



Regione Lombardia

Est Ticino Villoresi

Consorzio di Bonifica



D.G.R. N. XI/4123 DEL 21/12/2020

INT. 104 - RIPRISTINO DELLE SPONDE DEL TORRENTE BOZZENTE CON  
FORMAZIONE DI SCOGLIERE RADENTI NEL TRATTO URBANO DI LAINATE

CUP C15H20000070002

PROGETTO DEFINITIVO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

ing. Stefano Burchielli

ELABORATO

VBL\_2.01

DIRETTORE ESECUZIONE DEL CONTRATTO

ing. Fabio Taglioretti

IL PROGETTISTA INCARICATO

**WISE**

ing. Alessandro Balbo

ing. Giacomo Galimberti

DESCRIZIONE

RELAZIONE GENERALE E TECNICA

SCALA

DATA

LUG.2021

REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	REDATTO	CONTROLL.	APPROVATO

Est Ticino Villoresi



Consorzio di Bonifica

CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI

Via Ludovico Ariosto, 30

20145 - Milano

tel. 02 48561301

e.mail: [info@etvilloresi.it](mailto:info@etvilloresi.it) - PEC: [etvilloresi@pec.it](mailto:etvilloresi@pec.it)

# INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>IL TORRENTE BOZZENTE .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>TRATTO OGGETTO DI INTERVENTO E STATO DEI LUOGHI .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>SOTTOSERVIZI IN PROSSIMITA' DEL TRATTO DI INTERVENTO .....</b>	<b>10</b>
4.1	Comune di Nerviano .....	10
4.2	Comune di Lainate .....	12
<b>5</b>	<b>RACCOLTA ED ANALISI DELLE INFORMAZIONI DISPONIBILI.....</b>	<b>15</b>
<b>5.1</b>	<b>Studi e progetti pregressi.....</b>	<b>15</b>
5.1.1	Studio Lambro-Olona (Autorità di Bacino fiume Po, 2004) .....	15
5.1.2	Progetto Esecutivo “Lavori di realizzazione della vasca di laminazione lungo il torrente Bozzente in comune di Nerviano” (AIPO, 2014) .....	16
5.1.3	Studio Idrologico-Idraulico per la definizione di soglie di attenzione-allerta-allarme idrometriche lungo le aste dei torrenti Molgora e Bozzente (ETVilloresi, 2020) .....	19
5.1.4	Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) .....	20
<b>6</b>	<b>ANALISI IDROLOGICA E IDRAULICA .....</b>	<b>23</b>
6.1	Portate di riferimento nel tratto in esame .....	23
6.2	Simulazioni .....	23
6.3	Il codice di calcolo HEC-RAS .....	23
<b>7</b>	<b>DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO .....</b>	<b>27</b>
<b>8</b>	<b>ACCESSI IN ALVEO, OCCUPAZIONE DI SUOLO E TEMPISTICA DI INTERVENTO .....</b>	<b>31</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONI E STIMA ECONOMICA.....</b>	<b>33</b>

# 1 PREMESSA

Il consorzio di bonifica Est Ticino Villoresi ha affidato agli scriventi la redazione della progettazione definitiva ed esecutiva dell'Intervento di ripristino delle sponde del torrente Bozzente in comune di Lainate, secondo i riscontri avuti nel sopralluogo congiunto con i tecnici di ETVilloresi in data 17/06/2021.

Il presente elaborato costituisce la relazione generale e le relazioni tecniche specialistiche del progetto definitivo, ai sensi e secondo i contenuti dell'art. 24 del DPR 207/2010.

Il tratto oggetto di intervento si estende dalla sezione S1 di rilievo, a monte di via Pogliano a Lainate sino alla sezione S39 al ponte di via Maraviglia a Lainate per circa 1,6 km. Le opere sono individuate nelle planimetrie di progetto (tavole 2004/1, 2004/2 e 2004/3).

Il Bozzente in comune di Lainate presenta sia uno sviluppo in aree extraurbane, per lo più agricole, con ampio sviluppo di vegetazione sulle sponde, sia un tratto più urbano con sponde in calcestruzzo, spostandosi verso valle sino allo scolmatore di Biringhello.

## 2 IL TORRENTE BOZZENTE

Il bacino idrografico del torrente Bozzente interessa il territorio di tre provincie, Como, Varese e Milano. Nasce dalla confluenza nel comune di Mozzate dei torrenti Vaiadiga ed Antiga, le cui sorgenti si trovano ad una quota di circa 450 m s.l.m. Il bacino idrografico, dalla forma ovoidale, molto stretta ed allungata, ha un'estensione di 78 kmq alla sezione di chiusura nel Comune di Rho.

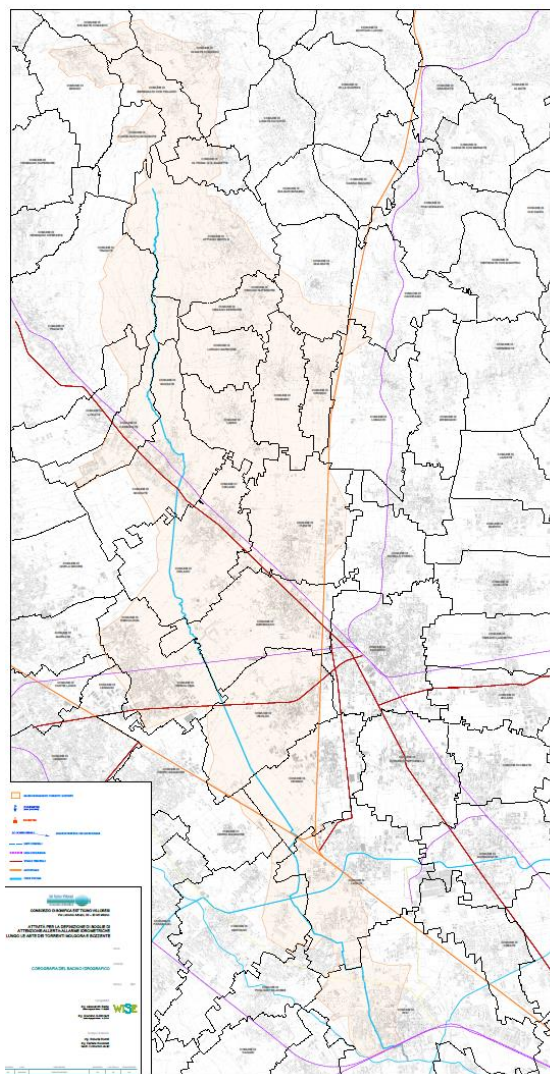
A partire dalla parte più alta del bacino, delimitata dalla statale Varese-Binago-Olgiate Comasco fino alla confluenza nelle vicinanze del comune di Mozzate, il territorio si presenta collinare, quasi interamente ricoperto da boschi, e caratterizzato da una superficie profondamente solcata da numerose valli e declivi. A sud della confluenza il territorio risulta pressoché pianeggiante, in questo tratto si immettono numerosi scarichi di reflui civili provenienti dai comuni di Mozzate, Cislago, Rescaldina e Origgio.

Il territorio è caratterizzato dalla presenza di un gran numero di centri abitati le cui fognature scaricano le acque di pioggia nel torrente oggetto di studio. Nel tratto di valle per una lunghezza anche notevole, si può ammettere che il principale afflusso al Bozzente, durante gli eventi di pioggia, sia in buona parte quello proveniente dai sistemi drenanti urbani, essendo trascurabile quello proveniente direttamente dal reticolo scolante naturale.

Oltre al bacino scolante naturale, è dunque possibile prevedere un certo numero di immissioni puntali di portata corrispondenti sia agli scarichi delle reti artificiali drenanti, scaricatori di piena e recapiti terminali dei collettori destinati alla raccolta delle sole acque di origine meteorica, che agli affluenti naturali

L'asta del Torrente Bozzente oggetto di interesse ha una lunghezza di circa 20 km, ed è compresa tra il comune di Mozzate alla confluenza con il Torrente Vaiadiga a monte e l'imbocco del tombino che attraversa l'abitato di Rho, a valle. Dopo aver sottopassato l'Autostrada dei Laghi al bivio di Lainate ed il Canale Villoresi a Villanuova, il torrente si dirige verso la Barbaiana, Biringhello e attraverso l'abitato di Rho, dove risulta in gran parte combinato e confluisce nel vicino fiume Olona.

Nei pressi della località di Biringhello prima dell'ingresso in Rho, uno scolmatore con paratoia e di un collettore 2.5x2 lungo 1800 m, devia le portate di piena verso l'Olona. Lungo tutto il tratto del corso d'acqua sono presenti innumerevoli restringimenti di sezione, ponti e attraversamenti, traverse e soglie di fondo ed



alcuni tratti tombinati, tutti con significativa influenza sul comportamento idraulico delle correnti fluviali, in particolare sulla formazione verso monte di condizioni di rigurgito e di eventuali esondazioni che modificano la forma e la cronologia delle onde di piena oltre che i valori delle portate.



### 3 TRATTO OGGETTO DI INTERVENTO E STATO DEI LUOGHI

Il tratto di torrente Bozzente oggetto di intervento è compreso tra via Pogliano e via Meraviglia, dove è già stato recentemente realizzato un intervento di sistemazione delle sponde in corrispondenza di aree urbane.

I sopralluoghi condotti hanno mostrato che dall'inizio dell'intervento sino al nucleo edificato a monte di via Santa Virginia le sponde sono in terra con sviluppo di vegetazione e fenomeni localizzati di erosione al piede. Sul fondo si presentano depositi di materiale terroso, soprattutto nei tratti in interno curva e in prossimità dei tombini, oltre a rifiuti localizzati, assimilabili ad urbani.

Nel tratto urbanizzato in prossimità di via Santa Virginia si nota presenza di materiale e rifiuti con accumuli sul fondo e alcune piante e arbusti nati sui muri, che necessitano di interventi di decespugliamento.



Figura 1: Foto del Bozzente a monte di via Pogliano (vista verso monte)





Figura 2: Foto del Bozzente a valle di via Pogliano (vista verso valle) con fenomeni di erosione delle sponde



Figura 3: Foto del Bozzente a valle di via Pogliano con presenza di marcata erosione sulla sponda destra (vista verso monte)



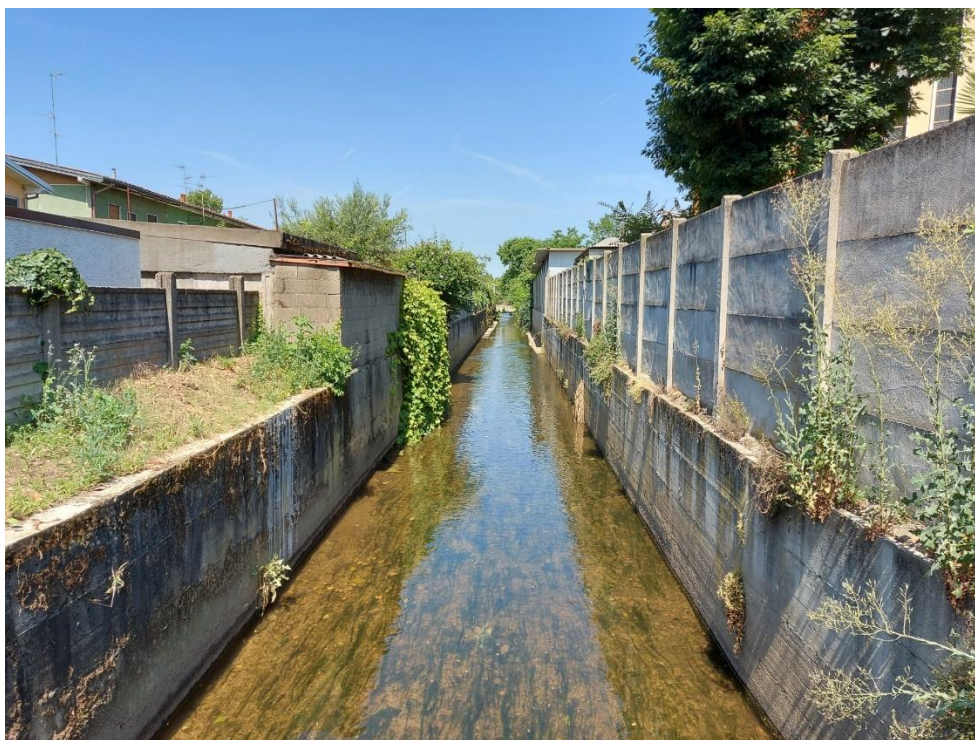


Figura 4: Foto del Bozzente in via Santa Virginia (vista verso monte)

A valle di via Santa Virginia, l'alveo è in terra con sponde realizzate tramite lastre di calcestruzzo che in sommità sono spesso smosse dalle radici delle piante, per le quali si prevedono azioni di taglio e di rimozione localizzata delle ceppaie che causano disturbo alla corrente o alla stabilità della sponda rivestita.

Vi sono inoltre accumuli rilevanti in corrispondenza delle curve e delle tombinate.

7  
33

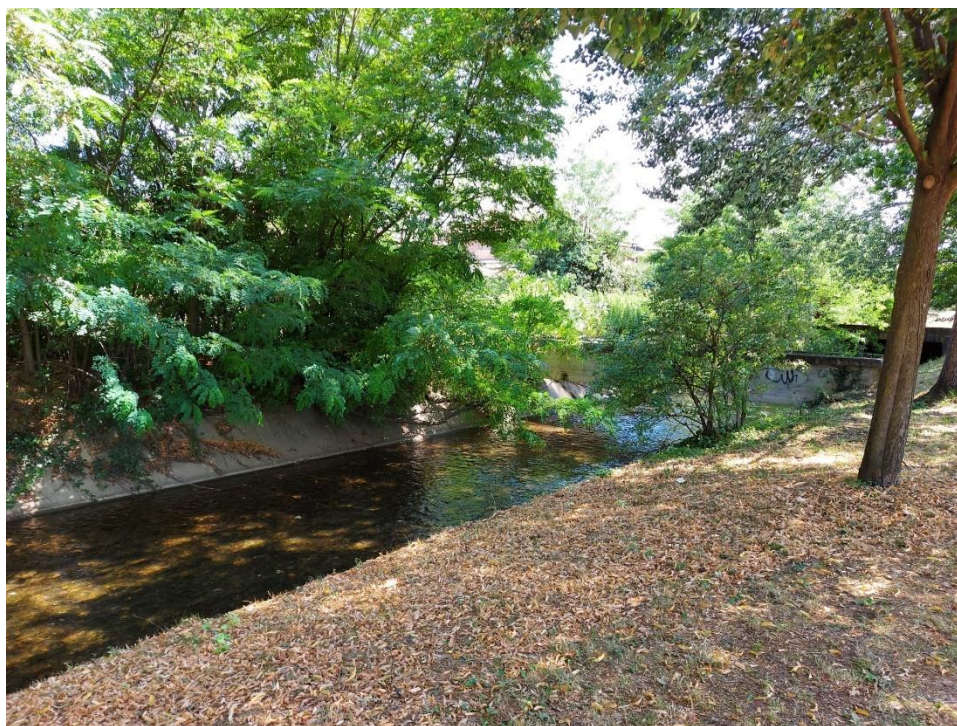


Figura 5: Foto del Bozzente a valle di via Santa Virginia (vista verso valle)





Figura 6: foto del Bozzente a valle di via Santa Virginia in una zona con presenza di accumulo di materiale terroso (vista verso valle)



Figura 7: foto del Bozzente a valle di via Santa Virginia in una zona con presenza di accumulo di materiale terroso (vista verso valle)

Nell'ultimo tratto di intervento, dopo la tombinatura all'interno del parco, le sponde si presentano con copertura prevalentemente a prato e alberi lontani dalle lastre in calcestruzzo, solo localmente vi sono delle



essenze che stanno muovendo e danneggiando il rivestimento in essere.



Figura 8: foto del Bozzente nel tratto parallelo a via Prima Strada (vista verso valle)

## 4 SOTTOSERVIZI IN PROSSIMITA' DEL TRATTO DI INTERVENTO

Per la mappatura delle reti dei sottoservizi si è fatto riferimento alle cartografie PUGSS e PGT (Piano dei Servizi) dei comuni interessati, utili per l'identificazione di:

- Rete acquedotto
- Rete fognatura
- Rete gas
- Rete elettrica
- Rete telecomunicazioni

### 4.1 Comune di Nerviano

Si riportano nelle seguenti immagini il tracciato dei sottoservizi e sopraservizi riportano nelle mappe del PUGSS di Nerviano con le relative legende.

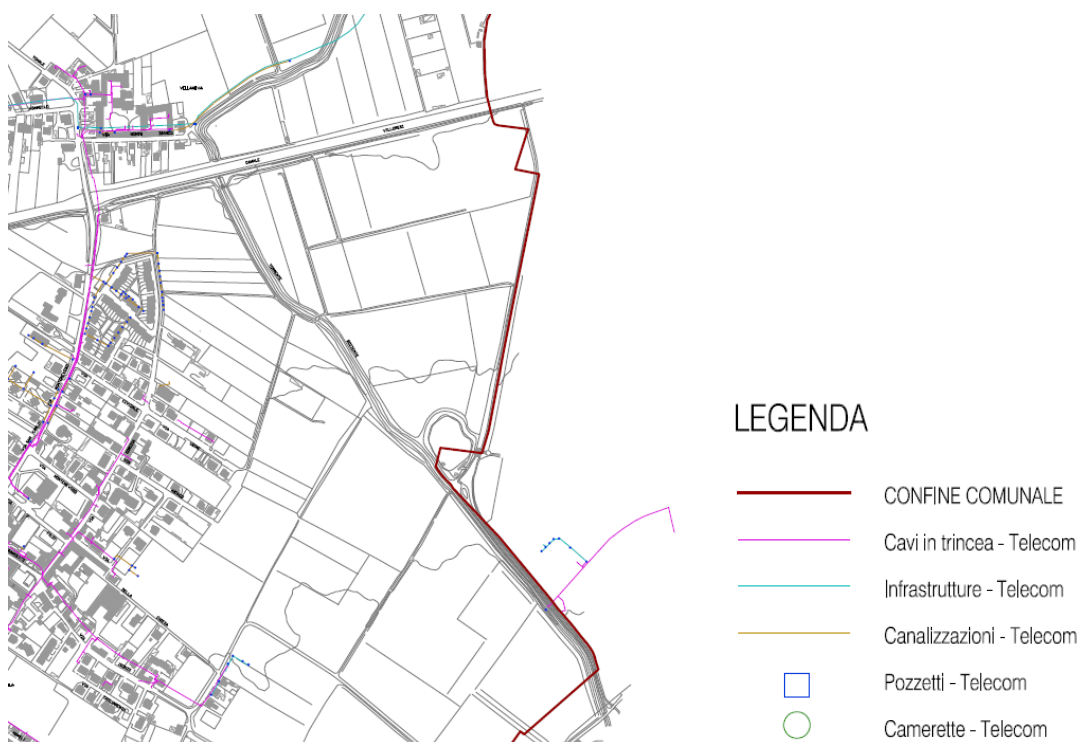


Figura 9: Rete telecomunicazioni (fonte piano dei servizi PUGSS del comune di Nerviano)



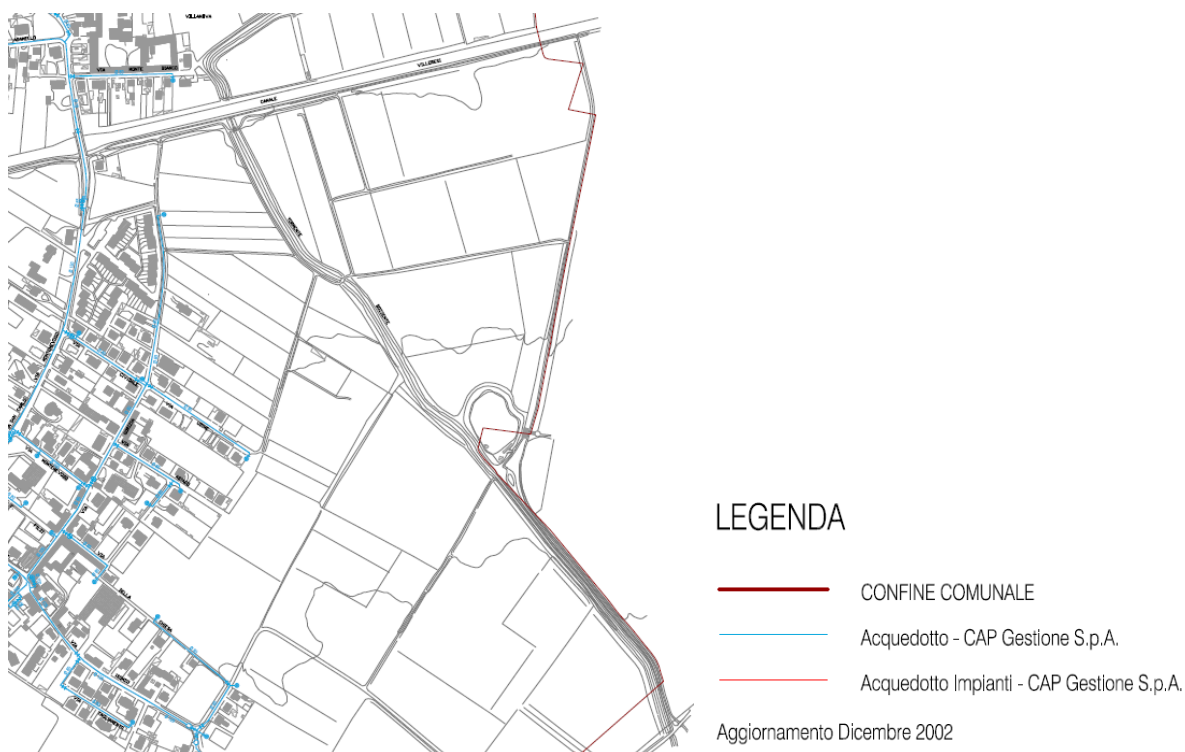


Figura 10: Rete acquedotto (fonte piano dei servizi PUGSS del comune di Nerviano)

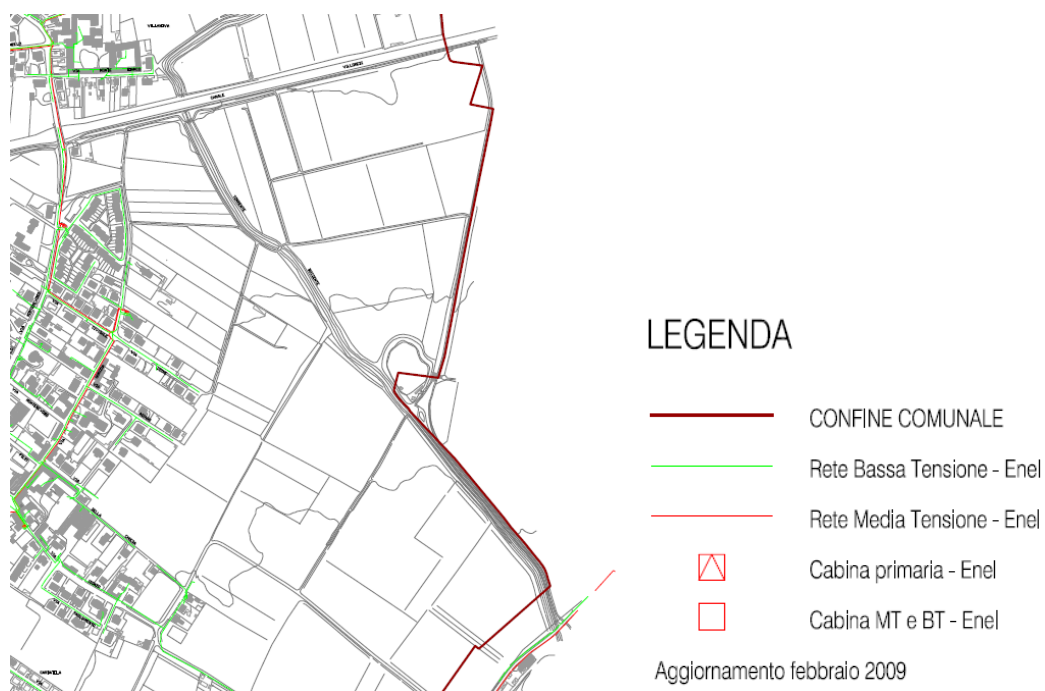


Figura 11: Rete elettrica Enel (fonte piano dei servizi PUGSS del comune di Nerviano)



Figura 12: Rete fognatura (fonte piano dei servizi PUGSS del comune di Nerviano)

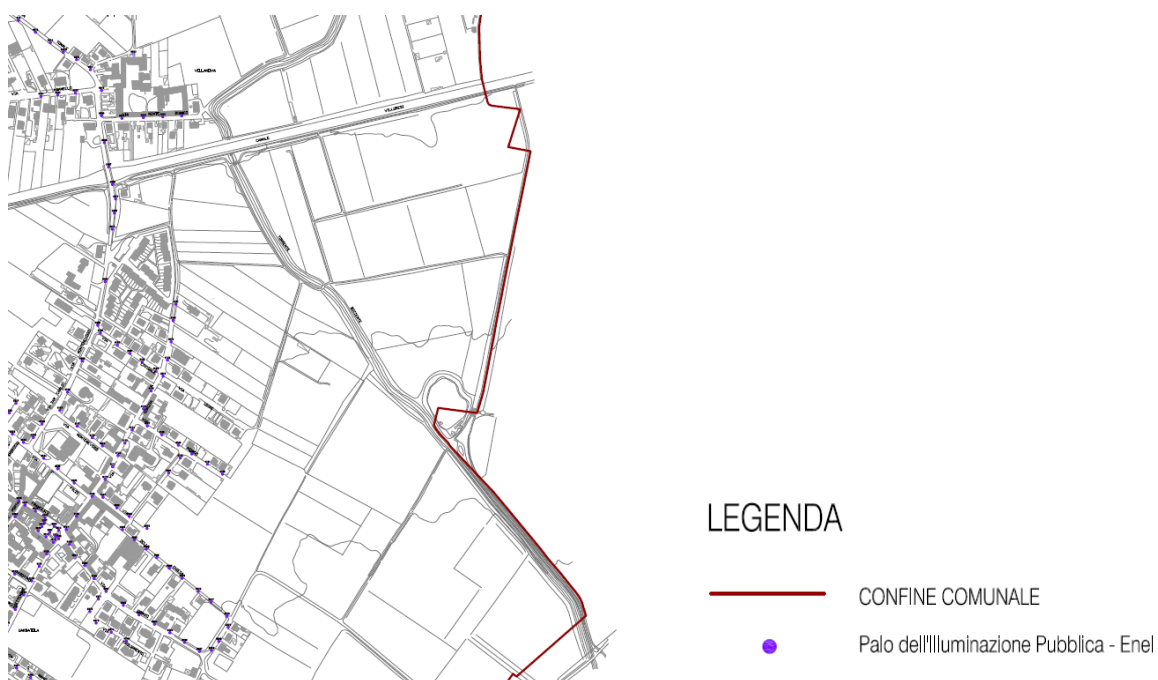


Figura 13: Rete illuminazione pubblica ENEL (fonte piano dei servizi PUGSS del comune di Nerviano)

## 4.2 Comune di Lainate

Si riportano nelle seguenti immagini il tracciato dei sottoservizi e sopraservizi riportano nelle mappe del PUGSS di Nerviano con le relative legende.

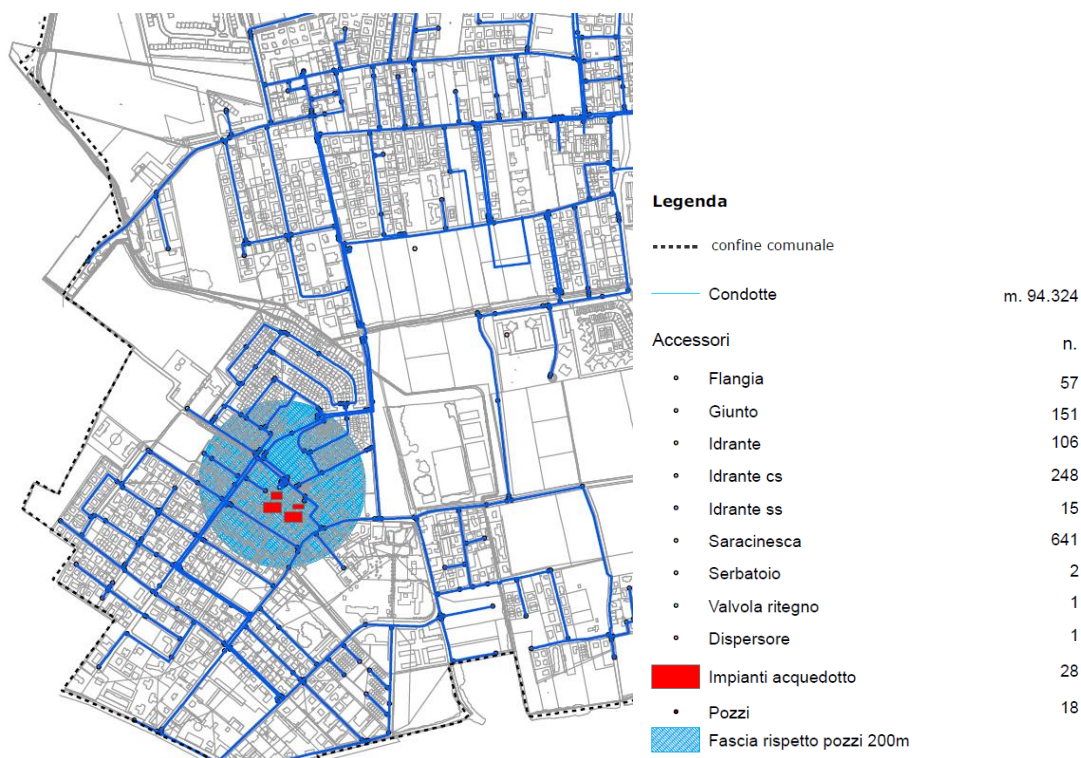


Figura 14: Rete acquedotto (fonte piano dei servizi PUGSS del comune di Lainate)

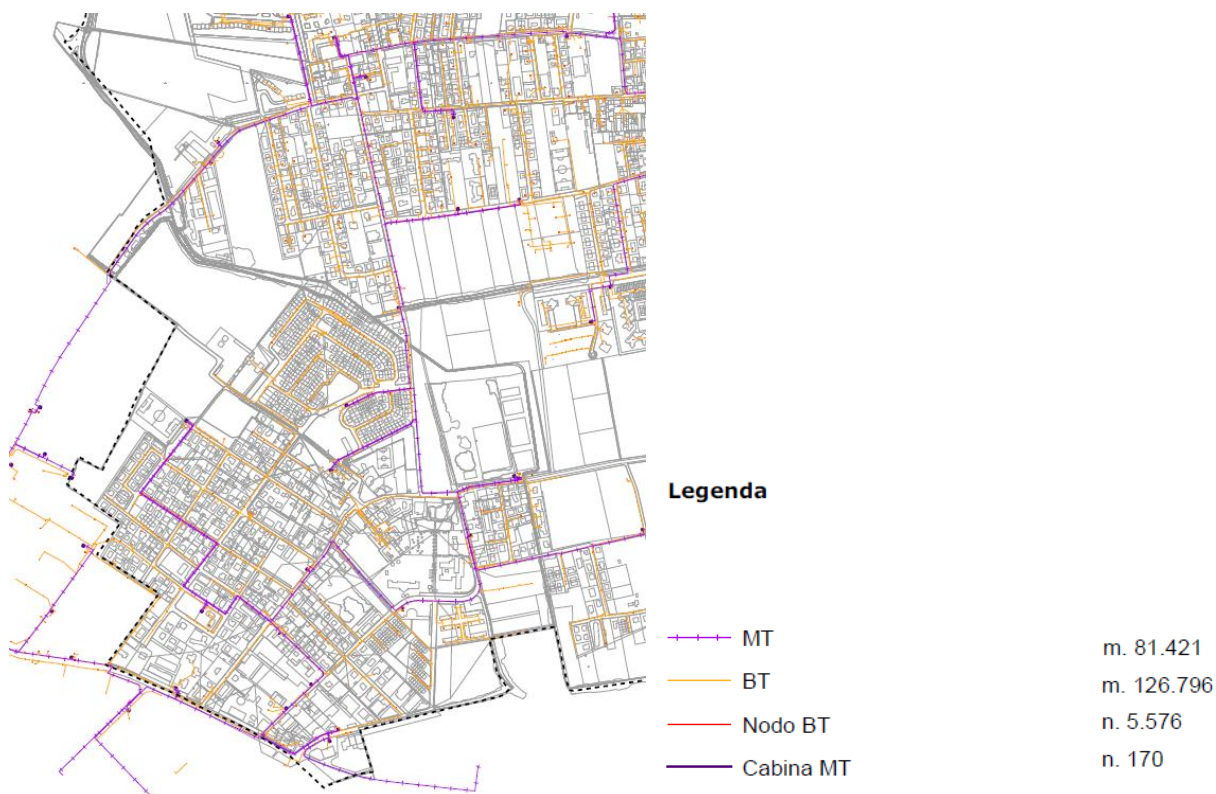


Figura 15: Rete elettrica Enel (fonte piano dei servizi PUGSS del comune di Lainate)



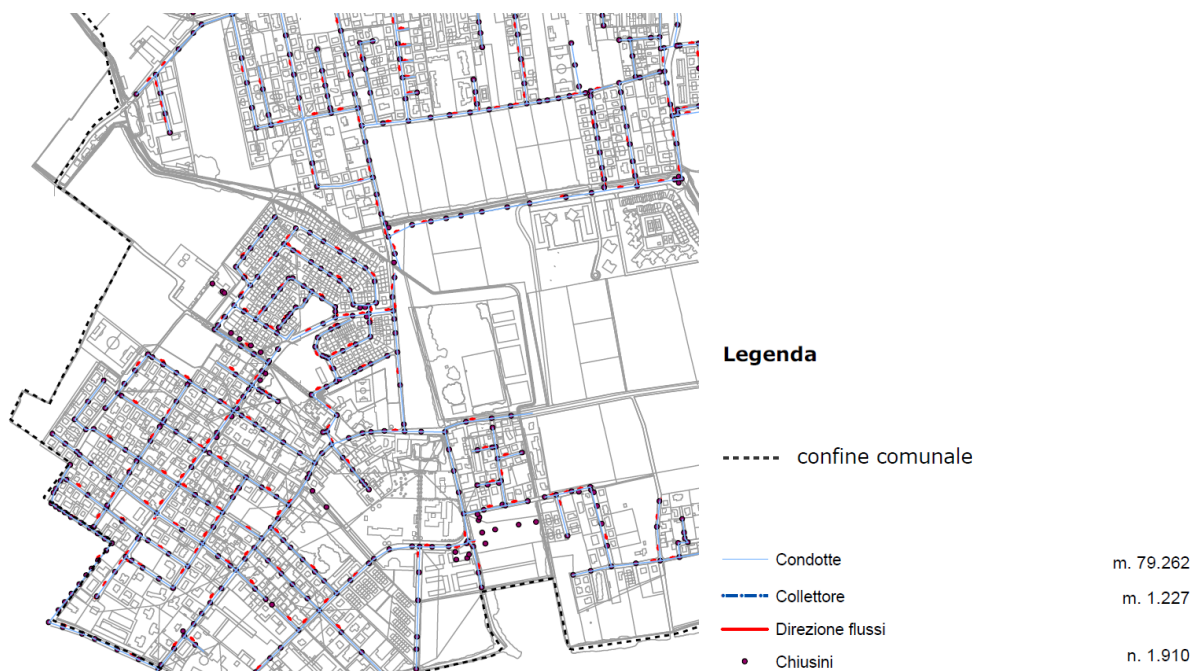


Figura 16: Rete fognatura (fonte piano dei servizi PUGSS del comune di Lainate)

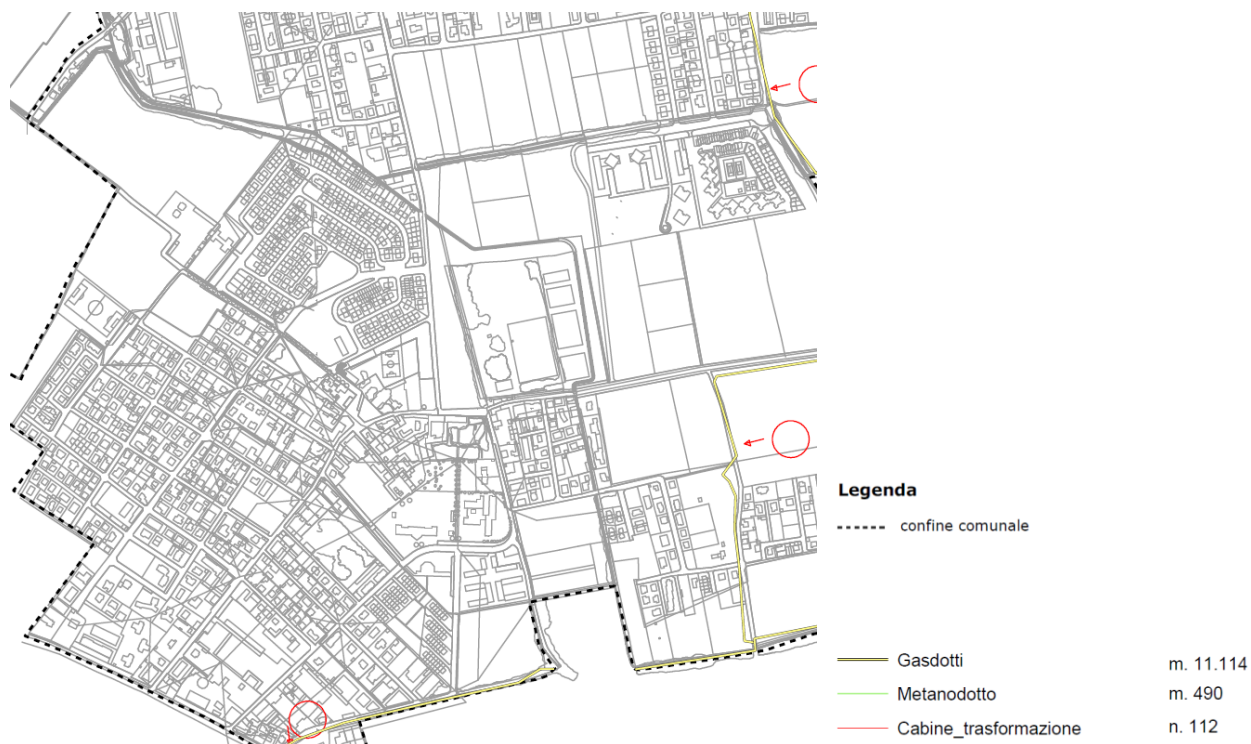


Figura 17: Rete gas (fonte piano dei servizi PUGSS del comune di Lainate)

## 5 RACCOLTA ED ANALISI DELLE INFORMAZIONI DISPONIBILI

Per lo svolgimento dell'incarico sono stati raccolti ed analizzati tutti gli studi condotti sul torrente Bozzente finalizzati a determinare il regime idrologico ed idraulico.

Nei paragrafi successivi si riporta nel dettaglio il materiale raccolto ed analizzato.

### 5.1 Studi e progetti pregressi

#### 5.1.1 Studio Lambro-Olona (Autorità di Bacino fiume Po, 2004)

Nell'ambito dello “*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro-Olona*” (2004), è stato definito l'assetto idraulico attuale e di progetto del T. Bozzente adottando come modello di simulazione idrologica ed idraulica il modello MIKE 11 del Danish Hydraulic Institute. Tale software è in grado, attraverso diversi moduli, di integrare il modello afflussi – deflussi con la propagazione dell'onda di piena lungo i diversi tratti del T. Bozzente. Il modello idrologico-idraulico AdBPo, ha permesso quindi di riprodurre contemporaneamente i diversi meccanismi di formazione delle piene nei sottobacini urbani ed extraurbani e i fenomeni di esondazione che si sviluppano lungo l'alveo del torrente.

In contesti come quello del Bozzente è fondamentale per una compiuta definizione dei meccanismi di formazione delle piene che il modulo “idrologico” ed “idraulico” a moto vario siano integrati al fine di considerare l'effetto dei restringimenti di alveo e degli invasi concentrati o diffusi, liberi o regolati, che si formano durante le piene. Tale rappresentazione infatti consente di definire come le onde di piena si propaghino, laminandosi, verso valle e ricevendo i contributi degli affluenti e dei reticoli fognari lungo il percorso. Mediante la modellazione idrologico-idraulica è stato quindi definito l'assetto attuale del corso d'acqua.

Nel primo tratto oggetto di modellazione idraulica, in particolare nel Comune di Mozzate, non si registrano particolari situazioni critiche tranne piccoli allagamenti localizzati in corrispondenza della linea ferroviaria Milano-Varese e di alcuni attraversamenti stradali. Appena a valle del centro abitato, per tutto il primo tratto rettificato fino al Parco Aironi, il torrente esce in alcuni punti circoscritti provocando aree di esondazione di piccola entità, che non interessano alcun centro abitato.

Vaste aree di allagamento si verificano, invece, nei pressi dei boschi di Uboldo, area che anticamente era stata mantenuta appunto allo scopo di laminare le onde di piena. Oggi però a causa dell'incremento delle aree urbanizzate e del notevole aumento degli scarichi urbani l'area boschiva non è più sufficiente a laminare interamente la piena e le aree che vengono coinvolte dalle esondazioni a carattere eccezionale, in questo tratto si estendono ben oltre i confini del bosco, interessando anche le aree coltivate ed alcuni edifici.

Questa area risulta essenzialmente pianeggiante e debolmente degradante verso sud-est, ed in totale assenza di argini sia naturali che artificiali, pertanto le aree di esondazione in questo tratto sono difficilmente definibili ed il volume di piena invaso in questo tratto risulta di difficile controllo.

Nel tratto rettilineo del Cavo Borromeo a ovest di Uboldo e di Origgio fino all'attraversamento

dell'Autostrada dei Laghi, la portata di piena è completamente contenuta in alveo pertanto non si sono riscontrate esondazioni neanche per le simulazioni idrauliche aventi tempo di ritorno elevato. Ciò è da imputare ai recenti lavori effettuati lungo l'asta del torrente; in questo tratto, infatti, è stato effettuato un abbassamento dell'alveo, portando la sezione trasversale da 1.0–1.5 mq a 5-6 mq.

Circa 2 km a valle dell'attraversamento autostradale, si trova il sifone di attraversamento del Canale Villorosi. In questa zona, a causa della sezione ristretta del sottopasso, si vengono a creare ampie aree allagate. Le sezioni di imbocco e di sbocco del sifone sono di tipo rettangolare di 3.5 x 1.7 metri con un restringimento nella posizione centrale fino 3.82 m<sup>2</sup>.

Anche il ponticello sulla strada che collega Lainate all'abitato di Villanuova, appena a monte del Canale Villorosi, presenta una sezione disponibile al deflusso molto ristretta pertanto anch'esso contribuisce alla riduzione delle portate transitabili verso valle.

La portata centennale in arrivo alla sezione risulta di circa 29 mc/s, mentre quella che effettivamente prosegue verso valle è pari a 20 mc/s.

Nel tratto immediatamente a valle dell'attraversamento del Canale Villorosi, non risultano esserci allagamenti di particolare entità fino al deviatore in Olona in corrispondenza dell'abitato di Biringhello. Il Bozzente in questo tratto scorre a cielo aperto e risulta canalizzato con sezione media di 5 metri di larghezza con sponde alte 2 metri. Lo scolmatore è realizzato con una presa laterale non regolata con quota di inizio sfioro praticamente coincidente con la quota di fondo del Bozzente, che convoglia le acque in uno scatolare lungo circa 1900 metri, a sezione rettangolare 2,5 m x 2,0 m con pendenza media del 2 per mille. Lungo l'asta del Bozzente, appena a valle del manufatto scolmatore, si ha una variazione di sezione con restringimento dell'alveo fino a una larghezza di circa 2 metri. In corrispondenza di questa sezione è inserita una paratoia di larghezza pari a quella dell'alveo e mantenuta fissa ad una altezza dal fondo di circa 20 cm. L'azione combinata del restringimento e della paratoia provoca un innalzamento dei livelli del Bozzente a monte, con conseguente incremento della portata scaricata verso l'Olona attraverso lo scolmatore, che è dimensionato per convogliare una portata di 12 mc/s.

A valle dello scolmatore proseguono un po' meno di 6 mc/s d'acqua. A questa portata si somma il contributo del bacino tra lo scolmatore e l'ingresso del tombino dell'abitato di Rho. Il tratto terminale di questa tombinatura, appena a monte della confluenza in Olona, presenta una sezione rettangolare di larghezza variabile da 1,7 a 2,1 metri e altezza compresa tra 1,55 e 2,28 metri. Esso è dunque in grado di convogliare portate massime di 6 mc/s, ma durante eventi pluviometrici intensi risulta insufficiente a convogliare le portate provenienti dal bacino di monte e i contributi degli scarichi propri dell'abitato di Rho.

### 5.1.2 Progetto Esecutivo “Lavori di realizzazione della vasca di laminazione lungo il torrente Bozzente in comune di Nerviano” (AIPO, 2014)

L'area di espansione di Nerviano è stata progettata per raggiungere la sua massima efficienza di fronte allo svolgersi di una piena con tempo di ritorno di 10 anni. L'obiettivo è quello di garantire una portata in uscita compatibile con le condizioni attuali del tratto di valle, in particolare con la portata massima derivabile dal canale deviatore verso l'Olona, cioè 12 m<sup>3</sup>/sec.



Tuttavia a seguito delle prescrizioni V.I.A., però, la filosofia progettuale come definita dal Gruppo di accompagnamento alla progettazione è stata modificata, introducendo la necessità dell'invarianza idraulica dell'opera, nel transitorio, per le piene con tempo di ritorno fino a 100 anni. Ciò ha comportato diversi aggiornamenti strutturali che possono essere così riassunti:

1. innalzamento delle quote di sommità degli argini di contenimento fino a 181,50 m s.l.m.;
2. modifica della geometria degli scarichi di fondo dei comparti;
3. estensione delle aree allagabili a nord dell'area di espansione;
4. inserimento di un manufatto di regolazione dei deflussi per la limitazione delle portate trasferite a valle.

Sulla base delle prescrizioni VIA per la piena centennale si è imposta quindi l'invarianza idraulica delle portate trasferite verso valle, per cui la portata massima ammessa a valle è pari a 17,75 m<sup>3</sup>/sec. Nella figura seguente si riporta l'idrogramma in ingresso e in uscita dalla vasca calcolato con le modellazioni idrauliche di progetto.

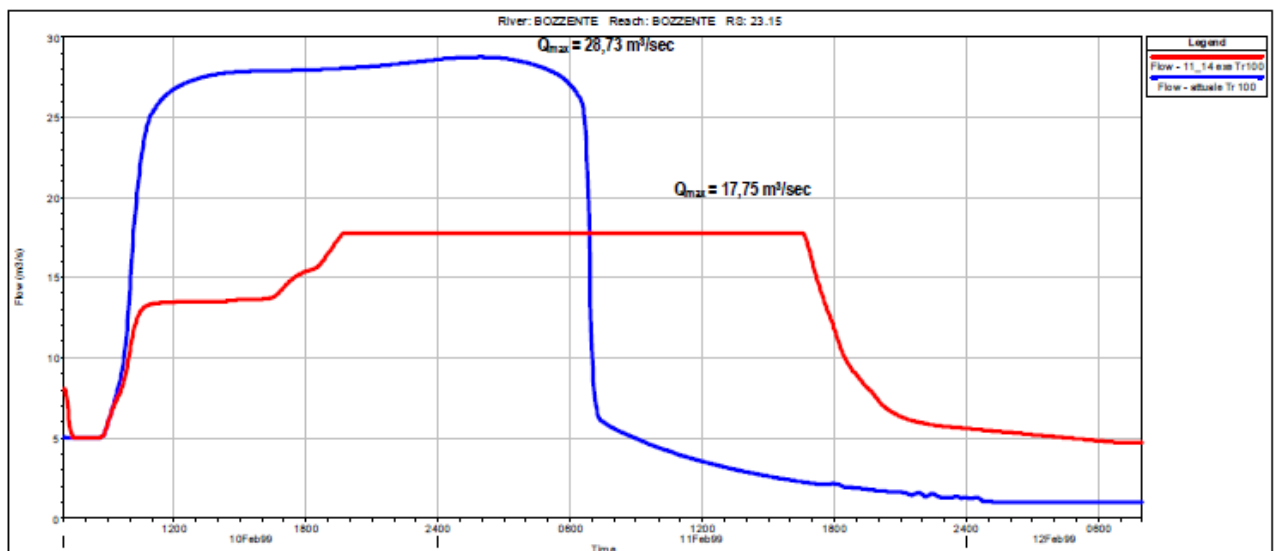


Figura 18: Confronto idrogrammi di uscita dall'opera nello stato attuale e di progetto con Tr di 100 anni (Fonte: Progetto Esecutivo AIPO, 2014)

L'opera dimensionata per un volume totale di invaso di circa 957'000 mc si costituisce delle seguenti parti:

1. area di laminazione suddivisa in due comparti, di cui quello a destra ulteriormente modellato in 3 zone a quota di fondo differenziata (176,15, 176,50 e 177,00 m.s.l.m.), ottenuti per scavo degli attuali terreni;
2. manufatto regolatore delle portate in alveo, costituito da uno sbarramento con bocca tarata delle dimensioni di 2,00 m x 3,60 m dotata di paratoia a settore; nel manufatto regolatore convergono anche gli scarichi di svuotamento dei due comparti, delle dimensioni di 0,40 m x 0,40 m dotati di valvole a clapet; il manufatto contiene anche gli scarichi di fondo dei comparti, dotati di paratoia.

3. 2 sfioratori laterali per l'ingresso delle acque nei comparti, realizzati con scivoli a bassa pendenza in pietrame sciolto;
4. sfioro di sicurezza in c.a., a forma di L ad ali uguali, costituito da un profilo Creager della lunghezza di 66 m e quota ciglio 180,50 m s.l.m.;
5. canale di restituzione in alveo in c.a. di sezione quadrata delle dimensioni 2,50 m x 4,50 m sottopassante il Canale Villoresi;
6. arginature perimetrali con sommità a quota 181,50 m s.l.m., costituite da un nucleo derivante dagli scavi di costituzione dei comparti e fasciatura lato cassa con materiale impermeabili classe A6, A6-7 per 60 cm, proveniente da cava privata, e ricopertura con strato vegetale proveniente dallo scotico preliminare delle aree di escavo.

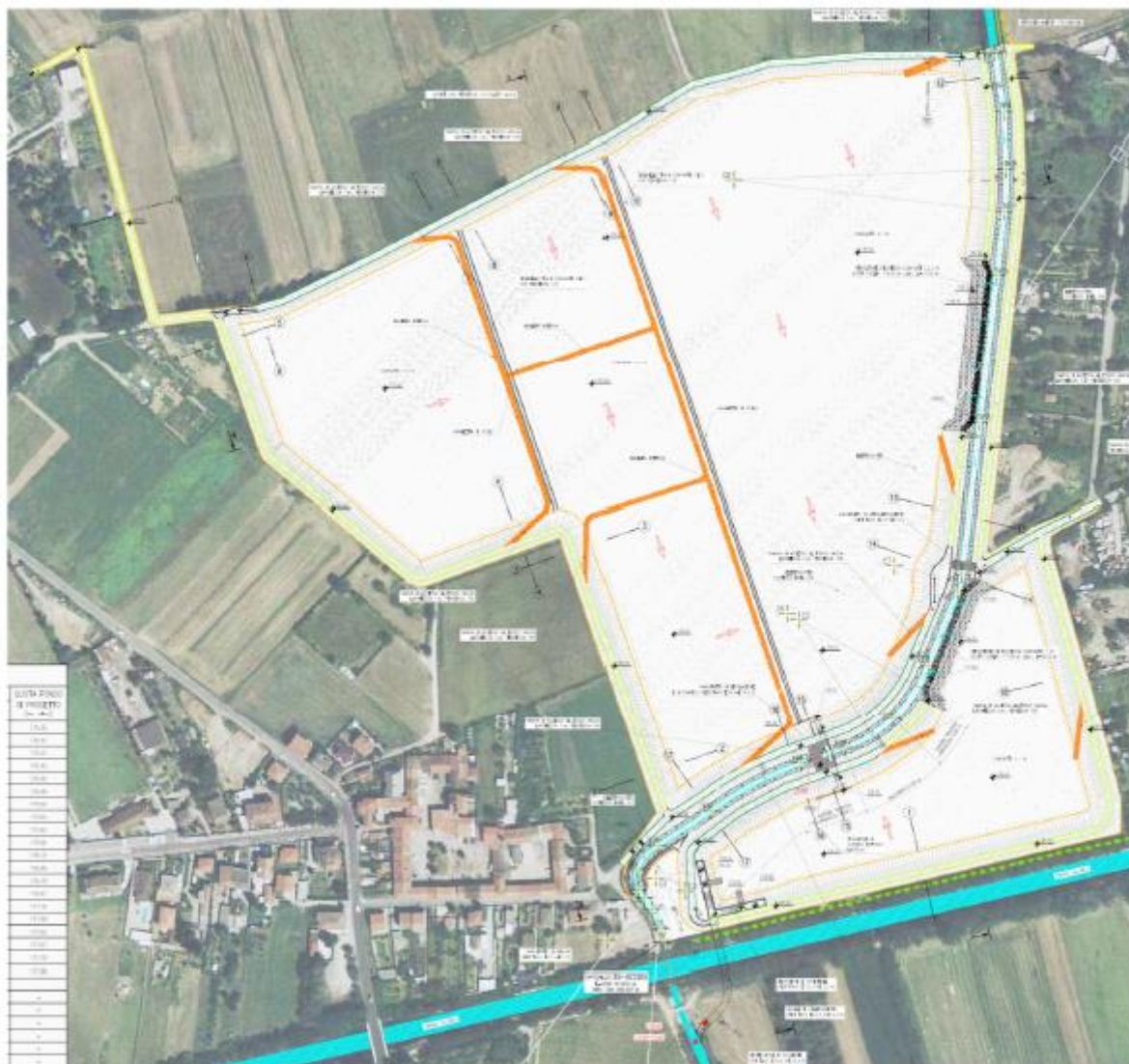


Figura 19: Planimetria progetto area laminazione di Nerviano (Fonte: Progetto Esecutivo AIPO, 2014)

### 5.1.3 Studio Idrologico-Idraulico per la definizione di soglie di attenzione-allerta-allarme idrometriche lungo le aste dei torrenti Molgora e Bozzente (ETVilloresi, 2020)

Nel 2020 il Consorzio di Bonifica Est Ticino Villoresi ha redatto per Regione Lombardia lo studio idrologico idraulico del t. Bozzente per l'individuazione delle soglie di attenzione – allerta - allarme sugli idrometri installati lungo l'asta del corso d'acqua a cura dello stesso ETVilloresi. Il modello idraulico è stato redatto sulla scorta dei dati e delle sezioni trasversali contenute nello studio AdBPo Lambro-Olona aggiungendo e aggiornando le sezioni trasversali in corrispondenza degli idrometri. L'input pluviometrico è stato inoltre aggiornato considerando le LSPP del progetto Strada di Arpa Lombardia.

I risultati dello studio sono riportati nelle planimetrie idrauliche allegate al presente progetto, che mostrano l'officiosità idraulica dei tratti oggetto di studio.

In corrispondenza del ponte di via Pogliano l'officiosità idraulica dello stesso è pari a 21 mc/s e la sponda è in grado di contenere una portata compresa tra 15 e 20 mc/s.

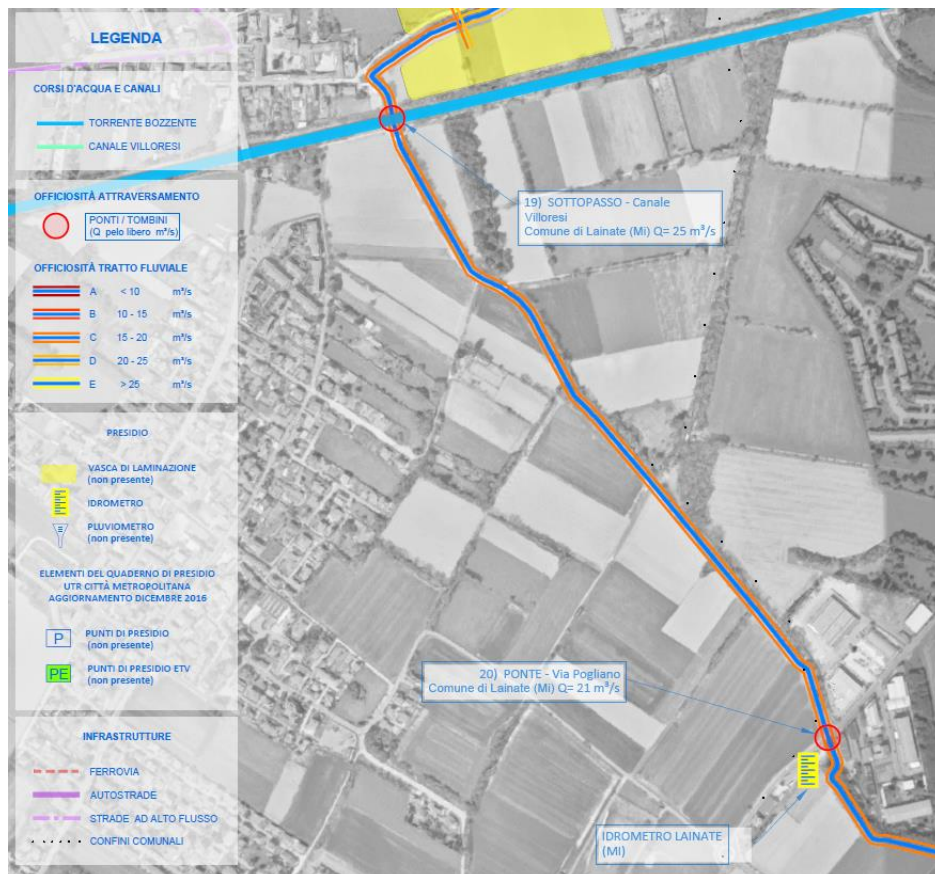


Figura 20: Planimetria con officiosità idraulica del tratto iniziale (Fonte: Studio ETVilloresi 2020)

L'officiosità idraulica dell'alveo a valle di via Pogliano di mantiene sempre compresa tra i 15 e i 20 mc/s, si segnala tuttavia che il tombino via di Santa Virgina è il più critico nel tratto in esame poiché l'officiosità si riduce a 10 mc/s.





Figura 21: Planimetria con officiosità idraulica tratto via Santa Virginia – Via Omero (Fonte: Studio ETVilloresi 2020)

#### 5.1.4 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

In data 17/12/2015, con deliberazione n. 4/2015 l'Autorità di Bacino del Fiume Po ha adottato il "Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del Distretto Idrografico Padano" (PGRA) ai sensi del D. Lgs. 23/02/2010 n. 49 e s.m.i. (pubblicato in data 23/12/2015 sul proprio sito istituzionale) e approvato con deliberazione n. 2/2016 del 3 marzo 2016. Contestualmente, sempre in data 17/12/2015, con deliberazione n. 5/2015 l'Autorità di Bacino ha adottato il "Progetto di Variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI)", (pubblicata sul sito internet dell'Autorità in data 22/12/2015). È attualmente in corso il processo di revisione del PGRA che terminerà entro dicembre 2021.

Nel contenuto della deliberazione n. 5/2015, l'Autorità di Bacino, prevede che fino all'adozione definitiva della Variante del PAI, per le Aree a Rischio Significativo (ARS) individuate nelle mappe della Pericolosità e del Rischio di Alluvioni che costituiscono elementi di aggiornamento in materia di protezione civile e in particolare ai fini della predisposizione o adeguamento dei piani di emergenza di cui all'art. 67.5 del D. Lgs n. 152/2006, si devono ritenere applicabili le misure previste dall' "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, D.L. 11 giugno 1998, n. 180" adottato con DPCM 29 settembre 1998 per le aree di cui all'art. 1, comma 1, lett. b del D.L. n. 279/2000 convertito in Legge n. 365/2000.

Il Piano ha come finalità quella di ridurre le conseguenze negative derivanti dalle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali. A tal fine nel Piano vengono individuate le aree potenzialmente esposte a pericolosità per alluvioni, stimato il grado di rischio al quale sono esposti gli elementi che ricadono entro tali aree "allagabili", individuate le "Aree a Rischio

*Significativo (ARS)*” e impostate misure per ridurre il rischio medesimo, suddivise in misure di prevenzione, protezione, preparazione, ritorno alla normalità ed analisi, da attuarsi in maniera integrata. La delimitazione e la classificazione delle aree allagabili sono contenute nelle mappe di pericolosità, la classificazione del grado di rischio al quale sono soggetti gli elementi esposti è rappresentata nelle mappe di rischio.

Le mappe, redatte nella prima versione nel 2013 e aggiornate al 2015 a seguito delle osservazioni pervenute nella fase di partecipazione, contengono la delimitazione delle aree allagabili per diversi scenari di pericolosità:

- aree P3 (H nella cartografia), o aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti;
- aree P2 (M nella cartografia), o aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti;
- aree P1(L nella cartografia), o aree potenzialmente interessate da alluvioni rare

Le aree allagabili individuate, per quanto concerne la Regione Lombardia, riguardano i seguenti “ambiti territoriali”:

1. Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP).
2. Reticolo secondario collinare e montano (RSCM).
3. Reticolo secondario di pianura naturale e artificiale (RSP).
4. Aree costiere lacuali (ACL)

Le mappe di pericolosità e rischio contenute nel PGRA rappresentano un aggiornamento e integrazione del quadro conoscitivo rappresentato negli Elaborati del PAI in quanto:

- contengono la delimitazione delle aree allagabili su corsi d’acqua del Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP) non interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali nel PAI;
- aggiornano la delimitazione delle aree allagabili dei corsi d’acqua già interessati dalle delimitazioni delle fasce fluviali nel PAI e, per i corsi d’acqua Mella, Chiese e Serio la estendono verso monte;
- contengono la delimitazione delle aree allagabili in ambiti (RSP e ACL) non considerati nel PAI;
- contengono localmente aggiornamenti delle delimitazioni delle aree allagabili dei corsi d’acqua del reticolo secondario collinare e montano (RSCM) rispetto a quelle presenti nell’Elaborato 2 del PAI, così come aggiornato dai Comuni;
- classificano gli elementi esposti ricadenti entro le aree allagabili in quattro gradi di rischio crescente (da R1, rischio moderato a R4, rischio molto elevato).

Nella figura seguente si ripota uno stralcio della mappa del PGRA consultabili on-line sul viewer cartografico della Regione Lombardia.

Le aree di allagamento sul torrente Bozzente sono state aggiornate nel dicembre 2019 a seguito della procedura prevista dalla DGR 6738/2017 per effetto della realizzazione delle vasche di laminazione che hanno aumentato il grado di sicurezza del territorio posto a valle. Le immagini riportano già la perimetrazione aggiornata delle aree.

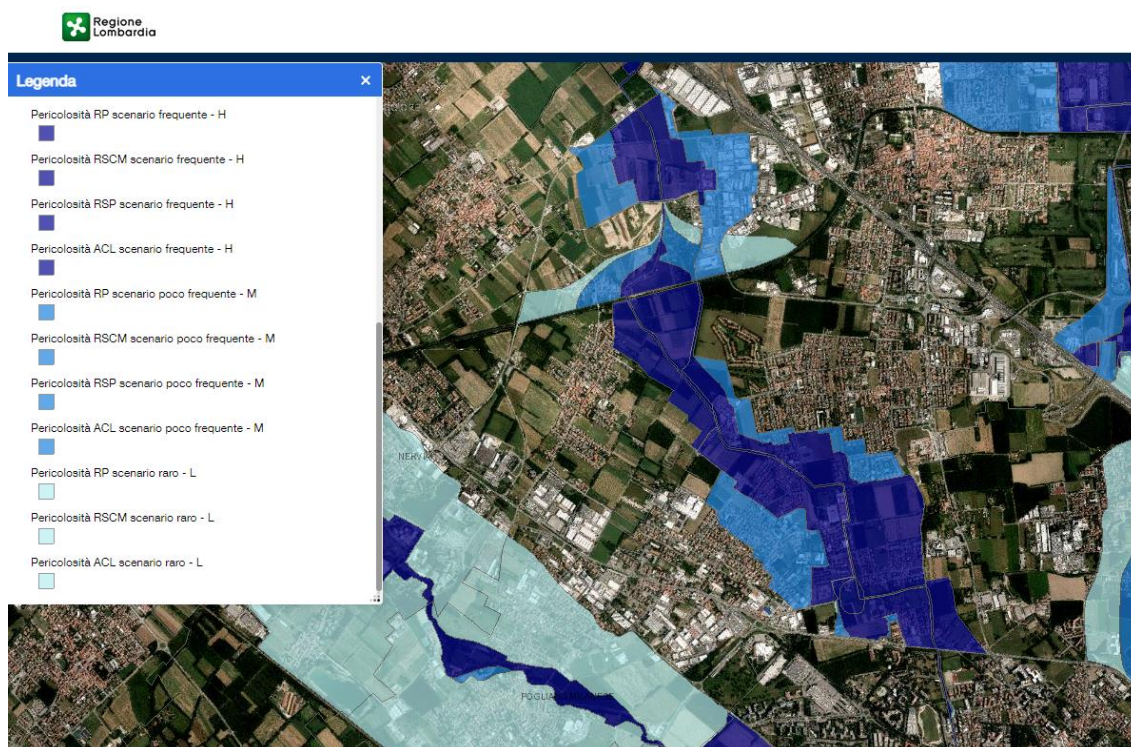


Figura 22: Stralcio mappa PGRA dell'area di interesse

Il dettaglio della mappa del PGRA per l'area in esame mostra allagamenti per lo scenario frequente in blu scuro (T 10 anni) e per lo scenario poco frequente in azzurro (T 100 anni)



## 6 ANALISI IDROLOGICA E IDRAULICA

### 6.1 Portate di riferimento nel tratto in esame

Le portate di riferimento nel tratto in esame sono quelle riportate nel progetto di realizzazione della vasca di laminazione di Nerviano, già impiegate nello studio idrologico idraulico per le soglie idrometriche di ETVilloresi nel 2020.

Nella presente progettazione si è pertanto utilizzato il modello idraulico implementato per l'identificazione delle soglie, descritto al capitolo precedente e i cui risultati sono riportati nelle planimetrie idrauliche facenti parte del presente progetto definitivo.

Per il tempo di ritorno di 100 anni la portata di riferimento è pari a 17,75 mc/s mentre per 10 anni di tempo di ritorno la portata è circa 12 mc/s.

### 6.2 Simulazioni

Il comportamento del corso d'acqua è stato analizzato tramite il modello implementato nel lavoro sopra citato, verificando la sostanziale coerenza con le sezioni del nuovo rilievo.

Nel tratto in esame il codice di calcolo impiegato ha simulato la corrente in moto vario monodimensionale con il codice di calcolo Hec-ras descritto nel seguito.

### 6.3 Il codice di calcolo HEC-RAS

Per la definizione del profilo di corrente ci si è avvalsi di uno specifico codice di calcolo denominato HEC-RAS, elaborato dall'U.S. Army Corps of Engineers. Il codice di calcolo HEC-RAS è sviluppato dall'U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center.

HEC-RAS risolve le equazioni di De Saint Venant distinguendo tra alveo e zone golenali:

Equazione di continuità

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0$$

dove

- x      distanza lungo il canale;
- t      tempo;
- Q      portata;
- A      area della sezione;
- S      area della sezione con considerata contribuente al deflusso (ineffective flow area);
- q<sub>l</sub>    flusso laterale per unità di lunghezza.

L'equazione può essere scritta per l'alveo inciso, per la golenella destra e per la golenella sinistra, di seguito, per semplicità, si riportano le equazioni per l'alveo inciso e per le golene complessivamente:

$$\frac{\partial A_a}{\partial t} + \frac{\partial Q_a}{\partial x_a} - q_g = 0$$

$$\frac{\partial A_g}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q_g}{\partial x_g} = q_a + q_l$$

Dove la sottoscrittura  $a$  e  $g$  indica alveo inciso e golene rispettivamente,  $q_c$  e  $q_g$  indicano gli scambi di portata tra l'alveo inciso e le zone golenali. Si noti come siano considerate distanze diverse lungo l'alveo inciso e le zone golenali.

#### Equazione dell'energia

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(VQ)}{\partial x} + gA \left( \frac{\partial z}{\partial x} + S \right) = 0$$

dove:

$g$  accelerazione di gravità;

$S$  perdite di energia dovute alla scabrezza;

$V$  velocità.

Anche in questo caso possiamo scrivere l'equazione per l'alveo inciso e per le golene:

$$\frac{\partial Q_a}{\partial t} + \frac{\partial(V_a Q_a)}{\partial x_a} + gA_a \left( \frac{\partial z}{\partial x_a} + S_a \right) = M_g$$

$$\frac{\partial Q_g}{\partial t} + \frac{\partial(V_g Q_g)}{\partial x_g} + gA_g \left( \frac{\partial z}{\partial x_g} + S_g \right) = M_a$$

24  
33

dove  $M$  rappresenta lo scambio di quantità di moto tra alveo inciso e golene, si noti che  $\Delta x_a M_a = -\Delta x_g M_g$

Nelle equazioni  $z$  (livello d'acqua) non è sottoscritto, infatti un modello monodimensionale ha come assunzione implicita che il livello è costante all'interno dell'intera sezione. La velocità è invece diversa tra alveo inciso e zone golenali, per cui si avrebbe un valore dell'energia diverso, non possibile in un modello monodimensionale. Il valore dell'energia viene calcolato introducendo il valore  $\alpha$ . Considerando una velocità media nella sezione e differenziando tra alveo, golena destra e golena sinistra, facendo una media pesata sulle portate, possiamo scrivere:

$$\alpha \frac{\bar{V}}{2g} = \frac{Q_{gss} \frac{V_{gss}^2}{2g} + Q_a \frac{V_a^2}{2g} + Q_{gdx} \frac{V_{gdx}^2}{2g}}{Q_{gss} + Q_a + Q_{gdx}}$$

assumendo che la pendenza della linea dell'energia è unica risulta anche:

$$Q_{gss} = \frac{Q_{Tot}}{K_{Tot}} K_{gss} \quad Q_a = \frac{Q_{Tot}}{K_{Tot}} K_a \quad Q_{gdx} = \frac{Q_{Tot}}{K_{Tot}} K_{gdx}$$

dove  $K$  rappresenta la conveyance o conduttività idraulica. Inserendo quest'ultime nell'equazione precedente si ottiene:

$$\alpha = \frac{A_{Tot}^2 \left[ \frac{K_{gxx}^3}{A_{gxx}^2} + \frac{K_a^3}{A_a^2} + \frac{K_{gdx}^3}{A_{gdx}^2} \right]}{K_{Tot}^3}$$

HEC-RAS utilizza l'equazione di Manning per la definizione delle perdite di carico per attrito:

$$Q = \frac{AR_H^{2/3} \sqrt{S}}{n}$$

dove n è il coefficiente di scabrezza secondo tale formulazione. HEC-RAS nella scrittura, e quindi implementazione, dell'equazione dell'energia distingue sempre tra alveo inciso e zone golenali calcolando separatamente la conveyance di queste zone. Nel caso in cui all'interno di tali zone vi siano variazioni di scabrezza suddivide ulteriormente la sezione calcolando la conveyance per ogni tratto a partire da area e contorno bagnato.

Oltre alle perdite di carico per attrito HEC-RAS considera anche le perdite di carico per allargamento o restringimento della sezione:

$$h_e = C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

dove c'è il coefficiente di contrazione.

In HEC-RAS possono essere schematizzate diversi tipi di strutture, sia trasversali al corso d'acqua che parallele allo stesso.

Per le strutture trasversali la valutazione delle perdite di carico dovute alla presenza della struttura è fatta mediante la schematizzazione con 4 sezioni del tratto in cui avviene la contrazione e l'espansione della vena liquida (vedi figura seguente). Il manuale di HEC-RAS riporta anche diverse formulazioni per la valutazione di un corretto posizionamento delle sezioni 1 e 4.

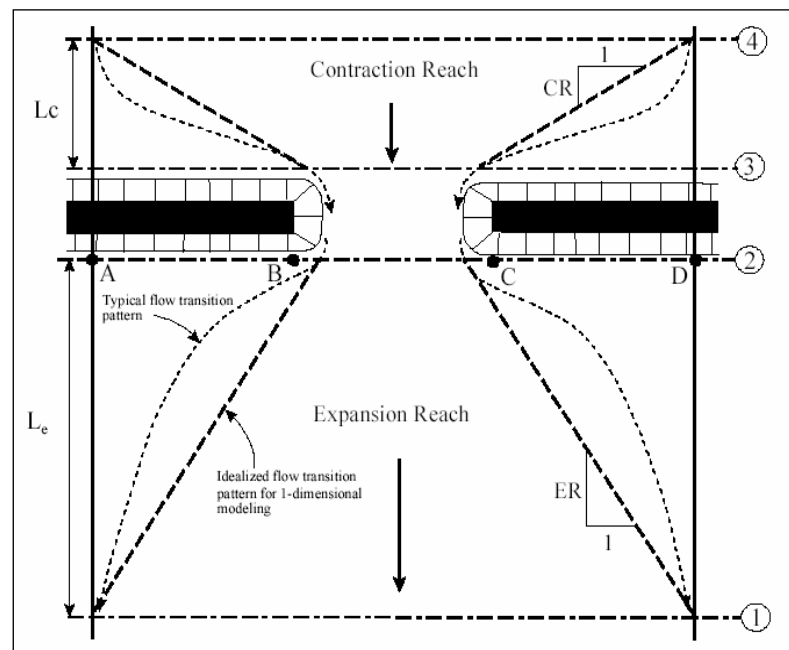




Figura 23: Posizionamento delle sezioni per l'analisi dei tratti di contrazione ed espansione dovuto alle strutture

In corrispondenza dei ponti, il codice di calcolo permette l'utilizzo di 4 formulazioni per il calcolo del rigurgito: bilancio energetico, teorema della quantità di moto, Yarnell ed il metodo WSPRO. Il calcolo del deflusso attraverso gli stramazzi è fatta con le formule degli stramazzi. Si possono considerare sia stramazzi in parete sottile che in parete grossa, liberi o controllati da paratoie verticali o radiali.

Oltre alle strutture trasversali alla corrente è possibile considerare delle strutture parallele alla corrente che simulano lo sfioro dell'acqua al di sopra di un argine o di una apposita struttura di sfioro laterale. In HEC-RAS il calcolo della portata sfiorante non è fatta considerando unicamente il livello di una sezione, ma considerando la variazione di livello sia dello stramazzo che del livello d'acqua, permettendo una più precisa valutazione.

Per la valutazione del trasporto solido, il codice di calcolo sulla base di curve granulometriche definite dall'utente, può fare riferimento a diverse formulazioni, ognuna delle quali è caratterizzata da un certo campo di validità a seconda dei diametri in gioco (Meyer – Peter – Muller, Wong and Parker, Laursen, Engelund and Hanse, Ackers and White, Yang et al, Wu, ecc.).

I risultati in termini di officiosità, poiché le portate in gioco sono paragonabili alla capacità di trasporto del corso d'acqua e limitate dalla presenza degli attraversamenti, sono riportate graficamente nelle planimetrie idrauliche 2006-1 e 2006-2.

## 7 DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Le opere previste in progetto sono state individuate al fine di raggiungere gli obiettivi di ripristino e manutenzione delle sponde, con formazione di scogliere nei tratti con marcata erosione o che necessitano di un maggior grado di protezione in funzione delle infrastrutture presenti.

Il tratto oggetto di intervento si estende dalla sezione S1 di rilievo, a monte di via Pogliano a Lainate sino alla sezione S39 al ponte di via Maraviglia a Lainate per circa 1,6 km. Le opere sono individuate nelle planimetrie di progetto (tavole 2004/1, 2004/2 e 2004/3).

L'intervento prevede azioni di taglio selettivo delle piante presenti sulle sponde e argini, eliminando le alloctone invasive e gli esemplari morti, pericolanti o deperienti. L'azione di taglio selettivo è accompagnata da decespugliamento e locale rimozione delle ceppaie che in alveo ostacolano in deflusso della corrente. Sul fondo si prevede la rimozione degli accumuli di materiale terroso, oltre che dei rifiuti presenti.

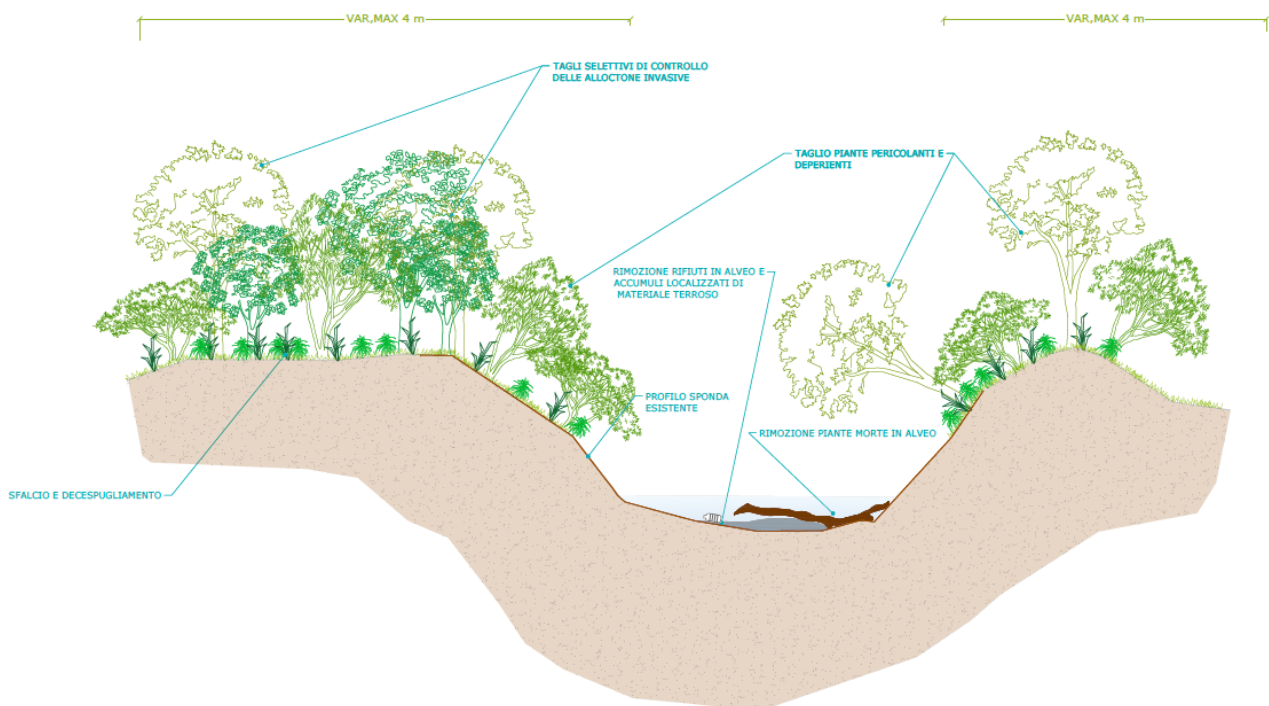


Figura 24: interventi previsti in alveo e sulle sponde

Le porzioni con erosione marcata saranno inoltre protette con realizzazione di scogliera al piene, con berma di spessore 80 cm al fine di evitare lo scalzamento e altezza al di sopra del fondo alveo di 1,0 m. La scogliera al piede costituisce un elemento di protezione dall'erosione, limitata alla base della sponda, dove più frequente è il deflusso e quindi l'azione continua operata dalla corrente.

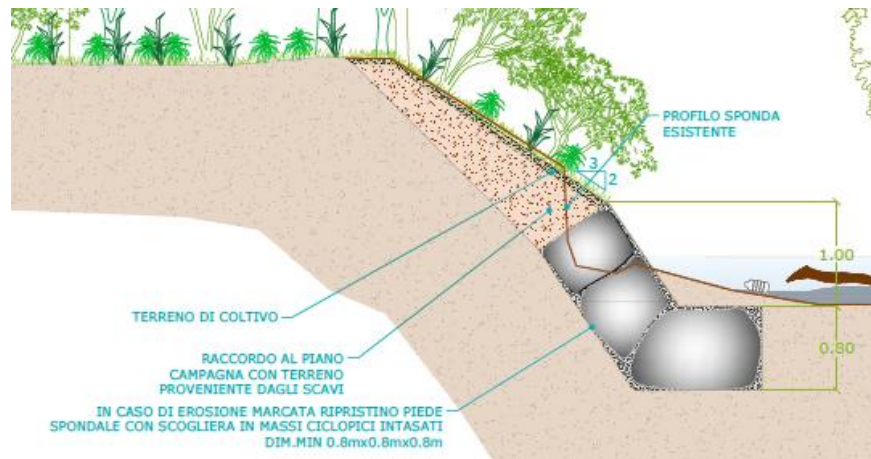


Figura 25: protezione del piede di sponda

A valle di via Pogliano, nel tratto in cui il Bozzente compie una curva verso destra, la sponda è fortemente erosa e ammalorata in corrispondenza dell'esterno curva e l'erosione minaccia il vicino canale irriguo in lastre di calcestruzzo.

Tra le sezioni S17-S18 si è pertanto prevista la realizzazione di una scogliera di altezza 2,0 m in massi intasati in calcestruzzo dello spessore 80 cm con berma al piede di pari spessore. Vista la geometria attuale del corso d'acqua il paramento della scogliera è previsto con pendenza 2 su 3 (H:V).

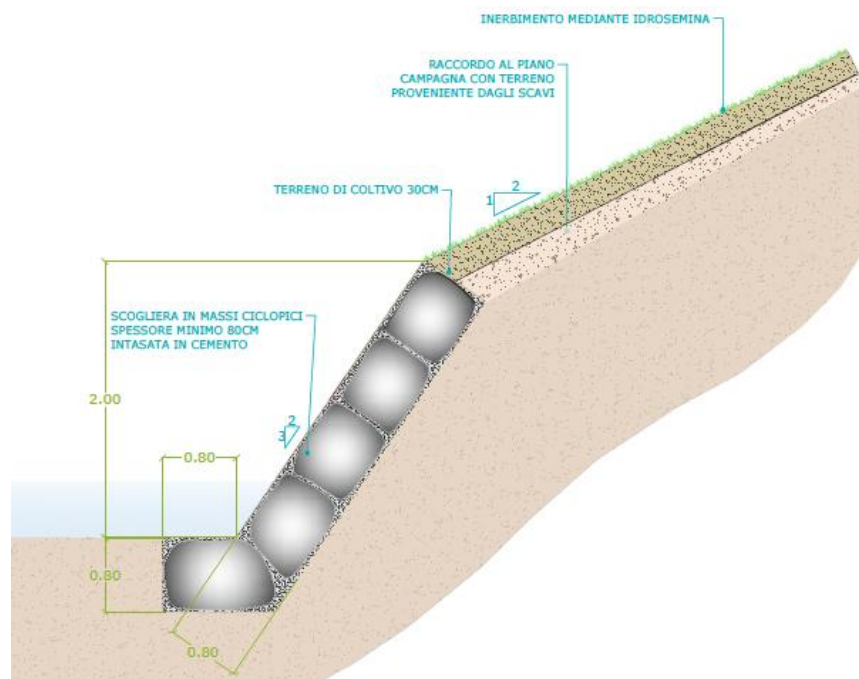


Figura 26: Scogliera in massi intasati con cls nel tratto in esterno curva alle sezioni 17 e 18

A seguito della realizzazione delle scogliere è ovviamente previsto il ripristino superficiale al termine della posa dei massi intasati con terreno di coltivo e idorsemina.

All'uscita dell'imbocco di via Santa Virginia si prevede di proteggere il fondo realizzando un selciatoone in massi sciolti della lunghezza di 5 m, a partire dal termine del rivestimento in calcestruzzo, poiché vi sono



segni di erosione in corrispondenza del cambio di materiale di fondo. Il selciatoone in massi, in grado di adattarsi alla geometria del fondo e alla sua evoluzione, andrà pertanto a proteggere il fondo garantendo la funzionalità e la durabilità nel tempo. Si prevede pertanto la semplice esecuzione di uno strato di calcestruzzo di allettamento, quale base di posa per i massi ciclopici.

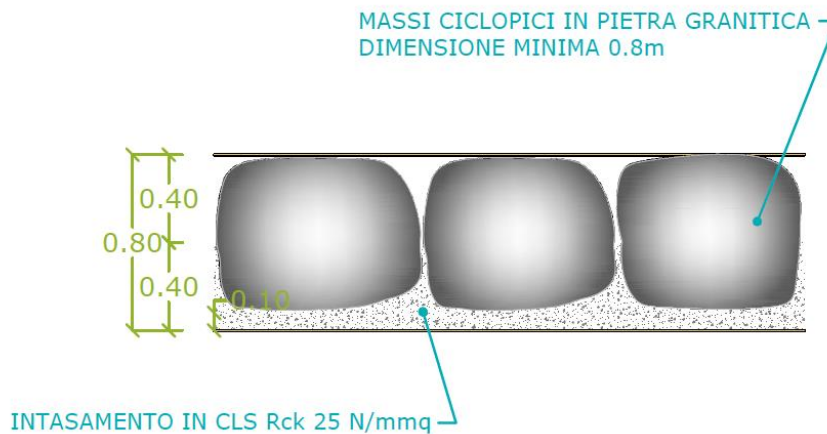


Figura 27: sezione tipo selciatoone di fondo

Il dettaglio delle sezioni di progetto è riportato nella tavola VBL 2005, da cui sono tratti gli stralci riportati nelle immagini precedenti.

Si prevede infine la demolizione di un ponte canale in c.a. non più in uso situato tra via Santa Virginia e via L. Meraviglia con ripristino delle sponde in corrispondenza del manufatto rimosso tramite messa in sagoma e idrosemina.



Figura 28: ponte canale alla sezione S35 da demolire e rimuovere

Per poter realizzare le opere verrà inoltre realizzata una pista provvisoria di cantiere muovendosi sui percorsi attualmente esistenti a partire dal cimitero di Lainate, muovendosi sul limitare del campo individuato dalla particella 843 del foglio 15. Al termine dei lavori saranno ripristinati i luoghi, sia per la pista di cantiere, che per la rampa di accesso all'alveo con scavalco e ripristino dei canali irrigui in sponda destra tra il campo e il Bozzente. Nella altre zone di intervento si prevede invece che l'ingresso in alveo dei mezzi avvenga calando un escavatore di medie dimensioni dai ponti individuati nelle planimetrie di progetto.



Figura 29: tracciato della pista di cantiere per eseguire i lavori tra via Pogliano e via Santa Virginia

## 8 ACCESSI IN ALVEO, OCCUPAZIONE DI SUOLO E TEMPISTICA DI INTERVENTO

Per l'esecuzione dei lavori sarà necessario accedere all'alveo realizzando rampe provvisionali e calando i mezzi dai ponti sul Bozzente, dato l'esiguo spazio disponibile in molti tratti per garantire l'accessibilità.

Le tavole di progetto riportano la localizzazione delle rampe / punti di accesso, così come indicato negli stralci planimetrici delle immagini seguenti.



Figura 30: punti di accesso in alveo per il primo tratto di intervento



Figura 31: punti di accesso in alveo tra via per Pogliano e via Santa Virginia





Figura 32: punti di accesso in alveo tra via per Santa Virginia e via Meraviglia

Per l'esecuzione delle opere è stimabile un tempo di esecuzione di 90 giorni, per tener conto anche del maltempo medio della zona di esecuzione, visto che i lavori sono all'interno dell'alveo e non possono pertanto essere eseguiti con pioggia o con livelli idrici non compatibili.

Gli aspetti legati alla cantierizzazione saranno sviluppati in dettaglio nella fase di progettazione esecutiva contestualmente alla redazione del Piano di Sicurezza e Coordinamento.

## 9 CONCLUSIONI E STIMA ECONOMICA

Gli interventi in progetto vanno ad agire sul torrente Bozzente prevalentemente in comune di Lainate e in minor misura in comune di Nerviano, per il tratto iniziale in sponda destra.

Le opere previste riguardano la sistemazione della sponda, con manutenzione del verde tramite tagli selettivi, pulizia del fondo con rimozione di accumuli e rifiuti, nonché la realizzazione di scogliere a protezione del piede nei tratti a maggior erosione e a protezione della sponda in alcune porzioni di torrente individuate, in relazione allo stato di ammaloramento della stessa e delle infrastrutture vicine (esterno curva tra le sezioni 17 e 18).

All'uscita del tombino di via Santa Virginia è inoltre prevista la realizzazione di una pavimentazione del fondo con selciato per gestire il cambio di materiale tra tombinatura in calcestruzzo e alveo in terra a valle.

L'importo complessivo delle opere è pari a 127'000 € circa con finanziamento complessivo pari a € 200'000. Per l'approfondimento degli aspetti economici si rimanda agli specifici elaborati.