

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

INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO DELLE SPONDE E DEL FONDO  
DELL'ALVEO DEL TORRENTE GUIA NEL TRATTO TRA VIA MILANO SP133  
(BOLLATE) A VIA GRAMSCI (ARESE)

CUP: C47H21001450002

PROGETTAZIONE DEFINITIVA

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

ing. Stefano Burchielli

ELABORATO

VGA\_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

MAG.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 – PEC: etvilloresi@pec.it

# INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>IL TORRENTE GUISA.....</b>	<b>4</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>11</b>
<b>5</b>	<b>RACCOLTA ED ANALISI DELLE INFORMAZIONI DISPONIBILI .....</b>	<b>17</b>
<b>5.1</b>	<b>Studi e progetti pregressi.....</b>	<b>17</b>
5.1.1	Studio Lambro-Olona (Autorità di Bacino fiume Po, 2004) .....	17
5.1.2	Progetto Definitivo ed Esecutivo – Area Expo 2015. Viabilità e sottoservizi - Sistemazione Idraulica del T. Guisa (Metropolitana Milanese, 2011) .....	21
5.1.3	Progetto Preliminare “Riqualficazione e messa in sicurezza della valle del Torrente Guisa nei comuni di Garbagnate Milanese (MI) e Bollate (MI)” (ERSAF, 2013) .....	23
5.1.4	Progetto Definitivo ed Esecutivo “Riqualficazione e messa in sicurezza della valle del Torrente Guisa nei comuni di Garbagnate Milanese (Mi) e Bollate (Mi)” (2013-2015).....	23
5.1.5	Servizio di aggiornamento analisi idrologico-idrauliche del torrente Guisa (ETATEC, 2017) .....	26
5.1.6	Studio Idrologico-Idraulico del Torrente Guisa in comune di Baranzate (2017) .....	27
<b>5.2</b>	<b>Aree di laminazione realizzate lungo l'asta del torrente Guisa .....</b>	<b>27</b>
5.2.1	Area di laminazione di Ceriano Laghetto .....	28
5.2.2	Area di laminazione di Cesate.....	28
5.2.3	Area di laminazione di Garbagnate Bollate.....	29
5.2.4	Area di laminazione nel sito EXPO .....	30
<b>5.3</b>	<b>Nodo idraulico Canale Scolmatore di Nord Ovest (CSNO).....</b>	<b>31</b>
<b>5.4</b>	<b>L'aggiornamento del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA).....</b>	<b>32</b>
5.4.1	Tempi di ritorno di riferimento .....	33
5.4.2	Curve di possibilità pluviometrica .....	33
5.4.3	Ietogrammi di riferimento .....	34
5.4.4	Modellazione afflussi-deflussi.....	35
5.4.5	Risultati della modellazione afflussi-deflussi e portate al colmo di riferimento .....	38
5.4.6	Aggiornamento aree di allagamento PGRA del t. Guisa .....	39
<b>6</b>	<b>RILIEVO TOPOGRAFICO .....</b>	<b>42</b>

<b>7</b>	<b>ANALISI IDROLOGICA.....</b>	<b>43</b>
7.1	Portate di riferimento .....	43
<b>8</b>	<b>ANALISI IDRAULICA.....</b>	<b>44</b>
8.1	Simulazioni effettuate .....	44
8.2	Il codice di calcolo HEC-RAS.....	44
8.3	Implementazione del modello matematico .....	47
1.1.1	Descrizione geometrica del corso d'acqua .....	47
1.1.2	Coefficiente di scabrezza .....	50
1.1.3	Condizioni al contorno.....	50
8.4	Risultati delle simulazioni .....	51
<b>9</b>	<b>DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO.....</b>	<b>53</b>
<b>10</b>	<b>ACCESSI IN ALVEO, OCCUPAZIONE DI SUOLO E TEMPISTICA DI INTERVENTO.....</b>	<b>57</b>
<b>11</b>	<b>CONCLUSIONI E STIMA ECONOMICA.....</b>	<b>59</b>

# 1 PREMESSA

Il consorzio di bonifica Est Ticino Villoresi ha affidato agli scriventi la redazione della progettazione definitiva ed esecutiva dell'Intervento di manutenzione straordinaria del torrente Guisa ad Arese, in località Torretta, nel tratto compreso tra la SP 233 e la via Gramsci.

In funzione della disponibilità economica ETVilloresi ha inoltre richiesto di valutare la sistemazione anche del tratto immediatamente a monte, tra la tombinatura del Guisa connessa all'attraversamento della SP 233 e il ponte di via Milano.

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 di torrente Guisa compresa tra la SP 233 e la via Gramsci di Arese è racchiuso all'interno di mura e edifici su entrambi i lati. All'interno della presente progettazione, come da richiesta del committente, si è provveduto ad agire sulle parti inferiori delle murature e dei cordoli di protezione degli edifici, al fine di intervenire sulla capacità erosiva del corso d'acqua, esula invece dalle finalità dell'intervento la sistemazione delle murature stesse. Nei sopralluoghi condotti per la progettazione delle opere si è riscontrato che anche i tombini di attraversamento della SP 233 e di via Gramsci presentano segni di ammaloramento e necessitano pertanto di progettazione ed interventi dedicati, a cura dei rispettivi titolari.

Il tratto compreso tra via Milano e la SP 233, a differenza del tratto immediatamente a valle sopra descritto, è a sezione trapezia, con sponde in terra inerbita.

## 2 IL TORRENTE GUISA

Il torrente Guisa nasce a sud di Cermenate e si sviluppa da nord verso sud con bacino stretto e lungo, con una lunghezza totale, sino alla confluenza in Olona, di circa 22 km.

Attraversa i comuni di Misinto, Cogliate, Ceriano Laghetto, Solaro, Cesate, Garbagnate, Bollate, Arese e Milano.

Il bacino ha forma allungata, come mostrato nell'immagine a lato. La superficie alla tombinatura di Milano è pari a circa 40 km<sup>2</sup>.

Nel primo tratto il torrente attraversa il comune di Ceriano Laghetto con lungo tratto tombinato. Successivamente attraversa il comune di Solaro di cui riceve le acque di scarico immediatamente a valle del parco comunale.

Poco a valle il torrente attraversa marginalmente il Parco delle Groane, confinando l'abitato del Comune di Cesate alla sua destra.

Prima di proseguire tombato il suo percorso, in comune di Garbagnate Milanese, riceve le acque di scarico di Cesate.

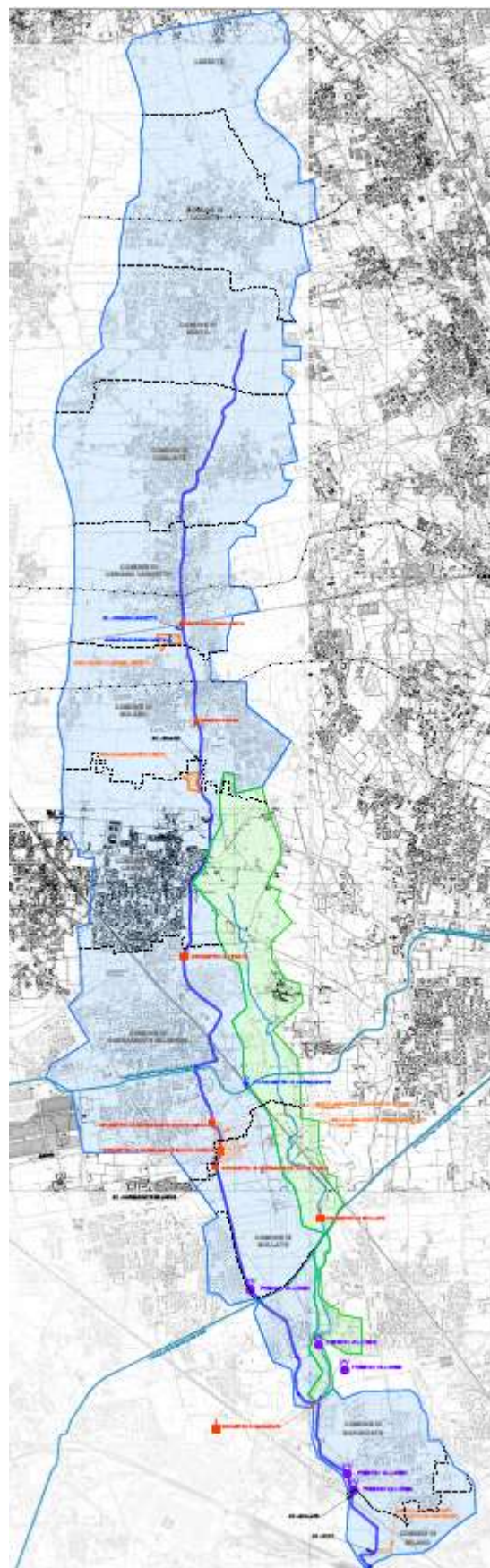
Procedendo verso valle il torrente inizia ad attraversare aree sempre più fortemente antropizzate.

Dopo il sottopassaggio della linea ferroviaria delle Ferrovie Nord, attraversa il comune di Garbagnate di cui riceve le acque di scarico in due differenti punti.

Sottopassa con un sifone il Canale Villoresi e successivamente, dopo un tratto sostanzialmente rettilineo e un alveo inciso e antropizzato, interseca in corrispondenza del limite comunale tra Arese e Bollate il CSNO nel quale scolma parte delle sue acque di piena.

Nel Comune di Bollate, in località Baranzate, confluisce con il Nirone; e dopo un tratto densamente urbanizzato sottopassa l'Autostrada A8 (Milano-Laghi).

Il corso d'acqua quindi transita nell'area immediatamente a monte dell'area metropolitana milanese e passa quindi nel sito EXPO 2015, prima di entrare in fognatura a nord del Cimitero Maggiore di Milano, per confluire nell'Olona dopo un lungo tratto in sotterraneo.





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

Il tratto di torrente Guisa di interesse è compreso tra via Milano a Bollate e via Gramsci ad Arese, come mostrato nell'immagine seguente.



Figura 1 – Torrente Guisa, tratto di interesse (la linea azzurra individua l'intero tratto, la linea blu le porzioni oggetto di intervento)

Il tratto a monte, tra la via Milano e il tombino della SP 233 è a sezione trapezia con scarpe in terra rinverdate, il tratto tra la SP 233 e la via Gramsci è invece racchiusa tra muti e edifici su entrambe le sponde.

Nel tratto di monte, tra via Milano e la SP 233, le sponde in terra presentano un rivestimento in geotessile oramai strappato e ammalorato, oltre che importanti fenomeni di erosione in corrispondenza delle immissioni / scarichi presenti.

L'imbocco del tombino della SP 233 mostra segni di erosione e fessure al piene.

Nelle immagini seguenti sono mostrate le principali situazioni di dissesto e criticità.



Figura 2 – imbocco del tombino della SP 233, con segni di erosione al piede dei muri (foto verso valle)



Figura 3 – tubazione di immissione di una roggia in sponda sinistra, con importante erosione. Nella foto si vede il geotessile presente sulle sponde (foto verso la sponda sinistra)





Figura 4 – tubazione di immissione di una roggia in sponda sinistra, con importante erosione, senza flusso di acqua



Figura 5 – scarico presente in sponda destra con corrugato impianti elettrici





Figura 6 – stato attuale dell'alveo tra via Milano e SP 233 (foto verso valle)

Nel tratto tra la SP 233 e la via Gramsci i muri d'alveo, sia in sponda sinistra che in sponda destra presentano segni importanti di degrado e ammaloramento.

Si riportano nel seguito le fotografie scattate durante il sopralluogo raffiguranti le principali tipologie di degrado riscontrate.

8  
59



Figura 7 – muro in sponda sx in calcestruzzo eroso (foto verso monte)



Figura 8 – muro in sponda sx in calcestruzzo da sottomurare(foto verso monte)



Figura 9 – muro in sponda sx con protezione al piede scalzata (foto verso valle)



Figura 10 – muro in sponda dx in mattoni pieni da consolidare (foto verso monte)



## 4 SOTTOSERVIZI IN PROSSIMITA' DEL TRATTO DI INTERVENTO

La mappatura delle reti dei sottoservizi è stata riprodotta nelle tavole allegate al Piano dei Servizi del PGT del comune di Arese e nel P.U.G.S.S. dello stesso. La cartografia del PGT è utile per l'identificazione di:

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

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



Figura 11: Rete telecomunicazioni (fonte piano dei servizi PGT del comune di Arese)

## LEGENDA



Figura 12: Rete acquedotto (fonte piano dei servizi PGT del comune di Arese)

12  
59

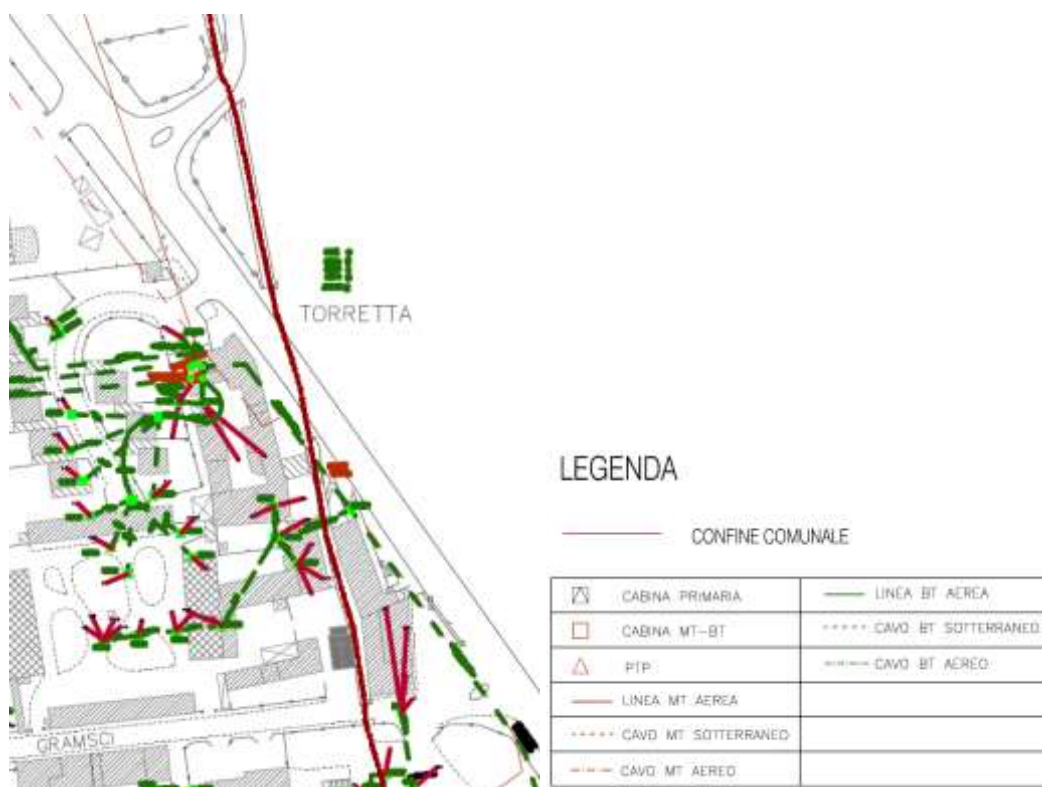


Figura 13: Rete elettrica (fonte piano dei servizi PGT del comune di Arese)



Figura 14: Rete gas (fonte piano dei servizi PGT del comune di Arese)



Figura 15: Rete fognatura (fonte piano dei servizi PGT del comune di Arese)



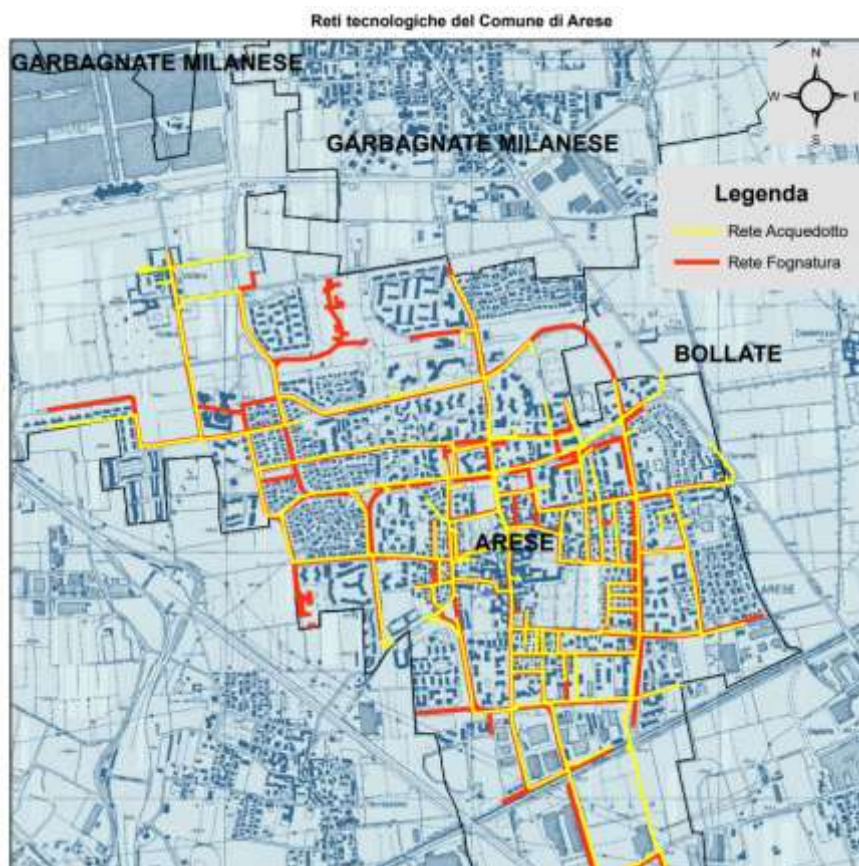


Figura 16: Rete fognatura e acquedotto (fonte PUGSS del comune di Arese)

Oltre a quanto indicato negli strumenti di pianificazione tramite il rilievo topografico eseguito per la progettazione è stato possibile rilevare nel tratto tra SP 233 e via Gramsci la presenza di una tubazione del gas che corre parallela al corso d'acqua, fissata al muro d'alveo in sponda sinistra, oltre ad un altro tubo di piccolo diametro probabilmente di trasporto flussi d'acqua.

Al di sotto del ponte di via Gramsci sono inoltre presenti 2 tubazioni, in attraversamento, probabilmente di acquedotto / fognatura e gas.



Figura 17: tubazione in acciaio in sponda sinistra (probabile utenza gas)

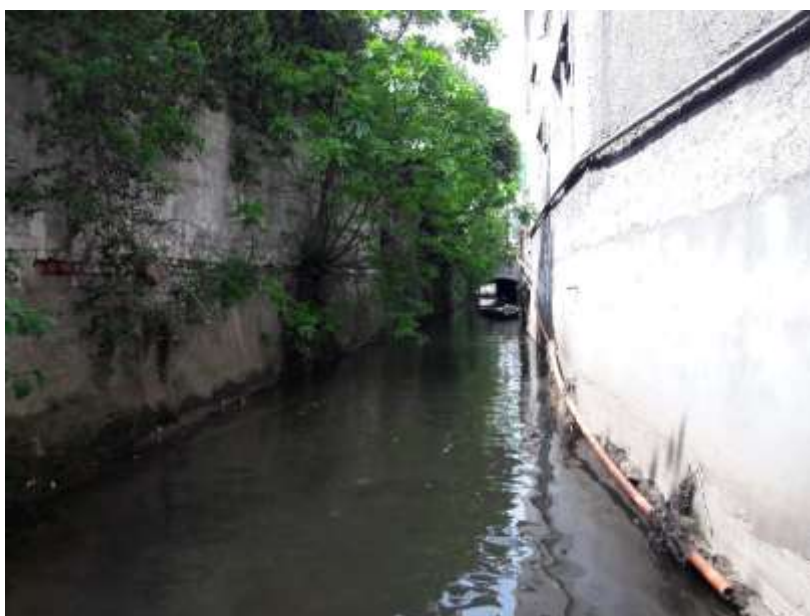


Figura 18: tubazione in acciaio e in plastica in sponda sinistra





Figura 19: tubazione in acciaio in sponda sinistra (probabile utenza gas)

Nel tratto tra via Milano e la SP 233 il rilievo ha evidenziato la presenza di un cavidotto realizzato con tubazione corrugata in corrispondenza dello scarico presente in sponda destra, contenente cavi elettrici, con due pozzetti vicini. Al lato opposto della SP 233 è presente una cabina elettrica.



Figura 20: scarico in sponda destra con cavidotto contenente cavi elettrici

E' onere dell'appaltatore verificare la presenza di impianti, sopraservizi e sottoservizi prima dell'inizio dei lavori.



## 5 RACCOLTA ED ANALISI DELLE INFORMAZIONI DISPONIBILI

Per lo svolgimento dell'incarico sono stati raccolti ed analizzati tutti gli studi condotti sul torrente Guisa finalizzati a determinare il regime idrologico ed idraulico. Sono inoltre stati analizzati tutti i progetti finalizzati alla riduzione delle principali criticità e sono stati raccolti i dati delle opere di laminazione già realizzate al fine di considerarle nella successiva modellazione idraulica del corso d'acqua.

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. Guisa 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. Guisa. 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 T. Guisa 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 propagano, laminandosi, verso valle e ricevendo i contributi degli affluenti e dei reticoli fognari lungo il percorso.

Sempre nell'ambito del citato studio, sulla base delle pesanti criticità evidenziate nella caratterizzazione dello stato di fatto, è stato definito un assetto di progetto volto a definire gli interventi atti a risolvere le suddette criticità tenendo conto della necessità di contenere le portate di piena per il tratto urbano del T. Guisa in comune di Milano alla portata massima di 8.5 mc/s e di non sovraccaricare il CSNO limitando l'apporto del T. Guisa subito a monte dello stesso CSNO alla portata di 9.5 mc/s, di cui 2.2 mc/s proseguono a valle mentre 7.3 mc/s sono scaricati nello scolmatore.

Per il tratto oggetto di indagine del presente studio (dalla vasca di Garbagnate Milanese all'ingresso della tombinatura di Milano) nelle figure seguenti si riportano le planimetrie di allagamento per i tempi di ritorno T10, T100 e T500 anni.

Le aree di allagamento sono quindi state recepite nel PGRA revisione 2015.

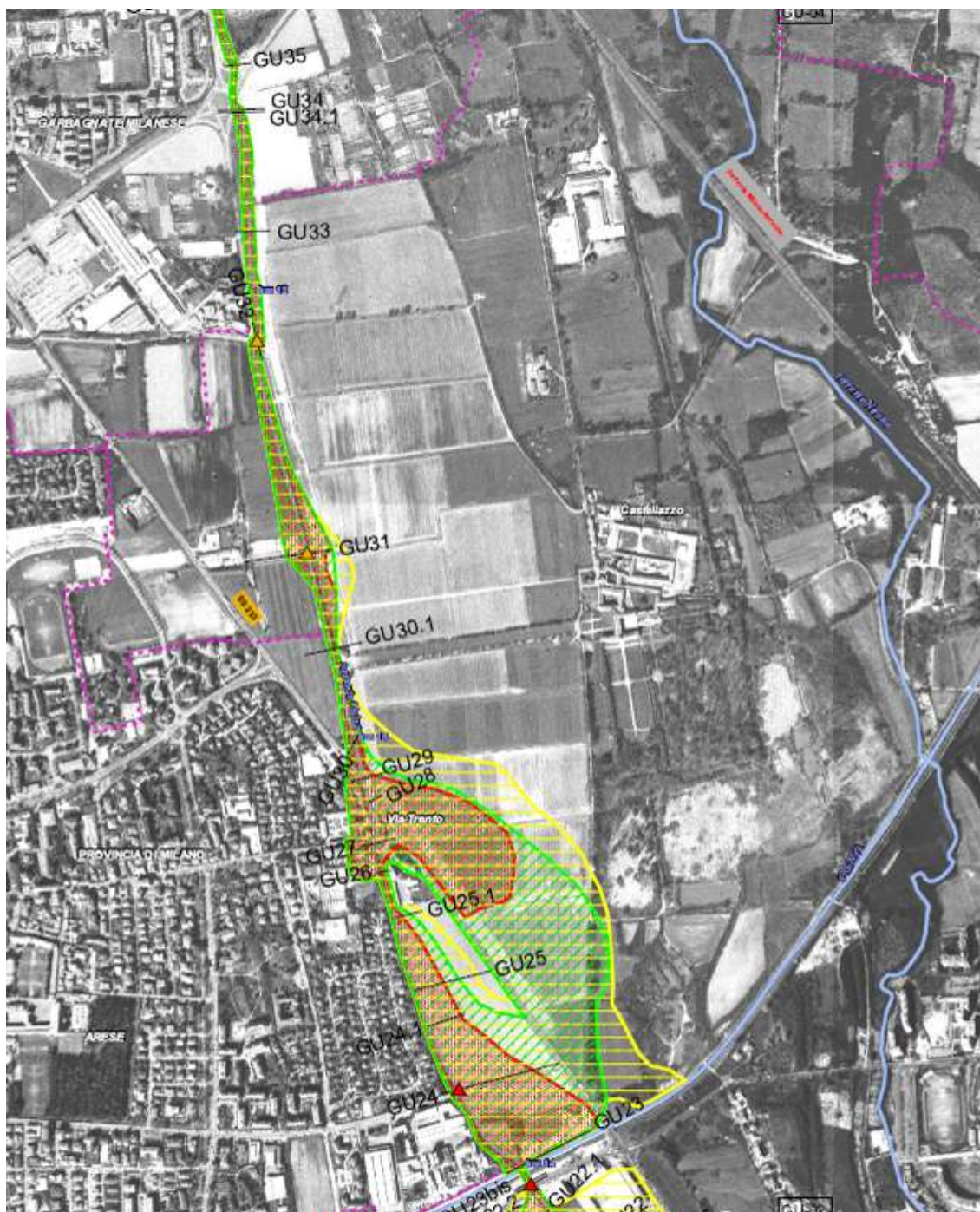


Figura 21 – Allagamenti stato di fatto Guisa dalla zona della vasca di Garbagnate Milanese al CSNO





Figura 22 – Allagamenti stato di fatto Guisa dal CSNO all'attraversamento dell'autostrada A8





Figura 23 – Allagamenti stato di fatto Guisa dall'attraversamento dell'autostrada A8 all'ingresso nella tombinatura di Milano

Nella successiva figura di evidenza lo schema dell'assetto di progetto del T. Guisa confrontato con lo stato di fatto.

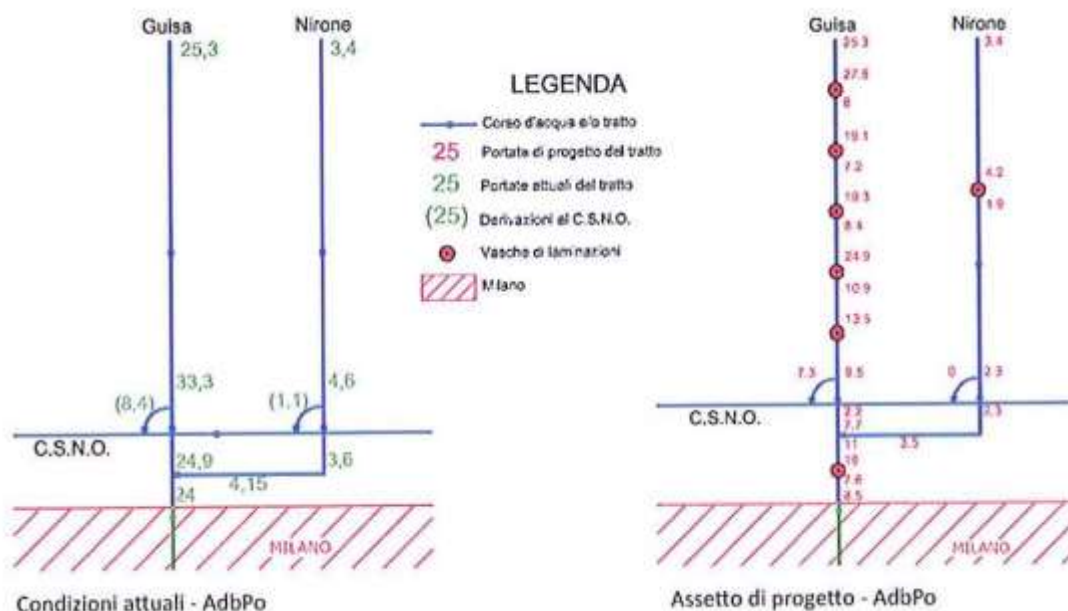


Figura 24: Schema idraulico dell'assetto di fatto e di progetto del T. Guisa

Dati i diffusi allagamenti che, nella configurazione Stato attuale AdbPo, interessavano tutti i comuni attraversati dal corso del T. Guisa, lo scenario di progetto individuato prevedeva la realizzazione lungo il corso del T. Guisa di 6 casce di laminazione, ciascuna con il compito di presidio “locale” del centro abitato posto a valle. Si riporta, nel prospetto seguente la volumetria e l'ubicazione della casce previste:

1. Solaro: 180'000 mc
2. Cesate: 110'000 mc
3. Garbagnate (Cesate sud): 190'000 mc
4. Garbagnate - Bollate: 200'000 mc
5. Bollate: 60'000 mc
6. Milano: 180'000 mc

Era inoltre prevista una vasca di laminazione sull'affluente Nirone. Tale configurazione è stata verificata, nell'ambito del citato Studio AdbPo con il modello idrologico idraulico a moto vario Mike 11 che ha mostrato come la configurazione proposta fosse in grado di eliminare le situazioni di rischio idraulico lungo il T. Guisa e rispettare i limiti di portata nel CSNO e nel tratto tombinato di Milano.

### 5.1.2 Progetto Definitivo ed Esecutivo – Area Expo 2015. Viabilità e sottoservizi - Sistemazione Idraulica del T. Guisa (Metropolitana Milanese, 2011)

Nell'ambito del “Progetto Definitivo – Area Expo 2015, Viabilità e sottoservizi, Sistemazione Idraulica del T. Guisa” è stato eseguito un approfondito studio idrologico idraulico con ulteriori analisi effettuate allo scopo di definire con maggiore accuratezza l'assetto attuale del T. Guisa lungo il suo intero sviluppo.

Tali approfondimenti, sviluppati dalla società ETATEC s.r.l. per conto di Metropolitana Milanese (MM), al fine di definire gli interventi necessari per ridurre la portata di piena del T. Guisa a valori compatibili con il tratto tombinato all'interno della città di Milano, richiamati nel presente paragrafo, hanno condotto alla

ridefinizione sia degli idrogrammi di piena scaricati nel T. Guisa dagli scaricatori delle reti di drenaggio urbano presenti lungo l'asta, sia degli apporti dei bacini "naturali" afferenti in modo diffuso al Torrente.

Sulla base di tale ridefinizione degli idrogrammi, nell'ambito dello stesso studio MM, con il supporto di un modello idrologico idraulico del T. Guisa del tutto analogo a quello sviluppato dalla AdBPo, e nel pieno rispetto dell'approccio metodologico utilizzato nell'ambito dello studio AdBPo, è stato ridefinito lo stato attuale del T. Guisa per tenere conto dell'effetto di alcune opere di laminazione realizzate dopo la redazione dello studio AdBPo (2004).

Lo studio è stato considerato, con parere ufficiale dell'Autorità di Bacino del F. Po del 13 giugno 2012, sufficientemente approfondito per essere ritenuto un aggiornamento dello studio di fattibilità di sistemazione del T. Guisa (e delle sue interconnessioni con il reticolo naturale ed artificiale compreso fra il Lambro e L'Olona a Nord di Milano) eseguito dalla Autorità di Bacino nel 2004.

Nell'ambito dello studio MM, a tutti i bacini urbani del T. Guisa è stato applicato quindi l'approccio modellistico del NAM-URBANO che, poiché assegna alle reti fognarie una capacità di invaso definita, depura l'idrogramma di ingresso da quei volumi che, inducendo fenomeni di esondazione nei centri abitati, non riescono ad essere smaltiti durante l'evento e sono "sfiorati" fuori dal sistema.

Nell'ambito del citato studio MM è stata inoltre condotta una attenta correzione dei parametri idrologici utilizzati dall'AdBPo per la definizione degli idrogrammi afferenti al T. Guisa in modo diffuso dai bacini "naturali" afferenti al torrente lungo il suo corso.

La correzione di tali parametri idrologici ha condotto a valori del coefficiente udometrico dell'ordine di grandezza di circa 3-10 l/s/ha, valore tipico per bacini analoghi a quelli afferenti al T. Guisa. Inoltre sono state corrette alcune inesattezze riportate nello studio AdBPo nella perimetrazione dei bacini naturali afferenti.

Tali approfondimenti sono stati condotti considerando la stessa pluviometria utilizzata nello studio Lambro-Olona più volte citato.

Sulla base della ridefinizione dell'idrologia di piena del T. Guisa, nell'ambito dello studio MM, è stato costruito, con il software MIKE 11, il modello idrodinamico del T. Guisa opportunamente aggiornato.

Il modello idrologico idraulico aggiornato ha quindi condotto alla ridefinizione dell'assetto "attuale" del corso d'acqua che risulta meno critico dello stato attuale definito dallo studio 2004; ciò è dovuto in parte al maggiore dettaglio della modellistica idrologico-idraulica ed in parte alla presenza delle opere di laminazione già realizzate o di imminente realizzazione (vasca di Cesate).

Nell'ambito dello studio è stato poi definito uno scenario di progetto suddividendo il T. Guisa in due tratti, il primo a monte ed il secondo a valle del CSNO, fino all'imbocco della tombinatura di Milano.

Nell'ambito del primo tratto è stato studiato un assetto di progetto in grado di limitare, in accordo con gli obiettivi stabiliti dall'AdBPo, a 2.2 mc/s la portata che prosegue nel T. Guisa a valle del nodo CSNO e di scaricare nel CSNO una portata di picco massima di 7.3 mc/s. Lo studio MM propone inoltre di realizzare un'opera di invaso del volume di 340'000 mc in corrispondenza dell'area indicata già nello studio AdBPo come vasca di Garbagnate-Bollate. Tale intervento consentirebbe di non realizzare la prevista vasca di Bollate, del volume utile pari a circa 60'000 mc.



### 5.1.3 Progetto Preliminare “Riqualificazione e messa in sicurezza della valle del Torrente Guisa nei comuni di Garbagnate Milanese (MI) e Bollate (MI)” (ERSAF, 2013)

Nel progetto preliminare è stato implementato un nuovo modello idrodinamico per il tratto compreso tra il ponte di via dei Tigli a Garbagnate Milanese e l'attraversamento del CSNO, utilizzando le medesime condizioni al contorno dello studio MM.

Il modello ha innanzitutto permesso di confermare le criticità idrauliche riportate nello studio di fattibilità di ERSAF della fine del 2012.

La modellazione idraulica, ha messo in evidenza la possibilità di ridurre il volume complessivo d'invaso ottimizzando il comportamento della bocca tarata posta al termine dell'area di laminazione, anche in assenza di organi di regolazione, grazie alla configurazione parte in linea e parte fuori linea dell'area di laminazione (configurazione peraltro già prevista dallo studio di fattibilità). Ha poi consentito, attraverso l'analisi delle curve di invaso e sommando all'idrogramma in uscita dall'area di laminazione l'idrogramma che si immette nel torrente Guisa nel tratto a valle prima del nodo col CSNO, di verificare che la portata al colmo nel nodo col CSNO fosse inferiore al limite di  $9,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

È così emersa la necessità di portare all'interno dell'area di laminazione principale lo scarico 4 di Garbagnate ( $q = 5,45 \text{ m}^3/\text{s}$ ) che si trova nei pressi del ponte Castellazzo, quindi immediatamente a valle dell'area di laminazione principale. Diversamente i progettisti del preliminare hanno ritenuto che sarebbe stato necessario costruire un'area di laminazione principale che richiedeva un volume molto maggiore rispetto a quello di  $230.000,00 \text{ mc/s}$  necessario nell'ipotesi di portare lo scarico all'interno dell'invaso. A seguito di valutazioni sulla compatibilità delle quote dello scarico con quelle del fondo è stato previsto il prolungamento verso monte di un tratto di circa 116 m del collettore fognario finale di tale scarico.

La riduzione del volume necessario ha indotto il gruppo di progettazione a ridurre l'ingombro in pianta dell'opera, rispetto a quanto ipotizzato nel precedente studio di fattibilità dallo stesso ERSAF.

Il progetto preliminare ha infine evidenziato la necessità di realizzare un'ulteriore area di laminazione locale a monte del ponte ferroviario a Garbagnate milanese, peraltro già evidenziata dall'amministrazione comunale, di volume pari a circa  $19.000 \text{ mc}$ , in grado di ridurre le portate al colmo da 13 a  $11 \text{ mc/s}$ , evitando così il funzionamento in pressione del ponte di via Monza vada in pressione, eliminando anche le conseguenti esondazioni a monte per  $T = 100$  anni.

### 5.1.4 Progetto Definitivo ed Esecutivo “Riqualificazione e messa in sicurezza della valle del Torrente Guisa nei comuni di Garbagnate Milanese (Mi) e Bollate (Mi)” (2013-2015)

Nell'ambito progettazione definitiva ed esecutiva condotta dagli scriventi sono stati svolti degli approfondimenti di natura idrologica ed idraulica rispetto al progetto preliminare finalizzati ad ottimizzare la soluzione progettuale, mantenendo inalterati gli obiettivi di natura idraulica e gli ingombri delle opere del progetto definitivo. I principali obiettivi idraulici, individuati già nel progetto preliminare, sono:

1. limitare a  $9,5 \text{ mc/s}$  la portata massima in arrivo al CSNO per un evento centennale;
2. ridurre la portata in arrivo al ponte di via Monza ad un valore che ne consenta il funzionamento a pelo libero ed eviti la tracimazione delle sponde a monte del ponte.

3. suddividere l'area golenale principale in due comparti a diversa frequenza di allagamento, realizzabili eventualmente in due lotti funzionali distinti, dei quali il primo consenta il raggiungimento dell'obiettivo di portata al CSNO pari a 9.5 mc/s per eventi con tempo di ritorno non inferiore a 10 anni.

È stato valutato innanzitutto il funzionamento idraulico del Guisa nell'assetto di progetto che comprende realizzati entrambi gli invasi (Lotto1: area golenale principale e Lotto 2: area golenale secondaria) per eventi con tempo di ritorno decennale e centennale.

Successivamente sono state invece svolte le simulazioni, sempre per eventi con T10 e T100 anni, considerando realizzato in un caso il solo lotto 1a (area golenale principale di frequente allagamento e ricalibratura dell'alveo di valle) e nell'altro il lotto 1a più il lotto 1b (lotto 1a sommato all'area golenale principale di raro allagamento). Inoltre, durante la progettazione definitiva, è emersa la necessità di modificare la soluzione del progetto preliminare che prevedeva lo spostamento dello scarico 4 di Garbagnate all'interno dell'area golenale principale, sul fondo e nella sua parte terminale prossima al manufatto di controllo. È stata individuata una soluzione a questa criticità insieme ai tecnici di CAP Holding, gestore della rete fognaria, già valutata positivamente e tecnicamente verificata dal gestore stesso. L'*assetto definitivo* prevede quindi la realizzazione di tale intervento ad opera del gestore. Poiché tuttavia non sono certi i tempi di realizzazione di tale intervento è stato necessario analizzare anche il funzionamento del sistema e il rispetto degli obiettivi in un *assetto transitorio*, nell'ipotesi cioè che tale deviazione fognaria non venga realizzata prima del completamento delle opere in progetto

Date le incertezze, all'atto della redazione del progetto definitivo, sulla successione dei lotti di realizzazione degli interventi e sulle tempistiche di realizzazione della deviazione dello scarico 4, sono state condotte diverse simulazioni per tempo di ritorno decennale e centennale, ciascuna delle quali ha una finalità specifica descritta nella tabella successiva. Tutte le simulazioni sono state svolte utilizzando il modello MIKE 11 del Danish Hydraulic Institute che utilizzando le medesime condizioni al contorno dello studio MM.

In tabella 1 sono riassunti gli scenari simulati nell'ambito della progettazione.

Assetto	Scenario simulato	Obiettivi della simulazione
Stato di fatto	<u>T=100 anni</u>	Individuazione delle criticità esistenti
Progetto – assetto definitivo (immissione dell'80% del bacino dello scarico 4 a monte dell'area golenale principale)	Realizzazione completa degli interventi <u>(lotto 1 + lotto 2) - T=100 anni</u>	Dimensionamento delle opere in progetto e verifica del conseguimento degli obiettivi ( $Q_{max} = 9.5$ mc/s al CSNO e funzionamento a pelo libero del ponte di via Monza)
	Realizzazione dell' <u>intero lotto 1 - T=100 anni</u>	Verifica del massimo livello nell'area golenale principale e della portata in arrivo al CSNO
	Realizzazione del solo <u>lotto 1a - T=100 anni</u>	Verifica del massimo livello nell'area golenale principale e della portata in arrivo al CSNO
	Realizzazione del solo <u>lotto 1a - T=10 anni</u>	Verifica della capacità dell'opera di contenere eventi con $Tr > 10$ anni garantendo $Q_{max} = 9.5$ mc/s al CSNO
Progetto – assetto transitorio (immissione dello scarico 4 nell'attuale posizione)	Realizzazione completa degli interventi <u>(lotto 1 + lotto 2) - T=100 anni</u>	Dimensionamento delle opere in progetto e verifica del conseguimento degli obiettivi ( $Q_{max} = 9.5$ mc/s al CSNO e funzionamento a pelo libero del ponte di via Monza)
	Realizzazione dell' <u>intero lotto 1 - T=100 anni</u>	Verifica del massimo livello nell'area golenale principale e della portata in arrivo al CSNO
	Realizzazione del solo <u>lotto 1a - T=100 anni</u>	Verifica del massimo livello nell'area golenale principale e della portata in arrivo al CSNO
	Realizzazione del solo <u>lotto 1a - T=10 anni</u>	Verifica della capacità dell'opera di contenere eventi con $Tr > 10$ anni garantendo $Q_{max} = 9.5$ mc/s al CSNO

Tabella 1 - Scenari simulati con modellazione quasi-bidimensionale

L'analisi dello stato di fatto ha confermato quanto già emerso nel progetto preliminare e qui di seguito riassunto. Il tratto studiato presenta criticità connesse con il funzionamento di alcuni attraversamenti il cui rigurgito dà luogo a locali esondazioni. Particolarmente critico è, nel tratto urbano del Guisa in Garbagnate, il funzionamento in pressione ed il rigurgito causato dal restringimento del ponte di Via Monza che attualmente causano tracimazioni della sponda destra. A valle del tratto urbano di Garbagnate criticità locali si verificano in corrispondenza dell'imbocco della tombinatura del quartiere "Trifoglio" dove la portata di piena centennale è causa del funzionamento in pressione del tombino. Nel tratto vallivo allagamenti localizzati si verificano in corrispondenza dei manufatti di attraversamento della località "Castellazzo" in comune di Bollate e della SP



133, dove il transito della portata centennale causa la tracimazione di entrambi gli attraversamenti. Infine il rigurgito provocato dal ponte di via Vismara in comune di Arese è causa di allagamenti che interessano sia la sponda destra che la sponda sinistra. Nello stato di fatto la portata centennale in arrivo al CSNO è pari a 27.18 mc/s.

Le simulazioni condotte per l'assetto di progetto hanno invece permesso di trarre le seguenti conclusioni:

- La realizzazione dell'intero intervento in progetto, sia nell'assetto transitorio che definitivo, consente il conseguimento di tutti gli obiettivi (funzionamento a pelo libero del ponte di via Monza, e dei manufatti tra l'area golenale principale e il CSNO e portata al CSNO non superiore a 9.50 mc/s);
- la realizzazione del solo lotto 1 (area golenale principale completa + riprofilatura alveo Guisa a valle), sia nell'assetto transitorio che definitivo, è in grado di garantire la messa in sicurezza del tratto di Guisa compreso tra la l'area golenale principale ed il CSNO e garantire una portata al Canale Scolmatore congrua con gli obiettivi prefissati (9.5 mc/s per T=100 anni), invasando un volume di 200'000 mc nell'assetto definitivo e di 290'000 mc nell'assetto transitorio;
- la realizzazione del solo lotto 1a (solo porzione ad elevata frequenza di allagamento dell'area golenale principale) per eventi di piena caratterizzati da un tempo di ritorno pari a T = 10 anni è in grado di garantire la messa in sicurezza del tratto di Guisa compreso tra la l'area golenale principale ed il CSNO e garantire una portata al Canale Scolmatore congrua con gli obiettivi prefissati, mentre per eventi centennali la portata in arrivo al CSNO è circa 12 mc/s.

Allo stato attuale l'area golenale principale di Garbagnate-Bollate (Lotto 1) risulta completamente realizzata, mentre l'area golenale secondaria (Lotto 2) risulta appaltata e in fase di realizzazione, i lavori, dopo una sospensione intercorsa a causa del ritrovamento di rifiuti interrati, sono ripresi nel mese di marzo 2021 per effettuare le necessarie operazioni di bonifica ambientale propedeutiche alla realizzazione delle opere idrauliche.

### 5.1.5 Servizio di aggiornamento analisi idrologico-idrauliche del torrente Guisa (ETATEC, 2017)

Con la conclusione di Expo Milano 2015, la società Arexpo S.p.A. ha avviato un percorso tecnico ed economico finalizzato alla valorizzazione e riqualificazione del Sito che prevede l'utilizzo nella fase transitoria denominata "*Fast Post Expo*", di parte delle aree e dei manufatti ivi insistenti, nell'attesa della definizione del progetto di sviluppo dell'intero Sito, volendo per tale via garantire la conservazione del patrimonio di infrastrutture, manufatti ed opere realizzati per Expo Milano 2015 e fruiti dal pubblico durante la stessa.

Nel Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), redatto dal Distretto Idrografico del fiume Po (ex Autorità di bacino del fiume Po) nell'ambito della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE, l'area del sito EXPO risulta essere interessata dalla presenza di aree di allagamento conseguenti all'esondazione del T. Guisa. Tali aree di esondazione erano state definite 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),

dall'allora Autorità di bacino del fiume Po.

Successivamente, per consentire di realizzare le opere previste per EXPO, il corso del torrente Guisa all'interno dell'area del sito è stato deviato ed è stata realizzata un'area di laminazione, all'interno del sito EXPO.

In relazione a quanto sopra, la società Arexpo S.p.A. ha chiesto al Distretto Idrografico del fiume Po la revisione delle aree allagabili del T. Guisa.

Per poter procedere a tale aggiornamento, il Distretto Idrografico del fiume Po ha formulato (lettera prot. 1649/31/CM del 24/03/2017), alla società Arexpo S.p.A., la richiesta di aggiornamento del modello idraulico per tenere conto dell'attuale assetto di progetto ad opere completate. ETATEC ha quindi provveduto, su incarico di Arexpo, ad aggiornare l'analisi idrologico - idraulica sul Guisa, pervenendo a nuove aree di allagamento per il comune di Milano. La modifica delle aree allagabili per la piena frequente, poco frequente e rara contenuta per i territori sopra indicati, è stata approvata in linea tecnica, a seguito della **Conferenza dei Servizi del 19 luglio 2017 e del 19 ottobre 2017, convocata da Regione Lombardia** ai sensi degli artt. 14bis, comma 7 e 14 ter della legge 241/90 e s.m.i. L'effettiva modifica delle aree richiede specifico atto dell'Autorità di bacino distrettuale del distretto Padano.

### 5.1.6 Studio Idrologico-Idraulico del Torrente Guisa in comune di Baranzate (2017)

A seguito della **Conferenza dei Servizi del 19 luglio 2017 e del 19 ottobre 2017 convocata da Regione Lombardia per la modifica delle aree allagabili sul Guisa in comune di Milano e Baranzate**, ai sensi degli artt. 14bis, comma 7 e 14 ter della legge 241/90 e s.m.i., sono state approvate sotto il profilo tecnico le modifiche alle aree allagabili per la piena frequente, poco frequente e rara contenuta negli studi presentati per i territori sopra indicati.

Lo "Studio idrologico-idraulico del torrente Guisa in comune di Baranzate" realizzato dagli scriventi per la società Majone & Partners srl nel 2017 ha portato ad un nuovo tracciamento delle aree di allagamento per effetto delle opere realizzate sul corso d'acqua. Le aree allagabili per lo scenario frequente e poco frequente in comune di Baranzate sono state eliminate, mentre è stata mantenuta l'area di allagamento associata allo scenario raro.

Lo studio idrologico-idraulico relativo al Guisa in Comune di Baranzate ha utilizzato come input idrologico gli aggiornamenti condotti nell'ambito dello studio "*Servizio di aggiornamento analisi idrologiche-idrauliche del torrente Guisa*" redatto da Studio Paoletti Ingegneri Associati per conto di AREXPO (2017). Tale input idrologico costituisce l'ultimo aggiornamento successivo allo studio Lambro-Olona del 2004, impiegato anche per la nuova perimetrazione delle aree di allagamento del PGRA (revisione gennaio 2018) proposta da Regione Lombardia.

## 5.2 Aree di laminazione realizzate lungo l'asta del torrente Guisa

Per la modellazione idraulica del torrente Guisa sono state considerate tutte le opere di laminazione già realizzate lungo l'asta del Guisa sino all'ingresso nella tombinatura di Milano. In particolare, sono state considerate le seguenti opere di laminazione già realizzate e collaudate:

- Area di laminazione di Ceriano Laghetto

- Area di laminazione di Cesate
- Area di laminazione di Garbagnate Milanese e Bollate
- Area di laminazione nell'area EXPO

Non viene invece considerata la vasca di laminazione di Bollate poiché ancora in corso di costruzione. Vengono di seguito descritte le principali caratteristiche delle aree di laminazione sopra citate.

### 5.2.1 Area di laminazione di Ceriano Laghetto

L'area di laminazione di Ceriano Laghetto realizzata nell'ambito del progetto “*Collegamento vasca volano di Ceriano Laghetto al sistema di collettamento asta bacino del torrente Guisa*”, e situata immediatamente a valle dell'attraversamento cittadino di Ceriano Laghetto si estende su una superficie di circa 25'000 m<sup>2</sup> e presenta un volume utile di laminazione di circa 50'000 m<sup>3</sup>.



Figura 25: Localizzazione dell'area di laminazione di Ceriano Laghetto

L'area di laminazione è già stata inserita nell'aggiornamento del modello idrologico-idraulico condotto nell'ambito dello studio “*Servizio di aggiornamento analisi idrologiche-idrauliche del torrente Guisa*” (Studio Paoletti Ingegneri Associati per conto di AREXPO, 2017) e viene considerata anche nella modellazione idraulica del Guisa effettuata per il presente incarico.

### 5.2.2 Area di laminazione di Cesate

L'area di laminazione presenta un volume di invaso compressivo pari circa 30'000 m<sup>3</sup> e risulta costituita da due comparti realizzati per mezzo di arginatura dei terreni adiacenti e collegati con una soglia sfiorante posta a quota 199.44 m s.l.m. L'opera è già stata inserita nell'aggiornamento del modello idrologico-idraulico condotto nell'ambito dello studio “*Servizio di aggiornamento analisi idrologiche-idrauliche del torrente Guisa*” e viene anche considerata nella modellazione idraulica del Guisa effettuata per il presente



incarico.



Figura 26: Localizzazione dell'area di laminazione di Cesate

29  
59

### 5.2.3 Area di laminazione di Garbagnate Bollate

L'area di laminazione si estende su una superficie complessiva di circa 11 ha posta in sinistra idraulica dell'attuale corso del Guisa, nel tratto compreso tra l'attraversamento della SP n. 19 e l'attraversamento della SP n. 133. L'area è suddivisa in due comparti a differente frequenza di allagamento, messi in comunicazione da uno sfioratore in massi ciclopici di lunghezza 12 m e posto a quota 166.5 m s.l.m. Il manufatto di regolazione è costituito da una sezione di controllo con luce rettangolare di dimensioni 1.5 x 2.5 metri. Affiancato al manufatto di regolazione è realizzato uno sfioratore di emergenza di lunghezza 42 metri, con sommità posta a quota 167.20 m s.l.m.



Figura 27– Area di laminazione di Garbagnate-Bollate

I dati geometrici utilizzati per l'aggiornamento del modello idraulico implementato nel presente studio sono stati dedotti dagli as-built dell'intervento.

Il volume di invaso totale è pari a  $276'900 \text{ m}^3$ , come riportato nel certificato di collaudo, redatto ai sensi della Legge Regionale Lombardia 26/2003, dall'ing. Andrea di Stazio in data 11 luglio 2016.

La vasca di laminazione è stata affidata in gestione al Consorzio di Bonifica Est Ticino Villoresi.

#### 5.2.4 Area di laminazione nel sito EXPO

L'area di laminazione, per un volume di invaso di  $20'000 \text{ m}^3$  alla quota di 138.9 m s.l.m., si estende su una superficie di circa  $6'700 \text{ m}^2$ . La vasca interrata è posta ad una quota di fondo di 135.90 m s.l.m., mentre l'intradosso è a quota 140.25 m s.l.m.

L'alimentazione della vasca avviene per mezzo di una soglia di sfioro posta a quota 139.10 m s.l.m. innalzabile fino a quota 139.70 m s.l.m. mediante panconi in alluminio. A valle di essa è presente uno sfioro di emergenza a quota 139.00 m s.l.m. innalzabile con panconi fino alla quota di 139.60 m s.l.m.



Figura 28– Area di laminazione all'interno del sito EXPO (vasca interrata)

I dati geometrici utilizzati per l'aggiornamento del modello idraulico implementato nel presente studio sono stati dedotti dagli as-built dell'intervento trasmessi agli scriventi dalla società *Metropolitana Milanese*.

31  
59

### 5.3 Nodo idraulico Canale Scolmatore di Nord Ovest (CSNO)

Nel modello idraulico implementato nel presente studio, oltre alle opere di laminazione, è stato inserito il nodo idraulico in corrispondenza del Canale Scolmatore di Nord-Ovest, nella configurazione attuale, dopo i recenti lavori di AIPO. L'opera di derivazione è costituita da una soglia di sfioro a quota fissa di 155.70 m s.l.m. e lunghezza 15 metri, e da un manufatto di regolazione costituito da una doppia luce di dimensioni 2.0 x 1.5 metri dotata di paratoie mobili.





Figura 29– Nodo idraulico in Guisa-CSNO



Figura 30– Ponte Canale CSNO

I dati geometrici utilizzati per l'aggiornamento del modello idraulico implementato nel presente studio sono stati dedotti dagli elaborati del progetto “*Lavori di adeguamento funzionale del canale Scolmatore di nord ovest nel tratto compreso tra Senago (MI) e Settimo Milanese (MI) – MI.E.781*”. trasmessi agli scriventi dall'Agenzia Interregionale per il fiume Po (AIPO).

## 5.4 L'aggiornamento del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

A seguito del completamento delle quattro aree di laminazione delle piene del Torrente Guisa,

Regione Lombardia ha avviato una procedura di modifica della delimitazione delle aree allagabili relative all'intera asta, finalizzata all'aggiornamento delle mappe di pericolosità del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, secondo le modalità definite dall'art. 10 della Deliberazione di C.I. dell'Autorità di Bacino del Fiume Po n. 5 del 7 dicembre 2016.

La procedura ha tratto origine da due istanze puntuali, pervenute, in conformità alle indicazioni definite dalla D.G.R. 6738 del 19 giugno 2017, nel mese di giugno 2017 relative al territorio del comune di Baranzate ed all'area EXPO. Tali proposte puntuali di modifica sono state esaminate ed approvate dal punto di vista tecnico, sia da Regione Lombardia che dall'Autorità di Bacino del fiume Po, in occasione di due Conferenze di Servizi istruttorie svoltesi in data 19 giugno 2017 e 19 ottobre 2017.

Successivamente, Regione Lombardia ha proceduto a elaborare una proposta di modifica delle aree allagabili riferita all'intera asta del torrente. Tale perimetrazione, riportata nell'elaborato grafico *ETG 0005*, è stata sottoposta a parere preventivo dei comuni con la Conferenza dei Servizi svoltasi in data 11 settembre 2018.

Per la modifica delle aree allagabili del torrente Guisa contenute nel PGRA l'informazione idrologica di riferimento è quella contenuta nello studio *“Servizio di aggiornamento analisi idrologiche-idrauliche del torrente Guisa”*. Vengono di seguito riassunte le principali considerazioni contenute nella Relazione Tecnica del suddetto studio.

#### 5.4.1 Tempi di ritorno di riferimento

I tempi di ritorno considerati per l'aggiornamento del PGRA sono 10, 100 e 500 anni. Tali valori sono coerenti a quanto definito dal Distretto Idrografico del fiume Po nell'ambito del PGRA e sono analoghi a quelli utilizzati 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”*.

#### 5.4.2 Curve di possibilità pluviometrica

La determinazione delle curve di possibilità pluviometrica è stata effettuata aggiornando i dati utilizzati 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”*, che sono stati utilizzati anche nell'ambito dell'aggiornamento modellistico condotto nel 2011 nel progetto di Metropolitana Milanese.

I valori dei diversi parametri sono estrapolabili dal sito internet dell'ARPA ([http://idro.arpalombardia.it/pmapper-3.2/wg\\_serv\\_idro.phtml](http://idro.arpalombardia.it/pmapper-3.2/wg_serv_idro.phtml)) dove sono presenti delle mappe di tutta la regione.

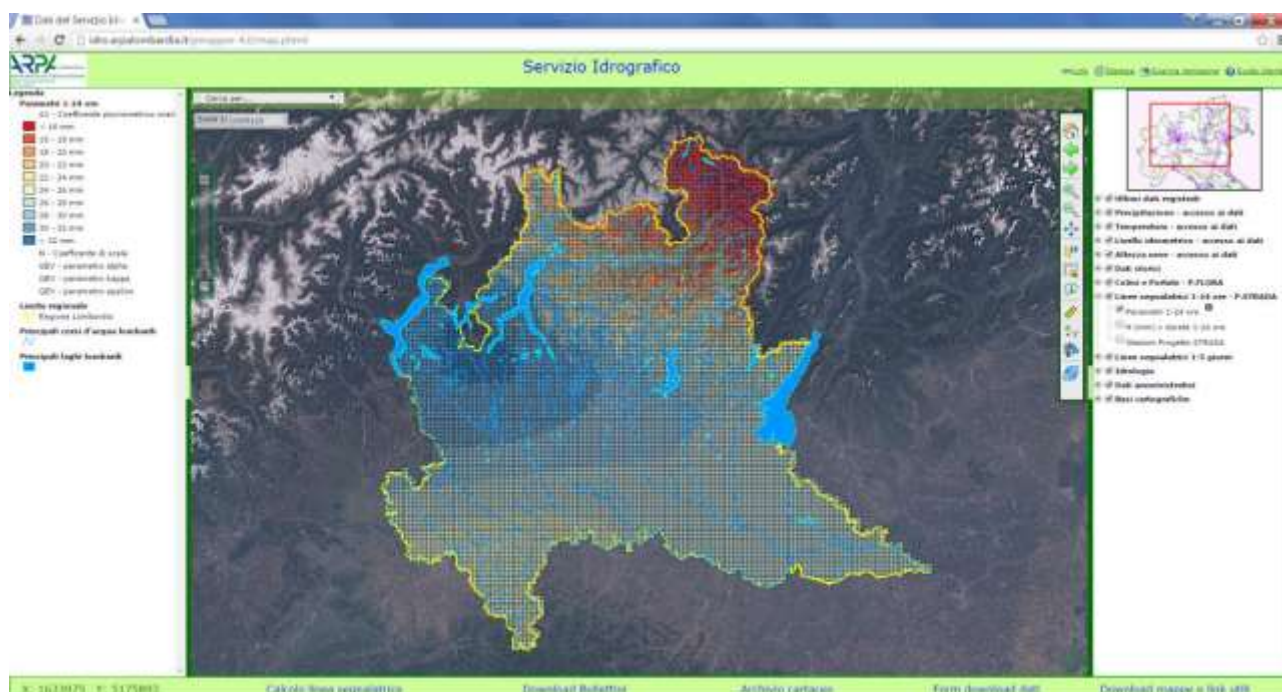


Figura 31 – Schermata del sito web dell'Arpa Lombardia da cui è possibile estrarre i parametri delle curve di possibilità pluviometrica

Con riferimento alla suddivisione in sottobacini individuati nello studio Lambro-Olona, di seguito si riportano, per i diversi sottobacini, i parametri delle curve di possibilità pluviometrica ricavate da ARPA. I parametri sono relativi al baricentro di ciascun sottobacino.

34  
59

BACINO	comuni	a1	n	alpha	kappa	epsilon
GU_10	Cermenate, Lazzate, Misinto, Cogliate	31.9	0.32	0.290	-0.011	0.829
GU_09	Ceriano L.	31.7	0.32	0.291	-0.013	0.828
GU_08	Solaro	31.6	0.32	0.292	-0.012	0.827
GU_07	Solaro, Cesate	31.5	0.32	0.292	-0.012	0.827
GU_06	Cesate	31.4	0.32	0.293	-0.017	0.825
GU_05	Garbagnate	31.4	0.32	0.293	-0.017	0.825
GU_04	Garbagnate	31.2	0.32	0.294	-0.017	0.825
GU_03	Bollate	31.1	0.31	0.294	-0.020	0.824
GU_02	Bollate	31.0	0.31	0.295	-0.021	0.823
GU_01	Bollate,	30.8	0.31	0.295	-0.025	0.822

Figura 32 – Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per i diversi sottobacini (fonte: Studio Paoletti)

### 5.4.3 Ietogrammi di riferimento

La scelta dello ietogramma di progetto è stata effettuata in aderenza a quanto adottato dall'Autorità di bacino del fiume Po nell'ambito del citato "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona". È stato pertanto scelto lo ietogramma tipo Chicago di durata 24 ore.

Per il calcolo dello ietogramma Chicago si è utilizzato il software URBIS che richiede come dati in



ingresso: i parametri  $a$  e  $n$  della prescelta curve di possibilità pluviometrica; la durata della pioggia; il parametro  $r$  che definisce la posizione del picco all'interno della durata complessiva. Per il bacino del Guisa la durata dello ietogramma, come già detto in precedenza, è stata assunta pari a 24 ore e il parametro  $r$  è stato assunto pari a 0.3.

#### 5.4.4 Modellazione afflussi-deflussi

Analogamente a quanto già condotto nello “*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona*” (2004) il modello afflussi-deflussi utilizzato per le valutazioni idrologiche di stima dei contributi di piena dei sottobacini “*naturali*” afferenti al torrente Guisa, è il modulo NAM del programma di calcolo MIKE 11. Tale modello, costituito sostanzialmente da un set di relazioni matematiche in grado di descrivere quantitativamente la fase terrestre del ciclo dell'acqua, è di tipo deterministico a parametri concentrati con un discreto, ma moderato, set di grandezze richieste in input. Esso opera simulando in continuo la variazione di contenuto di acqua (in fase liquida o vapore) di quattro serbatoi distinti e reciprocamente collegati, i quali rappresentano gli elementi fisici principali di un qualsiasi bacino idrografico.

I quattro serbatoi rappresentano i seguenti processi:

1. accumulo e scioglimento neve (non utilizzato nel presente studio);
2. intercettazione;
3. infiltrazione;
4. immagazzinamento nella falda.

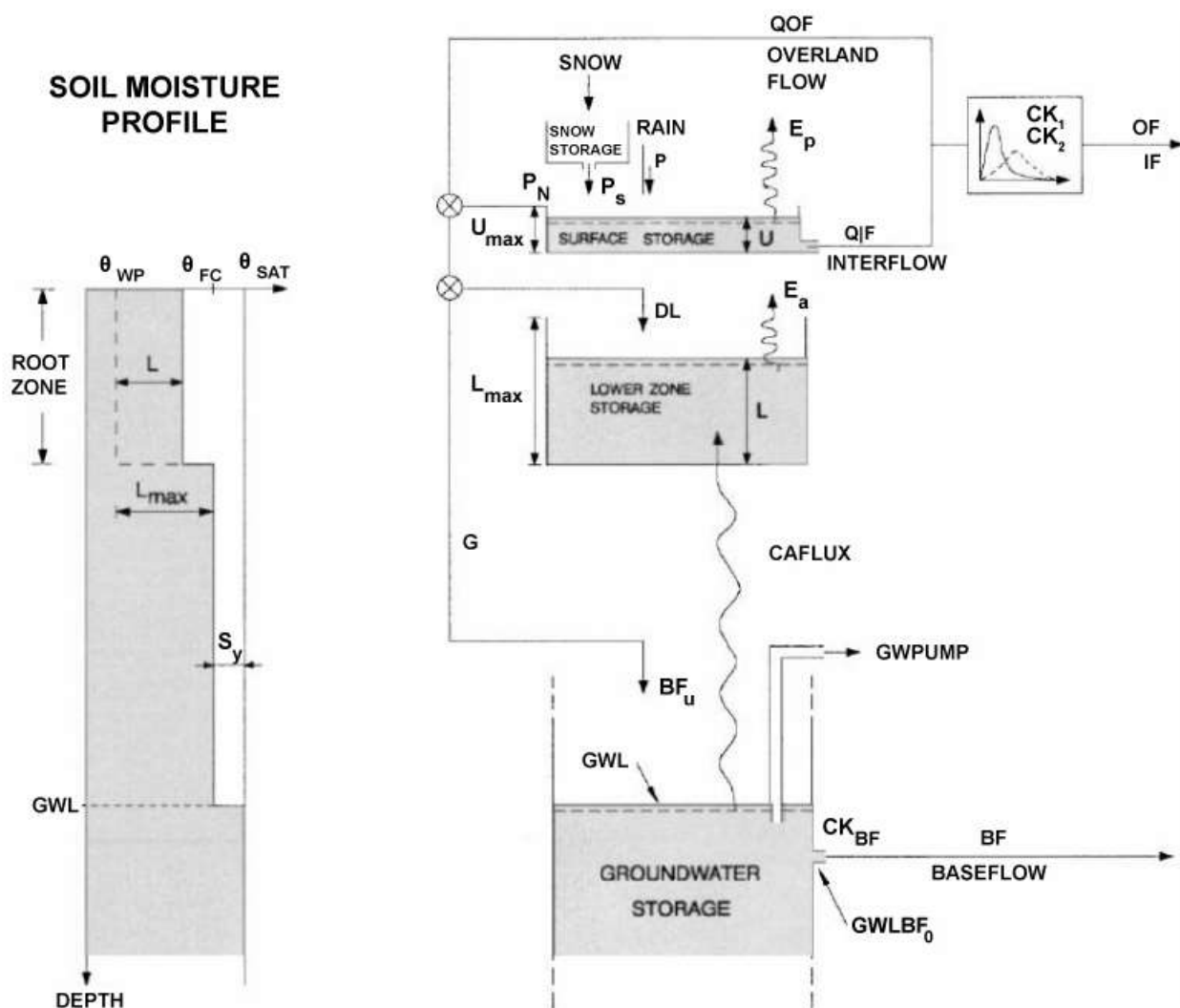


Figura 33 – Schematizzazione del modulo NAM del modello MIKE11

I dati richiesti in ingresso al modello idrologico risultano essere:

- parametri per il setup delle simulazioni: periodo di simulazione, passo temporale di calcolo;
- parametri del modello:  $S$ ,  $L_{max}$ ,  $U_{max}$ ,  $CQOF$ ,  $CK1,2$ ,  $CKIF$ ,  $TOF$ ,  $TIF$ ,  $TG$ ,  $CKBF$ ;
- condizioni iniziali: contenuto di umidità in tutti i serbatoi,  $U/U_{max}$  e  $L/L_{max}$ , ed eventuali valori di portata;
- dati meteorologici: precipitazioni reali o di progetto  $P$  (ottenute dalle curve di possibilità in funzione della durata della pioggia e del tempo di ritorno  $T$ ), evapotraspirazione potenziale  $E_p$  e temperatura.

Per i sottobacini a contributo prevalentemente urbano, posti nei settori di pianura, le acque meteoriche raccolte dal sottobacino vengono recapitate nei corsi d'acqua solo attraverso le reti di drenaggio urbano (scarichi e sfioratori).

In tali aree urbane, infatti, non esiste un reticolo idrografico naturale e l'adduzione al Guisa delle acque

meteoriche avviene solo attraverso le reti fognarie e quindi con onde di piena fortemente dipendenti dalle modalità di funzionamento delle reti idrauliche a sezione chiusa, generalmente dimensionate per bassi valori del tempo di ritorno (tipicamente 2 – 10 anni). Per rappresentare le onde di piena che dalle aree urbane affluiscono al Guisa, sensibilmente “*deformate*” dalle limitazioni di portata delle reti fognarie e dai conseguenti fenomeni di invaso conseguenti agli allagamenti cittadini o alle vasche volano eventualmente esistenti o che verranno realizzate in futuro, è stata studiata, già nell’ambito dello Studio Lambro – Olona (2004), una particolare rielaborazione dello stesso modulo, denominata NAM – URBANO.

Il modulo NAM-URBANO è configurato accoppiando lo stesso modulo NAM relativo ai sottobacini extraurbani con un serbatoio dotato di un opportuno limitatore di portata in uscita. Per simulare la limitazione della portata al colmo si è imposto in uscita dal suddetto serbatoio uno scarico caratterizzato da una tubazione in grado di convogliare una portata al colmo pari al massimo a circa 2 anni di tempo di ritorno, condizione oltre la quale, mediamente, le fognature dell’area urbanizzata di pianura del bacino risultano essere insufficienti e funzionanti in pressione.

Nella figura seguente è rappresentato concettualmente il funzionamento del modello NAM-URBANO.

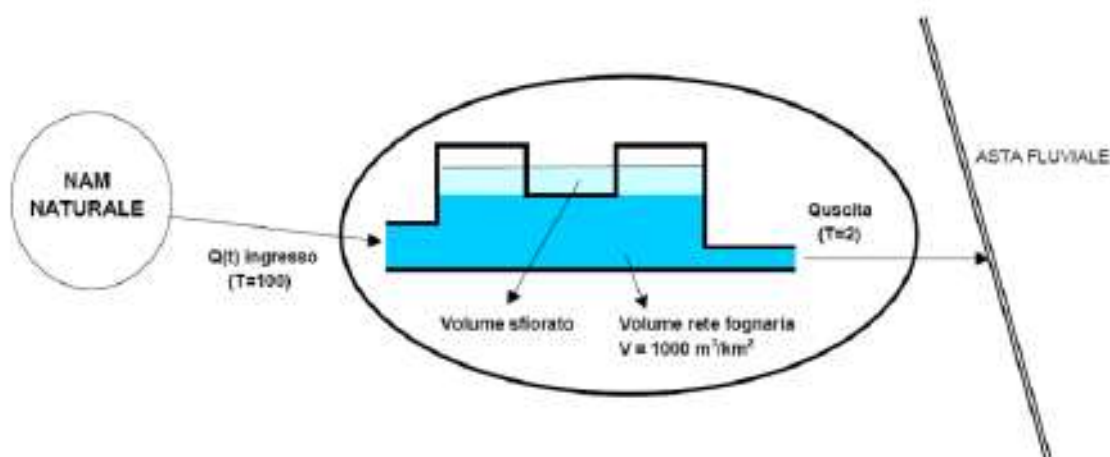


Figura 34: Schema funzionamento modello NAM-URBANO (Fonte: Studio Paoletti)

Per quanto riguarda la scelta dei parametri idrologici dei modelli NAM e NAM – URBANO per i diversi sottobacini, si è fatto riferimento ai seguenti intervalli di valori:

- $U_{max} = 10 \text{ mm}$ ;
- $L_{max} = 100 \text{ mm}$  per i bacini extra-urbani (NAM),  $5 \text{ mm}$  per i bacini urbani (NAMURBANO),  $150 \text{ mm}$  per le porzioni non urbanizzate dei bacini urbani;
- $U/U_{max}$  (per  $t=0$ ) =  $0$  per bacini urbani (NAM-URBANO) e  $0.5$  per bacini naturali (NAM);
- $L/L_{max}$  (per  $t=0$ ) =  $0$  per bacini urbani (NAM-URBANO) e  $0.5$  per bacini naturali (NAM);
- $CQOF = 0,05 \div 0,3$  (per i bacini urbani, schematizzati con il modulo NAM-URBANO, si è considerato il valore di  $0,3$ );
- $CK_{1,2} = 1 \div 2$  volte il tempo di corrivazione del bacino.

Per i restanti parametri, ad esempio quelli legati al serbatoio G che rappresenta il funzionamento della



falda, si sono considerati i parametri di default definiti all'interno del codice di calcolo. Nella figura seguente si riportano i valori dei parametri per i sottobacini del torrente Guisa.

Bacino	Modello	Name	nota	Sup. [kmq]	Umax	Lmax	CQOF	CKIF	CK1,2	TOF	TIF
T. Guisa	NAM	SEZ_10_G	Cermerate, Lazzate, Misinto, Cogliate	4.2	10	100	0.15	500	2.5	0	0
	NAM	SEZ_9_G	Cenano L.	3.2	10	100	0.15	500	4	0	0
	NAM	SEZ_8_G	Solaro	1.3	10	100	0.15	500	4	0	0
	NAM	SEZ_7_G	Solaro, Cesate	2.1	10	100	0.15	500	4	0	0
	NAM	SEZ_6_G	Cesate	0.5	10	100	0.15	500	2	0	0
	NAM	SEZ_5_G	Garbagnate	0.4	10	100	0.15	500	1.5	0	0
	NAM	SEZ_4_G	Garbagnate	0.4	10	100	0.15	500	1.5	0	0
	NAM	SEZ_3_G	Bollate	2.02	10	100	0.15	500	2.5	0	0
	NAM	SEZ_2_G	Bollate	0.26	10	100	0.05	500	1.5	0	0
	NAM	SEZ_1-2_G	Bollate	1.71	10	100	0.08	500	3	0	0
	NAM	SEZ_1-1_G	Baranzate	0.1	10	100	0.05	500	1.5	0	0
	NAM URBANO	LAZ+MIS	Lazzate e Misinto	3.85	10	5	0.3	500	0.8	0	0
	NAM URBANO	COGL	Cogliate	2	10	5	0.3	500	0.8	0	0
	NAM URBANO	CER	Cenano L.	1.4	10	5	0.3	500	0.8	0	0
	NAM URBANO	SCARICO_1_G	Solaro	2.1	10	5	0.3	500	0.8	0	0
	NAM URBANO	SCARICO_2_G	Cesate	2.2	10	5	0.3	500	0.8	0	0
	NAM URBANO	SCARICO_3_G	Garbagnate	2	10	5	0.3	500	1.1	0	0
	NAM URBANO	SCARICO_4_G	Garbagnate	1.7	10	5	0.3	500	1	0	0
	NAM URBANO	SCARICO_5_G	Bollate e Baranzate	2.5	10	5	0.3	500	1.35	0	0
	NAM URBANO	EXPO	EXPO	1	10	5	0.7	500	0.25	0	0

Figura 35: Parametri inseriti nel modello afflussi-deflussi (Fonte: Studio Paoletti)

#### 5.4.5 Risultati della modellazione afflussi-deflussi e portate al colmo di riferimento

Vengono di seguito riportati i risultati del modello idrologico applicato ai diversi sottobacini.

In particolare, nella Tabella 4 si riportano, per i tre valori del tempo di ritorno considerati (T10, T100 e T100 anni), i valori delle portate al colmo ottenuti con la modellazione afflussi-deflussi. Le portate al colmo ottenute sono state utilizzate come input nella modellazione idraulica del torrente Guisa.

Name	nota	Qmax - T10 [m3/s]	Qmax - T100 [m3/s]	Qmax - T500 [m3/s]
SEZ_10_G	Cermenate, Lazzone, Misinto, Cogliate	2.1	4.2	6.0
SEZ_9_G	Ceriano L.	1.0	2.0	2.8
SEZ_8_G	Solaro	0.4	0.8	1.1
SEZ_7_G	Solaro, Cesate	0.6	1.3	1.8
SEZ_6_G	Cesate	0.3	0.6	0.9
SEZ_5_G	Garbagnate	0.3	0.7	0.9
SEZ_4_G	Garbagnate	0.3	0.7	0.9
SEZ_3_G	Bollate	1.0	2.0	2.8
SEZ_2_G	Bollate	0.0	0.1	0.1
SEZ_1-2_G	Bollate	0.3	0.6	0.8
SEZ_1-1_G	Baranzate	0.0	0.0	0.1
LAZ+MIS	Lazzone e Misinto	26.6	45.8	59.3
COGL	Cogliate	17.3	27.7	34.9
CER	Ceriano L.	12.1	19.5	24.6
SCARICO_1_G	Solaro	14.5	25.1	32.6
SCARICO_2_G	Cesate	15.1	26.4	34.5
SCARICO_3_G	Garbagnate	9.8	17.7	24.1
SCARICO_4_G	Garbagnate	9.3	16.8	22.6
SCARICO_5_G	Bollate e Baranzate	10.8	18.5	24.1
EXPO	EXPO	22.9	35.1	43.7

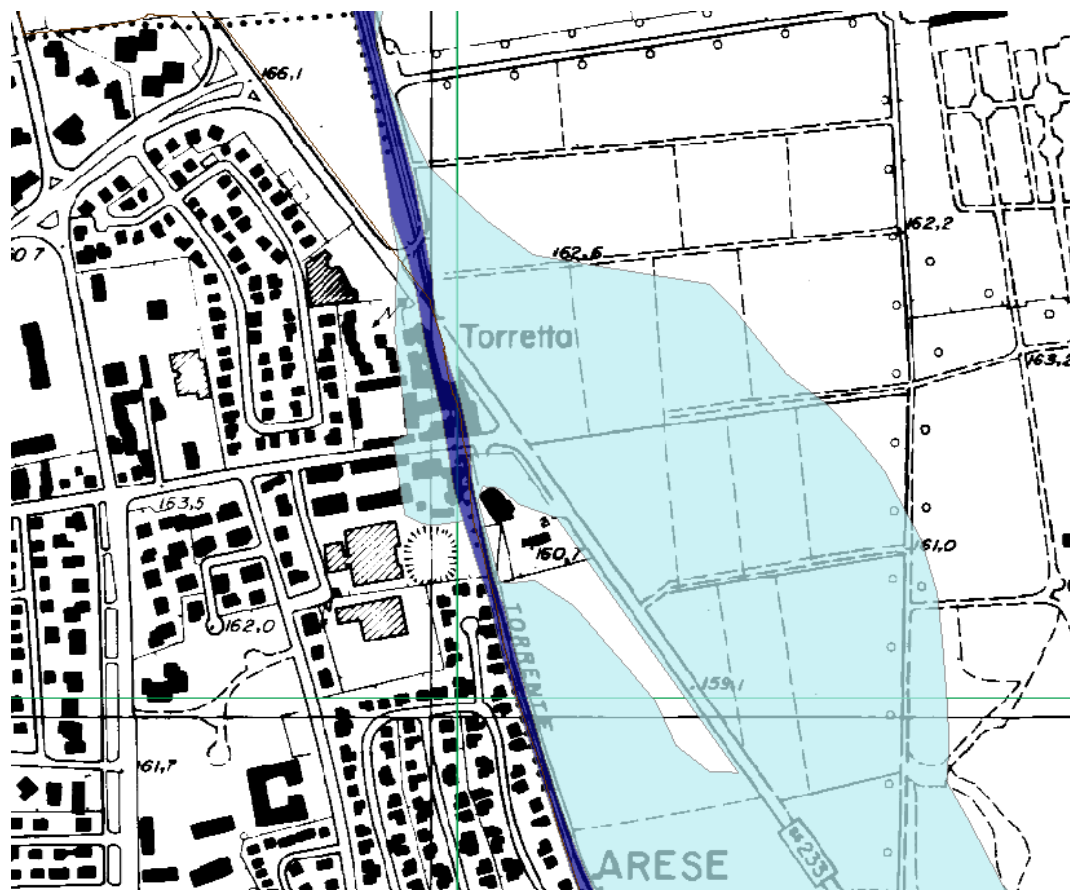
Figura 36: Portate al colmo ottenute con la modellazione afflussi-deflussi (Fonte: Studio Paoletti)

#### 5.4.6 Aggiornamento aree di allagamento PGRA del t. Guisa

In occasione della Conferenza dei Servizi dell'11 settembre 2018 promossa da Regione Lombardia sono state presentate le nuove proposte di perimetrazione delle aree di pericolosità del PGRA, per gli scenari frequente, poco frequente e raro. A conclusione dell'iter iniziato con la conferenza dei servizi, tramite apposito atto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po, le nuove perimetrazioni sostituiranno quelle precedenti in vigore, contenute nel PGRA versione 2015 e ricavate dallo Studio di Fattibilità Lambro Olona.

L'art. 10 della Deliberazione C.I. 5/2016 dell'Autorità di bacino distrettuale del Po delega il Segretario Generale ad approvare con proprio decreto, ogni qualvolta si renda necessario e previo parere favorevole della Conferenza Operativa, le modifiche cartografiche alle perimetrazioni delle aree allagabili del PGRA, in relazione al variare della situazione morfologica, ecologica e territoriale dei luoghi ed all'approfondimento degli studi conoscitivi e di monitoraggio, nonché in relazione allo stato di avanzamento delle opere

L'immagine seguente mostra le aree allagabili indicate nel PGRA per il tratto di interesse, per gli scenari frequente, poco frequente e raro. Durante il processo di aggiornamento delle aree di allagamento è stato stabilito di mantenere la precedente perimetrazione per lo scenario raro, corrispondente al tempo di ritorno di 500 anni, anche se con la realizzazione delle vasche di laminazione le modellazioni non evidenziano allagamenti per la portata cinquecentennale.



I livelli risultano quindi contenuti in alveo per le portate associate ai tempi di ritorno 10, 100 e 500 anni, come mostrato nella tabella seguente, tratta dallo studio redatto per MAFRA – Comune di Baranzate nell’ambito della Conferenza dei Servizi di aggiornamento del PGRI del t. Guisa, con l’aggiunta della quota del piano campagna contenuta nelle sezioni topografiche utilizzate per lo studio di aggiornamento.



Sezione	Progressiva (m)	Quota p.c. (m s.l.m.)	T10	T100	T500
			Livello (m s.l.m.)	Livello (m s.l.m.)	Livello (m s.l.m.)
GUI75.5	1739.28	161.60	159.83	160.04	160.50
GUI75	1795.96	161.86	159.43	159.62	160.01
GUI74	1847.40	161.18	159.14	159.31	159.64
GUI73	1944.61	161.13	158.51	158.64	158.90

La tabella mostra che i livelli si mantengono al di sotto del piano campagna.

## 6 RILIEVO TOPOGRAFICO

E' stato realizzato a inizio maggio 2021 un rilievo topografico specifico del corso d'acqua, nel tratto compreso tra via Milano e via Gramsci.

Il rilievo topografico ha consentito di cogliere, oltre alla geometria dell'alveo, lo stato di conservazione e ammaloramento delle difese di sponda esistenti.

Le sezioni topografiche del rilievo sono servite ad aggiornare, ad un livello di dettaglio maggiore, il modello idraulico implementato per l'aggiornamento delle mappe delle aree allagabili del PGRA, desunte dallo Studio di fattibilità Lambro Olona dell'Autorità di bacino distrettuale del Po.

Le sezioni trasversali sono raffigurate nella tavola VGA 2003.

## 7 ANALISI IDROLOGICA

### 7.1 Portate di riferimento

Le portate di riferimento per la presente progettazione sono quelle che sono state utilizzate nell'aggiornamento del PGRA del 2019. Per il tratto di interesse le portate dipendono dal funzionamento della vasca di laminazione di Garbagnate Bollate e dallo scarico dello sfioratore di piena posto immediatamente a valle. Le portate, per i tempi di ritorno 10, 100 e 500 anni in corrispondenza del ponte di via Milano a inizio tratto sono rispettivamente pari a 8,30 mc/s, 9,94 mc/s e 13,94 mc/s, secondo quanto risulta dal modello dell'aggiornamento delle aree di allagamento del Guisa per il PGRA.

Nel presente progetto è stata considerata la portata per tempo di ritorno di 100 anni.

## 8 ANALISI IDRAULICA

### 8.1 Simulazioni effettuate

Le simulazioni idrauliche sono state condotte per il tempo di ritorno 100 anni, simulando la configurazione stato di fatto e l'assetto di progetto, al fine di verificare che le opere in progetto non vadano a modificare in modo apprezzabile gli attuali livelli in alveo.

E' stato ricostruito il modello impiegato per l'aggiornamento delle aree allagabili del PGRA dalla vasca di laminazione sul Guisa a Garbagnate Bollate sino alla tombinatura di Milano. Nel tratto di interesse sono state aggiornate le sezioni trasversali inserendo il rilievo aggiornato del maggio 2021.

Nel tratto in esame il codice di calcolo impiegato ha simulato la corrente in moto vario monodimensionale.

### 8.2 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 sottoscrizione a e g indica alveo inciso e golene rispettivamente, q<sub>c</sub> e q<sub>g</sub> 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:

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

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

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:

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

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

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

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

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

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 suddividere 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.

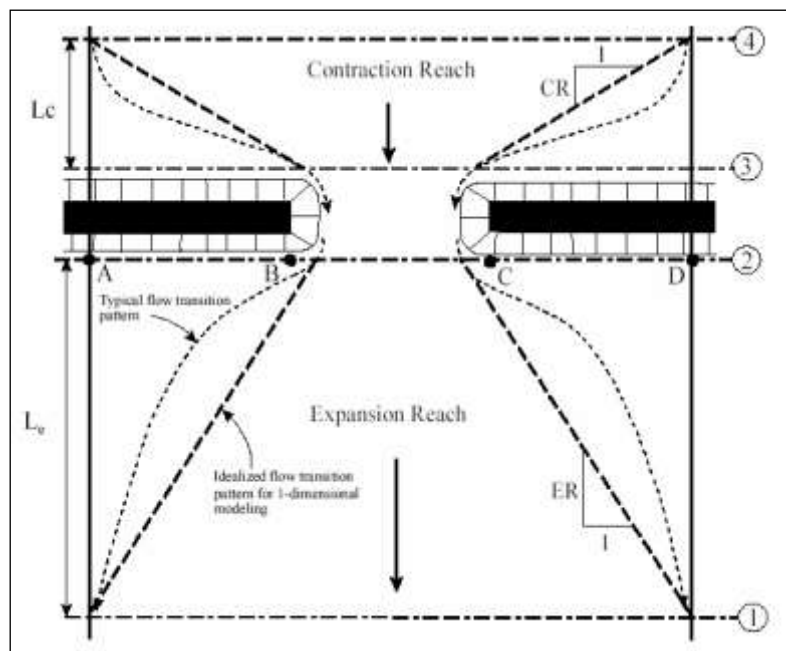


Figura 38: Posizionamento delle sezioni per l'analisi dei tratti di contrazione ed espansione dovuti alle strutture

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.).

## 8.3 Implementazione del modello matematico

### 1.1.1 Descrizione geometrica del corso d'acqua

Il tratto di Guisa oggetto della modellazione si estende dallo svincolo della SP n. 133 in comune di Garbagnate Milanese (sez. modello 1014) all'ingresso della tombinatura di Milano (sez. modello -16), per uno sviluppo complessivo di circa 7.5 km.

La geometria del corso d'acqua è stata descritta mediante le sezioni trasversali utilizzate per l'aggiornamento delle aree allagabili del PGRA Guisa e mediante il rilievo specifico effettuato.

rilevate con la campagna topografica del febbraio 2017 descritta nel capitolo **Errore. L'origine r**  
**iferimento non è stata trovata..**

Oltre al corso d'acqua si è reso necessario inserire nella geometria del modello anche le opere di laminazioni presenti nel tratto modellato: l'area di laminazione di Garbagnate-Bollate e l'area di laminazione all'interno del sito EXPO.

Per quanto riguarda la prima area di laminazione l'informazione topografica è stata dedotta dagli as-built della vasca di laminazione e dal certificato di collaudo ex LR 8/1998.

È stata quindi inserita nel modello la geometria della zona a frequente allagamento, di quella a raro allagamento, dei manufatti di sfioro e di regolazione e del tratto di riprofilatura del Guisa nel tratto compreso tra la vasca di laminazione e l'attraversamento di via Milano (sez. modello 76). Nella figura seguente si riporta lo schema geometrico del modello nel tratto interessato dall'opera di laminazione di Garbagnate Bollate.

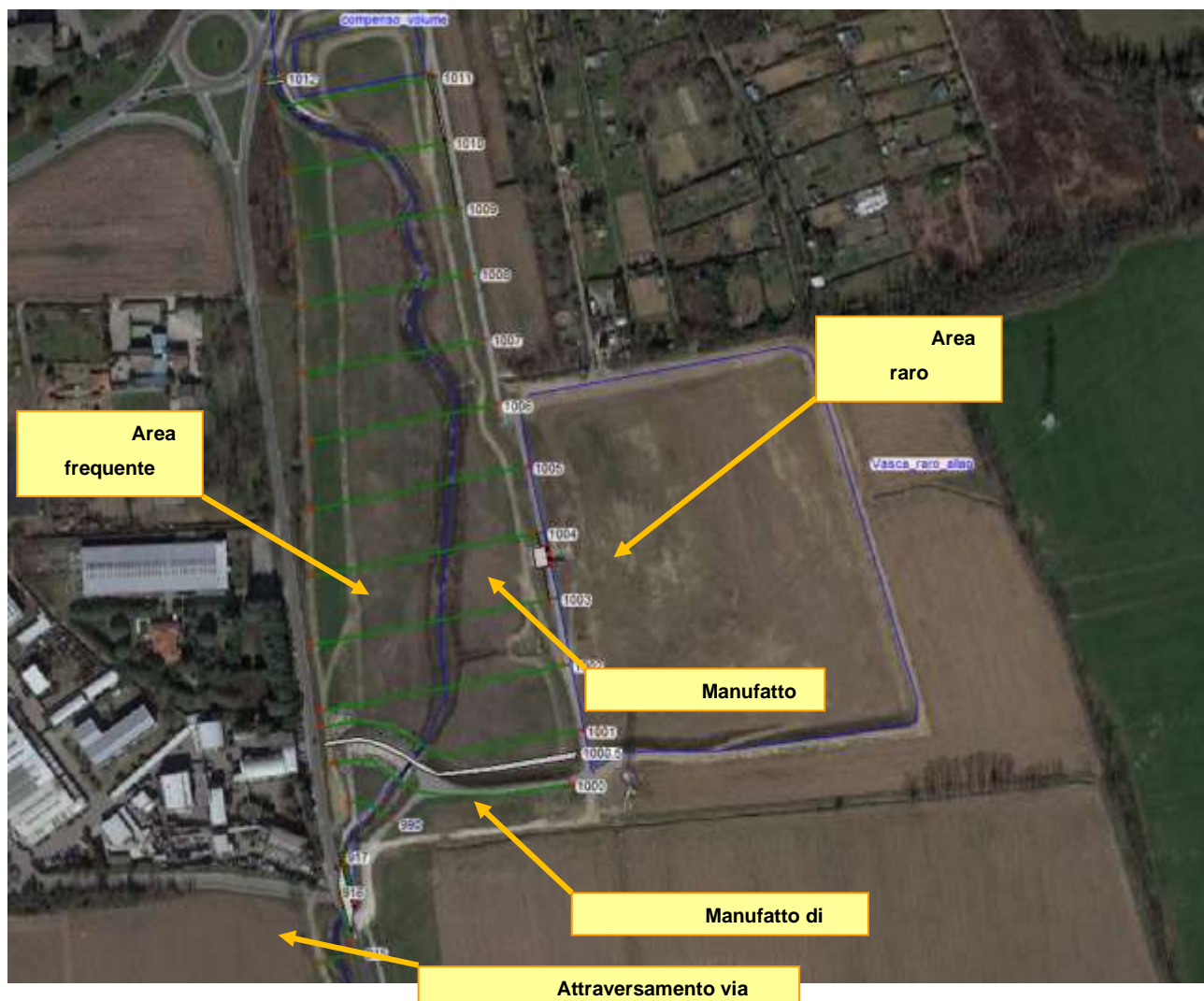


Figura 39: Schematizzazione geometria del Guisa in corrispondenza della vasca di laminazione di Garbagnate-Bollate

L'informazione topografica del tratto a valle dell'autostrada A8 Milano-Laghi deriva dagli as-built relativi all'intervento di spostamento del torrente Guisa all'interno del sito EXPO. In particolare sono state inserite le sezioni del nuovo alveo del Guisa (da sezione modello -2 a sezione modello -13), oltre che la geometria della vasca di laminazione e dei manufatti di presa e sfioro ad essa connessi. Nella figura seguente si riporta lo schema geometrico del modello in corrispondenza dell'area del sito EXPO.





Figura 40: Schematizzazione geometria del Guisa in corrispondenza del sito EXPO

Sono stati inseriti inoltre tutti i manufatti di attraversamento presenti lungo il tratto oggetto di studio, i salti di fondo e il nodo idraulico in corrispondenza del CSNO.

Le sezioni utilizzate per la descrizione geometrica coprono dunque un tratto di Guisa ampiamente esteso sia a monte che a valle della zona di intervento. In corrispondenza di alcune singolarità (ponti, salti di fondo, manufatti di sfioro, ecc.) si è reso necessario duplicare alcune sezioni per descrivere al meglio la geometria delle diverse strutture. In sintesi la geometria del corso d'acqua è stata così schematizzata:

- n. sezioni trasversali inserite: 137
- n. manufatti di attraversamento: 20
- n. salti di fondo: 3
- opere di laminazione: 2 (Garbagnate-Bollate e EXPO)
- nodi idraulici: 1 (CSNO)

### 1.1.2 Coefficiente di scabrezza

I calcoli idraulici per la ricostruzione dei profili di piena sono stati effettuati con riferimento al coefficiente di scabrezza di Manning o di Strickler ( $n = 1/k_s$ ), indicati nel testo “Ven Te Chow, Ph. D – Open Channel Hydraulics - Mc Graw Hill International Editions – 1986”.

La scelta è stata effettuata considerando le caratteristiche geometriche dei materiali che compongono attualmente l'alveo e della copertura vegetale delle sponde.

Nello specifico si è adottato un valore di  $k_s$  pari a  $35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  per i tratti con fondo e sponde naturali e  $k_s$  pari a  $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  in corrispondenza dei manufatti e nelle pareti in muratura o calcestruzzo. Sono stati pertanto adottati gli stessi valori utilizzati nello studio di fattibilità AdBPo 2004.

### 1.1.3 Condizioni al contorno

Nella sezione di monte del modello (sezione 1014) è stato immesso l'idrogramma di piena derivante dalla simulazione idrologico-idraulica del tratto di monte condotta nell'ambito dello studio “*Servizio di aggiornamento analisi idrologico-idrauliche del T. Guisa*” e fornitaci dallo Studio Paoletti Ingegneri Associati. Le portate di picco per i tre tempi di ritorno considerati sono rispettivamente pari a:  $Q_{10} = 15.6 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{100} = 23.4 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{500} = 25.9 \text{ m}^3/\text{s}$ .

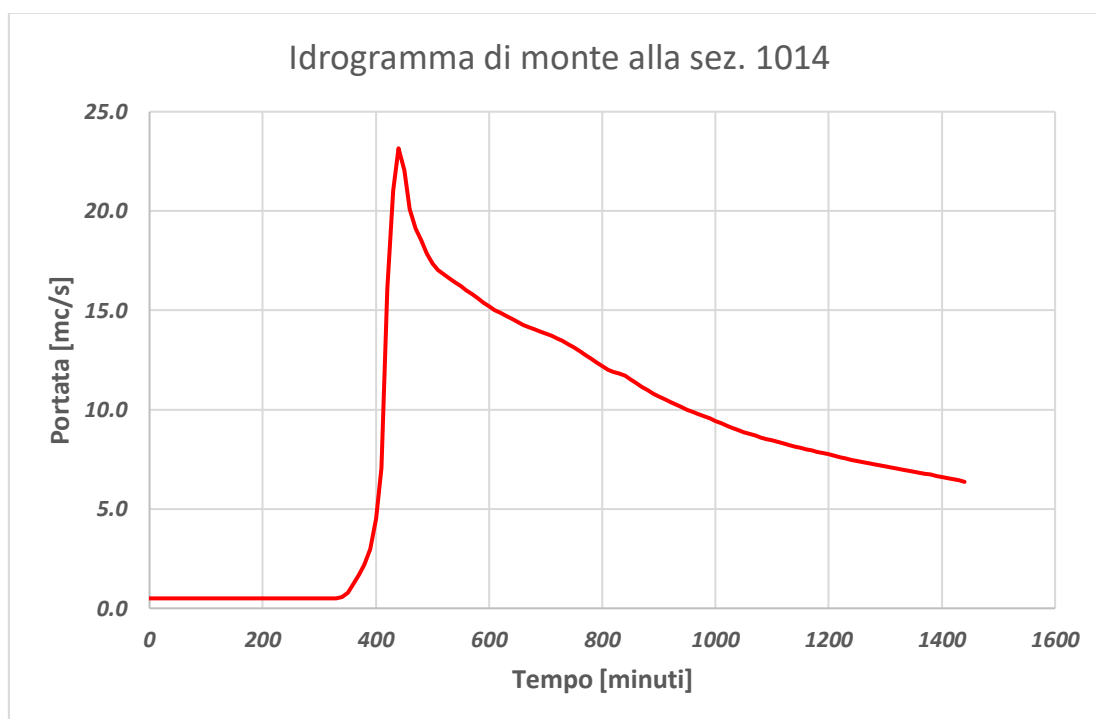


Figura 41 – Idrogramma di monte T100 anni inserito nel modello

Per simulare il corretto funzionamento del corso d'acqua durante gli eventi di piena si è reso necessario considerare anche le onde di piena relative ai “*sottobacini*” ovvero a quelle porzioni di bacino comprese tra due sezioni di chiusura contigue. Tali idrogrammi sono stati immessi nel modello utilizzando la condizione “*Uniform Lateral Inflow*” in modo tale da simulare l'apporto del bacino non come immissione

concentrata (in una sezione ben precisa), ma distribuita omogeneamente lungo l'asta del torrente, tenendo quindi conto dei tempi di corrivazione e di propagazione dell'onda stessa.

Gli idrogrammi di piena relativi ai bacini urbani (scarichi fognari) e l'immissione del torrente Nirone, sono stati immessi nel modello utilizzando la condizione "*Lateral Inflow*" in modo tale da simulare l'apporto del bacino come immissione concentrata in una sezione ben precisa del corso d'acqua.

Le onde di piena immesse nel modello sono quelle ricavate con la modellazione afflussi-deflussi condotta nell'ambito dello studio citato "*Servizio di aggiornamento analisi idrologico-idrauliche del T. Guisa*".

Il torrente Nirone è stato inserito come immissione concentrata nella sezione 34 del modello.

Con riferimento alla nomenclatura utilizzata nel suddetto studio, nella tabella seguente si riporta un quadro riassuntivo delle condizioni al contorno considerate nel modello idraulico dove si riporta la sezione di riferimento, il tipo di immissione (distribuita o concentrata) e le portate al colmo per i tre tempi di ritorno considerati.

Quale condizione di valle è stata utilizzata la scala di deflusso della tombinatura in ingresso a Milano già utilizzata nel modello idraulico implementato nello Studio Lambro-Olona. Le simulazioni sono state svolte anche considerando una condizione di moto uniforme e si è appurato che i risultati non cambiano in quanto le portate in gioco sono tali da non comportare il funzionamento in pressione del manufatto di ingresso a Milano.

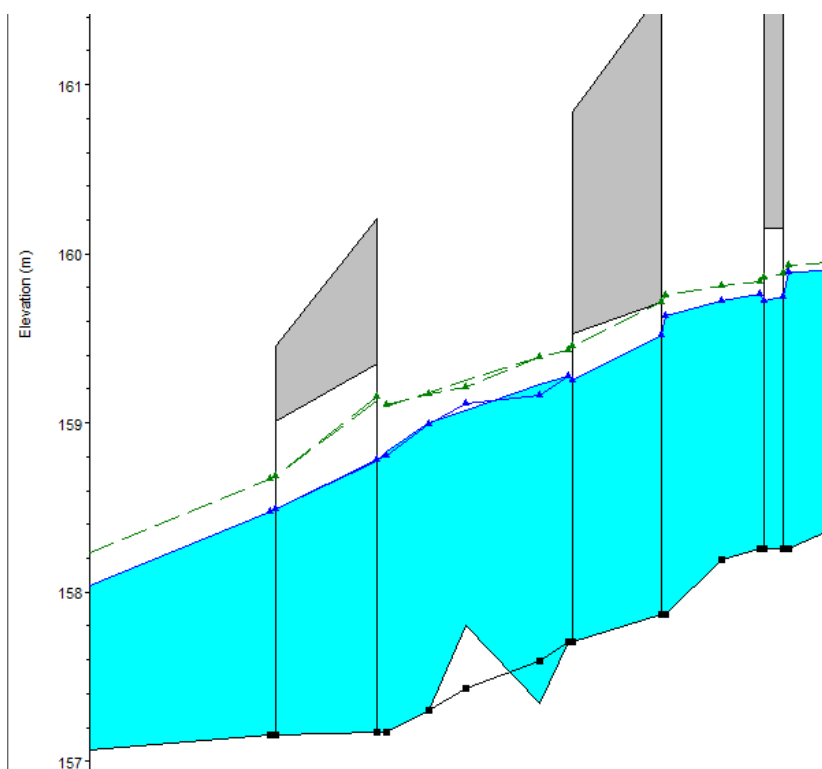
<b>Sezione modello</b>	<b>Nome bacino o scarico di riferimento</b>	<b>Tipo di immissione</b>	<b><math>Q_{10}</math> [mc/s]</b>	<b><math>Q_{100}</math> [mc/s]</b>	<b><math>Q_{500}</math> [mc/s]</b>
915	Scarico Garbagnate	Concentrata	4.48	5.37	5.80
da 915 a 64	Sottobacino_3G	Distribuita	0.96	1.95	2.84
da 64 a 35	Sottobacino_2G	Distribuita	0.04	0.09	0.13
34	Torrente Nirone	Concentrata	1.55	3.11	3.89
5	Sottobacino_1-1G	Concentrata	0.02	0.03	0.05
2	Scarico Bollate	Concentrata	4.28	4.91	5.23
-3	Sottobacino_1-2G	Concentrata	0.28	0.57	0.83
-10	Scarico EXPO	Concentrata	0.58	1.08	1.49

Tabella 2 – Condizioni al contorno utilizzate nel modello bidimensionale

## 8.4 Risultati delle simulazioni

Le simulazione condotte, nella configurazione stato di fatto e di progetto hanno mostrato che le opere previste (cordoli di protezione al piene e intonacatura nel tratto compreso tra muri e palificata viva doppia spondale nel tratto a monte della SP 233) non comportano modifiche apprezzabili sui livelli del corso d'acqua per il tempo di ritorno 100 anni. Il modello comprende anche l'intervento di sistemazione del fondo tramite livellamento e chiusura buche. Per la parte di monte si è valutato, tramite studi di letteratura, che la difesa realizzata non va a modificare sostanzialmente la scabrezza delle sponde, poiché lo sviluppo degli astoni di salice, che con la corretta manutenzione permangono flessibili ed elastici nel tempo, non comporta una diversa configurazione idraulica rispetto alla sezione attuale con sviluppo di arbusti.

Nell'immagine seguente, per il tratto di interesse, è raffigurato il profilo della corrente nella configurazione stato di fatto e di progetto.



52  
59



## 9 DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

In relazione alle principali situazioni di ammaloramento riscontrate sono state individuate le seguenti tipologie di intervento, volte a proteggere i muri esistenti dall'azione erosiva operata dalla corrente del fiume, a sistemare i dissesti in atto nel tratto a sezione trapezia realizzando al contempo una riqualificazione generale.

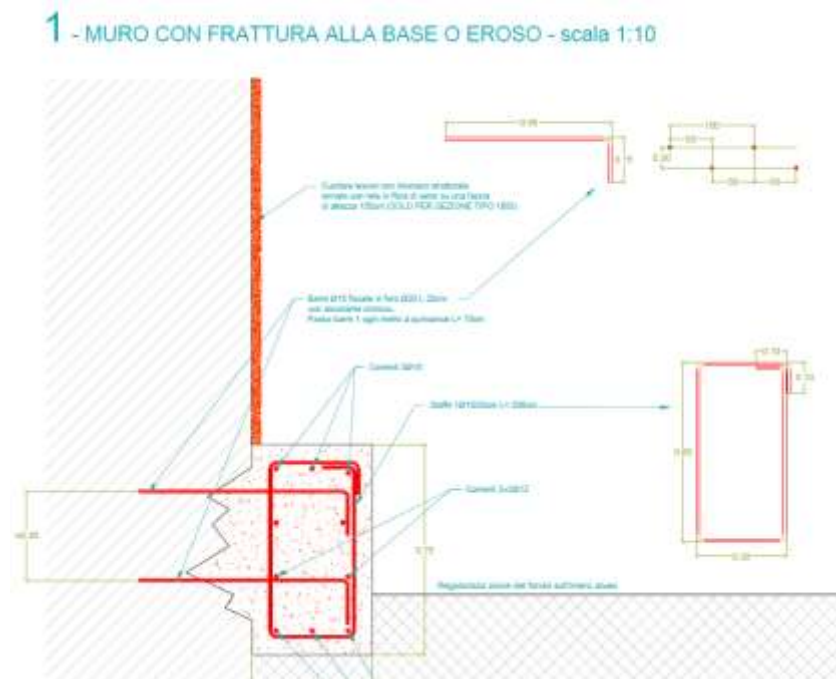


Figura 43 – sezione tipologica per ripristino di muro in calcestruzzo con frattura o erosione alla base

In caso di muro in calcestruzzo eroso o con frattura alla base si prevede la realizzazione di un cordolo in c.a. alla base reso solidale alla struttura esistente tramite barre con ancorante chimico. E' stato inoltre individuato un tratto in cui realizzare anche sul muro in c.a. uno strato di intonaco strutturale (sezione 1bis).



Alcune strutture presenti hanno un cordolo di protezione che è in parte scalzato al piene. Si prevede si prevede la realizzazione di una sottomurazione in calcestruzzo armato, volta a riempire i vuoti al di sotto del muro e a proteggere con un cordolo lo stesso.

#### 4 - MURO IN MATTONI PIENI DA CONSOLIDARE - scala 1:10

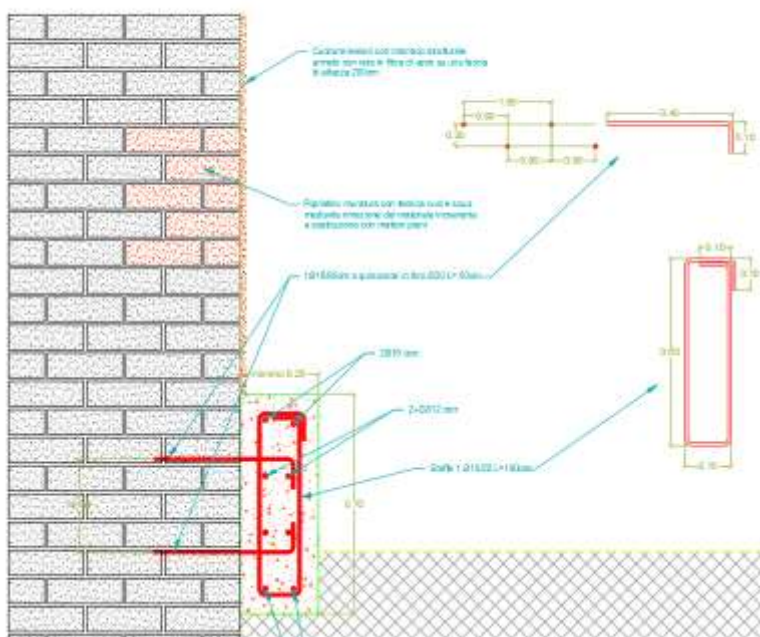


Figura 46 – sezione tipologica per ripristino e protezione al piede del muro in mattoni pieni

Il muro in sponda destra è generalmente realizzato in mattoni pieni, con intonacatura che è stata asportata dalla corrente. Si prevede il ripristino del muro con tecnica cuci e scuci mediante rimozione del materiale incoerente e sostituzione con mattoni pieni, realizzazione di un cordolo in calcestruzzo armato alla base e intonaco strutturale armato con fibra di vetro sino ad un'altezza di 2 m dal fondo.

Tutti gli interventi sulle murature (in mattoni pieni o in c.a.) devono essere preceduti da idropulizia a bassa pressione e rimozione degli arbusti e colture vegetale che si è insediata.

Nel tratto con sezione trapezia in terra e geotessile ammalorato si prevede di intervenire con tecniche di ingegneria naturalistica, proponendo la sezione tipologica già prevista e realizzata nell'appalto dei lavori di EXPO 2015 relativi all'area golenale sul Guisa, nel tratto di torrente immediatamente a valle della vasca di laminazione. L'intervento comprende la realizzazione di una palificata doppia viva con massi di protezione al piede e sommità della sponda con copertura realizzata mediante idrosemina.

I punti di immissione della roggia e dello scarico saranno protetti mediante scogliera in massi sciolti, rinverdata con talee di salice al pari della palificata doppia.

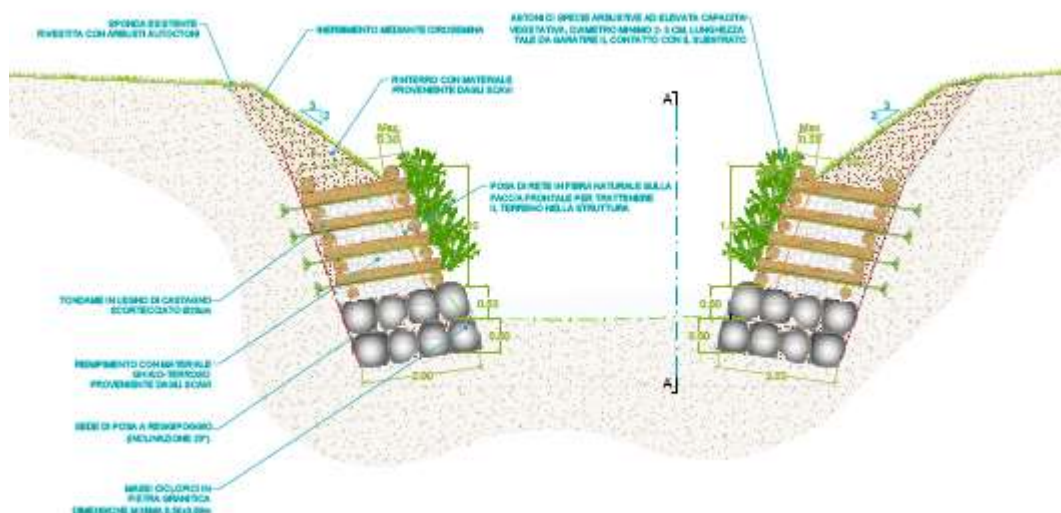


Figura 47 – sezione tipologica per l'intervento a monte della SP 233

Per la descrizione completa degli interventi si rimanda alle tavole di progetto VGA 2004 e VGA 2005.



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

Per l'esecuzione dei lavori sarà necessario accedere ai due tratti oggetto di intervento con modalità e punti differenti, visto la presenza del tombino della SP 233 che rende impossibile il transito ai mezzi in alveo.

Per la realizzazione dei lavori nel tratto tra via Milano di Bollate e la SP 233 l'accesso potrà avvenire mediante la creazione di una rampa a partire dalla pista che si stacca dalla SP 233 in sponda sinistra, come riportato schematicamente nell'immagine seguente sulle mappe catastali. Per l'accesso occorre occupare temporaneamente la particella 7 del Foglio 20 del Comune di Bollate.

Per il tratto tra la SP 233 e la via Gramsci ad Arese sarà invece necessario calare un piccolo mezzo escavatore nell'alveo, scaricandolo dalla banchina della SP 233 immediatamente a valle dell'attraversamento o dalla via Gramsci. I getti potranno avvenire con autopompa e pompa da intonaco con punto di fornitura dalle medesime possibili posizioni.

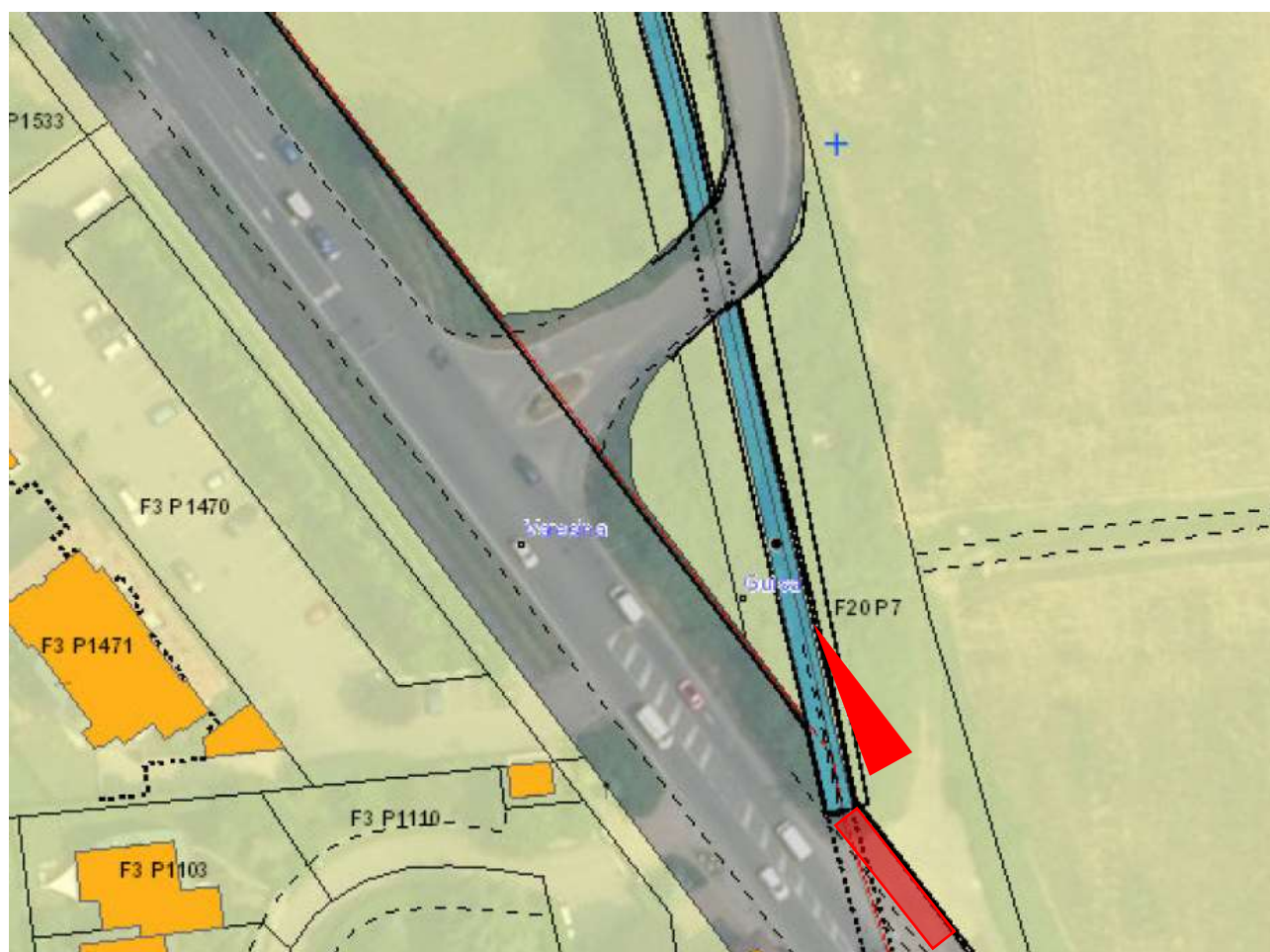


Figura 48 – posizione rampa di accesso in alveo (triangolo) nel tratto a monte della SP 233 e possibile area di cantiere (rettangolo trasparente)



Figura 49 – possibili aree da utilizzare temporaneamente per calare un miniescavatore in alveo per lavorare nel tratto a valle della SP 233

L'area fissa di cantiere, con baracca e deposito, potrà essere realizzata, previa autorizzazione, a lato della strada SP 233, sfruttando l'area evidenziata con simbolo rettangolare nella figura 48 e secondo quanto indicato nel piano particella di esproprio e delle occupazioni. L'area è attualmente spesso impiegata per la sosta di veicoli.

Per l'esecuzione delle opere è stimabile un tempo di esecuzione di 60 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.

## 11 CONCLUSIONI E STIMA ECONOMICA

Gli interventi in progetto vanno ad agire sul torrente Guisa nel tratto compreso tra la via Milano a Bollate e la via Gramsci ad Arese. Tra il ponte di via Milano e la tombinatura sotto la SP 233 si prevede di intervenire con opere d'ingegneria naturalistica, tramite la realizzazione di una palificata doppia viva spondale, mentre sui muri che determinano le sponde del corso d'acqua nel tratto tra la SP 233 e la via Gramsci, tratto in cui il corso d'acqua è stato completamente artificializzato, in funzione degli ammaloramenti prevalenti riscontrati sono state individuate cinque sezioni tipologiche di intervento, volte a proteggere i muri al piede dall'erosione della corrente.

Per quanto attiene ai muri, all'interno della presente progettazione si è provveduto ad agire sulle parti inferiori delle murature e dei cordoli di protezione degli edifici, al fine di proteggere gli stessi dalla capacità erosiva del corso d'acqua, esula invece dalle finalità dell'intervento la sistemazione complessiva delle murature stesse. Nei sopralluoghi condotti per la progettazione delle opere si è inoltre riscontrato che anche i tombini di attraversamento della SP 233 e di via Gramsci presentano segni di ammaloramento e necessitano pertanto di progettazione ed interventi dedicati, a cura dei rispettivi titolari.

L'importo complessivo delle opere è pari a 116'000 € con finanziamento complessivo pari a € 160'000. Per l'approfondimento degli aspetti economici si rimanda agli specifici elaborati.