



## Regione Lombardia

OPERA FINANZIATA DA REGIONE LOMBARDIA CON FONDI PROGRAMMA  
2021-22 DI INTERVENTI URGENTI E PRIORITARI PER LA DIFESA DEL SUOLO E LA  
MITIGAZIONE DEI RISCHI IDROGEOLOGICI DEL TERRITORIO LOMBARDO - DGR  
n. XI/3671 del 13/10/2020

### MBIMSI\_NORD SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL TORRENTE GARZA IN LOCALITA' CROCEVIA NAVE

CUP: C85H19000190002

fase: PROGETTO DEFINITIVO

Ente attuatore:



Comune di Brescia  
Settore Trasformazione Urbana  
via Marconi 12  
25128 Brescia  
tel: 030 2978603  
trasformazioneurbana@comune.brescia.it  
www.comune.brescia.it  
Responsabile del settore: arch. Gianpiero Ribolla  
Referente: ing. Claudio Bresciani

Soggetto attuatore:



Brescia Infrastrutture s.r.l.  
Via Triumplina, n° 14 - 25123 Brescia  
t: +39 030 3061400 f: +39 030 3061401  
info@bresciainfrastrutture.it  
www.bresciainfrastrutture.it  
Responsabile Unico Progetto: ing. Alberto Merlini

## PROGETTO DEFINITIVO

### Relazione idrologico-idraulica



COMM	PROT.	DOC.	REV.	DESCRIZIONE	EMESSO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
1226	D	R02	2	Recepimento Rapporto di verifica intermedia n.1	STF	FRR	FRR	02/09/2022
1226	D	R02	1	Recepimento parere Regione Lombardia n. 0242244/2021 del 27/09/2021	STF	FRR	FRR	31/12/2021
1226	D	R02	0	Emissione	STF	FRR	FRR	31/12/2020



Il sistema di Gestione Qualità di IC Srl è certificato da Kiwa Cermet Italia Spa secondo ISO 9001:2015  
Certificato n°16771-A del 18.3.2018, scadenza 17.3.2021

---



## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>1-1</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE</b>	<b>2-1</b>
<b>3</b>	<b>PORTATA DI PROGETTO</b>	<b>3-3</b>
<b>4</b>	<b>ANALISI IDRAULICA</b>	<b>4-7</b>
4.1.	CONFIGURAZIONI ANALIZZATE	4-9
4.1.1.	STATO ATTUALE	4-9
4.1.2.	STATO DI PROGETTO	4-9
4.2.	SEZIONI TRASVERSALI	4-13
4.3.	CONDIZIONI INIZIALI	4-14
4.4.	CONDIZIONI AL CONTORNO	4-16
4.5.	APPLICAZIONE DEL MODELLO ALLO STATO ATTUALE	4-16
4.6.	APPLICAZIONE DEL MODELLO ALLO STATO DI PROGETTO	4-20
4.7.	QUADRO RIASSUNTIVO	4-23
4.8.	VALUAZIONE DELL'INTERVENTO AL PASSAGGIO DELLA PIENA CON TEMPO DI RITORNO 200 ANNI	4-26
<b>5</b>	<b>VALUTAZIONE DELL'EFFICACIA DELL'INTERVENTO</b>	<b>5-33</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</b>	<b>6-35</b>



## **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- Piano per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI), approvato con decreto del presidente del Consiglio dei ministri del 24 maggio 2001;
- Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), approvato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con deliberazione n. 2 del 3 marzo 2016 e successivamente dal Presidente del Consiglio dei Ministri con DPCM 27 ottobre 2016;
- deliberazione n. 5 del Comitato Istituzionale in data 7 dicembre 2016, ha pertanto adottato una Variante alle Norme di Attuazione del PAI, aggiungendo un Titolo V contenente "Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)".
- Piano di Utilizzazione delle Acque Pubbliche (P.G.U.A.P.), della Provincia Autonoma di Trento, redatto ai sensi del d.p.r. n° 381/1974 e s.m.i. e reso esecutivo con d.p.r. 15 febbraio 2006.
- D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche delle Costruzioni 2018".
- UNI EN 206-1:2006 e UNI 11104:2004 "Classi di esposizione per calcestruzzo strutturale".
- D.G.R. 30 Novembre 2011, n. IX/2616 "Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio".
- Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B", approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale n° 2 dell'11 maggio 1999 – aggiornata con deliberazione n° 10 del Comitato Istituzionale del 5 aprile 2006.

## 1 PREMESSA

Lo studio I.C. Srl è stato incaricato da Brescia Infrastrutture S.r.l. di eseguire la progettazione definitiva ed esecutiva per la messa in sicurezza idraulica della metropolitana di Brescia nell'area a nord del torrente Garza, in località "Crocevia di Nave". Gli enti coinvolti nella definizione degli input progettuali sono il Comune di Brescia, la Regione Lombardia e l'Agenzia Interregionale per il fiume Po (AIPO).

La parte di fiume Garza oggetto di intervento è compresa tra il ponte di Via S. Cristoforo - in località Conicchio - e la sezione di partenza dello scolmatore idraulico che allontana le acque verso il vicino fiume Mella. Nel tratto compreso tra il ponte ed il "tombotto" nell'area dello stabilimento industriale dismesso in località Conicchio sono previsti interventi di rimozione della vegetazione arborea lungo le scarpate e la difesa spondale in destra idraulica, di competenza di AIPO. Mentre il resto del fiume Garza fino alla sezione di partenza dello scolmatore idraulico è di competenza di Brescia Infrastrutture S.r.l., ovvero di I.C.

Gli studi idrologici e idraulici, condotti in merito al fiume Garza nel tratto in oggetto, ne hanno evidenziato la possibilità di esondazioni in tutta la zona del Villaggio Prealpino, fino ad interessare la struttura della Metropolitana di Brescia in corrispondenza della stazione Casazza.

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il fiume Garza nasce dal Monte Prealpa e percorre in successione la Val Bertone, la Valle del Garza e la bassa Val Trompia. In località Crocevia di Nave è stato realizzato uno scolmatore idraulico per convogliare le acque verso il vicino fiume Mella. Il bacino imbrifero del fiume Garza, chiuso in corrispondenza dello scolmatore, ha un'estensione di 57.4 km<sup>2</sup> come raffigurato in Figura 2-1.

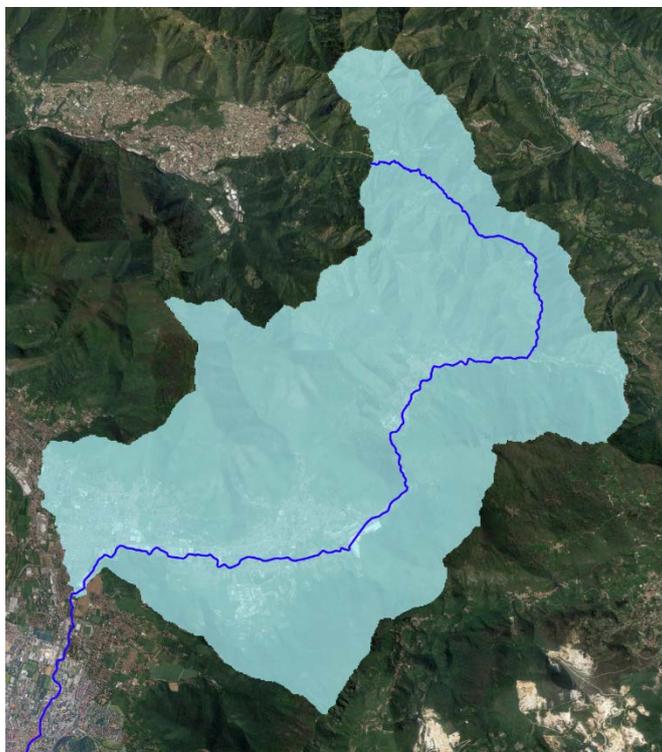


Figura 2-1: Bacino idrografico torrente Garza chiuso in corrispondenza dello scolmatore idraulico.

Il tratto di fiume Garza in oggetto è compreso fra la località Conicchio, al confine con il comune di Bovezzo, e la località Crocevia Nave (Figura 2-2). Dalla Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e gestione dei rischi di alluvione, si evince che il tratto in esame è soggetto ad eventi alluvionali di probabilità media, ovvero con

un tempo di ritorno pari a 100-200 anni. Tali eventi potrebbero provocare esondazioni che convoglierebbero l'acqua verso la vicina stazione "Casazza" della metropolitana, come riportato in Figura 2-3.



Figura 2-2: Estratto di ortofoto raffigurante il tratto del fiume Garza oggetto di intervento (ellisse rosso), specifica della zona di risistemazione idraulica (ellisse giallo).

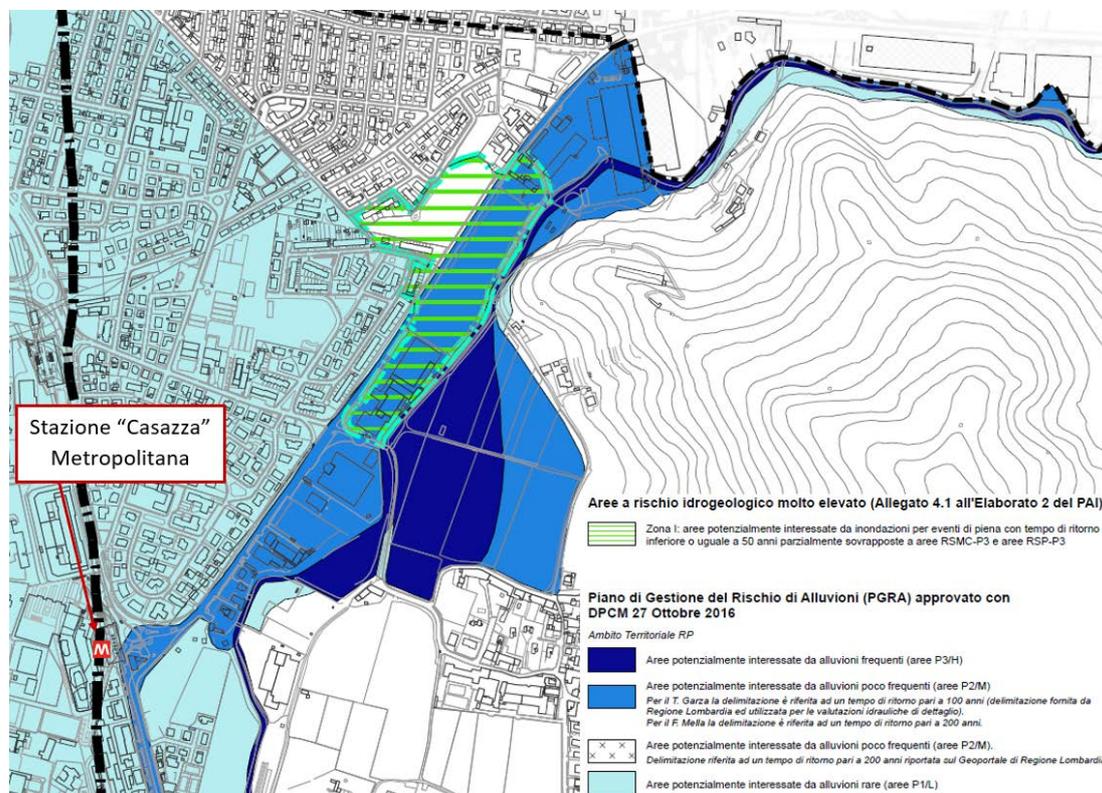


Figura 2-3: Mappe delle aree inondabili sul reticolo idrografico principale del bacino del fiume Po. Estratto di Tav. V.I.-ALall04g Carta PAI – PGRA.

### 3 PORTATA DI PROGETTO

AIPO ha fornito, tra gli altri dati, l'idrogramma relativo al bacino del fiume Garza chiuso alla vasca di laminazione e l'idrogramma in uscita dalla vasca, stimati nella relazione idraulica del "Progetto definitivo di sistemazione idraulica torrente Garza, vasca Volano e bypass ponte San Cesario". L'idrogramma fornito è riportato in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, mentre in Tabella 1 si riportano i valori delle portate di picco.

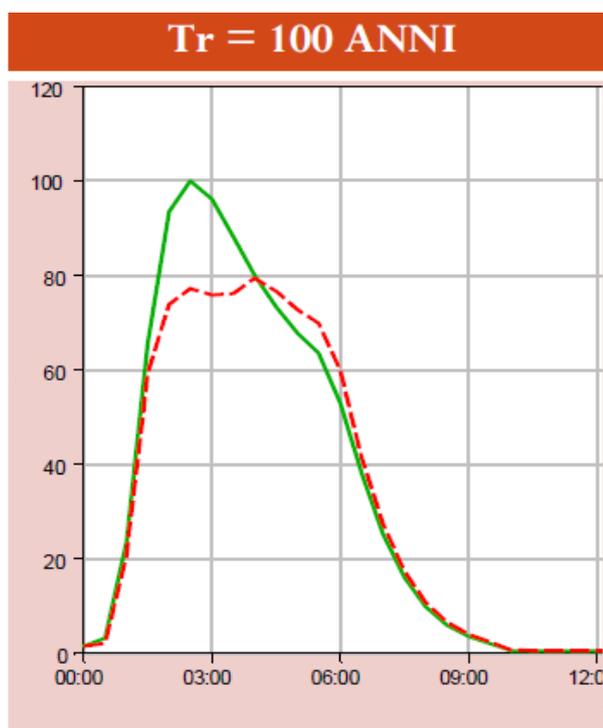


Figura 3-1: Idrogrammi a monte (linea verde) ed a valle (linea rossa) della vasca di laminazione per tempo di ritorno pari a 100 anni.

Tabella 1: Valori delle portate a monte e a valle della vasca di laminazione al variare del tempo di ritorno– Progetto definitivo di sistemazione idraulica torrente Garza, vasca Volano e bypass ponte San Cesario

Tempo di ritorno	Portata monte vasca[m <sup>3</sup> /s]	Portata valle vasca [m <sup>3</sup> /s]
100 anni	100	80

Siccome il bacino imbrifero chiuso a monte della vasca di laminazione è pari a 50 km<sup>2</sup>, mentre quello chiuso nella sezione di monte della zona d'intervento è di 52 km<sup>2</sup>, si è deciso di incrementare linearmente il valore di portata di piena fino a raggiungere gli 86 m<sup>3</sup>/s nella sezione d'ingresso all'area di studio.

Durante un sopralluogo, è stata censita la posizione e il diametro di tubi di scarico che defluiscono le acque bianche in alveo. Si è deciso di incrementare linearmente il valore di portata lungo il corso dell'alveo fino a raggiungere i 94.4 m<sup>3</sup>/s nella sezione subito a monte della biforcazione tra Garza e scolmatore. A valle di questa si è imposto che 15 m<sup>3</sup>/s, regolati da paratoia, proseguano il corso lungo il Garza, mentre i restanti 79.4 m<sup>3</sup>/s sono convogliati nello scolmatore verso il Mella.

Si riporta in figura la localizzazione degli scarichi, in tabella il diametro e il materiale dei tubi di scarico e una documentazione fotografica di essi.

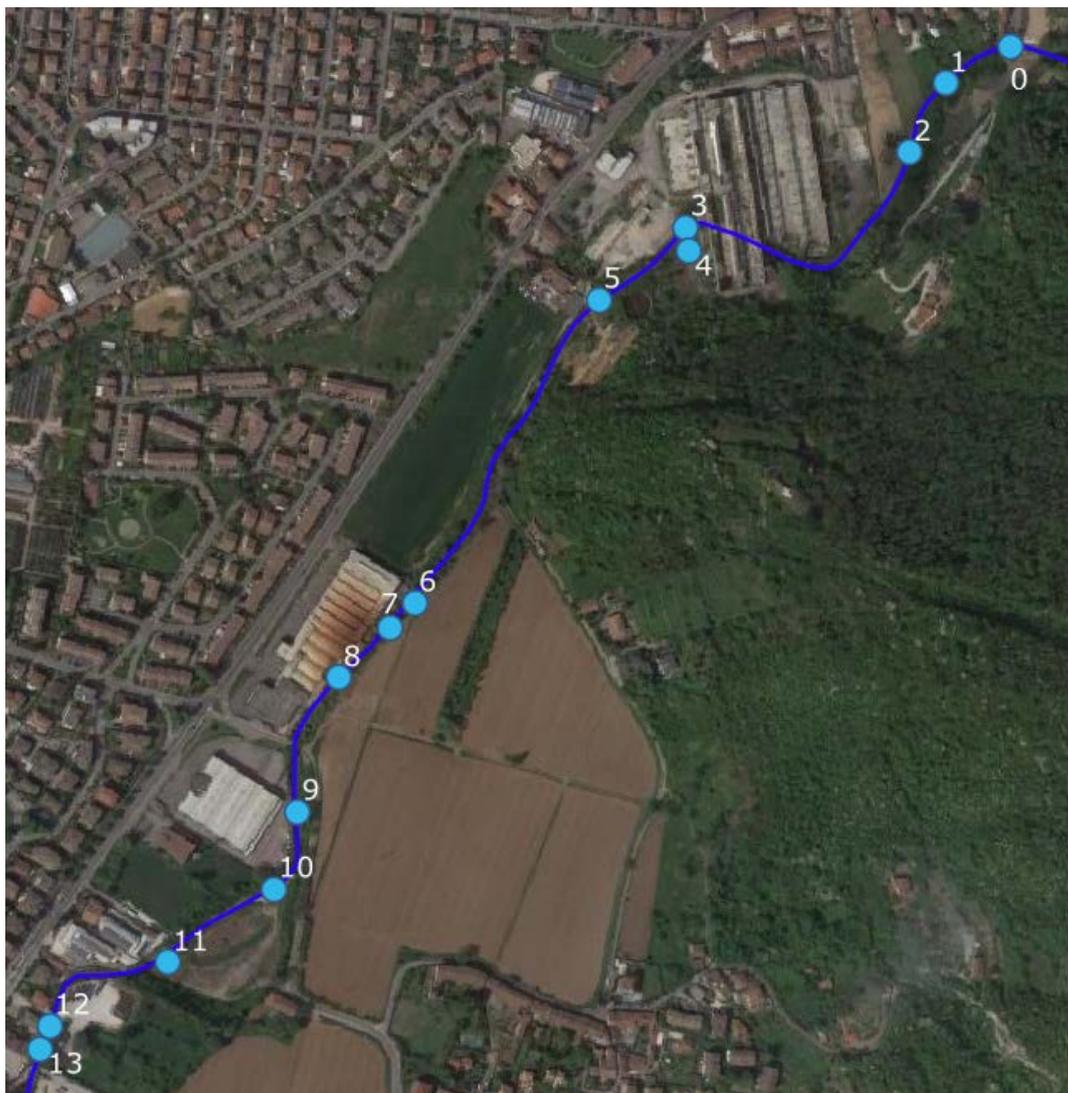


Figura 3-2: Censimento dei tubi di scarico di acque bianche nell'area d'intervento effettuato durante un sopralluogo in sito.

Tabella 2: Caratteristiche dei tubi di scarico censiti lungo il corso del Garza nell'area d'intervento.

Numero scarico	Dimensioni [mm]	Materiale	Note
0.a	200		
0.b	1000	Calcestruzzo	
1	70 x 200	Calcestruzzo	
2		Acciaio	Valvola Clapet
3	70 x 90 350	Calcestruzzo Acciaio	
4	Varie		Pluviali vari

5	103 x 150	Calcestruzzo	
6	30	Calcestruzzo	Scarica acque bianche
7	100	Acciaio	
8	250	PVC	Scarica acque luride
9	300	Calcestruzzo	
10	300 350	PVC PVC	
11	250 300 600	Acciaio	Tubi vari
12		Calcestruzzo	Pluviali vari
13	300	PVC	



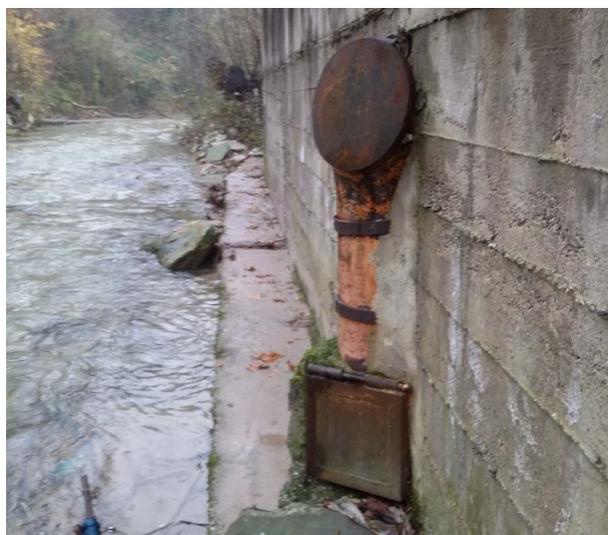
0.a



0.b



1.



2.



3.



4.



5.



6.



7.



8.



9.



10.



11.



12.



13.

Figure 1: Documentazione fotografica del censimento degli scarichi lungo il fiume Garza nell'area oggetto d'intervento.

#### 4 ANALISI IDRAULICA

La verifica idraulica del tratto del fiume Garza è stata condotta attraverso il calcolo dei profili di moto permanente, eseguito con l'ausilio del programma di calcolo numerico HEC-RAS, nella versione 5.0.7, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers.

Tale programma richiede l'elaborazione di un modello del tratto di fiume oggetto di studio; nel caso in esame il tratto considerato nella modellazione idraulica del torrente Garza va dalla sezione posta in

corrispondenza dell'ingresso nello scolmatore, e si prolunga verso monte per una lunghezza di circa 1,1 km fino al "tombotto" nell'area dello stabilimento industriale dismesso in località Conicchio. Dal punto di vista morfologico il tratto presenta una pendenza uniforme (pendenza media circa 0,8%), ma una geometria variabile. Per questo motivo il fiume Garza è stato suddiviso in tratti di geometria di sezione e scabrezza uniformi, come riportato in Figura 4-1.

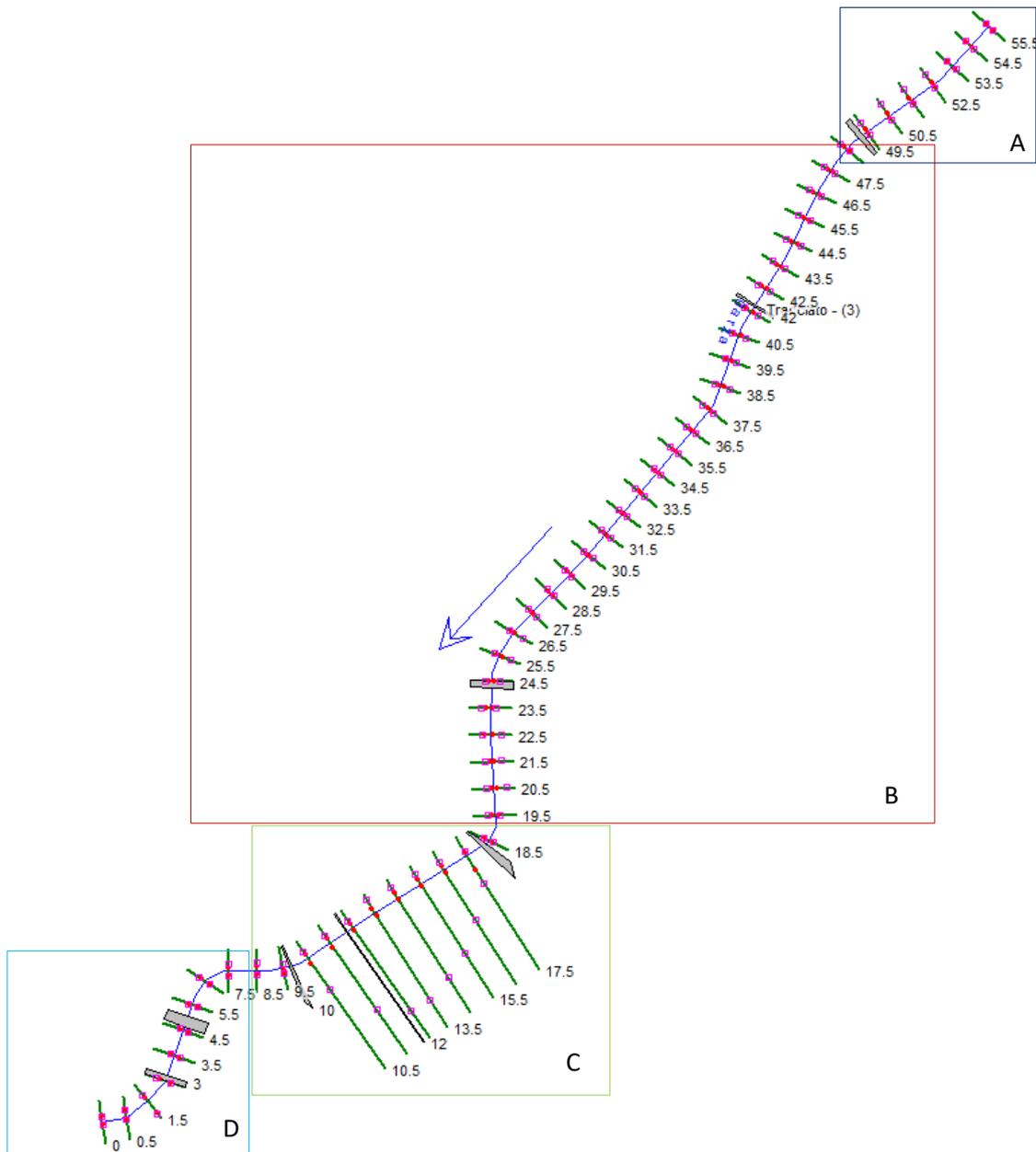


Figura 4-1: Suddivisione in tratti di geometria di sezione e scabrezza uniformi.

I dati necessari per lo sviluppo della modellazione idraulica del corso d'acqua sono:

- caratteristiche geometriche ed idrauliche delle sezioni trasversali (forma e dimensioni, interasse tra due sezioni successive, scabrezza, ...);
- valore della portata di progetto;
- condizioni al contorno.

#### **4.1. CONFIGURAZIONI ANALIZZATE**

Le simulazioni idrauliche effettuate hanno preso in considerazione due scenari: lo stato attuale (ante intervento) e quello di progetto (post intervento). Si descrivono brevemente di seguito le principali caratteristiche delle due configurazioni.

##### **4.1.1. STATO ATTUALE**

Per la modellazione dello stato attuale si è effettuato un rilievo topografico durante un sopralluogo al fine di rilevare la quota e la geometria della zona d'intervento il più accuratamente possibile. In particolare si è prestata attenzione alla quota del fondo dell'alveo, delle sponde e della larghezza della sezione.

In corrispondenza della biforcazione tra il fiume Garza e lo scolmatore idraulico è presente una paratoia mobile in acciaio sorretta da una struttura in cemento armato che genera una luce di apertura pari ad 1 m. In fase di sopralluogo la paratoia è risultata parzialmente chiusa come mostrato in

Figura 4-2, ma per entrambe le simulazioni è stata considerata completamente aperta in modo da smaltire 15 m<sup>3</sup>/s nel Garza che prosegue verso la città. Tale ipotesi si basa sull'indicazione di AIPO che prevede l'apertura della paratoia in caso di evento di piena.



Figura 4-2: Sezione di biforcazione tra il fiume Garza (a sinistra, con paratoia) e lo scolmatore idraulico (a destra). Foto scattata in data: 09/12/2019.

##### **4.1.2. STATO DI PROGETTO**

Si tratta della simulazione eseguita in presenza degli interventi di progetto e dello scolmatore idraulico che allontana le acque dal Garza al fiume Mella. Si riporta la planimetria di progetto e alcune sezioni caratteristiche da monte verso valle:

- Sezione con nuovo muro in calcestruzzo armato e nuova scogliera cementata;
- Sezione con nuova scogliera cementata lato proprietà privata e scogliera cementata lato pista ciclabile con nuovo muretto di confine;
- Sezione con rialzo e cementazione della scogliera esistente e rialzo dei muri esistenti;
- Sezione con nuova protezione in massi cementati al piede del muro esistente.

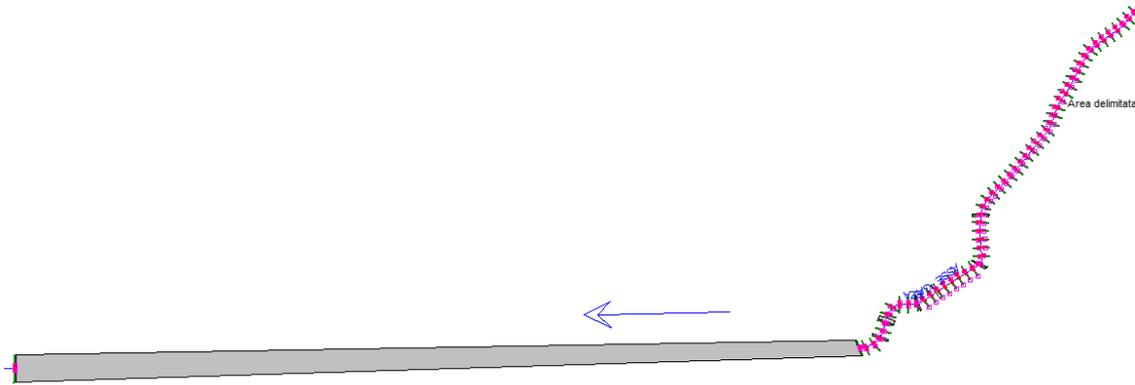


Figura 4-3: Planimetria di progetto con sezioni di calcolo ed implementazione dello scolmatore idraulico dal Garza verso il fiume Mella.

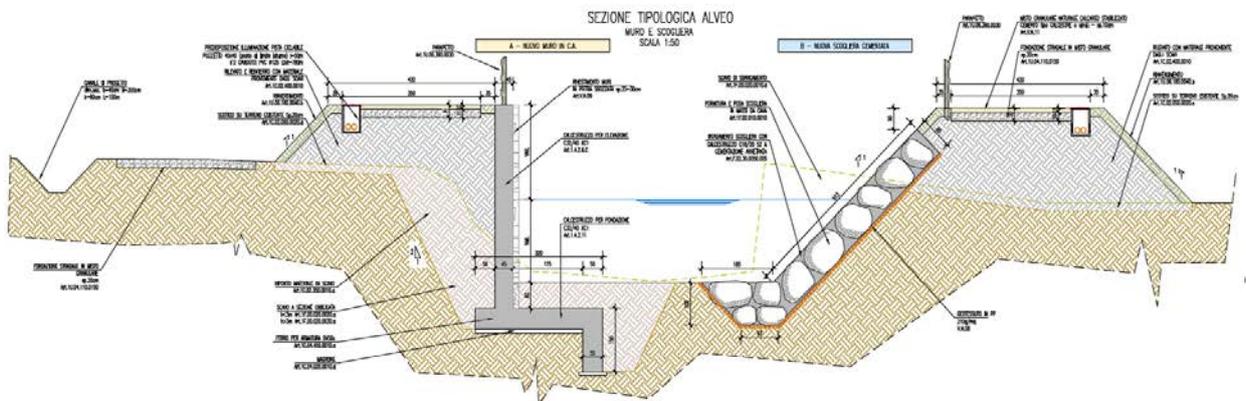


Figura 4-4: Estratto Tavola 17. Sezioni tipologiche e particolari. Dettaglio dell'intervento A – Nuovo muro in calcestruzzo armato e B – Nuova scogliera cementata.

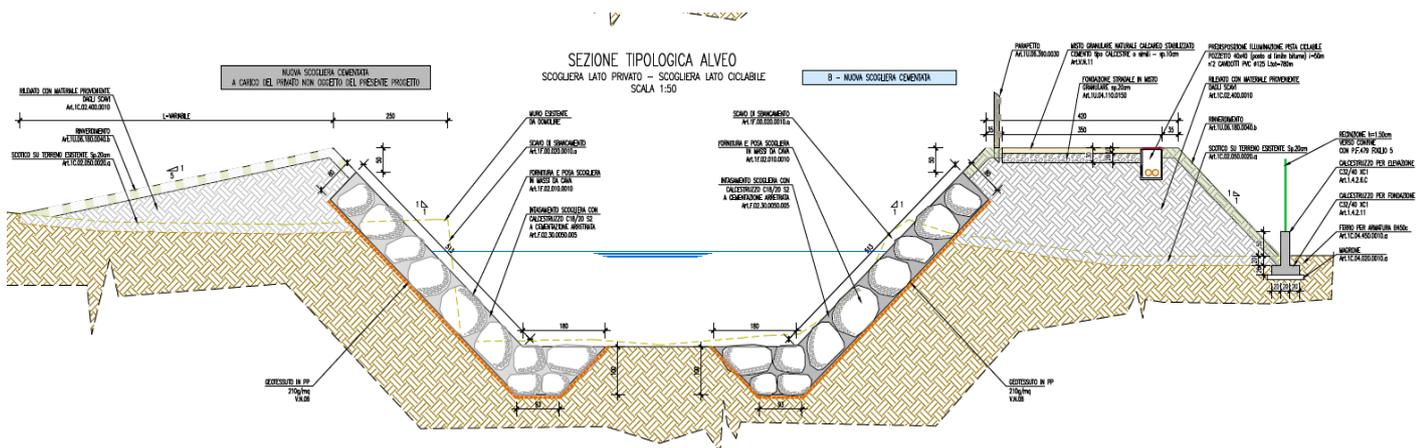


Figura 4-5: Estratto Tavola 17. Sezioni tipologiche e particolari. Dettaglio dell'intervento B-B Scogliera lato proprietà privata e scogliera lato pista ciclabile con nuovo muretto di confine della proprietà privata.



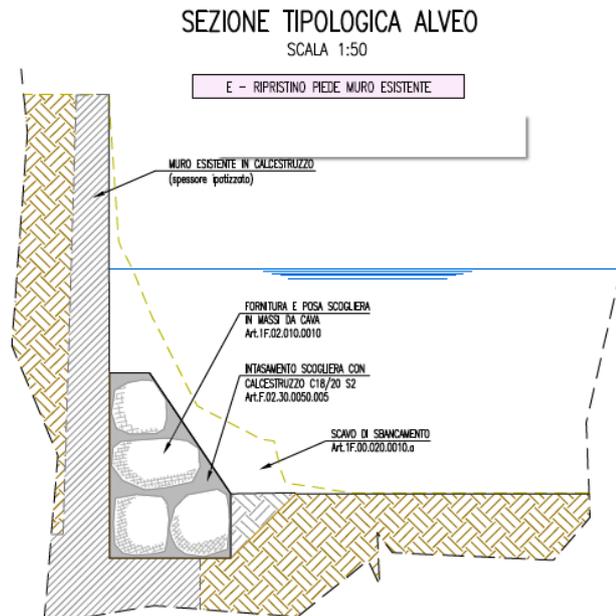


Figura 4-8: Estratto Tavola 17. Sezioni tipologiche e particolari. Dettaglio dell'intervento E – Ripristino piede muro esistente.

I ponti presenti nell'area d'intervento sono trattati ai sensi del D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche delle Costruzioni 2018"; deve perciò essere verificata la condizione di franco di almeno un metro tra il basamento inferiore dell'impalcato e la superficie dell'acqua nella condizione di portata di piena. Si elenca di seguito la trattazione dei ponti per la configurazione di progetto così come nominati nell'elaborato grafico Tavola 04, Stato di Progetto – Planimetria Generale:

- Ponte 1: trattasi di ponte privato. La configurazione attuale non soddisfa le verifiche idrauliche, perciò si prevede la demolizione del ponte a carico del privato;
- Ponte 2: trattasi di ponte ciclopeditonale con attraversamento della pista ciclabile comunale. La configurazione attuale non soddisfa le verifiche idrauliche, per cui si prevede la demolizione ed il ripristino del ponte esistente secondo le specifiche riportate negli elaborati grafici Tavola 18, Ponte 2 – Ciclopeditonale Pianta e Sezioni Impalcato e Tavola 19, Ponte 2 – Ciclopeditonale Sezione Longitudinale e Particolari.
- Ponte 3: trattasi di ponte carrabile con attraversamento di Via Sant'Antonio. La configurazione attuale soddisfa le verifiche idrauliche, perciò il ponte non risulta interessato dalle lavorazioni.
- Ponte 4 e Ponte 5: trattasi di ponte in ingresso ed in uscita alla cassa di espansione di competenza di AIPO. La configurazione attuale soddisfa le verifiche idrauliche per cui gli impalcati non risultano interessati dalle lavorazioni.
- Ponte 6: trattasi di ponte privato carrabile con soletta in cemento armato. La configurazione attuale dell'impalcato non soddisfa le verifiche idrauliche, perciò se ne prevede la demolizione, la predisposizione di nuove spalle e il riposizionamento a carico del privato.
- Ponte 7: trattasi di ponte privato in acciaio. La configurazione attuale non soddisfa le verifiche idrauliche, perciò si prevede lo spostamento dell'impalcato nella proprietà del privato, la predisposizione di nuove spalle e il riposizionamento a carico dei privati.

Per la vasca di laminazione di competenza di AIPO si prevede di ripristinare la completa funzionalità dell'opera tramite una riprofilatura del fondo. Questa operazione comprende una pulizia della vasca con asportazione di materiale vegetale.

## 4.2. SEZIONI TRASVERSALI

Le caratteristiche geometriche delle sezioni trasversali utilizzate per il calcolo dei profili di moto permanente ante intervento sono state ricavate dal rilievo effettuato nella zona nello studio precedentemente citato. Nella simulazione post intervento le caratteristiche delle nuove altezze arginali sono state desunte dalle tavole di progetto.

Per quanto riguarda le caratteristiche idrauliche delle sezioni, esse presentano una scabrezza composita; per il calcolo dei profili di moto permanente si sono assunti valori del coefficiente di scabrezza differenti a seconda delle condizioni rilevate in situ, in riferimento ai valori riportati in Figura 4-9.

Per ogni sezione introdotta nel modello sono state quindi individuate tre zone a scabrezza diversa: una coincidente con il thalweg del corso d'acqua, una corrispondente alla sponda in sinistra idrografica e l'altra corrispondente alla sponda posta in destra idrografica.

Tipologia del corso d'acqua	$k_s = 1/n \text{ (m}^{1/3} \text{ s}^{-1}\text{)}$
<b>Corsi d'acqua minori (raggio idraulico <math>\approx 2</math> m; larghezza in piena <math>&lt; 30</math> m)</b>	
Corsi d'acqua di pianura	
• alvei con fondo compatto, senza irregolarità	45 ÷ 40
• alvei regolari con vegetazione erbacea	30 ÷ 35
• alvei con ciottoli e irregolarità modeste	25 ÷ 30
• alvei fortemente irregolari	25 ÷ 15
Torrenti montani	
• fondo alveo con prevalenza di ghiaia e ciottoli, pochi grossi	30 ÷ 25
• alveo in roccia regolare	30 ÷ 25
• fondo alveo con ciottoli e molti grossi massi	20 ÷ 15
• alveo in roccia irregolare	20 ÷ 15
<b>Corsi d'acqua maggiori (raggio idraulico <math>\approx 4</math> m; larghezza in piena <math>&gt; 30</math> m)</b>	
• sezioni con fondo limoso, scarpate regolari a debole copertura erbosa	45 ÷ 40
• sezioni in depositi alluvionali, fondo sabbioso, scarpate regolari a copertura erbosa	25 ÷ 30
• sezioni in depositi alluvionali, fondo regolare, scarpate irregolari con vegetazione arbustiva e arborea	35
• in depositi alluvionali, fondo irregolare, scarpate irregolari con forte presenza di vegetazione arbustiva e arborea	20 ÷ 25
<b>Aree golenali (raggio idraulico <math>\approx 1</math> m)</b>	
• a pascolo, senza vegetazione arbustiva	40 ÷ 20
• coltivate	50 ÷ 20
• con vegetazione arbustiva spontanea	25 ÷ 10
• con vegetazione arborea coltivata	30 ÷ 20
<b>Alveo in terra</b>	
• materiale compatto, liscio	60
• sabbia compatta, con argilla o pietrisco	50
• sabbia e ghiaia, scarpata lastricata	50 ÷ 45
• ghiaietto 10-30 mm	45
• ghiaia media 20-60 mm	40
• ghiaia grossa 50-150 mm	35
• limo in zolle	30
• grosse pietre	30 ÷ 25
• sabbia, limo o ghiaia, con forte rivestimento	25 ÷ 20
• con lavorazione media	25 ÷ 20
• con lavorazione grossolana	20 ÷ 15
<b>Alveo in muratura</b>	
• muratura in pietra da taglio	80 ÷ 70
• muratura accurata in pietra da cava	70
• muratura normale in pietra da cava	60
• pietre grossolanamente squadrate	50
• scarpate lastricate, fondo in sabbia e ghiaia	50 ÷ 45
<b>Alveo in calcestruzzo</b>	
• pavimentazione in cemento	100
• calcestruzzo con casseforme metalliche	100 ÷ 90
• calcestruzzo con intonaco	95 ÷ 90
• calcestruzzo liscio	90
• intonaco di cemento intatto	90 ÷ 80
• calcestruzzo con casseforme in legno, senza intonaco	70 ÷ 65
• calcestruzzo costipato, superficie liscia	65 ÷ 60
• calcestruzzo vecchio, superficie pulita	60
• rivestimento in calcestruzzo ruvido	55
• superfici irregolari in calcestruzzo	50

Figura 4-9: Valori del coefficiente di scabrezza per i corsi d'acqua. Tabella V.3.9 Parte V PGUAP.

Si riporta nelle seguenti tabelle le caratteristiche geometriche e idrauliche (scabrezza) della configurazione di stato attuale suddivise per tratti, come riportato in Figura 4-1.

Tabella 3: Valori del coefficiente di scabrezza nei diversi tratti per la configurazione di stato attuale.

Tratto	Geometria	Scabrezza $k_s$ ( $m^{1/3}s^{-1}$ )		
		Sponda sinistra	Thalweg	Sponda destra
A	Rettangolo	50	40	50
B	Trapezio isoscele	35	40	35
C	Rettangolo con golena	33	33	50
D	Rettangolo	50	40	50

Nella condizione di progetto sono state mantenute inalterate le scabrezze relative alle parti di alveo non soggette ad intervento, mentre si riportano nella seguente tabella le scabrezze scelte per gli interventi proposti.

Tabella 4: Valori del coefficiente di scabrezza per le diverse configurazioni di progetto.

Tratto	Materiale	Scabrezza $k_s$ ( $m^{1/3}s^{-1}$ )
Fondo	Ciottoli	40
Scogliera	Pietre e calcestruzzo	45
Muro	Calcestruzzo	60
Golena	Terreno e ciottoli	45

### 4.3. CONDIZIONI INIZIALI

Per quanto riguarda le condizioni iniziali, esse consistono nel valore della portata in ingresso. Secondo indicazione di AIPO è stata presa in considerazione la portata al tempo di ritorno di 100 anni, pari a 86 m<sup>3</sup>/s per la sezione di ingresso alla zona d'intervento. Come già anticipato si ipotizza di incrementare linearmente il valore di portata lungo il corso del Garza a seguito della presenza di scarichi idrici in corpo fiume. Inoltre si ipotizza di lasciar defluire una portata di soli 15 m<sup>3</sup>/s attraverso la paratoia, ovvero nel letto del fiume Garza che prosegue il suo corso verso valle. I restanti 79.4 m<sup>3</sup>/s si allontaneranno verso il fiume Mella grazie allo scolmatore idraulico.



Tali assunzioni generano le scale di deflusso riportate nelle seguenti Figura 4-10, Figura 4-11 e Figura 4-12.

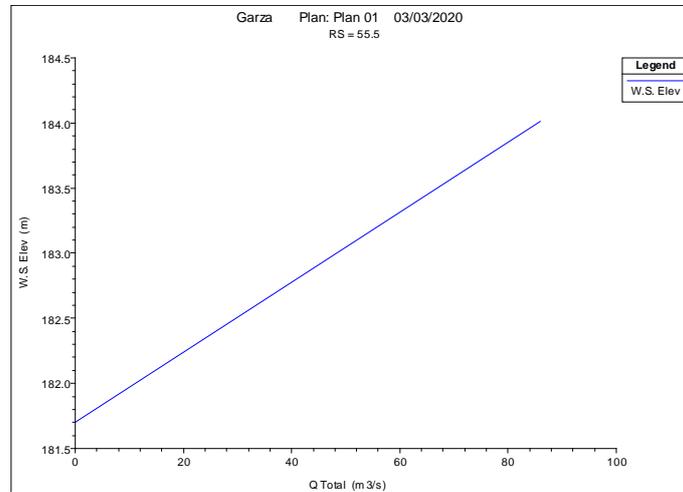


Figura 4-10: Scala di deflusso nella sezione in ingresso alla zona d'intervento.

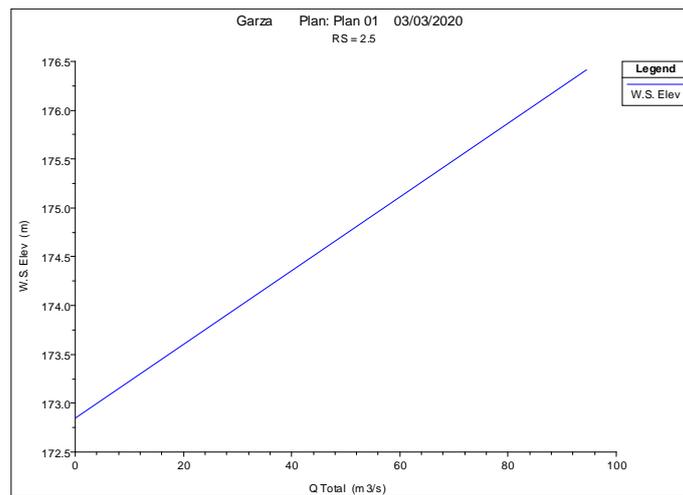


Figura 4-11: Scala di deflusso nella sezione in corrispondenza della biforcazione tra fiume Garza e scolmatore idraulico.

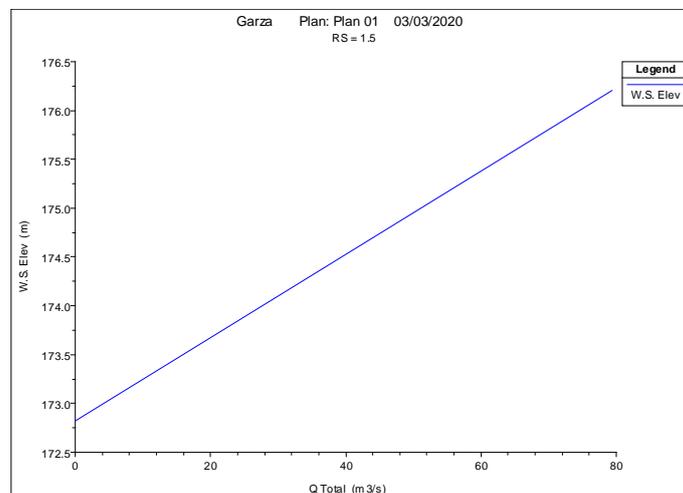


Figura 4-12: Scala di deflusso nella sezione finale alla zona d'intervento.

#### 4.4. CONDIZIONI AL CONTORNO

Le condizioni al contorno di monte (upstream) e valle (downstream) sono state poste pari all'altezza di moto uniforme (normal depth) considerando la linea dell'energia pari a quella media fondo nel tratto in oggetto e uguale all' 0,8%.

#### 4.5. APPLICAZIONE DEL MODELLO ALLO STATO ATTUALE

In Figura 4-13 è riportata la schematizzazione planimetrica del tratto di fiume Garza interessato dalla modellazione idraulica all'interno del programma di calcolo dei profili di moto con l'indicazione delle sezioni considerate allo stato attuale.

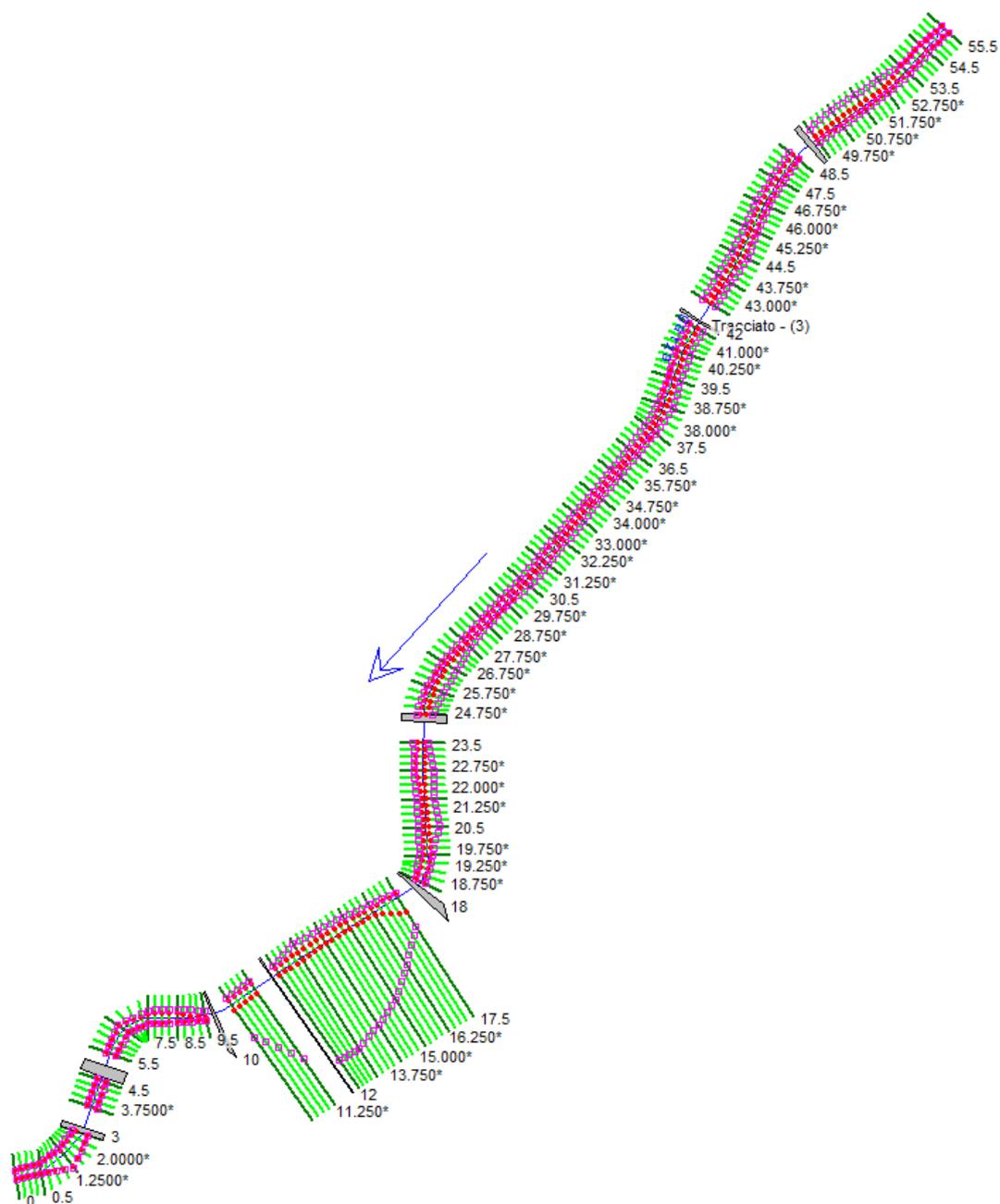


Figura 4-13: Schematizzazione planimetrica del torrente Garza nell'area oggetto di studio – stato attuale

In Figura 4-14 si può osservare una rappresentazione tridimensionale del tratto modellato al passaggio della piena di progetto (tempo di ritorno pari a 100 anni) nella configurazione di stato attuale.

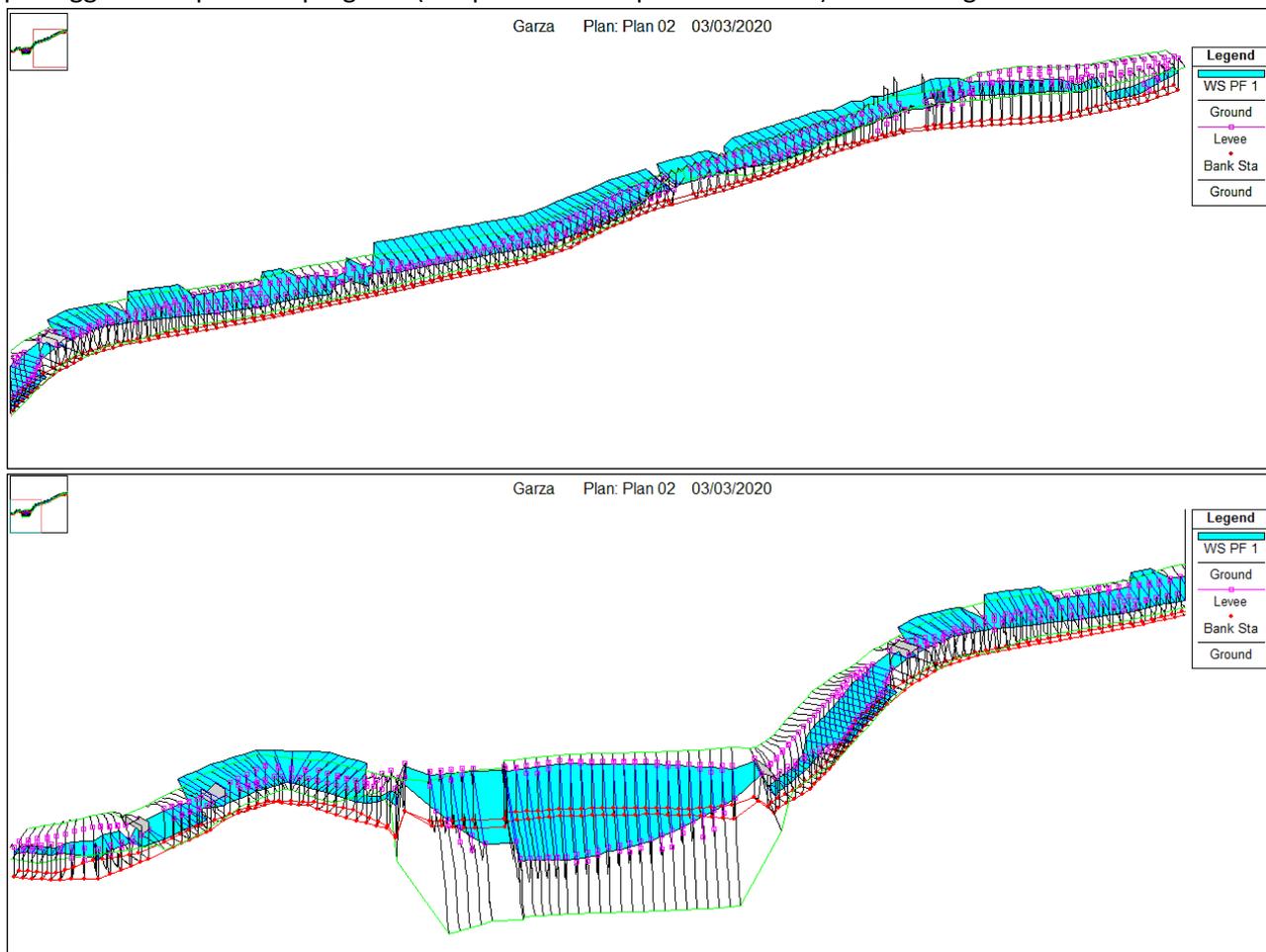


Figura 4-14: Rappresentazione tridimensionale del tratto di fiume Garza oggetto di studio al passaggio della piena con tempo di ritorno pari a 100 anni allo stato attuale. In alto tratti A e B; in basso tratti C e D.

In Figura 4-15 si può osservare il profilo di moto ottenuto dalla simulazione, con l'indicazione dei livelli del pelo libero (WS, linea blu), dell'altezza critica (EG, linea verde) e della linea dell'energia (Crit, linea rossa). Sono inoltre riportate le quote delle sponde destra (linea viola) e sinistra (linea rosa) dell'alveo ottenute durante il sopralluogo realizzato a metà febbraio 2020.

Si riportano in Tabella 5 principali dati caratteristici del moto permanente nel tratto modellato allo stato attuale.

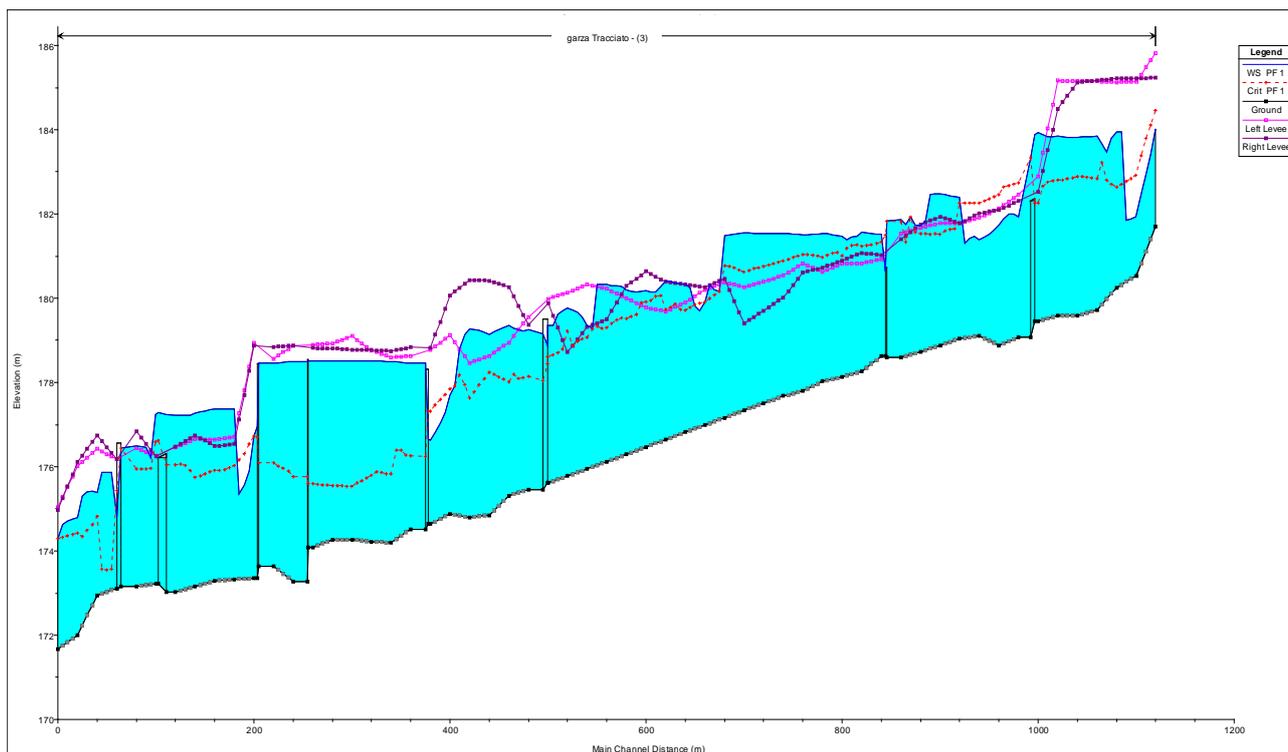


Figura 4-15: Profilo di moto allo stato attuale al passaggio della piena tempo di ritorno pari a 100 anni.

Tabella 5: Risultati della simulazione idraulica al passaggio della piena di progetto – stato attuale.

River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Froude #
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	Chl
55.5	86	181.7	184.02	184.46	185.97	0.00801	6.26	1.31
54.5	86.16	180.53	181.94	182.93	185.49	0.029488	8.63	2.32
53.5	86.32	180.25	183.82	182.65	184.35	0.001323	3.37	0.57
52.5	86.48	179.72	183.67	182.84	184.07	0.001113	3.25	0.53
51.5	86.63	179.59	183.62	182.9	184.05	0.001117	3.34	0.54
50.5	86.79	179.58	183.65	182.81	184.01	0.000895	3.02	0.48
49.5	86.95	179.46	183.72	182.27	183.92	0.000554	2.46	0.38
49	Bridge							
48.5	86.95	179.08	182.38	182.74	183.72	0.003742	5.21	0.94
47.5	87.27	178.88	182.46	182.46	183.14	0.00205	4.09	0.7
46.5	87.43	179.1	182.4	182.27	182.93	0.001714	3.64	0.64
45.5	87.58	179.04	182.39	182.27	182.88	0.00178	3.75	0.66
44.5	87.74	178.88	182.48	181.52	182.8	0.001038	2.98	0.51
43.5	87.9	178.73	181.73	181.54	182.7	0.003709	5.06	0.93
42.5	88.06	178.59	181.87	181.82	182.45	0.00212	4.07	0.72
42	Bridge							
41.5	88.22	178.62	181.52	181.34	181.99	0.001941	3.54	0.67
40.5	88.38	178.26	181.56	181.23	181.92	0.001408	3.26	0.58
39.5	88.54	178.13	181.47	181.01	181.84	0.001365	3.21	0.57



Provincia di Brescia - Comune di Brescia  
**Sistemazione idraulica del torrente Garza in località "Crocevia di Nave"**  
Relazione idrologico - idraulica

Prot.:D  
Doc.:R02  
data:02.09.2022  
Rev.2

38.5	88.69	178.03	181.54	180.98	181.77	0.000869	2.69	0.46
37.5	88.85	177.8	181.51	181.04	181.75	0.000922	2.88	0.48
36.5	89.01	177.68	181.54	180.89	181.71	0.000713	2.63	0.43
35.5	89.17	177.51	181.54	180.76	181.69	0.000577	2.43	0.39
34.5	89.33	177.34	181.55	180.63	181.68	0.000478	2.28	0.35
33.5	89.49	177.16	181.49	180.78	181.66	0.000595	2.59	0.4
32.5	89.65	176.99	179.91	179.91	181.2	0.004637	5.54	1.04
31.5	89.8	176.82	180.33	179.71	180.9	0.001857	3.96	0.68
30.5	89.96	176.64	180.42	179.74	180.84	0.001533	3.79	0.62
29.5	90.12	176.47	180.19	179.92	180.75	0.001632	3.87	0.64
28.5	90.28	176.29	180.19	179.52	180.68	0.001521	3.86	0.62
27.5	90.44	176.12	180.34	179.3	180.59	0.000845	3.03	0.47
26.5	90.6	175.95	179.36	179.08	180.41	0.003544	5.4	0.93
25.5	90.75	175.78	179.77	179.23	180.12	0.001027	3.21	0.51
24.5	90.91	175.62	179.36	178.62	180.05	0.001858	4.16	0.69
24	Bridge							
23.5	91.07	175.46	179.26	178.14	179.79	0.001346	3.57	0.59
22.5	91.23	175.31	179.36	178.01	179.7	0.000854	2.96	0.47
21.5	91.39	174.85	179.15	178.25	179.65	0.001563	4.06	0.64
20.5	91.55	174.79	179.28	177.64	179.57	0.000737	2.93	0.44
19.5	91.71	174.88	177.7	177.86	179.38	0.00581	6.03	1.15
18.5	91.86	174.64	176.63	177.33	179.1	0.01289	7.17	1.63
18	Bridge							
17.5	91.86	174.52	178.46	176.26	178.55	0.000207	1.38	0.23
16.5	92.18	174.2	178.5	175.83	178.52	0.000059	0.81	0.13
15.5	92.34	174.22	178.51	175.8	178.52	0.000032	0.59	0.09
14.5	92.5	174.27	178.51	175.53	178.52	0.000021	0.48	0.07
13.5	92.66	174.27	178.51	175.55	178.52	0.000019	0.45	0.07
12.5	92.82	174.08	178.51	175.6	178.52	0.000019	0.46	0.07
12	Bridge							
11.5	92.97	173.28	178.5	175.77	178.51	0.000032	0.67	0.1
10.5	93.13	173.64	178.46	176.09	178.51	0.000124	1.24	0.18
10	Bridge							
9.5	93.29	173.35	176.72	176.72	178.34	0.00504	6.38	1.11
8.5	93.45	173.33	177.37	176.03	177.59	0.000604	2.44	0.39
7.5	93.61	173.29	177.37	175.93	177.58	0.000549	2.36	0.38
6.5	93.77	173.15	177.27	175.75	177.56	0.000721	2.66	0.43
5.5	93.92	173.02	177.22	176.05	177.54	0.000805	2.81	0.45
5	Bridge							
4.5	94.08	173.23	177.24	176.6	177.46	0.000564	2.39	0.38
3.5	94.24	173.16	176.49	175.95	177.19	0.001906	3.88	0.68
3	Bridge							
2.5	94.24	173.11	174.8	175.44	176.99	0.013427	6.58	1.62
1.5	79.4	172.95	175.39	174.83	175.82	0.002712	2.9	0.63
0.5	79.4	172	174.8	174.43	175.71	0.002838	4.23	0.81
0	79.4	171.67	174.3	174.3	175.61	0.004441	5.05	1

#### 4.6. APPLICAZIONE DEL MODELLO ALLO STATO DI PROGETTO

In Figura 4-14 si può osservare una rappresentazione tridimensionale del tratto modellato al passaggio della piena di progetto (tempo di ritorno pari a 100 anni) nella configurazione di progetto.

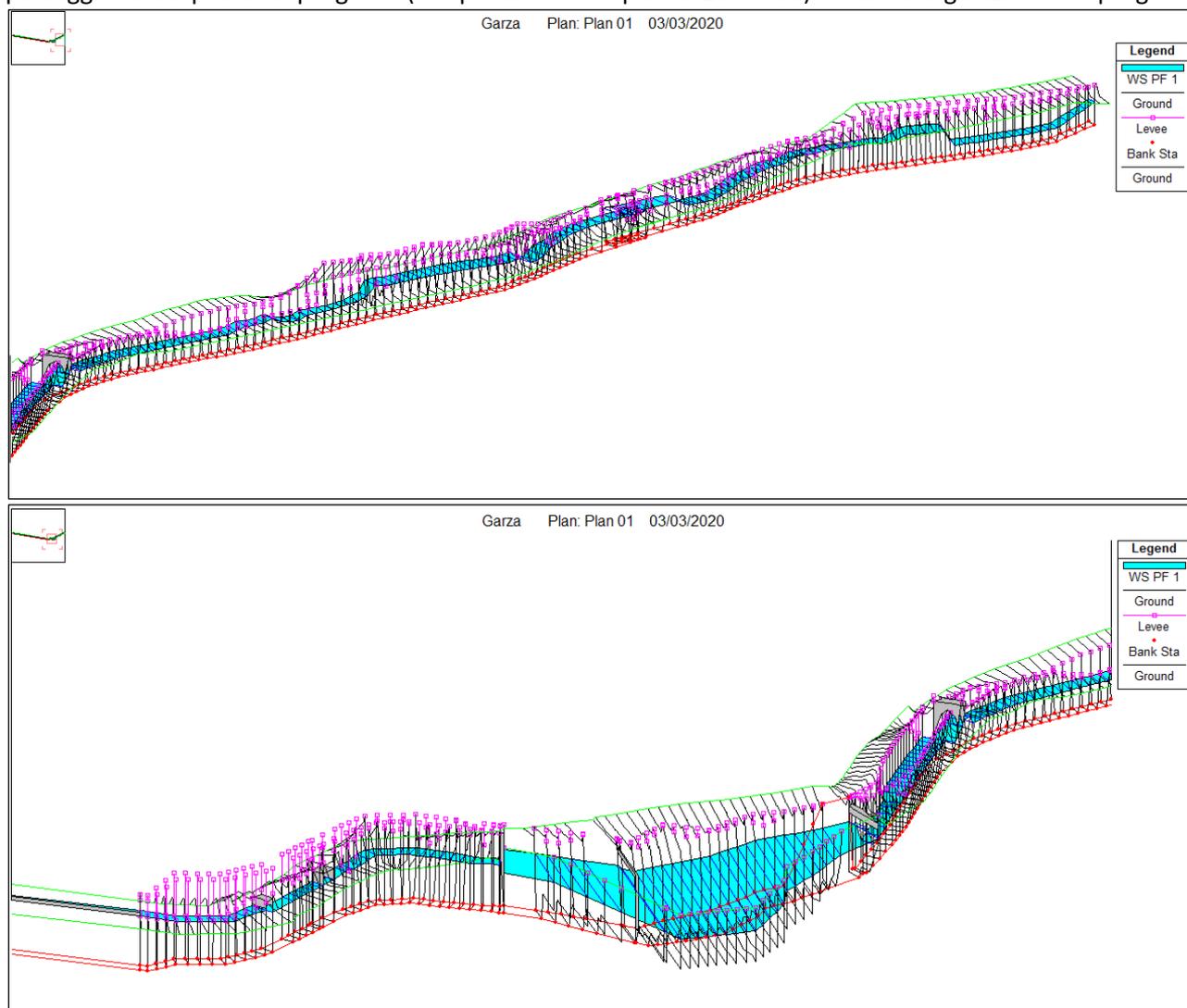


Figura 4-16: Rappresentazione tridimensionale del tratto di fiume Garza oggetto di studio al passaggio della piena con tempo di ritorno pari a 100 anni allo stato di progetto. In alto tratti A e B; in basso tratti C e D.

In Figura 4-15 si può osservare il profilo di moto ottenuto dalla simulazione, con l'indicazione del livello dell'acqua (WS, linea blu), dell'altezza critica (EG, linea verde) e della linea dell'energia (Crit, linea rossa). Sono inoltre riportate le quote delle sponde destra (linea viola) e sinistra (linea rosa) dell'alveo ottenute durante il sopralluogo realizzato a metà febbraio 2020.

Si riportano in Tabella 5 principali dati caratteristici del moto permanente nel tratto modellato allo stato attuale.

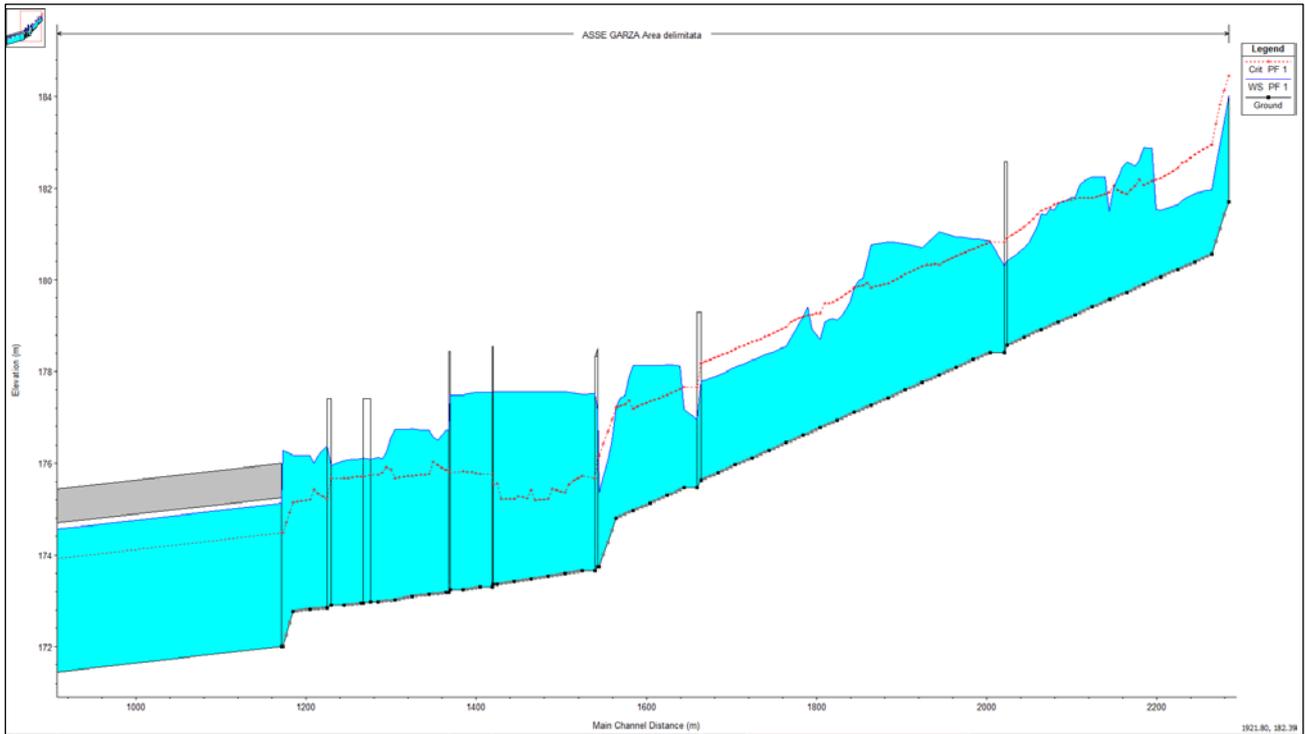


Figura 4-17: Profilo di moto allo stato di progetto al passaggio della piena tempo di ritorno pari a 100 anni.

Tabella 6: Risultati della simulazione idraulica al passaggio della piena di progetto – stato progetto.

River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Froude # Chl
55.5	86	181.7	184.02	184.46	185.97	0.00801	6.26	1.31
54.5	86.16	180.56	181.97	182.95	185.49	0.029394	8.61	2.32
53.5	86.32	180.39	181.89	182.73	184.79	0.022282	7.83	2.04
52.5	86.48	180.23	181.7	182.49	184.29	0.020605	7.41	1.95
51.5	86.63	180.07	183.31	182.28	183.68	0.001102	2.91	0.52
50.5	86.79	179.9	183.32	182.13	183.65	0.000889	2.71	0.47
49.5	86.95	179.73	182.95	182.05	183.54	0.001579	3.46	0.62
48.5	87.11	179.57	182.14	182.14	183.42	0.004467	5.01	1
47.5	87.27	179.41	182.5	181.73	183.14	0.001807	3.61	0.66
46.5	87.43	179.24	182.16	181.84	183.01	0.002825	4.34	0.81
45.5	87.58	179.08	181.74	181.74	182.91	0.004654	5.24	1.03
44.5	87.74	178.91	180.78	181.34	182.66	0.011008	6.37	1.49
43.5	87.9	178.75	180.84	181.2	182.38	0.007667	5.73	1.26
42.5	88.06	178.58	181.48	180.94	182.04	0.001966	3.61	0.68
41.5	Bridge							
40.5	88.22	178.42	181.43	180.83	181.99	0.001858	3.59	0.66
39.5	88.38	178.26	181.45	180.67	181.94	0.00151	3.37	0.6
38.5	88.54	178.09	179.93	180.44	181.72	0.01016	6.06	1.43
37.5	88.69	177.93	181.05	180.33	181.5	0.001472	3.28	0.59
36.5	88.85	177.76	180.68	180.31	181.42	0.002522	4.1	0.77
35.5	89.01	177.6	180.76	180.12	181.32	0.001764	3.62	0.65



Provincia di Brescia - Comune di Brescia  
**Sistemazione idraulica del torrente Garza in località "Crocevia di Nave"**  
Relazione idrologico - idraulica

Prot.:D  
Doc.:R02  
data:02.09.2022  
Rev.2

34.5	89.17	177.43	180.81	179.92	181.25	0.001284	3.23	0.56
33.5	89.33	177.27	180.75	179.83	181.22	0.001301	3.31	0.57
32.5	89.49	177.11	179.82	179.82	181.1	0.004278	5.09	0.99
31.5	89.65	176.94	179.12	179.56	180.91	0.00809	6.04	1.31
30.5	89.8	176.78	178.71	179.26	180.69	0.010863	6.46	1.49
29.5	89.96	176.61	179.19	179.19	180.37	0.004346	4.96	0.99
28.5	90.12	176.45	178.61	178.97	180.16	0.007678	5.85	1.27
27.5	90.28	176.28	178.42	178.8	180	0.007885	5.91	1.29
26.5	90.44	176.12	178.27	178.64	179.84	0.00778	5.89	1.28
25.5	90.6	175.96	178.12	178.49	179.68	0.007702	5.87	1.27
24.5	90.75	175.79	177.94	178.33	179.52	0.007899	5.92	1.29
24	90.91	175.63	177.8	178.18	179.37	0.007746	5.89	1.28
23.5	Bridge							
22.5	90.91	175.46	177.16	177.66	178.87	0.011055	6	1.47
21.5	91.23	175.3	178.18	177.49	178.67	0.001637	3.28	0.62
20.5	91.39	175.13	178.13	177.35	178.61	0.001531	3.25	0.6
19.5	91.55	174.97	178.14	177.19	178.57	0.001255	3.06	0.55
18.5	91.71	174.81	177.22	177.22	178.43	0.004573	4.87	1
18	91.86	173.74	177.26	176.16	177.83	0.001303	3.34	0.57
17.5	Bridge							
16.5	92.02	173.65	177.57	175.72	177.68	0.000325	1.65	0.27
15.5	92.18	173.59	177.63	175.36	177.65	0.000073	0.8	0.13
14.5	92.34	173.54	177.63	175.21	177.65	0.000043	0.67	0.11
13.5	92.5	173.48	177.64	175.41	177.65	0.000031	0.58	0.09
12.5	92.66	173.42	177.63	175.22	177.64	0.000034	0.61	0.1
12	92.82	173.36	177.63	175.55	177.64	0.000031	0.59	0.09
11.5	Bridge							
10.5	92.97	173.3	177.62	175.76	177.64	0.000063	0.84	0.13
10	93.13	173.24	177.56	175.82	177.63	0.000193	1.47	0.23
9.5	Bridge							
8.5	93.29	173.18	176.85	175.86	177.56	0.001534	3.73	0.62
7.5	93.45	173.14	176.86	175.76	177.42	0.001335	3.51	0.58
6.5	93.61	173.1	176.86	175.72	177.38	0.001213	3.37	0.55
5.5	93.77	173.02	176.83	175.66	177.36	0.001203	3.39	0.55
5	93.95	172.98	176.32	175.74	177.26	0.002313	4.3	0.75
4.5	Bridge							
3.5	94.08	172.94	176.25	175.71	177.2	0.002395	4.35	0.76
3	94.24	172.9	176.17	175.67	177.16	0.0025	4.41	0.78
2.5	Bridge							
1.5	94.4	172.85	176.41	175.21	176.93	0.001164	3.18	0.54
0.5	79.4	172.82	176.2	175.2	176.79	0.001425	3.4	0.59
0.45	79.4	172.77	176.18	175.15	176.76	0.00139	3.38	0.58
0.4	79.4	172	176.28	174.48	176.7	0.000732	2.85	0.44
0.3	Culvert							
0	79.4	169.65	172.57	172.13	173.46	0.002626	4.19	0.78



#### 4.7. QUADRO RIASSUNTIVO

Nelle figure seguenti sono riportate da monte verso valle le sezioni trasversali di interesse nell'area d'intervento nella configurazione di progetto.

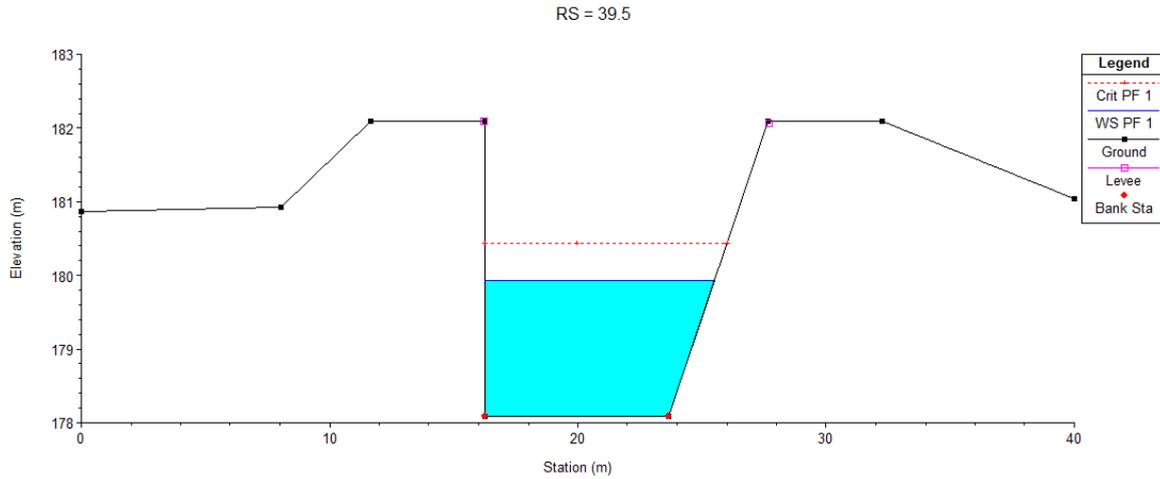


Figura 4-18: Sezione trasversale **intervento A e B**. Simulazione **stato di progetto**.

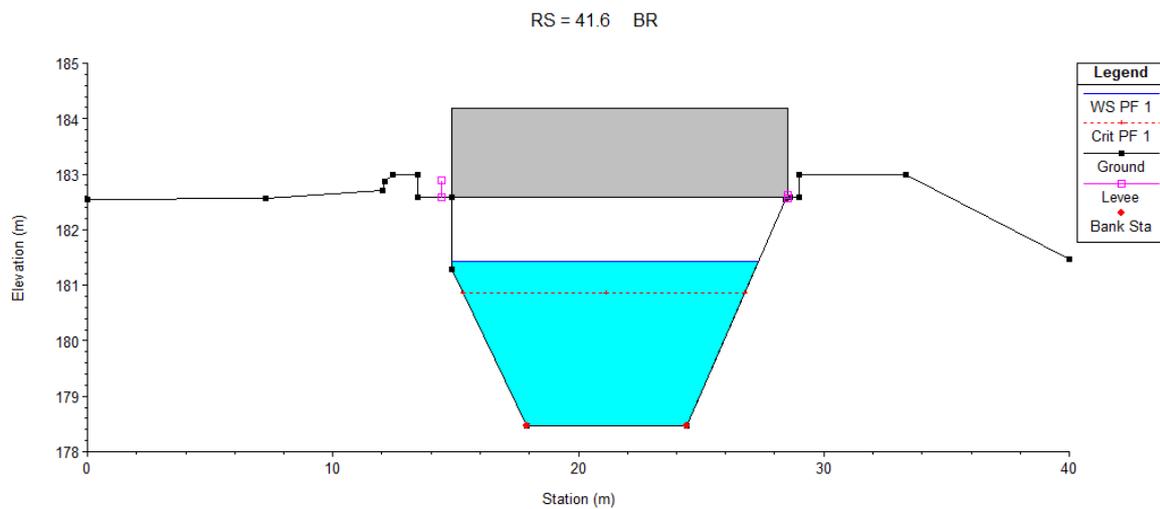


Figura 4-19: Sezione trasversale **passerella ciclo pedonale**. Simulazione **stato di progetto**.

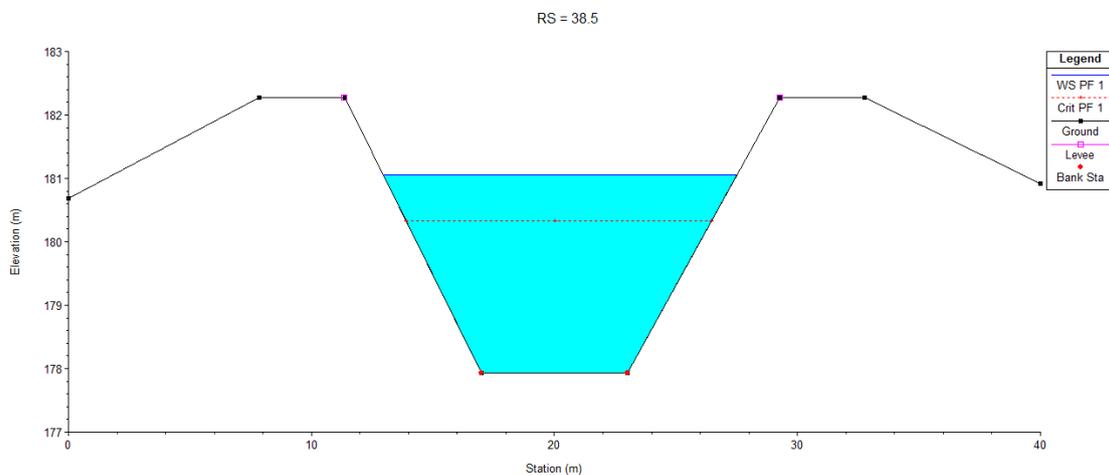


Figura 4-20: Sezione trasversale **intervento B e B**. Simulazione **stato di progetto**.

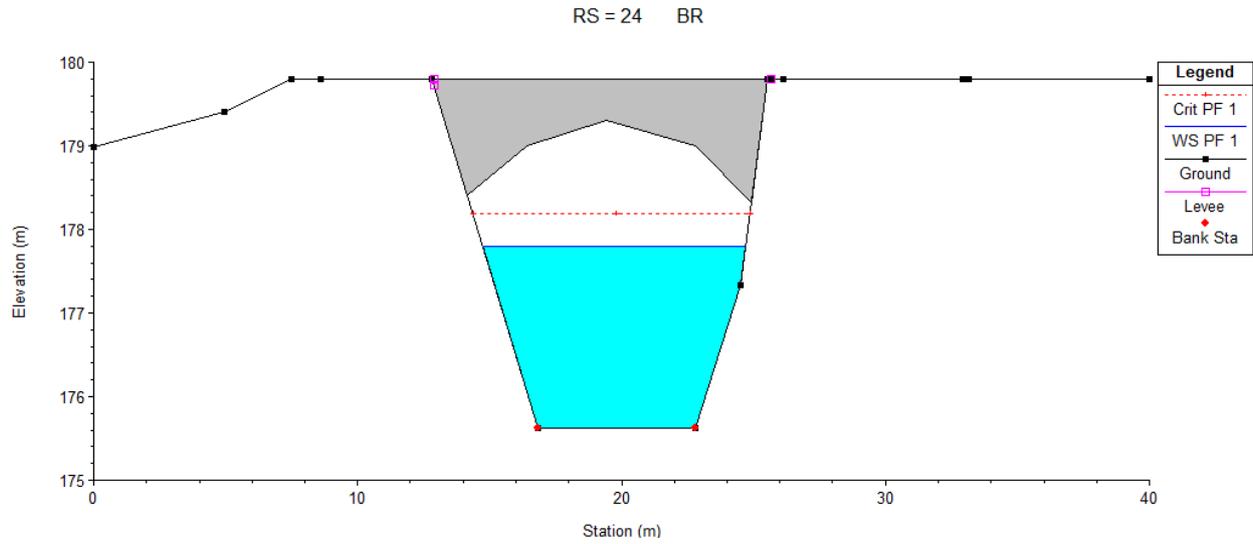


Figura 4-21: Sezione trasversale **ponte ad arco**. Simulazione **stato di progetto**.

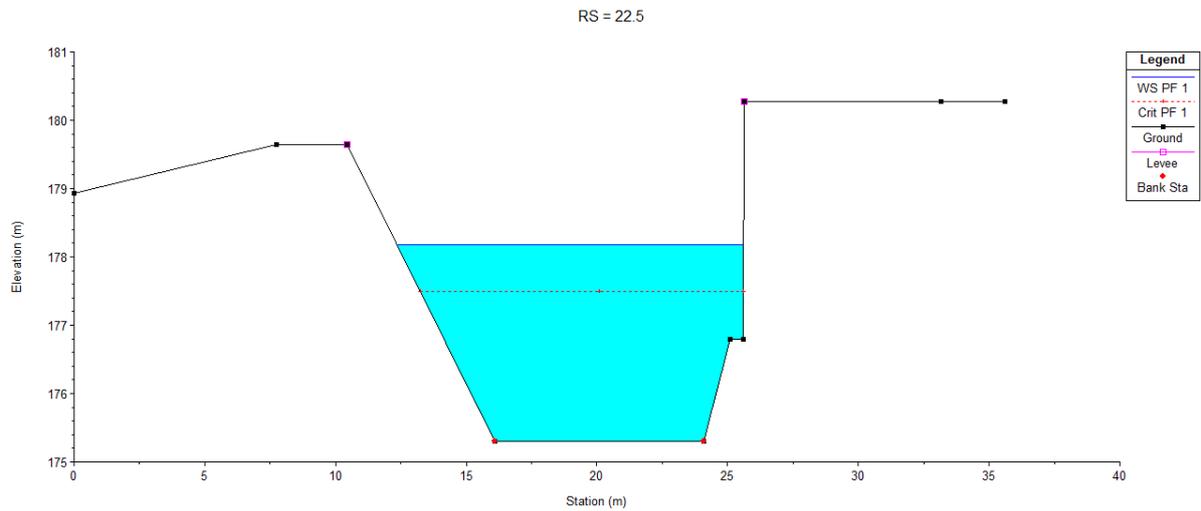


Figura 4-22: Sezione trasversale **intervento E e B**. Simulazione **stato di progetto**.

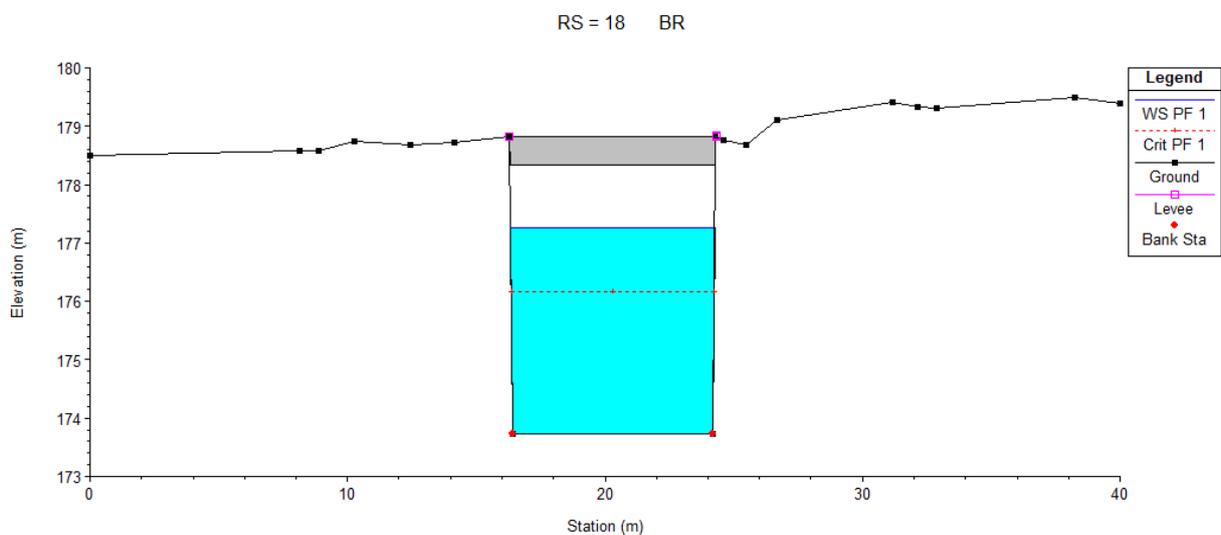


Figura 4-23: Sezione trasversale **ponte in ingresso a piazza deposito**. Simulazione **stato di progetto**.

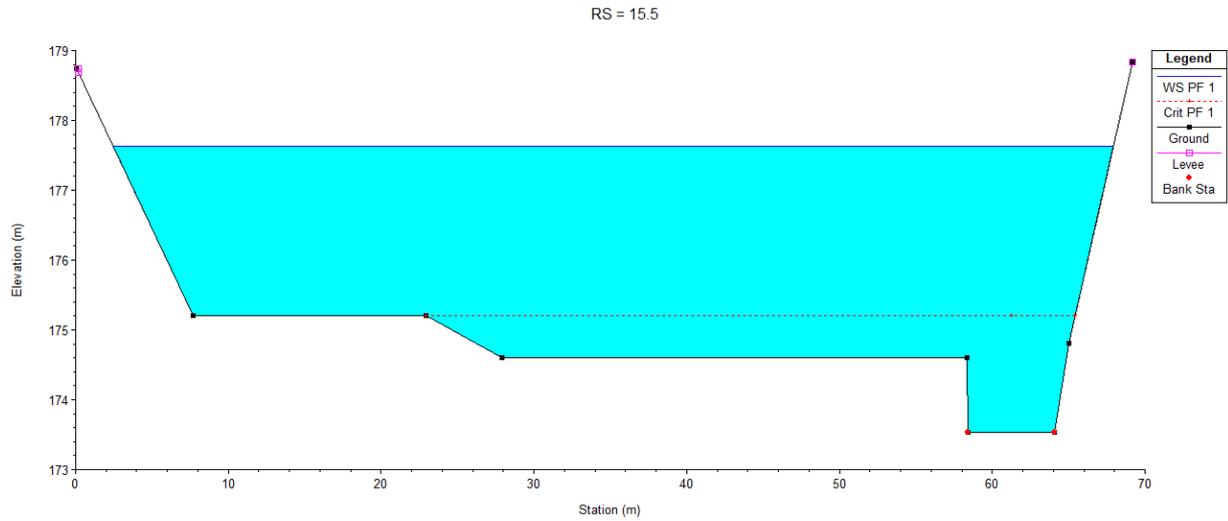


Figura 4-24: Sezione trasversale piazza deposito. Simulazione stato di progetto.

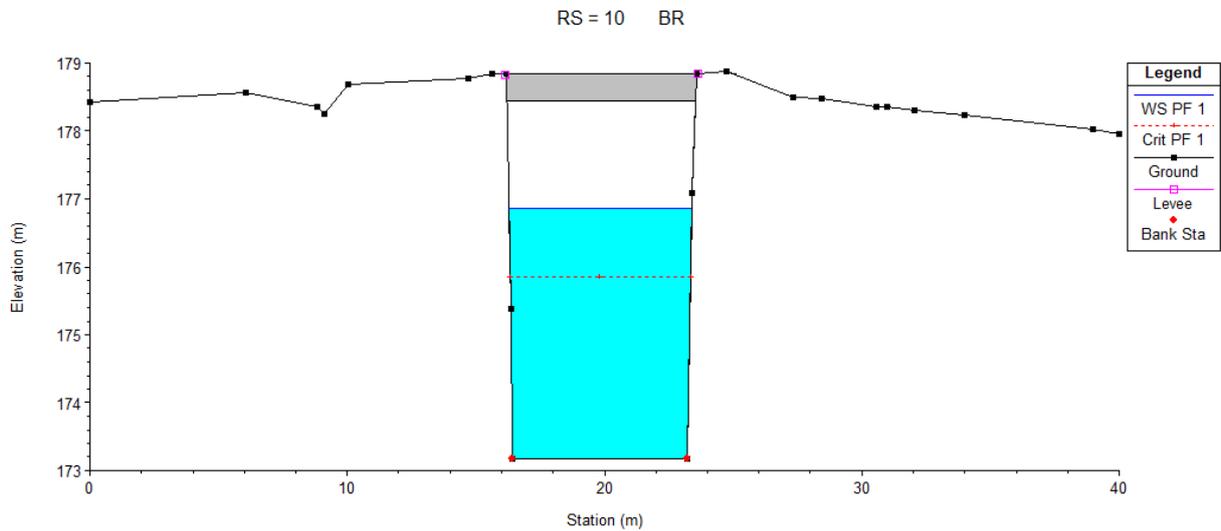


Figura 4-25: Sezione trasversale ponte in uscita dalla piazza deposito. Simulazione stato di progetto.

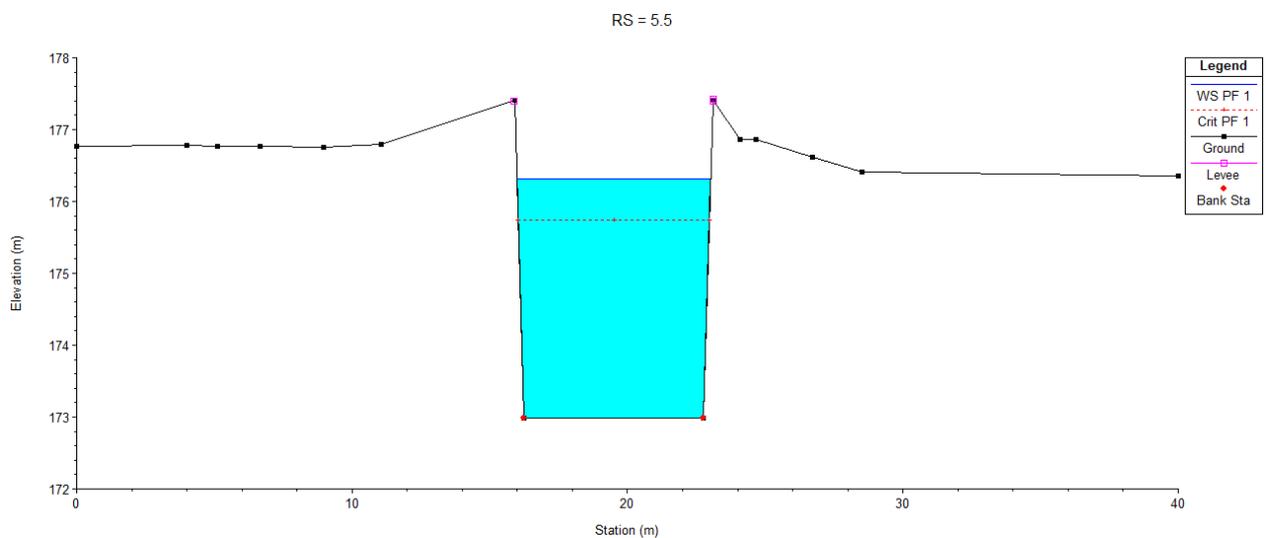


Figura 4-26: Sezione trasversale ponte privato 6 con predisposizione spalle. Simulazione stato di progetto.

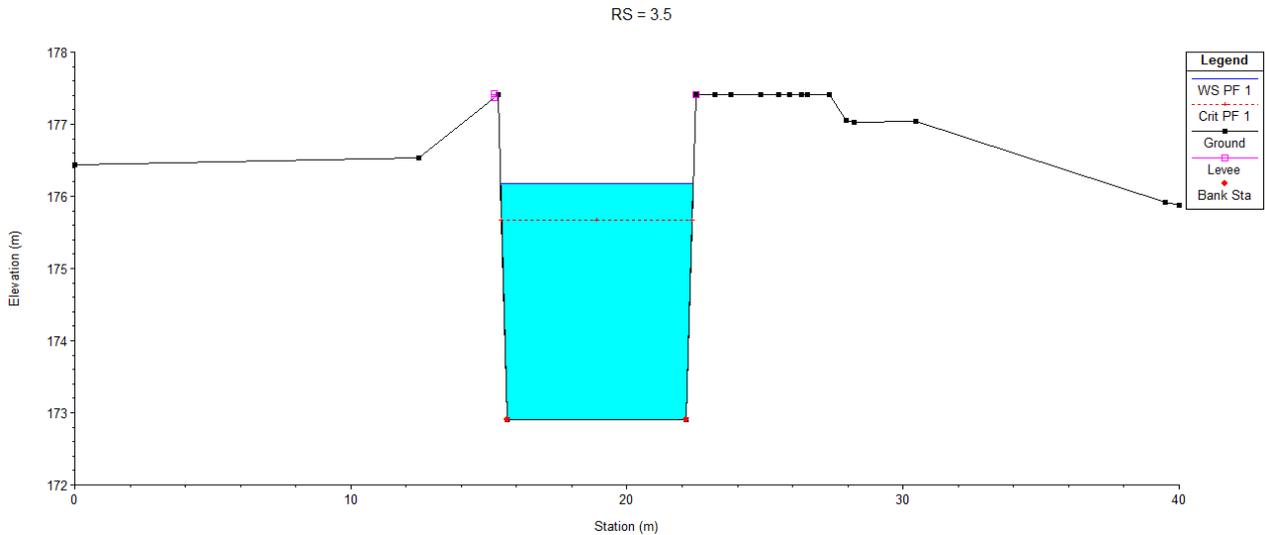


Figura 4-27: Sezione trasversale **ponte privato 7** con predisposizione spalle. Simulazione **stato di progetto**.

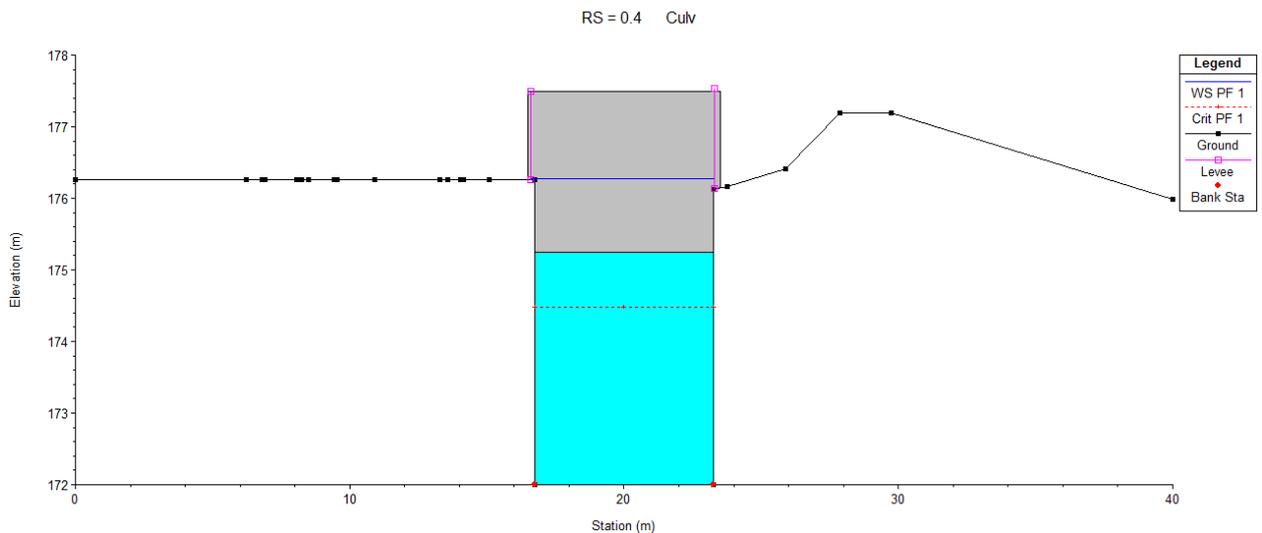


Figura 4-28: Sezione trasversale **in ingresso allo scolmatore idraulico in pressione**. Simulazione **stato di progetto**.

L'altezza delle sponde di progetto è stata definita a seguito della simulazione dello stato di progetto al fine di rispettare il franco netto idraulico di 1 m, ai sensi del D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche delle Costruzioni 2018".

#### **4.8. VALUAZIONE DELL'INTERVENTO AL PASSAGGIO DELLA PIENA CON TEMPO DI RITORNO 200 ANNI**

Nello studio "Sistemazione idraulica t. Garza – Vasca volano e bypass ponte San Cesario" a cura di *Bacchi et al.* Sono state analizzate anche le condizioni di piena del torrente Garza per un tempo di ritorno 200 di anni. Per questa condizione sono state analizzate due condizioni:

1. Scenario con vasca volano funzionante in cui l'onda di piena con tempo di ritorno 200 anni viene laminata perciò in uscita dalla vasca si ha una portata inferiore rispetto a quella in ingresso alla stessa;

2. Scenario con vasca volano inutilizzabile al momento dell'arrivo dell'onda di piena (perché piena o non funzionante) dove dunque la portata in uscita dalla vasca ( $Q_{out}$ ) risulta essere uguale a quella in ingresso ( $Q_{in}$ ).

Si riportano di seguito i valori delle portate considerate negli scenari descritti:

Scenario	$Q_{in}$ vasca [ $m^3s^{-1}$ ]	$Q_{out}$ vasca [ $m^3s^{-1}$ ]
Vasca volano funzionante	115	105
Vasca volano piena	115	115

Nel modello descritto ai paragrafi precedenti sono state così inserite le seguenti condizioni iniziali:

- $Q_{100}$  il valore di portata per evento con tempo di ritorno 100 anni precedentemente analizzata;
- $Q_{200}$  il valore di portata per evento con tempo di ritorno 200 anni e vasca volano funzionante, ovvero  $Q_{200\_vasca}=105 m^3s^{-1}$
- $Q_{200}$  il valore di portata per evento con tempo di ritorno 200 anni e vasca volano non funzionante, ovvero  $Q_{200\_novasca}=115 m^3s^{-1}$

In Figura 4-29 si può osservare il profilo di moto ottenuto dalla simulazione, con l'indicazione dei livelli del pelo libero (WS, linea blu) per  $Q_{100}$ , del pelo libero (WS, linea azzurra) per  $Q_{200}$  con vasca funzionante e del pelo libero (WS, linea arancione) per  $Q_{200}$  e vasca non funzionante. Sono inoltre riportate le quote delle sponde destra (linea rosa) e sinistra (linea verde) dell'alveo di progetto e quelle della condizione di stato attuale ottenute durante il sopralluogo realizzato a metà febbraio 2020.

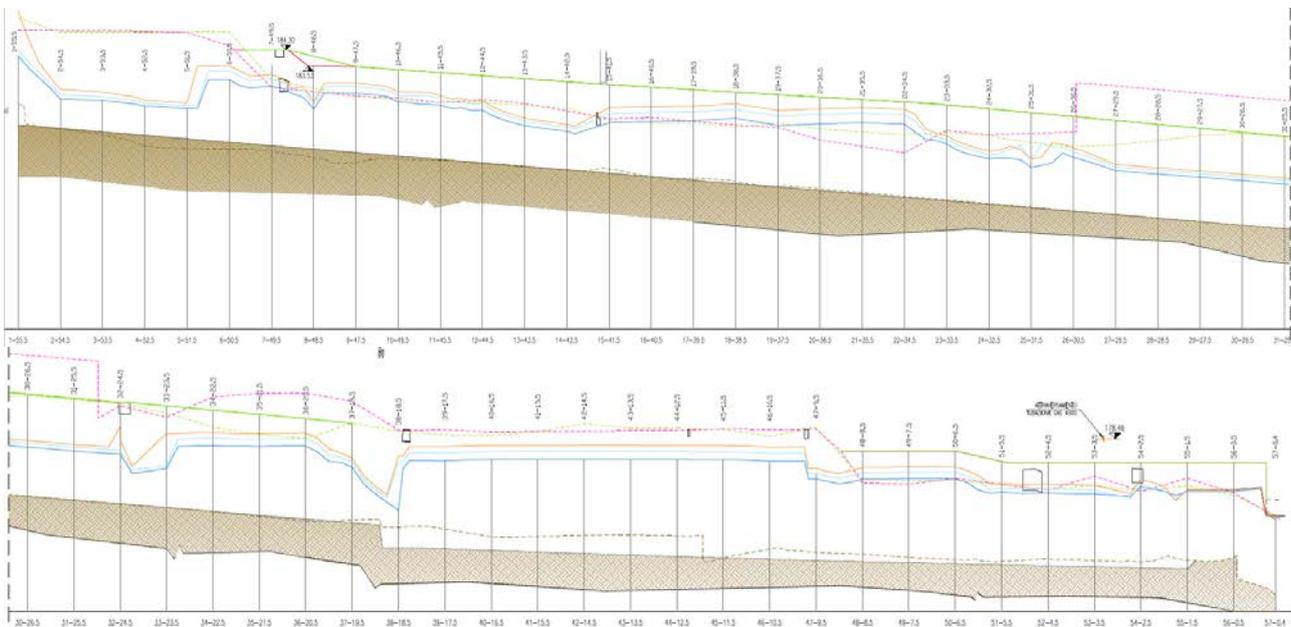


Figura 4-29: profilo piena di progetto per diversi tempi di ritorno e condizioni di funzionamento della vasca volano a confronto con le sponde allo stato attuale e sponde di progetto.

Si riportano in Tabella 7 i principali dati caratteristici della simulazione eseguita per le diverse portate di piena descritte.



Tabella 7: Risultati della simulazione idraulica al passaggio delle piene di progetto – stato progetto.

River Sta	Scenario	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Slope	Vel Chnl	Top Width	Froude # Chl
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m)	
55.5	Q100	86	181.7	184.02	184.46	0.00801	6.26	6.3	1.31
55.5	Q200_vasca	105	181.7	184.31	184.85	0.00801	6.79	6.31	1.34
55.5	Q200_novasca	115	181.7	186.16	185.05	0.000723	2.91	40	0.44
54.5	Q100	86.16	180.56	181.97	182.95	0.029394	8.61	8.15	2.32
54.5	Q200_vasca	105	180.56	182.17	183.29	0.027661	9.14	8.16	2.3
54.5	Q200_novasca	115	180.56	182.42	183.46	0.020426	8.65	8.17	2.02
53.5	Q100	86.32	180.39	181.89	182.73	0.022282	7.83	8.36	2.04
53.5	Q200_vasca	105	180.39	182.08	183.06	0.022355	8.47	8.37	2.08
53.5	Q200_novasca	115	180.39	182.29	183.23	0.017879	8.22	8.39	1.9
52.5	Q100	86.48	180.23	181.63	182.44	0.022134	7.46	9.91	2.01
52.5	Q200_vasca	105	180.23	181.77	182.72	0.023691	8.21	10.08	2.11
52.5	Q200_novasca	115	180.23	181.91	182.87	0.021028	8.19	10.26	2.02
51.5	Q100	86.63	180.07	181.52	182.21	0.018175	6.91	10.38	1.83
51.5	Q200_vasca	105	180.07	181.64	182.49	0.020047	7.66	10.57	1.95
51.5	Q200_novasca	115	180.07	181.77	182.63	0.018564	7.75	10.75	1.9
50.5	Q100	86.79	179.9	182.89	182.07	0.001401	3.1	12.89	0.57
50.5	Q200_vasca	105	179.9	183.32	182.34	0.001237	3.19	13.06	0.55
50.5	Q200_novasca	115	179.9	183.55	182.49	0.001163	3.23	13.08	0.54
49.5	Q100	86.95	179.73	182.58	181.88	0.001919	3.52	9.15	0.67
49.5	Q200_vasca	105	179.73	182.92	182.17	0.001908	3.79	9.16	0.68
49.5	Q200_novasca	115	179.73	183.13	182.32	0.001861	3.9	9.16	0.68
48.5	Q100	87.11	179.57	181.49	181.91	0.008699	5.77	10.54	1.33
48.5	Q200_vasca	105	179.57	181.72	182.19	0.008481	6.13	10.97	1.34
48.5	Q200_novasca	115	179.57	181.84	182.34	0.008308	6.29	11.21	1.33
47.5	Q100	87.27	179.41	182.24	181.78	0.002215	3.77	12.22	0.72
47.5	Q200_vasca	105	179.41	182.56	182.07	0.002166	4	12.85	0.72
47.5	Q200_novasca	115	179.41	182.73	182.21	0.002122	4.1	13.19	0.72
46.5	Q100	87.43	179.24	181.81	181.78	0.003955	4.72	10.9	0.94
46.5	Q200_vasca	105	179.24	182.13	182.07	0.003636	4.9	11.56	0.92
46.5	Q200_novasca	115	179.24	182.31	182.23	0.003508	5	11.9	0.91
45.5	Q100	87.58	179.08	181.67	181.67	0.004078	4.82	10.72	0.96
45.5	Q200_vasca	105	179.08	181.97	181.97	0.003904	5.07	11.31	0.95
45.5	Q200_novasca	115	179.08	182.12	182.12	0.003847	5.21	11.62	0.95
44.5	Q100	87.74	178.92	181.44	181.51	0.00454	4.99	10.58	1
44.5	Q200_vasca	105	178.92	181.75	181.8	0.004211	5.19	11.19	0.99
44.5	Q200_novasca	115	178.92	181.9	181.96	0.004126	5.32	11.5	0.98
43.5	Q100	87.9	178.75	180.7	181.16	0.009142	5.96	10.36	1.36
43.5	Q200_vasca	105	178.75	180.92	181.43	0.008759	6.28	10.81	1.36
43.5	Q200_novasca	115	178.75	181.05	181.58	0.008465	6.42	11.07	1.35
42.5	Q100	88.06	178.58	180.42	180.92	0.010124	6.05	10.51	1.42
42.5	Q200_vasca	105	178.58	180.63	181.18	0.009821	6.4	10.92	1.43
42.5	Q200_novasca	115	178.58	180.75	181.33	0.009582	6.56	11.16	1.42
41.6	Bridge								
41.5	Q100	88.06	178.42	180.84	180.83	0.004148	4.64	11.25	0.95



Provincia di Brescia - Comune di Brescia  
Sistemazione idraulica del torrente Garza in località "Crocevia di Nave"  
Relazione idrologica - idraulica

Prot.:D  
Doc.:R02  
data:02.09.2022  
Rev.2

41.5	Q200_vasca	105	178.42	181.27	181.1	0.003206	4.56	12.1	0.86
41.5	Q200_novasca	115	178.42	181.55	181.25	0.002707	4.46	12.57	0.8
40.5	Q100	88.38	178.26	180.89	180.67	0.003076	4.23	11.62	0.83
40.5	Q200_vasca	105	178.26	181.32	180.94	0.002488	4.2	12.45	0.77
40.5	Q200_novasca	115	178.26	181.59	181.09	0.002164	4.15	12.98	0.73
39.5	Q100	88.54	178.09	180.93	180.52	0.002339	3.88	12.09	0.74
39.5	Q200_vasca	105	178.09	181.36	180.78	0.001954	3.89	12.94	0.69
39.5	Q200_novasca	115	178.09	181.63	180.93	0.001734	3.87	13.48	0.66
38.5	Q100	88.69	177.93	181.05	180.33	0.00149	3.29	14.52	0.6
38.5	Q200_vasca	105	177.93	181.48	180.58	0.001249	3.29	15.7	0.56
38.5	Q200_novasca	115	177.93	181.75	180.72	0.001114	3.26	16.44	0.53
37.5	Q100	88.85	177.76	180.7	180.31	0.002439	4.06	11.28	0.76
37.5	Q200_vasca	105	177.76	181.14	180.58	0.002015	4.05	12.08	0.7
37.5	Q200_novasca	115	177.76	181.42	180.74	0.001793	4.02	12.58	0.67
36.5	Q100	89.01	177.6	180.78	180.12	0.001715	3.58	12.36	0.64
36.5	Q200_vasca	105	177.6	181.22	180.38	0.00145	3.59	13.25	0.6
36.5	Q200_novasca	115	177.6	181.5	180.53	0.00131	3.59	13.8	0.58
35.5	Q100	89.17	177.43	180.84	179.92	0.001252	3.2	13.43	0.55
35.5	Q200_vasca	105	177.43	181.28	180.17	0.001077	3.23	14.4	0.52
35.5	Q200_novasca	115	177.43	181.56	180.32	0.000985	3.23	15	0.51
34.5	Q100	89.33	177.27	180.78	179.83	0.001268	3.29	12.37	0.56
34.5	Q200_vasca	105	177.27	181.21	180.09	0.001121	3.34	13.17	0.54
34.5	Q200_novasca	115	177.27	181.48	180.24	0.001042	3.37	13.66	0.52
33.5	Q100	89.49	177.11	179.82	179.82	0.004278	5.09	7.53	0.99
33.5	Q200_vasca	105	177.11	180.05	180.12	0.00447	5.49	7.65	1.02
33.5	Q200_novasca	115	177.11	180.22	180.3	0.004442	5.67	7.7	1.03
32.5	Q100	89.65	176.94	179.12	179.56	0.00809	6.04	7.84	1.31
32.5	Q200_vasca	105	176.94	179.34	179.84	0.007981	6.4	7.97	1.32
32.5	Q200_novasca	115	176.94	179.48	180.01	0.007861	6.6	8.06	1.32
31.5	Q100	89.8	176.78	178.71	179.26	0.010863	6.46	8.89	1.49
31.5	Q200_vasca	105	176.78	179.05	179.52	0.008439	6.35	9.08	1.35
31.5	Q200_novasca	115	176.78	179.09	179.68	0.009603	6.84	9.1	1.44
30.5	Q100	89.96	176.61	179.19	179.19	0.004332	4.96	8.9	0.98
30.5	Q200_vasca	105	176.61	179.46	179.46	0.004197	5.21	9.06	0.99
30.5	Q200_novasca	115	176.61	179.62	179.62	0.004136	5.37	9.16	0.99
29.5	Q100	90.12	176.45	178.55	178.98	0.008452	6.03	9.81	1.33
29.5	Q200_vasca	105	176.45	178.74	179.21	0.008473	6.39	10	1.35
29.5	Q200_novasca	115	176.45	178.85	179.37	0.008499	6.62	10.13	1.36
28.5	Q100	90.28	176.28	178.39	178.8	0.008312	6	9.82	1.32
28.5	Q200_vasca	105	176.28	178.57	179.04	0.008402	6.37	10	1.34
28.5	Q200_novasca	115	176.28	178.69	179.2	0.008439	6.6	10.12	1.36
27.5	Q100	90.44	176.12	178.25	178.64	0.008163	5.97	9.83	1.31
27.5	Q200_vasca	105	176.12	178.42	178.89	0.008323	6.35	10	1.34
27.5	Q200_novasca	115	176.12	178.53	179.04	0.008369	6.58	10.12	1.35
26.5	Q100	90.6	175.96	178.09	178.49	0.008102	5.96	9.83	1.3
26.5	Q200_vasca	105	175.96	178.26	178.72	0.008281	6.34	10	1.34
26.5	Q200_novasca	115	175.96	178.38	178.88	0.008328	6.57	10.12	1.35
25.5	Q100	90.75	175.79	177.92	178.33	0.0081	5.97	9.93	1.3
25.5	Q200_vasca	105	175.79	178.09	178.56	0.008316	6.35	10.13	1.34
25.5	Q200_novasca	115	175.79	178.2	178.72	0.008424	6.59	10.27	1.36



Provincia di Brescia - Comune di Brescia  
Sistemazione idraulica del torrente Garza in località "Crocevia di Nave"  
Relazione idrologico - idraulica

Prot.:D  
Doc.:R02  
data:02.09.2022  
Rev.2

24.5	Q100	90.91	175.63	177.79	178.18	0.007816	5.91	9.97	1.28
24.5	Q200_vasca	105	175.63	177.95	178.41	0.008101	6.3	10.18	1.32
24.5	Q200_novasca	115	175.63	178.97	178.57	0.002558	4.52	11.59	0.79
24	Bridge								
23.5	Q100	90.91	175.46	177.16	177.66	0.011106	6.01	11.47	1.47
23.5	Q200_vasca	105	175.46	177.28	177.86	0.011575	6.42	11.61	1.52
23.5	Q200_novasca	115	175.46	178.68	177.99	0.001798	3.7	13.27	0.66
22.5	Q100	91.23	175.3	178.16	177.49	0.001691	3.31	13.24	0.63
22.5	Q200_vasca	105	175.3	178.48	177.68	0.001515	3.37	13.66	0.6
22.5	Q200_novasca	115	175.3	178.73	177.81	0.001389	3.39	13.98	0.58
21.5	Q100	91.39	175.13	178.13	177.35	0.001531	3.25	12.54	0.6
21.5	Q200_vasca	105	175.13	178.45	177.54	0.001407	3.34	12.87	0.59
21.5	Q200_novasca	115	175.13	178.68	177.68	0.001321	3.39	13.11	0.57
20.5	Q100	91.55	174.97	178.14	177.19	0.001255	3.06	12.77	0.55
20.5	Q200_vasca	105	174.97	178.46	177.39	0.001168	3.15	13.12	0.54
20.5	Q200_novasca	115	174.97	178.7	177.52	0.001108	3.2	13.37	0.53
19.5	Q100	91.71	174.81	177.22	177.22	0.004573	4.87	7.99	1
19.5	Q200_vasca	105	174.81	177.46	177.46	0.004404	5.08	8.01	1
19.5	Q200_novasca	115	174.81	177.62	177.62	0.004332	5.24	8.02	1
18.5	Q100	91.86	173.74	175.36	176.16	0.017329	7.27	7.86	1.82
18.5	Q200_vasca	105	173.74	177.46	176.39	0.001421	3.62	7.95	0.6
18.5	Q200_novasca	115	173.74	177.7	176.55	0.001376	3.72	7.96	0.6
18	Bridge								
17.5	Q100	91.86	173.65	177.49	175.72	0.000353	1.69	23.97	0.28
17.5	Q200_vasca	105	173.65	177.83	175.85	0.000326	1.72	24.96	0.27
17.5	Q200_novasca	115	173.65	178.1	175.95	0.000301	1.73	25.76	0.26
16.5	Q100	92.18	173.59	177.55	175.36	0.00008	0.82	46.62	0.13
16.5	Q200_vasca	105	173.59	177.89	175.44	0.000073	0.83	47.67	0.13
16.5	Q200_novasca	115	173.59	178.16	175.49	0.000067	0.83	48.52	0.12
15.5	Q100	92.34	173.54	177.56	175.21	0.000047	0.69	65.24	0.11
15.5	Q200_vasca	105	173.54	177.9	175.21	0.000042	0.69	66.32	0.11
15.5	Q200_novasca	115	173.54	178.17	175.57	0.000038	0.68	67.19	0.1
14.5	Q100	92.5	173.48	177.56	175.41	0.000034	0.6	75.36	0.09
14.5	Q200_vasca	105	173.48	177.9	175.46	0.00003	0.59	76.56	0.09
14.5	Q200_novasca	115	173.48	178.17	175.5	0.000028	0.59	77.52	0.09
13.5	Q100	92.66	173.42	177.56	175.22	0.000038	0.64	82.93	0.1
13.5	Q200_vasca	105	173.42	177.9	175.62	0.000032	0.62	84.03	0.09
13.5	Q200_novasca	115	173.42	178.17	175.66	0.000029	0.61	84.92	0.09
12.5	Q100	92.82	173.36	177.56	175.55	0.000034	0.61	78.89	0.1
12.5	Q200_vasca	105	173.36	177.9	175.6	0.00003	0.6	79.62	0.09
12.5	Q200_novasca	115	173.36	178.17	175.64	0.000027	0.59	80.2	0.09
12	Bridge								
11.5	Q100	92.97	173.3	177.54	175.76	0.00007	0.87	62.27	0.14
11.5	Q200_vasca	105	173.3	177.88	175.83	0.000059	0.85	63.73	0.13
11.5	Q200_novasca	115	173.3	178.16	175.89	0.000053	0.84	64.9	0.12
10.5	Q100	93.13	173.24	177.48	175.82	0.000211	1.52	31.26	0.24
10.5	Q200_vasca	105	173.24	177.82	175.92	0.000188	1.51	31.92	0.23
10.5	Q200_novasca	115	173.24	178.1	176.02	0.000173	1.51	32.45	0.22



Provincia di Brescia - Comune di Brescia  
Sistemazione idraulica del torrente Garza in località "Crocevia di Nave"  
Relazione idrologico - idraulica

Prot.:D  
Doc.:R02  
data:02.09.2022  
Rev.2

10	Bridge								
9.5	Q100	93.29	173.18	176.72	175.86	0.000902	3.87	7.1	0.66
9.5	Q200_vasca	105	173.18	176.97	176.08	0.000909	4.07	7.13	0.67
9.5	Q200_novasca	115	173.18	177.17	176.26	0.00092	4.23	7.15	0.68
8.5	Q100	93.45	173.14	176.71	175.77	0.0008	3.67	8.51	0.62
8.5	Q200_vasca	105	173.14	176.98	175.95	0.000792	3.84	8.52	0.62
8.5	Q200_novasca	115	173.14	177.21	176.11	0.000787	3.97	8.53	0.63
7.5	Q100	93.61	173.1	176.74	175.72	0.000717	3.52	9.18	0.59
7.5	Q200_vasca	105	173.1	177.02	175.91	0.000702	3.66	9.23	0.59
7.5	Q200_novasca	115	173.1	177.24	176.06	0.000696	3.78	9.26	0.59
6.5	Q100	93.77	173.02	176.72	175.67	0.000699	3.52	9.02	0.58
6.5	Q200_vasca	105	173.02	177	175.85	0.000684	3.65	9.1	0.58
6.5	Q200_novasca	115	173.02	177.23	176.01	0.000679	3.77	9.16	0.59
5.5	Q100	93.95	172.98	176.14	175.75	0.001453	4.56	7	0.82
5.5	Q200_vasca	105	172.98	176.33	175.95	0.001493	4.8	7.03	0.84
5.5	Q200_novasca	115	172.98	176.53	176.15	0.00147	4.96	7.06	0.84
5	Bridge								
4.5	Q100	94.08	172.94	176.1	175.7	0.001445	4.55	7.06	0.82
4.5	Q200_vasca	105	172.94	176.28	175.91	0.001496	4.8	7.09	0.84
4.5	Q200_novasca	115	172.94	176.49	176.1	0.001469	4.95	7.13	0.84
3.5	Q100	94.24	172.9	176.06	175.68	0.001455	4.56	6.97	0.82
3.5	Q200_vasca	105	172.9	176.24	175.88	0.001505	4.81	7	0.84
3.5	Q200_novasca	115	172.9	176.44	176.07	0.001479	4.97	7.03	0.84
3	Bridge								
2.5	Q100	94.4	172.85	176.37	175.21	0.000627	3.22	8.64	0.55
2.5	Q200_vasca	105	172.85	176.46	175.38	0.000713	3.49	8.65	0.59
2.5	Q200_novasca	115	172.85	176.68	175.55	0.000702	3.61	8.67	0.59
1.5	Q100	79.4	172.82	176.17	175.21	0.00076	3.43	7.13	0.6
1.5	Q200_vasca	80	172.82	176.24	175.21	0.000721	3.39	7.13	0.58
1.5	Q200_novasca	80	172.82	176.24	175.21	0.000721	3.39	7.13	0.58
0.5	Q100	79.4	172.77	176.17	175.15	0.000726	3.38	7.18	0.59
0.5	Q200_vasca	80	172.77	176.24	175.16	0.000689	3.34	7.18	0.57
0.5	Q200_novasca	80	172.77	176.24	175.16	0.000689	3.34	7.18	0.57
0.45	Q100	79.4	172	176.28	174.48	0.00038	2.85	6.73	0.44
0.45	Q200_vasca	80	172	176.34	174.49	0.000367	2.83	6.73	0.43
0.45	Q200_novasca	80	172	176.34	174.49	0.000367	2.83	6.73	0.43
0.4	Culvert								
0.3	Q100	79.4	169.65	172.15	172.13	0.002285	4.89	6.51	0.99
0.3	Q200_vasca	80	169.65	172.16	172.14	0.002281	4.9	6.51	0.99
0.3	Q200_novasca	80	169.65	172.16	172.14	0.002281	4.9	6.51	0.99
0	Q100	79.4	169.55	172.02	172.03	0.002371	4.94	6.62	1
0	Q200_vasca	80	169.55	172.04	172.04	0.002343	4.94	6.62	1
0	Q200_novasca	80	169.55	172.04	172.04	0.002343	4.94	6.62	1



Criticità emerse durante l'analisi eseguita:

- 1- Nella pratica l'analisi eseguita non si può concretizzare in quanto esiste un tombotto posto a monte della sezione d'ingresso dell'analisi che ha una geometria fissa e limita l'ingresso della portata di piena a circa 60-70 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> provocando l'esondazione del torrente Garza a monte dello stesso;
- 2- Anche lo scolmatore idraulico verso il fiume Mella ha una geometria fissa e permette di allontanare dal torrente Garza solamente una portata di piena di 80 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. La quota parte restante dell'onda di piena fluirà così verso valle, ovvero verso la città di Brescia, dove per criticità di infrastrutture esistenti dovrebbero essere avviabili solamente 15 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> (da relazione idraulica Bacchi et al.). Si presenta perciò un problema di insufficienza di deflusso dello scolmatore verso il Mella che si dovrebbe potenziare fino a riuscire a smaltire una portata di 100 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>.

Per completezza è stato calcolato il valore del sovrizzo idraulico ( $\Delta h$ ) generato nei tratti in curva per l'instaurarsi di moti secondari, secondo la formula:

$$\Delta h \cong \frac{U^2 \cdot B}{g \cdot r_m}$$

Dove:

U è la velocità del fluido nella sezione

B è la larghezza della sezione

rm è il raggio medio di curvatura

L'analisi ha confermato che l'intervento proposto rispecchia i requisiti di sicurezza idraulica in quanto il sovrizzo idraulico sommato al livello di massima piena risulta contenuto negli argini di progetto.

Per i dettagli si rimanda agli elaborati recanti le sezioni dell'alveo ( dal 1226\_D\_06-2\_Sez1 al 1226\_D\_16-2\_Sez11) nelle quali è rappresentata graficamente la quota di piena e i franchi idraulici residui.

## 5 VALUTAZIONE DELL'EFFICACIA DELL'INTERVENTO

In riferimento allo studio di pericolosità idraulica redatto da Ing. Giuseppe Rossi per conto di Brescia Infrastrutture emergono due aspetti fondamentali:

- Portata dimensionante con  $T_r=100$  anni è pari a 80 m<sup>3</sup>/s in uscita dalla vasca di laminazione Volano (da relazione di progetto della vasca di laminazione di Nave (Prof. Ing. B. Bacchi e Studio Taccolini ingegneri associati - maggio 2014), da schema idrologico fornito dal "Tabellone" contenuto nella relazione idrologica dello Studio di fattibilità (elaborato n. 3.1.2.2/5/1D) ed all'idrogramma dell'elaborato 3.2.2.2/2/1R "Analisi Idraulica - Relazione descrittiva e di analisi dell'attività e dei risultati" del medesimo studio.);
- Mappa esondazione del torrente Garza allo stato attuale è la seguente:

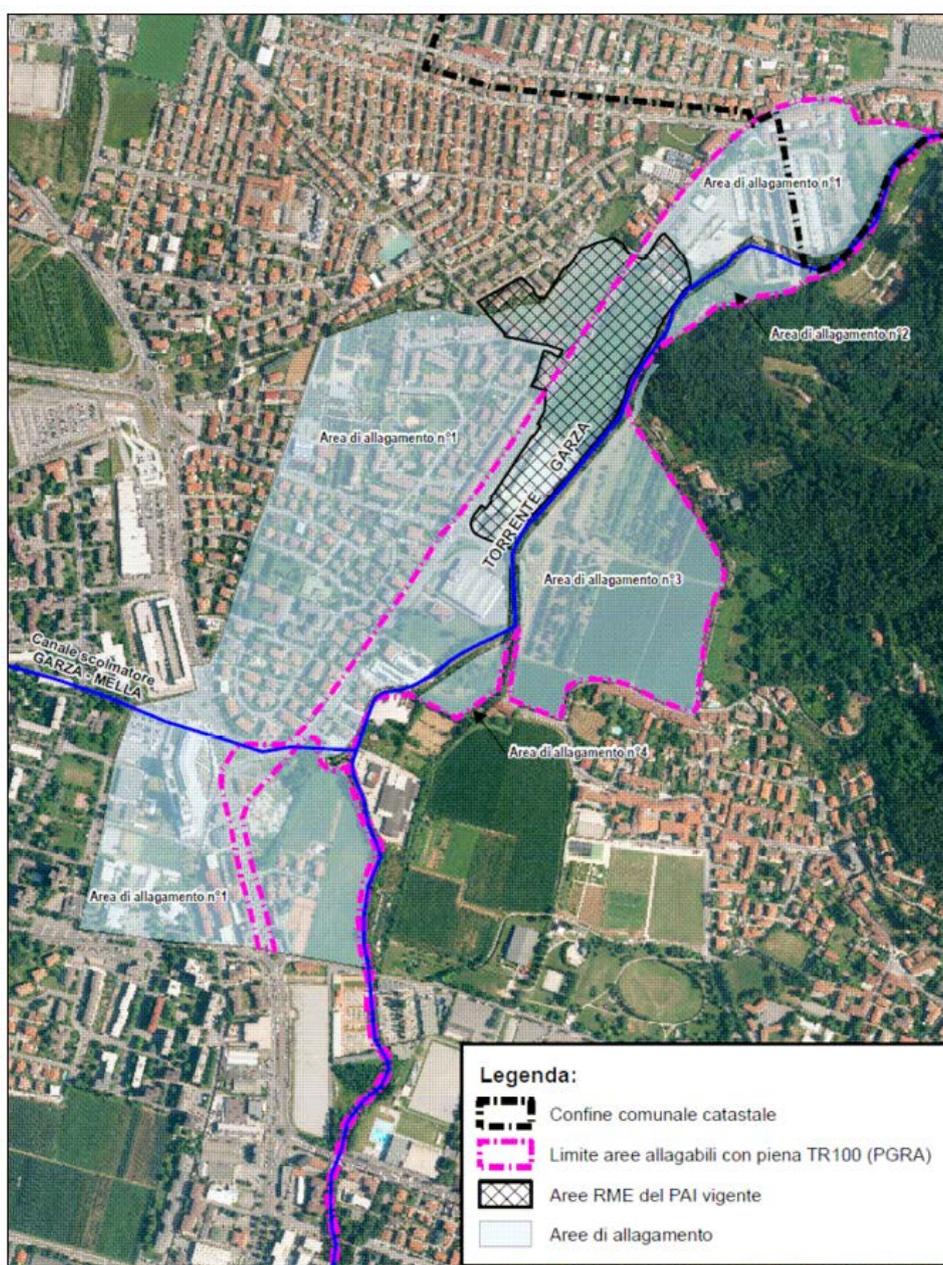


Figura 5-1: Planimetria di individuazione delle aree allagabili oggetto dello studio idraulico (Studio G. Rossi)

Il presente progetto adotta completamente l'impostazione derivante dal progetto di fattibilità G. Rossi che elabora le portate fornite da AIPO relative al fiume Garza a monte del tratto dell'intervento. A queste condizioni ed ipotizzando che vengano messi in sicurezza i tratti immediatamente a monte ed immediatamente a valle del tratto del presente progetto, la relativa piena di progetto viene contenuta all'interno della nuova inalveazione, come risulta dalla seguente Figura 5-2.



Figura 5-2: Planimetria area d'intervento con indicazione della quota idrica massima al passaggio della piena di progetto.



## **6 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Ad oggi il tratto del fiume Garza compreso tra l'area industriale dismessa in località Conicchio e la sezione di partenza dello scolmatore idraulico presenta criticità in merito alla sicurezza idraulica nel caso in cui transiti la piena di progetto con tempo di ritorno 100 anni.

L'intervento di progetto prevede la sistemazione del tratto in oggetto mediante interventi differenziati lungo il corso del fiume. Nel primo tratto si propone di realizzare un nuovo muro arginale in cemento armato e di demolire il ponte privato che non rispetta i parametri di sicurezza idraulica. A valle di questo tratto si prevede la realizzazione di una nuova scogliera in massi da cava cementati con demolizione e ripristino del ponte ciclo pedonale. Laddove muro e scogliera siano già presenti si propone di alzarne il livello fino al raggiungimento della quota tale da soddisfare la condizione di sussistenza del franco idraulico di 1 metro. A valle del Ponte carrabile di Via Sant'Antonio è in progetto il ripristino del piede muro esistente in massi da cava cementati. Infine si prevede la riprofilatura del fondo della vasca di laminazione.

I risultati della simulazione effettuata nella configurazione di progetto evidenziano il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza idraulica garantendo, lungo il tratto in oggetto, un franco netto idraulico di almeno un metro rispetto alla sommità arginale e di almeno un metro e mezzo in corrispondenza dei ponti.

Se il tratto a monte e a valle dell'intervento sarà adeguato allo stesso livello di sicurezza idraulica il Garza, per la piena di progetto con tempo di ritorno 200 anni, non esonda nell'area interessata dal tratto in progetto.