

# ADEGUAMENTO AREE GOLENALI nei Comuni di Carimate, Vertemate con Minoprio e Cantu' (CO) MI-E-795

## PROGETTO PRELIMINARE

APRILE 2015

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:  
ING. LUIGI MILLE

### PROGETTAZIONE:

#### PROFESSIONISTI INCARICATI:

Dott. Ing. GIOVANNI BATTISTA PEDUZZI

Prof. Ing. ALESSANDRO PAOLETTI  
Dott. Ing. STEFANO CROCI  
Dott. Ing. FILIPPO MALINGEGNO  
Dott. Ing. CRISTINA PASSONI

Dott. Ing. MASSIMO COCCATO  
Dott. Ing. ELISABETTA CUDINI

Dott. Geol. MARIO SPADA  
Dott. Geol. GIAN MARCO ORLANDI  
Dott. Geol. SUSANNA BIANCHI

Dott. Ing. ALESSANDRO BARBON

**ETATEC** S.R.L.  
STUDIO PAOLETTI

SOCIETA' DI INGEGNERIA

Via Bassini 23 20133 Milano | tel: +39 02 26681264 - fax +39 02 26681553  
etatec@etatec.it - etatec@pec.etatec.it - www.etatec.it

**STUDIO PAOLETTI**  
INGEGNERI ASSOCIATI

Via Bassini 23 20133 Milano | tel: +39 02 26681264 - fax: +39 02 26681553  
Studiopaoletti@etatec.it - Studiopaoletti@pec.etatec.it



BETA Studio S.R.L.

Ponte San Nicolò (PD) 35020 - Via Guido Rossa 29/a

Tel +39.049.8961120 - Fax +39 049.8961090 - info@betastudio.it



*Studio Associato di Geologia Spada*

Via Donizetti 17 24020 Ranica (BG)

tel: +39 035 516090 - +39 035 513738

Vicolo Manzoni 3 27038 Robbio (PV)



#### CONSULENZE SPECIALISTICHE:

##### ASPETTI PAESAGGISTICI E AMBIENTALI:

Arch. ANDREAS KIPAR  
Dott. Agr. GIOVANNI SALA  
Arch. LUISA BELLINI

##### QUALITA' DELLE ACQUE:

Prof. Dott. VALERIA MEZZANOTTE

**LAND Milano Srl**



UNI EN ISO 9001  
certificato 09.1517



Via Varese 16 20121 Milano

tel: +39 02 806911.1 - fax: +39 02 806911.30 www.landmilano.com

GRUPPO LAND Milano Roma Cagliari Duisburg

Landscape  
Architecture  
Nature  
Development

Piazzale Aquileia 6 20144 Milano | tel: +39 02 4814701

TITOLO

Relazione idrologica e idraulica

SCALA

-

Revisioni

1

2

Numero  
elaborato

TIPOLOGIA

PP

COMMESSA

250-24





DOCUMENTO

AT

NUMERO





A.3.1









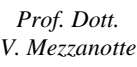
A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

## INDICE

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E TERRITORIALE	4
2.1 INQUADRAMENTO DEL T. SEVESO	4
2.2 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO	7
3. INQUADRAMENTO IDROLOGICO	11
3.1 TEMPO DI RITORNO DI RIFERIMENTO DEL PROGETTO	12
3.2 IDROGRAMMI DI PIENA IN INGRESSO AL MODELLO IDRAULICO	14
4. STUDIO IDRAULICO	19
4.1 OBIETTIVI DELL'ANALISI IDRAULICA	19
4.2 SCHEMA CONCETTUALE DI FUNZIONAMENTO	20
4.3 IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO	21
4.4 GEOMETRIA IMPIEGATA NELLE SIMULAZIONI	22
4.4.1 Rilievi topografici disponibili	22
4.4.2 Implementazione del modello idraulico	24
4.4.3 Caratteristiche della <i>mesh</i> di calcolo	24
4.5 CONDIZIONI AL CONTORNO E SCABREZZE	25
4.6 RISULTATI DELL'ANALISI IDRAULICA	26
4.6.1 Area di laminazione 1	26
4.6.2 Area di laminazione 2	28
4.6.3 Area di laminazione 3	30
4.6.4 Area di laminazione 4	31
4.6.5 Area di laminazione 5	33
4.6.6 Area di laminazione 6	34
4.6.7 Idrogramma alla sezione di chiusura dell'area di studio	36
4.6.8 Profili idraulici	39
5. OPERE DI PROGETTO	41
5.1 ARGINATURE	41
5.2 OPERA DI DERIVAZIONE	41
5.3 OPERE DI RESTITUZIONE	41
APPENDICE A. IL MODELLO INFOWORKS ICM	45

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

A.1 PUNTI DI FORZA DELL'APPLICATIVO SOFTWARE .....	45
A.2 MODELLI IDROLOGICI DISPONIBILI.....	45
A.3 APPROCCIO NUMERICO ALLA COMPONENTE 1D .....	45
A.4 APPROCCIO NUMERICO ALLA COMPONENTE 2D .....	47
A.5 PRODUZIONE DELLA MAGLIATURA 2D.....	48
A.6 COLLEGAMENTO 1D-2D.....	48
A.7 TEMPI DI CALCOLO E DIMENSIONE DEL MODELLO .....	49
APPENDICE B - LIVELLI IDROMETRICI DEL T. SEVESO .....	51

A.T.P.:					Consulenti:	
						

## 1. PREMESSA





Su incarico AIPO avvenuto con contratto n.3871 di repertorio del 26.03.2015, l'Associazione Temporanea di Imprese e Professionisti ETATEC STUDIO PAOLETTI S.r.l. (capogruppo firmataria), lo STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI (mandante), la società BETA STUDIO S.r.l. (mandante), lo STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA (mandante), il Dott. Ing. Alessandro Barbon (mandante) viene incaricata relativamente all'*Affidamento dell'incarico di progettazione preliminare e supporto alla progettazione definitiva degli interventi denominati "Aree di laminazione del Torrente Seveso", nei comuni di Paderno Dugnano (MI), Varedo e Bovisio Masciago (MB), Lentate sul Seveso (MB) ed "Adeguamento delle Aree golenali del Torrente Seveso" nei comuni di Carimate, Vertemate con Minoprio e Cantù (CO).*

La presente progettazione preliminare ha per oggetto i lavori di *"Adeguamento delle Aree golenali del Torrente Seveso" nei comuni di Carimate, Vertemate con Minoprio e Cantù (CO).*

Si tratta di 6 aree di laminazione "golenale" con funzionamento in derivazione. Gli interventi di progetto prevedono il mantenimento delle aree di allagamento naturale, che interessano le zone golenali, ma migliorando la capacità di laminazione dell'onda di piena.

Le opere consistono principalmente, per ciascuna area: nella realizzazione di uno sfioro laterale ubicato in sommità arginale per consentire la derivazione solo in occasione dei picchi di piena; nella realizzazione di una serie di arginature perimetrali, per contenere i volumi di laminazione all'interno delle aree golenali durante l'evento di piena; nella riprofilatura del fondo di alcune superfici, per consentire un corretto scarico delle acque per gravità, attraverso un manufatto di restituzione, e ottimizzare i volumi di invaso disponibili.

Il presente elaborato rappresenta la *Relazione idrologica e idraulica* del Progetto Preliminare e espone le principali caratteristiche idrologico-idrauliche, nonché di funzionamento, del sistema fluviale afferente alle aree di laminazione ubicate lungo il Torrente Seveso nei Comuni di Vertemate con Minoprio (CO), Carimate (CO) e Cantù (CO).

A.T.P.:			Consulenti:		
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

## 2. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E TERRITORIALE





### 2.1 INQUADRAMENTO DEL T. SEVESO

Il torrente Seveso nasce alle falde del Monte Pallanza nel territorio del comune di San Fermo della Battaglia (CO), nelle vicinanze del confine svizzero con il Canton Ticino, sul versante Meridionale del Sasso Cavallasca, in provincia di Como, circa a quota 490 metri sul livello del mare, tocca vari centri abitati della Brianza ed entra in Milano fino ad unirsi con il Naviglio della Martesana all'interno della città di Milano in prossimità di via Melchiorre Gioia.

L'intero bacino idrografico del Seveso può essere suddiviso sostanzialmente in quattro parti:

- la prima parte più settentrionale, denominata “*Seveso naturale*”, afferente all'asta del torrente Seveso dalla sorgente al comune di Lentate sul Seveso, presenta versanti acclivi o mediamente acclivi ed è caratterizzato da urbanizzazione ridotta comunque tale da non produrre modifiche rilevanti rispetto al processo di piena naturale;
- la seconda parte, denominata “*Certesa naturale*”, ad est della precedente e afferente al torrente Certesa (o Roggia Vecchia), principale affluente del Seveso, si estende dalle sorgenti fino alla confluenza con il torrente Terrò ed è caratterizzato da versanti acclivi e da scarsa urbanizzazione;
- la terza parte, denominata “*Certesa urbano*”, anch'essa afferente al Torrente Certesa, dalla confluenza con il Torrente Terrò fino alla confluenza nel torrente Seveso, presenta versanti poco acclivi e vaste aree urbanizzate (Mariano Comense, Cabiato e Meda);
- la quarta parte, denominata “*Seveso urbano*”, afferente direttamente al torrente Seveso, da Lentate sul Seveso all'ingresso nel tratto tombato nel comune di Milano, presenta versanti pressoché pianeggianti ed un'elevata urbanizzazione (Barlassina, Seveso, Cesano Maderno, Bovisio Masciago, Varedo, Paderno Dugnano, Cusano Milanino, Cormano Bresso e Cinisello Balsamo).

Tali quattro parti in cui è stato suddiviso il bacino idrografico del Seveso possono essere raggruppate, in relazione alla tipologia di funzionamento idrologico di formazione delle piene: i deflussi delle zone *Seveso naturale* e *Certesa naturale* dipendono esclusivamente dalle caratteristiche geomorfologiche del bacino, mentre i deflussi delle zone *Seveso urbano* e *Certesa urbano*, eccetto gli apporti di alcuni piccoli affluenti (Comasinella), risultano

A.T.P.:			Consulenti:		
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

influenzati principalmente dalla capacità di smaltimento delle reti di drenaggio urbano.

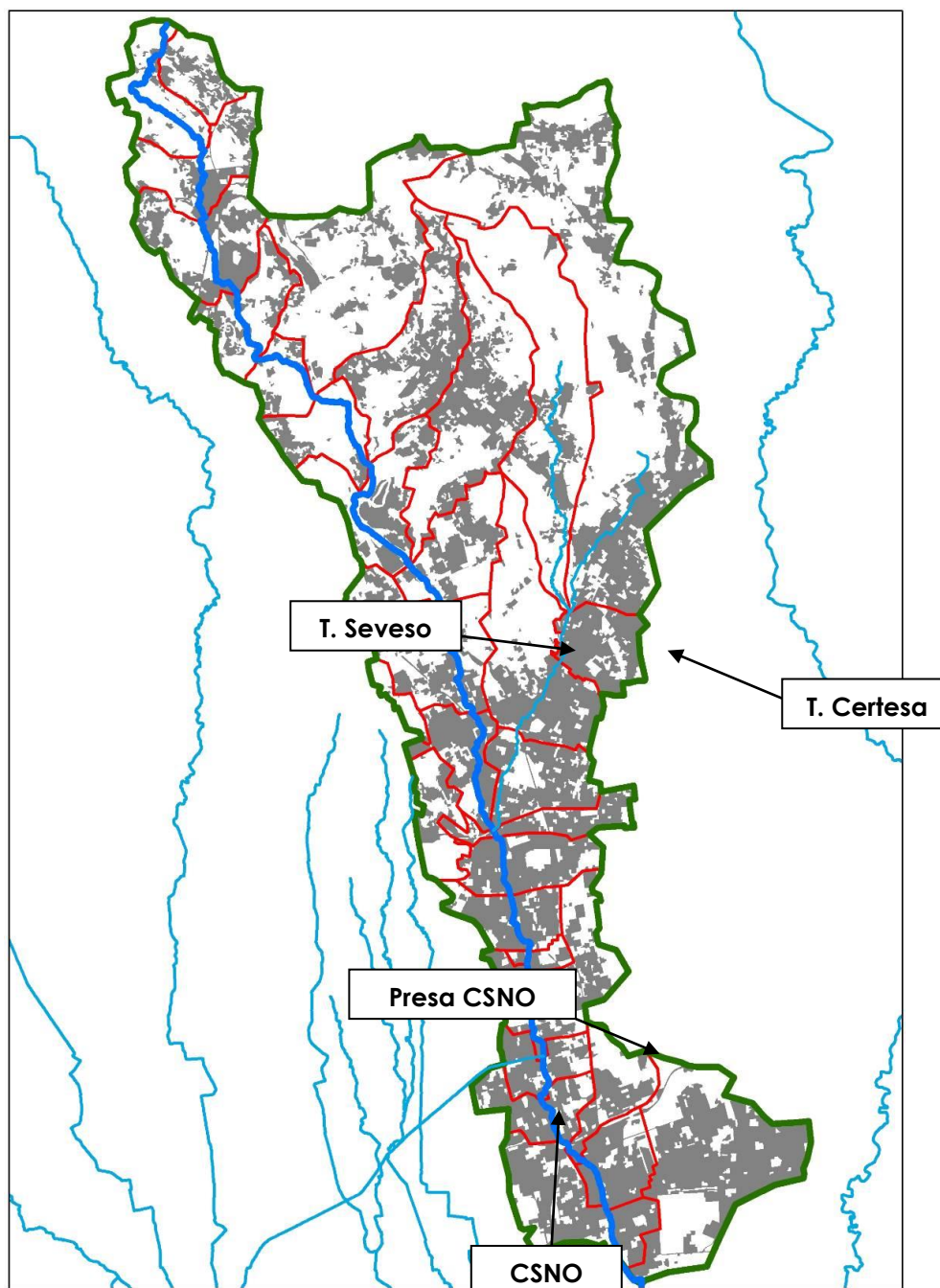
La superficie complessiva del bacino del Seveso, chiuso all'ingresso nel tratto tombato di Milano in via Ornato è pari a circa 226 km<sup>2</sup>, 100 dei quali di aree urbane (44%). Il sottobacino idrografico del torrente Certesa, affluente principale del Seveso, è pari a circa 72 km<sup>2</sup>.

Se si considera poi come sezione di chiusura la presa del CSNO, ubicata a Palazzolo (Comune di Paderno Dugnano, ove vengono scolmate le portate di piena del T. Seveso, il bacino idrografico ha un'estensione di circa 190 km<sup>2</sup>, 76 dei quali di aree urbane (40%). Come differenza si ha che il bacino idrografico del T. Seveso compreso tra la presa del CSNO e Milano è pari a 36 km<sup>2</sup>, di cui 24 di aree urbanizzate (67%).

Nella Figura 1 è riportata la planimetria del bacino idrografico del T. Seveso, fino alla sezione di chiusura di Milano. La lunghezza dell'asta del torrente Seveso fino a Milano (da ospedale S. Anna di Como) è pari a circa 39 km, 32 dei quali fino alla presa del CSNO in località Palazzolo, Comune di Paderno Dugnano.

Il T. Seveso si caratterizza per l'entità del grado di vincolo presente nella zona terminale dell'asta. Essendo posto, infatti, al centro della zona urbana milanese (a differenza di Lambro e Olona che scorrono in zone più periferiche) ed attraversando una porzione di territorio che ha subito uno sviluppo urbanistico senza paragoni in Lombardia negli ultimi 50 anni, il torrente Seveso risulta caratterizzato dal seguente assetto idraulico:





- la dimensione del bacino drenato. Il torrente Seveso ha un bacino di oltre 200 km<sup>2</sup>, superiore al bacino dei corsi d'acqua delle Groane, che presentano la medesima caratteristica di immettersi al di sotto della città di Milano;
- il bacino ha origine nella zona delle Prealpi e pertanto le onde di piena che interessano il corso d'acqua hanno una base di tipo "naturale" con volumetrie dell'onda superiori a quelle derivanti dagli ambiti collinari e urbani che caratterizzano gli altri corsi d'acqua limitrofi (Groane, Bozzente ed anche Lura);
- il corso d'acqua, fin dall'ingresso nel territorio comunale di Milano, è tombinato con capacità di deflusso (stimata in 30÷40 m<sup>3</sup>/s e limitata da vincoli a valle) assai inferiore rispetto all'apporto di monte;



**Figura 1 – Bacino idrografico del T. Seveso (in rosso sono indicati i sottobacini, mentre in grigio sono indicate le aree urbanizzate aggiornate al 2007)**

- la capacità idraulica sopra riportata è appena sufficiente al drenaggio delle acque meteoriche urbane dell'hinterland per eventi che non superino i 2 anni di tempo di ritorno;
- il corso d'acqua, nel percorso in Milano, non presenta sezioni a cielo aperto;
- la rilevanza del grado di urbanizzazione attorno all'asta; tutto il tratto terminale del



A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

corso d'acqua da Lentate sul Seveso a Milano presenta aree urbanizzate di vaste proporzioni ed inoltre in buona parte di tale tratto (da Lentate sul Seveso a Cusano Milanino) il corso d'acqua si presenta incassato di parecchi metri rispetto al piano campagna;

- il sistema spondale per ampi tratti è costituito dai muri stessi delle case realizzate ai margini dell'alveo che in alcuni casi ne riducono la capacità di deflusso;
- lo sviluppo urbanistico dei Comuni dell'hinterland a monte ha indotto alla progressiva impermeabilizzazione di vaste aree con conseguente aumento delle portate scaricate dal reticolo fognario. Le potenzialità di scarico di detto reticolo sono in grado di saturare la capacità di deflusso del corso d'acqua già per eventi associati a modesto tempo di ritorno, pur in assenza di afflussi da monte.

L'insieme delle citate particolarità fa sì che gli eventi alluvionali del torrente Seveso in Milano assumano una frequenza di più volte l'anno.

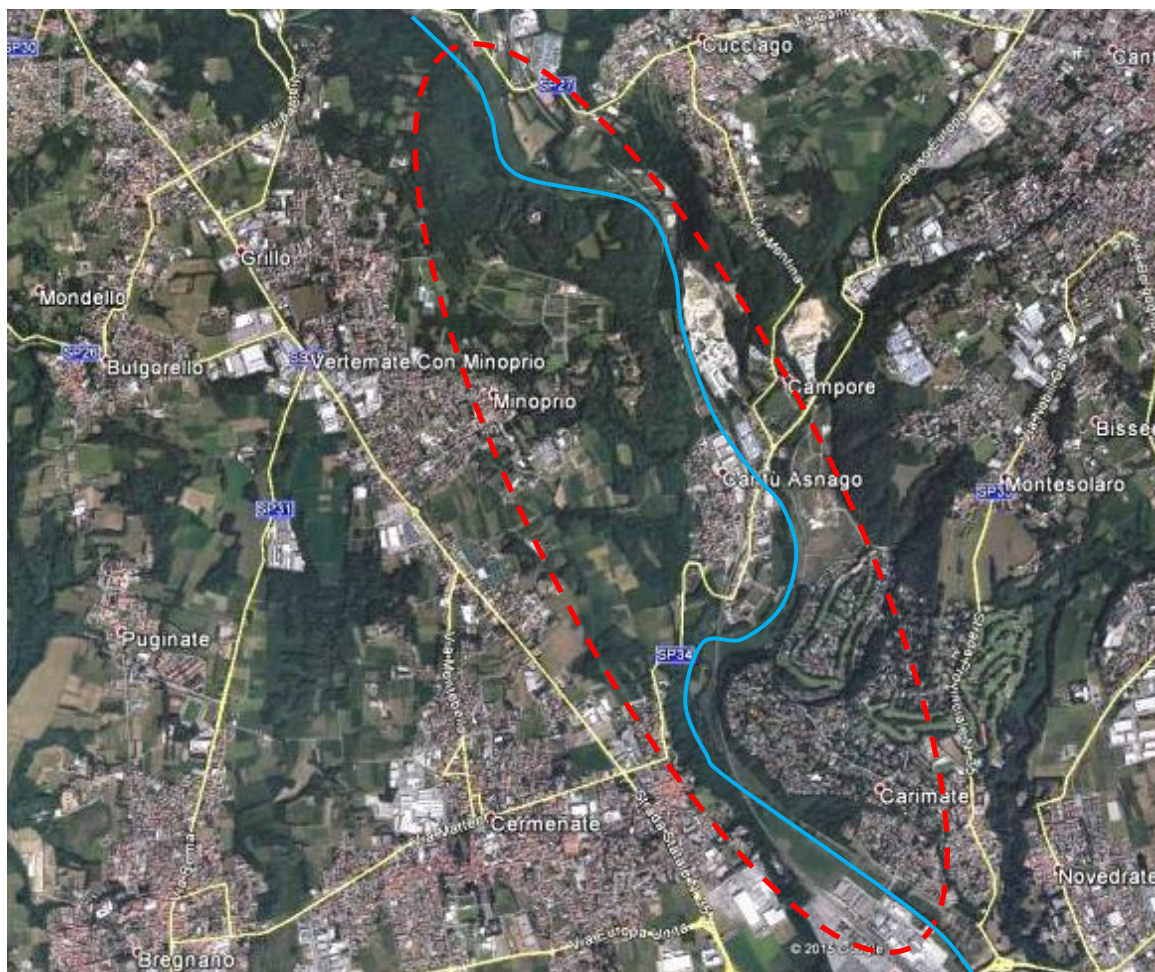
## 2.2 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO

Le aree oggetto della presente progettazione preliminare sono situate lungo il T. Seveso, nel tratto in cui esso transita in direzione nord-sud attraversando i territori dell'area metropolitana dei Comuni di Vertemate con Minoprio (CO), Carimate (CO) e Cantù (CO).

In Figura 2 viene riportato un inquadramento aereo della zona di intervento.

Le aree golenali di laminazione costituiscono una componente fondamentale del sistema complessivo di controllo delle piene del T. Seveso, previsto nello *“Studio idraulico del torrente Seveso nel tratto che va dalle sorgenti alla presa del Canale Scolmatore Nord Ovest (CSNO) in località Palazzolo in Comune di Paderno Dugnano (MI) e studio di fattibilità della vasca di laminazione del CSNO a Senago (MI)”* (d'ora in poi denominato *Studio-AIPO-2011*)<sup>1</sup>, redatto dalla società ETATEC STUDIO PAOLETTI s.r.l. su incarico di AIPO, poi approvato nell'ambito dell'Accordo di Programma relativo alla difesa idraulica del territorio milanese.

<sup>1</sup> Tale studio rappresenta l'aggiornamento dello studio idrologico-idraulico del torrente Seveso condotto dall'Autorità di Bacino del fiume Po nell'ambito dello *“Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona”* - 2002 ÷ 2004.







**Figura 2 – Inquadramento dell'area di intervento**

Nell'ambito dello *Studio-AIPo-2011*, che si allega alla presente relazione (All\_A.3.1.1), si sono, infatti, ricercati lungo il T. Seveso i possibili siti ove realizzare le opere idrauliche necessarie al riassetto idraulico del corso d'acqua, per garantire la messa in sicurezza sia dei territori urbanizzati posti in fregio al corso d'acqua, sia del tratto tombinato all'interno della città di Milano.

Tale sistema di controllo delle piene del T. Seveso è articolato su una successione di vasche di laminazione, poste lungo l'asta principale del Seveso e lungo il Canale Scolmatore Nord – Ovest, che sono complessivamente rappresentate nell'elaborato D.1 "Corografia" del presente progetto preliminare.

Le aree di laminazione golenale sono, in particolare, il risultato della vasta analisi dello stato del corso d'acqua, e del territorio ad esso limitrofo, effettuata con riferimento alle aree

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

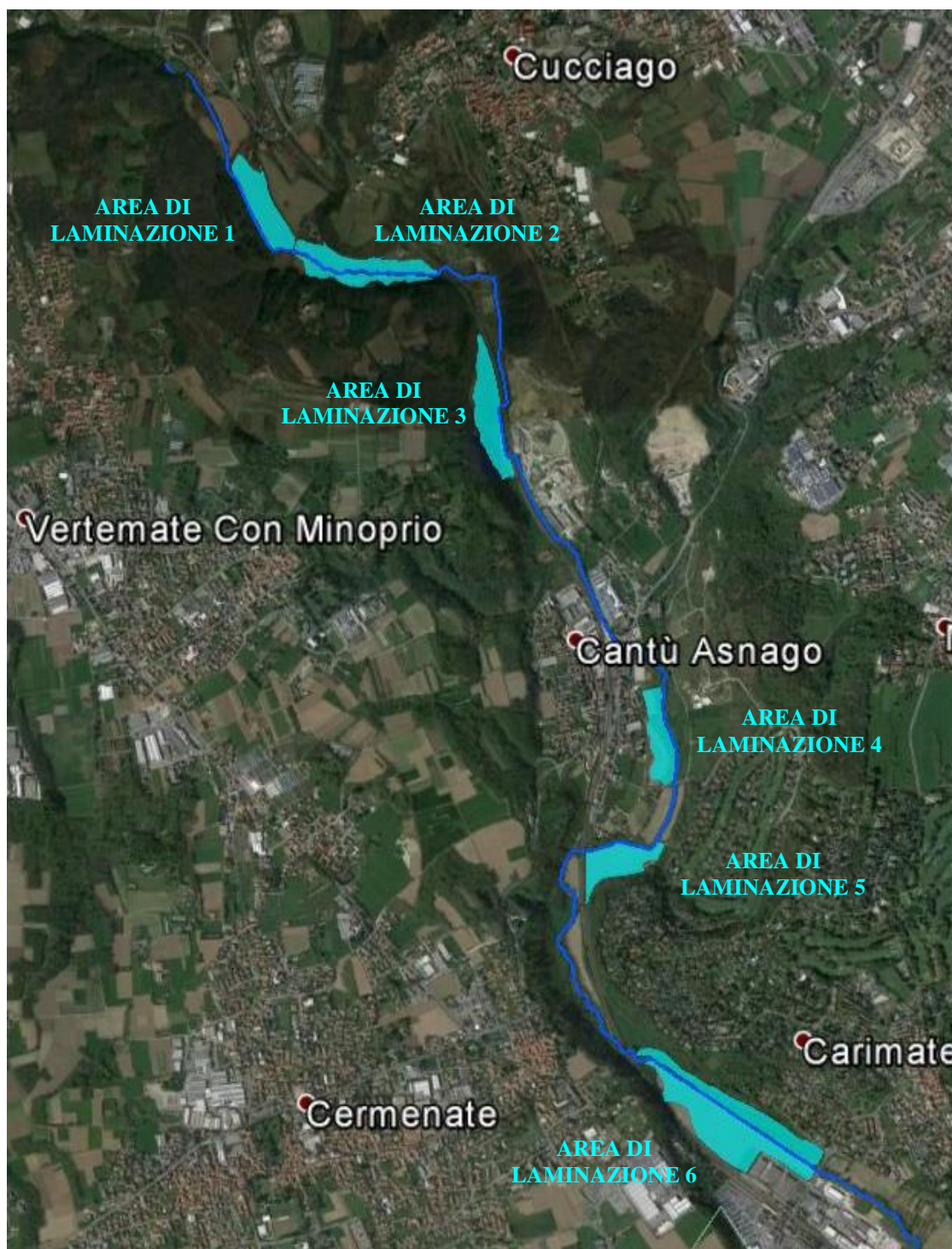
attualmente soggette a fenomeni di esondazione, che non necessitano, dunque, di interventi di messa in sicurezza, in quanto già oggi caratterizzate da una destinazione d'uso del suolo compatibile con i fenomeni di allagamento (es. agricolo, parco, ecc.).

Lo *Studio-AIPo-2011* giunse, in conclusione, a porre alla base dell'assetto di progetto del T. Seveso le seguenti aree di laminazione oggetto della presente progettazione preliminare:





- 3 aree esondabili di laminazione “golenale” a Vertemate con Minoprio (CO), indicate nel seguito come area di laminazione 1, area di laminazione 2 e area di laminazione 3;
- 1 area esondabile di laminazione “golenale” a Cantù (CO), indicata nel seguito come area di laminazione 4;
- 1 area esondabile di laminazione “golenale” tra i comuni di Cantù (CO) e Carimate (CO), indicata nel seguito come area di laminazione 5;
- 1 area esondabile di laminazione “golenale” a Carimate (CO), indicata nel seguito come area di laminazione 6.

Le aree sono indicate nella planimetria di Figura 3.





**Figura 3 – Invasi di laminazione in aree golenali nei comuni di Vertemate con Minoprio, Cantù e Carimate**

A.T.P.:			Consulenti:		
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

### 3. INQUADRAMENTO IDROLOGICO

Il comportamento idrologico e idraulico del torrente Seveso è stato affrontato nello *Studio AIPO-2011*.

Il modello messo a punto in tale sede, basato sul codice di calcolo *MIKE 11* del *Danish Hydraulic Institut*, elabora la formazione delle piene in modo distribuito, seguendo una suddivisione del bacino complessivo in 26 sottobacini (fino alla presa del CSNO) e utilizzando moduli di calcolo adatti sia alle caratteristiche dei deflussi urbani, con le limitazioni legate al comportamento delle reti fognarie urbane, sia alle caratteristiche dei bacini extraurbani.

La progettazione degli interventi di adeguamento delle aree golenali riguarda il tratto di T. Seveso compreso tra le sezioni SV85.1 e SV66 (Figura 4), che presenta uno sviluppo di circa 8'300 m.

I sottobacini afferenti a tale tratto sono riportati in Tabella I.

**Tabella I – Sottobacini del modello idrologico generale afferenti al T. Seveso nel tratto delle aree di laminazione golenale**

<i>Sottobacino</i>	<i>Superficie totale [km<sup>2</sup>]</i>	<i>Superficie extraurbana [km<sup>2</sup>]</i>	<i>Superficie urbanizzata [km<sup>2</sup>]</i>	<i>Note</i>
ACQ	15.8	12.04	3.76	Affluente Rio Acquanegra
SEV 4	2.68	2.17	0.51	Fino Mornasco Vertemate con Minoprio
ANT	7.37	2.65	4.72	Affluente Valle Antonio
SEV 5	4.25	3.26	0.99	Vertemate con Minoprio
SEV 6	6.33	3.92	2.41	Carimate
SER	8.73	3.62	5.11	Affluente Rio Serenza
SEV 7	11.38	9.15	2.23	Carimate, Novedrate, Figino Serenza

Il modello MIKE 11 è stato utilizzato per la determinazione degli idrogrammi di piena dei bacini sottesi al tratto di Seveso oggetto della presente progettazione.

La descrizione del modello, i parametri inseriti per rappresentare le perdite idrologiche e i tempi di risposta dei singoli sottobacini urbani ed extraurbani sono dettagliatamente esposti nel sopraccitato *Studio AIPO-2011*, allegato alla presente relazione, al quale si rimanda. Essi corrispondono alle scelte effettuate nell'ambito dello Studio di fattibilità dell'Autorità di Bacino del F. Po di cui allo *Studio AdBPo-2004* (cfr. nota 1).



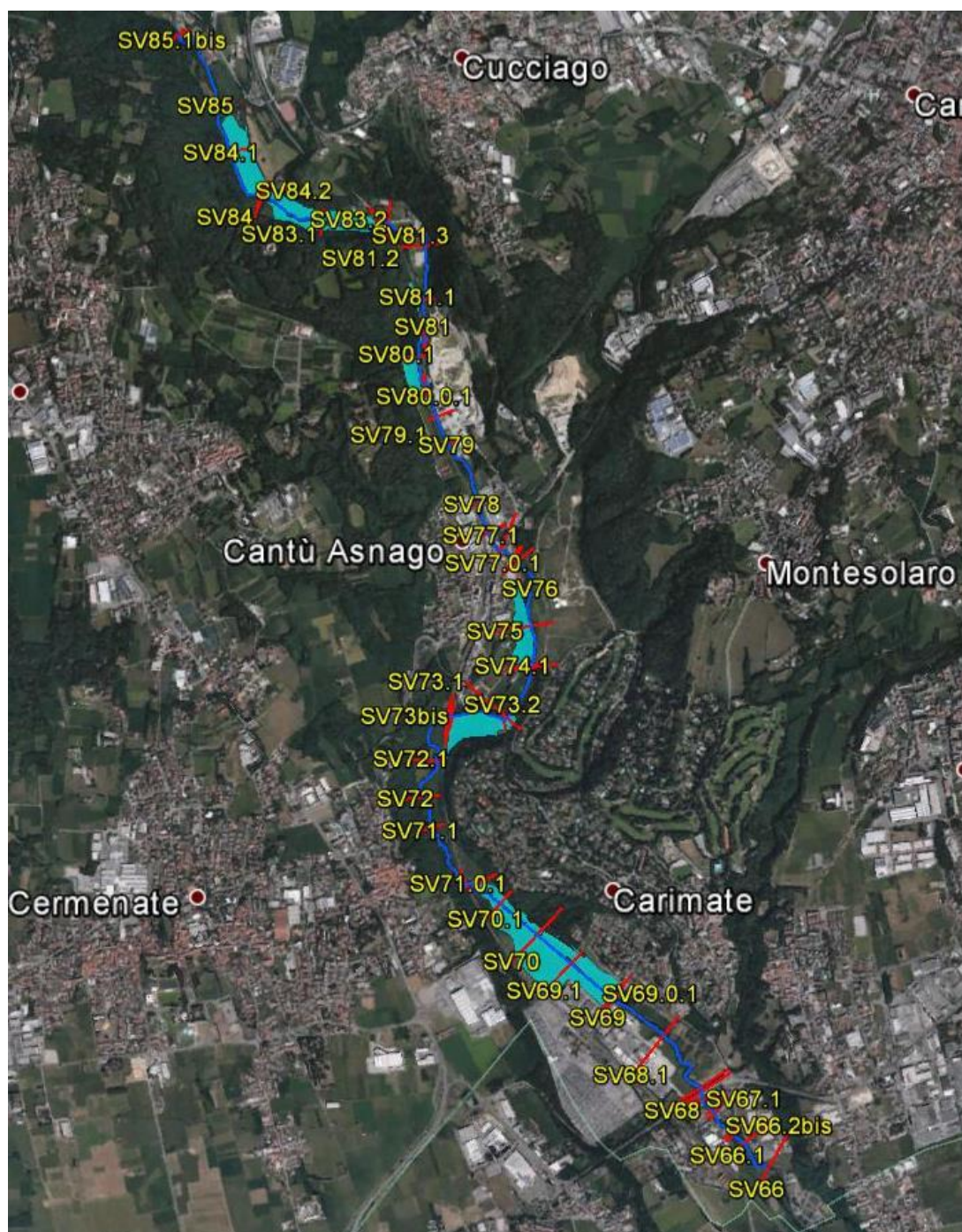






Figura 4 – Tratto T. Seveso interessato dal progetto delle aree golenali

### 3.1 TEMPO DI RITORNO DI RIFERIMENTO DEL PROGETTO

Anche la scelta dell'evento di riferimento progettuale è aderente a quanto definito dall'Autorità di Bacino del F. Po di cui allo *Studio AdBPo-2004*. In particolare, per il bacino Seveso-Olona, l'Autorità di Bacino ha definito come evento di riferimento quello centennale

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

contemporaneo su tutte le aste del reticolo del suddetto bacino.

In merito alla contemporaneità di eventi centennali su tutte le aste del bacino, una ipotetica scelta di eventi di riferimento aventi dinamiche non contemporanee potrebbe comportare un incremento del livello di rischio, scelta che comunque sarebbe rimessa alla competente responsabilità dell'Autorità di Bacino.





Nelle dinamiche reali degli eventi di massima intensità, inoltre, che effettivamente avvengono

Normalmente con dinamiche non contemporanee, possono aversi effetti anche più gravi dell'evento contemporaneo, a parità di tempo di ritorno. Ciò avviene quando l'evento piovoso

si muove nel bacino da monte a valle in fase con la propagazione dell'onda. Quindi un evento

centennale contemporaneo non può assolutamente definirsi a priori come più o meno catastrofico di un evento centennale non contemporaneo.

Si ricorda anche che la ricostruzione dell'evento del Seveso del 7-8 luglio 2014 ha accertato che le precipitazioni avvenute nel bacino sono state commisurate a tempi di ritorno differenziati nei diversi pluviometri da 20 a 50 anni di tempo di ritorno, mentre l'onda di piena generatasi nel Seveso a Palazzolo ha avuto caratteri simili a quella di progetto per  $T = 100$  anni sia come portata al colmo ( $Q_{max} = \text{circa } 150 \text{ mc/s}$ ) che come volume complessivo (il volume dell'onda al di sopra della portata di  $30 \text{ mc/s}$  derivabile dal CSNO è stato pari a circa  $4,0 \text{ Mmc}$ ). Ciò è dipeso dalle condizioni di saturazione del bacino provocate dalle precipitazioni del periodo precedente con conseguenti maggiori valori dei coefficienti di deflusso. Si è quindi trattato di un evento in cui, per particolari condizioni iniziali del bacino, a piogge di un dato valore medio del tempo di ritorno ha corrisposto una piena di maggior valore del tempo di ritorno. Al contrario, negli eventi reali può anche capitare che, per condizioni iniziali particolarmente asciutte del bacino, ad un dato valore del tempo di ritorno delle precipitazioni corrispondano piene di minor valore del tempo di ritorno. Pertanto la scelta di un evento di riferimento progettuale, in cui si ammette che coincidano i tempi di ritorno delle piogge e delle corrispondenti piene e che le condizioni iniziali del bacino siano di tipo standard, è da considerarsi come una scelta legata alla necessità di adottare una definizione dell'evento di riferimento progettuale, comunque a

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

carattere cautelativo, quale strumento per i calcoli da effettuarsi.

In conclusione, si ritiene che l'evento contemporaneo centennale, adottato dall'Autorità di Bacino e nel presente progetto, sia compatibile con un adeguato livello di protezione idraulica del territorio, ferma restando la possibilità di condizioni di rischio idraulico residuo in presenza di eventi estremi di maggior valore del tempo di ritorno.

Tuttavia, in relazione all'intensificazione di eventi estremi conosciuta nel periodo più recente (come ad esempio l'eccezionale evento del 15 – 16 novembre 2014) e tale da poter richiedere in avvenire una rielaborazione statistica delle curve di possibilità pluviometrica, può essere necessario prendere in considerazione nelle successive pianificazioni e progettazioni eventi ancora più gravosi di quello centennale preso a riferimento nel presente progetto. Ciò necessariamente implicherà che:

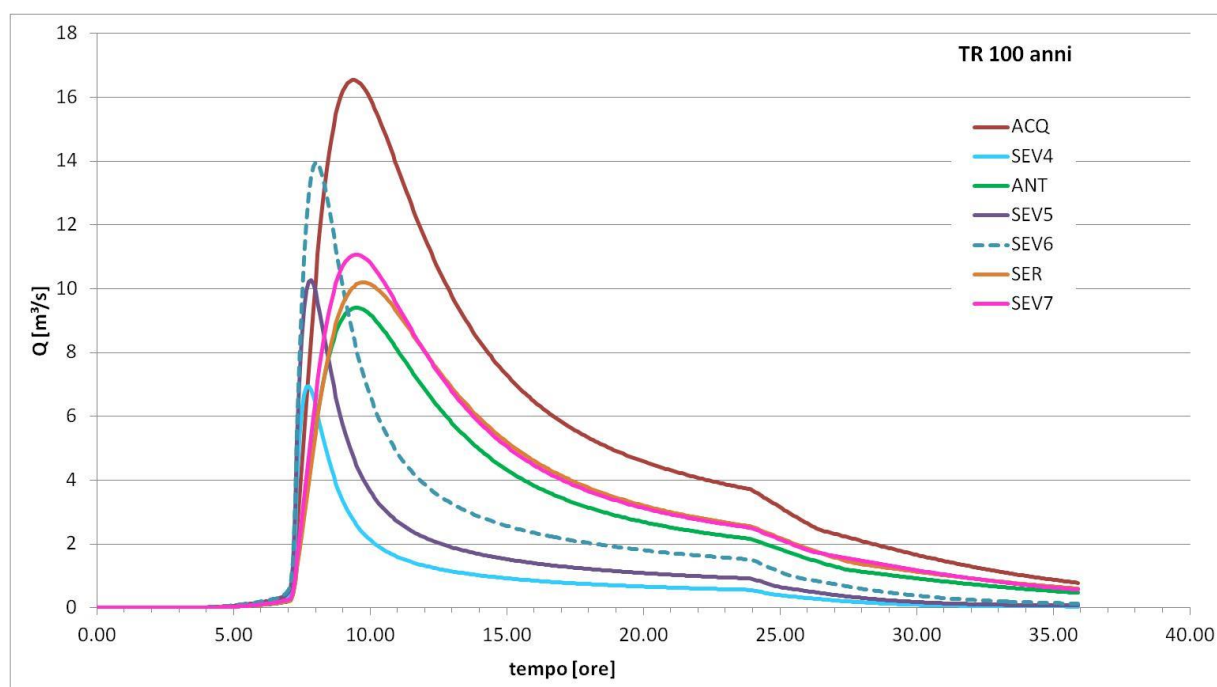
- gli interventi previsti nel presente progetto siano da considerare commisurati al livello di protezione idraulica del territorio corrispondente al tempo di ritorno 100 anni;
- ulteriori futuri interventi atti ad un più elevato livello di protezione idraulica del territorio potranno essere decisi da successive pianificazioni e progettazioni in relazione ad una eventuale nuova ridefinizione di un evento di progetto di maggior tempo di ritorno.

### 3.2 IDROGRAMMI DI PIENA IN INGRESSO AL MODELLO IDRAULICO

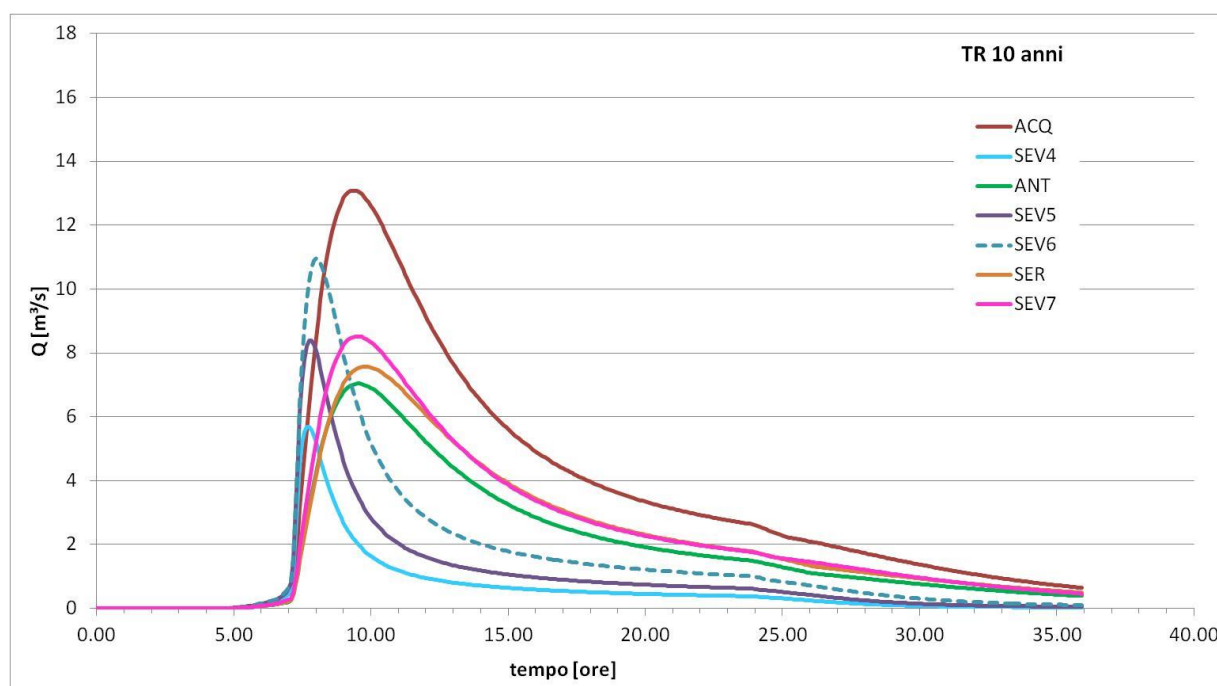
Gli idrogrammi in ingresso al modello idraulico, che verrà descritto nel capitolo successivo, sono stati, dunque, ricavati dal modello MIKE 11.

Le figure seguenti rappresentano gli idrogrammi di piena relativi ai sottobacini di Tabella I per tempi di ritorno 2, 5, 10 e 100 anni.

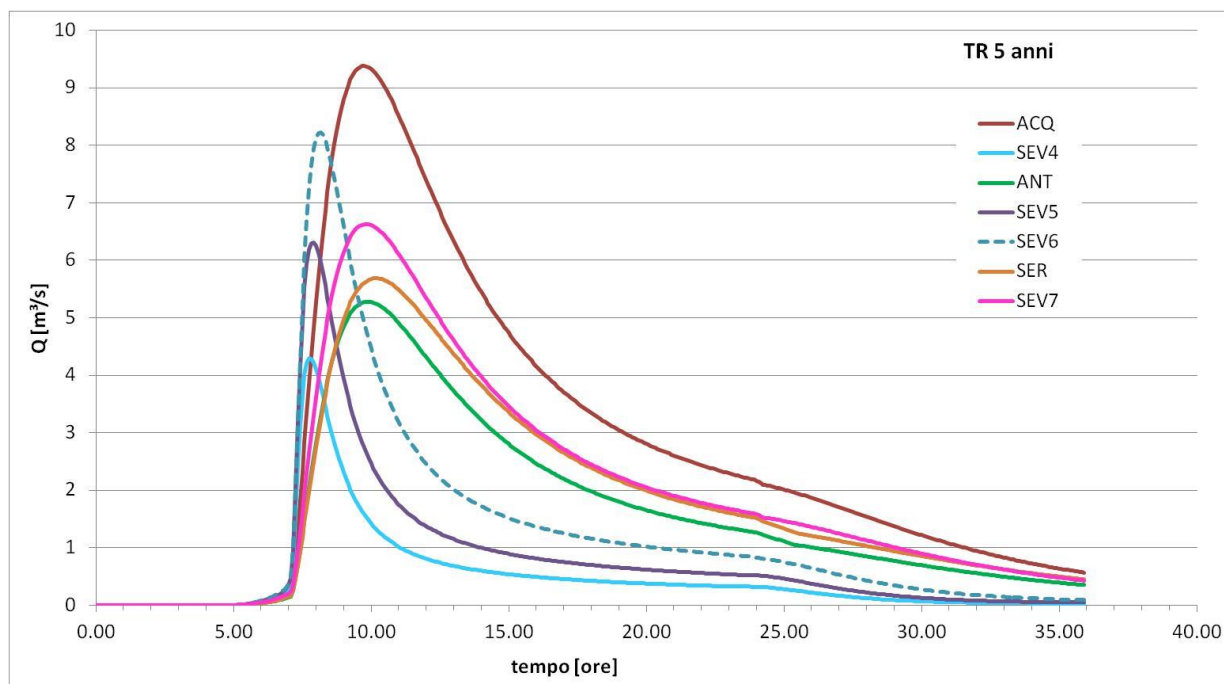




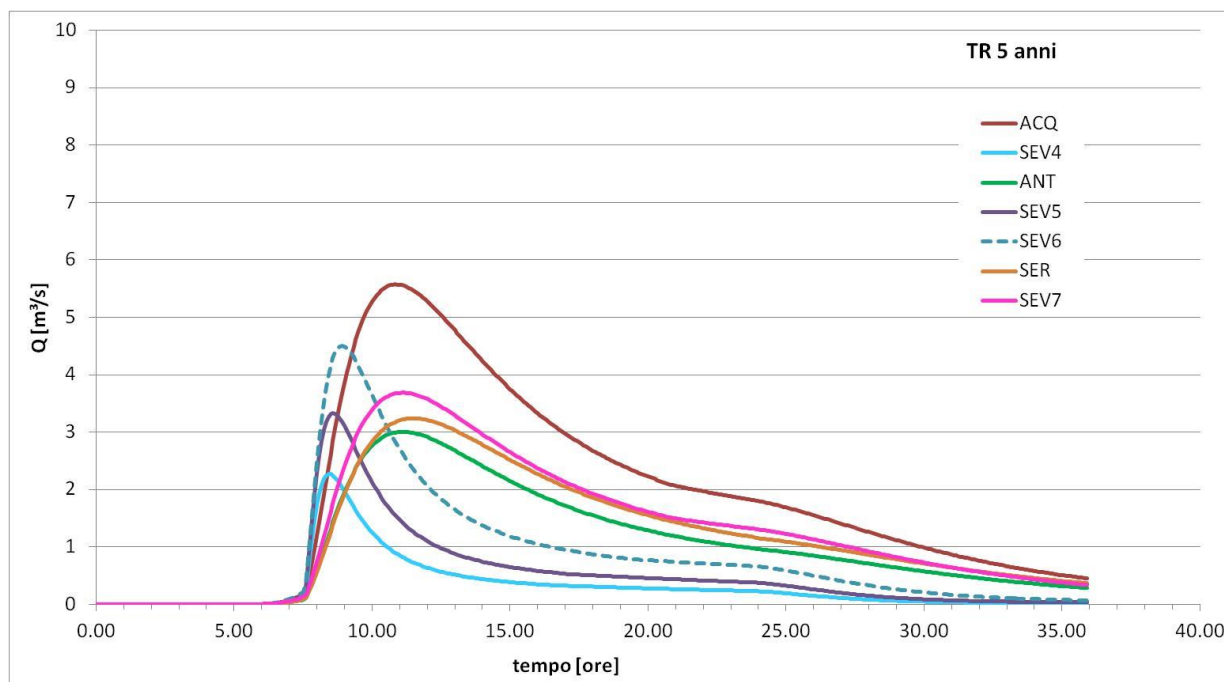
**Figura 5 – Idrogrammi di piena TR100**



**Figura 6 – Idrogrammi di piena TR10**



**Figura 7 – Idrogrammi di piena TR5**

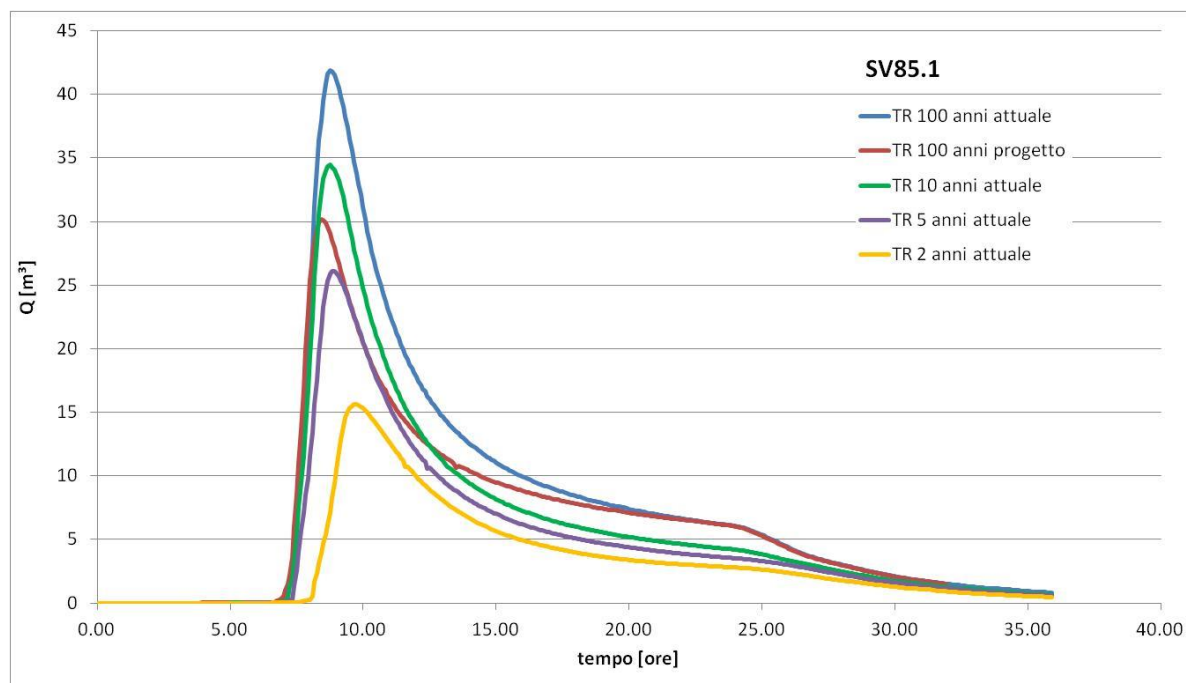


**Figura 8 – Idrogrammi di piena TR2**

Nel nodo rappresentativo della sezione di monte (SV85.1) del tratto di T. Seveso di interesse, deve essere, inoltre, inserito l'idrogramma relativo all'alto tronco del corso

d'acqua, sempre ottenuto dal modello sviluppato in occasione dello *Studio AIPo-2011*.

Nel grafico di Figura 9 sono rappresentati gli idrogrammi di piena in corrispondenza della sezione SV85.1.







**Figura 9 – Idrogrammi di piena in corrispondenza della sezione di monte (SV85.1)**

Come specificato al paragrafo precedente l'evento di riferimento progettuale è quello caratterizzato da un tempo di ritorno TR pari a 100 anni.





Nella Figura 9 gli idrogrammi di piena si riferiscono all'assetto attuale del T. Seveso, mentre con la dicitura "TR 100 anni progetto" è indicato l'effettivo idrogramma di progetto, che tiene conto degli interventi di laminazione previsti a monte delle aree golenali nel documento preliminare alla progettazione, presentato da 6 comuni dell'Alto Seveso (Cavallasca, Grandate, Luisago, Montano Lucino, S. Fermo della Battaglia e Villa Guardia). Il documento include, infatti, tra le altre cose, la realizzazione di n.3 aree di laminazione lungo l'asta fluviale dell'Alto Seveso.

Il volume laminato, a monte delle aree golenali di Vertemate con Minoprio, Carimate e Cantù, risulterebbe di complessivi 150'000m³, dei quali si è tenuto conto nella presente progettazione.

L'effetto di tali interventi è una riduzione del colmo di piena, che scende al di sotto del picco nello stato attuale corrispondente a un evento con tempo di ritorno 10 anni, mentre il

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

volume risulta comunque superiore nel caso di evento caratterizzato da TR 100 anni (circa 812'600m<sup>3</sup> per TR 100 contro 757'122 m<sup>3</sup> per TR 10).

A.T.P.:			Consulenti:		
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

## 4. STUDIO IDRAULICO

### 4.1 OBIETTIVI DELL'ANALISI IDRAULICA

Scopo principale dell'analisi idraulica è quello di simulare la propagazione di un'onda di piena lungo il sistema fluviale allo studio, di individuare i punti di esondazione e le relative portate critiche, di delineare quindi l'estensione delle aree esondabili nello stato di fatto, ovvero nella situazione attuale.

Conseguentemente l'analisi idraulica dello stato di progetto, ovvero a seguito della realizzazione degli interventi, consente di verificarne l'efficacia in termini di riduzione delle portate al colmo e dei volumi che defluiscono verso valle e di ottenere dati utili al dimensionamento delle opere previste.





Nel caso specifico, le simulazioni idrauliche condotte consentono di:

- definire le aree che nell'assetto attuale sono interessate da fenomeni di esondazione per la piena di riferimento, utilizzando il rilievo di dettaglio laser altimetrico, in grado di garantire un approfondimento rispetto alle valutazioni eseguite nell'ambito dello *Studio AIPo-2011*;
- applicare alle aree di laminazione golenale, poste a base dell'assetto di progetto dallo *Studio AIPo-2011*, un modello funzionale che consenta di salvaguardare e ottimizzare l'effetto di laminazione delle aree naturali di esondazione, nei tratti in cui ciò è compatibile con la presenza di centri abitati e di attività antropiche, e di stabilire condizioni di equilibrio tra esigenze di contenimento delle piene, al fine della sicurezza della popolazione e dei luoghi, e di laminazione delle stesse, in rapporto agli effetti sulle condizioni di deflusso nella rete idrografica a valle.

Come già detto si tratta di interventi commisurati all'evento centennale adottato dall'Autorità di bacino. Ulteriori futuri interventi ad un più alto livello di protezione idraulica del territorio potranno essere decisi da successive pianificazioni e progettazioni in relazione ad una eventuale nuova ridefinizione di un evento di progetto di maggior tempo di ritorno.

Lo studio idraulico di dettaglio è stato esteso, come sopra detto, dalla sezione SV85.1 alla sezione SV66. Dal punto di vista metodologico si è effettuata:

- la costruzione del modello bidimensionale a moto vario;

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>





- la schematizzazione del territorio all'interno della griglia di calcolo del modello bidimensionale.

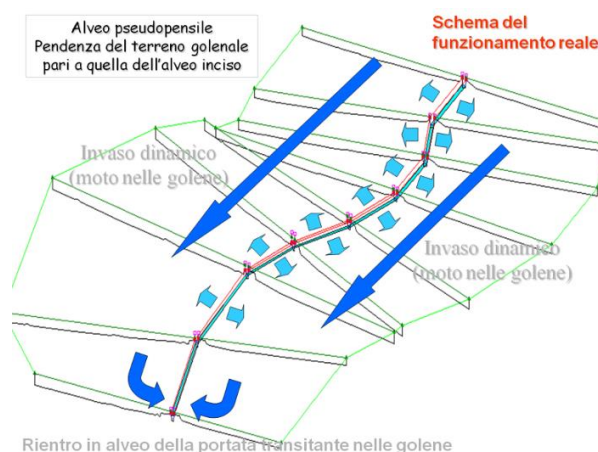
## 4.2 SCHEMA CONCETTUALE DI FUNZIONAMENTO

Nella precedente Figura 3 sono state messe in evidenza le aree golenali del T. Seveso, che nell'assetto attuale sono interessate da fenomeni di esondazione e che verranno utilizzate per contribuire alla laminazione dell'onda di piena.

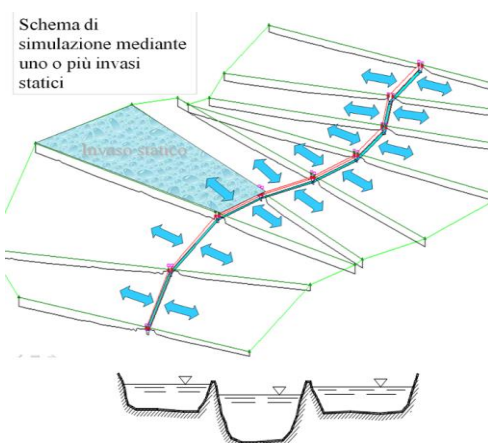
Per ottimizzare l'effetto di laminazione di tali aree dovranno essere realizzate delle arginature trasversali e longitudinali lungo le sponde del T. Seveso, in parte tracimabili dall'onda di piena, in modo tale da garantire un funzionamento "in derivazione", onde massimizzare e riservare il volume presente nelle aree golenali solo alla fase di colmo dell'onda di piena. Le aree dovranno essere configurate in modo tale che i volumi in esse immessi vengano mantenuti all'interno delle aree durante l'evento di piena, così da ridurre il volume dell'onda che prosegue verso valle. La derivazione avrà luogo mediante sfioro laterale ubicato sulla parte sommitale dell'arginatura; una protezione contro l'azione erosiva dell'acqua sfiorata verrà posta al di sopra di tale sfioro. Solo una volta terminato l'evento di piena esse potranno essere svuotate, mediante l'inserimento a valle di ognuna di esse di un'opera idraulica di restituzione. Questo funzionamento può essere realizzato effettuando lo scarico delle aree di laminazione attraverso scarichi di fondo configurati e attrezzati.

Nella Figura 10 è rappresentato lo schema di funzionamento idraulico di un'area di esondazione non controllata e diretta (assetto attuale), mentre nella Figura 11 è riportato lo schema di funzionamento idraulico di un'area di esondazione "in derivazione" sistemata per consentire la laminazione del colmo dell'onda di piena, con trattenimento del volume esondato (assetto di progetto).

	A.T.P.: 	A.T.P.: 	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	Consulenti: 	Prof. Dott. V. Mezzanotte
---	--	--	--	-------------------------	--	------------------------------



**Figura 10 – Schema di funzionamento idraulico dell’assetto attuale delle aree di esondazione**



**Figura 11 – Schema di funzionamento idraulico dell’assetto di progetto delle aree di esondazione.**





### 4.3 IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO

L’analisi idraulica è stata svolta implementando il modello matematico *InfoWorks ICM* sviluppato dall’azienda inglese *Innovyze* (una descrizione del modello è disponibile in Appendice A). Il modello permette sia calcoli di tipo mono-bidimensionale, sia calcoli di tipo completamente bidimensionale.

Vista la conformazione geomorfologica dell’area di studio, dove il T. Seveso presenta una capacità idraulica insufficiente già per eventi caratterizzati da tempo di ritorno pari a 2 anni e prevalgono, quindi, i fenomeni di allagamento, si è scelto di implementare un modello in configurazione geometrica full 2D.

La geometria di calcolo è data da una *mesh* a elementi triangolari le cui caratteristiche geometriche sono fornite direttamente dal modello digitale del terreno utilizzato e dagli



A.T.P.:			Consulenti:		
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

elementi di schematizzazione, inseriti al fine di descrivere con accuratezza le variazioni morfologiche ed altimetriche degli elementi realmente presenti sia all'interno che all'esterno dell'alveo principale (ponti, traverse, argini, rilevati stradali, ecc.) (Figura 12).

Di seguito si descrivono le particolarità dell'implementazione effettuata specie con riferimento alla costruzione della geometria del modello e alla rappresentazione delle varie strutture presenti.

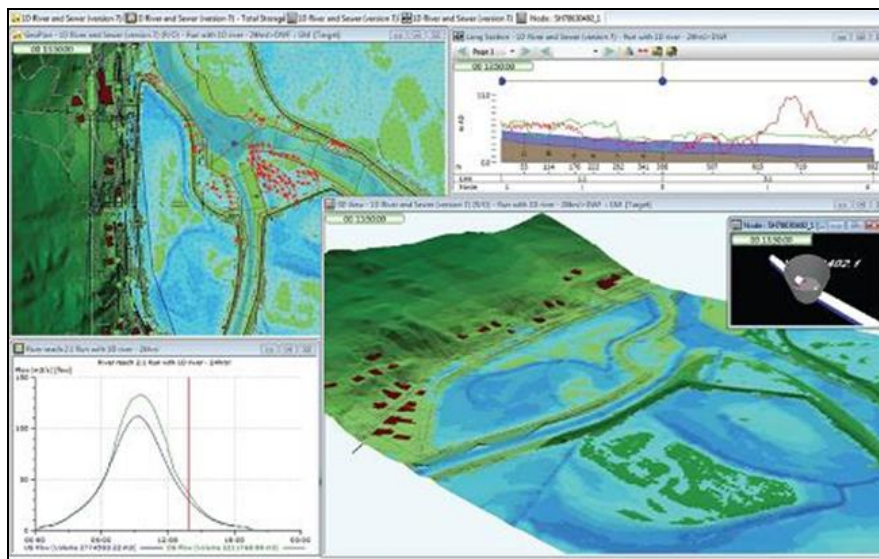


Figura 12 – Schermata del software di simulazione idraulica InfoWorks ICM.

## 4.4 GEOMETRIA IMPIEGATA NELLE SIMULAZIONI

### 4.4.1 Rilievi topografici disponibili

Le informazioni topografiche a disposizione dello studio sono le seguenti:

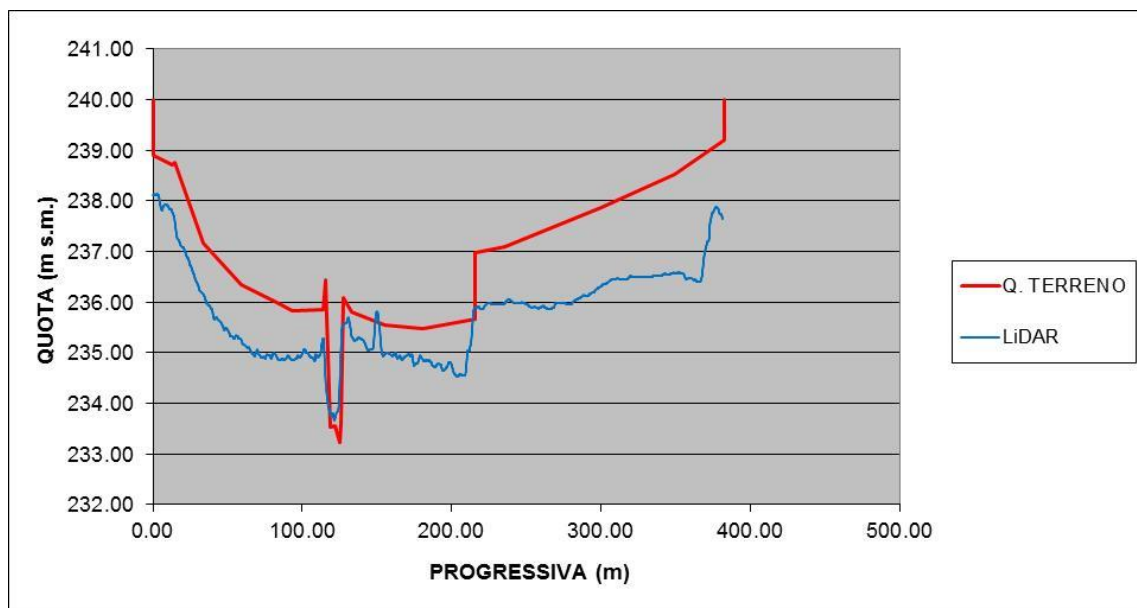
- rilievo topografico delle sezioni d'alveo ricavato dai rilievi condotti nello “Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona” dell'Autorità di Bacino del fiume Po (AdBPO), relativi all'anno 2002;
- DTM ottenuto mediante l'elaborazione dei dati di un rilievo laser-altimetrico (LiDAR) dell'area di indagine, che riferisce al *Piano Straordinario per il Telerilevamento Ambientale* del Ministero dell'Ambiente della Tutela del Mare e del Territorio (2008÷2010).

Tali informazioni sono state confrontate, al fine di avere conoscenza delle eventuali

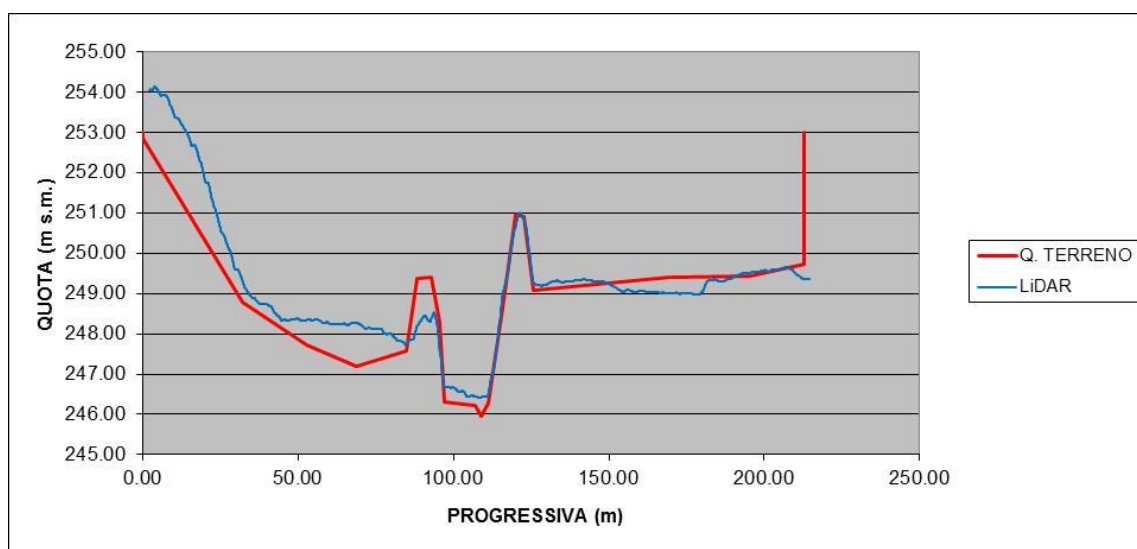


differenze che possono risultare significative dal punto di vista idraulico e della modellazione numerica.

La Figura 13 e la Figura 14 riportano un confronto tra alcune delle sezioni rilevate nel 2002 e il DTM. Dalle immagini che seguono è possibile intuire come il rilievo LiDAR abbia fornito informazioni importanti laddove le sezioni topografiche a disposizione presentano forti carenze in termini di informazione altimetrica, ovvero relativamente alle aree golenali.







**Figura 13 – Sezione SV68.1 - Sovrapposizione tra informazione LiDAR e sezioni AdBPO 2002.**



**Figura 14 – Sezione SV76 - Sovrapposizione tra informazione LiDAR e sezioni AdBPO 2002.**

Per quanto attiene, invece, l'alveo inciso, il rilievo LiDAR non sempre è in grado di cogliere

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

le quote di fondo alveo per la presenza dell'acqua.

Alla luce delle valutazioni di cui sopra, si è deciso di utilizzare come base topografica della modellazione dello stato di fatto il DTM 2011, “corretto” in corrispondenza dell'alveo inciso laddove le informazioni batimetriche desumibili dalle sezioni AdBPO risultassero più accurate.

#### 4.4.2 Implementazione del modello idraulico

Il modello idraulico bidimensionale è stato implementato per un tratto di circa 8.3 km dalla sezione SV85.1 alla sezione SV66 ed esteso per un tratto a valle sufficientemente lungo, affinché la condizione al contorno ivi imposta non influenzasse i livelli idraulici nelle zone di studio di monte.

#### 4.4.3 Caratteristiche della *mesh* di calcolo





La creazione della *mesh* triangolare su cui effettuare le simulazioni è avvenuta avendo cura di definire mediante opportuni elementi (breaklines, strutture lineari bidimensionali, ecc.):

- la sommità delle arginature;
- la sommità e il tracciato delle opere trasversali presenti lungo il tratto di interesse: nel tratto in esame sono presenti 14 ponti;
- le reti infrastrutturali principali (strade, ferrovie,...) in relazione al loro tracciato e alla quota del rilevato.

In particolare la rappresentazione delle arginature nel modello idraulico si avvale di elementi lineari, quali breaklines, tracciati in corrispondenza delle sommità destra e sinistra dell'argine e di strutture lineari 2D, al fine di tener conto delle effettiva quota di sommità. Tale accorgimento permette di forzare il processo di magliatura, che assegna ai triangoli la quota media ricavata dal DTM e che talvolta rischia di sottostimare quella della sommità.

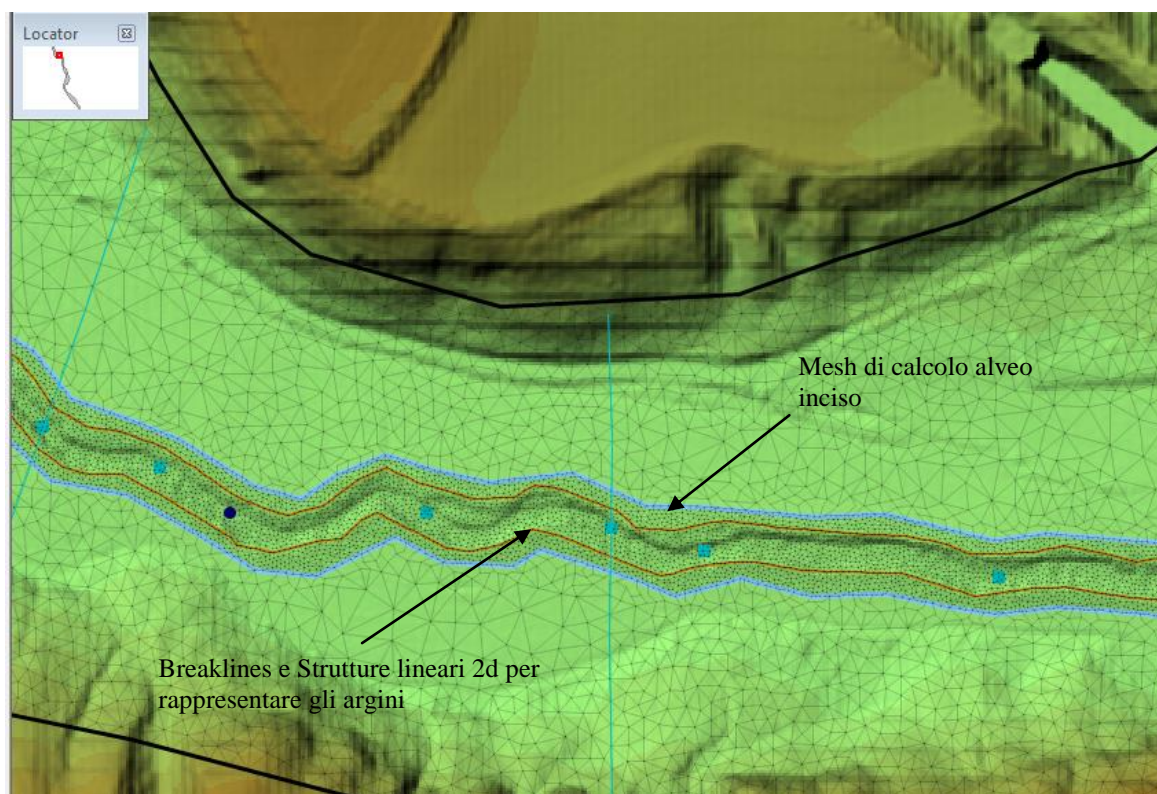
La *mesh* è stata ottenuta mediante un particolare procedimento di calcolo che tiene conto della variazione morfologico-altimetrica del DTM: questa potenzialità è particolarmente utile per dar conto della rappresentazione morfologica del territorio.

Data la morfologia del T. Seveso, per una fascia comprensiva dell'alveo inciso, che presenta larghezze e profondità modeste, e delle arginature, si è applicata una *mesh* di calcolo caratterizzata da triangoli significativamente più piccoli che nel resto della zona 2D di

A.T.P.:		Consulenti:	
			
Studio Associato Geologia Spada		Dott. Ing. A. Barbon Prof. Dott. V. Mezzanotte	

studio. In tal modo, si è riprodotta in maniera accurata la sezione di deflusso.

A titolo di esempio si riporta in Figura 15 si riporta un particolare della *mesh* di calcolo, nella zona di studio tra la SV84e la SV81.2.







**Figura 15 – Particolare della mesh di calcolo**

#### 4.5 CONDIZIONI AL CONTORNO E SCABREZZE

Gli idrogrammi in ingresso al modello idraulico implementato nel presente progetto sono riportati al § 3.2. Come più volte detto, l'evento di riferimento della progettazione è quello caratterizzato da TR 100 anni.

Le condizioni al contorno inserite nel modello sono rappresentate dalla portata in ingresso in corrispondenza della sezione di monte e dalla condizione di uscita dal modello. Quest'ultima è stata assunta, per tutto il bordo limite della zona 2D come "Normal condition" rappresentativa della condizione con cui l'acqua fuoriesce dal dominio 2D del modello senza perdita di carico in quanto la velocità e il tirante idraulico sono tenuti costanti lungo il contorno: talvolta questa condizione determina un abbattimento del profilo poco reale per un tratto dal confine fino a qualche centinaia di metri a monte, l'rea di studio è stata prolungata

A.T.P.:			Consulenti:		
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

a valle fino a circa la sezione 65.1.

Al dominio di calcolo bidimensionale sono stati applicati due coefficienti di scabrezza di Manning distinti:

- un coefficiente pari a 0.022 per la zona di scabrezza corrispondente all'alveo inciso;
- un coefficiente pari a 0.033 per la zona di scabrezza corrispondente alle aree di esondazione.

Nei modelli bidimensionali questi valori sono tipicamente più bassi che nei modelli monodimensionali, in quanto il modello bidimensionale tiene già conto nella sua struttura di alcuni effetti di rallentamento della corrente, quali ad esempio la struttura meandriforme del corso d'acqua, ecc..

#### 4.6 RISULTATI DELL'ANALISI IDRAULICA

Di seguito vengono presentati i risultati, in termini di riduzione dell'onda di piena del Seveso, per ciascuna delle singole aree di laminazione previste

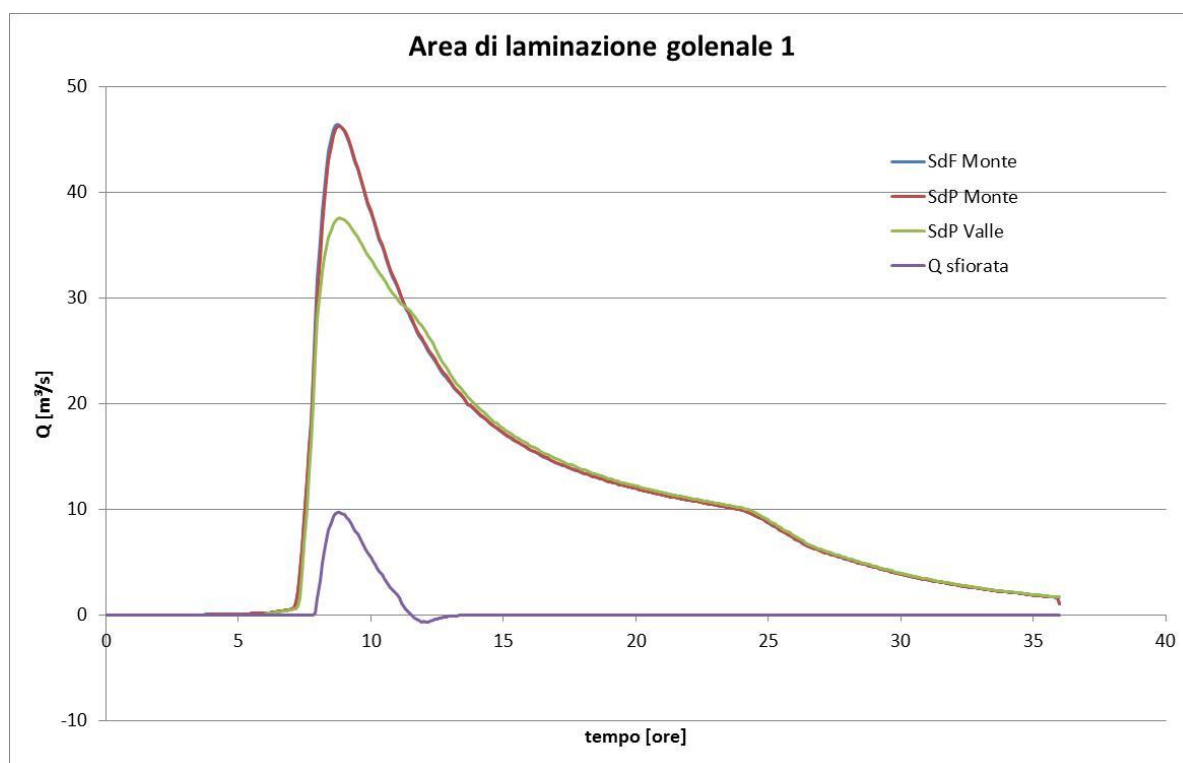
In dettaglio, la successione degli effetti laminanti delle suddette opere è misurabile attraverso l'analisi degli idrogrammi di piena risultanti dalla modellazione idrodinamica a monte e valle di ciascuna di esse.

##### 4.6.1 Area di laminazione 1

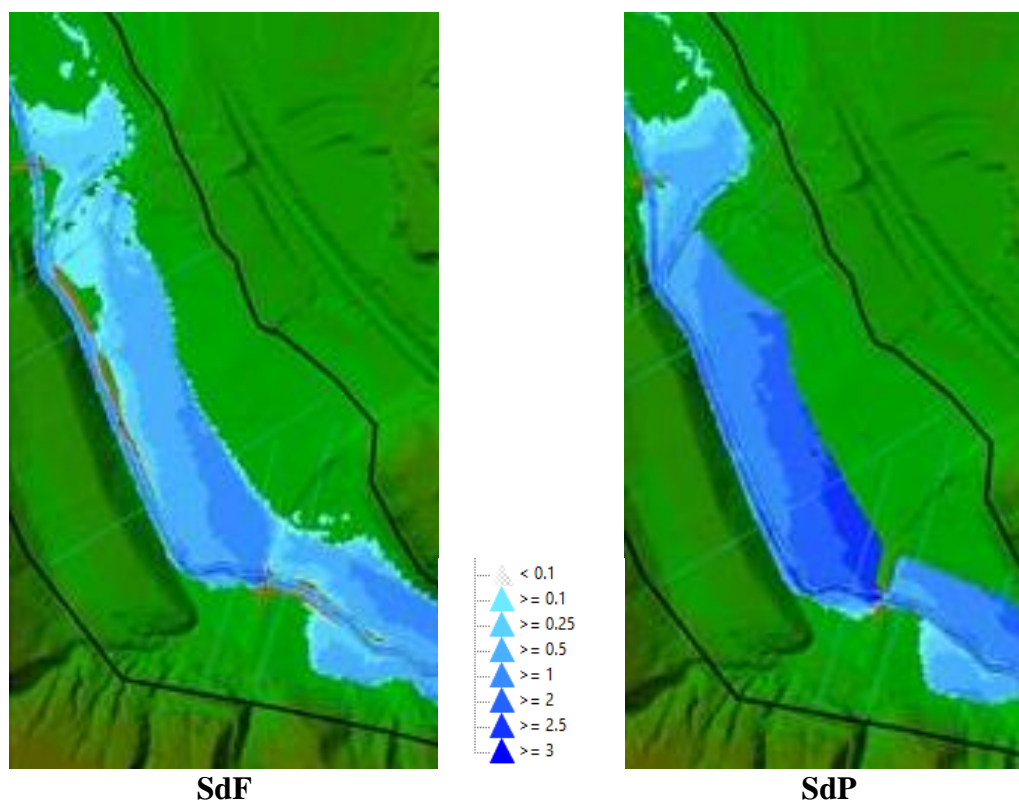
Queste le caratteristiche tecniche:

- Superficie media 35'000 m<sup>2</sup> circa
- Volume di laminazione 66'500 m<sup>3</sup> circa
- Quota di massimo invaso 257.65 m s.m.m
- Quota della soglia di sfioro 257.60 m s.m.m.
- Lunghezza dello sfioro 70.0 m

Nella Figura 16 sono rappresentati gli idrogrammi di piena per TR 100 anni nello stato di fatto (SdF) a monte e nello stato di progetto (SdP), a monte e a valle dell'area di laminazione, insieme all'idrogramma della portata sfiorata attraverso il manufatto di derivazione.







**Figura 16 – Idrogrammi di piena a monte e valle dell'area di laminazione 1**



**Figura 17 –Area di laminazione 1. Allagamenti nello SdF e nello SdP**



A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

In Figura 17 sono riportate le aree di allagamento nello SdF e nello SdP, evidenziando come l'area interessata dagli interventi di progetto, sia di fatto già un'area interessata dalle esondazioni del T. Seveso.

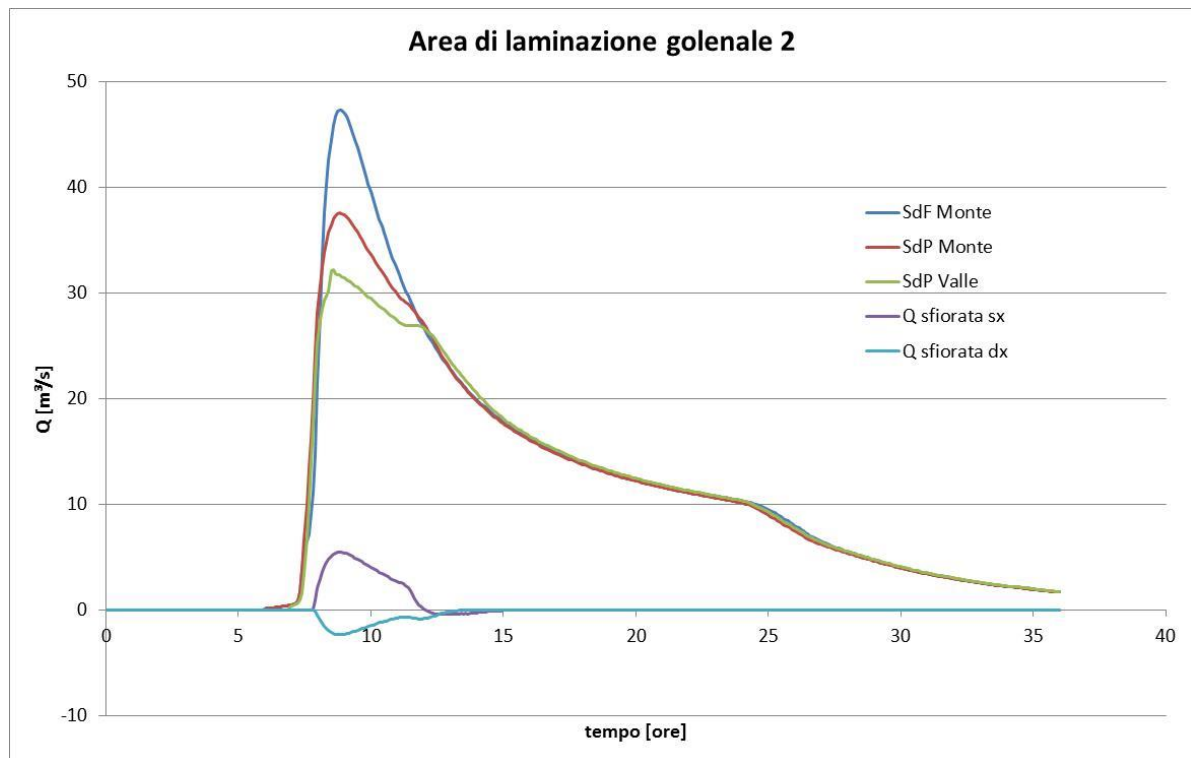
#### 4.6.2 Area di laminazione 2

Queste le caratteristiche tecniche:

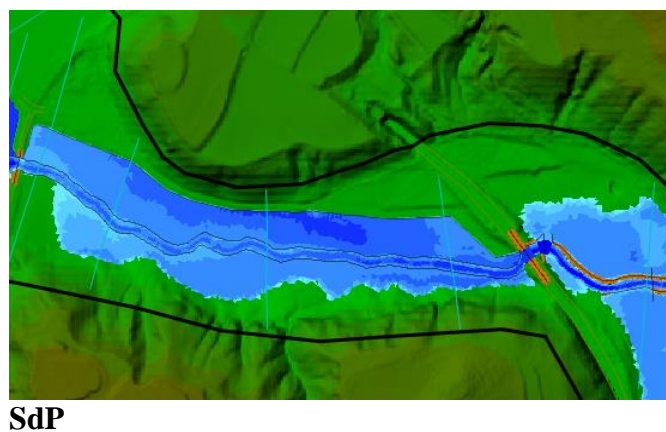
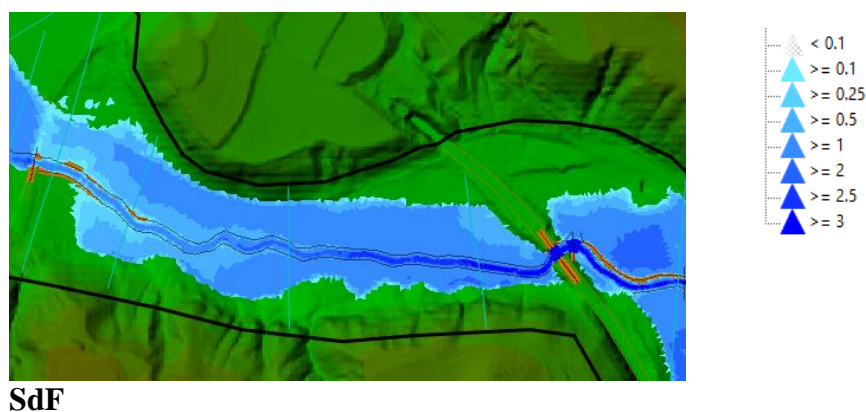
- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| ▪ Superficie sx idraulica                          | 24'700 m <sup>2</sup> circa |
| ▪ Superficie dx idraulica                          | 18'500 m <sup>2</sup> circa |
| ▪ Volume di laminazione in sx idraulica            | 48'500 m <sup>3</sup> circa |
| ▪ Volume di laminazione in dx idraulica            | 23'000 m <sup>3</sup> circa |
| ▪ Quota di massimo invaso in sx idraulica          | 255.68 m s.m.m              |
| ▪ Quota di massimo invaso in dx idraulica          | 255.00 m s.m.m              |
| ▪ Quota della soglia di sfioro (sx e dx) idraulica | 255.55 m s.m.m              |
| ▪ Lunghezza dello sfioro (sx e dx) idraulica       | 50.0 m                      |

Nella Figura 18 sono rappresentati gli idrogrammi di piena per TR 100 anni nello stato di fatto a monte e nello stato di progetto, a monte e a valle dell'area di laminazione, insieme all'idrogramma della portata sfiorata attraverso il manufatto di derivazione.

In Figura 19 sono riportate le aree di allagamento nello SdF e nello SdP, evidenziando come l'area interessata dagli interventi di progetto, sia di fatto già un'area interessata dalle esondazioni del T. Seveso.



**Figura 18 – Idrogrammi di piena a monte e valle dell'area di laminazione 2**



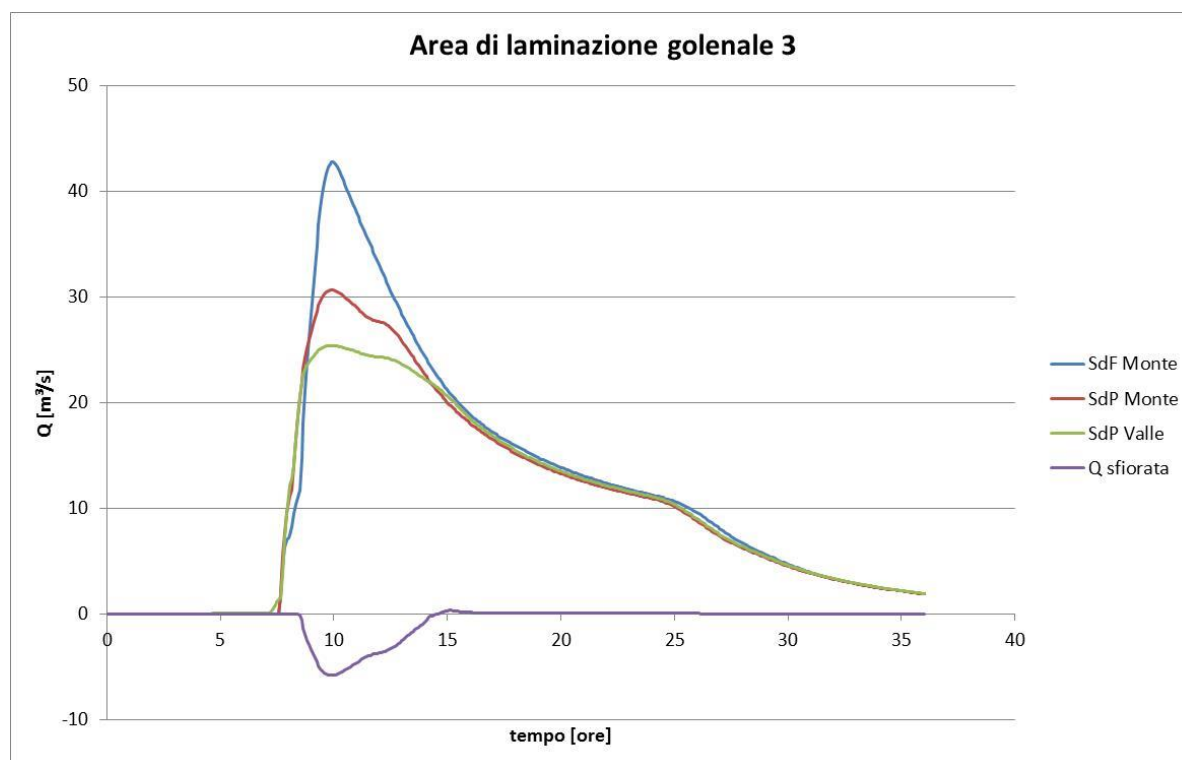
**Figura 19 –Area di laminazione 2. Allagamenti nello SdF e nello SdP**

### 4.6.3 Area di laminazione 3

Queste le caratteristiche tecniche:

- Superficie 46'700 m<sup>2</sup> circa
- Volume di laminazione 71'800 m<sup>3</sup> circa
- Quota di massimo invaso 252.20 m s.m.m
- Quota della soglia di sfioro 252.25 m s.m.m.
- Lunghezza dello sfioro 50.0 m circa

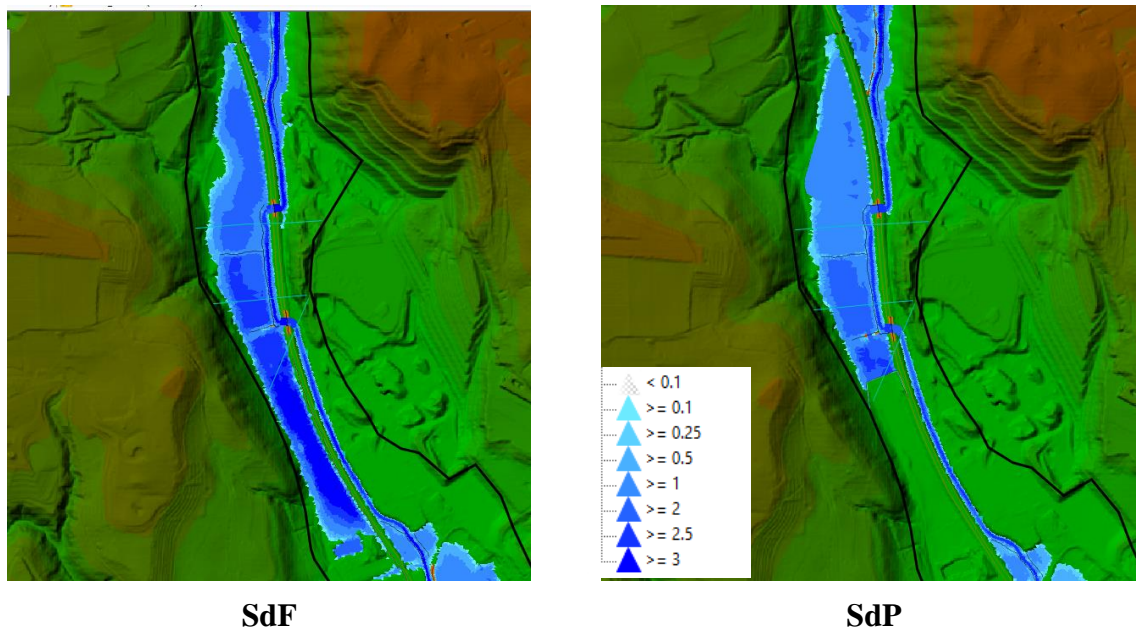
Nella Figura 20 sono rappresentati gli idrogrammi di piena per TR 100 anni nello stato di fatto a monte e nello stato di progetto, a monte e a valle dell'area di laminazione, insieme all'idrogramma della portata sfiorata attraverso il manufatto di derivazione.



**Figura 20 – Idrogrammi di piena a monte e valle dell'area di laminazione 3**

In Figura 21 sono riportate le aree di allagamento nello SdF e nello SdP, evidenziando come l'area interessata dagli interventi di progetto, sia di fatto già un'area interessata dalle esondazioni del T. Seveso. La realizzazione dell'argine a Sud consente, però, di contenere i volumi entro una superficie di occupazione inferiore, mettendo in sicurezza idraulica gli insediamenti che si trovano a valle.





**Figura 21 –Area di laminazione 3. Allagamenti nello SdF e nello SdP**

#### **4.6.4 Area di laminazione 4**

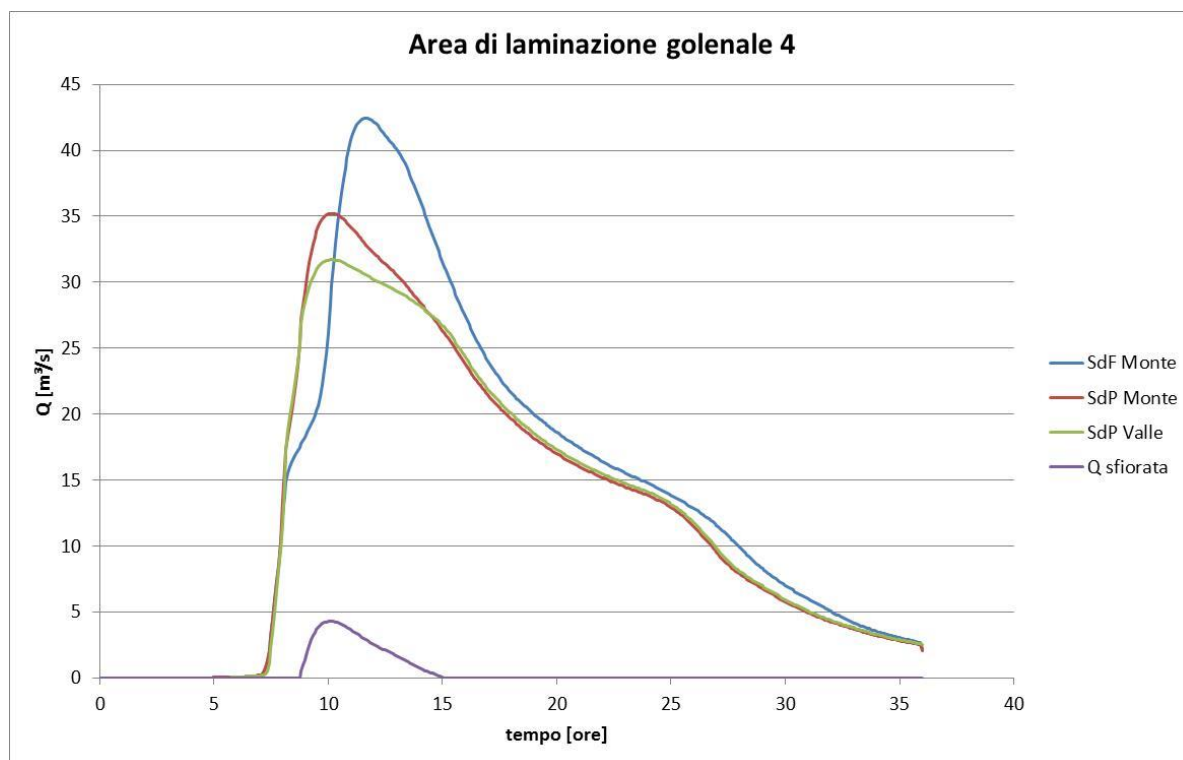
Queste le caratteristiche tecniche:

- Superficie 25'700 m<sup>2</sup> circa
- Volume di laminazione 52'500 m<sup>3</sup> circa
- Quota di massimo invaso 245.90 m s.m.m
- Quota della soglia di sfioro 246.05 m s.m.m.
- Lunghezza dello sfioro 50.0 m circa

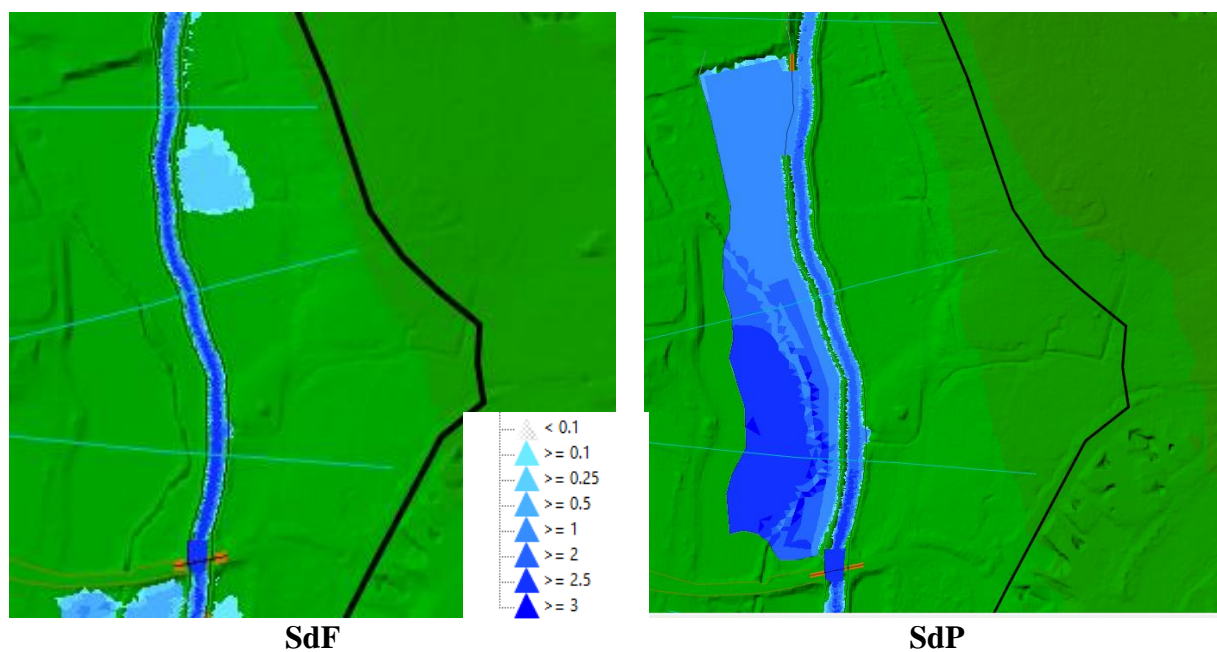
Nella Figura 22 sono rappresentati gli idrogrammi di piena per TR 100 anni nello stato di fatto a monte e nello stato di progetto, a monte e a valle dell'area di laminazione, insieme all'idrogramma della portata sfiorata attraverso il manufatto di derivazione.

In Figura 23 sono riportate le aree di allagamento nello SdF e nello SdP, evidenziando come gli interventi di progetto dell'Alto Seveso (SdF di progetto) abbiano un beneficio sul territorio corrispondente all'area di laminazione 4, che risulta non interessato da allagamento. Per ridurre, comunque, i deflussi a valle, nell'assetto di progetto si è deciso di sfruttare la superficie golenale come area di espansione in derivazione, intervenendo sull'arginatura in destra idraulica esistente, per realizzare lo sfioro.

, sia di fatto già un'area interessata dalle esondazioni del T. Seveso. La realizzazione dell'argine a Sud, consente però di contenere i volumi entro una superficie di occupazione inferiore, mettendo in sicurezza idraulica gli insediamenti che si trovano a valle.



**Figura 22 – Idrogrammi di piena a monte e valle dell'area di laminazione 4**



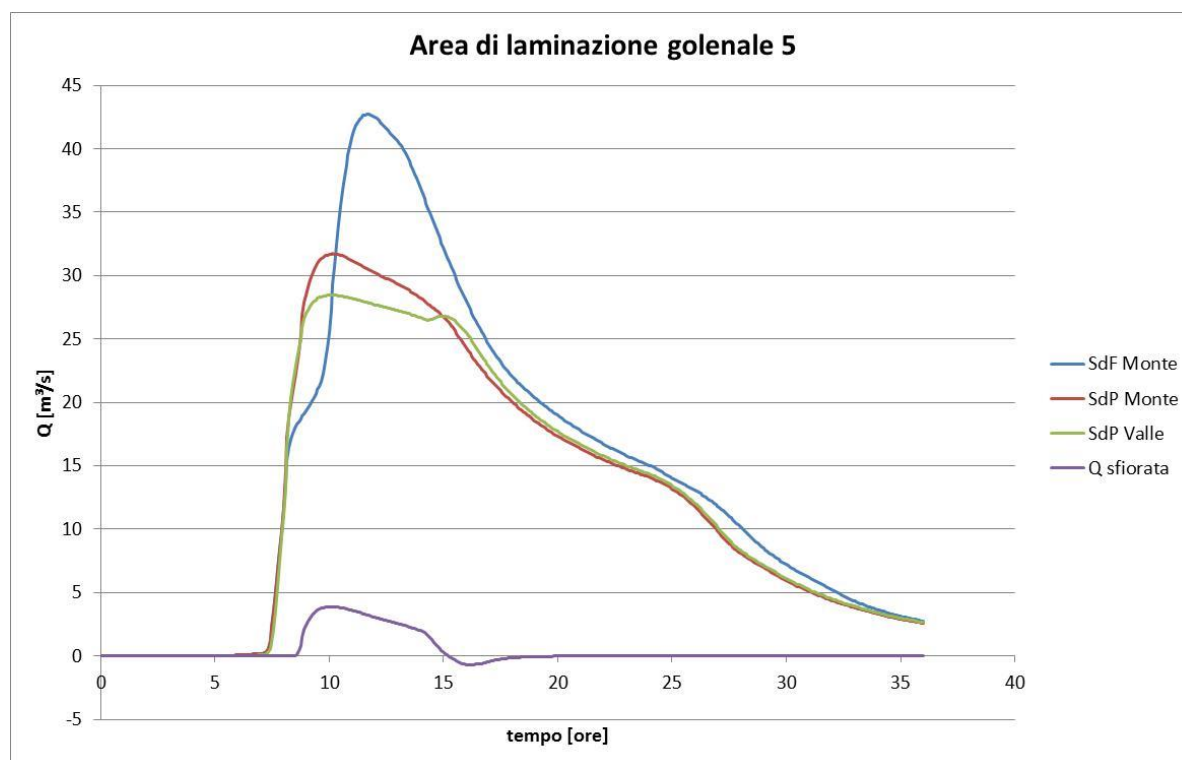
**Figura 23 –Area di laminazione 4. Allagamenti nello SdF e nello SdP**

#### 4.6.5 Area di laminazione 5

Queste le caratteristiche tecniche:

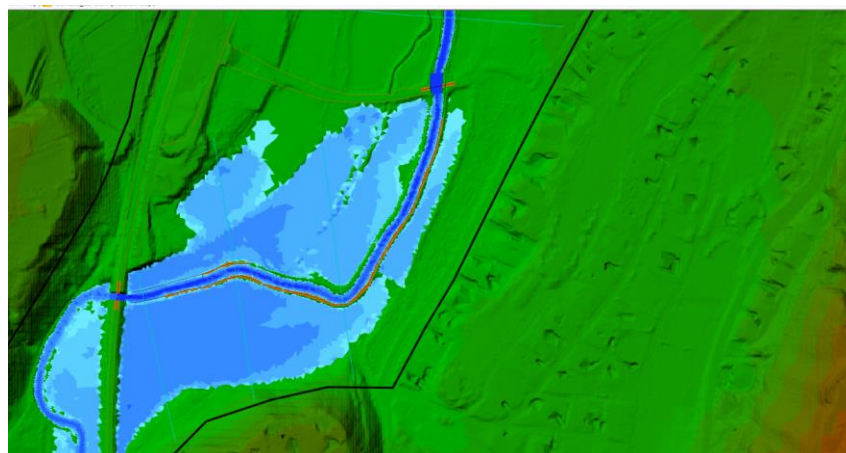
- Superficie 39'400 m<sup>2</sup> circa
- Volume di laminazione 57'500 m<sup>3</sup> circa
- Quota di massimo invaso 243.65 m s.m.m
- Quota della soglia di sfioro 243.50 m s.m.m.
- Lunghezza dello sfioro 50.0 m circa

Nella Figura 24 sono rappresentati gli idrogrammi di piena per TR 100 anni nello stato di fatto a monte e nello stato di progetto, a monte e a valle dell'area di laminazione, insieme all'idrogramma della portata sfiorata attraverso il manufatto di derivazione.

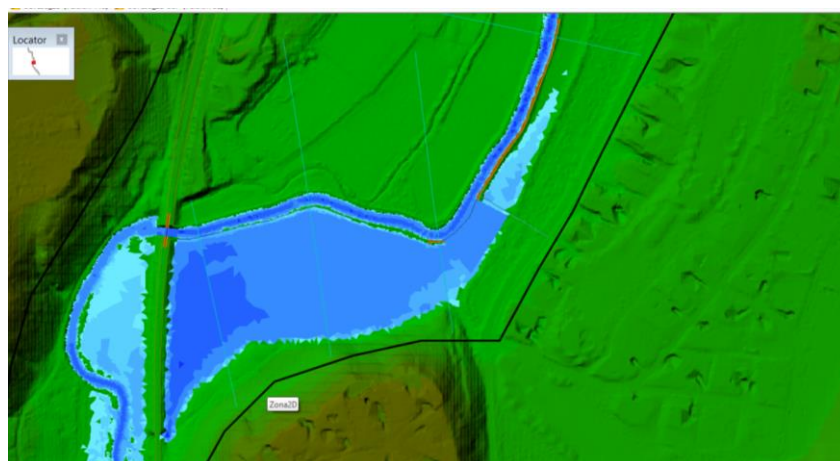


**Figura 24 – Idrogrammi di piena a monte e valle dell'area di laminazione 5**

In Figura 25 sono riportate le aree di allagamento nello SdF e nello SdP, evidenziando come l'area in sinistra idraulica, che corrisponde all'area di laminazione golenale 5, sia di fatto già un'area interessata dalle esondazioni del T. Seveso. Il ringrosso arginale in destra idraulica, previsto nello SdP, permette, invece, la protezione idraulica degli insediamenti che si trovano appunto in destra idraulica.



**SdF**



**SdP**

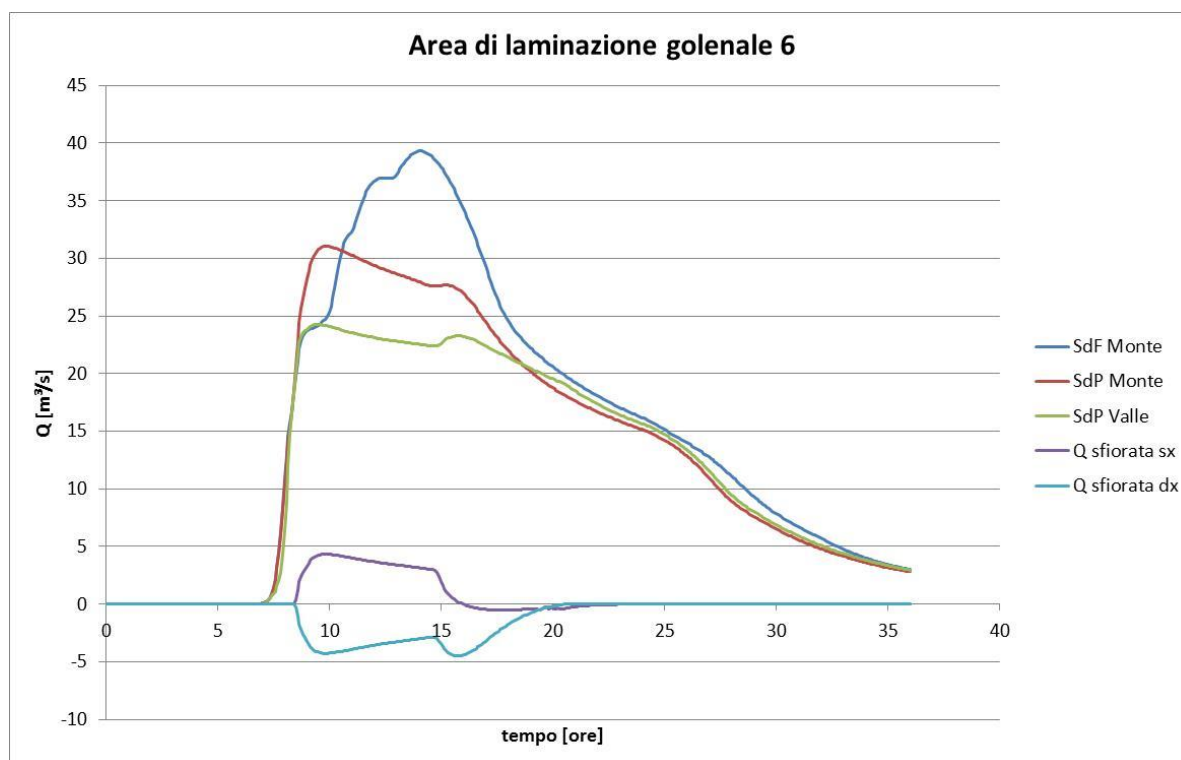
**Figura 25 –Area di laminazione 5. Allagamenti nello SdF e nello SdP**

#### **4.6.6 Area di laminazione 6**

Queste le caratteristiche tecniche:

▪ Superficie sx idraulica	42'700 m <sup>2</sup> circa
▪ Superficie dx idraulica	85'100 m <sup>2</sup> circa
▪ Volume di laminazione in sx idraulica	76'700 m <sup>3</sup> circa
▪ Volume di laminazione in dx idraulica	125'600 m <sup>3</sup> circa
▪ Quota di massimo invaso in sx idraulica	238.36 m s.m.m
▪ Quota di massimo invaso in dx idraulica	238.04 m s.m.m
▪ Quota della soglia di sfioro (sx e dx) idraulica	238.20 m s.m.m
▪ Lunghezza dello sfioro (sx e dx) idraulica	50.0 m

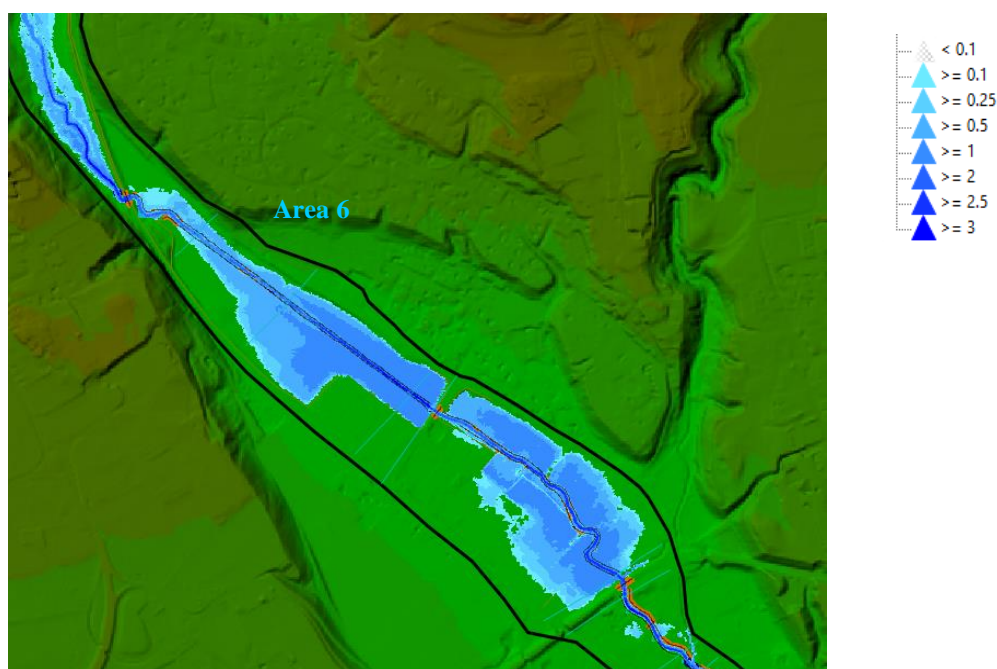
Nella Figura 26 sono rappresentati gli idrogrammi di piena per TR 100 anni nello stato di fatto a monte e nello stato di progetto, a monte e a valle dell'area di laminazione, insieme all'idrogramma della portata sfiorata attraverso il manufatto di derivazione.



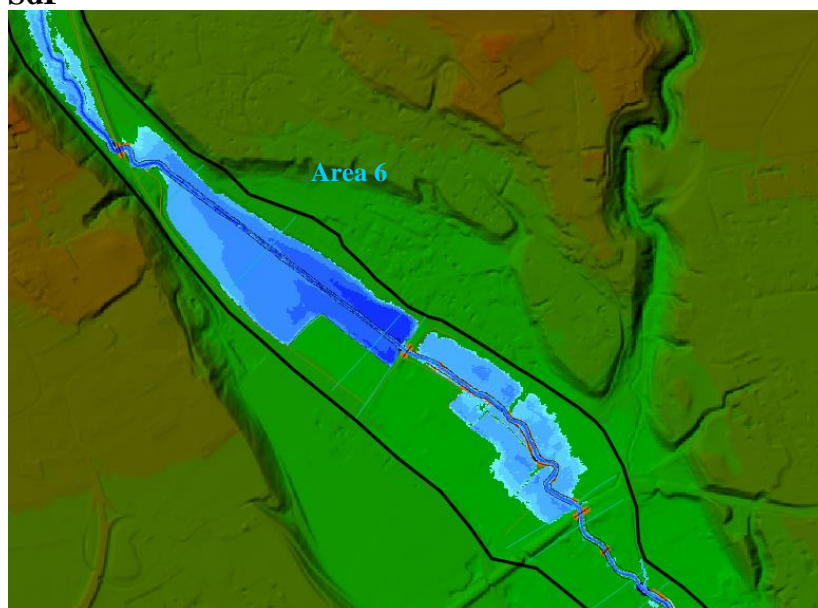
**Figura 26 – Idrogrammi di piena a monte e valle dell'area di laminazione 6**

In Figura 27 sono riportate le aree di allagamento nello SdF e nello SdP, evidenziando come l'area interessata dagli interventi di progetto, sia di fatto già un'area interessata dalle esondazioni del T. Seveso. La soluzione di progetto consente una migliore occupazione della superficie disponibile e si nota il beneficio, in termini di riduzione dell'area allagata, nell'insediamento immediatamente a valle.





**SdF**

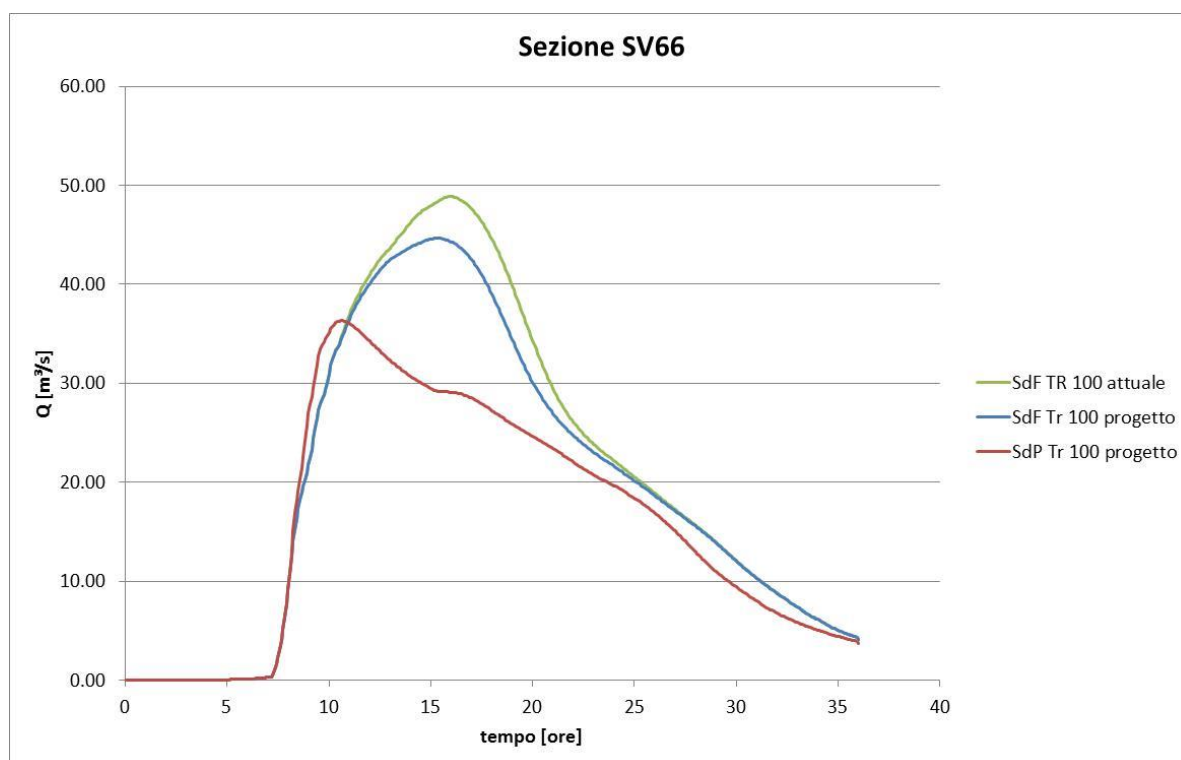


**SdP**

**Figura 27 –Area di laminazione 5. Allagamenti nello SdF e nello SdP**

#### **4.6.7 Idrogramma alla sezione di chiusura dell'area di studio**

Nella Figura 28 sono rappresentati gli idrogrammi di piena in corrispondenza della sezione di chiusura del tratto di T. Seveso oggetto della presente progettazione. Per completezza in tale grafico è stato riportato anche l'idrogramma di piena corrispondente all'evento TR 100 anni definito "attuale", ovvero in assenza degli interventi di laminazione previsti dai comuni dell'Alto Seveso.

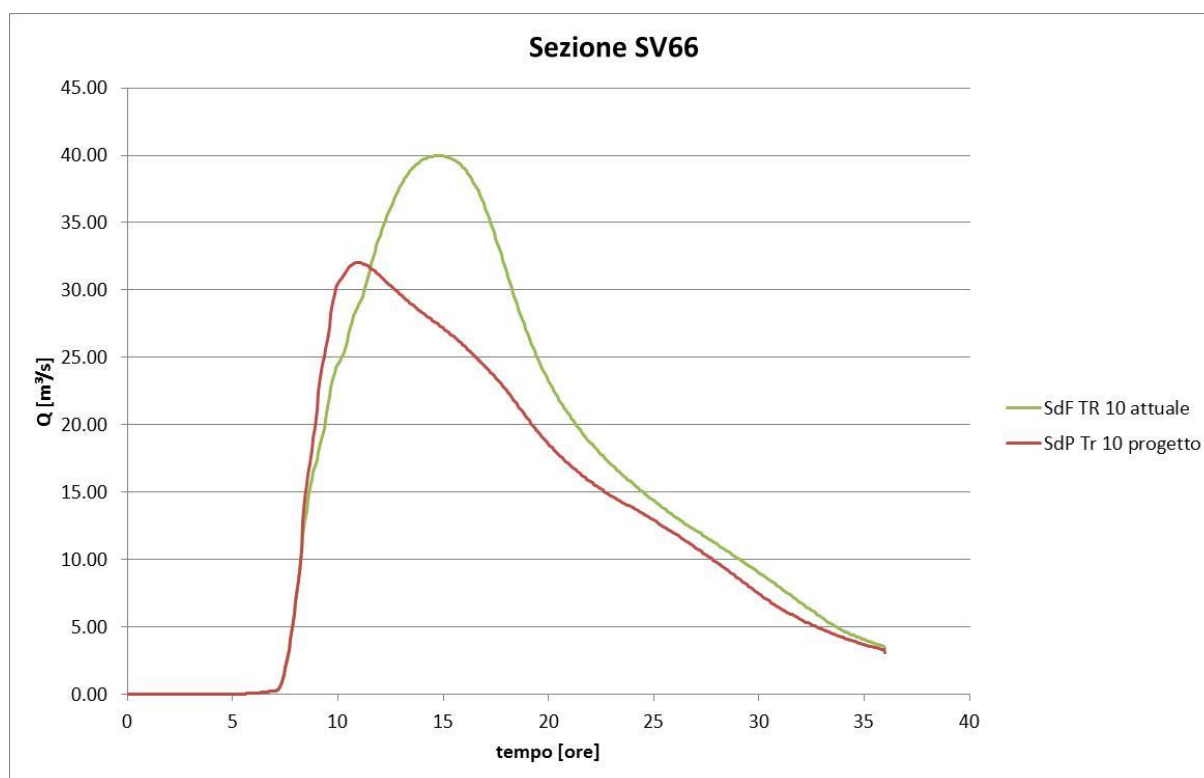


**Figura 28 – Idrogrammi di piena TR 100 nella sezione SV66**

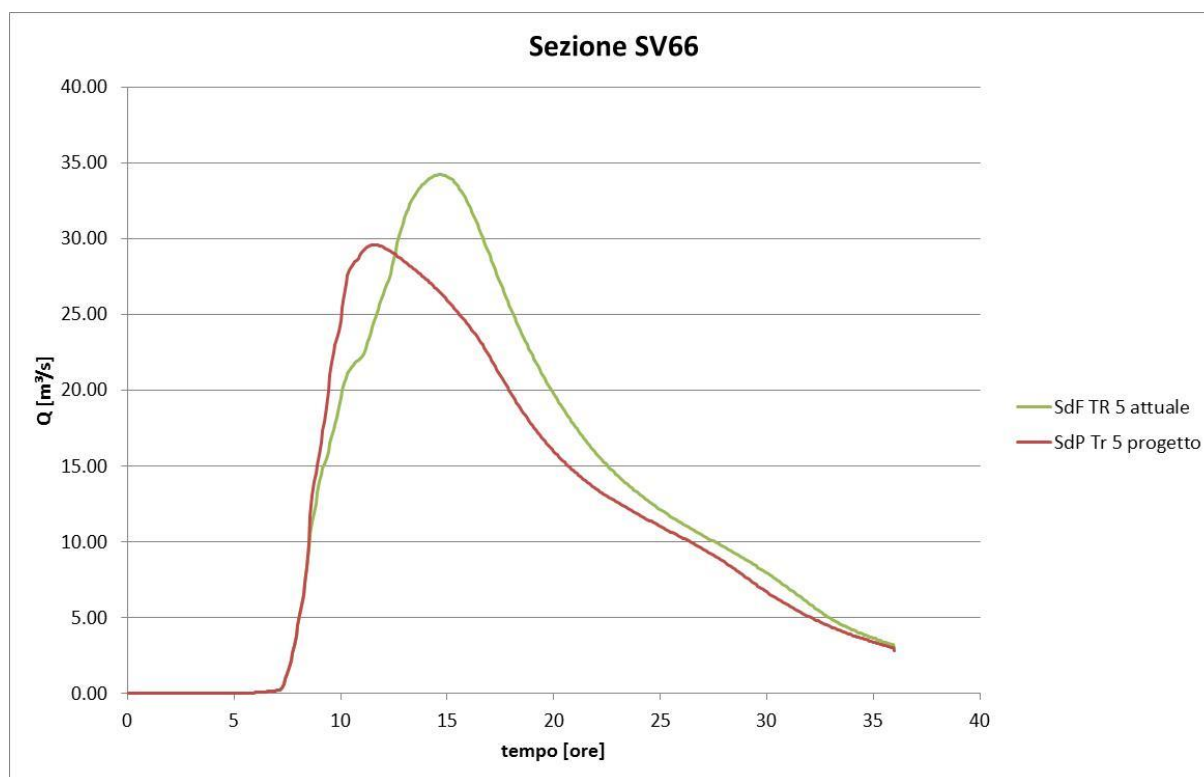
Come risulta dal grafico, la successione degli invasi, realizzata nelle aree golenali nell'assetto di progetto, determina una riduzione del picco di piena pari a circa 12 m<sup>3</sup>/s rispetto alla configurazione attuale del corso d'acqua e di circa 8 m<sup>3</sup>/s nella condizione di riferimento progettuale, che include gli interventi di laminazione a monte del tratto in esame. Il volume di deflusso, inoltre, si riduce da circa 2.6 milioni di m<sup>3</sup> nello stato attuale, a 2.5 milioni di m<sup>3</sup> nello stato di fatto con interventi di laminazione nell'Alto Seveso a, infine, circa 2 milioni di m<sup>3</sup> nello stato di progetto.

Nelle figure seguenti, vengono, inoltre, riportati gli idrogrammi di piena in corrispondenza della sezione terminale dell'area di studio, per venti caratterizzati da tempi di ritorno inferiori a quello di riferimento progettuale, ovvero TR 2, 5 e 10 anni.

Come risulta dai grafici, in termini di portata al colmo il beneficio degli interventi di progetto si riscontra a partire da eventi caratterizzati da tempo di ritorno pari a 5 anni, ma in termini di volume che defluisce a valle dell'area di studio, anche per eventi caratterizzati da TR 2 anni si verificano delle riduzioni.

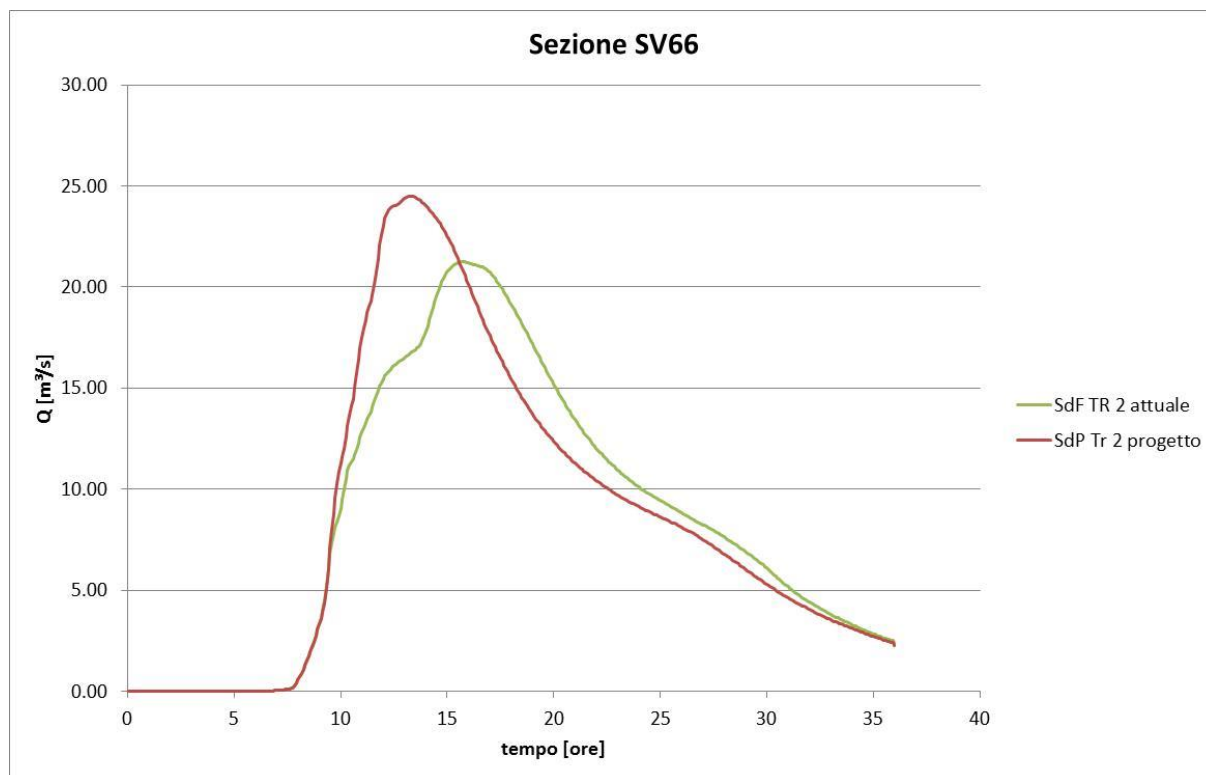


**Figura 29 – Idrogrammi di piena TR 10 nella sezione SV66**



**Figura 30 – Idrogrammi di piena TR 5 nella sezione SV66**

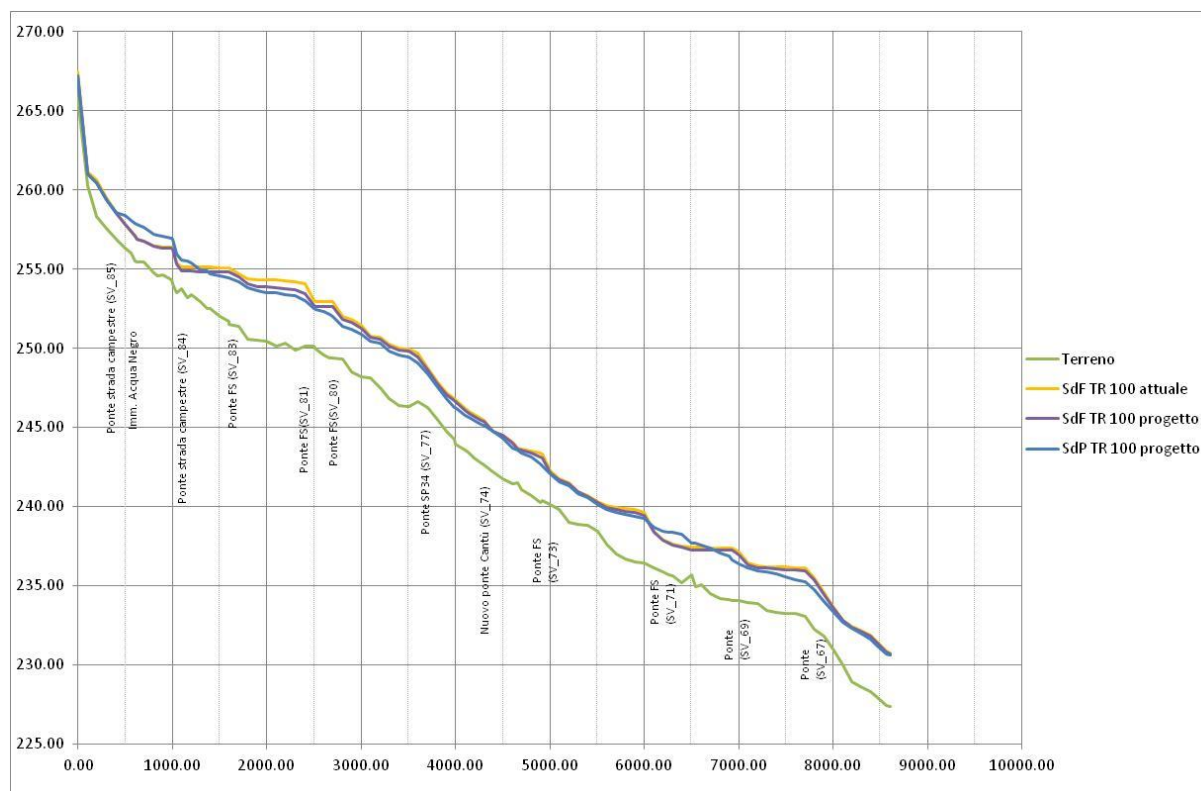




**Figura 31 – Idrogrammi di piena TR 2 nella sezione SV66**

#### 4.6.8 Profili idraulici





Si riportano nella figura seguente i profili idraulici del T. Seveso del tratto oggetto della presente progettazione preliminare, che risultano nell'assetto attuale (SdF TR 100 attuale), nello stato di fatto considerando gli interventi di laminazione previsti nell'Alto Seveso (SdF TR 100 progetto) e nello stato di progetto (SdP TR 100 progetto). I profili si riferiscono all'evento di piena di riferimento progettuale caratterizzato da tempo di ritorno 100 anni.



**Figura 32 – Profili idraulici del T. Seveso nello SdF e nello SdP (TR 100 anni)**

Come risulta dalla figura, gli interventi di progetto determinano una generale riduzione dei livelli idrici e non causano un peggioramento dell'effetto di rigurgito causato dai manufatti di attraversamento (ponti) del corso d'acqua. I livelli idrici superiori allo stato di fatto, tra la progressiva 400 m e la progressiva 1400 circa, sono determinati dalla realizzazione delle arginature di contenimento dell'area di laminazione 1. Il ponte SV 84 è un ponte su una strada campestre che già nello stato di fatto è caratterizzato da una rilevante insufficienza della sezione di deflusso. Incrementi del livello idrico si osservano, inoltre, tra la progressiva 6100 m e 6700 m, anch'essi determinati dalla realizzazione di arginature lungo il T. Seveso, che non sono presenti nello stato attuale, ma non determinano peggioramenti della condizione di deflusso attraverso il ponte corrispondente alla sezione SV71 o attraverso i ponti a valle dell'intervento.

In Appendice B vengono riportati i livelli idrometrici rappresentati in Figura 32 in forma tabulare.

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

## 5. OPERE DI PROGETTO

Le opere di progetto sono descritte nel dettaglio nell'elaborato A.2 "Relazione tecnica". Di seguito si riportano i criteri di progettazione che discendono dall'analisi idraulica.

### 5.1 ARGINATURE

Per ottimizzare l'effetto di laminazione delle aree di laminazione golenale dovranno essere realizzate arginature trasversali e longitudinali lungo le sponde del T. Seveso, in parte tracimabili dall'onda di piena, in modo tale da garantire un funzionamento "in derivazione" onde massimizzare e riservare il volume presente nelle aree golenali solo alla fase di colmo dell'onda di piena. Le aree dovranno essere configurate in modo tale che i volumi in esse immessi vengano mantenuti all'interno della gola durante l'evento di piena, così da ridurre il volume dell'onda che prosegue verso valle, con i necessari franchi idraulici.

Il profilo delle arginature sarà, pertanto, tale da garantire un franco di minimo 1.0 m rispetto al maggiore tra il livello di massimo invaso e il livello del T. Seveso, entrambi corrispondenti a un evento caratterizzato da Tr 100 anni.

### 5.2 OPERA DI DERIVAZIONE





La derivazione avrà luogo mediante sfioro laterale ubicato sulla parte sommitale dell'arginatura; una protezione contro l'azione erosiva dell'acqua sfiorata verrà posta al di sopra di tale sfioro.

Lo sfioro laterale a soglia larga è stato implementato nel modello InfoWorks ICM.

### 5.3 OPERE DI RESTITUZIONE

Solo una volta terminato l'evento di piena, le aree di laminazione golenale potranno essere svuotate. A tale scopo, nella sezione di valle di ciascuna di esse è previsto l'inserimento di un'opera idraulica di restituzione.

L'opera di restituzione consiste in uno scarico di fondo, costituito da una tubazione scatolare in calcestruzzo. In corrispondenza dell'imbocco e dello sbocco sono previsti opportuni rivestimenti in massi delle sponde. Lato fiume è, inoltre, installata una porta vento, per evitare che i livelli idrometrici del T. Seveso determinino l'ingresso delle portate nelle aree

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

golenali attraverso l'opera di scarico.

Lato golena è, invece, prevista l'installazione di una paratoia piana a sezione rettangolare 1.00 x 1.00 m. L'apertura della paratoia sarà regolata in modo da ottenere un lento vuotamento dell'area di laminazione; la paratoia sarà in ogni caso manovrabile manualmente per facilitare lo scarico una volta terminato l'evento di piena.

Il dimensionamento della luce di scarico è stato fatto in via esemplificativa per l'Area di laminazione 1, utilizzando la formula delle luci a battente a sezione rettangolare:

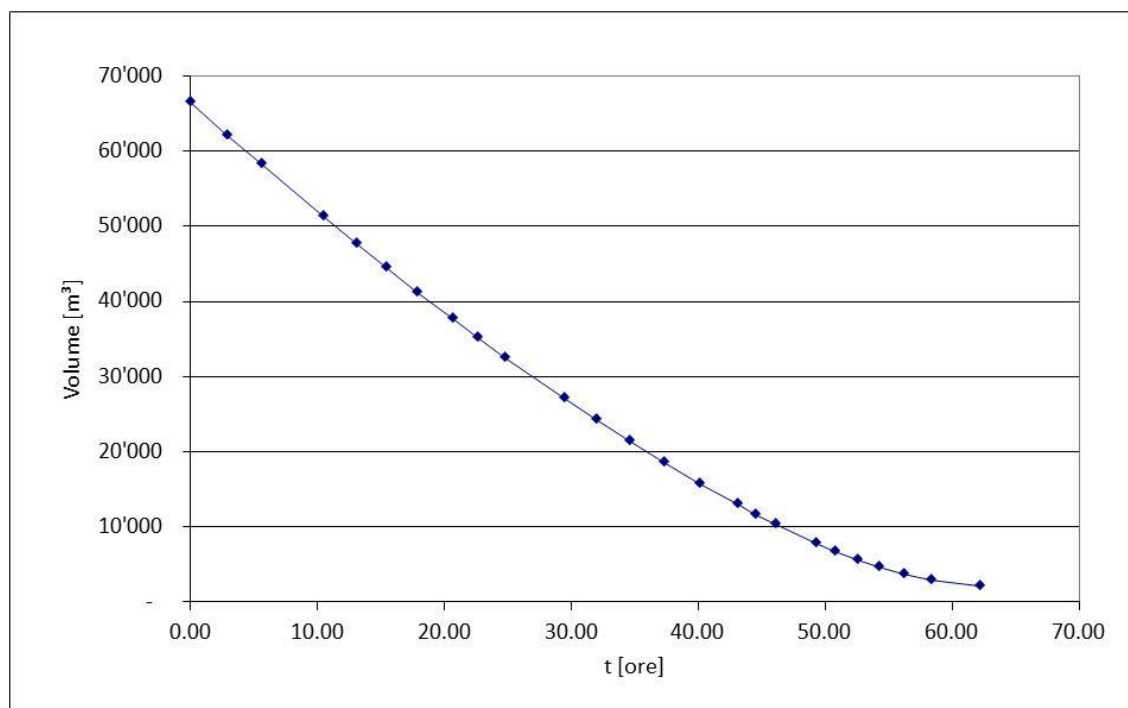
$$Q = 2/3 \cdot C_q \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot (h_2^{1.5} - h_1^{1.5})$$

dove  $C_q$  è il coefficiente di deflusso pari a 0.61 se sotto battente e 0.41 altrimenti,  $b$  è la larghezza della luce,  $h_1$  è il battente sulla luce e  $h_2$  il battente più l'altezza della luce di imbocco.

L'altezza d'acqua a monte è data dalla differenza tra la quota di massima regolazione, 257.6 m s.m.m., e la base dell'opera, indicativamente pari a 255.0 m s.m.m.

La portata che defluisce attraverso una luce di larghezza pari a 1.0 m e altezza pari ad esempio a 0.10 m, quando il livello in cassa è pari alla massima regolazione, è pari a  $Q_{\text{max\_regolazione}} = 0.42 \text{ m}^3/\text{s}$ .

E' stato, dunque, simulato il fenomeno di svuotamento della cassa, che considera nel tempo la portata in uscita e il volume di invaso in funzione dei livelli. La Figura 33 riporta la relazione tra tempo di svuotamento e volume di invaso, che risulta pari a circa 62 ore.



**Figura 33 – Tempo di svuotamento della cassa**

Milano, aprile 2015

**I PROFESSIONISTI INCARICATI:**





**ETATEC STUDIO PAOLETTI s.r.l.**

**Dott. Ing. Giovanni Battista Peduzzi**

**STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI**

**Prof. Ing. Alessandro Paoletti**



A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>





BETA STUDIO s.r.l.

Dott. Ing. Massimo Coccato

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA

Dott. Geol. Mario Spada

Dott. Ing. Alessandro Barbon

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

## APPENDICE A. IL MODELLO INFOWORKS ICM

### A.1 PUNTI DI FORZA DELL'APPLICATIVO SOFTWARE

I punti di forza principali dell'applicativo derivano dalla sua ampissima gamma di applicazione che ne consente l'utilizzo di qualsiasi situazione reale senza bisogno di ricorrere ad artifici o semplificazioni del problema. L'interfaccia utente, semplice e completo, la velocità di calcolo e la robustezza dell'approccio numerico completano il prodotto rendendolo facilmente fruibile ai tecnici che operano nel settore dell'idraulica.

### A.2 MODELLI IDROLOGICI DISPONIBILI

Pur trattandosi di un modello idraulico, InfoWorks ICM dispone di una serie modelli di trasformazione afflusso-deflussi per connettere una sezione di deflusso del reticolo di drenaggio, a un bacino idrografico che produce la portata di alimentazione in risposta ad un evento meteorico. E' quindi possibile sollecitare il modello geometrico con diverse condizioni al contorno tra cui anche degli opportuni ietogrammi di pioggia incidenti in diversi sottobacini. A scelta l'utente potrà scegliere tra questi modelli idrologici:





- Formula Razionale
- Modello CN (SCS)
- Modello Green-Ampt
- Modello Horton
- Modello New UK
- Modello dell'Infiltrazione costante
- Modello di Horner

Si possono anche inserire diversi modelli di corrivazione e di computazione delle perdite iniziali.

### A.3 APPROCCIO NUMERICO ALLA COMPONENTE 1D

Il moto idraulico all'interno degli elementi monodimensionali che lavorano a pelo libero (sia le tratte fluviali aperte o tubazioni) vengono risolte con l'integrazione delle equazioni di De Saint Venant (conservazione del momento e della massa).

Le equazioni sono le seguenti:

A.T.P.:			Consulenti:		
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

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

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2/A)}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0$$





dove:

- A area bagnata del condotto;
- Q portata;
- x distanza lungo l'asse del condotto;
- t tempo;
- g costante gravitazionale;
- H carico idraulico totale dato da z+h;
- z quota dello scorrimento;
- h livello idrico;
- Sf cadente piezometrica.

In particolare, la prima è l'equazione di continuità in moto vario in assenza di afflussi e deflussi laterali, la seconda è l'equazione del momento della quantità di moto; quest'ultima può essere scritta in più forme, in funzione della scelta delle variabili dipendenti. La cadente piezometrica viene computata con varie possibili metodologie (a scelta dell'utente): in InfoWorks sono infatti disponibili le equazioni di Colebrook-White, Manning e Strickler.

Per poter essere integrate queste equazioni devono essere opportunamente semplificate e linearizzate in modo tale che il sistema di equazioni possa essere risolto con la teoria delle matrici. Lo schema di linearizzazione usato da InfoWorks CS è quello dei 4 punti di Priessmann mentre il risolutore adottato è quello di Newton-Raphson.

Le equazioni di cui sopra sono valide fino a quando il condotto non entra in pressione, per permettere a InfoWorks di simulare anche situazioni di condotte in pressione (senza problemi nella transizione da uno stato all'altro) il motore di calcolo adotta la tecnica dello slot per il quale si ipotizza la presenza di una piccola fessura alla sommità della condotta e fino al piano campagna. Così facendo il motore di calcolo non incontra nessuna discontinuità nella transizione da moto da gravità a quello in pressione (per tubi in cui invece permane costantemente il moto in pressione, come le condotte di mandate presenti

A.T.P.:				Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

nel modello, è possibile utilizzare un sistema di equazioni più appropriato che elimina l'artificio dello slot).

L'applicabilità di questo metodo di soluzione è stato testato in centinaia di studi e applicazioni anche con riscontri di misure idrometriche ottenuti su dei bacini sperimentali.

Ci sono alcune limitazioni sull'utilizzo di questo approccio sono:

- i risultati sono semplificati per elementi molto pendenti e per le quali comunque InfoWorks produce dei risultati comunque vicini alla realtà;
- il risalto idraulico (ovvero quella discontinuità che si nota nei profili di rigurgito dove un tubo molto pendente incontra un tubo a bassa pendenza per cui l'acqua forma un vero e proprio sovrizzo improvviso) non viene rappresentato in modo preciso ma il passaggio da corrente veloce a lenta viene computato su una certa distanza (qualche metro a seconda della geometria della situazione reale).

Si noti che la metodologia di calcolo a moto vario è in grado di tener conto anche dei volumi in gioco e quindi di tener conto delle attenuazioni dell'onda di piena quando questa riempie dei volumi disponibili in alveo o in vere e proprie vasche di espansione opportunamente rappresentate nel modello.

#### A.4 APPROCCIO NUMERICO ALLA COMPONENTE 2D

Il modello usato per la rappresentazione matematica del flusso 2D è basato sull'equazione dell'acqua superficiale, relativa cioè all'altezza media che si ricava dalle equazioni di Navier – Stokes:





$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = q_{1D} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(hu^2 + gh^2/2) + \frac{\partial(huv)}{\partial y} \\ = S_{0,x} - S_{f,x} + q_{1D}u_{1D} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y}(hv^2 + gh^2/2) \\ = S_{0,y} - S_{f,y} + q_{1D}v_{1D} \end{aligned} \quad (3)$$

dove:

- h è l'altezza dell'acqua;
- u e v sono rispettivamente le velocità nelle direzioni x e y;
- S<sub>0,x</sub> e S<sub>0,y</sub> sono rispettivamente le pendenze dell'alveo nelle direzioni x e y;

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

- $Sf_x$  e  $Sf_y$  sono rispettivamente gli attriti nelle direzioni x e y;
- $q_{1D}$  è la portata per unità di area;
- $u_{1D}$  e  $v_{1D}$  sono rispettivamente le componenti di velocità della portata  $q_{1D}$  nelle direzioni x e y.

Questa formulazione conservativa dell'equazione dell'acqua superficiale è discretizzata utilizzando un sistema di primo ordine esplicito del volume finito.

La tecnica di frazionamento del flusso assicura la proprietà del buon equilibrio bilanciando la pendenza con la pressione, termini a riposo.

La gestione della cella bagnata ed asciutta è eseguita utilizzando come criterio una profondità di soglia per considerare che una cella è bagnata, e la velocità è impostata a zero se la profondità è sotto il valore di soglia. Questo evita la creazione di elevate velocità artificiali in aree bagnate/asciutte. Il valore di default per questa profondità di soglia è 1 mm. Questo algoritmo può essere utilizzato teoricamente sia con maglie strutturate (rettangolari) che non strutturate (triangolari) ed è adatto per rappresentare flussi rapidamente variabili, nonché correnti veloci e lente. In InfoWorks si utilizzano le maglie non strutturate perché sono molto più flessibile e di facile utilizzo quando si vogliono rappresentare forme e ostacoli complessi presenti nel dominio.





## A.5 PRODUZIONE DELLA MAGLIATURA 2D

All'interno del software sono presenti tutti gli strumenti necessari per costruire la magliatura dei domini 2D da simulare. Si possono prevedere diversi gradi di dettaglio per varie zone con opportuni raffinamenti del dominio, impostare diverse zone di scabrezza, fissare delle breaklines, definire ostacoli poligonali e lineari (edifici, muri, ecc.). Il processo di magliatura tiene conto di questi vincoli e, se lo si desidera, è in grado di produrre una magliatura dipendente dalla conformazione morfologica del terreno. Laddove il terreno risulta più pendente viene infittita la maglia per assicurarsi che i triangoli non abbiano i vertici con differenze di quota superiori ad un termine fissato dall'utente.

## A.6 COLLEGAMENTO 1D-2D

Il modello di simulazione consente un immediato collegamento di diverse componenti di modello 1D e 2D. Si possono utilizzare per esempi:











A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

- linee spondali: rappresentano un confine ideale tra l'alveo inciso modellato con elementi 1D e la golenata rappresentata da un dominio 2D, le linee spondali vengono rappresentate con delle polilinee per le quali viene definita una quota Z variabile sul suo percorso. Le linee spondali sono utilizzate essenzialmente come sfiori laterali tra alveo inciso e zona di golenata 2D;
- sfiori frontali: si utilizzano quando si desidera interrompere un modello 1D di un fiume e trasferire tutto l'idrogramma di portata sul dominio 2D (o viceversa);
- nodi: sono degli elementi puntiformi dove può avvenire lo scambio di portata tra 1D e 2D, per esempio questa tecnica è appropriata quando si rappresentano le esondazioni provenienti dai pozzetti di fognatura su un dominio bidimensionale.

#### **A.7 TEMPI DI CALCOLO E DIMENSIONE DEL MODELLO**







Il software consente di eseguire calcoli e ottenere risultati in tempi rapidi. Mentre la componente 1D sui moderni processori consente dei tempi di simulazione irrisori (pochi secondi per modellare una rete di 1,000 nodi per una ventata di 4 ore di durata) la componente bidimensionale può necessitare di tempi d'attesa più lunghi in funzione del numero di triangoli e dalle condizioni di moto del dominio. Su dei processori Core i7 ci si può attendere che una simulazione di 10,000 triangoli di un evento reale di 60 minuti possa necessitare qualche minuto per essere computata. Il motore di calcolo 2D è stato testato su domini di calcolo con oltre 5 milioni di triangoli ma per queste ampiezze di dominio si consiglia di dotarsi di specifica GPU (hardware non sempre presente in classici Desktop e molto raramente in Laptop) che accelerano i tempi di calcolo di 30-50 volte rispetto ai normali processori consentendo quindi tempi computazionali molto ridotti (ordine di decine di minuti) per domini 2D di centinaia di migliaia di triangoli.

A.T.P.:					Consulenti:	
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

A.T.P.:			Consulenti:		
			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

## APPENDICE B - LIVELLI IDROMETRICI DEL T. SEVESO

	Progressiva  m	Terreno  m s.m.m.	LIVELLO		
			SdF TR 100 attuale m s.m.m.	SdF TR 100 progetto m s.m.m.	SdP TR 100 progetto m s.m.m.
	0.00	265.84	267.46	267.24	267.24
	100.00	260.26	261.16	261.04	261.04
	200.00	258.31	260.61	260.45	260.45
	300.00	257.58	259.52	259.41	259.41
	400.00	256.88	258.56	258.50	258.58
	500.00	256.35	257.85	257.80	258.39
AREA 1	557.27	256.01	257.41	257.37	258.07
	600.00	255.51	257.11	257.08	257.87
	628.20	255.44	256.89	256.87	257.82
	700.00	255.43	256.78	256.77	257.64
	800.00	254.77	256.48	256.42	257.23
	844.33	254.58	256.44	256.36	257.14
	900.00	254.64	256.41	256.32	257.05
	988.07	254.35	256.40	256.30	256.93
	1000.00	254.09	256.38	256.29	256.88
	1047.09	253.52	255.38	255.34	255.95
AREA 2	1100.00	253.78	255.13	254.88	255.55
	1157.42	253.19	255.15	254.90	255.49
	1200.00	253.38	255.14	254.88	255.37
	1300.00	252.97	255.12	254.85	254.95
	1366.38	252.52	255.11	254.85	254.86
	1400.00	252.51	255.11	254.84	254.69
	1500.00	252.00	255.10	254.83	254.59
	1595.88	251.67	255.08	254.81	254.46
	1600.00	251.50	255.08	254.81	254.46
	1700.00	251.39	254.71	254.50	254.21
	1800.00	250.58	254.38	254.07	253.85
	1900.00	250.53	254.33	253.91	253.62
AREA 3	2000.00	250.42	254.32	253.86	253.52
	2100.00	250.13	254.31	253.84	253.49
	2200.00	250.34	254.28	253.77	253.39
	2300.00	249.89	254.21	253.68	253.31
	2400.00	250.15	254.04	253.42	253.03
	2500.00	250.10	252.98	252.70	252.49
	2524.08	249.96	252.95	252.66	252.43

A.T.P.:			Consulenti:		
					
					<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

	Progressiva m	Terreno m s.m.m.	LIVELLO		
			SdF TR 100 attuale m s.m.m.	SdF TR 100 progetto m s.m.m.	SdP TR 100 progetto m s.m.m.
	2600.00	249.54	252.95	252.65	252.35
	2662.54	249.40	252.94	252.64	252.15
	2700.00	249.40	252.92	252.61	251.99
	2800.00	249.32	251.98	251.80	251.38
	2900.00	248.52	251.81	251.63	251.22
	3000.00	248.20	251.43	251.27	250.91
	3100.00	248.10	250.77	250.68	250.45
	3200.00	247.51	250.68	250.59	250.31
	3300.00	246.81	250.25	250.13	249.82
	3400.00	246.35	249.98	249.85	249.56
	3500.00	246.30	249.94	249.79	249.46
	3600.00	246.65	249.69	249.42	249.09
	3700.00	246.28	248.76	248.62	248.38
	3800.00	245.56	247.92	247.80	247.65
	3900.00	244.74	247.22	247.10	246.81
AREA 4	3984.28	244.23	246.79	246.66	246.25
	4000.00	243.96	246.74	246.61	246.27
	4100.00	243.54	246.18	246.06	245.75
	4138.62	243.35	246.02	245.90	245.61
	4200.00	243.05	245.80	245.69	245.43
	4272.28	242.76	245.57	245.46	245.22
	4300.00	242.60	245.46	245.36	245.14
AREA 5	4400.00	242.21	244.77	244.76	244.76
	4500.00	241.77	244.50	244.47	244.34
	4600.00	241.46	244.05	244.02	243.70
	4660.22	241.51	243.69	243.63	243.54
	4700.00	241.06	243.65	243.59	243.40
	4800.00	240.69	243.49	243.35	243.11
	4900.00	240.27	243.38	243.13	242.67
	4920.58	240.36	243.33	243.07	242.59
	5000.00	240.11	242.22	242.15	242.03
	5100.00	239.79	241.74	241.69	241.58
	5200.00	239.01	241.52	241.46	241.32
	5300.00	238.90	240.96	240.91	240.83
	5400.00	238.78	240.68	240.64	240.57
	5500.00	238.41	240.28	240.22	240.14
	5600.00	237.60	240.07	239.96	239.83

	Progressiva  m	Terreno  m s.m.m.	LIVELLO		
			SdF TR 100 attuale m s.m.m.	SdF TR 100 progetto m s.m.m.	SdP TR 100 progetto m s.m.m.
	5700.00	237.01	239.94	239.79	239.63
	5800.00	236.70	239.89	239.71	239.51
	5900.00	236.50	239.81	239.61	239.39
	6000.00	236.46	239.61	239.41	239.24
AREA 6	6100.00	236.14	238.40	238.34	238.65
	6200.00	235.84	237.88	237.84	238.45
	6259.54	235.65	237.73	237.68	238.39
	6300.00	235.63	237.61	237.54	238.35
	6400.00	235.19	237.50	237.40	238.26
	6500.00	235.68	237.41	237.27	237.69
	6545.51	234.93	237.40	237.26	237.70
	6600.00	235.05	237.40	237.26	237.56
	6700.00	234.52	237.39	237.25	237.35
	6800.00	234.21	237.39	237.24	237.07
	6900.00	234.12	237.39	237.24	236.84
	6932.29	234.08	237.38	237.24	236.65
	7000.00	234.06	237.10	236.93	236.40
	7100.00	233.92	236.40	236.31	236.09
	7200.00	233.86	236.24	236.14	235.94
	7300.00	233.40	236.21	236.09	235.89
	7400.00	233.29	236.18	236.04	235.76
	7500.00	233.25	236.15	235.99	235.56
	7600.00	233.25	236.14	235.98	235.35
	7700.00	233.04	236.10	235.93	235.26
	7800.00	232.21	235.48	235.34	234.72
	7900.00	231.81	234.54	234.45	233.98
	8000.00	231.01	233.69	233.61	233.39
	8100.00	230.01	232.83	232.79	232.65
	8200.00	228.91	232.45	232.39	232.27
	8292.23	228.63	232.17	232.11	231.99
	8392.24	228.32	231.86	231.79	231.64
	8462.24	227.99	231.48	231.41	231.27
	8562.24	227.41	230.88	230.82	230.70
	8602.24	227.38	230.75	230.70	230.59