



COMUNE DI BRESCIA

Provincia di Brescia

# DOCUMENTO DI PIANO

## AMBITO R: Snodo S. Eufemia

### Progetto di trasformazione Serenissima 1

# UNITA' DI INTERVENTO R.1.1

PIANO ATTUATIVO CONFORME AL P.G.T.

ed in variante al PII - R.1.1 approvato con D.G.C. n°289 del 25/05/2013, ai sensi dell'art. 14 c.1 della L.R. 12-2005

## PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO - ECONOMICA

### REVISIONE 2017

Opere di salvaguardia idraulica (art. 4 punto a) dello Schema di C.U.)

N. AGG.	DATA	REDATTO	APPROVATO	VERIFICATO	RAGIONE DELL'EMISSIONE
00	2017	-	-	-	Prima emissione
01	2018	-	-	-	Aggiornamento Elenco prezzi



COMMITTENTE		PROGETTISTA		PROGETTISTI	
 GRUPPO <b>LONATI</b> LONATI SpA via Francesco Lonati,3 25124 BRESCIA		 AEGIS CANTARELLI + PARTNERS AEGIS Srl Cantarelli & Partner via Rodi,61 25125 BRESCIA		Dott. Ing. Giuseppe NEGRINELLI Dott. Ing. Antonio DI PASQUALE	
MANAGEMENT E COORDINAMENTO GENERALE					
 Property Management					
ELABORATO RELAZIONE TECNICA DI SINTESI					
LAVORO	PROGETTO	SETTORE	LIVELLO	TAVOLA	AGGIORNAMENTO
-	PRP1	-	-	PI-R01	00
REVISIONE 01		DICEMBRE 2018		PROGETTO DI FATT. TECNICO-ECOMICA	



## INDICE

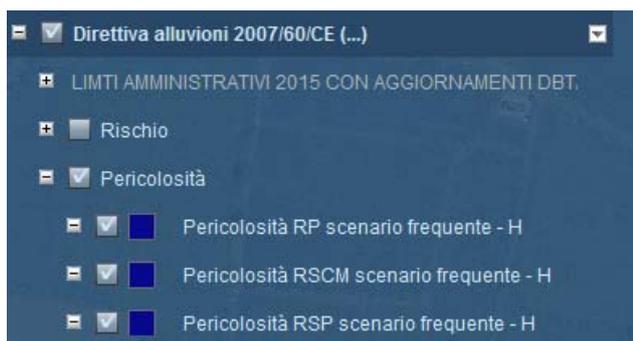
1.	PREMESSA .....	2
2.	LA RELAZIONE IDROLOGICA .....	5
3.	LA RELAZIONE IDRAULICA.....	7
4.	PROGETTO DELLE OPERE.....	9
5.	RELAZIONE GEOLOGICA.....	16
6.	VERIFICA IDRAULICA DEI MANUFATTI PROGETTATI – VASCHE DI LAMINAZIONE .....	16
7.	QUANTIFICAZIONE ECONOMICA _ AGGIORNAMENTO 2018.....	21
8.	CONCLUSIONI .....	22

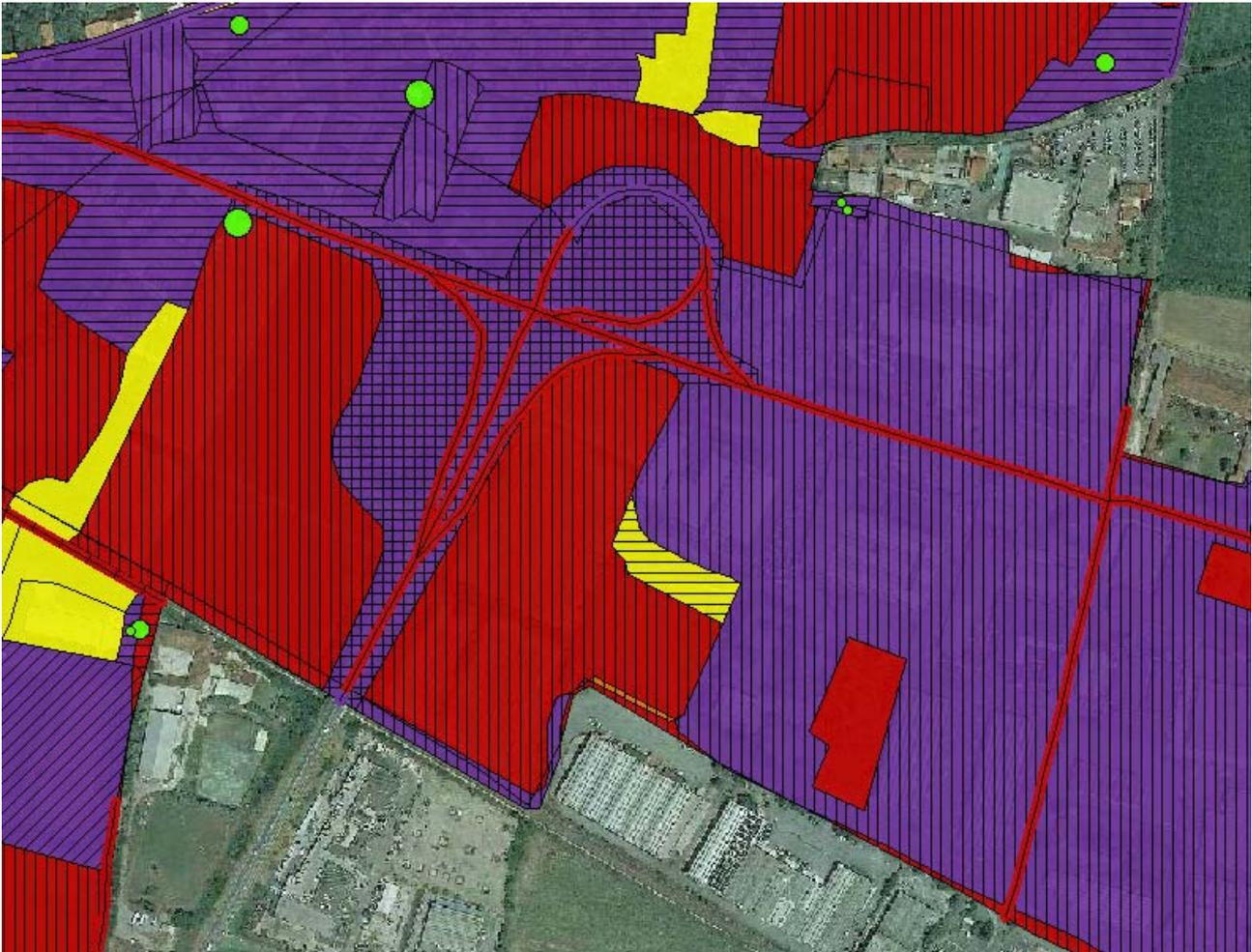


## 1. PREMESSA

Con il progetto definitivo delle "Opere di Salvaguardia Idraulica" redatto in data ottobre 2013, come espressamente indicato nel Programma integrato d'intervento approvato con delibera G.C. n. 289 P.G. 56590 del 25/03/2013 relativo al " Polo Commerciale e dei Servizi tematico S.Eufemia – area di intervento R.1.1, sono stati individuati gli interventi atti alla mitigazione delle problematiche di tipo idraulico delle aree interessate dall'ambito di trasformazione R1.1 del vigente PGT, in località "Sant'Eufemia" di Brescia, ed individuate nella Carta di Fattibilità e nella Relazione Geologica di supporto al PGT come " Aree a rischio idrogeologico molto elevato" del PAI, interne al centro abitato, con classe di fattibilità con consistenti limitazioni 3 d – 3d'.

Tali limitazioni risultano confermate dal P.G.R.A. ( Piano di gestione del rischio alluvioni) di recente adottato, con scenario frequente e pericolosità elevata per fenomeni esondativi del canale Naviglio Grande Bresciano.

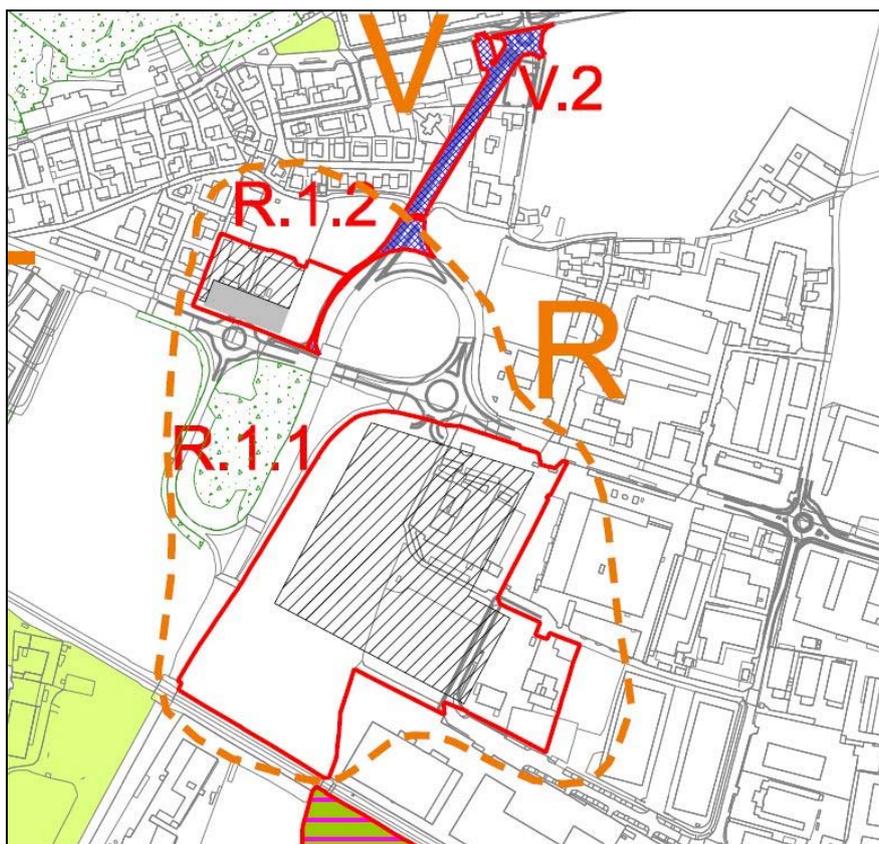




- Direttiva alluvioni 2007/60/CE (...)
- LIMITI AMMINISTRATIVI 2015 CON AGGIORNAMENTI DBT/PGT
- Rischio

- Categorie di elementi esposti - poligonali
  - Zone urbanizzate
  - Attivita' produttive
  - Strutture strategiche e sedi di attivita' collettive
  - Infrastrutture strategiche
  - Insediamenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale e aree protette potenzialmen
  - Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse
- Rischio molto elevato - R4
- Rischio elevato - R3
- Rischio medio - R2
- Rischio moderato - R1
- Aree a rischio significativo - ARS

I terreni interessati dal Programma Integrato d'Intervento approvato, conforme all'ambito del Documento di Piano denominato R.1.1, risultano individuati dai mappali n. 37 del foglio 222, n. 51, 52, 53, 54, 55, 60, 68, 69, 102, 181 del foglio 224 del NCT.



Tali aree, a morfologia pianeggiante, sono leggermente depresse rispetto alle aree circostanti ed al piano viabile e si rappresentano come un sistema di laminazione naturale delle acque che, in condizioni di emergenza idrologica, superano le arginature del Canale Naviglio in sponda sinistra ed esalveano sulla sede stradale.

Lo studio idrologico – idraulico, redatto a corredo del progetto definitivo dell'ottobre 2013, ha permesso di individuare i parametri idraulici, quali Idrogrammi – portate al colmo, Volumi di laminazione, da porre a base della progettazione degli interventi di riassetto idraulico e di mitigazione dell'impatto delle nuove opere rispetto alle problematiche idrauliche evidenziate ed ha verificato, mediante indagini di dettaglio, la compatibilità tra l'intervento di nuova edificazione, le condizioni ambientali e quelle di rischio potenziale esistente, sia in relazione alla sicurezza dell'intervento stesso che l' "Invarianza idraulica" rispetto alle aree ed insediamenti limitrofi.

Lo Studio condotto ha:

- definito il reticolo idraulico - irriguo tributario dell'area d'interesse, definito i tracciati, le caratteristiche della rete idraulico - irrigua esistente, il complesso sistema di corsi d'acqua e torrenti tributari in sponda destra canale Naviglio ed infine delle sue derivazioni.
- richiesto la perimetrazione dei bacini scolanti e la determinazione dei principali parametri idrologici, per la quantificazione delle portate affluenti alla sezione di chiusura, in località Sant'Eufemia di Brescia (AdT R1.1);
- determinato i parametri idrologici con riferimento all'uso dei suoli;
- elaborato le caratteristiche delle onde di piena (volumi, portate al colmo, forma dell'onda) a fronte di eventi sintetici con tempo di ritorno pari a venti - cinquanta anni;
- comportato il rilievo dei manufatti caratteristici del canale Naviglio Grande Bresciano nel tratto in Comune di Brescia, delle singolarità e delle sezioni critiche;

per individuare le portate di piena nelle sezioni d'interesse nel tratto di canale posta tra la copertura stradale di via Fenzi ed il nodo idraulico degli scarichi in Sant'Eufemia, con tempi di ritorno variabili, mediante la

modellazione idraulica dei manufatti esistenti ed infine determinare le portate ed i volumi di progetto necessari per la laminazione delle portate del c. Naviglio.

Sulla scorta degli elementi resi disponibili dallo Studio, la progettazione definitiva degli interventi redatta nell'ottobre 2013, ha definito:

- le opere più idonee atte ad evitare i danni del potenziale fenomeno esondativo che, superato la muratura arginale sinistra del Canale Naviglio, una volta interessata la sede stradale di viale S.Eufemia, avrebbe comportato l'allagamento sia delle Nuove Costruzioni del "Polo commerciale e dei servizi monotematico dedicato alla casa, che delle aree limitrofe,
- gli interventi di riassetto della rete irrigua derivata dalla Roggia Caionvica per la parte interferente con il nuovo intervento edificatorio.

\*\*\*\*\*

Di recente è stata prospettata, nell'ambito del Piano Attuativo conforme al P.G.T. , una modifica del "Progetto di trasformazione Serenissima 1", relativo all'unità d'intervento R.1.1., in variante a quanto approvato con D.G.C. n. 289 del 25/05/2013, che prevede il ridimensionamento dei volumi realizzabili e consente pertanto un diverso uso dei suoli all'interno del comparto, rendendo pertanto libere aree precedentemente interessate dalla trasformazione urbanistica (parcheggi).

Il presente Progetto di fattibilità Tecnico – Economica sviluppa l'ipotesi di realizzare opere che consentano l'invaso di importanti volumi di laminazione nella zona sud del comparto, in sostituzione della vasca Ovest prevista dal progetto definitivo dell' "Ottobre 2013".

Trattasi pertanto di individuare gli interventi da realizzare a sud del nuovo insediamento di progetto, nell'area confinante ad ovest con la via Serenissima ed a sud con la Ferrovia, che a seguito delle varianti urbanistiche proposte ora rimarrà a verde, opere necessarie a sopperire ai volumi il cui invaso era precedentemente previsto nella vasca Ovest e nella zona a sud adibita a parcheggio.

La presente relazione di sintesi contiene inoltre i principali risultati dello Studio idrologico ed idraulico relativo alla analisi delle modalità di deflusso del bacino del Naviglio Grande Bresciano, nella località di specifico interesse (ambito di trasformazione R.1.1), adeguati agli sviluppi intervenuti nel periodo di tempo intercorso dall'ottobre 2013 ad oggi ed in particolare l'avvenuta realizzazione dello Scolmatore di Nuvolera ed illustra le opere di Salvaguardia per la mitigazione del rischio idraulico e riassetto irriguo nel nuovo variato scenario di intervento urbanistico proposto.

## **2. LA RELAZIONE IDROLOGICA**

Il presente progetto di fattibilità tecnico Economica fa riferimento allo studio idrologico – idraulico redatto nell'ottobre 2013, il quale ha consentito la definizione delle caratteristiche degli idrogrammi di piena prodotti dal Canale Naviglio Grande alla sezione di Sant'Eufemia in rapporto ad eventi meteorici estremi con tempo di ritorno di 50 anni, mediante l'utilizzo di un modello matematico sviluppato con un software in grado di simulare la complessa idrologia del sistema dei corsi d'acqua afferenti il Naviglio alla sezione di chiusura di interesse.

Determinati i parametri idrologici dei bacini ed inseriti nel modello matematico, unitamente al modello meteorologico del sistema, ovvero i criteri seguiti e i parametri assunti per la definizione degli idrogrammi di progetto, viene simulata la traslazione delle onde di piena generate dai diversi bacini, nonché il comportamento dei principali nodi idraulici (derivazioni, partizioni, sezioni di controllo) della rete.

Per la definizione della modellistica si è fatto uso del software Hydrologic Modeling System (HEC-HMS ), predisposto per la simulazione dei processi di trasformazione afflussi – deflussi per bacini extraurbani ed urbani. In ingresso, il software richiede essenzialmente dati geometrici, morfologici e idrologici dei bacini e delle reti di drenaggio, oltre che dati meteorologici, in uscita esso produce essenzialmente idrogrammi.

Il modello HEC-HMS è composto essenzialmente da tre moduli:

- il modello idrologico dei bacini: esso comprende la definizione delle caratteristiche idrologiche e

geometriche dei sottobacini inseriti nella modellazione;

- il modello idraulico del sistema (in realtà gestito all'interno del software come parte del modello idrologico): esso consente la combinazione degli idrogrammi generati per ciascun sottobacino modellato attraverso la simulazione dei fenomeni di traslazione e smorzamento lungo la rete, nonché la modellazione di singolarità geometriche quali manufatti di partizione o di sfioro, le derivazioni irrigue presenti lungo il Naviglio Grande Bresciano, i manufatti scaricatori presenti lungo la rete naturale, i manufatti e le opere che impongono restringimenti alla sezione d'alveo dell'asta idrica su cui si collocano, tipicamente tratti tombati di una certa estensione e ponti;
- il modello meteorologico del sistema: esso comprende la modellazione degli afflussi meteorici, secondo ietogrammi sintetici o definiti dall'utente.

Attraverso la procedura di calcolo il software procede alla determinazione degli idrogrammi di piena per ciascun sottobacino sotto le condizioni date dal modello idrologico; tali idrogrammi vengono poi combinati nel modello idraulico a formare gli idrogrammi risultanti complessi nelle sezioni di chiusura di interesse.

Le perdite idrologiche per effetto dei fenomeni di infiltrazione sono state modellate attraverso l'utilizzo del metodo "Curve Number" del Soil Conservation Service.

L'approfondimento ha confermato che la motivazione principale della criticità del canale Naviglio è legata all'elevata entità delle portate di piena in arrivo ma che sono tuttavia riscontrabili circostanze che accrescono la problematicità del deflusso di piena nel tratto d'interesse in località Sant'Eufemia:

1. la presenza lungo il tratto terminale del Vaso Naviglio Grande Bresciano di ponti e sezioni tombate che restringono la sezione di deflusso con riscontrabili profili localizzati di rigurgito in corrispondenza di tali restringimenti;
2. il moto del Naviglio Grande Bresciano nel tratto terminale avviene in condizioni rigurgitate, in quanto le portate di piena affluenti dal bacino debbono defluire entro un complesso sistema di bocche (Bergamaschino, Cerca, Scarico di Superficie, Comuna e Vescovada), tutte con funzionamento sotto battente in condizioni di piena, individuate come "nodo idraulico di Sant'Eufemia"..

Su tale nodo convergono differenti apporti, che concorrono alla formazione dell'idrogramma in uscita dal modello idrologico, ovvero:

- a. gli idrogrammi di piena del Naviglio Grande Bresciano, come tagliati dalla sezione di controllo del Ponte "Rezzato" (nel modello idrologico LAG\_N32);
- b. gli idrogrammi di piena della Valle Carobbio, depurato dei contributi derivati verso il "Fognolo" e verso le rogge presenti nel tratto di Naviglio compreso tra l'imbocco del "Fognolo" stesso e la bocca "del Bergamaschino" (Roggia Colpana, Roggia Musia e Roggia Musiolo) (LAG\_F02);
- c. gli idrogrammi di piena Torrente Musia, come tagliati dalla sezione di controllo presente presso la vasca di laminazione di Botticino (LAG\_M03);
- d. gli idrogrammi di piena del bacino urbano di Rezzato (B\_UNITO\_REZZATO) convogliati sulla Roggia Rudone – Bocchetto Mora e tagliati dalla sezione di controllo costituita dal tratto tombato in Rezzato e dalla sezione canalizia il loc. Colombera di Cainvico di Brescia (BU01).

Riassumendo:

- il Canale Naviglio Grande Bresciano presenta nel suo tratto terminale una serie di elementi geometrici (tratti tombati e ponti) che impongono un restringimento della sezione d'alveo e una riduzione della capacità di convogliamento;
- il moto nel tratto terminale del Vaso Naviglio Grande Bresciano avviene in condizioni rigurgitate, per effetto delle modalità di funzionamento delle bocche di captazione del "nodo idraulico di Sant'Eufemia";
- la presenza di tale rigurgito rende l'effetto dei restringimenti presenti ancor più marcato;
- il rigurgito indotto sul Naviglio Grande Bresciano dal "nodo idraulico di Sant'Eufemia" non è legato alle sole portate proprie del Naviglio e provenienti da Rezzato (il LAG\_N32 dello Studio Idrologico), ma è influenzato anche dalle portate provenienti da altri bacini afferenti al Naviglio al nodo di Sant'Eufemia,

ovvero il Vaso Musia (LAG\_M03), il bacino della Valle Carobbio (LAG\_F02), il bacino urbano di Rezzato drenato dal Vaso Rudone – Bocchetto Mora (BU01).

La presenza di tali ulteriori apporti al “nodo idraulico di Sant’Eufemia” rende **non univoca** la definizione delle portate proprie (ovvero l’apporto del LAG\_N32, per utilizzare la notazione dello Studio Idrologico) che possono transitare all’interno del tratto terminale del Naviglio Grande Bresciano senza dare luogo a fenomeni alluvionali: la medesima portata può infatti transitare in condizioni di sicurezza in assenza di apporti degli altri bacini al nodo di Sant’Eufemia o essere incompatibile in presenza di tali apporti.

### **3. LA RELAZIONE IDRAULICA**

Nello studio idrologico – idraulico redatto nell’ottobre 2013, al quale si fa specifico riferimento, è stato con chiarezza acclarato che ai fini del controllo dei fenomeni alluvionali indotti dal Naviglio Grande Bresciano è possibile operare solo intervenendo sull’idrogramma di piena del Naviglio Grande Bresciano, (LAG\_N32) tra quelli che contribuiscono alla formazione dell’idrogramma complessivo al nodo idraulico di Sant’Eufemia.

Non è possibile intervenire per ridurre l’apporto dei bacini esterni, che deve essere pertanto assunto tale e quale, con i relativi effetti.

Tale effetto è, come si è detto, quello di generare, insieme all’apporto proprio del Naviglio (LAG\_N32), un rigurgito sul tratto terminale del Naviglio stesso che rendono non univoca la definizione delle portate transitabili in sicurezza.

Ai fini della progettazione definitiva degli interventi di salvaguardia idraulica, diventa fondamentale la definizione esplicita della relazione che lega le massime portate transitabili nel Naviglio Grande Bresciano in condizioni di sicurezza nel (LAG\_N32) e le portate derivanti dall’apporto dei bacini esterni.

Le portate transitabili in sicurezza nel Naviglio Grande Bresciano variano in proporzione inversa a quelle degli apporti dei bacini esterni: sono minime quando tali apporti sono massimi e sono massime quando tali apporti sono nulli.

Oggi le modalità di deflusso del Naviglio Grande sono legate a tale relazione: allorché le portate affluenti dal bacino proprio del Naviglio Grande Bresciano in corrispondenza di un dato apporto dei bacini esterni superano il valore massimo transitabile in condizioni di sicurezza si verificano fenomeni alluvionali.

Ai fini della garanzia dell’invarianza idraulica delle opere di progetto e della eliminazione dei fenomeni alluvionali è pertanto necessario che, istante per istante, almeno la quota parte delle portate proprie del Naviglio Grande Bresciano eccedenti le portate massime transitabili in presenza di un dato valore degli apporti dei bacini esterni venga allontanata e accumulata per essere rilasciata successivamente.

La soluzione progettuale ottimale implica pertanto la modulazione del prelievo d’acqua dal Naviglio Grande Bresciano in funzione dei contributi degli altri tre apporti al nodo di Sant’Eufemia, attuando una gestione dinamica del prelievo sulla base di sensori di livello e di portata opportunamente disposti.

Il prelievo d’acqua dal Naviglio sarà massimo in corrispondenza del picco degli altri tre bacini contribuenti; poiché tale picco è di breve durata in rapporto agli idrogrammi di piena del Naviglio Grande Bresciano il prelievo massimo viene applicato per tempi limitati e implica l’accumulo di volumi limitati.

Il prelievo d’acqua dal Naviglio si riduce fino ad annullarsi al ridursi del contributo degli altri tre bacini contribuenti.

In base a quanto sopra, tale modalità di gestione del prelievo d’acqua dal Naviglio Grande Bresciano comporta da un lato l’ottimizzazione dei volumi di accumulo, dall’altro la massimizzazione dello sfruttamento delle capacità di convogliamento dell’alveo del Naviglio, rimanendo però in condizioni di sicurezza idraulica.

L’aspetto essenziale ai fini della definizione tecnica degli interventi di progetto, ovvero la quantificazione dei volumi di piena da sottrarre al Naviglio Grande Bresciano nella sezione a monte del nodo di Sant’Eufemia, è la definizione della relazione che lega le portate degli apporti dei bacini esterni con le massime portate transitabili nel Naviglio Grande Bresciano in condizioni di sicurezza.

Per ogni combinazione di portate (portata derivante dagli apporti dei bacini esterni e portata propria del Naviglio Grande Bresciano) l'effetto sul modello idraulico è l'imposizione nella sezione di valle del tirante idrico complessivo derivante dal transito della portata complessiva dei due tipi di apporto attraverso le cinque bocche costituenti il nodo idraulico di Sant'Eufemia (Roggia Vescovada, Roggia Comuna e le 3 bocche del Vaso Naviglio Cerca), in quanto, nota la geometria di tutti gli elementi costituenti il nodo, sono univocamente definiti i tiranti idrici per il Naviglio Grande Bresciano nel nodo stesso.

Nell'ambito dell'impostazione progettuale adottata le combinazioni di portata di interesse sono tutte le coppie di valori (portata derivante dagli apporti dei bacini esterni, massima portata transitabile nel Naviglio Grande Bresciano senza fenomeni alluvionali) ove:

- la portata derivante dagli apporti esterni è variabile fra 0 e il massimo valore riscontrato nelle analisi svolte in seno allo Studio Idrologico (ovvero  $18 \text{ m}^3/\text{s}$ , riscontrato sull'analisi relativa allo ietogramma costante ragguagliato di durata pari a 300 minuti e tempo di ritorno cinquantennale);
- la massima portata transitabile nel Naviglio Grande Bresciano è un'incognita da determinare a fronte di ogni fissato valore impostato per la portata proveniente dagli apporti esterni, con una procedura iterativa:
  - fissato un valore per l'apporto dei bacini esterni;
  - si imposta un valore di primo tentativo per le portate transitabili nel Naviglio Grande Bresciano;
  - si determina il tirante idrico nel "nodo idraulico di Sant'Eufemia" dato dalla somma del valore fissato per l'apporto dei bacini esterni e per il valore di primo tentativo sul Naviglio Grande Bresciano;
  - si svolge l'analisi idraulica impostando come condizione di valle il tirante sopra citato e come portata il valore di primo tentativo;
  - si verifica se i tiranti idrici riscontrati nel tratto modellati sono superiori al livello di sponda nella sezione più sfavorita (portata di primo tentativo troppo elevata), molto inferiori (portata di primo tentativo troppo ridotta) o prossimi ad essa (portata obiettivo già raggiunta) provvedendo se necessario all'impostazione di un nuovo valore di tentativo fino al raggiungimento del valore obiettivo.

Attraverso la procedura di calcolo sopra descritta è stata definita per punti la relazione che lega le portate provenienti dagli apporti esterni e le massime portate transitabili nel Naviglio Grande Bresciano; ricavata la relazione, si è proceduto alla determinazione dei volumi di accumulo, con l'applicazione di essa agli effettivi idrogrammi derivanti dall'analisi idrologica.

Nota istante per istante il valore delle portate affluenti dai bacini esterni (data dalla somma dei tre apporti LAG\_M03, BU01 LAG\_F02 riscontrati in ingresso al nodo N35\_D\_CERCA) è ricavabile dalle relazione di cui sopra il valore delle massime portate convogliabili nel Naviglio Grande Bresciano in condizioni di sicurezza.

Allorquando i valori riscontrati dal modello idrologico, in base all'idrogramma parziale relativo al bacino proprio del Naviglio (LAG\_N32 sul nodo N35\_D\_CERCA) eccedono il valore massimo ammissibile, i valori di portata eccedenti vengono scolmati ed inviati all'accumulo.

L'integrale su tutta la durata dell'evento delle portate avviate all'accumulo determina il volume del bacino di accumulo per un evento di data durata.

Attraverso la ripetizione della procedura di calcolo per eventi di diversa durata per un dato tempo di ritorno T è stato possibile determinare l'evento che massimizza il volume di accumulo, determinando in tal modo la volumetria della vasca necessaria per garantire la sicurezza idraulica di Sant'Eufemia a fronte di eventi con tempo di ritorno T. Nella relazione idraulica dello Studio vengono descritti con maggiore dettaglio le operazioni svolte per la definizione tecnica della proposta progettuale.

Dalla modellazione si evince che alla sezione di nostro interesse (copertura di Via Fenzi) per eventi con:

- $T_r = 50$  anni, nella situazione attuale ad avvenuta realizzazione dello Scolmatore di Nuvolera, l'evento maggiormente critico è quello con durata di 540 minuti,  $Q_{max}$  (sez. via Fenzi) = 33.60 mc/s,  $Q_{max}$  th. (sez. Scarichi) = 46.29 mc/s,  $Q_{max}$  (Bacini Brescia Botticino) = 15.96 mc/s, Volume esalveo = 46.852 mc, Volume Vasca di laminazione di progetto = 53.032 mc,  $Q_{max}$  (entrante in Vasca) = 7.61 mc/s.

a seguito del quali si è pertanto ritenuto di poter assumere come dati di Progetto di Fattibilità Tecnico - Economica per gli interventi di Salvaguardia Idraulica e per la mitigazione dei fenomeni di allagamento dal Canale Naviglio Grande Brescia i seguenti:

- **Volume Vasca di laminazione = 53.032 mc,**
- **Portata massima dei collettori  $Q_{max} = 7.61$  mc/s,**

individuando in tal modo interventi efficienti per eventi alluvionali con tempo di ritorno pari a 50 anni nella situazione esistente a Scolmatore di Nuvolera ultimato nella primavera del 2016.

#### 4. PROGETTO DELLE OPERE

Il nuovo Progetto prevede la realizzazione di:

- Vasca di laminazione "Sud\_2", all'interno del comparto, nell'area posta a sud del nuovo insediamento di progetto, confinante ad ovest con la via Serenissima ed a sud con la Ferrovia (mapp. 37 parte del Fg. 222),
- Vasca di laminazione "Nord", nell'area reliquale facente parte gli svincoli stradali di immissione su via Serenissima,
- Opera di presa del Canale Naviglio in sponda sinistra per l'alimentazione della vasca Sud - Sud\_2 e relative opere di vettoriamento e scarico verso la stessa,
- Opera di presa del Canale Naviglio in sponda destra per l'alimentazione della vasca Nord e relative opere di vettoriamento e scarico verso la stessa.

In particolare è prevista la realizzazione del:

##### Canale Scolmatore a sud di Viale Sant'Eufemia:

- Opera di presa [A-00] posta in sponda sinistra del canale Naviglio Grande Bresciano, nel tratto di canale Naviglio a cielo aperto tra gli svincoli est di collegamento della via Serenissima con Viale Sant'Eufemia (nello scenario di progetto tale tratto sarà posizionato all'interno della nuova rotatoria), munita di due paratoie, con quota di fondo 132,31 m s.l.m. pari alla esistente quota di fondo del canale in quel punto, con azionamento elettrico asservito a sistema di telecontrollo secondo protocollo da definire in fase esecutiva nel fascicolo di manutenzione ed uso dell'opera;
- Manufatto di sottopasso di Viale Sant'Eufemia, realizzato mediante spingitubo, costituito da due canne circolari in cls del diametro interno 1.20 m, tra il manufatto [A-00] e la cameretta di spinta [A-01] posta sul lato sud della via Sant'Eufemia. La doppia canna di sottopasso è prevista ribassata alla quota di 131.31, per consentire la risoluzione di eventuali interferenze con i sottoservizi stradali esistenti e pertanto con funzionamento in pressione (manufatto sifonato);
- Tratto di Canale scolmatore scatolare interrato in sezione di m 3\*h 1.5, da realizzarsi mediante posa di manufatto prefabbricato, con origine dal manufatto [A-01] alla quota 132,56 m s.l.m., tracciato sul lato sinistro in direzione sud rispetto all'asse stradale e fino al raggiungimento della viabilità interna di servizio, con confluenza ed immissione nel manufatto di cambio di direzione [A-03] alla quota 132,54 m s.l.m.;
- Tratto di Canale scolmatore scatolare interrato in sezione di m 3\*h 1.5, da realizzarsi mediante posa di manufatto prefabbricato, dal manufatto [A-03] alla quota 132,56 m s.l.m., tracciato sul lato

- sinistro in direzione Brescia parallelo all'asse stradale di viale Sant'Eufemia, con confluenza ed immissione nel manufatto di cambio di direzione [A-06] alla quota 132,49 m s.l.m;
- Ultimo Tratto di Canale scolmatore scatolare interrato in sezione di m 3\*h 1.5, da realizzarsi mediante posa di manufatto prefabbricato, dal manufatto [A-06] alla quota 132,49 m s.l.m , tracciato in direzione sud – ovest rispetto all'asse stradale di viale Sant'Eufemia, con confluenza ed immissione nel manufatto di sbocco in vasca Sud – canale vettore in sezione naturale aperta [A-20] alla quota 132,46 m s.l.m;

#### Vasca area Sud:

- formazione canale vettore in sezione aperta naturale e di area ribassata, con quota inferiore pari a 133,50 m s.l.m. e quota arginatura superiore 134,50, lungo il lato Ovest del nuovo insediamento delimitato dalla viabilità interna di servizio e dalla via Serenissima. Formazione di canale di collegamento del canale Scolmatore a sud di via Sant'Eufemia con la vasca Sud\_2, insistente sul fondo della vasca Sud con pendenza regolare di fondo alveo dell' 0.1%, arginature – sponde con pendenza di circa 45 gradi;
- sistemazione delle aree poste ad ovest del nuovo Centro Commerciale e fisicamente delimitate dalla scarpata della rampa di discesa della via Serenissima e dalla nuova viabilità di progetto a nord ed a est. All'interno dell'area sono previste le operazioni di scavo di un canale ribassato centrale fino dalla quota 132,46 [A-20] con larghezza di fondo variabile tra 3.5 e 4.00 metri, balza intermedia piana a quota 133,50 ed area laterale superiore con quota minima pari a 134,50 m. Le operazioni di sistemazione dell'area prevedono lo scotico ed accumulo in sito del terreno vegetale, sbancamento fino alle quote di progetto riporto del terreno vegetale precedentemente accatastato. E' prevista la realizzazione di un'arginatura bassa tra le quote 132,46 – 132.26 e 133,50 m, formazione di una zona piana a quota 133,50 m e successivamente un'arginatura alta tra la quota 133,50 e la quota 134,50 m s.l.m.. L'area dello specchio d'acqua alla quota di massimo invaso di 134.20 risulta pari a 2104.84 mq., ed il Volume invasabile è di circa a 2452.86 mc;
- formazione manufatto d'imbocco [A-21] posto alla quota 132,26 m s.l.m a tratto di canale di alimentazione della vasca Sud\_2;

#### Vasca Sud\_2:

- Primo Tratto di Canale scolmatore scatolare interrato in sezione di m 3\*h 1.5, da realizzarsi mediante posa di manufatto prefabbricato, con origine dal manufatto [A-21] alla quota 132,26 m s.l.m., tracciato sul lato Ovest nuovo insediamento ed in prossimità del rilevato stradale della via Serenissima, per realizzare il collegamento tra la Vasca Sud e la vasca Sud\_2, con manufatto di sbocco in canale vettore in sezione naturale aperta [A-22] alla quota 132,24 m s.l.m.. Il manufatto individuato si rappresenta idoneo per il vettoriamento delle portate di piena derivate dal canale Naviglio e si rende necessario per risolvere l'interferenza con l'esistente plinto dell'elettrodotto ed aree di altre proprietà non interessate dal comparto;
- Secondo tratto di Canale vettore in sezione aperta naturale aperta con dimensioni di fondo alveo della larghezza di metri 4 circa, realizzato in sede di area della vasca Sud\_2, con origine dal manufatto [A-22] alla quota 132,24 m s.l.m. e confluenza nella vasca profonda in corrispondenza del manufatto [A-23] alla quota 132,23 m s.l.m. Il canale si sviluppa nell'area posta in angolo nord – ovest della vasca Sud in aree depresse alla quota 133.00 m s.l.m. e quota arginatura superiore 134,50;;
- vasca di laminazione vera e propria, posta in sponda sinistra del canale Naviglio Grande Bresciano (denominata "Sud\_2"), alimentata dal canale Scolmatore, posto a sud di viale Sant'Eufemia, sull'area individuata catastalmente da parte del mappale 37 del Fg. 222, con superficie dello specchio d'acqua

alla quota di massimo invaso di 134.20 pari a 12078.35 mq. e Volume invasabile pari a 29689.95 mc;

- sistemazione delle aree poste a sud del nuovo Centro Commerciale e fisicamente delimitate dalla scarpata della rampa di discesa della via Serenissima e dalla nuova viabilità di progetto a nord, altra proprietà ad est, Ferrovia Mi-Ve a sud. Sul lato nord, sud ed est è prevista la realizzazione di arginatura alla quota di 134.50 m s.l.m., (altezza relativa di circa 1.20 rispetto all'esistente piano campagna), per il contenimento delle acque da invasare alla massima quota di 134.20. Non sono previste arginature sul lato ovest in quanto la conformazione della via Serenissima non lo richiede.
- Non sono previste operazioni di scotico o scavo nella fascia di rispetto della Ferrovia.
- Si rileva l'esistenza dell'elettrodotto interrato che limita in modo significativo la realizzazione della vasca profonda centrale prevista alla quota di fondo di 132,45 m s.l.m., e la necessaria conseguente formazione di balza intermedia piana a quota 133,00 tra le arginature perimetrali a quota 134,50 m e lo scavo profondo, per evitare interferenze con il citato elettrodotto.
- Le operazioni di sistemazione dell'area prevedono lo scotico ed accumulo in sito del terreno vegetale, sbancamento fino alle quote di progetto riporto del terreno vegetale precedentemente accatastato.
- Opere di ripristino a verde e di rinaturalizzazione mediante, semina a spaglio o idrosemina sulle superfici inclinate;
- Postazione di Svuotamento Sud con prelievo in corrispondenza del manufatto [A-23] previa realizzazione di opera provvisoria di sezionamento imbocco vasca profonda – canale di alimentazione.

#### Canale Scolmatore a nord di Viale Sant'Eufemia:

- Opera di presa [C-00] posta in sponda destra del canale Naviglio Grande Bresciano, nel tratto di canale Naviglio a cielo aperto tra gli svincoli di collegamento della via Serenissima con Viale Sant'Eufemia (nello scenario di progetto tale tratto sarà posizionato all'interno della nuova rotatoria), munita di paratoia, con quota di fondo 132,31 m s.l.m. pari alla esistente quota di fondo del canale in quel punto, dotata di automatismi con azionamento elettrico asservita a sistema di telecontrollo secondo protocollo da definire in fase esecutiva nel fascicolo di manutenzione ed uso dell'opera;
- Tratto di Canale scolmatore scatolare interrato in sezione di m 2\*h 1.5, da realizzarsi mediante posa di manufatto prefabbricato, con origine dal manufatto [C-00], e tracciato in direzione Nord;
- Sottopasso della rampa di discesa in direzione Brescia mediante scavi a cielo aperto e posa di manufatto prefabbricato fino alla cameretta [C-03];
- Tratto terminale di Canale scolmatore scatolare prefabbricato interrato in sezione di m 2\*h 1.5, e manufatto di scarico, dal manufatto [C-03], al manufatto di sbocco in Vasca Nord [C-04] da realizzarsi in opera;

#### Vasca Nord:

- vasca di laminazione in sponda destra Canale Naviglio, a valle della "Concessionaria Saottini", nell'area pubblica confinata dalla rampa di accesso-discesa al cavalcavia di via Serenissima. L'area interessata dall'intervento è di circa 7.160,31 mq, area dello specchio d'acqua alla quota di massimo invaso di 134.20 pari a 5.610,64, quota di fondo 130,00 m s.l.m. . Volume invasabile pari a 20.365 mc;
- Opere di ripristino a verde e di rinaturalizzazione mediante riporto di terreno vegetale, semina a spaglio o idrosemina sulle superfici inclinate, rimboschimento delle aree perimetrali con arbusti e piantine di latifoglie con sesto d'impianto 2\*2.5 – densità 2000/ha;
- Postazione di Svuotamento Nord con prelievo in corrispondenza del manufatto [C-03] e scarico a valle della Paratoia di separazione Canale Scolmatore – Vasca di laminazione in corrispondenza del manufatto [C-02];

- Le aree della vasca di laminazione "Nord" sarà oggetto di sistemazione a verde con ripristino della piantumazione esistente sul perimetro superiore e posa di recinzione metallica su buona parte del perimetro, oltre che di cancello e rampa di accesso alla superficie di fondo.
- I sedimi e gli argini alti saranno rimodellati con terreno di coltivo con formazione di prato, mentre la parte più bassa delle scarpate, tra le quote 132,00 e 130,00 m, tenuto anche conto della sua vicinanza ad importanti opere di viabilità stradale, poiché maggiormente soggetta al fenomeno di invaso e svasso delle acque, verrà protetta con formazione di scogliera intasata con terreno vegetale ed inserimento di talee.

Il volume complessivo dell'invaso che l'intero sistema consente di realizzare risulta pari a 53.243.26 m<sup>3</sup>, superiori a quelli previsti di progetto (Volume di laminazione = 53.032 mc), come in dettaglio di seguito riportato:

Invasi	Vol (m <sup>3</sup> )
Vasca Nord	20365.61
Collettori	654.37
Vasca Sud	2452.86
Vasca Sud_2	29689.95
Vasca Sud 2 imbocco	80.47
<b>Vol. complessivo</b>	<b>53243.26</b>

Vasca Nord	Quota ( m s.l. m. )	Sup (m <sup>2</sup> )	H ( m )	Vol (m <sup>3</sup> )
Q_max invaso	134.20	5610.74	2.20	11694.42
Q_balza	132.00	5020.55		
Q_balza	132.00	4511.01	2.03	8671.19
Q_min invaso	129.97	4027.18		
<b>Vol. complessivo</b>				<b>20365.61</b>

Vasca Sud	Quota ( m s.l. m. )	Sup (m <sup>2</sup> )	H ( m )	Vol (m <sup>3</sup> )
Q_max invaso	134.20	2104.84	0.70	1373.27
Q_balza	133.50	680.02		
Q_balza	133.50	1138.76	1.14	1079.59
Q_min invaso	132.36	755.26		
<b>Vol. complessivo</b>				<b>2452.86</b>

Vasca Sud_2	Quota ( m s.l. m. )	Sup (m <sup>2</sup> )	H ( m )	Vol (m <sup>3</sup> )
Q_max invaso	134.20	12078.35	1.20	14170.92
Q_balza	133.00	11539.85		
Q_balza	133.00	6468.93	2.55	15519.03
Q_min invaso	130.45	5702.86		
<b>Vol. complessivo</b>				<b>29689.95</b>

<b>Vasca Sud 2 - Imbocco</b>	Quota ( m s.l. m. )	Sup (m <sup>2</sup> )	H ( m )	Vol (m <sup>3</sup> )
Q_balza	133	124.34	0.75	80.47
Q_min invaso	132.25	90.25		
<b>Vol. complessivo</b>				<b>80.47</b>

<b>Collettori</b>	Sviluppo	Sezione		Volume
	m	m <sup>2</sup>		m <sup>3</sup>
Collettore Sud 300x150 cm	87.44	4.5		393.48
Spingitubo	49.64	1.13		56.11
Collettore Sud 300x150 cm	17.98	4.5		80.91
Collettore Nord 200x150 cm	41.29	3		123.87
<b>Vol. complessivo</b>				<b>654.37</b>

Lo svuotamento delle acque invase è previsto parte a gravità con punto di restituzione al Canale Naviglio, in corrispondenza del manufatto di presa [A-00] per la Vasca Sud e Sud\_2 ed in corrispondenza del manufatto [C-00] per la Vasca Nord, mediante i canali di collegamento tra il Naviglio e le Vasche.

Per lo svuotamento complessivo dei rimanenti volumi d'acqua soggiacenti alla quota del pelo libero delle acque nel Canale Naviglio in corrispondenza dei manufatti di restituzione è necessario prevedere il sollevamento delle acque residue invase nelle Vasche, mediante un impianto mobile di sollevamento da posizionarsi, a seconda delle necessità, in corrispondenza delle postazioni mobili previste dal progetto, Vasca Sud\_2 – manufatto [A-23], Vasca Nord – manufatto [C-03] - [C-02], con restituzione al canale Naviglio in corrispondenza rispettivamente dei manufatti [A-00] e [C-00].

L'impianto di sollevamento mobile già previsto dal progetto definitivo dell'ottobre 2013 viene confermato ed è costituito da:

- una Motopompa Diesel Centrifuga,
- una Pompa Carrellata Centrifuga Mono girante con carrello pompe per trattore,

con portata complessiva dell'ordine di 0.85 mc/s.

Il Progetto di fattibilità tecnico Economica prevede, a conferma del definitivo del 2013, la realizzazione di un Sistema di monitoraggio delle variabili idrologiche e telecontrollo delle paratoie di presa sul Naviglio per il riempimento controllato delle vasche di laminazione previsto dal progetto, che consentano l'istituzione e gestione di un sistema di acquisizione, archiviazione ed elaborazione delle variabili idrologiche, attivazione di organi idraulici da sede remota o in automatico al superamento di individuati set, con l'installazione di periferiche in corrispondenza del :

1. Manufatto dell'Opera di presa [C-00] posta in sponda destra del canale Naviglio Grande Bresciano;
2. Manufatto dell'Opera di presa [A-00] posta in sponda sinistra del canale Naviglio Grande Bresciano;
3. Manufatto "A-23, presso la Vasca Sud\_2;
4. Manufatto "C-03", presso la Vasca Nord.

La seguente immagine illustra sinteticamente le opere descritte; per una maggiore comprensione si rimanda agli elaborati grafici planimetrici allegati Tav 0.2, 0.5 e 0.5.1.



*Planimetria di progetto opere idrauliche( fuori scala )*

### Ripristini Irrigui

Come per il progetto definitivo "Ottobre 2013", il presente Progetto di fattibilità Tecnico Economica prevede la riconnessione del sistema irriguo, che deve essere reso compatibile con la nuova urbanizzazione, la relativa presenza di fabbricati, oltre che con il sistema di collettori che adducono le acque dal Canale Naviglio alle vasche di laminazione Nord e Sud - Sud\_2.

L'intervento di progetto ricollega e ripristina la funzionalità del sistema irriguo mediante la realizzazione di nuovi canali, in sostituzione di quelli che si rende necessario sottendere a seguito dell'edificazione dei nuovi fabbricati, riconnettendoli a quelli esistenti posti a valle con quota compatibile. I nuovi tracciati si sviluppano in direzione est-ovest perimetrando l'area di intervento, in senso antiorario, ricollegando i sottopassi della ferrovia dopo il ripristino delle due connessioni irrigue di sottopasso della via Serenissima.

Il tracciato si sviluppa in sede di viabilità, parcheggi e verde pubblico, tutti accessibili mediante tratti di canali tubati e, ove possibile, a cielo aperto.



*Planimetria di progetto nuovo sistema irriguo ( fuori scala )*

Gli interventi di progetto sono sintetizzabili come segue:

- Tratto IRR-00 – IRR-17: della lunghezza complessiva di circa 526 metri,
- Tratto IRR-17 – IRR-24: di lunghezza complessiva pari a circa 168 metri,

mediante posa di tubazione autoportante DN 100 con pendenza di fondo pari a circa 0.10%;

- Tratto IRR-24 – IRR-29: della lunghezza complessiva pari a circa 124 metri, realizzato con manufatto scatolare prefabbricato di dimensioni 100 x H75/80 cm;
- Tratto IRR-29 – IRR-32: con una lunghezza complessiva pari a circa 169 metri, realizzato con canale prefabbricato della sezione di circa 10'000 cmq.

La precedente immagine illustra sinteticamente le opere descritte; per una maggiore comprensione si rimanda agli elaborati grafici planimetrici allegati Tav 0.3, 0.5 e 0.5.1.

## 5. RELAZIONE GEOLOGICA

Il presente progetto di fattibilità tecnico Economica fa riferimento alla Relazione Geologica redatta nell'ottobre 2013, a corredo della progettazione definitiva. In tale sede è stata effettuata una indagine geologica e geotecnica integrativa dell'area posta nel territorio comunale di Brescia, in Provincia di Brescia, in Viale Sant'Eufemia con la quale sono stati valutati gli aspetti, riguardanti in particolare i seguenti temi di specifico interesse per la progettazione delle opere di Salvaguardia Idraulica:

- Caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni a ridosso del tracciato del Vaso Naviglio Grande Bresciano, a supporto della progettazione delle opere idrauliche previste atte alla garanzia dell'invarianza idraulica dei nuovi interventi di urbanizzazione (vasca di monte a nord della ex S.S. 11);
- Caratterizzazione geologica, geotecnica, litostratigrafica e sismica dei terreni immediatamente limitrofi alla sopraelevata Via Serenissima e alla rampa di accesso ad essa proveniente dalla Città (vasca di laminazione a sud di Viale Sant'Eufemia);
- Valutazione della stabilità delle opere di progetto (D.M. 14.01.2008).

In particolare la valutazione della stabilità è stata effettuata su una sezione-tipo desunta dagli elaborati di progetto definitivo che vengono riproposti nel presente Progetto di fattibilità tecnico economica, che rappresenta la sezione-tipo della arginatura delle suddette vasche.

Quest'ultima è sostanzialmente costituita da un doppio gradone con balza intermedia che, dal fondo della vasca, si erge dapprima di circa 2,0 mt con inclinazione di 45°, quindi di successivi 2,5 mt a partire dal gradone intermedio di larghezza pari a 2,0 mt sino al p.c. con inclinazione di 45°.

La sezione tipologica assunta per le verifiche si rappresenta descrittiva degli interventi oggetto del presente.

In conclusione, delle elaborazioni effettuate, la scarpata progettuale tipo delle vasche di laminazione risultano stabili e verifica le condizioni previste dalla normativa per pendii e scarpate artificiali.

La verifica analitica sul profilo di progetto, condotta secondo il metodo di Bishop semplificato ha portato all'ottenimento di una superficie semicircolare con coefficiente di sicurezza minimo rispettivamente pari a  $F_s = 1,463$  in condizioni statiche e pari a  $F_s = 1,27$  in condizioni dinamiche, a dimostrazione della corretta individuazione della geometria dell'eventuale fenomeno di instabilità.

Tali valori garantiscono la stabilità delle scarpate progettuali, al di sopra dei valori minimi richiesti per legge ( $F_{sic}$  maggiore di 1,1 secondo il D.M.14.01.2008 in condizioni statiche e maggiore di 1,0 secondo il D.M.14.01.2008 in presenza di sisma).

## 6. VERIFICA IDRAULICA DEI MANUFATTI PROGETTATI – VASCHE DI LAMINAZIONE

Le modalità di funzionamento delle vasche di laminazione previste a progetto e dei relativi condotti di alimentazione è caratterizzata da una certa complessità:

- geometrica (con particolare riferimento al manufatto di alimentazione alla Vasca Sud e Sud\_2 ove sono presenti cambi di sezione, sifoni di attraversamento, salti di quota e deviazioni planimetriche);
- gestionale, con l'attivazione delle vasche non contemporanea ma in successione;
- funzionale, in quanto le modalità di convogliamento dei deflussi attraverso i condotti sono legati a una molteplicità di fattori:
  - la portata convogliata nel tempo al sistema delle vasche, variabile istante per istante stimata in funzione dei diversi idrogrammi di piena in arrivo al nodo di Sant'Eufemia all'interno della Relazione Idraulica dello Studio;

- il grado di riempimento delle vasche, che fa sì che il deflusso all'interno dei relativi condotti di alimentazioni inizi con deflusso libero, prosegua in condizioni rigurgitate e termini integralmente in pressione.

La presenza di tali molteplici fattori ha portato a ritenere non esaustiva una trattazione del sistema di riempimento delle vasche con formule speditive, ma ha richiesto la predisposizione di un modello interpretativo dei deflussi attraverso il sistema, con l'ausilio del codice SWMM 5.1.

Il modello idraulico è stato sviluppato con la duplice finalità di:

- determinare la capacità di convogliamento del sistema dei condotti al variare dei tiranti idrici in vasca;
- testare l'idoneità del sistema di vasche e dei condotti ad accogliere gli idrogrammi di piena previsti a progetto con evento cinquantennale nella condizione di funzionamento nello stato di fatto oggi esistente, ovvero in presenza del nuovo Canale Scolmatore di Nuvolera ultimato nella primavera del 2016, per valutare le modalità di comportamento degli stessi in risposta alle modalità gestionali adottate.

La modellazione per la verifica del sistema di Vasche Nord e Sud-Sud\_ condotta è stata effettuata utilizzando un idrogramma desunto da quello di piena del C. Naviglio per eventi con  $T_r = 50$  anni e durata di 540 minuti, avente valore al colmo di  $7.61 \text{ m}^3/\text{s}$ , pari al valore massimo di portata convogliata nel sistema delle vasche; la logica imposta al sistema prevede di riempire le due vasche in successione, prima quella Nord e poi quella Sud – Sud\_2, chiudendo l'accesso alla prima al raggiungimento al suo interno del tirante massimo di 134.20 e aprendo nel contempo l'accesso alla seconda.

Con riferimento al sistema di collettamento alla Vasca Nord, si riscontra come la capacità di convogliamento del sistema resti pressoché costanti fino al completo riempimento della vasca stessa: al raggiungimento del tirante idrico di 134.20 m s.l.m. (dopo 09.03 h dall'inizio dell'evento), la capacità di convogliamento è ancora pari o superiore al valore di portata dell'idrogramma in ingresso ( $Q$  vettoriata =  $6.57 \text{ m}^3/\text{s}$   $Q$  ingresso =  $6.57 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Questo risultato è legato ad una molteplicità di fattori, tutti connessi alla semplicità geometrica del sistema di alimentazione della vasca Nord rispetto alla vasca Sud – Sud\_2: il condotto ha uno sviluppo minore, è privo di cambi di direzione, di cambi di sezione e di singolarità (quale il sifone di attraversamento della ex S.S. 11 da parte del condotto relativo alla Vasca Sud - Sud\_2).

Con riferimento al sistema di collettamento alla Vasca Sud – Sud\_2, si verifica che il sistema è in grado di convogliare una portata pari a  $7.61 \text{ m}^3/\text{s}$ , e che anche durante il riempimento della vasca si mantiene costantemente in linea con i valori dell'idrogramma in ingresso consentendo in tal modo di scolmare tutta la portata eccedente la potenzialità del C. Naviglio. Questo risultato è nuovamente connesso alla semplicità geometrica del sistema di alimentazione della nuova Vasca Sud – Sud\_2, rispetto alla soluzione prevista nel progetto definitivo "Ottobre 2013".

Si evince che la modalità di convogliamento garantisce il corretto funzionamento del sistema di vettoriamento: nell'evento preso in esame, il picco di piena in termini di portata si colloca dopo 09.14 ore dall'inizio dell'evento, la Vasca nord ha già raggiunto la quota di massimo riempimento 134.20 m s.l.m., mentre la vasca Sud – Sud\_2 ha da poco iniziato il riempimento con quota del pelo libero delle acque in vasca pari a 131.22 ed un volume invasato di circa  $4596 \text{ m}^3$ .

La modellazione per la verifica del sistema vasche è stata condotta con la finalità di valutare il funzionamento delle vasche nella condizione estrema individuata nello Studio idrologico – idraulico con  $T_r 50$  anni (Scolmatore di Nuvolera in esercizio).

Il modello idraulico predisposto è stato testato a fronte del seguente idrogramma di piena:

- evento cinquantennale, di durata pari a 540 minuti in condizioni di esercizio dello Scolmatore di nuvolera: è l'evento che massimizza la portata avviata al volume di accumulo, pari a  $7.61 \text{ m}^3/\text{s}$ .

La logica di funzionamento del sistema imposta prevede che la prima vasca a riempirsi sia la Vasca Nord, in subordine ad essa le Vasche Sud e Sud\_2. Le motivazioni della scelta gestionale di privilegiare il riempimento della Vasca Nord in rapporto a quella Sud – Sud\_2 sono molteplici.

In primo luogo si è visto come le capacità di convogliamento del sistema alimentante la vasca Nord siano particolarmente efficienti, rimangono pressoché invariate a fronte del grado di riempimento della stessa. Attivando la Vasca Sud – Sud\_2 successivamente alla Vasca Nord si minimizza la probabilità di dover far fronte al picco di piena con un sistema di convogliamento con capacità di trasporto limitate.

In secondo luogo si osserva come la Vasca Nord sia più piccola rispetto alla Vasca Sud\_2: a parità di volume invasato, pertanto, i tiranti idrici nella prima sono più elevati che non nella seconda, e, conseguentemente, sono minori i volumi da vuotare in pressione.

Infine si evidenzia come lo sbocco della Vasca Nord nel Naviglio presenti un dislivello di quota rispetto a quest'ultimo ad evento finito (quando cioè non si ha rigurgito dalle bocche di Sant'Eufemia) maggiore che non nello sbocco dalla Vasca Sud – Sud\_2 (ove la quota di fondo canale è pari a pari a 132.56 m s.l.m. rispetto a 132.31 in corrispondenza dello sbocco della Vasca Nord) e quindi anche per meri motivi geodetici risulta inferiore a parità di tirante in vasca, il volume da svuotare in pressione.

In relazione a quanto sopra la logica di riempimento delle vasche prevista è stata la seguente:

1. la prima vasca ad attivarsi è la Vasca Nord, che rimane in esercizio fino al raggiungimento del tirante idrico massimo di 134.20 m s.l.m. (vasca piena). Quando viene raggiunto tale livello in vasca, la paratoia all'opera di presa C-00, che la alimenta viene chiusa;
2. la seconda vasca ad attivarsi è la Vasca Sud – Sud\_2, che rimane in esercizio dal momento in cui all'interno della Vasca Nord si raggiunge il tirante idrico di 134.20 m s.l.m., fino al momento in cui anch'essa risulta piena (134.20 m s.l.m.).

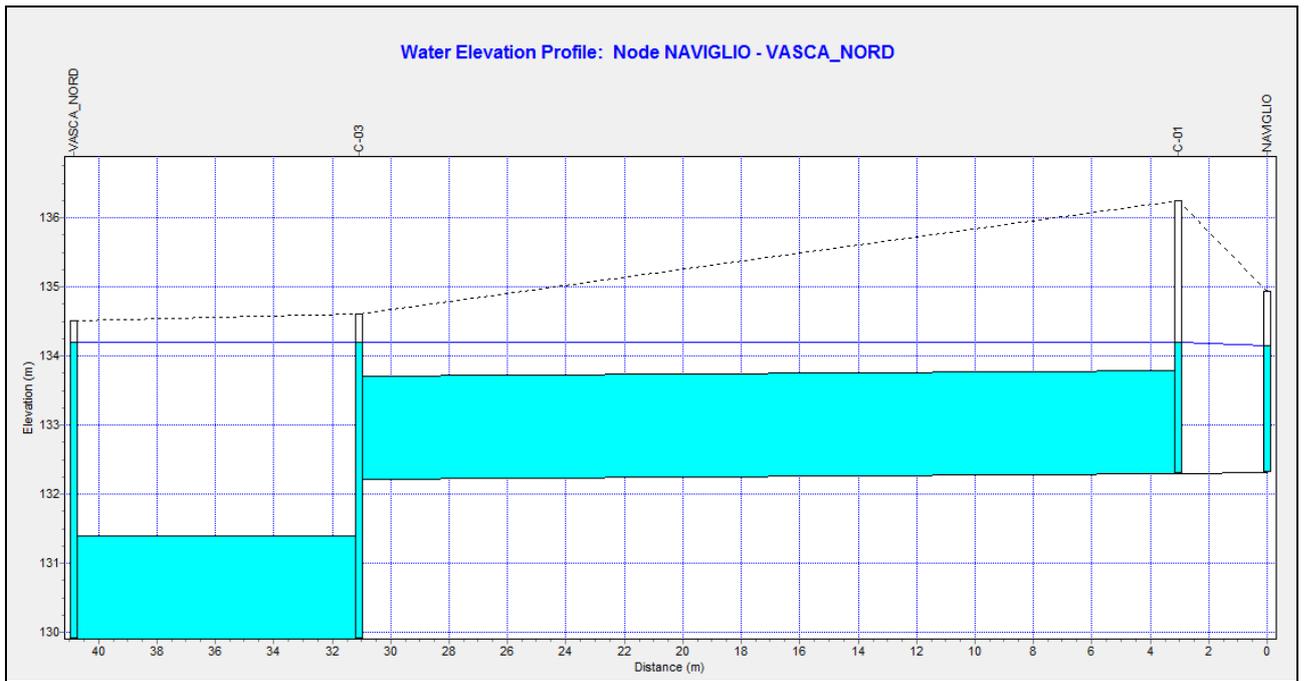
Evento con tempo di ritorno cinquantennale, durata pari a 540 minuti condizioni Scolmatore di Nuvolera in esercizio (massimizzazione della portata).

In corrispondenza di tale evento la totalità dei volumi affluenti dal Naviglio Grande Bresciano vengono accumulati all'interno delle due vasche, la Vasca Nord e la Vasca Sud – Sud\_2.

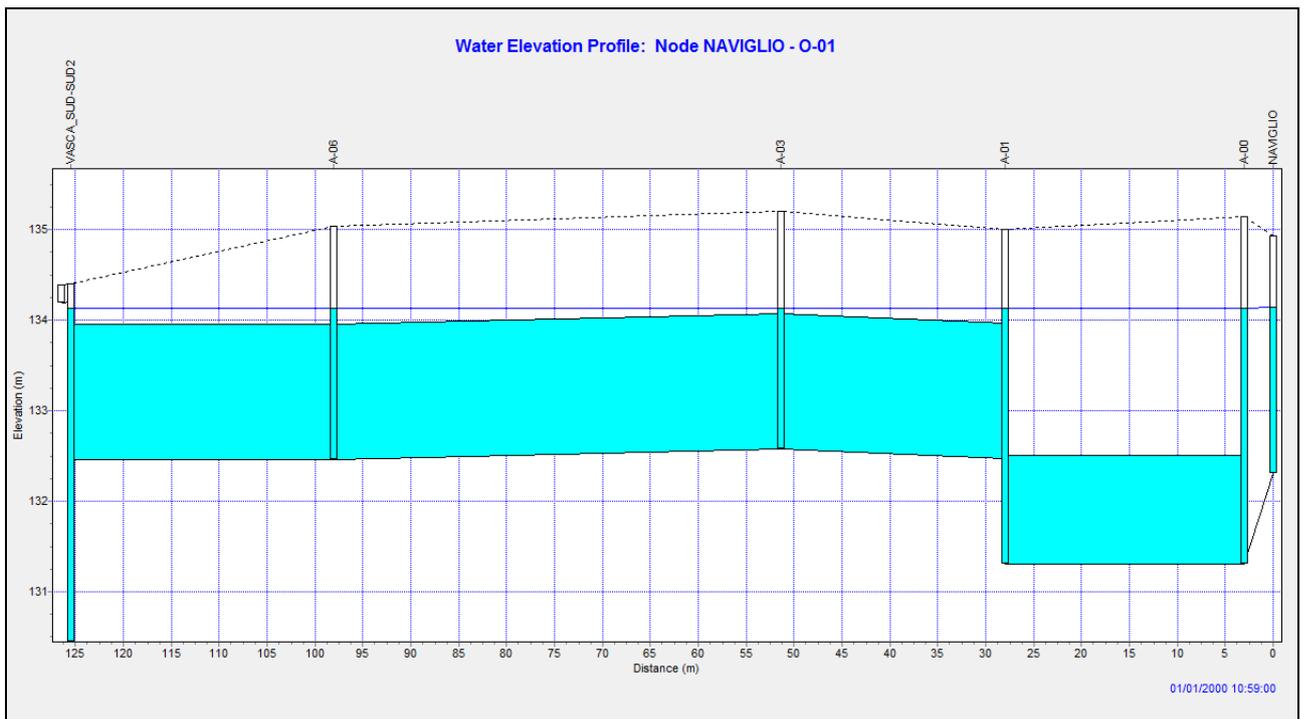
<b>Volume entrante nel sistema delle vasche:</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>52'877.87</b>
Volume accumulato nella Vasca Nord	m <sup>3</sup>	20'359.06
Volume accumulato nella Vasca Sud – Sud_2	m <sup>3</sup>	31'910.30
Volume accumulato nel collettore Sud	m <sup>3</sup>	438.75
Volume accumulato nel sottopasso di V. Sant'Eufemia	m <sup>3</sup>	56.36
Volume accumulato ne collettore Nord	m <sup>3</sup>	113.40

Per quanto concerne i tiranti idrici nei due sistemi di collettamento, si riscontra che il sistema di collettamento è sufficiente a garantire il convogliamento delle portate affluenti da monte, l'inerzia del sistema in corrispondenza delle manovre sugli organi di regolazione provoca dei repentini innalzamenti del tirante idrico all'interno delle tubazioni, particolarmente sensibile nei condotti di alimentazione della Vasca Sud – Sud\_2.

In conclusione, le risultanze ottenute indicano il corretto funzionamento delle opere progettate ed il conseguimento degli obiettivi prefissati, in fase di progettazione successive potranno essere meglio approfondite le problematiche relative al transitorio di attivazione della seconda vasca per le necessarie ed opportune ottimizzazioni.

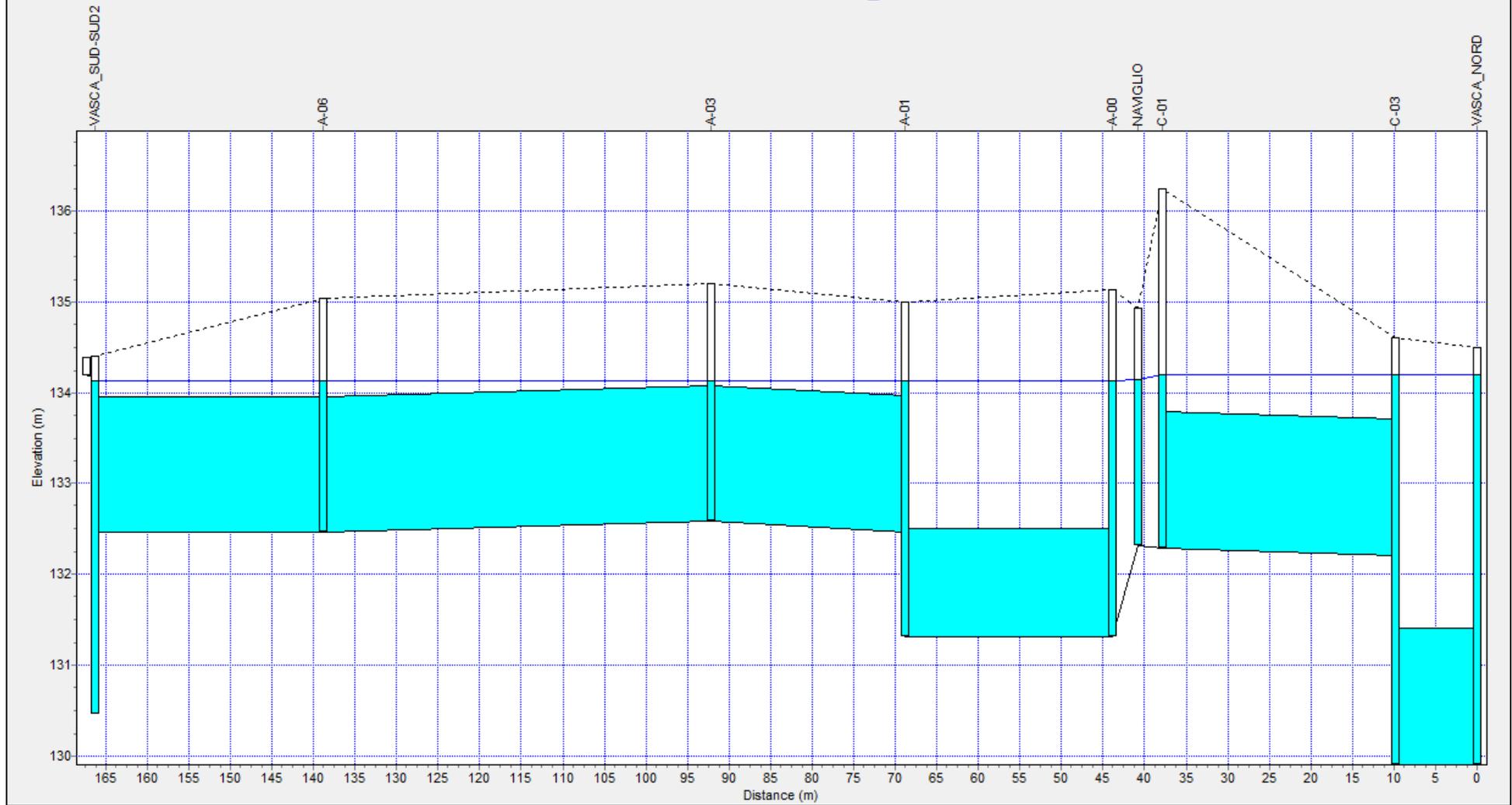


*Profilo Collettore Nord – Vasca Nord*



*Profilo Collettore Sud– Vasca Sud – Sud\_2*

Water Elevation Profile: Node VASCA\_NORD - O-01



Profilo d'insieme Vasca Nord – collettori – vasca Sud – Sud\_2-  
Rev\_2017\_Agg. 01\_2018

## 7. QUANTIFICAZIONE ECONOMICA \_ AGGIORNAMENTO 2018

La stima sommaria dei costi delle opere in progetto per lo scollo delle acque di piena dal Canale Naviglio, computate precedentemente con l'elenco prezzi di progetto originario basato sui prezzi regionali 2011 e provinciali 2/2013, è stata aggiornata utilizzando come riferimento i prezzi desunti dal :

- Prezziario delle Opere Edili della Provincia di Brescia n.3/2018;
- Prezziario delle Opere Pubbliche della Regione Lombardia anno 2011, attualizzato all'anno 2017 in base al tasso di attualizzazione definito dall'ISTAT (+1.053%);
- Prezziario dei Lavori Forestali della Regione Lombardia anno 2011, attualizzato all'anno 2017 in base al tasso di attualizzazione definito dall'ISTAT (+1.053%);

e formulati "ad hoc", nel caso di lavorazioni non presenti nei sopraccitati prezziari. In tal caso i prezzi unitari sono stati desunti mediante un'analisi comparativa dei correnti prezzi di mercato per tipologie di opere simili a quella oggetto del presente progetto oltre che su offerte specifiche da parte di fornitori di primaria importanza sul mercato

L'importo complessivo, al netto dell'IVA di Legge ed oneri accessori, come riportato nel " Quadro economico Riepilogativo" di progetto è di seguito indicato:

a) IMPORTO LAVORI CANALI SCOLMATORI - VASCHE	€	823'810.54
b) IMPORTO LAVORI SISTEMAZIONI IRRIGUE	€	296'221.23
<b>TOTALE COMPLESSIVO</b>	<b>€</b>	<b>1'120'031.77</b>

Come in dettaglio di seguito articolati:

	<i>Prog. Fatt. Econ 2017 Aggiornamento 2018</i>
<b>OPERE DIFESA IDRAULICA</b>	
OPERA DI PRESA SX SUL CANALE NAVIGLIO (MANUFATTO "A-00") euro	€78'047.13
SOTTOPASSO VIALE SANT'EUFEMIA (SPINGITUBO 1 e MANUFATTO "A-01") euro	€169'619.10
CANALE SCATOLARE euro	€106'865.17
MANUFATTO "A-03" euro	€4'647.41
MANUFATTO "A-06" euro	€5'444.65
NUOVA VASCA SUD 2	€119'469.48
OPERA DI PRESA DX SUL CANALE NAVIGLIO (MANUFATTO "C-00") euro	€33'807.14
CANALE SCOLMATORE (DIM.INT. 2xH1.5 m) euro	€69'533.05
VASCA NORD euro	€113'582.03
VASCA SUD euro (canale perimetrale lato ovest)	€30'571.71
CAVIDOTTI E.E. - TELECONTROLLO euro	€26'946.00
IMPIANTO SOLLEVAMENTO euro	€48'121.12
OPERE	€806'653.99
ONERI SICUREZZA	€17'156.55
	<b>€823'810.54</b>
<b>IRRIGAZIONE</b>	
OPERE	291230.43
ONERI SICUREZZA	4990.8
	296221.23
<b>TOTALE</b>	<b>€1'120'031.77</b>

L'esame degli elementi di dettaglio permette di individuare sinteticamente :

- 1.097.884,42 € per lavori;
- 22.147,35 € per oneri della sicurezza non soggetti a ribasso d'asta.

Tali importi risultano così costituiti:

- a) Opere di salvaguardia idraulica (823.810,54 €):
  - I. 806.653,99 € per lavori;
  - II. 17.156,55 € per oneri della sicurezza non soggetti a ribasso d'asta.
- b) Opere di sistemazione irrigua (296.221,23 €):
  - I. 291.230,43 € per lavori;
  - II. 4.990,80 € per oneri della sicurezza non soggetti a ribasso d'asta.

## 8. CONCLUSIONI

Il ridimensionamento dei volumi realizzabili che rende disponibili rilevanti aree nella zona sud del comparto, confinanti ad ovest con la via Serenissima ed a sud con la Ferrovia, unitamente all'ultimazione dei lavori di realizzazione dello Scolmatore di Nuvolera, consentono di ridefinire gli interventi di riassetto e di mitigazione del rischio idraulico, atti a garantire la compatibilità tra l'intervento di nuova edificazione con le condizioni ambientali e quelle di rischio potenziale esistente, sia in relazione alla sicurezza del nuovo intervento che in condizioni di "Invarianza idraulica" rispetto alle aree ed insediamenti limitrofi.

Il presente progetto di fattibilità Tecnico - Economica illustra le opere di Salvaguardia idraulica e riassetto irriguo nel nuovo variato scenario di intervento urbanistico proposto.

In sintesi, in sostituzione dei manufatti previsti nel progetto definitivo "Ottobre 2013":

- Vasca Ovest ed accessori e completamenti vari,
- Manufatto di sottopasso in spingitubo di via Serenissima e opere accessorie,
- Opera di Scarico nella vasca Ovest,

si prevede di realizzare la nuova Vasca Sud\_2, a sud del nuovo insediamento, su parte del mappale 37 del Fg. 222 di Brescia.

Il mutato scenario conseguente all'ultimazione dei lavori di realizzazione dello Scolmatore di Nuvolera consente inoltre:

- di individuare in 50 anni il tempo di ritorno dell'evento (maggiormente cautelativo) da assumere per la progettazione,
- lo spostamento della presa dal Canale Naviglio in sponda Sinistra più a valle, in corrispondenza della presa di alimentazione della vasca Nord, all'interno della Rotatoria di futura realizzazione.

La nuova collocazione della presa in sponda sinistra del C. Naviglio riduce significativamente la lunghezza del canale Scolmatore Sud.

La presente relazione di sintesi contiene inoltre i principali risultati dello Studio idrologico ed idraulico relativo alla analisi delle modalità di deflusso del bacino del Naviglio Grande Bresciano, nella località di specifico interesse (ambito di trasformazione R1.1), adeguati agli sviluppi intervenuti nel periodo di tempo intercorso dall'ottobre 2013 ad oggi ed in particolare all'avvenuta realizzazione dello Scolmatore di Nuvolera ed illustra le opere di Salvaguardia per la mitigazione del rischio idraulico, riassetto irriguo nel nuovo variato scenario di intervento urbanistico proposto.

Gli studi effettuati e l'approfondimento di dettaglio eseguito sul regime idraulico del Canale Naviglio hanno individuato:

- l'insufficienza idraulica dei sottopassi stradali posti nel nodo idraulico di Sant'Eufemia che comportano un rigurgito del pelo libero anche nelle sezioni di specifico interesse poste a monte,

- la portata nella sezione di interesse quale massima portata transitabile nel Naviglio Grande Bresciano in assenza di fenomeni alluvionali.

Posta la portata così determinata come condizione non superabile, mediante la modulazione dell'idrogramma di piena del Canale Naviglio, nel tratto di specifico interesse, sono stati determinati le portate ed i volumi esondabili per l'evento con tempo di ritorno di 50 anni e di durata variabile tra 480 e 900 minuti, nello scenario attuale con lo Scolmatore di Nuvolera ultimato nella primavera del 2016 ed esercibile.

Tali parametri idraulici sono stati assunti per la redazione del progetto di Fattibilità Tecnica – Economica delle nuove opere di regimazione idraulica, in grado di garantire l'invarianza idraulica per i territori limitrofi al futuro insediamento A.d.T. R1.1.

La proposta progettuale che prevede la realizzazione di importanti opere di bonifica affranca pertanto, per eventi alluvionali con tempo di ritorno di circa 50 anni , le aree interessate dalla trasformazione urbanistica del A.d.T. R1.1, riproponendo in modo controllato ciò che in sostanza già oggi succede.

Le opere proposte dalla presente progettazione di fattibilità tecnica economica si caratterizzano per il minor impatto sulle aree circostanti, garantiscono la disponibilità dei volumi necessari, consentono lo svuotamento delle acque invase per laminazione dell'evento di piena di progetto nuovamente verso il Naviglio, parte a gravità e parte mediante impianto di sollevamento mobile.

In condizioni di emergenza idrologica è oggi possibile assistere all'allagamento delle aree poste sia a nord che a sud di viale Sant'Eufemia per tracimazione del Naviglio in modo diffuso a seguito del sopralzo del pelo libero delle acque sopra la sede stradale.

Successivamente alla realizzazione delle opere del presente progetto si prevede che ciò avverrà in modo coordinato con la capacità di smaltimento degli scarichi in Sant'Eufemia e con l'allagamento mirato di parte delle stesse aree all'uopo sistemate a vasca di laminazione, senza interessamento della sede stradale, grazie al preventivo intervento e smaltimento dei colmi di portata che non sono in grado di transitare nelle sezioni idrauliche del canale Naviglio Grande Bresciano nel tronco di specifico interesse.

Per tale motivo le nuove opere di bonifica, oltre a rappresentarsi quale presidio delle aree interessate dalla trasformazione urbanistica per eventi di piena con tempo di ritorno 50 anni, si rappresentano quale importante contributo per la soluzione della problematica idraulica del nodo di Sant'Eufemia.

Dicembre 2018

dott. Ing. Giuseppe Negrinelli

dott. Ing. Antonio Di Pasquale