

# AREA DI LAMINAZIONE DEL TORRENTE SEVESO nei Comune di Varedo e Bovisio Masciago (MB) - MI-E-795

## PROGETTO DEFINITIVO

NOVEMBRE 2014

### PROGETTISTI:

ING. GAETANO LA MONTAGNA  
ING. SARA MELONE

### COLLABORATORI ALLA PROGETTAZIONE:

GEOM. MAURO MARCONE  
DOTT. ALESSANDRO MORGESE

### GEOLOGIA:

DOTT. CRISTIAN MORGANTI

### RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

ING. LUIGI MILLE

### SUPPORTO ALLA 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. MARCO MIOLO

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**

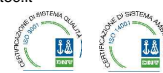
Via Donizetti 17 24020 Ranica (BG)

tel: +39 035 516090 - +39 035 513738

Vicolo Manzoni 3 27038 Robbio (PV)



Sistema Certificato  
UNI EN ISO 9001  
SC 08-647/EA 34



### 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 09/1017



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

SCALA

## RELAZIONE TECNICA GENERALE

Revisioni

1

2

Numero  
elaborato

TIPOLOGIA

PD

COMMESSA

MI-E-795

DOCUMENTO

AT

NUMERO

A.1

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE						Consulenti:	
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTING PARTNERS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

## INDICE

1.	PREMESSA.....	4
2.	CARATTERISTICHE IDROLOGICO-IDRAULICHE DEL TORRENTE SEVESO .6	
2.1	ASSETTO ATTUALE .....	6
2.2	MODELLAZIONE IDRODINAMICA DEL F. SEVESO .....	11
2.2.1	Parametri del modello .....	13
2.2.2	Tempo di ritorno di riferimento del progetto .....	14
2.2.3	Risultati del modello .....	15
2.3	EFFETTI DELLE POLITICHE DI “INVARIANZA IDRAULICA” E DI DRENAGGIO URBANO SOSTENIBILE (LAMINAZIONI E INFILTRAZIONI “URBANE” DIFFUSE E CONCENTRATE).19	
2.4	ASSETTO DI PROGETTO DEL F. SEVESO.....	20
2.4.1	Laminazioni golenali a Vertemate con Minoprio (volumi invasabili 120.500 m <sup>3</sup> ).....	25
2.4.2	Laminazioni golenali a Cermenate e Cantù (volumi invasabili 126.500 m <sup>3</sup> )26	
2.4.3	Laminazione nella vasca in scavo di Lentate sul Seveso (volume invasabile 815.000 m <sup>3</sup> ).....	27
2.4.4	Laminazione nella vasca in scavo di Varedo (volume invasabile 1.500.000 m <sup>3</sup> ).....	28
2.4.5	Laminazione nella vasca in scavo di Paderno Dugnano (volume invasabile 930.000 m <sup>3</sup> ).....	29
2.5	PORTATA E VOLUME DI RIFERIMENTO PER IL DIMENSIONAMENTO DELL’INVASO DI LAMINAZIONE DI VAREDO .....	30
2.5.1	Analisi evento per T=100 anni.....	31
3.	CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA VASCA DI LAMINAZIONE DI VAREDO 35	
3.1	VASCA DI LAMINAZIONE .....	35
3.1.1	Caratteristiche dell’invaso .....	35
3.1.2	Quota di coronamento delle arginature perimetrali .....	38
3.2	OPERA DI PRESA .....	40
3.2.1	Configurazione dell’opera di presa nell’assetto attuale .....	42
3.3	CONDOTTI DI ALIMENTAZIONE DELL’INVASO .....	42

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE						Consulenti:	
 Agencia Interregionale per il fiume Po	 STUDIO PAOLETTI	 INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon		Prof. Dott. V. Mezzanotte

3.4	STAZIONE DI SOLLEVAMENTO PER LO SCARICO DEI VOLUMI INVASATI.....	44
3.5	OPERE CONNESSE ALL'INTERAZIONE TRA LA FALDA FREATICA E L'INVASO .....	46
3.6	OPERE DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA .....	47
4.	QUALITÀ DELLE ACQUE DEL T. SEVESO.....	48
4.1	CARATTERIZZAZIONE QUALITATIVA DEL T. SEVESO .....	48
4.1.1	Valutazione dei carichi inquinanti .....	52
4.1.2	Fauna ittica.....	53
4.2	CAMPAGNA DI MONITORAGGIO QUALITATIVO DEL T. SEVESO E DEL CSNO DA MARZO A SETTEMBRE 2014 .....	53
4.2.1	Premessa .....	53
4.2.2	Siti di indagine .....	54
4.2.3	Stazioni di monitoraggio in continuo.....	54
4.2.4	Analisi della qualità dei campioni delle acque e dei sedimenti del T. Seveso e del CSNO.....	58
4.2.5	Analisi complessiva degli eventi monitorati.....	59
4.3	I METALLI NEI SEDIMENTI ACCUMULATI NEL CSNO.....	60
4.4	I METALLI NELLE ACQUE DEL T. SEVESO .....	65
4.5	CONSIDERAZIONI IN TEMPO ASCIUTTO .....	66
4.6	PRIME CONCLUSIONI .....	67
5.	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE-IDROGEOLOGICHE E GEOTECNICHE..	69
5.1	GEOMORFOLOGIA E STRUTTURA GEOLOGICA .....	69
5.2	ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA ED IMPATTO DELLE OPERE .....	70
5.3	POZZI AD USO POTABILE E QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE.....	76
5.4	SISTEMA DI MONITORAGGIO IDROGEOLOGICO .....	78
5.5	SONDAGGIO GEOGNOSTICO E PROVE S.P.T. IN FORO.....	79
5.6	ANALISI SISMICA LOCALE.....	81
5.7	MODELLO GEOLOGICO E GEOLOGICO TECNICO DEL SUOLO.....	82
5.8	STABILITÀ DELLE SCARPATE .....	85
5.8.1	Verifiche di Stabilità delle scarpate .....	85
5.8.2	Verifiche di scivolamento dei terreni di copertura del telo bentonitico ....	87
6.	PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI .....	88
6.1	CABINA DI TRASFORMAZIONE .....	88
6.2	SALA QUADRI BASSA TENSIONE.....	88
6.3	CARATTERISTICHE PRINCIPALI .....	89
6.4	RETE DI TERRA .....	90
6.5	IMPIANTO DI RIVELAZIONE INCENDI E PULSANTE DI SGANCIO.....	91
7.	OPERE DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA .....	92

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

7.1	STRATEGIE DI PROGETTO.....	92
7.2	IL PROGETTO DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA .....	94
7.3	OPERE DI MITIGAZIONE.....	95
8.	STIMA DEGLI ONERI DI ESPROPRIO .....	96
9.	QUADRO ECONOMICO DEL PROGETTO .....	97
9.1	IMPORTO DEI LAVORI .....	97
9.2	SOMME A DISPOSIZIONE DELLA STAZIONE APPALTANTE.....	97
9.3	SINTESI DEL QUADRO ECONOMICO .....	98
10.	ELENCO ELABORATI DEL PROGETTO DEFINITIVO.....	100



PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE									
 AIPO <small>Agenzia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND <small>LANDSCAPE ARCHITECTS</small>	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>		

## 1. PREMESSA

La presente relazione presenta sinteticamente tutti i vari aspetti che caratterizzano il Progetto Definitivo della vasca di laminazione del T. Seveso in Comune di Varedo.

I precedenti studi e progetti posti a base della progettazione sono stati:

- “*Studio di Fattibilità della Sistemazione idraulica dei corsi d’acqua naturali ed artificiali all’interno dell’ambito idrografico di pianura Lambro – Olona*” approntato nel 2004 dall’Autorità di Bacino del fiume Po (d’ora in poi denominato *Studio-AdBPo-2004*);
- “*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*), 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;
- “*Progetto definitivo della vasca di laminazione sul fiume Seveso in Comune di Senago (MI)*” in data ottobre 2014, redatto dalla RTP composta dalla società ETATEC STUDIO PAOLETTI s.r.l., STUDIO PAOLETTI Ingegneri Associati, Studio Associato di Geologia Spada e Dott. Ing. Chiara Tonetto su incarico di AIPO.

Poiché la vasca di laminazione di Varedo di cui tratta il presente progetto è una componente fondamentale del sistema complessivo di controllo delle piene del Seveso previsto nei suddetti *Studio AdBPo-2004* e *Studio AIPO-2011*, articolato su una successione di vasche di laminazione poste lungo l’asta principale del Seveso e lungo il Canale Scolmatore Nord-Ovest, la progettazione è stata condotta in modo da rispettare i criteri e gli obiettivi generali ivi indicati, che vengono più oltre dettagliatamente richiamati.

È anche da ricordare che nello *Studio AIPO-2011* sono state individuate ulteriori possibilità di laminazione lungo il Seveso e lungo i suoi affluenti principali Certesa e Terrò. La corografia generale allegata al presente progetto indica pertanto sia le opere di laminazione strategiche, tra le quali rientra anche quella di Varedo di cui trattasi, sia le altre ritenute non ottimali e/o comunque secondarie.

Sono in corso con il Comune di Varedo analisi di alternative di localizzazione e configurazione delle opere che potranno portare ad eventuali modifiche progettuali, pur

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE							
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

sempre coerenti con i criteri e gli obiettivi generali di riassetto idraulico del fiume Seveso indicati nello *Studio AdBPo-2004* e nello *Studio AIPO-2011*.

Nel capitolo 2 vengono presentate le caratteristiche idrologico-idrauliche del torrente Seveso e il connesso inquadramento dell'invaso di laminazione di Varedo di cui al presente progetto.

Nel capitolo 3 sono analizzate le caratteristiche tecniche della vasca di laminazione in Comune di Varedo e delle opere accessorie.

Nel capitolo 4 vengono riportate sinteticamente la descrizione e le considerazioni relative alle analisi chimico-fisiche effettuate per valutare lo stato qualitativo delle acque del torrente Seveso al fine di quantificare l'impatto che l'accumulo di tali acque potrebbe generare sulle zone di invaso.

Nel capitolo 5 sono riassunti i ragionamenti ed i calcoli effettuati per la progettazione degli impianti elettrici a servizio delle opere accessorie della vasca di laminazione.

Nel capitolo 6 vengono descritte le opere di valorizzazione paesaggistica inserite nel progetto definitivo al fine di rendere ambientalmente compatibili la vasca di laminazione e le opere accessorie e, allo stesso tempo, rendere fruibile l'area occupata anche per scopi secondaria quello di protezione idraulica del territorio.

Nel capitolo 7 è sintetizzata la procedura che è stata utilizzata per la stima degli oneri di esproprio e viene riportata la quantificazione finale di tali oneri.

Nel capitolo 8 viene infine riportato il quadro economico del progetto, il quale viene analizzato e commentato nelle sue diverse parti.

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

## 2. CARATTERISTICHE IDROLOGICO-IDRAULICHE DEL TORRENTE SEVESO

Vengono qui riportate in modo riassuntivo le analisi idrologico-idrauliche e le simulazioni modellistiche dettagliatamente esposte 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), 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.

### 2.1 ASSETTO ATTUALE

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.

Nel panorama generale dell’ambito idrografico Lambro – Olona, il torrente 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

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LAND	Prof. Dott. V. Mezzanotte

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;

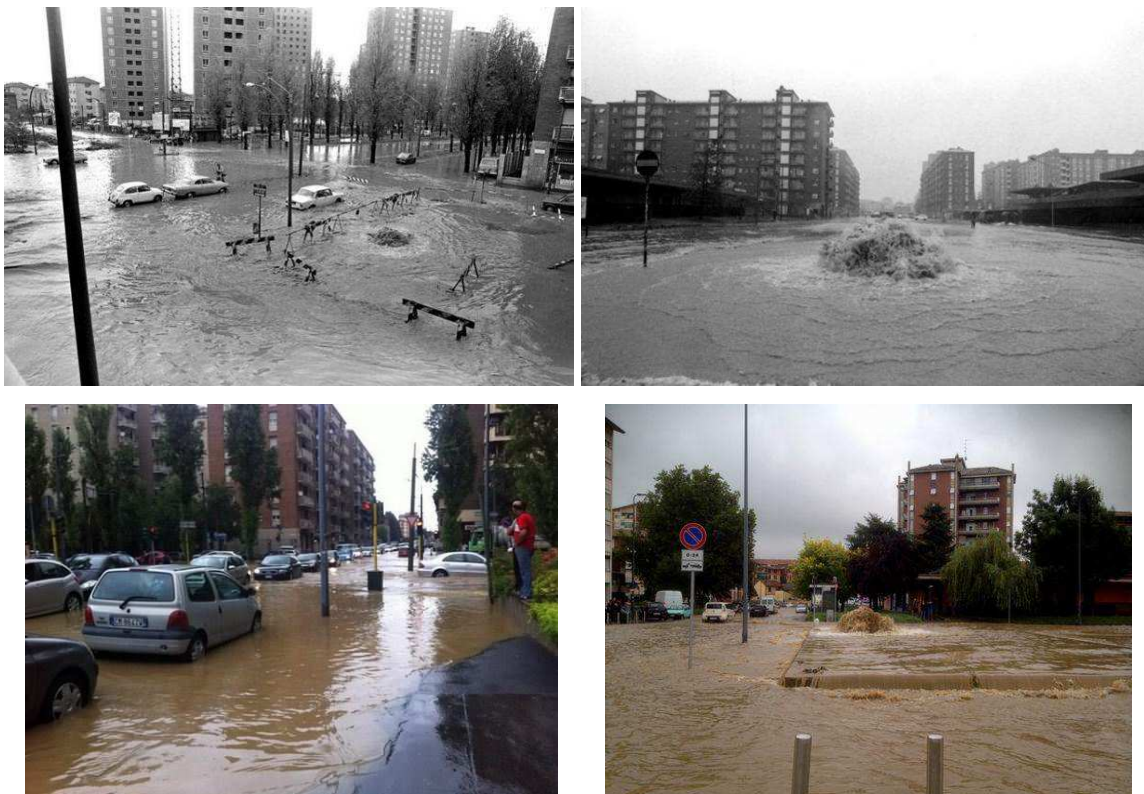
- la capacità idraulica sopra riportata è appena sufficiente al drenaggio delle acque meteoriche urbane dell’hinterland per eventi che non superino i 2 anni di tempo di ritorno;
- il corso d’acqua, nel percorso in Milano, non presenta sezioni a cielo aperto;
- la rilevanza del grado di urbanizzazione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

Secondo i dati disponibili, a Milano dal 1976 ad oggi si sono avute ben 104 esondazioni (in media 2,7 esondazioni all’anno). Negli ultimi anni sono stati particolarmente critici il 2010, durante il quale si sono verificate 8 esondazioni (03/05, 14/05, 23/07, 05/08, 12/08, 18/09, 01/11, 16/11), di cui particolarmente grave quella del 18 settembre, e il 2014, in quanto nel periodo 25 giugno ÷ 16 novembre si sono manifestate 8 esondazioni tra cui particolarmente gravose quelle dell’8 luglio e del 15-16 novembre nel corso delle quali si sono generate portate defluenti prossime a 100 anni di tempo di ritorno, che hanno causato diverse gravi situazioni di allagamento non solo a Milano – Niguarda ma anche in altri comuni lungo l’asta del Seveso.

Nelle foto seguenti si riportano alcune situazioni di allagamento in Milano nella zona di Niguarda negli anni ’70 e oggi (8 luglio 2014).

PROGETTISTI	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>



**Figura 1 – Allagamenti a Milano (sopra: anni '70; sotto: 8/7/2014)**

Entrando più nel dettaglio, 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

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					
		A.T.P.:					
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

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 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>.

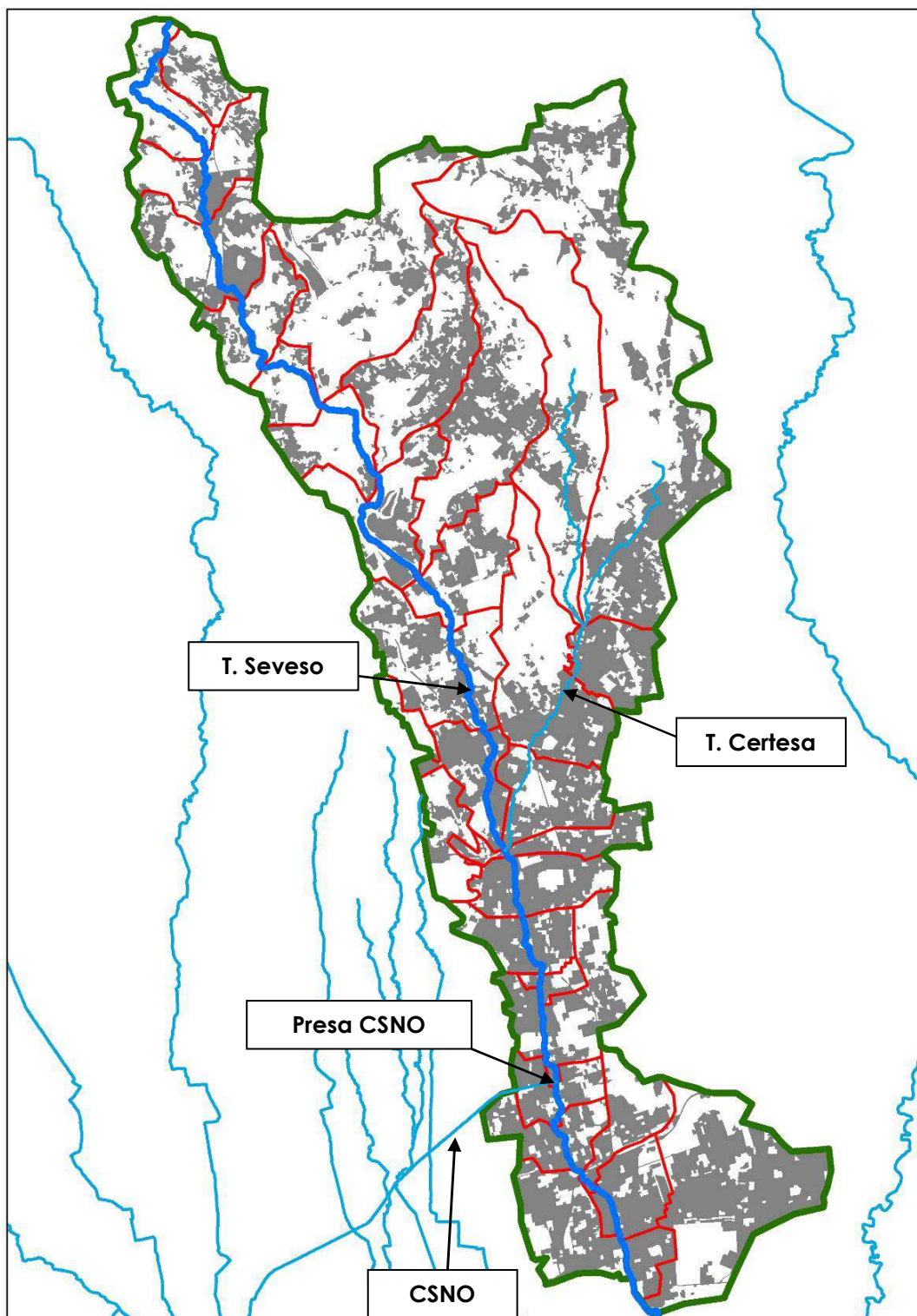
Se si considera poi come sezione di chiusura la presa del CSNO, ubicata a Palazzolo (Comune di Paderno Dugnano, ove vengono scolmate le portate di piena del T. Seveso, il bacino idrografico ha un'estensione di circa 190 km<sup>2</sup>, 76 dei quali di aree urbane (40%). Come differenza si ha che il bacino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



<p>PROGETTISTI</p>	<p>SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE</p>					
<p><b>AIPo</b> Agenzia Interregionale per il fiume Po</p>	<p><b>ETATEC</b> STUDIO PAOLETTI</p>	<p><b>STUDIO PAOLETTI</b> INGEGNERI ASSOCIATI</p>	<p><b>BETA studio</b> WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</p>	<p><i>Studio Associato</i> <i>Geologia Spada</i></p>	<p><i>Dott. Ing. A. Barbon</i></p>	<p>Consulenti:</p> <p><b>LAND</b></p> <p><i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i></p>



**Figura 2 – Bacino idrografico del T. Seveso (in rosso sono indicati i sottobacini del modello idrologico, mentre in grigio sono indicate le aree urbanizzate aggiornate al 2007)**

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:						
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>				

## 2.2 MODELLAZIONE IDRODINAMICA DEL F. SEVESO

Per poter rappresentare al meglio gli aspetti della dinamica fluviale che si sviluppa nell'asta principale del T. Seveso e nel CSNO in occasione delle piene, si è utilizzato il modello messo a punto nello Studio-AIPO-2011 basato sul codice di calcolo MIKE 11 del Danish Hydraulic Institute. Esso, infatti, comprende moduli idonei al caso in oggetto, in funzione del livello di conoscenza, peraltro assai elevato data l'ampiezza delle operazioni topografiche di campo incluse nello studio, della reale geometria dei manufatti e delle aree e sulle sue particolari calibrazioni attinenti sia agli aspetti inerenti la formazione delle piene nei sottobacini urbani e extraurbani sia ai processi idrodinamici di propagazione e invaso lungo il reticolo idrodinamico e le aree di esondazione e di laminazione.

Il modello 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.

Nella successiva Tabella 1 sono riportati i diversi sottobacini con i dati relativi a: superficie complessiva, estensione delle aree extraurbane, estensione delle aree urbanizzate, note (es. comuni interni al sottobacino, nome affluente). All'interno delle note è inoltre riportato il caso in cui il sottobacino contribuisce agli afflussi del T. Seveso solo per la componente urbana, attraverso la rete di drenaggio urbano e non contribuisce per la componente extraurbana, a causa dell'assenza di reticolo superficiale di recapito nel Seveso e di ridotte pendenze del piano campagna.

**Tabella 1 – Sottobacini del modello idrologico e loro caratteristiche principali**

<b>Nome sottobacino</b>	<b>Superficie totale [km<sup>2</sup>]</b>	<b>Superficie extraurb. [km<sup>2</sup>]</b>	<b>Superficie urbanizzata [km<sup>2</sup>]</b>	<b>Note</b>
SEV 1a	2.97	1.84	1.13	Cavallasca, San Fermo della Battaglia
SEV 1b	4.69	4.18	0.51	San Fermo della Battaglia, Montano Lucino
SEV 1c	3.00	1.57	1.43	Como, Montano Lucino
SEV 1d	2.49	1.78	0.71	Montano Lucino, Villa Guardia
SEV 2	6.89	3.27	3.62	Villa Guardia, Grandate Luisago, Casnate con Bernate
SEV 3	4.72	2.99	1.73	Casnate con Bernate Fino Mornasco



PROGETTISTI 	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE A.T.P.: <div>      </div>						Consulenti:  
---	--	--	--	--	--	--	--

ACQ	15.80	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
SEV 8	8.78	4.62	4.16	Lentate sul Seveso
SEV 9	4.03	1.03	3.00	Barlassina, Seveso <i>Solo contributo urbano</i>
CER 1	35.51	23.80	11.71	Affluente Certesa Mariano Comense
TER	16.20	13.67	2.53	Terrò
CER 2	4.20	0.84	3.36	Affluente Certesa Mariano Comense, Cabiato <i>Solo contributo urbano</i>
CER 3	11.30	6.70	4.60	Affluente Certesa Meda
CER 4	5.10	1.59	3.51	Affluente Certesa Meda, Seveso <i>Solo contributo urbano</i>
SEV 10	2.90	0.80	2.10	Cesano Maderno <i>Solo contributo urbano</i>
COM	4.34	3.26	1.08	Affluente Comasinella
SEV 11	4.74	1.14	3.60	Cesano Maderno <i>Solo contributo urbano</i>
SEV 12	3.75	0.87	2.88	Bovisio Masciago <i>Solo contributo urbano</i>
SEV 13	0.96	0.40	0.56	Varedo <i>Solo contributo urbano</i>
SEV 14	7.44	3.46	3.98	Varedo, Paderno Dugnano <i>Solo contributo urbano</i>
<b>Totale</b>	<b>190.55</b>	<b>114.62</b>	<b>75.93</b>	

Il modello dell'asta principale del torrente Seveso è stato implementato attraverso 485 sezioni, atte a caratterizzare tutte le diverse situazioni di alveo (concentrato, con allargamenti e invasi golenali, con aree di laminazione, ecc.) e tutti gli attraversamenti con le loro esatte geometrie, di cui:

- 203 ricavate 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, relativi all'anno 2002;
- 25 sezioni a monte del tratto rilevato nell'ambito del suddetto studio di fattibilità, ricavati da altri studi e da rilievi condotti sul campo da parte degli scriventi;
- 80 sezioni poste a rappresentare l'alveo a valle dei ponti, delle briglie e delle traverse (per

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

i ponti, copia delle sezioni d'alveo rilevate a monte del manufatto, mentre per le briglie e le traverse copia delle sezioni di monte ma abbassate in funzione del salto di quota rilevato);

- 80 sezioni rappresentanti la forma del passaggio sotto i ponti e del ciglio delle briglie e delle traverse;
- 14 sezioni per rappresentare il comportamento di alcune aree di allagamento (schema quasi-bidimensionale);
- 11 sezioni per rappresentare il torrente Certesa, affluente principale del T. Seveso;
- 72 sezioni per rappresentare il CSNO, in parte ricavate dai disegni "as built" degli interventi di raddoppio del CSNO tra l'opera di presa e il ponte di Via Marzabotto, ed in parte dal progetto della Provincia di Milano *"Lavori di adeguamento funzionale del canale scolmatore di Nord Ovest nel tratto compreso tra Senago e Settimo Milanese"*.

In generale si riscontra la notevole influenza dei manufatti di attraversamento sulla dinamica fluviale. In tutto il tratto oggetto di studio (32 km) si contano 48 attraversamenti, di cui solo 17 con franco adeguato e ben 15 con funzionamento in pressione o con sormonto. Tale caratteristica determina per ampi tratti un profilo idrico di rigurgito che spesso induce un effetto di crisi catena: il ponte a valle con il proprio effetto di rigurgito porta alla crisi il ponte a monte.

In corrispondenza dell'opera di presa e di regolazione del C.S.N.O. a Palazzolo il modello rappresenta la derivazione dal torrente Seveso di una portata massima di circa 30 m<sup>3</sup>/s nella situazione attuale e di 60 m<sup>3</sup>/s nella situazione di progetto. Allo stato attuale un primo tratto del C.S.N.O. risulta già potenziato e quindi in grado di convogliare verso valle portate dell'ordine di 60 m<sup>3</sup>/s, ma siccome tale valore non può essere convogliato verso valle, l'opera di presa del C.S.N.O. viene regolata in modo tale da limitare l'apporto dal Seveso.

### 2.2.1 Parametri del modello

I parametri inseriti nel modello per rappresentare le perdite idrologiche e i tempi di risposta dei singoli sottobacini urbani ed extraurbani sono dettagliatamente esposti nel sopracitato *Studio AIPO-2011*, 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*.

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

### 2.2.2 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 contemporaneo su tutte le aste del reticolo del suddetto bacino.

In merito alla suddetta 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.

Inoltre nelle dinamiche reali degli eventi di massima intensità, 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 ( $Q_{max} =$  circa 150 mc/s) che come volume complessivo (il volume dell'onda al di sopra della portata di 30 mc/s derivabile dal CSNO è stato pari a circa 4,0 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. E, 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

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LAND	Prof. Dott. V. Mezzanotte

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 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.

### 2.2.3 Risultati del modello

In sintesi l'assetto idraulico attuale del Seveso è riassunto nella seguente Tabella 2 ove si riporta, per tratti, la capacità idraulica dell'alveo a confronto con la portata centennale, risultante dalla modellazione, in arrivo nella sezione anche attraverso lo scorrimento laterale o il superamento di manufatti. In tabella i valori risultano arrotondati ai 5 m<sup>3</sup>/s, mentre tra parentesi è riportato il valore "di modello".

Nella medesima tabella sono riportati i valori della portata idrologica, intesa come la portata teorica presente in alveo, senza la presenza di restringimenti (ponti, tratti tombinati, ecc.), senza fenomeni di allagamento e senza alterazioni derivanti dall'azione di particolari manufatti idraulici (es. derivazione nel CSNO). E' evidente come tale portata sia molto maggiore rispetto alla portata che effettivamente può transitare in alveo (portata idraulica).

PROGETTISTI 	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE A.T.P.: <div>        </div>						
--	--	--	--	--	--	--	--

Tale differenza mette in evidenza il notevole impatto che le opere interferenti e le aree di esondazione hanno nei confronti della formazione delle piene. Appare pertanto improponibile un'analisi delle portate lungo l'asta principale del Seveso attraverso l'utilizzo di modelli puramente idrologici, ma occorre condurre una modellazione idrologico – idraulica che coniughi i modelli idrologici adottati per calcolare le onde di piena confluenti dai sottobacini contribuenti con il modello idraulico dell'asta principale.

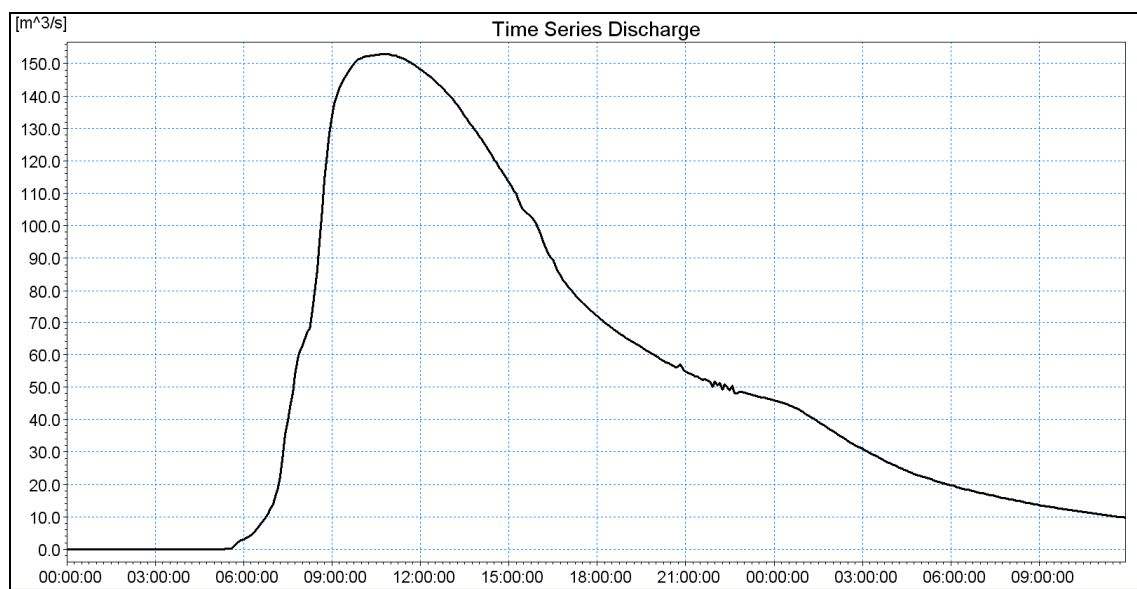
**Tabella 2: Confronto tra la portata idraulica e la portata compatibile in alveo**

Sezione	Descrizione	Portata compatibile stato attuale	Portata idraulica stato attuale (T=100)
SV97	Ponte autostrada A9	30 <sub>(29)</sub> (T=100)	30 <sub>(29)</sub>
SV93	Ponte S.S. 35	40 <sub>(38)</sub> (T=100)	40 <sub>(38)</sub>
SV91	Ponte comunale di Casnate	15 <sub>(15)</sub> (T=10)	40 <sub>(42)</sub>
SV87	Ponte S.P.27 (Como)	50 <sub>(49)</sub> (T=100)	50 <sub>(49)</sub>
SV84	Ponte Abbazia Vertemate – Valle confluenza Acquanegra	30 <sub>(27)</sub> (T=10)	80 <sub>(78)</sub>
SV77	Ponte S.P.34 (Como) - Idrometro di Cantù Asnago	35 <sub>(35)</sub> (T=10)	60 <sub>(59)</sub>
SV73	Ponte FFSS Milano Chiasso a Carimate – Valle confluenza Valle Antonio	35 <sub>(36)</sub> (T=10)	65 <sub>(64)</sub>
SV68	Ponte S.P.32 (Como) – confluenza Serenza	35 <sub>(36)</sub> (T=10)	65 <sub>(65)</sub>
SV64	Ponte linea FF.SS. Milano-Chiasso a Lentate sul Seveso	80 <sub>(77)</sub> (T=100)	80 <sub>(77)</sub>
SV57	Ponte di Camnago di Lentate sul Seveso	80 <sub>(81)</sub> (T=100)	80 <sub>(81)</sub>
SV54	Ponte di Via Marconi - Barlassina	55 <sub>(55)</sub> (T<100)	85 <sub>(84)</sub>
SV53	Ponte Superstrada Milano-Meda a Barlassina	85 <sub>(83)</sub> (T=100)	85 <sub>(83)</sub>
SV42	Ponte FNM Seregno-Saronno	85 <sub>(87)</sub> (T=100)	85 <sub>(87)</sub>
SV40	Ponte comunale Cesano Maderno – Valle confluenza T.Certesa	160 <sub>(161)</sub> (T=100)	160 <sub>(161)</sub>
SV34	Ponte comunale Bovisio Masciago	175 <sub>(176)</sub> (T=100)	175 <sub>(176)</sub>
SV32	Ponte comunale Bovisio Masciago	85 <sub>(83)</sub> (T=10)	165 <sub>(163)</sub>
SV27	Ponte attraversamento Canale Villoresi – a monte presa CSNO	165 <sub>(165)</sub> (T=100)	165 <sub>(165)</sub>
SV24	Paratoia CSNO – a valle opera di presa	135 <sub>(134)</sub> (T=100)	135 <sub>(134)</sub>

Mediante la suddetta analisi idrologico-idraulica condotta nell'ambito dello Studio-AIPO-2011 ha portato a definire in corrispondenza dell'opera di presa del CSNO gli idrogrammi di piena relativi all'assetto attuale, per tempi di ritorno 100, 10, 5 e 2 anni, di seguito

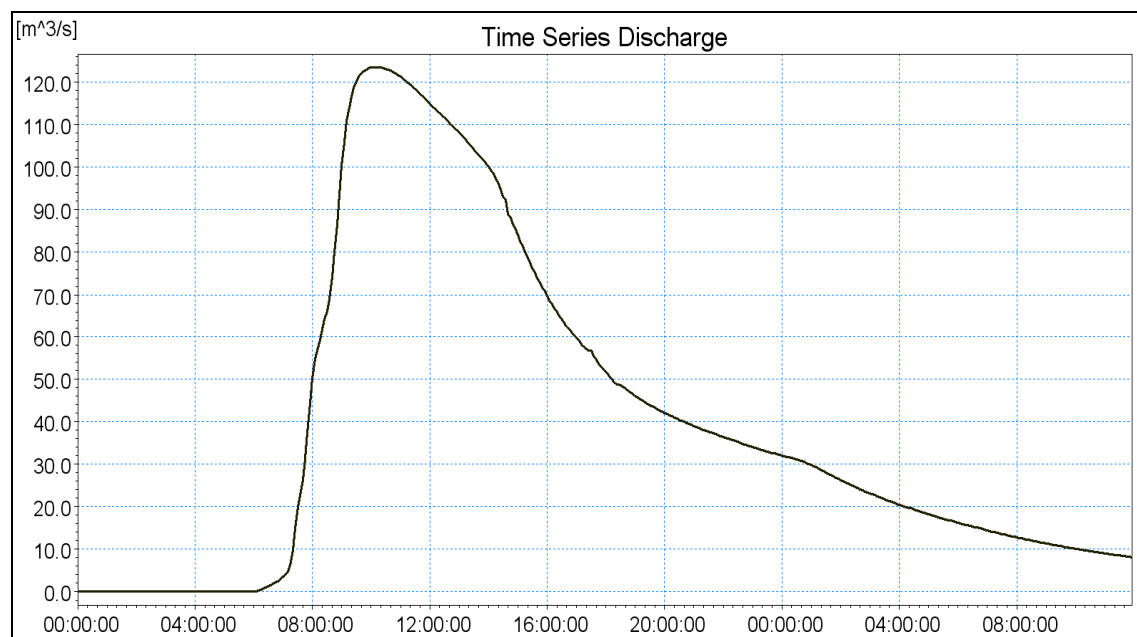
rappresentati.

La Figura 3 presenta l'idrogramma di piena per  $T = 100$  anni, che risulta caratterizzato da un valore della portata al colmo pari a circa  $150 \text{ m}^3/\text{s}$  e da un volume dell'onda pari a circa  $6,7 \text{ Mm}^3$ .



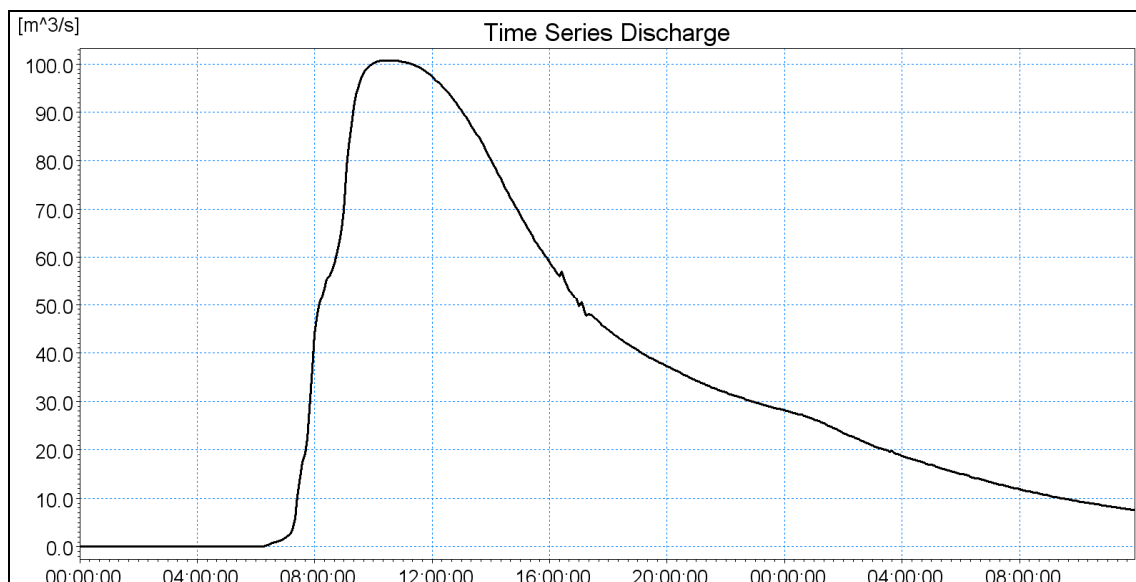
**Figura 3 – Idrogramma  $T=100$  anni in corrispondenza della sezione SV 24 a monte del CSNO**

La Figura 4 presenta l'idrogramma di piena per  $T = 10$  anni, che risulta caratterizzato da una portata al colmo pari a circa  $120 \text{ m}^3/\text{s}$  e da un volume dell'onda pari a circa  $5,0 \text{ Mm}^3$ .



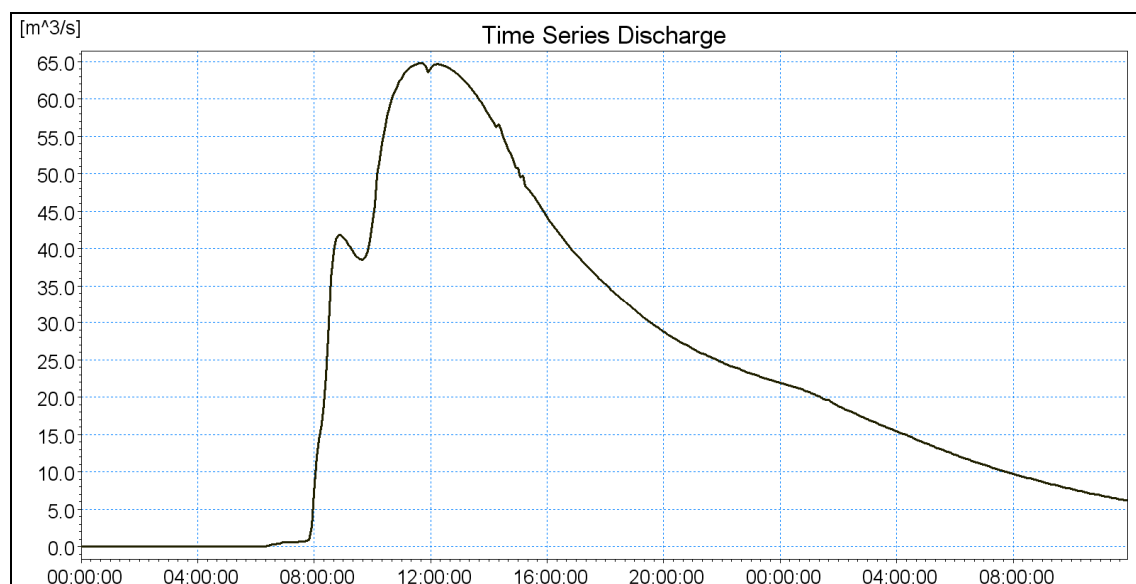
**Figura 4 – Idrogramma  $T=10$  anni in corrispondenza della sezione SV 24 a monte del CSNO**

La Figura 3 presenta l'idrogramma di piena per  $T = 5$  anni, che risulta caratterizzato da una portata al colmo pari a circa  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  e da un volume dell'onda pari a circa  $4,3 \text{ Mm}^3$ .



**Figura 5 – Idrogramma  $T=5$  anni in corrispondenza della sezione SV 24 a monte del CSNO**

La Figura 3 presenta l'idrogramma di piena per  $T = 2$  anni, che risulta caratterizzato da una portata al colmo pari a circa  $65 \text{ m}^3/\text{s}$  e da un volume dell'onda pari a circa  $2,9 \text{ Mm}^3$ .



**Figura 6 – Idrogramma  $T=2$  anni in corrispondenza della sezione SV 24 a monte del CSNO**



PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Considerando che:

- il tratto tombinato del Seveso in Milano, secondo lo “*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del torrente Seveso nella tratta compresa tra Palazzolo e Milano nell’ambito idrografico di pianura Lambro – Olona*” (2011) condotto da Metropolitana Milanese S.p.A. per conto del Comune di Milano, è caratterizzato da una portata massima transitante pari a 40 m<sup>3</sup>/s;
- l’unica opera fondamentale di difesa idraulica del territorio nord-milanese e di Milano attualmente operativa è costituita dal Canale Scolmatore Nord Ovest (CSNO), il quale è in grado di derivare dal Seveso una portata pari a circa 30 m<sup>3</sup>/s;
- l’apporto meteorico nel Seveso proveniente dal territorio dei comuni della cintura nord-milanese a valle della presa del CSNO a Palazzolo può da solo superare, negli eventi più intensi, la suddetta capacità idraulica di portata del tratto tombinato in Milano del sistema Seveso-Redefossi,

si ha che il grado di insufficienza del Seveso, con particolare riferimento al tratto terminale in attraversamento della Città di Milano, è molto elevato, anche per ridotti valore del tempo di ritorno. Secondo i dati disponibili, a Milano dal 1976 ad oggi si sono avute ben 104 esondazioni (in media 2,7 esondazioni all’anno). Negli ultimi anni sono stati particolarmente critici il 2010, durante il quale si sono verificate 8 esondazioni (03/05, 14/05, 23/07, 05/08, 12/08, 18/09, 01/11, 16/11), di cui particolarmente grave quella del 18 settembre, e il 2014, in quanto nel periodo 25 giugno ÷ 16 novembre si sono manifestate 8 esondazioni tra cui particolarmente gravose quelle dell’8 luglio e del 15-16 novembre nel corso delle quali si sono generate portate defluenti prossime a 100 anni di tempo di ritorno, che hanno causato diverse gravi situazioni di allagamento non solo a Milano – Niguarda ma anche in altri comuni lungo l’asta del Seveso.

### **2.3 EFFETTI DELLE POLITICHE DI “INVARIANZA IDRAULICA” E DI DRENAGGIO URBANO SOSTENIBILE (LAMINAZIONI E INFILTRAZIONI “URBANE” DIFFUSE E CONCENTRATE).**

Gli studi AIPO sul bacino del Seveso (lo Studio di Fattibilità 2011 e lo Studio Integrativo 2011 sull’Invarianza idraulica, ai quali si rimanda) dimostrano l’effetto benefico conseguente all’adozione di strategie politiche e regolamentari, quanto più possibile cogenti, di “*Invarianza idraulica*” e di drenaggio urbano sostenibile con laminazioni e infiltrazioni



PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:						
 AIPO <small>Agazia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>				

urbane, diffuse o concentrate, a monte degli scarichi di piena nei corsi d'acqua ricettori.

Pertanto i medesimi studi dimostrano anche, con molteplici simulazioni modellistiche alle quali si rimanda, che tali strategie e politiche, pur avendo grande validità nel limitare i deflussi e gli allagamenti urbani, risultano avere una minore efficacia nella limitazione degli scarichi di piena fognari nei corsi d'acqua. Ciò è legato al fatto che le canalizzazioni fognarie (sia quelle dei sistemi fognari misti, sia quelle esclusivamente pluviali dei sistemi separati) sono progettate e realizzate, né può e deve essere altrimenti per non trasferire i problemi a valle, per tempi di ritorno ridotti, mediamente di 5 – 10 anni. Pertanto le portate massime immesse nel corso d'acqua dagli scaricatori di piena nel corso di eventi di elevato tempo di ritorno, come l'evento centennale di riferimento progettuale, sono già comunque limitate a causa di tali dimensionamenti ai quali consegue l'insorgere di sovraccarichi fognari ed esondazioni nelle aree urbane.

Dunque le auspicabili strategie di Invarianza Idraulica e di drenaggio urbano sostenibile con laminazioni e infiltrazioni urbane diffuse o concentrate potranno avere grande efficacia nel limitare le esondazioni e quindi il livello di rischio idraulico interno delle aree urbane, ma avranno ridotta efficacia nel limitare gli scarichi urbani di piena, che già oggi sono di fatto limitati, e quindi il loro contributo alla generazione delle piene del Seveso e degli altri corsi d'acqua.

Gli interventi di laminazione del Seveso di cui trattasi manterranno quindi pienamente la loro validità anche se in futuro diverranno auspicabilmente operative le suddette politiche di invarianza idraulica e di drenaggio urbano sostenibile.

## 2.4 ASSETTO DI PROGETTO DEL F. SEVESO

Sulla base delle analisi idrologica e idraulica relative allo stato di fatto sono state condotte mediante il medesimo modello MIKE 11 di cui allo *Studio AIPO-2011* le indagini volte ad individuare le migliori soluzioni progettuali idonee ad una completa sistemazione idraulica del corso d'acqua, supportando le scelte con analisi di fattibilità tecnica, economica ed ambientale delle opere.

Come già detto si tratta di interventi commisurati all'evento centennale adottato dall'Autorità di Bacino. 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

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE							
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

una eventuale nuova ridefinizione di un evento di progetto di maggior tempo di ritorno.

Gli interventi devono tenere in conto delle caratteristiche prevalentemente naturali del corso d'acqua nel tratto fino a Lentate sul Seveso e delle pesanti modificazioni antropiche intervenute nel tratto tra il comune di Lentate sul Seveso fino a nord di Milano.

Come già esposto nell'analisi dello stato di fatto, nel primo tratto le criticità presenti durante gli eventi di piena sono legate essenzialmente alla presenza di alcuni manufatti insufficienti che creano allagamenti localizzati in aree urbanizzate e all'interessamento di aree golenali destinate a coltivazioni.

Il criterio di progetto in tale zona è associato prevalentemente al mantenimento delle aree di allagamento naturale che interessano le zone golenali, ma migliorando, ove possibile, le capacità di laminazione dell'onda di piena, e nella difesa dagli allagamenti delle aree in cui tali fenomeni risultano incompatibili (centri abitati).

Il tratto compreso tra Lentate sul Seveso e Milano presenta ben maggiori livelli di problematicità, soprattutto con riferimento al tratto prossimo al capoluogo lombardo: l'alveo del Seveso, a causa della pressione antropica, ha assunto una conformazione tale per cui si ha una diffusa insufficienza delle sezioni e dei manufatti nei riguardi delle portate di piena, anche di non elevata entità, soprattutto nel tratto terminale, cioè quando il corso d'acqua si avvicina e si immette in Milano: la portata al colmo con tempo di ritorno pari a 100 anni in ingresso a Milano è pari a circa  $150 \text{ m}^3/\text{s}$ , mentre la portata compatibile con il tratto tombinato è pari a circa  $30\div40 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Poiché, come già messo in evidenza nello studio *AdBPo-2004*, l'apporto meteorico proveniente dal territorio dei comuni a valle del CSNO supera da solo tale capacità idraulica di portata del tratto tombinato del sistema Seveso-Redefossi, è necessario che gli interventi da prevedersi nell'assetto di progetto dell'intera asta del T. Seveso a monte della presa del CSNO consentano di annullare la portata nel Seveso a valle di tale opera di presa. Questo implica che la portata in arrivo da monte, convenientemente limitata per effetto di importanti laminazioni poste lungo l'asta del Seveso, deve poter essere totalmente deviata nel CSNO.

Più precisamente, dato che la portata di piena a 100 anni di tempo di ritorno nel T. Seveso a monte della presa del CSNO è pari a circa  $150 \text{ m}^3/\text{s}$ , mentre la capacità idraulica del primo tratto del CSNO è pari a  $60 \text{ m}^3/\text{s}$  (dalla presa fino a monte dell'intersezione con il T. Garbogera, in funzione degli interventi di raddoppio già realizzati), occorre ridurre con

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LAND	Prof. Dott. V. Mezzanotte

laminazioni la portata di piena del Seveso a monte di tale opera di presa.

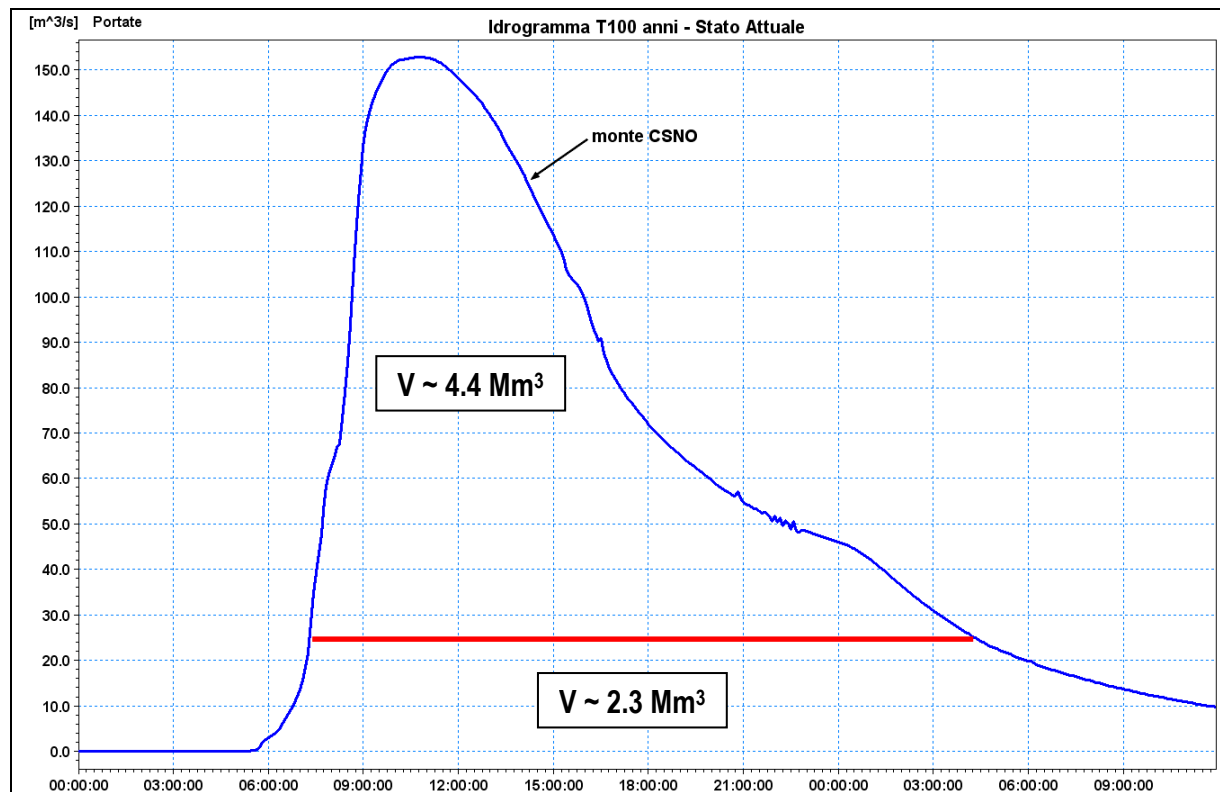
Inoltre, considerato che il progetto definitivo relativo ai “*Lavori di adeguamento funzionale del Canale Scolmatore di Nord Ovest nel tratto compreso tra Senago (MI) e Settimo Milanese (MI) – M.I.E.781*” di AIPO e della Provincia di Milano (attualmente in fase di avvio dei lavori), ha come obbiettivo quello di garantire nel CSNO nella sezione immediatamente a monte dell’immissione del sfioro del T. Garbogera, una portata massima di 25 m<sup>3</sup>/s, occorre prevedere che anche lungo il primo tratto del CSNO siano disposte opere di laminazione in grado di ridurre la portata di piena centennale derivata dal Seveso fino a tale valore.

Per quanto concerne l’insieme delle caratteristiche influenti sugli interventi di progetto, sicuramente la zona di alveo canalizzato ed urbanizzato nel tratto tra Lentate sul Seveso fino al limite dello studio (presa del CSNO) rappresenta l’ambito dove gli interventi risentono maggiormente dei vincoli esistenti e dove pertanto risulta più difficile l’indicazione di soluzioni idonee. In particolare si è riscontrata l’estrema difficoltà di reperire aree di notevole estensione da adibire a cassa di espansione, a causa soprattutto della profondità del fondo alveo rispetto al piano campagna e della notevole pressione antropica che si spinge frequentemente sino alle sponde. Si è inoltre verificato come sia l’alto bacino del torrente Seveso (sino a Carimate) sia il bacino del torrente Certesa (sino a Meda) non presentino caratteristiche morfologiche tali da poter accogliere estesi sistemi di laminazione in grado di ridurre notevolmente le portate verso valle.

L’individuazione di laminazioni mediante volumi d’invaso esterni alla regione fluviale, in grado di fornire adeguati volumi di espansione per la riduzione delle portate in alveo, è stata impostata in base alla seguente valutazione.

Poiché l’onda di piena del T. Seveso (T=100 anni) a monte del CSNO è caratterizzata da un volume di circa 6,7 Mm<sup>3</sup> e considerando di poter lasciar proseguire verso valle una portata massima di 25 m<sup>3</sup>/s (0 a valle della presa del CSNO e 25 m<sup>3</sup>/s nel CSNO a monte dell’immissione dello sfioro del T. Garbogera), il volume di laminazione complessivamente necessario è pari a circa 4,4 Mm<sup>3</sup>, come emerge dal grafico seguente in cui si è ammesso, per una valutazione preliminare, che il complesso delle laminazioni sia disposto in derivazione e con un effetto di “taglio” a portata costante (teoria della laminazione ottimale). Sono qui di seguito esposte le più precise determinazioni dell’effetto di laminazione realmente ottenibile, rimuovendo l’ipotesi di taglio a portata costante, con la successione degli invasi di

laminazione in progetto in relazione alle configurazioni adottate per le rispettive opere di presa.



**Figura 7 – Idrogramma di piena del T. Seveso a monte della presa del CSNO. La linea rossa rappresenta il limite della portata che può proseguire nel CSNO a valle di Senago (intersezione con il T. Garbogera)**

In tale scenario, analizzando la situazione del medio bacino del torrente, si è riscontrato che l'unica consistente possibilità, data la limitazione degli spazi disponibili, è quella di realizzare i desiderati volumi di laminazione mediante scavi piuttosto profondi in aree da attrezzare e restituire alla fruizione pubblica come aree verdi. Solo tramite tali opere è infatti possibile recuperare le volumetrie necessarie, dal momento che l'eventuale diversa soluzione di reperire tali volumetrie "in elevazione", cioè mediante classiche casse di espansione con arginature e manufatti di regolazione, imporrebbe "de-urbanizzazioni" del territorio di tale entità (vastità delle superfici da asservire) da risultare di impossibile attuazione.

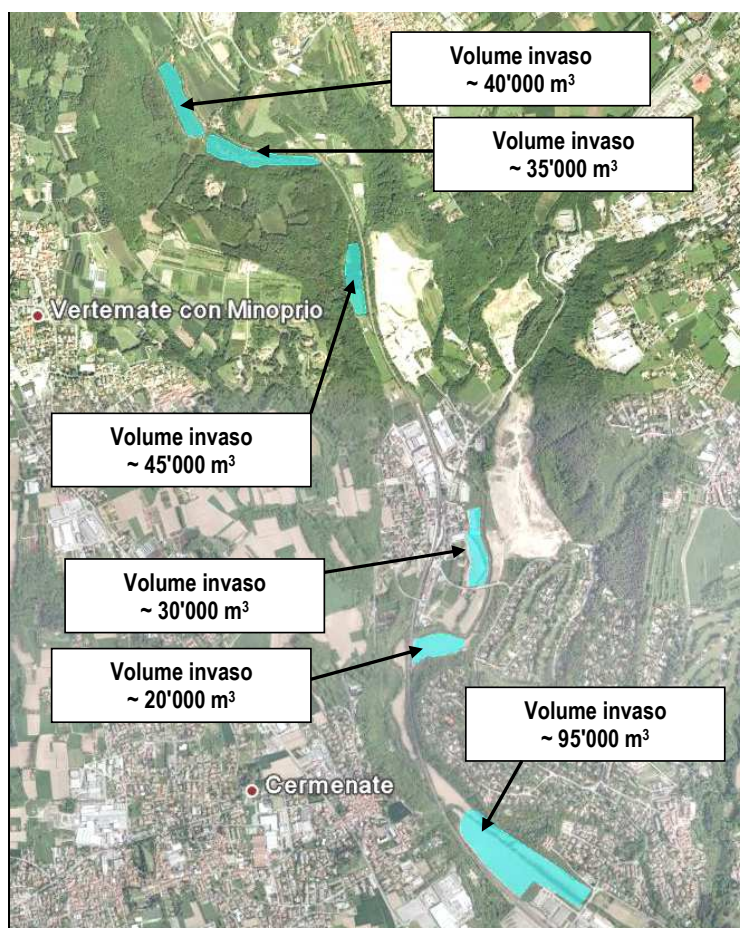
In particolare, a seguito di una vasta analisi dello stato del corso d'acqua e del territorio ad esso limitrofo, lo *Studio-AIPo-2011* giunge a porre alla base dell'assetto di progetto del T. Seveso le seguenti possibili aree di laminazione indicate nelle planimetrie della Figura 8 e

PROGETTISTI	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

della Figura 9:

- aree esondabili di laminazione “golenale” a Vertemate con Minoprio, Cantù e Carimate (volume di laminazione complessivo pari a circa 220'000 m<sup>3</sup>);
- opere di laminazione in scavo lungo il T. Seveso a Lentate sul Seveso (850'000 m<sup>3</sup> di invaso), Varedo (1'500'000 m<sup>3</sup>), Paderno Dugnano (950'000 m<sup>3</sup>);
- opere di laminazione in scavo lungo il CSNO a Senago (1'000'000 m<sup>3</sup>).

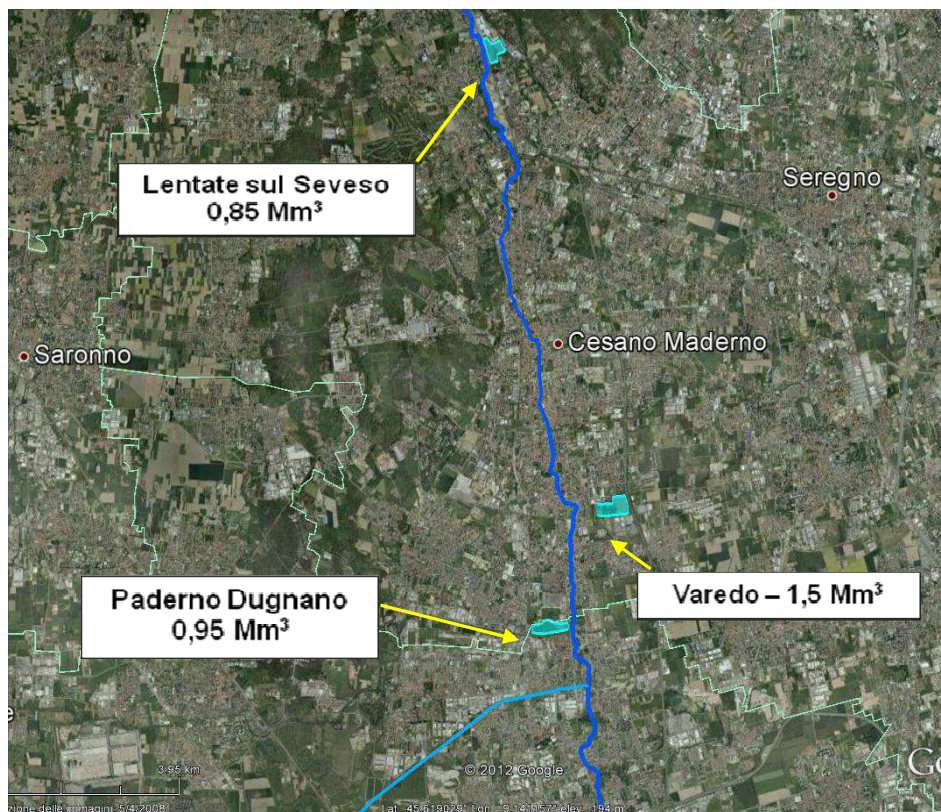
Naturalmente si evince che, dati i suddetti volumi invasabili, le quattro opere di laminazione indicate nei punti b) e c) assumono importanza strategica, dal momento che con esse si raggiunge l'obiettivo di poter trattenere un volume pari a 4,3 Mm<sup>3</sup>.



**Figura 8 – Invasi di laminazione in aree golenali nei comuni di Vertemate con Minoprio, Cantù e Carimate**



PROGETTISTI 	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE A.T.P.: <div data-bbox="304 152 512 253">  </div> <div data-bbox="512 152 759 253">  </div> <div data-bbox="759 152 890 275">  </div> <div data-bbox="890 152 1023 275">  </div> <div data-bbox="1023 152 1155 275">  </div> <div data-bbox="1155 152 1326 275">  </div> <div data-bbox="1326 152 1495 275">  </div>					
---	---	--	--	--	--	--



**Figura 9 – Invasi di laminazione in scavo da Lentate sul Seveso al CSNO**

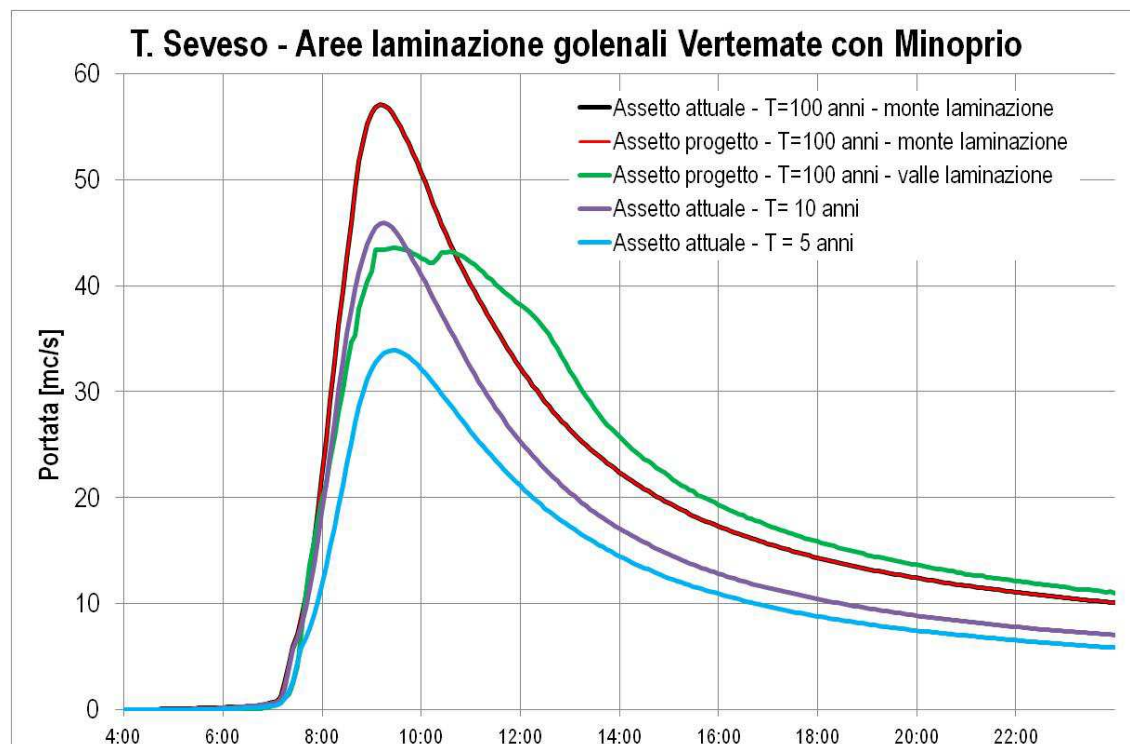
In dettaglio, la successione degli effetti laminanti delle suddette opere di laminazione previste lungo l'asta del Seveso è misurabile attraverso l'analisi degli idrogrammi di piena risultanti dalla modellazione idrodinamica a monte e valle di ciascuna di esse.

#### **2.4.1 Laminazioni golenali a Vertemate con Minoprio (volumi invasabili 120.500 m<sup>3</sup>)**

Essendo previsto un funzionamento in derivazione con portata di inizio sfioro di circa 20 m<sup>3</sup>/s risultano gli idrogrammi di piena riferiti al tempo di ritorno 100 anni indicati in Figura 10:

- a monte delle aree di laminazione (stato attuale e stato di progetto coincidenti non essendo previste opere a monte): Q max (T=100): 57 m<sup>3</sup>/s
- a valle delle aree di laminazione: Q max (T=100): 43 m<sup>3</sup>/s

La figura mostra inoltre che lo sfioro avviene anche in presenza di eventi di tempo di ritorno di 10 e 5 anni, con conseguente laminazione dei medesimi.



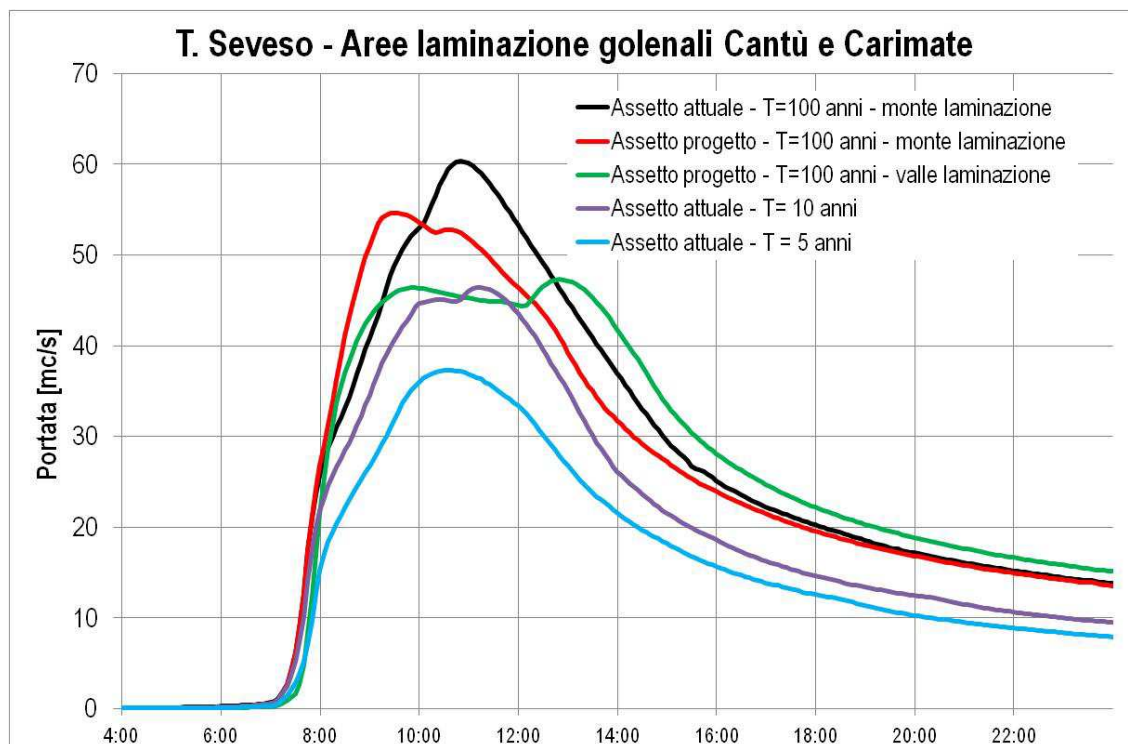
**Figura 10 – Idrogrammi di piena a monte e valle delle aree golenali di laminazione di Vertemate con Minoprio**

#### **2.4.2 Laminazioni golenali a Cermenate e Cantù (volumi invasabili 126.500 m<sup>3</sup>)**

Essendo previsto un funzionamento in derivazione con portata di inizio sfioro di circa 30 m<sup>3</sup>/s risultano gli idrogrammi di piena riferiti al tempo di ritorno 100 anni indicati in Figura 11:

- a monte delle aree di laminazione per lo stato attuale:  $Q_{max} (T=100)$ : 61 m<sup>3</sup>/s
- a monte delle aree di laminazione per lo stato di progetto:  $Q_{max} (T=100)$ : 55 m<sup>3</sup>/s
- a valle delle aree di laminazione:  $Q_{max} (T=100)$ : 47 m<sup>3</sup>/s

La figura mostra inoltre che lo sfioro avviene anche in presenza di eventi di tempo di ritorno di 10 e 5 anni, con conseguente laminazione dei medesimi.



**Figura 11 – Idrogrammi di piena a monte e valle delle aree golenali di laminazione di Cermenate e Cantù**

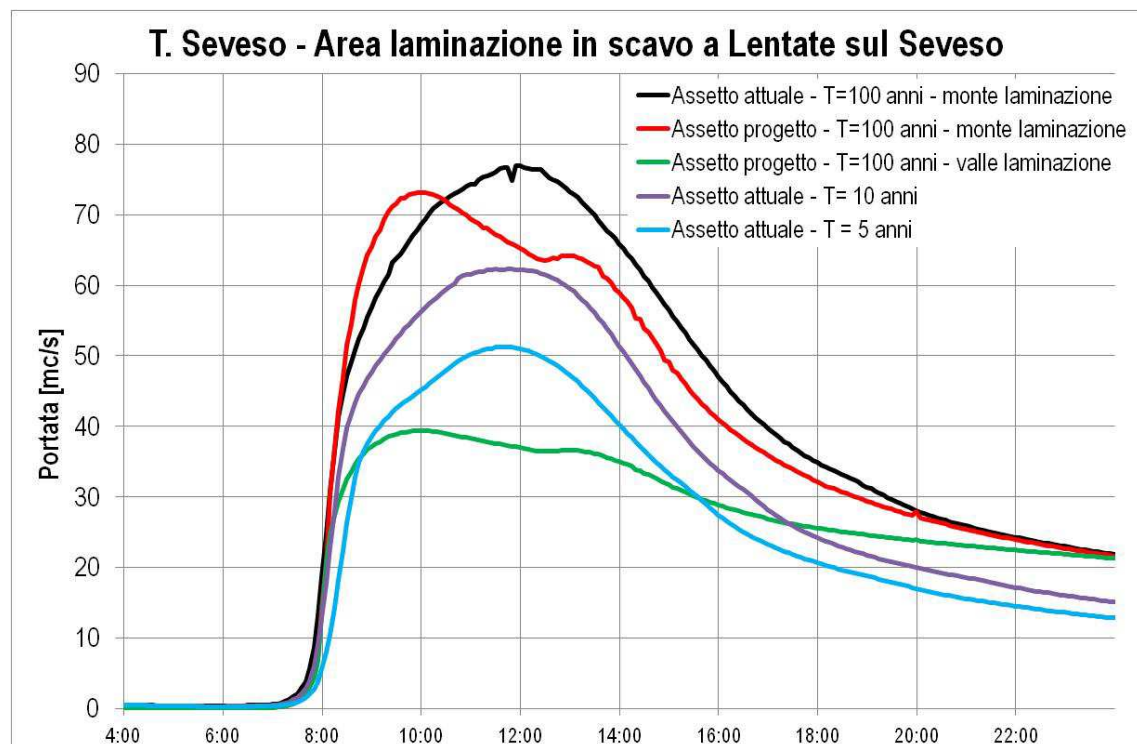
### 2.4.3 Laminazione nella vasca in scavo di Lentate sul Seveso (volume invasabile 815.000 m<sup>3</sup>)

Essendo previsto un funzionamento in derivazione con portata di inizio sfioro di circa 25 m<sup>3</sup>/s risultano gli idrogrammi di piena riferiti al tempo di ritorno 100 anni indicati in Figura 12:

- a monte delle aree di laminazione per lo stato attuale:  $Q_{\max} (T=100)$ : 77 m<sup>3</sup>/s
- a monte delle aree di laminazione per lo stato di progetto:  $Q_{\max} (T=100)$ : 73 m<sup>3</sup>/s
- a valle delle aree di laminazione:  $Q_{\max} (T=100)$ : 40 m<sup>3</sup>/s

La figura mostra inoltre che lo sfioro avviene anche in presenza di eventi di tempo di ritorno di 10 e 5 anni, con conseguente laminazione dei medesimi.





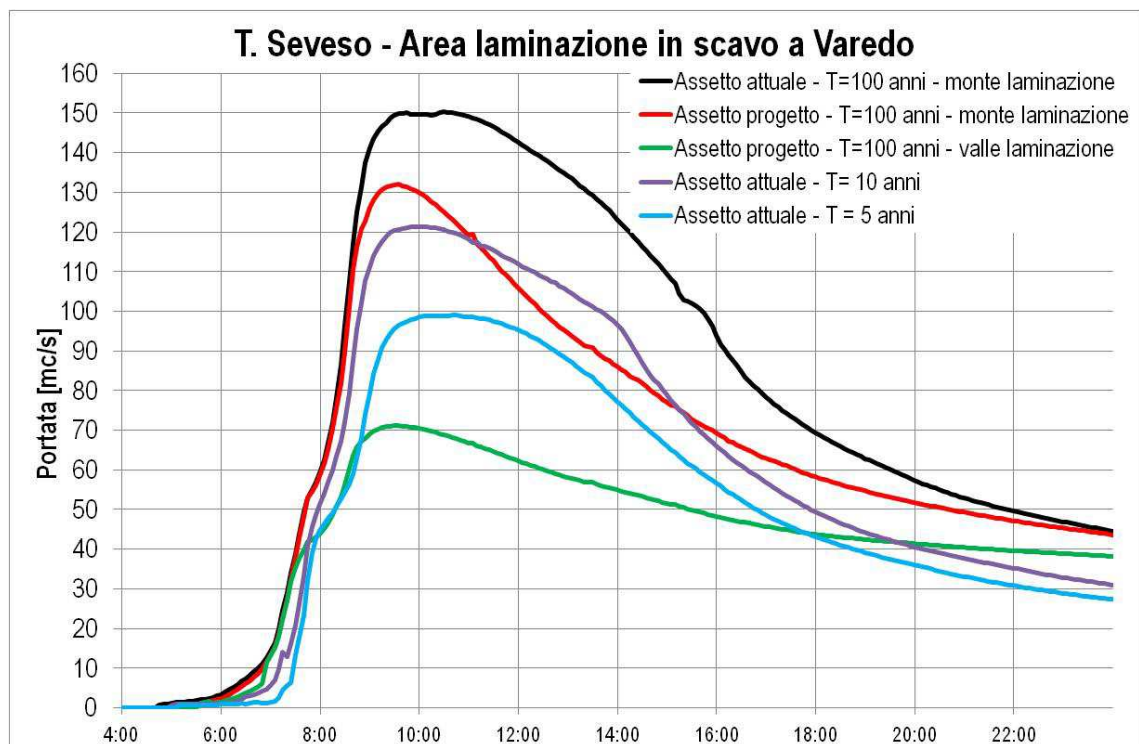
**Figura 12 - Idrogrammi di piena a monte e valle della vasca di laminazione di Lentate sul Seveso**

#### **2.4.4 Laminazione nella vasca in scavo di Varedo (volume invasabile 1.500.000 m<sup>3</sup>)**

Essendo previsto un funzionamento in derivazione con portata di inizio sfioro di circa 25 m<sup>3</sup>/s risultano gli idrogrammi di piena riferiti al tempo di ritorno 100 anni indicati in Figura 13:

- a monte delle aree di laminazione per lo stato attuale:  $Q_{max} (T=100): 150 \text{ m}^3/\text{s}$
- a monte delle aree di laminazione per lo stato di progetto:  $Q_{max} (T=100): 132 \text{ m}^3/\text{s}$
- a valle delle aree di laminazione:  $Q_{max} (T=100): 71 \text{ m}^3/\text{s}$

La figura mostra inoltre che lo sfioro avviene anche in presenza di eventi di tempo di ritorno di 10 e 5 anni, con conseguente laminazione dei medesimi.



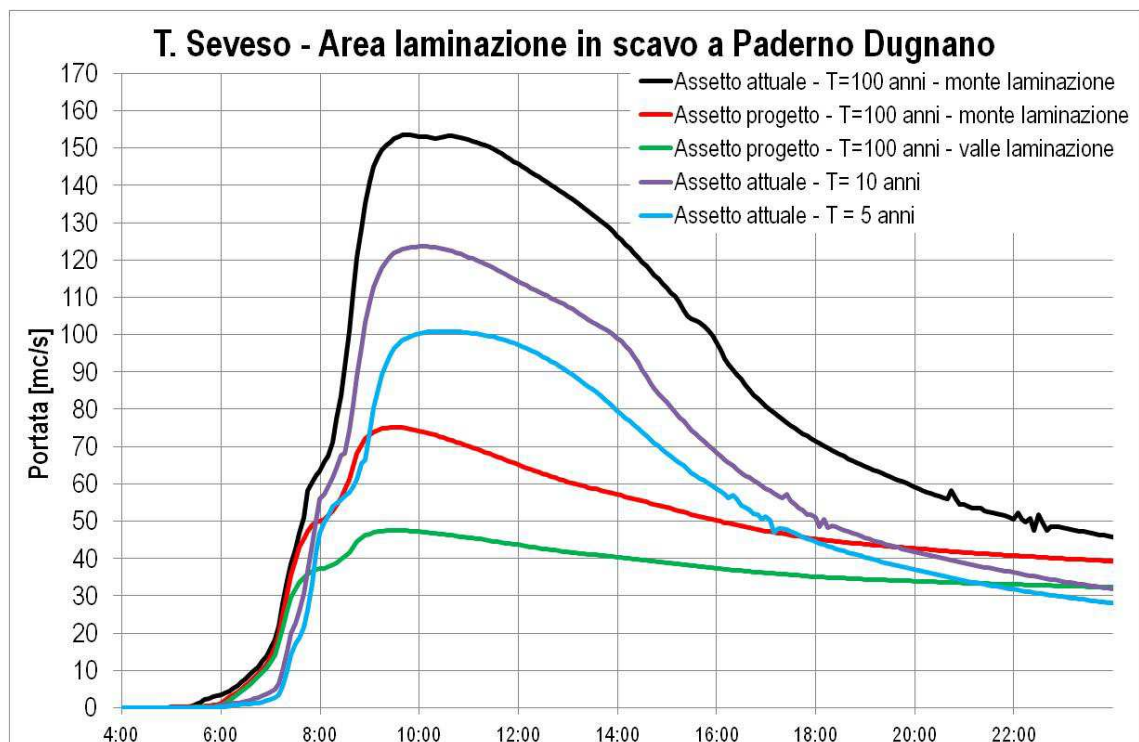
**Figura 13– Idrogrammi di piena a monte e valle della vasca di laminazione di Varedo**

#### **2.4.5 Laminazione nella vasca in scavo di Paderno Dugnano (volume invasabile 930.000 m<sup>3</sup>)**

Essendo previsto un funzionamento in derivazione con portata di inizio sfioro di circa 22 m<sup>3</sup>/s risultano gli idrogrammi di piena riferiti al tempo di ritorno 100 anni indicati in Figura 14:

- a monte delle aree di laminazione per lo stato attuale: Q max (T=100): 153 m<sup>3</sup>/s
- a monte delle aree di laminazione per lo stato di progetto: Q max (T=100): 75 m<sup>3</sup>/s
- a valle delle aree di laminazione: Q max (T=100): 48 m<sup>3</sup>/s

La figura mostra inoltre che lo sfioro avviene anche in presenza di eventi di tempo di ritorno di 10 e 5 anni, con conseguente laminazione dei medesimi.



**Figura 14 – Idrogrammi di piena a monte e valle della vasca di laminazione di Paderno Dugnano**

L'effetto complessivo della successione dei suddetti invasi di laminazione è quindi tale da ridurre a circa 48 m<sup>3</sup>/s la portata centennale di piena in arrivo presso la presa del CSNO a Palazzolo, in una misura pertanto compatibile con la totale deviazione della stessa nel CSNO.

## **2.5 PORTATA E VOLUME DI RIFERIMENTO PER IL DIMENSIONAMENTO DELL'INVASO DI LAMINAZIONE DI VAREDO**

Per quanto riguarda l'invaso di laminazione in Comune di Varedo e oggetto del presente progetto definitivo, sono state valutate diverse configurazioni ma la ridotta disponibilità di aree non edificate e i forti vincoli al contorno (presenza edifici residenziali tra il tracciato del Seveso e la zona di realizzazione dell'invaso, viabilità locale, interferenze con la rete fognaria comunale, quote del terreno, ecc.), hanno fortemente vincolato le scelte progettuali, portando alla scelta della configurazione riportata nella seguente **Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro..**

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



**Figura 15 – Schema Planimetrico vasca di Varedo**

### 2.5.1 Analisi evento per T=100 anni

L'invaso di laminazione di Varedo è quello intermedio tra quelli realizzati in scavo ed è localizzato circa 10 km a valle della vasca di Lentate sul Seveso e circa 2 km a monte della vasca di Paderno Dugnano.

A monte di esso è prevista la realizzazione della serie già richiamata di aree di laminazione in zone esondabili (Vertemate con Minoprio, Cantù e Carimate) e della vasca di laminazione in scavo a Lentate sul Seveso.

Le prime permettono una ridotta, ma comunque importante, laminazione dell'onda di piena del Seveso, soprattutto con riferimento ai tratti di alveo posti immediatamente a valle delle stesse. Appena a valle dell'ultima laminazione infatti la portata centennale al colmo nell'assetto di progetto è pari a circa  $47 \text{ m}^3/\text{s}$ , mentre il valore calcolato nel modello nello stato di fatto è pari a  $57 \text{ m}^3/\text{s}$ , con un volume complessivamente sottratto all'onda di piena centennale del T. Seveso pari a circa  $245'000 \text{ m}^3$  (5% dell'intero volume di laminazione necessario per raggiungere gli obiettivi prefissati nell'assetto di progetto del T. Seveso).

L'effetto di laminazione generato da tali invasi tende ad affievolirsi procedendo verso valle. Si sottolinea però che, pur generando una limitata riduzione della portata di picco nelle zone più a valle, la presenza a monte delle vasche di laminazione in aree di esondazione risulta fondamentale in termini di volumi d'acqua trattiene.

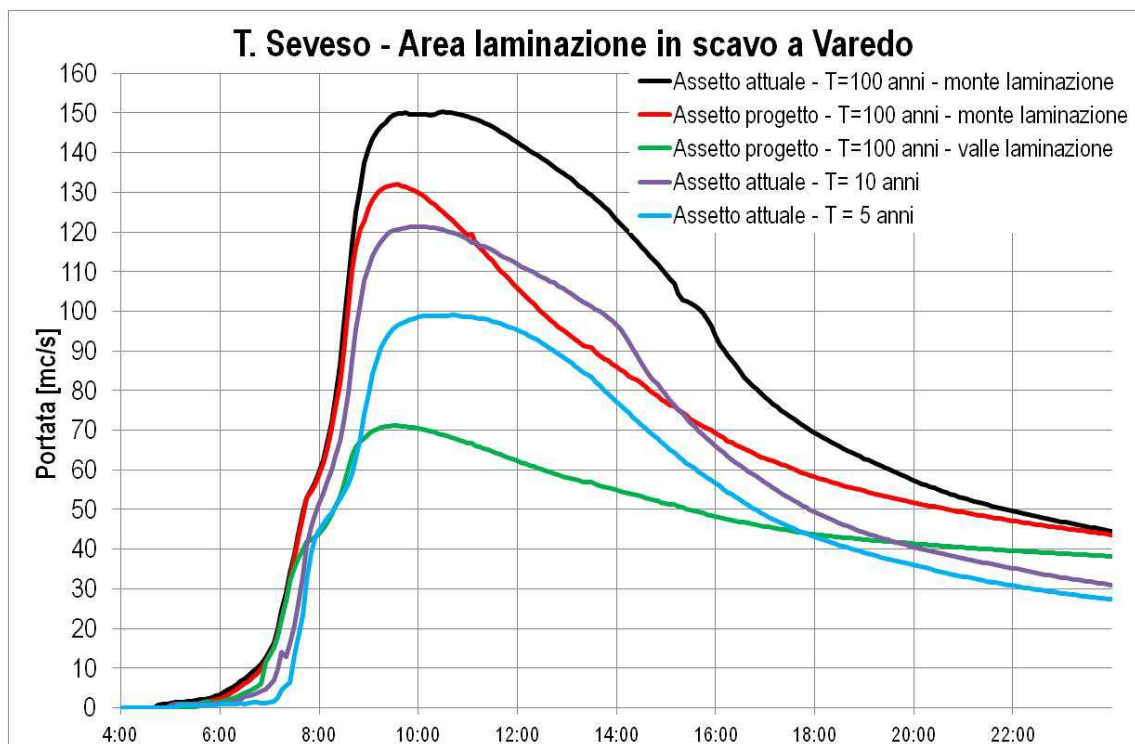
PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

La vasca di laminazione in scavo di Lentate sul Seveso, caratterizzata da un volume utile di invaso di circa 815'000 m<sup>3</sup>, svolge invece una funzione indispensabile in termini di riduzione sia della portata di picco sia dei volumi d'acqua trattenuti. L'effetto congiunto di tutte le vasche di laminazione in progetto a monte di quella di Varedo permette di ridurre la portata di picco centennale alla sezione di presa di quest'ultima al valore di 132,0 m<sup>3</sup>/s, a fronte di una portata di picco centennale nella condizione di stato di fatto di 150.3 m<sup>3</sup>/s.

Si sottolinea come i valori di portata risultino elevati non solo con riferimento ad un evento di piena centennale, ma anche considerando eventi di piena caratterizzati da tempi di ritorno ben inferiori. Infatti, nell'assetto attuale, l'idrogramma di piena a monte del manufatto di presa della vasca di Varedo relativo a 10 anni di tempo di ritorno è caratterizzato da una portata al colmo pari a circa 122 m<sup>3</sup>/s e, per 5 anni di tempo di ritorno, pari a circa 100 m<sup>3</sup>/s

(  
Figura 16).

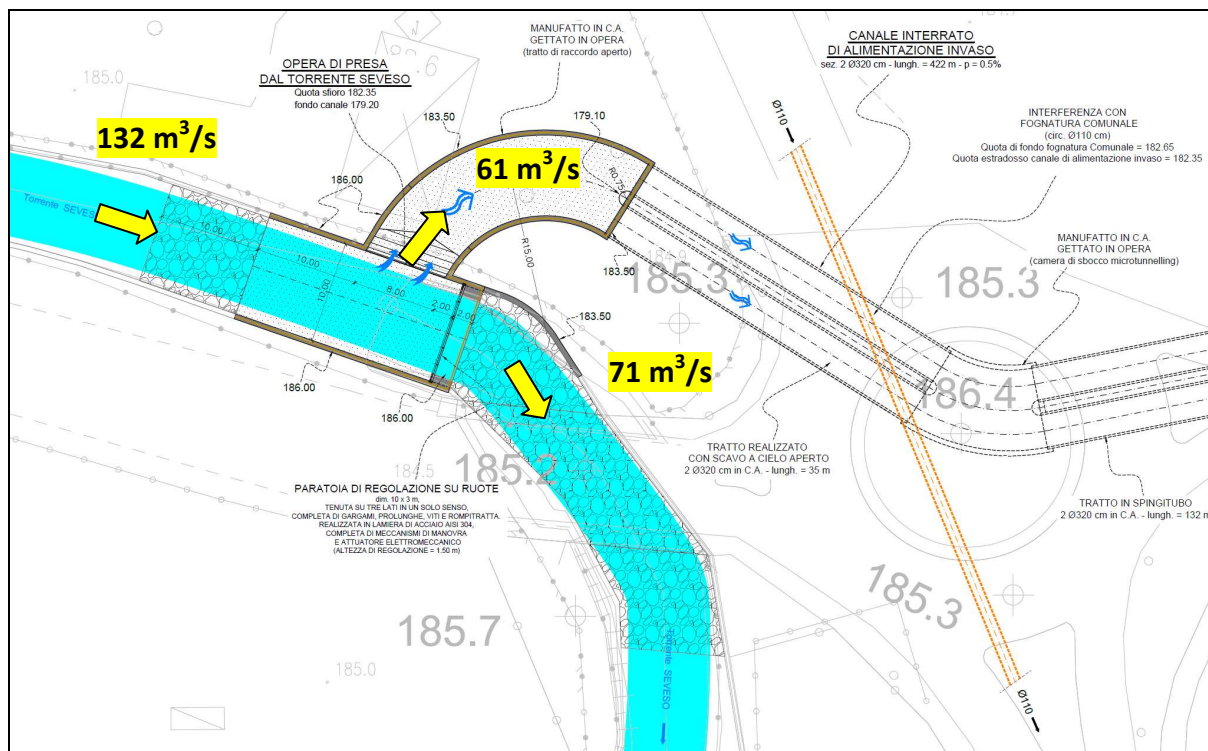




**Figura 16 – Invaso di Varedo: idrogrammi di piena attuali e di progetto.**

Si riporta inoltre uno stralcio dello schema planimetrico di progetto del punto di sfioro del Torrente Seveso con indicata la suddivisione delle portate sfiorate e lasciate defluire in alveo, con riferimento ad un evento di tempo di ritorno centennale (Figura 17).

<p>PROGETTISTI</p> <div data-bbox="98 185 300 241">  <b>AIPO</b>  <small>Agenzia Interregionale per il fiume Po</small> </div> <div data-bbox="308 185 507 241">  <b>ETATEC</b>  <small>STUDIO PAOLETTI</small> </div> <div data-bbox="523 185 746 241"> <b>STUDIO PAOLETTI</b>  <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small> </div>	<p>SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE</p> <p>A.T.P.:</p> <div data-bbox="778 152 874 275">  <b>BETA</b>  <small>studio</small>  <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small> </div> <div data-bbox="906 163 1018 275"> <i>Studio</i>  <i>Associato</i>  <i>Geologia</i>  <i>Spada</i> </div> <div data-bbox="1034 185 1145 241"> <i>Dott. Ing.</i>  <i>A. Barbon</i> </div>	<p>Consulenti:</p> <div data-bbox="1177 185 1321 253">  </div> <div data-bbox="1345 185 1489 241"> <i>Prof. Dott.</i>  <i>V. Mezzanotte</i> </div>
---	---	---



**Figura 17 – Schema planimetrico del sistema idraulico della vasca di laminazione di Lentate sul Seveso (T=100 anni)**

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

### 3. CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA VASCA DI LAMINAZIONE DI VAREDO

Vengono qui descritte sinteticamente le principali caratteristiche tecniche della vasca di laminazione del torrente Seveso in Comune di Varedo. Per maggiori dettagli si rinvia alle relazioni specialistiche comprese nel presente progetto definitivo.

Le opere sono costituite da:

- Invaso di laminazione, suddiviso in n. 2 settori;
- Opera di presa dal torrente Seveso;
- Condotti di alimentazione dell'invaso e di attraversamento della viabilità locale;
- Stazione di sollevamento delle acque invase non scaricabili direttamente a gravità;
- Cameretta di confluenza delle portate sollevate e condotta di scarico a gravità fino al punto di recapito nel torrente Seveso;
- Opere connesse all'interazione tra la falda freatica e l'invaso;
- Opere civili e paesaggistiche;
- Impianti elettrici (cabina di consegna Enel, quadro MT, trasformatore, quadri BT, ecc.).

#### 3.1 VASCA DI LAMINAZIONE

##### 3.1.1 Caratteristiche dell'invaso

La vasca di laminazione di Varedo è un'opera di invaso delle piene del torrente Seveso realizzata in scavo (il fondo del settore I di invaso è a circa 22.5 m dall'attuale piano campagna, mentre il II settore ha un fondo a circa 18.5 m).

L'area interessata dalla realizzazione di tale opera, ad attuale utilizzo agricolo e posta interamente all'interno del Comune di Varedo, è posta in sinistra idraulica del torrente Seveso a circa 350 m di distanza dall'alveo inciso. Tra l'alveo del Seveso e l'area di ubicazione della vasca è presente una zona a prevalente indirizzo residenziale e la relativa viabilità locale (via Comasinella, via Agnesi e via Ticino, le quali devono essere attraversate tramite tecnica spingitubo dei condotti di alimentazione).

Vengono di seguito riportati, in forma schematica, i principali dati peculiari dell'invaso di laminazione di Varedo, le cui caratteristiche sono descritte nelle relazioni allegate al presente



PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					
		A.T.P.:					
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

progetto definitivo.

- Volume di invaso: 1'500'000 m<sup>3</sup>, alla quota di massima regolazione di 183,5 m s.m., suddiviso in n. 2 settori in serie, caratterizzati dai seguenti volumi:
  - I settore: unico ad invasarsi fino a volume in ingresso di 120'000 m<sup>3</sup>;
  - II settore: 1'380'000 m<sup>3</sup> comprensivi anche della parte di settore I posta a quota superiore a 168.50 m s.m..
- Superficie di invaso alla quota di massima regolazione: 118'580 m<sup>2</sup>;
- Superficie di invaso alla quota di fondo dei settori: 58'175 m<sup>2</sup>, di cui:
  - o I settore: 24'845 m<sup>2</sup>;
  - o II settore: 33'330 m<sup>2</sup>.
- Quota di fondo degli invasi di laminazione:
  - o I settore: 164.50 m s.m.;
  - o II settore: 168.50 m s.m.;
- Quota di massima regolazione: 183.50 m s.m.;
- Quota di massimo invaso: 185.90 m s.m.;
- Quota di coronamento delle arginature perimetrali: 187.00 m s.m.;
- Quota di fondo della stazione di sollevamento: 163.50 m s.m.;
- Quota di recapito delle portate laminate: 178.50 m s.m.;
- Corso d'acqua che alimenta l'invaso: Torrente Seveso;
- Ricettore finale delle acque laminate: Torrente Seveso;
- Portata al colmo sfiorata nell'invaso con riferimento ad un tempo di ritorno pari a 100 anni: 61 m<sup>3</sup>/s;
- Portata massima del sistema di scarico: 5 m<sup>3</sup>/s;
- Tempo di svuotamento dell'invaso: 84 ore;

Le inclinazioni delle sponde dei settori dell'invaso sono:

- I settore:
  - o 1:2.5 (h:b) su tutta l'altezza delle sponde;
- II settore:
  - o 1:2.5 (h:b) su tutta l'altezza delle sponde;

Per ottenere i suddetti volumi di invaso occorre effettuare scavi per un volume complessivo di circa 2'163'534 m<sup>3</sup> (parte di tale quantitativo, pari a circa 165'286 m<sup>3</sup>, viene poi riutilizzato

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

all'interno del cantiere per la formazione di arginature perimetrali, per il ricoprimento del telo di impermeabilizzazione e per operazioni di reinterro). Della parte di terreno escavato e non riutilizzato in loco, 230'000 m<sup>3</sup> verranno portati a siti esteri al cantiere per essere riutilizzati, mentre i rimanenti 1'768'248 m<sup>3</sup> verranno rivenduti.

Nella Tabella 3 sono riportate le principali caratteristiche geometriche di ciascun settore che compone l'opera di laminazione in progetto.

**Tabella 3 – Caratteristiche dei settori I e II**

Settore	Range volumetrico di invaso [m <sup>3</sup> ]	Quota di fondo [m s.m.]	Quota di massima regolazione [m s.m.]	Quota massima argini [m s.m.]	Superficie alla quota di massima regolazione [m <sup>2</sup> ]	Superficie alla quota di fondo vasca [m <sup>2</sup> ]
<b>I</b>	Da 0 a 1'500'000	164.5	183.5.0	187.0	-	24'845
<b>II</b>	Da 120'000 a 1'500'000	168.5	183.5	187.0	-	33'330
<b>Totale</b>	<b>1'500'000</b>	-	-	-	<b>118'573</b>	<b>58'175</b>

Lo svuotamento dell'invaso avviene principalmente tramite sollevamento meccanico (1'366'000 m<sup>3</sup>) e, solo in caso di completo riempimento della vasca, parzialmente a gravità (circa 134'000 m<sup>3</sup> corrispondenti al volume invasato tra le quote 183.5.0 m s.m. e 182.35 m s.m.) attraverso il manufatto di presa. Non essendo separati da alcun setto, lo svuotamento dei due settori avviene simultaneamente tramite stazione di sollevamento che preleva dal settore più profondo della vasca.

PROGETTISTI 	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE A.T.P.: <div data-bbox="304 145 510 277">  </div> <div data-bbox="510 145 758 277">  </div> <div data-bbox="758 145 885 277">  </div> <div data-bbox="885 145 1021 277">  </div> <div data-bbox="1021 145 1157 277">  </div> <div data-bbox="1157 145 1332 277">  </div> <div data-bbox="1332 145 1503 277">         Consulenti:   </div>						
--	--	--	--	--	--	--	--

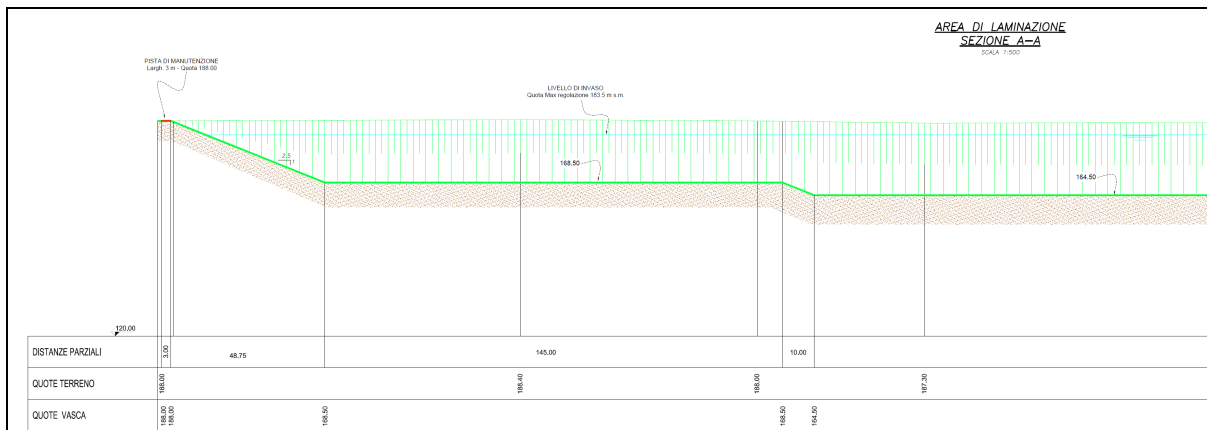


Figura 18 – Sezione del settore II della vasca di laminazione di Varedo

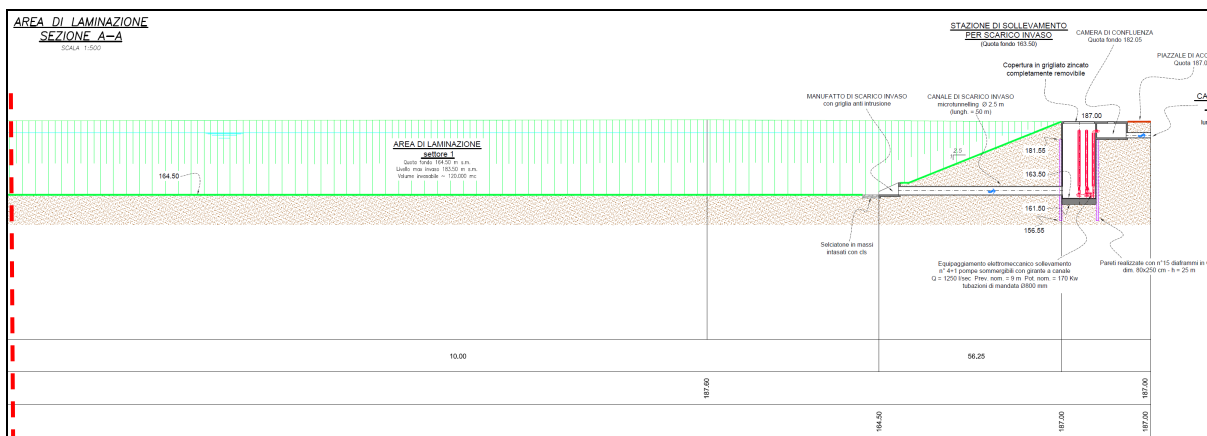


Figura 19 – Sezione del settore I della vasca di laminazione di Varedo

### 3.1.2 Quota di coronamento delle arginature perimetrali

Ai fini della determinazione della quota di coronamento arginale, occorre far riferimento alle quote del massimo livello idrico raggiungibili in vasca, con riferimento all'evento centennale, in corrispondenza dei seguenti scenari di funzionamento:

Scenario 1 (eccezionale) - Stato attuale (opere di laminazione previste a monte non realizzate) e piena  $T = 100$  anni con colmo successivo al completo riempimento della vasca.

In corrispondenza della sez. 32-0-1 del modello idrodinamico MIKE 11 il Seveso presenta allo stato attuale per l'evento centennale una portata al colmo di  $150.3 \text{ m}^3/\text{s}$ . In base al profilo di rigurgito provocato dal restringimento indotto dal ponte esistente immediatamente a valle (in questo scenario la paratoia di regolazione viene mantenuta completamente aperta ed è

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agencia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

quindi ininfluyente) il corrispondente livello di piena è pari a 185,9 m s.m. rispetto al fondo alveo posto a quota 181,5 m s.m., a quote delle sponde esistenti di 185,3 m s.m. e a quote delle sponde di progetto di 186.0 m s.m..

Ammesso cautelativamente che tale colmo di piena avvenga eccezionalmente dopo un completo riempimento della vasca che porti il livello di invaso alla stessa quota del fiume il livello in vasca è quindi pari a:

- *livello di massimo invaso eccezionale* = 185,9 m s.m..

*Scenario 2- Stato attuale (opere di laminazione previste a monte non realizzate) con effetto di laminazione per l'evento  $T = 100$  anni.*

In corrispondenza della sez. 32-0-1 del modello idrodinamico MIKE 11 il Seveso presenta allo stato attuale per l'evento centennale una portata al colmo di 150.3 m<sup>3</sup>/s. In base al profilo di rigurgito provocato dal restringimento indotto dal ponte esistente immediatamente a valle (in questo scenario la paratoia di regolazione viene mantenuta completamente aperta ed è quindi ininfluyente) il corrispondente livello di piena è pari a 185,9 m s.m. rispetto al fondo alveo posto a quota 181,5 m s.m., a quote delle sponde esistenti di 185,3 m s.m. e a quote delle sponde di progetto di 186.0 m s.m..

Imponendo la derivazione verso la vasca determinata dal sfioratore laterale sopracitato, la portata massima sfiorata in corrispondenza del colmo di piena in arrivo è pari 61.0 m<sup>3</sup>/s. Il conseguente riempimento della vasca provocato dall'onda sfiorata determina un massimo riempimento pari a:

- *livello di massimo invaso di progetto* = 183.50 m s.m..

*Scenario 3 - Stato di progetto (opere di laminazione previste a monte completamente realizzate) con effetto di laminazione per l'evento  $T = 100$  anni.*

In corrispondenza della sez. 32-0-1 del modello idrodinamico MIKE 11 il Seveso presenta, nella situazione di progetto con opere di laminazione a monte realizzate, una portata al colmo di 132.0 m<sup>3</sup>/s per l'evento centennale. In base al profilo di rigurgito provocato dal restringimento di alveo determinato dalla regolazione della paratoia in progetto il corrispondente livello di piena è pari a 185,4 m s.m. rispetto al fondo alveo posto a quota 181,5 m s.m., a quote delle sponde di 185,3 m s.m. e a quote delle sponde di progetto di 186.0 m s.m..

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agencia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Imponendo la derivazione verso la vasca determinata dal sfioratore laterale sopracitato, la portata massima sfiorata in corrispondenza del colmo di piena in arrivo è pari a  $61 \text{ m}^3/\text{s}$ . Il conseguente riempimento della vasca provocato dall'onda sfiorata determina un massimo riempimento pari a:

- *livello di massima regolazione di progetto* = 183,5 m s.m..

Poiché nella configurazione scelta l'opera di presa svolge anche la funzione di scarico di superficie della vasca, il dimensionamento della quota delle arginature della stessa è stato condotto considerando le quote suddette. Il coronamento delle arginature di confinamento della vasca è quindi stato posto ad una quota pari a 187.00 m s.m., garantendo quindi un franco di sicurezza pari a:

- nello scenario eccezionale 1 relativo allo stato attuale con colmo sopraggiungente dopo il completo riempimento della vasca (livello di massimo invaso di 185,9 m s.m.) =  $187.00 - 185,9 = 1,1 \text{ m}$
- nello scenario 2 relativo allo stato attuale (livello di massimo invaso di 183.50 m s.m.) =  $187,00 - 183.5 = 3.50\text{m}$
- nello scenario 3 nella configurazione di progetto (livello di massimo invaso di 183,5 m s.m.) =  $187,00 - 183.5 = 3.50\text{m}$ .

### 3.2 OPERA DI PRESA

L'opera di laminazione in progetto viene alimentata dall'opera di presa posta sul torrente Seveso.

Questa 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 182.35 m s.m., avente una lunghezza pari a 8 m. In corrispondenza dello sfioratore il Seveso è caratterizzato da una quota di fondo pari a circa 181.50 m s.m., per cui l'altezza della soglia di sfioro sul fondo alveo è pari a 0.85 m.

Il profilo trasversale della soglia sfiorante è curvilineo, del tipo *Creager-Scimemi*.

A valle della soglia di sfioro è prevista una platea di raccordo con le condotte di alimentazione dell'invaso di laminazione di Varedo, posta a quota 179,20 m s.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



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

acciaio inox di dimensioni 10.0 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.

In presenza della portata di piena di riferimento, la paratoia determina un funzionamento di bocca a battente regolato dalla conservazione dell'energia tra la sezione rigurgitata a monte della paratoia e la sezione contratta a valle della stessa. Il dimensionamento della luce della paratoia con la corrispondente sezione contratta e il dimensionamento dello sfioratore laterale sono stati condotti in modo tale da realizzare quanto prima indicato e cioè che, con riferimento ad una portata di piena centennale di progetto proveniente da monte pari a 132 m<sup>3</sup>/s, la portata sfiorata verso l'invaso di laminazione sia pari a 61 m<sup>3</sup>/s, così da ridurre la portata verso valle a 71 m<sup>3</sup>/s.

In corrispondenza del manufatto di presa, i muri arginali dell'alveo del torrente Seveso verranno rialzati sino alla quota di 186.00 m s.m. al fine di contenere i livelli idrici generati dal restringimento in corrispondenza del passaggio della portata di progetto.

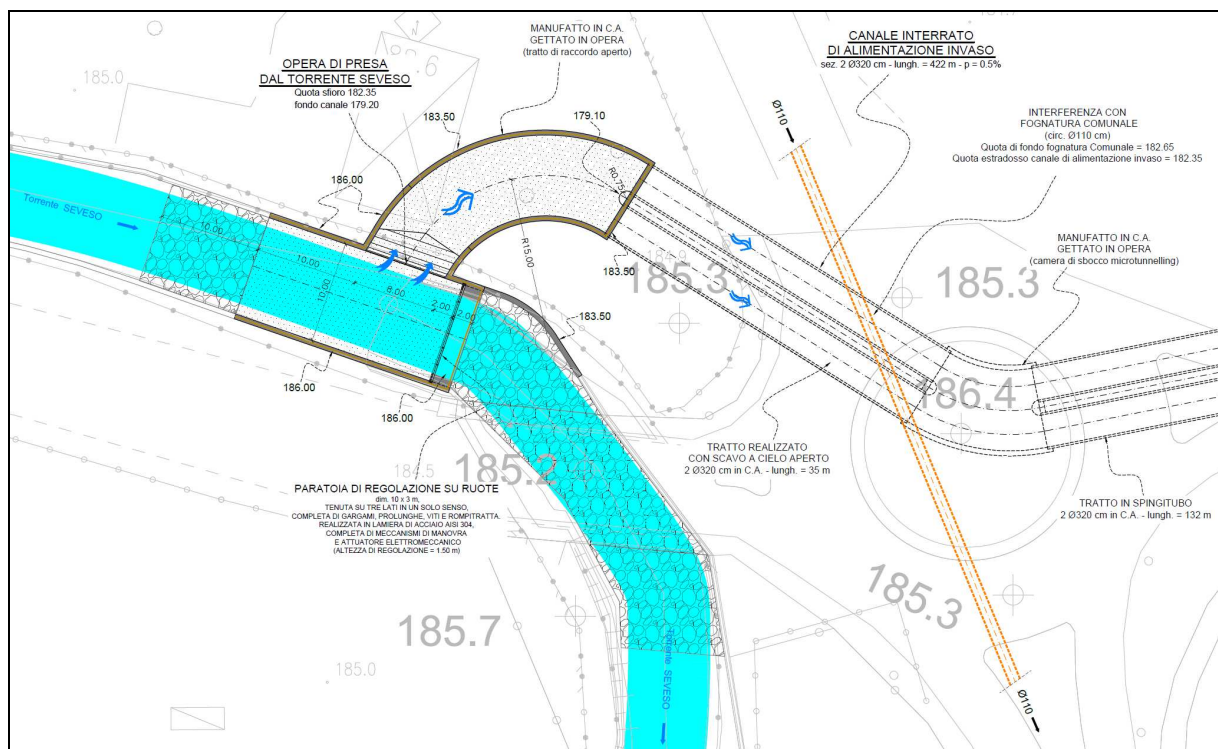


Figura 20 – Manufatto di presa della vasca di laminazione di Varedo

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

### 3.2.1 Configurazione dell'opera di presa nell'assetto attuale

Attualmente non è ancora ipotizzabile l'ordine con le quali verranno realizzate le diverse opere di laminazione previste nello studio AIPO 2011 a protezione dalle inondazioni del torrente Seveso.

Per tale motivazione si è proceduto ad effettuare una verifica del funzionamento del sistema idraulico della vasca di Varedo considerando che questa sia la prima opera realizzata e che il torrente Seveso risulti analogo alla situazione attuale in tutte le altre sezioni a monte di essa.

Si è quindi analizzato il funzionamento dell'opera di presa in corrispondenza di una portata in arrivo da monte pari a  $150.30 \text{ m}^3/\text{s}$ , corrispondente a quella dello stato di fatto.

Essendo l'opera dimensionata per il funzionamento ottimale in corrispondenza di una portata massima in arrivo da monte pari a  $132,0 \text{ m}^3/\text{s}$ , si è verificato che nelle condizioni di stato di fatto essa deriverebbe verso la vasca di invaso una portata superiore a quella di progetto, portando al riempimento prematuro della vasca e quindi ad una possibile riduzione della protezione idraulica offerta dall'opera.

Per evitare ciò sono state valutate differenti configurazioni dell'opera e si è verificato che, prevedendo un incremento della luce libera sottesa dalla paratoia a valle della soglia di sfioro, la portata derivata in vasca può essere mantenuta pari a quella di progetto ( $61 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Più precisamente, la paratoia di regolazione va posizionata in modo da lasciare una luce libera dal fondo alta 1.90 m (quota assoluta della base pari a 183.4 m s.m.), cioè 0.40 m più alta rispetto alla configurazione di progetto.

Tale modifica permette di garantire il corretto funzionamento dell'opera anche nel caso essa fosse la prima realizzata tra tutte quelle in progetto, assicurando comunque, attraverso una semplice modifica della apertura della paratoia di regolazione, il ripristino della configurazione di progetto finale.

### 3.3 CONDOTTI DI ALIMENTAZIONE DELL'INVASO

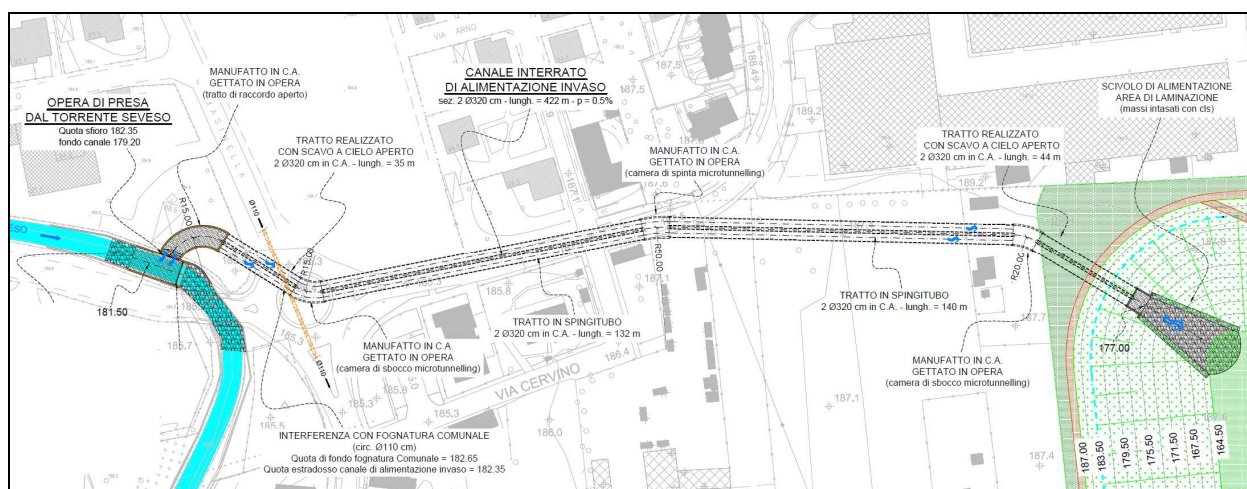
Le portate derivate dal Seveso vengono recapitate nel settore I dell'invaso di laminazione di Varedo attraverso una coppia di condotti circolari DN320 in c.a. posati per circa 270 m attraverso spingitubo e per il restante tratto tramite scavo a sezione obbligata. Tali condotte svolgono anche la funzione di attraversamento della viabilità locale e della zona residenziale

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:	
 Agenzia Interregionale per il fiume Po	 STUDIO PAOLETTI	 INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 Prof. Dott. V. Mezzanotte

posta tra il torrente Seveso e la localizzazione della vasca di laminazione.

Le condotte hanno una lunghezza totale di circa 350 m e pendenza di posa pari al 5‰. La quota di fondo in corrispondenza della sezione iniziale (a valle dell'opera di presa del Seveso) è pari a 179.20 m s.m., mentre la quota di fondo nella sezione terminale (ingresso nel settore I dell'invaso) è pari a 177.00 m s.m..

Le curve di raccordo tra i diversi tratti verranno realizzate attraverso appositi manufatti in c.a. gettati in opera.



**Figura 21 – Stralcio della planimetria della vasca di laminazione di Varedo con indicazione delle opere idrauliche di alimentazione dell'invaso**

Essendo tale opera realizzata parzialmente lungo la viabilità locale, durante la redazione del presente progetto definitivo si è investigata la presenza di sottoservizi che potessero rappresentare vincoli alle quote di posa delle condotte di alimentazione della vasca di laminazione. La società CAP Holding, gestore della rete fognaria nel comune di Varedo, ha segnalato la presenza di un collettore fognario lungo via Comasinella.

Come indicato dalle tavole fornite, in corrispondenza dell'attuale rotonda tra via Comasinella, via Agnesi e via Ticino è localizzata una cameretta di ispezione nella quale avviene un cambio di diametro da 110 cm a 80 cm, la cui quota di posa è pari a 182.65 m s.m.. Le quote di posa delle condotte di alimentazione della vasca di alimentazione sono quindi state impostate in modo da garantire una distanza minima tra l'estradosso inferiore della fognatura e l'estradosso superiore delle condotte.

La quota del canale può all'occorrenza essere ulteriormente abbassata, tenuto conto che la

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					
		A.T.P.:					
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

quota di fondo della sezione terminale è pari a 177.0 m s.m., 12.5 m al di sopra del fondo del settore I dell'invaso.

### 3.4 STAZIONE DI SOLLEVAMENTO PER LO SCARICO DEI VOLUMI INVASATI

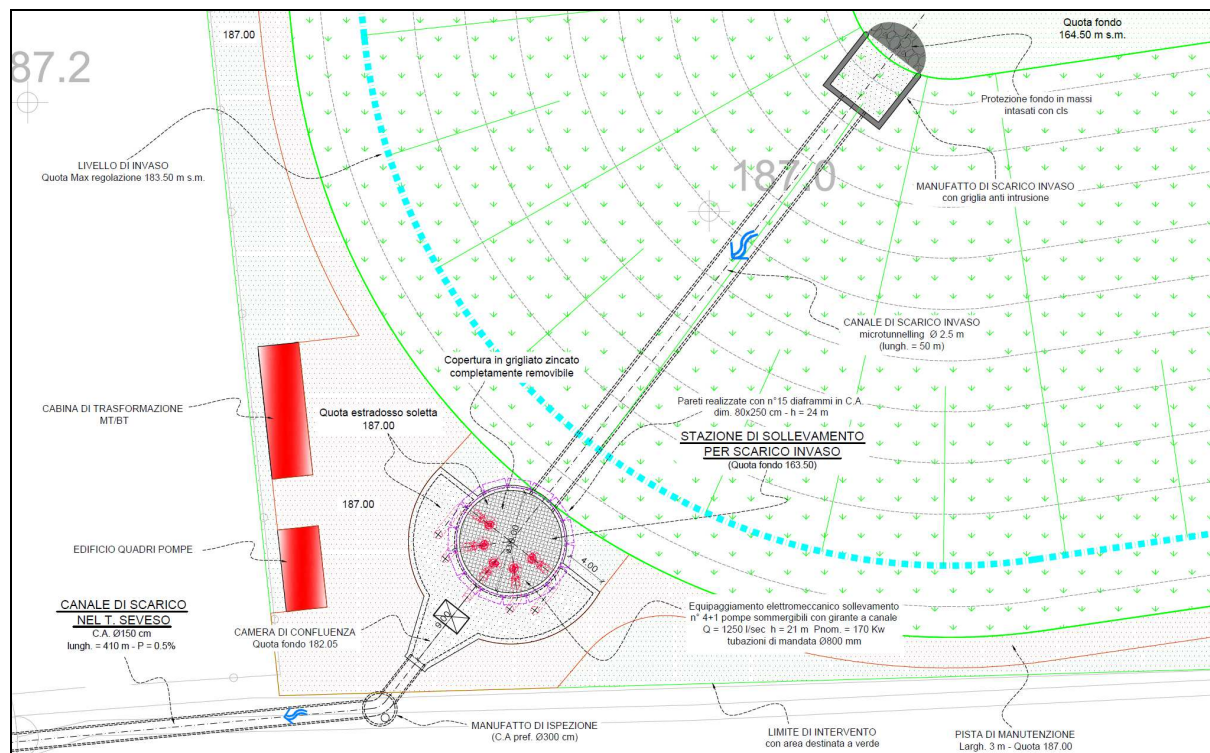
A causa della configurazione del piano campagna e delle quote relative all'alveo del torrente Seveso, la vasca di laminazione di Varedo è realizzata per la quasi totalità in scavo con fondo a quote fino a 17.0 m inferiori rispetto a quelle dell'alveo del Seveso. Per tale motivazione, i volumi in essa invasati devono essere scaricati al termine dell'evento di piena principalmente per sollevamento meccanico (solo i primi 115 cm del massimo invasato di progetto possono essere scaricati a gravità per rigurgito dalla soglia di sfioro dell'opera di presa).

La stazione di sollevamento verrà realizzata all'angolo sud-occidentale della vasca di laminazione al fine di posizionarsi il più vicino possibile alla restituzione al torrente Seveso. Il fondo del sollevamento è stato posto alla quota di 163.5 m s.m. in modo da risultare di 1.0 m inferiore alla quota di massimo scavo della vasca e poter così allontanare la totalità dei volumi invasati ma limitando comunque il massimo battente sull'aspirazione delle pompe sommerse a 20.0 m, valore oltre il quale si potrebbero presentare problematiche nel loro funzionamento.

Le opere elettromeccaniche sono state dimensionate in modo da permettere il completo svuotamento dell'invaso in un tempo di circa 84 ore. Si è scelto quindi di installare n.5 pompe (delle quali una con funzione di riserva) caratterizzate da una portata massima allontanabile di 1250 l/s ciascuna con una prevalenza nominale di 9 m.



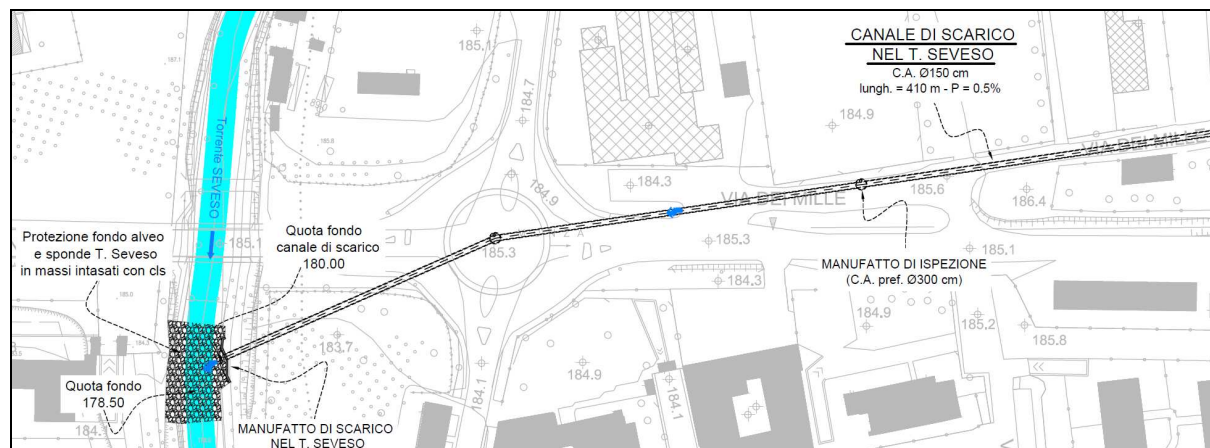
PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE				Consulenti:	
 Agenzia Interregionale per il fiume Po	 STUDIO PAOLETTI	 INGEGNERI ASSOCIATI	 WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	 Studio Associato Geologia Spada	 Dott. Ing. A. Barbon	 Prof. Dott. V. Mezzanotte	



**Figura 22 – Stralcio della planimetria della vasca di laminazione di Varedo con indicazione del sollevamento meccanico e delle opere di scarico**

Nelle immediate vicinanze della stazione di sollevamento e completamente fuori terra verranno realizzati un edificio contenente i quadri elettrici di controllo delle pompe e una cabina di trasformazione MT/BT.

Le condotte di mandata sono dei DN800 in acciaio e, giunte alla quota 182.50 m s.m., appena all'esterno della stazione di sollevamento, convergono in una camera di confluenza dalla quale ha origine una condotta circolare DN150 in c.a. che recapita a gravità verso lo scarico nel torrente Seveso, posto appena a valle del ponte stradale della SS527.





PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agenzia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

**Figura 23 – Stralcio della planimetria della vasca di laminazione di Varedo con indicazione delle opere di scarico**

Anche in tale zona è stata verificata la presenza di una condotta fognaria in gestione alla società CAP Holding S.p.A..

L'analisi della planimetria della rete fognaria ha però indicato solamente una possibile interferenza di parallelismo tra la condotta fognaria e quella di scarico della vasca di laminazione.

Data l'ampiezza della strada e le limitate dimensioni delle condotte in oggetto si ritiene di non approfondire ulteriormente in tale sede l'interferenza, rimandando alle successive fasi progettuali analisi più dettagliate.

### 3.5 OPERE CONNESSE ALL'INTERAZIONE TRA LA FALDA FREATICA E L'INVASO

Nella relazione geologica-idrogeologica allegata al progetto (elaborato A.2.3) sono riportate le informazioni relative al livello della prima falda e alle possibili interazioni con le opere di laminazione in progetto. Allo stato attuale dei livelli della falda, la parte più profonda delle vasche presenta interferenze dirette con la prima falda, interferenze sia in fase esecutiva che durante il funzionamento a regime delle vasche.

Per il funzionamento a regime si pongono due elementi fondamentali:

- interferenze qualitative (qualità delle acque);
- interferenze quantitative – idrogeologiche.

Fatte salve le valutazioni sulla qualità delle acque della prima falda e del fiume Seveso, contenute in apposite relazioni allegate al presente progetto, si è ritenuto di mantenere completamente separati i due sistemi.

Nello specifico è stato ritenuto fondamentale impedire l'infiltrazione nel sottosuolo e nella falda delle acque di piena del fiume Seveso.

La scelta progettuale è quella di impermeabilizzare completamente tutti i settori delle vasche fino alla quota di massimo invaso.

La soluzione tecnica individuata è quella della messa in opera di un materassino bentonitico con superficie irruvidita, ricoperto da circa 1 metro di spessore di terreno e da circa 0,5 metri di spessore di massi sul fondo vasca, in grado di garantire una permeabilità inferiore a  $1 \times 10^{-8}$  cm/sec.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agenzia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Il geocomposito bentonitico è costituito da due geotessili tessuti in PP, che racchiudono uno strato di bentonite calcica ad elevata prestazione. Entrambi i geotessili di copertura sono rivestiti con uno strato ruvido ad elevato indice d'attrito per impedire lo scivolamento del telo e del terreno di copertura.

All'interno del geocomposito bentonitico è inserita una lamina poliolefinica dello spessore di 0,12 mm.

Allo stato attuale il telo sarebbe assoggettato ad una sottospinta idraulica per il livello della falda.

Il ricoprimento è in grado di garantire, con gli adeguati margini di sicurezza, un dislivello tra fondo finito della vasca e livello dell'acqua di circa 1 metro.

E' stato quindi progettato un sistema in grado di garantire l'equiparazione tra i livelli della falda all'esterno ed all'interno della vasche.

Il sistema è costituito da una serie di tubazioni drenanti, poste alla base delle scarpate, che intercettano l'acqua di falda e la riversano all'interno del laghetto, al fine di omogeneizzare i livelli dell'acqua.

Tali tubazioni sono dotate di una valvola a clapet che consente l'ingresso in vasca dell'acqua di falda, ma non consente l'uscita delle acque delle vasche verso la falda.

Si tratta quindi di un sistema monodirezionale, studiato proprio per tutelare al massimo la falda stessa.

Questa soluzione di impermeabilizzazione e bilanciamento delle spinte dell'acqua rende la vasca sostanzialmente neutra rispetto all'assetto idrogeologico, anche a regime, sia in presenza che in assenza di riempimento.

Le acque invase non possono infiltrarsi in falda e quindi non ne alterano il flusso e l'alimentazione.

Viceversa la vasca si livella come la falda circostante e quindi non costituisce ostacolo al normale deflusso della stessa.

### 3.6 OPERE DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA

Per la descrizione dettagliata di tali opere si rimanda al relativo capitolo 7 della presente relazione.

PROGETTISTI  	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE  A.T.P.: <div>      </div>						Consulenti:   
---	--	--	--	--	--	--	--

## 4. QUALITÀ DELLE ACQUE DEL T. SEVESO

Nel presente capitolo vengono descritti sinteticamente i principali elementi emersi dalle analisi sulla qualità delle acque del torrente Seveso afferente alla vasca di laminazione in progetto. Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione A.2.2 “*Relazione sulla qualità delle acque del T. Seveso*”.

Si precisa che le analisi sono state effettuate per semplicità su campioni prelevati a valle della vasca di laminazione di Paderno Dugnano e di tutte quelle previste nello studio *Aipo2011* (ad esclusione di quella di Senago) e che quindi risultano significativi per tutte le vasche previste.

### 4.1 CARATTERIZZAZIONE QUALITATIVA DEL T. SEVESO

Considerando il tratto a monte di Milano, il Seveso riceve lungo il suo percorso gli effluenti trattati di diversi impianti di depurazione, come indicato in Tabella 4, ed alcuni scarichi industriali. Tra questi ultimi, i più consistenti risultano essere quelli di un’azienda alimentare, destinata alla produzione di carne in scatola, di una di imbottigliamento di bevande (alcoliche ed analcoliche) e di una cava.

**Tabella 4 - Impianti di depurazione con scarico nel Seveso a monte della città di Milano**

	Potenzialità impianto (AE)	Comuni serviti
<b>Fino Mornasco</b>	186.167	Casinate con Bernate (parte), Cavallasca (parte), Como (parte), Fino Mornasco (parte), Grandate (parte), Luisago, Montano Lucino, S. Fermo della Battaglia, Villaguardia (parte)
<b>Carimate</b>	131.736	Cantù (parte), Capiago Intimiano, Carimate, Casinate con Bernate (parte), Cucciago, Figino Serenza, Fino Mornasco (parte), Novedrate, Senna Comasco, Vertemate con Minoprio
<b>Varedo</b>	150.000	Varedo, Bovisio Masciago, Barlassina, Cesano Maderno, Seveso, Lentate sul Seveso, Meda, Cabiato
<b>Mariano Comense</b>	82.781	Albavilla (parte), Albese con Cassano, Alzate Brianza (parte), Arosio, Brenna, Cantù (parte), Carugo, Inverigo (parte), Mariano Comense (parte), Montorfano, Orsenigo (parte)
<b>Bresso</b>	340.000	Bresso, Cinisello Balsamo, Cormano, Cusano Milanino, Paderno Dugnano

La qualità delle acque è stata valutata calcolando il LIMeco, così come indicato nel D.M. 260/2010, sui dati ARPA del 2009, del 2010 e del 2011. Nella Tabella 5 e nella Tabella 6 sono riportati i parametri e i criteri di classificazione dei corsi d’acqua in base ai punteggi relativi ai parametri analizzati.

PROGETTISTI 	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE A.T.P.: <div>    <div> <i>Studio Associato</i>  <i>Geologia Spada</i> </div> <div> <i>Dott. Ing. A. Barbon</i> </div> </div>						Consulenti:  <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>
--	--	--	--	--	--	--	---

**Tabella 5 - Soglie per l'assegnazione dei punteggi ai singoli parametri per ottenere il punteggio LIMeco (D.M.260/2010)**

		Livello 1	Livello 2	Livello 3	Livello 4	Livello 5
	Punteggio*	1	0,5	0,25	0,125	0
<b>Parametro</b>						
100-O <sub>2</sub> % sat.	Soglie**	≤ 10	≤ 20	≤ 40	≤ 80	> 80
N-NH <sub>4</sub> (mg/l)		< 0,03	≤ 0,06	≤ 0,12	≤ 0,24	> 0,24
N-NO <sub>3</sub> (mg/l)		< 0,6	≤ 1,2	≤ 2,4	≤ 4,8	> 4,8
Fosforo totale (µg/l)		< 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	> 400

\* Punteggio da attribuire al singolo parametro

\*\* Le soglie di concentrazione corrispondenti al Livello 1 sono state definite sulla base delle concentrazioni osservate in campioni (115) prelevati in siti di riferimento (49), appartenenti a diversi tipi fluviali. In particolare, tali soglie, che permettono l'attribuzione di un punteggio pari a 1, corrispondono al 75° percentile (N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, e Ossigeno disciolto) o al 90° (Fosforo totale) della distribuzione delle concentrazioni di ciascun parametro nei siti di riferimento. I siti di riferimento considerati fanno parte di un database disponibile presso CNR-IRSA.

**Tabella 6 - Classificazione di qualità secondo i valori di LIMeco (D.M.260/2010)**

Stato	LIMeco
Elevato*	≥ 0,66
Buono	≥ 0,50
Sufficiente	≥ 0,33
Scarso	≥ 0,17
Cattivo	< 0,17

Si osserva che solo la stazione di Fino Mornasco, nel 2011, può essere classificata Sufficiente, ben lontana dall'obiettivo di Buono. Nei rimanenti casi, nei tre anni considerati, il livello di qualità è stato Scarso o Cattivo, come indicato in Tabella 7.

**Tabella 7 - Classificazione LIMeco per le stazioni del Seveso monitorate da ARPA nel 2009, 2010 e 2011**

	2009	2010	2011
<b>Fino Mornasco</b>	Scarso	Scarso	Sufficiente
<b>Vertemate con Minoprio</b>	Scarso	Scarso	Scarso
<b>Lentate sul Seveso</b>	Cattivo	Scarso	Cattivo
<b>Bresso</b>	Cattivo	Cattivo	Cattivo

Per quanto riguarda l'azoto totale, si osserva un aumento delle concentrazioni fino alla

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:					
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND				
						<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>						

stazione di Paderno Dugnano ed una nuova diminuzione, nella stazione di Bresso, a valle dell'immissione dell'effluente dell'impianto di depurazione. Questo, in effetti, serve 300.000 AE ed ha quindi una portata elevata (circa 3.700 m<sup>3</sup>/ora), ed ha una buona efficienza di rimozione dell'azoto per cui il suo effluente ha concentrazioni inferiori a quelle rilevabili nel ricettore a monte dello scarico e ne consente una, pur limitata, diluizione. In tutte le stazioni si osserva una netta prevalenza delle forme ossidate (il rapporto tra azoto nitrico e azoto ammoniacale varia, nelle varie stazioni, tra 1,5 e 5,5), a conferma dell'influenza dello scarico degli impianti di depurazione piuttosto che di scarichi fognari non trattati. Per quanto riguarda il fosforo, invece, la concentrazione aumenta gradualmente dalla prima all'ultima stazione, dove la media delle concentrazioni risulta pari a 1 mg/l.

La concentrazione massima di ossigeno si rileva nella stazione di Vertemate, a valle dell'impianto di depurazione di Fino Mornasco, il cui effluente viene ozonato prima dello scarico ed è quindi ricco di ossigeno, e diminuisce successivamente fino al valore minimo nella stazione di Bresso, che comunque mostra una concentrazione media superiore a 7 mg/l. BOD<sub>5</sub> e COD tendono ad aumentare fino a Paderno Dugnano e, come l'azoto totale, diminuiscono poi nella stazione di Bresso.

Verificata la prevalenza dell'impatto degli scarichi degli impianti di depurazione rispetto a quella degli eventuali scarichi fognari non trattati, va osservato che il dato della carica di Escherichia coli è strettamente dipendente dall'efficienza della fase di disinfezione operata dagli impianti, ma può essere influenzato anche fortemente da scarichi civili non trattati anche di modesta portata nei quali la carica di batteri di origine fecale può essere molto elevata.

Per quanto riguarda, infine, le concentrazioni di metalli, le misure di ARPA non evidenziano alcun superamento degli standard di qualità indicati dalla Direttiva europea 105/2008 e recepita in Italia con il D.Lgs. 260/2010 rispetto ai quali, anzi, i dati del monitoraggio appaiono molto distanti. Nelle stazioni di Lentate sul Seveso e di Bresso il nichel raggiunge le sue concentrazioni massime, che comunque si attestano come valore medio, intorno a 17 µg/L, rispetto ad uno standard di 20 µg/L. Come spesso accade, le concentrazioni più elevate sono quelle dello zinco, data la sua presenza ubiquitaria.

Il monitoraggio condotto nel 2012 e nel 2013 ha riguardato un minor numero di stazioni e una serie più completa di parametri ed ha portato ad una classificazione migliore rispetto a quella precedente, e basata non solo sui parametri chimici ma anche, per due delle stazioni



PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LAND	Prof. Dott. V. Mezzanotte

analizzate, su alcune (diatomee e macroinvertebrati) delle metriche biologiche previste dalle norme vigenti. Per il 2013 i dati non sono ancora stati elaborati ai fini della classificazione di qualità.

Per quanto riguarda l'ossigeno disciolto, il BOD<sub>5</sub> e il COD la situazione nel 2012 e nel 2013 è confrontabile con quella degli anni precedenti salvo per il valore del COD nell'ultima stazione che, nel 2013, è risultata superiore di circa 10 mg/l rispetto ai valori precedenti. Va peraltro ricordato che la stazione di Bresso è posta a valle dello scarico dell'impianto di depurazione e che una variazione di tale entità nell'effluente è da ritenersi normale. Anche i risultati delle analisi microbiologiche mostrano una situazione sostanzialmente costante nel tempo.

Le concentrazioni di nutrienti mostrano anch'esse valori simili a quelli riscontrati negli anni precedenti ma si rileva un'unica differenza sostanziale tra il 2012 e il 2013. Anche in questo caso si tratta della stazione di Bresso, che risente dello scarico dell'impianto di depurazione. Nel 2012 la concentrazione di azoto ammoniacale era nettamente superiore a quella dell'azoto nitrico. Tale situazione è da mettere in relazione ad una nitrificazione non ottimale che, evidentemente, ha ripreso a funzionare correttamente nell'anno successivo.

Il monitoraggio ha compreso anche la determinazione di numerosi inquinanti chimici inorganici (Piombo, Mercurio, Nichel, Arsenico, Cadmio, Cromo, Cromo VI, Rame, Zinco) e organici (Atrazina-desisopropil, AMPA, Glifosate, Simazina, Atrazina, Diclorobenzammide 2,6, Terbutilazina desetil, Bromacil, Terbutilazina, Atrazina\_desetil, Etilbenzene, 1,2 Dicloroetano, Toluene, dibromoclorometano, Tetracloroetilene (percloroetilene -PCE), Tetraclorometano (Tetracloruro di carbonio), Pentaclorobenzene, ETBE, Triclorometano (Cloroformio), Benzene, 1,1,1 Tricloroetano, Diclorometano, Tribromometano, diclorobromometano, Tricloroetilene (TCE), 1,1,2,2 Tetracloroetano, Esaclorobutadiene, Xilene orto, Tensioattivi anionici, Tensioattivi totali, Tensioattivi cationici, Tensioattivi non ionici). Per nessuno di essi si è riscontrata una concentrazione superiore agli standard di qualità per le acque superficiali: da tale situazione deriva la classificazione di Buono Stato Chimico indicata per il 2012, che appare comunque applicabile anche per il 2013.

In generale, negli ultimi anni si osserva più chiaramente la tendenza all'aumento delle concentrazioni di sostanza organica e di nutrienti da monte a valle, in relazione al progressivo accumulo dei carichi immessi. Anche il numero ridotto di stazioni influisce comunque sulla maggior regolarità degli andamenti. L'aumento più marcato si ha a valle dell'impianto di

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agencia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

depurazione di Bresso. La distanza tra la stazione di Vertemate e lo scarico dell'impianto di Fino Mornasco è infatti sufficiente a consentire una certa autodepurazione, fenomeno che si verifica lungo l'intera asta del fiume ma la cui intensità non è sufficiente a controbilanciare l'effetto delle immissioni.

Va peraltro sottolineato il fatto che i campionamenti e le analisi vengono effettuati da ARPA in tempo asciutto e che, pertanto, consentono di delineare la situazione in tali condizioni ma non dicono nulla in merito a quanto si verifica durante le piogge. Di fatto, durante le piogge, all'aumento delle portate corrispondono qualità delle acque che possono nel transitorio prima peggiorare ulteriormente, in quanto condizionate alla prima onda nera scaricata dagli scaricatori di piena urbani, e poi passare a condizioni più accettabili, in funzione dell'effetto di diluizione. Come dimostrano i dati sperimentali della letteratura scientifica e tecnica, si tratta di processi tutt'altro che sistematici, ma molto variabili anche per lo stesso bacino, in relazione alle situazioni volta per volta presenti nelle diverse aree scolanti del bacino e nel corso d'acqua e alla dinamica del singolo evento meteorico. Tutto ciò aggiunge valore alla sperimentazione marzo-settembre 2014 più oltre descritta.

#### 4.1.1 Valutazione dei carichi inquinanti

Le indagini condotte tra il 2005 e il 2011 nell'ambito del Contratto di Fiume Seveso promosso dalla Regione Lombardia ha evidenziato, tra gli affluenti, l'importanza del Torrente Certesa-Terrò, che è caratterizzato da un bacino piuttosto ampio (di 62 km<sup>2</sup> contro i totali 231 km<sup>2</sup> dell'intero bacino del Seveso) e presenta un contributo importante sia in termini di portata sia in termini di carico inquinante, cui contribuisce in misura significativa l'immissione dell'effluente dell'impianto di depurazione di Mariano Comense.

Da un'analisi delle fonti per individuare la suddivisione degli apporti, risulta che sia per i macrodescrittori che per i microinquinanti il contributo principale è dovuto agli scarichi dei depuratori, che mediamente pesano per oltre l'80% dei carichi totali del Seveso, come già osservato a proposito dei dati di qualità delle acque. Nel caso dei microinquinanti la fonte industriale ha un peso maggiore rispetto agli affluenti. E' invece da rimarcare l'effetto diluente che il Certesa-Terrò attua su tutti i microinquinanti.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LAND	Prof. Dott. V. Mezzanotte

#### 4.1.2 Fauna ittica

La situazione della fauna ittica nel Seveso è descritta nella Carta Ittica della Provincia di Milano. La comunità ittica risulta essere poco diversificata, con specie tra le più comuni nel territorio milanese, peraltro presenti nella gran parte con popolazioni poco consistenti e mal strutturate. È chiaro che la qualità fisico-morfologica e soprattutto quella chimico-fisica incidono moltissimo sull'ittiofauna, non consentendo al fiume di esprimere la sua vocazione naturale, ma costringendolo ad una vocazione a Ciprinidi, peraltro non particolarmente sensibili. Riguardo alle caratteristiche fisico-morfologiche esso presenta numerose opere di artificializzazione delle sponde e dell'alveo, soprattutto in corrispondenza degli insediamenti abitativi. Nel torrente Seveso, sono poche le specie esotiche, così come sono poche le specie ittiche nel complesso.

### 4.2 CAMPAGNA DI MONITORAGGIO QUALITATIVO DEL T. SEVESO E DEL CSNO DA MARZO A SETTEMBRE 2014

#### 4.2.1 Premessa

Le attività messe in atto da marzo a settembre 2014, ad integrazione di quelle già in capo ad ARPA, hanno avuto quindi lo scopo di caratterizzare più approfonditamente la qualità delle acque del T. Seveso, attraverso la misura in continuo di alcuni parametri qualitativi caratteristici (temperatura, conducibilità, torbidità, pH, ossigeno disciolto), e alla misura puntuale di altri parametri, quali nutrienti, BOD, COD, durante alcuni eventi di piena.

Ulteriori analisi sono state anche dedicate ai sedimenti di fondo del Seveso.

Si è inteso, con tali attività, studiare l'influenza delle piogge e, in particolare, analizzare gli andamenti delle caratteristiche delle acque nel tempo in relazione alle caratteristiche dell'evento considerato. È così possibile stimare i carichi e le concentrazioni che, in diverse condizioni idrologiche, verranno effettivamente immessi nella vasca di laminazione.

Tutte le attività relative alla campagna di monitoraggio e all'analisi degli aspetti qualitativi delle acque del T. Seveso sono state condotte dall'Associazione Temporanea incaricata, con la collaborazione della società MT.SEM s.r.l., nelle persone del Dott. Ing. G. Viviano e del Dott. L. Dal Bello, dell'IRSA-CNR, nella persona del Dott. G. Tartari, e della Prof.ssa V.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					
		A.T.P.:					
 AIPO <small>Agenzia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LWD	Prof. Dott. V. Mezzanotte

Mezzanotte del Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio e di Scienze della Terra dell'Università di Milano Bicocca.

#### 4.2.2 Siti di indagine

Sono stati identificati due siti interessanti ai fini del monitoraggio delle acque del T. Seveso:

- Sito A: lungo il fiume Seveso a monte dell'opera di presa del Canale Scolmatore Nord Ovest, in sponda destra (Coordinate WGS84: 45.580114, 9.159558);
- Sito B: lungo il CSNO, in sponda destra, in prossimità del ponte di via Giuseppe di Vittorio (Coordinate WGS84: 45.570847, 9.131047).

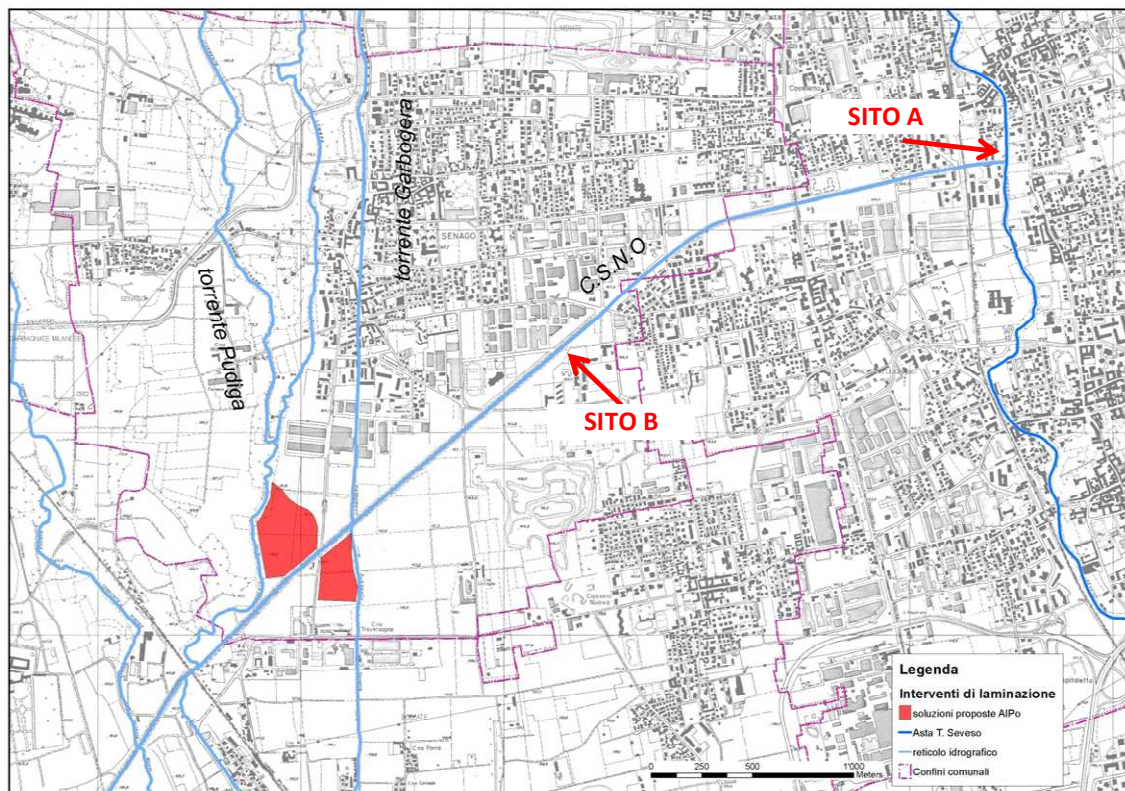


Figura 24 – cartografia con evidenziata la localizzazione dei siti di installazione della strumentazione di monitoraggio

#### 4.2.3 Stazioni di monitoraggio in continuo

Le sonde multiparametriche scelte per questa sperimentazione sono strumenti per il monitoraggio in continuo (time step: 15 min) di livello, temperatura, pH/redox, conducibilità, torbidità e ossigeno disciolto. Per tale obiettivo abbiamo scelto due sonde YSI 6920 V2



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

realizzate da YSI Inc., di proprietà della società ETATEC Studio Paoletti S.r.l..

La sonda S/N 13M101703 è stata installata nel SITO A, mentre la sonda S/N 13M101704 è stata installata nel sito B. L'installazione delle sonde è stata effettuata nel mese di marzo 2014.



**Figura 25 – Sonda multiparametrica YSI 6920 V2 della da YSI Inc.**





<p>PROGETTISTI</p>	<p>SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE</p>					
		<p>A.T.P.:</p> 		<p>Studio Associato Geologia Spada</p>	<p>Dott. Ing. A. Barbon</p>	<p>Consulenti:</p>  <p>Prof. Dott. V. Mezzanotte</p>



**Figura 26 – Installazione della sonda S/N 13M101704 all'interno del CSNO**



PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agenzia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND <small>LANDSCAPE ARCHITECTS</small>	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>



**Figura 27 – Installazione della sonda S/N 13M101703 all’interno del T. Seveso**

Lo stato di manutenzione del torrente e la gestione dell’opera di presa del CSNO non hanno consentito di osservare sostanziali differenze nei parametri monitorati tra il torrente e il canale. Durante il periodo di monitoraggio la paratia a valle dell’opera di presa è stata periodicamente chiusa in previsione di eventi meteorici e non solo a valle del raggiungimento della soglia di circa 1 m di battente a Milano. La chiusura dell’opera di presa e il conseguente innalzamento del battente idrico a monte nel T. Seveso, consentivano la derivazione nel CSNO delle acque del fiume anche in tempo asciutto. Al sopraggiungere dell’evento di pioggia, le acque del T. Seveso risultavano quindi essere le stesse monitorate nel CSNO non consentendoci di osservare importanti differenze. Questa pratica ha anche velocizzato il fenomeno di interrimento, ad opera dei sedimenti trasportati, dell’alveo del Seveso. Si è infatti osservato un innalzamento del fondo dell’alveo da marzo 2014, quando è stato pulito, a settembre 2014 di circa 70 cm portando il fondo del T. Seveso circa alla quota dell’opera di presa consentendo, nelle condizioni attuali, alle acque del Seveso di sfiorare nel CSNO anche in tempo asciutto e con paratoia aperta.

Le sonde sono state attentamente calibrate prima della loro installazione. Tutti i sensori sono



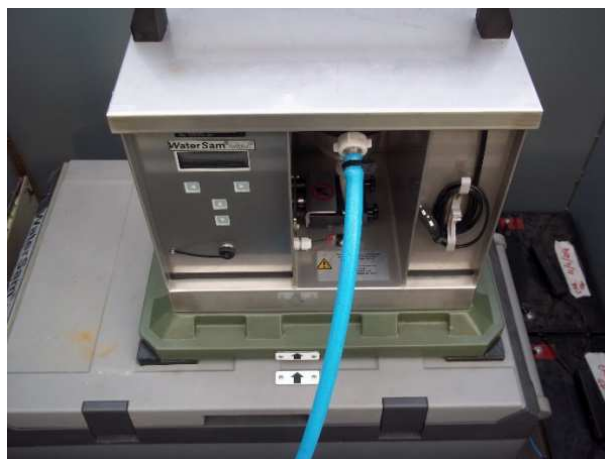
PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:	
		A.T.P.:						
					<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

stati nuovamente calibrati tra il 7 e il 9 Maggio 2014. Questa nuova calibrazione non ha evidenziato particolari criticità nelle letture.

La strumentazione è stata periodicamente soggetta a interventi di manutenzione ordinaria ovvero pulizia dei sensori e download dei dati. Specialmente la sonda nel Torrente Seveso, in condizioni di paratoia chiusa, a causa della scarsa velocità della corrente è, infatti, soggetta a fenomeni di intasamento dovuti al materiale fine trasportato.

#### 4.2.4 Analisi della qualità dei campioni delle acque e dei sedimenti del T. Seveso e del CSNO

Al fine di valutare la qualità delle acque del T. Seveso e del CSNO durante gli eventi di piena si sono effettuati campionamenti automatici delle acque del T. Seveso anche con autocampionatore (Figura 28) in corrispondenza della sezione di installazione della sonda multiparametrica. Durante gli stessi eventi precipitativi è stata inoltre installata una sonda spectro::lyser dell'azienda scan Messtechnik GmbH per l'acquisizione ogni 30 minuti di valori di N-NO<sub>3</sub> e di DOC. Per ciascun evento monitorato sono stati acquisiti 48 campioni da 1 litro (capacità delle bottiglie dell'autocampionatore) ogni 30 minuti al fine di avere un campione integrato orario di 2 litri che garantisca la possibilità di effettuare tutte le analisi proposte in fase di progetto (24 campioni in 24 ore).



**Figura 28 – Autocampionatore installato sul T. Seveso**

I campioni prelevati sono stati analizzati in laboratorio con riferimento ai parametri: TDP, P-PO<sub>4</sub>, SST, TP, TN, TDN, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, DOC, COD, BOD<sub>5</sub>, Cr(VI).

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					
		A.T.P.:				Consulenti:	
					<i>Studio Associato Geologia Spada</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

#### 4.2.5 Analisi complessiva degli eventi monitorati

Nel corso della campagna di monitoraggio sono stati registrati e campionati tre eventi che hanno comportato portate significative nel CSNO. I tre eventi sono avvenuti nelle date: 27-28 aprile, 14-15 giugno, 28-29-30 giugno.

Rinviando per ogni dettaglio alla Relazione sulla qualità delle acque (Atto n. 2.2), in Tabella 8 si analizzano congiuntamente i tre eventi mediante la valutazione dei valori medi, minimi, massimi e la deviazione standard calcolati sui parametri monitorati oltre all'altezza valore di pioggia cumulata e massima osservata per ciascun evento, in mm.

I tre eventi di piena monitorati sono caratterizzati da tre eventi precipitativi differenti. Il primo poco intenso ma con precipitazione diffusa nel tempo, il secondo poco intenso ma impulsivo, il terzo molto intenso e impulsivo (fenomeno della bomba d'acqua).

**Tabella 8 - statistica descrittiva delle principali variabili monitorate nell'arco dei 3 eventi precipitativi incluse le analisi aggiuntive sui campioni ai 30 minuti**

	<u>27-28 Aprile 2014 (24 campioni)</u>				<u>14-15 Giugno 2014 (30 campioni)</u>				<u>28-29-30 Giugno 2014 (39 campioni)</u>			
	Cumulata		Massimo nei 15 min		Cumulata		Massimo nei 15 min		Cumulata		Massimo nei 15 min	
<b>Precipitazione Vertemate (mm)</b>	40,4		2		24,2		3,8		130,4		21,5	
	Media	Min	Max	Dev.st	Media	Min	Max	Dev.st	Media	Min	Max	Dev.st
<b>Q (m³/s)</b>	12,99	4,09	34,64	8,56	12,07	3,53	42,48	10,73	-	-	-	-
<b>SST (mg/l)</b>	103,17	4,98	527,51	133,09	193,80	2,24	1586,11	331,84	506,20	3,24	2194,62	570,06
<b>TP (µg/l)</b>	1069,35	482,21	2752,13	642,71	1008,60	602,05	1812,51	332,08	715,65	344,38	1081,44	214,24
<b>TDP (µg/l)</b>	557,15	376,34	990,38	185,20	585,28	248,51	1035,50	235,28	303,41	134,65	705,92	181,84
<b>P-PO4 (µg/l)</b>	527,00	345,17	950,55	179,65	526,17	185,76	957,71	230,43	255,25	104,62	610,15	168,02
<b>TN (mg/l)</b>	6,30	3,18	13,05	2,85	7,15	3,71	13,55	2,46	5,32	3,47	7,38	1,16
<b>TDN (mg/l)</b>	4,28	2,69	6,69	1,20	5,17	3,67	8,67	1,50	3,82	2,63	6,78	1,13
<b>N-NH4 (mg/l)</b>	1,25	0,11	3,16	0,90	1,42	0,11	3,66	0,96	0,61	0,13	2,18	0,41
<b>N-NO3 (mg/l)</b>	3,03	2,38	3,98	0,51	3,74	1,43	8,04	1,56	3,21	2,01	4,86	0,95
<b>BOD5 (mg/l)</b>	14,08	0,00	45,00	13,28	16,73	0,00	35,00	11,04	12,73	1,30	32,50	9,36
<b>COD (mg/l)</b>	19,33	12,40	60,40	9,70	25,05	18,30	47,30	7,42	19,78	12,80	28,60	3,91
<b>CrVI (µg/L)</b>	-	-	-	-	9,97	5,41	21,54	3,65	5,87	2,37	11,50	2,19
<b>Temp YSI Seveso (°C)</b>	14,60	13,54	16,36	0,82	20,82	19,56	23,99	1,48	19,11	16,80	21,41	1,41
<b>Cond YSI Seveso (µS/cm)25°C</b>	456,15	337,50	627,50	89,75	484,32	297,00	943,00	200,90	273,24	148,00	499,00	118,96
<b>DOsat YSI Seveso (%)</b>	82,18	60,65	122,50	14,54	57,41	4,55	95,60	31,00	91,91	64,15	103,00	10,66
<b>DO YSI Seveso (mg/l)</b>	8,35	5,93	12,05	1,43	5,10	0,42	8,28	2,71	8,53	5,80	9,99	1,16
<b>Depth YSI Seveso (m)</b>	1,10	0,98	1,63	0,14	0,90	0,01	1,64	0,43	0,79	0,22	1,60	0,54
<b>pH YSI Seveso</b>	7,53	7,36	8,26	0,26	7,46	7,24	7,78	0,17	7,62	7,32	7,80	0,10
<b>Orp YSI Seveso(mV)</b>	201,92	112,90	274,20	60,40	212,88	147,20	286,65	41,16	421,63	403,80	437,40	6,75
<b>Torbidità YSI Seveso(NTU)</b>	61,53	3,65	320,35	75,91	462,62	5,50	3799,90	895,90	322,09	4,50	1332,70	365,82
<b>NO3-Neq s::can (mg/l)</b>	3,45	3,08	4,34	0,33	7,46	3,97	12,08	2,12	4,18	2,48	6,30	1,15
<b>DOC eq s::can (mg/l)</b>	3,10	1,66	6,01	1,14	4,36	3,07	5,83	0,55	4,97	2,13	8,07	2,14

Dall'analisi dei dati riportati in Tabella 8 è possibile osservare come ad un evento più intenso corrisponda una più elevata concentrazione di SST e quindi una maggior torbidità delle acque. Dissimile è invece l'andamento delle concentrazioni dei principali parametri analizzati.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agenzia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Queste risultano infatti generalmente più basse negli eventi più intensi.

Questo fenomeno non è unicamente dovuto agli effetti di diluizione ma, come abbiamo visto durante la descrizione dei tre eventi, è strettamente connessa all'intensità dell'evento stesso e alle caratteristiche del corpo idrico antecedenti l'evento di pioggia. E' importante sottolineare che durante l'evento precipitativo si ha l'attivazione degli scolmatori fognari e il dilavamento delle superfici urbane e che a valle di un evento intenso si osserva generalmente una fase di miglioramento dello stato di qualità delle acque del fiume stesso. Se tra questo evento e quello successivo non si ha un prolungato periodo asciutto l'evento successivo veicolerà al fiume un carico inferiore di inquinanti/nutrienti poiché sarà inferiore l'accumulo nel bacino afferente al punto di monitoraggio, nonché nel sistema fognario.

Allo stesso tempo se un evento precipitativo risulta di forte intensità l'aumento di portata potrebbe essere così repentino da nascondere i fenomeni di first flush invece ben individuabili in eventi meno intensi.

Nel caso dei tre eventi monitorati, mentre per il primo evento è ben osservabile il fenomeno del first flush ovvero l'anticipo del picco dei nutrienti rispetto al picco di portata, SST e torbidità, nel secondo e terzo evento, di carattere più impulsivo, questo risulta poco evidente. In entrambi i casi solo analisi di approfondimento sui campioni ogni 30 minuti hanno permesso di riconoscere questo fenomeno, seppur in maniera non troppo evidente, specialmente per il terzo evento. Questo non dipende unicamente dal fatto che i due eventi siano stati più intensi del primo ma anche dall'assenza di un periodo di almeno qualche giorno di tempo asciutto prima degli eventi di pioggia, presente invece nel caso del primo evento analizzato.

#### 4.3 I METALLI NEI SEDIMENTI ACCUMULATI NEL CSNO

Al fine di aumentare le conoscenze relative alla contaminazione da metalli pesanti (Cr, Cu, Ni) dei sedimenti trasportati dalle acque del T. Seveso e potenzialmente invasabili nelle vasche di laminazione di Lentate sul Seveso, sono stati condotti degli approfondimenti analitici su queste categorie di metalli presenti nel sedimento fine del CSNO e del torrente Seveso.

L'attenzione è stata focalizzata sul sedimento vista l'affinità dei metalli pesanti e di altri inquinanti per i materiali a granulometria fine ricchi in sostanza organica che, per le loro

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agazia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

caratteristiche fisico-chimiche e granulometriche, possono favorire la ritenzione e l'accumulo di sostanze potenzialmente tossiche. Nel corso della giornata del 30/06/2014 è stata condotta la campagna di raccolta del materiale fine sedimentato lungo il CSNO. Al fine di formulare un giudizio di qualità sufficientemente rappresentativo si è scelto di effettuare campionamenti integrati in 4 siti differenti del CSNO (Figura 29). I 4 punti di campionamento sono stati:

- A. in corrispondenza dell'opera di presa del CSNO dal Seveso (Figura 30);
- B. circa 240 m a monte del sito di monitoraggio in continuo e in corrispondenza della confluenza delle due tombinature ovvero nel punto di restringimento della sezione (Figura 31);
- C. in corrispondenza della strumentazione per il monitoraggio in continuo (Figura 32);
- D. circa a 400 m a valle del punto di monitoraggio e in corrispondenza del ponte che sovrasta il canale lungo Via Martiri di Marzabotto (Figura 33).

Occorre inoltre precisare che la gestione idraulica che contraddistingue il CSNO prevede azioni repentine di accumulo e rilascio di acqua, per far fronte a eventi improvvisi di piena del T. Seveso. Tali azioni comportano l'alterazione dei naturali meccanismi di accumulo e rimobilizzazione del sedimento fine; pertanto, risulta difficile definire i processi che portano all'immobilizzazione degli inquinanti nel sedimento e al loro rilascio in soluzione. Si può tuttavia affermare che la concentrazione totale dei contaminanti nel sedimento risulta solitamente strettamente correlata al carico inquinante derivante dalle attività produttive localizzate a monte del corpo idrico.



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



**Figura 29 – Localizzazione delle quattro zone di prelievo del materiale sedimentato lungo il tratto del CSNO**



**Figura 30 – Prima zona di prelievo, in testa al canale scolmatore CSNO, in corrispondenza dell'opera di presa**

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					
		A.T.P.:					
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>



**Figura 31 – Seconda zona di prelievo, a monte della strumentazione di misura**



**Figura 32 – Terza zona di prelievo, in corrispondenza dell'artefatto ospitante la sonda per il monitoraggio in continuo**

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					
		A.T.P.:					
							



**Figura 33 – Quarta e ultima zona di prelievo, a valle della strumentazione di misura**

In Tabella 9 sono confrontate le concentrazioni rilevate con i limiti di accettabilità per il suolo e per il sottosuolo in relazione alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare e con gli standard di qualità proposti da MacDonald. Analizzando le concentrazioni dei tre metalli è possibile fare alcune considerazioni in merito alla loro distribuzione nelle 4 zone campionate. La contaminazione da rame tende a crescere percorrendo da monte a valle il CSNO. Il cromo mostra, invece un massimo nella seconda zona di monitoraggio con valori superiori ad 80 mg/Kg s.s. Nelle altre zone le sue concentrazioni risultano minori, oscillando tra valori di poco inferiori ai 40 mg/Kg s.s. (zona A) e leggermente superiori ai 50 mg/Kg s.s. (zona D). Per quanto riguarda il nichel i massimi si registrano nelle zone centrali (B e C) con valori tra i 40 e i 50 mg/Kg s.s..

**Tabella 9 - Concentrazioni dei metalli indagati e concentrazioni soglia**

	Sito A	Sito B	Sito C	Sito D	VALORI SOGLIA			
					Suolo A*	Suolo B*	MacDonald, 2000 **	
					Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale	Siti ad uso Commerciale e industriale	cb-TEC	cb-PEC
Cu (mg/Kg s.s.)	52,47	74,62	76,55	85,00	120	600	31,6	149
Cr (mg/Kg s.s.)	37,19	81,80	44,79	53,66	150	800	43,4	111
Ni (mg/Kg s.s.)	31,79	47,30	45,27	36,07	120	500	22,7	48,6

Note:

\* Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare D.Lgs. 152/2006 ex DM 471/99

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:	
			A.T.P.:			<i>Studio Associato Geologia Spada</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

\*\* MacDonald, Donald D., C. G. Ingersoll, and T. A. Berger. 2000. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 39: 20-31

Dal confronto tra i valori registrati (Tabella 9) e i valori soglia indicati dalla normativa si nota che le concentrazioni di tutti i metalli indagati permangono ben al di sotto dei limiti fissati dall'Allegato 5 al Titolo V della Parte quarta tabella 1 del D.Lgs 152/2006. In tali condizioni, se considerassimo i sedimenti come un suolo, questi ricadrebbero come suoli di tipo A, definiti come suoli di buona qualità destinabili ai siti ad uso verde pubblico, privato e residenziali.

Confrontando le concentrazioni degli elementi indagati con gli standard di qualità proposti da MacDonald et al. (2000) emerge che, mentre i limiti di cb-TEC (consensus based Treshhold Effect Concentration, ossia la concentrazione al di sotto della quale è statisticamente probabile non avere effetti tossici) risultano quasi in tutti i siti e per i tre metalli leggermente superati, se invece prendiamo in considerazione i limiti definiti cb-PEC (consensus based Probable Effect Concentration, ossia la concentrazione al di sopra della quale è probabile avere effetti tossici) non vengono mai superati. Queste considerazioni ci permettono di affermare che, in prima analisi, i sedimenti del CSNO risultano scarsamente contaminati dai metalli pesanti investigati.

#### 4.4 I METALLI NELLE ACQUE DEL T. SEVESO

Si è anche investigata la contaminazione delle acque da metalli quali Cromo, Cromo VI, Rame e Nichel. Per quanto concerne il Cr(VI) ogni campione raccolto negli ultimi due eventi precipitativi è stato analizzato. Per gli altri metalli considerati, le analisi sono state effettuate su di un campione integrato per ciascun evento.

In Tabella 10 sono riportati i valori osservati accostati a quelli soglia riportati rispettivamente dalla tabella 1/A e 1/B dell'allegato 1 al D.M. 260/2010, dalla direttiva 2013/39/EU e dalla tabella 2 e 3 del D.lgs. 152/2006. L'assenza di limiti normati per quanto concerne le concentrazioni di Rame e di Cromo esavalente nelle acque superficiali ci ha spinto ad introdurre i valori soglia per le acque sotterranee e per le acque reflue che scaricano in acque superficiali al fine di avere un termine di paragone per la contaminazione da questi metalli. Le



PROGETTISTI  	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE  A.T.P.: <div>        </div>						
---	--	--	--	--	--	--	--

concentrazioni registrate per Cu, Cr, Ni sono sempre inferiori ai limiti fissati dalla normativa mentre il Cr(VI) risulta avere valori medi e superiori ai limiti di legge imposti per le acque sotterranee (5 µg/l).

Per tutti i metalli analizzati le concentrazioni misurate nella seconda campagna appaiono decisamente inferiori a quelle determinate nella prima. Questo potrebbe essere imputabile ad una maggior diluizione dei carichi immessi dovuta al prolungarsi dei fenomeni precipitativi che hanno caratterizzato il periodo di analisi.

**Tabella 10 - Concentrazioni dei metalli indagati nelle acque e concentrazioni soglia**

			VALORI SOGLIA					
			260/2010 *	2013/39/EU		Tabella 2 152/06 **	Tabella 3 152/06 ***	
	14/15 giugno	28/30 giugno	Valore limite (µg/l)	AA-EQS (µg/l)	MAC-EQS (µg/l)	Valore limite (µg/l)	Scarico in acque superficiali (mg/l)	Scarico in rete fognaria (mg/l)
Cu (µg/l)	10.61	6.24	-	-	-	1000	≤ 0,1	≤ 0,4
Cr (µg/l)	2.40	0.87	7	-	-	50	≤ 2	≤ 4
Ni (µg/l)	4.34	1.25	20	4	34	20	≤ 2	≤ 4
CrVI (µg/l)	9.8	5.9	-	-	-	5	≤ 0,2	≤ 0,2

Note:

\* Tabella 1/A e 1/B dell'Allegato 1

\*\* Tabella 2 – Allegato 5. Concentrazione soglia di contaminazione nelle acque sotterranee.

\*\*\* Tabella 3 – Allegato 5. Valori limiti di emissione in acque superficiali e in fognatura.

## 4.5 CONSIDERAZIONI IN TEMPO ASCIUTTO

Di sicuro interesse al fine di una corretta interpretazione dei dati di qualità delle acque durante gli eventi precipitativi, risulta essere una analisi su dati raccolti in tempo asciutto.

A tal fine, nelle prime fasi di questa sperimentazione, nel corso della giornata del 18 Aprile 2014, sono stati raccolti campioni acquosi nel T. Seveso e nel CSNO. Inoltre, tra i campioni raccolti durante i tre eventi precipitativi si sono identificati i campioni riconducibili a condizioni di tempo asciutto, ovvero antecedenti l'evento precipitativo oppure prelevati dopo 6 ore dal termine dell'evento stesso. Questo valore è stato scelto sulla base del tempo di ritardo del bacino in oggetto stimato di circa 4 ore.

Come è possibile osservare in Tabella 11, le analisi condotte sui campioni raccolti il 18 Aprile mostrano valori del tutto simili tra Seveso e CSNO. Nonostante il prolungato periodo secco antecedente alla data di prelievo si rilevano concentrazioni di inquinanti/nutrienti addirittura superiori a quelle osservate durante gli eventi di pioggia.

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

Si osservano invece concentrazioni piuttosto basse dei parametri analizzati per il tempo asciutto identificato a valle del terzo evento precipitativo. Questi valori sono da imputarsi, oltre che alla diluizione operata dall'evento di pioggia, all'avvicinarsi di numerosi altri eventi precipitativi nel corso della stagione che hanno aumentato gli effetti di diluizione e dilavamento dell'intero bacino idrografico.

**Tabella 11 – analisi delle acque in tempo asciutto**

TEMPO ASCIUTTO	Seveso (18/4/2014)	CSNO (18/4/2014)	27/04/2014 12:30	30/06/2014 02:45	30/06/2014 03:45	30/06/2014 04:45	30/06/2014 05:45	30/06/2014 06:45
Q (m³/s)	-	-	4,09	-	-	-	-	-
SST (mg/l)	28,60	37,20	4,98	100,97	89,35	70,23	61,23	56,04
TP (µg/l)	1649,72	1738,60	943,62	480,21	426,28	372,35	372,35	344,38
TDP (µg/l)	1477,94	1502,90	913,66	232,53	214,55	244,51	206,56	224,54
P-PO4 (µg/l)	1358,81	1401,61	878,00	165,51	172,89	185,80	185,80	189,49
TN (mg/l)	11,20	10,42	3,94	4,78	3,67	3,71	3,78	3,80
TDN (mg/l)	9,54	9,22	3,89	3,00	3,29	3,60	3,67	3,40
N-NH4 (mg/l)	0,60	0,60	0,11	0,21	0,21	0,18	0,26	0,57
N-NO3 (mg/l)	-	-	3,78	2,80	3,08	3,43	3,41	2,84
BOD5 (mg/l)	-	-	15,00	2,10	2,70	3,20	2,70	4,30
COD (mg/l)	-	-	23,60	18,50	17,50	17,90	17,20	18,20
CrVI (µg/L)	-	-	-	6,93	4,80	4,20	5,41	2,98
Temp YSI (°C)	14,50	14,54	16,08	17,41	17,22	17,04	16,88	16,80
Cond YSI (µS/cm)25°C	1091,00	1045,00	601,00	229,00	242,50	256,50	267,00	278,50
DOsat YSI (%)	97,80	84,50	122,50	98,55	100,35	99,80	101,35	103,00
DO YSI (mg/l)	9,94	8,58	12,05	9,44	9,65	9,63	9,82	9,99
Depth YSI (m)	0,96	0,31	0,98	0,32	0,31	0,31	0,30	0,25
pH YSI	8,02	8,16	8,26	7,65	7,68	7,70	7,73	7,75
Orp YSI (mV)	248,70	197,50	274,15	420,45	419,65	418,45	416,70	415,55
Torbidità YSI (NTU)	18,60	11,60	3,65	129,40	98,00	78,95	65,10	54,05
NO3-Neq s::can (mg/l)	-	-	3,90	4,30	4,30	4,34	4,34	4,38
DOC eq s::can (mg/l)	-	-	1,66	7,10	7,22	7,34	7,50	7,53

## 4.6 PRIME CONCLUSIONI

In tempo piovoso le onde di concentrazione manifestano punte in leggero anticipo (effetto first flush) rispetto alle onde di portata. Durante tali eventi i valori medi delle concentrazioni confermano in generale la qualità scadente delle acque che quindi non dovranno infiltrarsi verso la prima falda, con ciò confermando la necessità dell'impermeabilizzazione delle vasche come da progetto.

Tuttavia tali valori non appaiono preoccupanti per azoto, fosforo, BOD<sub>5</sub>, COD e Cr(VI) ai fini dell'ecosistema e del mantenimento del verde delle vasche, che anzi contribuirà all'assorbimento dei nutrienti.

Anche gli impatti sulle acque dei laghetti permanenti potranno essere assorbiti dai previsti sistemi di ricambio.

Al contrario i SST e la torbidità delle acque denunciano presenza elevata di sedimenti



PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					
		A.T.P.:				Consulenti:	
 <small>Agazia Interregionale per il fiume Po</small>	 <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	 <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

trasportati dalle acque, peraltro con basse e non preoccupanti concentrazioni di metalli pesanti (Cr, Cu, Ni), come confermato anche dalle analisi sui sedimenti. Ne consegue la necessità di modalità di manutenzione atte a rimuovere periodicamente dalle aree verdi i sedimenti, peraltro classificabili, per quanto riguarda i metalli monitorati, in modo analogo ai suoli di tipo A destinabili ad uso verde pubblico, privato e residenziale. A rimuovere l'intorbidimento delle acque dei laghetti permanenti provvederanno i sistemi di manutenzione previsti in progetto.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
		A.T.P.:							
									
						<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>			
								<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>	

## 5. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE-IDROGEOLOGICHE E GEOTECNICHE

Nel presente capitolo vengono descritti sinteticamente i principali elementi emersi dalle analisi geologiche, idrogeologiche e geotecniche condotte nell'ambito del presente progetto definitivo. Per maggiori dettagli si rimanda alle relazioni A.2.3 “*Relazione geologica-idrogeologica*” e A.2.4 “*Relazione geologico-tecnica*” ed ai relativi allegati.

### 5.1 GEOMORFOLOGIA E STRUTTURA GEOLOGICA

Le opere di progetto sono localizzate nella porzione settentrionale del comune di Varedo (MB), nei pressi del confine con Bovisio Masciago, in sponda idrografica sinistra del torrente Seveso.

In ampio la zona di intervento è localizzata nell'alta pianura Milanese, nelle vicinanze del confine tra le Province di Milano e di Monza e Brianza.

Dal punto di vista idrologico-idrografico, l'elemento caratterizzante è rappresentato dal torrente Seveso, che attraversa il territorio comunale in direzione N-S.

Il torrente ormai è pressoché ovunque incanalato artificialmente tra aree fortemente urbanizzate ed a perso i caratteri di naturalità che caratterizzavano il suo fondovalle, inciso e terrazzato. Nella parte alta della Provincia lo stesso scorre all'interno di una valle ben incisa ed evidente, circondata, lateralmente da una serie di terrazzamenti che progressivamente rialzano la quota del terreno.

La valle attuale, ormai non più riconoscibile nel tratto in oggetto se non per evidenze geologiche di sottosuolo; la stessa è un'eredità di quella attraversata dagli scaricatori fluviali e fluvioglaciali, connessi alle variazioni climatiche che hanno interessato il territorio e generato nel tempo una serie di successivi fenomeni di erosione e riempimento alluvionale, che sono stati progressivamente meno intensi.

Nel territorio di Varedo non è più riconoscibile la struttura terrazzata che caratterizza le zone più a nord: il territorio è sostanzialmente pianeggiante, leggermente digradante verso sud: la struttura è quella comune a tutta questa porzione di alta pianura Milanese.

L'unità geologica più recente costituisce il fondovalle attuale del fiume Seveso, mentre i depositi più antichi si ritrovano nei terrazzi sopraelevati ancora riconoscibili ad W di Limbiate.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					
		A.T.P.:					
 AIPO <small>Agenzia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND <small>LANDSCAPE ARCHITECTS</small>	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Il torrente Seveso, come detto, è l'elemento idrologico principale, ma il suo corso è, come detto, ormai quasi totalmente artificiale per l'intensa urbanizzazione delle aree.

Le aree laterali pianeggianti non hanno sviluppato alcun sistema di drenaggio consolidato, anche per la forte urbanizzazione, ed il reticolo idrografico minore è praticamente assente.

Le quote dell'area di intervento variano tra 186 m. s.l.m. e 190 m. s.l.m., con un trend di decremento regolare verso sud.

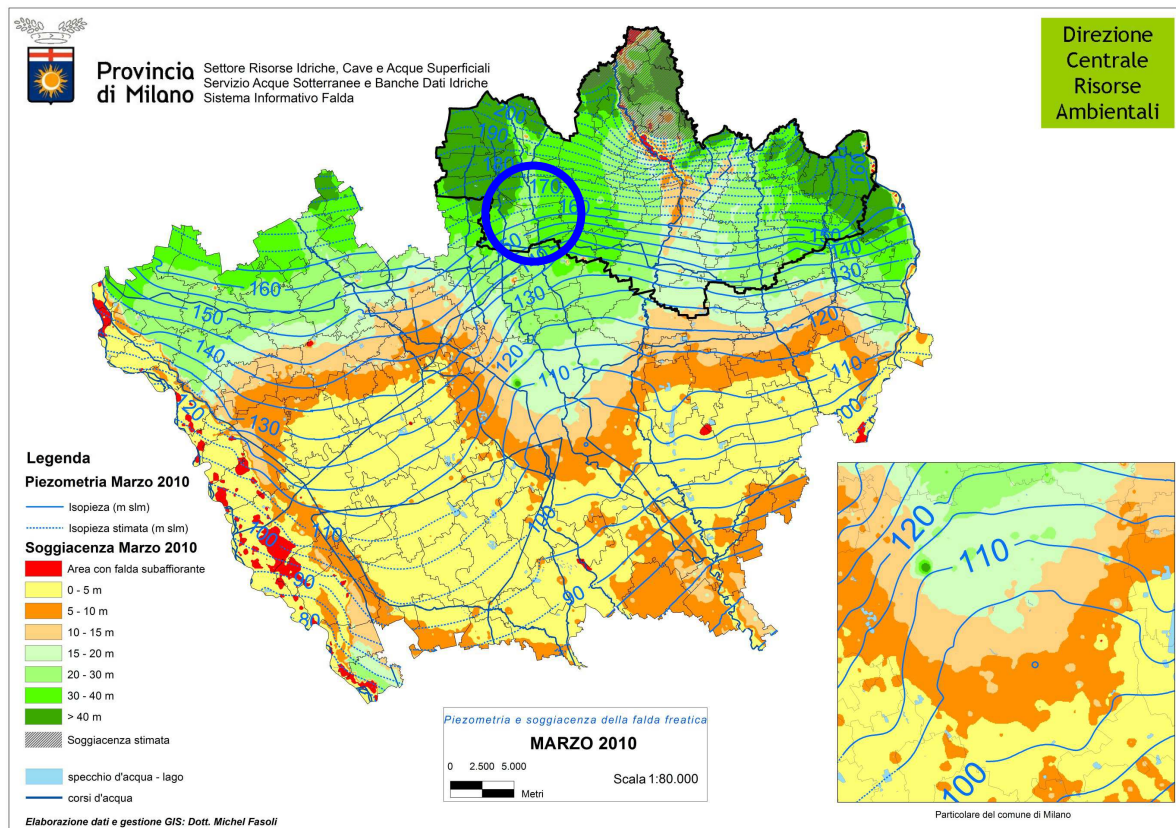
L'area interessata dal presente intervento è attualmente caratterizzata, negli strumenti di pianificazione, da una destinazione ad uso agricolo.

## 5.2 ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA ED IMPATTO DELLE OPERE

Sulla base della distinzione introdotta dallo studio congiunto Regione Lombardia – ENI - AGIP, utilizzando tutti i dati di sottosuolo disponibili, è possibile individuare nel territorio di studio le seguenti caratteristiche idrogeologiche.

Per quanto riguarda l'andamento complessivo della superficie della falda freatica, è possibile fare riferimento alle analisi ed ai dati della Provincia di Milano riferiti al marzo 2010 (fino a tale periodo il SIT della Provincia di Milano elaborava anche i dati dei Comuni di Monza e Brianza).

<p>PROGETTISTI</p>  <p>Agente Interregionale per il fiume Po</p>	<p>SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE</p> <p>A.T.P.:</p> <div data-bbox="304 152 512 280">  <p>STUDIO PAOLETTI</p> </div> <div data-bbox="512 152 759 280">  <p>INGEGNERI ASSOCIATI</p> </div> <div data-bbox="759 152 890 280">  <p>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</p> </div> <div data-bbox="890 152 1023 280"> <p>Studio Associato Geologia Spada</p> </div> <div data-bbox="1023 152 1155 280"> <p>Dott. Ing. A. Barbon</p> </div> <div data-bbox="1155 152 1326 280">  </div> <div data-bbox="1326 152 1505 280"> <p>Consulenti: Prof. Dott. V. Mezzanotte</p> </div>
---	--



**Figura 34 – Carta delle piezometrie e delle soggiacenze medie per il marzo 2010 (fonte: Prov. di Milano)**

L'area di intervento è localizzata nella porzione occidentale del territorio di Monza e Brianza, in cui il sottosuolo risulta caratterizzato da una discreta / buona omogeneità litologica e strutturale, con i principali acquiferi che sviluppano una buona continuità areale.

- Gruppo acquifero A+B: In questa zona dell'alta pianura i due gruppi acquiferi A e B sono indistinti e coincidono, a tutti gli effetti, con l'"acquifero tradizionale". Nel dettaglio la porzione superiore di questa unità sabbioso ghiaiosa (acquifero A) potrebbe essere individuata fino a circa 25-30 metri da p.c. (vedi linea arancione indicata nella sezione nord), ma si tratta di una distinzione quasi fittizia, perché la zona è generalmente insatura e comunque il limite sarebbe difficile da individuare con continuità. Si è quindi ritenuto di considerare tutta la zona superiore sabbioso ghiaiosa con l'accorpamento dei due gruppi, anche per continuità ed omogeneità con le distinzioni normalmente attuate nella pianura a sud dell'area. Questa unità è presente in tutto il territorio esaminato e costituisce la porzione più superficiale del sottosuolo, caratterizzata da depositi fluvioglaciali e fluviali. La stessa è composta da ghiaie e

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agencia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

sabbie, con subordinati livelli argillosi, argilloso limosi e/o di ghiaie conglomerati, con differenti livelli di cementazione. I conglomerati sono molto diffusi soprattutto nella porzione inferiore dell'unità e sono localmente sede di una "seconda falda" semiconfinata. La maggior parte dei pozzi presenti nell'area interessano questo gruppo e subordinatamente il sottostante gruppo C. Il gruppo, complessivamente, costituisce il sottosuolo fino ad una profondità media di 80-100 metri. Nella zona di studio lo spessore è di circa 80 metri, con una soggiacenza della falda di circa 35 metri dal p.c..

- Gruppo acquifero C: è presente nel territorio esaminato al di sotto del Gruppo B e si sviluppa per uno spessore di almeno 40-50 metri. Lo spessore è difficile da definire sia per l'incertezza di posizionamento del limite con il sottostante gruppo D, sia per i pochi dati presenti soprattutto nella zona a sud E' costituito da depositi sabbiosi, alternati ad argille ed argille limose, indice di un ambiente di deposizione marino e transizionale deltizio. La porzione più profonda è generalmente caratterizzata da prevalenza di depositi marini argillosi, che indicano il passaggio al sottostante gruppo D. Questa unità, per la presenza al suo interno di livelli sabbiosi, legati alla deposizione dei sistemi deltizi e litorali, è sede degli acquiferi confinati. Tali acquiferi, maggiormente protetti e tutelati, sono captati dai pozzi più profondi e più recenti, con utilizzo prevalentemente potabile, alimentare o per produzioni ad elevata tecnologia.
- Gruppo acquifero D: è presente nel territorio esaminato al di sotto del Gruppo C ed è caratterizzato da una dominanza di depositi marini argillosi, con locali intercalazioni sabbiose. Il suo spessore non è definibile, per l'assenza di dati geologici (i pozzi potabili, anche quelli più profondi, non arrivano mai alla base del gruppo). Anche questo gruppo acquifero è sede di falde multistrato, ben protette e generalmente in pressione, particolarmente interessanti proprio per il livello di protezione nei confronti dei contaminanti.

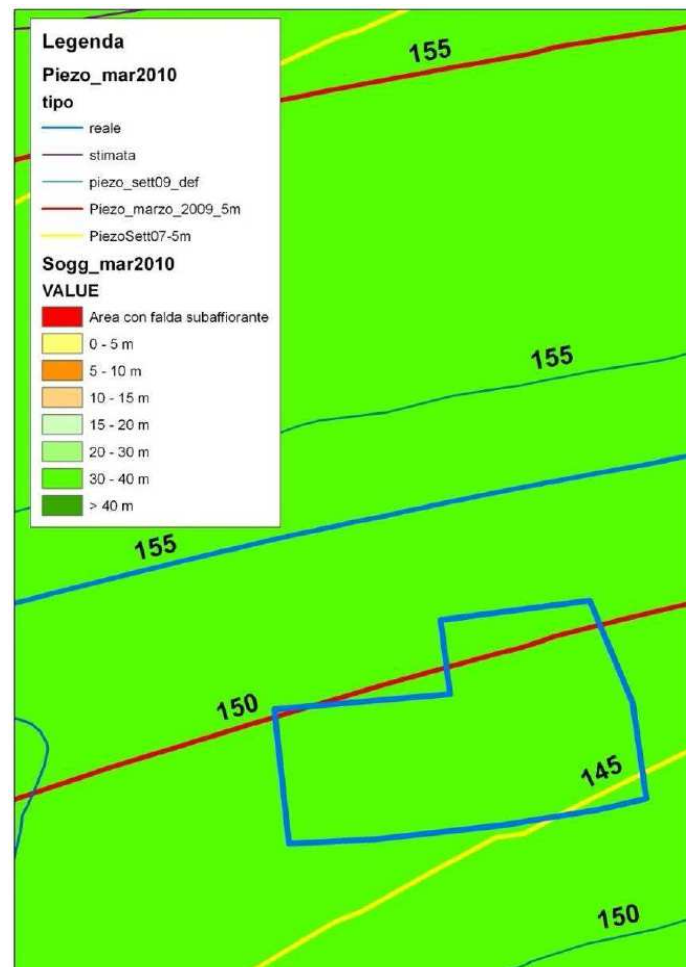
L'andamento complessivo generale della falda nella zona di interesse è di tipo radiale, debolmente convergente, con quote comprese, nel territorio Comunale di Varedo tra 145 e 155 m. s.l.m.

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

Le direzioni di deflusso idrico variano tra NNE-SSW con la tendenza a diventare quasi N-S nella porzione orientale ed invece a portarsi, nelle zone occidentali, NE-SW. Il gradiente idraulico è quello classico di questa porzione di pianura, variabile tra 0,5 e 0,3 %.

Nella zona di interesse la quota piezometrica al marzo 2010 era compresa tra 150 e 155 m. s.l.m.. Il suolo ha una quota variabile da 185-186 m. s.l.m. verso sud a circa 190 m. s.l.m. a nord: la soggiacenza è quindi di circa 35 metri da p.c.

L'immagine seguente, tratta dal SIF della Provincia di Milano, visualizza la piezometria della I falda e la soggiacenza nell'area della vasca, alla data del marzo 2010, e indica anche, come raffronto, gli anni 2009 e 2007.



**Figura 35 – Stralcio di dettaglio della carta delle piezometrie e delle soggiacenze medie per il marzo 2010, in raffronto al settembre 2007 ed al marzo 2009 (fonte: Prov. di Milano)**



PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agencia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Dalla carta emerge un dato molto interessante: si osserva che la piezometrica del settembre 2007 (in giallo) è di circa 6-7 metri più bassa (145 m. s.l.m. a fronte di una quota al marzo 2010 di 150-155 m. s.l.m.).

Le oscillazioni della superficie piezometrica possono quindi subire variazioni molto importanti nel tempo ed è quindi necessario fare alcune considerazioni su questo aspetto specifico, che riveste grande importanza per il progetto.

Le valutazioni seguenti si riferiscono ad una serie di analisi, disponibili su una serie di documenti pubblici, relative in generale a tutta l'alta pianura Milanese – Brianzola, basata su monitoraggi di lunga e lunghissima data, su pozzi e piezometri.

La superficie piezometrica evidenzia variazioni sia a carattere stagionale che con trend di lungo periodo.

Per quanto riguarda le variazioni stagionali, che possono raggiungere anche alcuni metri di escursione, sono generalmente caratterizzate da massimi nel periodo irriguo e da minimi invernali.

Le variazioni di lungo periodo sono connesse prevalentemente alle condizioni meteorologiche, ma anche all'entità dei prelievi per lo sfruttamento della falda.

Le curve dei pozzi dell'alta pianura evidenziano, generalmente, un periodo di minima soggiacenza della falda tra il 1978 ed il 1980, connesso alle abbondanti precipitazioni del periodo 1976-1977.

A questo periodo sono seguite fasi di abbassamento importante, come all'inizio degli anni '90 in cui si raggiunsero i livelli del 1975 e nel 2000, in cui si ha un picco negativo dopo molti anni di risalita della falda.

Un importante periodo di abbassamento si è registrato tra il 2006 ed il 2007, seguito poi da una importante fase di risalita fino al 2011, in cui la falda si è riportata sui valori massimi del 1978-1980.

Dopo un periodo di sostanziale stabilità (2011 – 2013), tra la fine del 2013 e la metà del 2014 il livello si è ulteriormente rialzato, portando la falda a raggiungere valori i di massima risalita mai registrati.

In relazione alla problematica della realizzazione della vasca, sulla scorta dei dati al 2010, che indicano una piezometrica nella zona della vasca circa a quota 153 m. s.l.m, vi sarebbe un

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agencia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

franco di circa 11,50 metri dal fondo della vasca stessa (considerando che la quota progettuale del fondo vasca è a quota 164,50 m. s.l.m.).

E' però da considerare che la falda, dopo tale data, ha subito ulteriori innalzamenti anche significativi nell'alta pianura e precisamente:

- mediamente tra il marzo 2010 ed il settembre 2013 si è riscontrato nella zona immediatamente a sud-ovest (dati SIF della Provincia di Milano per i Comuni di Paderno Dugnano, Bollate e Senago) un innalzamento di circa 5 metri;
- nella zona di Senago, in base ai monitoraggi idrogeologici per il progetto della vasca di laminazione del Seveso è stato riscontrato un ulteriore innalzamento, tra la fine del 2010 e l'ottobre 2014 di ulteriori 3-4 metri.

*Integrando tali dati è possibile stimare una quota piezometrica superiore a 160 m. s.l.m. (circa 162 m. s.l.m.), quindi circa 2,5 metri al di sotto del fondo vasca finito.*

*Per quanto riguarda l'andamento futuro non è possibile fare previsioni e diviene quindi necessario garantire la sicurezza e la stabilità delle opere di progetto anche nel caso di una imponente risalita della falda.*

*Si è quindi ritenuto, progettualmente, di prevedere l'impermeabilizzazione delle vasche per impedire la percolazione, e più in generale il contatto, tra acque invase del fiume Seveso (che presentano caratteristiche qualitative scadenti), con quelle della prima falda.*

*Contestualmente il progetto prevede la realizzazione di un sistema che consente l'afflusso dell'acqua di falda nella vasca per gravità, in caso di innalzamento della stessa, onde evitare problemi di sottospinte sulle opere di impermeabilizzazione.*

*Il sistema è però monodirezionale e consente l'afflusso in vasca delle acque di falda, ma non l'immissione nel suolo di quelle invase, quale massima garanzia delle acque sotterranee.*

<p>PROGETTISTI</p> 	<p>SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE</p> <p>A.T.P.:</p> <div>    <div> <p><i>Studio Associato Geologia Spada</i></p> <p><i>Dott. Ing. A. Barbon</i></p> </div> </div>						<p>Consulenti:</p>  <p><i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i></p>
---	--	--	--	--	--	--	--

### 5.3 POZZI AD USO POTABILE E QUALITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE

La Carta Piezometrica allegata al presente progetto visualizza la distribuzione dei pozzi ad uso potabile dei Comuni di Bovisio Masciago, Varedo e Paterno Dugnano, in relazione alla localizzazione delle vasche ed alla direzione di flusso della falda.

La cartografia, cui si rimanda per tutti i dettagli, oltre a confermare le valutazioni sopra effettuate sull'andamento della superficie piezometrica, evidenzia chiaramente i seguenti elementi:

- la zona di intervento è esterna alle fasce di rispetto dei pozzi utilizzati a scopo idropotabile (fascia di rispetto disegnata come indicata negli studio geologici di supporto alla pianificazione comunale, con criterio geometrico o con criterio temporale);
- i pozzi del Comune di Bovisio Masciago sono tutti localizzati a monte o lateralmente all'area di intervento rispetto alla direzione di deflusso della falda. Il pozzo più vicino è il cod. 20, che è ubicato a circa 300 metri di distanza verso nord-est, oltre la superstrada Milano - Meda;
- i pozzi utilizzati a scopo potabile più vicini alla zona di intervento, lungo la direzione di deflusso della falda, sono i pozzi cod. 0152310003 - 004 del Comune di Varedo posti a circa 450 metri ed il pozzo 0152310002 posto ad oltre 700 metri;
- nella cartografia sono state individuate, con apposto resinatura, alcune aree ritenute critiche e/o comunque delicate per le acque sotterranee: si tratta di alcuni ambiti di cava dismessa (le cave, con l'asportazione di materiale, riducono la protezione delle acque sotterranee) e della vastissima area industriale dismessa, localizzata tra Varedo e Paderno Dugnano, della SNIA-Viscosa, attualmente oggetto di interventi di caratterizzazione e bonifica ambientale.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE				Consulenti:	
 <small>Agente Interregionale per il fiume Po</small>	 <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	 <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato</i> <i>Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

La classificazione dello stato delle acque sotterranee può essere valutata in base alla seguente tabella (D. Lgs. 156/02):

Classe 1	Impatto antropico nullo o trascurabile, con pregiate caratteristiche idrochimiche
Classe 2	Impatto antropico ridotto e sostenibile sul lungo periodo, con buone caratteristiche idrochimiche
Classe 3	Impatto antropico significativo, con caratteristiche idrochimiche generalmente buone, ma con alcuni segnali di compromissione
Classe 4	Impatto antropico rilevante, con caratteristiche idrochimiche scadenti

L'eventuale presenza di inquinanti organici o inorganici con concentrazioni superiori ai limiti di legge determina una classificazione automatica in classe 4.

Le verifiche hanno riguardato sia i parametri chimici di base del D. Lgs. 152/99 (conducibilità, cloruri, solfati, nitrati, ammoniaca, ferro e manganese) che i parametri addizionali di cui al D. Lgs. 152/2006.

I parametri inorganici scelti sono: arsenico, cadmio, cromo esavalente, cromo totale, nichel, piombo, rame, zinco.

Per i parametri organici sono i solventi clorurati: 1,2 dicloropropano, 1,1,1 tricloroetano, tetracloroetilene, tricloroetilene, triclorofluorometano e, infine, il totale dei composti organo-alogenati; i solventi aromatici: benzene, etilbenzene, toluene, (o+p+m) xileni ed i fitofarmaci: alaclor, ametrina, atrazina, metolacolor, terbutilazina e il totale degli antiparassitari.

Per ogni tipologia sono state prodotte, ove significative, delle carte dei valori rinvenuti, suddivisi in range, e delle carte con la classe di qualità relativamente al singolo parametro.

#### CLASSE 3 - impatto antropico significativo – alcuni segnali di compromissione:

Prima e Seconda falda – parametri di base

#### CLASSE 4 – impatto antropico rilevante – caratteristiche idrochimiche scadenti

Prima e Seconda falda – parametri di base ed addizionali

Lo studio dell'ARPA di Monza e Brianza ha condotto le medesime verifiche su una serie di pozzi nella provincia.

Per l'area in oggetto i punti più vicini di controllo sono nei comuni di Desio e Limbiate, posti presso i confini est ed ovest a quindi rappresentativi della situazione.

Nel 2012 i controlli in entrambe le località conducono ad una valutazione di CLASSE 4, perfettamente in linea con le analisi CNR-IRPI.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agente Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Le problematiche sono prevalentemente connesse alla presenza dei solventi clorurati, la cui presenza nelle acque dell'alta pianura Milanese è ormai documentata dagli anni '70.

Un ulteriore elemento di attenzione è legato alla presenza dei nitrati.

Il contesto è quindi quello di una risorsa molto delicata ma anche già fortemente compromessa, per l'utilizzo intensivo del territorio e per le contaminazioni di origine industriale, agricola ed anche civile.

#### 5.4 SISTEMA DI MONITORAGGIO IDROGEOLOGICO

Le vasche saranno impermeabilizzate, come sopra illustrato, per garantire una separazione totale tra le acque invase e quelle della falda.

Resta comunque fondamentale garantire al massimo la tutela delle acque sotterranee ed a tal fine è stato progettato un apposito sistema di controllo e monitoraggio della falda, da realizzare con i lavori delle vasche.

Per il controllo qualitativo della falda è stato previsto un sistema di piezometri di controllo, disposti monte - valle (secondo la direzione di deflusso della falda) rispetto alle vasche.

Nello specifico sono stati previsti quattro piezometri: due a monte e due a valle al fine di garantire il monitoraggio sia dell'acquifero superiore che di quello profondo.

Tutti i piezometri avranno un diametro minimo di 4", per consentire i campionamenti ambientali, saranno quotati, dotati di specifica targhetta e sigillati con appositi pozzetti con boccapozzi, dotati di lucchetto e chiave.

Il sistema di piezometri verrà utilizzato per il monitoraggio cadenzato dei livelli della falda e dei principali parametri chimico fisici, per la verifica dello stato delle acque.

Per le attività di monitoraggio da porre in essere è possibile utilizzare come riferimento iniziale le Linee Guida della Provincia di Milano per il Monitoraggio della falda per le attività di cava.

Tali linee guida prevedono le seguenti attività:

- misure piezometriche con cadenza almeno mensile
- n° 3 campionamenti per ogni piezometro all'anno, in concomitanza con le principali oscillazioni, di cui: 1 analisi tipo C3 (ex DPR 236/88) e 2 analisi tipo C2. Tali analisi



PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:					
 AIPO <small>Agenzia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND				
						<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>						

sono integrate da: composti organoalogenati, idrocarburi aromatici, cromo, fenoli, antiparassitari.

Eventuali inquinanti specifici potranno essere aggiunti in base ai risultati delle analisi sulle acque superficiali del fiume Seveso, in relazione ai principali potenziali inquinanti rinvenuti.

Questo standard di analisi potrebbe essere utilizzato per lo stato di fatto e per le fasi iniziali di funzionamento delle vasche, salvo modificarlo, aggiornarlo ed integrarlo in base ai risultati dei monitoraggi stessi (diversa distribuzione dei campionamenti, analisi da eseguire, ecc.).

Nelle fasi di cantiere, per le lavorazioni con possibili impatti sulla falda, i monitoraggi andranno potenziati, sia per le oscillazioni della falda che per le caratteristiche della stessa.

Il piano dei controlli e dei monitoraggi andrà comunque discusso e concordato con gli Enti preposti a questo tipo di verifiche e controlli.

Anche il posizionamento di eventuali sonde di misura in continuo potrà essere definito con gli Enti, a seguito dei primi riscontri analitici, per individuare i parametri di maggiore sensibilità (sia per le acque sotterranee che per quelle potenzialmente accumulate all'interno delle vasche).

Le opere di monitoraggio previste devono comunque essere realizzate nelle fasi iniziali dell'intervento, al fine di consentire una verifica dello stato dei luoghi pre-intervento (che costituisce una sorta di "bianco" della situazione in essere), i controlli durante lo sviluppo del cantiere ed infine un monitoraggio temporizzato del funzionamento delle opere nel tempo.

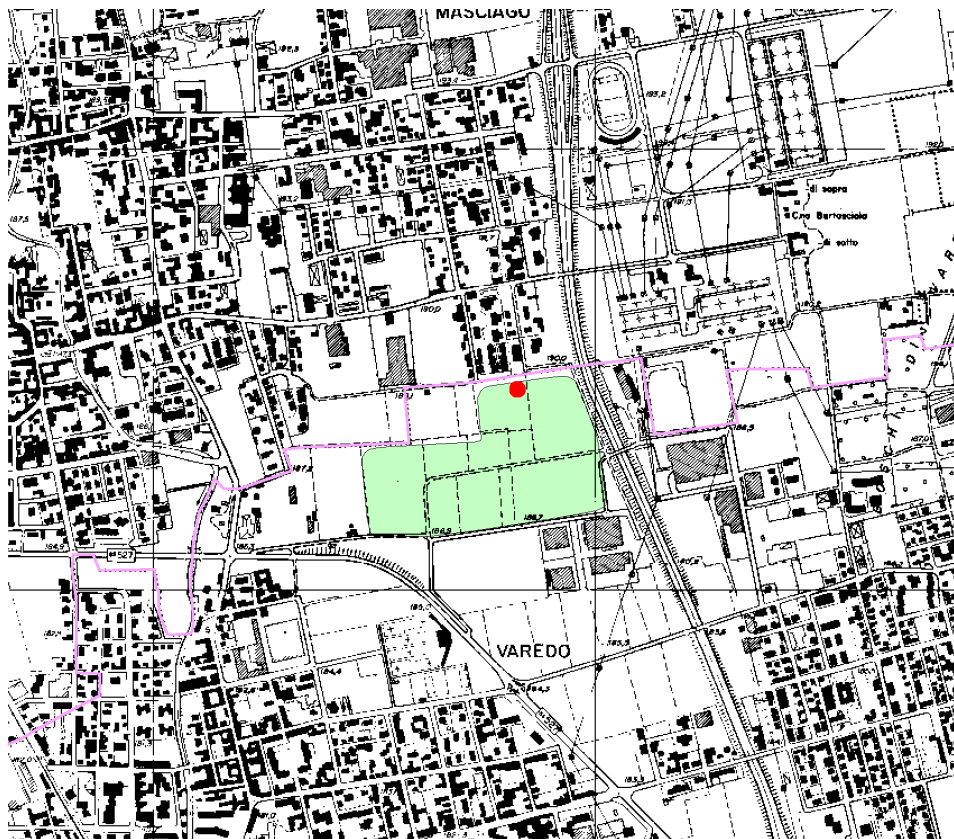
## 5.5 SONDAGGIO GEOGNOSTICO E PROVE S.P.T. IN FORO

Al fine di definire in maniera puntuale le caratteristiche del sottosuolo, nella zona di intervento è possibile fare riferimento al sondaggio geognostico effettuato dalla Ditta Eurogeo di Paderno Dugnano nel mese di ottobre 2014, su commissione dall'A.T.P. che supporta la Scrivente.

Si reputa importante ribadire che, stante i tempi estremamente ridotti disponibili per predisporre la presente progettazione, non è stato possibile procedere ad ulteriori indagini geologiche – geognostiche.

Nelle successive fasi sarà certamente fondamentale procedere ad una serie di approfondimenti specifici (sondaggi, prove geotecniche, misure piezometriche, analisi di laboratorio, ecc.) per valutare, in maniera puntuale, tutte le situazioni.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
									
Agencia Interregionale per il fiume Po		STUDIO PAOLETTI		INGEGNERI ASSOCIATI		Studio Associato Geologia Spada		Prof. Dott. V. Mezzanotte	
						Dott. Ing. A. Barbon			



**Figura 36 – Ubicazione del sondaggio geognostico**

Il sondaggio ha raggiunto la profondità di 27 metri dal p.c. ed è stato utilizzato per una serie di prove SPT in avanzamento. La stratigrafia è riportata nella relazione A.2.3 “*Relazione geologica-idrogeologica*”.

Il terreno superficiale coltivato è un limo sabbioso, inglobante ghiaia eterometrica e presenta uno spessore di circa 1,1 metri.

Al di sotto e fino alla massima profondità investigata, la situazione risulta sufficientemente omogenea, con netta dominanza di sabbie limose e/o debolmente limose, di colore nocciola, con ghiaia eterometrica e ciottoli, da arrotondati a subarrotondati e dimensione massima di 6-8 cm.

Localmente le ghiaie divengono dominanti rispetto alle sabbie e presentano anche deboli segni di cementazione.

Nel foro di sondaggio, fino alla massima profondità investigata, non è stata rinvenuta la falda.

Nel sondaggio, in fase di avanzamento, sono state eseguite le prove SPT per valutare il grado di compattazione e resistenza alla penetrazione dei terreni.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agente Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Le prove hanno evidenziato una possibile suddivisione in due livelli: da p.c. fino a 10/11 metri terreni con grado di addensamento da medio a discreto, al di sotto terreni addensati, con prove SPT spesso a rigetto.

La presenza di ciottoli e ghiaie anche grossolane è una condizione di criticità per le prove SPT, ma la costanza dei valori riscontrati, ed il confronto con la stratigrafia consente di confermare le valutazioni di cui sopra.

Nell'elaborazione dei principali parametri geotecnici si adotteranno comunque delle scelte cautelative, per considerare tale problematica.

## 5.6 ANALISI SISMICA LOCALE

Il Comune di Varedo precedentemente al 2003 non era classificato come comune “sismico”.

Le successive revisioni operate dalla recente O.P.C.M. 3274, hanno classificato il territorio comunale come **Zona Sismica 4**, quella con il grado di sismicità minore previsto dalla normativa.

Il D.M. 14 gennaio 2008 prevede che la valutazione della pericolosità sismica venga definita attraverso un approccio “sito dipendente”, e non più con un criterio “zona dipendente”.

In prima battuta è assolutamente fondamentale identificare i possibili scenari di pericolosità sismica locale.

A tale scopo si è fatto riferimento allo studio effettuato dai geol. Invernici e Plebani nel 2009 per il PGT di Varedo.

Per l'area in esame gli studi comunali evidenziano, nelle analisi di primo livello, la presenza di possibili fenomeni di amplificazione litologica e geometrica (Z4a), su tutto il territorio.

Nello studio si procede anche all'analisi di secondo livello, al fine di verificare la reale esistenza o meno di tali fenomeni.

Tali analisi hanno messo in luce che i possibili fattori di amplificazione locale risultano inferiori a quelli di riferimento e che quindi la normativa vigente è sufficiente a garantire la sicurezza degli interventi.

Nel caso specifico è quindi possibile escludere scenari di pericolosità sismica locale e/o di amplificazione sismica.

L'altro aspetto di grande importanza, relativamente alla pericolosità sismica, è quello dell'individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento della nostra zona.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agencia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND <small>Land Use Consultants</small>	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

Il N.T.C. prevede, infatti, per la definizione dell'azione sismica di progetto, la valutazione dell'effetto della risposta locale, cioè delle modificazioni che subisce l'azione sismica nel passaggio dal substrato rigido alla superficie del sito.

Per questo tipo di valutazione la norma prevede un approccio di tipo semplificato che si basa proprio sull'individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento.

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008) il sito in esame rientra quindi nella **categoria di suolo C** corrispondenti a - : *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT30 < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu30 < 250$  kPa nei terreni a grana fine)”*.

## 5.7 MODELLO GEOLOGICO E GEOLOGICO TECNICO DEL SUOLO

L'assetto geologico dell'area di intervento è risultato sufficientemente omogeneo, sulla base dei dati disponibili, dei rilievi e del sondaggio effettuato.

I principali elementi sono di seguito indicati:

- Tutta la zona rientra geologicamente nel SuperSintema di Besnate – Unità di Guanzate. L'Unità è costituita da ghiaie da medie a grossolane, massive, a supporto di matrice sabbiosa o di clasti. Localmente è presente una struttura gradata e/o embricata del deposito. I clasti sono di natura poligenica, arrotondati, con dimensiona variabile. Si tratta dei depositi che costituiscono tutta la sponda idrografica sinistra del torrente Seveso, oltre la fascia centrale valliva. Tali depositi rappresentano la massima avanzata dei ghiacciai di Besnate, con morene nelle porzioni settentrionali ed ampie piane fluvioglaciali nella zona in esame.
- Questi depositi sono costituiti, dal punto di vista litologico, e fino alla massima profondità investigata (27 metri da p.c.), da sabbie limose e/o debolmente limose, di colore nocciola, con ghiaia eterometrica e ciottoli, da arrotondati a subarrotondati e dimensione massima di 6-8 cm.. Localmente le ghiaie divengono dominanti rispetto alle sabbie e presentano anche deboli segni di cementazione Il grado di addensamento è generalmente buono ed aumenta con la profondità.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:						
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>				

- I terreni sopra descritti appartengono idrogeologicamente all’acquifero superiore. Tale acquifero è sede di una falda freatica che ha un gradiente tra 0,3 – 0,5%) e la direzione di flusso è circa NNE-SSW. Nella zona di interesse la quota piezometrica al marzo 2010 è compresa tra 150 e 155 m. s.l.m. Il suolo ha una quota variabile da 185-186 m. s.l.m. verso sud a circa 190 m. s.l.m. a nord: la soggiacenza è quindi di circa 35 metri da p.c. Il dato è relativo al 2010 e bisogna tener presente che la stessa ha avuto con un trend di innalzamento rilevante soprattutto negli ultimi anni (fino a 7-9 metri). Al momento non vi sono interferenze dirette (nel sondaggio, nell’ottobre 2014, sicuramente fino a 27 metri da p.c. non è stata rinvenuta la presenza della falda ed il fondo vasca è circa a – 25 metri dal p.c.). anche se la situazione andrà monitorata e verificata nel tempo (per maggiori dettagli sull’assetto idrogeologico dell’area è possibile fare riferimento alla relazione geologica ed idrogeologica).

Il modello geologico-tecnico è diretta conseguenza di quello geologico, con l’integrazione degli elementi relativi alle caratteristiche di resistenza dei terreni stessi.

La struttura complessiva è omogenea e può essere schematizzata come di seguito dettagliato.

#### Livello 0

E’ costituito dalla porzione più superficiale, per uno spessore variabile da variabile tra 1,00 m. e circa 2,50 metri.

Dal punto di vista litologico si tratta di sabbie medio fini, con limi.

Tali terreni, per le scarse caratteristiche e l’eterogeneità, devono essere rimossi per l’appoggio di eventuali strutture.

#### Livello 1

E’ costituiti dai depositi appartenenti al SuperSintema di Besnate – Unità di Guanzate, \_che costituiscono tutta la zona di intervento ed un significativo intorno, almeno fino alla massima profondità investigata (27 metri da p.c.)

Tale profondità è superiore a quella interessata dalla opere, dell’ordine massimo di circa 25 metri.

Questi terreni presentano alcune caratteristiche comuni lungo tutto la verticale investigata e precisamente:

- litologia: sabbie limose e/o debolmente limose, di colore nocciola, con ghiaia eterometrica e ciottoli, da arrotondati a subarrotondati e dimensione massima di 6-8



PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:								
 AIPO <small>Agenzia Interregionale per il fiume Po</small>		 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>		 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>		<i>Studio Associato Geologia Spada</i>		<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		 LAND		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>	

cm. Localmente le ghiaie divengono dominanti rispetto alle sabbie e presentano anche deboli segni di cementazione.

- permeabilità: elevata.
- classe di sottosuolo NTC = categoria di suolo C.

Al fine di valutare le caratteristiche geologico-tecniche dei terreni lungo la verticale è possibile fare riferimento alla prove SPT eseguite nel foro di sondaggio in avanzamento, con cadenza di 3 metri, a partire dal p.c. e fino a fondo foro.

In relazione a quanto sopra è possibile dividere questi terreni in due differenti porzioni:

#### Livello 1A

Rappresenta la porzione superiore, che si presenta comunque da moderatamente a ben addensata.

Questo livello è stato rinvenuto fino ad una profondità massima di circa 10-11 metri da p.c.

I principali parametri geotecnici sono i seguenti:

- peso di volume: 18,5 KN/mc
- densità relativa: 30-50 %
- Nspt 12-23
- angolo di attrito: 31°-33° (valori cautelativi, in relazione ad Nspt)
- coesione 0

#### Livello 1B

Rappresenta la porzione più profonda, presente al di sotto del livello 1A e fino alla massima profondità investigata.

Le caratteristiche di resistenza aumentano con la profondità e tutti i valori indicano un livello di addensamento da buono a molto buono.

I principali parametri geotecnici sono i seguenti:

- peso di volume: 19-20 KN/mc
- densità relativa: > 50 % fino al 100%
- Nspt > 30 / spesso rigetto
- angolo di attrito: > 35° (valore cautelativo)
- coesione 0

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

### Falda

I terreni del livello 1 sono sede dell'acquifero superiore, freatico, con una direzione di flusso circa NNE-SSW ed una pendenza variabile tra 0,3 e 0,5%.

La quota piezometrica, al marzo 2010, è di circa 153 m. s.l.m.

## **5.8 STABILITÀ DELLE SCARPATE**

Il riferimento normativo per l'esecuzione delle verifiche è rappresentato dalla NTC 2008.

La norma prevede le verifiche nei confronti degli Stati Limite Ultimi (SLU).

Nel presente lavoro le scarpate delle vasche verranno realizzate per la quasi totalità in scavo rispetto al p.c. attuale e per una piccola parte in riporto (argini di regolarizzazione della quota esterna).

Queste casistiche sono normate dal par. 6.8 delle NTC "opere in materiali sciolti e fronti di scavo".

Le NTC hanno introdotto, per i parametri geotecnici del terreno, il concetto di VALORE CARATTERISTICO: tale valore è associato al concetto di una prefissata probabilità di non superamento.

Per la definizione del valore caratteristico la norma prevede due differenti approcci:

- Approccio statistico
- Approccio geotecnico.

Nel caso specifico si ritiene di poter rientrare, per tipologia di problema, per entità dei volumi coinvolti e per omogeneità del contesto geologico, in questa ultima casistica e quindi per il valore caratteristico si è fatto riferimento ai valori geotecnici medi del paragrafo precedente.

Il passaggio successivo richiesto dalla NTC è quello della definizione dei parametri di progetto, derivati dai parametri caratteristici, con l'applicazione dei fattori riduttivi, riportati dettagliatamente nell'elaborato A.2.4 "Relazione geologico-tecnica".

### **5.8.1 Verifiche di Stabilità delle scarpate**

Le verifiche seguenti sono state condotte, sulla base dei parametri geotecnici e della combinazione delle NTC sopra illustrati, in considerazione dei seguenti elementi:

- verifica a lungo termine, con parametri drenati e coesione pari a zero;

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LAND	Prof. Dott. V. Mezzanotte

- verifica della scarpata maggiormente critica. La vasca ha scarpate tutte uguali con una pendenza di circa 22° (rapporto 1:2,5). La scarpata maggiormente critica è quella di altezza maggiore, pari a circa 25 metri;
- falda al di sotto del piano finito delle vasche (come da dati idrogeologici allo stato attuale);
- assenza di interferenza idrauliche tra le operazioni di riempimento e svasso della vasca ed i terreni circostanti. Tale circostanza è garantita, oltre che dai tempi brevi di riempimento e svuotamento delle vasche, soprattutto dalla totale impermeabilizzazione delle vasche stesse con un telo bentonitico. Tale telo, che separa i due ambienti, garantisce una totale indipendenza idraulica ed impedisce l'instaurarsi di condizioni di flusso connesse.
- La condizione maggiormente critica di funzionamento per le vasche è quella in assenza di acqua. Questo perché con l'impermeabilizzazione, che impedisce qualunque saturazione dei terreni delle scarpate, in condizione di invaso l'acqua ha solamente una funzione di stabilizzazione della scarpata al piede;
- verifiche in condizioni sismiche, di tipo pseudo-statico, allo SLU (quindi SLV) con l'applicazione dei componenti sismici rispettivamente pari a:  $K_h = 0,016$  –  $K_v = 0,008$ , calcolati in base a quanto previsto dalle NTC.;
- stante l'assenza di una superficie di scivolamento predefinita e/o di una struttura geologica che possa condizionarne la geometria, si è provveduto alla modellazione di migliaia di superfici, con differenti vertici e con differenti raggi di sviluppo, con l'ausilio del software SSAP 2010 ("Slope Stability Analysis Program" – ver. marzo 2014 – dr. geol. L. Borselli, Ph. D.);
- le simulazioni di calcolo sono state effettuate con il metodo di Calcolo di Morgenstern e Price (1965);
- le analisi hanno riguardato la stabilità complessiva del fronte di scavo, con superfici potenzialmente interessanti tutta la scarpata, che rappresentano la situazione di massima criticità. Ulteriori simulazioni sono state effettuate con superfici parziali, che interessano in modo limitato il pendio, anche a carattere superficiale (decorticamenti e/o scivolamenti del suolo), con differenti zone di inizio e di uscita delle superfici di scivolamento.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:	
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LAND Prof. Dott. V. Mezzanotte

*Il Fattore di Sicurezza minimo è risultato sempre  $F_s > 1,1$  come previsto dalle vigenti normative e quindi le scarpate di progetto sono verificate.*

*Oltre alla stabilità globale sono state verificate anche le superfici di scivolamento più superficiali, a simulare fenomeni tipo soil slip e decorticamenti superficiali.*

*Anche in questi caso il fattore di sicurezza è sempre  $F_s > 1,1$  come richiesto dalla normativa.*

### **5.8.2 Verifiche di scivolamento dei terreni di copertura del telo bentonitico**

Il progetto prevede l'impermeabilizzazione della vasca con un geocomposito bentonitico con superficie irruvidita.

Il geocomposito sarà poi coperto con uno spessore di circa 80 cm di terreno, per garantire un adeguato livello di carico, nonché per facilitare il mantenimento delle condizioni di umidità e per consentire le operazioni di riverdimento superficiale.

*Per garantire la stabilità applicando i fattori di sicurezza minimi richiesti dalla normativa (NTC08) non risulta essere necessario aggiungere una forza stabilizzante mediante l'utilizzo di una geogriglia in grado di trasferire lo sforzo di trazione ad un ancoraggio in sommità della scarpata.*

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:								
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po		 ETATEC STUDIO PAOLETTI		 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS		<i>Studio Associato Geologia Spada</i>		<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		 LAND		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>	

## 6. PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

Nel presente capitolo vengono descritti gli aspetti essenziali riguardanti i calcoli di progetto degli impianti elettrici.

L'alimentazione dell'intero impianto è prelevata da una linea Enel in media tensione a 20 kV, il cui punto di consegna è posto all'interno del fabbricato "Cabina di trasformazione", ubicato in adiacenza al pozzo delle pompe di sollevamento.

La richiesta massima di potenza elettrica è stimata in circa 900 kW, considerando tutte e 5 le pompe funzionanti (pur essendo una prevista in riserva) e gli altri carichi con un coefficiente di contemporaneità pari al 20%, vista la discontinuità di utilizzo.

La potenza installata complessiva è di circa 1100 kW.

Le tipologie e la quantità di utenze asservite sono costituite da:

- n.5 pompe di sollevamento dal pozzo principale, di cui n.1 di riserva, ognuna da 170 kW;
- n.1 paratoie di potenza 27,5 kW;
- n.2 idrometri fissi;
- impianto luce, impianto prese di forza motrice esterni ed interni ai fabbricati.

### 6.1 CABINA DI TRASFORMAZIONE

La cabina di trasformazione è costituita da un fabbricato in muratura comprendente l'arrivo della linea Enel, il relativo Quadro elettrico di MT a 20 kV, il locale contatori, il locale media tensione dell'utenza con il Quadro QMT-TR a 20 kV e un quadro di bassa tensione di appoggio per il collegamento al Quadro principale di bassa tensione QGBT1, due locali box trasformatori, di cui uno predisposto per un eventuale trasformatore futuro.

La cabina sarà inoltre dotata di un sistema di rivelazione fumi e di un pulsante di sgancio.

### 6.2 SALA QUADRI BASSA TENSIONE

In prossimità del pozzo di sollevamento acque è ubicato il fabbricato contenente la sala quadri di bassa tensione.

Il quadro di distribuzione principale sarà disposto all'interno del locale sala quadri e avrà un ingombro in pianta di circa 5 m di lunghezza per 1,40 m di profondità e 2,20 m di altezza.



PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:								
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po		 ETATEC STUDIO PAOLETTI		 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS		<i>Studio Associato Geologia Spada</i>		<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>		 LAND		<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>	

Il locale sarà dotato di pavimento flottante di altezza minima pari a 40 cm per il passaggio cavi. All'interno del locale verranno posizionati anche l'armadio di rifasamento e un gruppo statico di continuità. Da questo quadro verrà distribuita l'energia elettrica a tutte le utenze dell'impianto.

Il quadro deve essere strutturato in modo da poter essere implementato e/o ampliato in futuro, con una alimentazione di soccorso proveniente da un gruppo elettrogeno da 250 kVA; dovrà essere quindi possibile realizzare un interblocco meccanico tra l'arrivo da trasformatore e l'arrivo da gruppo elettrogeno, nonché realizzare una commutazione automatica tra i due arrivi.

La potenza di 250 kVA è stata stimata per consentire il funzionamento di almeno una pompa principale di sollevamento, in condizioni di emergenza, mantenendo attivi servizi ausiliari essenziali (luce, prese etc.).

### 6.3 CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Il punto di consegna Enel è caratterizzato dai seguenti parametri elettrici:

Tensione nominale: 20 kV

Frequenza: 50 Hz

Corrente di cto cto: 16 kA (1s), in effetti sarebbe solo 12,5 kA(1s), ma ormai lo standard costruttivo dei quadri si è allineato al valore di 16 kA richiesto da altri Distributori.

La trasformazione da MT a bt avverrà tramite un trasformatore in resina 20/0,4 kV da 1000 kVA (AN), dotato di barre ventilanti per aumentarne la prestazione di circa il 25% (1250 kVA AF).

La distribuzione in bassa tensione verrà realizzata a 400 V, frequenza 50 Hz., con un sistema TN-S.

I carichi elettrici da alimentare presentano le seguenti caratteristiche:

le pompe principali di sollevamento da 170 kW funzioneranno secondo la logica imposta dal processo in funzione delle misure di livello rilevate dagli idrometri; ogni pompa sarà dotata di avviamento graduale (soft starter) dato il valore di potenza elevato. L'ubicazione delle pompe all'interno del pozzo di sollevamento è relativamente prossima al locale dove è posto il quadro QGBT1, all'interno del quale verranno installati i relativi avviatori.

Delle 5 pompe installate una sarà sempre di riserva mentre le altre verranno avviate in

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LAND	Prof. Dott. V. Mezzanotte

sequenza a seconda delle esigenze. La funzione di pompa di riserva verrà attribuita periodicamente, secondo un programma stabilito, alternativamente a una delle 5 installate. La massima condizione di assorbimento elettrico è costituita dal funzionamento in contemporanea di 4 pompe per complessivi 680 kW.

La paratoia localizzata all'imbocco della condotta di alimentazione della stazione di sollevamento sarà collegata direttamente al quadro QGBT1

L'alimentazione alla paratoia avverrà attraverso l'attuatore elettrico di cui è dotata; equipaggiato con una centralina di controllo che gestisce l'azionamento della paratoia stessa, i contatti di fine corsa, l'inversione delle fasi per la corretta movimentazione.

Il cavo di alimentazione verrà pertanto attestato alla morsettiera dell'attuatore utilizzando cavo in rame.

Il Quadro QGBT1 avrà al suo interno anche un PLC che verrà programmato per automatizzare il processo dell'intero impianto.

Il sistema di automazione gestirà infatti, secondo la logica di processo prevista per le pompe e per la paratoia ed in funzione dei segnali provenienti dagli idrometri, la sequenza di inserzione e distacco delle pompe, l'apertura e la chiusura della paratoia.

Il PLC sarà inoltre dotato di un sistema di controllo locale, tipo touch-screen, oltre alla possibilità di avere una comunicazione a distanza per il controllo di ogni parte dell'impianto.

Tutti i percorsi cavi esterni verranno realizzati con posa dei cavi direttamente interrata ad almeno 1 m di profondità dal piano campagna.

Per le caratteristiche delle apparecchiature elettriche e dei componenti si faccia riferimento alla raccolta di specifiche allegata al progetto.

## 6.4 RETE DI TERRA

L'impianto di messa a terra sarà costituito da una rete comprendente la maglia intorno alla cabina di trasformazione, la maglia intorno alla sala quadri di bassa tensione e dai collegamenti dei quadri e delle apparecchiature.

Per le utenze distanti dal fabbricato sala quadri bassa tensione verranno realizzati collegamenti ai quadri locali, tramite corda in ferro ramato direttamente posata nel terreno, lungo un percorso parallelo al cavo di alimentazione.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agazia Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

## 6.5 IMPIANTO DI RIVELAZIONE INCENDI E PULSANTE DI SGANCIO

Nella sala quadri verranno installati anche uno o più rivelatori fumi e la relativa centralina che riceverà il segnale anche dai rivelatori posti nella cabina di trasformazione, nella sala riunioni e nel locale uffici. L'impianto dovrà essere inoltre completo di pulsanti di allarme e rivelatori acustici, secondo la normativa vigente (UNI 9795).

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO <small>Agente Interregionale per il fiume Po</small>	 ETATEC <small>STUDIO PAOLETTI</small>	 STUDIO PAOLETTI <small>INGEGNERI ASSOCIATI</small>	A.T.P.:		 BETA studio <small>WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS</small>	<i>Studio Associato Geologia Spada</i>	<i>Dott. Ing. A. Barbon</i>	 LAND	<i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i>

## 7. OPERE DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA

### 7.1 STRATEGIE DI PROGETTO

Il progetto di inserimento ambientale del sistema di vasche di laminazione mira alla *valorizzazione* del nuovo importante sistema idraulico territoriale, dando forza al rapporto tra la forma fisica del luogo e il contesto paesaggistico nel suo insieme, natura e cultura, quindi anche sociale, economico e culturale, valutando le esigenze di coloro che fanno uso di questo luogo in sinergia con altri progetti per lo sviluppo locale.

La ricerca di uno sviluppo equilibrato e sostenibile dello spazio e dei suoi legami con il territorio alla macroscale, considerandone aspetti naturali, culturali e di percezione sociale, corrisponde ai principi della Convenzione Europea del Paesaggio, ratificata dall'Italia nel 2006.

Il paesaggio è definito non come eccellenza, ma estendendo il suo valore a tutta la percezione della realtà, alla quotidianità, in un divenire continuo, intendendolo nel suo significato più ampio e di sistema, in tutti i suoi aspetti culturali, ecologici e percettivi.

Il presente progetto definitivo sviluppa quanto previsto nella precedente fase preliminare e rappresenta dunque un quadro d'insieme ed un modello di crescita e di sviluppo del territorio per promuovere processi che favoriscano anche il dialogo tra comuni limitrofi e stakeholder locali, cercando di fare sinergia delle potenzialità del territorio, a partire dalle sue eccellenze.

Le opere di inserimento paesaggistico del sistema di vasche, così come concepite nel presente progetto, potranno qualificare l'intero sistema come **Infrastruttura Verde** nell'ottica della Strategia della Commissione Europea (Comunicazione 249 del 6/5/2013): strumento quindi contro la frammentazione del paesaggio e degli ecosistemi e la riduzione di biodiversità. I benefici di questo approccio sono di tipo ecologico, economico e sociale e rappresentano un investimento lungimirante, durevole e sostenibile per il futuro dei nostri territori. Tra le I.V. si possono annoverare tutti i beni esistenti in natura, in ambiente terrestre, aereo e marino, con un occhio di riguardo alle tematiche energetiche e sociali (intendendo con queste ultime la socialità ma anche la questione lavorativa).

Avendo affrontato già nelle prime fasi di impostazione dell'intervento la progettazione in forma integrata, si sono definite azioni che daranno spazio non solo alle funzioni da svolgere

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LAND	Prof. Dott. V. Mezzanotte

ed agli impatti ambientali da evitare, ma anche nel prestare continua attenzione alle peculiarità del territorio da tutelare e valorizzare nell'integrare il progetto di infrastrutturazione, nel complesso intreccio di elementi naturali del contesto, assecondando le vocazioni dei luoghi, mantenendone l'identità o tutelandone in modo attivo l'integrità nel tempo. Tutto ciò con l'obiettivo della mediazione tra esigenze, alla macroscale, di salvaguardia ambientale e sicurezza pubblica e quelle, alla microscale, espresse in varie sedi a livello locale.

Il paesaggio è una risorsa strategica per lo sviluppo sostenibile dei territori e per la qualità della vita delle comunità che li abitano. È una sintesi complessa tra natura e cultura, tra risorse, esigenze e opportunità locali e territoriali. Gli interventi nel paesaggio intrecciano temi e obiettivi diversi, collegati tra loro, allo scopo di sommarne gli effetti positivi di una **salvaguardia attiva** del territorio.

A partire dall'approfondita conoscenza dello stato dei luoghi, delle vicende che ne hanno caratterizzato l'evoluzione storica e del quadro di riferimento programmatico per le trasformazioni future, è possibile valorizzare la specificità delle singole componenti naturali ed antropiche dei luoghi in un'ottica 'paesaggistica' integrata: ambiti naturali, ambiti agricoli, ambiti urbani e infrastrutturali.

Il progetto si avvicina agli spazi residuali tipici della campagna urbanizzata ed il metodo del progetto è quello della rigenerazione e del ritrovamento del senso dello spazio pubblico attraverso una sorta di "colonizzazione" da parte della popolazione e della natura di un luogo con una identità scarsamente definita.

Il progetto di inserimento ambientale, oltre all'infrastrutturazione paesaggistica, favorisce forme di fruizione in sicurezza degli argini, con percorsi attrezzati, affacci suggestivi, sistemi di comunicazione dell'articolato impianto idraulico di gestione delle acque superficiali. , Filari, macchie boscate e fasce arbustive integrano quelle esistenti al contorno e permettono di prendere coscienza al cittadino della bellezza del paesaggio agricolo e fluviale.

Con l'approfondita conoscenza del territorio e nel pieno rispetto degli strumenti di programmazione territoriale, sono state affrontate le peculiarità dell'intero sistema e le potenzialità di fruizione, giungendo alla soluzione che meglio integri le esigenze idrauliche e naturalistiche con l'assetto paesaggistico e fruitivo.

**Tutte le soluzioni progettuali mirano a cercare uno stretto legame con il contesto, per un**



PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LAND	Prof. Dott. V. Mezzanotte

### **inserimento armonioso delle opere nel territorio.**

La migliore integrazione perseguita degli interventi nel contesto permetterà di avviare un processo di appropriazione / riconoscimento dell'opera da parte dei cittadini/fruitori, a questo si aggiungeranno criteri di durabilità dei materiali ed agevole manutenzione delle opere al fine di assicurare la migliore evoluzione del sistema.

## **7.2 IL PROGETTO DI VALORIZZAZIONE PAESAGGISTICA**

Il presente progetto appartiene ad un sistema più ampio di localizzazione di vasche di laminazione lungo il fiume Seveso atte alla gestione controllata delle piene.

Il sistema delle vasche di laminazione è concepito come opportunità per valorizzare ambiente e paesaggio, con l'ambizione di promuovere una cultura nuova nella realizzazione di questo tipo di opere, che generi ricadute positive e durevoli innervando di qualità il territorio interessato, promuovendone caratteri ambientali e paesaggistici.

La definizione della proposta per l'inserimento ambientale e paesaggistico delle vasche di laminazione è sviluppata, proprio in tal senso, al fine di individuare una immagine connotata e strategica che permetta di mettere a sistema le diverse componenti tecnologiche, con un approccio estremamente attento al territorio, dalla fase di progettazione fino alla fase di costruzione e poi di gestione a regime.

Pertanto le trasformazioni del territorio possono essere considerate non più causa di deturpamenti ambientali ma rappresentare l'occasione per la creazione di 'nuovi paesaggi', che valorizzino le risorse esistenti e rivitalizzino i paesaggi della quotidianità.

La strategia per le opere di inserimento paesaggistico mira quindi a definire in questa fase tutti gli interventi di carattere definitivo che gravitano attorno agli invasi.

Il progetto paesaggistico fa riferimento ai seguenti interventi:

### **1. MITIGAZIONE**

- Messa a dimora di fasce arbustive
- Realizzazione di fasce alberate di valorizzazione paesaggistica
- Valorizzazione delle scarpate

### **2. FRUIZIONE**

- Percorso ludico-didattico
- Area giochi

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:	
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LAND	Prof. Dott. V. Mezzanotte
		 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI						

- Spazio di servizio ed interventi di comunicazione didattica

### 3. CONTESTUALIZZAZIONE

- Percorsi ciclopedonali
- Connessione ed integrazione con sistemi di mobilità lenta limitrofi

### 7.3 OPERE DI MITIGAZIONE

Tali opere fanno riferimento all'obiettivo progettuale di inserire e al contempo di mitigare visivamente l'intervento idraulico nel e dal contesto.

A tal proposito gli argini dell'invaso saranno dotati di fasce arboree ed arbustive tali da integrare il manufatto all'interno del territorio di riferimento: un sistema organico di prati fioriti, fasce arboreo-arbustive e macchie boscate costituiscono l'infrastrutturazione ecologica in grado di contrastare la frammentazione degli ambienti naturali e promuovere al contempo la biodiversità a livello floristico e faunistico.

Gli interventi presentano caratteristiche e scelte di composizione vegetale differenziate, distinte sulla base delle esigenze funzionali e naturalistiche, nonché degli effetti paesaggistici attesi in termini di intervisibilità del territorio.

Per la definizione di dettaglio della composizione specifica di prati e siepi si valorizza la consolidata collaborazione con enti di ricerca per l'individuazione delle associazioni più idonee agli specifici ambiti in stretta relazione con le esigenze di sostenibilità ambientale in termini di evoluzione e gestione successiva.

In particolare per conservare la biodiversità si valorizza un uso sostenibile delle piante spontanee di origine locale, assicurando il mantenimento delle popolazioni naturali e scegliendo unicamente piante e sementi di specie spontanee della flora italiana, tutte di origine locale, in equilibrio tra tradizione e ricerca scientifica avanzata.

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	A.T.P.:		 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon	 LAND	Prof. Dott. V. Mezzanotte

## 8. STIMA DEGLI ONERI DI ESPROPRIO

Per la realizzazione delle opere relative al Progetto Definitivo “*Vasca di laminazione sul fiume Seveso in Comune di Varedo (MI)*”, interamente ricomprese nel territorio del Comune di Lentate sul Seveso (MI), si rende necessario interessare aree per la maggior parte di proprietà privata e per una parte minore di Enti pubblici.

Le necessità complessive per l’acquisizione delle aree per la realizzazione delle opere in progetto risultano quindi le seguenti (per i dettagli relativi ai criteri e alla valutazione delle stime si rimanda al piano particellare di esproprio – Atto A.5 ):

- Indennità per esproprio ditta 1 - Medici C., Medici F., Medici M.:	€	547'587,60
- Indennità aggiuntiva per fittavolo o coltivatore diretto ditta 1:	€	432'306,00
- Indennità per esproprio ditta 2 - Varedo Docks s.r.l.:	€	569'468,00
- Indennità aggiuntiva per fittavolo o coltivatore diretto ditta 2:	€	449'580,00
- Indennità per esproprio ditta 3 – Corbetta P.:	€	4'726,00
- Indennità per esproprio ditta 4 – Giandinoto Paolo:	€	1'462,00
- Indennità per servitù permanente e occupazione temporanea:	€	12'615,59
- Imprevisti:	€	250'000,00
- Oneri accessori	€	<u>132'254,81</u>
<b>TOTALE</b>	<b>€</b>	<b>2'400'000,00</b>

PROGETTISTI  	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE  A.T.P.: <div>        </div>						
--	--	--	--	--	--	--	--

## 9. QUADRO ECONOMICO DEL PROGETTO

### 9.1 IMPORTO DEI LAVORI

L'importo dei lavori è stato suddiviso in macro capitoli, come riportato di seguito:

	<b>Opera</b>	<b>Importo</b>
1.	PC01 - Invaso di laminazione	13'298'663.66
2.	PC02 - Opere di presa	922'259.40
3.	PC03 - Canale di alimentazione	3'553'671.45
4.	PC04 - Stazione di sollevamento	1'886'943.61
5.	PC05 - Canale di scarico	434'303.48
6.	PC06 - Opere civili e paesaggistiche - impianti elettrici	815'882.70
7.	Oneri della sicurezza specifici	700'000.00
	<b>TOTALE LAVORI</b>	<b>€ 21'611'724.30</b>
8.	Compenso per la vendita all'appaltatore del materiale di escavazione in esubero	-7'369'466.12
9.	IVA da versare direttamente sulle opere compensate (22% di 15.)	1'621'282.52
10.	Importo dei lavori compensati con la vendita del materiale all'Appaltatore (15. – 16.)	<b>-5'748'183.60</b>
11.	Deduzione onere di scavo su materiale di escavazione venduto	<b>-4'325'556.20</b>
	<b>TOTALE LAVORI A BASE D'APPALTO</b>	<b>€ 11'537'984.50</b>

Pertanto l'importo a base d'appalto per la realizzazione dei lavori è pari a complessivi **€ 11'537'984.50**.

### 9.2 SOMME A DISPOSIZIONE DELLA STAZIONE APPALTANTE

L'importo delle somme a disposizione della Stazione Appaltante è stato valutato tenendo conto delle seguenti voci:

1. Imprevisti: importo stimato nella misura del 5% dell'importo dei lavori (senza la deduzione conseguente alla compensazione parziale), pari a € 1'080'586,22;
2. IVA sui lavori: importo valutato nella misura del 22% dell'importo dei lavori a base di appalto e degli imprevisti, quindi, pari a € 2'776'085.56;
3. Spese tecniche per progettazione preliminare, definitiva ed esecutiva, coordinamento

PROGETTISTI		SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE					Consulenti:		
 AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po	 ETATEC STUDIO PAOLETTI	A.T.P.:						Prof. Dott. V. Mezzanotte	
		 STUDIO PAOLETTI INGEGNERI ASSOCIATI	 BETA studio WATER AND NATURAL RESOURCES CONSULTANTS	Studio Associato Geologia Spada	Dott. Ing. A. Barbon				

della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione, studio d'impatto ambientale, relazione paesaggistica, collaudo, supporto al RUP, assistenza alla Direzione dei Lavori e Coordinamento della Sicurezza in fase di Esecuzione, comprensive di IVA e oneri previdenziali (stimato nella misura del 7.5% dell'importo totale dei lavori): € 1'620'879,32;

4. Fondo per acquisizione delle aree interessate dai lavori (indennità di esproprio, spese, ecc.): importo stimato pari a € 2'400'000,00;
5. Spese per accertamenti, indagini, prove di laboratorio: tale voce compensa il complesso di accertamenti specialistici ed indagini geognostiche e/o di diversa natura (es. analisi della qualità delle acque): importo comprensivo di IVA e oneri previdenziali, pari a € 100'000,00;
6. Spese per effettuare la bonifica bellica dell'area interessata dai lavori: importo stimato, comprensivo di IVA (22%), pari a € 150'000,00;
7. Spese per pubblicità, procedure di gara e oneri istruttori vari: importo stimato nella misura di circa lo 0,5% dell'importo dei lavori a base di appalto e, quindi, pari a € 57'689,92;
8. Oneri di cui all'art. 2, comma 1, della Deliberazione 26/01/2006 a favore dell'Autorità per la Vigilanza sui LL.PP.: importo pari a € 500,00;
9. Incentivo alla progettazione secondo l'art. 92 del D.L. 163/06 e s.m.i.: € 250'000,00;
10. Spese di allaccio alla rete Enel: € 100'000,00;
11. Arrotondamenti: € 26'274,48.

L'importo complessivo delle somme a disposizione della Stazione Appaltante è pertanto pari a **€ 8'562'015.50**

### 9.3 SINTESI DEL QUADRO ECONOMICO

L'importo a base d'appalto per la realizzazione dei lavori è pari a complessivi **€ 11'537'984.50**.

Le somme a disposizione dell'Amministrazione per spese tecniche, spese amministrative, imprevisti, espropri, IVA, ecc., è pari a **€ 8'562'015.50**.

Pertanto, l'importo complessivo del finanziamento necessario per la realizzazione delle opere relative alla vasca di laminazione di Varedo e Bovisio Masciago ammonta a **€ 20'100'000,00**.



PROGETTISTI  	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE  A.T.P.: <div>    <div> <i>Studio Associato Geologia Spada</i> </div> </div>						Consulenti:   <div> <i>Prof. Dott. V. Mezzanotte</i> </div>
---	---	--	--	--	--	--	--

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa.

**Tabella 12 – Quadro economico**

A.1	<b>TOTALE LAVORI</b>	<b>21'611'724.30</b>
A.2	Compenso per la vendita all'appaltatore del materiale di escavazione in esubero	-7'369'466.12
A.3	IVA da versare direttamente dall'Appaltatore sulle opere compensate	1'621'282.52
A.4	Importo dei lavori compensati con la vendita del materiale all'Appaltatore (A.2 – A.3)	<b>-5'748'183.60</b>
A.5	Deduzione onere di scavo su materiale di escavazione venduto	<b>-4'325'556.20</b>
	<b>TOTALE LAVORI A BASE D'APPALTO</b>	<b>€ 11'537'984.50</b>
B.1	Imprevisti	1'080'586.22
B.2	IVA sui lavori e imprevisti (su A.5+B.1)	2'776'085.56
B.3	Spese tecniche di progettazione preliminare, definitiva, esecutiva e coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e realizzazione, studio d'impatto ambientale, collaudo, supporto al RUP, comprensivo di spese, IVA e oneri previdenziali	1'620'879.32
B.4	Fondo per acquisizione delle aree	2'400'000.00
B.5	Spese per accertamenti, indagini, prove di laboratorio, comprensivi di IVA	100'000.00
B.6	Spese per bonifica bellica, comprensiva di IVA	150'000.00
B.7	Spese per pubblicità, procedure di gara e oneri istruttori vari (0.5% di A.5)	57'689.92
B.8	Oneri di cui all'art. 2, comma 1, della Deliberazione 26/01/2006 a favore dell'Autorità per la Vigilanza sui LL.PP.	500.00
B.9	Incentivo alla progettazione Art.92 del D.L. 163/06 e s.m.i.	250'000.00
B.10	Oneri per allaccio alla rete Enel di MT	100'000.00
B.11	Arrotondamenti	26'274.48
	<b>TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE</b>	<b>€ 8'562'015.50</b>
	<b>TOTALE FINANZIAMENTO</b>	<b>€ 20'100'000.00</b>

PROGETTISTI  	SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE  A.T.P.: <div>        </div>						
---	--	--	--	--	--	--	--

## 10. ELENCO ELABORATI DEL PROGETTO DEFINITIVO

Il presente progetto definitivo si compone dei seguenti elaborati:

ATTI	
A.1	Relazione tecnica generale
A.2.1	Relazione idrologico-idraulica
All-A.2.1	Studio idrologico-idraulico del T. Seveso
A.2.2	Relazione sulla qualità delle acque del T. Seveso
A.2.3	Relazione geologica-idrogeologica
A.2.4	Relazione geologico-tecnica
A.3	Relazione ambientale
A.4.1	Analisi dei prezzi a corpo
A.4.2	Stima delle opere
A.4.3	Quadro economico di progetto
A.4.4	Stima dei costi di manutenzione
A.5	Piano particellare di esproprio
DISEGNI	
D.1	Corografia generale di inquadramento
D.2.1	Carta geologica
D.2.2	Carta idrogeologica
D.2.3	Indagini eseguite
D.3	Planimetria dello stato attuale delle aree di interesse
D.4.1	Area di laminazione - inquadramento territoriale
D.4.2	Area di laminazione - planimetria di progetto
D.4.3	Area di laminazione - sezioni di progetto
D.4.4	Area di laminazione - sezioni tipologiche
D.5.1	Manufatto di interconnessione tra l'invaso e la falda
D.5.2	Manufatto di sollevamento
D.6.1	Inquadramento programmatico
D.6.2	Soluzioni tipologiche interventi di mitigazione

Milano, novembre 2014

I PROGETTISTI

Ing. Gaetano La Montagna

Ing. Sara Melone