

# AREA DI LAMINAZIONE DEL TORRENTE SEVESO

Comune di Lentate sul Seveso (MB)

PROGETTO DEFINITIVO - MB-E-2

GENNAIO 2016



## 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. Geol. MARIO SPADA

Dott. Geol. GIAN MARCO ORLANDI

Dott. Geol. SUSANNA BIANCHI

**ETATEC**  
STUDIO PAOLETTI

S.R.L.



Sistema Certificato

UNI EN ISO 9001

SC 06-647/EA 34



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

*Studio Associato di Geologia Spada*

Via Donizetti 17 24020 Ranica (BG)

tel: +39 035 516090 - +39 035 513738



Swiss  
Certified

ISO 9001



## CONSULENZE SPECIALISTICHE:

### ASPETTI PAESAGGISTICI E AMBIENTALI:

Arch. ANDREAS KIPAR

Dott. Agr. GIOVANNI SALA

Arch. LUISA BELLINI

### ASPETTI STRUTTURALI:

Ing. BRUNO BECCI

Ing. MARCO BELLINI

### IMPIANTI ELETTRICI:

Ing. FEDERICO REPOSSI

Ing. MARCO GILARDONI

**LAND Milano Srl**



UNI EN ISO 9001

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

certificato 02-1217

Via Varese 16 20121 Milano

tel: +39 02 806911.1 - fax: +39 02 806911.30

www.landmilano.com

GRUPPO LAND Milano Roma Cagliari Duisburg

**CeAS s.r.l.**

Viale Giustiniano, 10 - 20129 Milano

tel: +39 02 2020221 - fax: +39 02 29512533

E-mail: CEAS@FINZI-CEAS.IT - www.ceas.it

**MCE s.r.l.**

Via Bassini, 53 - 20133 Milano

tel: +39 02 70608880 - E-mail: info@mce-milano.com

www.mce-milano.com

**CeAS**  
centro di analisi strutturale  
**MCE**

## TITOLO

STUDIO IDRAULICO CONSEGUENTE AL COLLASSO  
DEL MANUFATTO DI DERIVAZIONE PER L'INVASO IN SCAVO

## Revisioni

0

INTEGRAZIONE SU RICHIESTA REGIONE LOMBARDIA

OTTOBRE 2016

1

Numero  
elaborato

TIPOLOGIA

PD

COMMESSA

250-27

DOCUMENTO

AT

NUMERO

A.12.3

## INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. CRITERIO 1) DELL'ART. 6.2 DEL D.G.R. 3699/2001.....	2
2.1 CONDIZIONI DI RIFERIMENTO PER LA VERIFICA AL COLLASSO .....	2
2.2 DETERMINAZIONE DELLE CONDIZIONI DI RISCHIO .....	5
3. CRITERIO 2) DELL'ART. 6.2 DEL D.G.R. 3699/2001.....	10
4. CRITERIO 3) DELL'ART. 6.2 DEL D.G.R. 3699/2001.....	12
5. CRITERIO 4) DELL'ART. 6.2 DEL D.G.R. 3699/2001.....	13

## 1. PREMESSA

In seguito alla trasmissione dell'elaborato A.12.1 *“Studio idraulico conseguente al collasso arginale perimetrazione aree di allagamento”*, inviato alla Regione Lombardia per l'istanza di non assoggettamento alla L.R. 23 Marzo 1998, n.8 del progetto identificato con la sigla MB-E-2, relativo alla realizzazione in Comune di Lentate sul Seveso (MB) di una vasca di laminazione delle piene del T. Seveso e di un'area di laminazione golenale (Pratica: CM\_MI-V/2/2016), la Regione Lombardia – Giunta, Area - Relazioni Esterne, Territoriali, Internazionali e Comunicazione Coordinamento degli Uffici Territoriali Regionali, Ufficio Territoriale Regionale Montagna ha osservato che nel suddetto elaborato non risultano indicate le caratteristiche di stabilità e sicurezza del manufatto di derivazione della vasca di laminazione in scavo.

Pertanto, pur essendo il volume di invaso ad essa sotteso pari a circa 2'000 m<sup>3</sup>, e quindi inferiore a 5'000 m<sup>3</sup>, ai fini del non assoggettamento del progetto in oggetto ai sensi dell'art. 6 della L.R. 8/98, l'Ufficio competente chiede di accertare la rispondenza del citato manufatto ai criteri elencati al punto 6.2 della D.G.R. 3699/2001 *“Disposizioni in ordine a particolari categorie di opere”*.

I criteri elencati al suddetto punto sono di seguito riportati:

- 1) *il deflusso dell'acqua conseguente ad ipotetico collasso dello sbarramento, non deve costituire pericolo per la pubblica incolumità; occorre in particolare valutare il rischio nei confronti degli insediamenti, delle attività e delle infrastrutture situate a valle dell'invaso, lungo l'alveo di un corso d'acqua o nel territorio sottostante, per un tratto L [km] pari a:  $L = 2V [m^3]/10^4$ , dove V è il volume complessivo di invaso espresso in m<sup>3</sup> (ad esempio, per un invaso di 5000 m<sup>3</sup> si dovrà esaminare un tratto pari a  $2 \times 5000/10^4 = 1$  km);*
- 2) *le strutture di ritenuta non devono essere vulnerabili in caso di tracimazione durante una piena; in particolare, le opere in materiali sciolti non debbono essere soggette a tracimazione, e le opere in muratura di calcestruzzo non debbono subire dalla eventuale tracimazione danni che ne compromettano la stabilità. Nel caso di strutture esistenti, occorre prestare particolare attenzione la loro anzianità di esercizio ed il loro stato di conservazione;*
- 3) *gli organi di scarico di superficie debbono essere a soglia fissa, privi di organi mobili di intercettazione o regolazione e debbono essere in grado di smaltire completamente la detta portata di progetto, e tali da non essere soggetti ad ostruzione. La tipologia degli organi di*

scarico ed il loro dimensionamento devono rispondere ai criteri enunciati nei successivi paragrafi;

4) l'assetto idrogeologico complessivo (superficie del bacino imbrifero, pendenza dell'alveo a valle, presenza di situazioni di rischio geologico ed ambientale derivanti da significativi dissesti sui versanti, smottamenti attivi, sismicità dell'area) deve essere tale da escludere rischi apprezzabili alle popolazioni, alle attività poste a valle dell'invaso.

Nei capitoli seguenti verranno trattati gli aspetti sopra richiamati.

## 2. CRITERIO 1) DELL'ART. 6.2 DEL D.G.R. 3699/2001

In relazione alle caratteristiche dell'opera di derivazione, come già descritto nell'elaborato A.12.1 "Studio idraulico conseguente al collasso arginale perimetrazione aree di allagamento", il volume di invasore sotteso dall'opera di derivazione è pari a circa 2'000 m<sup>3</sup>, pertanto, in base a quanto indicato dalla normativa, la valutazione del rischio conseguente ad ipotetico collasso della paratoia deve essere condotto per un tratto pari a circa 400 m.

Di seguito vengono descritte le attività volte a valutare tale rischio.

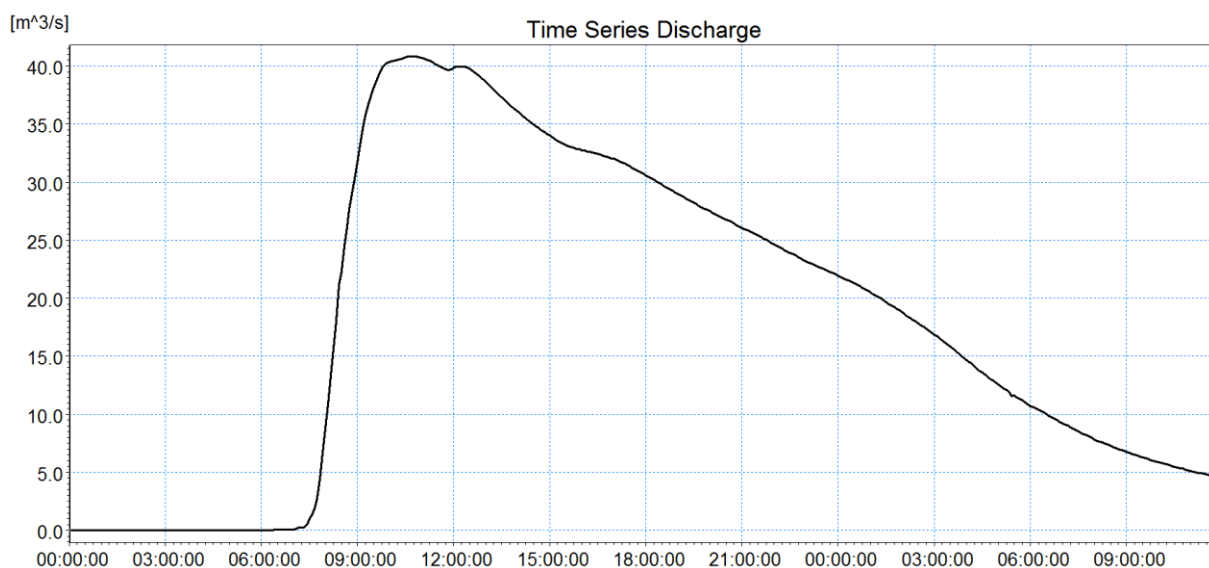
### 2.1 CONDIZIONI DI RIFERIMENTO PER LA VERIFICA AL COLLASSO

Lo studio dell'ipotetico collasso dell'opera è stato eseguito considerando le seguenti condizioni:

- la portata a monte dell'opera di derivazione è pari alla piena centennale nell'assetto di progetto, caratterizzata da una portata di picco pari a 41 m<sup>3</sup>/s. A tale valore di portata del T. Seveso corrisponde un livello idrico in alveo a monte della paratoia pari a 222.14 m s.m.;
- l'opera di derivazione, posta all'interno dell'alveo del T. Seveso, è in c.a..

Visto quanto sopra, lo scenario di riferimento prescelto per l'ipotetico collasso dell'opera è:

- ipotetico cedimento della struttura che sorregge la paratoia di regolazione;
- livello idrico all'istante dell'ipotetico collasso, pari a 222.14 m s.m., che determina un volume di rigurgito a monte pari a 2.000 m<sup>3</sup> rispetto al livello di piena in assenza di paratoia di regolazione;
- portata transitante in alveo pari all'idrogramma di piena centennale nell'assetto di progetto, caratterizzato da una portata al colmo pari a 41 m<sup>3</sup>/s (cfr. Figura 1).



**Figura 1 – Idrogramma di piena centennale a monte dell’area di laminazione in scavo nell’assetto di progetto**

Di seguito sono descritte le ipotesi e le condizioni che hanno permesso di identificare il processo di cedimento della struttura e di definire le corrispondenti portate artificiali di collasso necessarie per la successiva valutazione delle condizioni di rischio a valle.

Considerata la tipologia dell’opera (bacino di laminazione in derivazione) e l’interazione funzionale che tale opera ha con le fonti di alimentazione, si ipotizza che il collasso dell’opera di derivazione posta all’interno dell’alveo del T. Seveso avvenga in condizioni di massima piena (maggior livello a monte della paratoia di regolazione e quindi maggiore spinta dell’acqua).

Per la valutazione della portata si è fatto riferimento all’evento di progetto ( $T=100$  anni), considerando l’effetto delle altre opere di laminazione previste a monte.

Come previsto dall’art. 9.4 delle “*Direttive per l’applicazione della legge regionale 23 marzo 1998, n. 8 in materia di costruzione, esercizio e vigilanza degli sbarramenti di ritenuta e dei bacini di accumulo di competenza regionale*” in presenza di sbarramenti di ritenuta è richiesto di determinare le caratteristiche dell’onda di piena conseguente ad ipotetico collasso dello sbarramento e di individuare le aree soggette ad allagamento ai fini della Protezione Civile.

Il valore della portata massima dovuta a cedimento dello sbarramento, come prescritto dal citato capitolo, può essere valutata utilizzando metodologie di simulazione numerica oppure tramite il seguente metodo semplificato:

$$Q_{Crollo} = K \cdot L \cdot H^{3/2}$$

dove:

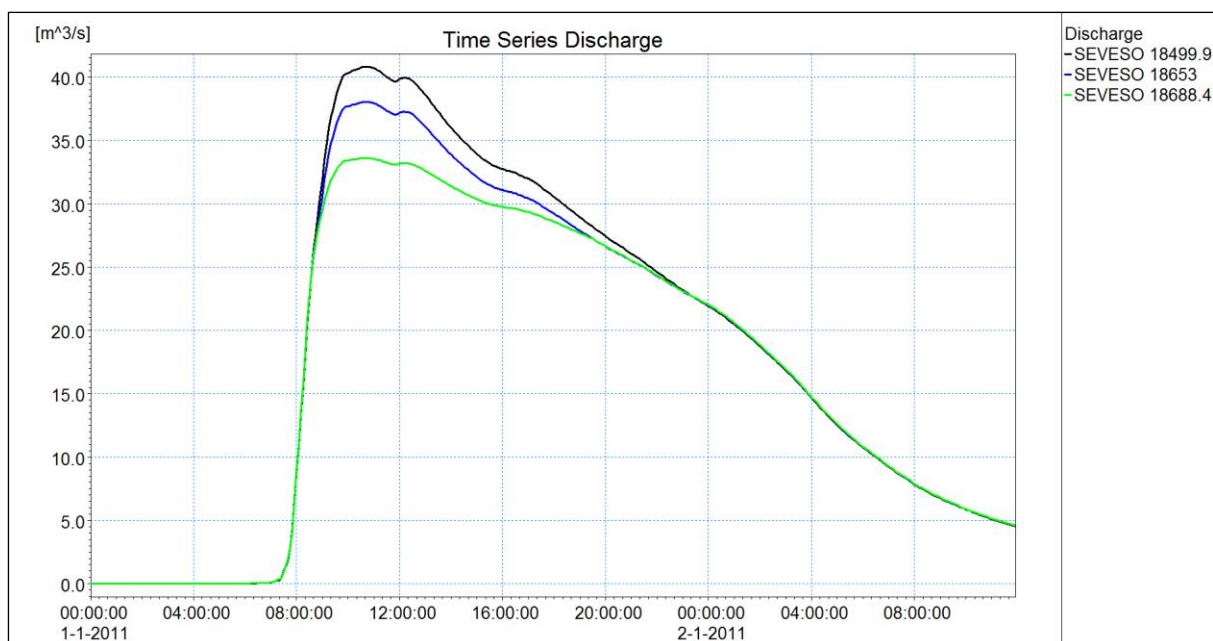
- ✓  $Q_{Crollo}$  = portata in m<sup>3</sup>/s da considerare per l'individuazione delle aree soggette ad allagamento conseguente al crollo dello sbarramento;
- ✓  $L$  (m) = lunghezza dell'intero coronamento; nel caso in oggetto ciò è rappresentato dalla larghezza del manufatto che sostiene la paratoia di regolazione, che è pari a 7 m;
- ✓  $H$  (m) = altezza in metri dello sbarramento; nel caso in oggetto tale valore è rappresentato dalla differenza dei livelli idrici a monte e a valle della paratoia, pari a 1.5 m;
- ✓  $K$  = coefficiente moltiplicativo assunto pari a 0.75, in conformità a quanto prescritto dal citato paragrafo per uno sbarramento in muratura.

Dall'applicazione della formula si ottiene che la portata  $Q_{Crollo}$  è pari a 9.6 m<sup>3</sup>/s.

Tale valore di portata si somma alla portata proveniente da monte, in assenza di paratoia.

Nella Figura 2 è riportata la ripartizione delle portate in corrispondenza dell'opera di presa, senza la paratoia di regolazione.

Pertanto, la portata al colmo che prosegue verso valle è pari a 43.3 m<sup>3</sup>/s, ottenuto come sommatoria tra la portata di 33.7 m<sup>3</sup>/s, portata al picco dell'idrogramma a valle delle soglie di sfioro, e la portata di crollo, pari a 9.6 m<sup>3</sup>/s.



**Figura 2 – Idrogramma di piena centennale in corrispondenza dell'opera di derivazione senza paratoia (linea nera: idrogramma a monte; linea blu: idrogramma a valle della soglia di derivazione; linea verde: idrogramma a valle sfioro di emergenza).**

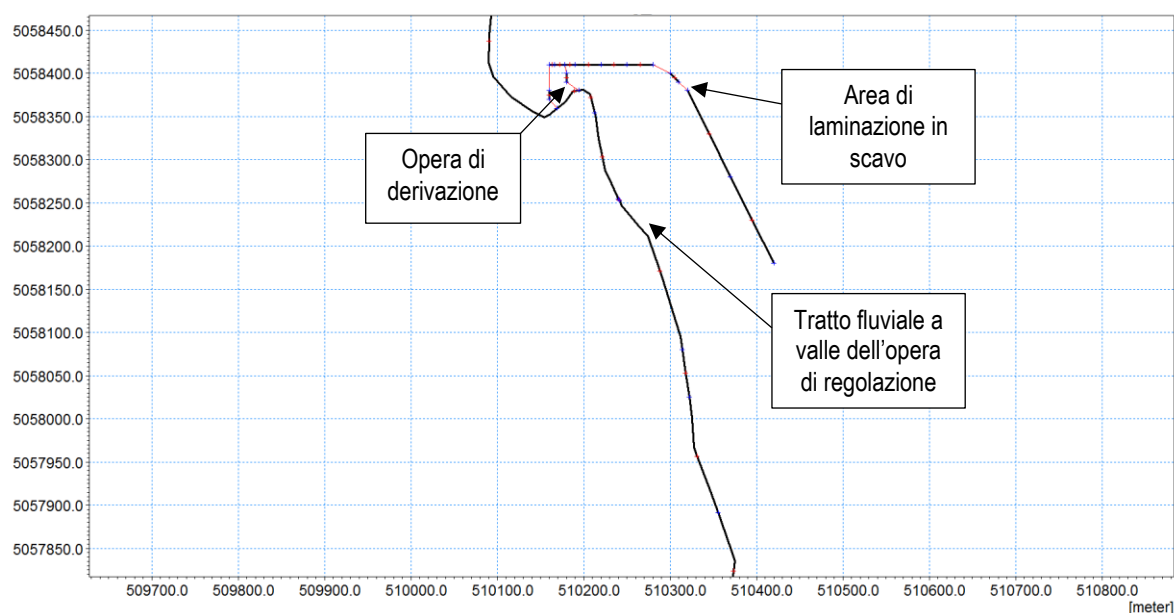
## 2.2 DETERMINAZIONE DELLE CONDIZIONI DI RISCHIO

La determinazione delle condizioni di rischio in seguito al collasso dell'opera di derivazione, per un tratto pari ad oltre 400 m, è stata ottenuta mediante modellazione numerica con specifico software di calcolo monodimensionale MIKE11.

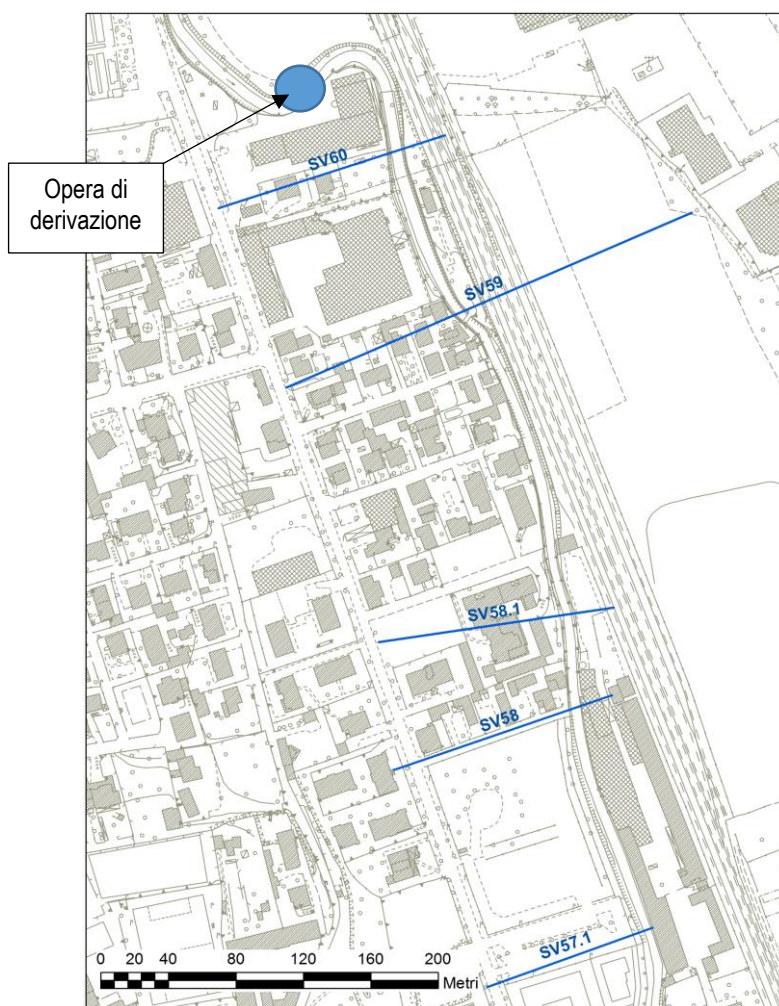
Le informazioni topografiche a disposizione a cui ci si è riferiti per implementare il modello sono le seguenti:

- 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.

Di seguito si riporta lo schema del modello di calcolo.

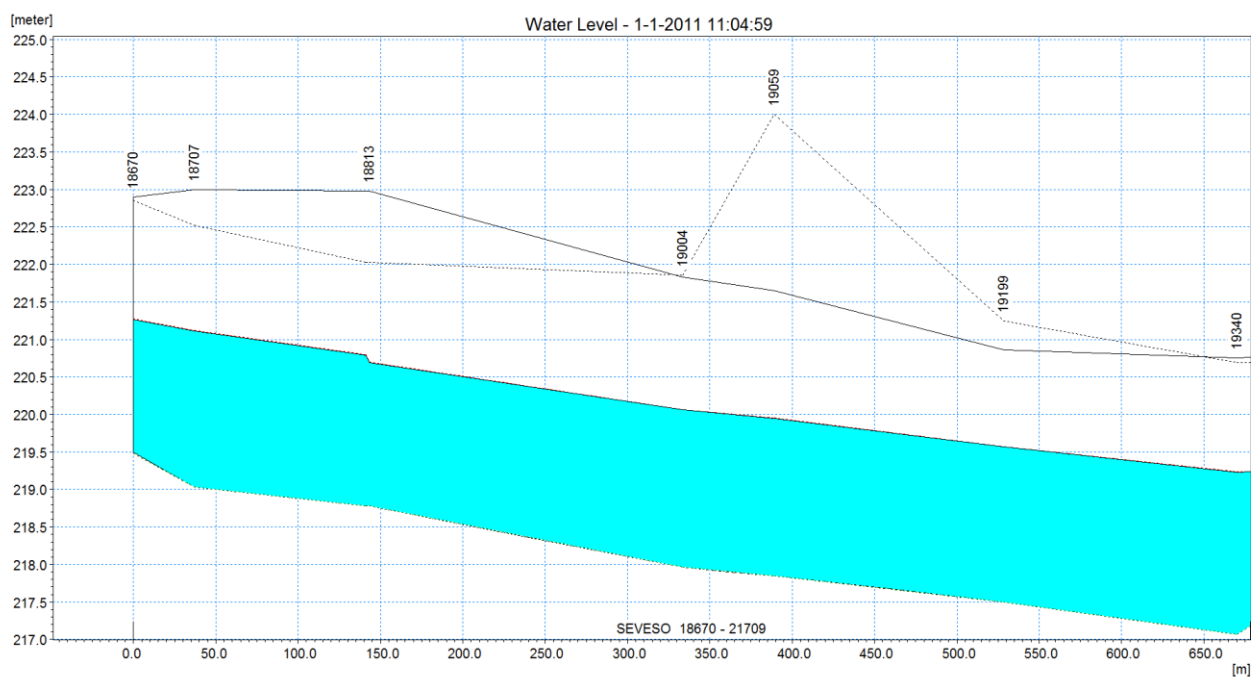


**Figura 3 – Stralcio planimetrico del modello di calcolo monodimensionale**

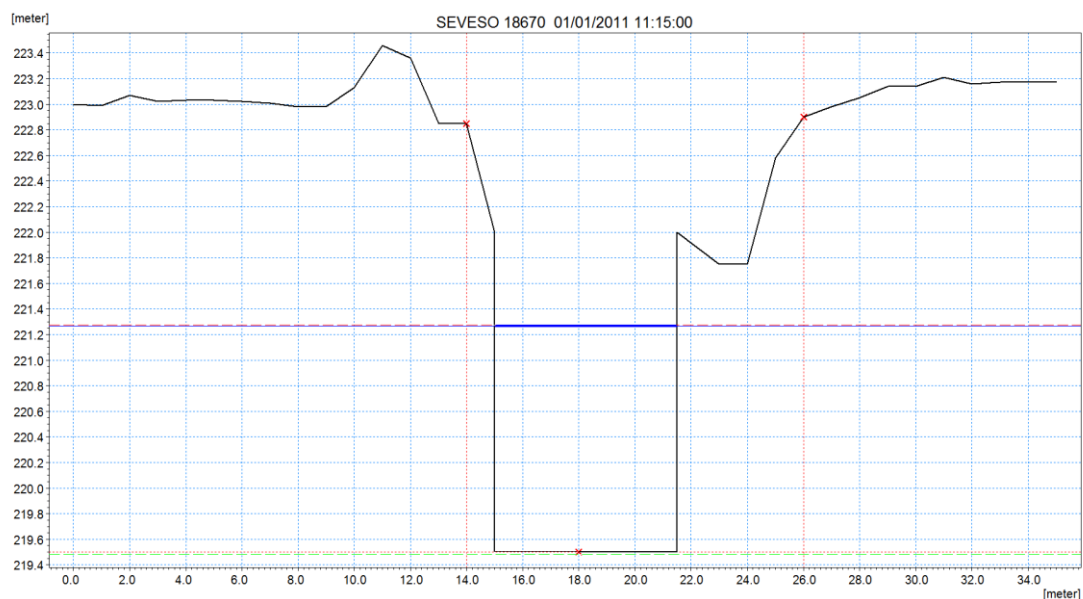


**Figura 4 – Stralcio planimetrico con indicazione delle sezioni del modello monodimensionale**

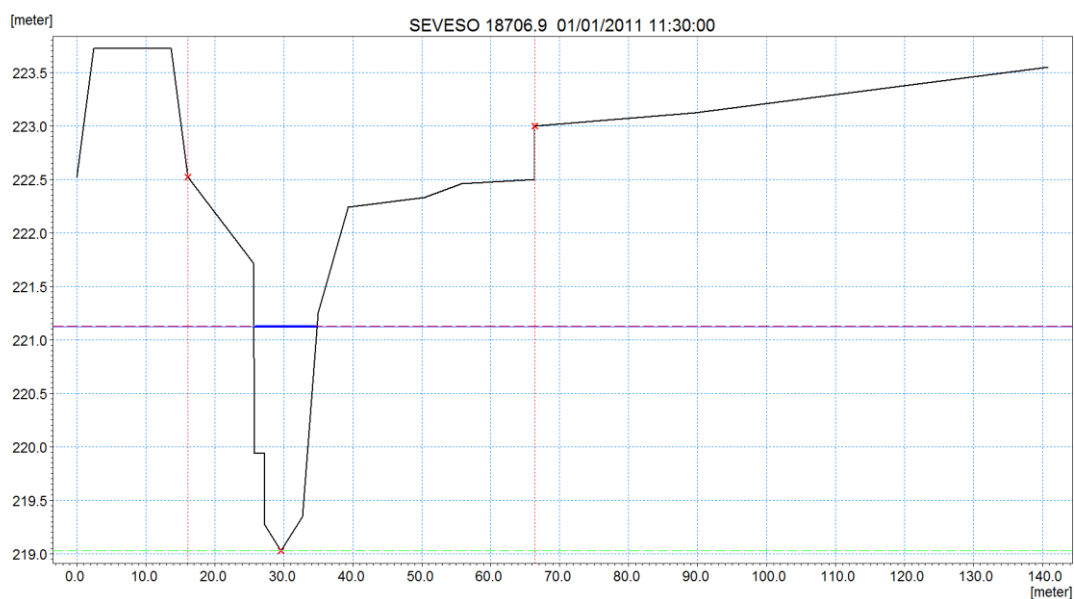
Di seguito si riportano i risultati del calcolo effettuato; in particolare si riporta il profilo longitudinale ed il livello in corrispondenza delle sezioni di calcolo poste a valle dell'opera di derivazione, in corrispondenza della portata pari a  $43.3 \text{ m}^3/\text{s}$ .



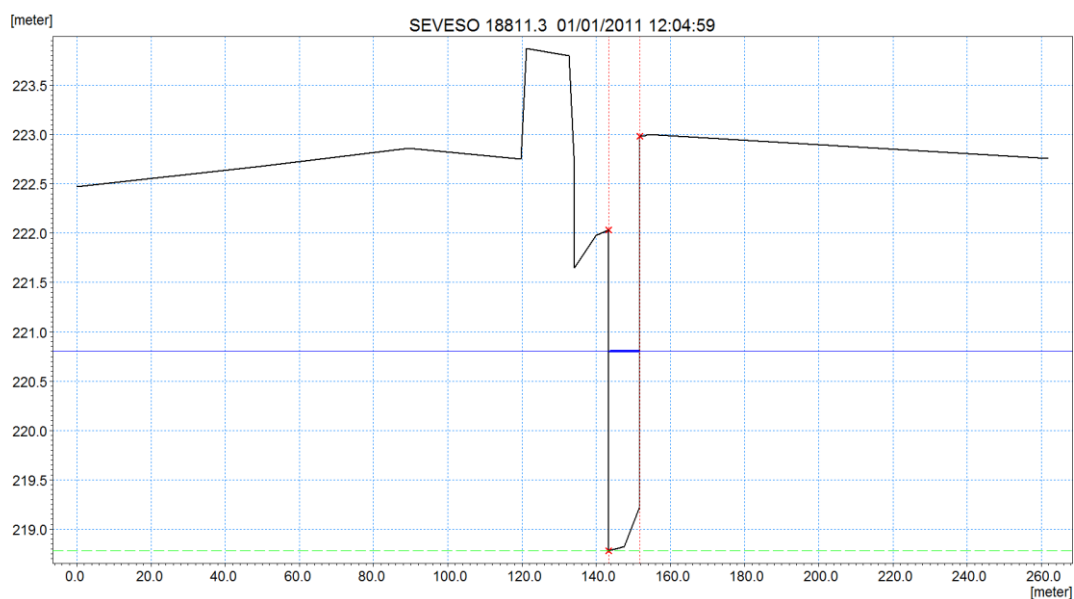
**Figura 5 – Profilo longitudinale con riportato l'andamento del pelo libero corrispondente alla portata di crollo pari a 43.3 m³/s (le linee nere rappresentano le sponde dell'alveo)**



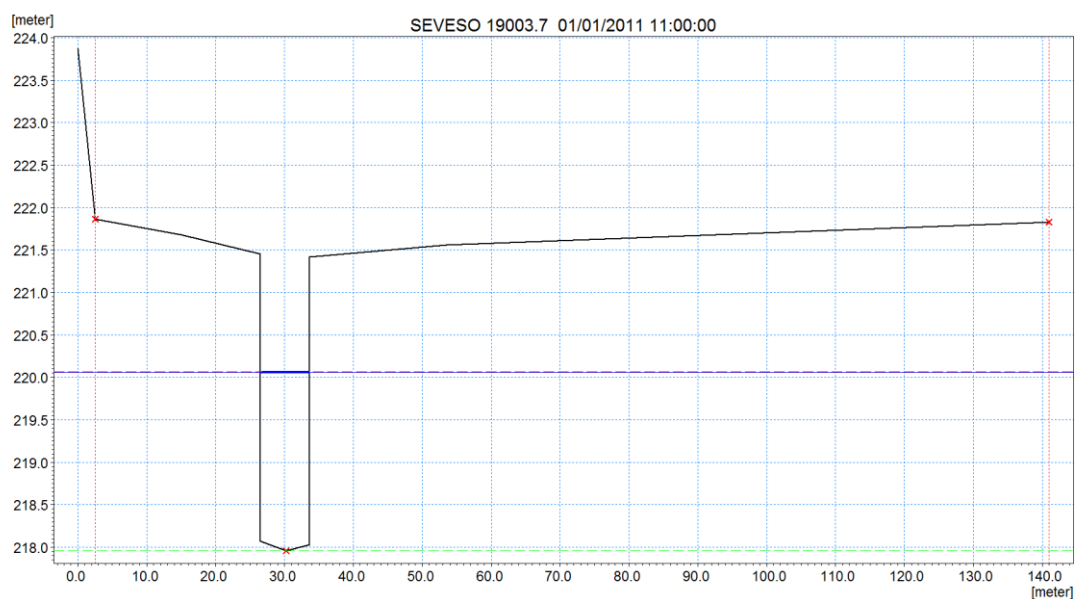
**Figura 6 – Sezione a valle paratoia con riportato l'andamento del pelo libero corrispondente alla portata di crollo pari a 43.3 m³/s**



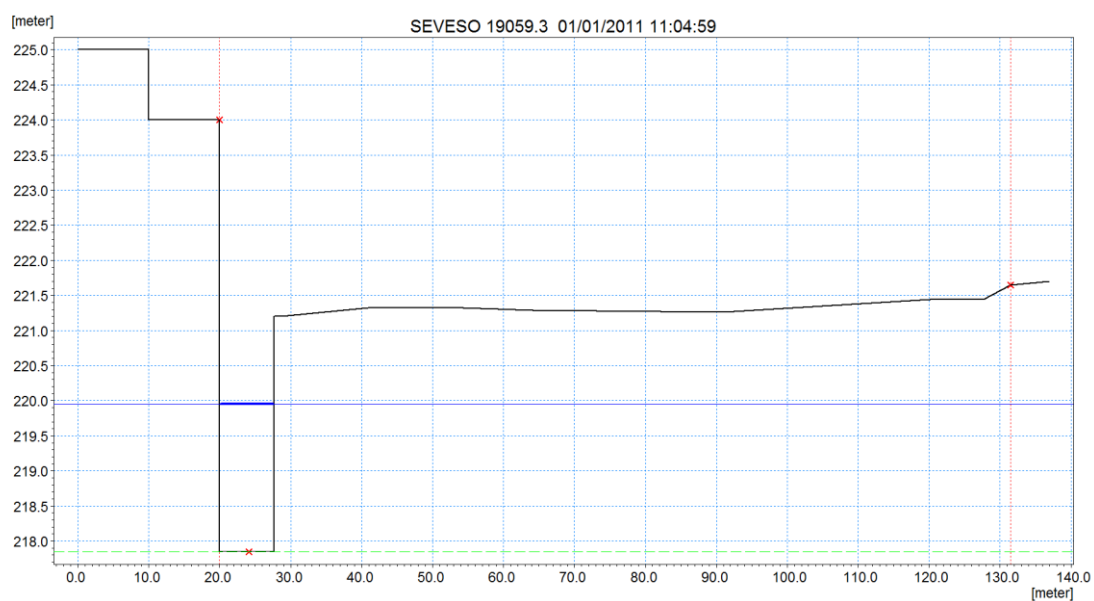
**Figura 7 – Sezione SV-60 con riportato l'andamento del pelo libero corrispondente alla portata di crollo pari a 43.3 m<sup>3</sup>/s**



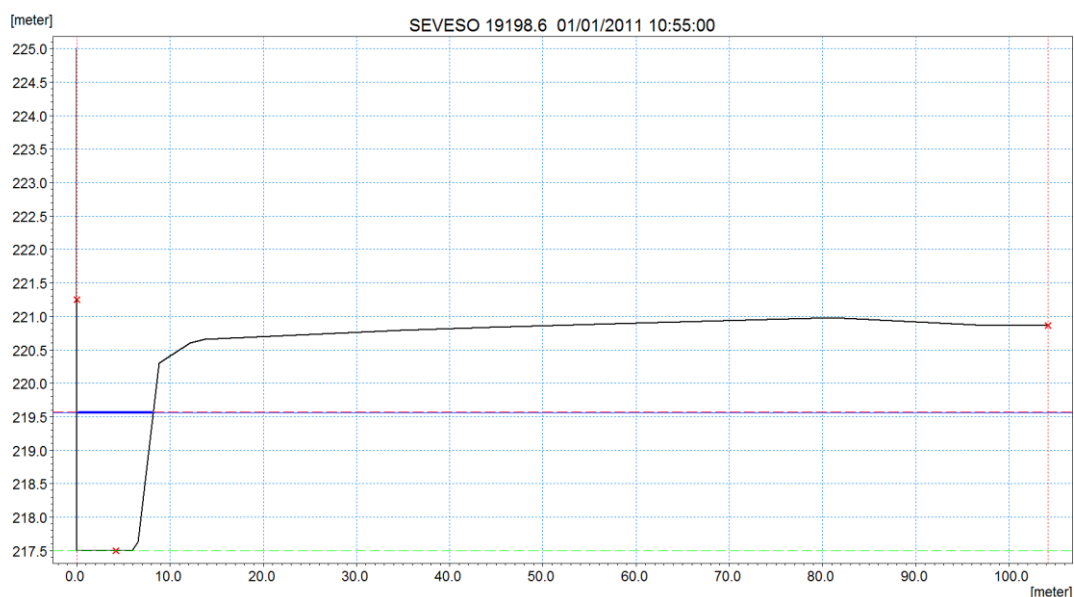
**Figura 8 – Sezione SV-59 con riportato l'andamento del pelo libero corrispondente alla portata di crollo pari a 43.3 m<sup>3</sup>/s**



**Figura 9 – Sezione SV-58.1 con riportato l'andamento del pelo libero corrispondente alla portata di crollo pari a 43.3 m<sup>3</sup>/s**



**Figura 10 – Sezione SV-58 con riportato l'andamento del pelo libero corrispondente alla portata di crollo pari a 43.3 m<sup>3</sup>/s**



**Figura 11 – Sezione SV-58 con riportato l'andamento del pelo libero corrispondente alla portata di crollo pari a 43.3 m³/s**

Nel caso in esame, osservando i risultati ottenuti, si evince che l'ipotetico crollo dell'opera di regolazione dell'invaso di laminazione in progetto non costituisce pericolo per la pubblica incolumità, nei confronti degli insediamenti, delle attività e delle infrastrutture situate a valle.

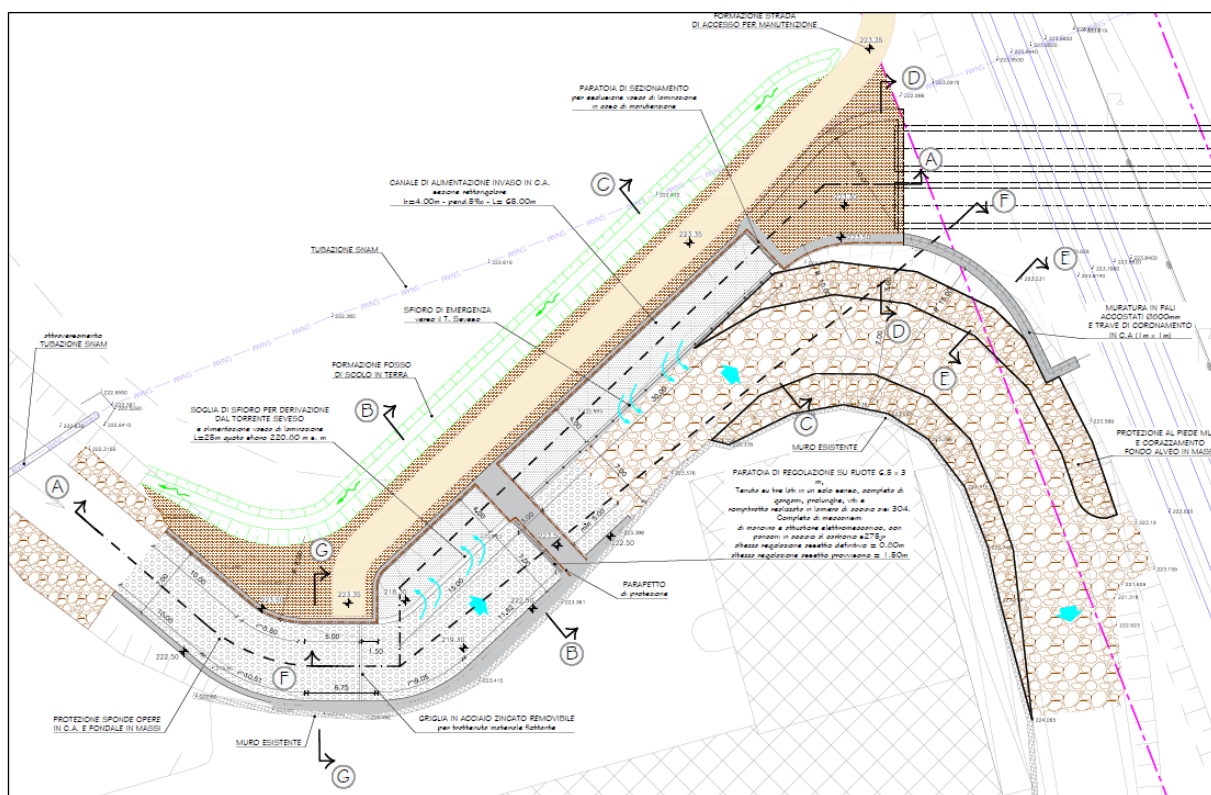
### **3. CRITERIO 2) DELL'ART. 6.2 DEL D.G.R. 3699/2001**

Il secondo criterio dell'art. 6.2 richiede che le strutture di ritenuta non devono essere vulnerabili in caso di tracimazione durante una piena; in particolare, essendo l'opera di derivazione della vasca di laminazione di Lentate in muratura di calcestruzzo essa non deve subire danni dalla eventuale tracimazione.

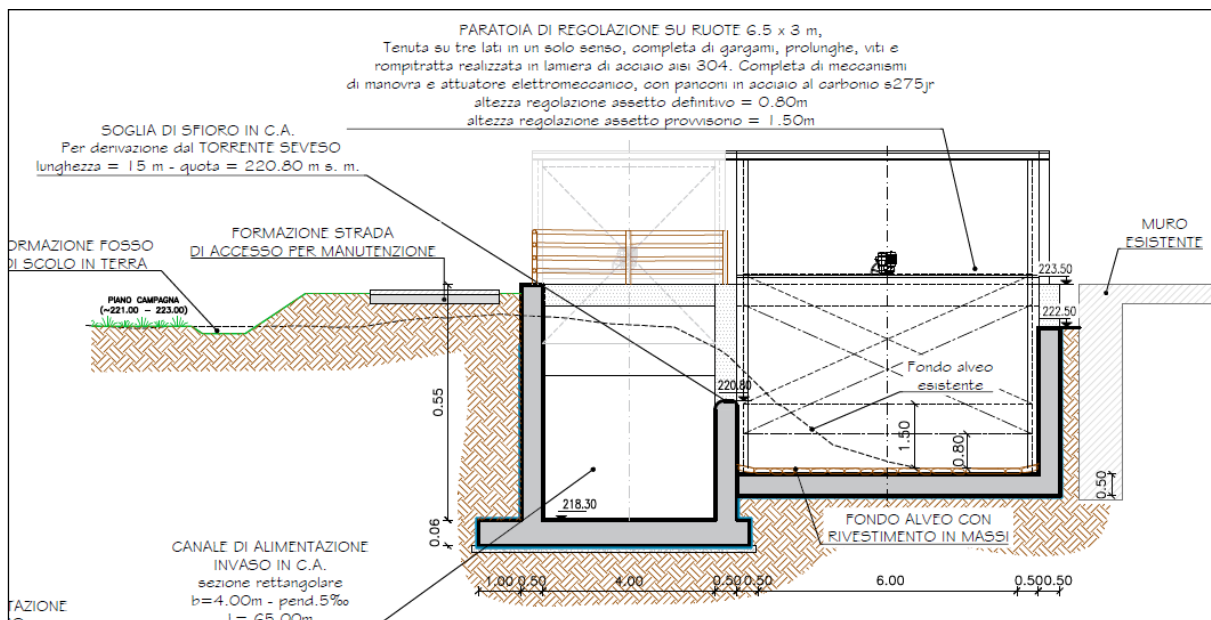
L'opera di derivazione è costituita da uno sfioratore laterale del tipo a stramazzo, composto da una soglia fissa in c.a. con il ciglio posto alla quota di 220.80 m s.m., avente una lunghezza pari a 15 m. In corrispondenza dello sfioratore il Seveso è caratterizzato da una quota di fondo pari a circa 219.50 m s.m., per cui l'altezza della soglia di sfioro sul fondo alveo è pari a 1.3 m.

Lungo il Seveso, dopo la soglia sfiorante è prevista la formazione di una sezione di controllo idraulico senza restringimenti laterali mediante l'interposizione di una paratoia piana in acciaio inox di dimensioni 6.5 x 3.0 m, finalizzata a creare un restringimento di sezione per limitare la portata defluente verso valle e rendere più efficiente il sopracitato sfioratore laterale dell'opera

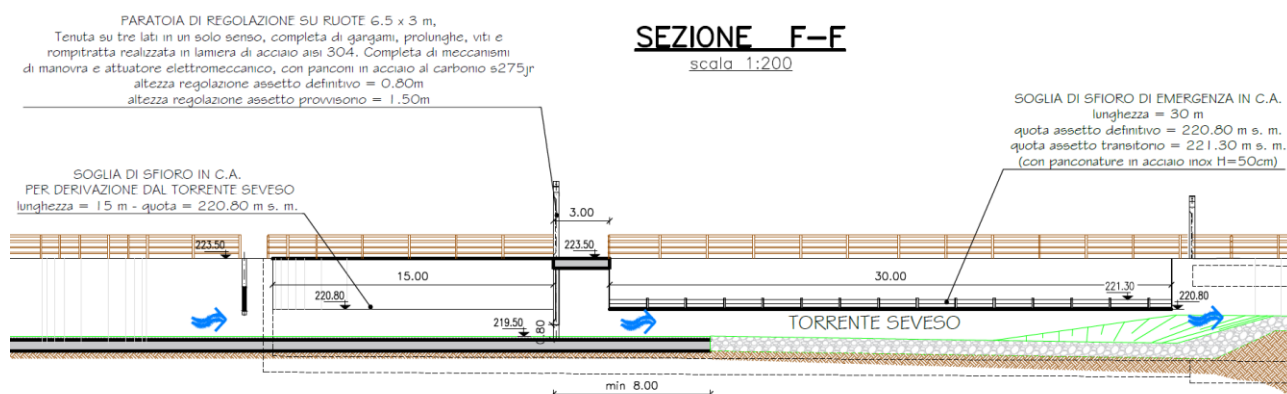
di presa.



**Figura 12 – Planimetria di progetto dell'opera di presa dal T. Seveso**



**Figura 13 – Sezione trasversale di progetto dell'opera di presa dal T. Seveso a monte della paratoia di regolazione, in corrispondenza della soglia di sfioro**



**Figura 14 – Sezione longitudinale di progetto dell’opera di presa dal T. Seveso**

La soglia di sfioro laterale, caratterizzata da una quota di sommità pari a 220.80 m s.m. è progettata e dimensionata per essere tracimata durante l’evento di piena, quindi non subisce dei danni a causa della sua tracimazione.

La paratoia posta lungo il T. Seveso a valle dello sfioratore laterale ha una quota di sommità pari a 223.30 m s.m., mentre il livello idrico a monte per la piena di progetto centennale è pari a 222.15 m s.m., per cui essa non viene tracimata.

#### **4. CRITERIO 3) DELL’ART. 6.2 DEL D.G.R. 3699/2001**

Il terzo criterio dell’art. 6.2 richiede che gli organi di scarico di superficie debbono essere a soglia fissa, privi di organi mobili di intercettazione o regolazione e debbono essere in grado di smaltire completamente la portata di progetto, e tali da non essere soggetti ad ostruzione.

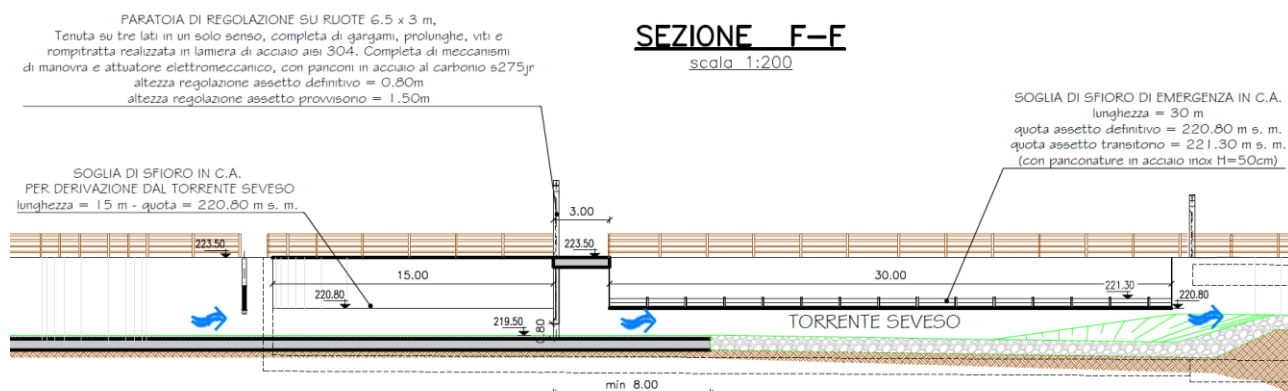
La soglia di sfioro dello scarico di superficie della vasca di laminazione in scavo è posta lungo il canale di alimentazione dell’invaso, appena a valle della soglia di sfioro dell’opera di presa dal T. Seveso. Tale soglia svolge la funzione di recapitare in Seveso, a valle della paratoia di regolazione dell’opera di presa, le portate di piena che eccedono la capacità di vaso.

Lo sfioro è costituito da una soglia laterale in c.a. del tipo a stramazzo, con il ciglio posto alla quota di 220.80 m s.m. (pari alla quota della soglia di sfioro dell’opera di presa), avente una lunghezza pari a 30 m.

La soglia è fissa ed è priva di organi mobili ed è in grado di smaltire, come dimostrato nella relazione idrologico – idraulica del progetto definitivo (elaborato A.3.1., par. 4.4), l’intera portata di progetto che alimenta l’invaso di laminazione.

La lunghezza della soglia è pari a 30 m e non è chiusa superiormente da nessuna soletta, quindi

non è soggetta ad ostruzione.



**Figura 15 – Sezione longitudinale con indicazione dello sfioratore di superficie (o soglia di emergenza)**

## 5. CRITERIO 4) DELL'ART. 6.2 DEL D.G.R. 3699/2001

Il quarto criterio dell'art. 6.2 richiede che l'assetto idrogeologico complessivo deve essere tale da escludere rischi apprezzabili alle popolazioni, alle attività poste a valle dell'invaso.

L'invaso in oggetto è un'opera di laminazione, parte integrante di un sistema di invasi distribuiti lungo tutta l'asta del torrente Seveso. L'opera di laminazione in scavo a Lentate ha un volume di laminazione pari a 808'000 m<sup>3</sup>, mentre la sommatoria di tutti i volumi di invaso previsti è pari a 4'760'000 m<sup>3</sup> e sono così suddivisi:

- Aree di laminazione nella porzione più settentrionale del bacino del Seveso: 150'000 m<sup>3</sup>;
- Aree di laminazione nei comuni di Vertemate con Minoprio, Carimate e Cantù: 522'000 m<sup>3</sup>;
- Aree di laminazione in Comune di Lentate sul Seveso: 828'000 m<sup>3</sup>;
- Area di laminazione nei comuni di Varedo, Paderno D. e Limbiate: 2'200'000 m<sup>3</sup>;
- Area di laminazione in Comune di Senago: 810'000 m<sup>3</sup>;
- Area di laminazione in Comune di Milano: 250'000 m<sup>3</sup>.

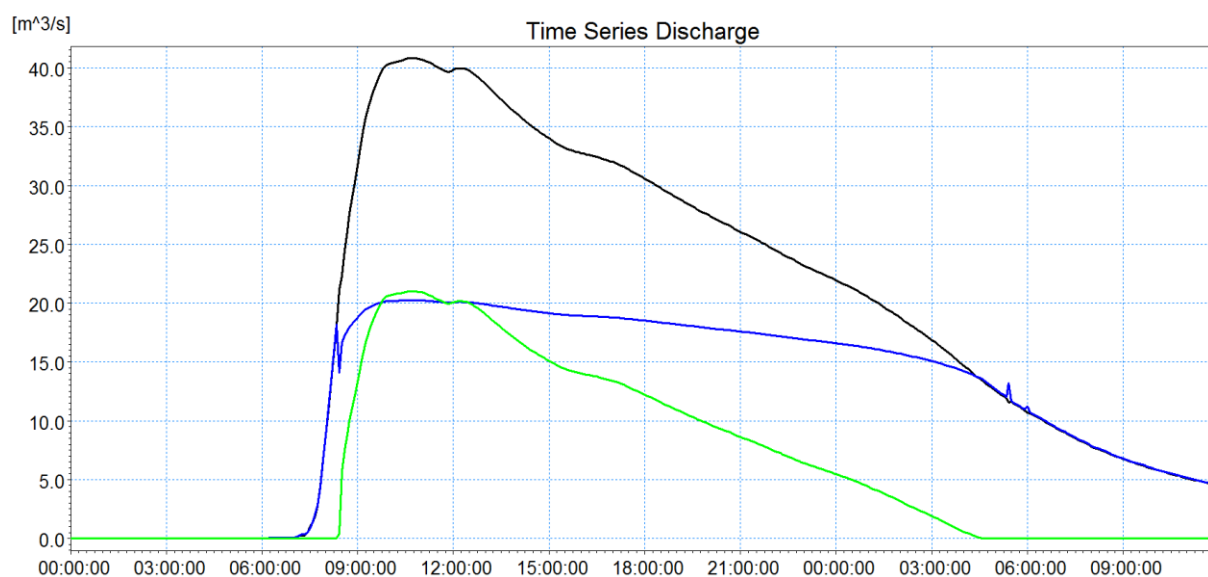
L'invaso in oggetto, essendo un'opera di laminazione, contribuisce alla riduzione della portata di piena del T. Seveso verso valle e quindi rappresenta un elemento che concorre a ridurre il rischio idraulico da esondazione per le popolazioni e le attività poste a valle.

Nella figura seguente (Figura 16) sono riportati gli idrogrammi di piena relativi alle tre sezioni di interesse: monte opera di presa, valle opera di presa e ingresso nell'area di laminazione.






Si osserva che con la presenza dell'opera di laminazione di Lentate la portata di piena

centennale nell'assetto di progetto si riduce a circa la metà (da 41 a 20 m<sup>3</sup>/s).

Al termine dell'evento di piena l'invaso di laminazione viene svuotato nel T. Seveso, mediante una stazione di sollevamento dimensionata per una portata massima pari a 5.8 m<sup>3</sup>/s, che non indice nessuna criticità verso valle.



**Figura 16 – Idrogrammi relativi al sistema idraulico della vasca di laminazione di Lentate sul Seveso (T=100 anni) – assetto di progetto a monte dell'area di laminazione (linea nera: monte opera di presa, linea blu: valle opera di presa, linea verde: ingresso area di laminazione – V= ~808'000 m<sup>3</sup>)**

	A.T.P.: 	<i>Studio Associato di Geologia Spada</i>		Consulenti: 	
---	--	---	--	--	---

Milano, novembre 2016

#### I PROFESSIONISTI INCARICATI:

ETATEC STUDIO PAOLETTI s.r.l.

Dott. Ing. Giovanni Battista Peduzzi

STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI

Prof. Ing. Alessandro Paoletti

STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA SPADA

Dott. Geol. Mario Spada