



COMUNE DI REZZATO
PROVINCIA DI BRESCIA
REGIONE LOMBARDIA

VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE DEL SUAP "LAMIFER"
AI FENOMENI ALLUVIONALI INDOTTI
DAL NAVIGLIO GRANDE BRESCIANO
STUDIO IDROLOGICO - IDRAULICO



RELAZIONE DI SINTESI

I PROGETTISTI:
Dott. Ing. GIUSEPPE NEGRINELLI
Dott. Ing. ANTONIO DI PASQUALE

GENNAIO 2017

INDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. PREMESSA | 2 |
| 2. RELAZIONE IDROLOGICA..... | 2 |
| 2.1 EVENTO CINQUANTENNALE | 7 |
| 2.1.1 IDROGRAMMI DI PIENA SUL LAG_N19..... | 7 |
| 2.1.2 IDROGRAMMI DI PIENA SUL LAG_N21..... | 8 |
| 2.1.3 IDROGRAMMI DI PIENA SUL LAG_N23..... | 8 |
| 2.1.4 IDROGRAMMI DI PIENA SUL LAG_N25..... | 8 |
| 2.2 EVENTO CENTENNALE | 9 |
| 2.2.1 IDROGRAMMI DI PIENA SUL LAG_N19..... | 9 |
| 2.2.2 IDROGRAMMI DI PIENA SUL LAG_N21..... | 10 |
| 2.2.3 IDROGRAMMI DI PIENA SUL LAG_N23..... | 10 |
| 2.2.4 IDROGRAMMI DI PIENA SUL LAG_N25..... | 10 |
| 2.3 EVENTO DUECENTENNALE..... | 11 |
| 2.3.1 IDROGRAMMI DI PIENA SUL LAG_N19..... | 11 |
| 2.3.2 IDROGRAMMI DI PIENA SUL LAG_N21..... | 12 |
| 2.3.3 IDROGRAMMI DI PIENA SUL LAG_N23..... | 12 |
| 2.3.4 IDROGRAMMI DI PIENA SUL LAG_N25..... | 12 |
| 2.4 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE DELLA RELAZIONE IDROLOGICA | 13 |
| 3. RELAZIONE IDRAULICA | 13 |
| 3.1 PIANIFICAZIONE P.A.I. E P.G.R.A. | 14 |
| 3.2 IL CANALE NAVIGLIO NELL'AREA D'INTERESSE..... | 16 |
| 3.3 PRESUPPOSTI E CONDIZIONI AL CONTORNO DELL'ANALISI IDRAULICA | 18 |
| 3.4 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA | 19 |
| 4. CONCLUSIONI | 20 |

1. PREMESSA

Nell'ambito delle attività di aggiornamento del P.A.I., conseguenti al recepimento della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE, recentemente conclusesi con l'adozione di una Variante al P.A.I. stesso con Delibera del Comitato Interministeriale n. 5 del 07.12.2016, l'Autorità di Bacino del Fiume Po ha individuato, tra le altre, un'estesa porzione del territorio del comune di Rezzato - limitrofo al Naviglio Grande Bresciano in sponda sinistra, comprendente anche il SUAP "LAMIFER", come area esposta ad alluvioni frequenti (H), ovvero con tempo di ritorno inferiore o pari a 50 anni, causate dal reticolo secondario di pianura, secondo l'art. 58 delle N.T.A. del P.A.I. come modificate a seguito della Variante.

La Ditta FERRIERA LAMIFER S.p.a. nel dicembre 2016 ha conferito l'incarico di procedere agli approfondimenti necessari con la finalità di valutare l'effettiva esposizione ai fenomeni alluvionali causati dal Naviglio Grande Bresciano nello stato di fatto attuale per le aree del SUAP LAMIFER, in Comune di Rezzato – frazione Virle, inserite all'interno della perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato del Reticolo Secondario di Pianura (aree ex art. 58 del P.A.I. "RSP"), a seguito dell'Adozione Del Piano di Gestione del Rischio Alluvione (P.G.R.A.),.

Lo Studio è stato redatto facendo riferimento alle indicazioni tecniche riportate:

- dalla *"Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B" emessa dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11 maggio 1999 ed aggiornata con deliberazione n. 10 del Comitato Istituzionale del 5 aprile 2006,*
- dalla D.G.R. 30.11.2011 n. IX/2616 *Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12', approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374, con particolare riferimento all'Allegato 4.*

2. RELAZIONE IDROLOGICA

L'oggetto specifico della Relazione Idrologica è stato la definizione degli idrogrammi di piena attesi nell'area di interesse da parte del Naviglio Grande Bresciano.

Stanti le caratteristiche dei fenomeni alluvionali potenzialmente interessanti le aree del SUAP "LAMIFER" oggetto di approfondimento, ovvero fenomeni alluvionali con intensità alta legati al Reticolo secondario di pianura, è consuetudine assumere quale evento di riferimento, ai fini del calcolo idrologico, quello con tempo di ritorno dell'evento cinquantennale ($tr = 50$ anni); ciò nonostante, per esigenze di completezza espositiva e con la finalità di fornire una valutazione il più possibile esaustiva, sono state svolte analisi anche relativamente ad eventi con tempo di ritorno centennali e duecentennali ($tr = 100 - 200$ anni).

La relazione idrologica contiene i risultati finali dell'analisi svolta e tutti gli elementi atti alla piena comprensione delle elaborazioni svolte, il calcolo esplicito dei parametri assunti nonché tutti gli elementi, incluso il software utilizzato per i codici di calcolo, atti alla riproducibilità dello studio.

La Relazione idrologica contiene:

1. La descrizione generale del bacino idrografico afferente alla sezione di interesse;
2. L'illustrazione della metodologia seguita per lo Studio, essenzialmente la definizione del modello matematico sviluppato con il codice HEC HMS 4.2, sviluppato dall'Hydraulic Engineering Center, in

grado di simulare la complessa idrologia del sistema dei vasi afferenti al sistema di chiusura di interesse, che si articola nel:

- modello idrologico dei bacini, costituito complessivamente da 15 bacini di cui :- 6 bacini di pianura, con comportamento prevalente valutabile attraverso il metodo di trasformazione afflussi – deflussi dell'invaso; - 9 bacini montani o pedemontani, con comportamento prevalente valutabile attraverso il metodo di trasformazione afflussi – deflussi della corrivazione. Tale modello idrologico è finalizzato alla definizione delle caratteristiche idrologiche e geometriche dei sottobacini inseriti nella modellazione;
 - modello idraulico del sistema, composto da : - 1 nodo tipo "SOURCE", a rappresentare la captazione del Vaso Naviglio Grande Bresciano dal Fiume Chiese in località "Ponte Arche" di Gavardo; - 53 tratti delle aste idriche principali, rappresentanti sostanzialmente traslazioni temporali degli idrogrammi di piena lungo il percorso dei canali, - 52 nodi della rete (di cui 13 punti di immissione di bacini o ancora recapito di manufatti di partizione; 38 manufatti di partizione, a rappresentare punti di derivazione, manufatti scaricatori e sezioni di controllo, 1 punto di uscita dal sistema, costituito dal punto di confluenza tra il Rudone Irriguo e il Naviglio Grande Bresciano). Il modello idraulico ha come finalità la combinazione degli idrogrammi generati per ciascun sottobacino di interesse, attraverso la modellazione dei fenomeni di traslazione e smorzamento lungo la rete e delle singolarità geometriche modellate, quali manufatti di partizione o di sfioro;
 - modello meteorologico del sistema, definito utilizzando i parametri delle C.P.C. resi disponibili per l'intero territorio regionale dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, per la modellazione degli afflussi meteorici, composto da una serie di ietogrammi triangolari, di differenti caratteristiche (in funzione del corso d'acqua preso in esame) e durate comprese tra 120' e 660', facenti riferimento a eventi con tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni.
3. La descrizione in dettaglio dei principali parametri del modello idrologico nel modello matematico nonché i criteri di calcolo seguiti, ovvero le modalità di perimetrazione dei bacini, la determinazione del metodo di trasformazione afflussi – deflussi utilizzato (non il medesimo per tutti i bacini), la definizione dei principali parametri idrologici dei bacini, a partire dalle loro caratteristiche geometriche e morfologiche, le modalità di simulazione dei fenomeni di infiltrazione e di determinazione dei relativi parametri.
 4. Il dettaglio dei parametri del modello idraulico, ovvero quelli relativi alla modalità di simulazione della traslazione delle onde di piena generate dai diversi bacini, e alle modalità di modellazione dei principali nodi idraulici della rete (derivazioni, partizioni, sezioni di controllo).
 5. Le modalità di definizione del modello meteorologico del sistema, ovvero i criteri seguiti e i parametri assunti per la definizione degli ietogrammi di progetto.
 6. Il riassunto dei principali risultati dell'analisi idrologica, con particolare riferimento agli idrogrammi riscontrati alla sezione di interesse.

Si pone infine in evidenza come per la redazione dell'analisi idrologica svolta ai fini del presente Studio si siano presi in esame in misura approfondita i dati e le risultanze dello "Studio di Sistemazione Idraulica dei Bacini Idrografici Afferenti al Territorio del Comune di Brescia – redatto dal Prof. Ing. Baldassare Bacchi ed altri, per conto della Regione Lombardia - Direzione Generale OO.PP. e Protezione Civile - Servizio Difesa del suolo": a tale Studio si è anzi esplicitamente fatto riferimento per la definizione dei gruppi idrologici dei terreni per l'utilizzo del metodo di valutazione dei fenomeni di infiltrazione SCS-CN.

Rispetto a tale Studio, tuttavia, oltre ad un aggiornamento delle informazioni ivi contenute in merito all'uso dei suoli, è stata ampiamente implementata la modellazione delle modalità di convogliamento e ripartizione sul territorio degli afflussi imbriferi provenienti dai bacini, attraverso un'approfondita ed accurata modellazione della rete di drenaggio di pianura.

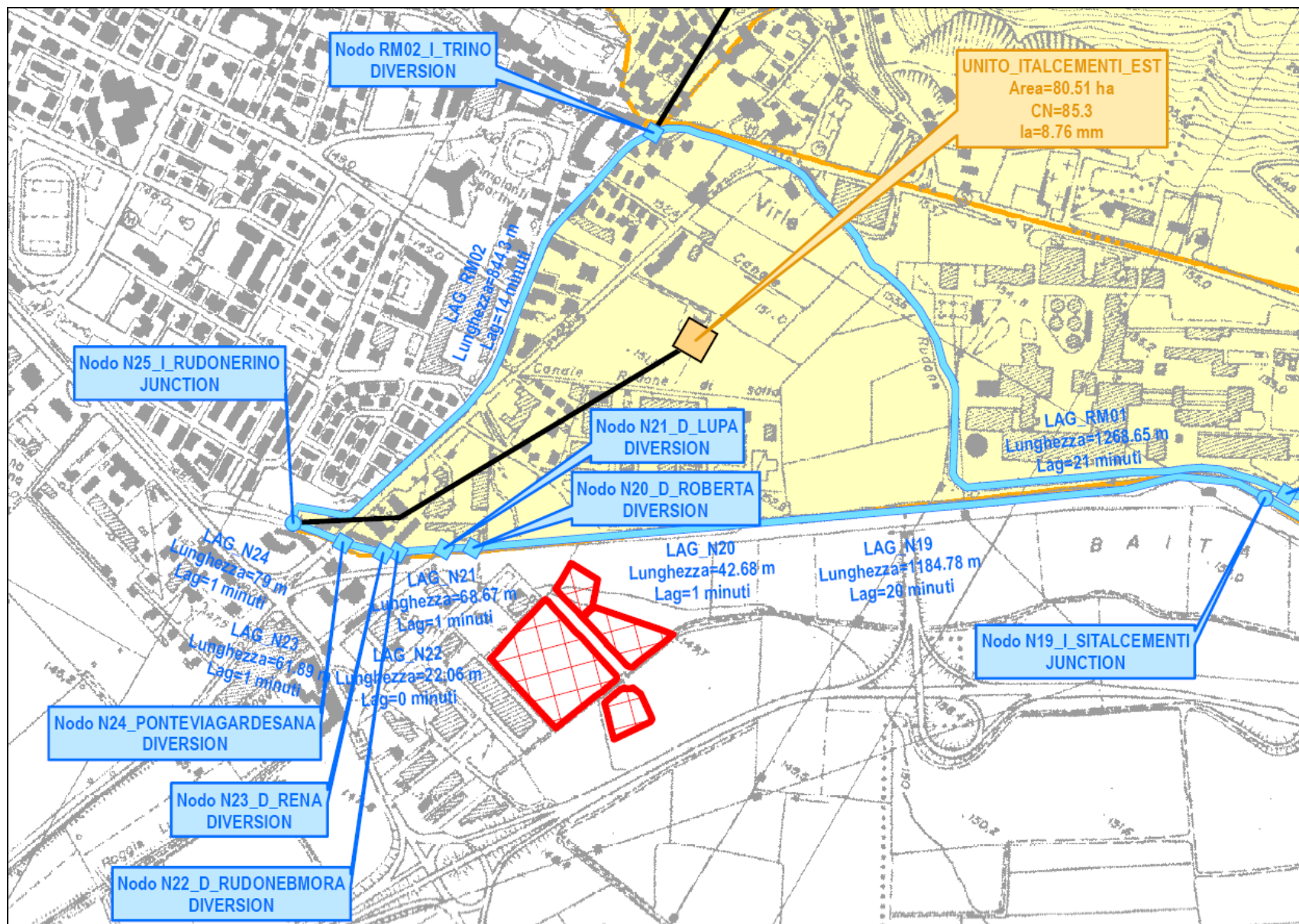
Attraverso le simulazioni svolte è stato possibile definire gli idrogrammi di piena attesi per l'asta idrica di interesse nel tratto del Naviglio Grande Bresciano compreso fra il LAG_N19 e il nodo N25_I-RUDONERINO. Tale tratto è interessato dalla presenza di una serie di derivazioni irrigue delle quali le più importanti sono la Roggia Roberta e la Roggia Lupa che svolgono anche una funzione di allontanamento delle portate di piena, e dall'immissione del Torrente Rino di Rezzato.

Ai fini del modello idraulico riveste particolare interesse la definizione degli idrogrammi di piena lungo i seguenti percorsi del modello idrologico:

- LAG_N19;
- LAG_N21 ;
- LAG_N23 ;
- LAG_N25 .

| Bacino_Lamifer | Area [m²] | Area [ha] | | CN [-] | Ia [mm] | Area [km²] |
|-----------------------|----------------------|-----------------|--|--------|---------|------------|
| GAVARDO_URBANO | 1'817'093.03 | 181.71 | | 76.09 | 15.97 | 1.817 |
| RINO | 1'772'142.28 | 177.21 | | 72.54 | 19.23 | 1.772 |
| UNITO_ITALCEMENTI_EST | 805'052.98 | 80.51 | | 85.30 | 8.76 | 0.805 |
| UNITO_NUVOLERA | 1'429'599.93 | 142.96 | | 75.56 | 16.43 | 1.430 |
| UNITO_MAZZANO_RIDOTTO | 1'913'141.13 | 191.31 | | 77.14 | 15.05 | 1.913 |
| RINI | 1'029'781.69 | 102.98 | | 74.72 | 17.18 | 1.030 |
| ROGGIA_MEDICI_SUD | 5'681'013.47 | 568.10 | | 79.08 | 13.44 | 5.681 |
| ROGGIA_MEDICI_NORD | 1'958'978.50 | 195.90 | | 83.08 | 10.34 | 1.959 |
| MARMERIA | 1'377'229.72 | 137.72 | | 81.44 | 11.58 | 1.377 |
| GIAVA | 12'070'160.81 | 1'207.02 | | 72.16 | 19.60 | 12.070 |
| CANALE_ABATE_SUD | 3'068'577.40 | 306.86 | | 78.20 | 14.16 | 3.069 |
| CANALE_RIOALTO | 761'154.29 | 76.12 | | 81.79 | 11.31 | 0.761 |
| SCARLO | 3'838'862.38 | 383.89 | | 73.13 | 18.67 | 3.839 |
| ANTICA_FONTE_SUM | 1'636'231.10 | 163.62 | | 76.18 | 15.89 | 1.636 |
| RUDONE_POSPESIO | 7'687'432.31 | 768.74 | | 75.06 | 16.88 | 7.687 |
| Totale | 46'846'451.02 | 4'684.65 | | | | |

Estratto Uso del Suolo Modello Idrologico



Estratto Tav_06 – Modello Idrologico

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|--------------------------------|----------------------|---------------|-----------------|------------|------|-------------|-------|-------|--------|--------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Bacino | Area | Hmin | Hmax | Hmed | Lmax | Tipo | Ti | vp | Tp | Tc | k (10 anni) | k (20 anni) | k (50 anni) | k (100 anni) |
| | [m²] | [m s.l.m.] | [m s.l.m.] | [m s.l.m.] | [km] | [-] | [min] | [m/s] | [min] | [min] | [min] | [min] | [min] | [min] |
| | | | | | | | | | | | 0.461 | 0.462 | 0.464 | 0.464 |
| GAVARDO_URBANO | 1'817'092.41 | 192.00 | 655.00 | 296.38 | 2.55 | EXTRAURBANO | 10.00 | 1.00 | 42.49 | 52.49 | | | | |
| RINO | 1'772'142.28 | 169.00 | 551.00 | 334.59 | 2.61 | EXTRAURBANO | 10.00 | 1.00 | 43.48 | 53.48 | | | | |
| UNITO_ITALCEMENTI_EST | 805'052.98 | 143.00 | 249.00 | 158.14 | 2.94 | PIANURA | 10.00 | 1.00 | 49.00 | 59.00 | 27.000 | 27.000 | 27.000 | 27.000 |
| UNITO_NUVOLERA | 1'429'599.93 | 169.00 | 563.00 | 287.39 | 1.25 | EXTRAURBANO | 10.00 | 1.00 | 20.77 | 30.77 | | | | |
| UNITO_MAZZANO_RIDOTTO | 1'913'141.15 | 155.00 | 554.00 | 307.86 | 1.36 | EXTRAURBANO | 10.00 | 1.00 | 22.70 | 32.70 | | | | |
| RINI | 1'029'781.70 | 162.00 | 537.00 | 264.82 | 1.42 | EXTRAURBANO | 10.00 | 1.00 | 23.64 | 33.64 | | | | |
| ROGGIA_MEDICI_SUD | 5681013.470 | 177.00 | 400.00 | 200.46 | 7.33 | PIANURA | 60.00 | 0.50 | 244.22 | 304.22 | 140.000 | 140.000 | 141.000 | 141.000 |
| ROGGIA_MEDICI_NORD | 1958978.500 | 177.00 | 325.00 | 190.01 | 2.66 | PIANURA | 40.00 | 0.50 | 88.50 | 128.50 | 59.000 | 59.000 | 59.000 | 59.000 |
| MARMERIA | 1'377'229.74 | 157.00 | 180.00 | 161.13 | 2.55 | PIANURA | 10.00 | 1.00 | 42.47 | 52.47 | 24.000 | 24.000 | 24.000 | 24.000 |
| GIAVA | 12'070'160.82 | 171.00 | 1'081.00 | 478.97 | 7.43 | EXTRAURBANO | 10.00 | 1.00 | 123.76 | 133.76 | | | | |
| CANALE_ABATE_SUD | 3'068'577.40 | 161.00 | 183.00 | 171.11 | 4.82 | PIANURA | 60.00 | 0.50 | 160.58 | 220.58 | 101.000 | 101.000 | 102.000 | 102.000 |
| CANALE_RIOALTO | 761'154.29 | 166.00 | 187.00 | 173.71 | 2.40 | PIANURA | 20.00 | 1.00 | 39.92 | 59.92 | 27.000 | 27.000 | 27.000 | 27.000 |
| SCARLO | 3'838'862.35 | 196.00 | 655.00 | 366.78 | 3.82 | EXTRAURBANO | 10.00 | 1.00 | 63.63 | 73.63 | | | | |
| ANTICA_FONTE_SUM | 1'636'231.10 | 171.00 | 514.00 | 270.80 | 2.49 | EXTRAURBANO | 10.00 | 1.00 | 41.52 | 51.52 | | | | |
| RUDONE_POSPESIO | 7'687'432.31 | 178.00 | 697.00 | 405.50 | 5.16 | EXTRAURBANO | 10.00 | 1.00 | 86.05 | 96.05 | | | | |
| BACINO LAMIFER COMPLETO | 46'846'450.43 | 143.00 | 1'081.00 | | | | | | | | | | | |

Estratto Uso morfologia Modello Idrologico

| Totale | | | 46'842'875.30 | | | 39.11263 | 0.29692 | 44.55335 | 0.29595 | 51.57340 | 0.29171 | 56.85258 | 0.29046 | 62.10768 | 0.28922 | 69.03693 | 0.28711 |
|-----------------|--------------|--------------|----------------|-----------|------------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| | | | 46.84 | | | | | | | | | | | | | | |
| DESCRIPTI ON | COL_NA ME | ROW_N AME | AREA [m²] | ESTUTM | NORDUTM | AG_10 | NG_10 | AG_20 | NG_20 | AG_50 | NG_50 | AG_100 | NG_100 | AG_200 | NG_200 | AG_500 | NG_500 |
| EV76 | EV | 76 | 40618.126348 | 603000.00 | 5049000.00 | 38.51570 | 0.30694 | 43.79290 | 0.30660 | 50.58470 | 0.30247 | 55.70080 | 0.30235 | 60.79970 | 0.30146 | 67.51340 | 0.29977 |
| EV77 | EV | 77 | 77917.593247 | 603000.00 | 5047000.00 | 38.58430 | 0.29824 | 43.84950 | 0.29779 | 50.62740 | 0.29355 | 55.73080 | 0.29324 | 60.81930 | 0.29228 | 67.51770 | 0.29047 |
| EV79 | EV | 79 | 3096.768978 | 603000.00 | 5043000.00 | 38.59860 | 0.28262 | 43.82020 | 0.28194 | 50.54680 | 0.27769 | 55.60600 | 0.27698 | 60.65410 | 0.27592 | 67.29840 | 0.27394 |
| EW76 | EW | 76 | 1552843.924704 | 605000.00 | 5049000.00 | 38.62780 | 0.31002 | 43.95790 | 0.30951 | 50.82450 | 0.30550 | 55.99160 | 0.30504 | 61.14170 | 0.30410 | 67.92590 | 0.30235 |
| EW77 | EW | 77 | 3791223.431260 | 605000.00 | 5047000.00 | 38.72560 | 0.30099 | 44.05040 | 0.30038 | 50.91150 | 0.29625 | 56.07260 | 0.29561 | 61.21880 | 0.29459 | 67.99610 | 0.29271 |
| EW78 | EW | 78 | 2624520.742757 | 605000.00 | 5045000.00 | 38.78650 | 0.29224 | 44.09910 | 0.29151 | 50.94620 | 0.28730 | 56.09470 | 0.28648 | 61.23010 | 0.28539 | 67.99190 | 0.28344 |
| EW79 | EW | 79 | 3508536.996017 | 605000.00 | 5043000.00 | 38.82460 | 0.28376 | 44.12190 | 0.28292 | 50.95140 | 0.27869 | 56.08460 | 0.27769 | 61.20600 | 0.27654 | 67.94880 | 0.27449 |
| EW80 | EW | 80 | 1856160.271859 | 605000.00 | 5041000.00 | 38.80500 | 0.27649 | 44.08090 | 0.27554 | 50.88780 | 0.27132 | 56.00300 | 0.27011 | 61.10520 | 0.26891 | 67.82440 | 0.26679 |
| EX76 | EX | 76 | 208016.495216 | 607000.00 | 5049000.00 | 38.86630 | 0.31217 | 44.28720 | 0.31145 | 51.27850 | 0.30740 | 56.54410 | 0.30657 | 61.77480 | 0.30550 | 68.67940 | 0.30363 |
| EX77 | EX | 77 | 3475114.023077 | 607000.00 | 5047000.00 | 38.99040 | 0.30283 | 44.41220 | 0.30201 | 51.40550 | 0.29785 | 56.67110 | 0.29685 | 61.90390 | 0.29571 | 68.80900 | 0.29371 |
| EX78 | EX | 78 | 3999993.936993 | 607000.00 | 5045000.00 | 39.07740 | 0.29372 | 44.49390 | 0.29280 | 51.48170 | 0.28853 | 56.74160 | 0.28736 | 61.97040 | 0.28615 | 68.86860 | 0.28406 |
| EX79 | EX | 79 | 3786069.178158 | 607000.00 | 5043000.00 | 39.14430 | 0.28484 | 44.55350 | 0.28381 | 51.53350 | 0.27951 | 56.78540 | 0.27817 | 62.00830 | 0.27689 | 68.89730 | 0.27472 |
| EX80 | EX | 80 | 689757.340641 | 607000.00 | 5041000.00 | 39.11620 | 0.27721 | 44.49630 | 0.27609 | 51.44120 | 0.27183 | 56.65610 | 0.27032 | 61.85860 | 0.26900 | 68.71090 | 0.26678 |
| EY76 | EY | 76 | 705792.754716 | 609000.00 | 5049000.00 | 39.06260 | 0.31415 | 44.55520 | 0.31324 | 51.64380 | 0.30915 | 56.97680 | 0.30796 | 62.27830 | 0.30678 | 69.27610 | 0.30477 |
| EY77 | EY | 77 | 3991919.819659 | 609000.00 | 5047000.00 | 39.20830 | 0.30455 | 44.70690 | 0.30354 | 51.80390 | 0.29934 | 57.14210 | 0.29800 | 62.45070 | 0.29675 | 69.45530 | 0.29463 |
| EY78 | EY | 78 | 3999993.936993 | 609000.00 | 5045000.00 | 39.31770 | 0.29510 | 44.81700 | 0.29399 | 51.91580 | 0.28967 | 57.25420 | 0.28819 | 62.56430 | 0.28686 | 69.56950 | 0.28465 |
| EY79 | EY | 79 | 1934714.813846 | 609000.00 | 5043000.00 | 39.41340 | 0.28584 | 44.91340 | 0.28463 | 52.01430 | 0.28027 | 57.35280 | 0.27863 | 62.66450 | 0.27723 | 69.67040 | 0.27494 |
| EZ76 | EZ | 76 | 2266458.230216 | 611000.00 | 5049000.00 | 39.25880 | 0.31658 | 44.82340 | 0.31547 | 52.00900 | 0.31137 | 57.40940 | 0.30985 | 62.78220 | 0.30856 | 69.87290 | 0.30642 |
| EZ77 | EZ | 77 | 4000013.933564 | 611000.00 | 5047000.00 | 39.41920 | 0.30659 | 44.99320 | 0.30539 | 52.19150 | 0.30113 | 57.60100 | 0.29948 | 62.98390 | 0.29811 | 70.08600 | 0.29586 |
| EZ78 | EZ | 78 | 2992293.217100 | 611000.00 | 5045000.00 | 39.54720 | 0.29669 | 45.12600 | 0.29541 | 52.33120 | 0.29105 | 57.74500 | 0.28927 | 63.13340 | 0.28783 | 70.24090 | 0.28550 |
| EZ79 | EZ | 79 | 175230.842168 | 611000.00 | 5043000.00 | 39.68410 | 0.28633 | 45.27280 | 0.28495 | 52.49140 | 0.28050 | 57.91450 | 0.27856 | 63.31300 | 0.27704 | 70.43300 | 0.27463 |
| FA76 | FA | 76 | 306169.311057 | 613000.00 | 5049000.00 | 39.43450 | 0.31664 | 45.07140 | 0.31528 | 52.35410 | 0.31092 | 57.82260 | 0.30899 | 63.27640 | 0.30750 | 70.46220 | 0.30512 |
| FA77 | FA | 77 | 856005.530525 | 613000.00 | 5047000.00 | 39.59580 | 0.30642 | 45.24160 | 0.30498 | 52.53630 | 0.30050 | 58.01360 | 0.29848 | 63.46770 | 0.29692 | 70.66230 | 0.29446 |
| FA78 | FA | 78 | 414.079666 | 613000.00 | 5045000.00 | 39.71900 | 0.29621 | 45.36780 | 0.29470 | 52.66650 | 0.29013 | 58.14680 | 0.28799 | 63.61240 | 0.28637 | 70.81170 | 0.28385 |

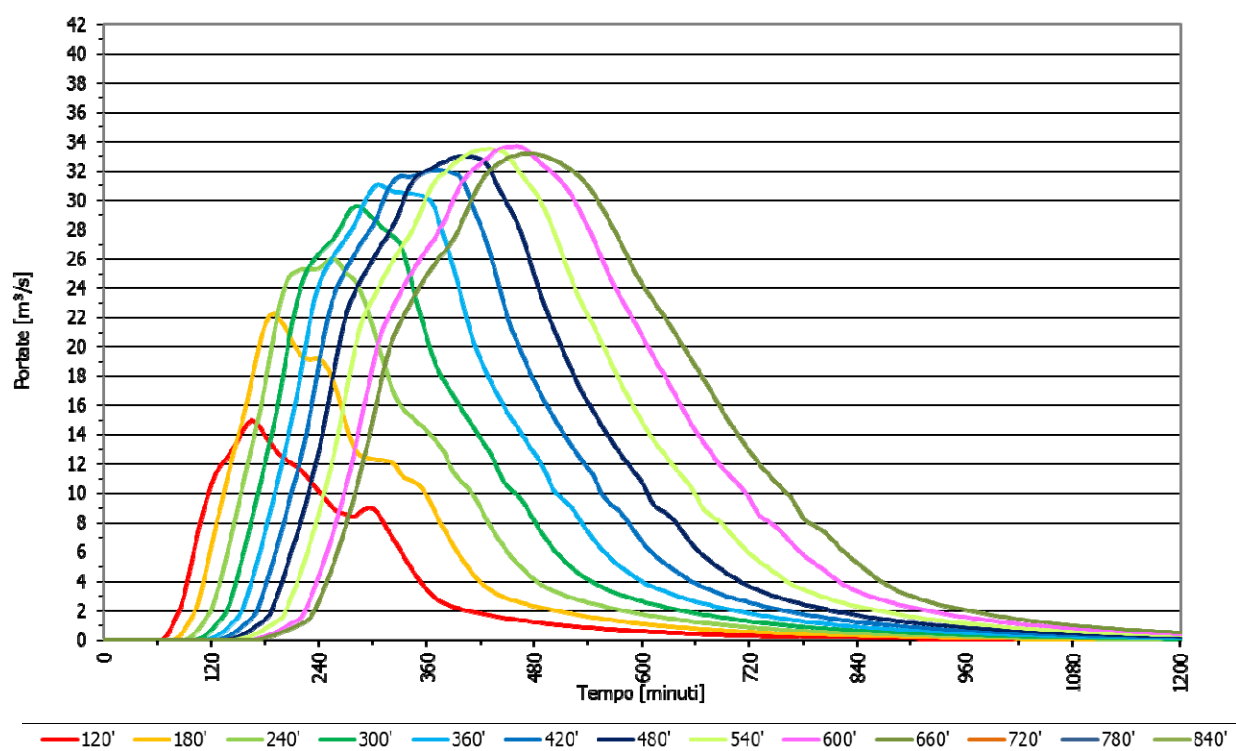
Estratto CPC Modello Meteorologico

2.1 EVENTO CINQUANTENNALE

2.1.1 Idrogrammi di piena sul LAG_N19

| | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Valore max |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| | 120' | 180' | 240' | 300' | 360' | 420' | 480' | 540' | 600' | 660' | [m ³ /s] |
| Portata massima [m ³ /s] | 15.000 | 22.258 | 26.079 | 29.601 | 31.089 | 32.084 | 33.016 | 33.510 | 33.699 | 33.191 | 33.510 |
| u [l/(s*ha)] | 3.2022 | 4.7517 | 5.5674 | 6.3192 | 6.6370 | 6.8493 | 7.0483 | 7.1536 | 7.1941 | 7.0857 | |

*Prospetto riassuntivo dei risultati delle simulazioni svolte sul modello idrologico: Naviglio Grande Bresciano
LAG_N19 - Evento con tempo di ritorno cinquantennale*



Andamento degli idrogrammi di piena del Naviglio Grande Bresciano: LAG_N19 Evento con tempo di ritorno cinquantennale

2.1.2 Idrogrammi di piena sul LAG_N21

| | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Valore max |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| | 120' | 180' | 240' | 300' | 360' | 420' | 480' | 540' | 600' | 660' | [m³/s] |
| Portata massima [m³/s] | 7.961 | 15.239 | 19.050 | 22.599 | 24.051 | 25.083 | 26.016 | 26.507 | 26.697 | 26.190 | 26.697 |
| u [l/(s*ha)] | 1.6995 | 3.2532 | 4.0667 | 4.8245 | 5.1344 | 5.3547 | 5.5539 | 5.6588 | 5.6993 | 5.5910 | |

Prospetto riassuntivo dei risultati delle simulazioni svolte sul modello idrologico: Naviglio Grande Bresciano LAG_N21 - Evento con tempo di ritorno cinquantennale

2.1.3 Idrogrammi di piena sul LAG_N23

| | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Valore max |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| | 120' | 180' | 240' | 300' | 360' | 420' | 480' | 540' | 600' | 660' | [m³/s] |
| Portata massima [m³/s] | 6.999 | 14.262 | 18.094 | 21.688 | 23.145 | 24.196 | 25.132 | 25.619 | 25.809 | 25.303 | 25.809 |
| u [l/(s*ha)] | 1.4942 | 3.0446 | 3.8627 | 4.6300 | 4.9411 | 5.1654 | 5.3651 | 5.4691 | 5.5097 | 5.4018 | |

Prospetto riassuntivo dei risultati delle simulazioni svolte sul modello idrologico: Naviglio Grande Bresciano LAG_N23 - Evento con tempo di ritorno cinquantennale

2.1.4 Idrogrammi di piena sul LAG_N25

| | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Valore max |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| | 120' | 180' | 240' | 300' | 360' | 420' | 480' | 540' | 600' | 660' | [m³/s] |
| Portata massima [m³/s] | 10.557 | 18.309 | 23.038 | 26.153 | 28.572 | 29.642 | 30.320 | 31.059 | 31.422 | 31.096 | 31.422 |
| u [l/(s*ha)] | 2.2537 | 3.9087 | 4.9181 | 5.5832 | 6.0996 | 6.3281 | 6.4728 | 6.6304 | 6.7079 | 6.6383 | |

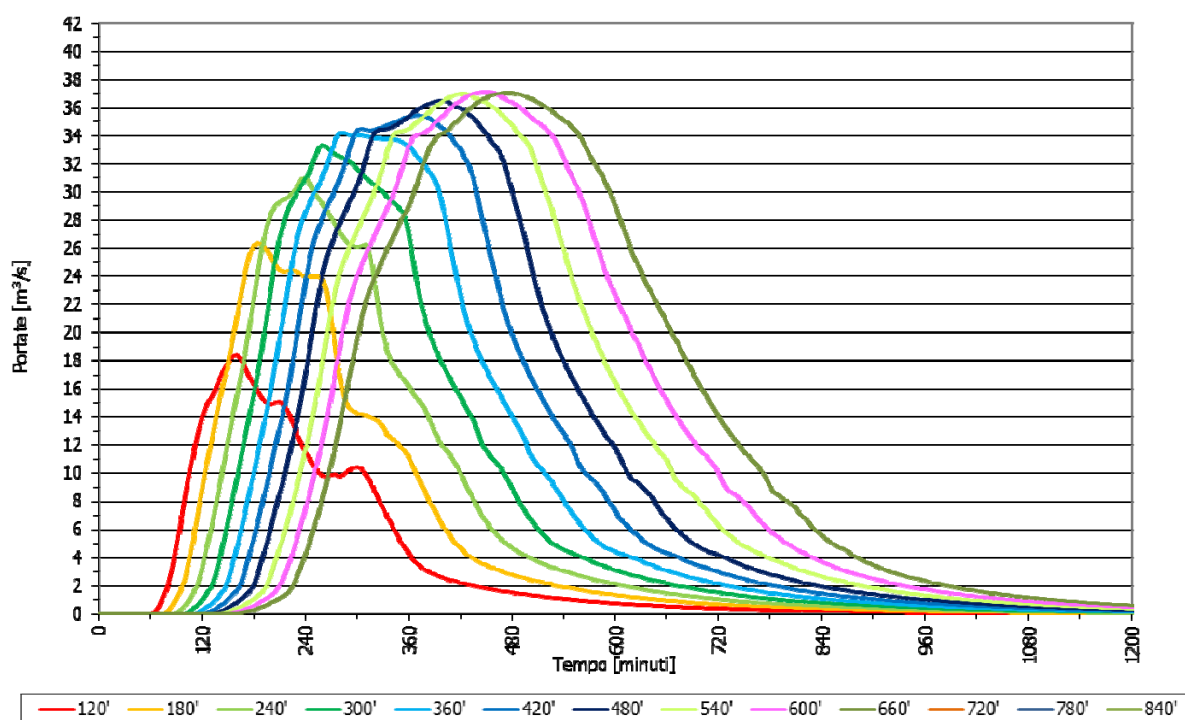
Prospetto riassuntivo dei risultati delle simulazioni svolte sul modello idrologico: Naviglio Grande Bresciano LAG_N25 - Evento con tempo di ritorno cinquantennale

2.2 EVENTO CENTENNALE

2.2.1 Idrogrammi di piena sul LAG_N19

| | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Valore max |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| | 120' | 180' | 240' | 300' | 360' | 420' | 480' | 540' | 600' | 660' | [m ³ /s] |
| Portata massima [m ³ /s] | 18.418 | 26.385 | 30.993 | 33.358 | 34.227 | 35.463 | 36.497 | 36.979 | 37.124 | 37.057 | 36.979 |
| u [l/(s*ha)] | 3.9319 | 5.6327 | 6.6163 | 7.1212 | 7.3068 | 7.5707 | 7.7914 | 7.8942 | 7.9252 | 7.9110 | |

*Prospetto riassuntivo dei risultati delle simulazioni svolte sul modello idrologico: Naviglio Grande Bresciano
LAG_N19 - Evento con tempo di ritorno centennale*



Andamento degli idrogrammi di piena del Naviglio Grande Bresciano: LAG_N19 Evento con tempo di ritorno centennale

2.2.2 Idrogrammi di piena sul LAG_N21

| | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Valore max |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| | 120' | 180' | 240' | 300' | 360' | 420' | 480' | 540' | 600' | 660' | [m³/s] |
| Portata massima [m³/s] | 11.397 | 19.351 | 23.979 | 26.311 | 27.203 | 28.458 | 29.495 | 29.974 | 30.121 | 30.055 | 30.121 |
| u [l/(s*ha)] | 2.4331 | 4.1311 | 5.1190 | 5.6169 | 5.8072 | 6.0753 | 6.2965 | 6.3989 | 6.4301 | 6.4161 | |

Prospetto riassuntivo dei risultati delle simulazioni svolte sul modello idrologico: Naviglio Grande Bresciano LAG_N21 - Evento con tempo di ritorno centennale

2.2.3 Idrogrammi di piena sul LAG_N23

| | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Valore max |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| | 120' | 180' | 240' | 300' | 360' | 420' | 480' | 540' | 600' | 660' | [m³/s] |
| Portata massima [m³/s] | 10.440 | 18.390 | 23.019 | 25.351 | 26.280 | 27.569 | 28.605 | 29.081 | 29.233 | 29.167 | 29.233 |
| u [l/(s*ha)] | 2.2287 | 3.9259 | 4.9140 | 5.4120 | 5.6102 | 5.8854 | 6.1065 | 6.2083 | 6.2407 | 6.2267 | |

Prospetto riassuntivo dei risultati delle simulazioni svolte sul modello idrologico: Naviglio Grande Bresciano LAG_N23 - Evento con tempo di ritorno centennale

2.2.4 Idrogrammi di piena sul LAG_N25

| | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Valore max |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| | 120' | 180' | 240' | 300' | 360' | 420' | 480' | 540' | 600' | 660' | [m³/s] |
| Portata massima [m³/s] | 12.904 | 23.411 | 28.236 | 31.666 | 33.407 | 34.059 | 34.473 | 35.222 | 35.562 | 35.610 | 35.610 |
| u [l/(s*ha)] | 2.7548 | 4.9978 | 6.0279 | 6.7601 | 7.1318 | 7.2709 | 7.3594 | 7.5192 | 7.5917 | 7.6020 | |

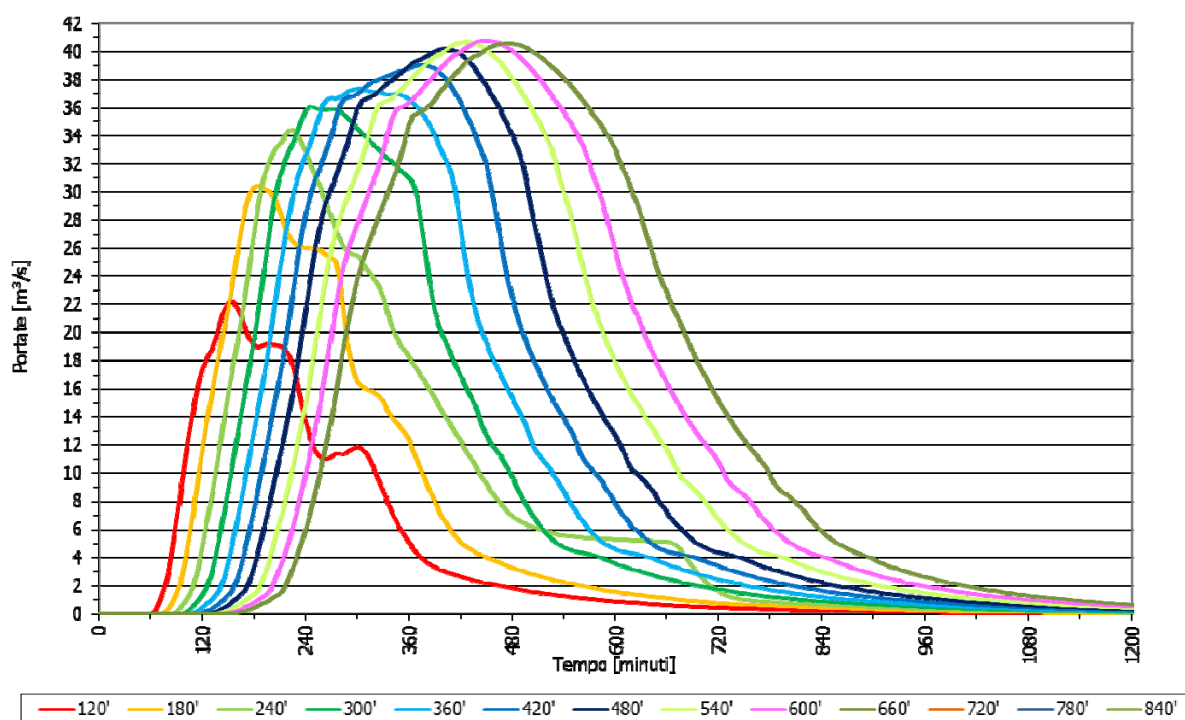
Prospetto riassuntivo dei risultati delle simulazioni svolte sul modello idrologico: Naviglio Grande Bresciano LAG_N25 - Evento con tempo di ritorno centennale

2.3 EVENTO DUECENTENNALE

2.3.1 Idrogrammi di piena sul LAG_N19

| | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Valore max |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| | 120' | 180' | 240' | 300' | 360' | 420' | 480' | 540' | 600' | 660' | [m ³ /s] |
| Portata massima [m ³ /s] | 22.203 | 30.452 | 34.450 | 36.069 | 37.346 | 39.055 | 40.178 | 40.671 | 40.765 | 40.582 | 40.765 |
| u [l/(s*ha)] | 4.7399 | 6.5009 | 7.3545 | 7.7001 | 7.9725 | 8.3374 | 8.5772 | 8.6825 | 8.7026 | 8.6635 | |

*Prospetto riassuntivo dei risultati delle simulazioni svolte sul modello idrologico: Naviglio Grande Bresciano
LAG_N19 - Evento con tempo di ritorno due centennale*



Andamento degli idrogrammi di piena del Naviglio Grande Bresciano: LAG_N19 Evento con tempo di ritorno duecentennale

2.3.2 Idrogrammi di piena sul LAG_N21

| | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Valore max |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| | 120' | 180' | 240' | 300' | 360' | 420' | 480' | 540' | 600' | 660' | [m³/s] |
| Portata massima [m³/s] | 15.186 | 23.429 | 27.439 | 29.045 | 30.335 | 32.049 | 33.174 | 33.666 | 33.760 | 33.579 | 33.760 |
| u [l/(s*ha)] | 3.2418 | 5.0016 | 5.8576 | 6.2005 | 6.4759 | 6.8418 | 7.0819 | 7.1870 | 7.2070 | 7.1685 | |

Prospetto riassuntivo dei risultati delle simulazioni svolte sul modello idrologico: Naviglio Grande Bresciano LAG_N21 - Evento con tempo di ritorno duecentennale

2.3.3 Idrogrammi di piena sul LAG_N23

| | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Valore max |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| | 120' | 180' | 240' | 300' | 360' | 420' | 480' | 540' | 600' | 660' | [m³/s] |
| Portata massima [m³/s] | 14.215 | 22.493 | 26.485 | 28.140 | 29.449 | 31.155 | 32.289 | 32.783 | 32.874 | 32.689 | 32.874 |
| u [l/(s*ha)] | 3.0346 | 4.8017 | 5.6540 | 6.0074 | 6.2868 | 6.6511 | 6.8931 | 6.9984 | 7.0179 | 6.9785 | |

Prospetto riassuntivo dei risultati delle simulazioni svolte sul modello idrologico: Naviglio Grande Bresciano LAG_N23 - Evento con tempo di ritorno duecentennale

2.3.4 Idrogrammi di piena sul LAG_N25

| | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Trian golare | Valore max |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| | 120' | 180' | 240' | 300' | 360' | 420' | 480' | 540' | 600' | 660' | [m³/s] |
| Portata massima [m³/s] | 17.380 | 28.311 | 33.211 | 36.103 | 37.333 | 37.806 | 38.610 | 39.434 | 39.780 | 39.746 | 39.780 |
| u [l/(s*ha)] | 3.7102 | 6.0438 | 7.0899 | 7.7072 | 7.9699 | 8.0708 | 8.2424 | 8.4184 | 8.4923 | 8.4849 | |

Prospetto riassuntivo dei risultati delle simulazioni svolte sul modello idrologico: Naviglio Grande Bresciano LAG_N25 - Evento con tempo di ritorno duecentennale

2.4 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE DELLA RELAZIONE IDROLOGICA

I risultati delle simulazioni svolte evidenziano come, per la pressoché totalità del tratto modellato, il picco di portata dell'evento di piena di riferimento si abbia, per tutti i tempi di ritorno assunti (50 – 100 – 200 anni), per eventi di durata pari a circa 600'.

All'interno dell'analisi idraulica a moto permanente si utilizzeranno pertanto i valori di portata corrispondenti, per ciascuna sezione presa in esame, all'evento di 600' e riportate all'interno della tabella seguente.

Come si vedrà in sede di relazione idraulica in realtà i valori derivanti dall'analisi idrologica saranno soggetti ad un'analisi interpretativa e non saranno applicati tout court.

| Elemento del modello | Portata 050y [m³/s] | Portata 100y [m³/s] | Portata 200y [m³/s] | Descrizione |
|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---|
| LAG_N19 | 33.70 | 37.12 | 40.76 | Sezione iniziale modello |
| LAG_N21 | 26.70 | 30.12 | 33.76 | Uscita Roggia Roberta e Roggia Lupa |
| LAG_N23 | 25.82 | 29.24 | 32.88 | Uscite Roggia Rena e-Rudone Mora |
| LAG_N25 | 31.42 | 35.56 | 39.78 | Immissione Torrente Rino di Rezzato - Virle |

Portate al colmo

3. RELAZIONE IDRAULICA

La relazione idraulica, analogamente a quella idrologica, contiene i risultati finali dell'analisi svolta e tutti gli elementi atti alla piena comprensione delle elaborazioni svolte il calcolo esplicito dei parametri assunti nonché tutti gli elementi atti alla possibile riproducibilità dei calcoli svolti, inclusa l'indicazione del software utilizzato.

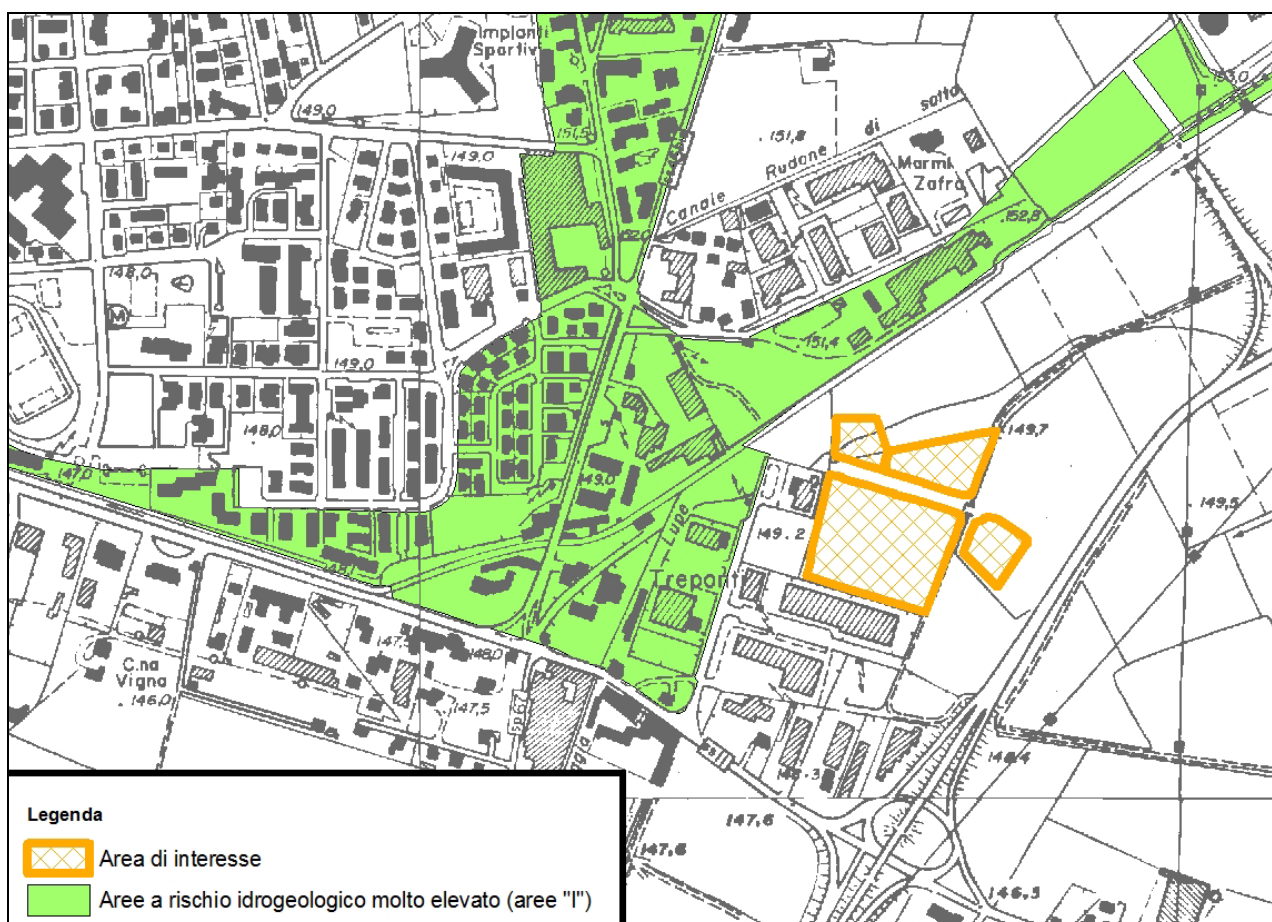
Come previsto dal disciplinare d'incarico per la Prima fase del Piano di lavoro, l'analisi viene condotta in moto permanente monodimensionale ed in relazione ad un evento con tempo di ritorno cinquantennale, centennale e duecentennale.

La Relazione idraulica in sintesi tratta:

1. Lo stato della pianificazione P.A.I. interessante le aree del S.U.A.P. come modificata a seguito della citata Variante.
2. Descrive lo stato dei luoghi come si presenta ad oggi, con particolare riferimento al Vaso Naviglio Grande Bresciano e alle opere su di esso presenti
3. Descrive compiutamente l'analisi idraulica svolta, in merito ai presupposti e alle finalità dell'analisi, ai parametri di calcolo, ai risultati ottenuti, al codice di calcolo utilizzato HEC-RAS 5.0.1 prodotto dall'Hydrologic Engineering Center in grado di sviluppare rapidamente gli algoritmi di calcolo applicati a schemi tipologici e geometrici complessi e vari, rappresentanti il corso d'acqua e le aree laterali interessate dal deflusso.

3.1 PIANIFICAZIONE P.A.I. E P.G.R.A.

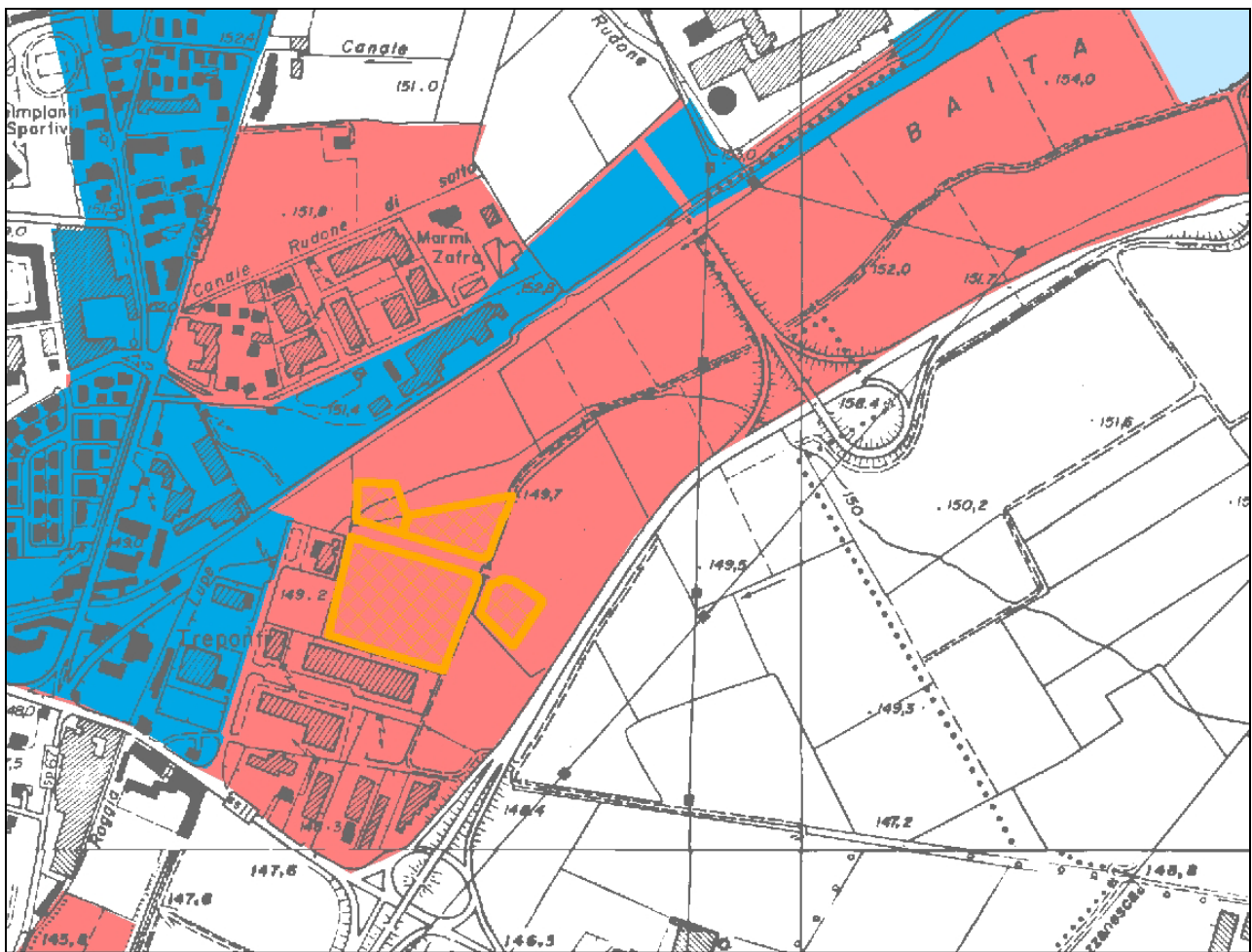
Nella sua redazione originaria il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Po (Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 del 26.04.2001) individuava aree a rischio di esondazione indotto dal Naviglio Grande Bresciano, ma esteso alla sponda destra a monte dell'area di interesse e sulle due sponde a valle della stessa.



Rappresentazione grafica della perimetrazione delle aree di dissesto per rischio idrogeologico molto elevato (Aree "I"), elaborazione su dati regionali, scala 1:10'000.

Il dissesto individuato era legato alla presenza di aree di tipo "I" (aree a rischio idrogeologico molto elevato per inondazione ex art. 49 N.T.A. del P.A.I.), ovvero aree coinvolgibili da fenomeni alluvionali con tempo di ritorno inferiore o pari a 50 anni.

Le modifiche apportate al P.A.I. a seguito del P.G.R.A. (Piano di Gestione del Rischio Alluvioni), adottate definitivamente con Delibera Comitato Istituzionale n. 05 del 07.12.2016, hanno introdotto una nuova perimetrazione delle aree esposte a fenomeni alluvionali, suddividendole in funzione della natura del corso d'acqua che origina il fenomeno (corsi d'acqua del reticolo principale, corsi d'acqua del reticolo secondario collinare e montano, corsi d'acqua del reticolo secondario di pianura).



Rappresentazione grafica dei vincoli previsti dal P.A.I. (come integrato dalla Del. 07.12.2016 n. 05) insistenti sull'area di interesse, elaborazione su dati vettoriali regionali PGRA, scala 1:10'000.

| Legenda | |
|---------|--|
| | Area di interesse |
| | Reticolo principale pericolosità H (20 anni) |
| | Reticolo principale pericolosità M (200 anni) |
| | Reticolo principale pericolosità L (500 anni) |
| | Reticolo secondario collinare e montano pericolosità H |
| | Reticolo secondario collinare e montano pericolosità M |
| | Reticolo secondario collinare e montano pericolosità L |
| | Reticolo secondario di pianura pericolosità H |
| | Reticolo secondario di pianura pericolosità M |

Le aree di specifico interesse dello Studio sono ricomprese all'interno della categoria di nuova introduzione relativa al reticolo secondario di pianura, definito dall'art. 57 del Titolo V delle N.T.A. variate, ed in particolare si è individuata una pericolosità di tipo H, ovvero che si manifesta con eventi con tempo di ritorno pari a 50 anni (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

3.2 IL CANALE NAVIGLIO NELL'AREA D'INTERESSE

Da monte verso valle il canale procede in direzione Nord – Est, Sud – Ovest in un alveo che, in un primo tratto, alterna tratti con sponde e fondo naturali e tratti canalizzati.

Il primo manufatto significativo che si riscontra lungo il tratto oggetto del presente Studio è il ponte della S.S. 116; il ponte ha sezione rettangolare 11.50 x 3.10 m e presenta la peculiarità di essere realizzato in un tratto in cui la S.S. 116 corre in rilevato, costituendo pertanto uno sbarramento trasversale rispetto al moto della corrente ex alveo.

La sezione del ponte viene pertanto considerata come sezione di monte per il modello idraulico in quanto esso costituisce una sezione di controllo: la portata proveniente da monte è vincolata a transitare attraverso di esso, con una teorica laminazione delle portate provenienti da monte e quindi una potenziale modulazione dei picchi di piena legata all'esondazione a monte della sezione stessa.

A valle del ponte il Naviglio Grande Bresciano corre per un breve tratto all'interno di una sezione naturale di larghezza pari a circa 11 – 12 metri e poi in una sezione canalizzata, con muri spondali su una o su ambedue le sponde.

Circa 590 metri a valle del ponte sulla S.S. 116 si riscontra l'opera sicuramente più rilevante per gli scopi dello Studio, vale a dire una centrale idroelettrica di recente realizzazione, che sfrutta il salto presente in corrispondenza della bocca di presa della Roggia Roberta.

In corrispondenza della centrale idroelettrica, il Naviglio Grande Bresciano scorre all'interno di una sezione canalizzata in cls rettangolare 10.00 x 2.70 m; lungo lo sviluppo del tratto canalizzato è presente una sezione di controllo, ove sono localizzate due paratoie a ventola, ciascuna di larghezza pari a 4.60 m (con sommità a quota 150.20 m s.l.m. in condizioni di paratoie sollevate), separate da un setto centrale di larghezza pari a 0.75 m.

Le paratoie a ventola hanno la funzione di incrementare i tiranti idrici a monte della centrale idroelettrica in condizioni di magra o di morbida e se ne prevede l'abbattimento in condizioni di piena.

La centrale idroelettrica è realizzata in sponda sinistra rispetto al Naviglio Grande Bresciano.

In corrispondenza della centrale idroelettrica sono localizzati due presidi di tutela della funzionalità idraulica del Naviglio Grande Bresciano in condizioni di piena, costituiti da altrettanti canali di bypass, ambedue in sponda sinistra, che corrono intorno al canale di alimentazione e a quello di scarico della centrale stessa.

Il canale più interno (definito negli elaborati della modellazione idraulica con la codifica ROBERTA+SCAR) è alimentato da una paratoia di fondo di sezione 2.50 x 2.00 metri, ed è costituito da un canale di pari sezione di sviluppo nell'ordine di 50 metri, che scarica nel Naviglio Grande Bresciano a valle della sezione di controllo.

Immediatamente a monte dello scarico su tale canale è presente un'ulteriore opera di controllo, con una paratoia trasversale di sezione pari a 2.50 x 2.00 m e una seconda, in sponda sinistra, di sezione 2.00x2.00 m che alimenta la Roggia Roberta, il cui manufatto di captazione è stato inglobato all'interno delle opere della centrale.


In condizioni di tempo asciutto (con centrale in funzione e Roggia Roberta in esercizio irriguo) la paratoia trasversale posta sul canale prima dello scarico viene chiusa e vengono convogliate attraverso la paratoia di presa e, principalmente, quella di alimentazione della Roggia, le sole portate irrigue.

In condizioni di piena è prevista l'apertura completa delle due paratoie poste sul canale e la regolazione della paratoia di alimentazione della Roggia Roberta, per garantire il transito delle portate di piena ad essa assegnate (circa 2.50 m³/s).

Sul lato esterno del canale di bypass è presente un secondo canale di bypass, di sezione pari a 2.00 x 1.00 m, alimentato da uno scaricatore di piena longitudinale posto a monte delle ventole avente sviluppo

REGIONE LOMBARDIA
CONSORZIO DI BONIFICA CHIESE
 Comprensorio n. 7

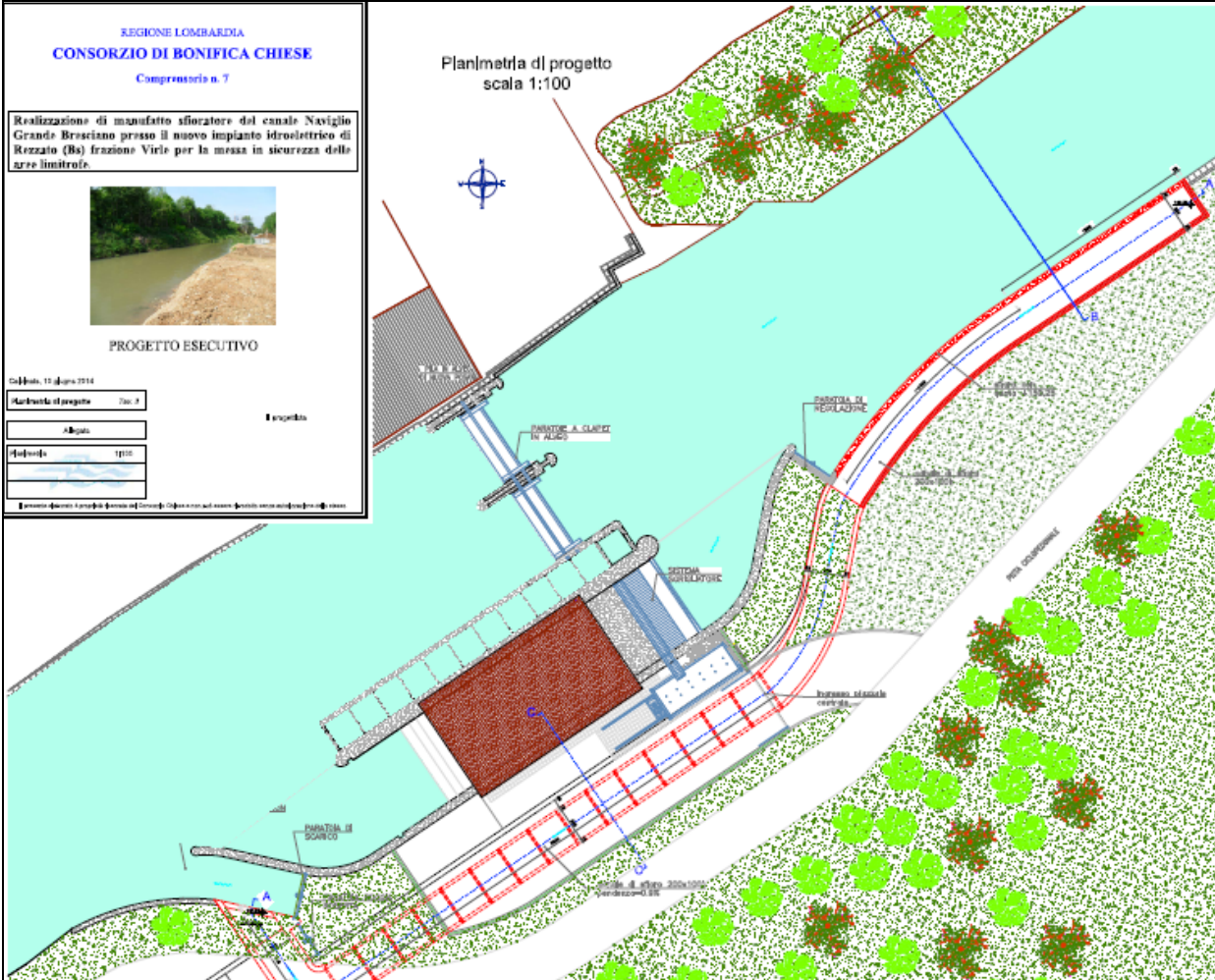
Realizzazione di manufatto sfioratore del canale Naviglio Grande Bresciano presso il nuovo impianto idroelettrico di Rezzato (Bs) frazione Virle per la messa in sicurezza delle aree limitrofe.



PROGETTO ESECUTIVO

Definito: 12 giugno 2014
 Autore del progetto: []
 Disegnato: []
 Verificato: []
 Approvato: []

Planimetria di progetto
 scala 1:100



POT. IDROELETTRICA

POT. DEDICAZIONE

Ingresso al canale centrale

MONTAGNA DI CEMENTO

SOSTEGNO AL PORTINELLO

PORTINELLO A CLAMPEL IN ALLUMINIO

PORTINELLO IN CEMENTO

Canale d'alveo 20x10m - pendenza=0.00

POT. DEDICAZIONE

Contestualmente alle opere della centrale idroelettrica sono state eseguite anche delle opere sul Naviglio Grande Bresciano nel tratto a monte della centrale stessa: in particolare ambedue le sponde sono state sopralzate fino a 150.70 m s.l.m. per circa 230 – 240 metri.

A valle della Roggia Lupa il Naviglio Grande Bresciano corre in sezione canalizzata larga circa 8 – 10 m; nel tratto modellato sono presenti tre traverse trasversali:

- Pag. 17

- la seconda, posta circa 490 m a valle della centrale idroelettrica, alimenta la Roggia Treina;
- la terza, posta circa 850 m a valle della centrale idroelettrica, alimenta la Roggia Cavallina.

Nel tratto compreso tra la derivazione della Roggia Treina e quella della Roggia Cavallina è presente un'immissione significativa, ovvero quella del Torrente Rino di Rezzato.

Il modello è stato esteso a valle fino alla travata della Roggia Cavallina per tener conto degli effetti di rigurgito nel tratto a monte e di disconnessione idraulica rispetto al tratto di valle.

3.3 PRESUPPOSTI E CONDIZIONI AL CONTERNO DELL'ANALISI IDRAULICA

L'analisi idraulica, condotta in moto stazionario monodimensionale esteso alla sola sezione incisa del Naviglio Grande Bresciano, prevede sostanzialmente il transito della portata solo lungo lo sviluppo longitudinale del canale e vincola la sezione di deflusso a quella compresa tra le due sponde in riferimento al solo valore massimo della portata e non all'idrogramma nel suo complesso.

Eventuali significative insufficienze in termini di altezza dei tiranti idrici o di sviluppo dei tratti coinvolti, richiedono analisi più approfondite, da sviluppare in moto bidimensionale ed in condizioni di moto vario.

L'analisi idraulica è stata sviluppata con le seguenti condizioni al contorno, che regolano il funzionamento del sistema e delle opere presenti al suo interno.

Nello specifico si è previsto che:

1. Nel corso dell'evento meteorico i manufatti idraulici (ponti, derivazioni delle Rogge) presenti lungo lo sviluppo del tratto modellato si conservino in piena efficienza e non vedano ridotta o annullata la propria capacità di funzionamento per effetto di fenomeni di intasamento;
2. Le opere idrauliche presenti lungo il tratto di asta idrica modellata siano funzionali e siano posizionate in assetto di "Esercizio di Piena", idoneo ad accogliere l'onda di piena:
 - Paratoie a ventola installate sul Naviglio Grande in corrispondenza della centrale idroelettrica abbattute - "Esercizio di Piena";
 - Paratoia di alimentazione del condotto di bypass in corrispondenza della centrale idroelettrica completamente aperta - "Esercizio di Piena";
 - Paratoia di alimentazione della Roggia Roberta aperta per garantire il transito della portata di piena assegnata alla Roggia (2.50 m³/s) - "Esercizio di Piena";
 - Paratoia di alimentazione della Roggia Lupa aperta per garantire il transito della portata di piena assegnata alla Roggia (4.00 m³/s) - "Esercizio di Piena";
 - Paratoia di alimentazione della Roggia Rena aperta per garantire il transito della portata di piena assegnata alla Roggia (0.50 m³/s) - "Esercizio di Piena";
 - Paratoia di alimentazione della Roggia Rudone Mora aperta per garantire il transito della portata di piena assegnata alla Roggia (0.38 m³/s) - "Esercizio di Piena".
3. Le opere idrauliche presenti lungo il bacino drenato dal Naviglio Grande Bresciano e dalle aste idriche che ad esso afferiscono siano efficienti e pienamente funzionali nel corso dell'evento. Questo presupposto si applica in particolare al nuovo Scolmatore che, come si è detto all'interno della Relazione Idrologica, è l'unico presidio di bonifica che allontana dal sistema facente capo al Naviglio Grande Bresciano parte delle acque drenate dal bacino e le scarica fuori di esso, nel Fiume Chiese.
4. Le Paratoie di derivazione del canale Naviglio sul Fiume Chiese in Gavardo, siano in modulazione per l'"Esercizio di Piena".

Quanto sopra è necessario in quanto un'analisi delle condizioni di pericolosità idraulica cui sono esposte determinate aree non può essere redatta sulla base di eventi accidentali o di specifiche condizioni di esercizio che impediscano il regolare funzionamento delle opere o dei manufatti, tenendo per di più conto che le piene del Naviglio Grande Bresciano non sono caratterizzate da un'impulsività tale da non consentire

gli interventi gestionali descritti in precedenza; differentemente al semplice verificarsi di un evento accidentale (quale ad esempio l'intasamento di un ponte o la non corretta attivazione degli organi di intercettazione – deviazione - scarico di un manufatto), qualunque corso d'acqua, anche artificiale e privo di apporti meteorici è potenzialmente esondabile anche con portate risibili.

Inoltre con particolare riferimento allo Scolmatore di Nuvolera, la sua funzionalità non ha un riflesso diretto sull'analisi idraulica, ma indiretto in quanto comporta una modifica alle portate in arrivo al tratto modellato: incidentalmente e tenendo conto di quanto detto sopra sulla funzionalità delle opere idrauliche, si pone in evidenza come una chiusura dello scarico al Fiume Chiese potrebbe avere come effetto sull'area di interesse una traslazione dei tempi di ritorno degli eventi: in condizioni di inefficienza dello Scolmatore l'evento cinquantennale potrebbe presentarsi con caratteristiche analoghe a quelle dell'evento centennale in condizioni di piena funzionalità e così pure l'evento centennale che potrebbe avere caratteristiche analoghe a quello duecentennale di piena funzionalità.

Con tali premesse, l'analisi è risultata esaustiva in quanto, per tutte le condizioni di moto prese in esame (eventi con 50, 100 e 200 anni di tempo di ritorno), la sezione d'alveo, nel tratto di canale d'interesse, risulta sufficiente al convogliamento delle portate di piena attese.

3.4 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA

Il principale risultato della Modellazione è che il Naviglio Grande Bresciano risulta sufficiente per il convogliamento delle portate cinquantennali, centennali e duecentennali in corrispondenza dell'area di interesse ai fini dello Studio.

Fenomeni di insufficienza idraulica si riscontrano a monte delle traverse di presa della Roggia Treina e della Roggia Cavallina, molto a valle delle aree di interesse e quindi non in grado di interessarle con i fenomeni di fuoriuscita d'acqua.

I franchi di sicurezza idraulica riscontrati sono pari a circa 1.00 m sull'evento cinquantennale in corrispondenza della nuova centrale idroelettrica e circa 300 m a monte di essa (fino alla sezione 1150.33 circa), ove si ha un salto di fondo in corrispondenza di un vecchio manufatto posato in alveo.

Essi si riducono a circa 0.30 – 0.60 m nel tratto compreso fra il salto e il ponte della S.S. 116 proprio per effetto del rigurgito indotto da tale manufatto e sono nuovamente intorno a 1.00 m nel tratto a monte.

Per quanto concerne il transito attraverso la centrale idroelettrica, si osserva come, in configurazione di "Esercizio di Piena" non si abbia un'apprezzabile rigurgito a monte di essa: la riduzione di sezione utile sul Naviglio Grande Bresciano legata al manufatto che ospita le due paratoie a ventola è ampiamente compensata dall'attivazione del percorso dello scarico ROBERTA+SCAR, lungo il quale vengono convogliati rispettivamente:

- 12.34 m³/s su un totale di 33.70 m³/s in arrivo per l'evento cinquantennale;
- 13.04 m³/s su un totale di 37.12 m³/s in arrivo per l'evento centennale;
- 13.75 m³/s su un totale di 40.76 m³/s in arrivo per l'evento duecentennale.

Le portate reimmesse nel Naviglio a valle della centrale idroelettrica sono in realtà minori, in quanto parte delle portate deviate (circa 2.50 – 2.60 m³/s, come si è detto), vengono convogliate alla Roggia Roberta.

Il percorso di bypass di troppo pieno BYPASS non si attiva in nessuna delle tre condizioni modellate: si deduce pertanto che il sistema delle canalizzazioni presenti presso la centrale idroelettrica anche a fronte della portata duecentennale possiede ancora una capacità residua di convogliamento non solo grazie

all'alveo del Naviglio Grande Bresciano (che viene percorso con un franco di sicurezza pari a circa 0.90 – 1.10 m) ma alla presenza del BYPASS che ancora non è attivato.

Con riferimento alle finalità dello Studio, pertanto, si può concludere che, a meno del verificarsi di eventi non prevedibili o accidentali che non consentano il corretto funzionamento degli organi di regolazione installati presso la centrale idroelettrica (in primis l'abbattimento delle paratoie a ventola in assetto "di piena") o che causino la totale o parziale occlusione delle sezioni idrauliche libere esistenti, il Naviglio Grande Bresciano nell'area di interesse è in grado di convogliare le piene duecentennali (e, a più forte ragione, quelle cinquantennali e quelle centennali) con un franco di sicurezza minimo di circa 0.30 – 0.50 m e con una capacità residua di convogliamento legata non solo alla capacità dell'alveo ma alla possibile attivazione del bypass di emergenza: in tali condizioni, pertanto, le aree oggetto del presente Studio non risultano interessate da fenomeni alluvionali.

4. CONCLUSIONI

Nell'ambito delle attività di aggiornamento del P.A.I. conseguenti al recepimento della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE recentemente conclusesi con l'adozione di una Variante al P.A.I. stesso (con Delibera del Comitato Interministeriale n. 5 del 07.12.2016), l'Autorità di Bacino del Fiume Po ha individuato un'estesa porzione del territorio limitrofo al Naviglio Grande Bresciano in sponda sinistra e comprendente anche il SUAP "LAMIFER" come area esposta ad alluvioni frequenti (ovvero con tempo di ritorno inferiore o pari a 50 anni) causate dal reticolo secondario di pianura, secondo l'art. 58 delle N.T.A. del P.A.I. come modificato a seguito della Variante.

Lo Studio redatto su incarico della ditta Lamifer S.p.a., facendo riferimento alle indicazioni tecniche:

- riportate all'interno della *"Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B" dell'Autorità di Bacino del Fiume Po*, approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11 maggio 1999 ed aggiornata con deliberazione n. 10 del Comitato Istituzionale del 5 aprile 2006,
- nonché ai contenuti della D.G.R. 30.11.2011 n. IX/2616 *Aggiornamento dei 'Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12', approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374,*

fornisce analitiche valutazioni circa l'effettiva l'esposizione ai fenomeni alluvionali causati dal Naviglio Grande Bresciano delle aree del SUAP "LAMIFER" in località Virle di Rezzato, connessa alla presenza del Naviglio Grande Bresciano.

Lo Studio, oltre che dalla presente Relazione di sintesi, risulta essere costituito anche dai seguenti elaborati:

- Relazione idraulica;
- Relazione Idrologica;
- Elaborati grafici:

| | | |
|-----------|---|-------------------|
| Tavola 01 | Perimetrazione dei bacini imbriferi – pluviometria | in scala 1:10'000 |
| Tavola 02 | Gruppi idrologici | in scala 1:10'000 |
| Tavola 03 | Uso dei suoli come riportato all'interno del progetto "DUSAF" (ERSAF – Regione Lombardia, 2007) | in scala 1:10'000 |
| Tavola 04 | Uso del suolo normalizzato e gruppi idrologici | in scala 1:10'000 |
| Tavola 05 | Rappresentazione schematica della rete idrografica e delle principali singolarità presenti al suo interno | in scala 1:10'000 |

| | | |
|------------|---|--------------------------|
| Tavola 06 | Rappresentazione schematica dei principali parametri dimensionali del modello idrologico | in scala 1:10'000 |
| Tavola 07 | Reticolo idrografico nell'area di interesse e fotodocumentazione | in scala 1:1'000 |
| Tavola 08 | Caratteristiche e risultati del modello idraulico: planimetria con indicazioni delle sezioni di modello | in scala 1:1'000 |
| Tavola 09 | Caratteristiche e risultati del modello idraulico: profili longitudinali | in scala 1:100 - 1:1'000 |
| Tavola 10a | Caratteristiche e risultati del modello idraulico: sezioni trasversali – tavola a | in scala 1:100 |
| Tavola 10b | Caratteristiche e risultati del modello idraulico: sezioni trasversali – tavola b | in scala 1:100 |

Lo Studio ha richiesto un'approfondita indagine idrologica sui deflussi delle aste idriche interessanti l'area in oggetto, con la predisposizione di una modellazione idrologica dell'intero sistema dei corpi idrici superficiali tributari del Naviglio Grande Bresciano a monte ed in corrispondenza della sezione di interesse.

La modellazione idraulica è stata condotta ipotizzando che le opere e i manufatti idraulici (ponti, paratoie, bypass ecc.) presenti lungo il Naviglio e le aste ad esso afferente siano in efficienza durante l'evento ed in configurazione di "Esercizio di Piena", esulando dalle finalità della presente analisi la valutazione dei fenomeni alluvionali conseguenti al verificarsi di eventi accidentali.

In tali circostanze la modellazione ha evidenziato come il Naviglio Grande Bresciano nelle sezioni poste nelle vicinanze nell'area di interesse a monte della nuova centrale idroelettrica sia in grado di convogliare le portate di piena duecentennali con un franco di sicurezza minimo di circa 0.30 – 0.50 m e con una capacità residua di convogliamento legata non solo alla capacità dell'alveo ma alla possibile attivazione del bypass di emergenza situato presso la centrale idroelettrica presente immediatamente a valle del SUAP LAMIFER: **in tali condizioni, pertanto, le aree oggetto del presente Studio non risultano interessate da fenomeni alluvionali.**

Gennaio 2017

Ing. Giuseppe Negrinelli

Ing. Antonio Di Pasquale