

MI-E-799 INTERVENTO PER L'ELIMINAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO NELL'ABITATO DI BIRINGHELLO IN COMUNE DI RHO

PROGETTO DEFINITIVO

R04 – RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

PROGETTISTA:
 DOTT. ING.
 FULVIO BERNABEI



GRUPPO DI LAVORO:
 DOTT. ING. STEFANO ADAMI
 DOTT. ING. LORENZO BENINCASA STAGNI
 DOTT. ING. ALBERTO MELODIA

DIZETA INGEGNERIA

STUDIO ASSOCIATO

Via Bassini, 19 – 20133 MILANO Tel. 02-70600125
 amministrazione@dizetaingegneria.it Fax 02-70600014

DATA	GIUGNO 2022	
COMMESSA N°	003/2020	REDATTO
CODICE COMMESSA	ESBOZZENTERHO	CONTROLLATO
NOME FILE	R04	APPROVATO BERNABEI

REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	REDATTO	CONTR.	APPR.

INDICE

1	Premessa	3
2	Inquadramento generale	5
2.1	Il torrente Bozzente	5
2.2	Il fiume Olona	9
2.3	Il sistema fognario comunale di Rho	10
2.4	La vasca di Nerviano	12
2.5	Allagamenti storici e problematiche locali	14
2.6	Pianificazione degli interventi sull'asta del Bozzente a medio termine	20
3	Idrologia	23
3.1	Verifica e aggiornamento degli input idrologici	23
4	Modellazione idraulica	26
4.1	Modello della vasca di Nerviano	26
4.1.1	Geometria del modello	26
4.1.2	Idrogrammi di piena e condizioni al contorno	30
4.2	Modello a valle vasca di Nerviano	32
4.2.1	Ingressi del modello	32
4.2.1.1	Idrogrammi dell'evento decennale	32
4.2.1.2	Idrogrammi evento centennale	38
4.2.2	Simulazione degli eventi di piena	44
4.2.2.1	Il software di simulazione	44
4.2.2.2	Geometria dell'alveo e parametri idraulici	48
4.2.2.3	Condizioni al contorno	50
5	Analisi dello stato di fatto	52
5.1	Piena decennale	52
5.2	Piena centennale	53

6	Analisi del rischio idraulico residuo a seguito delle previsioni del PAI	54
6.1	Piena centennale	55
7	Verifica e dimensionamento dell'assetto di progetto	56
7.1	Descrizione degli interventi in progetto	56
7.1.1	Adeguamento del nodo deviatore in Olona	58
7.1.2	Manutenzione straordinaria deviatore in Olona	63
7.1.3	Manufatto di collegamento Nodo deviatore in Olona-Vasca A	65
7.1.4	Area di laminazione A	69
7.1.5	Manufatto di collegamento tra aree di laminazione A e B	72
7.1.6	Area di laminazione B	74
7.1.7	Manufatto di scarico dell'area di laminazione B nel deviatore in Olona	76
7.1.8	Sistemazione esterna e viabilità di progetto	78
7.2	Simulazione degli eventi di piena	80
7.2.1	Condizioni al contorno	83
8	Risultati	85
9	Allegati	91

1 Premessa

La presente relazione descrive le analisi idrologiche e idrauliche svolte al fine del dimensionamento degli interventi di eliminazione del rischio idraulico nell'abitato di Biringhello in Comune di Rho.

Le analisi svolte prendono fila dal precedente “*Studio di prefattibilità per l'eliminazione del rischio idraulico nell'abitato di Biringhello*”, redatto nel 2015, nel quale era stato analizzato il rischio idraulico residuo nel territorio di Rho a seguito della realizzazione della vasca di Nerviano, ed erano stati individuati gli interventi necessari all'immediata eliminazione del suddetto rischio nel rispetto della pianificazione in essere.

Nel dettaglio le attività del suddetto studio di prefattibilità erano state suddivise in tre fasi:

1. l'analisi del rischio idraulico residuo nel tratto di Bozzente ricadente nel territorio comunale di Rho, a seguito della costruzione della sopra richiamata vasca di laminazione di Nerviano;
2. l'analisi del rischio idraulico residuo nel tratto di Bozzente ricadente nel territorio comunale di Rho, a seguito dell'ipotetica realizzazione di tutti gli interventi previsti dall'Autorità di Bacino nello “*Studio Lambro-Olona* (assetto PAI);
3. l'eventuale individuazione di interventi locali in grado di eliminare il suddetto rischio residuo e nel contempo in grado di proporsi come parziali alternative all'assetto di progetto del corso d'acqua, pur nel rispetto della logica pianificatoria assunta nel PAI.

I risultati mostrarono che anche una volta ultimati tutti gli interventi di protezione idraulica pianificati nell'abitato di Biringhello permarrrebbe un rischio residuo, in quanto le portate in arrivo da monte eccederebbero la capacità dello scolmatore con conseguente fenomeni di esondazione. La soluzione individuata nello studio per raggiungere l'obiettivo di eliminare il rischio idraulico prevedeva sostanzialmente lo sfruttamento delle aree agricole immediatamente a valle del nodo di partenza dello scolmatore per la realizzazione di aree di laminazione controllata.

Nell'ambito del presente progetto per il dimensionamento e la verifica delle opere si è proceduto con l'aggiornamento delle analisi idrologiche e idrauliche sulla base di dati più aggiornati, in particolare relativamente allo stato di consistenza del canale deviatore.

Nel presente documento si dà atto quindi di quanto svolto riportando dapprima l'inquadramento generale del corso d'acqua con particolare riferimento alle criticità nell'area di intervento procedendo poi con le analisi idrologiche e idrauliche. Per quanto riguarda quest'ultime sono stati realizzati due modellazioni diverse, una per la modellazione della vasca di Nerviano che considera tutto il bacino a monte del Bozzente e una per la modellazione del tratto di interesse del presente progetto da valle di Nerviano fino alla confluenza in Olona.

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

2 Inquadramento generale

La rete idrografica principale dell'area oggetto di indagine è costituita dal fiume Olona, che attraversa il territorio comunale a sud dell'abitato di Rho, e dai torrenti Lura (non oggetto del presente studio) e Bozzente, entrambi affluenti in sinistra dell'Olona. Il territorio comunale è anche attraversato dal Canale Scolmatore Nord Ovest, che proprio in comune di Rho riceve le portate di scolmo del fiume Olona e del torrente Lura.

2.1 Il torrente Bozzente

Il torrente nasce dalla confluenza dei torrenti Antiga e Vairadiga in comune di Mozzate (CO), e si sviluppa quasi interamente a cielo aperto per circa 16 km fino all'abitato di Biringhello, in comune di Rho. Il bacino afferente al Bozzente in questa sezione è di circa 77 km².

L'attuale corso del torrente Bozzente è il risultato di numerosi ed incisivi interventi antropici succedutisi nel corso dei secoli, a partire sin dai primi anni del Seicento, periodo in cui fu realizzata la deviazione del torrente nell'alveo artificiale detto Cavo Borromeo, che da Cislago, raggiunge i boschi ad ovest di Origgio.

L'ultimo intervento concluso in ordine di tempo risale agli anni '80, periodo in cui fu costruito il condotto scolmatore che da Biringhello devia parte delle portate in Olona, a valle del ponte della SP 229, al confine con i comuni di Pregnana Milanese e di Vanzago.

Il tracciato del deviatore è riportato nelle tavole allegate al presente studio.

L'opera di presa dello scolmatore (vedi Figura 1) è costituita da due bocche laterali non regolate (nella pratica funzionanti come stramazzi) di dimensioni 3,0 x 1,5 m circa, con fondo a circa 30 cm dal fondo alveo del Bozzente.

Il deviatore è costituito da uno scatolare interrato a sezione rettangolare 2,5 m x 2,0 m, lungo 1860 metri, con pendenza media del fondo inferiore al 2 per mille e quota dell'imbocco circa 3 m al di sotto del piano campagna; nel punto in cui sottopassa la

SS 33, il deviatore presenta un salto di fondo di 80 cm. L'imbocco dello scatolare è raccordato alla presa sul Bozzente mediante uno scivolo in cls largo 2,50 m.



Figura 1. Presa del deviatore del Bozzente in località Biringhello.



Figura 2. Imbocco del deviatore del Bozzente in località Biringhello.

La massima portata convogliabile dal deviatore, con funzionamento in pressione, non supera i 13 - 14 m³/s, anche in ragione di un raccordo tra alveo e deviatore idraulicamente non efficiente.

Al fine di garantire i tiranti idrici necessari a massimizzare le portate scolmate dal deviatore e di limitare il deflusso di piena diretto all'abitato di Rho, a valle della presa l'alveo si restringe, passando da una sezione rettangolare larga 5,0 m a una larga 2,0 m; in corrispondenza della strozzatura è inserita una paratoia manuale larga 2,0 m, la cui luce di apertura è mantenuta fissa a circa 0,30 m (Figura 3).



Figura 3. Paratoia a valle del deviatore del Bozzente.

Circa 1 km a monte della presa dello scolmatore, il Bozzente riceve lo scarico del sistema di drenaggio urbano di Lainate (vedi Figura 4) il cui contributo, alquanto rilevante (7,11 m³/s per tempi di ritorno di 10 anni, 9,40 m³/s per tempi di ritorno di 100 anni), non può ovviamente essere laminato dalla vasca di Nerviano, posta più a monte.



Figura 4. Scarico in Bozzente del sistema di drenaggio di Lainate.

A valle dello scolmatore il Bozzente prosegue a cielo aperto in comune di Rho per circa 1.600 metri, fino all'altezza di Corso Europa. Da qui in avanti, a partire dagli anni sessanta, il torrente ha subito diversi mutamenti di tracciato e allo stato attuale risulta completamente tombato per circa 1.400 metri, fino all'altezza di via Volta.

A valle di questo primo tratto coperto, il Bozzente riprende a scorrere a cielo aperto per circa 250 metri, per poi sottopassare la linea Milano-Torino delle Ferrovie dello Stato e proseguire il proprio corso tombinato per circa 800 metri, seguendo Via Magenta e via S. Martino fino allo sbocco in Olona.

Nel tratto a valle di Biringhello, il contributo naturale alla formazione del deflusso di piena risulta pressoché trascurabile, mentre risulta significativo l'apporto delle reti di drenaggio urbano di Rho, che da sole esauriscono la capacità di trasporto del torrente nei tratti tombinati (vedi paragrafo 2.3).

2.2 Il fiume Olona

Il Fiume Olona ha origine alle pendici dei monti a nord di Varese ad una quota di circa 1.000 m slm.

La parte nord del bacino, fino a Ponte Gurone, in comune di Malnate (superficie 95 km²), presenta caratteristiche tipicamente montane, mentre a valle di Ponte Gurone il territorio si fa via via pianeggiante e si hanno numerose immissioni di scarichi urbani, che durante gli eventi di pioggia costituiscono la componente di gran lunga maggioritaria degli afflussi in questo tratto.

La parte montana del bacino ha una forma a Y, dove il ramo occidentale è rappresentato dal bacino dell'Olona vero e proprio, mentre la parte orientale è costituita dai territori tributari del Torrente Bevera, del Torrente Clivio e del Rio Ranza. Nel ramo occidentale, il più urbanizzato dei due, ricadono gli abitati di Varese e di Induno Olona, mentre il ramo orientale è per la maggior parte costituito da terreno boschivo e agricolo.

A valle di Ponte Gurone, dove ha inizio il tratto pianeggiante, il bacino assume una forma molto stretta e allungata in direzione Nord-Sud, alternando zone densamente urbanizzate ad altre in cui permane una considerevole frazione di terreno agricolo e boschivo.

Fino all'attraversamento dell'autostrada A8 Milano-Varese, nei comuni di Marnate e Olgiate Olona, l'alveo fluviale è incassato in una valle e i centri abitati sono situati in posizione sopraelevata rispetto al corso del fiume. Lungo questo tratto si osserva la presenza di numerose industrie, in parte dismesse, collocate ai margini dell'alveo o direttamente attraversate dal fiume per consentire lo sfruttamento delle acque nei processi produttivi.

Oltrepassata l'autostrada, l'Olona attraversa i comuni di Castellanza e Legnano, territori fortemente urbanizzati all'interno dei quali l'alveo risulta tombinato per lunghi tratti. In questo tratto il fiume riceve inoltre la portata di scarico proveniente dai bacini di accumulo e disperdimento dei torrenti Rile e Tenore (10 m³/s).

A valle dell'abitato di Legnano, il fiume attraversa nuovamente aree agricole alternate ad aree urbane fino al confine del Comune di Rho, in corrispondenza del quale è posta

l'opera di scolmo delle piene denominata "Preso Olona 1", progettata per deviare (mediante il Ramo Olona) verso il canale scolmatore di Nord-Ovest una portata pari a $25 \text{ m}^3/\text{s}$. Poco a monte della "Preso Olona 1" è localizzata l'immissione dello scolmatore del Bozzente di cui al paragrafo precedente (massima portata immessa: $14 \text{ m}^3/\text{s}$). Una seconda presa dell'Olona denominata "Preso Olona 2", dimensionata per poter scaricare direttamente nel CSNO sino a $15 \text{ m}^3/\text{s}$, è localizzata circa 3 km a valle della prima presa, a sud dell'abitato di Rho.

A valle della "Preso Olona 2" l'Olona sovrappassa il CSNO con un ponte canale e dopo circa 3 km raggiunge l'abitato di Pero, da cui prosegue completamente tombinato fino all'attraversamento del Naviglio Grande a Milano, oltre il quale il fiume torna a scorrere a cielo aperto con il nome di Lambro Meridionale. La massima portata compatibile con le canalizzazioni sotterranee all'interno di Milano risulta essere di $50\text{-}54 \text{ m}^3/\text{s}$.

2.3 Il sistema fognario comunale di Rho

Le portate di scarico delle reti di drenaggio urbano in comune di Rho sono state ricostruite in base alle informazioni contenute nello studio denominato "*Consulenza idrologica ed idraulica volta alla riduzione del rischio di allagamenti provocati dal torrente Bozzente in comune di Rho*", redatto dalla società IDRO srl nel maggio 2003 per conto del Comune di Rho.

In base al suddetto studio, il sistema fognario di Rho risulta costituito da 21 reti, di cui 18 miste e 3 bianche; tutte le reti hanno come recapito corsi d'acqua superficiali, ad eccezione di 3 che sversano direttamente nel suolo o nel sottosuolo. Il torrente Bozzente riceve gli scarichi di tutta l'area ovest dell'abitato di Rho a monte della ferrovia, area avente un'estensione totale di circa 3 km^2 . Nella tabella seguente sono evidenziate le caratteristiche degli scarichi delle 5 reti comunali afferenti al Bozzente.

Codice scarico dato dal PRRA	Punto di immissione	Superficie servita (ha)	Sezione condotto di scarico	Dimensione condotta di scarico (cm)
Scarico 1	Via S. Carlo	74	circolare	50
Scarico 2	Via Bettinetti	4	circolare	40
Scarico 3	Via Castellazzo	3	circolare	50
Scarico 4	Via Nino Bixio	43	circolare	40
Scarico 6	Tratto a cielo aperto appena a monte della ferrovia	180	rettangolare	205 x 110

Tabella 1. Caratteristiche principali degli scarichi in comune di Rho afferenti al torrente Bozzente (da “Consulenza idrologica ed idraulica volta alla riduzione del rischio di allagamenti provocati dal torrente Bozzente in comune di Rho”, IDRO srl, maggio 2003).

Agli scarichi sopraelencati si aggiungono inoltre due scarichi provenienti da aziende private.

Il primo condotto fognario (scarico 5), con punto di immissione localizzato in Via Nino Bixio, ha forma circolare e diametro pari a 50 cm. Il secondo (scarico 7) si allaccia in destra idrografica del torrente Bozzente nel tratto tombinato di Via S. Martino; di esso non si conoscono né la forma, né le dimensioni, ma è noto che in una relazione del genio civile relativa alla copertura del torrente Bozzente in Rho, risalente al 1965, la portata proveniente da questo scarico è stata quantificata in 1 m³/s.

Sulla base delle dimensioni delle condotte di scarico, ipotizzando una pendenza delle stesse pari a quella del Bozzente nel punto di immissione, lo studio di riferimento quantifica la massima portata scaricata in Bozzente dal bacino urbano di Rho in 5,8 m³/s (a fronte di una portata idrologica di 13,5 m³/s per tempo di ritorno 10 anni), ripartiti come indicato in Tabella 2.

Codice scarico dato dal PRRA	Punto di immissione	Tipologia condotto di scarico	Dimensione condotta di scarico (cm)	Portata massima scaricata (mc/s)
Scarico 1	Via S. Carlo	circolare	50	0,2
Scarico 2	Via Bettinetti	circolare	40	0,1
Scarico 3	Via Castellazzo	circolare	50	0,2
Scarico 4	Via Nino Bixio	circolare	40	0,1
Scarico 5	Via Nino Bixio	circolare	50	0,2
Scarico 6	Tratto a cielo aperto appena a monte della ferrovia	rettangolare	205 x 110	4,0
Scarico 7	Via S.Martino	?	?	1,0

Tabella 2. Stima delle massime portate scaricate dalle reti fognarie comunali di Rho (da "Consulenza idrologica ed idraulica volta alla riduzione del rischio di allagamenti provocati dal torrente Bozzente in comune di Rho", IDRO srl, maggio 2003).

2.4 La vasca di Nerviano

L'area di laminazione (vedi Figura 5) è suddivisa in due comparti: il comparto sinistro (comparto 1) ha una superficie di circa 25.000 m² e fondo a quota 176,15 m slm, mentre il comparto destro (comparto 2) occupa un'area complessiva di circa 164.500 m² ed è modellato in 3 zone a quota di fondo differenziata (176,15, 176,50 e 177,00 m.slm). I comparti sono stati realizzati in parte per abbassamento del piano campagna attuale, in parte mediante perimetrazione con argini, la cui quota di sommità è pari a 181,50 m slm.

Le portate in uscita dalla vasca sono regolate mediante un manufatto di sbarramento in alveo, con bocca rettangolare tarata di dimensioni 2,00 m x 3,60 m, dotata di paratoia a settore; la portata di regolazione (in assenza della costruzione della vasca di laminazione di Uboldo) è prevista pari a **17,75 m³/s**, mentre la quota di massima regolazione sarà pari a 180,50 m slm.

Al manufatto regolatore convergono anche gli scarichi di vuotamento dei due comparti, di dimensioni 0,80 x 0,80 m, dotati di clapet.

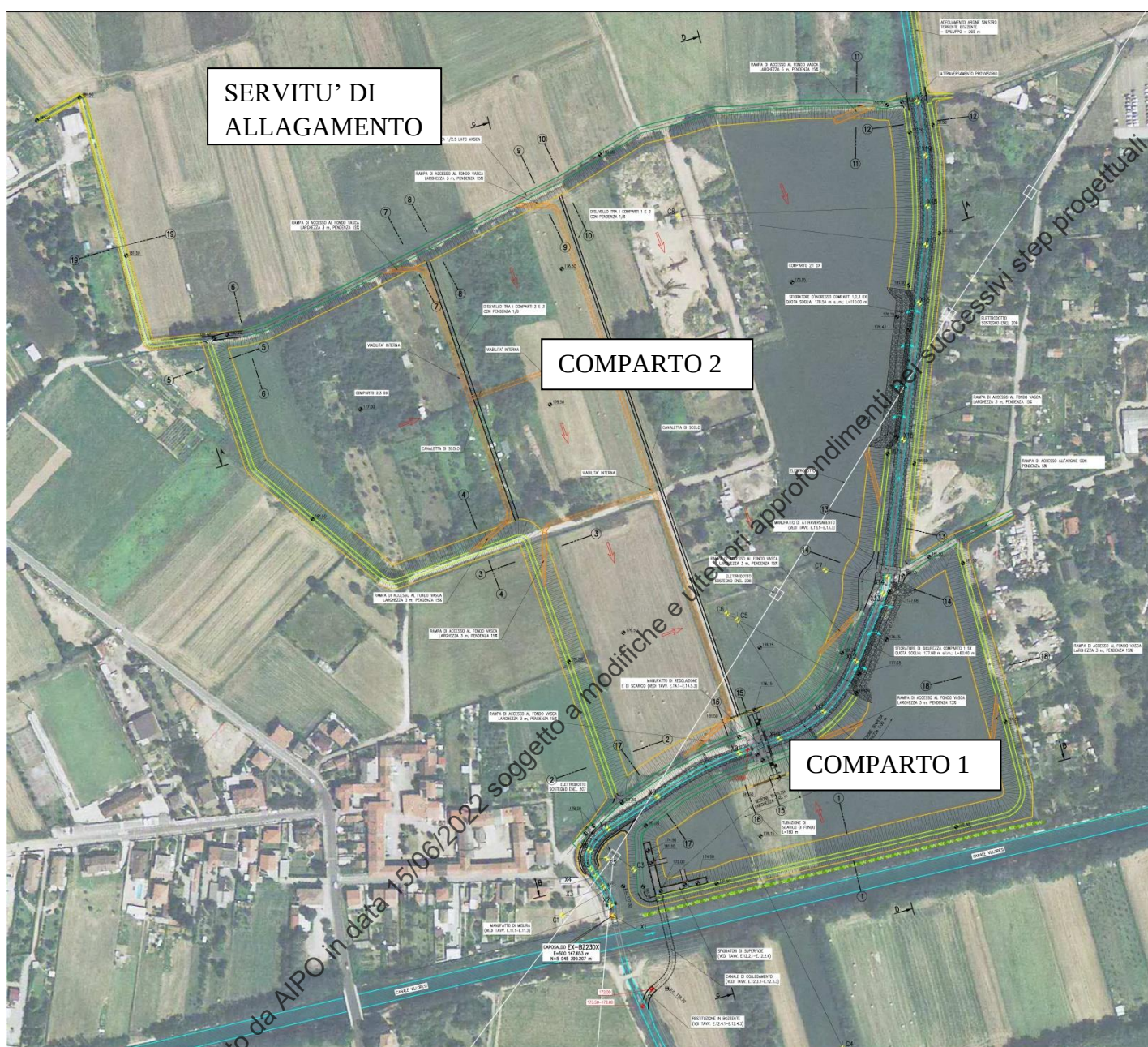


Figura 5. Planimetria vasca di Nerviano.

Il riempimento dei comparti avviene attraverso due sfioratori laterali realizzati con scivoli a bassa pendenza in pietrame sciolto, con quota di sfioro 177,68 m slm per il comparto 1 e 178,43 m slm per il comparto 2; le lunghezze degli sfioratori sono pari a 80 m per il comparto 1 e 110 m per il comparto 2.

Il comparto 1 è inoltre dotato di uno sfioro di sicurezza in c.a. con pianta a L, costituito da un profilo Creager della lunghezza di 66 m e quota del ciglio 180,50 m slm; il

manufatto è collegato ad un canale in c.a. con sezione rettangolare 2,50 m x 4,50 m, sottopassante il Canale Villoresi, per la restituzione nell'alveo del Bozzente delle portate sfiorate.

L'opera prevede infine la servitù temporanea di allagamento in alcune aree agricole poste a nord del comparto 2 per il periodo transitorio occorrente alla realizzazione dell'assetto di progetto dell'intera asta del torrente Bozzente; la aree sono delimitate da arginature minimali, con sommità pari a 181,50 m s.l.m. onde evitare possibili aggiramenti.

2.5 Allagamenti storici e problematiche locali

Dalla consultazione degli studi idraulici pregressi risulta che i principali eventi calamitosi che hanno interessato il torrente Bozzente hanno avuto luogo negli anni 1880, 1917, 1951, 1976, 1996, 2002, 2009 e 2010.

Nella Provincia di Como, a nord di Mozzate, non si registrano situazioni critiche, ad esclusione di alcuni localizzati fenomeni di erosione delle sponde, mentre a sud di Mozzate gli ultimi allagamenti si sono verificati negli anni 1977-78.

Straripamenti si sono registrati in Provincia di Varese, lungo il Cavo Borromeo (il tratto di alveo artificiale costruito nei primi anni del Seicento per deviare il torrente da Cislago fino alle aree di spagliamento ai confini di Gerenzano, Uboldo e Origgio), in corrispondenza dei ponti stradali e sulla ferrovia Saronno-Busto Arsizio.

In tempi recenti, nel tratto rettilineo del Cavo Borromeo a ovest di Uboldo ed Origgio è stato effettuato un abbassamento dell'alveo, portando la sezione trasversale da 1-1,5 m² a 5-6 m². L'ultima esondazione importante, in questo tratto, è avvenuta negli anni 1977-78 nella zona compresa tra la strada provinciale Origgio - Cantalupo e le autostrade A8 Milano-Varese e A9 Milano-Como, con danni alla Cascina Maestrona; all'epoca, il sottopasso autostradale rappresentava infatti una strozzatura, che nei secoli passati fungeva solo da scolmatore delle zone di spandimento nei boschi di Gerenzano, Uboldo ed Origgio.

A seguito di ripetute interruzioni delle due autostrade per allagamenti dovuti alla suddetta inefficienza idraulica, ai primi di gennaio del 1996 la società Autostrade ha

provveduto ad eseguire un nuovo sottopasso autostradale con un canale di collegamento di maggiori dimensioni, per cui le acque di piena sono attualmente convogliate tutte a valle, con conseguente aumento degli episodi di allagamento a Villanova (in corrispondenza dell'attraversamento del Canale Villoresi) ed a Rho.

In particolare, come anticipato in premessa, frequenti allagamenti si sono verificati in località Biringhello, in corrispondenza dello scolmatore che devia parte delle portate del Bozzente nell'Olon. Infatti, in occasione di eventi pluviometrici particolarmente intensi, le acque provenienti dal bacino di monte, non potendo né essere smaltite tramite lo scolmatore, né defluire a valle tramite la luce della paratoia, tracimano le sponde del torrente, dando luogo ad allagamenti nelle aree circostanti che in alcune occasioni sono giunti ad interessare l'abitato di Biringhello (vedi Figura 6); la tracimazione e l'aggiramento della paratoia provocano inoltre un deflusso verso valle notevolmente superiore rispetto a quello che si avrebbe attraverso la sola luce della paratoia, sovraccaricando così l'alveo tombinato nell'abitato di Rho. Il problema è ulteriormente aggravato dai frequenti intasamenti della paratoia e dell'imbocco del deviatore, che richiedono una presenza in loco costante di uomini e mezzi durante le emergenze.

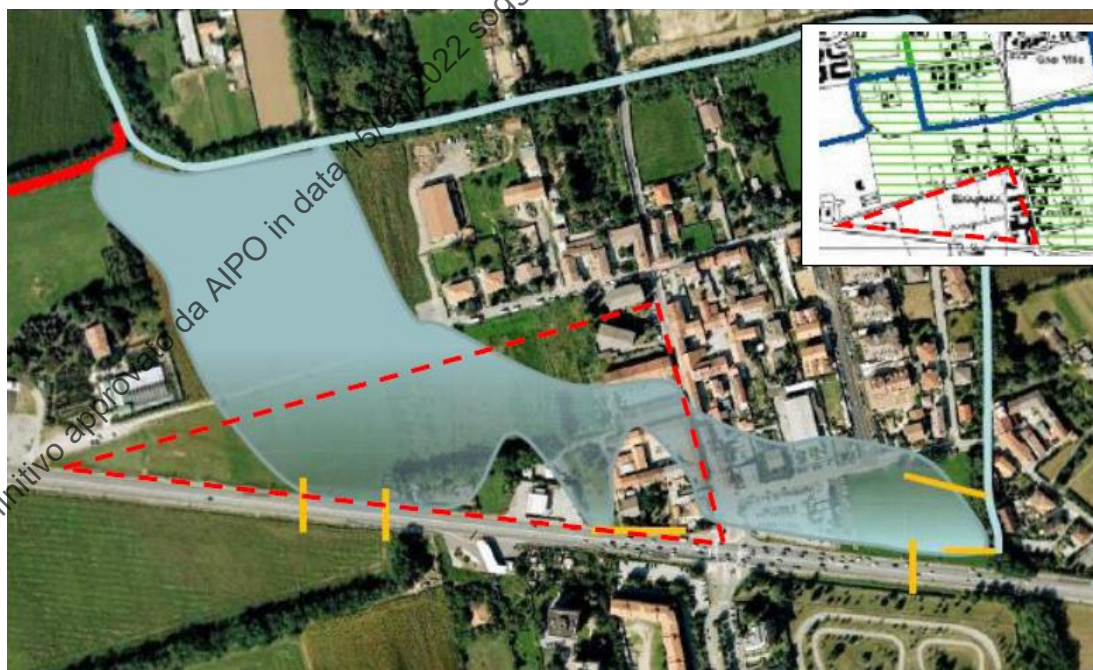


Figura 6. Ricostruzione dell'esondazione del Bozzente a Biringhello nel 2010 (progetto esecutivo dei “Lavori di realizzazione della vasca di laminazione lungo il torrente Bozzente in comune di Nerviano (MI)” AIPO, 2014).

Nel corso dell'evento del novembre 2002, gli allagamenti hanno interessato anche il tratto immediatamente a monte della ferrovia Milano-Rho.

Come già detto, a valle della ferrovia il Bozzente scorre in una tombinatura di forma rettangolare, dimensionata per convogliare portate massime di $6 \text{ m}^3/\text{s}$. Durante eventi pluviometrici molto intensi la tombinatura risulta pertanto insufficiente a convogliare le portate provenienti dal bacino di monte (a cui si aggiungono i contributi urbani dei diversi comuni attraversati dal Bozzente), nonostante la presenza dello scolmatore. La situazione è notevolmente aggravata quando anche i livelli dell'Olona risultano elevati; alla sezione di sbocco del Bozzente in Olona lo scatolare ha infatti forma rettangolare, di larghezza pari a 1.95 m e altezza pari a 1.67 m, e quota di fondo di soli 25 cm più alta rispetto al fondo dell'Olona. Al crescere del livello nell'Olona, la portata che il Bozzente riesce a scaricare decresce dunque progressivamente fino alla condizione limite di inversione del moto, in cui l'Olona "risale" lungo il Bozzente.



Figura 7. Allagamenti lungo via S. Martino a Rho durante l'evento del 27-04-2009 (da “Studio di fattibilità per l'adeguamento dello scolmatore sul torrente Bozzente in località Biringhello in comune di Rho”, IDRO srl, maggio 2009).

Dall'analisi del progetto esecutivo dei “Lavori di realizzazione della vasca di laminazione lungo il torrente Bozzente in comune di Nerviano (MI)” (AIPO, 2014), si evince poi che nel tratto compreso tra la vasca di Nerviano e l'inizio del tratto tombinato nell'abitato di Rho sono presenti numerose criticità idrauliche locali determinate dall'inadeguatezza dei manufatti di attraversamento; come mostrato in Tabella 3, tali criticità si manifestano anche per portate alquanto modeste.

sezione AdBPo	portata (m ³ /s)							
	3	6	9	12	15	18	21	24
17							C	C
16			A	B	B	B	B	B
15					B	B	B	B
14								
12								
11				A	A	A	A	A
9.1						C	C	C
8		A	A	C	C	C	C	C
7								
6				A	A	A	C	C
5				A	A	A	C	C
4							C	C
3	A	B	B	B	C	C	C	C
2.1	B	B	B	B	B	B	B	B
A: deflusso in pressione; B: sormonto dell'attraversamento; C: esondazione.								

Tabella 3. Criticità a valle della vasca di Nerviano legate ai manufatti e alla geometria dell'alveo (progetto esecutivo dei “Lavori di realizzazione della vasca di laminazione lungo il torrente Bozzente in comune di Nerviano (MI)” AIPO, 2014).

Per completare il quadro sopra rappresentato, si evidenzia inoltre che in fase di sopralluogo è stato rilevato uno stato di degrado generale dell'alveo, soprattutto nel tratto a valle del deviatore, con tratti di recinzioni resi pericolanti dall'azione erosiva

delle piene (vedi Figura 8 e Figura 9), e accumuli di rifiuti e materiale vegetale in alveo e sulle sponde (vedi Figura 10).



Figura 8. Muro di recinzione pericolante in frodo al torrente in località Biringhello.

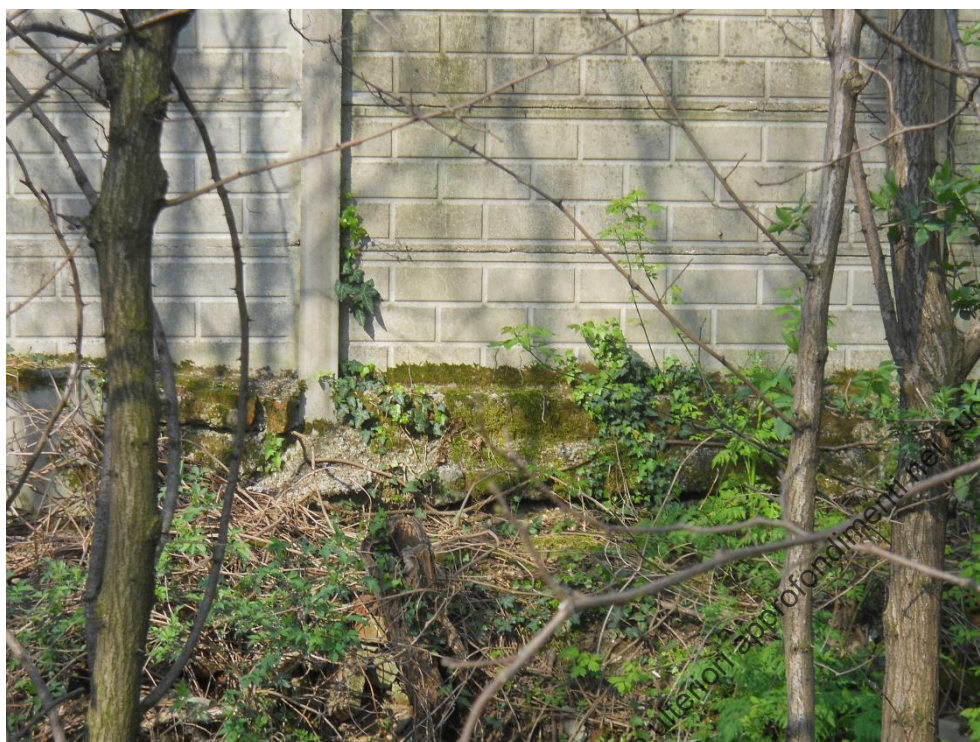


Figura 9. Segni di scalzamento al piede delle recinzioni in fondo al torrente in località Biringhello.



Figura 10. Materiale vegetale e rifiuti in alveo a monte della ferrovia.

2.6 Pianificazione degli interventi sull'asta del Bozzente a medio termine

La pianificazione delle opere previste per l'eliminazione nel medio termine delle fondamentali problematiche idrauliche lungo l'asta del torrente Bozzente è stata definita nel già citato *Studio Lambro-Olona*.

È bene sottolineare che gli interventi pianificati dall'Autorità di Bacino non si prefiggono di risolvere ogni criticità idraulica, ma hanno piuttosto lo scopo di eliminare i fenomeni di allagamento nelle aree a domanda di sicurezza elevata (vedi ad esempio le aree urbane dell'abitato di Rho), mantenendo ove necessario fasce allagabili, in aree aventi invece domanda di sicurezza moderata.

A questo scopo, lo *Studio Lambro-Olona* prevedeva originariamente i seguenti interventi:

1. **vasca di laminazione nella Cava Fusi, tra i comuni di Uboldo e Gerenzano;**
2. vasca di laminazione nel comune di Nerviano, a valle dell'intersezione con il canale Villoresi, progettata nell'ambito dello "*Studio idrologico-idraulico; progettazione preliminare ed esecutiva per la sistemazione del Torrente Bozzente*", redatto dal Centro Studi Progetti S.p.A. per conto del Servizio difesa del suolo e gestione delle acque pubbliche della Direzione Generale Opere Pubbliche e Protezione Civile della Regione Lombardia (anno 1997);
3. adeguamento del sifone di attraversamento del Canale Villoresi, la cui sezione costituisce un importante limitatore verso valle della portata in arrivo (causa per altro di importanti allagamenti della frazione di Villanova di Nerviano);
4. **adeguamento ai limiti previsti dal Piano Regionale di Risanamento delle Acque dello scarico della rete fognaria di Lainate, pari ad un valore limite di circa 3 m³/s;**
5. **chiusura della paratoia di Biringhello;**
6. adeguamento ai limiti previsti dal Piano Regionale di Risanamento delle Acque dello scarico della rete fognaria di Rho, pari ad un valore limite di circa 4 m³/s.

Dal momento che analisi idrologiche successive hanno mostrato che la capacità minima della vasca di Nerviano doveva essere superiore a 550.000 m³ (a fronte di una

invaso previsto dal progetto C.S.P. S.p.A. di 460.000 m³), e stante il pronunciamento del Comune di Nerviano avverso alle previsioni dello Studio di fattibilità relative al posizionamento dell'opera, motivato dal notevole impatto dell'intervento sulle attività agricole presenti e dall'inefficacia nel controllare le esondazioni nell'abitato di Villanova, il progetto originario della vasca di Nerviano è stato interamente rivisto.

La revisione del progetto ha riguardato anche la collocazione dell'opera, che da sud è stata spostata a nord dell'intersezione con il canale Villoresi.

Pur mantenendone inalterata l'impostazione generale, tale variazione ha avuto di fatto un impatto sulla pianificazione originaria delle opere, in quanto ha reso del tutto superfluo l'adeguamento del sifone di attraversamento del canale; la nuova collocazione della vasca a monte del canale Villoresi consente infatti di avere a valle dell'opera portate sempre compatibili con la sezione di deflusso attuale del sifone.

La necessità di realizzare una seconda vasca a monte di Nerviano nasce dalla constatazione che i volumi di invasore reperibili a Nerviano sono sufficienti a garantire la protezione degli abitati a valle solo in caso di eventi con tempo di ritorno di 10 anni, e che un adeguato livello di sicurezza anche per eventi con tempo di ritorno di 100 anni potrebbe essere garantito solo abbattendo il volume dell'onda di piena in arrivo a Nerviano.

Una possibile opzione avrebbe potuto essere il mantenimento delle aree di esondazione storiche all'interno dei boschi di Uboldo e Gerenzano. Tali aree, a causa della morfologia prevalentemente pianeggiante del territorio, non garantirebbero tuttavia un'adeguata laminazione delle piene, anche a causa degli accresciuti volumi di piena determinati dall'eccessiva antropizzazione.

Dalle modellazioni contenute nello *Studio Lambro-Olona* risulta che, per tempo di ritorno 100 anni, gli allagamenti interesserebbero aree ben più ampie di quella boschiva, raggiungendo anche diverse abitazioni. Pertanto non è possibile ottenere un abbattimento dei volumi di piena mediante la sola laminazione naturale all'interno dei boschi di Uboldo, senza eseguire interventi antropici per il controllo delle esondazioni stesse.

Per quanto riguarda le criticità idrauliche nell'abitato di Rho, lo Studio Lambro-Olona non inserisce espressamente nella pianificazione degli interventi sull'asta del Bozzente misure volte a consentire il deflusso in sicurezza degli scarichi di Rho in Olona ed a

impedire il rigurgito dell'Olonza nella tombinatura, in quanto una volta azzerata la portata defluente a valle della paratoia a Biringhello, il tratto di torrente che attraversa Rho sarà alimentato dai soli scarichi comunali, e verrà pertanto declassato a fognatura; tuttavia, nella descrizione dell'assetto di progetto dell'Olonza, sono indicati interventi per la riduzione delle immissioni nel Bozzente ad un massimo di 4 m³/s e la realizzazione di un impianto di sollevamento per lo scarico in Olona (ipotesi approfondita nello studio IDRO srl del maggio 2003).

Il Progetto di Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni redatto dall'Autorità di Bacino ai sensi del D.Lgs. n. 49/10 e della Direttiva 2007/60/CE ha confermato le misure di prevenzione e protezione, strutturali e non, previste dal PAI (Parte III, Sezione A, Cap. 9).

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

3 Idrologia

3.1 Verifica e aggiornamento degli input idrologici

Per quanto riguarda l'idrologia nello svolgimento delle attività si è partiti dal già citato *"Studio Lambro – Olona"* (Studio LA-OL - Autorità di Bacino del Po, 2004), da cui deriva l'identificazione dell'assetto di progetto del corso del torrente Bozzente, e al progetto esecutivo dei *"Lavori di realizzazione della vasca di laminazione lungo il torrente Bozzente in comune di Nerviano (MI)"* (AIPO, 2014). L'analisi è stata svolta con l'obiettivo di valutare la necessità o meno di aggiornare la modellazione idrologica disponibile e le corrispondenti risultanze (idrogrammi di piena al contorno per la modellazione idraulica); per far ciò si è proceduto aggiornando le linee di possibilità pluviometrica (LSPP) utilizzate per la modellazione idrologica nello studio LA-OL e confrontandole con le LSPP più recenti rese disponibili da Arpa Lombardia.

Il confronto finalizzato alla verifica dell'aggiornamento delle LSPP è stato effettuato in corrispondenza delle stazioni pluviografiche di Saronno, Varese, Garbagnate e Gallarate, per le quali sono disponibili i dati derivati dallo studio Lambro Olona. L'analisi che ne deriva è sintetizzata nella tabella seguente dove sono riportate le altezze di pioggia stimate per le durate di 1,8, 12 e 24 ore per ciascuna delle stazioni di riferimento per i tempi di ritorno di 10 e 100 anni utilizzando le LSPP dello Studio Lambro Olona e quelle di ARPA Lombardia; nell'ultima colonna è calcolata la differenza tra le due stime di altezza di pioggia.

STAZIONE PLUVIOGRAFICA	Tr [anni]	DURATA [ore]	H stima LA-OL [mm]	H stima ARPA [mm]	Differenza (stima ARPA)- (stima LA-OL) [mm]
SARONNO	10	1	40	48	8
		8	85	92	7
		12	98	105	7
		24	122	132	10
	100	1	65	70	5
		8	130	137	7
		12	150	155	5
		24	190	194	4
VARESE	10	1	50	48	-2
		8	100	99	-1
		12	115	114	-1
		24	145	148	3
	100	1	75	70	-5
		8	145	145	0
		12	168	168	0
		24	208	214	6
GARBAGNATE	10	1	52	48	-4
		8	92	90	-2
		12	103	102	-1
		24	125	127	2
	100	1	77	70	-7
		8	135	135	0
		12	152	153	1
		24	184	190	6
GALLARATE	10	1	50	48	-2
		8	94	96	2
		12	107	110	3
		24	130	140	10
	100	1	86	70	-16
		8	157	142	-15
		12	177	163	-14
		24	219	208	-11

Dalla lettura della tabella risulta che l'aggiornamento delle LSPP comporterebbe un modesto ridimensionamento verso il basso della stima delle altezze di pioggia inferenti sui bacini in quanto, ad eccezione della stazione di Saronno, le stime derivanti dall'uso delle LSPP di Arpa Lombardia risultano di qualche punto percentuale inferiori.

La presenza di manufatti di laminazione e regolazione a monte del tratto di interesse (vasca di laminazione di Nerviano e la prevista vasca di laminazione di Uboldo), inoltre, crea una sorta di "disconnessione idrologica" ragion per cui le portate e i volumi di piena rilasciati a valle dei suddetti manufatti dipendono dalla regola di gestione degli stessi. Per quanto risultante dal confronto sopra riportato le condizioni finora analizzate nello Studio La-Ol e nella progettazione della Vasca di Nerviano, soprattutto in termini di volume delle onde di piena, risultano leggermente cautelative rispetto a quelle derivanti da una rivalutazione dell'intera modellazione idrologica con i dati ARPA; per tale motivo si è scelto di considerare, in uniformità a quanto svolto per la progettazione e realizzazione delle opere sul bacino del Bozzente, i medesimi input idrologici dello Studio Lambro Olona come condizioni al contorno per il dimensionamento delle opere oggetto del presente progetto.

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche ulteriori e approfondimenti nei successivi step progettuali

4 Modellazione idraulica

Come anticipato sono stati realizzate due modellazioni diverse, una per la modellazione della vasca di Nerviano che considera tutto il bacino a monte del Bozzente e una per la modellazione del tratto di interesse del presente progetto da valle di Nerviano fino alla confluenza in Olona.

4.1 Modello della vasca di Nerviano

Gli idrogrammi in arrivo dalla vasca di Nerviano sono stati calcolati utilizzando un modello quasi bidimensionale di moto vario della vasca implementato con il software HEC-RAS, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers. Di seguito si descrivono brevemente le caratteristiche del modello utilizzato.

4.1.1 Geometria del modello

Il tratto di torrente simulato ha una lunghezza complessiva di circa 1.600 m. Per la descrizione della geometria del torrente nel modello sono state utilizzate le sezioni dell'Autorità di Bacino dalla BZ31.1bis fino alla BZ23, nonché le tavole del progetto esecutivo della vasca di Nerviano, da cui sono state dedotte le sezioni di progetto, le dimensioni degli sfioratori laterali, le curve di invaso dei comparti, le dimensioni del manufatto di regolazione e dello sfioro di emergenza.

Al fine di garantire un buon compromesso tra precisione dei risultati, stabilità del modello e contenimento dei tempi di calcolo, le sezioni rilevate sono state interpolate con passo variabile tra i 10 e i 25 m; nel complesso, nel modello sono state inserite 86 sezioni, di cui 72 interpolate. Il passo temporale è 1 secondo.

Per ogni sezione inserita nel modello sono stati specificati: la lunghezza del tratto di canale a valle della sezione, i coefficienti di Strickler rappresentativi della scabrezza

dell'alveo e i coefficienti di contrazione ed espansione, necessari per valutare la dissipazione di energia della corrente per effetto delle di sezione del tronco.

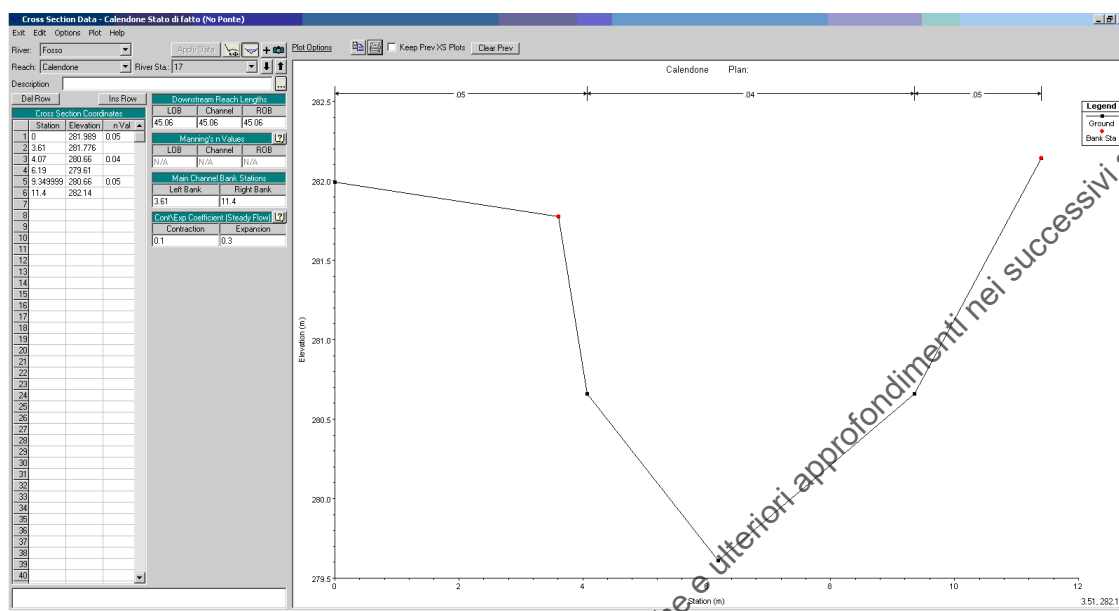


Figura 11. Esempio di sezione trasversale in HEC-RAS.

Come scabrezza dell'alveo è stato assunto un coefficiente k_s di Strickler uniforme e pari a $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, in accordo con le ipotesi del progetto esecutivo della vasca.

Per quanto riguarda i coefficienti di contrazione e di espansione, sono stati adottati i valori suggeriti dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers, pari a:

- perdite di contrazione: 0,1 nei tratti caratterizzati da graduali variazioni di sezione, 0,3 in corrispondenza di bruschi restringimenti;
- perdite di espansione: 0,3 nei tratti con graduali variazioni di sezione, 0,5 in corrispondenza di bruschi allargamenti.

Nel modello non sono stati inseriti manufatti trasversali, se non il manufatto di regolazione, che è stato modellato come un ponte con luce $3,6 \times 2,0 \text{ m}$ utilizzando la funzionalità “bridges” di HEC-RAS. Il funzionamento della paratoia di regolazione delle portate in uscita dalla vasca è stato modellato inserendo davanti al manufatto un elemento di tipo “Gate”, a cui è stata associata una regola di manovra tale da limitare la portata massima defluente a valle al valore massimo di $17,75 \text{ m}^3/\text{s}$. In accordo le

indicazione dell'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers sopra richiamate, le perdite di carico in corrispondenza del manufatto di regolazione sono state calcolate assumendo un coefficiente di contrazione pari a 0,3 ed un coefficiente di espansione pari a 0,5.

I comparti della vasca sono stati modellati come due invasi collegati al torrente mediante sfioratori laterali; le caratteristiche geometriche degli sfioratori sono riportate in Tabella 4. Gli scarichi di fondo dei comparti sono stati modellati come due sifoni a sezione quadrata 80x80 cm di lunghezza trascurabile (40 cm), dotati di clapet, con perdite di imbocco e di sbocco rispettivamente pari a 0,5 e 1.

	Lunghezza sfioratore	Quota sfioro
Comparto 1	80 m	177,68 m slm
Comparto 2	110 m	178,43 m slm

Tabella 4. Modello della vasca di Nerviano - Caratteristiche geometriche degli sfioratori laterali.

Il comparto 2 della vasca è stato collegato ad un terzo invaso mediante una soglia lunga 600 m con quota di sfioro a 180,00 m slm; tale invaso modella il comparto di emergenza a nord della vasca. Lo sfioratore di emergenza è stato invece modellato come una soglia lunga 66,6 m con quota di sfioro a 180,50 m slm e coefficiente di efflusso μ pari a 0,48, collegato al comparto 1 della vasca.

Le curve di invaso dei comparti della vasca, riportate nelle figure seguenti, sono state costruite sulla base delle tavole del progetto esecutivo.

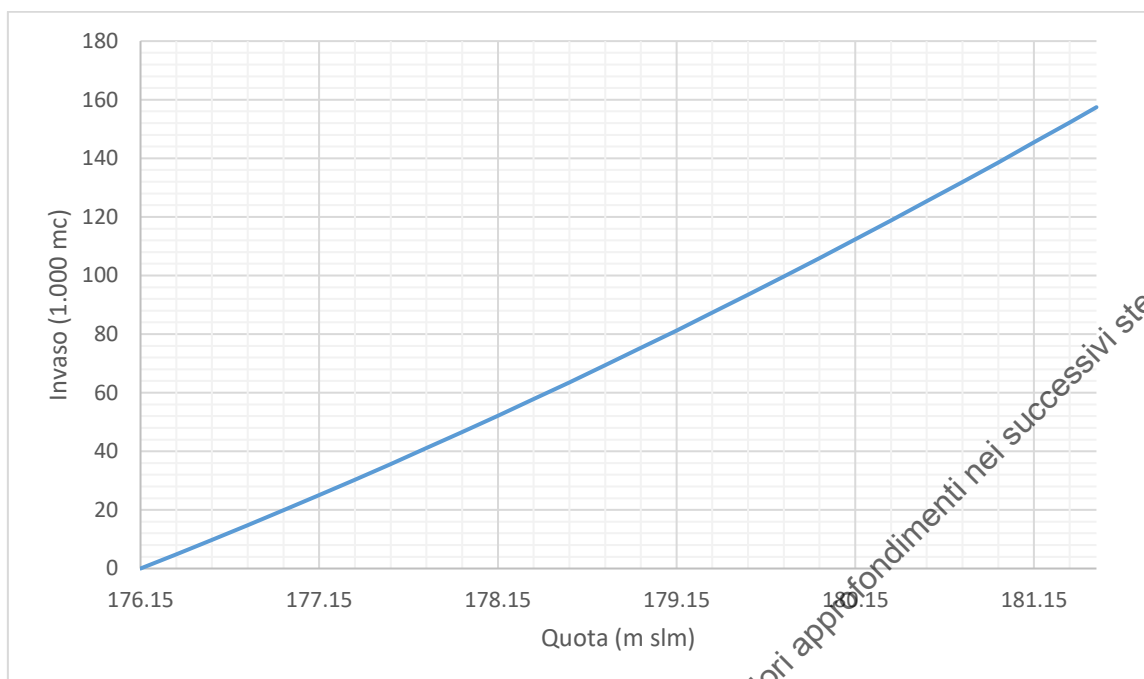


Figura 12. Vasca di Nerviano - Curva di invaso comparto 1.

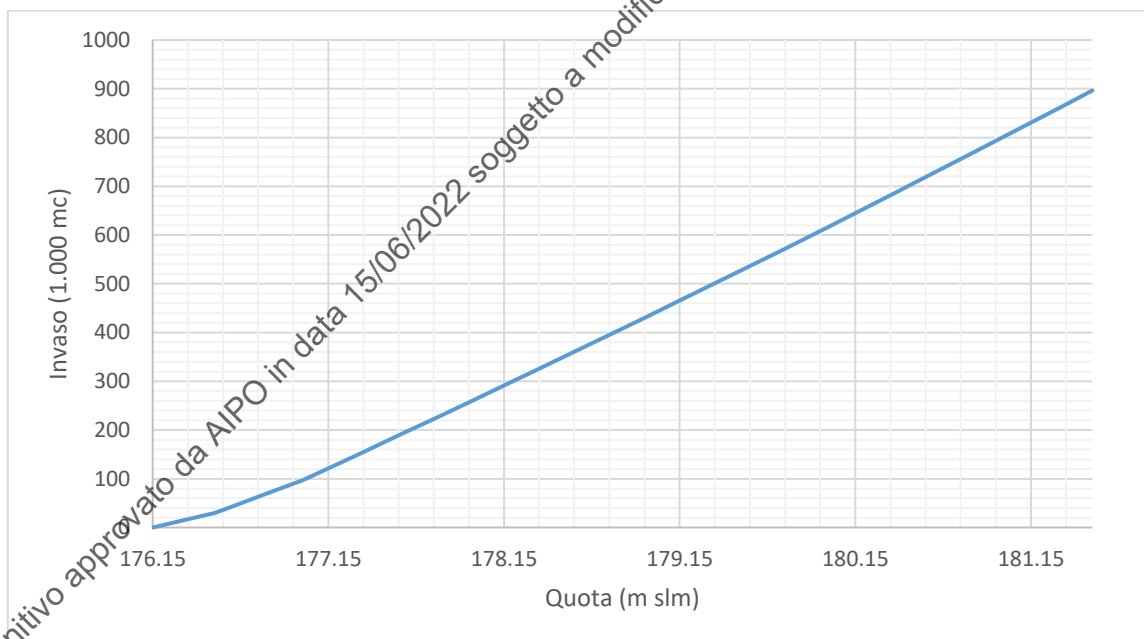


Figura 13. Vasca di Nerviano – Curva di invaso comparto 2.

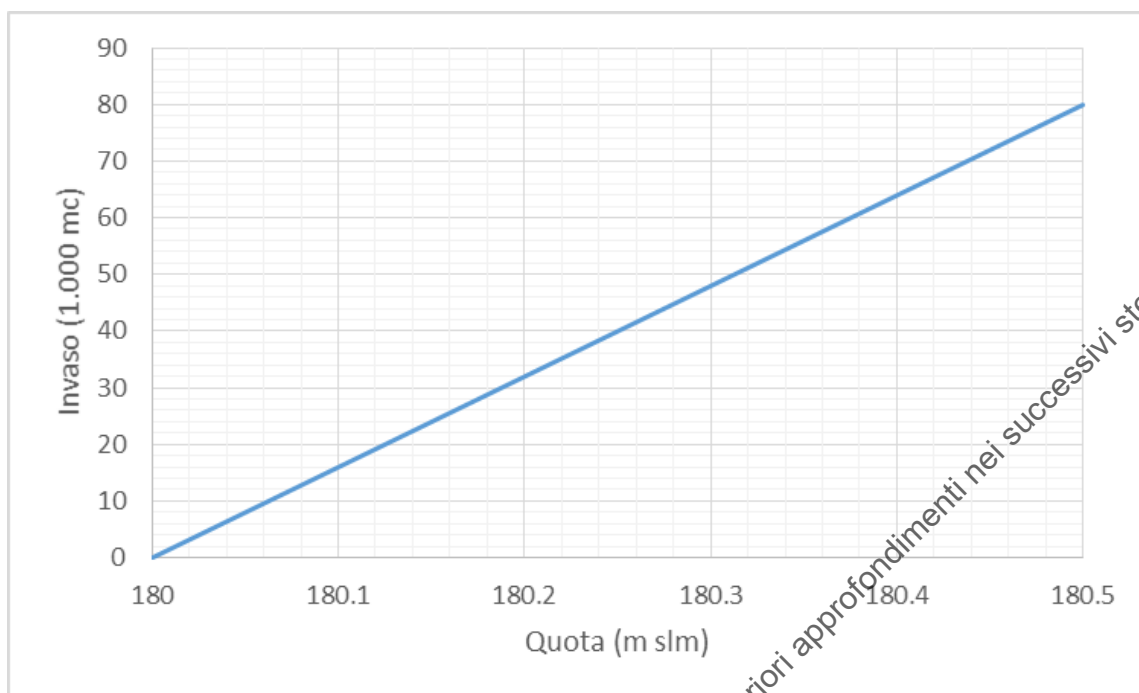


Figura 14. Vasca di Nerviano – Curva di invaso comparto di emergenza.

4.1.2 Idrogrammi di piena e condizioni al contorno

Il modello di invaso della vasca è stato alimentato utilizzando gli idrogrammi della piena decennale e centennale stimati nella sezione BZ25 dall'Autorità di Bacino nello Studio Lambro-Olona.

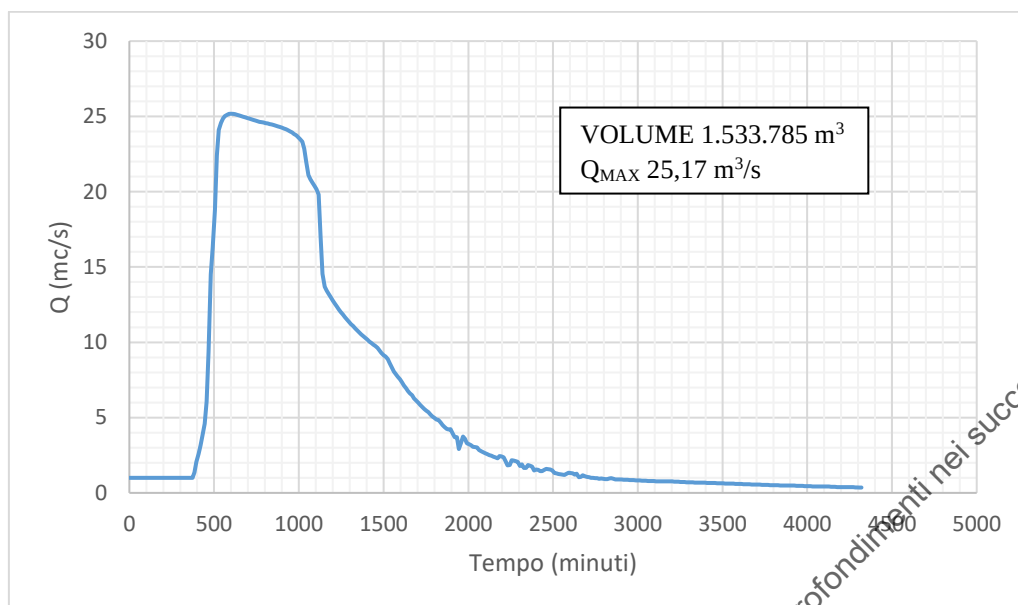


Figura 15. Idrogramma dell'evento di piena decennale alla sezione BZ25 dell'Autorità di Bacino (Studio Lambro-Olona).

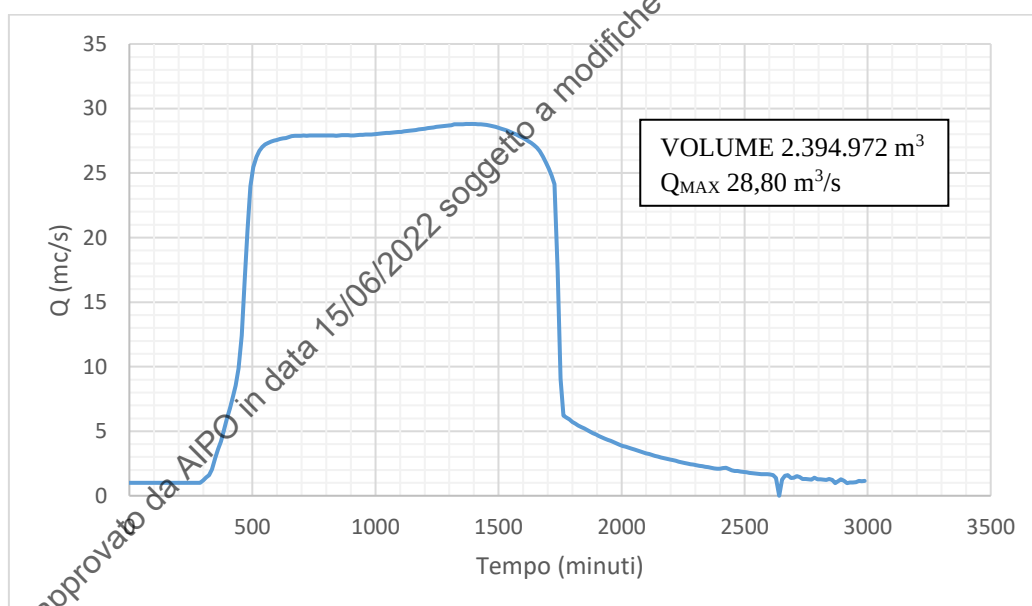


Figura 16. Idrogramma dell'evento di piena centennale alla sezione BZ25 dell'Autorità di Bacino (Studio Lambro-Olona).

Poiché la sezione di chiusura di valle del modello è localizzata in corrispondenza del salto di fondo immediatamente a monte del sifone di sottopasso del Canale Villoresi, quale condizione al contorno di valle è stato imposto il passaggio per lo stato critico in quanto, come dimostrato nello studio idraulico del progetto definitivo dell'opera,

per l'intervallo di portate d'interesse (max 18 m³/s), tale salto rappresenta una sconnessione idraulica non rigurgitata per la corrente transitante.

4.2 Modello a valle vasca di Nerviano

4.2.1 Ingressi del modello

Noti gli idrogrammi in uscita dalla vasca di Nerviano, gli idrogrammi relativi agli scarichi fognari e gli idrogrammi relativi ai bacini naturali, è stato possibile definire compiutamente le immissioni nel modello di simulazione delle piene del tratto “rhodense” del torrente Bozzente.

Di seguito si riportano gli idrogrammi relativi agli eventi simulati.

4.2.1.1 Idrogrammi dell'evento decennale

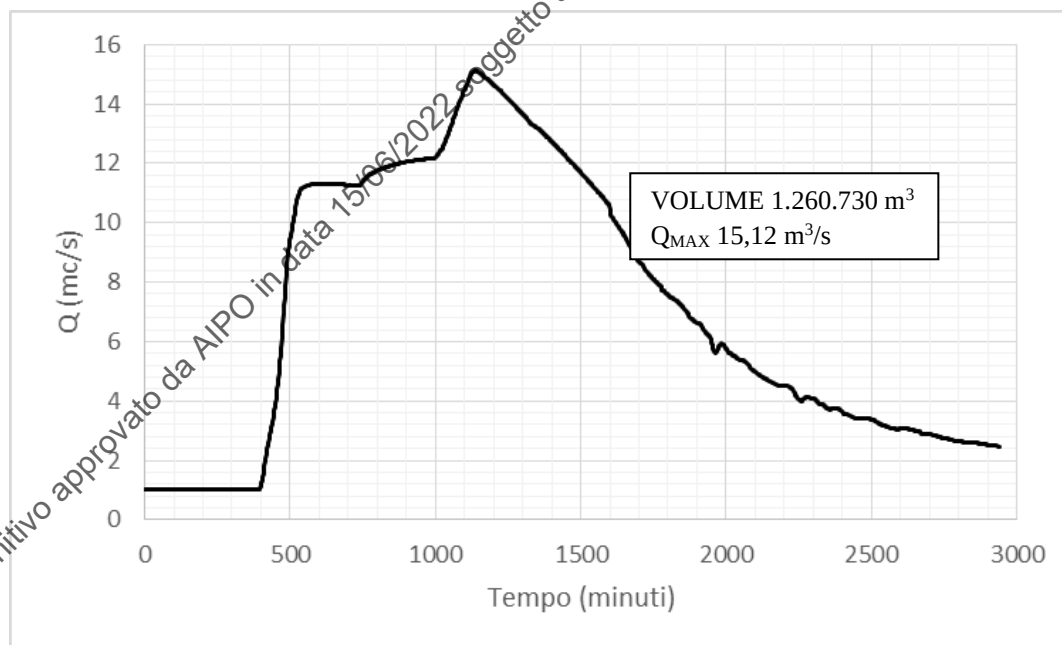


Figura 17. Idrogramma in uscita dalla vasca di Nerviano, TR 10 anni.

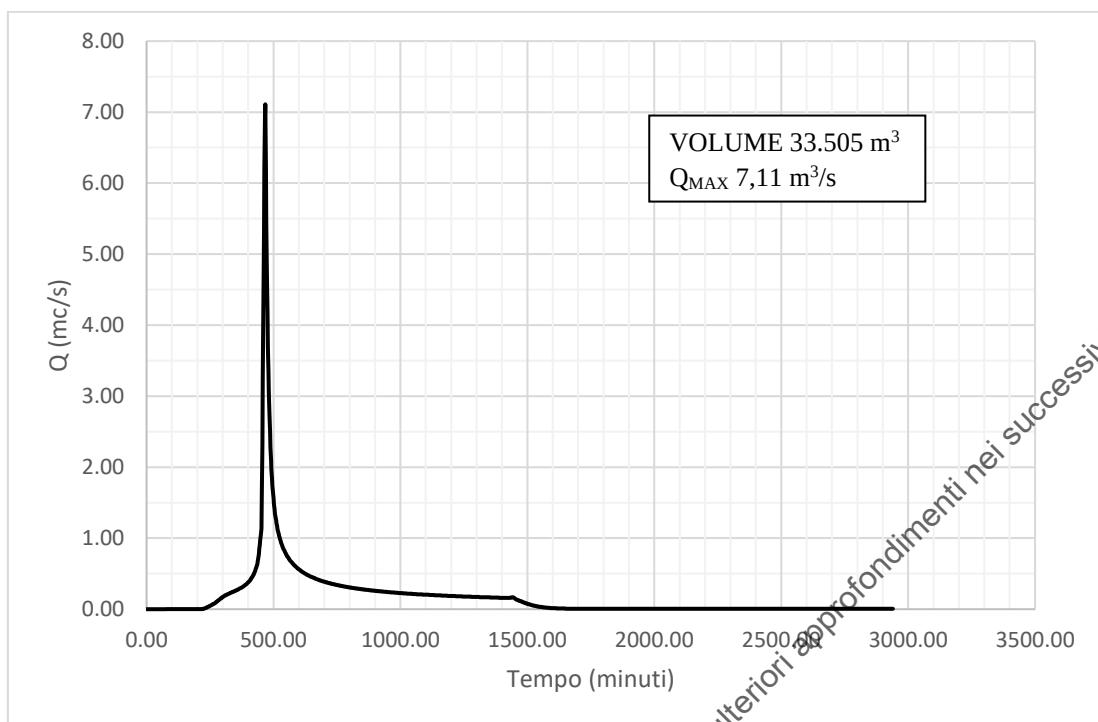


Figura 18. Idrogramma scarico fognature di Lainate, TR 10 anni.

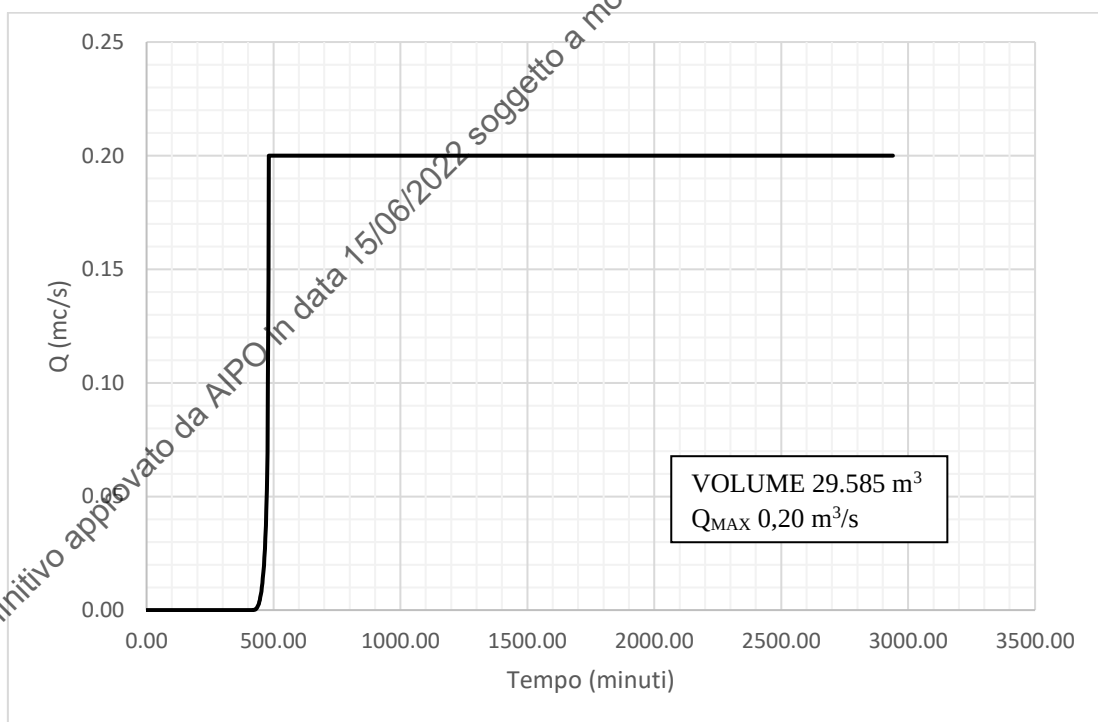


Figura 19. Idrogramma scarico 1 fognatura di Rho, TR 10 anni.

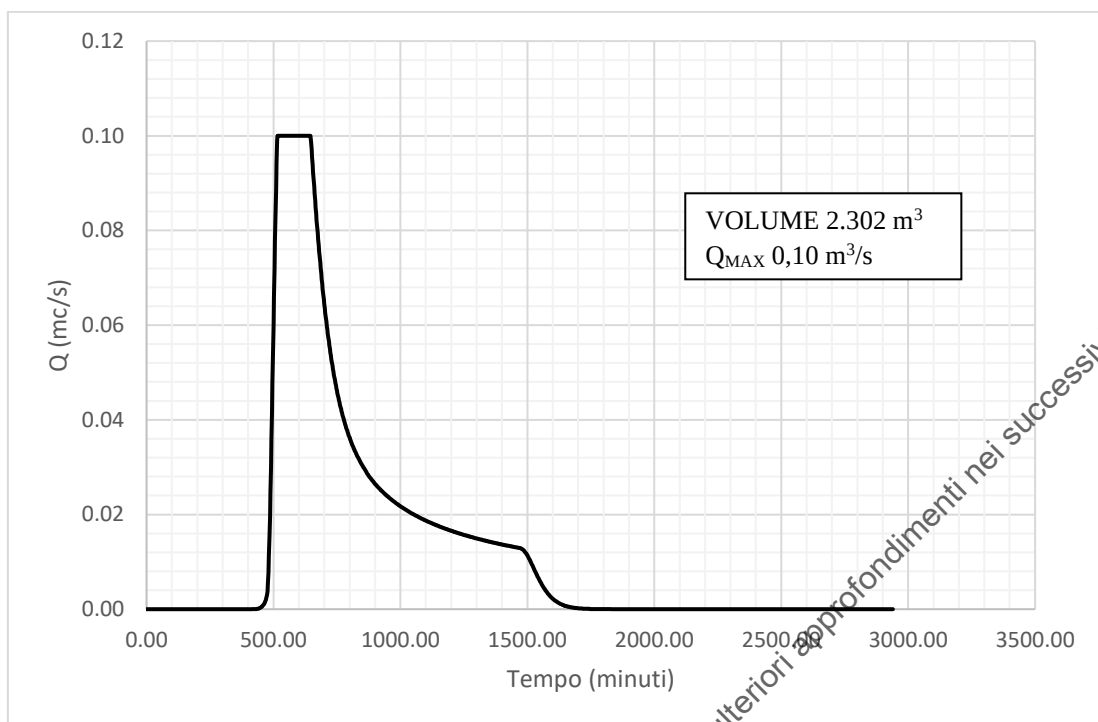


Figura 20. Idrogramma scarico 2 fognatura di Rho, TR 10 anni.

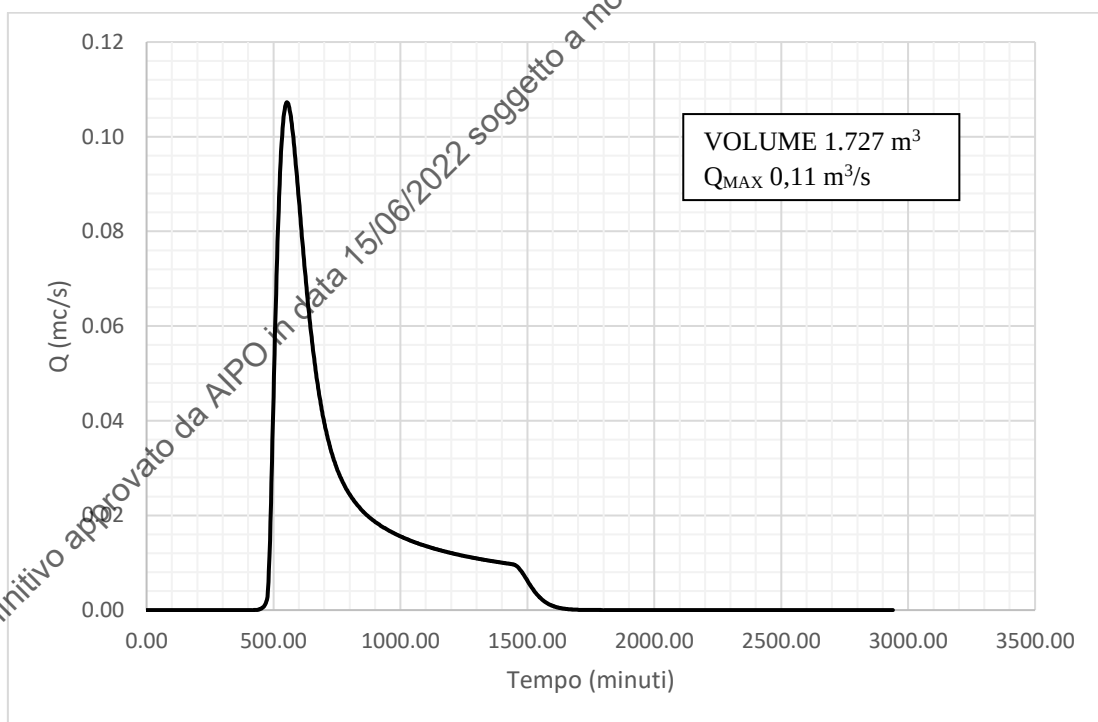


Figura 21. Idrogramma scarico 3 fognatura di Rho, TR 10 anni.

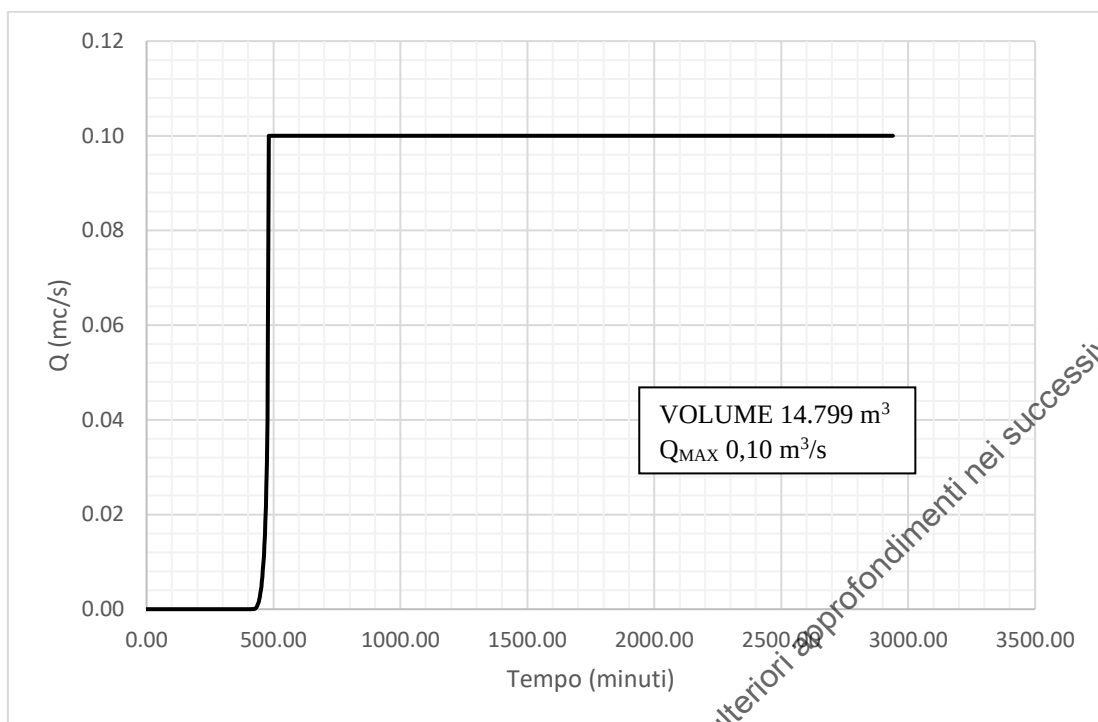


Figura 22. Idrogramma scarico 4 fognatura di Rho, TR 10 anni.

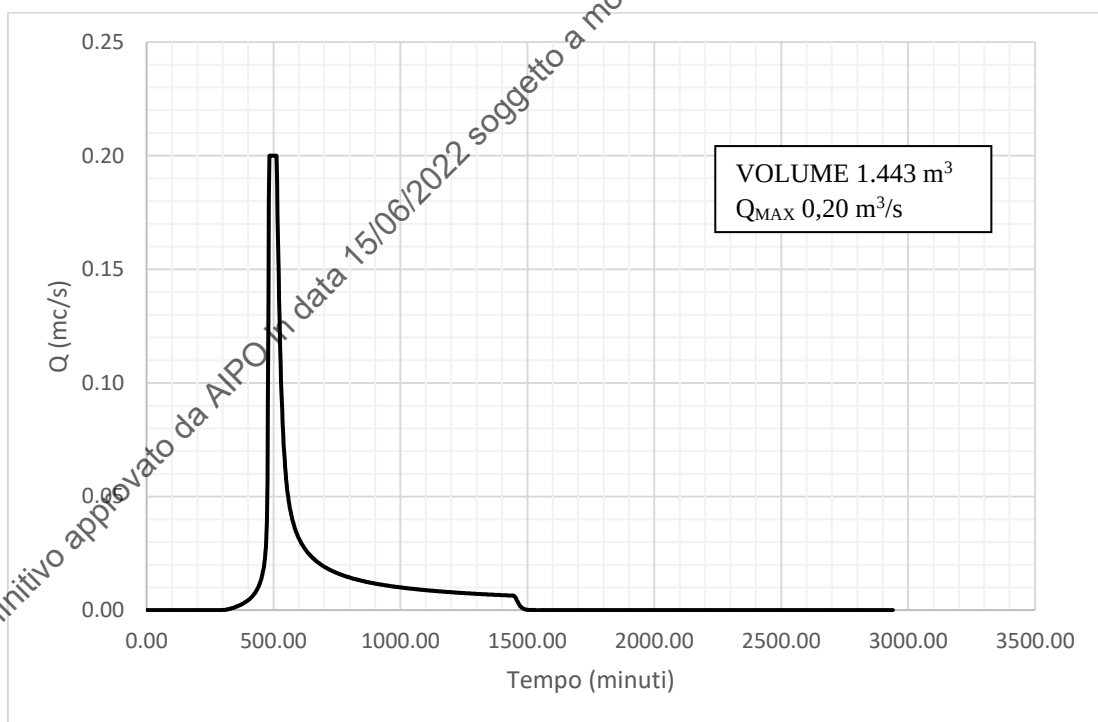


Figura 23. Idrogramma scarico 5 fognatura di Rho, TR 10 anni.

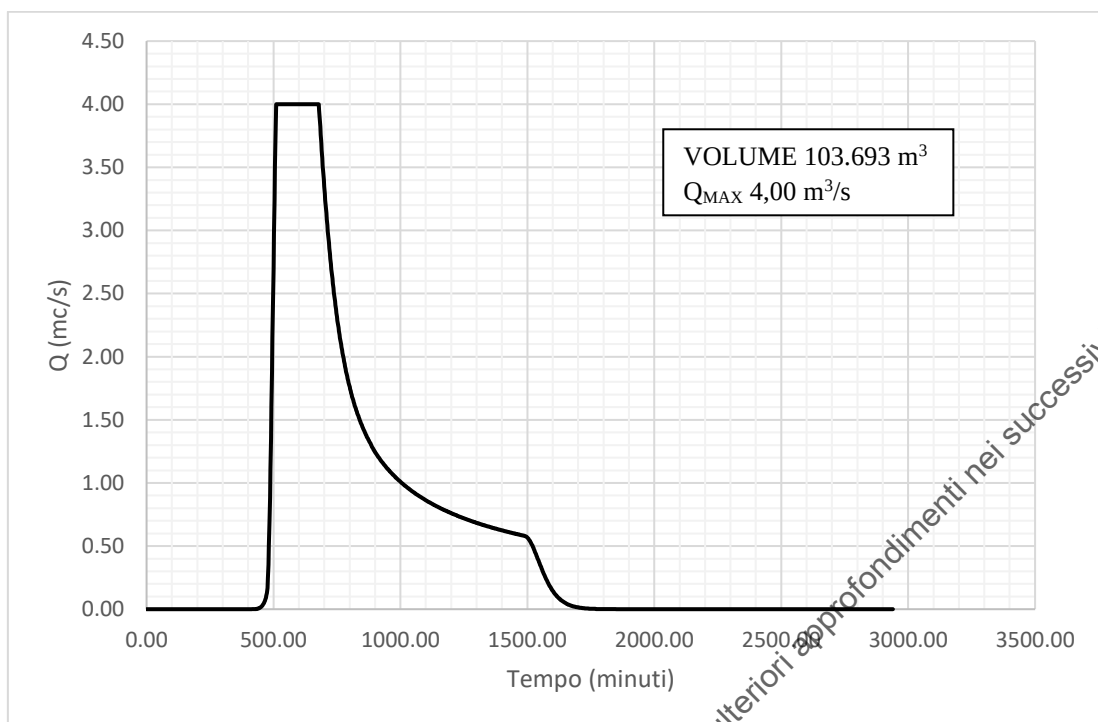


Figura 24. Idrogramma scarico 6 fognatura di Rho, TR 10 anni.

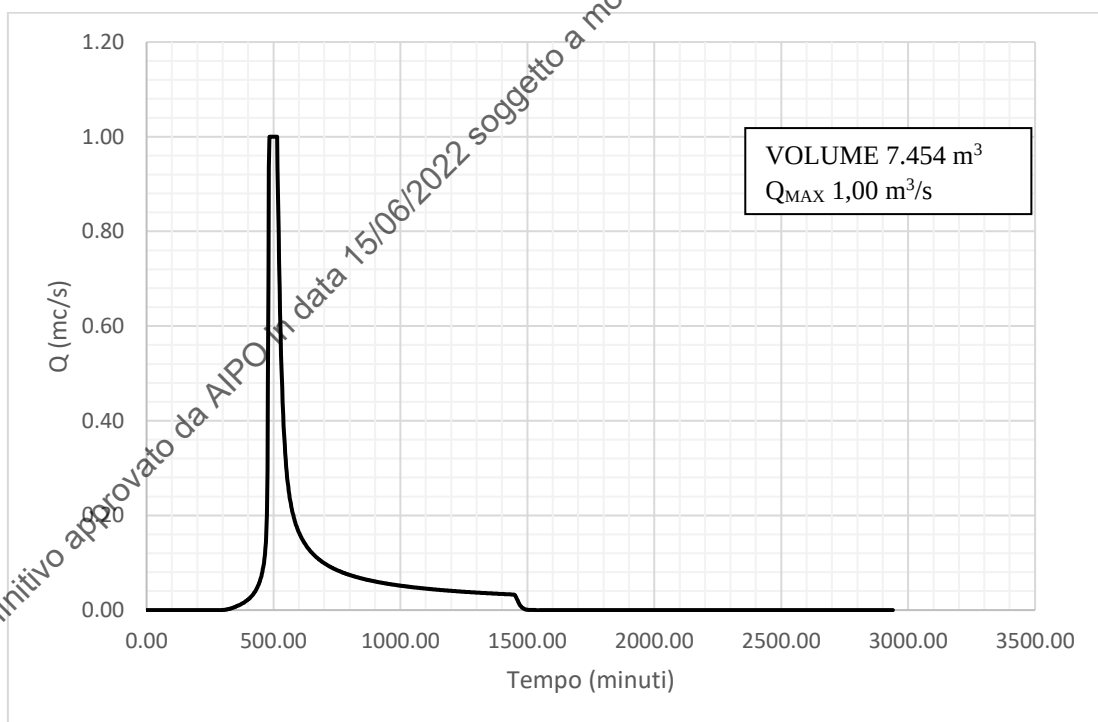


Figura 25. Idrogramma scarico 7 fognatura di Rho, TR 10 anni.

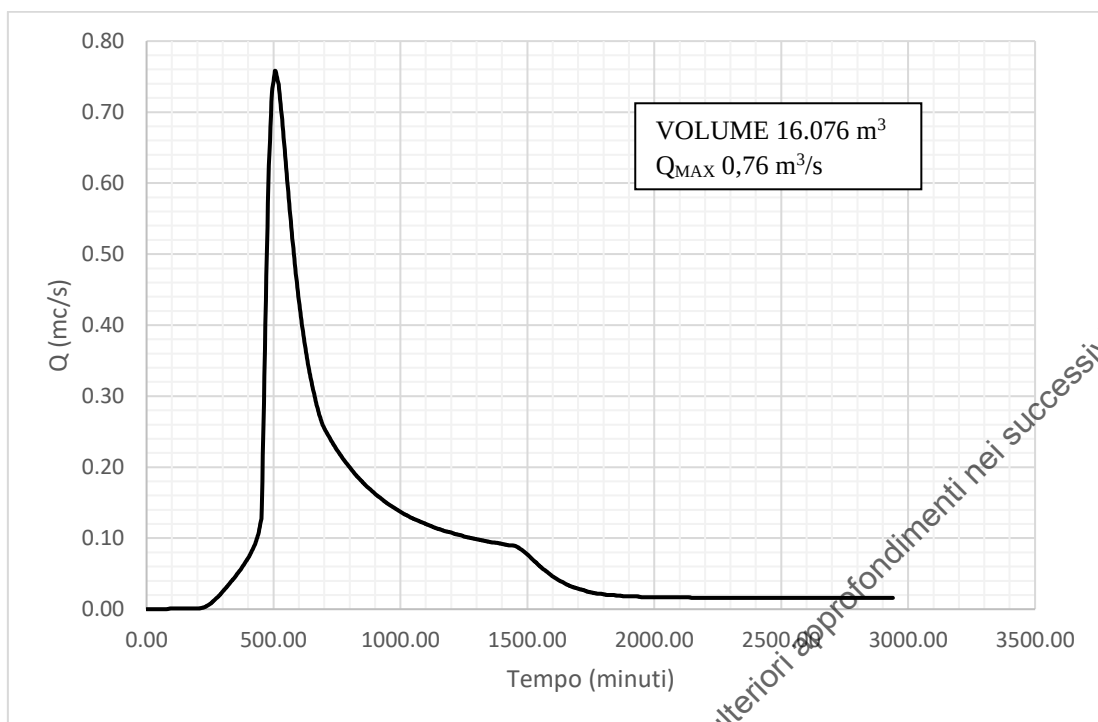


Figura 26. Idrogramma sottobacino BZ6, TR 10 anni.

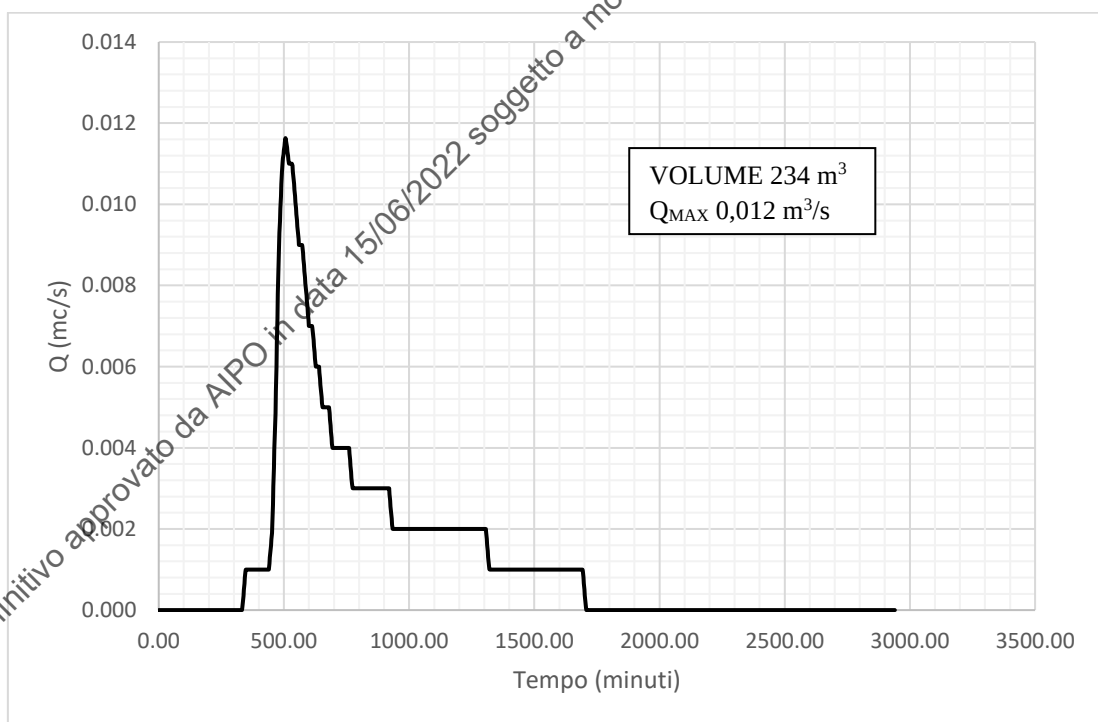


Figura 27. Idrogramma sottobacino BZ7, TR 10 anni.

4.2.1.2 Idrogrammi evento centennale

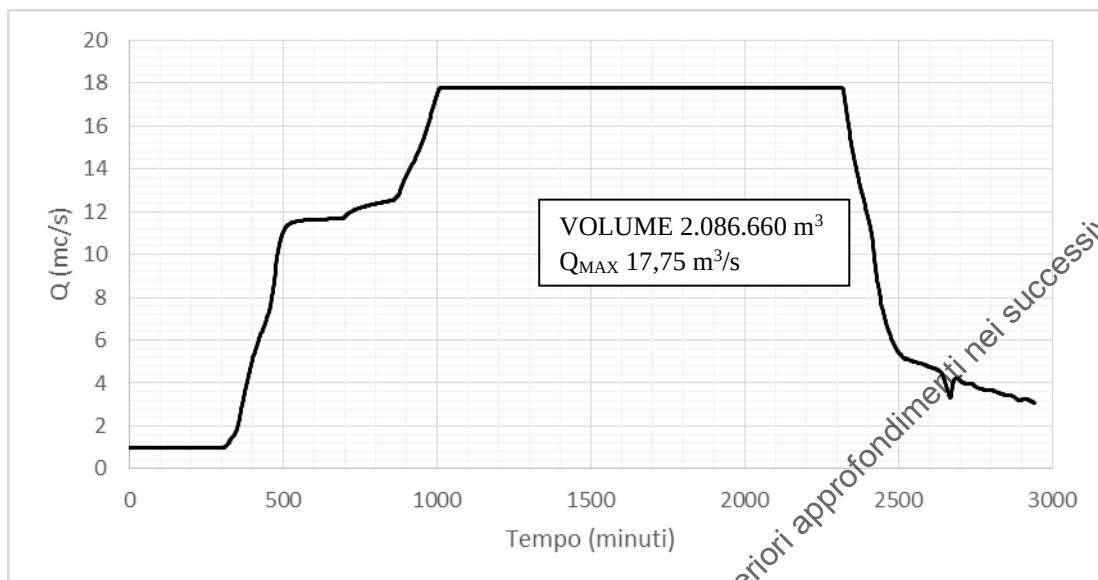


Figura 28. Idrogramma in uscita dalla vasca di Nerviano, TR 100 anni.

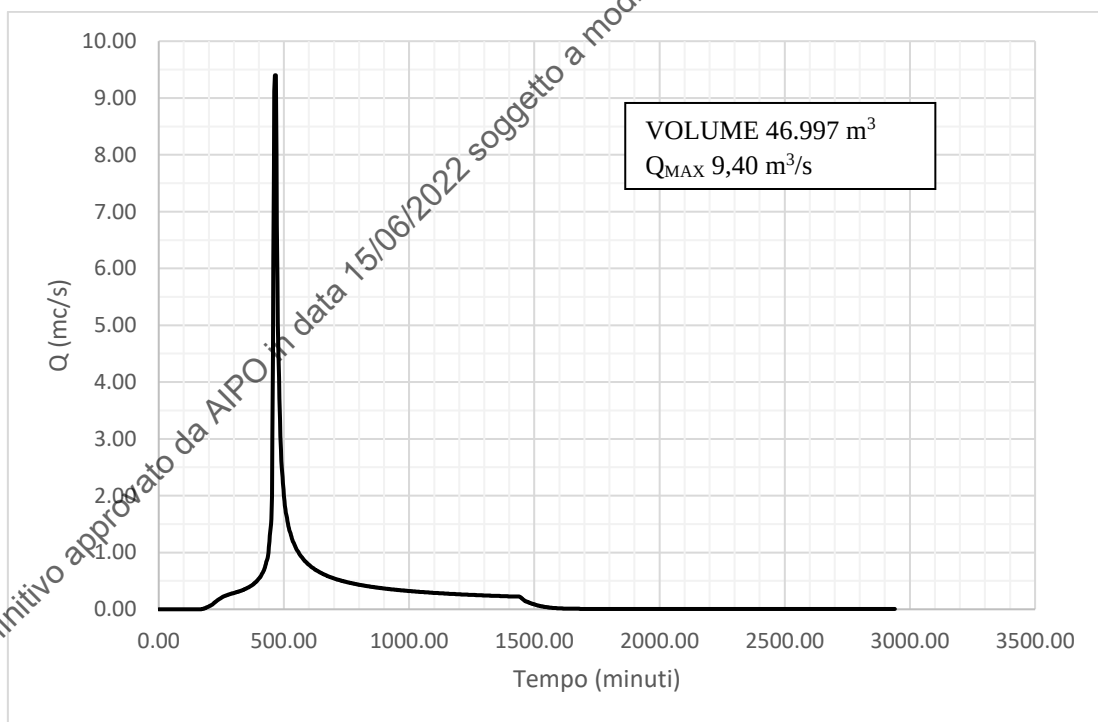


Figura 29. Idrogramma scarico fognatura di Lainate, TR 100 anni.

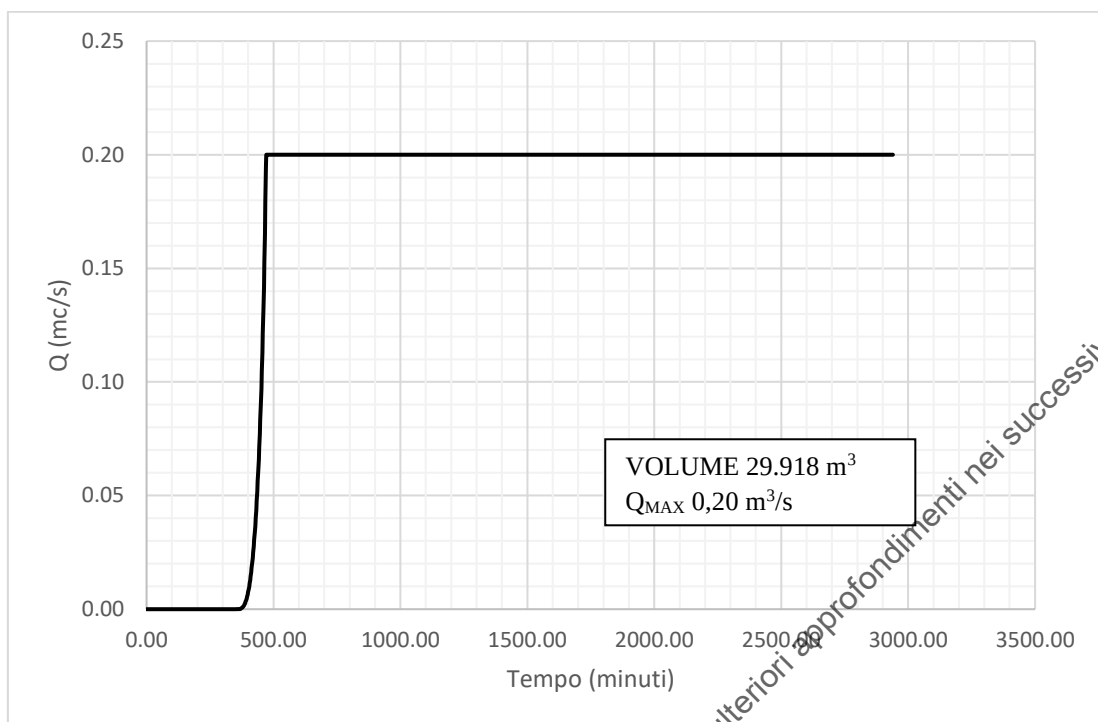


Figura 30. Idrogramma scarico 1 fognatura di Rho, TR 100 anni.

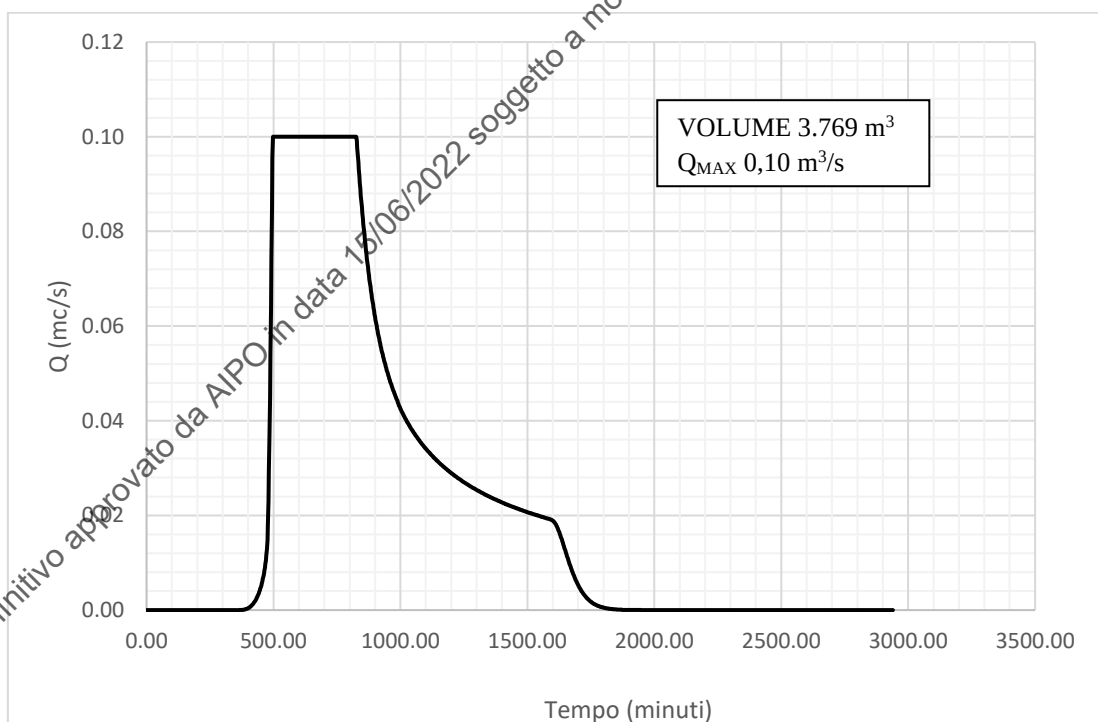


Figura 31. Idrogramma scarico 2 fognatura di Rho, TR 100 anni.

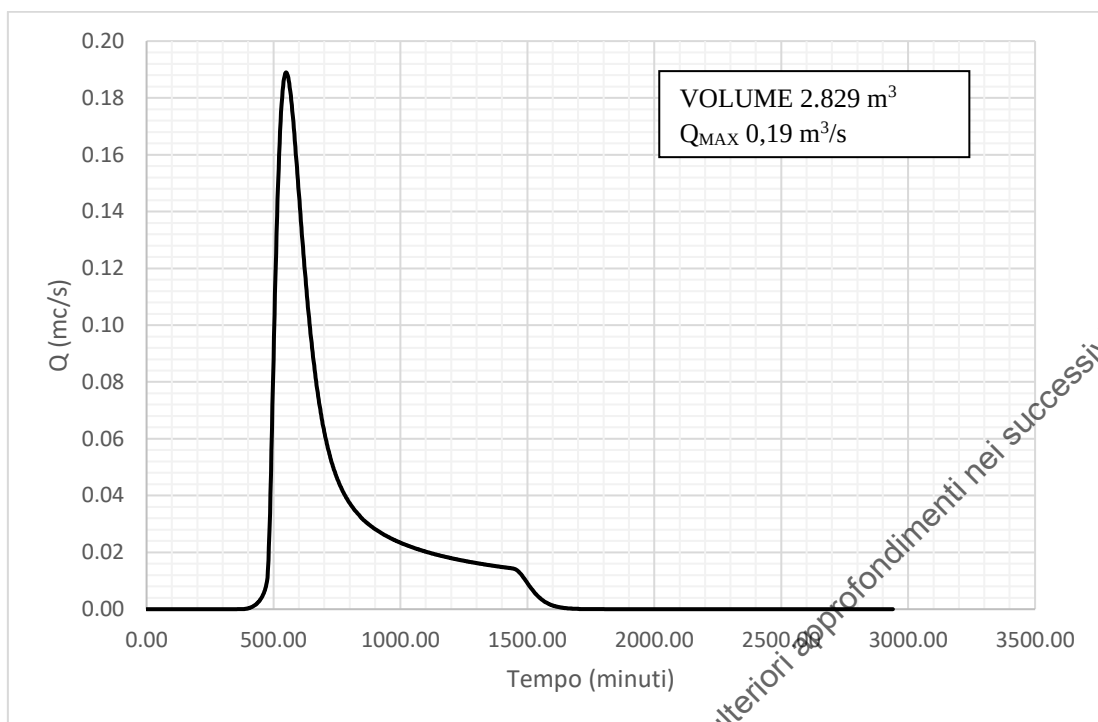


Figura 32. Idrogramma scarico 3 fognatura di Rho, TR 100 anni.

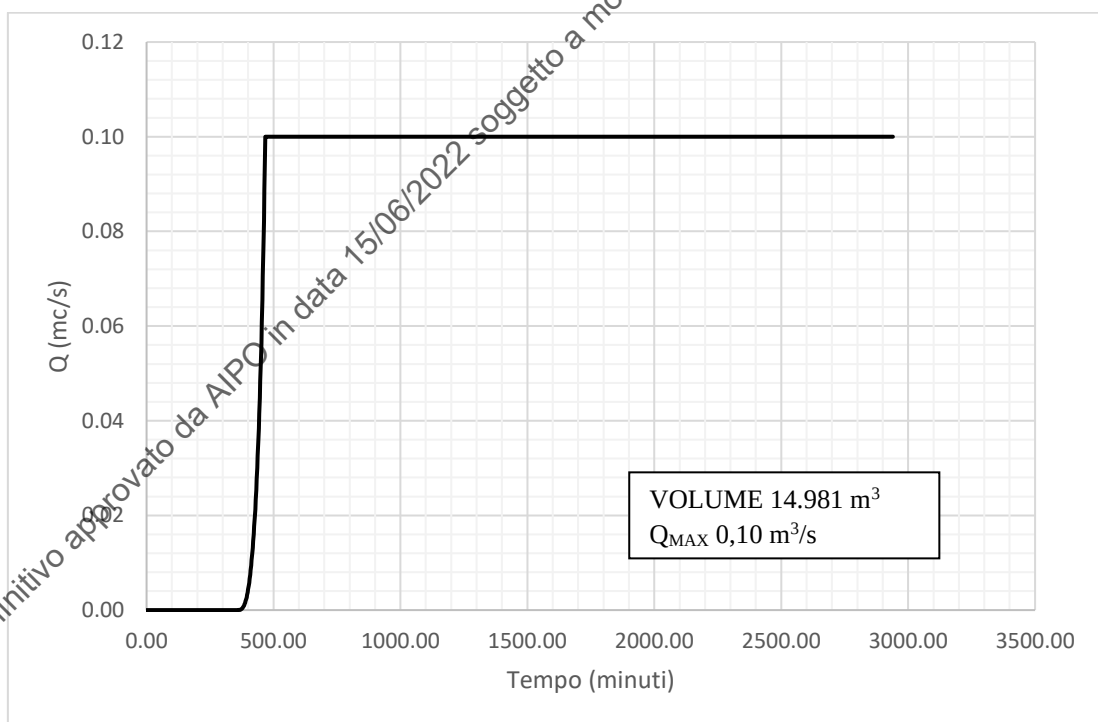


Figura 33. Idrogramma scarico 4 fognatura di Rho, TR 100 anni.

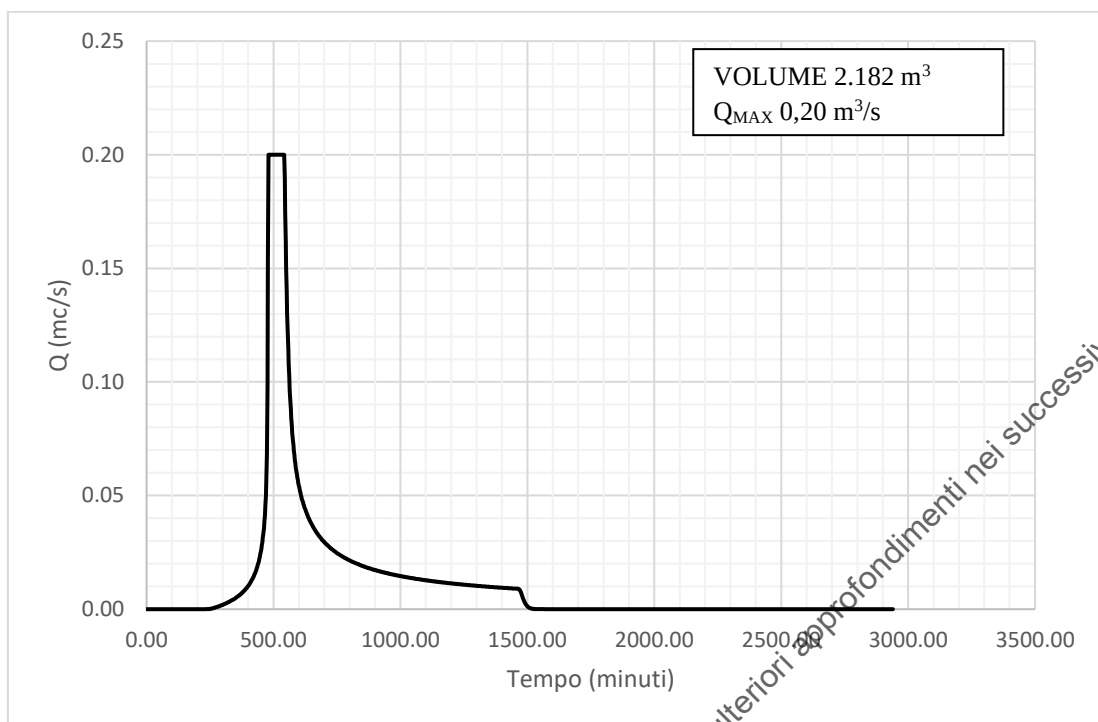


Figura 34. Idrogramma scarico 5 fognatura di Rho, TR 100 anni.

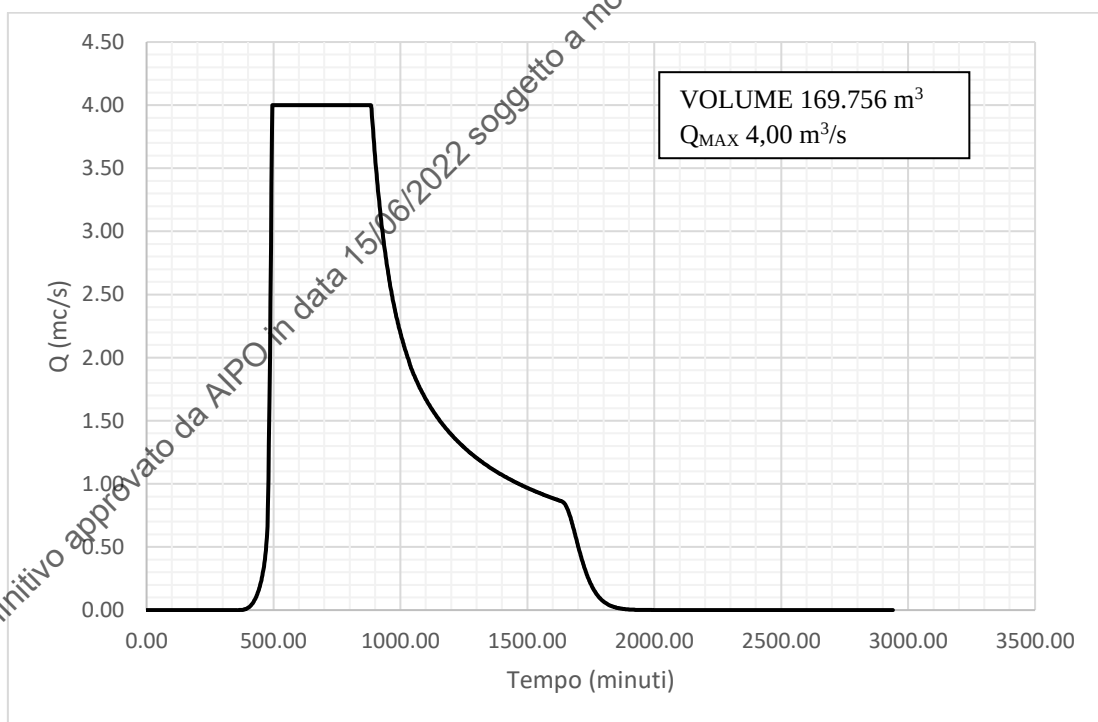


Figura 35. Idrogramma scarico 6 fognatura di Rho, TR 100 anni.

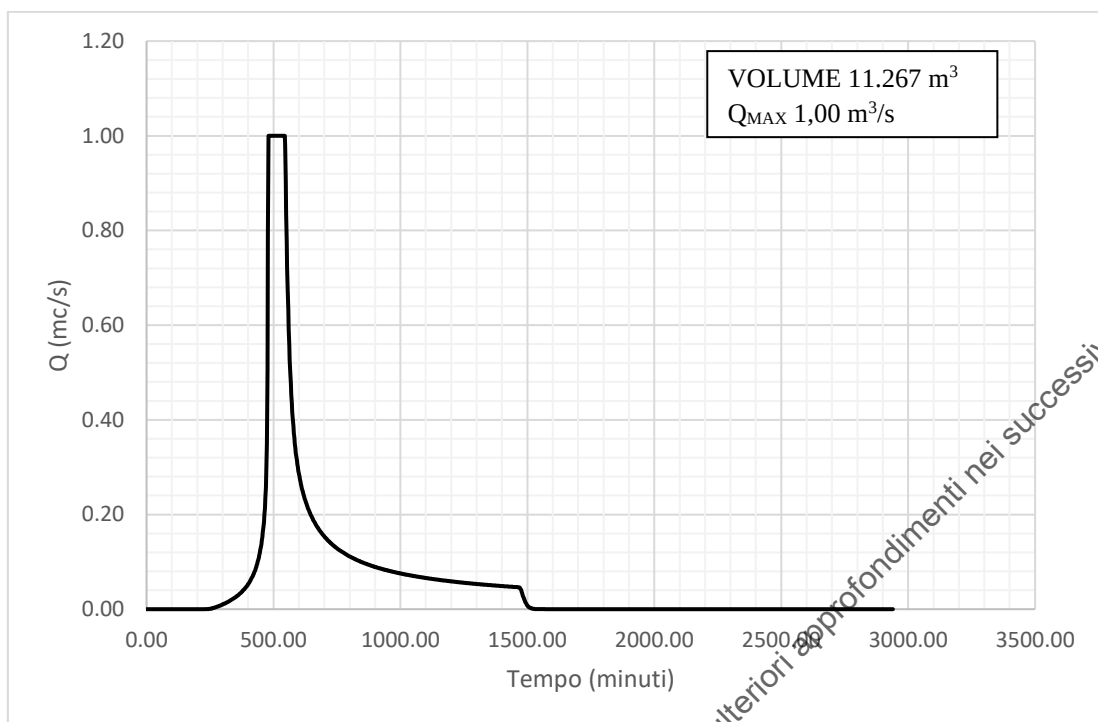


Figura 36. Idrogramma scarico 7 fogna di Rho, TR 100 anni.

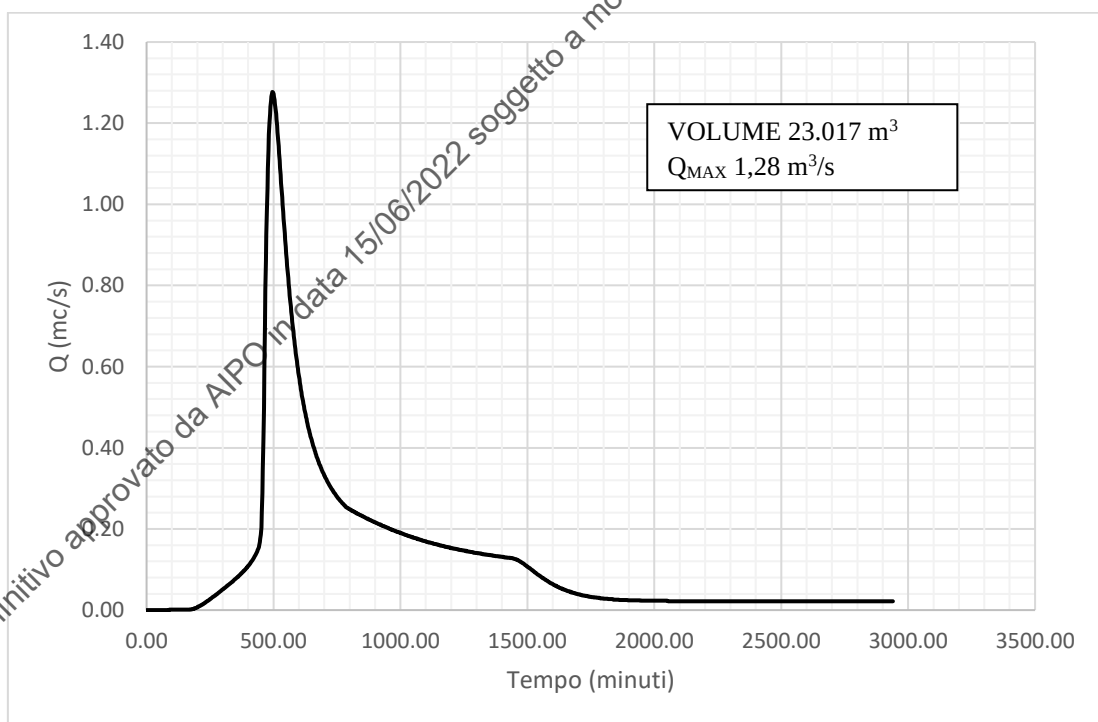


Figura 37. Idrogramma sottobacino BZ6, TR 100 anni.

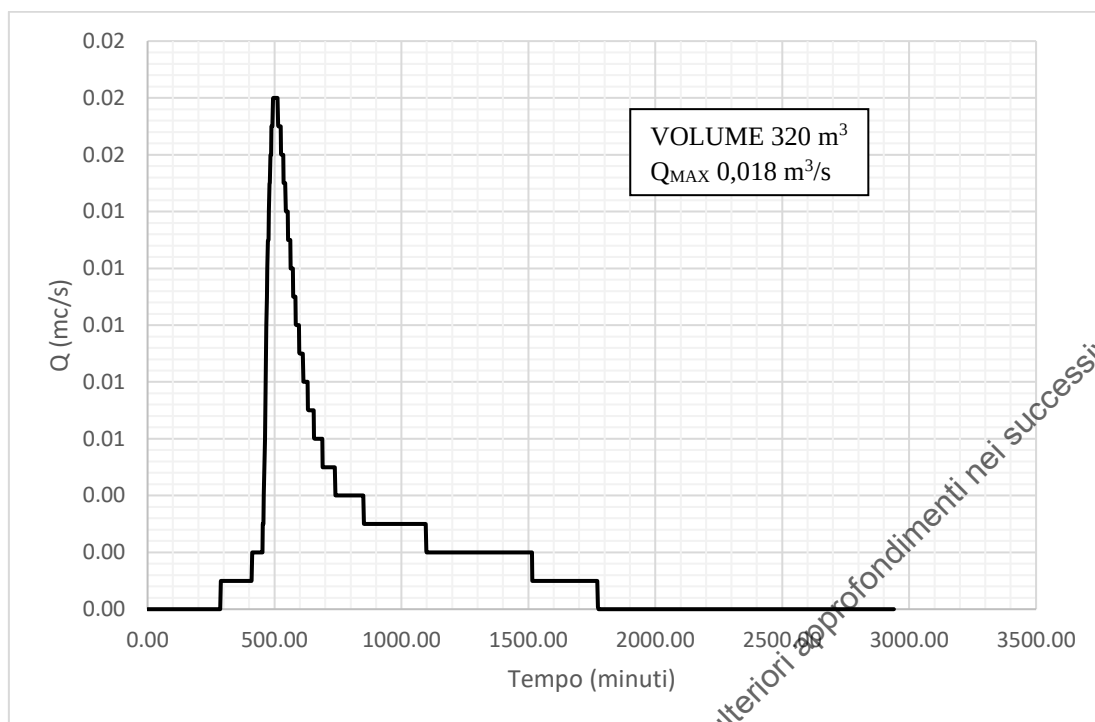


Figura 38. Idrogramma sottobacino BZ7, TR 100 anni.

4.2.2 Simulazione degli eventi di piena

La propagazione degli eventi di piena a valle della cassa di Nerviano sono stati simulati utilizzando un modello numerico monodimensionale, implementato mediante il software inglese InfoWorks ICM.

4.2.2.1 Il software di simulazione

InfoWorks ICM è un applicativo di simulazione idraulica sviluppato dalla software house internazionale Innovyze.

La flessibilità del software ne consente l'impiego in un gran numero di applicazioni, in particolar modo nella modellazione numerica integrata di sistemi idraulici complessi costituiti dall'interconnessione di alvei fluviali, reticoli di bonifica e fognature urbane.

Il software consente infatti di rappresentare in un'unica interfaccia sezioni fluviali aperte con approccio monodimensionale, domini bidimensionali, reti di drenaggio chiuse e manufatti speciali presenti in ambito fluviale o fognario (ponti, soglie, sollevamenti, scaricatori di piena ecc.). A seconda delle applicazioni, le aste fluviali possono quindi essere rappresentate con un dominio interamente 2D (comprendente sia l'alveo inciso, sia le golene), con una rappresentazione 1D, o con una modellazione mista (generalmente 1D per l'alveo inciso e 2D per le aree di espansione golenali).

Per quanto riguarda invece la rappresentazione di reti di drenaggio urbano la tecnica ormai consolidata è quella di rappresentare il reticolo interrato con elementi 1D e le eventuali aree di allagamento con domini 2D.

I principali punti di forza del programma risiedono, oltre che (come già detto) nell'ampio spettro di applicazioni possibili, nella velocità di calcolo e nella robustezza dell'approccio numerico utilizzato.

InfoWorks ICM offre inoltre la possibilità di implementare vari modelli idrologici di trasformazione afflussi-deflussi (formula razionale, modello SCS-CN, modello Green-Ampt, modello Horton, modello New UK, modello dell'infiltrazione costante, modello

di Horner), nonché di inserire nelle simulazioni diversi modelli di corrivazione e di calcolo delle perdite iniziali.

Approccio numerico della componente 1D

Nel caso di applicazioni monodimensionali, il moto idraulico all'interno degli elementi con funzionamento a pelo libero (siano essi tratti fluviali aperti o tubazioni) è risolto mediante l'integrazione delle equazioni di De Saint Venant:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

(1)

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2/A)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + gA(S_f - i) = 0$$

(2)

dove:

A	area bagnata del condotto (o del canale);
Q	portata;
x	ascissa curvilinea lungo l'asse dell'elemento;
t	tempo;
g	accelerazione di gravità;
h	livello idrico;
S_f	cadente piezometrica;
i	pendenza del fondo.

In particolare, l'equazione (1) esprime la continuità del moto vario in assenza di afflussi e deflussi laterali, mentre la (2) esprime la conservazione della quantità di moto.

In InfoWorks, la cadente piezometrica può essere calcolata con diverse metodologie: Colebrook-White, Manning o Strickler.

L'integrazione delle equazioni avviene per via numerica, mediante linearizzazione delle equazioni e risoluzione con metodi basati sulla teoria delle matrici. InfoWorks ICM adotta come schema di linearizzazione il metodo dei 4 punti di Priessmann, mentre il risolutore utilizzato si basa sul metodo di Newton-Raphson.

Le equazioni (1) e (2) sono valide per condotti non in pressione. Per permettere a InfoWorks di simulare il moto vario anche all'interno di condotte in pressione utilizzando il medesimo algoritmo risolutivo e senza creare problemi nella transizione da uno stato all'altro, il motore di calcolo adotta la tecnica dello slot di Preissmann.

Tale sistema consente di assimilare la condotta in pressione ad una condotta a pelo libero, inserendo alla sommità della sezione reale una piccola sezione di deflusso aggiuntiva, di area trascurabile ed estensione verticale indefinita.

Il metodo dello slot è indicato per tubazioni in cui è prevedibile una doppia modalità di funzionamento (in pressione e a pelo libero); per i tubi in cui invece il moto in pressione permane costantemente, come le mandate delle stazioni di pompaggio, InfoWorks ICM consente di utilizzare un sistema di equazioni più appropriato, che elimina l'artificio dello slot.

L'applicabilità dei metodi di soluzione utilizzati da InfoWorks è stata testata in centinaia di studi e applicazioni, anche con il riscontro di misure idrometriche in bacini sperimentali. Tra le principali limitazioni rilevate si segnalano:

1. la semplificazione dei risultati nel caso di elementi molto pendenti, per i quali InfoWorks produce comunque risultati vicini alla realtà;
2. l'imprecisione nella rappresentazione dei risalti idraulici, in quanto il passaggio da corrente veloce a corrente lenta viene simulato su una certa lunghezza (dell'ordine di qualche metro, variabile a seconda della geometria).

Modellazione dei manufatti idraulici

Paratoie

Per la definizione completa di un elemento paratoia, InfoWorks ICM richiede l'inserimento di otto parametri:

1. tipo di paratoia;
2. livello di scorrimento, ossia la quota del fondo nel punto di battuta della paratoia;
3. larghezza della paratoia B ;
4. coefficiente di deflusso, ossia il parametro C_d che inserito nelle formule

dell'efflusso $Q = C_d B H \sqrt{g D_u^{1/2}}$ (flusso non rigurgitato) o

$Q = C_d B H \sqrt{g (D_u - D_d)^{1/2}}$ (flusso rigurgitato) determina la relazione tra tiranti

- idrici D (D_u tirante a monte della paratoia, D_d tirante a valle) e portate effluenti Q ;
5. coefficiente di deflusso secondario, ossia il parametro C_{d2} da utilizzare nella formula dell'efflusso $Q = C_{d2} B \sqrt{g} D_u^{1.5}$ (flusso non rigurgitato) o $Q = C_{d2} B \sqrt{g} D_u \sqrt{D_u - D_d}$ (flusso rigurgitato) nel caso in cui i tiranti idrici D siano inferiori all'apertura H della paratoia;
 6. coefficiente di deflusso sopra paratoia, ossia il parametro C_{d2} da utilizzare nella formula dell'efflusso $Q = C_{d2} B \sqrt{g} D_u^{1.5}$ (flusso non rigurgitato) o $Q = C_{d2} B \sqrt{g} D_u \sqrt{D_u - D_d}$ (flusso rigurgitato) nel caso in cui i tiranti idrici D superino l'altezza della paratoia;
 7. apertura della paratoia H ;
 8. altezza della paratoia (facoltativo).

Soglie rettangolari

Per la definizione completa di un elemento soglia rettangolare, InfoWorks ICM richiede l'inserimento di cinque parametri:

1. livello della cresta;
2. larghezza della soglia B ;
3. coefficiente di deflusso, ossia il parametro C_d che inserito nelle formule dell'efflusso $Q = C_d B \sqrt{g} D_u^{3/2}$ (flusso non rigurgitato) o $Q = C_d B D_u \sqrt{g} (D_u - D_d)^{1/2}$ (flusso rigurgitato) determina la relazione tra tiranti idrici D sopra la soglia e le portate effluenti Q ;
4. altezza soffitto (facoltativo);
5. coefficiente di deflusso secondario, ossia il parametro C_d da utilizzare nella formula dell'efflusso della paratoia sotto battente (vedi sopra) nel caso in cui la quota idrica superi l'altezza del soffitto.

4.2.2.2 Geometria dell'alveo e parametri idraulici

Come già accennato all'inizio del presente capitolo, il dominio di calcolo del modello ha compreso l'asta del Bozzente dalla sezione BZ21 dell'Autorità di Bacino allo sbocco in Olona ed il condotto deviatore del Bozzente, da Biringhella allo sbocco in Olona.

La geometria dell'alveo del Bozzente tra la sezione di chiusura di monte e l'inizio del tratto tombinato a Rho (lunghezza 4,5 km circa) è stata ricostruita utilizzando le sezioni dell'Autorità di Bacino (n° 19), rilevate per la redazione dello *Studio Lambro-Olona*, e n° 6 sezioni dedotte dallo studio IDRO srl del maggio 2003, localizzate in prossimità dello scolmatore. Il tratto a valle della sezione BZ01 è stato invece ricostruito integrando i rilievi contenuti nello studio IDRO srl del maggio 2003 (n° 18 sezioni) con le sezioni tipologiche ed il profilo del progetto originario della tombinatura, redatto dal Comune di Rho nel 1965.

Il profilo e la sezione del deviatore sono stati dedotti dallo studio IDRO srl del maggio 2009.

Tutti i tratti coperti sono stati modellati come condotti cilindrici o a tratti cilindrici, mentre i tratti scoperti sono stati modellati come tratti fluviali.

Il nodo di derivazione di Biringhella è stato reso con una biforcazione, in cui:

- nel corso di destra è stato inserito un elemento soglia (larghezza 6 m, quota sfioro 163,28 m s.l.m., coefficiente di efflusso 0,54), per simulare le bocche di derivazione in sponda al Bozzente; la soglia è stata collegata all'imbocco del deviatore per mezzo di un canale rettangolare di raccordo largo 2,50 m;
- nel corso di sinistra è stato inserito un tratto fluviale a sezione rettangolare con una strozzatura di larghezza variabile da 5,0 a 2,0 m, a valle della quale è stato inserito un elemento modulante, per simulare la paratoia esistente.

Per la paratoia sono stati assunti i seguenti parametri:

tipo paratoia	sluice (paratoia piana)
livello di scorrimento	162,93 m s.l.m.
larghezza della paratoia	2,00 m
coefficiente di deflusso	0,85

coefficiente di deflusso secondario	0,56
coefficiente di deflusso sopra paratoia	0,56
altezza apertura	0,32 m
altezza paratoia	2,50 m

L'altezza della paratoia è stata imposta in modo tale da impedirne il sormonto durante le simulazioni, mentre il grado di apertura della paratoia è stato scelto in modo tale da limitare il deflusso verso Rho ad un massimo di $2 \text{ m}^3/\text{s}$, che è la massima portata convogliabile nell'alveo a valle della paratoia senza che si manifesti alcuna criticità in corrispondenza dei manufatti (vedi Tabella 3 al paragrafo 2.4).

Tale grado di apertura coincide con quello normalmente mantenuto durante le piene dal Servizio di Protezione Civile.

Poiché lo scopo di queste prime simulazioni è stato la quantificazione del rischio idraulico residuo a seguito della realizzazione della vasca di Nerviano in termini di volumi e portate eccedenti la capacità di trasporto del sistema Bozzente-condotto deviatore, l'eventuale insufficienza del sistema è stata simulata introducendo nel modello uno sfioratore laterale fittizio, collegato ad un vaso anch'esso fittizio, posizionato in corrispondenza del nodo di biorcazione.

Tale elemento ha cioè modellato i tratti di sponda normalmente tracimati durante le piene reali, consentendo di stimare numericamente l'entità delle portate e dei volumi di esondazione.

Le caratteristiche geometriche assunte per lo sfioro fittizio sono state:

livello della cresta	164,95 m slm (pari alla minima quota di ritenuta delle sponde a monte della paratoia)
larghezza della soglia	30,00 m
coefficiente di deflusso	0,54
coefficiente di deflusso secondario	0,54
altezza soffitto	non specificata

Nel definire i parametri di scabrezza dell'alveo si è fatto riferimento agli studi pregressi, adottando i seguenti coefficienti k_s di Strickler:

alveo Bozzente scoperto	$30 \text{ m}^{1/3} / \text{s}$
alveo Bozzente tombinato	$70 \text{ m}^{1/3} / \text{s}$
deviatore Bozzente	$75 \text{ m}^{1/3} / \text{s}$

Agli imbocchi e agli sbocchi del deviatore e dei tratti tombinati sono state applicate delle perdite di carico concentrate fisse, pari a 0,3 volte l'altezza cinetica per gli imbocchi e a 0,5 volte l'altezza cinetica per gli sbocchi.

4.2.2.3 Condizioni al contorno

Come condizioni al contorno di monte del modello sono stati utilizzati gli idrogrammi indicati al precedente paragrafo 4.2.1.

Per quanto riguarda il contorno di valle, è stato necessario imporre due condizioni: una allo sbocco del deviatore e una alla confluenza del Bozzente in Olona.

In via cautelativa, si è scelto di analizzare due condizioni diverse, la prima considerando la piena centennale dell'Olona, la seconda imponendo un livello costante pari a quello riscontrabile in condizioni di piena ordinaria.

Quale condizioni di valle sono stati dunque utilizzati gli idrogrammi dei livelli di piena centennale dell'Olona in corrispondenza dello sbocco del condotto deviatore e dell'immissione del Bozzente; gli idrogrammi utilizzati (vedi **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e Figura 40), dedotti dallo *Studio Lambro-Olona*, sono relativi ad un evento meteorico di caratteristiche analoghe a quello ipotizzato per il bacino del Bozzente, vale a dire:

durata 24 h,

tempo di picco 8 h,

forma dello ietogramma: Chicago.

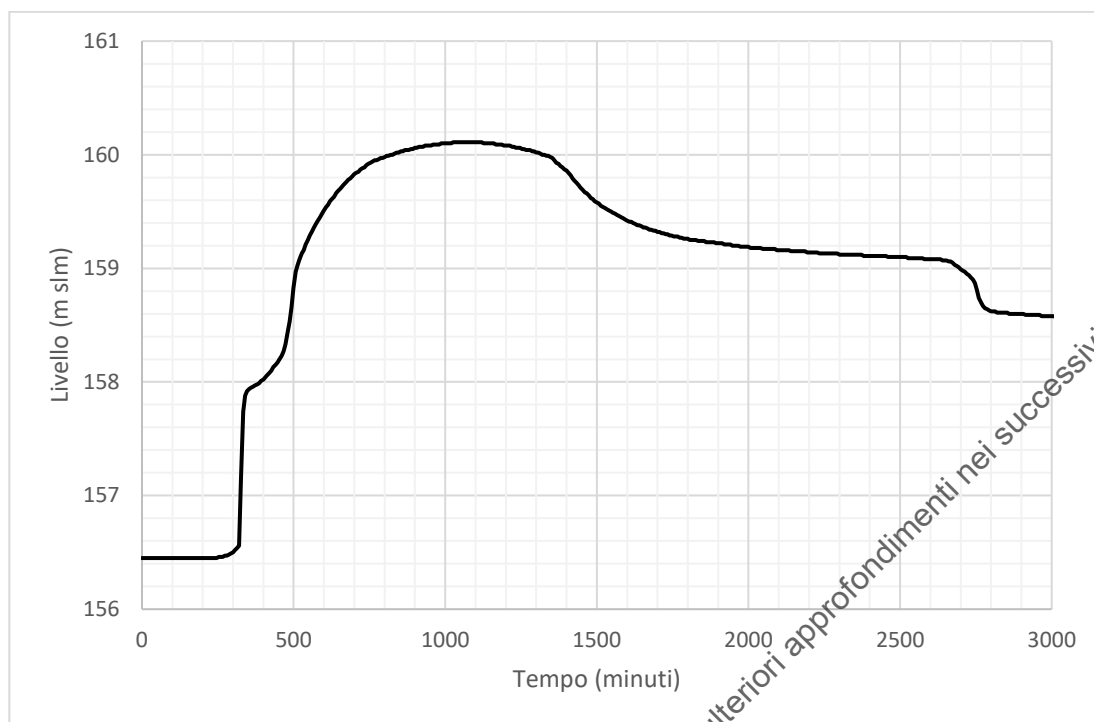


Figura 39. Idrogramma dei livelli dell'Olona allo sbocco del deviatore Bozzente per l'evento di durata 24h con TR 100 anni (Studio Lambro-Olona).

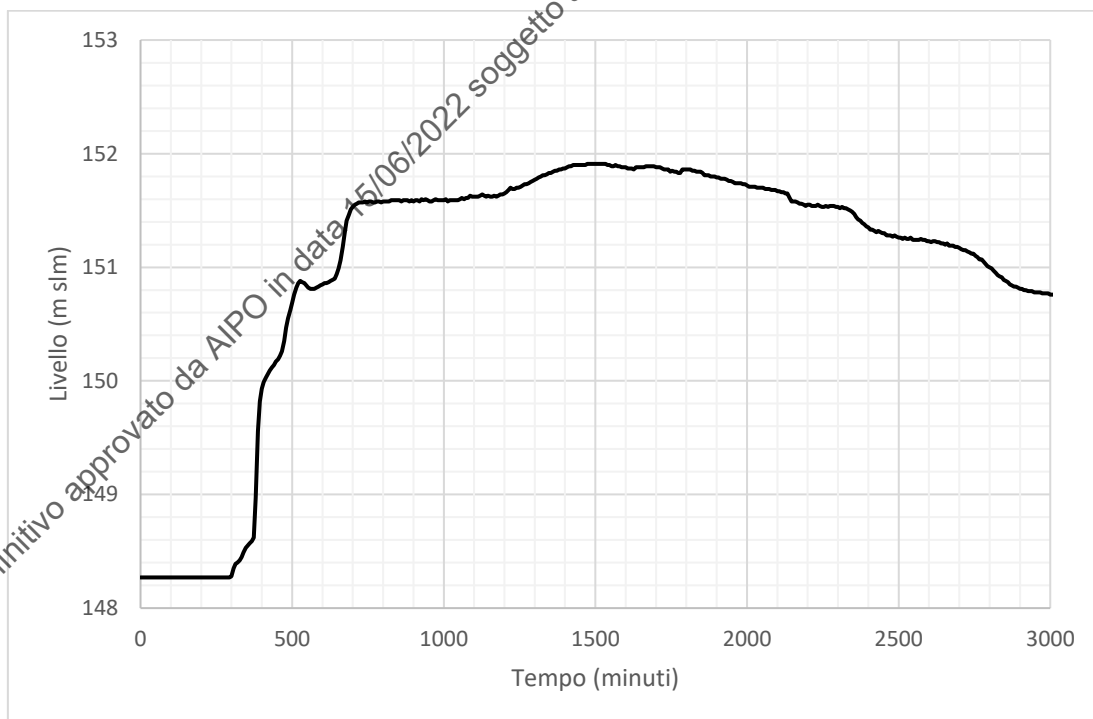


Figura 40. Idrogramma dei livelli dell'Olona nel punto di immissione del Bozzente per l'evento di durata 24h con TR 100 anni (Studio Lambro-Olona).

5 Analisi dello stato di fatto

5.1 Piena decennale

Le simulazioni effettuate hanno consentito di ricavare una serie di indicatori del rischio idraulico residuo a Rho, i più significativi dei quali sono di seguito riportati (vedi anche allegato di Tav. n. 1 alla presente relazione).

Biringhello				Rho		
$Q_{\max}$ monte deviatore	$Q_{\max}$ deviatore	$Q_{\max}$ paratoia scarico	Volume allagamento	$Q_{\max}$ ingresso fognature Rho	$Q_{\max}$ sbocco Olona	Estensione allagamenti
m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3	m^3/s	m^3/s	
15,40	11,99	1,96	12.169,0	5,66	6,24	Allagamenti fino a monte della ferrovia Milano-Rho

Tabella 5. Indicatori di rischio idraulico a Rho per l'evento con TR 10 anni (vedi anche allegato di Tav. 1 alla presente relazione).

La prima colonna della tabella indica la portata massima in arrivo al nodo di Biringhello, mentre le due colonne seguenti indicano la ripartizione di tale portata in corrispondenza del nodo, tra scolmatore ($Q_{\max}$ deviatore) e deflusso attraverso la luce della paratoia ($Q_{\max}$ paratoia scarico).

La differenza tra la portata massima a monte del nodo e le portate massima defluenti a valle è la portata massima sfiorata dalla soglia fittizia del modello (circa $1,45 m^3/s$ per l'evento con tempo di ritorno decennale); l'integrale di tali differenze, istante per istante, durante l'evento di piena rappresenta quella parte del volume dell'idrogramma che nella realtà tracima, creando allagamenti nell'area del nodo di Biringhello.

Nel caso dell'evento decennale, tale volume di allagamento è stimabile pari a circa $13.000 m^3$ (vedi colonna quattro di Tabella 5).

I risultati ottenuti confermano quindi che la attuale situazione di insufficienza idraulica del nodo è permance anche con la messa in funzione della vasca di Nerviano, a partire da

eventi di piena coinvolgenti i bacini idrografici Bozzente – Olona ed aventi probabilità di accadimento congiunta dell'ordine dei 10 anni di tempo di ritorno.

5.2 Piena centennale

Gli indicatori di rischio idraulico residuo a Rho per l'evento con tempo di ritorno 100 anni sono riportati nella seguente tabella e nell'allegata Tavola n. 1.

Biringhella				Rho		
$Q_{\max}$ monte deviatore	$Q_{\max}$ deviatore	$Q_{\max}$ paratoia scarico	Volume allagamento	$Q_{\max}$ ingresso fognature Rho	$Q_{\max}$ sbocco Olona	Estensione allagamenti
m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3	m^3/s	m^3/s	
18,24	13,05	2,02	269.480	5,79	6,99	Allagamenti fino all'altezza di via Bixio

Tabella 6. Indicatori di rischio idraulico residuo a Rho per l'evento con TR 100 anni).

Come in precedenza, la prima colonna della tabella indica la portata massima in arrivo al nodo di Biringhella, mentre le due colonne seguenti indicano la ripartizione di tale portata in corrispondenza del nodo, tra scolmatore ($Q_{\max}$ deviatore) e deflusso attraverso la luce della paratoia ($Q_{\max}$ paratoia scarico).

Anche in questo caso, la capacità di trasporto del condotto deviatore si conferma di poco superiore a circa $13 m^3/s$.

La differenza tra la portata massima a monte del nodo e le portate massima defluenti a valle e la portata massima sfiorata dalla soglia fittizia del modello (circa $3,17 m^3/s$) durante l'evento con tempo di ritorno centennale; l'integrale di tali differenze, istante per istante, durante l'evento di piena rappresenta quella parte del volume dell'idrogramma che nella realtà tracima, creando allagamenti nell'area del nodo di Biringhella (vedi successiva figura n. 47).

Durante l'evento centennale, tale volume di allagamento è stimabile pari a circa 270.000 m³ (vedi colonna quattro di Tabella 6). La probabile estensione della corrispondente area di allagamento è riportata nell'allegato grafico n.1

I risultati ottenuti evidenziano la grave situazione di insufficienza idraulica del nodo di Biringhello, anche a seguito della messa in funzione della vasca di Nerviano, in concomitanza con eventi di piena coinvolgenti i bacini idrografici Bozzente – Olona ed aventi probabilità di accadimento congiunta dell'ordine dei 100 anni di tempo di ritorno.

6 Analisi del rischio idraulico residuo a seguito delle previsioni del PAI

Una volta quantificato il rischio idraulico residuo nel nodo di Biringhello a seguito della realizzazione della sola cassa di laminazione di Nerviano, l'analisi è stata rivolta alla valutazione del beneficio conseguibile nella totale realizzazione dell'assetto di progetto così come definito nello *Studio Lambro-Olona*, ossia:

1. realizzazione di una vasca di laminazione tra i comuni di Uboldo e Gerenzano;
2. la riduzione delle portate immesse dallo scarico di Lainate dal massimo attuale di 9,40 m³/s per TR 100 anni a un massimo di 3,00 m³/s;
3. la chiusura della paratoia e l'azzeramento delle portate in Bozzente a valle del nodo di Biringhello;
4. la riduzione delle immissioni provenienti dalle reti di drenaggio di Rho dagli attuali 5,8 m³/s ad un massimo di 4,0 m³/s;
5. la realizzazione di un impianto di sollevamento da 4,0 m³/s per lo scarico delle portate del Bozzente in Olona.

L'evento di piena è stato simulato per la piena con tempo di ritorno 100 anni, che costituisce l'evento di riferimento utilizzato nella pianificazione dell'assetto finale dell'asta, senza apportare modifiche né alla geometria, né ai parametri del modello; l'unica variazione ha riguardato la paratoia a Biringhello che, secondo le previsioni dell'Autorità di Bacino, nell'assetto finale dovrà rimanere chiusa, per azzerare le portate in arrivo all'abitato di Rho.

Ipotizzando in via cautelativa che l'assetto dell'Olona non subisca sostanziali interventi di riduzione del rischio idraulico, come condizioni al contorno di valle del modello sono stati mantenuti gli stessi idrogrammi dei livelli di piena centennale utilizzati nelle precedenti simulazioni.

6.1 Piena centennale

Gli indicatori di rischio idraulico a Rho nell'assetto di progetto finale dell'Autorità di Bacino per l'evento con tempo di ritorno 100 anni sono riportati in tabella e nell'allegata Tavola n. 2.

Biringhello				Rho		
Q_{max} monte deviatore	Q_{max} deviatore	Q_{max} paratoia scarico	Volume allagamento	Q_{max} ingresso fognature Rho	Q_{max} sbocco Olona	Estensione allagamenti
m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3	m^3/s	m^3/s	
14,77	13,14	0,00	7.884	4,00	4,00	Nessun allagamento

Tabella 7. Indicatori di rischio idraulico a Rho per l'evento con TR 100 anni – Assetto di progetto AdBPo.

I risultati mostrano che anche una volta ultimati tutti gli interventi di protezione idraulica pianificati, nell'abitato di Biringhello permarrrebbe un rischio residuo, in quanto le portate in arrivo da monte eccederebbero, seppur di poco e per un breve periodo, la capacità del deviatore.

L'entità del rischio è certamente molto contenuta, vista la rarità dell'evento modellato e considerato il minimo volume di allagamento; la presenza di tracimazione è comunque indicativa di una inidoneità del grado di sicurezza raggiunto con la realizzazione degli interventi.

7 Verifica e dimensionamento dell'assetto di progetto

7.1 Descrizione degli interventi in progetto

Gli interventi delineati all'interno del presente progetto definitivo, atti all'eliminazione del rischio idraulico nel centro abitato di Biringhello in comune di Rho, sono descritti nel presente paragrafo, con l'ausilio di estratti grafici delle tavole di progetto, a cui si rimanda per una completa comprensione.

Le opere in progetto sono state suddivise in 8 interventi principali che racchiudono la totalità delle lavorazioni previste.

Nella figura seguente si riporta un estratto planimetrico di progetto di inquadramento, con l'indicazione degli interventi previsti.

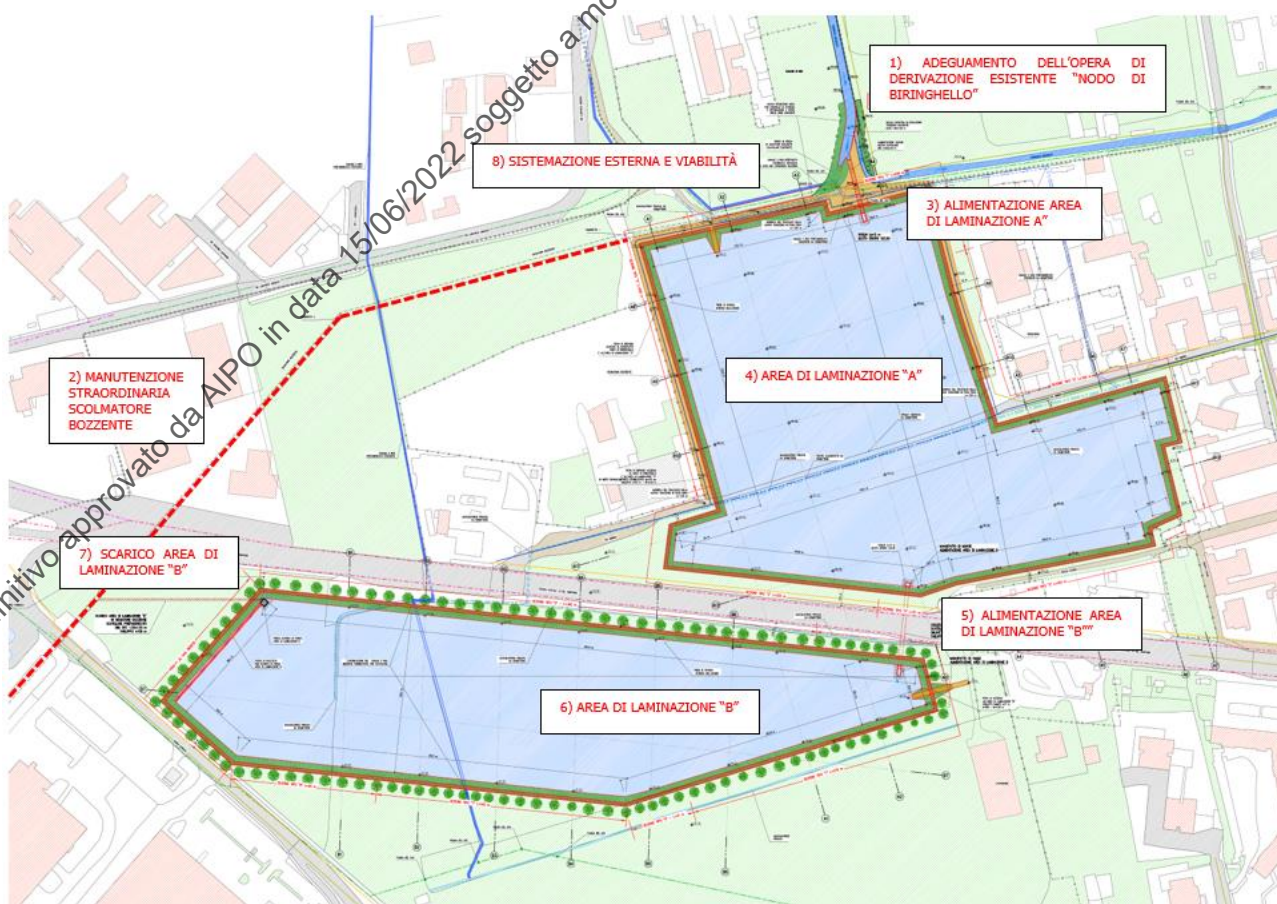


Figura 41 - estratto planimetrico degli interventi in progetto: keymap

Gli allagamenti riscontrati nel passato dovuti alla limitata capacità di deflusso del torrente Bozzente, unitamente al suo scolmatore, hanno portato alla definizione della soluzione progettuale che prevede la realizzazione di un sistema di laminazione costituito da due vasche, localizzate immediatamente a valle del nodo idraulico di Biringhello, a cavallo della strada stradale del Sempione SS33, in terreni di tipo agricolo. Attualmente, lo scolmatore del Bozzente viene alimentato tramite una soglia di sfioro posta in sponda destra dell'alveo rettangolare in calcestruzzo, grazie anche al rigurgito provocato dalla paratoia piana posta nel tronco del torrente che a valle del nodo inizia il suo percorso all'interno del territorio cittadino.

Oltre alla realizzazione del volume necessario per stoccare temporalmente i surplus di piena, si è resa necessaria l'ottimizzazione dell'imbocco idraulico dello scolmatore e in generale del nodo idraulico.

Infatti, la capacità di deflusso dello scolmatore del Bozzente è limitata, oltre che alle sue dimensioni geometriche, dall'energia necessaria per vincere le perdite idrauliche localizzate di imbocco. La riduzione della quota piezometrica all'imbocco comporta, a parità di portata, dei tiranti idrici inferiori e di conseguenza diminuisce gli scenari di esondazione localizzati nel nodo.

L'aumento della capacità di deflusso dello scolmatore ha reso possibile la minimizzazione dei volumi di laminazione e la loro frequenza di attivazione.

Gli interventi in progetto in definitiva sono suddivisi nelle seguenti opere:

- 1) Adeguamento dell'opera di derivazione in Olona esistente "Nodo di Biringhello";
- 2) Manutenzione straordinaria scolmatore Bozzente;
- 3) Collegamento nodo deviatore in Olona-Vasca "A";

- 4) Area di laminazione “A”;
- 5) Collegamento tra le aree di laminazione “A” e “B”;
- 6) Area di laminazione “B”;
- 7) Manufatto di scarico dell’area di laminazione “B”;
- 8) Sistemazione esterna e viabilità.

La soluzione progettuale individuata prevede, inoltre, che durante gli eventi di piena la paratoia del nodo di Biringhello sia chiusa, in modo da azzerare le portate in Bozzente dirette verso valle.

Congiuntamente agli interventi del gestore del Servizio Idrico Integrato finalizzati alla riduzione delle immissioni provenienti dalle reti di drenaggio di Rho e coerentemente a quanto previsto dalle norme regionali, il torrente Bozzente presenterà una capacità di deflusso nei tratti tombinati urbani tali da svincolare la portata scaricabile in Olona dai livelli del ricettore, eliminando così ogni possibilità di rigurgito in rete e di conseguenza gli allagamenti che finora si sono verificati nel tratto urbano di Rho.

7.1.1 Adeguamento del nodo deviatore in Olona

Il collegamento tra torrente Bozzente e il suo scolmatore in destra idraulica è costituito da una soglia sfiorante larga 6 m collegata al canale rettangolare del deviatore, largo 2.5 m, la cui alimentazione viene sostenuta dalla paratoia piana posta a valle del nodo nel tronco del Bozzente “urbano”.

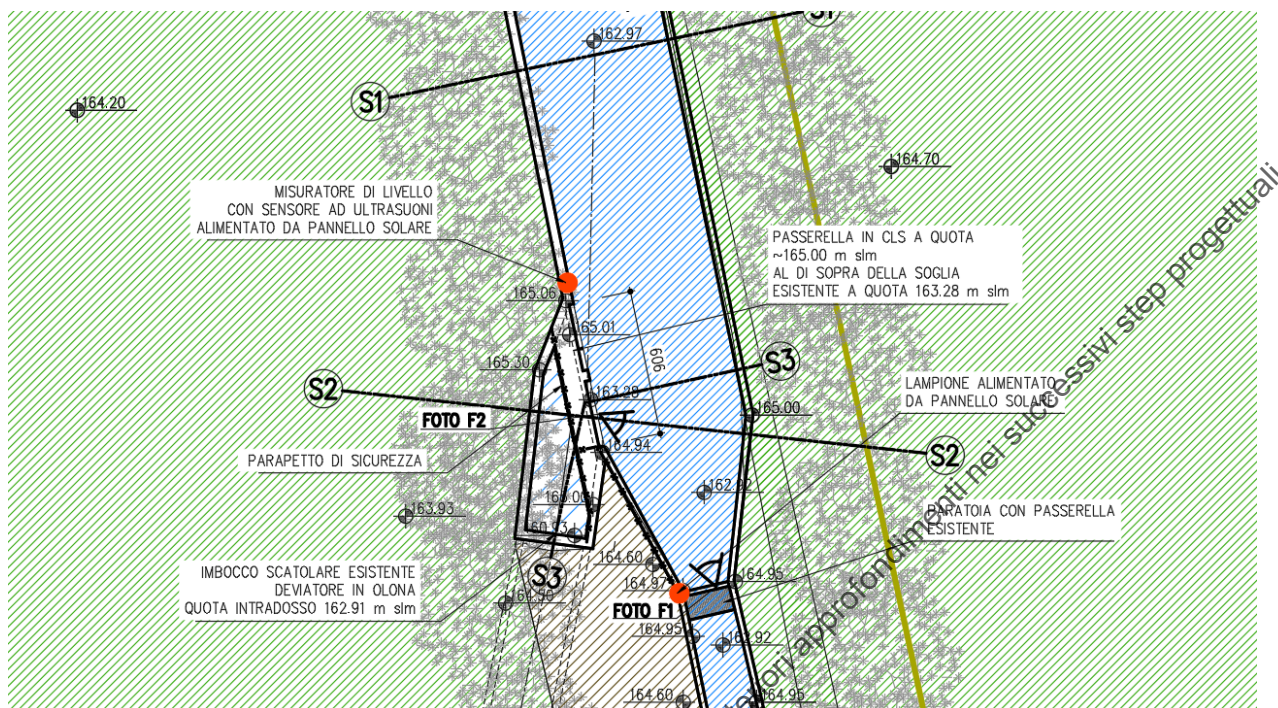


Figura 42-Planimetria del Nodo Deviatore stato di fatto - Estratto Tav.5

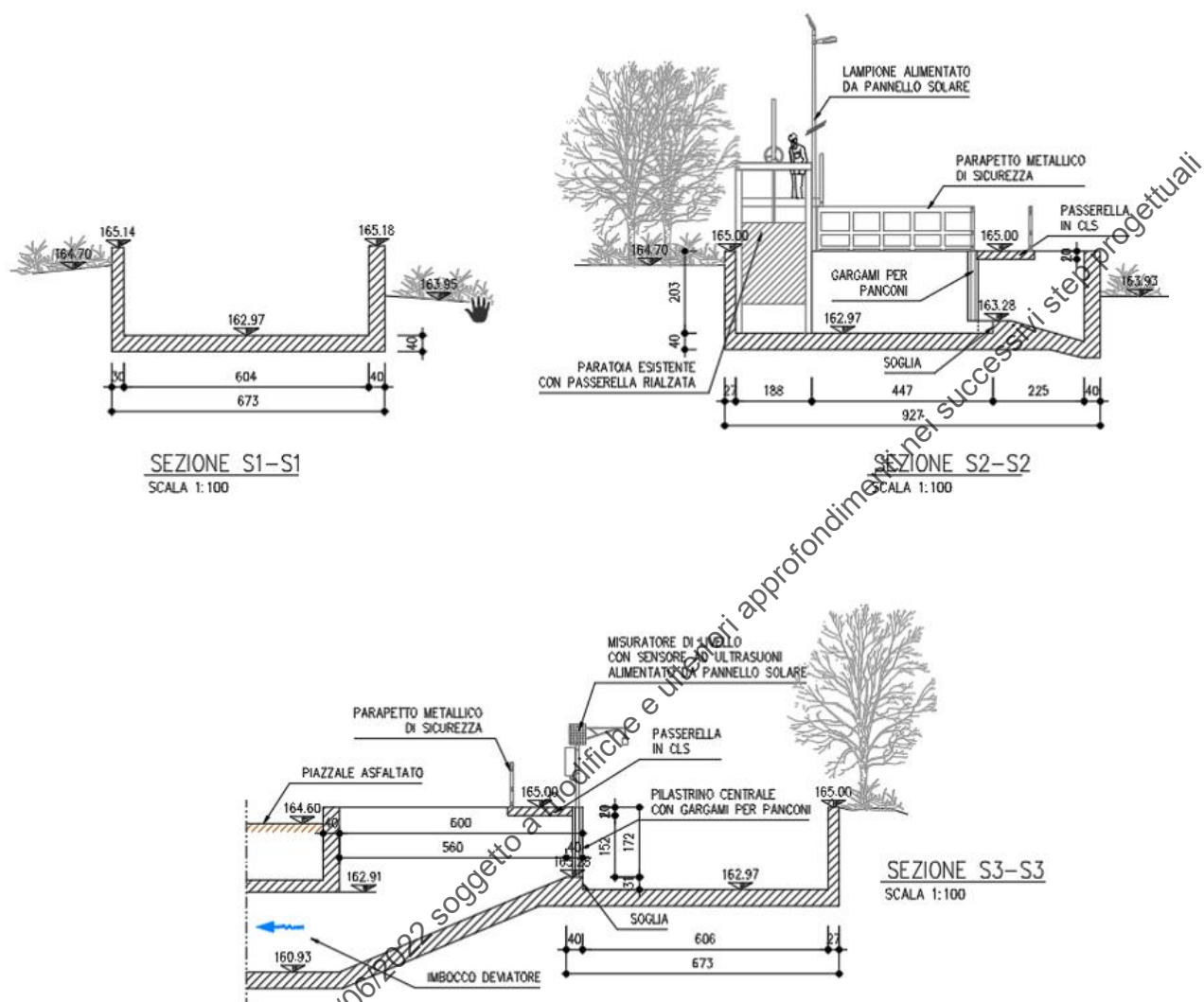


Figura 43 - Sezioni del Nodo Deviatore stato di fatto - Estratto Tav.5



FOTO F1: VISTA VERSO MONTE DALLA PARATOIA



FOTO F2: VISTA DELLA PARATOIA DA MONTE

Figura 44 - Foto del Nodo Deviatore stato di fatto - Estratto Tav.5

Il rifacimento in progetto prevede, come riportato nell'estratto grafico di progetto seguente, la demolizione di alcuni parti del manufatto originario.

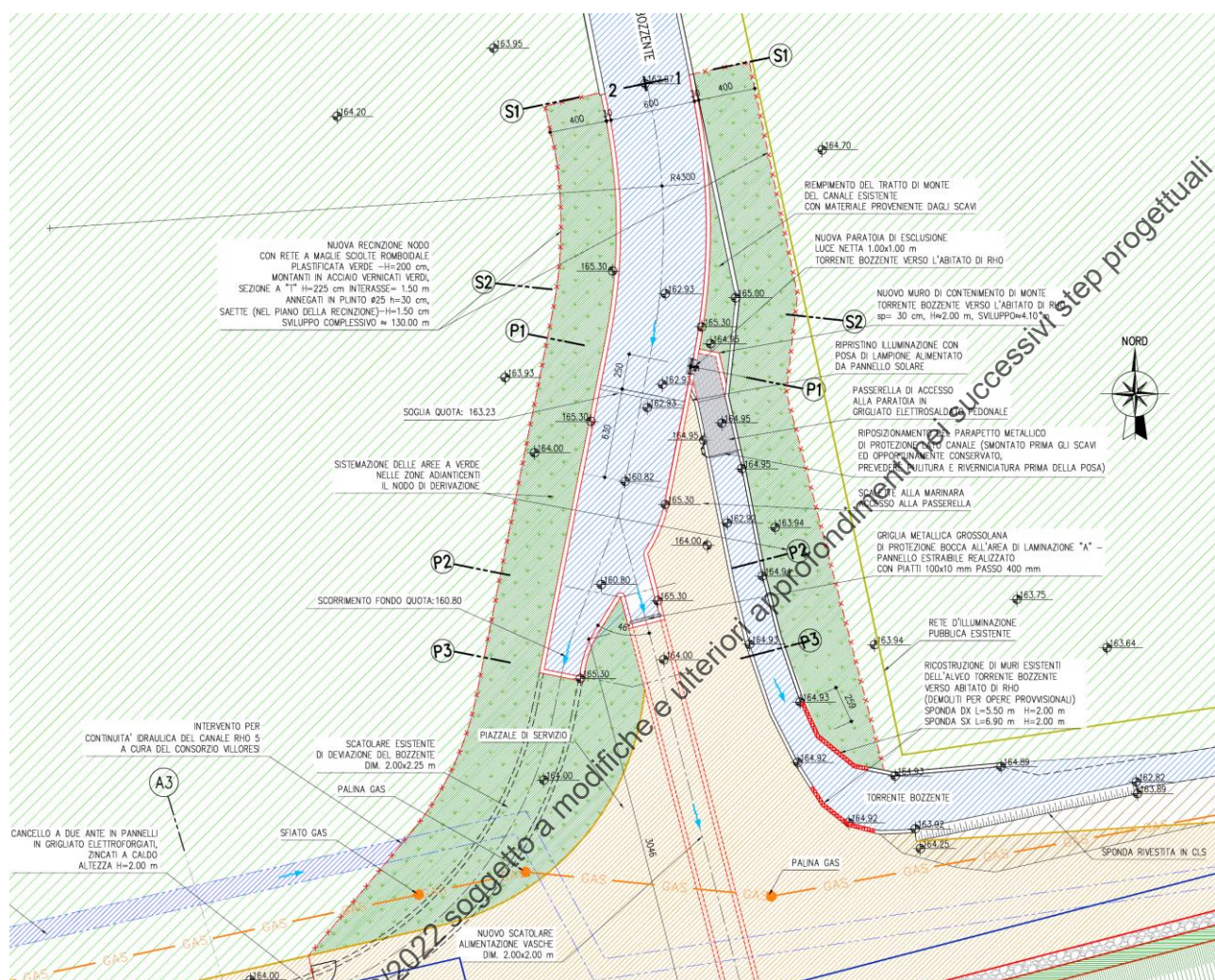


Figura 46 – Adeguamento del nodo deviatore in Olona in progetto. Estratto da Tav. 11.1

Il collegamento con il torrente Bozzente a valle viene ripristinato con la messa in opera di una nuova paratoia di esclusione a luce netta 1 x 1 m, posta lateralmente nel muro di sponda sinistra, a monte di una soglia di fondo di altezza pari a 30 cm. (Vedi Figura 47). Tale luce viene lasciata normalmente parzialmente aperta per far sì che una parte delle acque del torrente venga inviata verso il tratto urbano di valle; l'apertura verrà tarata per far sì che, a seconda delle condizioni di piena del torrente, la portata immessa nel tratto urbano del torrente assuma un valore massimo pari a 300 l/s, valore tipico transitante nei canali terziari di irrigazione. In fase di piena, ai fini delle simulazioni di verifica

condotte si è ipotizzato che tale paratoia sia chiusa e tutta la portata in arrivo da monte venga inviata al deviatore e alle vasche di laminazione in progetto.

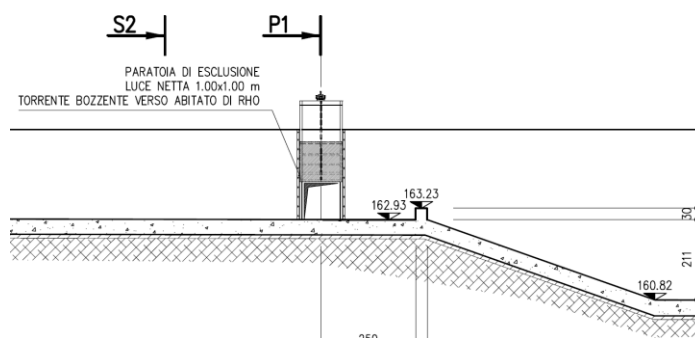


Figura 47 – Adeguamento del nodo deviatore in Olona in progetto – Luce di collegamento con il torrente Bozzente verso l’abitato di Rho. Estratto da Tav. 11.1

7.1.2 Manutenzione straordinaria deviatore in Olona

L’intervento di manutenzione straordinaria del Bozzente consiste in prima istanza nella rimozione del letto di sedimenti presenti sul fondo, che attualmente ne riducono anche considerevolmente la sezione di deflusso. I detriti una volta rimossi verranno smaltiti e conferiti a discarica autorizzata.

Si riportano nel seguito alcune fotografie tratte dalla video ispezione del deviatore. Come si può notare, la soletta superiore dello scatolare presenta un evidente stato di degrado, e in corrispondenza dell’armatura trasversale manca completamente il copriferro.

Per interventi di manutenzione straordinaria del canale deviatore esistente:

- rimozione con mezzi meccanici dei sedimenti volume pari a circa 2018 m³;
- intervento di risanamento delle superfici in calcestruzzo con ferri di armatura scoperti per una superficie pari a circa 3864 m²:
 - pulizia mediante idropulitrice a pressione non inferiore a 250 atm

- spazzolatura meccanica delle armature ossidate con rimozione di tutte le parti copriferro anche leggermente ammalorate e sfarinabili (metallo bianco)
- applicazione a pennello di malta cementizia anticorrosiva monocomponente (tipo "Mapefer 1K" o equivalente) in due mani, per il trattamento e la protezione di ferri di armatura, $sp = \min 2 \text{ mm}$
- ripristino volumetrico e strutturale con applicazione a spruzzo di malta monocomponente tixotropica fibrorinforzata con fibre inorganiche, a ritiro compensato resistente ai solfati (tipo "Mapegrout easy flow GF" o equivalente) $sp \min 20 \text{ mm} - \max 50 \text{ mm}$
- trattamento idrofobizzante trasparente mediante applicazione a spruzzo a bassa pressione di prodotto a base di silossani (tipo "Keim Lotexan" o equivalente)



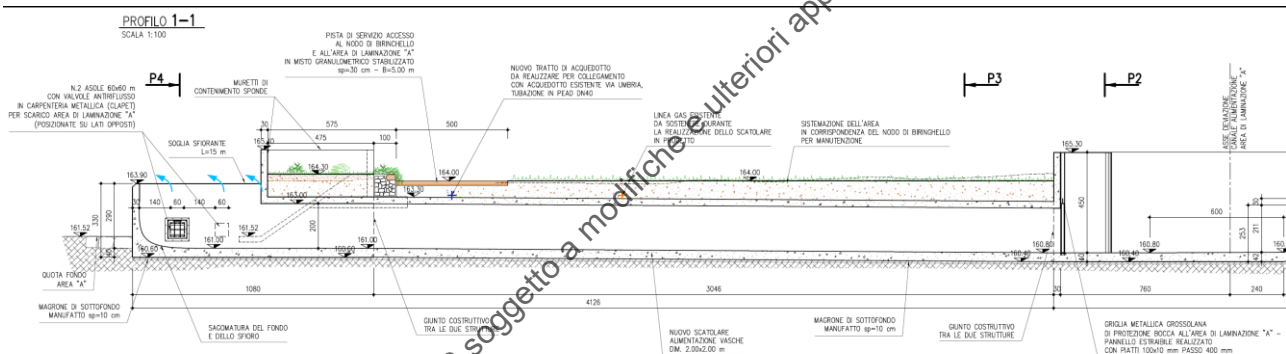
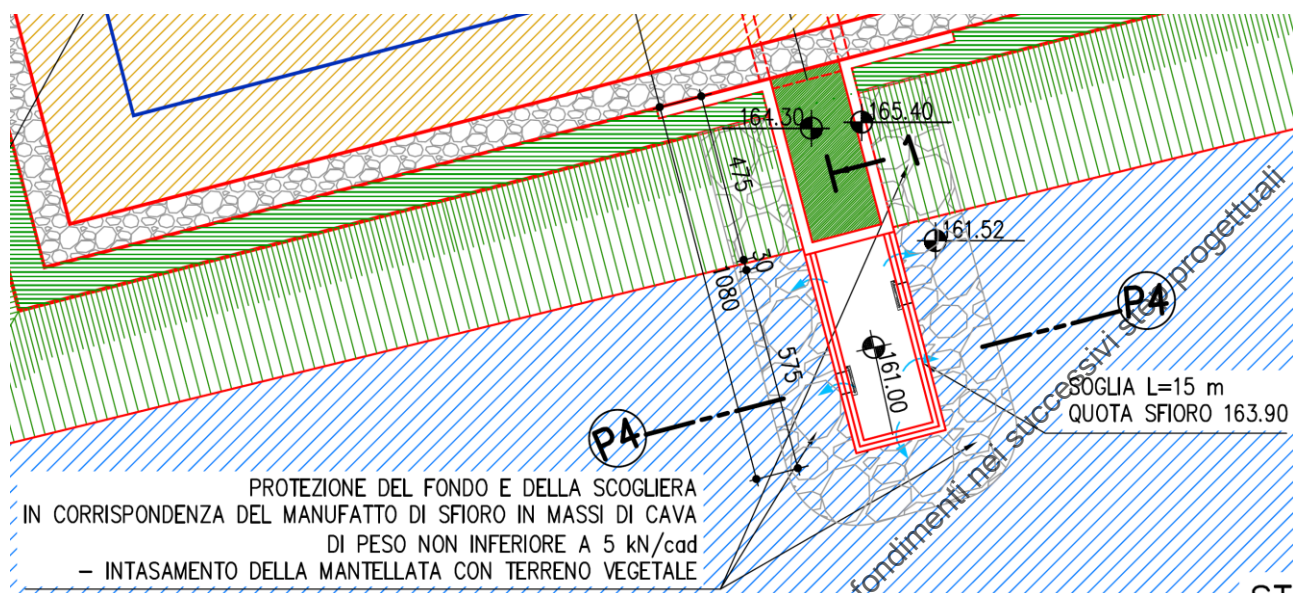
Figura 48 - interno dello scolmatore del Bozzente - buono stato di conservazione



Figura 49 - interno dello scolmatore del Bozzente - degrado della soletta in calcestruzzo

7.1.3 Manufatto di collegamento Nodo deviatore in Olona-Vasca A

Di fianco all'imbocco del deviatore si prevede la realizzazione di un condotto interrato a sezione rettangolare 2 x 2 m in calcestruzzo armato, lungo circa 30 m che termina in corrispondenza del manufatto di sfioro nella vasca di laminazione A. Tale manufatto di sfioro è costituito da una cameretta a cielo aperto con muri avente testa sagomata tracimabili di lunghezza pari a 15 m e con ciglio di sfioro a quota 163.90 m s.l.m. All'esterno della cameretta sul fondo della vasca è prevista la posa di una scogliera di protezione in massi di cava.



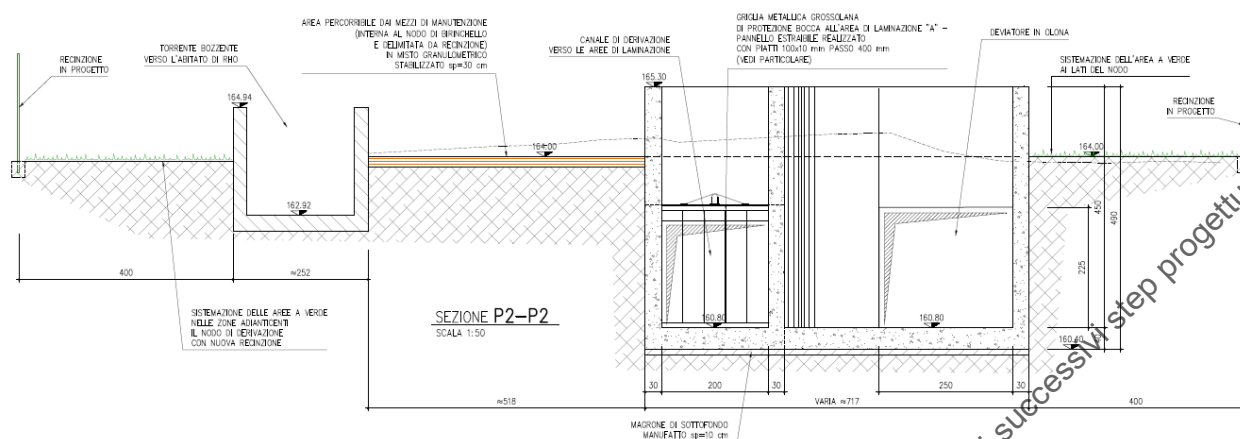


Figura 51 - sez. P2 tratta da Tav. 11.1

Il manufatto di sfioro del tratto terminale del canale di alimentazione delle vasche di laminazione funzionerà anche come manufatto di scarico delle vasche; per tale funzione è prevista l'installazione di valvole antiriflusso (clapét) sui lati lunghi del manufatto che permetteranno alle acque invase nell'area di defluire all'interno del canale e proseguire nel deviatore una volta che, passata la piena, il livello d'acqua nel nodo comincia a diminuire.

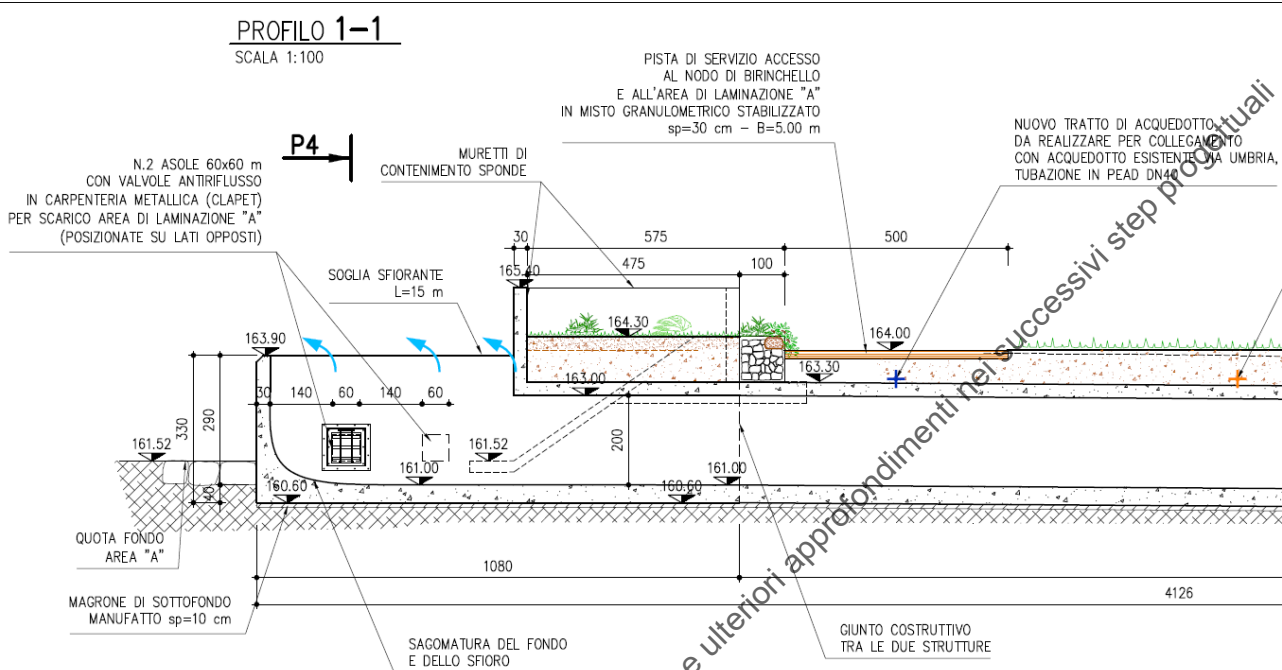


Figura 52 – Manufatto di sfioro, parte terminale del canale di alimentazione dell'area di laminazione A.

Estratto da Tav. 11.1

7.1.4 Area di laminazione A

L'area di laminazione A verrà realizzata combinando l'abbassamento del fondo tramite operazioni di scavo, per la creazione delle pendenze di fondo atte allo scarico delle acque una volta terminato l'evento di piena, e la creazione di un perimetro arginale realizzato in gabbioni metallici riempiti di pietrame.

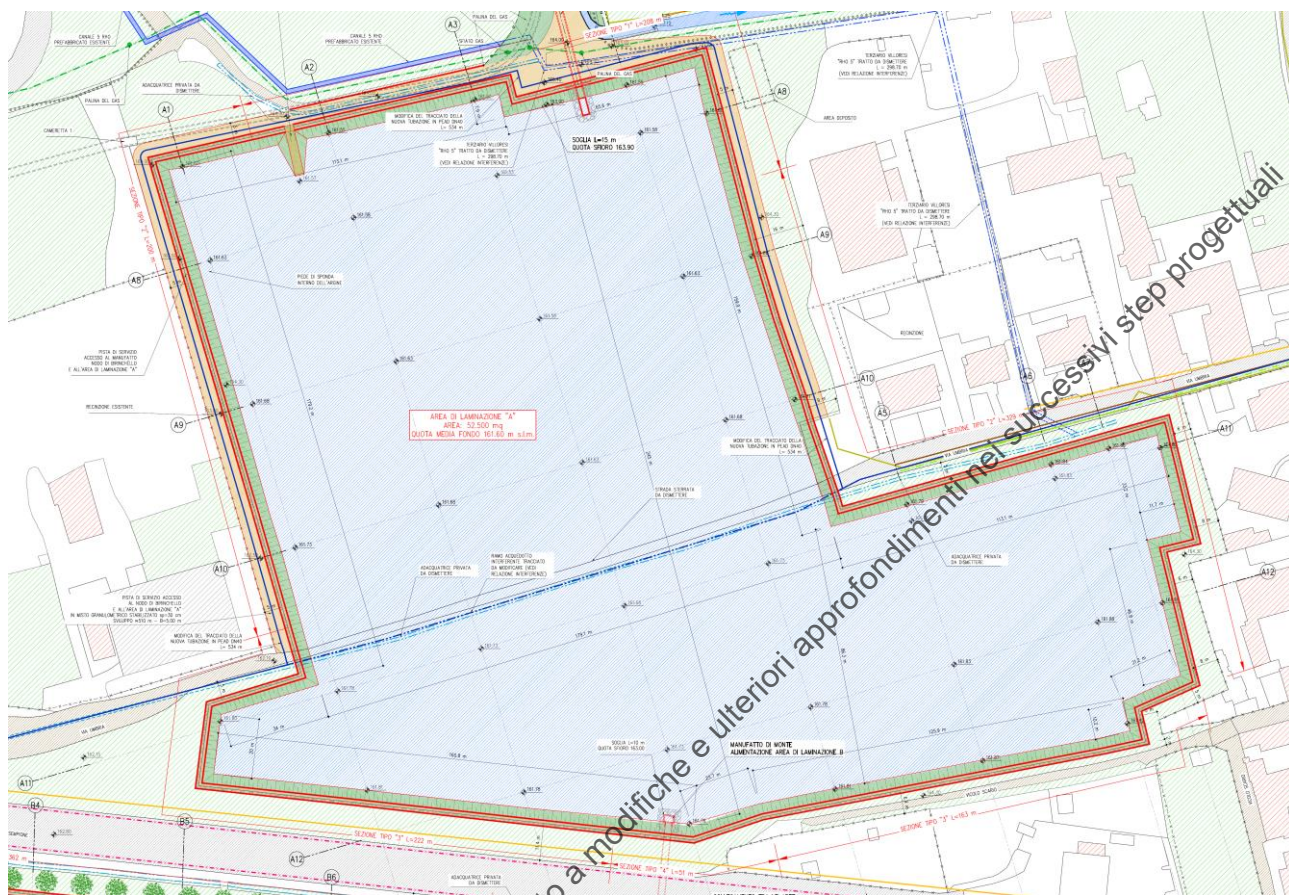


Figura 53 - area di laminazione A. Estratto da Tav. 8.1

Sulla base della modellazione idraulica effettuata e compatibilmente con le aree disponibili, l'area di laminazione A sarà caratterizzata dalle seguenti caratteristiche dimensionali:

- Area 52.500 m²
- Quota media fondo 161.60 m s.l.m.
- Quota di ritenuta 164.30 m s.l.m.

Il perimetro arginale della vasca A è costituito da 4 sezioni tipo (Vedi tav. 10 tipologici arginature), in base alle quote di fondo e alle quote di piano campagna esterne all'argine.

- Sez. tipo 1 argine H=1 m;
- Sez. tipo 2 argine H=2 m;
- Sez. tipo 3 argine H=2.5 m;

- Sez. tipo 4 argine H=3 m.

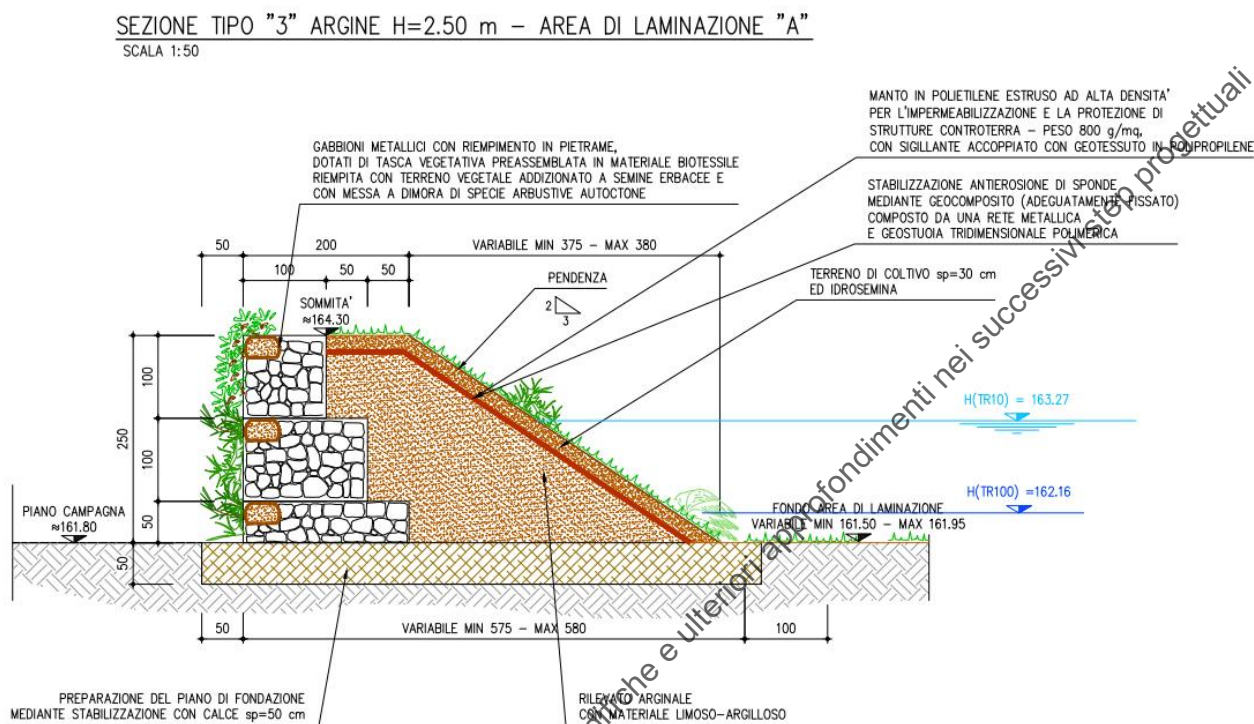


Figura 54 - sezione tipo 3, Area di laminazione A. Estratto da Tav. 10

I gabbioni metallici verranno posati su un piano di fondazione realizzato mediante stabilizzazione a calce e costituiranno il perimetro esterno dell'argine. Saranno dotati di tasca vegetativa in materiale geotessile, riempita con terreno vegetale addizionato a semine erbacee e messa a dimora di specie arbustive autoctone. Sul lato interno sarà realizzato il rilevato arginale con pendenza 2/3, con materiale limoso argilloso proveniente dagli scavi. Il rilevato verrà infine protetto dall'erosione mediante uno strato di geocomposito, posto al di sopra di un manto impermeabile in polietilene ad alta densità. Le sponde del rilevato infine saranno ricoperte con terreno di coltivo e idrosemia.

Il volume complessivo proveniente dagli scavi risulta pari a circa 27'000 m³.

Per il quantitativo di materiale in esubero rispetto a quello riutilizzato in sito si applica quanto la D.G Territorio e protezione civile della Regione Lombardia ha pubblicato sul

Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia in data 13/12/2018 il D.d.u.o n. 18274 riguardante le “Determinazioni inerenti i canoni del materiale inerte per l’affidamento dei lavori di esecuzione di aree di laminazione fuori alveo”, come indicato nella relazione sulla gestione delle materie.

Il processo di svuotamento della vasca avverrà sfruttando le pendenze del fondo, con direzione sud-nord, che convergono in corrispondenza del condotto di alimentazione dell’area A, che funzionerà come già anticipato, anche come condotto di scarico.

7.1.5 Manufatto di collegamento tra aree di laminazione A e B

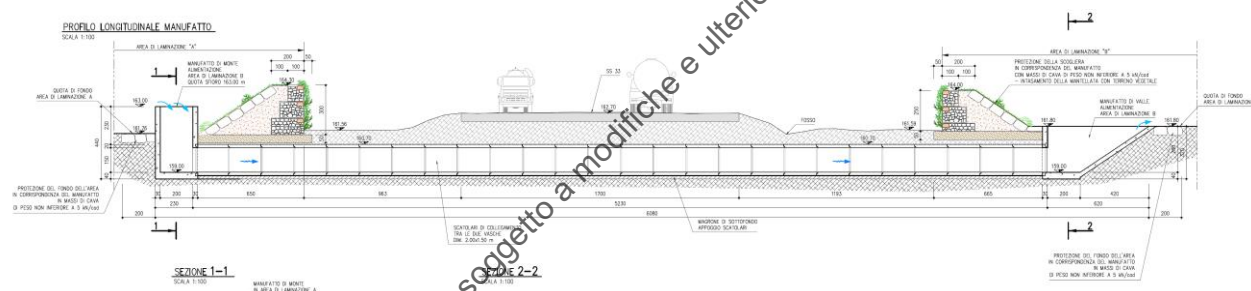
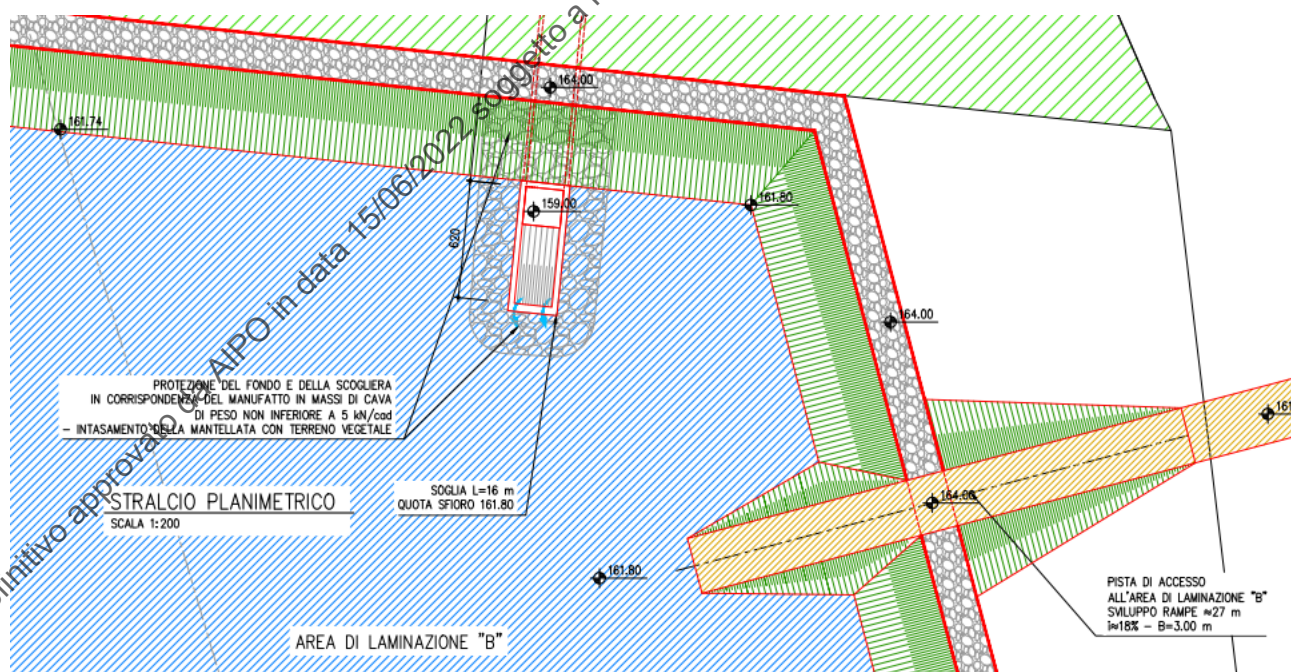
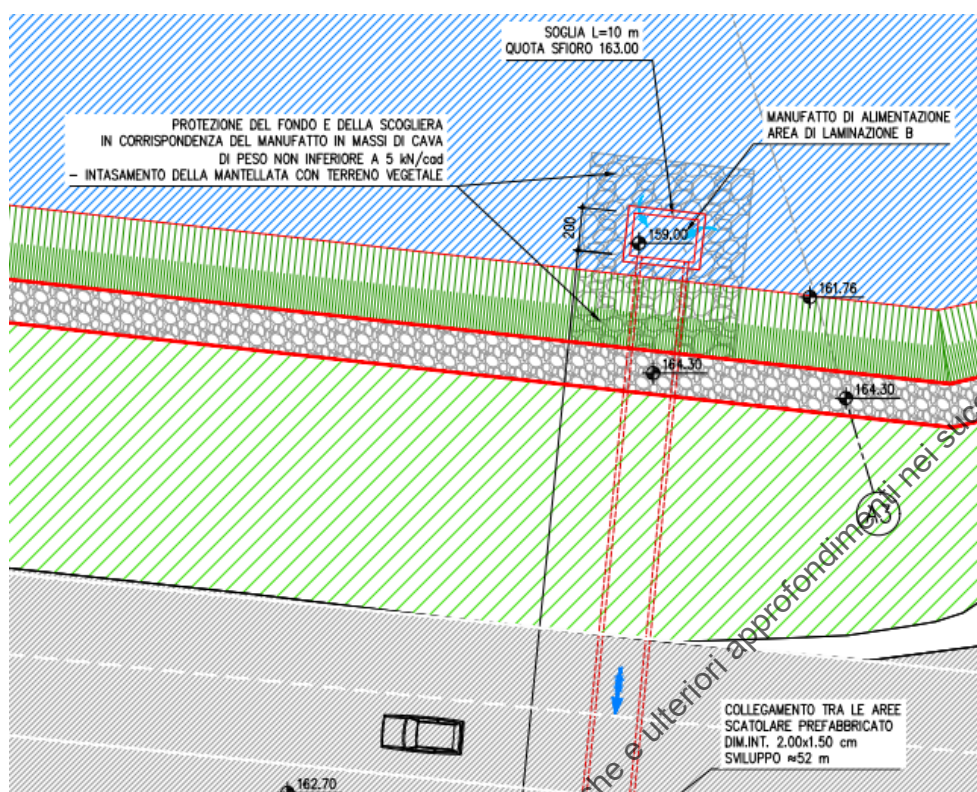


Figura 55 - profilo longitudinale del sottopasso della SS33. Estratto da Tav. 13.1

Il collegamento tra le due vasche è realizzato mediante un condotto a sezione rettangolare 1.5 m x 2 m, lungo 54 m e formato da moduli prefabbricati di lunghezza 2 m. La sommità dello scatolare risulta essere a quota 160.70 m s.l.m. il che permette di rispettare i vincoli presenti per il sottopassaggio della SS 33 del Sempione. Per le modalità esecutive previste per l’intervento, si rimanda agli elaborati *Relazione sulle interferenze e Aggiornamento indicazioni e disposizioni per la stesura del piano di sicurezza*.

L’imbocco del manufatto di alimentazione dell’area di laminazione B, posto a sud dell’area di laminazione A, consiste in una soglia lunga 10 m, con sfioro a quota 163.00 m s.l.m., mentre il manufatto di sbocco nell’area B consiste in un semplice scivolo di raccordo con la quota di fondo della vasca.



7.1.6 Area di laminazione B

L'area di laminazione B verrà realizzata analogamente all'area A, combinando l'abbassamento del fondo tramite operazioni di scavo, per la creazione delle pendenze di fondo atte allo scarico delle acque una volta terminato l'evento di piena, e la creazione di un perimetro arginale realizzato in gabbioni metallici riempiti di pietrame.

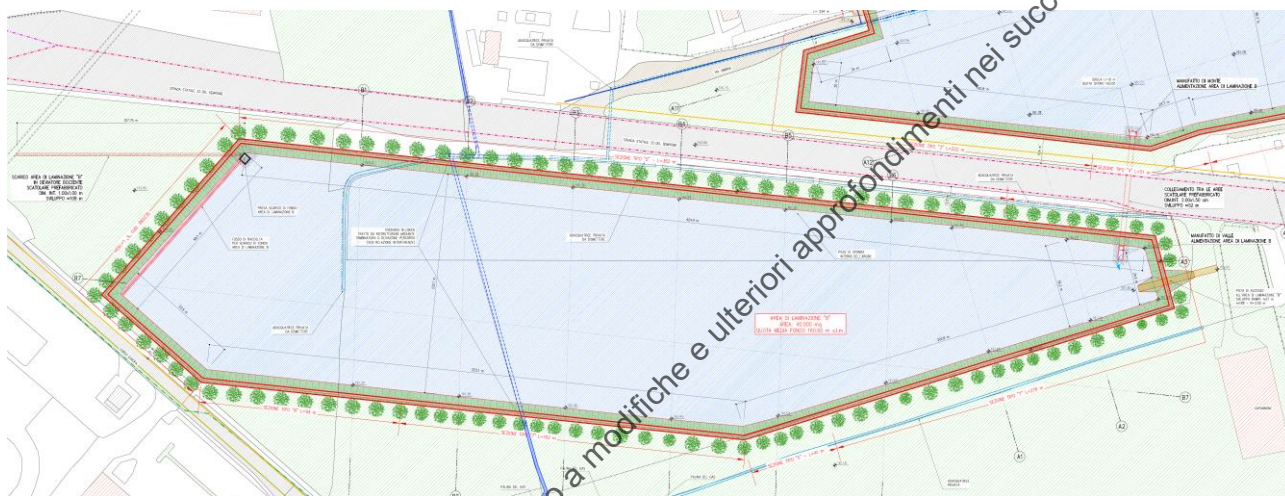


Figura 58 - area di laminazione B. Estratto da Tav. 8.2

Sulla base della modellazione idraulica effettuata e compatibilmente con le aree disponibili, l'area di laminazione B sarà caratterizzata dalle seguenti caratteristiche dimensionali:

- Area 40.000 m²
- Quota media fondo 160.60 m s.l.m.
- Quota di ritenuta 164.00 m s.l.m.

Il perimetro arginale della vasca B è costituito da 4 sezioni tipo, riportate all'interno della tav. 7 Particolari costruttivi, in base alle quote di fondo e alle quote di piano campagna esterne all'argine.

- Sez. tipo 5 argine H=2 m;
- Sez. tipo 6 argine H=2 m con canalina al piede;

- Sez. tipo 7 argine H=2.5 m;
- Sez. tipo 8 argine H=3 m.

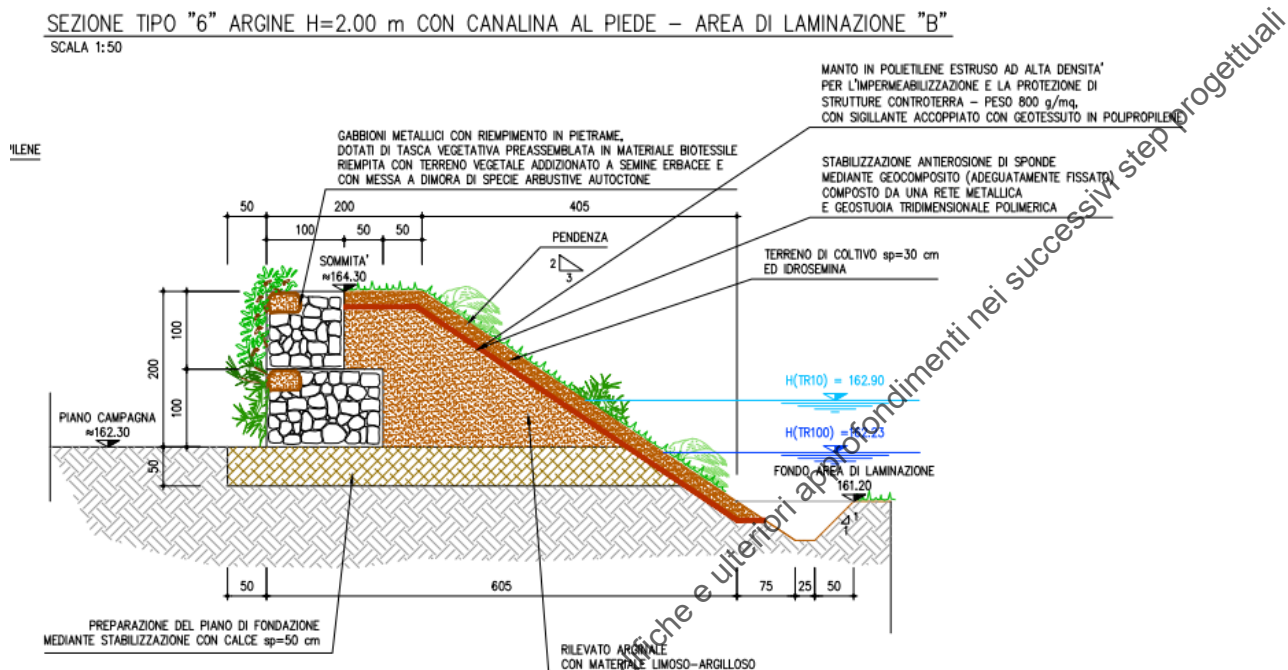


Figura 59 - sezione tipo 6, area di laminazione B. Estratto da Tav. 10

Il processo di svuotamento della vasca avverrà sfruttando le pendenze del fondo, con direzione est-ovest, che convergono in corrispondenza della canalina al piede arginale, rappresentata nella sezione tipo 6 di progetto. La canalina alimenta la presa di scarico di fondo, posta a nord-ovest dell'area di laminazione B. Le acque sono così convogliate al deviatore che, concluso l'evento di piena, le condurrà allo sbocco in Olona.

I gabbioni metallicchi verranno posati su un piano di fondazione realizzato mediante stabilizzazione a calce e costituiranno il perimetro esterno dell'argine. Saranno dotati di tasca vegetativa in materiale geotessile, riempita con terreno vegetale addizionato a semine erbacee e messa a dimora di specie arbustive autoctone. Sul lato interno sarà realizzato il rilevato arginale con pendenza 2/3, con materiale limoso argilloso proveniente dagli scavi. Il rilevato verrà infine protetto dall'erosione mediante uno strato di geocomposito, posto al di sopra di un manto impermeabile in polietilene ad alta

densità. Le sponde del rilevato infine saranno ricoperte con terreno di coltivo e idrosemina.

Il volume complessivo proveniente dagli scavi risulta pari a circa 16'300 m³.

Per il quantitativo di materiale in esubero rispetto a quello riutilizzato in sito si applica quanto la D.G Territorio e protezione civile della Regione Lombardia ha pubblicato sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia in data 13/12/2018 il D.d.u.o n. 98274 riguardante le “Determinazioni inerenti i canoni del materiale inerte per l'affidamento dei lavori di esecuzione di aree di laminazione fuori alveo”, come indicato nella relazione sulla gestione delle materie.

7.1.7 Manufatto di scarico dell'area di laminazione B nel deviatore in Olona

Lo svuotamento dell'area di laminazione B avverrà, una volta concluso l'evento di piena, convogliando le portate all'interno dello scolmatore del Bozzente, il cui tracciato sotterraneo è passante ad ovest dell'area di laminazione B, attraverso un condotto interrato realizzato in scatolari prefabbricati di dimensione 1.00x1.00 m.

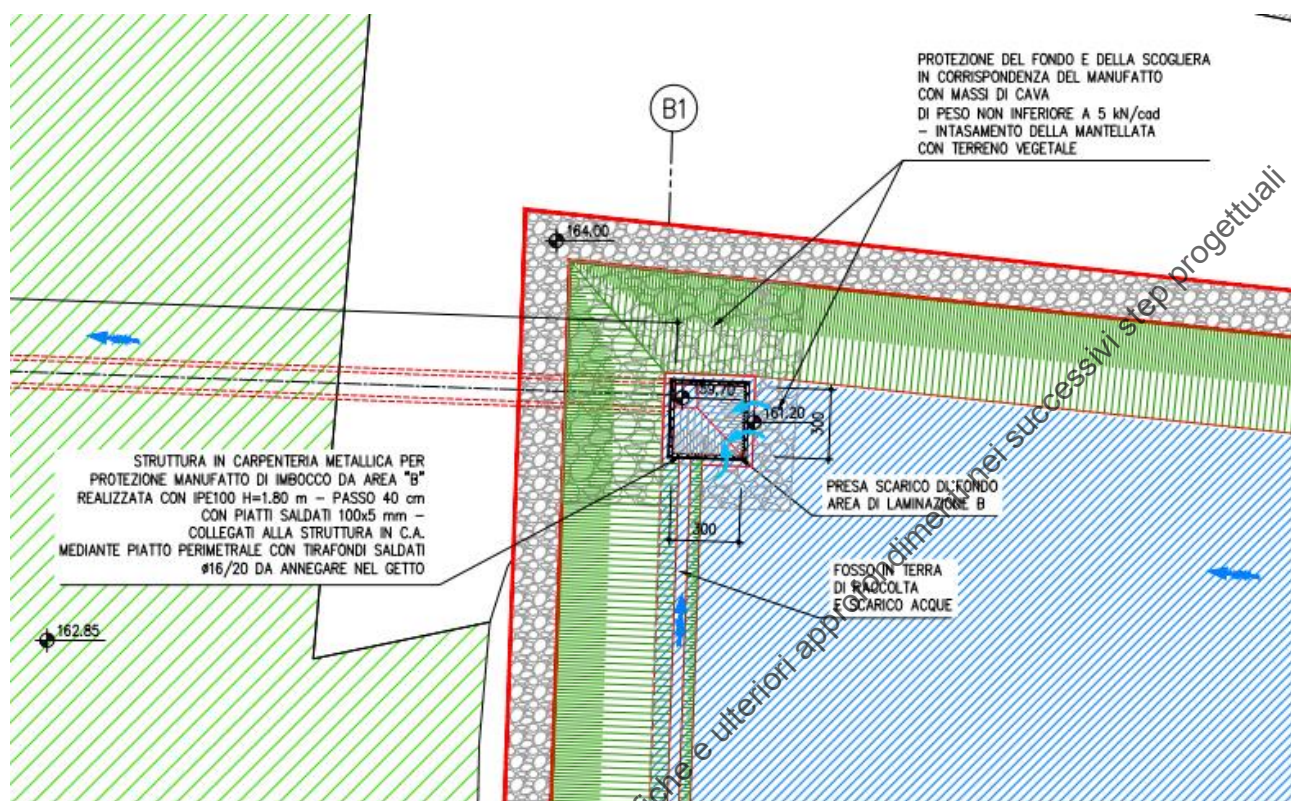


Figura 60 - presa dello scarico dell'area di laminazione B. Estratto da Tav. 13.2

All'interno dell'area B, le pendenze di fondo e la canalina perimetrale convoglieranno l'acqua al vertice nord-ovest della vasca, in corrispondenza del quale è posta la presa di scarico di fondo.

La presa sarà corredata di un sistema di protezione realizzato in carpenteria metallica, solidale allo scivolo in calcestruzzo armato di imbocco dello scatolare.

Lo scatolare avrà una lunghezza complessiva di circa 107.75 m, con quote di fondo tubo pari a 159.70 e 159.37 m s.l.m. Al termine del condotto si ha l'innesto all'interno del deviatore del Bozzente, il quale presenta una quota di fondo pari a 158.90 m s.l.m.

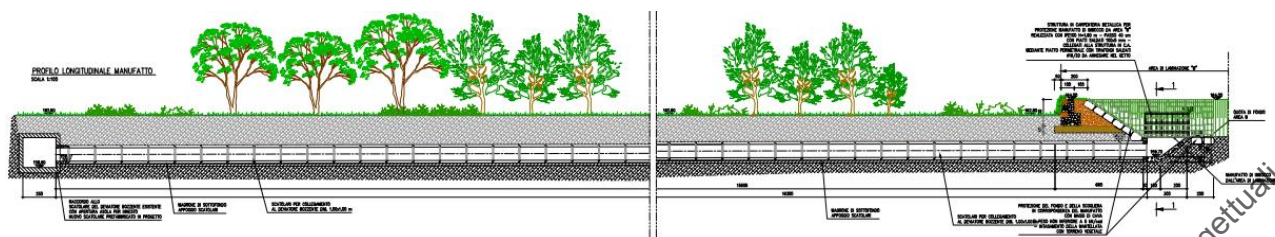


Figura 61 - profilo longitudinale Scarico area di laminazione B. Estratto da Tav. 13.2

Per la realizzazione del collegamento, sarà necessario procedere al taglio delle essenze arboree e arbustive, per procedere con le operazioni di scavo e posa degli scatolari. Sono previste delle misure di mitigazione e compensazione dell'intervento, descritte nel paragrafo successivo.

7.1.8 Sistemazione esterna e viabilità di progetto

La viabilità interna esistente dei campi agricoli, i quali preserveranno la loro funzione, verrà necessariamente modificata. Si prevede la realizzazione di una pista di servizio in calcestruzzo per l'accesso all'area di laminazione A, la quale ha inizio in via Umbria e costeggia l'argine ovest della vasca A fino al nodo idraulico di Biringhella, dove è prevista la realizzazione della rampa di accesso all'area di laminazione A. L'area del nodo idraulico, una volta realizzati gli interventi di rifacimento dell'opera di presa dello scolmatore del Bozzente e di alimentazione dell'area A, verrà sistemata e riqualificata, con la formazione di un tappeto erboso e la delimitazione dell'area dell'opera idraulica con una recinzione metallica. Per l'accesso all'interno dell'area B verrà realizzata una pista ad est, tra la strada esistente e l'arginatura che potrà essere superata tramite una apposita rampa.

In Figura 62 sono riportate in blu le strade esistenti, in rosso la viabilità di progetto.

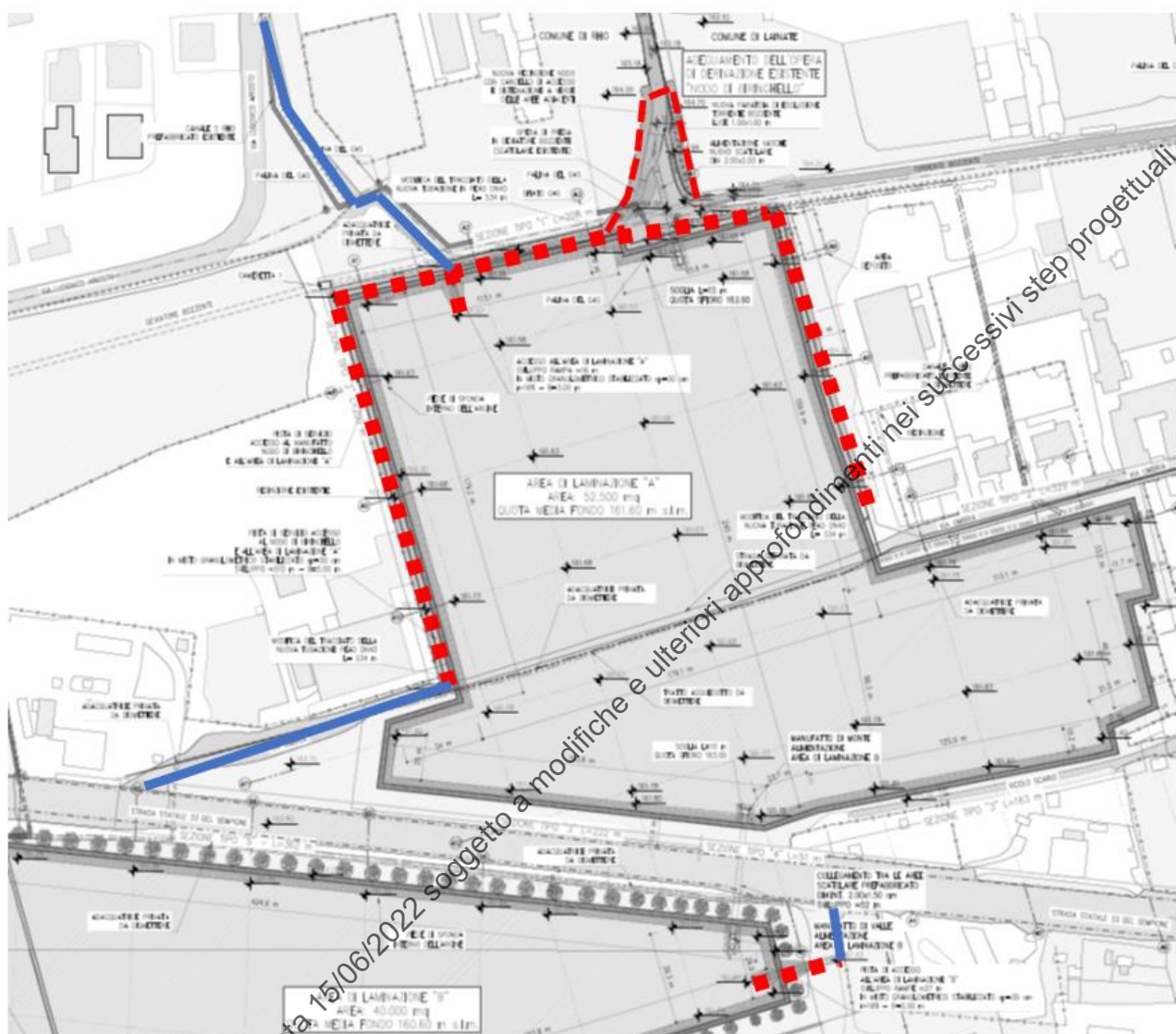


Figura 62 - Viabilità in progetto

Poiché per la realizzazione dell'area B e del condotto di collegamento della vasca nel deviatore in Olona si dovrà rimuovere della vegetazione esistente, è prevista la realizzazione di interventi di compensazione e mitigazione. Il condotto interrato avrà una lunghezza di circa 108 m e si prevede una servitù di scarico per una larghezza di 5 m. L'area in questione insiste in una porzione di terreno verde con vari esemplari ad alto fusto che dovranno essere tagliati. Una volta posata la condotta è previsto di ripristinare

la vegetazione con delle specie arbustive a basso sviluppo radicale, per scongiurare futuri degradi dello scatolare di scarico in calcestruzzo.

Il numero di arbusti su una superficie di 56 m² (108 x 5 m) con sesto d'impianto di 4 arbusti per m² sarà pari a 2160.

Per compensare il taglio delle piante nell'area in cui viene realizzata la vasca di superficie pari a circa 8000 m² sarà realizzato lungo tutto il perimetro della vasca un filare arboreo con la piantumazione di circa 105 alberi a passo circa 10 m.

Verranno piantate piante latifoglie della specie Acer campestre in varietà, Acer freemanii in varietà, Aesculus spp., Carpinus betulus in varietà, e Cercis siliquastrum in varietà, Crataegus spp., Fraxinus ornus in varietà, Ginkgo spp., Gleditsia triacanthos in varietà, Koelreuteria spp, Liquidambar spp, Malus a fiore in varietà, Perrotia persica, Pyrus.

7.2 Simulazione degli eventi di piena

Stante quanto risultato in merito all'analisi del capitolo precedente gli interventi in progetto sono stati dimensionati e verificati considerando:

- Breve termine – Piena di riferimento Tr10 anni Assetto di stato di fatto del torrente Bozzente a monte del nodo di Biringhello.
- Lungo termine – Piena di riferimento Tr100 anni Assetto previsioni PAI del torrente Bozzente a monte del nodo di Biringhello.

Per il dimensionamento delle opere sono stati simulati i seguenti 8 diversi scenari

Id Scenario	Caratteristiche Scenario		
	Collegamento vasche	Condizioni al contorno	Condizioni al contorno di valle

1	Vasche collegate	Breve Termine	Onda Tr100 Olona
2		Tr 10	Piena ordinaria Olona
3		Lungo Termine	Onda Tr100 Olona
4		Tr 100 - Assetto PAI	Piena ordinaria Olona
5	Vasche non collegate	Breve Termine	Onda Tr100 Olona
6		Tr 10	Piena ordinaria Olona
7		Lungo Termine	Onda Tr100 Olona
8		Tr 100 - Assetto PAI	Piena ordinaria Olona

Il primo gruppo di 4 simulazioni prevede la realizzazione del collegamento tra le due vasche realizzato al di sotto del sedime stradale della SS33.

Con il secondo gruppo di 4 simulazioni si è voluto verificare cosa succederebbe nel caso in cui non si realizzasse tale collegamento e l'area di invaso B venisse attivata per mero retro-allagamento dal deviatore.

Le simulazioni sono state ripetute, inoltre, considerando due condizioni diverse relativamente al deviatore:

- A: stato del deviatore ottimale senza presenza di sedimento altezza utile pari a 2,25 m;
- B: stato del deviatore in condizioni non ottimali, con presenza di sedimento all'interno e riduzione dell'altezza utile da 2,25 m a 2,00 m.

Complessivamente quindi sono state condotte 16 diverse simulazioni.

Per la modellazione numerica è stato modificato il modello numerico realizzato con Infloworks: tutti i tratti coperti sono stati modellati come condotti di forma rettangolare o, mentre i tratti scoperti sono stati modellati come tratti fluviali.

L'intervento sul nodo di derivazione di Biringhello è stato reso con una biforcazione, in cui da un tratto fluviale si diramano due condotti rettangolari:

- nel corso di destra è stato collegato il deviatore per mezzo di un condotto rettangolare largo 2,50 m e alto 2,00 m;

- nel corso di sinistra è stato collegato un condotto rettangolare 2,00 m x 2,00 m lungo 25 m che termina in una soglia di lunghezza 15,00 m e quota di sfioro 163,90 m slm rappresentativa del manufatto di sbocco nell'area di laminazione A; a tale soglia è collegato un nodo di tipo Storage rappresentativo della prima Vasca a cui, in successione sono collegate un'altra soglia rappresentativa del manufatto di imbocco per la vasca B e il nodo rappresentante la suddetta vasca.
- per modellare lo scarico relativo all'area di laminazione B si è deciso di collegare il nodo di storage della vasca B al deviatore tramite un condotto rettangolare 1,00 m x 1,00 m.

Inoltre sono stati posizionati sul tracciato del deviatore tutti i pozzetti con le relative quote di scorrimento e di soffitto e le aree mediante nodi di tipo Manhole.

Le caratteristiche geometriche di tali nodi sono le stesse riportate nella Tav. 11 rappresentante il profilo del deviatore.

Le caratteristiche geometriche assunte per lo sfioro rappresentante il manufatto di sbocco all'interno dell'area di laminazione A sono:

livello della cresta	163,90m slm
larghezza della soglia	15,00 m
coefficiente di deflusso	0,54
coefficiente di deflusso secondario	0,54
altezza soffitto	non specificata

Le caratteristiche geometriche assunte per lo sfioro rappresentante l'imbocco del collegamento tra le due aree di laminazione sono:

livello della cresta	163,00 m slm
larghezza della soglia	10,00 m
coefficiente di deflusso	0,54
coefficiente di deflusso secondario	0,54
altezza soffitto	non specificata

Le caratteristiche geometriche assunte per il nodo di Storage rappresentante l'area di laminazione A sono:

Curva volume

livello [m slm]	Area [m ²]
161,60	52.900
164,30	52.900

Le caratteristiche geometriche assunte per il nodo di Storage rappresentante l'area di laminazione B sono:

Curva volume

livello [m slm]	Area [m ²]
161,60	40.000
164,00	40.000

Nel definire i parametri di scabrezza dell'alveo si è fatto riferimento agli studi pregressi, adottando i seguenti coefficienti k_s di Strickler:

alveo Bozzente scoperto $30 \text{ m}^{1/3} / \text{s}$

alveo Bozzente tombinato $70 \text{ m}^{1/3} / \text{s}$

condotti di collegamento $80 \text{ m}^{1/3} / \text{s}$

Le perdite di carico concentrate sono state stimate applicando il metodo NORMAL di Infoworsk che stima le perdite in corrispondenza degli imbocchi e degli sbocchi sulla base delle condizioni di sommersa delle condotte.

7.2.1 Condizioni al contorno

Come condizioni al contorno di monte del modello sono stati utilizzati gli stessi idrogrammi dei capitoli 5 e 6 per i diversi scenari analizzati:

- Scenari 1,2,5,6 - a breve termine – Piena di riferimento Tr10 anni Assetto di stato di fatto del torrente Bozzente a monte del nodo di Biringhello.
- Scenari 3,4,7,8 a lungo termine – Piena di riferimento Tr100 anni Assetto previsioni PAI del torrente Bozzente a monte del nodo di Biringhello.

Per la condizione di valle, si è scelto di analizzare due condizioni diverse, la prima considerando la piena centennale dell'Olon, la seconda imponendo un livello costante

pari a quello riscontrabile in condizioni di piena ordinaria. È stato dunque utilizzato in corrispondenza dello sbocco del condotto deviatore l'idrogramma dei livelli di piena centennale dell'Olonà ($h_{\max}$ 160.11 m s.l.m.) e un livello costante pari a 158.67 ms.l.m.

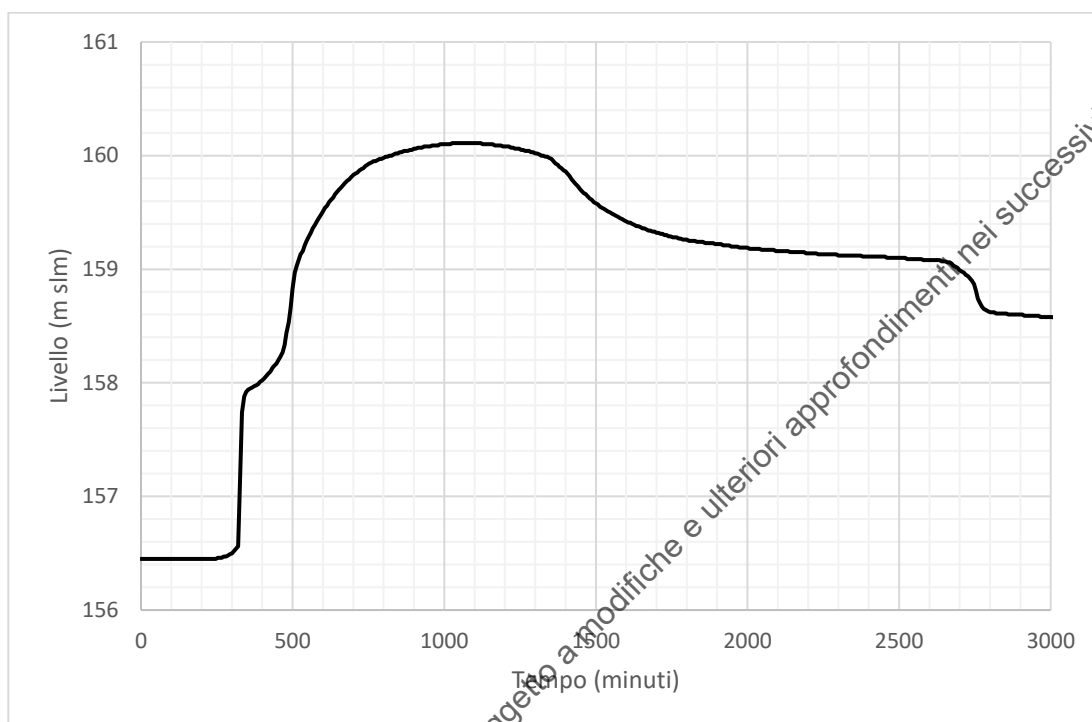


Figura 63. Idrogramma dei livelli dell'Olonà allo sbocco del deviatore Bozzente per l'evento di durata 24h con TR 100 anni (Studio Lambro-Olonà).

8 Risultati

Nel presente capitolo si riportano i risultati relativi a tutte e 16 le simulazioni effettuate.

Id Scenario	Caratteristiche Scenario		
	Collegamento vasche	Condizioni al contorno	Condizioni al contorno di valle
1	Vasche collegate	Breve Termine	Onda Tr100 Olona
2		Tr 10	Piena ordinaria Olona
3		Lungo Termine	Onda Tr100 Olona
4		Tr 100 - Assetto PAI	Piena ordinaria Olona
5	Vasche non collegate	Breve Termine	Onda Tr100 Olona
6		Tr 10	Piena ordinaria Olona
7		Lungo Termine	Onda Tr100 Olona
8		Tr 100 - Assetto PAI	Piena ordinaria Olona

Come già illustrato il primo gruppo di 4 simulazioni prevede la realizzazione del collegamento tra le due vasche realizzato al di sotto del sedime stradale della SS33.

Con il secondo gruppo di 4 simulazioni si è voluto verificare cosa succederebbe nel caso in cui non si realizzasse tale collegamento e l'area di invaso B venisse attivata per mero retro-allagamento dal deviatore attraverso il collegamento in progetto tra lo stesso e la Vasca B.

Le simulazioni sono state ripetute, inoltre, considerando due condizioni diverse relativamente al deviatore:

- A: stato del deviatore ottimale senza presenza di sedimento altezza utile pari a 2,25 m;
- B: stato del deviatore in condizioni non ottimale, con presenza di sedimento all'interno e riduzione dell'altezza utile da 2,25 m a 2,00 m.

Nella seguenti Tabelle A e B si riportano i rispettivi risultati.

Tabella A: Analisi idraulica in condizioni ottimale del deviatore (h _{utile} =2.25 m)													
Id Scenario	Caratteristiche Scenario			Q max in ingresso	Livello nodo deviatore	Qmax deviatore	Qmax vasche	Qmax paratoia	Livello su sfioro Bozzente-Vasca A	Vol vasca A	Livello vasca A	Vol vasca B	Livello vasca B
	Collegamento vasche	Condizioni al contorno	m³/s	m³/s	m slm	m³/s	m slm	m³/s	m slm	m³	m slm	m³	m slm
1.A	Vasche collegate	Breve Termine Tr 10	15.40	15.40	164.15	13.09	164.15	-	164.10	32500	162.21	28900	162.33
2.A		Lungo Termine Tr 100 - Assetto PAI	15.40	15.40	164.08	13.85	164.08	-	164.06	14400	161.87	11760	161.89
3.A		Breve Termine Tr 10	14.77	14.77	164.03	13.77	164.03	-	164.02	2130	161.64	11195	161.88
4.A		Lungo Termine Tr 100 - Assetto PAI	14.77	14.77	164.03	13.77	164.03	-	164.02	1985	161.64	3400	161.68
5.A	Vasche non collegate	Breve Termine Tr 10	15.40	15.40	164.15	13.09	164.15	-	164.10	32500	162.21	28900	162.33
6.A		Lungo Termine Tr 100 - Assetto PAI	15.40	15.40	164.08	13.85	164.08	-	164.05	14400	161.87	11760	161.89
7.A		Breve Termine Tr 10	14.77	14.77	164.03	13.77	164.03	-	164.02	2130	161.64	11195	161.88
8.A		Lungo Termine Tr 100 - Assetto PAI	14.77	14.77	164.03	13.77	164.03	-	164.02	1985	161.64	3400	161.68

Tabella B: Analisi idraulica con presenza sedimento nel deviatore (h _{utile} =2.0 m)													
Id Scenario	Caratteristiche Scenario			Q max in ingresso	Livello nodo deviatore	Qmax deviatore	Qmax vasche	Qmax paratoia	Livello su sfioro Bozzente-Vasca A	Vol vasca A	Livello vasca A	Vol vasca B	Livello vasca B
	Collegamento vasche	Condizioni al contorno	m slm	m³/s	m slm	m³/s	m slm	m³/s	m slm	m³	m slm	m³	m slm
1.B	Vasche collegate	Breve Termine Tr 10	164.15	15.40	164.33	11.43	3.97	-	164.19	88230	163.27	52000	162.9
2.B		Lungo Termine Tr 100 - Assetto PAI	164.08	15.40	164.23	12.30	2.10	-	164.15	67750	162.88	18900	162.07
3.B			164.03	14.77	164.18	12.20	2.57	-	164.12	29750	162.16	29250	162.33
4.B			164.03	14.77	164.18	12.20	2.57	-	164.12	16390	161.91	7830	161.8
5.B	Vasche non collegate	Breve Termine Tr 10	164.15	15.40	164.33	11.43	3.97	-	164.19	112460	163.73	34900	162.74
6.B		Lungo Termine Tr 100 - Assetto PAI	164.08	15.40	164.23	12.30	2.10	-	164.15	67750	162.88	18900	162.07
7.B			164.03	14.77	164.18	12.20	2.57	-	164.12	29750	162.16	29250	162.33
8.B			164.03	14.77	164.18	12.20	2.57	-	164.12	16390	161.91	7830	161.8

Dai risultati degli emerge che le condizioni più sollecitanti si hanno in corrispondenza dello scenario 1B, (Breve Termine: Tr10 anni Assetto di stato di fatto del torrente Bozzente a monte del nodo di Biringhello e con presenza di sedimento nel canale deviatore, h_{utile} 2,00 m). In queste condizioni si ha il **massimo livello di invaso nella Vasca A pari a 163.27 m slm e nella vasca B pari a 162.90 m slm.**

Queste condizioni sono anche le uniche per cui si ha l'attivazione del collegamento tra la vasca A e la vasca B la cui soglia è, ricordiamo, posta a 163,30 m slm.

In tutti gli altri casi le modalità di invaso delle vasche sono indipendenti, in particolare la vasca B viene attivata tramite retro-allagamento dalla condotta in progetto che la collega al deviatore e che funziona anche d scarico della stessa. Stante i suddetti risultati è stata valutata la possibilità di non realizzare il collegamento sotto la SS33, si leggano per questo confronto i risultati dello scenario 5B (Breve Termine: Tr10 anni Assetto di stato di fatto del torrente Bozzente a monte del nodo di Biringhello e con presenza di sedimento nel canale deviatore, h_{utile} 2,00 m).

Come si deduce in queste condizioni il livello massimo in vasca A aumenta fino a 163.73 m slm; conseguentemente per garantire il franco di 1 m sulle opere di ritenuta, si dovrebbe considerare un rialzo di circa 25 cm di tutta la cinta difensiva con un costo e un impatto sensibilmente maggiore di quello relativo alla realizzazione del collegamento tra le due vasche. La presenza del suddetto collegamento, inoltre, costituisce un elemento importante dell'opera in quanto fa acquisire resilienza al sistema che risulta in grado di poter funzionare anche a fronte di eventuali fenomeni di intasamento proprio del deviatore nella sua parte iniziale tra il nodo di Biringhello e valle della SS33.

Da ultimo nelle tabelle che seguono si riportano le piezometriche calcolate lungo il deviatore per tutte le 16 simulazioni effettuate; come si può osservare le piezometriche sono sempre contenute all'interno delle camerette con un franco minimo pari a 0.28 m (cameretta 1, scenari 1.B e 5.B, breve termine, deviatore con sedimento e piena dell'Olona TR100 anni) con una portata pari a 13,09 m³/s, mentre la massima portata transitabile nel deviatore è pari a 13.85 m³/s negli scenari 2 e 6 (breve termine e piena ordinaria dell'Olona).

A: Analisi idraulica in condizioni ottimali del Deviatore (h _{utile} =2.25 m)																				
Id Scenario	Caratteristiche Scenario			Qmax deviatore m³/s	Imbocco deviatore Piez. [m slm]	Cameretta 1 164,17		Cameretta 2 164,17		Cameretta 3 163,31		Cameretta 4 162,68		Cameretta 5 162,16		Cameretta 6 161,47		Cameretta 7 161,14		Sbocco in Olona Piez. [m slm]
	Collegamento vasche	Condizioni al contorno	Condizioni al contorno di valle			Piez. [m slm]	franco [m]	Piez. [m slm]	franco [m]	Piez. [m slm]	franco [m]	Piez. [m slm]	franco [m]	Piez. [m slm]	franco [m]	Piez. [m slm]	franco [m]	Piez. [m slm]	franco [m]	
1.A	Vasche collegate	Breve Termine Tr 10	Onda Tr100 Olona	13.09	164.15	163.72	0.45	163.20	0.97	162.33	0.98	161.75	0.93	161.34	0.82	160.84	0.63	160.40	0.74	160.11
2.A			Piena ordinaria Olona	13.85	164.07	163.59	0.58	163.02	1.15	162.05	1.26	161.36	1.32	160.87	1.29	160.26	1.21	159.63	1.51	158.67
3.A		Lungo Termine Tr 100 - Assetto PAI	Onda Tr100 Olona	13.77	164.02	163.55	0.62	162.98	1.19	162.03	1.28	161.42	1.26	161.09	1.07	106.69	54.78	160.34	0.80	160.11
4.A			Piena ordinaria Olona	13.77	164.02	163.55	0.62	162.98	1.19	162.03	1.28	161.34	1.34	160.86	1.30	160.26	1.21	159.62	1.52	158.67
5.A	Vasche non collegate	Breve Termine Tr 10	Onda Tr100 Olona	13.09	164.15	163.72	0.45	163.20	0.97	162.33	0.98	161.75	0.93	161.34	0.82	160.84	0.63	160.40	0.74	160.11
6.A			Piena ordinaria Olona	13.85	164.07	163.59	0.58	163.02	1.15	162.05	1.26	161.36	1.32	106.87	55.29	106.23	55.24	159.63	1.51	158.67
7.A		Lungo Termine Tr 100 - Assetto PAI	Onda Tr100 Olona	13.77	164.02	163.55	0.62	162.98	1.19	162.03	1.28	161.42	1.26	161.09	1.07	160.69	0.78	160.34	0.80	160.11
8.A			Piena ordinaria Olona	13.77	164.02	163.55	0.62	162.98	1.19	162.03	1.28	161.34	1.34	160.86	1.30	160.26	1.21	159.62	1.52	158.67

B: Analisi idraulica con presenza sedimento nel Deviatore (h _{utile} =2.0 m)																				
Id Scenario	Caratteristiche Scenario			Qmax deviatore m³/s	Imbocco deviatore Piez. [m slm]	Cameretta 1 164,17		Cameretta 2 164.17		Cameretta 3 163.31		Cameretta 4 162.68		Cameretta 5 162.16		Cameretta 6 161,47		Cameretta 7 161,14		Sbocco in Olona Piez. [m slm]
	Collegamento vasche	Condizioni al contorno	Condizioni al contorno di valle			Piez. [m slm]	franco [m]	Piez. [m slm]	franco [m]	Piez. [m slm]	franco [m]	Piez. [m slm]	franco [m]	Piez. [m slm]	franco [m]	Piez. [m slm]	franco [m]	Piez. [m slm]	franco [m]	
1.B	Vasche collegate	Breve Termine Tr 10	Onda Tr100 Olona	13.09	164.32	163.89	0.28	163.35	0.82	162.57	0.74	161.89	0.79	161.42	0.74	160.90	0.57	160.42	0.72	160.11
2.B		Piena ordinaria Olona	13.85	161.13	163.72	0.45	163.10	1.07	162.06	1.25	161.32	1.36	160.79	1.37	160.15	1.32	159.50	1.64	158.67	
3.B		Lungo Termine Tr 100 - Assetto PAI	Onda Tr100 Olona	13.77	164.17	163.67	0.50	163.10	1.07	162.32	0.99	161.74	0.94	161.34	0.82	160.84	0.63	160.40	0.74	160.11
4.B		Piena ordinaria Olona	13.77	164.18	163.67	0.50	163.06	1.11	162.03	1.28	161.29	1.39	160.77	1.39	160.14	1.33	159.49	1.65	158.67	
5.B	Vasche non collegate	Breve Termine Tr 10	Onda Tr100 Olona	13.09	164.32	163.89	0.28	163.35	0.82	162.47	0.84	161.86	0.82	161.42	0.74	160.90	0.57	160.42	0.72	160.11
6.B		Piena ordinaria Olona	13.85	164.23	163.72	0.45	163.10	1.07	162.06	1.25	161.32	1.36	160.79	1.37	160.15	1.32	159.50	1.64	158.67	
7.B		Lungo Termine Tr 100 - Assetto PAI	Onda Tr100 Olona	13.77	164.17	163.67	0.50	163.10	1.07	162.32	0.99	161.74	0.94	161.34	0.82	160.84	0.63	160.40	0.74	160.11
8.B		Piena ordinaria Olona	13.77	164.18	163.67	0.50	163.06	1.11	162.03	1.28	161.29	1.39	160.77	1.39	160.14	1.33	159.49	1.65	158.67	

9 Allegati

1. Tavola grafica n.1: Analisi idraulica del rischio residuo nello stato di fatto;
2. Tavola grafica n.2: Analisi idraulica del rischio residuo a seguito dell'esecuzione degli interventi PAI;
3. Schematizzazioni dei risultati ottenuti da Infoworks

Milano, giugno 2022

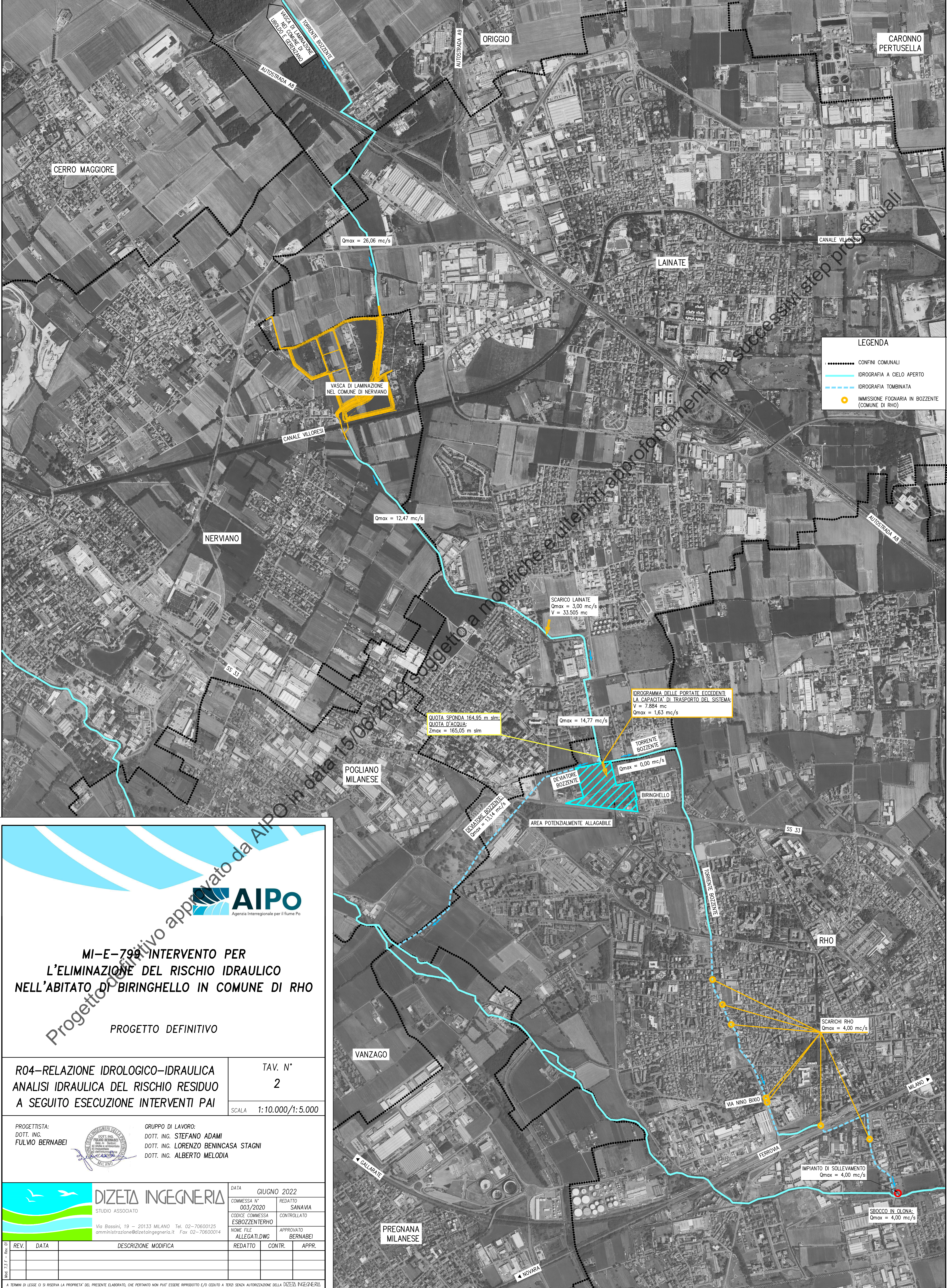
IL PROGETTISTA

Dot. Ing. Fulvio Bernabei



Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori perfezionamenti nei successivi step progettuali

N.	TR	ASSETTO	REGOLAZIONE VASCA DI NERVIANO	Q _{max} FOGNATURA LAINATE (mc/s)	Q _{max} MONTE DEVIATORE (mc/s)	Q _{max} DEVIATORE BOZZENTE (mc/s)	STATO PARATOIA (m)	Q _{max} PARATOIA SCARICO (mc/s)	VOLUME ALLAGAMENTO (mc)	Q _{max} RHO (mc/s)	Q _{max} SBOCCO IN OLONA (mc/s)	NOTE
3	100	ASSETTO PAI	Q _{max} = 12 mc/s	3,0	14,77	13,14	CHIUSA	0	7,884	4,00	4,00	

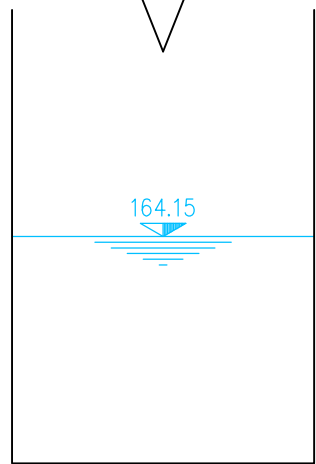


A TERMINI DI LEGGE CI SI RISERVA LA PROPRIETÀ DEL PRESENTE ELABORATO, CHE PERTANTO NON PUO' ESSERE RIPRODOTTO E/O CEDUTO A TERZI SENZA AUTORIZZAZIONE DELLA DIZETA INGEGNERIA

Q_IN = 15.40 mc/s

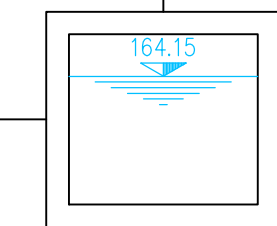
C.C. MONTE: PIENA Tr=10 ANNI
C.C. VALLE: ONDA Tr=100 ANNI IN OLONA
STATO DEL DEVIATORE: OTTIMALE

NODO DEV_UP

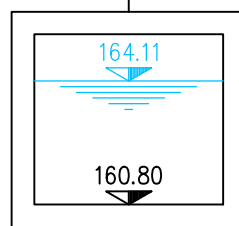


QMAX = 13.09 mc/s

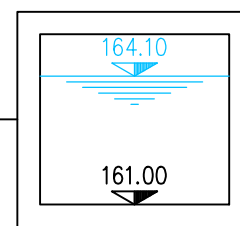
QMAX = 2.31 mc/s



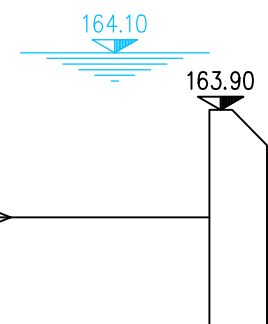
NODO BREAK "2"



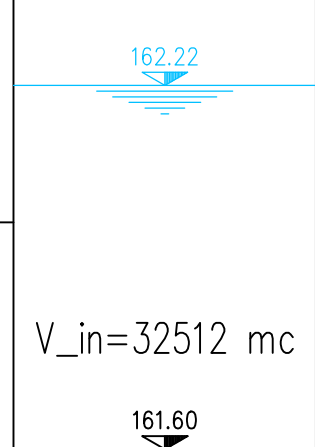
NODO BREAK "1"



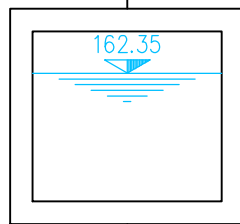
NODO BREAK "3"



VASCA "A"

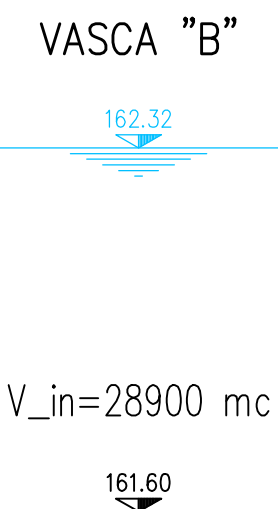


NODO CAM "3"



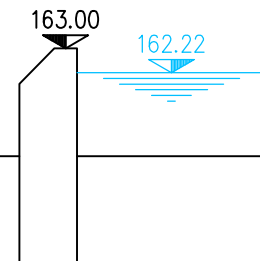
QMAX_OUT = 1.68 mc/s

QMAX_IN = 1.00 mc/s

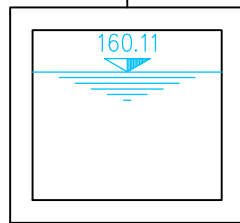


VASCA "B"

QMAX = 0.00 mc/s



NODO OUTFALL



Q_OUT = 12.94 mc/s

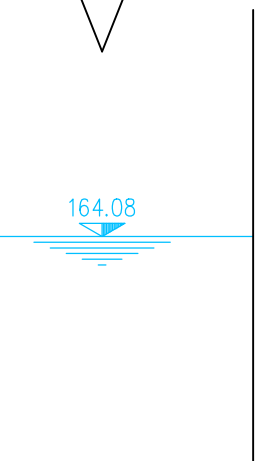
OLONA

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

#ID SIMULAZIONE 1A
NOME GEOM. MODELLO PRG_15_VASCHE COLLEGATE
TEMPO DI RITORNO 10 ANNI

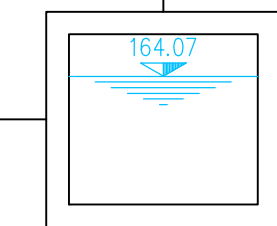
Q_IN = 15.40 mc/s

NODO DEV_UP

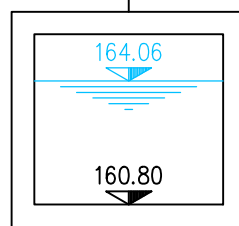


QMAX = 13.85 mc/s

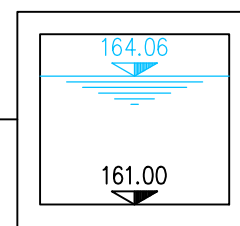
QMAX = 1.55 mc/s



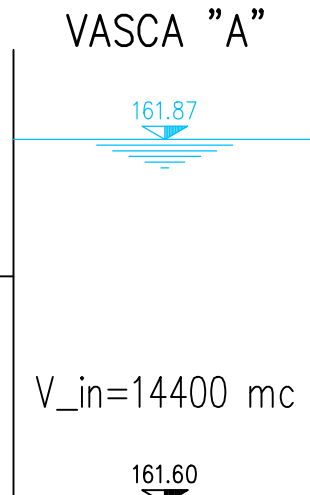
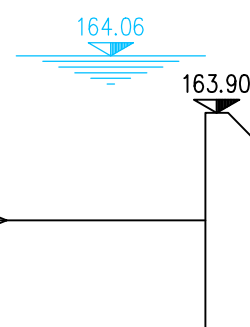
NODO BREAK "2"



NODO BREAK "1"



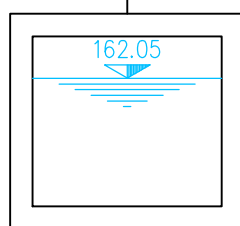
NODO BREAK "3"



VASCA "A"

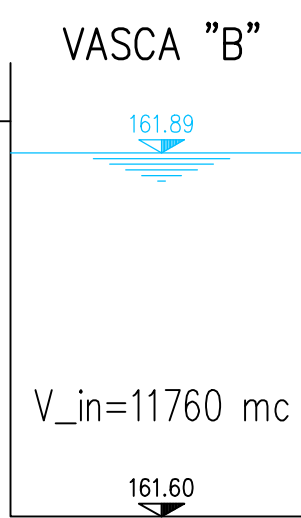
V_in=14400 mc

NODO CAM "3"



QMAX_OUT = 0.74 mc/s

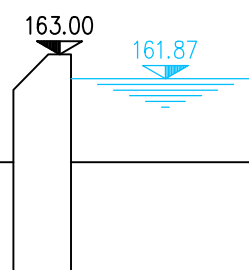
QMAX_IN = 0.55 mc/s



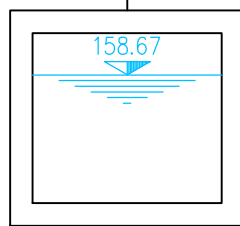
VASCA "B"

V_in=11760 mc

QMAX = 0.00 mc/s



NODO OUTFALL



Q_OUT = 13.30 mc/s

OLONA

C.C. MONTE: PIENA Tr=10 ANNI
C.C. VALLE: PIENA ORDINARIA IN OLONA
STATO DEL DEVIATORE: OTTIMALE

#ID SIMULAZIONE 2A
NOME GEOM. MODELLO PRG_15_VASCHE COLLEGATE
TEMPO DI RITORNO 10 ANNI

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

Q_IN = 14.77 mc/s

C.C. MONTE: PIENA Tr=100 ANNI
C.C. VALLE: ONDA Tr=100 ANNI IN OLONA
STATO DEL DEVIATORE: OTTIMALE

NODO DEV_UP

QMAX = 13.77 mc/s

QMAX = 1.00 mc/s

NODO CAM "3"

QMAX_OUT = 0.53 mc/s

QMAX_IN = 0.51 mc/s

QMAX = 13.33 mc/s

NODO OUTFALL

Q_OUT = 13.25 mc/s

OLONA

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

NODO BREAK "3"

VASCA "B"

V_in=11195 mc

NODO BREAK "1"

VASCA "B"

V_in=11195 mc

NODO BREAK "2"

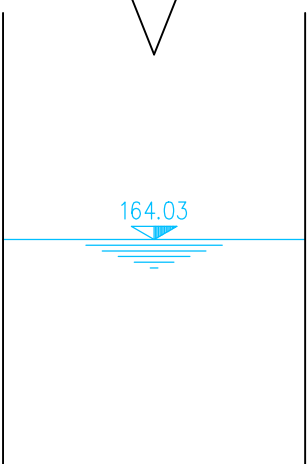
VASCA "A"

V_in=2130 mc

#ID SIMULAZIONE 3A
NOME GEOM. MODELLO PRG_15_VASCHE COLLEGATE
TEMPO DI RITORNO 100 ANNI

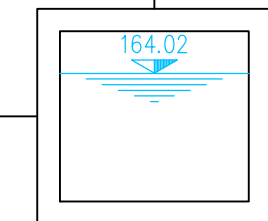
Q_IN = 14.77 mc/s

NODO DEV_UP

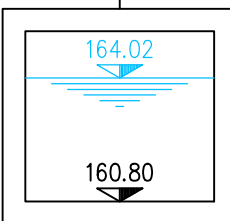


QMAX = 13.77 mc/s

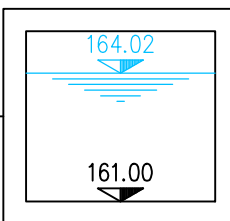
QMAX = 1.0 mc/s



NODO BREAK "2"



NODO BREAK "1"

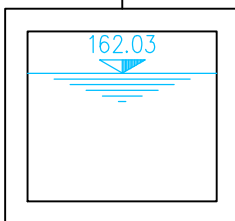


NODO BREAK "3"



C.C. MONTE: PIENA Tr=100 ANNI
C.C. VALLE: PIENA ORDINARIA IN OLONA
STATO DEL DEVIATORE: OTTIMALE

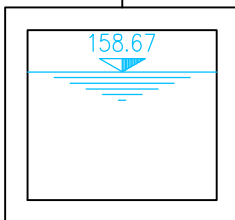
NODO CAM "3"



QMAX_OUT = 0.00 mc/s

QMAX = 13.33 mc/s

NODO OUTFALL



Q_OUT = 13.25 mc/s

OLONA

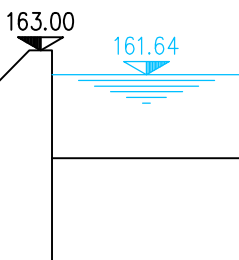
QMAX_IN = 0.51 mc/s



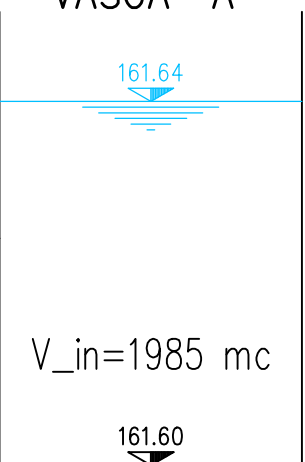
VASCA "B"

V_in=3405 mc

QMAX = 0.00 mc/s



VASCA "A"



V_in=1985 mc

#ID SIMULAZIONE 4A
NOME GEOM. MODELLO PRG_15_VASCHE COLLEGATE
TEMPO DI RITORNO 100 ANNI

Q_IN = 15.40 mc/s

NODO DEV_UP

NODO DEV_UP

QMAX = 13.09 mc/s

QMAX = 2.31 mc/s

NODO BREAK "2"

NODO BREAK "1"

NODO BREAK "3"

NODO CAM "3"

QMAX_OUT = 1.68 mc/s

QMAX_IN = 1.00 mc/s

QMAX = 12.94 mc/s

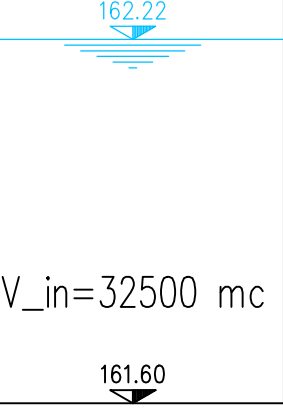
Q_OUT = 12.94 mc/s

NODO OUTFALL

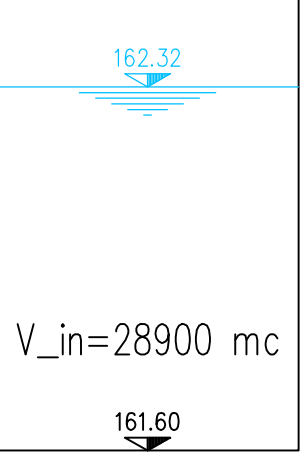
OLONA

C.C. MONTE: PIENA Tr=10 ANNI
C.C. VALLE: ONDA Tr=100 ANNI IN OLONA
STATO DEL DEVIATORE: OTTIMALE

VASCA "A"



VASCA "B"

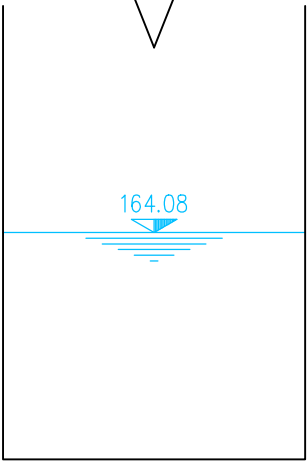


#ID SIMULAZIONE 5A
NOME GEOM. MODELLO PRG_15_VASCHE NON COLLEGATE
TEMPO DI RITORNO 10 ANNI

Q_IN = 15.40 mc/s

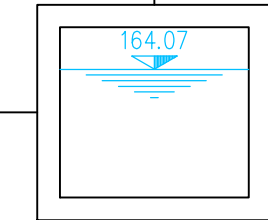
C.C. MONTE: PIENA Tr=10 ANNI
C.C. VALLE: PIENA ORDINARIA IN OLONA
STATO DEL DEVIATORE: OTTIMALE

NODO DEV_UP

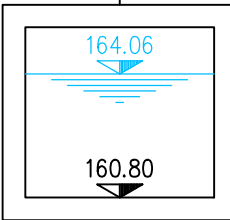


QMAX = 13.85 mc/s

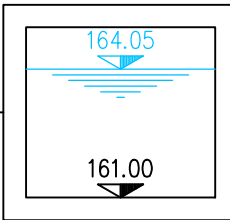
QMAX = 1.55 mc/s



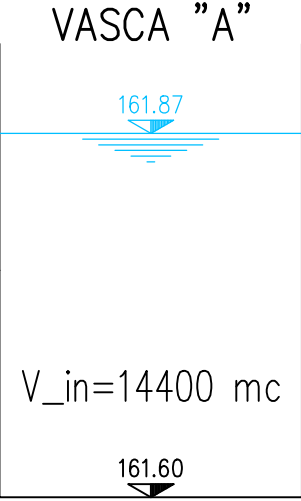
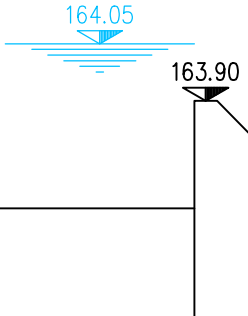
NODO BREAK "2"



NODO BREAK "1"



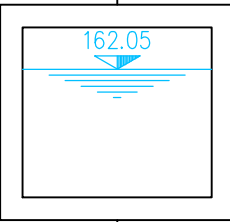
NODO BREAK "3"



VASCA "A"

V_in=14400 mc

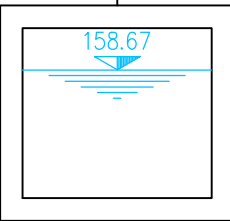
NODO CAM "3"



QMAX_OUT = 0.74 mc/s

QMAX = 13.30 mc/s

NODO OUTFALL

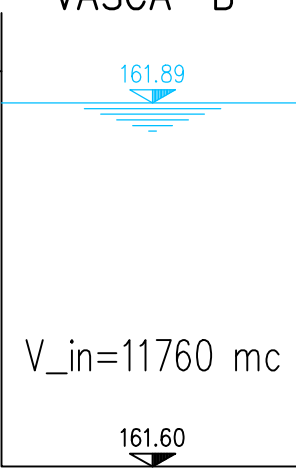


Q_OUT = 13.30 mc/s



OLONA

VASCA "B"



V_in=11760 mc

QMAX_IN = 0.55 mc/s

#ID SIMULAZIONE 6A
NOME GEOM. MODELLO PRG_15_VASCHE NON COLLEGATE
TEMPO DI RITORNO 10 ANNI

Q_IN = 14.77 mc/s

NODO DEV_UP

164.03

QMAX = 13.77 mc/s

QMAX = 1.0 mc/s

NODO BREAK "2"

164.02

NODO BREAK "1"

164.02

160.80

NODO BREAK "3"

164.02

161.00

164.02

163.90

VASCA "A"

161.64

V_in=2130 mc

161.60

NODO CAM "3"

162.03

QMAX_OUT = 0.54 mc/s

QMAX_IN = 0.51 mc/s

VASCA "B"

161.88

V_in=11195 mc

161.60

QMAX = 13.33 mc/s

NODO OUTFALL

160.11

Q_OUT = 13.25 mc/s

OLONA

C.C. MONTE: PIENA Tr=100 ANNI
C.C. VALLE: ONDA Tr=100 ANNI IN OLONA
STATO DEL DEVIATORE: OTTIMALE

#ID SIMULAZIONE 7A
NOME GEOM. MODELLO PRG_15_VASCHE NON COLLEGATE
TEMPO DI RITORNO 100 ANNI

Q_IN = 14.77 mc/s

NODO DEV_UP

164.03

QMAX = 13.77 mc/s

QMAX = 1.0 mc/s

NODO BREAK "2"

164.02

NODO BREAK "1"

164.02

160.80

NODO BREAK "3"

164.02

161.00

164.02

163.90

VASCA "A"

161.64

V_in=1985 mc

161.60

NODO CAM "3"

162.03

QMAX_OUT = 0.00 mc/s

QMAX_IN = 0.51 mc/s

VASCA "B"

161.69

V_in=3405 mc

161.60

NODO OUTFALL

158.67

Q_OUT = 13.25 mc/s

OLONA

C.C. MONTE: PIENA Tr=100 ANNI
C.C. VALLE: PIENA ORDINARIA IN OLONA
STATO DEL DEVIATORE: OTTIMALE

#ID SIMULAZIONE 8A
NOME GEOM. MODELLO PRG_15_VASCHE NON COLLEGATE
TEMPO DI RITORNO 100 ANNI

Q_IN = 15.40 mc/s

C.C. MONTE: PIENA Tr=10 ANNI
C.C. VALLE: ONDA Tr=100 ANNI IN OLONA
STATO DEL DEVIATORE: PRESENZA DI SEDIMENTI

NODO DEV_UP

QMAX = 11.43 mc/s

QMAX = 3.97 mc/s

NODO CAM "3"

QMAX_OUT = 2.42 mc/s

QMAX_IN = 0.93 mc/s

QMAX = 2.34 mc/s

QMAX = 11.92 mc/s

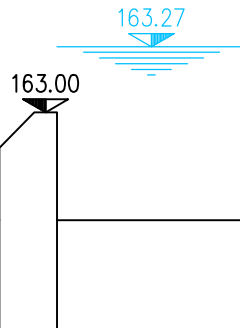
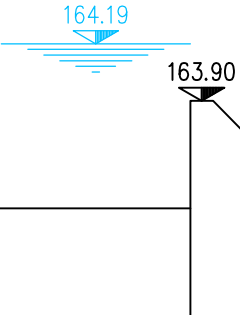
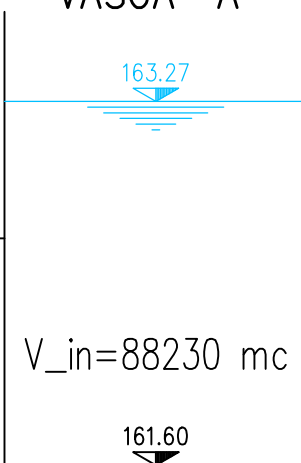
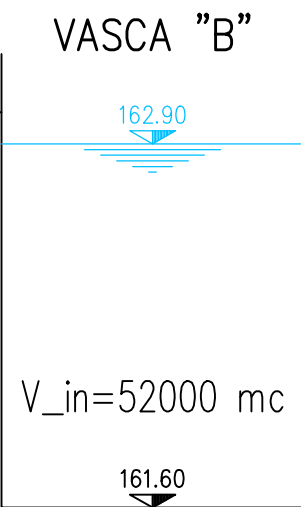
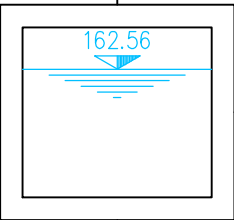
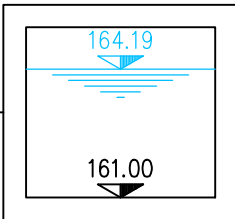
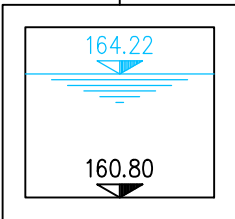
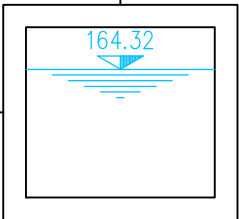
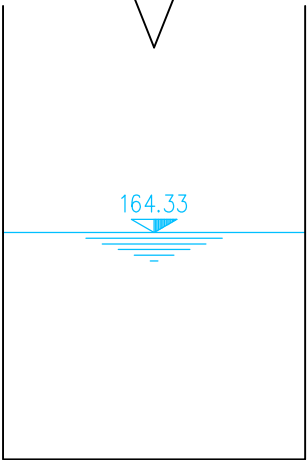
Q_OUT = 11.92 mc/s

NODO OUTFALL

OLONA

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

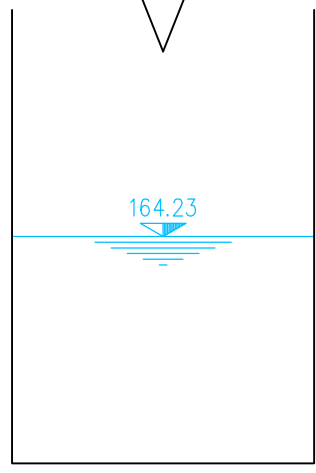
#ID SIMULAZIONE 1B
NOME GEOM. MODELLO PRG_15_VASCHE COLLEGATE
TEMPO DI RITORNO 10 ANNI



Q_IN = 15.40 mc/s

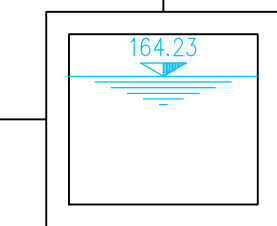
C.C. MONTE: PIENA Tr=10 ANNI
C.C. VALLE: PIENA ORDINARIA IN OLONA
STATO DEL DEVIATORE: PRESENZA DI SEDIMENTI

NODO DEV_UP

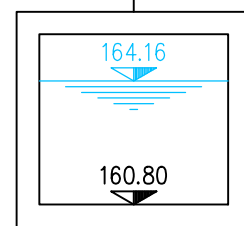


QMAX = 12.30 mc/s

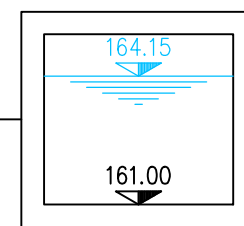
QMAX = 3.10 mc/s



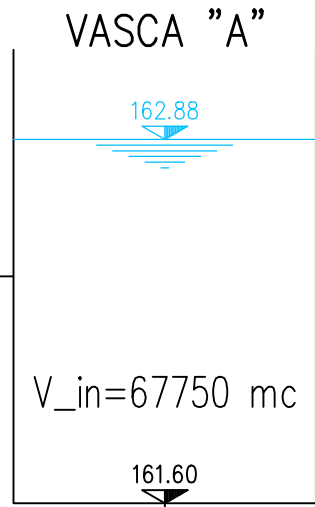
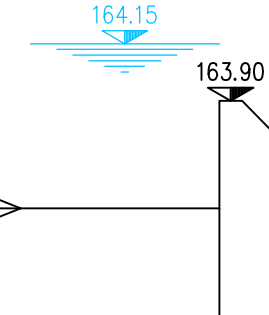
NODO BREAK "2"



NODO BREAK "1"



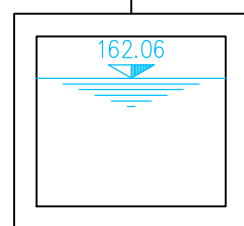
NODO BREAK "3"



VASCA "A"

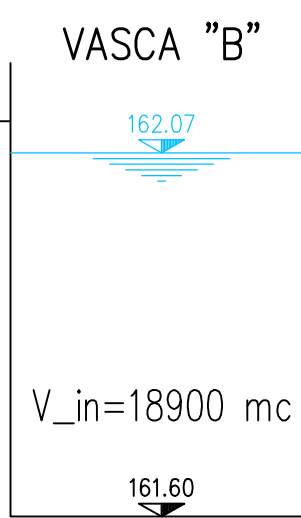
V_in=67750 mc

NODO CAM "3"



QMAX_OUT = 1.35 mc/s

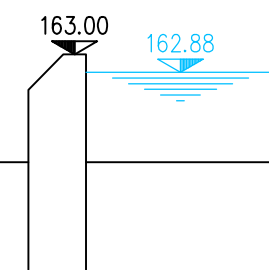
QMAX_IN = 0.55 mc/s



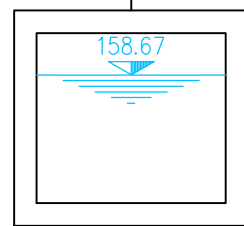
VASCA "B"

V_in=18900 mc

QMAX = 0.00 mc/s



NODO OUTFALL



Q_OUT = 11.76 mc/s

OLONA

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

#ID SIMULAZIONE 2B
NOME GEOM. MODELLO PRG_15_VASCHE COLLEGATE
TEMPO DI RITORNO 10 ANNI

Q_IN = 14.77 mc/s

C.C. MONTE: PIENA Tr=100 ANNI
C.C. VALLE: ONDA Tr=100 ANNI IN OLONA
STATO DEL DEVIATORE: PRESENZA DI SEDIMENTI

NODO DEV_UP

QMAX = 12.20 mc/s

QMAX = 2.57 mc/s

NODO BREAK "2"

NODO BREAK "1"

NODO BREAK "3"

NODO CAM "3"

QMAX_OUT = 1.55 mc/s

QMAX_IN = 0.82 mc/s

QMAX = 0.00 mc/s

QMAX = 11.69 mc/s

Q_OUT = 11.67 mc/s

NODO OUTFALL

OLONA

#ID SIMULAZIONE 3B
NOME GEOM. MODELLO PRG_15_VASCHE COLLEGATE
TEMPO DI RITORNO 100 ANNI

Q_IN = 14.77 mc/s

NODO DEV_UP

NODO CAM "3"

NODO OUTFALL

NODO BREAK "2"

NODO BREAK "1"

NODO BREAK "3"

VASCA "B"

VASCA "A"

OLONA

QMAX = 12.20 mc/s

QMAX = 2.57 mc/s

QMAX_OUT = 0.33 mc/s

QMAX = 11.70 mc/s

Q_OUT = 11.70 mc/s

QMAX_IN = 0.51 mc/s

QMAX = 0.00 mc/s

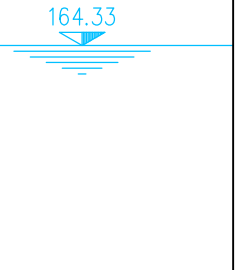
C.C. MONTE: PIENA Tr=100 ANNI
C.C. VALLE: PIENA ORDINARIA IN OLONA
STATO DEL DEVIATORE: PRESENZA DI SEDIMENTI

#ID SIMULAZIONE 4B
NOME GEOM. MODELLO PRG_15_VASCHE COLLEGATE
TEMPO DI RITORNO 100 ANNI

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

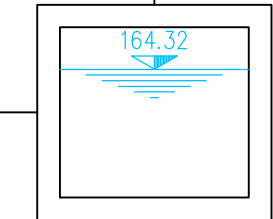
Q_IN = 15.40 mc/s

NODO DEV_UP

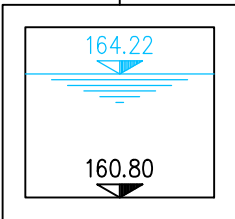


QMAX = 11.43 mc/s

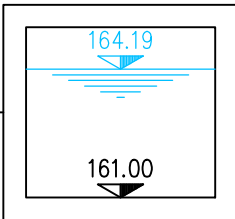
QMAX = 3.97 mc/s



NODO BREAK "2"



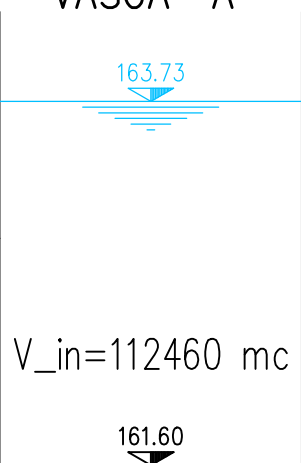
NODO BREAK "1"



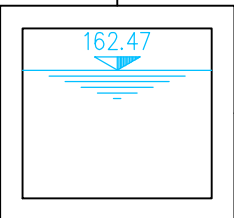
NODO BREAK "3"



VASCA "A"



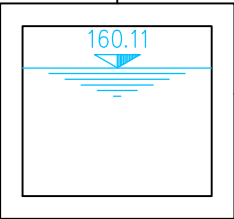
NODO CAM "3"



QMAX_OUT = 1.74 mc/s

QMAX = 11.50 mc/s

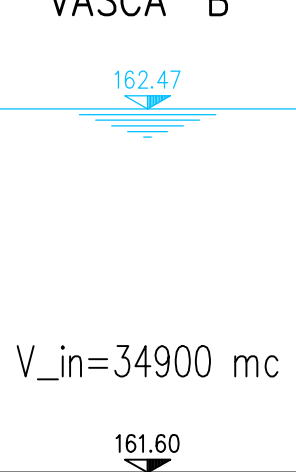
NODO OUTFALL



Q_OUT = 11.50 mc/s

OLONA

VASCA "B"



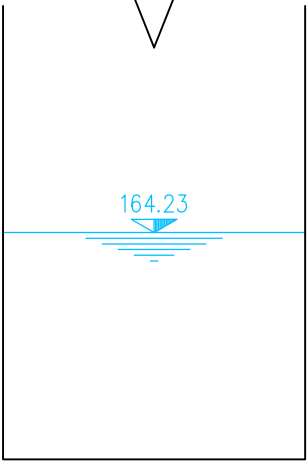
QMAX_IN = 0.93 mc/s

C.C. MONTE: PIENA Tr=10 ANNI
C.C. VALLE: ONDA Tr=100 ANNI IN OLONA
STATO DEL DEVIATORE: PRESENZA DI SEDIMENTI

#ID SIMULAZIONE 5B
NOME GEOM. MODELLO PRG_15_VASCHE NON COLLEGATE
TEMPO DI RITORNO 10 ANNI

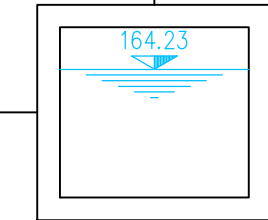
Q_IN = 15.40 mc/s

NODO DEV_UP

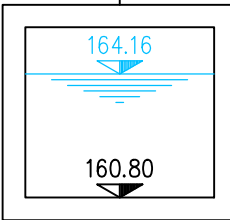


QMAX = 12.30 mc/s

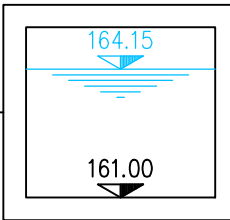
QMAX = 3.10 mc/s



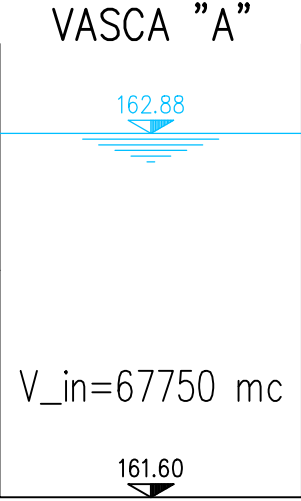
NODO BREAK "2"



NODO BREAK "1"



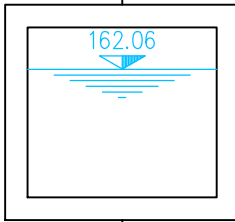
NODO BREAK "3"



VASCA "A"

V_in=67750 mc

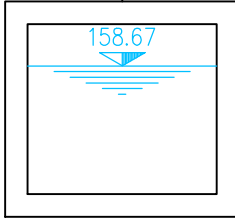
NODO CAM "3"



QMAX_OUT = 1.34 mc/s

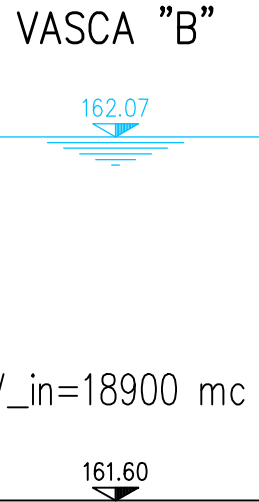
QMAX = 11.76 mc/s

NODO OUTFALL



Q_OUT = 11.76 mc/s

OLONA



VASCA "B"

V_in=18900 mc

QMAX_IN = 0.55 mc/s

C.C. MONTE: PIENA Tr=10 ANNI
C.C. VALLE: PIENA ORDINARIA IN OLONA
STATO DEL DEVIATORE: PRESENZA DI SEDIMENTI

#ID SIMULAZIONE 6B
NOME GEOM. MODELLO PRG_15_VASCHE NON COLLEGATE
TEMPO DI RITORNO 10 ANNI

Q_IN = 14.77 mc/s

NODO DEV_UP

NODO DEV_UP

QMAX = 12.20 mc/s

QMAX = 2.57 mc/s

NODO BREAK "2"

NODO BREAK "1"

NODO BREAK "3"

NODO CAM "3"

QMAX_OUT = 1.55 mc/s

QMAX_IN = 0.82 mc/s

QMAX = 11.69 mc/s

NODO OUTFALL

Q_OUT = 11.67 mc/s

OLONA

C.C. MONTE: PIENA Tr=100 ANNI
C.C. VALLE: ONDA Tr=100 ANNI IN OLONA
STATO DEL DEVIATORE: PRESENZA DI SEDIMENTI

VASCA "A"

V_in=29750 mc

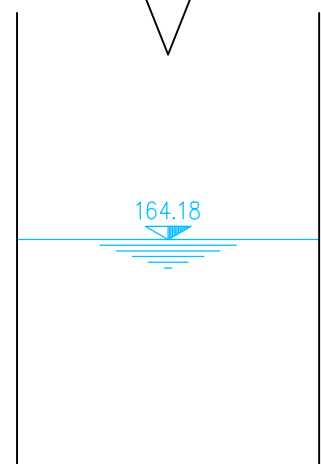
VASCA "B"

V_in=29250 mc

#ID SIMULAZIONE 7B
NOME GEOM. MODELLO PRG_15_VASCHE NON COLLEGATE
TEMPO DI RITORNO 100 ANNI

Q_IN = 14.77 mc/s

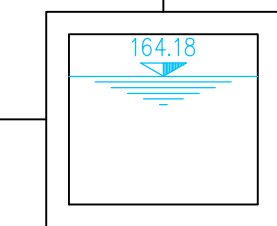
NODO DEV_UP



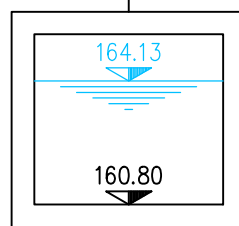
QMAX = 12.20 mc/s



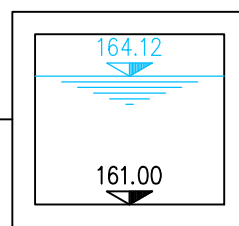
QMAX = 2.57 mc/s



NODO BREAK "2"



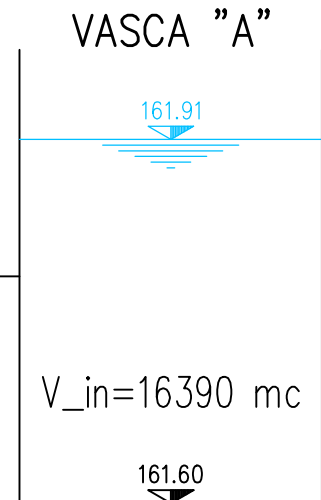
NODO BREAK "1"



NODO BREAK "3"

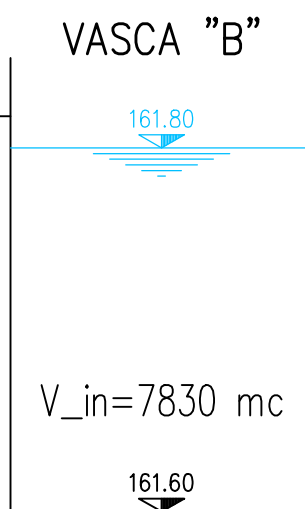


163.90



VASCA "A"

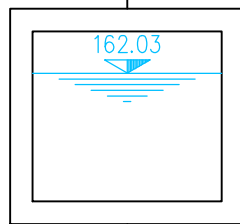
V_in=16390 mc



VASCA "B"

V_in=7830 mc

NODO CAM "3"



QMAX_OUT = 0.33 mc/s



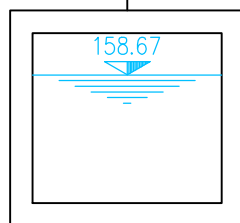
QMAX_IN = 0.51 mc/s



QMAX = 11.70 mc/s



NODO OUTFALL



Q_OUT = 11.70 mc/s



OLONA

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

C.C. MONTE: PIENA Tr=100 ANNI
C.C. VALLE: PIENA ORDINARIA IN OLONA
STATO DEL DEVIATORE: PRESENZA DI SEDIMENTI

#ID SIMULAZIONE 8B
NOME GEOM. MODELLO PRG_15_VASCHE NON COLLEGATE
TEMPO DI RITORNO 100 ANNI