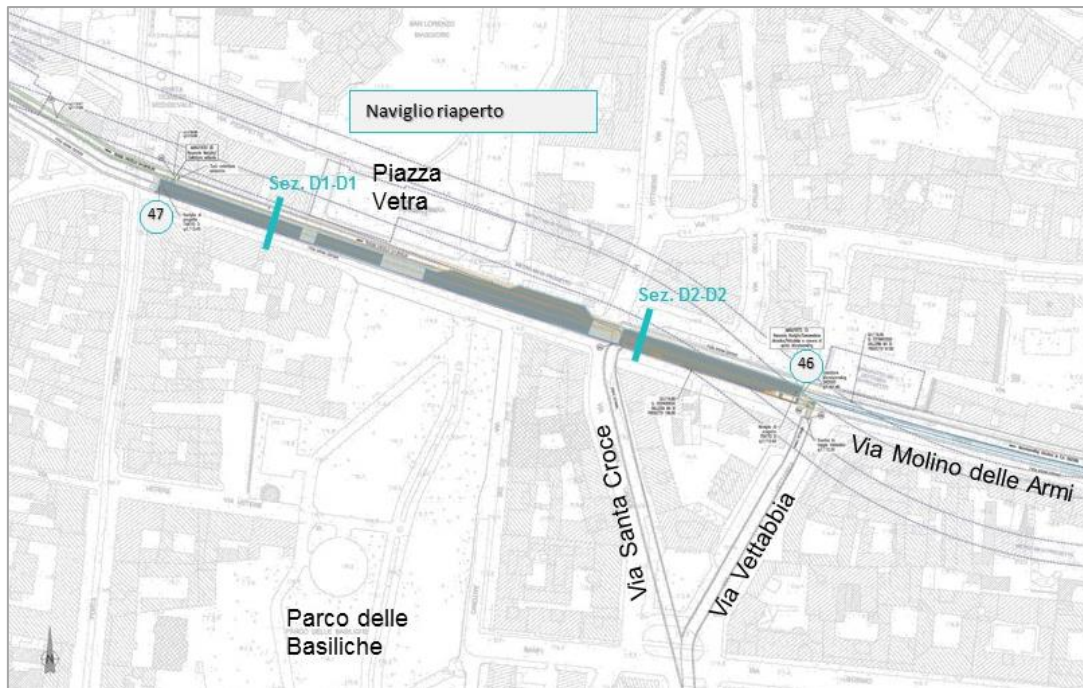


Figura 51. “La tratta D1: riconnessione idraulica in corrispondenza via De Amicis da Corso di porta Ticinese”

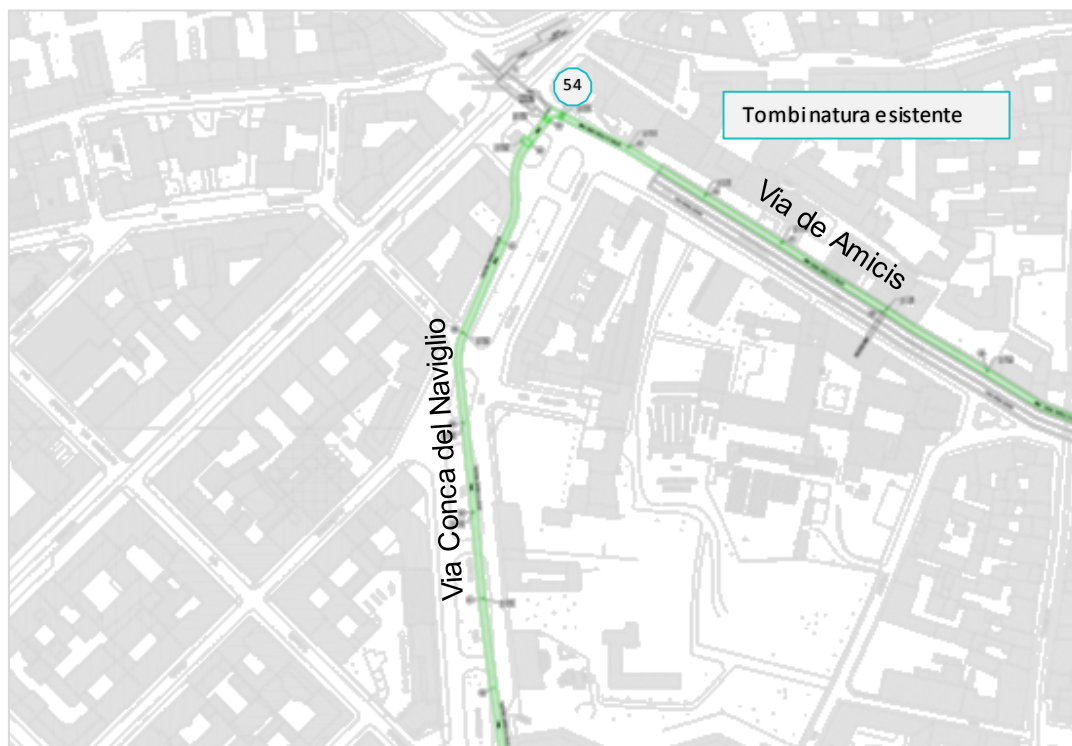


Figura 52. “La tratta D1: riconnessione idraulica in corrispondenza via De Amicis e via Conca del Naviglio”

[illegible]

3.5.10 TRATTA E

Questa tratta ha una lunghezza pari a circa 260 m e prevede, oltre alla riattivazione della conca storica di “Viarenna”, la realizzazione di un laghetto a monte della conca e di un nuovo alveo per la connessione al bacino della Darsena a valle della conca. Tale ultimo tratto ha una larghezza variabile tra 3.8 m e 14.5 m. Infine in corrispondenza di via d’Annunzio è previsto un attraversamento con doppio scatolare 3.5m x 3.0m, affiancato da un sottopasso pedonale che consente di raggiungere la Darsena camminando lungo il tratto riaperto del Naviglio.



Figura 55. “La tratta E: riapertura del Canale in via Conca del Naviglio, da via d'Oggiono alla Darsena”

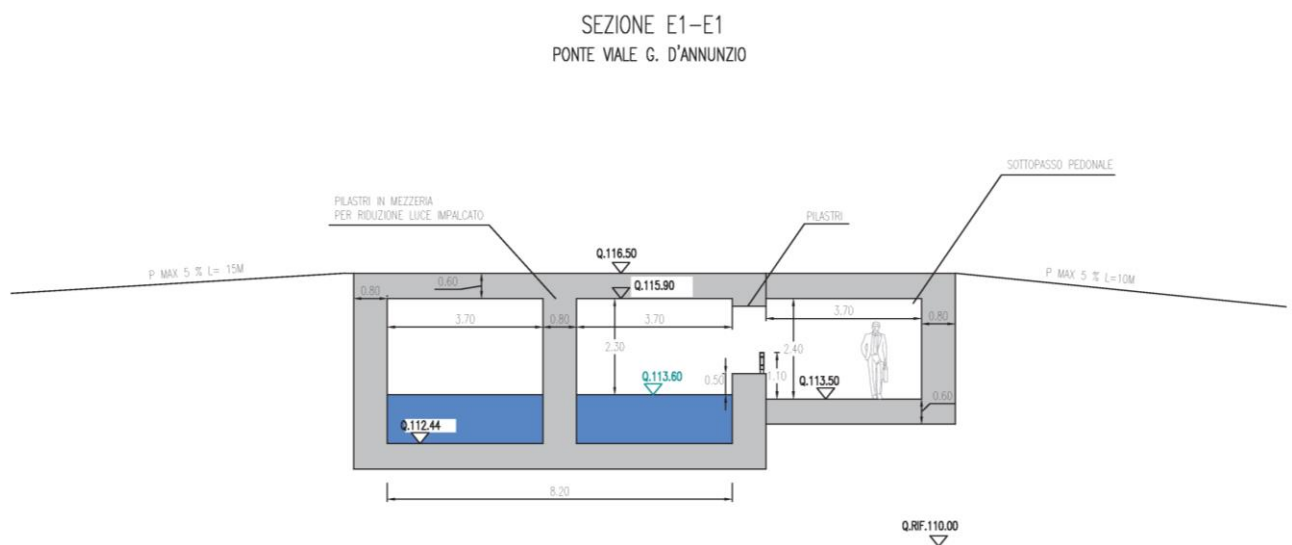


Figura 56. “La tratta E: manufatto scatolare doppio 3,5m x 3,0m e sottopasso pedonale per l’attraversamento di via d’Annunzio”

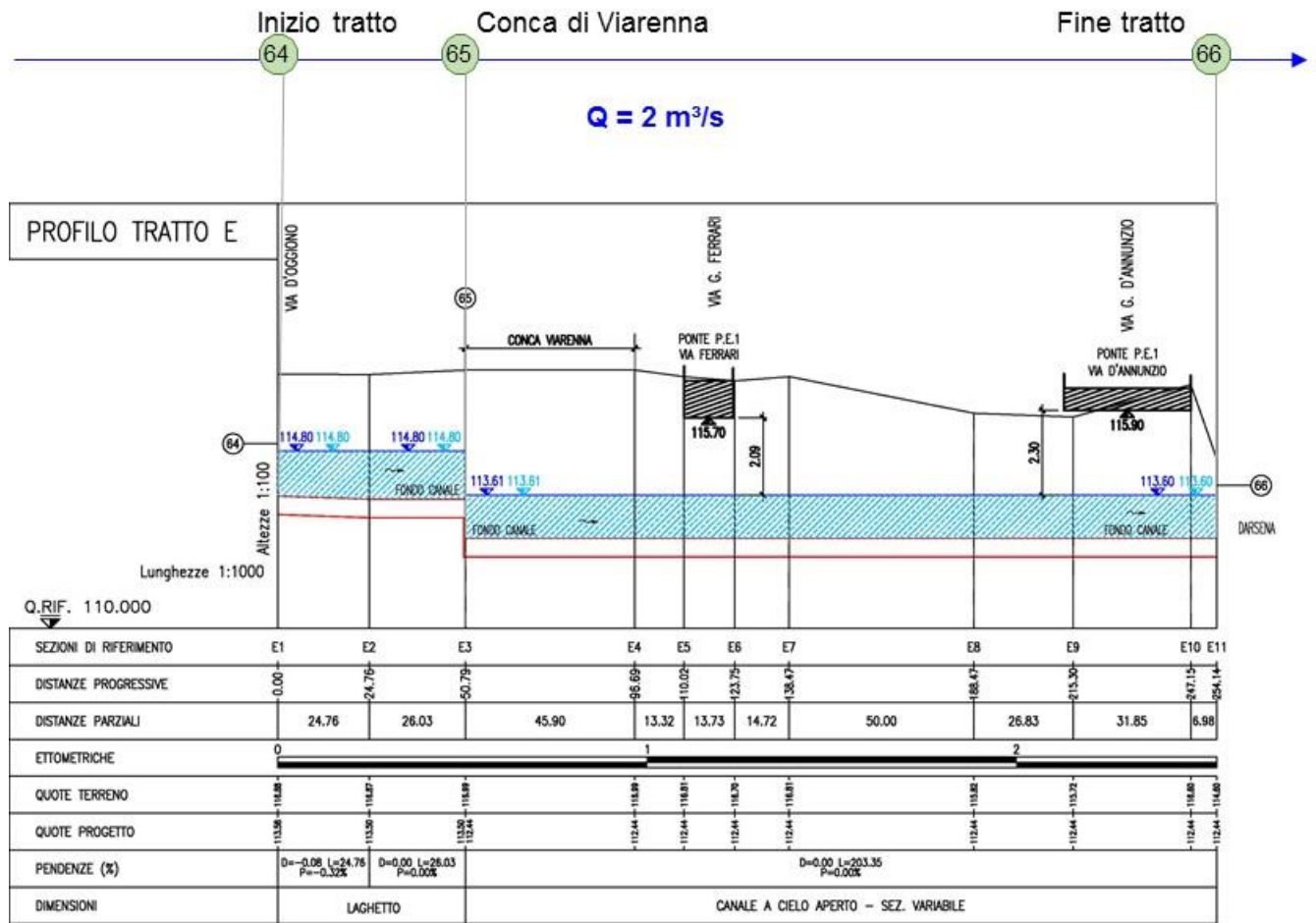


Figura 57. "La tratta E: profilo longitudinale in via Conca del Naviglio e via Roncoroni fino alla Darsena

3.6 MODELLAZIONE IDRAULICA DELLA RICONNESSIONE

Per lo studio e la ricostruzione dei tiranti idrici e delle velocità di corrente è stato costruito un modello idraulico matematico con l'ausilio del software di modellazione Infoworks ICM.

Il modello matematico realizzato è da considerarsi fisicamente basato in quanto le equazioni costitutive su cui si basa per il calcolo matematico descrivono gli elementi del canale tramite relazioni fisiche appropriate, in forma infinitesima e senza rilevanti approssimazioni. In particolare, il movimento dell'acqua lungo la riconnessione idraulica è descritto secondo le equazioni del moto complete (le equazioni complete di De Saint Venant), adatte a descrivere sia il funzionamento delle tratte aperte, funzionanti a pelo libero, sia delle tratte di sifone, funzionanti in pressione; la presenza degli sbarramenti costituiti dalle porte delle conche, le relative luci a battente ed eventuali soglie di sfioro sono state descritte con le leggi di efflusso appropriate e così via.

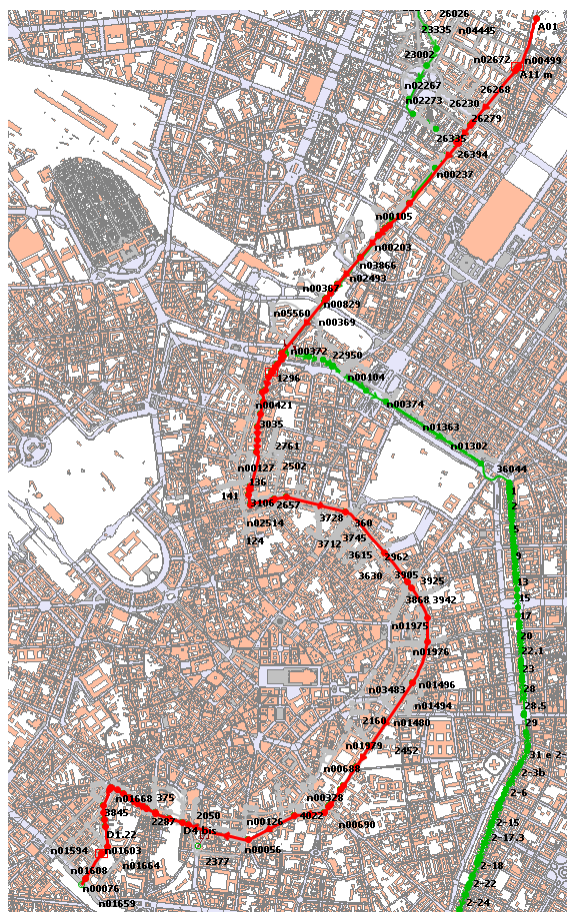


Figura 58. “Planimetria del percorso di riconnessione idraulica: da Cassina de Pomm alla Darsena”

Nei seguenti paragrafi si riportano sotto forma di figure e relative tabelle sottostanti le quote di scorrimento, le quote del terreno, le dimensioni delle sezioni, le lunghezze, le scabrezze di ogni tratta inserita nel modello.

In Figura 59, si riporta la planimetria della tratta inserita nel modello idraulico in Infoworks ICM, la tratta si sviluppa lungo via M. Gioia e copre una lunghezza pari a circa 815 metri da Cassina de' Pomm a poco prima dell'incrocio con via Carissimi. In Figura 60 si riporta il profilo longitudinale della tratta A, da cui si può notare la presenza della conca di Cassina de' Pomm. Le caratteristiche geometriche della tratta sono elencate in Tabella 3. Il canale avrà una sezione larga circa 7 m e profonda 3 m e pendenza pressoché orizzontale fino alla prima chiusa della conca; a valle la pendenza aumenta leggermente al valore costante di 0.4‰ mentre la sezione del canale resta di pari larghezza, restringendosi a 4.5 m solo nel tratto compreso fra le due chiuse.

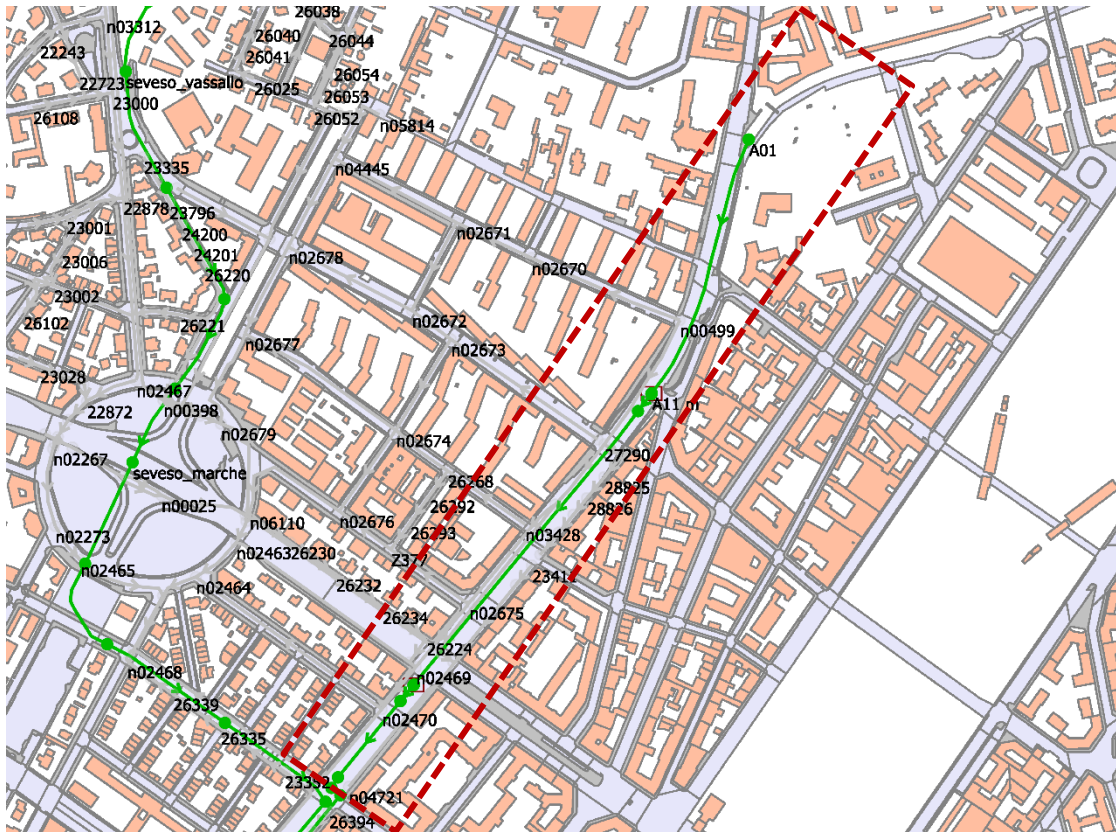


Figura 59. “Tratta A - Planimetria: canale in via M. Gioia da Cassina de Pomm a via Carissimi”

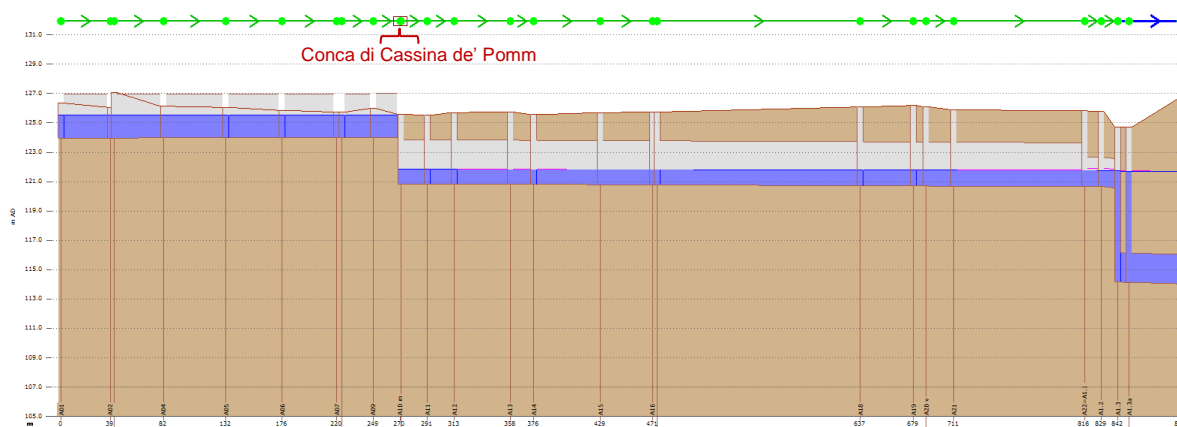


Figura 60. “Tratta A – Profilo longitudinale: canale in via M. Gioia da Cassina de Pomm a via Carissimi”

Tabella 3. “Caratteristiche geometriche della tratta A: via M. Gioia da Cassina de’ Pomm a via Carissimi”

ID nodo monte (nome)	ID nodo valle (nome)	Tipo (nome)	Larghezza (m)	Altezza (m)	Scabrezza (m1/3/s)	Q. F. monte (m s.l.m.)	Q. F. valle (m s.l.m.)	Lungh. (m)	Pendenza (%)
A01	A10 m	Cond	7.0	3.0	55	123.97	124.00	270	-0.01%
A10 m	A10 v	Chiusa	-	-	-	-	-	-	-
A10 v	A11	Cond	4.5	3.0	55	120.85	120.85	23.0	0.02%
A11	A12	Cond	6.0	3.0	55	120.85	120.84	22	0.02%
A12	A22=A1.1	Cond	6.0	3.0	55	120.84	120.65	503	0.04%

3.6.2 TRATTE A1, A2, A3

La riconnessione idraulica prosegue lungo via M. Gioia con le tratte tombinate A1 A2 e A3, da Via Carissimi a Via di Bastioni di Porta Nuova.

In Figura 61, si riporta la planimetria della tratta inserita nel modello idraulico in Infoworks ICM, la tratta si sviluppa lungo via M. Gioia e copre una lunghezza pari a circa 1572 m (rispettivamente le tre tratte hanno lunghezza $L_{A1}=621$ m, $L_{A2}=501$ m, $L_{A3}=450$ m). In Figura 62 si riporta il profilo longitudinale delle tratte, da cui si può notare che la condotta realizza un lungo sifone, interrotto solo dalla risalita per superare l'interferenza con la linea metropolitana M2 in corrispondenza della stazione di Gioia (tratto lungo circa 198 m). Le caratteristiche geometriche della tratta sono elencate in Tabella 4. Per le tratte si prevede la posa di nuova tubazione di diametro interno pari a 2 m, tranne in corrispondenza della stazione di Gioia dove sarà realizzata una condotta di sezione scatolare di dimensioni 1,5m x 2m, che si riduce alla dimensione 1,25m x 2 m solo in corrispondenza della passerella pedonale al di sopra della galleria metropolitana.

Pag. 59 di 116

Tabella 4. “Caratteristiche geometriche delle tratte A1, A2 e A3: via M. Gioia da via Carissimi a v. le Monte Grappa”

Id nodo monte (nome)	ID nodo valle (nome)	Tipo (nome)	Larghezza (m)	Altezza (m)	Scabrezza (m1/3/s)	Q. F. monte (m s.l.m.)	Q. F. valle (m s.l.m.)	Lungh. (m)	Pendenza (%)
A22=A1.1	A1.2	Cond	2.0	2.0	80	120.65	120.65	13.3	0.00%
A1.2	A1.3	Cond	2.0	2.0	80	120.65	120.57	12.1	0.66%
A1.3	A1.12	Cond	2.0	2.0	80	114.15	113.20	429.3	0.22%
A1.12	A1.14	Cond	2.0	2.0	80	115.47	115.30	91.5	0.19%
A1.14	A2.1=A1.15	Cond	2.0	2.0	80	115.30	115.16	73.3	0.19%
A2.1=A1.15	Sez6143	Cond	2.0	2.0	80	115.16	115.10	32.2	0.19%
Sez6143	A2.3	Cond	2.0	2.0	80	115.10	115.00	51.5	0.19%
A2.3	A2.6	Cond	2.0	2.0	80	112.80	112.50	156.7	0.19%
A2.6	A2.13	Cond	1.25	2.0	80	120.20	119.87	197.5	0.17%
A2.13	A3.1=A2.14	Cond	2.0	2.0	80	113.70	113.59	63.1	0.18%
A3.1=A2.14	Sez5639	Cond	2.0	2.0	80	113.59	113.52	36.9	0.18%
Sez5639	A3.2	Cond	2.0	2.0	80	113.52	113.50	10.6	0.18%
A3.2	A3.12	Cond	2.0	2.0	80	113.50	112.70	383.6	0.21%
A3.12	B01=A3.15	Cond	2.0	2.0	80	119.52	119.50	20.7	0.10%

3.6.3 TRATTA B

In corrispondenza del viale Bastioni di Porta Nuova, si trova la seconda tratta riaperta dei navigli, la tratta B.

In Figura 63 si riporta la planimetria della tratta inserita nel modello idraulico in Infoworks ICM; la tratta si sviluppa dal “Ponte delle Gabelle” e prosegue in via San Marco con la Conca dell’Incoronata; la lunghezza del tratto riaperto è pari a circa 240 metri.

In Figura 64 si riporta il profilo longitudinale della tratta, da cui si può notare la conca storica in corrispondenza del salto di fondo del canale. Le caratteristiche geometriche della tratta sono elencate in Tabella 5. La larghezza del naviglio sarà variabile tra i 3,50m e i 8,90m e profonda 3m.

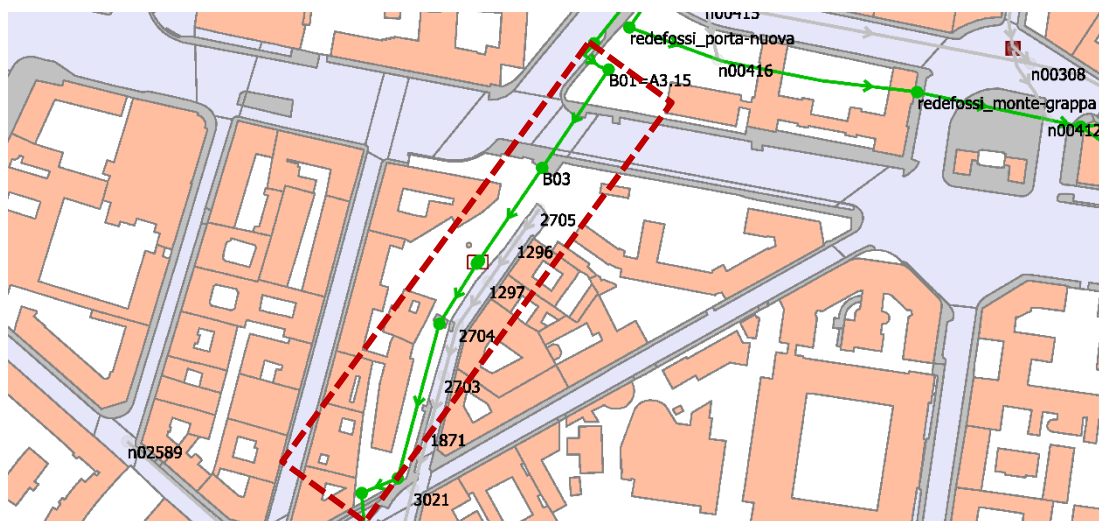


Figura 63. “Tratta B – Planimetria: canale in corrispondenza della Conca dell’Incoronata, da viale Montegrappa a via San Marco fino all’incrocio con via Castelfidardo”

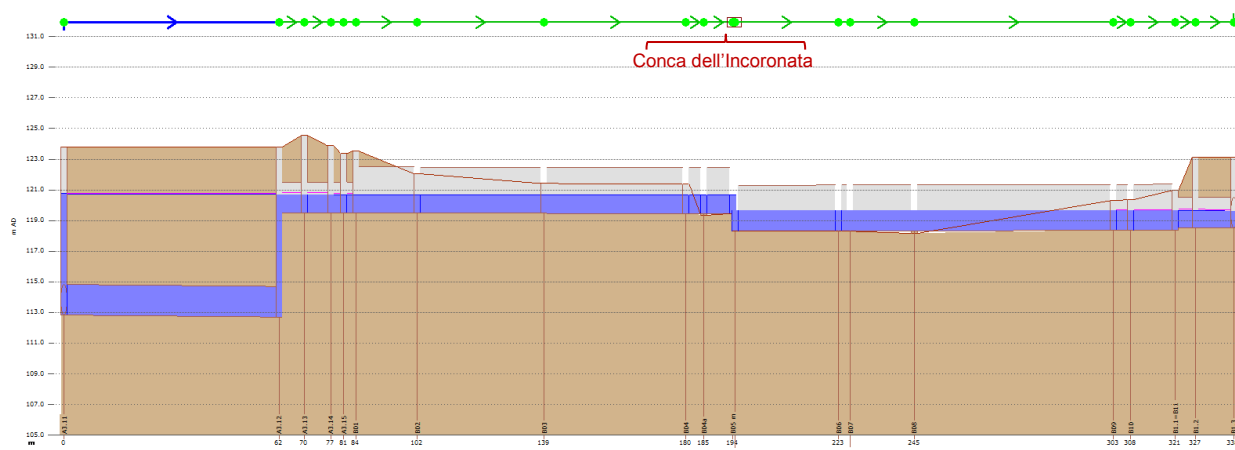


Figura 64. “Tratta B – Profilo longitudinale: canale in corrispondenza della Conca dell'Incoronata, da viale Montegrappa a via San Marco fino all'incrocio con via Castelfidardo”

Tabella 5. “Caratteristiche geometriche della tratta B: da viale Monte Grappa a via San Marco”

Id nodo monte (nome)	ID nodo valle (nome)	Tipo (nome)	Larghezza (m)	Altezza (m)	Scabrezza (m ^{1/3} /s)	Q. F. monte (m s.l.m.)	Q. F. valle (m s.l.m.)	Lungh. (m)	Pendenza (%)
B01=A3.15	B03	Cond	4.0	3.0	55	119.50	119.47	56.2	0.05%
B03	B05 m	Cond	6.5	3.0	55	119.47	119.45	53.0	0.04%
B05 m	B05 v	Chiusa	-	-	-	119.50	119.50	-	-
B05 v	B07	Cond	5.5	3.0	55	118.30	118.32	33.6	-0.06%
B07	B09	Cond	8.0	3.0	55	118.32	118.36	75.5	-0.05%
B09	B1.1=B11	Cond	3.0	3.0	55	118.36	118.37	18.4	-0.06%

3.6.4 TRATTA B1

La tratta B1 si sviluppa lungo via San Marco, all'altezza di via Castelfidardo, fino a via Fatebenefratelli, all'incrocio con via Borgonuovo, in Figura 65 si riporta il tracciato planimetrico inserito nel modello idraulico in Infoworks ICM.

La riconnessione idraulica sfrutta tombinature esistenti realizzate in seguito alla dismissione del naviglio in via San Marco, di cui in Figura 66 si riporta il profilo longitudinale e le caratteristiche geometriche in Tabella 6.

La tratta B1 ha lunghezza pari a circa 780 m e sezione variabile: in via San Marco la tombinatura esistente presenta sezione ad arco 2 x 2 metri; in Fatebenefratelli la tombinatura si collega ad una tubazione di sezione circolare pari a 1,5 metri.

Figura 66. “Tratta B1 – Profilo longitudinale: tombinatura da via San Marco a via Fabenefratelli”

Id nodo monte	ID nodo valle	Tipo	Larghezza	Altezza	Scabrezza	Q. F. monte	Q. F. valle	Lungh.	Pendenza
(nome)	(nome)	(nome)	(m)	(m)	(m1/3/s)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m)	(%)
B1.1=B11	B1.5	Cond	2.0	2.0	55	118.52	118.48	58.1	0.07%
B1.5	B1.6	Cond	2.0	2.0	55	118.48	118.46	69.2	0.03%
B1.6	B1.8	Cond	2.0	2.0	55	118.46	118.31	72.0	0.21%
B1.8	B1.9	Cond	2.0	2.0	55	117.93	117.91	72.5	0.03%
B1.9	B1.11	Cond	2.0	2.0	55	117.91	118.01	71.0	-0.14%
B1.11	B1.19	Cond	2.0	2.0	55	118.01	117.57	197.5	0.22%
B1.19	B1.20	Cond	2.0	2.0	55	117.57	117.04	48.4	1.09%
B1.20	B1.22	Cond	2.0	2.0	55	117.04	117.00	55.3	0.07%
B1.22	B1.25	Cond	1.5	1.5	55	117.00	116.89	131.4	0.08%
B1.25	B2.1=B1.27	Cond	1.5	1.5	55	116.89	116.87	11.1	0.18%

3.6.5 TRATTE B2, B3, B4

Le tratte B2, B3, B4 sono collocate lungo il tracciato della “fossa interna” fra via Fatebenefratelli (incrocio con via Borgonuovo) e via Francesco Sforza (incrocio con via Laghetto) passando per via Senato, via San Damiano, via Visconti di Modrone, per una lunghezza complessiva pari a circa 1'960 metri (rispettivamente le tre tratte hanno lunghezza $L_{B2}=728$ m, $L_{B3}=564$ m, $L_{B4}=665$ m), come mostrato nella planimetria di Figura 67.

Le tre tratte sono totalmente interrate e prevedono la posa di una nuova tubazione al di sotto del tracciato storico della fossa interna, che pertanto funzionerà in pressione, Figura 68; unica eccezione per la tratta B3 è la tratta in prossimità dell'incrocio con Corso di Porta Venezia dove la linea metropolitana M1 costringe ad alzare la quota di fondo della tubazione che funzionerà quindi in moto a pelo libero.

Le caratteristiche geometriche delle tratte sono elencate in Tabella 7. La tubazione in pressione ha diametro 2 metri mentre la porzione a pelo libero nella tratta B3 consiste in un doppio scatolare, pensato per superare in prossimità dell'incrocio con Corso di Porta Venezia la linea metropolitana M1, che risulta interferente e costringe ad alzare la quota di fondo del collegamento idraulico. È prevista la posa di tale manufatto scatolare mediante tecniche di scavo a cielo aperto e già nella sua configurazione definitiva (7m x 3m), realizzando una doppia tombinatura scatolare 3,5m x 3m, di cui solo un fornice verrà effettivamente utilizzato per la riconnessione idraulica. Nella configurazione finale di Naviglio totalmente riaperto, questa soluzione permetterà di fare manutenzione alternata fra i due fornici, senza interrompere la continuità idraulica verso valle.

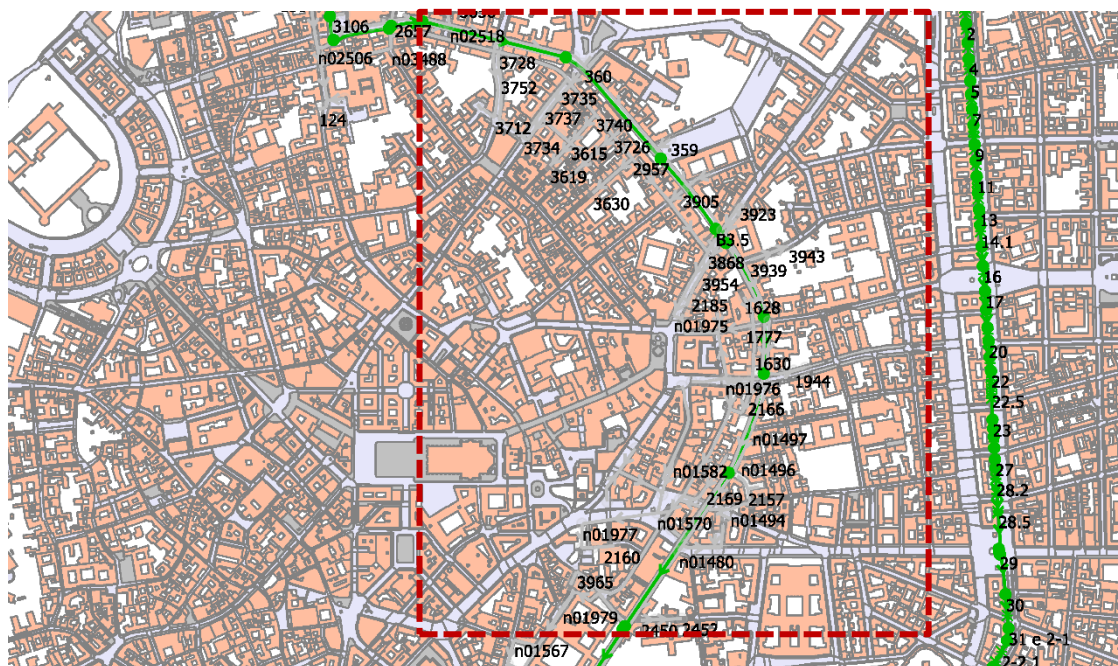


Figura 67. “Tratte B2, B3 e B4 – Planimetria: tombinatura da via Fatebenefratelli a via F. Sforza”

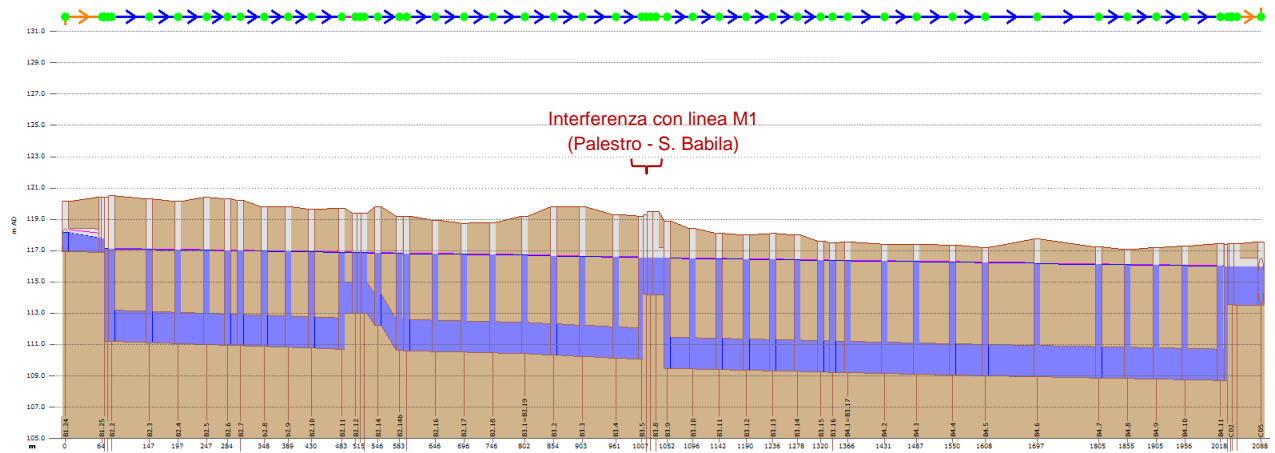


Figura 68. “Tratte B2, B3 e B4 – Profilo longitudinale: tominatura da via Fatebenefratelli a via F. Sforza”

Tabella 7. “Caratteristiche geometriche delle tratte B2, B3 e B4: da via Fatebenefratelli a via Sforza”

Id nodo monte (nome)	ID nodo valle (nome)	Tipo (nome)	Larghezza (m)	Altezza (m)	Scabrezza (m1/3/s)	Q. F. monte (m s.l.m.)	Q. F. valle (m s.l.m.)	Lungh. (m)	Pendenza (%)
B2.1=B1.27	B2.2	Cond	2	2	80	111.20	111.19	6.4	0.11%
B2.2	B2.3	Cond	2	2	80	111.19	111.12	65.6	0.11%
B2.3	B2.11	Cond	2	2	80	111.12	110.70	336.4	0.13%
B2.11	B2.12	Cond	2	2	80	113.00	113.00	24.2	0.00%
B2.12	B2.13	Cond	2	2	80	113.00	112.98	7.5	0.27%
B2.13	B2.13a	Cond	2	2	80	112.98	112.98	7.0	0.00%
B2.13a	B2.14	Cond	2	2	80	112.98	112.20	24.8	3.15%
B2.14	B2.14b	Cond	2	2	80	112.20	110.62	37.1	4.26%
B2.14b	B2.15	Cond	2	2	80	110.62	110.60	12.9	0.18%
B2.15	B3.1=B2.19	Cond	2	2	80	110.60	110.41	206.1	0.09%
B3.1=B2.19	B3.5	Cond	2	2	80	110.41	110.05	204.6	0.18%
B3.5	B3.9	Cond	3.5	3	80	114.20	114.17	44.8	0.07%
B3.9	B3.13	Cond	2	2	80	109.47	109.32	184.2	0.08%
B3.13	B4.1=B3.17	Cond	2	2	80	109.32	109.20	130.1	0.09%
B4.1=B3.17	B4.5	Cond	2	2	80	109.20	109.00	241.2	0.08%
B4.5	C01=B4.12	Cond	2	2	80	109.00	108.70	423.1	0.07%

La tratta sarà aperta per una lunghezza pari a circa 520 m e pendenza costante pari a 0.02%, come mostrato nel profilo longitudinale di Figura 70. Il naviglio avrà una larghezza variabile tra 4.5 m e 6.5 m; la profondità delle sezioni è ovunque di circa 3 m. Altre caratteristiche geometriche della tratta sono elencate in Tabella 8.

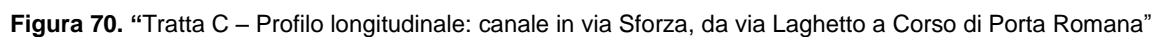
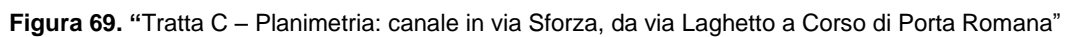


Tabella 8. “Caratteristiche geometriche della tratta C: in via Sforza da via laghetto a Corso di Porta Romana”

Id nodo monte	ID nodo valle	Tipo	Larghezza	Altezza	Scabrezza	Q. F. monte	Q. F. valle	Lungh.	Pendenza
(nome)	(nome)	(nome)	(m)	(m)	(m1/3/s)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m)	(%)
C01=B4.12	C03	Cond	5.1	3.0	55	113.53	113.53	8.0	0.02%
C03	C01_bis	Cond	6.5	3.0	55	113.53	113.51	132.8	0.02%
C01_bis	C13	Cond	6.2	3.0	55	113.51	113.49	128.5	0.02%
C13	C18	Cond	5.5	3.0	55	113.49	113.48	27.5	0.02%
C18	C22	Cond	6.0	3.0	55	113.48	113.46	99.7	0.02%
C22	C1.1=C24	Cond	4.5	3.0	55	113.46	113.46	14.8	0.02%

3.6.7 TRATTA C1

La tratta C1 è una tratta di collegamento idraulico, da via Santa Sofia (incrocio con Corso di Porta Romana) e via Molino della Armi (incrocio con via Vettabbia), come mostrato in planimetria, Figura 71.

In Figura 72 è possibile vedere il profilo longitudinale della traccia C, che verrà realizzata tramite la posa di nuova tubazione (diametro 2 m) a quote ribassate rispetto al fondo storico della fossa interna, pertanto il funzionamento idraulico di questa tratta avverrà secondo un moto in pressione per una lunghezza pari a circa 740 m. Altre caratteristiche geometriche della tratta sono riportate in Tabella 9.

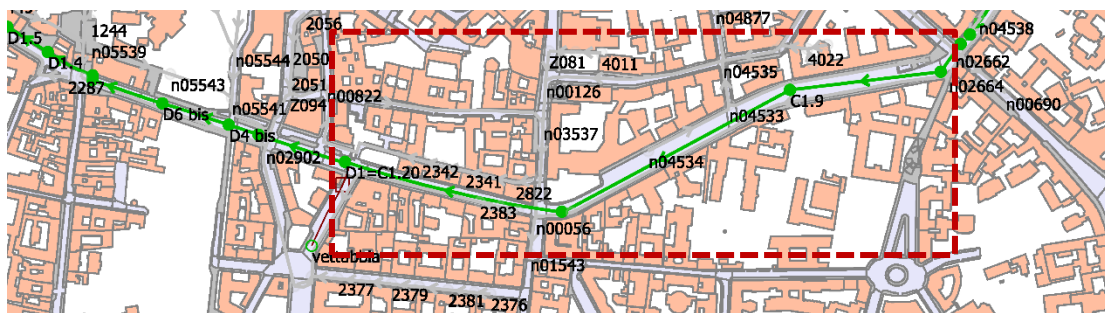


Figura 71. “Tratta C1 – Planimetria: tombinatura da via Santa Sofia a via Molino della Armi”

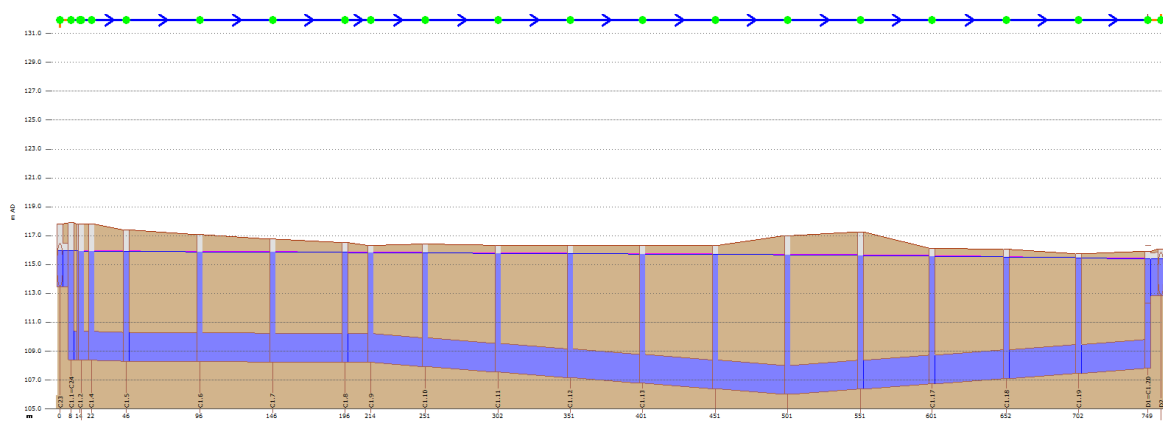


Figura 72. “Tratta C1 – Profilo longitudinale: tombinatura da via Santa Sofia a via Molino della Armi”

Tabella 9. “Caratteristiche geometriche della tratta C1: in via de Amicis da Corso di Porta Romana a via Vettabbia”

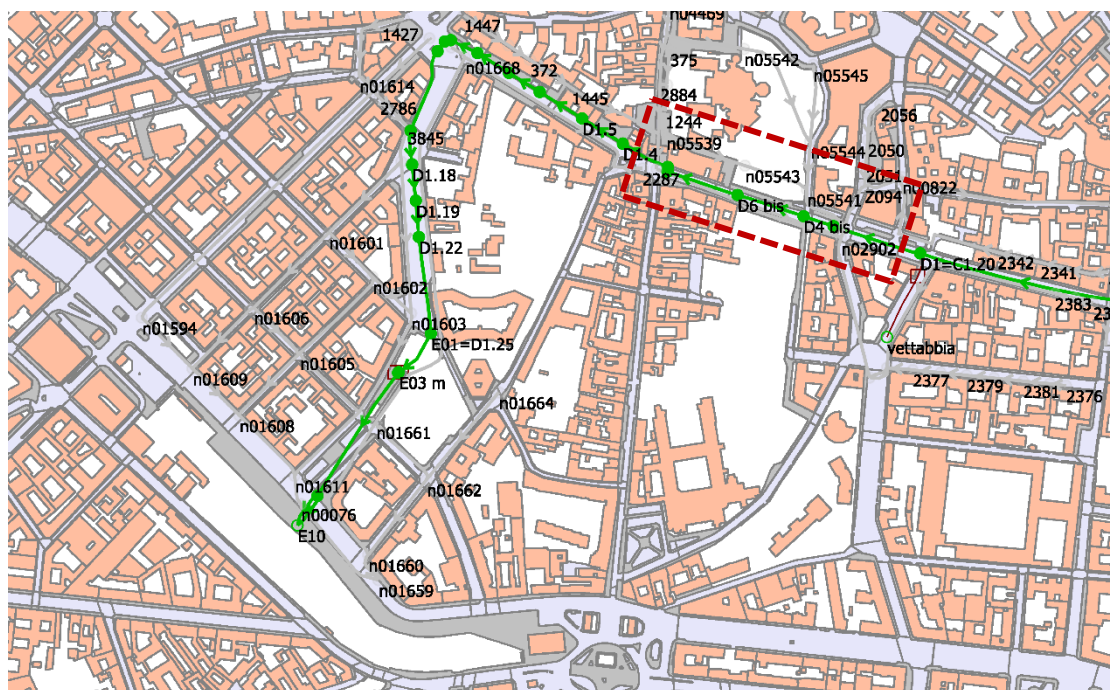
Id nodo monte (nome)	ID nodo valle (nome)	Tipo (nome)	Larghezza (m)	Altezza (m)	Scabrezza (m1/3/s)	Q. F. monte (m s.l.m.)	Q. F. valle (m s.l.m.)	Lungh. (m)	Pendenza (%)
C1.1=C24	C1.5	Cond	2.0	2.0	80	108.40	108.30	37.9	0.26%
C1.5	C1.9	Cond	2.0	2.0	80	108.30	108.21	168.5	0.05%
C1.9	C1.15	Cond	2.0	2.0	80	108.21	106.00	287.1	0.77%
C1.15	D1=C1.20	Cond	2.0	2.0	80	106.00	107.80	247.8	-0.73%

3.6.8 TRATTA D

La tratta D è la quarta tratta di riconnessione idraulica in cui è prevista sin da subito la riapertura nella configurazione finale del Naviglio. Si trova lungo il percorso della Fossa Interna in via Molino della Armi – da Via Vettabbia a Corso di Porta Ticinese, Figura 73.

Come mostrato nel profilo longitudinale di Figura 74, la lunghezza totale del tratto è pari a circa 300 m. Il punto più basso dell'intero Naviglio, lo era già nella configurazione storica, coincide con la prima sezione della tratta D in corrispondenza del manufatto di scarico in Roggia Vettabbia.

Per i primi 130 m partendo da Corso di Porta Ticinese, il nuovo alveo avrà una larghezza di 5,50m; nella tratta che segue, verso valle, l'alveo subisce un progressivo allargamento fino ad una larghezza massima di circa 11m. Altre caratteristiche geometriche della tratta sono elencate in Tabella 10.



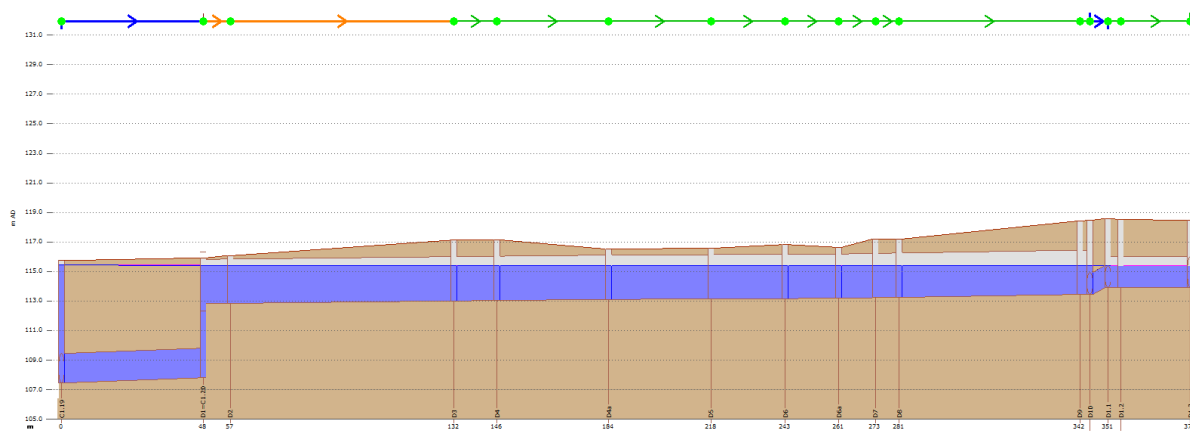


Figura 74. “Tratta D – Profilo longitudinale: canale in via Molino delle Armi, da via Vettabbia a Corso di porta Ticinese”

Tabella 10. “Caratteristiche geometriche della tratta D: in via de Amicis da via Vettabbia a Corso di Porta Ticinese”

Id nodo monte (nome)	ID nodo valle (nome)	Tipo (nome)	Larghezza (m)	Altezza (m)	Scabrezza (m1/3/s)	Q. F. monte (m s.l.m.)	Q. F. valle (m s.l.m.)	Lungh. (m)	Pendenza (%)
D1=C1.20	D4 bis	Cond	7.0	3.0	55	112.82	113.04	101.3	-0.21%
D4 bis	D4 bis	Cond	10.7	3.0	55	113.04	113.11	34.8	-0.21%
D4 bis	D6 bis	Cond	8.0	3.0	55	113.11	113.18	77.2	-0.10%
D6 bis	D11	Cond	5.0	3.0	55	113.18	113.45	82.0	-0.33%

3.6.9 TRATTA D1

La tratta D1 è una tratta di collegamento idraulico che si sviluppa lungo via E. De Amicis (incrocio Corso di Porta Ticinese) e via Conca del Naviglio (incrocio con Via Marco D'Oggiono), Figura 75.

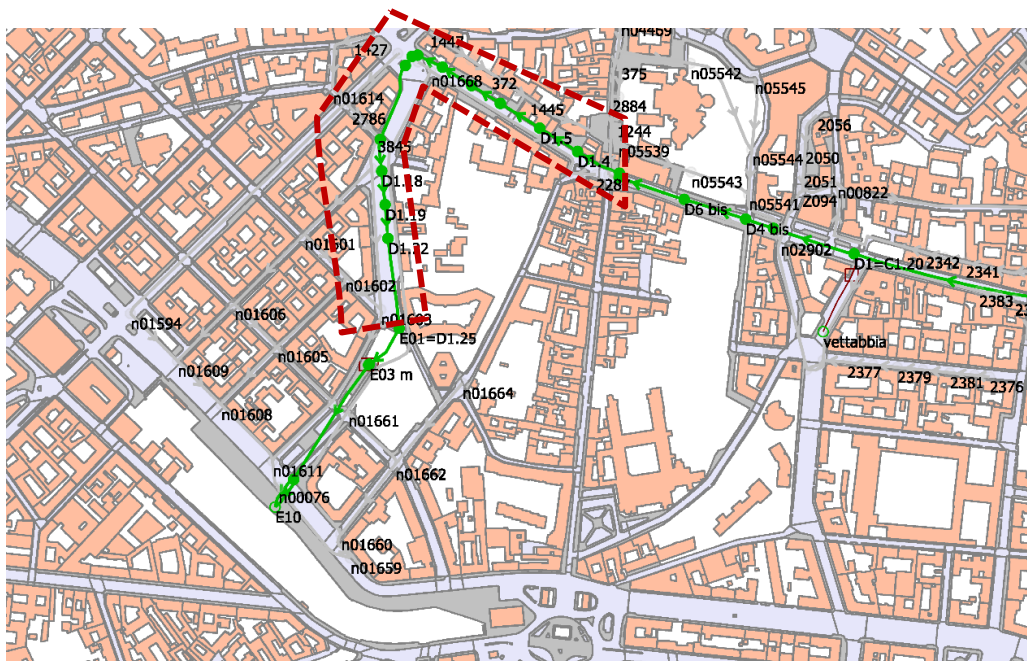


Figura 75. “Tratta D1 – Planimetria: tombinatura esistente in via de Amicis”



La riconnessione idraulica sfrutta una tombinatura esistente, la Roggia Castello per un tratto di lunghezza pari a circa 640m e sezione 2m x1,8m, come mostrato nel profilo longitudinale di Figura 76. La peculiarità della tratta è di essere in contropendenza lungo via de Amicis come riportano le pendenze indicate in Tabella 11. Sempre in tabella è possibile trovare altre caratteristiche geometriche della tratta D1.

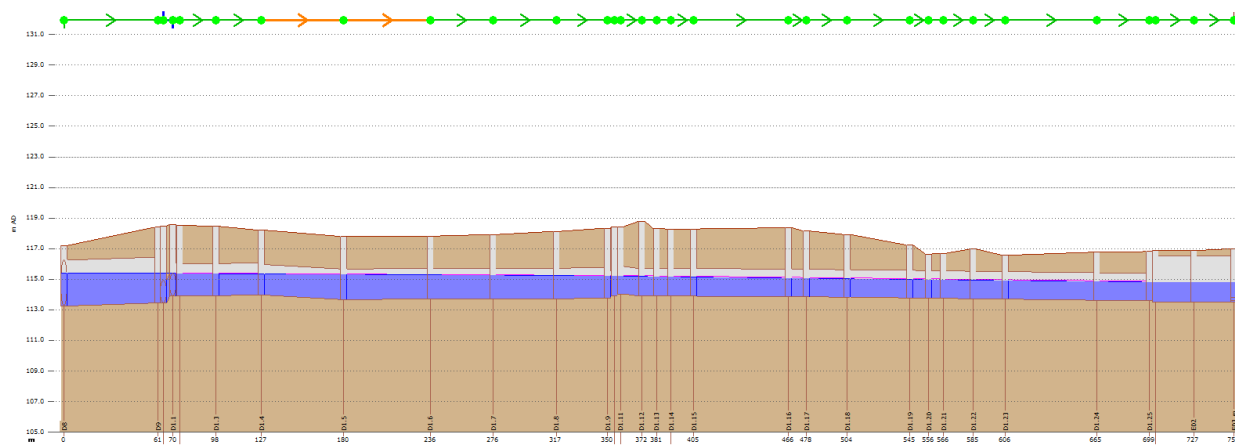


Figura 76. “Tratta D1 – Profilo longitudinale: tombinatura esistente in via de Amicis”

Tabella 11. “Caratteristiche geometriche della tratta D1: da via de Amicis a via Conca del Naviglio”

Id nodo monte (nome)	ID nodo valle (nome)	Tipo (nome)	Larghezza (m)	Altezza (m)	Scabrezza (m1/3/s)	Q. F. monte (m s.l.m.)	Q. F. valle (m s.l.m.)	Lungh. (m)	Pendenza (%)
D1.1	D1.4	Cond	1.8	2.1	55	113.90	113.96	56.5	-0.11%
D1.4	D1.5	Cond	1.8	2.0	55	113.96	113.67	53.0	0.55%
D1.5	D1.6	Cond	1.8	2.0	55	113.67	113.70	55.6	-0.05%
D1.6	D1.7	Cond	1.8	2.0	55	113.70	113.72	40.3	-0.05%
D1.7	D1.8	Cond	1.8	2.0	55	113.72	113.73	41.0	-0.02%
D1.8	D1.9	Cond	1.8	2.0	55	113.73	113.74	32.8	-0.03%
D1.9	D1.11	Cond	1.7	1.8	55	113.74	114.04	7.8	-3.83%
D1.11	D1.12	Cond	1.7	1.8	55	114.04	113.90	13.4	1.04%
D1.12	D1.16	Cond	1.7	1.8	55	113.90	113.87	94.6	0.03%
D1.16	D1.18	Cond	1.7	1.8	55	113.87	113.82	37.8	0.13%
D1.18	D1.19	Cond	1.7	1.8	55	113.82	113.78	40.4	0.10%
D1.19	D1.22	Cond	1.7	1.8	55	113.78	113.72	40.6	0.15%
D1.22	E01=D1.25	Cond	1.7	1.8	55	113.72	113.58	108.1	0.13%

Questa tratta ha una lunghezza pari a circa 260 m e prevede, oltre alla rimessa in funzione della conca storica di “Viarenna”, la realizzazione di un laghetto a monte della conca e di un nuovo alveo per la connessione al bacino della Darsena a valle della conca. Tale ultimo tratto ha una larghezza variabile tra 5,7 m e 8 m.

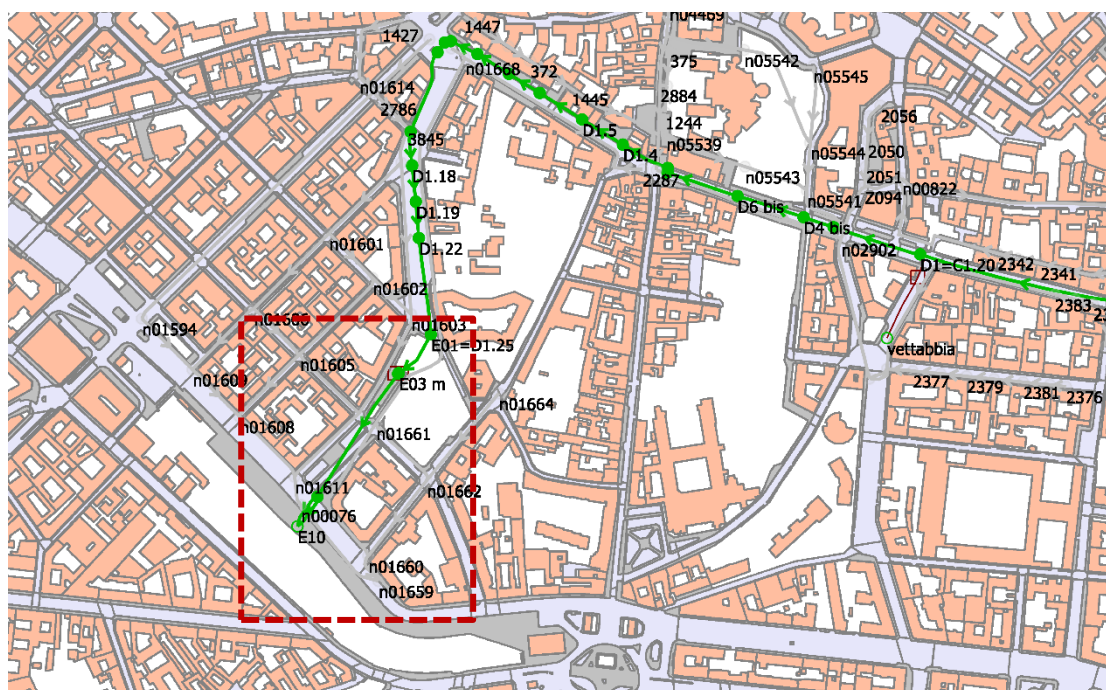


Figura 77. “Tratta E – Profilo longitudinale: canale in via Conca del Naviglio da via d’Oggiono alla Darsena”

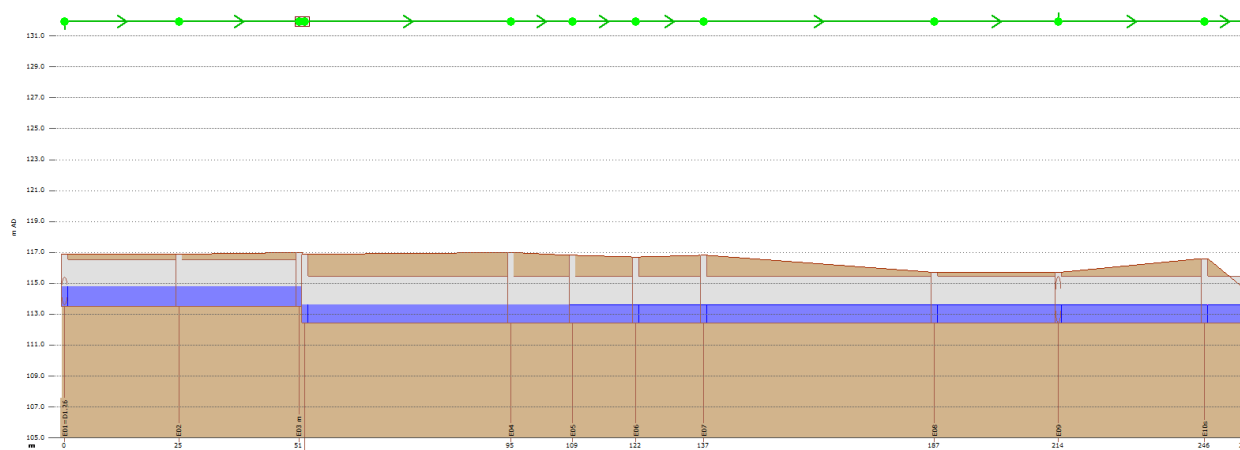


Figura 78. “Tratta E – Planimetria: canale in via Conca del Naviglio da via d'Oggiono alla Darsena”

Tabella 12. “Caratteristiche geometriche della tratta E: in via Conca del Naviglio da via d'Oggiono alla Darsena”

Id nodo monte (nome)	ID nodo valle (nome)	Tipo (nome)	Larghezza (m)	Altezza (m)	Scabrezza (m ^{1/3} /s)	Q. F. monte (m s.l.m.)	Q. F. valle (m s.l.m.)	Lungh. (m)	Pendenza (%)
E01=D1.25	E03 m	Cond	4.5	3.0	55	113.50	113.50	57.0	0.00%
E03 m	E03 v	Chiusa	-	3.0	-	-	-	-	-
E03 v	E09	Cond	11.0	3.0	55	112.44	112.44	163.3	0.00%
E09	E10	Cond	3.5	3.0	55	112.44	112.44	40.9	0.00%

3.6.11 IMMISSIONI E SCARICO DI PORTATA

Per quanto riguarda le immissioni di portata regolata nell'opera di riconnessione idraulica, la portata di progetto massima compatibile con l'opera è pari a 3 m³/s. Fanno eccezione le ultime tratte della riconnessione, tratte D, D1 e E, in cui la massima portata compatibile è 2 m³/s, a causa della capacità idraulica limitante della tombinatura esistente della Roggia Castello.

Vengono valutati due scenari di regolazione di portata:

1. Scenario con portata costante $Q=3$ m³/s, con scarico costante in Vettabbia pari a 1 m³/s;
2. Scenario con portata costante $Q=2$ m³/s, senza scarico in Vettabbia.

Lo scenario di progetto sarà lo scenario al punto 1 in cui in ingresso all'opera entra una portata pari a $Q=3$ m³/s di cui 1 m³/s viene scaricato in Vettabbia. Tale configurazione di portata permette in generale di rispettare il range di velocità compreso fra 0.5 m/s e 2-2.5 m/s per le tratte intubate e compreso tra 0.2 m/s e 0.7 m/s per le tratte di Naviglio riaperto.

Mentre lo scenario 2 prevede in ingresso all'opera entra una portata pari a $Q=2$ m³/s e in tal modo si rende necessario alcuno scarico di portata in Vettabbia.

Si riportano nel paragrafo 3.7 i calcoli inerenti ai due regimi di portata ($Q_{\max}=3$ m³/s e $Q_{\min}=2$ m³/s).

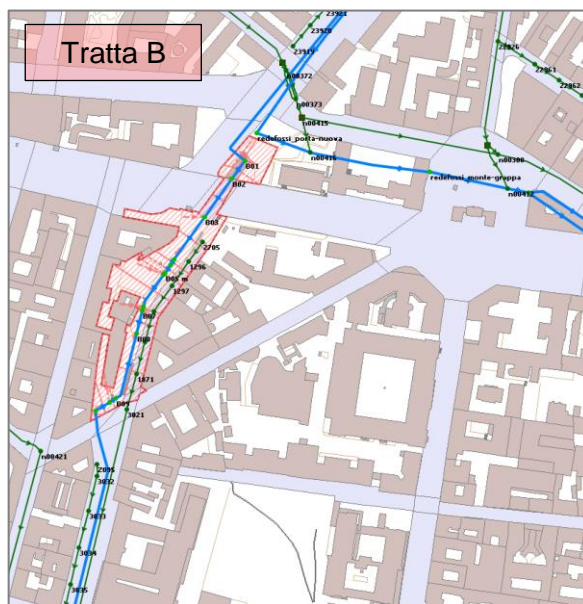
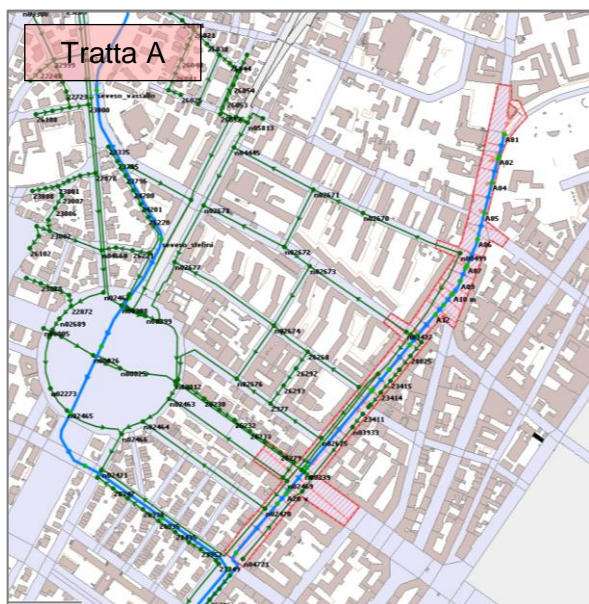
3.6.12 CONTRIBUTO METEORICO

Per il calcolo delle acque meteoriche che vengono disconnesse dalla rete fognaria grazie alla presenza delle nuove tratte riaperte di Naviglio, è stato costruito un modello matematico di trasformazione afflussi – deflussi.

Al fine di stimare tale contributo meteorico sono state considerate solamente le aree urbane scolanti nelle tratte di riapertura dell'opera di riconnessione idraulica poiché in corrispondenza di queste ultime è comunque previsto il completo riassetto delle reti di drenaggio secondarie che raccolgono le acque intercettate dalle caditoie stradali e attualmente le convogliano nelle più vicini reti fognarie di tipo misto. Nelle restanti tratte di riconnessione idraulica non è invece previsto nessun intervento sostanziale di riassetto della rete secondaria in quanto la nuova opera verrà realizzata con tecnologia no-dig.

In Figura 79, si riportano i bacini urbani individuati afferenti alla chiusura di ciascuna tratta riaperta i cui deflussi meteorici generati dalle piogge vengono recapitati lungo il canale riaperto.

Le aree dei bacini scolanti sono state ricavate sulla maschera del percorso stradale delle tratte riaperte includendo anche una porzione di area maggiore in corrispondenza degli incroci stradali. Ammesso che l'intero apporto meteorico di queste aree verrà effettivamente recapitato nelle tratte di canale riaperto, la presente modellazione ha l'obiettivo principale di valutare la resilienza idraulica dell'opera rispetto agli eventi meteorici (T10) ed escludere il rischio di esondazione.



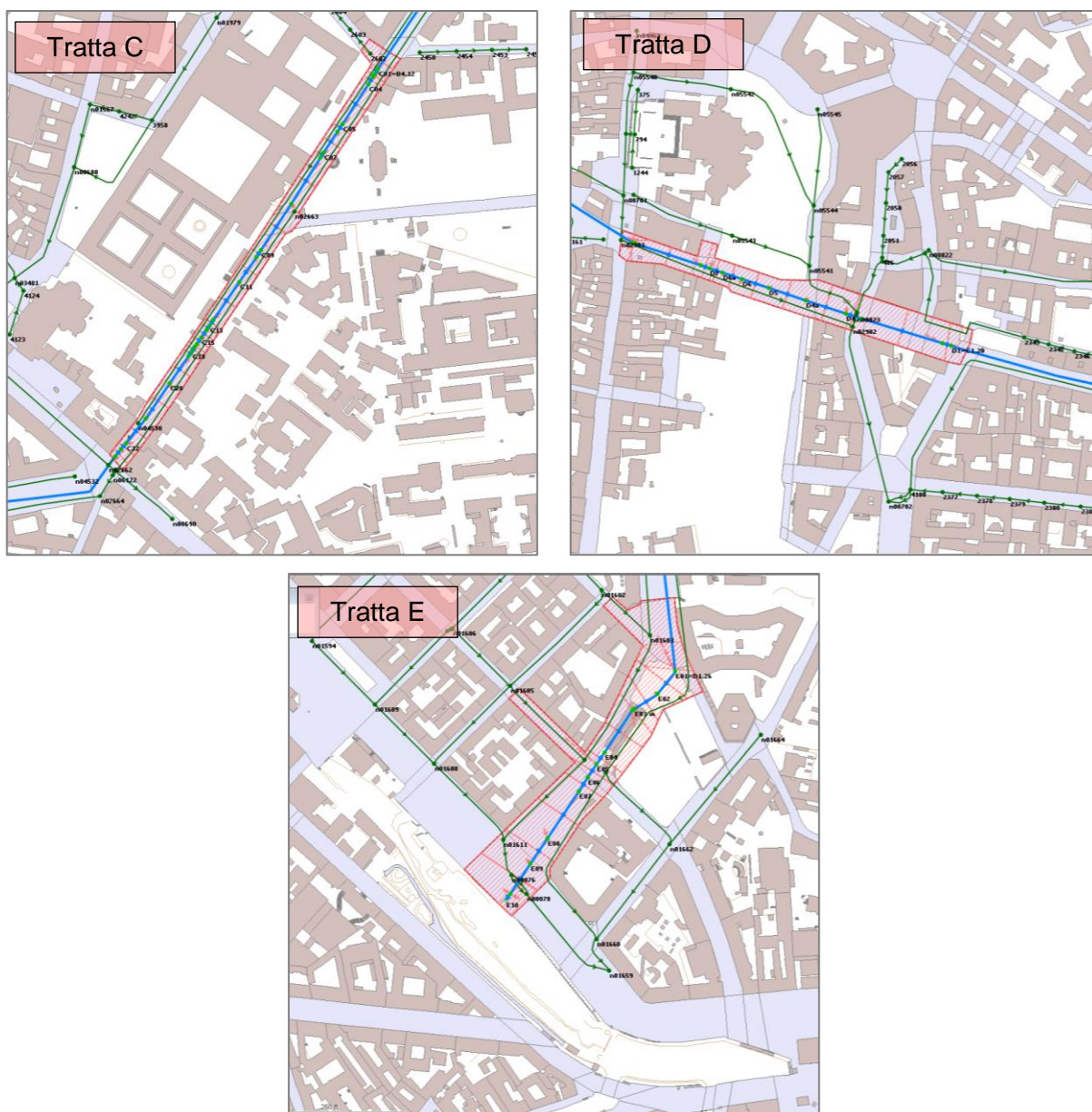


Figura 79. “Planimetria dei bacini afferenti alle 5 tratte oggetto di riapertura”

Tabella 13. “Aree dei bacini urbani afferenti alle 5 tratte di canale riaperto”

Tratta (nome)	Area (ha)
A	4.26
B	0.74
C	0.81
D	0.89
E	1.57

3.6.13 REGOLAZIONI DEI LIVELLI IDRICI TRAMITE LE CHIUSE DELLE CONCHE

Nelle 5 tratte oggetto di riapertura, il tirante idrico viene regolato tramite la variazione della luce di apertura delle porte delle conche.

Le conche previste già in fase di riconnessione idraulica sono 3:

- Conca di Cassina de' Pomm
- Conca dell'Incoronata
- Conca di Viarenna

Una conca di navigazione è un bacino regolato da due chiuse successive che interrompono lo scorrimento del canale navigabile, in modo da poter regolare il livello dell'acqua tra di esse. Una chiusa può essere vista in termini semplicistici come un varco presidiato da una porta o cancello; dal punto di vista idraulico invece costituisce uno sbarramento al flusso della corrente che provoca un conseguente innalzamento del tirante idrico, descritto dalle leggi della foronomia, che può essere regolato variando la luce dell'apertura delle finestre. La caratteristica presenza di due chiuse per conca le permette di essere un vero e proprio “ascensore” idraulico: i natanti entrano nel piccolo bacino che si forma fra le due chiuse ed il livello all'interno può essere fatto salire o scendere, regolando l'apertura delle chiuse, in modo da permettere al natante di proseguire la navigazione superando così un dislivello.

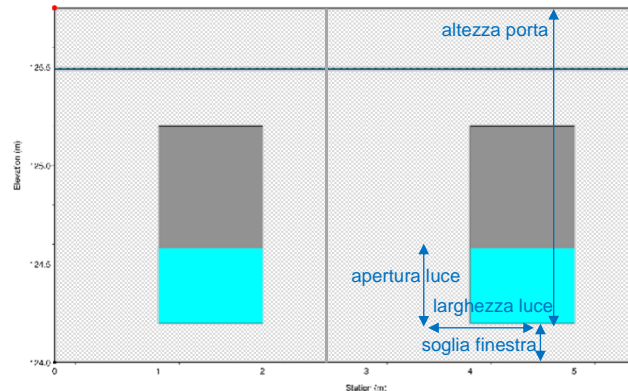


Figura 80. “Fotografia della porta Vinciana della conca dell'Incoronata e relativa schematizzazione geometrica”

Ciascuna conca in progetto sarà regolata al fine di mantenere a monte lo stesso tirante idrico stabilito per la futura riapertura totale del naviglio (studio di fattibilità 2015).

Nella seguente tabella si riportano i livelli attesi a monte di ciascuna conca e le caratteristiche geometriche delle porte delle conche, così come inserite nel modello matematico. Si sottolinea che i livelli obiettivo sono gli stessi previsti dallo “studio di fattibilità idraulica per la riattivazione dei Navigli Milanesi e per la loro Navigabilità” (redatto nel 2015 da MM e Politecnico di Milano).



Tabella 14. “Regolazione luci di apertura conche e caratteristiche geometriche”

Chiusa		Finestra			Porta	
			Q=3 m ³ /s	Q=2 m ³ /s		
nome	livello	soglia	apertura luce	apertura luce	larghezza	altezza
(testo)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m)	(m)	(m)	(m)
Cassina de' Pomm	125.50	124.20	0.46	0.30	1.00	1.60
Incoronata	120.80	119.50	0.40	0.25	1.20	3.80
Viarenna	114.80	113.60	0.20	0.20	1.50	3.40



3.7 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI IDRAULICHE

Si riportano nel seguito i calcoli inerenti al progetto di riconnessione idraulica dei navigli nella riapertura parziale e nella riapertura totale.

Vengono considerati due scenari di regolazione di portata: lo scenario di progetto con $Q=3 \text{ m}^3/\text{s}$ di cui $1 \text{ m}^3/\text{s}$ scaricato in Vettabbia; e lo scenario con $Q=2 \text{ m}^3/\text{s}$ senza scarico in Vettabbia.

Tali scenari verranno valutati nelle condizioni di tempo asciutto e in tempo bagnato. In particolare:

- nelle condizioni di tempo asciutto, la portata nella riconnessione idraulica è costante e non sono presenti precipitazioni;
- nelle condizioni di tempo bagnato, alla portata costante regolata in ingresso all'opera si somma l'idrogramma di deflusso meteorico generato da precipitazioni sintetiche con tempo di ritorno pari a 10 anni attraverso uno ietogramma di tipo Chicago tempo base 2 ore (si veda par. 3.4).

Per quanto riguarda la geometria e la scabrezza delle tratte di riconnessione idraulica, i bacini scolanti urbani afferenti alle cinque tratte e la regolazione delle chiuse, si rimanda al paragrafo precedente, 3.6.

Nel seguito si riportano i risultati delle simulazioni idrauliche relative a seguenti gli scenari di funzionamento dell'opera:

❖ Riapertura parziale:

T.A. Tempo asciutto:

3. Scenario con portata costante $Q=3 \text{ m}^3/\text{s}$, con scarico costante in Vettabbia pari a $1 \text{ m}^3/\text{s}$;
4. Scenario con portata costante $Q=2 \text{ m}^3/\text{s}$, senza scarico in Vettabbia.

T.B. Tempo bagnato:

2. Scenario A.1 con aggiunta di contributo meteorico generato da una precipitazione teorica con tempo di ritorno $T=10$ anni.

❖ Riapertura totale:

T.A. Tempo asciutto:

3. Scenario con portata costante $Q=3 \text{ m}^3/\text{s}$, con scarico costante in Vettabbia pari a $1 \text{ m}^3/\text{s}$;
4. Scenario con portata costante $Q=2 \text{ m}^3/\text{s}$, senza scarico in Vettabbia.



3.6.T.A. RIAPERTURA PARZIALE IN TEMPO ASCIUTTO

Due sono gli scenari presi in considerazione dal presente studio per la condizione di tempo asciutto e portata costante regolata in ingresso nell'opera di riconnessione idraulica:

T.A.1) Portata costante $Q=3 \text{ m}^3/\text{s}$, con scarico costante in Vettabbia pari a $1 \text{ m}^3/\text{s}$;

T.A.2) Portata costante $Q=2 \text{ m}^3/\text{s}$, con scarico nullo in Roggia Vettabbia.

SCENARIO T.A.1:

Si riportano nel seguito i risultati della simulazione idraulica in tempo asciutto per lo **scenario T.A.1**: costante $Q=3 \text{ m}^3/\text{s}$, con scarico costante in Vettabbia pari a $1 \text{ m}^3/\text{s}$

La portata massima compatibile con il progetto di riconnessione idraulica è stata stabilita pari a $3 \text{ m}^3/\text{s}$, sulla base del tirante massimo compatibile con la riapertura della tratta A.

Tale vincolo sulla tratta A dipende dal franco idraulico minimo, stabilito pari a 0.5 metri non dovendo garantire le condizioni di navigabilità per l'opera di riconnessione, fra il piano degli spazi commerciali e il livello dell'acqua nel canale. Per rispettare tale vincolo è stata controllata l'apertura della chiusa dell'Incoronata (tratta B) e la geometria del tratto in condotta di via M. Gioia.

Tale vincolo richiede che il tirante idrico nella tratta A a valle della chiusa di Cassina de' Pomm sia inferiore a 121.85 m s.l.m. Per rispettarlo, il livello di regolazione della chiusa dell'Incoronata è stato abbassato rispetto al valore di progetto previsto per la riapertura totale dal valore di 120.80 al valore di 120.30. Una volta che verrà riaperto il naviglio anche nelle tratte da A1 a A3, sarà possibile alzare il livello di regolazione al valore obiettivo finale.

In particolare, il risultato della simulazione con portata massima è riportato nel profilo longitudinale di Figura 81.

Si può notare come effettivamente la tubazione esistente in via Conca del Naviglio sia caratterizzata da una capacità idraulica inferiore a $3 \text{ m}^3/\text{s}$. Da qui la necessità di scaricare una portata pari a $1 \text{ m}^3/\text{s}$ nella roggia Vettabbia, in corrispondenza di via Vettabbia, lasciando proseguire nelle tratte da C a E una portata pari a $2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Per quanto riguarda i livelli e le velocità nelle tratte della riconnessione idraulica, si riportano i valori in Tabella 15.

Si osserva che le velocità laddove la corrente è intubata rispetta il range tra 0.4 m/s e 2-2.5 m/s (tratte A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, D1). Per quanto riguarda le tratte di canale (Tratte A, B, C, D, E) la velocità media delle tratte compra nei valori 0.2 m/s-0.7 m/s. Il tema relativo al valore minimo di velocità da garantire lungo le tratte di riapertura andrà ulteriormente approfondito a livello definitivo, onde prevenire eventuali fenomeni di proliferazione algale e ristagno.

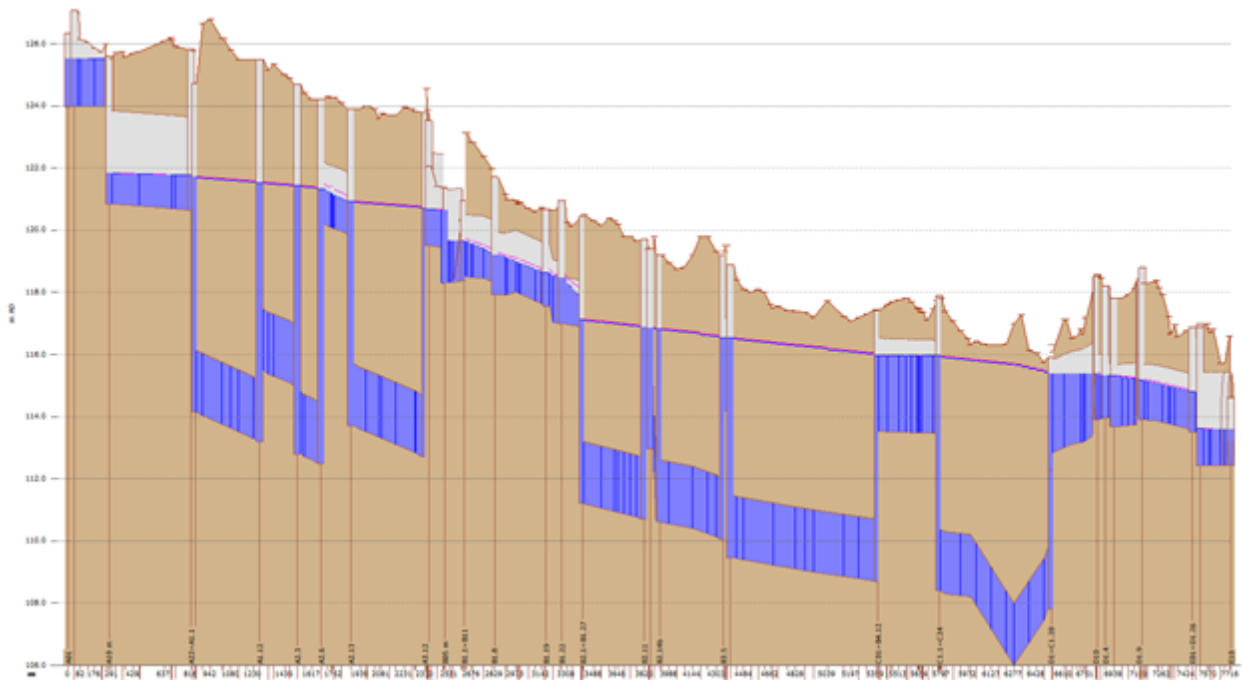


Figura 81. “Scenario T.A.1 - simulazione riconnessione idraulica con $Q=3 \text{ m}^3/\text{s}$ di cui $1 \text{ m}^3/\text{s}$ scaricato in Vettabbia”

Tabella 15. “Scenario T.A.1 - Simulazione con portata massima, $Q=3 \text{ m}^3/\text{s}$ di cui $1 \text{ m}^3/\text{s}$ scaricato in Vettabbia”

Monte nodo ID (nome)	Valle nodo ID (nome)	L (m)	W (mm)	H (mm)	Scabr. 1/n	i (m/m)	Monte h (m)	Valle h (m)	Monte H (m.s.l.m)	Valle H (m.s.l.m)	Monte v (m/s)	Valle v (m/s)
A01	A10 m	270.40	7000	3000	55	1.15%	1.55	1.51	125.52	125.52	0.28	0.28
A10 v	A11	21.10	4500	3000	55	0.02%	0.98	0.98	121.86	121.85	0.68	0.68
A11	A12	21.40	6000	3000	55	0.02%	0.98	0.98	121.84	121.84	0.51	0.51
A12	A22=A1.1	502.90	6000	3000	55	0.04%	0.98	1.12	121.84	121.78	0.51	0.45
A1.1	A1.2	13.30	2000	2000	80	0.00%	1.12	1.10	121.91	121.90	1.67	1.70
A1.2	A1.3	13.40	2000	2000	80	0.60%	1.10	1.16	121.90	121.86	1.70	1.58
A1.3	A1.12	429.00	2000	2000	80	0.22%	7.57	8.34	121.75	121.58	0.86	0.86
A1.12	A2.3	248.80	2000	2000	80	0.19%	6.05	6.43	121.56	121.47	0.88	0.88
A2.3	A2.6	156.60	2000	2000	80	0.19%	8.61	8.85	121.45	121.39	0.85	0.85
A2.6	A2.8	67.00	1500	2000	80	0.17%	1.12	1.12	121.48	121.37	1.79	1.79
A2.8	A2.11	23.80	1250	2000	80	0.17%	1.12	1.07	121.44	121.38	2.15	2.24
A2.11	A2.13	108.20	1500	2000	80	0.17%	1.07	1.06	121.30	121.11	1.87	1.89
A2.13	A3.12	494.30	2000	2000	80	0.18%	7.21	8.03	120.95	120.77	0.87	0.86
A3.12	B01	22.20	2000	2000	80	0.09%	1.17	1.17	120.82	120.81	1.57	1.57
B01	B02	17.80	6000	3000	55	0.05%	1.17	1.19	120.67	120.79	0.43	0.42
B02	B03	36.70	6000	3000	55	0.05%	1.17	1.19	120.67	120.67	0.43	0.42
B03	B04	41.10	6500	3000	55	0.04%	1.19	1.20	120.67	120.67	0.39	0.38
B04	B05 m	13.60	8900	3000	55	0.04%	1.20	1.21	120.66	120.66	0.28	0.36
B05 v	B06	29.90	5300	3000	55	-0.06%	1.36	1.34	119.67	119.67	0.42	0.42
B06	B07	3.30	5100	3000	55	-0.06%	1.34	1.34	119.67	119.67	0.44	0.44
B07	B09	76.20	8000	3000	55	-0.05%	1.34	1.30	119.66	119.66	0.28	0.29
B09	B1.1=B11	17.90	8000	3000	55	-0.05%	1.33	1.28	119.66	119.68	0.77	0.78



Monte nodo ID (nome)	Valle nodo ID (nome)	L (m)	W (mm)	H (mm)	Scabr. 1/n	i (m/m)	Monte h (m)	Valle h (m)	Monte H (m.s.l.m)	Valle H (m.s.l.m)	Monte v (m/s)	Valle v (m/s)
B1.1=B11	B1.6	128.60	3000	3000	55	-0.06%	1.30	0.94	119.69	119.53	1.33	1.60
B1.6	B1.8	71.80	2000	2000	55	0.21%	0.94	0.90	119.53	119.35	1.60	1.66
B1.8	B1.9	72.60	2000	2000	55	0.03%	1.28	1.21	119.28	119.20	1.18	1.24
B1.9	B1.11	71.00	2000	2000	55	-0.14%	1.21	0.99	119.20	119.11	1.24	1.52
B1.11	B1.19	197.30	2000	2000	55	0.22%	0.99	1.05	119.11	118.72	1.52	1.43
B1.19	B1.20	48.60	2000	2000	55	1.09%	1.05	1.49	118.76	118.60	1.66	1.15
B1.20	B1.22	55.00	2000	2000	55	0.07%	1.49	1.47	118.60	118.54	1.16	1.17
B1.22	B1.25	131.80	1500	1500	55	0.08%	1.46	0.92	118.61	118.13	1.70	2.47
B1.25	B2.1=B1.27	11.00	1500	1500	55	0.18%	0.92	0.84	118.12	118.09	2.50	2.74
B2.1=B1.27	B2.3	72.00	2000	2000	80	0.11%	5.90	5.95	117.14	117.11	0.88	0.88
B2.3	B2.11	336.40	2000	2000	80	0.13%	5.95	6.20	117.11	116.94	0.88	0.88
B2.11	B2.17	213.50	2000	2000	80	0.00%	3.88	6.26	116.92	116.80	0.90	0.88
B2.17	B3.3	206.40	2000	2000	80	0.09%	6.25	6.39	116.79	116.66	0.88	0.88
B3.3	B3.7	118.80	2000	2000	80	0.18%	6.38	2.34	116.65	116.54	0.88	0.37
B3.7	B3.11	120.80	3500	3000	80	0.07%	2.34	7.08	116.54	116.51	0.37	0.87
B3.11	B3.15	177.70	2000	2000	80	0.08%	7.07	7.14	116.50	116.42	0.87	0.87
B3.15	B4.3	166.30	2000	2000	80	0.09%	7.13	7.20	116.41	116.33	0.87	0.87
B4.3	B4.10	468.90	2000	2000	80	0.08%	7.19	7.29	116.33	116.08	0.87	0.87
B4.10	C01=B4.12	75.20	2000	2000	80	0.07%	7.28	7.30	116.08	116.04	0.87	0.87
C01=B4.12	C02	5.60	4150	3000	55	0.02%	2.44	2.44	115.97	115.97	0.30	0.30
C02	C04	10.50	4150	3000	55	0.02%	2.44	2.44	115.97	115.97	0.30	0.19
C04	C06	49.70	6500	3000	55	0.02%	2.44	2.45	115.97	115.97	0.19	0.19
C06	C07	22.20	6750	3000	55	0.02%	2.45	2.45	115.97	115.97	0.18	0.18
C07	C08a	52.80	6750	3000	55	0.02%	2.45	2.46	115.97	115.97	0.18	0.18
C08a	C09	48.50	6200	3000	55	0.02%	2.46	2.47	115.97	115.97	0.20	0.20
C09	C10	7.50	6200	3000	55	0.02%	2.47	2.47	115.97	115.97	0.20	0.20
C10	C11	26.30	6150	3000	55	0.02%	2.47	2.47	115.97	115.97	0.20	0.20
C11	C12	40.90	6000	3000	55	0.02%	2.47	2.48	115.97	115.96	0.20	0.20
C12	C16	25.60	5200	3000	55	0.02%	2.48	2.48	115.97	115.97	0.23	0.25
C16	C17	3.40	4800	3000	55	0.02%	2.48	2.48	115.97	115.97	0.25	0.25
C17	C18	3.90	4800	3000	55	0.02%	2.48	2.48	115.97	115.97	0.25	0.25
C18	C19	5.20	5000	3000	55	0.02%	2.48	2.48	115.97	115.96	0.24	0.24
C19	C20	28.80	5100	3000	55	0.02%	2.48	2.49	115.96	115.96	0.24	0.24
C20	C21	37.60	5500	3000	55	0.02%	2.49	2.49	115.96	115.96	0.22	0.22
C21	C22	28.00	5700	3000	55	0.02%	2.49	2.50	115.96	115.96	0.21	0.21
C22	C23	7.10	5100	3000	55	0.02%	2.50	2.50	115.96	115.96	0.24	0.24
C23	C1.1=C24	7.80	4500	3000	55	0.02%	2.50	2.50	115.96	115.96	0.27	0.27
C1.1=C24	C1.2	5.80	2000	2000	80	0.27%	7.54	7.55	115.98	115.98	0.86	0.86
C1.2	C1.3	1.00	2000	2000	80	0.22%	7.55	7.55	115.97	115.97	0.86	0.86
C1.3	C1.7	131.60	2000	2000	80	0.27%	7.54	7.61	115.96	115.90	0.86	0.86
C1.7	C1.13	254.70	2000	2000	80	0.05%	7.61	8.96	115.89	115.76	0.86	0.85
C1.13	C1.18	250.80	2000	2000	80	0.77%	8.95	8.44	115.76	115.57	0.85	0.86
C1.18	C1.19	49.90	2000	2000	80	-0.73%	8.40	8.02	115.53	115.51	0.86	0.86



Monte nodo ID (nome)	Valle nodo ID (nome)	L (m)	W (mm)	H (mm)	Scabr. 1/n	i (m/m)	Monte h (m)	Valle h (m)	Monte H (m.s.l.m)	Valle H (m.s.l.m)	Monte v (m/s)	Valle v (m/s)
C1.19	D1=C1.20	47.50	2000	2000	80	-0.73%	7.98	7.62	115.47	115.45	0.86	0.86
D1=C1.20	D2	9.20	5000	3000	55	-0.22%	2.56	2.54	115.38	115.38	0.16	0.16
D2	D3	75.10	7300	3000	55	-0.22%	2.54	2.37	115.38	115.38	0.11	0.12
D3	D4	14.50	7000	3000	55	-0.22%	2.37	2.34	115.38	115.38	0.12	0.12
D4	D5	71.80	11000	3000	55	-0.20%	2.34	2.24	115.38	115.38	0.08	0.11
D5	D7	55.20	5450	3000	55	-0.10%	2.24	2.15	115.38	115.38	0.16	0.17
D7	D8	8.00	5450	3000	55	-0.32%	2.15	2.13	115.38	115.38	0.17	0.17
D8	D9	60.60	5450	3000	55	-0.32%	2.13	1.93	115.38	115.38	0.17	0.19
D9	D10	3.5	5450	3000	55	-0.18%	1.93	1.93	115.38	115.38	0.19	0.19
D10	D1.1	33.6	1500	1500	55	-7.51%	1.92	1.47	115.39	115.39	0.56	0.58
D1.1	D1.2	56.9	1800	2100	55	-0.11%	1.47	1.46	115.41	115.41	0.86	0.87
D1.2	D1.3	23.3	1800	2100	55	-0.11%	1.46	1.42	115.40	115.39	0.87	0.89
D1.3	D1.5	82.3	1800	2100	55	-0.11%	1.42	1.64	115.39	115.34	0.89	0.79
D1.5	D1.7	96	1800	2000	55	-0.05%	1.63	1.53	115.34	115.29	0.79	0.83
D1.7	D1.9	73.8	1800	2000	55	-0.03%	1.53	1.47	115.29	115.24	0.83	0.87
D1.9	D1.10	4.3	1700	1800	55	-3.61%	1.46	1.26	115.25	115.21	0.93	1.07
D1.10	D1.14	36.3	1700	1800	55	-3.61%	1.30	1.16	115.25	115.26	1.03	1.16
D1.14	D1.16	75.9	1700	1800	55	0.03%	1.26	1.19	115.21	115.13	1.07	1.12
D1.16	D1.17	11.6	1700	1800	55	0.13%	1.19	1.20	115.13	115.11	1.13	1.12
D1.17	D1.20	78.5	1700	1800	55	0.13%	1.19	1.20	115.11	115.03	1.13	1.12
D1.20	D1.24	9.5	1700	1800	55	0.15%	1.20	1.20	115.02	115.01	1.12	1.12
D1.24	D1.25	34	1700	1800	55	0.12%	1.22	1.22	114.90	114.87	1.10	1.10
D1.25	E01=D1.26	3.8	1700	1800	55	0.12%	1.22	1.22	114.87	114.86	1.10	1.10
E01=D1.26	E02	24.7	30000	3000	55	0.00%	1.30	1.30	114.80	114.80	0.05	0.05
E02	E03 m	26.1	15000	3000	55	0.00%	1.30	1.30	114.80	114.80	0.10	0.10
E03 v	E05	57.9	4600	3000	55	0.00%	1.17	1.16	113.62	113.61	0.37	0.29
E05	E06	13.7	5700	3000	55	0.00%	1.16	1.16	113.61	113.61	0.30	0.30
E06	E07	14.7	5700	3000	55	0.00%	1.16	1.16	113.61	113.61	0.30	0.30
E07	E09	76.9	6500	3000	55	0.00%	1.16	1.16	113.61	113.60	0.27	0.25

Infine, per quanto riguarda le cinque tratte di canale di riapertura risulta rilevante riportare i franchi idraulici nelle sezioni di maggiore interesse e criticità. In Tabella 16 sono riportati i valori puntuali dei franchi calcolati come distanza tra il pelo libero della corrente rispetto alla quota delle sponde o del vincolo più stringente, quale ad esempio il piano dei negozi nella tratta A o il piano della pista ciclabile nella tratta B.

Le sezioni di interesse sono identificate con il nome del nodo della simulazione idraulica (nodo ID della tabella precedente) e sono state considerate le sezioni di monte e valle di ciascuna delle cinque tratte di riapertura e le sezioni di monte e valle delle tre conche (tratta A, B, E).

Si osserva che il vincolo sul franco libero è sempre rispettato, in tutte le sezioni risulta superiore a 0.5 metri.



La sezione dove il franco libero risulta più basso ma sempre al vincolo minimo, è la sezione a valle della chiusa nella tratta A in corrispondenza del nodo "A10v".

Tale sezione, caratteristica di tutta la tratta A a valle della conca di Casina de' Pomm, presenta un piano ribassato rispetto alla carreggiata stradale (sponda idraulica sinistra) dove sono previsti spazi dedicati ad attività commerciali. Questa tratta ha pertanto vincolato la portata massima di regolazione del canale al valore di 3 m³/s ed il franco idraulico minimo è stato rispettato regolando a valle della tratta A l'apertura della chiusa dell'Incoronata posta nella tratta B.

Tabella 16. "Scenario T.A.1 – Franchi idraulici nelle cinque tratte di riapertura"

Simulazione con portata massima, Q=3 m ³ /s di cui 1 m ³ /s scaricato in Vettabbia					T.A.1	
Tratta (nome)	Sezione (posizione)	Nodo (ID)	Quota sponda (m slm)	Riferimento (-)	Livello idrico (m slm)	Franco (m)
A	M	A01	126.30	piano campagna	125.56	0.78
	Chiusa M	A10 m	126.05	piano campagna	125.55	0.53
	Chiusa V	A10 v	122.41	piano negozi	121.91	0.55
	V	A12	122.37	piano negozi	121.84	0.59
B	M	B01	123.67	piano campagna	120.75	3.00
	Chiusa M	B05 m	121.49	pista ciclabile	120.74	0.83
	Chiusa V	B05 v	120.63	marciapiede in Dx idraulica	119.69	0.96
	V	B07	120.63	marciapiede in Dx idraulica	119.68	0.97
C	M	C01=B4.12	117.35	piano campagna	116.04	1.38
	V	C23	117.76	piano campagna	116.04	1.80
D	M	D1=C1.20	116.00	piano campagna	115.43	0.62
	V	D9	118.5	piano campagna	115.43	3.12
E	M	E01=D1.26	116.60	piano campagna	114.85	1.80
	Chiusa M		116.70	piano campagna	114.85	1.90
	Chiusa V		116.70	piano campagna	113.62	3.08
	V	E07	114.60	piano campagna	113.60	1.00

SCENARIO T.A.2:

Infine, si riporta anche lo scenario con portata $Q=2 \text{ m}^3/\text{s}$, costante lungo tutta la riconnessione idraulica e senza scarico in Vettabbia, Figura 82.

In Tabella 17 si riportano i valori ottenuti per la simulazione. Si evidenzia che la portata di $2 \text{ m}^3/\text{s}$ consente di regolare la conca dell'Incoronata per il livello obiettivo della riapertura finale, senza venire meno al vincolo sul tirante imposto nella tratta A a valle della chiusa di Cassina de' Pomm.

Anche per questo scenario, si osserva che la velocità laddove la corrente è intubata ricade nell'intervallo tra 0.4 m/s e $2\text{-}2.5 \text{ m/s}$ (tratte A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, D1). Per quanto riguarda le tratte di canale (Tratte A, B, C, D, E) la velocità media delle tratte è compresa tra 0.2 m/s e 0.7 m/s . Essendo minore la portata considerata in questo secondo scenario, a maggior ragione si rende necessario valutare nel dettaglio a livello definitivo le velocità minime e le eventuali zone di ristagno per limitare eventuali fenomeni di proliferazione algale nelle tratte di naviglio riaperte.

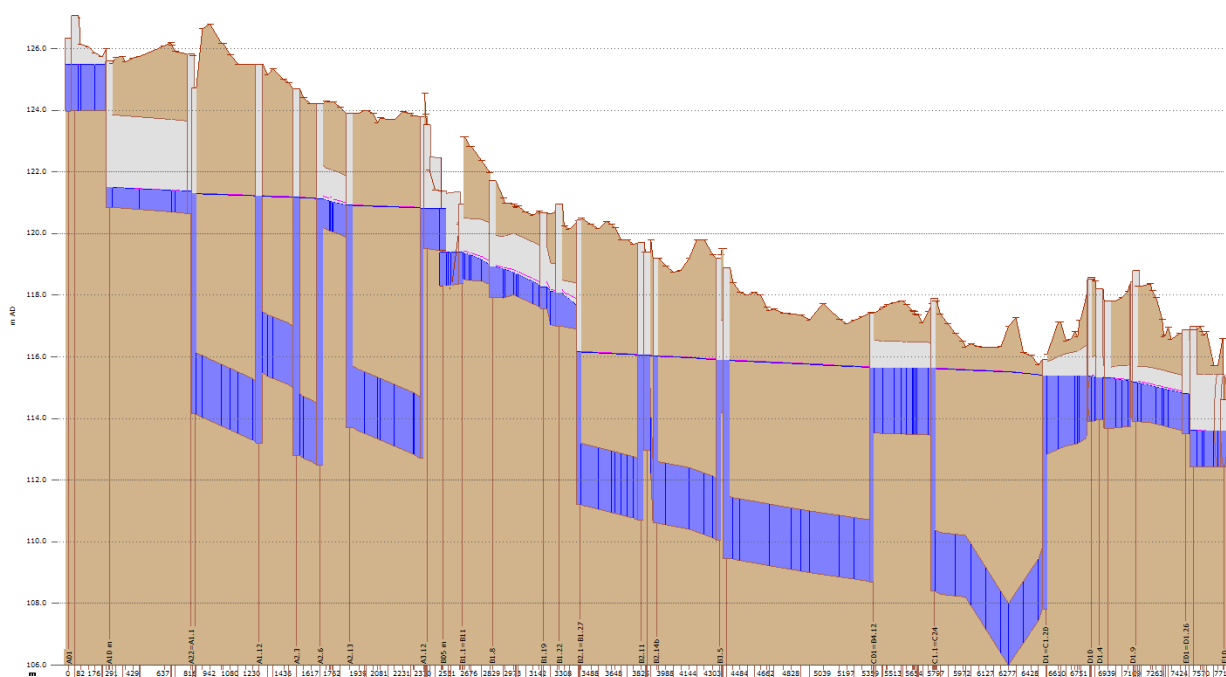


Figura 82. "Scenario T.A.2 - Simulazione riconnessione idraulica con $Q=2 \text{ m}^3/\text{s}$ e scarico in Vettabbia nullo"

Tabella 17. "Scenario T.A.2 - Simulazione con portata minima, $Q= 2 \text{ m}^3/\text{s}$ e scarico in Vettabbia nullo"

Monte nodo ID (nome)	Valle nodo ID (nome)	L (m)	W (mm)	H (mm)	Scabr. 1/n	i (m/m)	Monte h (m)	Valle h (m)	Monte H (m.s.l.m)	Valle H (m.s.l.m)	Monte v (m/s)	Valle v (m/s)
A01	A10 m	270.40	7000	3000	55	-0.01%	1.52	1.48	125.49	125.49	0.19	0.19
A10 v	A11	21.10	4500	3000	55	0.02%	0.65	0.64	121.52	121.51	0.69	0.69
A11	A12	21.40	6000	3000	55	0.02%	0.64	0.64	121.50	121.50	0.52	0.52
A12	A22=A1.1	502.90	6000	3000	55	0.04%	0.64	0.72	121.50	121.38	0.52	0.46
A1.1	A1.2	13.30	2000	2000	80	0.00%	0.72	0.69	121.57	121.56	1.95	2.08
A1.2	A1.3	13.40	2000	2000	80	0.60%	0.69	0.74	121.56	121.49	2.08	1.90
A1.3	A1.12	429.00	2000	2000	80	0.22%	7.15	8.02	121.32	121.24	0.58	0.57
A1.12	A2.3	248.80	2000	2000	80	0.19%	5.74	6.17	121.23	121.19	0.59	0.59



Monte nodo ID (nome)	Valle nodo ID (nome)	L (m)	W (mm)	H (mm)	Scabr. 1/n	i (m/m)	Monte h (m)	Valle h (m)	Monte H (m.s.l.m)	Valle H (m.s.l.m)	Monte v (m/s)	Valle v (m/s)
A2.3	A2.6	156.60	2000	2000	80	0.19%	8.36	8.64	121.18	121.15	0.57	0.57
A2.6	A2.8	67.00	1500	2000	80	0.17%	0.92	0.97	121.23	121.15	1.45	1.38
A2.8	A2.11	23.80	1250	2000	80	0.17%	0.97	0.96	121.19	121.15	1.66	1.67
A2.11	A2.13	108.20	1500	2000	80	0.17%	0.96	1.05	121.11	121.00	1.39	1.27
A2.13	A3.12	494.30	2000	2000	80	0.18%	7.21	8.13	120.93	120.85	0.58	0.57
A3.12	B01	22.20	2000	2000	80	0.09%	1.29	1.31	120.86	120.86	0.93	0.93
B01	B02	17.80	6000	3000	55	0.05%	1.31	1.33	120.81	120.85	0.25	0.25
B02	B03	36.70	6000	3000	55	0.05%	1.31	1.33	120.81	120.81	0.25	0.25
B03	B04	41.10	6500	3000	55	0.04%	1.33	1.35	120.81	120.81	0.23	0.23
B04	B05 m	13.60	8900	3000	55	0.04%	1.35	1.35	120.80	120.81	0.17	0.21
B05 v	B06	29.90	5300	3000	55	-0.06%	1.09	1.07	119.40	119.40	0.35	0.35
B06	B07	3.30	5100	3000	55	-0.06%	1.07	1.07	119.40	119.40	0.37	0.37
B07	B09	76.20	8000	3000	55	-0.05%	1.07	1.03	119.39	119.39	0.23	0.24
B09	B1.1=B11	17.90	8000	3000	55	-0.05%	1.06	1.02	119.39	119.41	0.65	0.66
B1.1=B11	B1.6	128.60	3000	3000	55	-0.06%	1.03	0.69	119.41	119.26	1.16	1.45
B1.6	B1.8	71.80	2000	2000	55	0.21%	0.69	0.61	119.26	119.06	1.46	1.64
B1.8	B1.9	72.60	2000	2000	55	0.03%	0.99	0.93	118.97	118.90	1.01	1.07
B1.9	B1.11	71.00	2000	2000	55	-0.14%	0.93	0.72	118.90	118.83	1.07	1.39
B1.11	B1.19	197.30	2000	2000	55	0.22%	0.72	0.70	118.83	118.37	1.39	1.44
B1.19	B1.20	48.60	2000	2000	55	1.09%	0.70	1.09	118.43	118.19	1.79	1.06
B1.20	B1.22	55.00	2000	2000	55	0.07%	1.09	1.08	118.19	118.13	1.06	1.08
B1.22	B1.25	131.80	1500	1500	55	0.08%	1.07	0.73	118.17	117.85	1.42	2.16
B1.25	B2.1=B1.27	11.00	1500	1500	55	0.18%	0.73	0.67	117.85	117.82	2.16	2.37
B2.1=B1.27	B2.3	72.00	2000	2000	80	0.11%	4.96	5.02	116.18	116.16	0.59	0.59
B2.3	B2.11	336.40	2000	2000	80	0.13%	5.02	5.36	116.16	116.08	0.59	0.59
B2.11	B2.17	213.50	2000	2000	80	0.00%	3.06	5.49	116.07	116.02	0.61	0.59
B2.17	B3.3	206.40	2000	2000	80	0.09%	5.49	5.70	116.01	115.95	0.59	0.59
B3.3	B3.7	118.80	2000	2000	80	0.18%	5.70	1.70	115.95	115.90	0.59	0.34
B3.7	B3.11	120.80	3500	3000	80	0.07%	1.70	6.47	115.90	115.88	0.34	0.58
B3.11	B3.15	177.70	2000	2000	80	0.08%	6.47	6.59	115.88	115.84	0.58	0.58
B3.15	B4.3	166.30	2000	2000	80	0.09%	6.58	6.69	115.84	115.81	0.58	0.58
B4.3	B4.10	468.90	2000	2000	80	0.08%	6.69	6.92	115.80	115.69	0.58	0.58
B4.10	C01=B4.12	75.20	2000	2000	80	0.07%	6.92	6.96	115.69	115.68	0.58	0.58
C01=B4.12	C02	5.60	4150	3000	55	0.02%	2.11	2.11	115.64	115.64	0.23	0.23
C02	C04	10.50	4150	3000	55	0.02%	2.11	2.11	115.64	115.64	0.23	0.15
C04	C06	49.70	6500	3000	55	0.02%	2.11	2.12	115.64	115.64	0.15	0.15
C06	C07	22.20	6750	3000	55	0.02%	2.12	2.13	115.64	115.64	0.14	0.14
C07	C08a	52.80	6750	3000	55	0.02%	2.13	2.13	115.64	115.64	0.14	0.14
C08a	C09	48.50	6200	3000	55	0.02%	2.13	2.14	115.64	115.64	0.15	0.15
C09	C10	7.50	6200	3000	55	0.02%	2.14	2.14	115.64	115.64	0.15	0.15
C10	C11	26.30	6150	3000	55	0.02%	2.14	2.15	115.64	115.64	0.15	0.15
C11	C12	40.90	6000	3000	55	0.02%	2.15	2.15	115.64	115.64	0.16	0.16
C12	C16	25.60	5200	3000	55	0.02%	2.15	2.16	115.64	115.64	0.18	0.19
C16	C17	3.40	4800	3000	55	0.02%	2.16	2.16	115.64	115.64	0.19	0.19
C17	C18	3.90	4800	3000	55	0.02%	2.16	2.16	115.64	115.64	0.19	0.19
C18	C19	5.20	5000	3000	55	0.02%	2.16	2.16	115.64	115.64	0.19	0.19



Monte nodo ID (nome)	Valle nodo ID (nome)	L (m)	W (mm)	H (mm)	Scabr. 1/n	i (m/m)	Monte h (m)	Valle h (m)	Monte H (m.s.l.m)	Valle H (m.s.l.m)	Monte v (m/s)	Valle v (m/s)
C19	C20	28.80	5100	3000	55	0.02%	2.16	2.17	115.64	115.64	0.18	0.18
C20	C21	37.60	5500	3000	55	0.02%	2.17	2.17	115.64	115.64	0.17	0.17
C21	C22	28.00	5700	3000	55	0.02%	2.17	2.18	115.64	115.64	0.16	0.16
C22	C23	7.10	5100	3000	55	0.02%	2.18	2.18	115.64	115.64	0.18	0.18
C23	C1.1=C24	7.80	4500	3000	55	0.02%	2.18	2.18	115.64	115.64	0.20	0.20
C1.1=C24	C1.2	5.80	2000	2000	80	0.27%	7.23	7.24	115.65	115.65	0.58	0.58
C1.2	C1.3	1.00	2000	2000	80	0.22%	7.24	7.24	115.64	115.64	0.58	0.58
C1.3	C1.7	131.60	2000	2000	80	0.27%	7.24	7.35	115.64	115.61	0.58	0.58
C1.7	C1.13	254.70	2000	2000	80	0.05%	7.34	8.76	115.61	115.55	0.58	0.57
C1.13	C1.18	250.80	2000	2000	80	0.77%	8.76	8.35	115.55	115.46	0.57	0.57
C1.18	C1.19	49.90	2000	2000	80	-0.73%	8.34	7.97	115.45	115.44	0.57	0.57
C1.19	D1=C1.20	47.50	2000	2000	80	-0.73%	7.95	7.60	115.42	115.41	0.57	0.58
D1=C1.20	D2	9.20	5000	3000	55	-0.22%	2.56	2.54	115.38	115.38	0.16	0.16
D2	D3	75.10	7300	3000	55	-0.22%	2.54	2.37	115.38	115.38	0.11	0.12
D3	D4	14.50	7000	3000	55	-0.22%	2.37	2.34	115.38	115.38	0.12	0.12
D4	D5	71.80	11000	3000	55	-0.20%	2.34	2.24	115.38	115.38	0.08	0.11
D5	D7	55.20	5450	3000	55	-0.10%	2.24	2.15	115.38	115.38	0.16	0.17
D7	D8	8.00	5450	3000	55	-0.32%	2.15	2.13	115.38	115.38	0.17	0.17
D8	D9	60.60	5450	3000	55	-0.32%	2.13	1.93	115.38	115.38	0.17	0.19
D9	D10	3.5	5450	3000	55	-0.18%	1.93	1.93	115.38	115.38	0.19	0.19
D10	D1.1	33.6	1500	1500	55	-7.51%	1.92	1.47	115.39	115.39	0.56	0.58
D1.1	D1.2	56.9	1800	2100	55	-0.11%	1.47	1.46	115.41	115.41	0.86	0.87
D1.2	D1.3	23.3	1800	2100	55	-0.11%	1.46	1.42	115.40	115.39	0.87	0.89
D1.3	D1.5	82.3	1800	2100	55	-0.11%	1.42	1.64	115.39	115.34	0.89	0.79
D1.5	D1.7	96	1800	2000	55	-0.05%	1.63	1.53	115.34	115.29	0.79	0.83
D1.7	D1.9	73.8	1800	2000	55	-0.03%	1.53	1.47	115.29	115.24	0.83	0.87
D1.9	D1.10	4.3	1700	1800	55	-3.61%	1.46	1.26	115.25	115.21	0.93	1.07
D1.10	D1.14	36.3	1700	1800	55	-3.61%	1.30	1.16	115.25	115.26	1.03	1.16
D1.14	D1.16	75.9	1700	1800	55	0.03%	1.26	1.19	115.21	115.13	1.07	1.12
D1.16	D1.17	11.6	1700	1800	55	0.13%	1.19	1.20	115.13	115.11	1.13	1.12
D1.17	D1.20	78.5	1700	1800	55	0.13%	1.19	1.20	115.11	115.03	1.13	1.12
D1.20	D1.24	9.5	1700	1800	55	0.15%	1.20	1.20	115.02	115.01	1.12	1.12
D1.24	D1.25	34	1700	1800	55	0.12%	1.22	1.22	114.90	114.87	1.10	1.10
D1.25	E01=D1.26	3.8	1700	1800	55	0.12%	1.22	1.22	114.87	114.86	1.10	1.10
E01=D1.26	E02	24.7	30000	3000	55	0.00%	1.30	1.30	114.80	114.80	0.05	0.05
E02	E03 m	26.1	15000	3000	55	0.00%	1.30	1.30	114.80	114.80	0.10	0.10
E03 v	E05	57.9	4600	3000	55	0.00%	1.17	1.16	113.62	113.61	0.37	0.29
E05	E06	13.7	5700	3000	55	0.00%	1.16	1.16	113.61	113.61	0.30	0.30
E06	E07	14.7	5700	3000	55	0.00%	1.16	1.16	113.61	113.61	0.30	0.30
E07	E09	76.9	6500	3000	55	0.00%	1.16	1.16	113.61	113.60	0.27	0.20

3.6.T.B. RIAPERTURA PARZIALE IN TEMPO BAGNATO (PIOGGE T10)

Tra i due scenari di tempo asciutto è stato preso in considerazione quello a portata costante maggiore per valutare l'effetto di una precipitazione critica per l'opera di riconnessione idraulica con tempo di ritorno $T=10$ anni.

Si procede pertanto alla valutazione dello scenario di tempo bagnato denominato **T.B.1:** portata costante $Q=3 \text{ m}^3/\text{s}$, con scarico costante in Vettabbia pari a $1 \text{ m}^3/\text{s}$ con aggiunta di contributo meteorico generato da una precipitazione teorica con tempo di ritorno $T=10$ anni.

Il contributo meteorico è stato generato da uno ietogramma di tipo Chicago con picco $r = 0.5$ e durata $t_p = 60 \text{ minuti}$ (par. 3.4).

Si riporta il profilo longitudinale della simulazione, Figura 83, e i valori puntuali della simulazione per quanto riguarda livello idrico e velocità di corrente in Tabella 18.

Obiettivo di questa simulazione è di valutare l'incremento di livello dovuto al contributo meteorico a monte e valle di ciascuna tratta (Δh , Tabella 18, colonne evidenziate in azzurro) rispetto al medesimo scenario in tempo asciutto. In particolare, interessa verificare che l'incremento sia contenuto nelle sezioni di controllo per il franco idraulico delle 5 tratte oggetto di riapertura (nodi A, B, C, D, E).

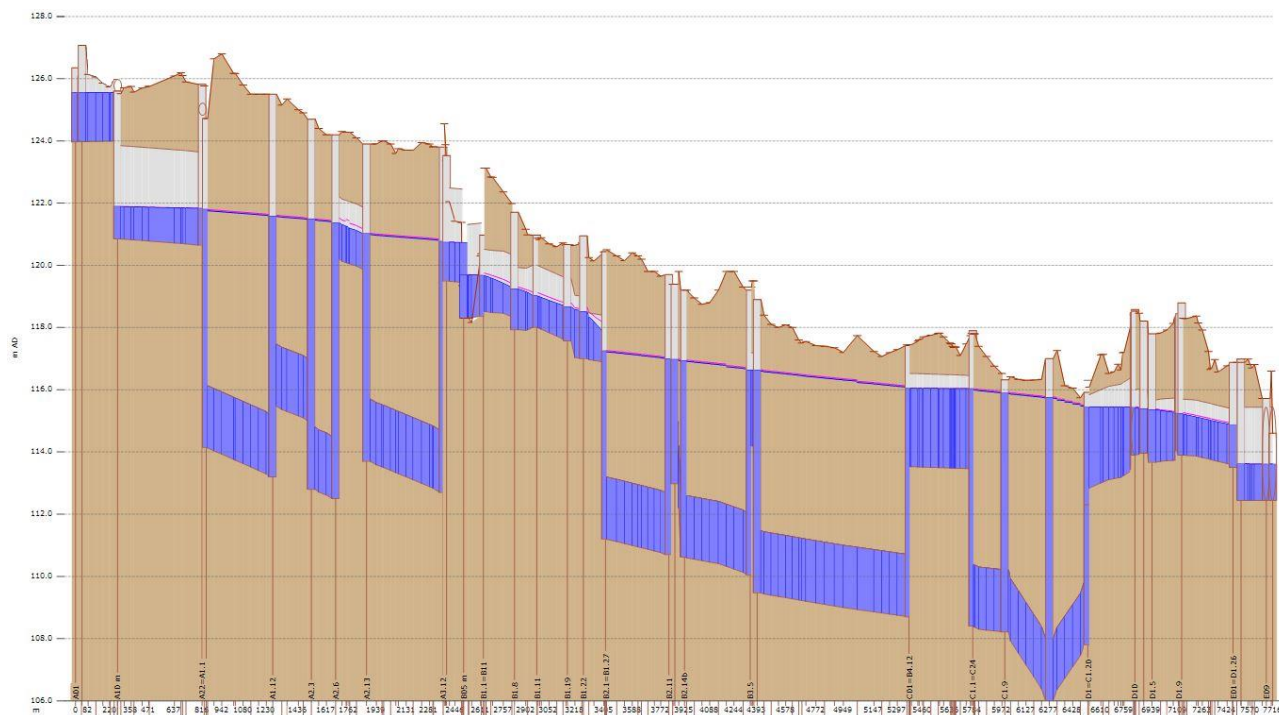


Figura 83. “Scenario B.1 - simulazione riconnessione idraulica con $Q=3 \text{ m}^3/\text{s}$ di cui $1 \text{ m}^3/\text{s}$ scaricato in Vettabbia con aggiunta di contributo meteorico T10”



Tabella 18. “Scenario T.B.2 - Simulazione con portata massima, $Q=3 \text{ m}^3/\text{s}$ di cui $1 \text{ m}^3/\text{s}$ scaricato in Vettabbia con aggiunta di contributo meteorico T10”

Monte nodo ID (nome)	Valle nodo ID (nome)	Monte h (m)	Valle h (m)	Monte Δh (m)	Valle Δh (m)	Monte H (m.s.l.m)	Valle H (m.s.l.m)	Monte v (m/s)	Valle v (m/s)
A01	A10 m	1.58	1.55	0.03	0.04	125.56	125.55	0.28	0.28
A10 v	A11	1.04	1.04	0.06	0.05	121.91	121.90	0.68	0.68
A11	A12	1.04	1.04	0.05	0.06	121.89	121.89	0.51	0.51
A12	A22=A1.1	1.04	1.18	0.06	0.06	121.89	121.84	0.51	0.45
A22=A1.1	A1.2	1.18	1.16	0.06	0.06	121.96	121.95	1.67	1.70
A1.2	A1.3	1.16	1.23	0.06	0.07	121.95	121.92	1.70	1.58
A1.3	A1.12	7.63	8.39	0.06	0.05	121.82	121.63	0.89	0.88
A1.12	A2.3	6.10	6.48	0.05	0.05	121.62	121.52	0.91	0.90
A2.3	A2.6	8.66	8.90	0.05	0.05	121.50	121.44	0.88	0.88
A2.6	A2.8	1.16	1.18	0.04	0.05	121.52	121.42	1.79	1.79
A2.8	A2.11	1.17	1.14	0.05	0.07	121.49	121.43	2.15	2.24
A2.11	A2.13	1.13	1.14	0.06	0.08	121.35	121.18	1.87	1.89
A2.13	A3.12	7.29	8.10	0.08	0.07	121.03	120.84	0.89	0.88
A3.12	B01	1.24	1.24	0.07	0.07	120.88	120.87	1.57	1.57
B01	B02	1.25	1.26	0.08	0.07	120.75	120.85	0.43	0.42
B02	B03	1.25	1.26	0.08	0.07	120.75	120.74	0.43	0.42
B03	B04	1.26	1.28	0.07	0.08	120.74	120.74	0.39	0.38
B04	B05 m	1.28	1.28	0.08	0.07	120.74	120.74	0.28	0.36
B05 v	B06	1.38	1.37	0.02	0.02	119.69	119.69	0.42	0.43
B06	B07	1.37	1.36	0.02	0.02	119.69	119.69	0.44	0.44
B07	B09	1.36	1.32	0.02	0.02	119.69	119.68	0.28	0.29
B09	B1.1=B11	1.35	1.30	0.02	0.02	119.69	119.71	0.78	0.79
B1.1=B11	B1.6	1.32	0.96	0.02	0.02	119.71	119.55	1.34	1.61
B1.6	B1.8	0.96	0.92	0.02	0.02	119.55	119.38	1.61	1.67
B1.8	B1.9	1.30	1.24	0.02	0.03	119.30	119.23	1.19	1.25
B1.9	B1.11	1.23	1.01	0.02	0.02	119.22	119.14	1.25	1.53
B1.11	B1.19	1.01	1.09	0.02	0.04	119.14	118.76	1.53	1.43
B1.19	B1.20	1.09	1.53	0.04	0.04	118.79	118.64	1.66	1.15
B1.20	B1.22	1.53	1.51	0.04	0.04	118.64	118.58	1.16	1.17
B1.22	B1.25	1.50	0.94	0.04	0.02	118.65	118.15	1.73	2.50
B1.25	B2.1=B1.27	0.93	0.85	0.01	0.01	118.14	118.11	2.52	2.76
B2.1=B1.27	B2.3	6.03	6.07	0.13	0.12	117.27	117.23	0.90	0.90
B2.3	B2.11	6.07	6.31	0.12	0.11	117.23	117.05	0.90	0.90
B2.11	B2.17	3.99	6.36	0.11	0.10	117.03	116.91	0.92	0.90
B2.17	B3.3	6.35	6.49	0.10	0.10	116.90	116.76	0.90	0.90
B3.3	B3.7	6.48	2.44	0.10	0.10	116.76	116.63	0.90	0.37
B3.7	B3.11	2.44	7.17	0.10	0.09	116.63	116.60	0.37	0.89
B3.11	B3.15	7.16	7.23	0.09	0.09	116.60	116.51	0.89	0.89
B3.15	B4.3	7.22	7.28	0.09	0.08	116.50	116.42	0.89	0.89
B4.3	B4.10	7.27	7.36	0.08	0.07	116.41	116.16	0.89	0.89



Monte nodo ID (nome)	Valle nodo ID (nome)	Monte h (m)	Valle h (m)	Monte Δh (m)	Valle Δh (m)	Monte H (m.s.l.m)	Valle H (m.s.l.m)	Monte v (m/s)	Valle v (m/s)
B4.10	C01=B4.12	7.36	7.38	0.08	0.08	116.15	116.12	0.89	0.89
C01=B4.12	C02	2.51	2.51	0.07	0.07	116.04	116.04	0.30	0.30
C02	C04	2.51	2.51	0.07	0.07	116.04	116.04	0.30	0.20
C04	C06	2.51	2.52	0.07	0.07	116.04	116.04	0.19	0.19
C06	C07	2.52	2.52	0.07	0.07	116.04	116.04	0.18	0.18
C07	C08a	2.52	2.53	0.07	0.07	116.04	116.04	0.18	0.18
C08a	C09	2.53	2.54	0.07	0.07	116.04	116.04	0.20	0.20
C09	C10	2.54	2.54	0.07	0.07	116.04	116.04	0.20	0.20
C10	C11	2.54	2.54	0.07	0.07	116.04	116.04	0.20	0.20
C11	C12	2.54	2.55	0.07	0.07	116.04	116.04	0.20	0.20
C12	C16	2.55	2.55	0.07	0.07	116.04	116.04	0.23	0.25
C16	C17	2.55	2.55	0.07	0.07	116.04	116.04	0.25	0.25
C17	C18	2.55	2.55	0.07	0.07	116.04	116.04	0.25	0.25
C18	C19	2.55	2.56	0.07	0.08	116.04	116.04	0.24	0.24
C19	C20	2.56	2.56	0.08	0.07	116.04	116.04	0.24	0.24
C20	C21	2.56	2.57	0.07	0.07	116.04	116.03	0.22	0.22
C21	C22	2.57	2.57	0.07	0.07	116.03	116.03	0.21	0.21
C22	C23	2.57	2.57	0.07	0.07	116.03	116.03	0.24	0.24
C23	C1.1=C24	2.57	2.57	0.07	0.07	116.04	116.04	0.27	0.27
C1.1=C24	C1.2	7.61	7.63	0.07	0.08	116.05	116.05	0.88	0.88
C1.2	C1.3	7.62	7.62	0.07	0.07	116.04	116.04	0.88	0.88
C1.3	C1.7	7.61	7.68	0.07	0.07	116.04	115.97	0.88	0.88
C1.7	C1.13	7.67	9.02	0.06	0.06	115.96	115.83	0.88	0.87
C1.13	C1.18	9.01	8.50	0.06	0.06	115.82	115.63	0.87	0.87
C1.18	C1.19	8.45	8.07	0.05	0.05	115.59	115.57	0.87	0.88
C1.19	D1=C1.20	8.03	7.67	0.05	0.05	115.52	115.51	0.88	0.88
D1=C1.20	D2	2.61	2.59	0.05	0.05	115.43	115.43	0.16	0.16
D2	D3	2.59	2.42	0.05	0.05	115.43	115.43	0.11	0.12
D3	D4	2.42	2.39	0.05	0.05	115.43	115.43	0.12	0.13
D4	D5	2.39	2.29	0.05	0.04	115.43	115.43	0.08	0.11
D5	D7	2.29	2.21	0.04	0.06	115.43	115.43	0.17	0.17
D7	D8	2.21	2.18	0.06	0.05	115.43	115.43	0.17	0.18
D8	D9	2.18	1.98	0.05	0.05	115.43	115.43	0.18	0.19
D9	D10	1.98	1.98	0.05	0.05	115.43	115.43	0.19	0.19
D10	D1.1	1.97	1.52	0.05	0.05	115.44	115.44	0.57	0.59
D1.1	D1.2	1.52	1.51	0.05	0.05	115.46	115.46	0.87	0.87
D1.2	D1.3	1.51	1.47	0.05	0.05	115.45	115.44	0.87	0.90
D1.3	D1.5	1.47	1.69	0.05	0.05	115.44	115.39	0.90	0.80
D1.5	D1.7	1.68	1.58	0.05	0.05	115.39	115.34	0.80	0.84
D1.7	D1.9	1.58	1.51	0.05	0.04	115.33	115.29	0.84	0.87
D1.9	D1.10	1.51	1.31	0.05	0.05	115.30	115.26	0.94	1.07
D1.10	D1.14	1.35	1.20	0.05	0.04	115.30	115.31	1.04	1.17



Monte nodo ID (nome)	Valle nodo ID (nome)	Monte h (m)	Valle h (m)	Monte Δh (m)	Valle Δh (m)	Monte H (m.s.l.m)	Valle H (m.s.l.m)	Monte v (m/s)	Valle v (m/s)
D1.14	D1.16	1.30	1.25	0.04	0.06	115.26	115.18	1.07	1.13
D1.16	D1.17	1.25	1.25	0.06	0.05	115.18	115.17	1.13	1.13
D1.17	D1.20	1.25	1.25	0.06	0.05	115.16	115.08	1.13	1.12
D1.20	D1.24	1.25	1.25	0.05	0.05	115.07	115.06	1.13	1.12
D1.24	D1.25	1.27	1.28	0.05	0.06	114.95	114.92	1.11	1.11
D1.25	E01=D1.26	1.27	1.27	0.05	0.05	114.92	114.91	1.11	1.11
E01=D1.26	E02	1.35	1.35	0.05	0.05	114.85	114.85	0.05	0.05
E02	E03 m	1.35	1.35	0.05	0.05	114.85	114.85	0.10	0.10
E03 v	E05	1.17	1.17	0.00	0.01	113.62	113.61	0.40	0.30
E05	E06	1.17	1.17	0.01	0.01	113.61	113.61	0.32	0.32
E06	E07	1.17	1.16	0.01	0.00	113.61	113.61	0.32	0.32
E07	E09	1.16	1.16	0.00	0.00	113.61	113.60	0.28	0.25

Infine, per quanto riguarda le cinque tratte di canale di riapertura si riportano i franchi idraulici nelle sezioni di maggiore interesse e criticità.

In Tabella 19 sono messi a confronto i valori ottenuti nelle condizioni di tempo bagnato con quelli ottenuti precedentemente nelle condizioni di tempo asciutto.

Si ricorda che il franco libero è stato calcolato come distanza tra il pelo libero della corrente rispetto alla quota delle sponde o del vincolo più stringente, quale ad esempio il piano dei negozi nella tratta A o il piano della pista ciclabile nella tratta B. Le sezioni di interesse sono identificate con il nome del nodo della simulazione idraulica (nodo ID della tabella precedente) e sono state considerate le sezioni di monte e valle di ciascuna delle cinque tratte di riapertura e le sezioni di monte e valle delle tre conche di regolazione (tratta A, B, E).

Dall'analisi della tabella sottostante risulta che il franco idraulico in condizione di pioggia risulta sostanzialmente invariato rispetto ai valori calcolati in tempo asciutto.



Tabella 19. “Scenario T.A.1 – Franchi idraulici nelle cinque tratte di riapertura”

Simulazione con portata massima, Q=3 m³/s di cui 1 m³/s scaricato in Vettabbia					T.A.1		T.B.1	
Tratta (nome)	Sezione (M/V)	Nodo (ID)	Quota sponda (m slm)	Riferimento (-)	Livello idrico (m slm)	Franco libero (m)	Livello idrico (m slm)	Franco libero (m)
A	M	A01	126.30	piano campagna	125.56	0.78	125.56	0.74
	Chiusa M	A10 m	126.05	piano campagna	125.55	0.53	125.55	0.50
	Chiusa V	A10 v	122.41	piano negozi	121.91	0.55	121.91	0.50
	V	A12	122.37	piano negozi	121.84	0.59	121.89	0.48
B	M	B01	123.67	piano campagna	120.75	3.00	120.75	2.93
	Chiusa M	B05 m	121.49	pista ciclabile	120.74	0.83	120.74	0.75
	Chiusa V	B05 v	120.63	marciapiede in Dx idraulica	119.69	0.96	119.69	0.94
	V	B07	120.63	marciapiede in Dx idraulica	119.68	0.97	119.68	0.95
C	M	C01=B4.12	117.35	piano campagna	116.04	1.38	116.04	1.31
	V	C23	117.76	piano campagna	116.04	1.80	116.04	1.73
D	M	D1=C1.20	116.00	piano campagna	115.43	0.62	115.43	0.57
	V	D9	118.5	piano campagna	115.43	3.12	115.43	3.07
E	M	E01=D1.26	116.60	piano campagna	114.85	1.80	114.85	1.75
	Chiusa M		116.70	piano campagna	114.85	1.90	114.85	1.85
	Chiusa V		116.70	piano campagna	113.62	3.08	113.62	3.08
	V	E07	114.60	piano campagna	113.60	1.00	113.60	1.00



3.8 MANUFATTI DI REGOLAZIONE E CANALI DI BY-PASS

A monte dell'opera di riconnessione idraulica la regolazione delle portate in ingresso a Milano è operata attraverso gli organi di regolazione del nodo Lambro-Martesana di via Idro, secondo quanto stabilito dal "Accordo per la gestione e l'utilizzo operativo del Sistema di supporto alle Decisioni (SSD) per il rischio idraulico sull'area metropolitana milanese" tra Regione Lombardia, Protezione Civile, ARPA Lombardia, AIPO, Comune di Milano /MM SpA, Consorzio ETV, Parco Valle del Lambro.

Si anticipa che verrà valutata la possibilità di inserire un'opera di by-pass alla tratta A in modo tale da consentire, in caso di manutenzione o altra necessità, di escludere l'ingresso della portata nell'opera di riconnessione idraulica senza interrompere l'alimentazione dell'intero sistema di riconnessione idraulica. Tale opera verrà meglio approfondita in fase di progettazione definitiva.

Lungo il percorso della connessione idraulica tra il Naviglio della Martesana e la Darsena, per quanto riguarda la regolazione della portata, oltre alle già descritte conche di navigazione, sono previsti diversi manufatti di controllo e regolazione delle portate come anche tratte di by-pass e manufatti di sfioro e derivazione.

In dettaglio, procedendo da monte verso valle, i principali manufatti previsti sono:

- Manufatto di disconnessione e sfioro tra Martesana e Seveso;
- Manufatto di alimentazione della roggia Gerenzana;
- Manufatto di scarico e sfioro tra Martesana e Redefossi;
- Canale di by-pass della tratta B;
- Manufatti di monte e valle della tratta C ed alimentazione del by-pass della tratta;
- Manufatti di monte e valle della tratta D ed alimentazione della roggia Vettabbia.

Oltre a questi manufatti, meritano un approfondimento specifico anche le camerette di spinta e recupero per la posa delle tratte interrate con tecnologie senza scavo (microtunnelling e/o spingitubo).

3.8.1 MANUFATTO DI DISCONNESSIONE E SFIORO TRA MARTESANA E SEVESO

Ad oggi il Torrente Seveso confluisce nel Naviglio della Martesana in via Gioia all'altezza dell'incrocio con via Carissimi; la nuova configurazione della Martesana, riconnessa alla Darsena, non potrà più consentire tale promiscuità di acque, dunque il progetto di riconnessione prevede di interrompere il corso della Martesana subito a monte della confluenza con il Seveso, deviando le acque della Martesana in un nuovo collettore che scorrerà anch'esso lungo via Gioia e si riconnetterà al vecchio tracciato del Naviglio subito a monte della conca dell'Incoronata; l'attuale tombinatura della Martesana in via Gioia a valle di via Carissimi e fino all'incile del Redefossi verrà dunque destinata unicamente al corso delle acque del Seveso.

Nel dettaglio, in corrispondenza dell'attuale connessione tra Seveso e Martesana è prevista la realizzazione di una cameretta di deviazione delle acque del Naviglio; tale cameretta sarà dotata di una soglia sfiorante che per livelli eccessivi delle acque nel nuovo Naviglio ne permetta lo scarico nel vecchio sedime e dunque lo scolmo verso il Redefossi: tale soglia di sfioro è posta a quota tale da non permettere il rientro di acque del Seveso nel nuovo Naviglio (si rimanda in proposito al progetto definitivo di "Sistemazione idraulica del torrente Seveso" redatto da MM spa nel 2015).

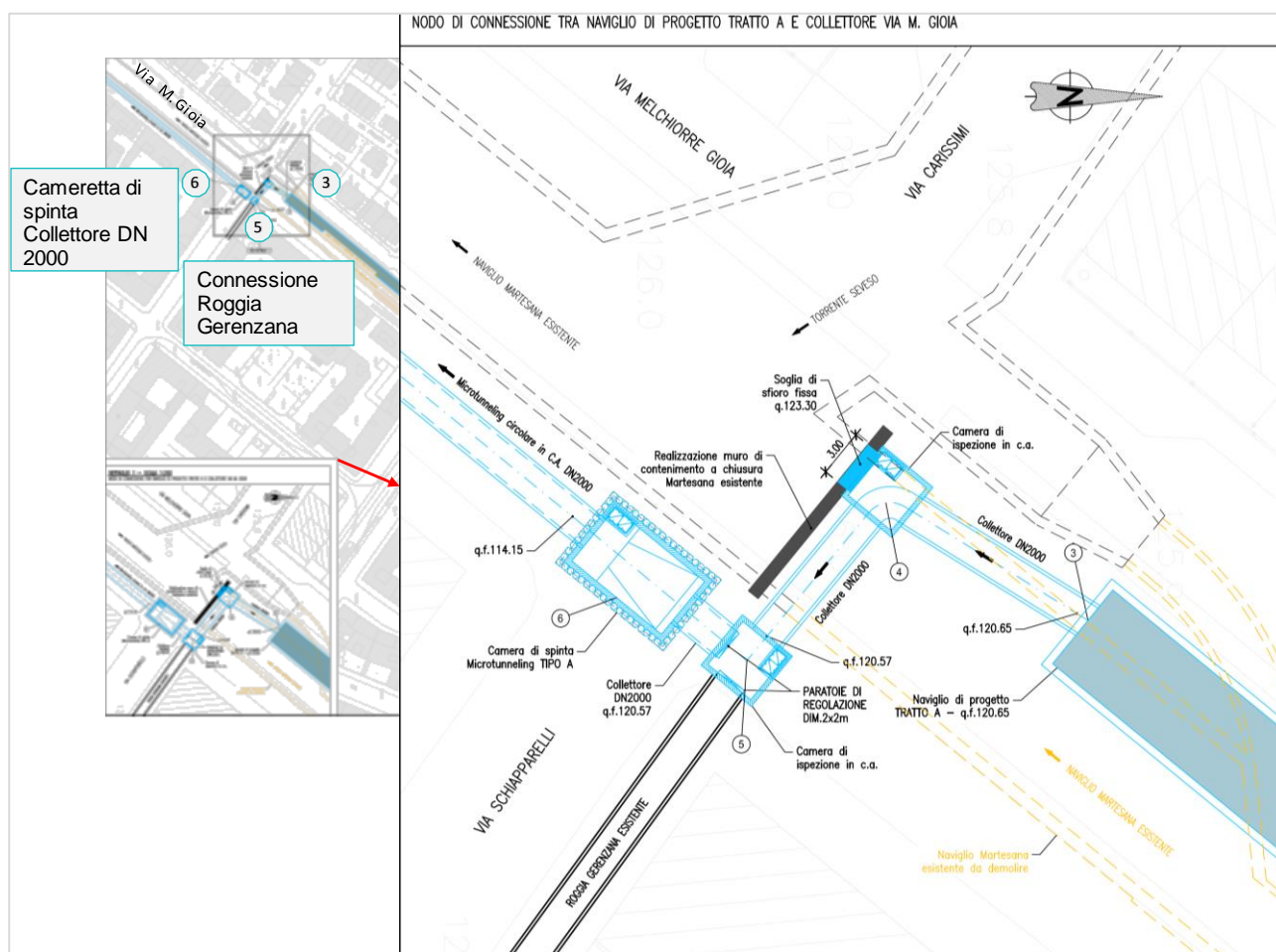


Figura 84. “Dettaglio sul manufatto di disconnessione e sfioro tra Martesana e Seveso”

3.8.2 MANUFATTO DI ALIMENTAZIONE DELLA ROGGIA GERENZANA

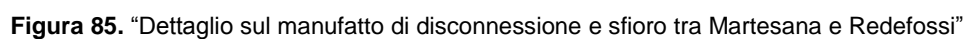
Subito a valle del manufatto di disconnessione del Naviglio dal Seveso, Figura 84, è prevista la realizzazione di una nuova cameretta atta ad alimentare la roggia Gerenzana, storica utenza del Naviglio Martesana. La cameretta sarà dotata di apposita paratoia di alimentazione della roggia e di paratoia di interruzione del naviglio, utile in caso di manutenzioni.

3.8.3 MANUFATTO DI SCARICO E SFIORO TRA MARTESANA E REDEFOSSI

Subito a monte dell'attraversamento dei Bastioni di Porta Nuova è prevista la realizzazione di una cameretta di connessione con il Cavo Redefossi; la cameretta sarà dotata di paratoia di interruzione



del corso del Naviglio e di una soglia di sfioro verso una breve tubazione di collegamento con il Redefossi. Al fine di evitare il rientro di acque dal Redefossi nel nuovo Naviglio, lo sbocco della tubazione di scarico verso il Redefossi sarà dotato di clapet antiriflusso.



3.8.4 CANALE DI BY-PASS DELLA TRATTA B

Lungo la tratta B, ove è prevista la riapertura del Naviglio, esiste un canale di by-pass della conca, utilizzato per il medesimo scopo di by-pass della conca in passato ed attualmente dismesso. Il progetto prevede il mantenimento della connessione tra il Naviglio riaperto e tale tratta di by-pass attraverso due manufatti di collegamento posti a monte ed a valle della tratta, Figura 86 e Figura 87. Sarà possibile deviare il corso delle acque dalla conca verso il by-pass e viceversa attraverso una paratoia posta all'inizio del by-pass ed interrompendo il corso del Naviglio riaperto con la chiusura della paratoia di monte della conca. L'uso del canale di by-pass può essere utile per manutenzioni o anche per agevolare le operazioni di concata durante il transito di un natante.

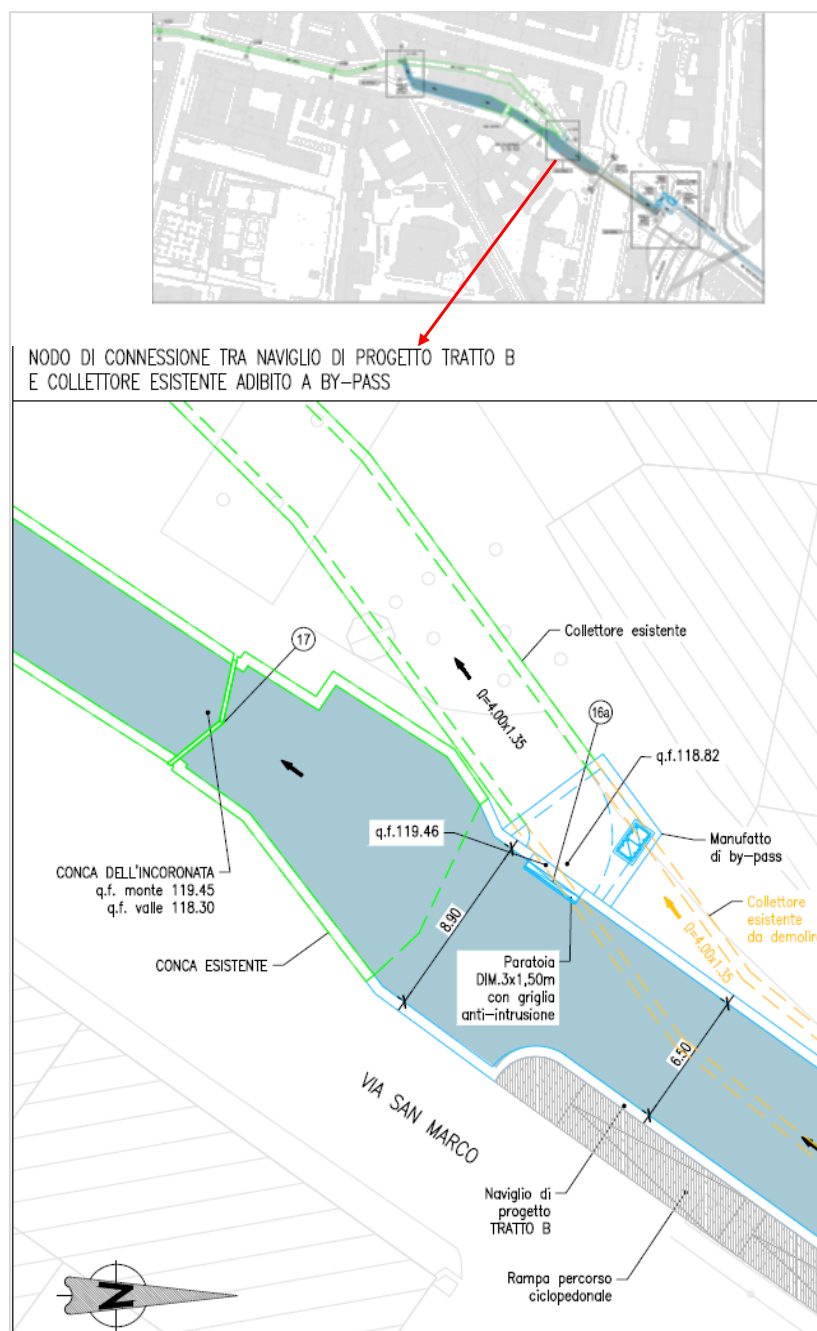


Figura 86. “Dettaglio sul manufatto di presa del canale di by-pass della tratta B”

portate è possibile attraverso una paratoia di regolazione all'imbocco del canale di by-pass ed una serie di quattro aperture dotate di gargami per panconi all'ingresso del canale a cielo aperto; tali aperture saranno inoltre dotate di griglie di sicurezza antintrusione.

Il manufatto di valle, speculare a quello di monte, verrà regolato attraverso una paratoia posta al termine del canale a cielo aperto a cui è affiancata una soglia di sfioro (dotata di griglia di sicurezza antintrusione) utile per garantire un livello determinato lungo la tratta a cielo aperto.

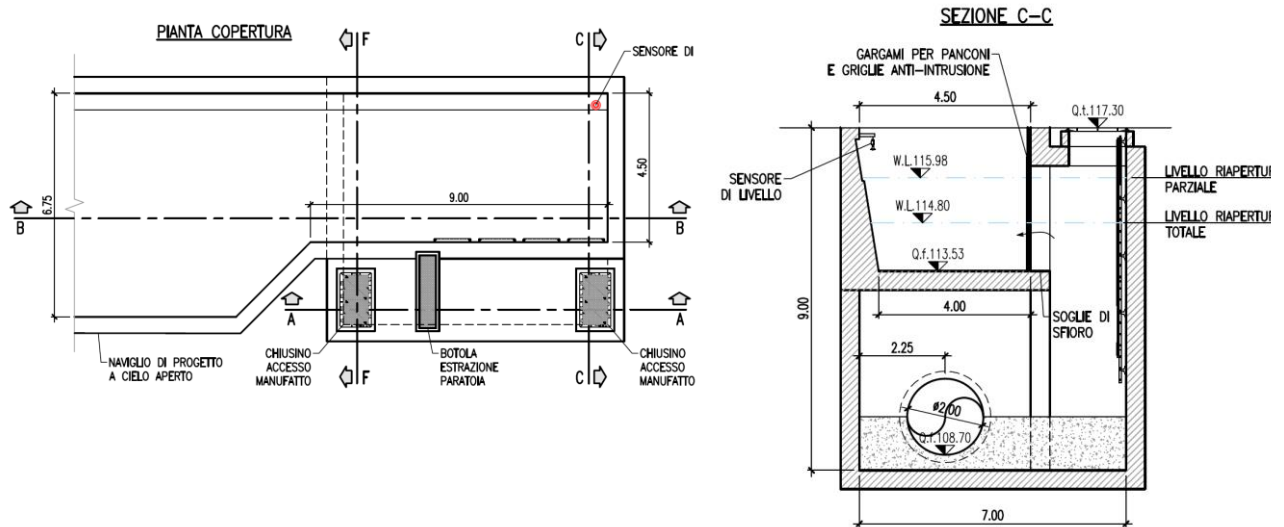


Figura 88. “Dettaglio sul manufatto di monte della tratta C ed alimentazione del bypass della tratta”

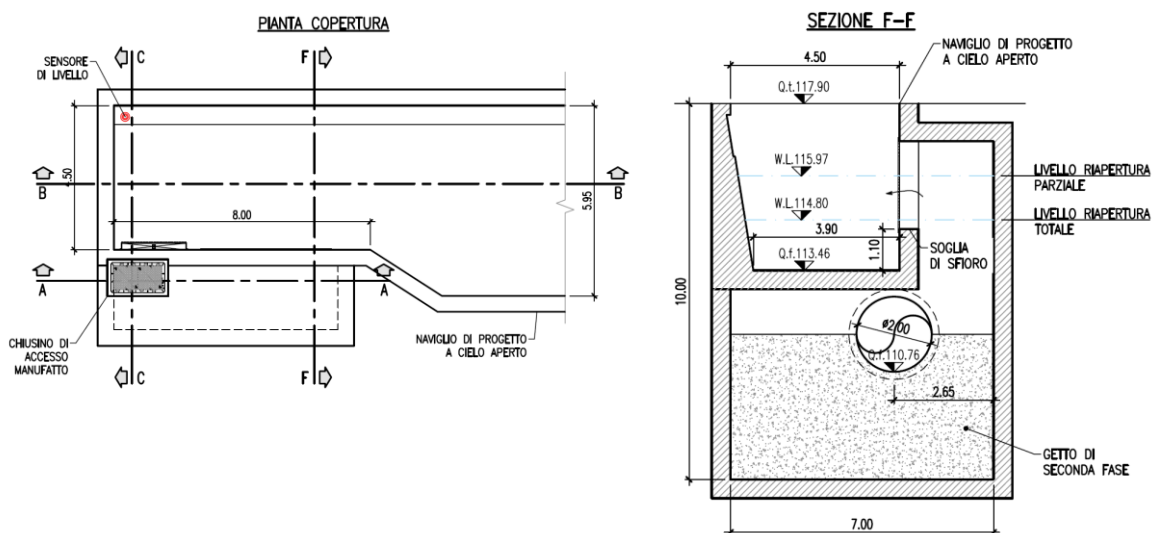


Figura 89. “Dettaglio sul manufatto di valle della tratta C e restituzione del bypass della tratta”

3.8.6 MANUFATTI DI MONTE E VALLE DELLA TRATTA D ED ALIMENTAZIONE DELLA ROGGIA VETTABBIA

Lungo la tratta D, ove è prevista la riapertura del Naviglio, è inoltre prevista la possibilità di alimentare la roggia Vettabbia; al fine di permettere la completa regolazione dei livelli idrici e la divisione delle acque tra il canale e la roggia Vettabbia, la tratta D è delimitata da manufatti di raccordo che permettono tali regolazioni.

Il manufatto di monte presenta un ingresso (la tubazione posata con tecnologia senza scavo) e due uscite (il canale a cielo aperto e la tubazione di alimentazione della roggia Vettabbia). La regolazione delle portate è possibile attraverso una paratoia di regolazione all'imbocco della roggia Vettabbia e una serie di quattro aperture dotate di gargami per panconi all'ingresso del canale a cielo aperto; tali aperture saranno inoltre dotate di griglie di sicurezza antintrusione.

Il manufatto di valle invece realizza la connessione tra il canale a cielo aperto e l'esistente tombinatura della roggia Castello che convoglia le acque verso la conca di Viarenna; tale manufatto è dotato di due uscite verso due collettori scatoari di 1.5x1.0 metri di connessione con la roggia Castello; tali scatoari sono dotati all'imbocco di paratoie di regolazione utili per garantire un livello determinato lungo la tratta a cielo aperto.

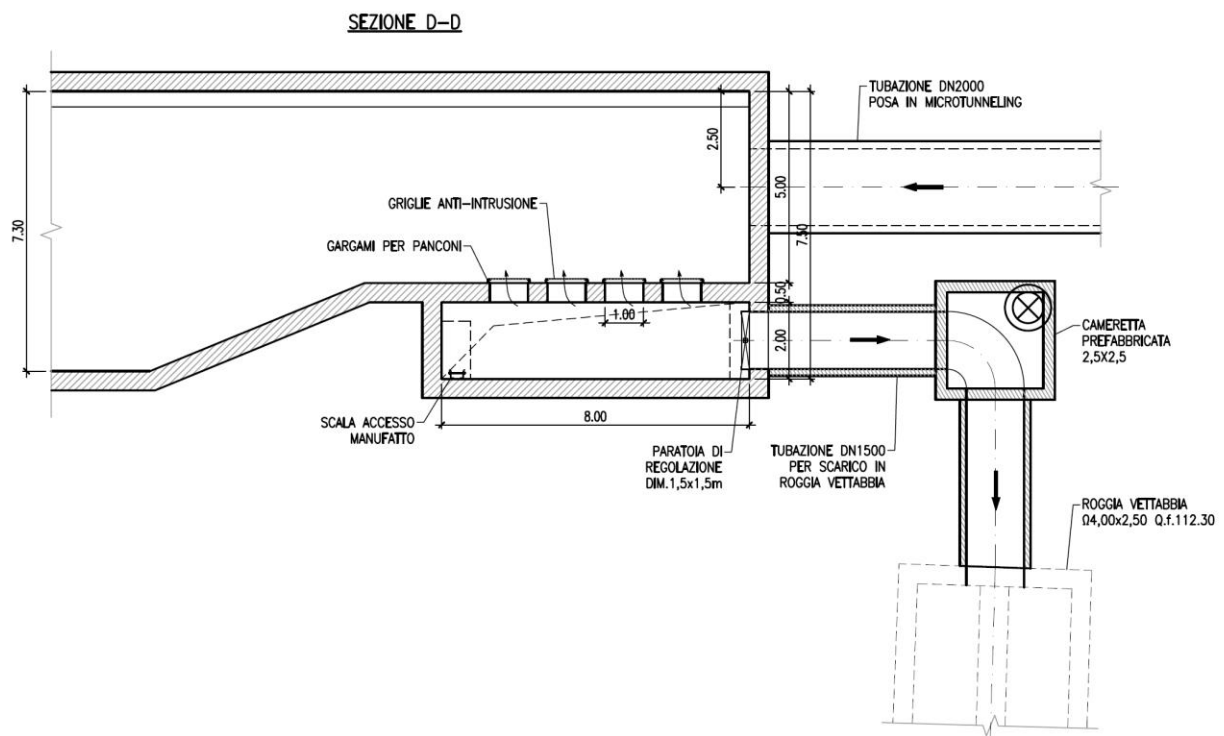


Figura 90. “Manufatti di monte tratta D - Vetra: raccordo tra naviglio e connessione idraulica, e alimentazione della Roggia Vettabbia”

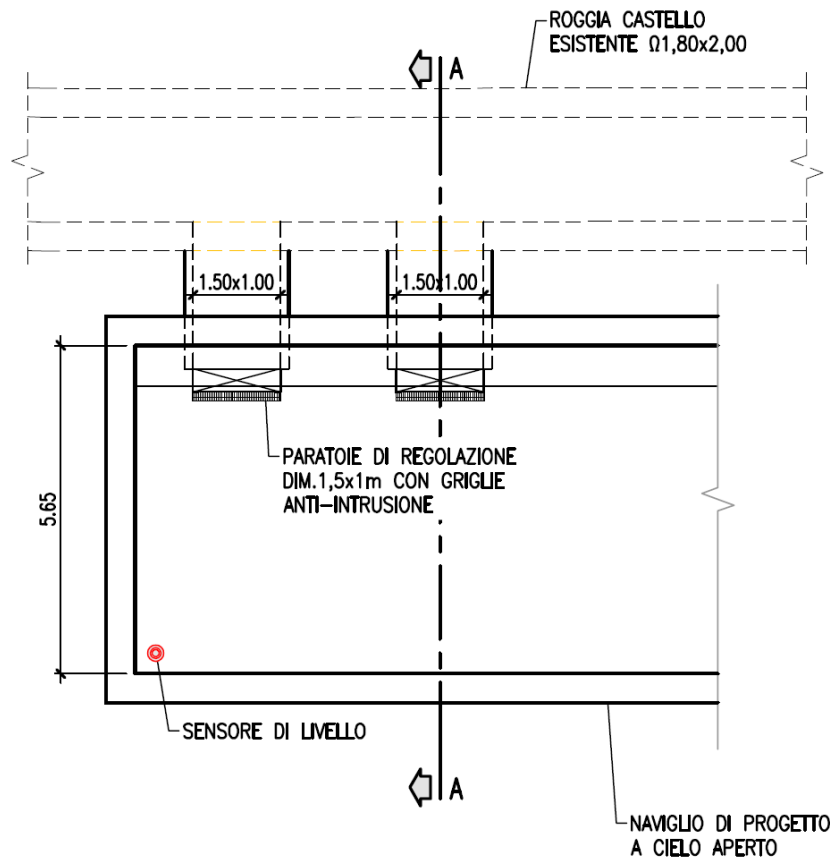


Figura 91. “Manufatti di valle tratta D - Vetra: raccordo tra naviglio e Roggia Castello”

3.8.7 CAMERETTE DI SPINTA E RECUPERO PER LA POSA DELLE TRATTE INTERRATE CON TECNOLOGIE SENZA SCAVO

Oltre ai manufatti già citati, il percorso della riconnessione della Martesana con la Darsena è dotato di numerosi manufatti necessari per la posa dei tratti interrati da realizzarsi con tecnologia senza scavo. Tali manufatti consistono essenzialmente di pozzi verticali a sezione rettangolare, scavati all'interno di una corona di pali di sostegno in c.a. I pozzi avranno funzione di spinta o recupero dei macchinari per microtunnel o degli scudi per lo spingitubo; al termine del loro scopo di cantiere, essi verranno allestiti con strutture in c.a., solette di chiusura, scivoli, imbocchi, scale di discesa, chiusini di accesso e, ove necessario, organi di regolazione, al fine di essere poi utilizzati quali camerette di ispezione e regolazione dei collettori e delle tratte a cielo aperto.



CAMERA DI SPINTA MICROTUNNELING
TIPO A – CON SALTO DI FONDO
SISTEMAZIONE FINALE MANUFATTO CON SCIVOLO IN C.A.
 PICCHETTI 6-10

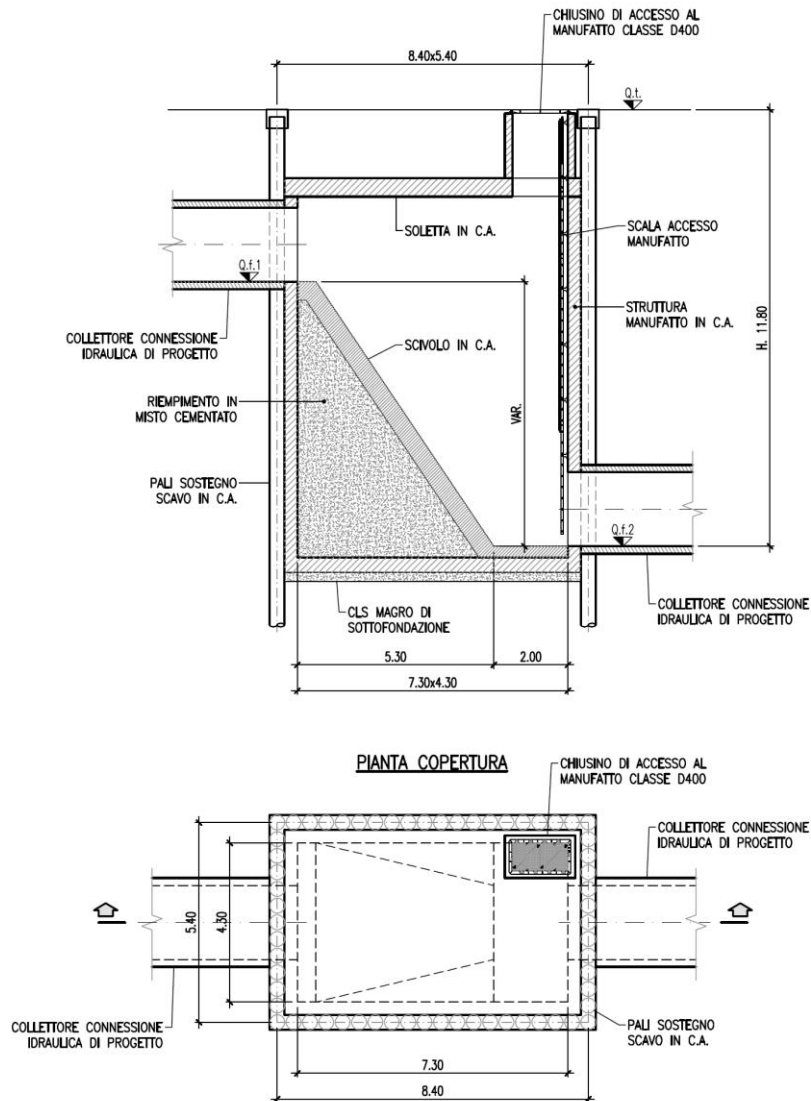


Figura 92. “Esempio di camerette di spinta con salto di fondo per la posa delle tratte interrante”



CAMERA DI RECUPERO MICROTUNNELING
TIPO D – IN LINEA
SISTEMAZIONE FINALE CON INSERIMENTO POZZETTO DI ISPEZIONE
PICCHETTI 33–38–45

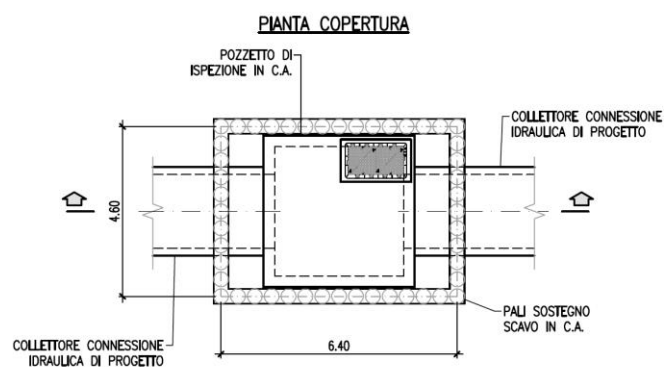
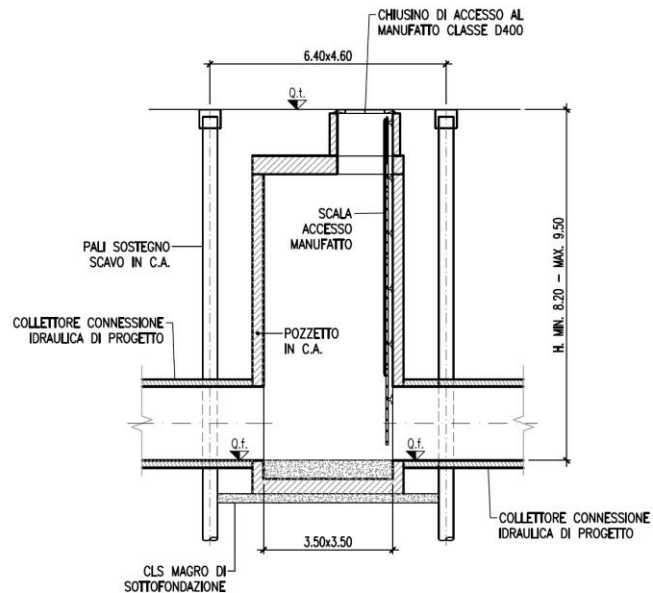


Figura 93. “Esempio di camerette di recupero in linea per la posa delle tratte interrato”



4 COMPATIBILITÀ DEL PROGETTO DI RICONNESSIONE IDRAULICA CON LA RIAPERTURA TOTALE DEI NAVIGLI

Il progetto di riconnessione idraulica deve necessariamente garantire la compatibilità con il progetto di riapertura totale come concepito nello “studio di fattibilità idraulica per la riattivazione dei Navigli Milanesi e per la loro Navigabilità” (redatto nel 2015 da MM e Politecnico di Milano). La navigabilità del nuovo Naviglio è quindi oggetto di verifica nei prossimi paragrafi.

In particolare, nel paragrafo 4.1 viene ripercorso il progetto di riapertura totale del Naviglio e ricostruiti i livelli idrici confrontandoli con i livelli stimati dallo studio di fattibilità 2015.

Successivamente, nel paragrafo 4.2, si illustra la compatibilità degli attraversamenti previsti lungo le tratte oggetto di riapertura previste dall'intervento di riconnessione idraulica, quindi con portata pari a $Q=3 \text{ m}^3/\text{s}$, ai fini della riconnessione idraulica, e ai fini della riapertura totale del naviglio con portata pari a $Q=4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Infine, nel paragrafo 4.3, si discute della compatibilità alla navigazione degli attraversamenti stradali previsti dallo studio del 2015 nello scenario di riapertura totale del Naviglio.

4.1 IL PROGETTO DI RIAPERTURA TOTALE DEL NAVIGLIO

Il progetto di riapertura totale concepito nello “studio di fattibilità idraulica per la riattivazione dei Navigli Milanesi e per la loro Navigabilità” (redatto nel 2015 da MM e Politecnico di Milano) prevede la realizzazione del canale lungo il tracciato storico, ricollegando l'ultimo tratto di canale attualmente aperto in prossimità di Cassina de' Pomm con la darsena dei Navigli milanesi, Figura 94.

La lunghezza complessiva del canale è pari a 7.6 km per un dislivello complessivo di 11.5 m, di cui 9.8 m superati tramite salti di fondo in corrispondenza delle conche e i rimanenti 1.7 m con la pendenza del canale.

Il profilo altimetrico definitivo adottato nel modello idraulico è riportato in Figura 95. Da monte a valle, si possono notare:

- 1) il tratto ripristinato del Naviglio della Martesana in via M. Gioia, con tratti a pendenza costante e 2 conche di navigazione identificabili in corrispondenza del salto di fondo della tratta: la conca di Cassina de' Pomm e la conca di via Pirelli;



da: Cassina de' Pomm

a: Via M. Gioia

Fossa Interna

da: Via Fatebenefratelli

a: Via De Amicis

Opera di scarico

Via Vettabbia

Figura 94. “Planimetria del tracciato di riapertura totale dei Navigli”

2) il Naviglio di San Marco, compreso tra la conca dell'Incoronata (ripristinata) e il laghetto di San Marco. La tratta presenta in totale tre conche, la conca dell'Incoronata la conca del Corriere e la conca di San Marco;

3) il tratto alto della Cerchia interna, da piazza San Marco alla conca di via Senato, con 2 conche di navigazione: le conche di Via dei Giardini e di via Senato. Il profilo altimetrico del fondo è mantenuto, ove possibile, coincidente con quello storico, nel tratto di via Fatebenefratelli e via Senato;

4) il tratto basso della Cerchia interna, da via Senato a via De Amicis, con profilo altimetrico del fondo mantenuto, ove possibile, coincidente con quello storico, con il caratteristico andamento in contropendenza nei tratti di via Visconti di Modrone, di via Molino delle Armi e via De Amicis. Il tratto, originariamente privo di conche di navigazione, ne prevede ora una in corrispondenza del ponte di via Mascagni (la conca di San Babila), inserita per necessità progettuali. Inoltre, in corrispondenza di via Vettabbia si trova il manufatto di scarico nella roggia Vettabbia;

5) il Naviglio del Vallone, con la conca di Viarenna che dà accesso allo sbocco in Darsena.

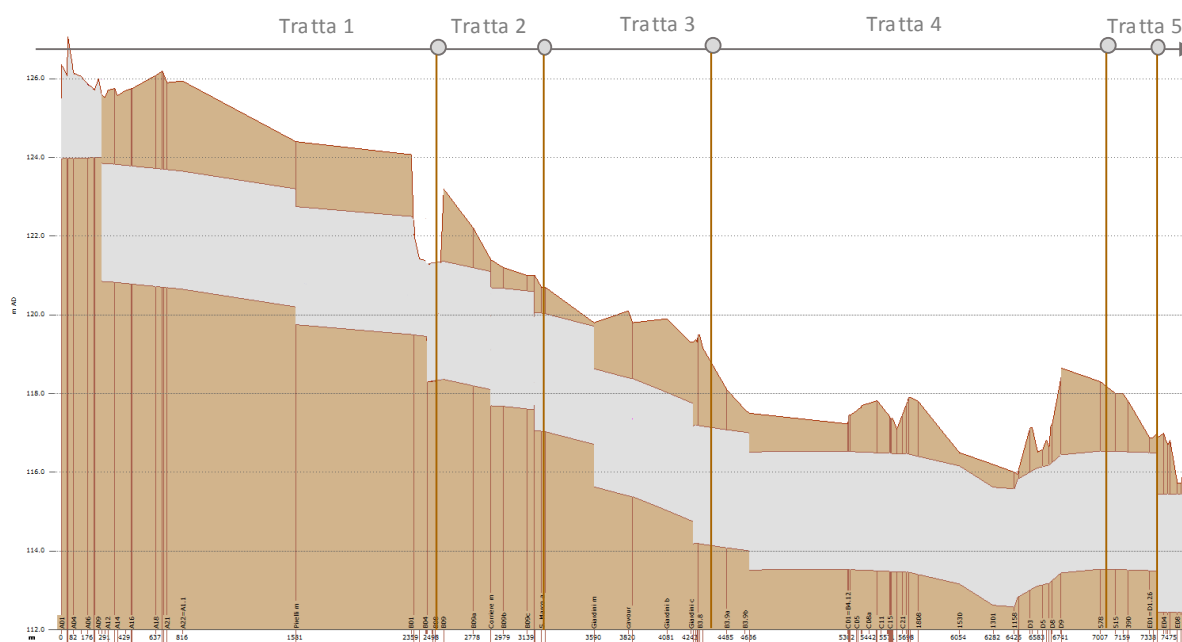


Figura 95. "Profilo longitudinale del tracciato di riapertura totale dei Navigli"

Lo studio di fattibilità del 2015 prevedeva una portata massima nel Naviglio pari a $Q = 4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Per tale scenario di portata massima, Figura 96, il profilo della superficie libera segue l'andamento a invasi successivi, caratteristico dei canali regolati da conche di navigazione, con quota praticamente costante del pelo libero; fa parziale eccezione il tratto basso della Cerchia interna, in cui la quota della superficie libera decresce di una decina di centimetri tra via Visconti di Modrone e la conca di Viarenna.

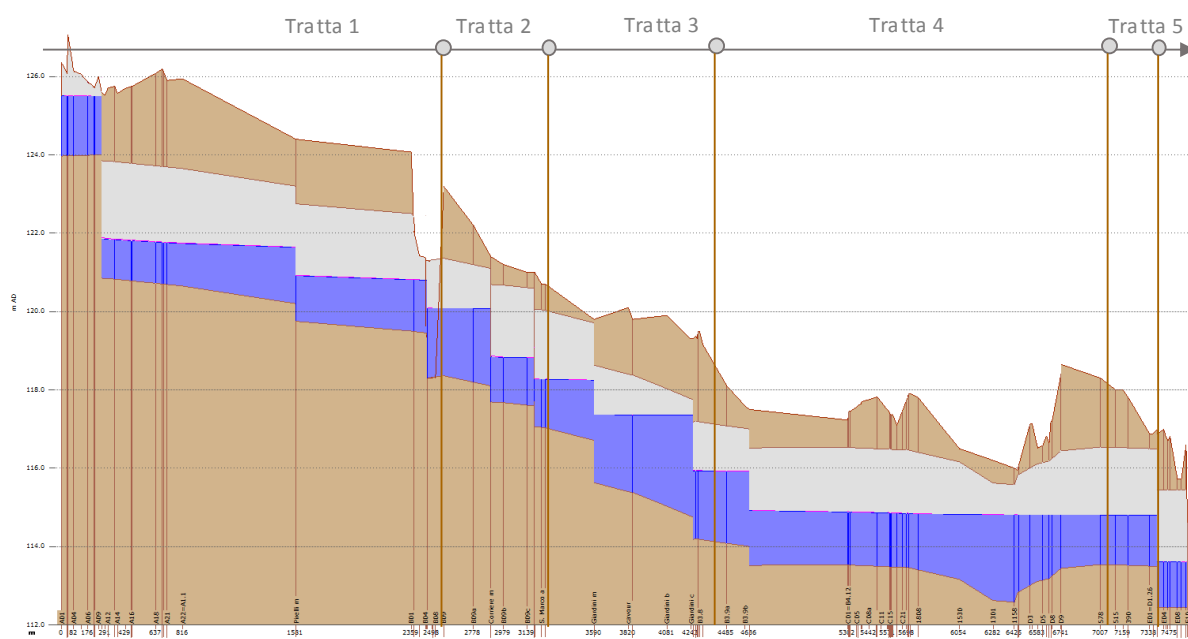


Figura 96. “Profilo di corrente - simulazione riapertura totale con $Q=4 \text{ m}^3/\text{s}$ ”

4.2 SIMULAZIONE IDRAULICA DELLO SCENARIO DI RIAPERTURA TOTALE DEL NAVIGLIO

Il presente studio riprende la modellazione matematica del naviglio riaperto dallo studio del 2015, che era stata effettuata tramite il software di simulazione idraulica Hec-Ras, e la riportata opportunamente calibrata nell'ambiente di calcolo del software Infowork ICM.

Rispetto a quanto previsto nello studio del 2015, la geometria delle tratte non oggetto di riapertura congiunta alla riconnessione idraulica rimane invariata, e pertanto si rimanda a tale relazione idraulica per maggiori dettagli. Mentre la geometria delle tratte nuove è stata modificata come presentato nei paragrafi precedenti della presente relazione di fattibilità della riconnessione idraulica.

In accordo alle ipotesi avanzate nello studio del 2015, come portata massima si è considerato il valore $Q=4 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.2.1 NAVIGLIO DELLA MARTESANA IN VIA MELCHIORRE GIOIA

Il Naviglio della Martesana riaperto in via Melchiorre Gioia è rappresentato in Figura 97 e Figura 98. Di tale sezione terminale del Naviglio si prevede una completa riforma, con scavo di un nuovo canale di sezione rettangolare. A valle di Cassina de' Pomm, dove si raccorda al Naviglio oggi a cielo aperto, il canale presenta un primo tratto a pendenza nulla con fondo alla quota di 124 m s.l.m.; il tratto termina in corrispondenza alla ricostruita conca di Cassina de' Pomm, dove il fondo supera un dislivello di 3.15 m. I livelli nei successivi tratti sono regolati ad una quota costante attraverso una nuova conca di navigazione in corrispondenza di via Pirelli e la conca esistente dell'Incoronata. L'introduzione di una nuova conca si è resa necessaria in quanto, alla portata di progetto, il solo

rigurgito dovuto alle porte di monte della Conca dell'Incoronata era insufficiente per garantire livelli costanti e adeguati alla navigazione lungo tutta la via Melchiorre Gioia. La conca di Pirelli realizza un salto di fondo pari a 0.45 metri.

Si osserva nel progetto originale dello studio del 2015 la presenza di una terza conca intermedia, la conca di via Carissimi, che realizzava un salto di fondo pari a 0.3 metri. In seguito alle simulazioni idrauliche questa conca è stata eliminata poiché alzava eccessivamente il tirante idraulico nelle sezioni di monte in via M. Gioia. Di fatto, eliminando il salto è stata aumentata leggermente la pendenza (al valore di 0.4%) nel tratto a valle della conca di Cassina de Pomm.

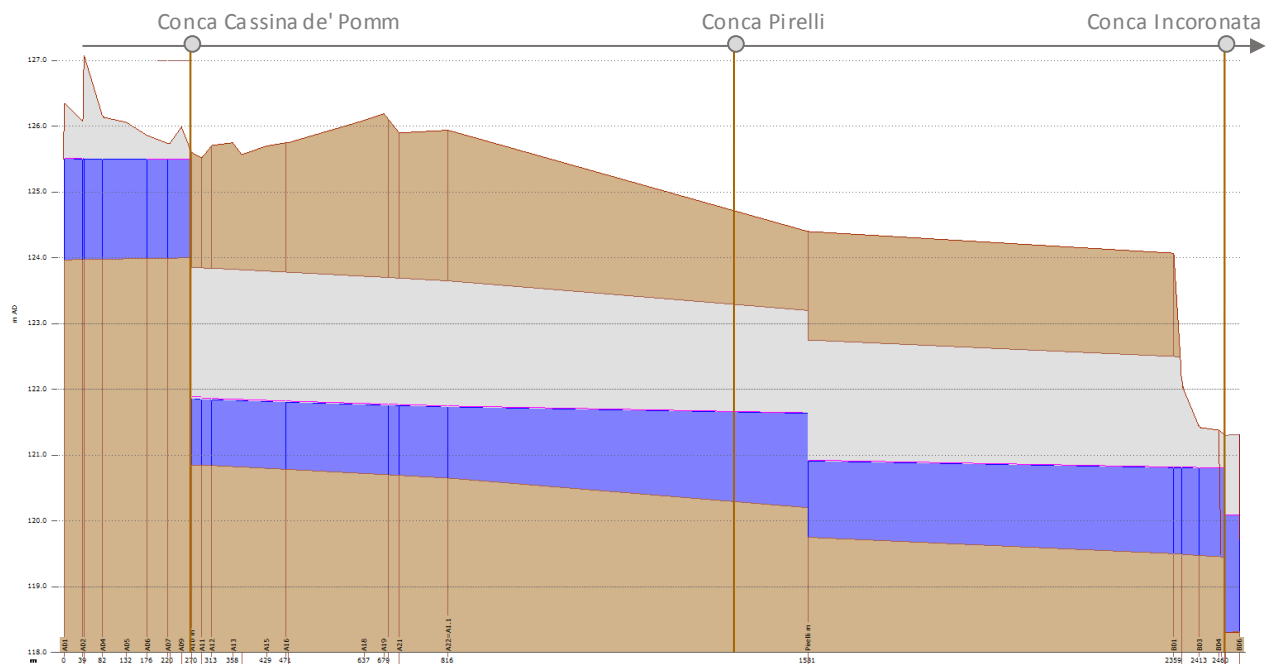


Figura 97. “Profilo longitudinale del tracciato di riapertura totale dei Navigli in via M. Gioia”

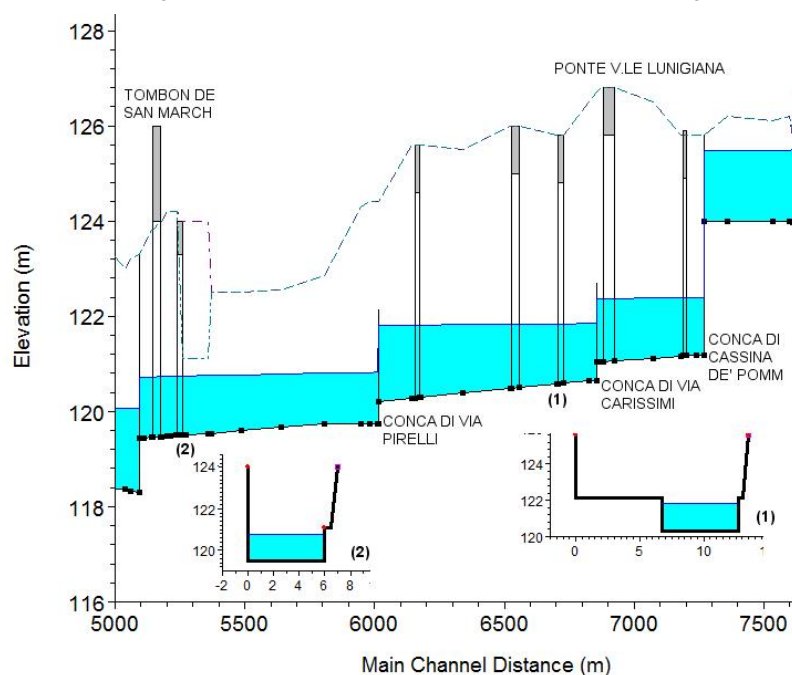


Figura 98. “Studio 2015 - Profilo longitudinale del tracciato di riapertura totale dei Navigli in via M. Gioia”



I tre tratti hanno caratteristiche geometriche leggermente diverse:

- il primo, a valle della conca di Cassina de' Pomm, è lungo circa 545 m, presenta una pendenza costante dello 0.4 ‰, ha sezione rettangolare di larghezza costante pari a 7 m e termina all'incrocio con via Carissimi;
- il secondo, a valle di via Carissimi, è lungo circa 840 m, presenta una pendenza costante dello 0.5 ‰, ha sezione rettangolare di larghezza costante pari a 6 m e termina alla conca di via Pirelli con un salto di fondo di 45 cm;
- il terzo, a valle della conca via Pirelli, è lungo circa 930 m, presenta una pendenza costante dello 0.3 ‰, vincolata dalle quote del fondo di 119.97 m s.l.m. al passaggio sopra il tunnel della stazione M2 Gioia e di 119.45 m s.l.m. della sezione tuttora esistente a monte della Conca dell'Incoronata; in questo tratto il Naviglio ha sezione rettangolare di larghezza costante pari a circa 6 m.

4.2.2 NAVIGLIO DI SAN MARCO

Il Naviglio di San Marco è rappresentato in Figura 99 e inizia in corrispondenza alla Conca dell'Incoronata riattivata. La necessità di mantenere l'integrità del manufatto storico vincola lo sviluppo altimetrico del canale, che deve necessariamente partire da una quota di fondo pari a 118.30 m s.l.m. a valle del manufatto. Analogamente, la presenza del ponte di via Montebello, limita la quota massima ipotizzabile per la superficie idrica: per risolvere queste criticità si è introdotta una nuova conca a metà del Naviglio di San Marco, in corrispondenza alla sede storica del Corriere della Sera.

Il Naviglio di San Marco risulta quindi composto di due tratti:

- il primo, tra la conca dell'Incoronata e quella del Corriere, è lungo circa 415 m, presenta una pendenza media dello 0.6 ‰, ha sezione rettangolare di larghezza variabile al più pari a 8 m e termina alla conca del Corriere con un salto di fondo di 41 cm;
- il secondo, a valle della conca del Corriere, è lungo circa 290 m, ed è costituito quasi completamente dal Laghetto di San Marco: è praticamente a pendenza nulla e la sezione si allarga per formare il bacino; termina alla conca di San Marco con un salto di fondo di 54 cm.

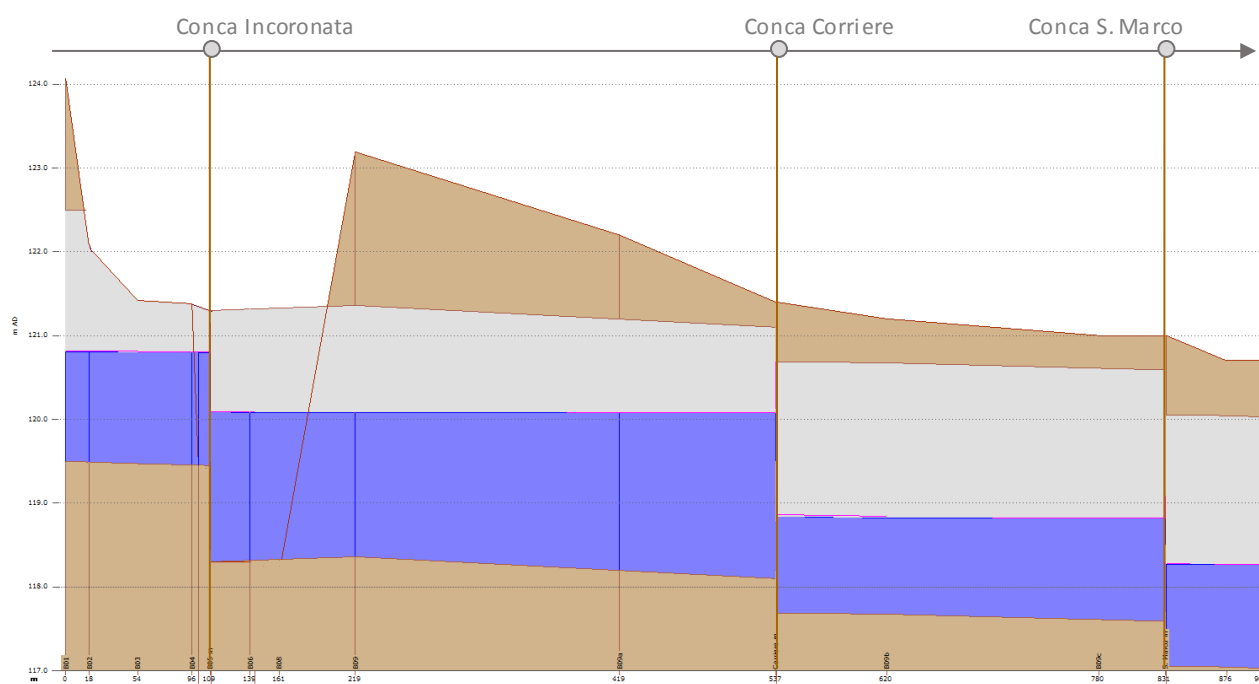


Figura 99. “Profilo longitudinale del tracciato di riapertura totale dei Navigli in via San Marco”

4.2.3 CERCHIA INTERNA TRA SAN MARCO E VIA SENATO

Il tratto alto della Cerchia interna è rappresentato in Figura 100 e inizia in corrispondenza della curva del Naviglio in piazza San Marco. Originariamente presentava due conche di navigazione al ponte di via Borgonuovo e in via Senato, con un tratto a pendenza nulla a monte della conca intermedia e uno a pendenza superiore all'1 ‰ a valle. Nel progetto di riapertura si è proposto uno spostamento della conca intermedia al ponte di via dei Giardini, mantenendo l'altimetria del fondo storico solo a valle di quest'ultima.

Il tratto alto della Cerchia interna risulta quindi composto di due tratti:

- il primo, a valle della conca di San Marco, è lungo circa 400 m, presenta una pendenza costante pari allo 0.85 ‰, ha sezione trapezia di larghezza variabile tra 6.5 e 7 m e pendenza delle sponde 1:8; termina alla conca di via dei Giardini con un salto di fondo di 1.08 m; la quota della superficie libera è compresa tra 118.22 e 118.25 m s.l.m.;
- il secondo, a valle della conca di via dei Giardini, è lungo circa 670 m, e ha profilo altimetrico coincidente con quello del fondo storico, con pendenza media pari all'1.3 ‰; la sezione trapezia è di larghezza variabile tra 5.3 e 8.8 m e pendenza delle sponde 1:8; termina alla conca di via Senato con un salto di fondo di 57 cm; la quota della superficie libera è costante e pari a 117.40 m s.l.m.

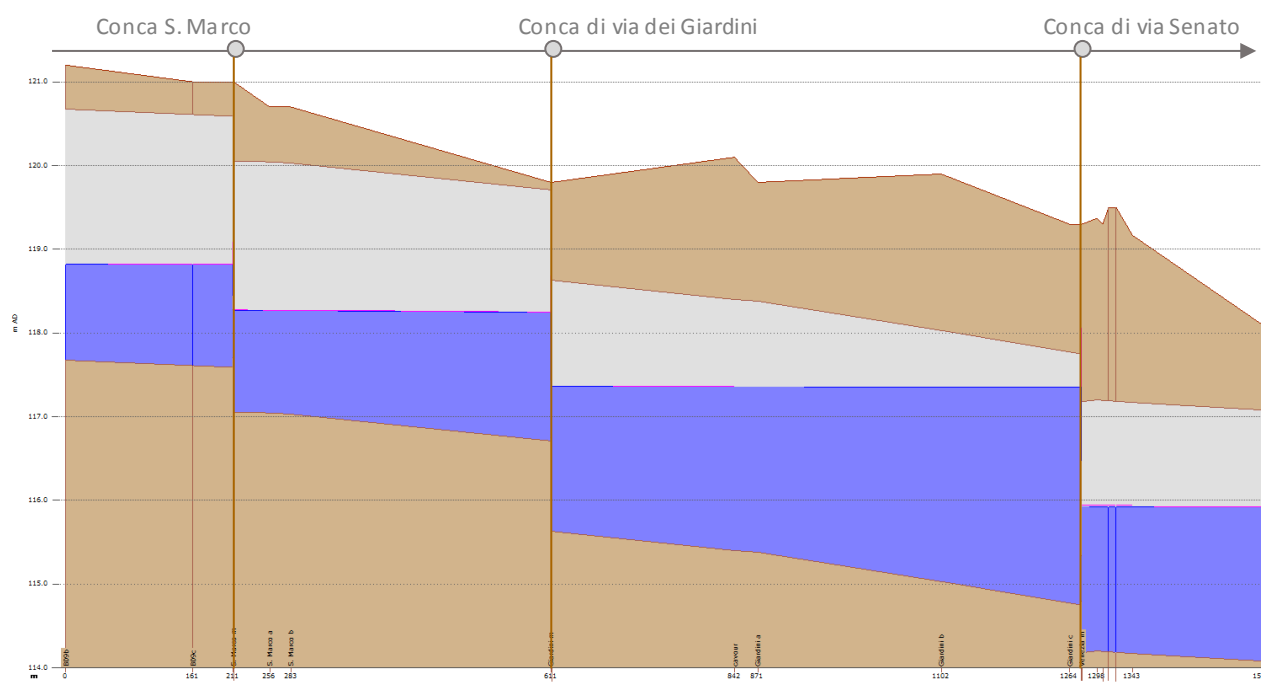


Figura 100. “Profilo longitudinale del tracciato di riapertura totale dei Navigli tra le conche di via San Marco e via Senato”

4.2.1 CERCHIA INTERNA TRA VIA SENATO E LA CONCA DI VIARENNA

Il tratto basso della Cerchia interna è rappresentato in Figura 101 e aveva storicamente inizio al ponte di Porta Venezia, a valle della conca di via Senato. Originariamente non presentava conche di navigazione fino alla curva che immetteva verso il Naviglio del Vallone e la conca di Viarenna. Allo scopo di evitare l'eccessiva distanza tra la superficie dell'acqua e il piano strada in via San Damiano, però, nel progetto di riapertura si è introdotta un'ulteriore conca di navigazione a monte del ponte di via Mascagni, in corrispondenza alla stazione M4 San Babila, mantenendo l'altimetria del fondo storico solo a valle di quest'ultima.

Il tratto basso della Cerchia interna risulta quindi composto di due tratti:

- il primo, a monte della conca di San Babila, è lungo circa 380 m, presenta una pendenza costante pari allo 0.5 ‰, ha sezione trapezia di larghezza variabile tra 6.3 e 8.5 m e pendenza delle sponde 1:8; termina alla conca di San Babila con un salto di fondo di 48 cm; la quota della superficie libera è costante e pari a 115.96 m s.l.m.;
- il secondo, a valle della conca di San Babila, è lungo circa 2.8 km, e ha profilo altimetrico coincidente con quello del fondo storico, con tratti anche molto variabili; il tratto tra la conca di San Babila e il ponte di Porta Vittoria presenta una lieve contropendenza di -0.05 ‰; dal ponte di Porta Vittoria al ponte di Corso Italia la pendenza aumenta gradualmente e, a valle di Corso Italia, si raggiunge la quota minima del fondo, pari a 112.52 m s.l.m., in corrispondenza del manufatto di

derivazione verso la roggia Vettabbia; per il tratto seguente si è ipotizzato di mantenere il profilo altimetrico in contropendenza del fondo storico, anche per permettere alla roggia Vettabbia di mantenere la funzione di scaricatore principale della Cerchia interna.

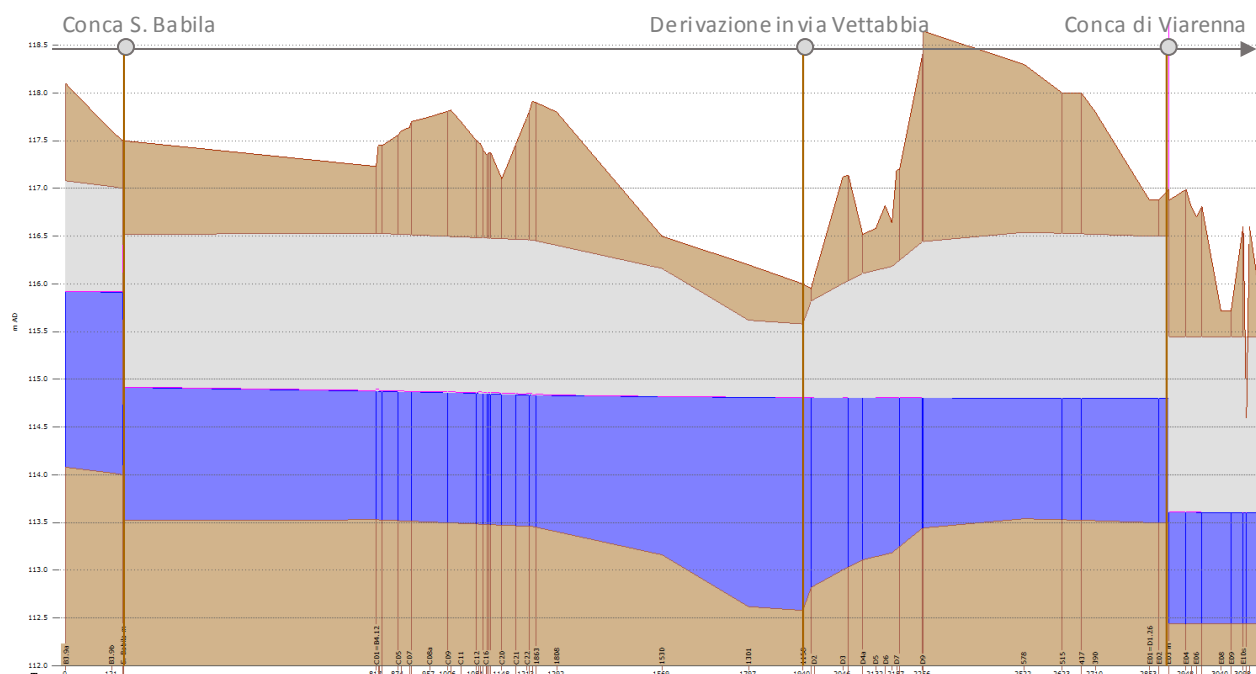


Figura 101. “Profilo longitudinale del tracciato di riapertura totale dei Navigli tra le conche di via Senato e Viarenna”

4.2.2 LA CONCA DI VIARENNA

Infine, il Naviglio del Vallone, collegamento tra via De Amicis e la conca di Viarenna, mantiene una leggera pendenza dello 0.05 ‰; la sezione di tutto il tratto basso della cerchia rimane trapezia, con larghezza compresa tra 6 e 8 m; la massima distanza del pelo libero dal piano strada si riscontra in corrispondenza al ponte di Porta Ticinese; la quota della superficie libera decresce da 114.92 m s.l.m. a valle della conca di San Babila a 114.76 m s.l.m. a monte della conca di Viarenna.



4.3 VERIFICA DEI LIVELLI IDRICI PREVISTI IN CASO DI RIAPERTURA TOTALE DEL NAVIGLIO

In Tabella 20 si dimostra che i tiranti idrici del nuovo scenario di riapertura totale del Naviglio, stimati tramite il modello matematico realizzato in Infoworks, sono compatibili con i livelli previsti dallo studio di fattibilità 2015, variano di appena qualche centimetro rispetto ai valori originali ($\Delta < 10$ cm).

Tabella 20. “Livelli idrici Studio di fattibilità 2015 vs Studio MM 2017 - scenario di riapertura totale con $Q= 4 \text{ m}^3/\text{s}$ ”

Conca (nome)	Studio di fattibilità 2015		Studio MM 2017	
	US H (m.s.l.m.)	DS H (m.s.l.m.)	US H (m.s.l.m.)	DS H (m.s.l.m.)
Cassina de' Pomm	125.50	122.40	125.49	121.85
Carissimi (eliminata)	122.36	121.85	121.75	121.75
Pirelli	121.81	120.82	121.63	120.91
Incoronata	120.72	120.07	120.79	120.08
Corriere	120.06	118.82	120.07	118.84
San Marco	118.78	118.25	118.81	118.27
Giardini	118.22	117.40	118.24	117.36
Senato	117.39	115.96	117.35	115.92
San Babila	115.95	114.92	115.91	114.91
Viarenna	114.80	113.61	114.80	113.61

4.4 VERIFICA DEGLI ATTRAVERSAMENTI STRADALI NEGLI SCENARI DI RICONNESSIONE IDRAULICA E RIAPERTURA TOTALE

Per quanto riguarda gli attraversamenti delle tratte di Naviglio sono stati verificati i tiranti idrici sia per lo scenario di progetto della riconnessione idraulica con portata pari a 3 m³/s, sia per lo scenario di riapertura totale del Naviglio con portata pari a 4 m³/s.

In particolare, nello scenario di riapertura totale, si è verificato il vincolo sulla navigabilità ai fini turistici del canale, ossia la disponibilità di un franco libero di 1,90m così come previsto dallo studio di fattibilità del 2015.



Figura 102. “Fotografia che ritrae una tipologia di imbarcazioni turistica tipica dei Navigli Milanesi”

A tal proposito, in accordo allo studio 2015, si prevede l'uso di imbarcazioni per il trasporto di passeggeri a scopo turistico aventi le seguenti caratteristiche:

- il tirante d'aria minimo sotto i ponti fissato di 1.90 m permette un'altezza fuori acqua - in terminologia nautica "opera morta" - di 1.60 m in sicurezza;
- il tirante minimo di 1.10 m fissato permette una profondità in acqua, pescaggio o in terminologia nautica "opera viva", di circa 60 cm;
- la dimensione verticale minima interna per il passaggio dei passeggeri è di 1.96 m di passaggio; a questi si aggiungono 10 cm di spessore della struttura della barca sul fondo e lo spessore della copertura trasparente. Il valore complessivo di 2.10 m, permette di realizzare l'imbarcazione rispettando tutti i vincoli preposti.

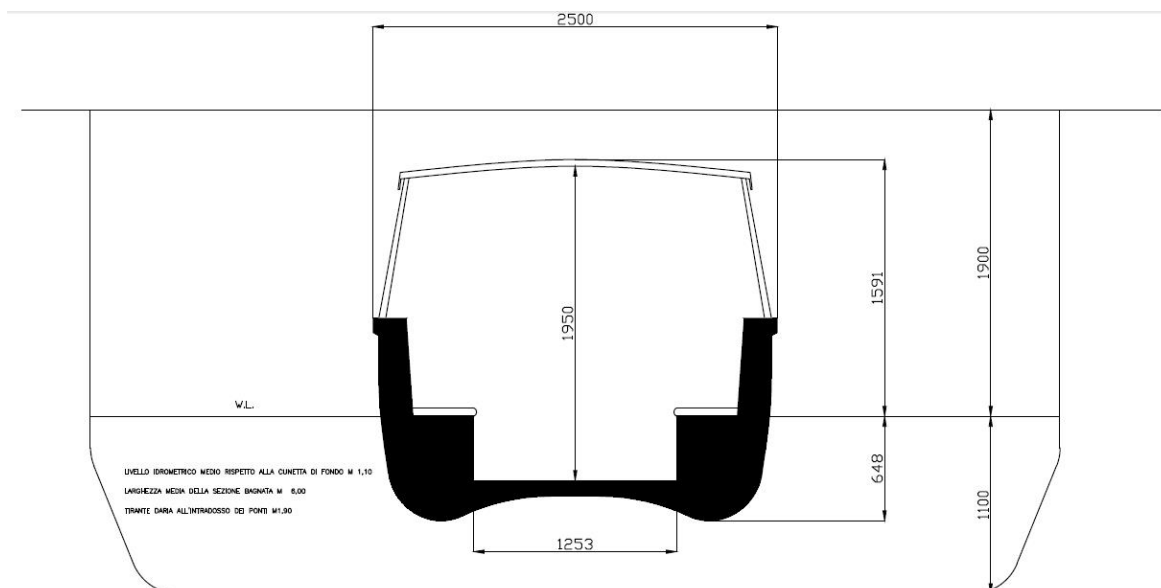


Figura 103. “Sezione di riferimento per una possibile imbarcazione passeggeri di tipo turistico in servizio lungo la Cerchia del Naviglio”

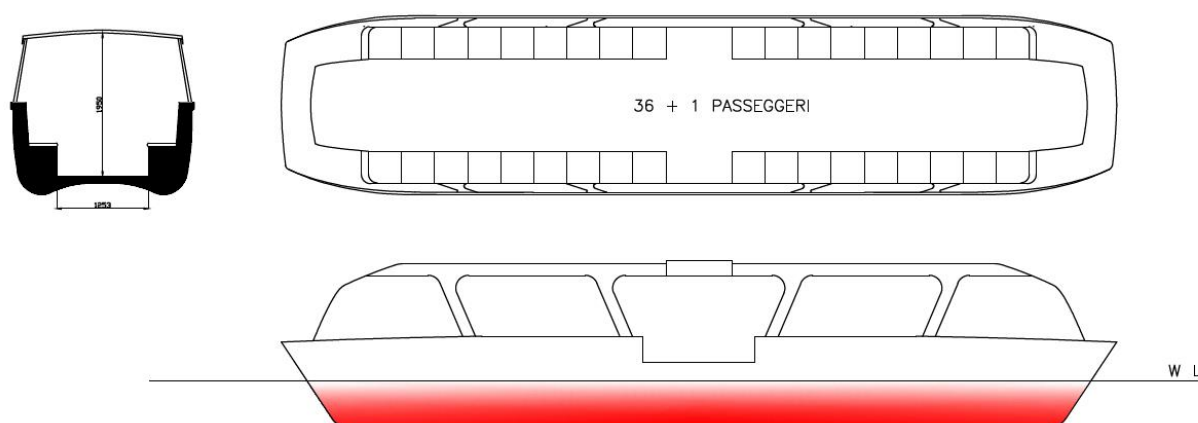


Figura 104. “Tipologia di imbarcazione per la navigazione lungo la Cerchia del Naviglio con sezione, pianta e vista laterale”

Le dimensioni ipotizzate per l'imbarcazione risultano le seguenti:

- larghezza pari a 2.5 m;
- la lunghezza dell'imbarcazione è di 11.3 m per la necessità di mantenere le proporzioni con la larghezza ridotta e presenta la carena a forma di gabbiano;
- per garantire i 60 cm richiesti di immersione, l'idea è quella di appesantire lo scafo dotandolo delle batterie necessarie ad una propulsione totalmente elettrica con elevata autonomia. Il peso elevato delle batterie costituirebbe la zavorra necessaria per garantire l'immersione.
- la barca è anfidroma (bidirezionale) e la postazione di pilotaggio può essere installata a ciascuna estremità; l'imbarco dei passeggeri è previsto in posizione centrale, con una tuga amovibile;
- si propone di limitare gli incroci tra due barche ai tratti di larghezza maggiore ai 6m.



4.4.1 ATTRAVERSAMENTI STRADALI DEL PROGETTO DI RICONNESSIONE IDRAULICA

La verifica degli attraversamenti stradali sulle tratte oggetto di riapertura concomitante all'intervento di riconnessione idraulica non ha evidenziato criticità per la navigabilità nello scenario di riapertura totale, in quanto è garantito per tutti i ponti un franco libero di 1,90m adeguato al passaggio delle imbarcazioni sopraccitate, e in accordo a quanto previsto dallo studio di fattibilità del 2015. Nello scenario di riconnessione idraulica, è necessario invece garantire un franco inferiore (valore minimo 0.5 m), non dovendo garantire le condizioni di navigabilità. I valori dei franchi liberi in corrispondenza dei ponti previsti nelle 5 tratte oggetto di riapertura sono riportati nella seguente Tabella 21.

Tabella 21. “Verifica ponti sulle 5 tratte di riapertura negli scenari di riconnessione idraulica e riapertura totale”

ID ponte	Via e annotazione	Prog. (m. l.)	Nodi M-V	Intradosso (m s.l.m.)	Riconnessione idraulica Q= 3 m³/s		Riapertura totale Q=4 m³/s	
					Livello Acqua	Franco Libero	Livello Acqua	Franco Libero
P.A.1	Via Ressi - passerella con gradini	176	A06	127.42	125.52	1.90	125.49	1.92
		220	A07		125.52		125.49	
P.A.2	Via Cagliero	313	A12	125.10	121.83	3.27	121.80	3.30
		358	A13		121.82		121.80	
P.A.3	Via Belgirate	429	A15	124.70	121.81	2.89	121.77	2.93
		471	A16		121.80		121.77	
P.A.4	Via Lunigiana	475	A17	125.10	121.80	3.30	121.73	3.37
		637	A18		121.78		121.72	
P.B.1	Ponte Delle Gabelle - ESISTENTE	2392	B01	124.50	120.67	3.83	120.83	3.67
		2410	B02		120.66		120.83	
P.B.2	Ponte Conca S. Marco - ESISTENTE	2501	B05 v	122.14	119.66	≈2.48	120.11	2.03
		2531	B06		119.66		120.11	
P.C.1	Via Sforza Civ. 28	5389	C05	116.80	115.86	0.94	114.88	1.92
		5430	C06		115.86		114.88	
P.C.2	Accesso Giardino Guastalla	5438	C07	116.90	115.86	1.04	114.88	2.03
		5460	C08		115.86		114.87	
P.C.3	via S. Barnaba	5465	C08a	117.20	115.86	1.34	114.87	2.33
P.C.4	Uscita Parcheggio Statale	5513	C09	117.20	115.86	1.34	114.87	2.33
		5562	C10		115.86		114.87	
P.C.5	Ingresso Parcheggio Statale	5636	C14	117.00	115.86	1.14	114.86	2.14
		5642	C15		115.86		114.86	
P.D.1	Via Santa Croce	6534	D3	116.71	115.38	1.33	114.81	1.90
		6610	D4		115.38		114.81	
P.D.2	Parco delle Basiliche M4	6662	D4a	116.71	115.38	1.33	114.81	1.90
		6696	D5		115.38		114.81	
P.D.3	Via Pioppette	6739	D6a	116.71	115.38	1.33	114.81	1.90
		6751	D7		115.38		114.81	
P.E.1	Via Ferrari	7557	E04	115.70	113.61	2.10	113.61	2.09
		7570	E05		113.60		113.61	
P.E.2	Viale D'Annunzio	7649	E08	115.50	113.60	1.90	113.60	1.90
		7675	E09		113.60		113.60	



4.4.1 ATTRAVERSAMENTI STRADALI DEL PROGETTO DI RIAPERTURA TOTALE DEL NAVIGLIO

La verifica degli attraversamenti stradali nello scenario di riapertura totale del Naviglio, con le modifiche progettuali apportate per le tratte oggetto di riapertura concomitante con l'intervento di riconnessione idraulica, ha consentito confermare i livelli idrici nel canale in linea con i livelli ipotizzati nello studio di fattibilità del 2015 (vedi Tabella 20).

I livelli di progetto del tirante idrico stimati lungo il nuovo Naviglio sono infatti sostanzialmente gli stessi previsti dallo studio del 2015, e risultano inferiori a questi ultimi solo lungo il tratto compreso fra le conche di Cassina de' Pomm e via Pirelli, per via dell'eliminazione della conca di via Carissimi che si è resa necessaria per garantire un adeguato franco idraulico rispetto al piano degli spazi commerciali delle sezioni in via M. Gioia.

Pertanto, a livello teorico dovrebbe essere garantita la navigabilità del Naviglio, ossia la disponibilità di un franco libero di almeno 1,90m tra il livello d'acqua e l'intradosso degli attraversamenti stradali.

Tuttavia, per la realizzazione della riapertura totale del Naviglio si sottolinea l'importanza di approfondire lo studio della geometria di tutti gli attraversamenti necessari.

In particolare, sui ponti previsti dallo studio 2015, si evidenziano le criticità maggiori, e quindi la necessità di ulteriori studi idraulici e viabilistici, in corrispondenza dei seguenti ponti:

- Via Vettabbia: si anticipa sin da ora che il ponte di via Vettabbia non risulta compatibile con il livello dell'acqua previsto per la riapertura totale del Naviglio, non essendo possibile garantire un franco libero di 1.90 m e allo stesso tempo una quota di calpestio dell'impalcato compatibile con la quota rilevata del terreno.
- Corso di porta Vittoria (intersezione con via Sforza)
- Corso Monforte (intersezione con via Visconti di Modrone)



5 CONSIDERAZIONI FINALI

La presente relazione idraulica ha proposto una soluzione progettuale per realizzare la riconnessione idraulica della Martesana con la Darsena, tenendo in considerazione l'obiettivo finale di riaprire interamente il Naviglio della Martesana e il Naviglio Interno, coerentemente al progetto previsto dallo “studio di fattibilità idraulica per la riattivazione dei Navigli Milanesi e per la loro Navigabilità” (redatto nel 2015 da MM e Politecnico di Milano).

Il ripristino del collegamento idraulico permetterà di procedere alla progressiva riapertura del Naviglio per tratti, anche non necessariamente consecutivi, garantendone l'alimentazione idraulica, e tale possibilità è da subito sfruttata dal presente progetto che prevede di riaprire 5 tratte di Naviglio. La rinnovata alimentazione idraulica permette il recapito immediato nella Darsena di un ulteriore e benefico contributo irriguo per le aree agricole del Sud Milano e inoltre consente anche l'alimentazione di eventuali derivazioni sempre a fine irriguo, come la Roggia Vettabbia e cavo Bolagnos o i parchi cittadini (ad esempio, i giardini della Guastalla). Nondimeno, il collegamento assolve alla funzione di recapito di portate aggiuntive, ad esempio provenienti da pozzi di geotermia oppure acque parassite attualmente convogliate nella rete fognaria, con conseguente diluizione del refluo dannosa per i processi di depurazione finale dei reflui urbani ed utile invece per rimpinguare la Darsena ed i canali irrigui del Sud Milano. Tra le acque bianche, anche le acque meteoriche scolanti dalle piattaforme stradali lungo le cinque tratte di Naviglio riaperte potranno essere distolte dall'attuale recapito nella rete fognaria di tipo misto ed essere immesse nell'opera di riconnessione idraulica. Naturalmente tali afflussi meteorici dovranno essere opportunamente trattati e resi qualitativamente compatibili con la destinazione d'uso irriguo finale delle acque.

Si sottolinea infine che la realizzazione della riconnessione idraulica, così come proposta nel presente progetto di fattibilità tecnico-economica, risulterà utile anche in seguito alla riapertura complessiva del Naviglio, ad esempio come by-pass idraulico durante le operazioni di manutenzione dei Navigli consentendo di mettere in secca solo il tratto di intervento del canale riaperto.

La soluzione studiata (Figura 6) prevede: la posa di circa 3.5km di nuova tubazione, realizzata prevalentemente tramite tecniche di posa “no-dig” in modo da limitare gli impatti delle cantierizzazioni sulla viabilità e sulla cittadinanza; il recupero di circa 1.4 km di tombinature esistenti e pervie in via San Marco e lungo l'ex Naviglio del Vallone in via De Amicis e Via Conca del Naviglio; inoltre prevede la realizzazione di 2 km di Naviglio riaperto, in concomitanza all'intervento di riconnessione idraulica, suddivisi in 5 tratte non consecutive e scelte per il rilevante valore urbanistico.



La soluzione progettuale è stata ricostruita attraverso un modello idraulico matematico (software Infoworks ICM) che ha permesso di studiarne il funzionamento in diversi scenari di portata.

In particolare, lo scenario di progetto prevede una portata massima pari a $3 \text{ m}^3/\text{s}$, costante lungo tutta la riconnessione, di cui $1 \text{ m}^3/\text{s}$ viene scaricato in Vettabbia, lasciando scorrere $2 \text{ m}^3/\text{s}$ verso la Darsena nelle tratte finali a valle di via Vettabbia.

Sono risultati verificati i vincoli sui tiranti e sulle velocità per tutte le tratte che compongono l'intervento di riconnessione idraulica.

Tale scenario è stato valutato anche in tempo bagnato, considerando in aggiunta alla portata regolata l'idrogramma di piena generato da un evento di pioggia con tempo di ritorno $T=10$ anni.

Dalle simulazioni idrauliche è emersa la resilienza idraulica dell'opera in progetto e l'assenza di esondazioni a fronte di tali eventi meteorici.

Inoltre sono previsti opportuni manufatti di regolazione e scarico, che consentono di effettuare interventi di emergenza e/o manutenzione dell'opera idraulica.

Infine, la soluzione proposta è verificata rispetto alla sua compatibilità rispetto allo scenario di riapertura totale del Naviglio, sia per quanto riguarda i tiranti idrici sia per quanto concerne la navigabilità delle 5 tratte oggetto di riapertura rispetto agli attraversamenti stradali.