

Sede Legale e Amministrativa
Via Triumplina, 14 – 25129 Brescia

INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DELLA METROPOLITANA DI BRESCIA NELL'AREA A SUD DEL TORRENTE GARZA – LOCALITÀ SAN POLO

Finanziati dall'Autorità di Bacino del fiume Po con somme erogate dal Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del Territorio e del Mare con decreto n.332 del 27/11/2018

CIG: Z982976F87 - CUP: D87C19000290005

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO:

RS-id

RELAZIONE IDRAULICA

Data Progetto: OTTOBRE 2021

Data Aggiornamento:

PROGETTAZIONE:

Figura professionale	
Progettazione generale	Dott. Ing. Giuseppe Rossi – Albo Ing. Prov. Di Brescia n. 1383
Relazione geologica	Dott. Rinaldo Bussola – Albo Geologi Trentino Alto Adige n. 45
Progettazione strutturale	Dott. Ing. Raffaele Ferrari – Albo Ing. Prov. Di Trento n. 1114
Responsabile unico del procedimento	

Sommario

1)	Premessa	3
2)	Ambito territoriale.....	4
3)	Infrastrutture della Metropolitana interessate dallo studio	7
4)	Analisi della situazione attuale	8
4.1)	Zonazione della pericolosità nelle mappe del PGRA	8
4.2)	Sintesi dello studio di approfondimento	11
4.2.1)	Procedimento di calcolo	11
4.2.2)	Individuazione e caratteristiche del tronco fluviale oggetto dello studio idraulico.....	11
4.2.3)	Individuazione delle aree allagabili oggetto dello studio idraulico	11
4.2.4)	Analisi idrologica.....	13
4.2.5)	Modellazione idraulica	14
4.2.6)	Esame dei risultati	15
5)	Studio di fattibilità degli interventi.....	16
5.1)	Criteri e ipotesi d'intervento	16
5.2)	Ipotesi d'intervento	21

1) Premessa

Il 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, contiene l'individuazione delle aree potenzialmente interessate da alluvioni, e, all'interno di esse, classifica il grado di pericolosità in funzione della frequenza degli eventi alluvionali ed il grado di rischio al quale sono esposti gli elementi ivi presenti.

La mappatura delle aree inondabili, contenuta nel PGRA, integra il quadro conoscitivo del Piano per l'Assetto idrogeologico di bacino (PAI), con lo scopo di applicare all'interno delle predette aree, in funzione dei vari scenari di pericolosità e del rischio, una idonea normativa d'uso del suolo.

L'Autorità di Bacino del fiume Po, con 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)*".

Regione Lombardia, al fine di dare attuazione ai contenuti del PGRA ai sensi dell'art. 58 delle Norme di Attuazione del PAI, come integrate dalla predetta variante, ha approvato le Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del PGRA nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, con Deliberazione della Giunta Regionale n. X/6738 in data 19 giugno 2017.

Il Comune di Brescia, ai sensi dell'art. 59 del nuovo Titolo V delle Norme di Attuazione del PAI e conformemente alle predette Direttive regionali, ha dato corso al procedimento di adeguamento della componente geologica del PGT al PAI coordinato con il PGRA, adottando la relativa variante con deliberazione della Giunta Comunale n. 34 del 16.04.2018, dopo l'acquisizione di specifici studi idrologici e idraulici di approfondimento locale, condotti all'interno degli ambiti del proprio territorio comunale interessati da possibili alluvioni.

Nell'ambito territoriale del torrente Garza a sud del centro cittadino, le esondazioni delle possibili piene del predetto corso d'acqua interessano i quartieri San Polo Case e San Polo Parco, ed in particolare la linea della Metropolitana e la Stazione San Polo Parco.

Al fine di individuare i possibili interventi di messa in sicurezza della Metropolitana, la Soc. Brescia Infrastrutture ha conferito un incarico professionale per la progettazione delle opere necessarie, le cui risultanze sono illustrate nel seguito della presente relazione e rappresentate negli allegati grafici.

2) Ambito territoriale

Il presente studio riguarda la parte del territorio comunale di Brescia, Zona Est – Quartiere San Polo Parco (Rif. Fig. 2.1.1 – Planimetria d'inquadramento).

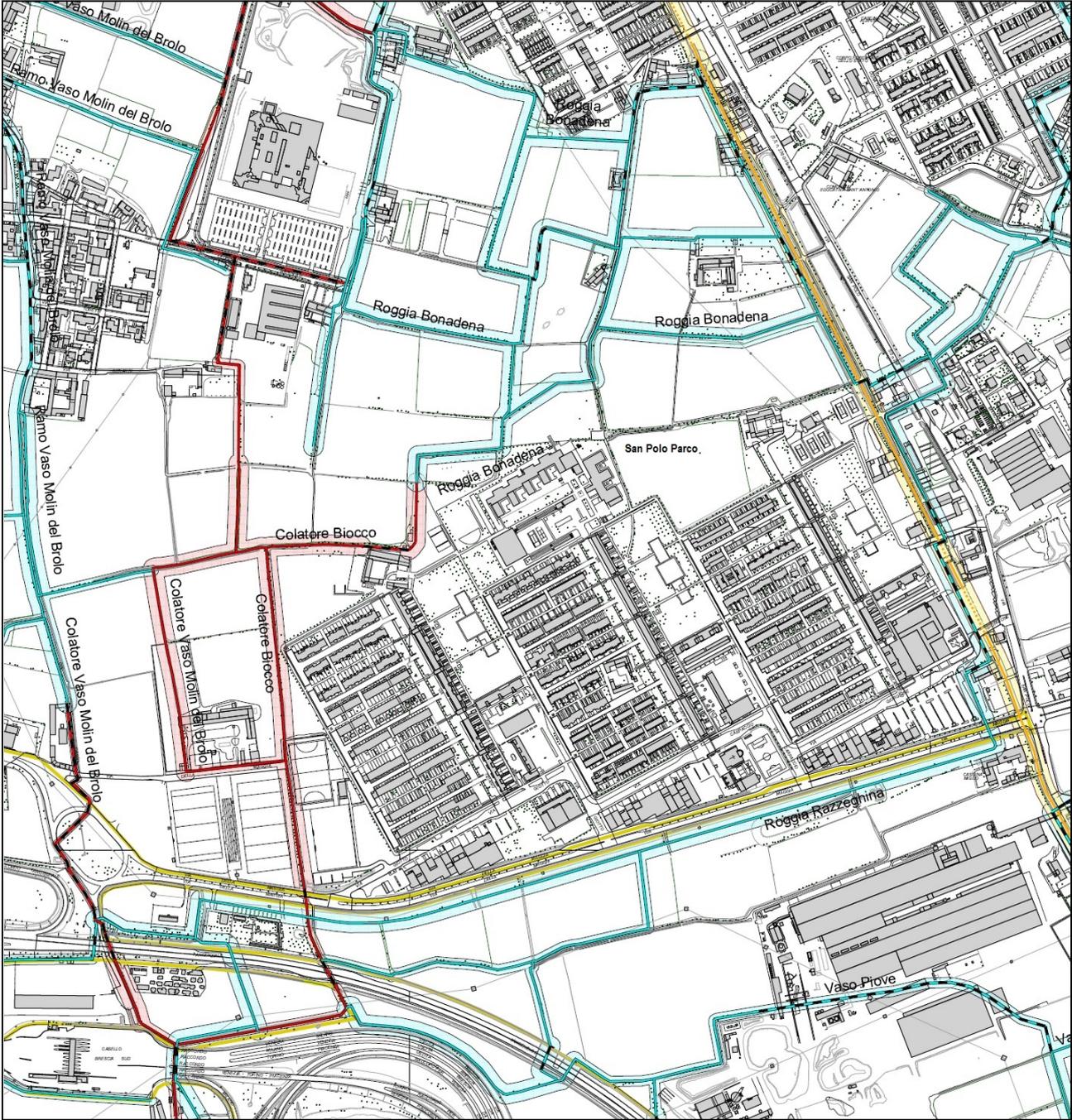
Il tronco del torrente Garza interessato è quello immediatamente seguente il percorso del canale artificiale nel centro cittadino, scavato anticamente per allontanare le piene provenienti dal proprio bacino montano, unitamente a quelle del Naviglio Grande Bresciano, verso la brughiera della pianura orientale bresciana.

Il territorio allo studio è inoltre interessato dalla rete idrografica minore dei vasi irrigui e di colto, in parte di competenza comunale ed in parte di competenza del consorzio di Bonifica, come illustrato nella seguente figura 2.1.2 stralcio planimetrico del RIM.

Figura 2.1.1 - Planimetria d'inquadramento



Figura 2.1.2 - Stralcio planimetrico del RIM



LEGENDA**RETICOLO IDROGRAFICO****CORSI D'ACQUA DI COMPETENZA REGIONALE**

 CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO PRINCIPALE DI COMPETENZA REGIONALE - TRATTI SCOPERTI NATURALI

 CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO PRINCIPALE DI COMPETENZA REGIONALE - TRATTI COPERTI NATURALI

 CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO PRINCIPALE DI COMPETENZA REGIONALE - TRATTI SCOPERTI ARTIFICIALI

 CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO PRINCIPALE DI COMPETENZA REGIONALE - TRATTI COPERTI ARTIFICIALI

CORSI D'ACQUA DI COMPETENZA DEL CONSORZIO DI BONIFICA "MEDIO CHIESE"

 CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO PRINCIPALE DI COMPETENZA DEL CONSORZIO DI BONIFICA - TRATTI SCOPERTI NATURALI

 CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO PRINCIPALE DI COMPETENZA DEL CONSORZIO DI BONIFICA - TRATTI COPERTI NATURALI

 CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO MINORE DI COMPETENZA DEL CONSORZIO DI BONIFICA - TRATTI SCOPERTI ARTIFICIALI

 CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO MINORE DI COMPETENZA DEL CONSORZIO DI BONIFICA - TRATTI COPERTI ARTIFICIALI

 CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO MINORE DI COMPETENZA DEL CONSORZIO DI BONIFICA - DEI QUALI E' PREVISTA LA DISMISSIONE NELL'AMBITO DELL'INTERVENTO DI URBANIZZAZIONE DEL PIANO DI ZONA A/21 SAN POLINO - TRATTI SCOPERTI ARTIFICIALI

 CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO MINORE DI COMPETENZA DEL CONSORZIO DI BONIFICA - DEI QUALI E' PREVISTA LA DISMISSIONE NELL'AMBITO DELL'INTERVENTO DI URBANIZZAZIONE DEL PIANO DI ZONA A/21 SAN POLINO - TRATTI COPERTI ARTIFICIALI

 CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO MINORE DI COMPETENZA DEL CONSORZIO DI BONIFICA - DEI QUALI E' PREVISTA LA REALIZZAZIONE NELL'AMBITO DELLE OPERE DI URBANIZZAZIONE DEL PIANO DI ZONA A/21 "SAN POLINO" - TRATTI COPERTI ARTIFICIALI

CORSI D'ACQUA DI COMPETENZA COMUNALE

 CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO MINORE - TRATTI SCOPERTI NATURALI

 CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO MINORE - TRATTI SCOPERTI ARTIFICIALI

 CORSI D'ACQUA DEL RETICOLO MINORE - TRATTI COPERTI ARTIFICIALI

FASCE DI RISPETTO

 FASCIA DI RISPETTO PER CORPI IDRICI DEL RETICOLO PRINCIPALE DI COMPETENZA REGIONALE

 FASCIA DI RISPETTO PER CORPI IDRICI DEL RETICOLO MINORE

 AMBITO DI COMPETENZA DEL CONSORZIO DI BONIFICA SU CORPI IDRICI DEL RETICOLO PRINCIPALE

 AMBITO DI COMPETENZA DEL CONSORZIO DI BONIFICA SU CORPI IDRICI DEL RETICOLO MINORE

 FASCIA 10 m

 FASCIA 4 m

 FASCIA 1 m

PRESCRIZIONI DEL "PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO"**DELIMITAZIONE DELLE FASCE FLUVIALI**

 LIMITE TRA LA FASCIA B E LA FASCIA C

 LIMITE ESTERNO DELLA FASCIA C

AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO MOLTO ELEVATO (AREE I, COMMA 3 ART. 51 N.d.A DEL PAI)

 AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO MOLTO ELEVATO (AREE I, COMMA 3 ART. 51 N.d.A DEL PAI) COME MODIFICATE A SEGUITO DELLA DEL. G.C. n.132 P.G. n.5204 DEL 11.02.04

 PERIMETRO DEL CENTRO EDIFICATO (L.865/71)

 CONFINE TRA IL COMPENSORIO DI BONIFICA N. 10 (CONSORZIO DI BONIFICA DEL MELLA E DEI FONTANILI) E IL COMPENSORIO DI BONIFICA N. 13 (CONSORZIO DI BONIFICA MEDIO CHIESE) (D.C.R. 26.03.1986 n. IV/213)

 CONFINE COMUNALE

3) Infrastrutture della Metropolitana interessate dallo studio

Il tronco della linea metropolitana interessato è quello della località San Polo, in destra idrografica del Garza, compreso fra la stazione Poliambulanza e l'attraversamento aereo del predetto torrente.

In questo luogo la linea della Metropolitana, proveniente dalla Città con percorso sotterraneo, risale in superficie presso la stazione Poliambulanza e, dopo un percorso in direzione est di 830 metri, attraversa il corso del torrente Garza con un ponte di sovrappasso.

Circa a metà percorso di questa tratta si trova la stazione San Polo Parco, oltre la quale la ferrovia inizia la salita verso il ponte sul Garza, con rilevato in terra continuo, intestato contro l'argine destro del torrente.

Il territorio in destra Garza è pianeggiante, naturalmente degradante in modo uniforme verso sudovest, talché, in caso di esondazione delle acque del Garza dalla sponda destra, il naturale ruscellamento delle acque, sulla superficie dei terreni, è intercettato trasversalmente alla direzione del deflusso dal predetto rilevato, che devia le acque verso ovest, e dalla linea della metropolitana lungo il tratto all'aperto, precedente la rampa, ove il piano rotabile si trova a quota inferiore rispetto al piano campagna.

In caso di alluvione, i muri longitudinali di sostegno della trincea della metropolitana, la cui quota in sommità è di poche decine di centimetri sopra il piano di campagna, possono essere tracimati, con il conseguente allagamento del piano ferroviario, in pendenza verso la stazione San Polo Parco. La stessa predetta stazione, inoltre, dispone di un sottopasso pedonale a cielo libero, il cui ampio piano infossato può essere invaso dalle acque di ruscellamento sul piano campagna, in cascata dal ciglio superiore al contorno della cavità.

4) Analisi della situazione attuale

La situazione attuale di riferimento è quella risultante dai documenti del PGRA aggiornati con Revisione 2019 a seguito dello studio di approfondimento locale, eseguito nel corso del procedimento di adeguamento della componente geologica del PGT di Brescia al PAI coordinato con il PGRA.

4.1) Zonazione della pericolosità nelle mappe del PGRA

Nella pianificazione di bacino vigente, il t. Garza appartiene al Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP), non interessato dalla delimitazione delle fasce fluviali.

La delimitazione e la classificazione delle aree allagabili sono contenute nelle mappe della pericolosità del PGRA, per diversi scenari di pericolosità:

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

Il tempo di ritorno della piena di riferimento è quello corrispondente allo scenario di pericolosità poco frequente (P2), come definito nel PGRA.

Nelle seguente figura 4.1.1 è rappresentata la delimitazione delle aree di pericolosità poco frequente (P2) PGRA precedente lo studio di approfondimento locale, mentre nella successiva figura 4.1.2 è rappresentato lo stralcio della mappa della pericolosità del PGRA, per l'evento poco frequente (aree P2), relativo all'area oggetto del presente progetto, attualmente in vigore aggiornato con revisione 2019.

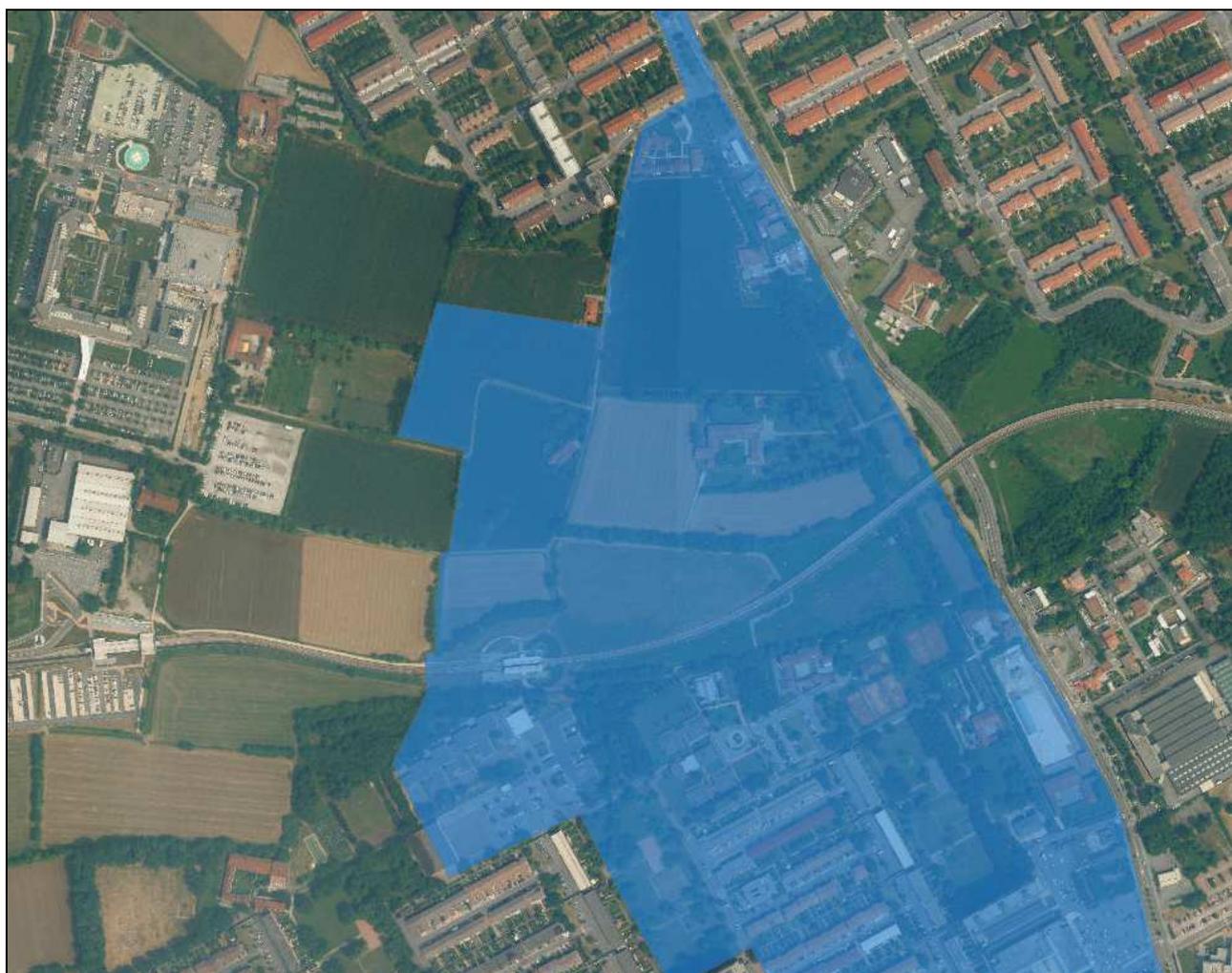
Figura 4.1.1 - Stralcio planimetrico della mappa della pericolosità PGRA precedente lo studio di approfondimento locale



LEGENDA:

 Limite aree allagabili per piena con TR100 - Pericolosità P2/M PGRA

Figura 4.1.2 - Stralcio planimetrico della mappa della pericolosità P2 poco frequente del PGRA attuale (Revisione 2019)



LEGENDA:

 Limite aree allagabili per piena con TR100 - Pericolosità P2/M PGRA

4.2) Sintesi dello studio di approfondimento

4.2.1) Procedimento di calcolo

Lo studio è condotto conformemente alle metodologie definite nell'Allegato 4 alla DGR 30 novembre 2011, n. IX/2616 e nella direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico, approvate dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con deliberazione n. 2/99 del 11 maggio 1999 e n. 10/06 del 5 aprile 2006.

La determinazione dei dati necessari al fine di perimetrare le aree allagabili e di caratterizzare all'interno di esse le varie zone a diverso grado di pericolosità e rischio idraulico, è il risultato di un procedimento di calcolo della modellazione idraulica, in condizioni di moto vario, del deflusso monodimensionale (1D) dell'idrogramma, o degli idrogrammi della piena di riferimento, lungo l'asta del corso d'acqua e delle eventuali ramificazioni, combinata con la modellazione bidimensionale (2D) del flusso della acque esondate nelle aree di allagamento.

La modellazione idraulica è stata eseguita mediante l'utilizzo del codice di calcolo HEC-RAS versione 5.0.3 e dei più recenti rilievi topografici ad alta precisione, ottenuti con tecnologia Laser Scanning LiDAR-Light Detection And Ranging, resi disponibili dal MATTM tramite Regione Lombardia.

4.2.2) Individuazione e caratteristiche del tronco fluviale oggetto dello studio idraulico

La sezione d'inizio per la modellazione 1/D è individuata in corrispondenza del termine del lungo tratto tombato a fianco di via San Polo, fra l'edificio della Questura e l'attraversamento di via Brunelleschi.

Il tronco del t. Garza allo studio inizia dalla sezione al termine del predetto tratto tombato e termina nella zona delle cave in via Casotti, dopo un percorso di 3284 m.

Rispetto alla documentazione del PGRA e dello Studio di fattibilità dell'AdBPO, questo tronco inizia in corrispondenza della sezione n. 049 del PAI, a partire dalla quale le mappe del PGRA evidenziano l'esondazione delle acque del Garza dall'alveo, e termina alla sezione PAI n. 033.

4.2.3) Individuazione delle aree allagabili oggetto dello studio idraulico

Il territorio interessato dalle esondazione del Garza, lungo il tronco in oggetto, è suddiviso in n. 7 aree di allagamento collegate all'asta fluviale, fra loro distinte nei riguardi dei fenomeni di scorrimento superficiale e di espansione delle acque esondate, ed in taluni casi collegate da strutture laterali, ove risulta possibile il flusso da un'area all'altra.

Le aree allagabili, considerate in prima analisi nel calcolo idraulico, sono quelle relative allo scenario di pericolosità poco frequente (P2/M) per la piena di riferimento con TR 100 anni, secondo la delimitazione fornita dalla Regione, come precisato nel precedente paragrafo 4.1 e rappresentate nella figura 4.1.1.

Nel corso dello studio della modellazione idraulica bidimensionale, si è riscontrata la necessità di ampliare le aree allagabili di prima analisi, in maggior misura nella prima parte a monte (quartiere S. Polo Parco) ed in misura minore nella seconda parte (quartiere S. Polo Case), come illustrato nella seguente figura 4.2.3.1.

Figura 4.2.3.1 - Planimetria delle aree di allagamento ampliate



In entrambi i casi, gli ampliamenti derivano dall'utilizzo, nel modello di calcolo, del rilievo LiDAR, i cui dati forniscono una dettagliata ed aggiornata configurazione piano altimetrica del suolo, e dagli accertamenti sopralluogo.

In particolare, nella prima parte, l'ampliamento riguarda il limite ad ovest dell'area a pericolosità P2 (area di allagamento 01), per effetto della presenza del rilevato ferroviario della Metropolitana, realizzato successivamente allo studio di approfondimento dell'AdBPo.

4.2.4) Analisi idrologica

I dati della piena di riferimento per il calcolo idraulico sono ottenuti dalla documentazione contenuta nello *"Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Oglio nel tratto da Sonico alla confluenza in Po e del suo affluente Cherio dal lago di Endine alla confluenza, del fiume Mella da Brozzo alla confluenza in Oglio, del fiume Garza dalla confluenza Valle del Loc alla confluenza in Chiese e del fiume Chiese da Gavardo alla confluenza in Oglio"*, predisposto a cura dell'Autorità di Bacino, elaborati come illustrato nel seguito.

Il tempo di ritorno della piena di riferimento è pari a 100 anni, come chiarito dalla Regione Lombardia - U.O. Difesa del suolo - Struttura pianificazione dell'assetto idrogeologico.

Si fa riferimento allo schema idrologico fornito dal "Tabellone" contenuto nella relazione idrologica dello Studio di fattibilità (elaborato n. 3.1.2.2/5/1D) ed agli idrogrammi dell'elaborato 3.1.2.1/1/1R - 3.2.2.1/1/1R – allegato 6 *"Relazione descrittiva dell'attività di definizione delle portate di piena di riferimento"* del medesimo Studio.

Come condizione al contorno di monte, in corrispondenza della sezione del modello di calcolo n. 3284,00 (sezione PAI n. 049), si applica l'idrogramma TR 100 del tronco "GR 3-4" (Crocevia Nave – Porta Trento), sommato all'idrogramma corrispondente ad 1/3 degli apporti lungo il seguente tronco "GR 4-5" (Porta Trento – Chioderolo), che lo Studio di fattibilità considera distribuiti da sezione PAI n. 052 (ponte FFSS) a Chioderolo (confluenza Naviglio Cerca), in corrispondenza della sezione PAI n. 039 (sezione del modello di calcolo n. 1250,00). Questo apporto è sommato quindi in modo concentrato all'inizio del tratto poiché in questo punto confluisce effettivamente il cosiddetto "fognolo", ultimo tratto del canale Naviglio.

Lungo la successiva asta del Garza, fino a Chioderolo, si considerano confluenti, sempre in forma di idrogrammi, i restanti 2/3 degli apporti del tratto "GR 4-5", concentrati in due punti ed in parti uguali, in corrispondenza dei due scaricatori della fognatura bianca del territorio, rispettivamente presso le sezioni PAI n. 067 (sezione del modello di calcolo n. 1976,00) e n. 063 (sezione del modello di calcolo n. 1375,00).

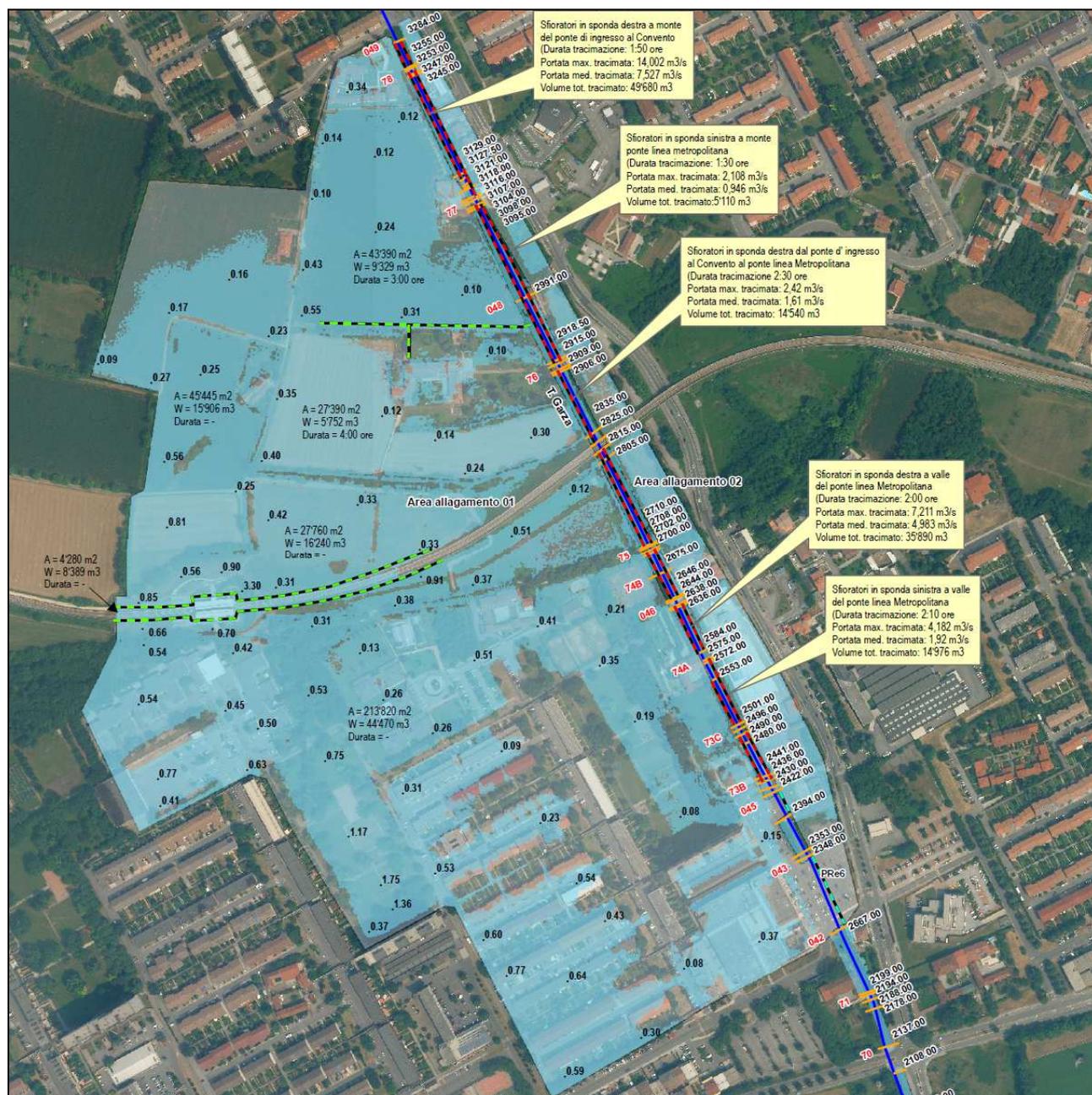
L'idrogramma relativo alla confluenza del Naviglio Cerca (Resegotta) in Garza, sezione PAI n. 038 (sezione del modello di calcolo n. 1040,00), è determinato come differenza fra gli idrogrammi TR100, forniti dallo Studio di fattibilità solo in forma grafica, per le sezioni PAI "GR 039" e "GR 038m" (elaborato 3.2.2.2/2/1R), rispettivamente subito a monte ed a valle della confluenza del Naviglio. I dati numerici sono ottenuti dai grafici.

4.2.5) Modellazione idraulica

La durata dell'evento di piena simulato mediante la modellazione idraulica 1D/2D è di 24 ore, sufficiente al fine di ottenere dal programma il calcolo dei flussi nelle aree 2D, fino al limite estremo delle aree allagabili.

Nel seguente schema planimetrico (figura 4.2.5.1) è rappresentato in sintesi il risultato della modellazione idraulica.

Figura 4.2.5.1 - Schema planimetrico dei risultati della modellazione idraulica





4.2.6) Esame dei risultati

Si esaminano nel dettaglio le modalità dell'esondazione nei riguardi della Metropolitana, risultanti dalla modellazione idraulica.

- Le acque esondate dal t. Garza per tracimazione del colmo della piena dalla sponda destra, dopo l'allagamento dell'ampia area agricola pianeggiante, degradante verso sudovest, raggiungono la linea della Metropolitana in corrispondenza della Stazione San Polo Parco, per ruscellamento superficiale sul terreno, anche per effetto della presenza della rampa di sopraelevazione del piano rotabile, della lunghezza di circa 240 m, realizzata trasversalmente al corso del torrente per l'attraversamento aereo.
- In corrispondenza della predetta stazione, si allaga il piano rotabile, situato oltre un metro al di sotto del piano di campagna, e l'ampia zona del sottopasso pedonale infossata all'aperto, per tracimazione dei muri longitudinali continui di sostegno perimetrale della trincea e della fossa. Il deflusso superficiale può inoltre attraversare l'area della stazione a livello del piano di campagna, unendosi alle acque di ruscellamento superficiale provenienti dalla tracimazione del Garza dalla sponda destra, a valle dell'attraversamento della Metropolitana.

5) Studio di fattibilità degli interventi

5.1) Criteri e ipotesi d'intervento

Al fine di individuare le possibili soluzioni d'intervento per la messa in sicurezza della Metropolitana in località San Polo, si evidenziano nel seguito i principali aspetti e vincoli di ordine idraulico ed ambientale che condizionano le possibili scelte.

Aspetti idraulici

Le problematiche idrauliche indotte dal T. Garza nella zona di Brescia San Polo e nei territori vallivi, possono considerarsi storiche, generate dalle originarie scelte di condurre artificialmente le acque di questo corso d'acqua da Brescia alle campagne di Montichiari, Ghedi e Calvisano.

Altrettanto annosi ed importanti sono gli interventi ideati ed in parte realizzati nel corso del tempo, con l'obiettivo di dare compimento alla definitiva sistemazione idraulica di questo corso d'acqua. Prima della costruzione del canale scolmatore delle piene del bacino montano del Garza verso il f. Mella, a Crocevia Nave (1963), erano frequenti le esondazioni del Garza in Città, zona stazione ferroviaria, e nella zona di San Polo, tant'è che questi territori erano assoggettati al tributo del consorzio idraulico di 3° categoria del t. Garza, costituito ai sensi del RD 523/1904, per la gestione e la manutenzione delle opere di difesa idraulica.

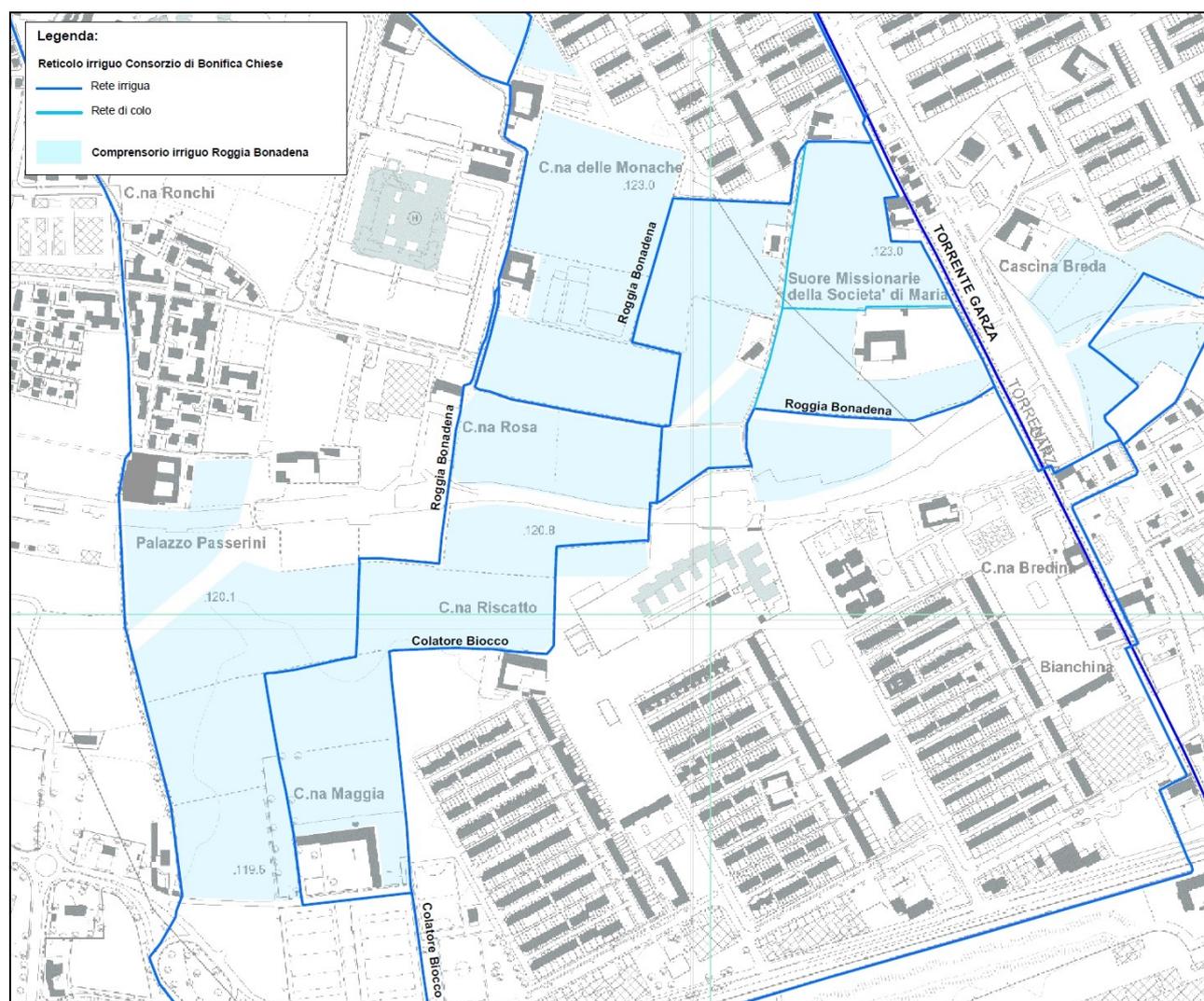
Attualmente, a causa dell'espansione urbanistica, avvenuta a ridosso del corso d'acqua, e delle numerose interferenze idrauliche lungo il corso del torrente (lunghe coperture, ponti stradali, attraversamenti di tubazioni di servizi, muri di sponda, strettoie), la capacità del canale artificiale del Garza, in termini di portata massima, risulta irrimediabilmente compromessa, con valori inferiori a quelli di progetto definiti nel PGRA.

La possibilità di attuare interventi volti ad aumentare la portata massima esitabile di questo tronco fluviale, rendendolo adeguato a fronte dei massimi eventi di piena possibili, non appare attualmente proponibile, poiché sarebbero richieste ingenti opere di demolizione di coperture e ponti, e di risezionamento e arginatura, incompatibili con il contesto urbanizzato circostante.

Le acque esondate dalla sponda destra del Garza, dopo l'allagamento dei terreni a nord della linea della Metropolitana, si riversano nei canali e fossi del sistema irriguo e di drenaggio della Roggia Bonadena, diretta verso il proprio naturale recapito finale, costituito dal colatore Biocco. Per effetto della morfologia del territorio e dell'assetto strutturale del t. Garza, le acque esondate non possono rientrare nell'alveo del torrente.

Detta rete di drenaggio è intercettata dalla linea della Metropolitana, e ad ogni incrocio la continuità idraulica dei colatori avviene attraverso manufatti idraulici di attraversamento sotterraneo, parte dei quali realizzati con botti a sifone.

Figura n°5.1.1 - Schema della rete irrigua e di colò



Aspetti ambientali

L'area di esondazione è inserita in un ambito agricolo ed a verde, in parte destinato a parco pubblico, entro cui le nuove opere idrauliche è richiesto siano compatibili con questo ambiente, specialmente per quanto riguarda la fruibilità, l'impatto visivo di argini e modifiche della morfologia del territorio e l'igiene.

Figura n°5.1.2 - Stralcio PGT - Sintesi azioni di piano



Limiti e riferimenti territoriali

- Confine comunale
- Rete idrografica e invasi artificiali

Infrastrutture

- Infrastrutture viarie, ferroviarie e metropolitane
- Viabilità di previsione

Ambito del tessuto urbano consolidato

- Perimetro del tessuto urbano consolidato
- Nuclei storici (NTA art.73)
- Tessuti storici (NTA art.80)
- Edifici isolati di valore storico e architettonico (NTA art.70)
- Tessuto a prevalente destinazione residenziale (NTA art.81)
- Tessuto a prevalente destinazione residenziale - villaggi Marcolini (NTA art.81)
- Tessuto a prevalente destinazione residenziale in ambito di elevato valore paesistico e ambientale (NTA art.81)
- Aree residenziali con rilevante presenza di commercio (NTA art.81)
- Tessuto a prevalente destinazione commerciale e distributiva (NTA art.81)
- Tessuto a prevalente destinazione terziaria e direzionale (NTA art.81)
- Tessuto a prevalente destinazione produttiva e artigianale (NTA art.81)
- Tessuto a prevalente destinazione produttiva e artigianale con limitazioni per le attività insalubri (NTA art.81)
- Grandi poli produttivi (NTA art.81)
- Ambiti produttivi in tessuti residenziali consolidati (NTA art.81)
- Aree per attività florovivaistiche (NTA art.81)
- Attrezzature e spazi aperti ad uso e di interesse pubblico (NTA art.55)

Città storica

Città di recente formazione

Ambiti della città in trasformazione

- Progetti Speciali disciplinati del Piano delle Regole (NTA art.82)
- Progetti Speciali disciplinati del Piano dei Servizi (NTA art.63)
- Aree di rinaturalizzazione (NTA art.88)
- Piani attuativi vigenti (NTA art.83a)
- Ambiti di Trasformazione con doppio regime (DdP-PdR) (NTA art.83b)
- Ambiti di trasformazione disciplinati del Documento di Piano (NTA art.83b)

Ambito non urbanizzato

- Aree agricole di cintura (NTA art.84a)
- Aree agricole pedecollinari (NTA art.84b)
- Aree rurali periurbane (NTA art.85a)
- Aree di salvaguardia ambientale (NTA art.85b)
- Aree di salvaguardia e mitigazione ambientale (NTA art.85c)
- PLIS delle Colline (NTA art.86)
- Estensione PLIS delle Colline (NTA art.86)
- PLIS delle cave di Buffalora e S. Polo (NTA art.87)

Criteria e ipotesi d'intervento

L'intervento deve garantire la messa in sicurezza della Metropolitana, a fronte delle possibili esondazioni delle piene del t. Garza, senza peggiorare le condizioni di pericolosità idraulica nel resto del territorio, con salvaguardia del sistema irriguo e di drenaggio attuale e degli aspetti paesaggistici ed ambientali.

Si esamina lo schema idraulico di regimazione delle acque esondate e difesa passiva della Metropolitana, con recapito delle acque, dopo lo spaglio, nei corsi d'acqua colatori del territorio.

REGIMAZIONE DELLA ACQUE ESONDATE E DIFESA PASSIVA DELLA METROPOLITANA

Lo schema idraulico attuabile e proposto nel seguito, prevede l'individuazione ed il confinamento dei terreni agricoli ed a verde interessati dal naturale spaglio e ruscellamento delle acque esondate, mediante la realizzazione di argini in terra di limitata altezza, ed altre opere complementari, attuandosi in tal modo la riduzione delle piene a valori di portata compatibili con la capacità della rete idrografica del drenaggio superficiale esistente, e la difesa passiva delle strutture della Metropolitana.

La circolazione idrica segue il naturale andamento morfologico del territorio e della rete idrografica irrigua e del drenaggio superficiale. Il corso d'acqua principale, nelle aree di allagamento, è la Roggia Bonadena, la quale attraversa la linea della Metropolitana in corrispondenza della stazione San Polo Parco, con botte a sifone, per confluire subito dopo nel principale corso d'acqua ricettore della zona, denominato colatore Biocco.

I terreni interessati dagli allagamenti sono in parte di proprietà comunale ed in parte di proprietà privata, già ora in gran parte esondabili per effetto delle piene del Garza. L'amministrazione comunale dovrà sostenere l'onere dell'acquisizione della proprietà delle sole aree occupate dai nuovi argini.

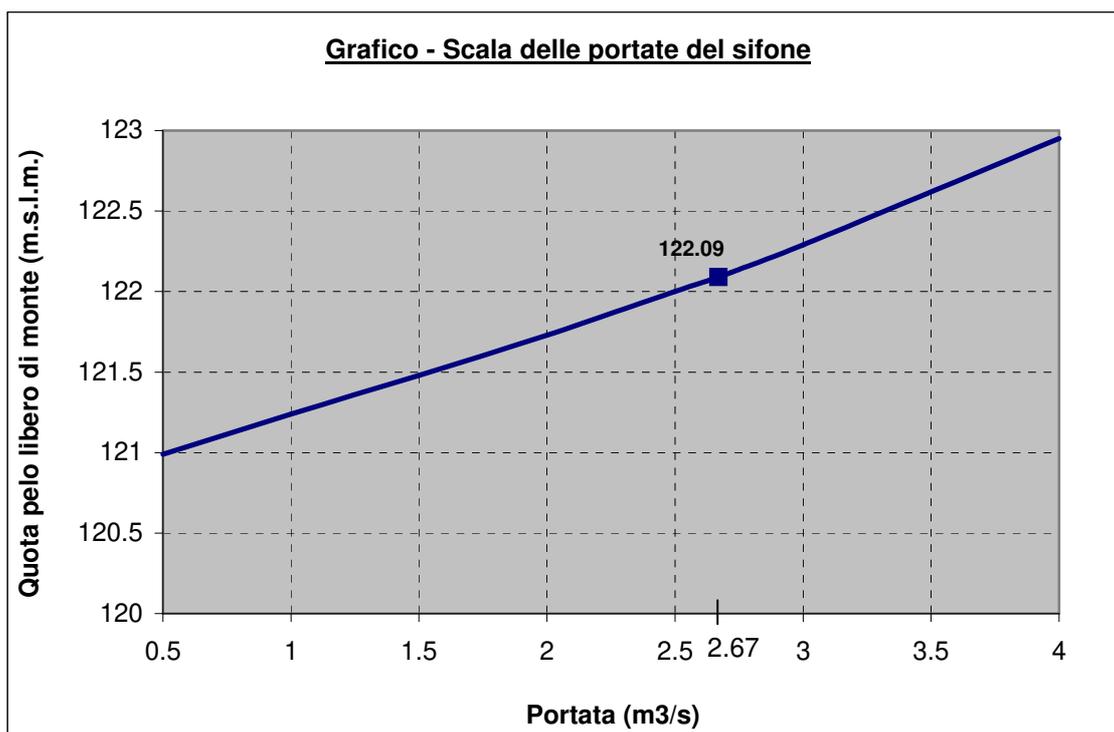
Al fine di definire l'entità delle opere da eseguire, soprattutto per quanto riguarda l'altezza degli argini e l'impatto ambientale degli interventi, ed al fine di proporre la soluzione progettuale ritenuta migliore, si sono ipotizzati quattro schemi progettuali, in funzione di altrettante possibili soluzioni, per ciascuna delle quali è stata rifatta la modellazione idraulica bidimensionale dei deflussi delle acque esondate nelle aree di allagamento.

Particolare importanza riveste la capacità della predetta botte a sifone della roggia Bonadena, poiché costituisce, in tutti gli schemi progettuali, l'unica via di scarico delle acque esondate a monte della Metropolitana verso il successivo colatore Biocco, nel quale, inoltre, si immette uno scaricatore di piena della fognatura mista di via San Polo, tramite una tubazione del diametro di 90 cm e portata non nota.

Sulla base delle caratteristiche strutturali del manufatto, costruito a doppia canna, ciascuna del diametro interno di 140 cm e di cui una intercettata da una paratoia, si è verificato il funzionamento del sifone mediante una modellazione idraulica al moto stazionario. Dal calcolo, eseguito considerando il funzionamento di una sola canna e l'ipotetica geometria del canale di valle (Biocco) risultante dopo il risezionamento, risulta la scala delle portate seguente, in funzione del livello del pelo libero a monte. La scala fornisce i valori della portata del sifone nelle varie situazioni di livello dell'allagamento relativo alle varie ipotesi d'intervento studiate.

Tabella - Scala delle portate del sifone

Portata (m ³ /s)	Quota pelo libero di monte (m.s.l.m)
0,50	120,99
1,00	121,24
1,50	121,48
2,00	121,73
2,50	122,00
2,67	122,09
3,00	122,29
4,00	122,95



5.2) Ipotesi d'intervento

Si sono considerate quattro ipotesi progettuali diverse, per ciascuna delle quali è stata rifatta la modellazione idraulica 1D/2D, modificando lo schema del modello di calcolo utilizzato per lo studio della situazione attuale, introducendo nel modello geometrico le modifiche e le opere previste in ciascuna ipotesi.

Nelle ipotesi progettuali, si considera un franco idraulico per le nuove opere di arginatura, rispetto all'evento di piena di progetto, di 50 cm.

Nel seguito si illustra l'ipotesi progettuale, maggiormente rispondente alle finalità idrauliche dell'opera ed ai vincoli ambientali precedentemente citati, specialmente per quanto riguarda l'altezza degli argini da realizzare nelle aree di allagamento e sviluppata in codesto progetto definitivo.

Ipotesi progettuale

Oltre alla difesa passiva delle strutture della Metropolitana ed il risezionamento del colatore Biocco, come nell'ipotesi precedente, in questo caso si prevede il sopralzo degli argini del Garza lungo il primo tratto della lunghezza di 65 m, immediatamente seguente il tratto tombato, con lo scopo di porre in sicurezza l'area edificata in destra e sinistra Garza, e di limitare l'espansione dell'allagamento dell'area a nord, in destra Garza, oltre la sede stradale di via Brunelleschi, per aumentare il volume di laminazione in quest'area e di mantenere completamente agibile la via di collegamento fra la stazione San Polo Parco e via San Polo, anche in caso di esondazione del Garza.

Le opere strutturali previste in questa ipotesi sono:

- la realizzazione di un argine al contorno della stazione San Polo Parco e lungo i muri della trincea della linea ferroviaria, fino alla stazione Poliambulanza, come nella precedente ipotesi,
- il sopralzo delle opere di contenimento della piena nell'alveo canalizzato del Garza (muri e argini) per un tratto della lunghezza di 65 m, a partire dallo sbocco del canale tombato,
- la formazione di un nuovo argine lungo il lato est della sede stradale di via F. Brunelleschi, ed al contorno dell'area dell'ambito di trasformazione urbanistica AT-D.4, ed il sopralzo del tratto di strada di accesso alla stazione San Polo Parco, con modifica dell'incrocio con la pista ciclabile e dell'attraversamento della roggia Bonadena.

Rispetto alla situazione attuale, nella parte a nord, le aree di allagamento si riducono in destra e sinistra del Garza, per effetto del sopralzo degli argini del torrente e a ovest della via F. Brunelleschi per effetto del nuovo argine previsto lungo la strada. Nella restante parte della regione fluviale destra del Garza, come nell'ipotesi precedente, le aree di allagamento si ampliano verso ovest, in direzione della stazione Poliambulanza, e si riducono nella zona edificata a sud della Metropolitana, con aumento del battente nell'area compresa fra il corso del Garza a est, la strada comunale via F. Brunelleschi a ovest ed il rilevato della metropolitana a sud, e riduzione nella restante zona allagata. La portata massima di scarico nel colatore Biocco, attraverso il manufatto a sifone della roggia Bonadena, è quantificata in $2,70 \text{ m}^3/\text{s}$.

