



AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DEL FIUME PO

ALLEGATO 3 ALLA RELAZIONE TECNICA DEL PROGETTO DI VARIANTE AL PAI DEL TORRENTE SEVESO

**RELAZIONE SULL'AGGIORNAMENTO DELLE ANALISI
IDROLOGICHE E IDRAULICHE DEL TORRENTE SEVESO A
SUPPORTO DELLA PREDISPOSIZIONE DELLA VARIANTE AL
PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO**

NOVEMBRE 2017

INDICE

1	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' SVOLTE	3
2	CARATTERISTICHE IDROLOGICO-IDRAULICHE DELL'ASSETTO ATTUALE DEL T. SEVESO E RAPPRESENTAZIONE MODELLISTICA DEI FENOMENI DI PIENA	4
2.1	Premessa	4
2.2	Caratteristiche essenziali del bacino del T. Seveso	4
2.3	Pluviometria di riferimento	9
2.3.1	Tempo di ritorno di riferimento.....	9
2.3.2	Ietogramma di riferimento.....	10
2.3.3	Curve di possibilità pluviometrica	11
2.3.4	Ragguaglio della precipitazione all'area	12
2.4	Modello idrologico afflussi – deflussi.....	13
2.4.1	Il modulo NAM per i bacini con ridotta percentuale di aree urbane	13
2.4.2	Il modulo NAM–URBANO per i bacini pianeggianti con elevata percentuale di aree urbane	16
2.4.3	Definizione dei parametri.....	19
2.4.4	Definizione dei sottobacini di calcolo e loro caratterizzazione.....	20
2.5	Modello idrodinamico.....	20
2.5.1	T. Seveso	22
2.5.2	Torrente Certesa	24
2.5.3	Canale scolmatore di Nord-Ovest - CSNO	24
2.5.4	Aspetti di dettaglio del modello idraulico	26
3	ASSETTO DI PROGETTO DEL T. SEVESO	29
3.1	Linee di intervento generali nell'ambito idrografico Lambro-Olona	29
3.2	Linee di intervento specifiche per il T. Seveso	31
3.3	Interventi di laminazione previsti nell'ambito dello studio <i>AIPO-2011</i>	34
3.4	Aggiornamento dell'assetto di progetto del T. Seveso (2016)	36

4	ATTIVITA' 1 - PRESA IN CARICO DEL MODELLO IDROLOGICO-IDRAULICO DEL T. SEVESO AGGIORNATO AL 2011.....	42
5	ATTIVITA' 2A - AGGIORNAMENTO DEL MODELLO DA PALAZZOLO A MILANO (MODELLO-SEVESO-2011).....	43
6	ATTIVITA' 2B - AGGIORNAMENTO DEL MODELLO IDROLOGICO-IDRAULICO DEL T. SEVESO IN RELAZIONE ALLE NUOVE SUPERFICI URBANIZZATE (MODELLO-SEVESO-DUSAF2012).....	45
7	ATTIVITA' 3 – TARATURA DEL MODELLO IDROLOGICO-IDRAULICO DEL T. SEVESO CON EVENTI REALI COMPRESI TRA 2010 E 2015 (MODELLO-SEVESO-2016)	51
8	ATTIVITA' 4 - DEFINIZIONE AGGIORNATA DELLE PORTATE LUNGO L'ASTA PER I TEMPI DI RITORNO DI RIFERIMENTO (10, 100 E 500 ANNI), NELLE CONDIZIONI ATTUALI E NEGLI SCENARI DI ASSETTO DI PROGETTO	98
8.1	Assetto attuale.....	100
8.2	Assetto di progetto.....	104
9	ATTIVITA' 5 - DEFINIZIONE AGGIORNATA DEI PROFILI IDRICI CON RIFERIMENTO ALLO STATO ATTUALE E AGLI SCENARI DI ASSETTO DI PROGETTO	119
10	ATTIVITA' 6 - AGGIORNAMENTO DELLE AREE ALLAGABILI NELLE CONDIZIONI ATTUALI E NEGLI SCENARI DELL'ASSETTO DI PROGETTO.....	132
11	CONFRONTO CON STUDI PRECEDENTI (ADBPO–2004 E AIPO-2011).....	136

1 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' SVOLTE

Il lavoro, svolto mediante il servizio di supporto specialistico della Società ETATEC - Studio Paoletti, ha come base di partenza i risultati delle analisi ed elaborazioni svolte per il Torrente Seveso nell'ambito dello "*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro - Olona*"

Le attività di aggiornamento svolte sul torrente Seveso a partire da tale base riguardano:

1. la presa in carico del modello idrologico-idraulico del T. Seveso aggiornato dalla Società ETATEC - Studio Paoletti in seguito agli studi e ai progetti redatti successivamente allo "*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro - Olona*". In particolare, il modello idrologico-idraulico del T. Seveso del 2002 è stato aggiornato in occasione di diversi incarichi svolti per conto dell'AIPo, tra cui il principale è lo "*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)*" (2011);
2. aggiornamento del modello idrologico-idraulico di cui al punto precedente; in particolare:
 - a. aggiornamento del tratto da Palazzolo fino alla tombinatura di Milano secondo le ipotesi del 2011 (aggiornamento pluviometria al 2010 e primo aggiornamento taratura post piena settembre 2010). D'ora in avanti tale modello verrà denominato **modello-Seveso-2011**;
 - b. aggiornamento delle superfici urbanizzate secondo i dati di uso del suolo più recenti disponibili (DUSAF 2012 della Regione Lombardia). D'ora in avanti tale modello verrà denominato **modello-Seveso-Dusaf2012**;
3. verifica ed eventuale aggiornamento della taratura del modello idrologico-idraulico del torrente Seveso dalle sorgenti fino alla tombinatura di Milano, utilizzando l'intero periodo compreso tra gennaio 2010 e dicembre 2015 (6 anni), all'interno del quale si sono verificati numerosi eventi di piena (in particolare nel 2010 e nel 2014). D'ora in avanti tale modello verrà denominato **modello-Seveso-2016**;
4. confronto, in termini di livelli e portate lungo l'asta fluviale, fra il modello dello Studio di fattibilità del 2002, il **modello-Seveso-2011**, il **modello-Seveso-Dusaf2012** e il **modello-Seveso-2016**;
5. definizione aggiornata delle portate lungo l'asta per i tempi di ritorno di riferimento definiti nello Studio di fattibilità dell'AdbPo (10, 100 e 500 anni), nelle condizioni attuali e negli scenari di assetto di progetto (tenendo conto delle opere di laminazione già in progettazione sia a monte che a valle della presa del CSNO);
6. definizione aggiornata dei profili idrici, relativi ai tempi di ritorno sopra definiti, con riferimento allo stato attuale e agli scenari di assetto di progetto;
7. aggiornamento delle aree allagabili nelle condizioni attuali e negli scenari dell'assetto di progetto.

2 CARATTERISTICHE IDROLOGICO-IDRAULICHE DELL'ASSETTO ATTUALE DEL T. SEVESO E RAPPRESENTAZIONE MODELLISTICA DEI FENOMENI DI PIENA

2.1 Premessa

Nel presente capitolo vengono descritte le caratteristiche essenziali dell'attuale assetto idrologico-idraulico del T. Seveso, nonché i principi secondo cui sono state condotte le attività di modellazione numerica, utili ad analizzare il comportamento idrologico-idraulico del bacino e dell'asta fluviale.

In particolare, la modellazione idrologico-idraulica del T. Seveso è già stata implementata nell'ambito di alcuni studi e progetti, di seguito elencati:

- *“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 nel periodo 2002 ÷ 2004 (da qui in poi indicato con la sigla AdBPo-2004);*
- *“Studio idraulico del torrente Seveso nel tratto che va dalle sorgenti alla presa del C.S.N.O. in località Palazzolo in Comune di Paderno Dugnano (MI) e studio di fattibilità della vasca di laminazione del C.S.N.O. a Senago (MI)” dell'Agenzia Interregionale per il fiume Po (AIPo) nel 2011 ed approvato nell'ambito dell'Accordo di Programma relativo alla difesa idraulica del territorio milanese (da qui in poi indicato con la sigla AIPo-2011);*
- *“Progetto definitivo della vasca di laminazione sul fiume Seveso in Comune di Senago (MI)” di AIPo, in data ottobre 2014 – revisione agosto 2015 (d'ora in poi denominato PD-Senago-2015);*
- *“Progetto preliminare di adeguamento delle aree golenali nei comuni di Carimate, Vertemate con Minoprio e Cantù (CO)” di AIPo, in data aprile 2015 (d'ora in poi denominato PP-golenali-2015);*
- *“Progetto preliminare area di laminazione del torrente Seveso nei comuni di Varedo, Paderno Dugnano e Limbiate” di AIPo, in data novembre 2015 (d'ora in poi denominato PP-Paderno_Varedo-2015);*
- *“Progetto definitivo area di laminazione del torrente Seveso nel Comune di Lentate sul Seveso (MB)” di AIPo, in data gennaio 2016 (d'ora in poi denominato PD-Lentate-2016).*

Quanto condotto nei suddetti studi e progetti è stato aggiornato ed approfondito nell'ambito del presente lavoro, nel rispetto dei principi di impostazione generale, che vengono descritti nei seguenti paragrafi.

2.2 Caratteristiche essenziali del bacino del T. Seveso

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

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:

- il torrente Seveso ha un bacino di oltre 200 km²;
- il bacino ha origine nella zona delle Prealpi e pertanto le onde di piena che interessano il corso d'acqua hanno una base di tipo "naturale" con volumetrie dell'onda superiori a quelle derivanti dagli ambiti collinari e urbani che caratterizzano gli altri corsi d'acqua limitrofi (Groane, Bozzente ed anche Lura);
- il corso d'acqua, fin dall'ingresso nel territorio comunale di Milano, è tombinato con capacità di deflusso (stimata in 30÷40 m³/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;
- 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 sponale 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, con particolare riferimento alla Città di Milano, assumano una frequenza di più volte l'anno.

Secondo i dati disponibili, a Milano dal 1976 ad oggi si sono verificate ben 104 esondazioni (in media 2,6 esondazioni all'anno). Negli ultimi anni sono stati particolarmente critici il 2010, durante il quale si sono verificate ben 8 esondazioni, di cui particolarmente grave quella del 18 settembre, e il 2014, con ben 8 esondazioni nel periodo 25 giugno ÷ 16 novembre, tra cui quelle dell'8 luglio e del 15 novembre in cui si sono generate portate massime 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'intera asta del Seveso.

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



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

Tali quattro parti in cui è stato suddiviso il bacino idrografico del Seveso possono essere raggruppate, in relazione alla tipologia di funzionamento idrologico di formazione delle piene: i deflussi delle zone *Seveso naturale* e *Certesa naturale* dipendono

esclusivamente dalle caratteristiche geomorfologiche del bacino, mentre i deflussi delle zone *Seveso urbano* e *Certesa urbano*, eccetto gli apporti di alcuni piccoli affluenti (es. 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 tombinato di Milano in via Ornato è pari a circa 227 km², 106 dei quali di aree urbane (47%). Il sottobacino idrografico del torrente Certesa, affluente principale del Seveso, è pari a circa 72 km².

Se si considera poi come sezione di riferimento la presa del CSNO, ubicata a Palazzolo (Comune di Paderno Dugnano), ove vengono scolmate una parte delle portate di piena del T. Seveso, il bacino idrografico ha un'estensione di circa 190 km², 82 dei quali di aree urbane (43%). Come differenza si ha che il bacino idrografico del T. Seveso compreso tra la presa del CSNO e Milano è pari a 36 km², di cui 24 di aree urbanizzate (67%).

La lunghezza dell'asta del torrente Seveso fino a Milano (dall'ospedale S. Anna di Como) è pari a circa 39 km, 32 dei quali fino alla presa del CSNO in località Palazzolo in Comune di Paderno Dugnano e i restanti 7 km dalla suddetta opera fino all'ingresso nel tratto tombinato in Milano.

Nella Figura 2 è riportata la planimetria del bacino idrografico del T. Seveso, fino alla sezione di chiusura di Milano.

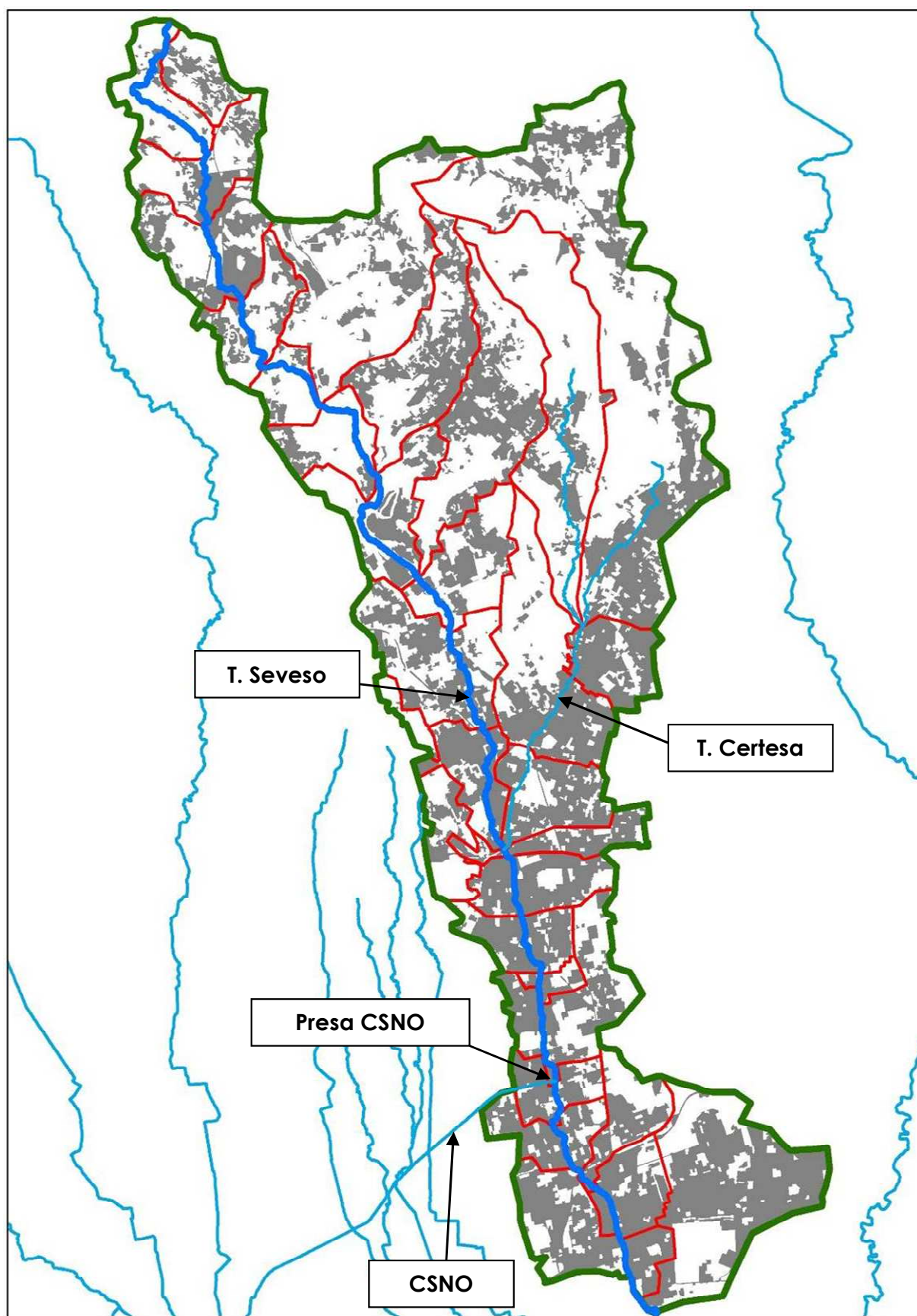


Figura 2 - Bacino idrografico del T. Seveso (in rosso sono indicati i 32 sottobacini del modello idrologico)

2.3 Pluviometria di riferimento

Al fine di determinare il regime delle portate transitanti in un corso d'acqua è necessario utilizzare un modello di trasformazione afflussi-deflussi, il quale a partire da misure di precipitazione puntuali fornisce i corrispondenti ideogrammi di portata e di livelli idrometrici. Le serie storiche di livelli e di portate risultano infatti assolutamente insufficienti per determinare il regime idrografico del corso d'acqua in esame.

Per costruire quindi un modello afflussi-deflussi è necessario innanzitutto definire il regime pluviometrico che caratterizza il territorio, operando un'attenta valutazione della disponibilità delle serie storiche dei dati di pioggia sul bacino in esame e nelle zone limitrofe.

I modelli afflussi – deflussi richiedono input pluviometrici idonei alla previsione di onde di piena di assegnato tempo di ritorno.

Tale componente essenziale dell'indagine idrologica richiede, a partire dai dati storici relativi alle precipitazioni di forte intensità e breve durata, di effettuare le seguenti determinazioni:

- a. scelta dei tempi di ritorno necessari per la simulazione delle piene nella situazione in atto e negli scenari di intervento;
- b. elaborazione delle curve di possibilità pluviometrica sia di ogni stazione pluviografica disponibile, sia, attraverso criteri di regionalizzazione, di areali di interesse;
- c. adozione di valori idonei delle durate complessive degli eventi e di forme degli ietogrammi di progetto adatte per la rappresentazione delle dinamiche d'alveo e degli eventuali invasi in aree di espansione;
- d. adozione di idonei valori dei coefficienti di ragguaglio all'area per evitare errori di stima delle precipitazioni intense su areali di vasta dimensione in cui la disuniformità spaziale delle precipitazioni divenga significativa.

2.3.1 Tempo di ritorno di riferimento

La scelta dell'evento di riferimento è aderente a quanto definito dall'Autorità di Bacino del fiume Po nell'ambito dello *Studio AdBPo-2004*. In particolare per il bacino del Seveso l'Autorità di Bacino ha definito come evento di riferimento quello centennale, contemporaneo su tutto il bacino.

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 definirsi a priori come più o meno catastrofico di un evento centennale non contemporaneo. Tuttavia tale scelta, per coerenza di metodo, viene mantenuta nelle attività di aggiornamento. La valutazione dell'incertezza dovuta a tale ipotesi, rispetto ad un'altra è certamente auspicabile come ulteriore affinamento delle conoscenze, ma non è da ritenersi azione conoscitiva prioritaria e pertanto non è oggetto di questo lavoro.

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 riferimento per $T = 100$ anni, sia come portata al colmo (Q_{\max} circa $160 \text{ m}^3/\text{s}$) che come volume complessivo (il volume dell'onda al di sopra della portata di $30 \text{ m}^3/\text{s}$ derivabile nel CSNO

è stato pari a circa $3,3 \text{ Mm}^3$). Ciò può essere dipeso da diversi fattori, tra cui in particolare, da un lato, per le precipitazioni, il ruolo della conoscenza, purtroppo un po' scarsa, sulla distribuzione spaziale delle precipitazioni stesse, mentre dall'altro, per i meccanismi di trasformazione piogge-deflussi, il ruolo delle condizioni di saturazione del bacino provocate dalle precipitazioni del periodo precedente (in data 29 giugno 2014 si era verificato un evento di piena caratterizzato da una portata al colmo pari a circa $115 \text{ m}^3/\text{s}$ e da un volume al di sopra della portata di $30 \text{ m}^3/\text{s}$ derivabile nel CSNO pari a circa $1,8 \text{ Mm}^3$) con conseguenti maggiori valori dei coefficienti di deflusso.

Analoga situazione si è verificata durante l'evento del 15-16 novembre 2014 (caratterizzato da una portata al colmo di circa $140 \text{ m}^3/\text{s}$ e da un volume dell'onda di piena, al di sopra della portata di $30 \text{ m}^3/\text{s}$ derivabile nel CSNO, pari a circa 4 Mm^3), infatti nei giorni 5, 6, 10 e 12 novembre si sono susseguiti eventi meteorici importanti che hanno saturato il bacino del T. Seveso (la portata al colmo stimata per tali eventi è stata pari rispettivamente a 85, 54, 56 e $105 \text{ m}^3/\text{s}$, mentre il volume complessivo dell'onda a Palazzolo posta al di sopra della portata di $30 \text{ m}^3/\text{s}$ derivabile nel CSNO è stato pari a circa $6,7 \text{ Mm}^3$).

Si è quindi trattato di eventi reali 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.

Negli eventi reali può anche capitare il contrario di quanto sopra affermato, infatti è possibile che per condizioni iniziali particolarmente asciutte del bacino, ad un dato valore del tempo di ritorno delle precipitazioni corrispondano piene di minor valore del tempo di ritorno.

Pertanto, la scelta di un evento di riferimento progettuale in cui si ammette che coincidano i tempi di ritorno delle piogge e delle corrispondenti piene e che le condizioni iniziali del bacino siano di tipo standard, è una scelta legata alla necessità di adottare una definizione dell'evento di riferimento progettuale, comunque a carattere cautelativo, quale strumento per effettuare i calcoli idrologici-idraulici necessari al confronto tra lo stato attuale e gli scenari di progetto.

Si ritiene pertanto che l'evento contemporaneo centennale, adottato nei precedenti studi e confermato nell'ambito del presente lavoro, sia tuttora adeguato allo scopo del lavoro stesso, di definire e verificare un adeguato livello di protezione idraulica del territorio.

2.3.2 Ietogramma di riferimento

Una volta stabilito il tempo di ritorno di 100 anni, per la definizione della sollecitazione pluviometrica da inserire in input nella modellazione idrologico-idraulica occorre individuare le curve di possibilità pluviometriche, nonché la tipologia dello ietogramma sintetico di pioggia.

Per la selezione delle curve di possibilità pluviometriche sono state adottate quelle definite da ARPA Lombardia per il territorio di interesse e precisamente si sono adottati i parametri desunti dal sito internet http://idro.arpalombardia.it/pmapper-3.2/wg_serv_idro.phtml, dove sono presenti delle mappe in formato raster di tutta la regione, considerando quelli afferenti al bacino del Seveso.

La scelta dello ietogramma di progetto è stata effettuata in aderenza a quanto adottato dall'Autorità di bacino del fiume Po nell'ambito del citato studio *AdBPo-2004*.

È stato pertanto scelto lo ietogramma tipo Chicago di durata 24 ore in relazione alle seguenti importanti caratteristiche:

- lo ietogramma Chicago è caratterizzato da un picco di pioggia indipendente dalla durata totale dell'evento; ne consegue che con esso non è necessario procedere a

stime di tutti i molteplici eventi critici necessari per calcolare ogni singola onda di piena generata da ogni singolo sottobacino e per ogni bacino progressivamente sotteso dalle varie sezioni lungo l'asta del Seveso. La scelta dell'evento tipo Chicago, che come è ben noto è caratterizzato dall'essere critico anche per durate parziali, consente di operare con un unico evento di riferimento progettuale per tutti i sottobacini e per tutte le sezioni di riferimento dell'asta del Seveso;

- lo ietogramma Chicago, oltre a includere l'informazione del picco di pioggia, è anche costruito con una procedura che implica il rispetto della curva di possibilità pluviometrica contemporaneamente per tutte le durate parziali; dal punto di vista statistico esso quindi corrisponde ad un evento di tipo cautelativo a parità di tempo di ritorno;
- nel caso come quello in oggetto in cui l'assetto di progetto riguarda soprattutto aree di laminazione in derivazione che entrano in funzione solo quando il Seveso supera una prefissata portata di soglia, lo ietogramma tipo Chicago è anche evento critico per la laminazione purché la sua durata superi: 1) il tempo di corrivazione del bacino sotteso; 2) il tempo di base dell'idrogramma di piena di sfioro. L'adozione della durata di 24 ore risponde ad entrambe queste condizioni.

In sintesi, per tutte le suddette ragioni, lo ietogramma adottato è cautelativo per il dimensionamento delle vasche di laminazione, ovviamente nel contesto del tempo di ritorno adottato pari a 100 anni.

Per il calcolo dello ietogramma Chicago si è utilizzato il software URBIS che richiede come dati in ingresso: i parametri a e n della prescelta curve di possibilità pluviometrica; la durata della pioggia; il parametro r che definisce la posizione del picco all'interno della durata complessiva. Per il bacino del Seveso la durata dello ietogramma, come già detto in precedenza, è stata assunta pari a 24 ore e il parametro r è stato assunto pari a 0.3.

2.3.3 Curve di possibilità pluviometrica

La determinazione delle curve di possibilità pluviometrica è stata effettuata aggiornando sia i dati utilizzati nell'ambito dello studio *AdBPo-2004* che quelli utilizzati nello studio *AIPo-2011*.

La curva di possibilità pluviometrica è espressa nella forma $h_T(D) = a_1 w_T D^n$, in cui D rappresenta la durata dell'evento meteorico, T il tempo di ritorno, mentre a_1 (coefficiente pluviometrico orario), w_T (quantili normalizzati per i diversi tempi di ritorno espressi in anni) e n (esponente di scala) sono i parametri delle curve che variano spazialmente.

I valori dei diversi parametri sono estrapolabili dal sito internet dell'ARPA (http://idro.arpalombardia.it/pmapper-3.2/wg_serv_idro.phtml) dove sono presenti delle mappe in formato raster di tutta la regione, che costituiscono spazializzazione esperta dei parametri statisticamente ricavati dai dati puntuali aggiornati al 2011.

Riguardo ai dati di base, è rilevante il fatto che, ad oggi, non sono ancora stati integrati nell'insieme dei pluviometri tutti quelli del Comune di Milano, di cui si auspica presto l'integrazione.

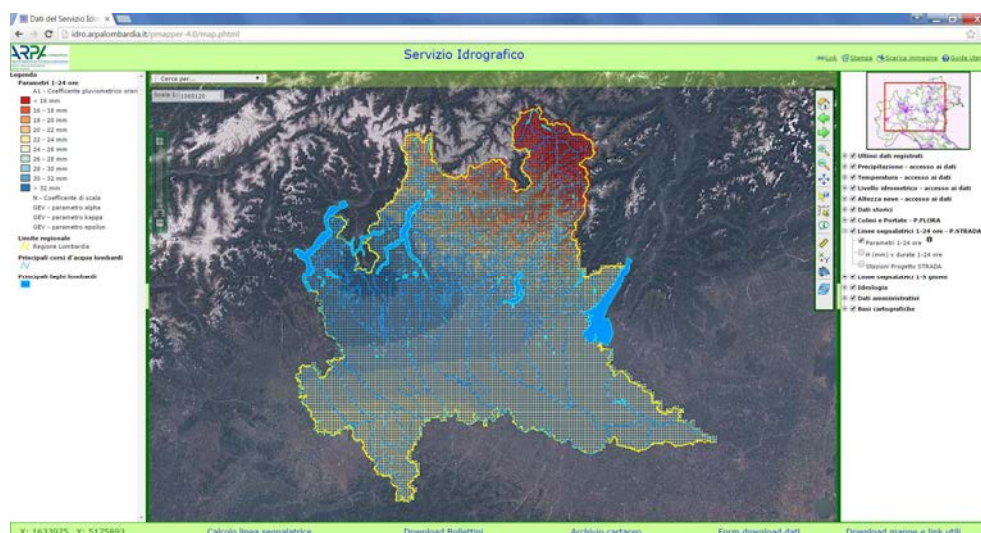


Figura 3 - Schermata del sito web dell'Arpa Lombardia da cui è possibile estrarre i parametri delle curve di possibilità pluviometrica

2.3.4 Raggiungimento della precipitazione all'area

Poiché il modello afflussi – deflussi più oltre descritto è stato utilizzato per la simulazione distribuita dell'intero bacino del Seveso (227 km²) chiuso all'ingresso nel tratto tombinato in Comune di Milano, è stato necessario individuare i coefficienti correttivi di raggiuglio delle precipitazioni a tale valore dell'area.

Precisamente ogni ietogramma Chicago, individuato come sopra detto per ogni sottobacino, deve essere moltiplicato per il coefficiente di raggiuglio riferito al bacino complessivo, allo scopo di tener conto sia pure in modo sintetico della disuniformità della distribuzione spaziale delle piogge legata al movimento delle celle temporalesche.

In proposito è opportuno sottolineare come tale disuniformità sia sempre molto pronunciata negli eventi reali, tanto che è usuale l'osservazione di parti di bacino fortemente investite da forti meteore mentre altre parti del bacino non lo sono, o lo sono state in precedenza.

La letteratura è ricca di studi in proposito, anche se in ogni caso i detti coefficienti correttivi mantengono inevitabilmente una notevole dose di empirismo e quindi di incertezza.

Giova ricordare che i coefficienti correttivi devono in linea logica essere due.

Il primo è il classico coefficiente di riduzione del volume di pioggia all'area; esso tiene conto che il volume complessivo di pioggia considerato nello ietogramma di progetto come sopra calcolato, da intendersi riferito al centro di scroscio, deve essere ridotto all'aumentare dell'area del bacino per tener conto del fatto che statisticamente altri punti del bacino sono investiti da piogge minori. Il detto coefficiente è quindi minore dell'unità. In proposito, tenuto conto dell'intento pianificatorio dello studio e della necessità di procedere con assunzioni di tipo cautelativo legate alla protezione idraulica del territorio per eventi a carattere straordinario, si è assunto un unico valore del coefficiente di raggiuglio, costante per tutti i sottobacini, pari a 0.9; tale valore è stato ottenuto, in media, applicando per i sottobacini in esame le formule di letteratura (Columbo, Procedura Wallingford, Moisello).

Il secondo è meno diffuso nella pratica idrologica, anche se è decisamente importante come dimostrano alcuni studi (ad esempio, Shilling; Niemczynovicz; Mignosa e Paoletti). Si tratta infatti di un coefficiente correttivo, questa volta maggiore dell'unità, che tiene

conto del fatto che l'onda di piena che consegue ad un determinato ietogramma presenta volumi e portate al colmo maggiori qualora la precipitazione avvenga con distribuzione disuniforme nello spazio, rispetto al caso in cui uno ietogramma di pari forma e volume avvenga uniformemente nello spazio. In altri termini, se lo ietogramma che si immette nel modello è lo stesso per tutti i sottobacini, è da attendersi che l'idrogramma che ne consegue sia sottostimato rispetto a quello che si otterrebbe se lo stesso volume complessivo di precipitazione fosse immesso nel modello con distribuzione spaziale disuniforme. Tale comportamento dipende dal carattere non lineare delle perdite idrologiche, che sottraggono volumi di precipitazione non proporzionali agli afflussi lordi.

Pertanto, adottando, come prima detto, per tutti i sottobacini del Seveso uno ietogramma Chicago corretto con il medesimo coefficiente di riduzione all'area pari a 0.9, e dovendosi conseguentemente attendere che le onde di piena siano affette da sottostime dei volumi e delle portate, occorre correggere gli ietogrammi in input con un coefficiente maggiore di 1, allo scopo di compensare tali sottostime.

Anche se gli studi disponibili concordano su tale aspetto, tuttavia le proposte in merito sono ancora poco documentate. Nel caso di interesse, tenuto conto dei ricordati caratteri dello studio, si è assunto per tale coefficiente il valore di 1.1.

Pertanto, considerando entrambi i fattori correttivi (0.9 e 1.1) è come se non si considerasse nessun tipo di ragguaglio, quindi l'evento meteorico di riferimento è costituito da una precipitazione contemporanea in ogni sottobacino.

2.4 Modello idrologico afflussi – deflussi

Nell'ambito del presente lavoro, analogamente a quanto già condotto negli studi *AdbPo-2004* e *AIPo-2011*, è stato adottato come modello di simulazione idrologica ed idraulica il modello MIKE 11 del Danish Hydraulic Institute. Tale software è in grado, attraverso diversi moduli, di integrare il modello afflussi – deflussi con la propagazione dell'onda di piena lungo i diversi tratti del reticolo idrografico naturale e artificiale.

Relativamente alla formazione delle piene nei diversi sottobacini del Seveso è necessario distinguere il comportamento dei sottobacini in condizioni prevalentemente “naturali” da quelli pianeggianti e fortemente urbanizzati. Conseguentemente si è deciso di adottare due modelli differenti per le due categorie di sottobacini.

2.4.1 Il modulo NAM per i bacini con ridotta percentuale di aree urbane

Il modello afflussi-deflussi utilizzato per le valutazioni idrologiche di stima dei contributi di piena dei sottobacini “naturali” afferenti al torrente Seveso, è il modulo NAM (abbreviazione di un termine danese che significa letteralmente “modello pioggia-portate”) del programma di calcolo MIKE 11.

Tale modello, costituito sostanzialmente da un set di relazioni matematiche in grado di descrivere quantitativamente la fase terrestre del ciclo dell'acqua, è di tipo deterministico a parametri concentrati con un discreto, ma moderato, set di grandezze richieste in input.

Esso opera simulando in continuo la variazione di contenuto di acqua (in fase liquida o vapore) di quattro serbatoi distinti e reciprocamente collegati, i quali rappresentano gli elementi fisici principali di un qualsiasi bacino idrografico.

Il modulo NAM tratta ciascuna sottobacino in cui è stato suddiviso l'intero bacino idrografico come un'unità singola; per questo i parametri e le variabili in gioco sono rappresentati come valori medi per ciascun sottobacino (cfr. Figura 4).

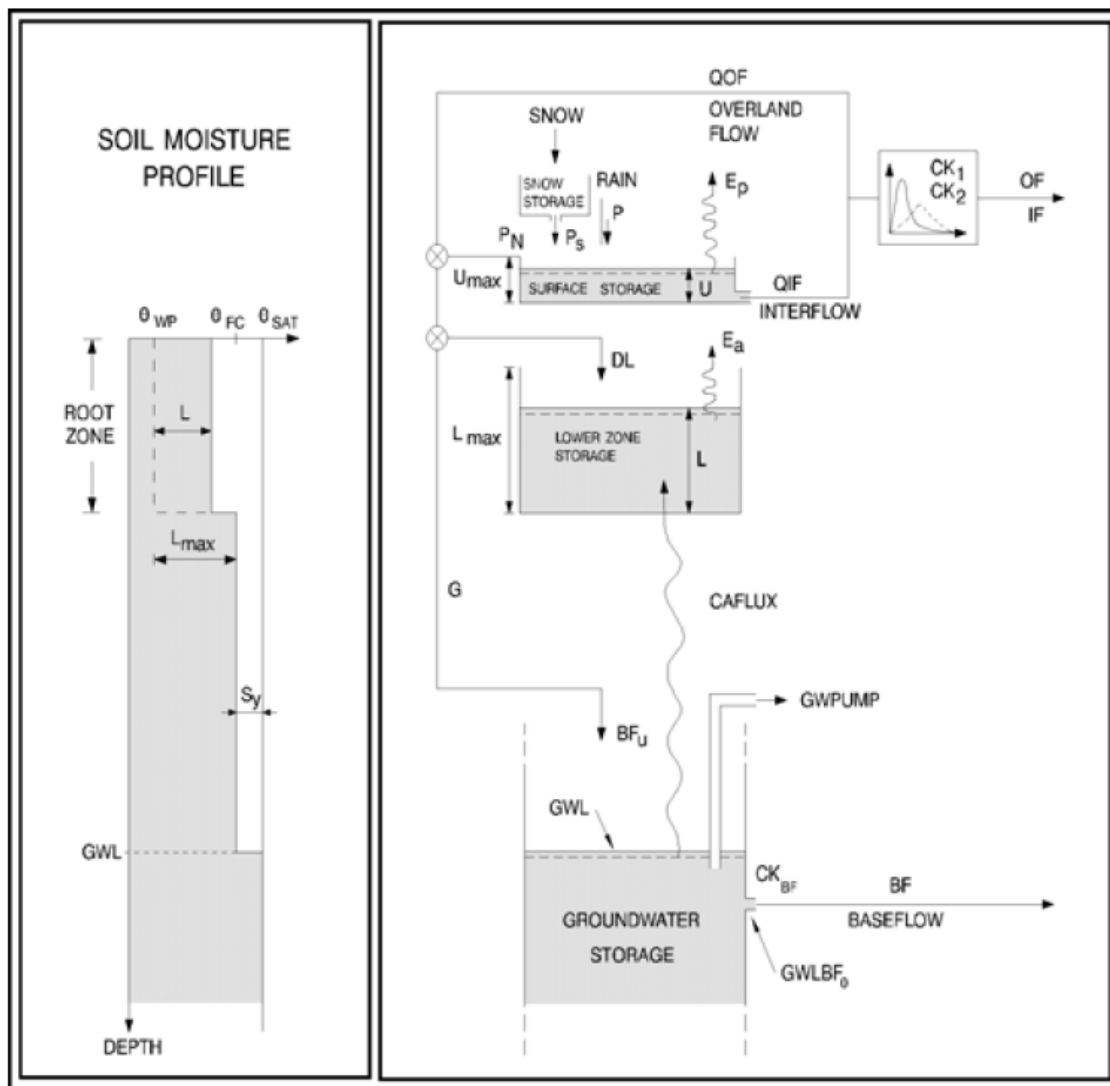


Figura 4 – Schema di calcolo del modulo NAM

Il modello matematico è fisicamente basato e utilizza equazioni matematiche unitamente a relazioni semi-empiriche; pertanto alcuni parametri possono essere stimati dai dati fisici del bacino, mentre altri vengono definiti attraverso processi di calibrazione.

I quattro serbatoi rappresentano i seguenti processi:

- accumulo e scioglimento neve (non utilizzato nel presente studio);
- intercettazione;
- infiltrazione;
- immagazzinamento nella falda.

La quantità d'acqua intercettata dalla vegetazione, quale quella immagazzinata nelle depressioni del terreno e nelle porzioni più superficiali del suolo coltivato, è simulata con un serbatoio superficiale di capacità massima U_{max} .

La quantità d'acqua nel livello subito sotto il suolo, cioè la zona delle radici ove avviene anche il processo di traspirazione, è simulata con un serbatoio inferiore sottostante, di capacità massima L_{max} .

La quantità di umidità U nel serbatoio superficiale è continuamente diminuita per evaporazione ed infiltrazione, ma durante la precipitazione viene aumentata in maniera considerevole. Quando viene saturata la capacità massima superficiale U_{max} , parte

dell'eccesso di precipitazione P_n inizia a scorrere sulla superficie verso la rete di drenaggio, mentre parte si suddivide in infiltrazione verso la zona sottostante (serbatoio inferiore L) e verso la falda profonda (serbatoio G).

La quantità d'acqua contenuta nel serbatoio inferiore L diminuisce per effetto dell'evapotraspirazione, mentre il contenuto reale di umidità controlla il tasso di infiltrazione.

L'acqua che percola, cioè la quantità d'acqua che non viene trattenuta in questo serbatoio, passa attraverso la zona insatura e raggiunge, ricaricandolo, il serbatoio della falda satura G .

Quando il serbatoio superficiale sfiora, cioè quando $U > U_{max}$ l'eccesso di pioggia produce:

- scorrimento superficiale, QOF , proporzionale a P_n e variabile linearmente con il contenuto di umidità del suolo nel serbatoio inferiore L/L_{max} ;
- infiltrazione, di cui una parte aumenta il contenuto di umidità del serbatoio L , mentre l'altra percola in profondità e ricarica il serbatoio G rappresentante la falda.

Il contributo del deflusso ipodermico, QIF , è assunto proporzionale ad U e varia linearmente con il contenuto relativo L/L_{max} del serbatoio intermedio, secondo una legge simile alle precedenti, con altre costanti adimensionali.

Le perdite per evapotraspirazione sono considerate in prima fase proporzionali al tasso potenziale del serbatoio superficiale; se il contenuto di umidità U è inferiore a tale tasso potenziale, la frazione rimanente per raggiungerlo è presa dalla zona delle radici con un tasso reale Ea , che è proporzionale al tasso potenziale.

Il fenomeno della percolazione viene simulato con un serbatoio lineare con una costante di tempo che ritarda la ricarica della falda.

Il flusso capillare dal livello di falda verso la zona aerata dipende dallo spessore del tratto insaturo nel profilo del terreno, e dal contenuto di umidità relativo L/L_{max} della zona aerata.

Il livello di falda è calcolato con un bilancio fra la porzione di ricarica, la porzione capillare, la perdita verso gli strati più profondi (variabile su scala mensile) e il deflusso di base.

Il deflusso di base è calcolato con un serbatoio lineare con una sua propria costante di tempo, ed avviene quando il livello di falda è superiore al livello massimo.

Il deflusso ipodermico e superficiale sono entrambi simulati attraverso due serbatoi lineari in serie con due costanti di tempo (rispettivamente $CQOF$ e $CK1,2$), le quali nel caso di scorrimento superficiale sono anche variabili nel tempo.

In questo modo si assicura, in pratica, l'assunzione del modello dell'onda cinematica per simulare i processi di deflusso superficiale e ipodermico; il deflusso di base è simulato invece secondo i processi della dinamica sotterranea.

I dati richiesti in ingresso al modello idrologico risultano pertanto essere:

- parametri per il setup delle simulazioni: periodo di simulazione, passo temporale di calcolo;
- parametri del modello: S , L_{max} , U_{max} , $CQOF$, $CK1,2$, $CKIF$, TOF , TIF , TG , $CKBF$;
- condizioni iniziali: contenuto di umidità in tutti i serbatoi, U/U_{max} e L/L_{max} , ed eventuali valori di portata;
- dati meteorologici: precipitazioni reali o di progetto P (ottenute dalle curve di possibilità in funzione della durata della pioggia e del tempo di ritorno T), evapotraspirazione potenziale Ep e temperatura.

Alcuni parametri del modello hanno un chiaro legame con la realtà fisica, altri invece hanno un significato principalmente modellistico.

E' necessario quindi effettuare una buona taratura del modello per ottenere risultati affidabili; essa può essere condotta con una serie storica di dati corrispondenti in input ed in output. Per il processo di aggiornamento della taratura del modello rispetto a quelle condotte negli studi *AdbPo-2004* e *AIPo-2011*, si rimanda al capitolo 7.

2.4.2 Il modulo NAM-URBANO per i bacini pianeggianti con elevata percentuale di aree urbane

Per i bacini a contributo prevalentemente urbano, posti nei settori di pianura (e cioè nei settori "*Certesa urbano*" e "*Seveso urbano*" citati in precedenza), le acque meteoriche raccolte dal sottobacino vengono recapitate nei corsi d'acqua solo attraverso le reti di drenaggio urbano (scarichi e sfioratori).

In tali aree urbane, infatti, non esiste un reticolo idrografico naturale e l'adduzione al Seveso delle acque meteoriche avviene solo attraverso le reti fognarie e quindi con onde di piena fortemente dipendenti dalle modalità di funzionamento delle reti idrauliche a sezione chiusa, generalmente dimensionate per bassi valori del tempo di ritorno (tipicamente 2 – 10 anni).

Né d'altra parte sarebbe ipotizzabile una situazione futura presentante nuove dimensioni delle reti fognarie atte a recapitare al Seveso portate meteoriche commisurate per eventi di tempo di ritorno di 100 – 200 anni. Ciò non solo per i costi diretti e indiretti assolutamente inaccettabili che avrebbero collettori così dimensionati, ma anche perché tali portate sarebbero non compatibili e non ricevibili nel torrente Seveso. A tale proposito è anche da ricordare che il precedente P.R.R.A. della Regione Lombardia, poi confermato dal P.T.U.A. regionale, riconosciute tali circostanze, ha previsto estesi interventi di laminazione urbana delle portate meteoriche allo scopo di rendere compatibili i deflussi urbani con i corsi d'acqua ricettori. In sostanza le limitazioni di portata delle reti fognarie devono essere considerate non solo in modo positivo nei riguardi dei corsi d'acqua ricettori, ma anche come non sopprimibili nel futuro e anzi da ulteriormente esaltare come parte fondamentale delle politiche di regimazione e di "invarianza" idraulica dei territori fortemente urbanizzati. In riferimento a tale tematica, oggi occorre fare riferimento alla Legge Regionale lombarda del 15 marzo 2016, n. 4 "*Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua*" che disciplina, tra l'altro, "*le modalità per garantire il rispetto del principio dell'invarianza idraulica, dell'invarianza idrologica e del drenaggio urbano sostenibile*" (v. CAPO II "*Invarianza idraulica, invarianza idrologica e drenaggio urbano sostenibile*" - Art. 7 "*Invarianza idraulica, invarianza idrologica e drenaggio urbano sostenibile. Modifiche alla l.r. 12/2005*").

In relazione a quanto sopra, per rappresentare le onde di piena che dalle aree urbane affluiscono al Seveso, sensibilmente "deformate" dalle limitazioni di portata delle reti fognarie e dai conseguenti fenomeni di invaso conseguenti agli allagamenti cittadini o alle vasche volano eventualmente esistenti o che verranno realizzate in futuro, non è proponibile l'utilizzazione del modulo puramente idrologico NAM prima esposto, ma è stata studiata, già nell'ambito dello studio *AdbPo-2004*, una particolare rielaborazione dello stesso modulo, denominata NAM – URBANO, che è stata applicata anche nello studio *AIPo-2011*, e confermata nel presente lavoro.

Il modulo NAM-URBANO è configurato accoppiando lo stesso modulo NAM relativo ai sottobacini extraurbani con un serbatoio dotato di un opportuno limitatore di portata in uscita.

Per simulare la limitazione della portata al colmo si è imposto in uscita dal suddetto serbatoio uno scarico caratterizzato da una tubazione in grado di convogliare una portata al colmo pari a circa 2 anni di tempo di ritorno, condizione oltre la quale, mediamente, le fognature dell'area urbanizzata di pianura del bacino risultano essere insufficienti e funzionanti in pressione.

Per quanto riguarda, invece, il volume sotteso dall'idrogramma che può raggiungere il torrente Seveso, il serbatoio prima citato è stato dimensionato, mediante una soglia di sfioro, in modo da invasare un volume massimo pari a circa 1000 m^3 per ogni km^2 di bacino (assunto come volume medio di invaso interno delle reti fognarie); il volume dell'onda di piena che, in relazione allo ietogramma considerato, si forma nel sottobacino e che eventualmente eccede tale capacità d'invaso è considerato sfiorato e poi perduto agli effetti dell'idrogramma di piena in uscita dal modello afflussi-deflussi e in ingresso all'asta fluviale.

I concetti sopra esposti possono essere esemplificati attraverso le figure sottostanti: durante un evento meteorico intenso, caratterizzato da un tempo di ritorno elevato (100 anni) giunge al suolo una quantità d'acqua tanto ingente da non poter essere smaltita completamente dal sistema di drenaggio urbano (capacità di smaltimento commisurabile con eventi meteorici di 2÷10 anni di tempo di ritorno), con conseguenti fenomeni di allagamento lungo le strade, le piazze e i giardini. E poiché l'unico collegamento tra le aree urbanizzate e il reticolo idrografico superficiale è rappresentato dalle reti di drenaggio urbano, la quantità di acqua (portate e volumi) che giunge al ricettore è inferiore rispetto a quella associata al tempo di ritorno della precipitazione. Lo smaltimento dei volumi esondati, data la conformazione piana dei territori urbanizzati in questione, avviene in tempi lunghi, superiori alla durata del colmo di portata all'interno dell'alveo e pertanto non influenzano la formazione dell'onda di piena.

Nella Figura 5 sono riportati alcuni schemi grafici rappresentativi delle piene urbane e delle piene fluviali, mentre nella Figura 6 è rappresentato concettualmente il funzionamento del modello NAM-URBANO.



Figura 5 - Schemi grafici rappresentativi delle piene urbane e delle piene fluviali

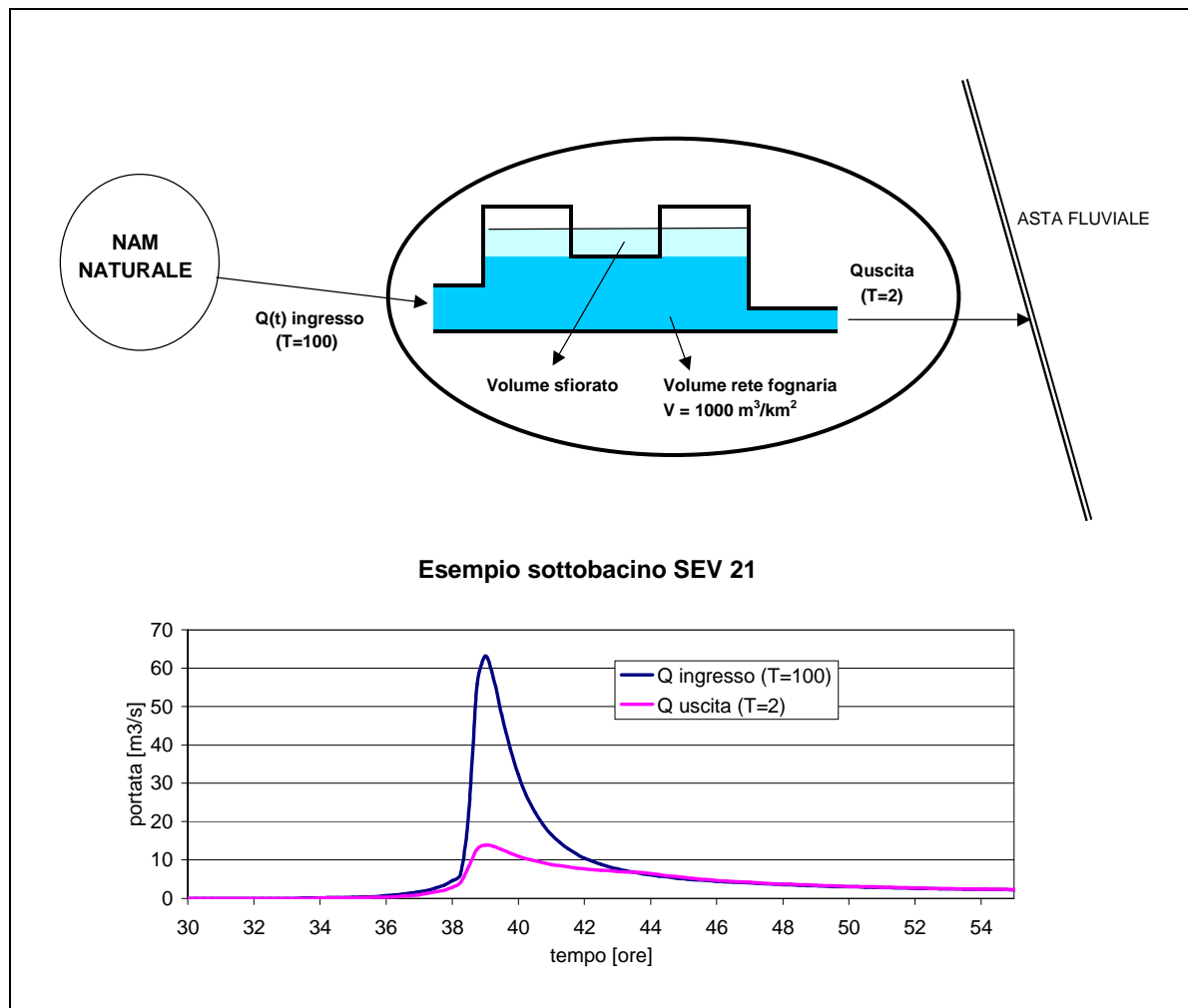


Figura 6 - Schema modello afflussi-deflussi NAM-URBANO

2.4.3 Definizione dei parametri

Per quanto riguarda la scelta dei parametri idrologici dei modelli NAM e NAM – URBANO per i diversi sottobacini, si è fatto riferimento ai seguenti intervalli di valori:

- $U_{max} = 10 \text{ mm}$;
- $L_{max} = 100 \text{ mm}$ per i bacini extra-urbani (NAM), 5 mm per i bacini urbani (NAM-URBANO), 150 mm per le porzioni non urbanizzate dei bacini urbani;
- U/U_{max} (per $t=0$) = 0;
- L/L_{max} (per $t=0$) = 0,15;
- $CQOF = 0,3 \div 0,5$ (per i bacini urbani, schematizzati con il modulo NAM-URBANO, si è considerato il valore di 0,3);
- $CK_{1,2} = 1 \div 2$ volte il tempo di corrivazione del bacino.

Per i restanti parametri, ad esempio quelli legati al serbatoio G che rappresenta il funzionamento della falda, si sono considerati i parametri di default definiti all'interno del codice di calcolo.

La definizione dei suddetti parametri per ciascun sottobacino si è ottenuta solo dopo l'aggiornamento della taratura del modello completo, idrologico ed idraulico, attraverso la simulazione degli eventi pluviometrici verificatisi nel periodo 2010÷2015, esposta nel successivo capitolo 7.

2.4.4 Definizione dei sottobacini di calcolo e loro caratterizzazione

Nel presente studio si è utilizzata la medesima suddivisione in sottobacini effettuata nell'ambito degli studi precedenti, in particolare AIPo-2011 che rispetto allo studio AdbPo-2004 prevede una suddivisione di maggior dettaglio del primo sottobacino, denominato SEV-1, che è stato suddiviso in quattro sottobacini, denominati rispettivamente SEV-1a (Seveso a monte confluenza Valle Grande), SEV-1b (Valle Grande), SEV-1c e SEV-1d (Fosso Lusert).

Per tutti i sottobacini è stata aggiornata, rispetto allo studio *AIPo-2011*, la superficie urbanizzata, facendo riferimento alle informazioni contenute nella cartografia dell'uso del suolo della Regione Lombardia, denominata DUSAF, realizzata da ERSAF in collaborazione con le Direzioni Generali Territorio e Urbanistica e Agricoltura di Regione Lombardia.

Nell'ambito del presente lavoro è stato utilizzato il DUSAF aggiornato al 2012.

Per i dettagli relativi alla definizione delle superfici dei singoli sottobacini, si rimanda ai contenuti del capitolo 6.

2.5 Modello idrodinamico

L'asta del torrente Seveso oggetto di interesse ha una lunghezza di circa 39 km, 32 dei quali tra il Comune di Como, nei pressi dell'ospedale di S. Anna, e la presa del CSNO in località Palazzolo in Comune di Paderno Dugnano, mentre i restanti 7 km dalla suddetta opera fino all'ingresso nel tratto tombinato in Milano.

È necessario in primo luogo soffermarsi sulle particolari caratteristiche del corso d'acqua di cui trattasi, peraltro del tutto simili a quelle degli altri corsi d'acqua del territorio posto a nord di Milano, compresi nell'ambito idrografico Lambro – Olona. Tali corsi d'acqua sono caratterizzati da una grande complessità legata alla plurisecolare azione modificativa dell'uomo tesa alla difesa dalle piene e all'utilizzazione delle acque.

L'antropizzazione del sistema idraulico è tale che il classico schema topologico idrografico a ramificazione aperta, che caratterizza i reticoli fluviali univocamente definiti, è ancora riconoscibile solo nelle aree a nord di Milano, in cui i corsi d'acqua scorrono in alvei incisi nelle pendici collinari; successivamente, subito allo sbocco in pianura, il reticolo si complica in un intreccio di canali artificiali progressivamente più importanti in funzione del livello di antropizzazione e di urbanizzazione delle aree. In vaste zone urbane, inoltre, i reticoli fognari di drenaggio delle acque meteoriche urbane sono spesso gli unici ad assicurare, nei limiti della loro potenzialità, lo smaltimento delle acque di piena verso i ricettori.

Dovunque sono presenti restringimenti di sezione, ponti e attraversamenti, traverse e soglie di fondo costruite nei secoli per rendere efficienti le derivazioni idriche, tutti con significativa influenza sul comportamento idraulico delle correnti fluviali, in particolare sulla formazione verso monte di condizioni di rigurgito e di eventuali esondazioni che modificano la forma e la cronologia delle onde di piena oltre che i valori delle portate.

In tale contesto è fondamentale l'affidabilità nella rappresentazione del comportamento idraulico sia dei manufatti od ostacoli che producono singolarità (attraversamenti, ponti, traverse, salti di fondo, coperture, ecc.), sia degli invasi concentrati o diffusi, liberi o regolati, che si formano durante le piene nelle aree golenali e di espansione adiacenti agli alvei. Solo, infatti, con tale rappresentazione è possibile individuare come le onde di piena si modificano nella loro propagazione verso valle, sia per i contributi che gli affluenti e i reticoli fognari apportano lungo il percorso, sia per i citati rigurgiti, espansioni e allagamenti.

In altri termini, le onde di piena che si formano lungo l'asta principale del Seveso, per i vari tempi di ritorno presi in considerazione, non possono calcolarsi con modelli puramente idrologici, ma devono derivare da una simulazione integrata idrologico – idraulica che coniughi i modelli idrologici adottati per calcolare le onde di piena confluenti dai sottobacini contribuenti con il modello idrodinamico dell'asta principale.

Per poter rappresentare al meglio gli aspetti della dinamica fluviale che si sviluppa nell'asta principale del T. Seveso in occasione delle piene, coerentemente a quanto già effettuato nell'ambito degli studi *AdbPo-2004* e *AIPo-2011*, anche nel presente lavoro è stato utilizzato il 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 negli studi precedenti, della reale geometria dei manufatti e delle aree.

L'attività di modellazione ha riguardato inizialmente lo stato di fatto dell'alveo con particolare riferimento ad un evento con tempo di ritorno pari a 100 anni, in base a quanto stabilito dall'Autorità di bacino del fiume Po.

L'asta principale del torrente Seveso è stata rappresentata mediante 437 sezioni, di cui:

- 255 ricavate dai rilievi condotti nell'ambito dello studio *AdbPo-2004*;
- 24 sezioni a monte del tratto rilevato nell'ambito del suddetto studio *AdbPo-2004*, ricavati da altri studi e da rilievi condotti nell'ambito dello studio *AIPo-2011*;
- 78 sezioni poste a rappresentare l'alveo a valle dei ponti, delle briglie e delle traverse (per 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);
- 62 sezioni rappresentanti la forma del passaggio sotto i ponti;
- 4 sezioni rappresentanti il ciglio delle briglie e delle traverse;
- 14 sezioni per rappresentare il comportamento di alcune aree di allagamento (schema quasi-bidimensionale).

Oltre al torrente Seveso, il modello comprende anche:

- 68 sezioni per rappresentare il CSNO dall'opera di presa fino all'intersezione del T. Pudiga. Tali sezioni sono in parte ricavate dai rilievi condotti nell'ambito dello studio *AdbPo-2004* ed in parte dai rilievi condotti successivamente ai lavori di raddoppio del CSNO tra l'opera di presa e via Martiri di Marzabotto, in Comune di Senago;
- 12 sezioni, ricavate da altri studi, utilizzate per rappresentare, seppur in modo molto semplificato, l'asta del T. Certesa;
- 80 sezioni, utili alla schematizzazione del modulo di calcolo NAM-URBANO, descritto in precedenza nel paragrafo 2.4.2.

Pertanto, il modello implementato nell'ambito del presente lavoro è costituito da circa 600 sezioni.

Le onde di piena confluenti nel T. Seveso e nel T. Certesa sono state calcolate, come descritto in precedenza, per ogni sottobacino ed introdotte nelle simulazioni di moto vario del modello sopra presentato, in modo concentrato in corrispondenza delle sezioni di confluenza e dei principali scaricatori di piena delle reti fognarie, o in modo distribuito in corrispondenza di bacini naturali direttamente afferenti all'asta principale.

2.5.1 T. Seveso

2.5.1.1 I° tratto (da Como a Lentate sul Seveso)

Il tratto, compreso tra l'ospedale S. Anna di Como e Lentate sul Seveso (sezione SV-64), ha uno sviluppo di circa 19 km, ed è caratterizzato da un alveo naturale con aree golenali interagenti con l'alveo principale.

Il tronco in esame risulta essere abbastanza inciso rispetto le porzioni di territorio circostante. In queste zone sono presenti tratti di corso d'acqua in cui si ha una corrente prevalentemente monodimensionale, caratterizzata da un unico livello idrico per l'alveo e le golene con conseguenti perdite nulle dal punto di vista dei volumi per tutta la durata dell'evento. In questo caso le aree golenali possono essere modellate come parte integrante delle sezioni trasversali del corso d'acqua (tipico delle zone contraddistinte da forti pendenze con aree golenali direttamente interagenti con l'alveo principale), oppure possono essere separate dall'alveo principale sino al momento della sua tracimazione, in modo che potenziali aree depresse o poste a quote inferiori al livello arginale non possano influenzare il livello idrico nella sezione d'alveo principale (tipico di zone in cui sono presenti aree golenali in cui, pur essendoci una diretta interazione tra corrente principale e golenale, i fenomeni di invaso nella stadio crescente dell'onda di piena, non sono trascurabili).

Come detto il comportamento idraulico in questo tratto è generalmente schematizzabile con un unico alveo con corrente monodimensionale, per la presenza di un alveo inciso.

Nella parte iniziale di tale tratto si assiste pertanto nel modello ad una propagazione dell'onda di piena senza particolari modifiche di forma o valore del colmo se non per gli apporti dei bacini laterali.

Nel tratto finale da Vertemate con Minoprio a Carimate, la presenza di ampie golene di fatto induce la deformazione dell'onda di piena con attenuazione locale dei colmi e appiattimento dell'idrogramma. Alcune aree golenali, essendo caratterizzate da una quota del piano campagna più basso rispetto alla sommità spondale dell'alveo del T. Seveso, sono state modellate attraverso uno schema quasi-bidimensionale, ossia con dei veri e propri canali laterali che interagiscono dinamicamente con l'alveo principale attraverso collegamenti rappresentati da sfioratori laterali, rendendo possibili fenomeni di drenaggio dalle aree allagabili verso l'alveo principale anche nella fase discendente dell'onda di piena.

Nella Figura 7 sono rappresentate le aree golenali che sono state modellate attraverso uno schema quasi-bidimensionale.

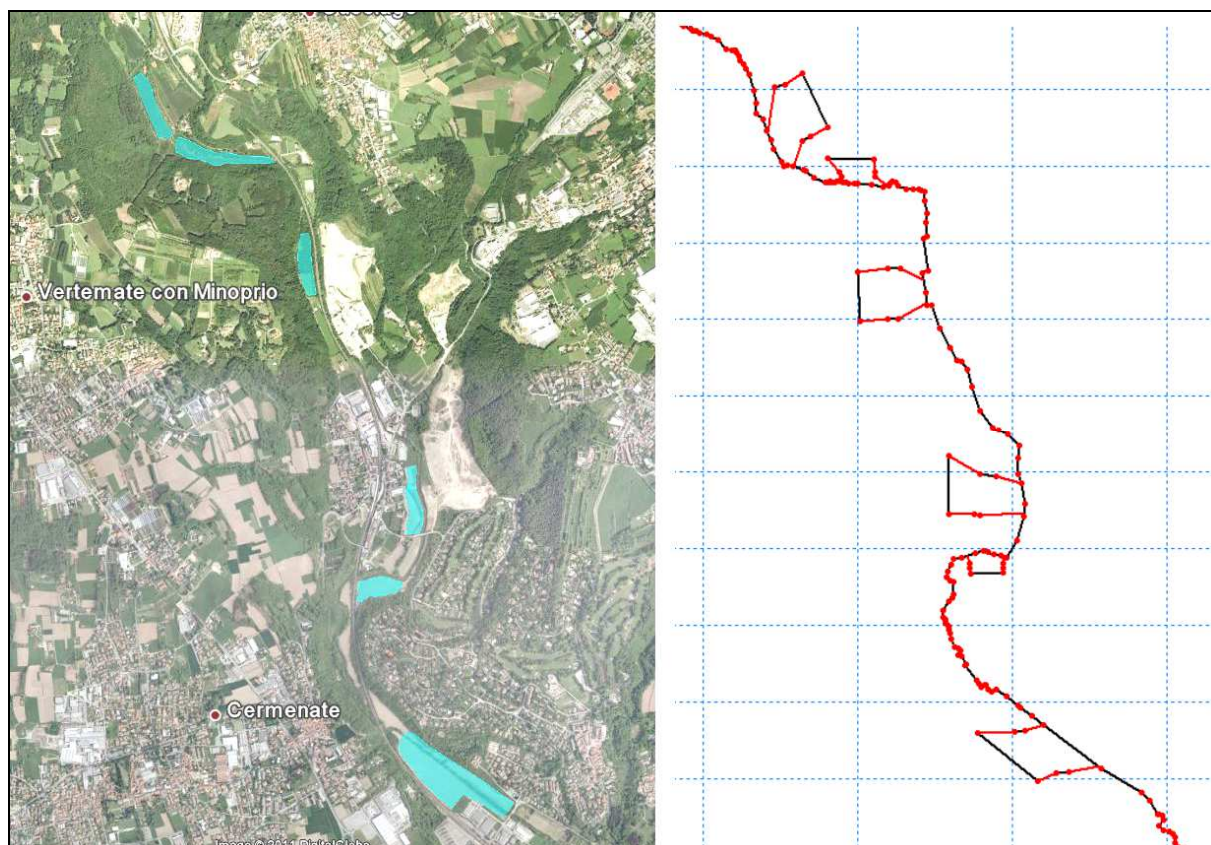


Figura 7 - Schema idraulico quasi – bidimensionale delle aree golenali

2.5.1.2 II° tratto (da Lentate sul Seveso alla presa del CSNO di Paderno Dugnano)

Il tratto, compreso tra le sezioni SV64 e SV24, è caratterizzato dalla presenza di un alveo canalizzato con funzione di solo trasporto, con la presenza di aree di allagamento pianeggianti che interessano centri abitati (in particolare Lentate sul Seveso, Barlassina, Bovisio Masciago e Paderno Dugnano).

La sezione idraulica di calcolo è caratterizzata dalla quasi totale assenza di aree golenali. Il modello di questo tratto dell'asta fluviale si estende per una lunghezza complessiva di circa 13 km.

Il tratto di torrente è contraddistinto da un'unica sezione di deflusso, caratterizzata da scabrezza minore rispetto al tratto precedente per la presenza pressoché ininterrotta di sponde, e talvolta anche del fondo, rivestiti in calcestruzzo.

Lo schema di calcolo modellistico utilizzato è monodimensionale.

In corrispondenza dei tratti dove si verificano le esondazioni nei comuni di Lentate sul Seveso, nei pressi di via Tintoretto, e di Bovisio Masciago, dove i volumi d'acqua che esondano sono rilevanti e non rientrano più direttamente nel corso d'acqua durante l'evento di piena a causa della conformazione del territorio interessato, sono state inserite nello schema di calcolo monodimensionale dell'alveo inciso delle soglie di sfioro lungo la sponda che simulano la fuoriuscita dell'acqua dall'alveo e quindi la conseguente riduzione dell'onda di piena che prosegue verso valle lungo T. Seveso.

2.5.1.3 III° tratto (dalla presa del CSNO di Paderno Dugnano all'ingresso della tombinatura a Milano)

Il tratto compreso tra la sezione SV24 e la sezione SV2 è caratterizzato da un alveo inciso rispetto al piano campagna, con la presenza di alcune aree golenali, di ridotta estensione. L'alveo è caratterizzato anche da tratti canalizzati, in particolare in attraversamento al Comune di Cusano Milanino.

Lungo il tratto in esame si verificano esondazioni di aree pianeggianti, in parte interessate da urbanizzazioni (Paderno Dugnano, Cusano Milanino, Cormano e Milano-Brusuglio).

Il modello di questo tratto dell'asta fluviale si estende per una lunghezza complessiva di circa 7 km.

Siccome il tratto di torrente in questione è contraddistinto essenzialmente da un'unica sezione di deflusso, in quanto l'estensione delle aree golenali è ridotta, anche in questo tratto è stato utilizzato uno schema di calcolo modellistico di tipo monodimensionale. Le zone interessate da esondazioni sono state incluse nella sezione di deflusso come allargamento della sezione dell'alveo inciso.

2.5.2 Torrente Certesa

Oltre alla richiamata asta principale del torrente Seveso, è risultato necessario procedere anche ad una modellazione idraulica semplificata del tratto terminale dell'affluente di maggior importanza (torrente Certesa) che sfocia nel torrente Seveso nel territorio del comune di Cesano Maderno, il quale ha un bacino idrografico di estensione pari a 72 km² e quindi poco inferiore alla superficie del bacino del torrente Seveso in corrispondenza della confluenza.

Per tale affluente si è utilizzata una modellazione meno dettagliata, in funzione dei dati a disposizione, ma tuttavia sufficientemente attendibile per la riproduzione delle onde di piena addotte al Seveso.

Il modello del torrente Certesa è costituito da 12 sezioni, per un tratto di circa 8 km. Alcune sezioni sono state ricavate dallo studio della Regione Lombardia *"Progetto di sistemazione idraulica dei torrenti Terrò, Certesa ed affluenti"* del 1999, mentre altre sono state rilevate in campagna (per quanto riguarda le luci dei manufatti compresi tra la confluenza in Seveso ed il limite inferiore del tratto analizzato dal suddetto studio). Dallo studio citato sono stati inoltre dedotti i valori di portata compatibili con le sezioni di monte sia nello stato di fatto, sia nello stato di progetto.

2.5.3 Canale scolmatore di Nord-Ovest - CSNO

Nel modello idraulico del Seveso è stato inserito il nodo idraulico di intersezione con il Canale Scolmatore Nord Ovest (CSNO), nonché un tratto dello stesso canale, dall'opera di presa del torrente Seveso in località Palazzolo fino all'intersezione con il T. Pudiga, per una lunghezza complessiva di 4,8 km. Il tratto è stato modellato inserendo 68 sezioni, in parte ricavate dai disegni "as built" degli interventi di raddoppio del CSNO tra l'opera di presa e il ponte di Via Marzaboto, ed in parte dal progetto *"Lavori di adeguamento funzionale del canale scolmatore di Nord Ovest nel tratto compreso tra Senago e Settimo Milanese"*, attualmente in fase di realizzazione.

Particolare cura è stata posta nella modellazione del sistema che costituisce l'opera di presa e di regolazione del CSNO, che consente la derivazione dal torrente Seveso di una portata massima di circa 30 m³/s nella situazione attuale e di 60 m³/s nella situazione di progetto. Allo stato attuale un primo tratto del CSNO risulta già potenziato

e quindi in grado di convogliare verso valle portate dell'ordine di $60 \text{ m}^3/\text{s}$ che, comunque, non sono attualmente compatibili con la capacità idraulica del canale a valle. La limitazione delle portate verso valle avviene tramite la regolazione dell'opera di presa del CSNO mediante opere di intercettazione sul T. Seveso e sull'opera di presa stessa. In particolare, il nodo idraulico della presa del CSNO è costituito dalle seguenti opere (v. figure seguenti):

- paratoia a settore posta lungo il T. Seveso a valle della soglia di sfioro di alimentazione nel CSNO: durante gli eventi di piena che possono generare situazioni di allagamento in Comune di Milano l'opera viene completamente abbassata. La paratoia è stata modellata mediante uno sfioratore frontale a larga soglia ("weir") munito di scarico di fondo ("culvert") di dimensioni ridotte in grado di garantire il passaggio delle portate iniziali verso valle ed evitare fenomeni di invaso dell'alveo durante la fase di inizializzazione della simulazione;
- soglia di sfioro fissa in c.a. posta in sponda destra del T. Seveso a monte della paratoia a settore. Tale opera è stata modellata tramite uno sfioratore laterale a larga soglia ("link") avente le caratteristiche geometriche dell'opera esistente (altezza, larghezza);
- paratoie di scarico contigue allo sfioratore laterale e poste a valle di esso. Tali opere sono state modellate tramite uno sfioratore laterale a larga soglia ("link") avente la larghezza uguale alla luce di passaggio delle opere esistenti e quota di sfioro variabile in funzione del tipo di regolazione da simulare.

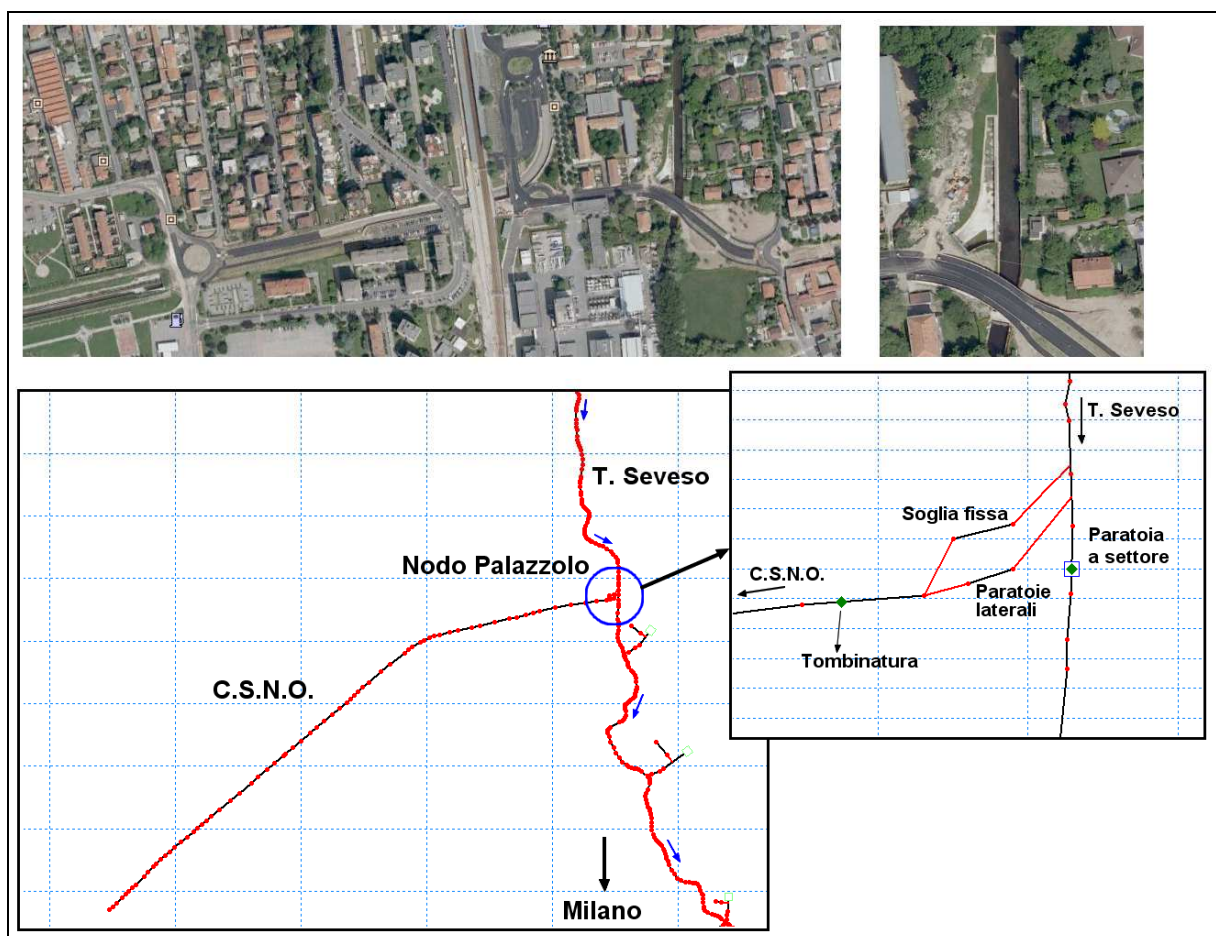


Figura 8 - Schema idraulico del nodo di Palazzolo – Seveso/CSNO



Figura 9 - Opera di presa C.S.N.O. vista da valle

2.5.4 Aspetti di dettaglio del modello idraulico

A fianco di una definizione di modello idraulico per tratti omogenei si sono studiate strutture e situazioni particolari dell'ambito in oggetto con riflesso diffuso sull'intera asta. Nel seguito sono descritte tali situazioni.

2.5.4.1 NAM-URBANO: schema idraulico di simulazione delle reti fognarie

Come già affermato in precedenza l'asta del torrente Seveso presenta una stretta connessione idrologico-idraulica tra rete naturale e sistema di drenaggio urbano.

Al fine di tenere in conto gli effetti di laminazione ed invaso dettati dai limiti delle reti di drenaggio urbano in ambiti pianeggianti, si è introdotta la struttura idraulica "NAM-URBANO" precedentemente esposta in dettaglio nel paragrafo 2.4.2.

La particolare struttura del corso d'acqua (racchiuso tra muri spondali) e del territorio (pianeggiante con numerose infrastrutture che ostacolano i deflussi superficiali) e l'assenza di reticolo di drenaggio naturale secondario, implicano di fatto il seguente regime idraulico delle zone urbane:

- nella prima fase dell'evento le reti fognarie apportano al corso d'acqua contributi non limitati;
- al crescere delle portate si assiste ad una progressiva crisi del sistema urbano con funzionamenti in pressione di tratti sempre più estesi di rete e formazione di allagamenti superficiali. In questa fase vengono saturate le capacità di invaso in rete e spesso i deflussi superficiali trovano recapito in zone più depresse. La portata scaricata dalle reti di drenaggio urbano nel corso d'acqua tende pertanto a stabilizzarsi pur al crescere degli afflussi;
- al decrescere dell'evento meteorico si assiste ad una persistenza del valore di portata al colmo scaricata e quindi allo svuotamento degli invasi di rete.

Tale schema idraulico di fatto si traduce in un funzionamento per cui:

- il valore di portata al colmo scaricata nel corso d'acqua è limitato dalla capacità della rete di drenaggio urbano;
- la rete, sulla base della sua estensione, garantisce un accumulo di volume che viene restituito in coda all'evento;
- i volumi esondati sul piano campagna vengono persi in quanto recapitati in zone ove non esiste drenaggio naturale o artificiale verso il corso d'acqua.

2.5.4.2 Delimitatori d'alveo

L'assegnazione del tipo di comportamento idraulico più adatto da attribuire ad uno specifico tronco fluviale viene effettuata marcando, nelle sezioni relative, i confini dell'alveo principale e delle aree golenali con appositi delimitatori predefiniti, denominati "marker".

Il modello di calcolo MIKE11 permette di utilizzare svariati tipi di delimitatori, aventi funzionalità differenti. Per la modellazione del torrente Seveso sono stati utilizzate 3 tipologie:

- marker 1 – delimita il confine sinistro della sezione fluviale;
- marker 2 – indica il punto più depresso della sezione fluviale "thalweg";
- marker 3 – delimita il confine destro della sezione fluviale;

I marker 1 e 3, determinano l'ampiezza massima della sezione di calcolo idraulico, la quale risulta confinata verticalmente entro tali delimitatori.

Il marker 2, permette al programma di calcolare la pendenza tra due sezioni consecutive.

2.5.4.3 Perdite di carico concentrate

I tratti studiati sono caratterizzati da numerosi manufatti (ponti e traverse) che interferiscono con il libero deflusso della corrente. I livelli di piena sono stati calcolati considerando l'effetto di ciascuna singolarità in termini di perdita di carico e rigurgito. Le

perdite di carico relative all'imbocco ed allo sbocco da un ponte, nonché le medesime perdite inerenti lo scavalco dell'impalcato, sono state fissate per ogni singolo manufatto nella fase di taratura, in funzione dei dati idrometrici registrati ed in funzione della tipologia del ponte (forma, orientamento, stato della sezione).

2.5.4.4 Condizioni al contorno

Come condizione al contorno di valle del T. Seveso, in corrispondenza dell'ingresso nel tratto tombinato di Milano, è stato inserito nel codice di calcolo un livello costante, pari al piano campagna in via Ornato (139 m s.m.). Questo perché la portata centennale in arrivo al tratto tombinato in Milano (circa $115 \text{ m}^3/\text{s}$ per $T=100$ anni) è superiore alla portata convogliabile dallo stesso, pari a circa $30 \text{ m}^3/\text{s}$ se si considera una situazione al limite dell'entrata in pressione della sezione d'imbocco, $40 \text{ m}^3/\text{s}$ se si considera una situazione in cui la sezione d'imbocco è abbondantemente in pressione ed il livello idrico è oltre il piano stradale. Si considera, pertanto, un allagamento diffuso della zona di Niguarda a Milano e quindi un livello idrico pari al piano campagna.

Per quanto riguarda, invece, il CSNO, come condizione al contorno di valle, da porsi in corrispondenza dell'intersezione tra il CSNO e il T. Pudiga (quest'ultimo sottopassa il CSNO), è stata inserita la scala delle portate ricavata dal modello idraulico del CSNO implementato nell'ambito dello studio AdbPo-2004, riportata nella Figura 10.

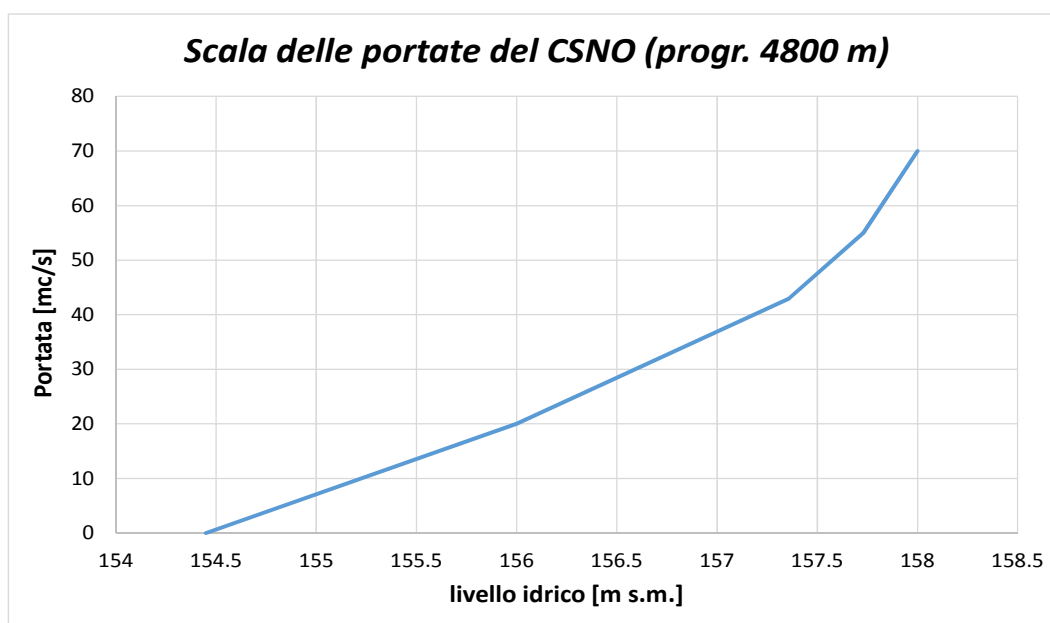


Figura 10 – Scala delle portate utilizzata come condizione al contorno di valle per il modello idraulico del CSNO

2.5.4.5 Scabrezze

Le scabrezze sono state valutate sia sulla base delle indicazioni fornite in letteratura, sia in relazione al processo di taratura del modello (v. capitolo 7), assegnando valori differenti per l'alveo principale e per le golene; in particolare i valori inseriti nel modello rientrano nei seguenti intervalli:

- alveo naturale: $15\div 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- alveo in ambito urbanizzato: $30\div 35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- aree golenali: $10\div 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

3 ASSETTO DI PROGETTO DEL T. SEVESO

3.1 Linee di intervento generali nell'ambito idrografico Lambro-Olona

Gli studi che si sono susseguiti nel tempo per la risoluzione dell'ambito milanese hanno sempre individuato soluzioni volte a ridurre pesantemente i deflussi alle porte della città (intesa ora come zona urbana milanese e non più solo come città di Milano). Ad esempio il Comitato Coordinatore delle Acque della Provincia di Milano nel 1937 aveva individuato i seguenti interventi:

- necessità di scaricare le piene del bacino dell'alto Olona (sezione di p.te Gurone) nel lago di Varese e di qui nel lago Maggiore attraverso una galleria di lunghezza 2.400 m da p.te Gurone alla valle del torrente Riposino per una portata di $60 \text{ m}^3/\text{s}$. Tale intervento, riproponendo la soluzione naturale esistente sul bacino del fiume Lambro con il lago di Pusiano o la soluzione del fiume Adige con lo scolmatore al lago di Garda, mirava a eliminare il contributo di tutto il bacino montano;
- necessità di deviazione delle piene dei torrenti delle Groane e del Seveso nel Lambro. Tale soluzione, allora fattibile per l'assenza di sviluppo urbanistico nella zona est milanese, oggi non è più praticabile;
- necessità di deviazione delle piene del Lambro sovralluviale e della Bevera di Molteno nel lago di Annone e di qui nel lago di Como (ramo di Lecco). L'intervento oggi risulta scomponibile nei due proposti di gestione del lago di Pusiano e laminazione con casse di espansione del torrente Bevera.

E' evidente come già nel 1937 fosse ben chiaro il problema dell'insufficienza dei tratti vallivi dei citati corsi d'acqua e come tale problema dovesse essere risolto mediante l'azzeramento dei deflussi da monte mediante laminazioni (lago di Pusiano, lago Maggiore, ecc.) ovvero mediante scolmatori. E' tuttavia da osservare come nel 1937 i due corsi d'acqua principali (Lambro ed Olona) non fossero ancora inglobati nella cintura urbana milanese e pertanto non soffrissero dei vincoli oggi esistenti, che tendono sempre più ad omogeneizzarli con i corsi d'acqua che storicamente convergevano nel centro di Milano (Seveso, Groane).

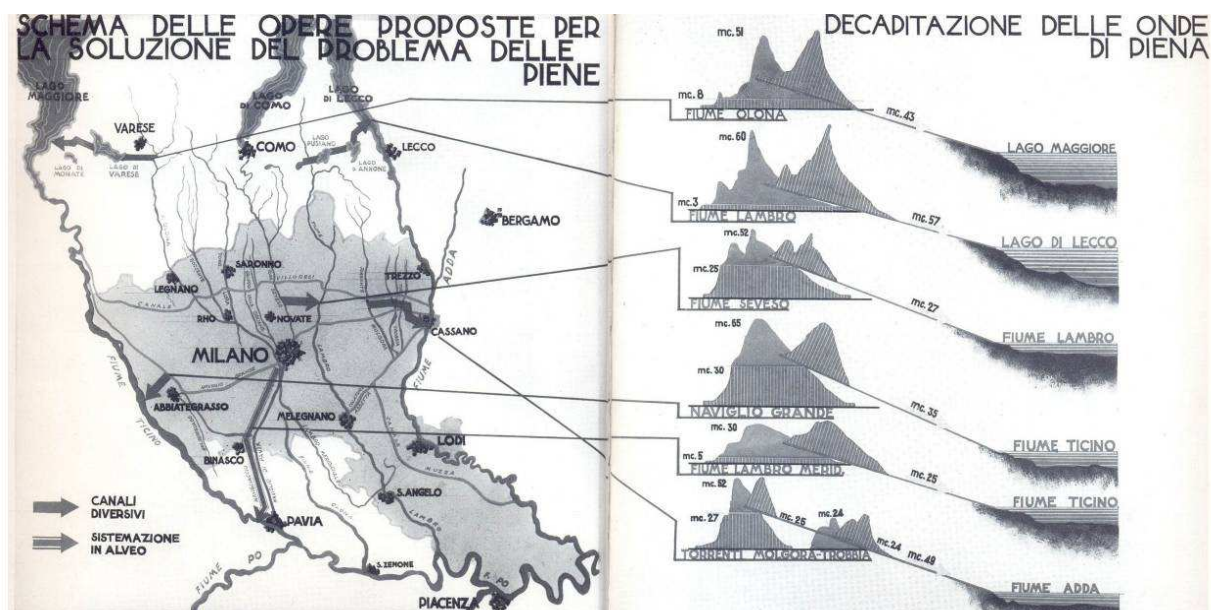


Figura 11 – Schema degli interventi previsti dal Comitato Coordinatore delle Acque della Provincia di Milano nel 1937

Successivamente gli interventi pensati ed in parte attuati sono stati volti alla deviazione delle portate mediante canali scolmatori ad ovest (CSNO esistente) e a est (CSNE).

In particolare, considerando l'ipotesi di diversivo verso est, era stato ipotizzato uno scolmatore in grado di convogliare le portate eccedenti del Seveso al fiume Lambro attraverso il cosiddetto Canale Scolmatore di Nord-Est. Tale progetto prevedeva diverse soluzioni di tracciato, a seconda della localizzazione dell'opera di presa sul torrente Seveso, tra Paderno Dugnano e via Ornato a Milano.

Tale intervento ora non è più proponibile, sia per la mancanza di spazio, sia per l'impossibilità del fiume Lambro di ricevere tali portate aggiuntive.

Lo studio condotto dall'Autorità di bacino del fiume Po nel 2004 (*AdbPo-2004*) si concludeva con la proposta, riportata in Figura 12, di importanti opere di laminazione dei corsi d'acqua (lungo le diverse aste del reticolo sono previste 33 aree di laminazione per una capacità di invaso complessiva di 17'000'000 m³, oltre a tutti gli interventi di laminazione urbana atti a rispettare la normativa regionale, 20 l/s/ha_{imp} per le aree di nuova urbanizzazione od a 40 l/s/ha_{imp}, per le aree già urbanizzate), canali scolmatori, diversivi o by-pass importanti, etc., atti a ridurre significativamente la portata di progetto (commisurata al tempo di ritorno di 200 anni per il Lambro e di 100 anni per tutti gli altri corsi d'acqua).

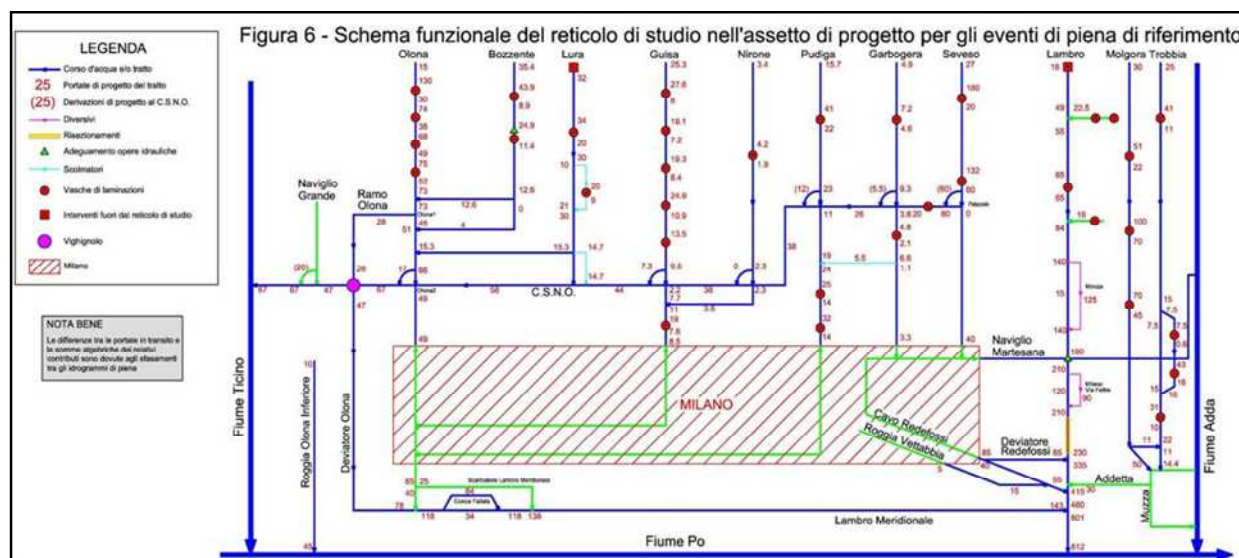


Figura 12 - Schema idraulico assetto di progetto bacino Lambro-Olona (Fonte: AdbPo, 2004)

Il vincolo dell'attraversamento della zona urbana di Milano ha imposto, ed impone oggi, lo sviluppo di pianificazioni che prevedono l'abbattimento ed in alcuni casi l'annullamento delle portate.

La consapevolezza nello sviluppo della progettazione è che tutto l'assetto del corso d'acqua è comunque vincolato, sin dalle zone più lontane del bacino, alla conformazione ad imbuto del tratto terminale. La progettazione è influenzata sin dal principio dalla necessità vitale di ridurre le portate.

Pertanto, spesso la soluzione di formazione di arginature è superata dalla necessità di laminazioni sovradimensionate per il servizio locale ma mirate all'obiettivo finale.

Per quanto detto pertanto l'assetto fluviale definitivo risulta spesso influenzato da esigenze poste assai a valle rispetto al punto di intervento. Tale situazione tuttavia

risulta avere anche riflessi positivi distribuiti lungo l'intera asta, in quanto la riduzione delle portate, a volte, implica l'adeguamento delle strutture interferenti incompatibili.

3.2 Linee di intervento specifiche per il T. Seveso

Le linee di intervento lungo l'asta del T. Seveso 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 e la Città di Milano.

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 140 m³/s (dallo studio *AdbPo-2004*), mentre la portata compatibile con il tratto tombinato è pari a circa 30÷40 m³/s.

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, con riferimento alla tombinatura del Seveso in Milano si ha che:

- la tombinatura è stata progettata e realizzata a partire dalla fine del '800 con condizioni idrologiche e idrauliche di progetto legate alle previsioni di inizio '900;
- è impossibile adeguare e potenziare la capacità idraulica del sistema Seveso – Redefossi;
- la portata massima transitante nel sistema Seveso – Redefossi è pari a 40 m³/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 la 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, da limitare attraverso la realizzazione 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 m³/s (da studio *AIPo-2011*), mentre la capacità idraulica del primo tratto del CSNO è pari a 60 m³/s (dalla presa fino a monte dell'intersezione con il T. Garbogera, in funzione degli interventi di raddoppio realizzati), occorre ridurre con laminazioni la portata di piena del Seveso a monte di tale opera di presa.

Inoltre, considerato che il progetto relativo ai “*Lavori di adeguamento funzionale del Canale Scolmatore di Nord Ovest nel tratto compreso tra Senago (MI) e Settimo Milanese (MI) – MI.E.781*” di AIPo e della Provincia di Milano (attualmente in fase di realizzazione), ha come obiettivo quello di garantire nel CSNO nella sezione immediatamente a monte dell'immissione dello sfioro del T. Garbogera, una portata massima di $25 \text{ m}^3/\text{s}$, occorre prevedere che anche lungo il primo tratto del CSNO siano realizzate 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 compreso nel tratto tra Lentate sul Seveso e la presa del CSNO a Palazzolo in Comune di Paderno Dugnano, 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 impostare 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 nell'ambito dello studio *AIPo-2011* 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 $6,7 \text{ Mm}^3$ (Figura 13) e considerando di poter lasciar proseguire verso valle una portata massima di $25 \text{ m}^3/\text{s}$ (0 lungo il T. Seveso a valle della presa del CSNO e $25 \text{ m}^3/\text{s}$ nel CSNO a monte dell'immissione dello sfioro del T. Garbogera), il volume di laminazione necessario è pari a circa $4,4 \text{ Mm}^3$.

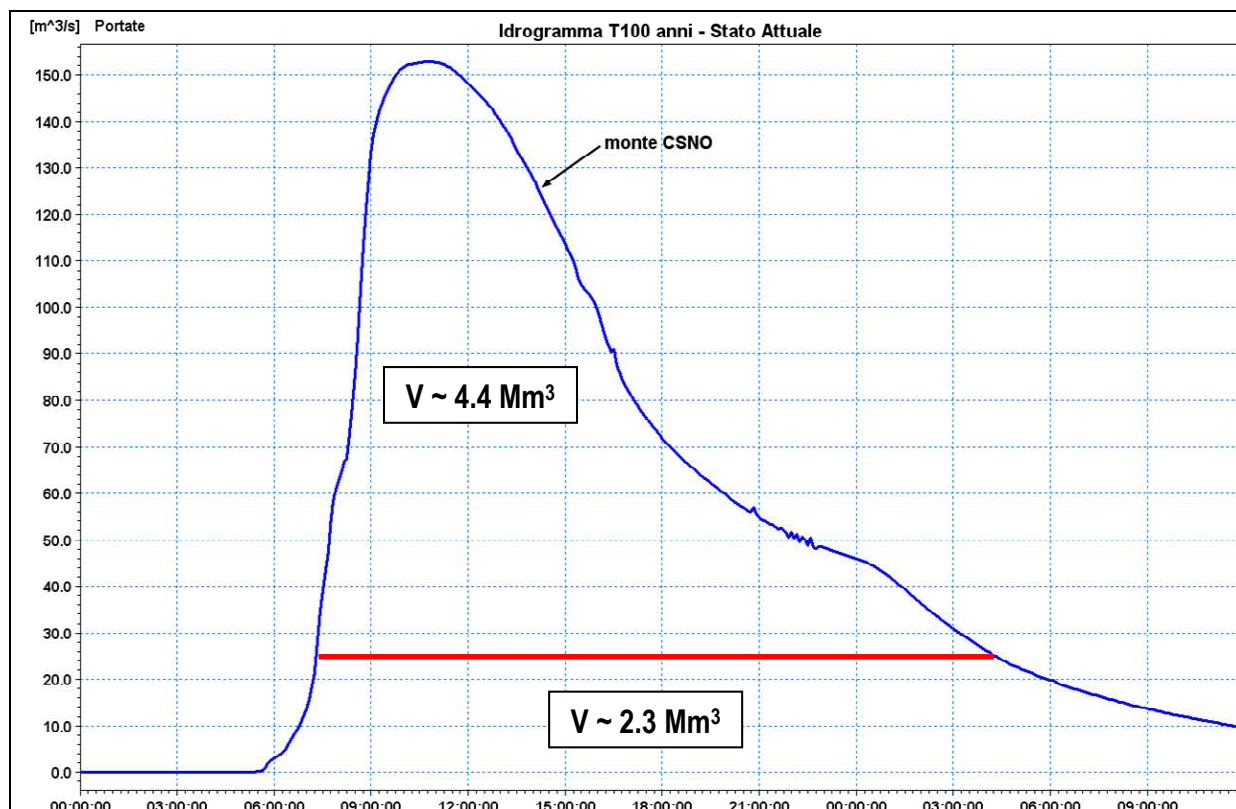


Figura 13 - Idrogramma di piena del T. Seveso a monte della presa del CSNO. La linea rossa rappresenta il limite della portata che può proseguire nel C.S.N.O. a valle di Senago (intersezione con il T. Garbogera) (Fonte: AIPO, 2011)

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 la maggior parte dei desiderati volumi di laminazione mediante scavi piuttosto profondi in aree da attrezzare e restituire alla fruizione pubblica come aree verdi (v. paragrafo successivo). 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.

Per il tratto del T. Seveso a valle della presa del CSNO, siccome il solo contributo del bacino urbano è in grado di produrre onde di piena caratterizzate da valori di portata al colmo che superano la massima capacità dell'alveo del Seveso nel tratto milanese, l'assetto di progetto previsto nell'ambito dello studio *AdbPo-2004* prevedeva la necessità di intervenire sulle reti di drenaggio urbano riducendo, attraverso sistemi di laminazione posti a monte degli scaricatori in oggetto, il valore della portata entrante in Milano caratterizzata da un tempo di ritorno di 100 anni a $40 \text{ m}^3/\text{s}$.

Essendo tale ipotesi di difficile realizzazione, il Comune di Milano ha proposto la realizzazione di una vasca di laminazione del corso d'acqua in fregio allo stesso, in grado di ridurre la portata scaricata dalle reti di drenaggio urbano a valori compatibili con la capacità idraulica della tombinatura del sistema Seveso – Redefossi.

3.3 Interventi di laminazione previsti nell'ambito dello studio AIPo-2011

Sulla base delle analisi idrologiche e idrauliche relative allo stato di fatto condotte, nello studio *AIPo-2011* sono state effettuate indagini volte ad individuare le migliori soluzioni progettuali idonee alla sistemazione idraulica del corso d'acqua, supportando le scelte con analisi di fattibilità tecnica, economica ed ambientale delle opere.

A seguito di una vasta analisi dello stato del corso d'acqua e della situazione urbanistica del territorio ad esso limitrofo, lo studio *AIPo-2011* è giunto a porre alla base dell'assetto di progetto del T. Seveso le seguenti possibili aree di laminazione indicate nelle planimetrie della Figura 14 e della Figura 15:

- a) aree esondabili di laminazione "golenale" a Vertemate con Minoprio, Cantù e Carimate (volume di laminazione complessivo pari a circa 220'000 m³);
- b) opere di laminazione in scavo lungo il T. Seveso a Lentate sul Seveso (850'000 m³ di invaso), Varedo (1'500'000 m³), Paderno Dugnano (950'000 m³);
- c) opere di laminazione in scavo lungo il CSNO a Senago (1'000'000 m³).

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 Mm³.

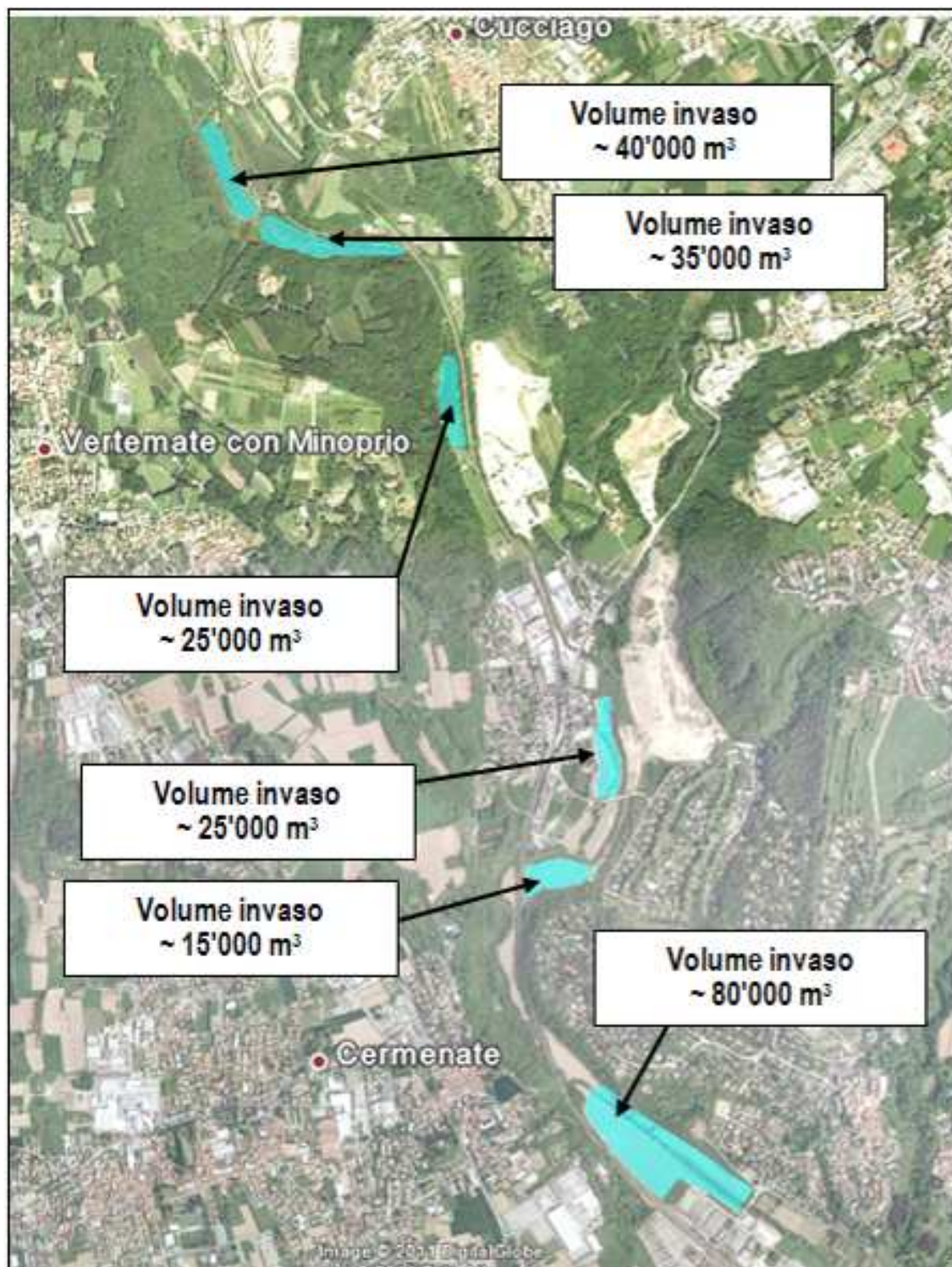


Figura 14 - Invasi di laminazione in aree golenali nei comuni di Vertemate con Minoprio, Cantù e Carimate (come da studio AIPo-2011)



Figura 15 - Invasi di laminazione in scavo da Lentate sul Seveso al CSNO (come da studio AIPo-2011)

3.4 Aggiornamento dell'assetto di progetto del T. Seveso (2016)

L'assetto di progetto previsto nello studio *AIPo-2011* è stato aggiornato ed integrato attraverso ulteriori fasi di studio e soprattutto attraverso i progetti fino ad ora redatti e già riportati nel paragrafo 2.1.

L'assetto di progetto del T. Seveso risulta attualmente costituito dalle seguenti opere:

- i comuni di Cavallasca, Grandate, Luisago, Montano Lucino, S. Fermo della Battaglia e Villa Guardia hanno presentato, nell'ambito del bando regionale per la concessione di contributi pubblicato sul BURL S.O. n. 43 del 22-10-2014, una proposta progettuale che prevede, tra l'altro, la realizzazione di n. 3 aree di laminazione golenale per una volumetria complessiva di circa **150'000 m³**;
- AIPo ha redatto nel mese di aprile 2015 il "*Progetto preliminare di adeguamento delle aree golenali nei comuni di Vertemate con Minoprio, Carimate e Cantù*" (Figura 16). Tali interventi, già previsti nello studio *AIPo-2011*, sono stati progettati tenendo conto degli effetti di laminazione conseguenti agli interventi previsti più a monte e cercando di aumentare il volume di laminazione disponibile nelle diverse aree golenali, rispetto a quanto previsto nel suddetto studio. In particolare, il progetto preliminare ha portato a definire le seguenti opere di laminazione:
 - Comune di Vertemate con Minoprio:
 - Area di laminazione 1: volume pari a 66'500 m³;
 - Area di laminazione 2: volume pari a 71'500 m³;
 - Area di laminazione 3: volume pari a 71'800 m³;
 - Comune di Cantù:

- Area di laminazione 4: volume pari a 52'500 m³;
- Comune di Carimate:
 - Area di laminazione 5: volume pari a 57'500 m³;
 - Area di laminazione 6: volume pari a 202'300 m³.

Il volume di invaso complessivo delle sei aree golenali è pari a circa **522'100 m³**, superiore di oltre 300'000 m³ rispetto a quanto previsto nello studio *AIPo-2011*. Tale risultato è stato conseguito attraverso l'abbassamento del piano campagna, mediante interventi di scavo e rimodellamento.

- AIPo, nel mese di gennaio 2016, ha presentato il "*Progetto definitivo dell'area di laminazione del T. Seveso in Comune di Lentate sul Seveso*" (Figura 17). Tale intervento, anch'esso già previsto nello studio *AIPo-2011*, è stato progettato tenendo conto degli effetti di laminazione conseguenti agli interventi previsti più a monte. In particolare, il progetto ha portato a definire le seguenti opere di laminazione:
 - Area di laminazione golenale: volume pari a 20'000 m³;
 - Area di laminazione in scavo: volume pari a 808'000 m³.

Il volume di invaso previsto complessivamente in Comune di Lentate sul Seveso è pari a circa **828'000 m³**, inferiore di circa 22'000 m³ rispetto a quanto previsto nello studio *AIPo-2011*.

- Nel mese di novembre 2015, AIPo ha presentato il "*Progetto preliminare dell'area di laminazione del T. Seveso in Comune di Varedo, Paderno Dugnano e Limbiate*" (Figura 18). Tale area di laminazione sostituisce le due vasche di laminazione previste nello studio *AIPo-2011* nei comuni di Varedo e di Paderno Dugnano. L'area di laminazione è caratterizzata da una volumetria pari a circa **2'200'000 m³**, inferiore di circa 250'000 m³ rispetto alla somma dei volumi delle aree di laminazione previste nei due suddetti comuni nello studio *AIPo-2011*.
- E' in fase di realizzazione la "*Vasca di laminazione del fiume Seveso in Comune di Senago (MI)*" (Figura 19), sulla base del progetto definitivo di AIPo (ultimo aggiornamento redatto in data agosto 2015). Tale area di laminazione, posta lungo il CSNO, è caratterizzata da una volumetria pari a **810'000 m³**, inferiore di circa 160'000 m³ rispetto a quanto previsto nello studio *AIPo-2011*, in relazione alle prescrizioni del decreto VIA che richiedeva di alzare il fondo dell'invaso di 3 m.

In relazione a quanto sopra, si ha che il volume di laminazione complessivamente previsto nello studio *AIPo-2011*, pari a **4.5 Mm³**, è tutt'oggi confermato dalle modifiche ed integrazioni progettuali intercorse.

Infine, lungo il T. Seveso a valle dell'opera di presa del CSNO, il Comune di Milano ha presentato, nel mese di novembre del 2015, il progetto definitivo di una vasca di laminazione situata nel Parco Nord, nei pressi del cimitero di Brusuglio, caratterizzata da una volumetria di **250'000 m³** (Figura 20).

In sintesi, l'assetto di progetto complessivo del T. Seveso è costituito dalle seguenti opere di laminazione (Figura 21):

- Aree di laminazione nella porzione più settentrionale del bacino del Seveso: 150'000 m³;
- Aree di laminazione nei comuni di Vertemate con Minoprio, Carimate e Cantù: 522'000 m³;
- Aree di laminazione in Comune di Lentate sul Seveso: 828'000 m³;
- Area di laminazione nei comuni di Varedo, Paderno D. e Limbiate: 2'200'000 m³;
- Area di laminazione in Comune di Senago: 810'000 m³;
- Area di laminazione in Comune di Milano: 250'000 m³.



Figura 16 - Invasi di laminazione in aree golenali nei comuni di Vertemate con Minoprio, Cantù e Carimate, secondo quanto previsto nel progetto preliminare (aprile 2015)

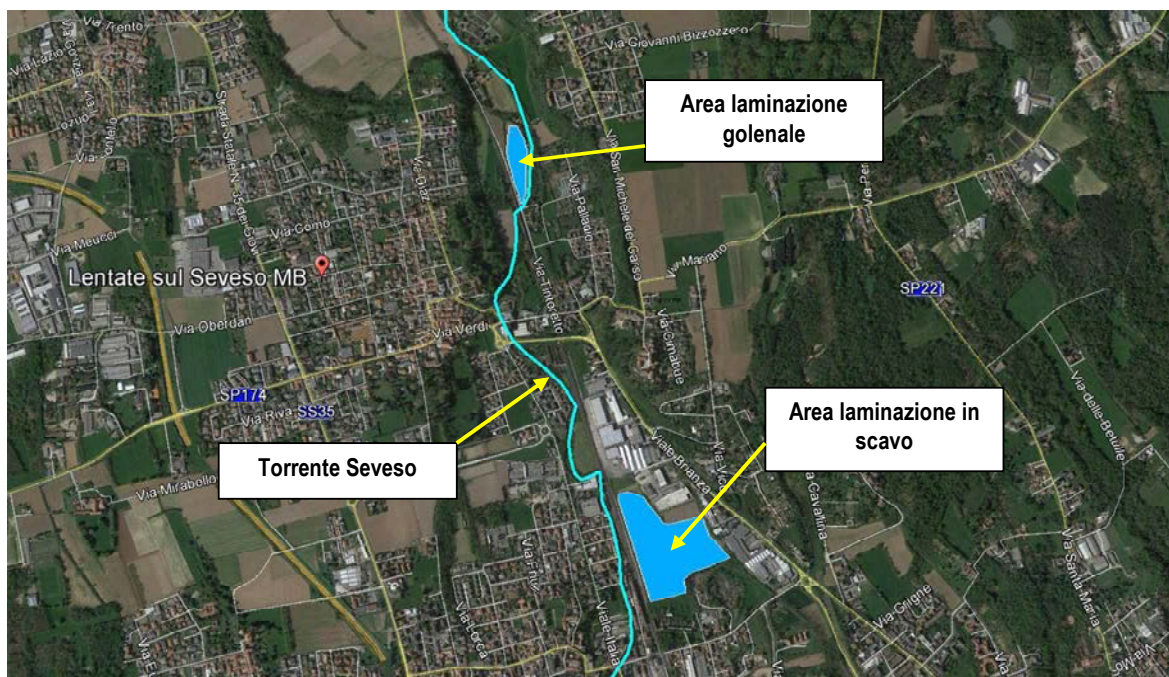


Figura 17 - inquadramento territoriale degli interventi di laminazione in progetto in Comune di Lentate sul Seveso

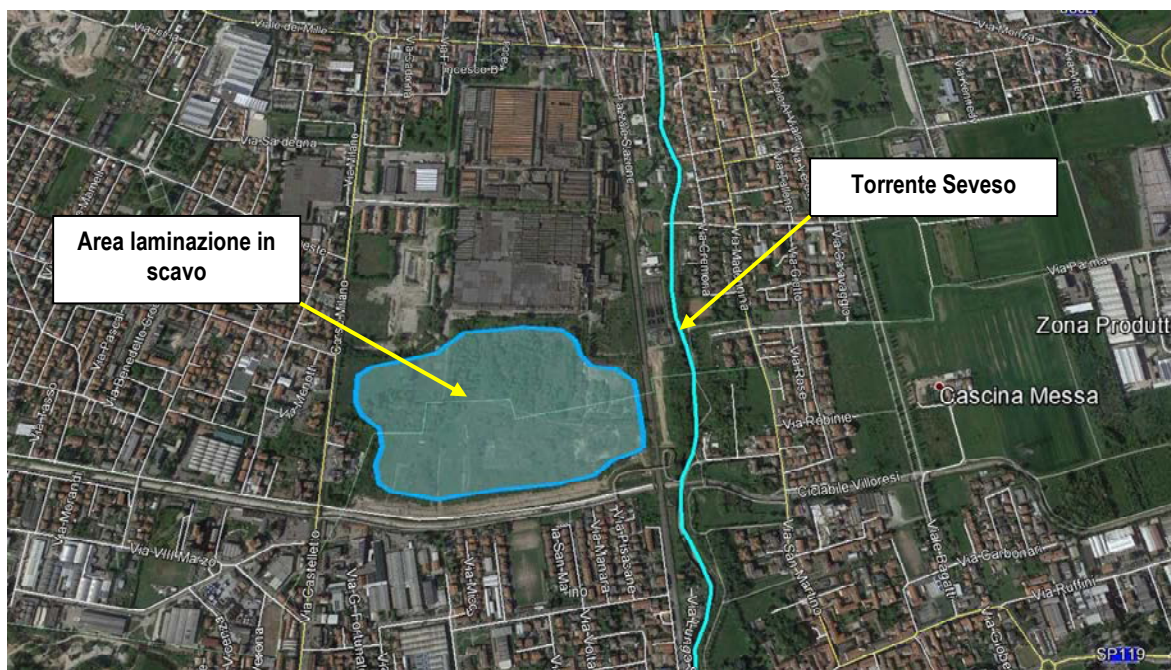


Figura 18 - inquadramento territoriale dell'area di laminazione in progetto nei comuni di Varedo, Paderno D. e Limbiate



Figura 19 – planimetria di progetto dell'invaso di laminazione in Comune di Senago



Figura 20 – inquadramento territoriale dell'area di laminazione in progetto in Comune di Milano

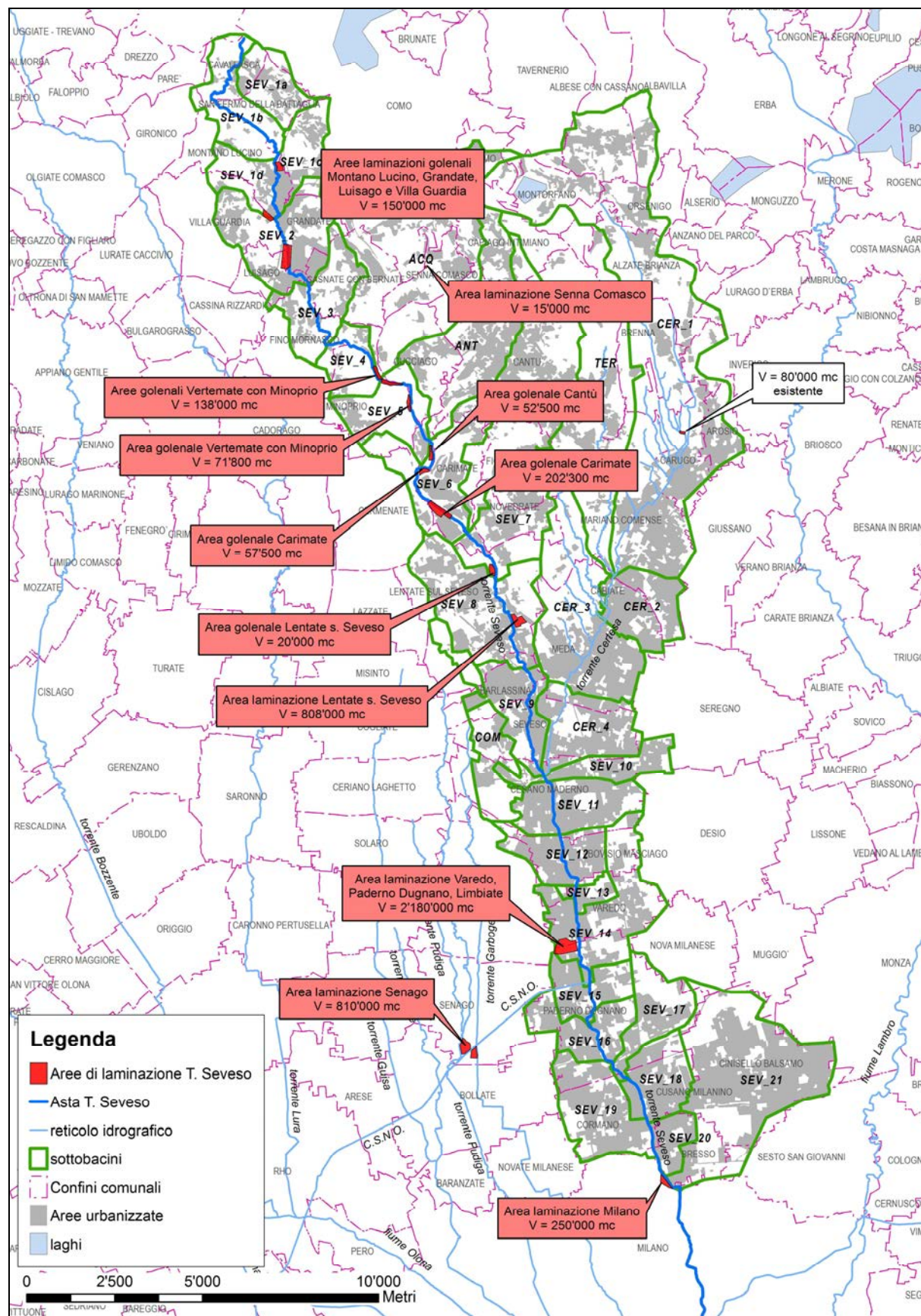


Figura 21 - Assetto di progetto del T. Seveso. Opere di laminazione

4 ATTIVITA' 1 - PRESA IN CARICO DEL MODELLO IDROLOGICO-IDRAULICO DEL T. SEVESO AGGIORNATO AL 2011

In primo luogo, in aggiornamento dello Studio di fattibilità dell'AdbPo del 2004, è stato preso in carico il modello idrologico-idraulico del T. Seveso aggiornato dalla Società ETATEC - Studio Paoletti in seguito agli studi redatti successivamente allo "*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro - Olona*".

In particolare, il modello idrologico-idraulico del T. Seveso acquisito è relativo all'aggiornamento effettuato dagli scriventi in occasione dell'incarico svolto per conto dell'AlPo: "*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)*" (2011).

5 ATTIVITA' 2A - AGGIORNAMENTO DEL MODELLO DA PALAZZOLO A MILANO (MODELLO-SEVESO-2011)

Nell'ambito dello "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)" (2011) le analisi erano state svolte fino a Palazzolo.

Nella presente attività è stato aggiornato il modello dello Studio di Fattibilità del 2002 nel tratto da Palazzolo fino alla tombinatura di Milano, secondo le medesime procedure utilizzate nel 2011, cioè: aggiornamento della pluviometria al 2010, superfici urbanizzate secondo il DUSAF aggiornato al 2007-2008 e primo aggiornamento della taratura in seguito all'evento di piena di settembre 2010.

Di seguito si riportano i dati di pluviometria e di superficie urbanizzata relativi ai sottobacini a valle di Palazzolo.

In particolare, in Tabella 1 si riporta il confronto tra i parametri delle curve di possibilità pluviometrica considerate nello studio di fattibilità del 2002 e quelle ricavate da ARPA Lombardia (aggiornamento 2010).

Calcolando il valore dell'altezza di precipitazione relativa ad una durata di 24 ore per ogni sottobacino e determinando poi il volume lordo di precipitazione, si può osservare come i valori siano molto simili tra loro: risulta maggiore il volume di precipitazione determinato con i parametri dello studio del 2002, anche se la differenza è pari a circa il 5%.

Tabella 1 - Confronto fra le curve di possibilità pluviometrica studio AdBPo e ARPA Lombardia

sottobac.	cpp - arpa		cpp - SdF		Diff. % (Sdf - Arpa)/Sdf		h100 (T=24 ORE)		Diff. %	V100 (T=24 ORE)	
	n	a(T=100)	n	a(T=100)	n	a(T=100)	ARPA	ADBPO	h	ARPA	ADBPO
SEV_15	0.30	70	0.26	85	-14%	17%	180	194	7%	530'470	570'980
SEV_16	0.31	70	0.25	85	-23%	18%	185	188	2%	681'368	694'222
SEV_17	0.30	70	0.25	85	-20%	18%	181	188	4%	663'128	690'459
SEV_18	0.30	69	0.24	90	-26%	23%	181	193	6%	671'641	717'854
SEV_19	0.30	69	0.25	90	-20%	23%	179	199	10%	1'008'209	1'123'503
SEV_20	0.30	69	0.24	90	-25%	24%	177	193	8%	285'684	310'684
SEV_21	0.30	69	0.24	85	-24%	19%	177	182	3%	2'649'195	2'722'828
										6'489'695	6'830'531

Di seguito, nella Tabella 2 si riporta per ogni sottobacino posto a valle della presa del C.S.N.O. (da SEV-15 fino a SEV-21 compresi) i valori delle superfici totali, l'estensione delle aree urbanizzate (studio AdBPo e Dusaf 2007-2009), nonché la variazione (espresso in percentuale) verificatasi nel periodo considerato (tra il 1994 e il 2007).

Complessivamente la superficie urbanizzata è passata da circa 21.4 km² a circa 24.6 km², pertanto si è verificato un incremento complessivo del 3%.

Tabella 2 - Superfici urbanizzate per ogni sottobacino. Confronto fra studio AdBPo e Dusaf (2007-2009)

n	SOTTOBACINO	S_KMQ	URB-CT10	URB-DUSAF2.1	Variazione
1	SEV_15	2.94	2.09	2.09	0%
2	SEV_16	3.69	2.72	2.54	-7%
3	SEV_17	3.67	1.32	1.88	44%
4	SEV_18	3.72	2.91	2.90	0%
5	SEV_19	5.64	3.02	3.80	27%
6	SEV_20	1.61	1.47	1.37	-7%
7	SEV_21	14.94	7.88	10.04	29%
		36.21	21.40	24.61	3%

I valori sopra riportati sono stati inseriti nel modello idrologico-idraulico del T. Seveso. A titolo di esempio, di seguito si riporta l'idrogramma di piena del T. Seveso a monte dell'ingresso del tratto tombinato in Milano, ottenuto con il modello così aggiornato. Per maggiori dettagli si rimanda ai file dei risultati dei diversi modelli.

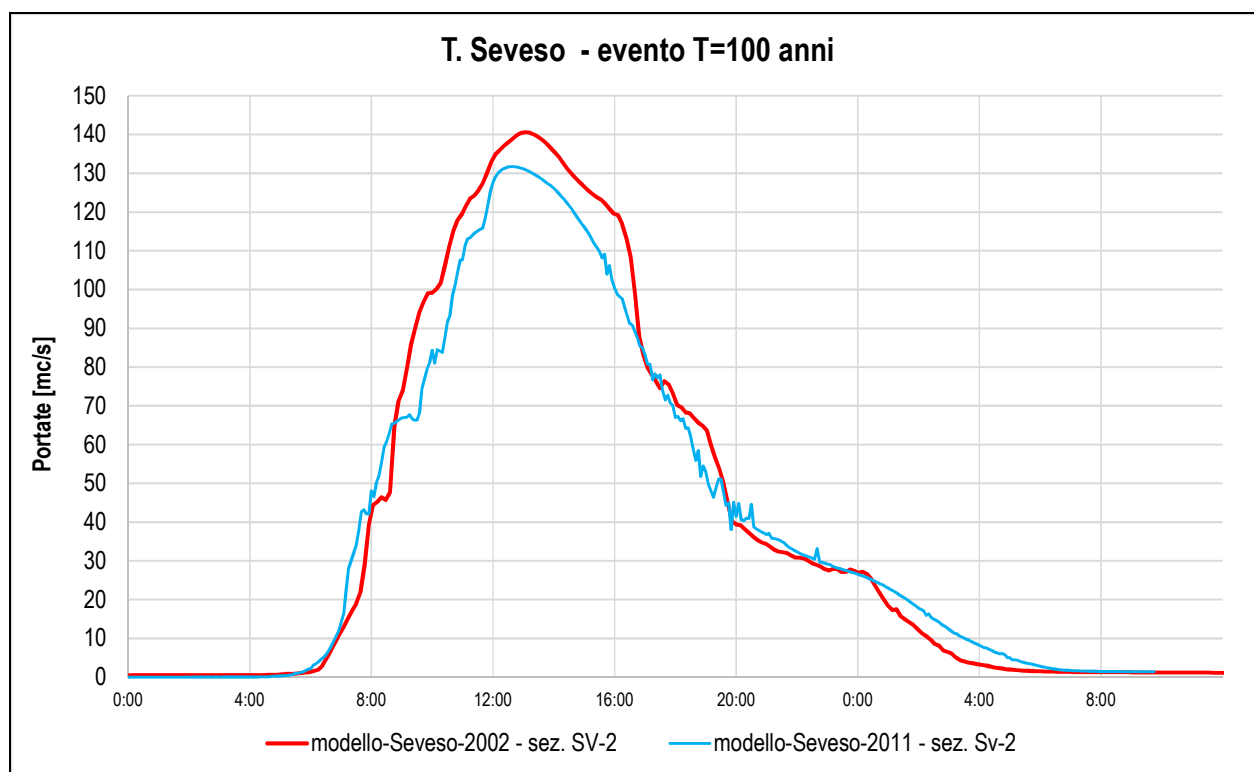


Figura 22 – Sovrapposizione idrogrammi di piena modello-Seveso-2002 e modello-Seveso-2011

6 ATTIVITA' 2B - AGGIORNAMENTO DEL MODELLO IDROLOGICO-IDRAULICO DEL T. SEVESO IN RELAZIONE ALLE NUOVE SUPERFICI URBANIZZATE (MODELLO-SEVESO-DUSAF2012)

Nell'ambito delle attività svolte dall'Agenzia Interregionale per il fiume Po nel corso del 2011 (*"Studio idraulico del torrente Seveso nel tratto che va dalle sorgenti alla presa del C.S.N.O. in località Palazzolo in Comune di Paderno Dugnano (MI) e studio di fattibilità della vasca di laminazione del C.S.N.O. a Senago (MI)"*), erano stati aggiornati i valori delle superfici urbanizzate all'interno dei singoli sottobacini del T. Seveso, rispetto allo studio di fattibilità dell'Autorità di bacino del fiume Po del 2004. Tale aggiornamento era stato effettuato utilizzando come fonte di dati il DUSAF (Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e Forestali) redatto dalla Regione Lombardia e aggiornato al 2007-2009.

Nell'ambito del presente lavoro, si è proceduto ad effettuare un ulteriore aggiornamento delle superfici urbanizzate utilizzando il DUSAF aggiornato al 2012.

La legenda utilizzata nella produzione della cartografia DUSAF è molto estesa e particolareggiata. Per la definizione delle aree urbanizzate ai fini della modellazione idrologica, sono state considerate e accorpate le aree così definite, secondo la legenda del DUSAF:

- tessuto residenziale denso;
- tessuto residenziale continuo mediamente denso;
- tessuto residenziale discontinuo;
- tessuto residenziale rado e nucleiforme;
- tessuto residenziale sparso;
- insediamenti industriali, artigianali, commerciali;
- insediamenti ospedalieri;
- impianti di servizi pubblici e privati;
- impianti tecnologici;
- reti stradali e spazi accessori;
- reti ferroviarie e spazi accessori;
- aeroporti ed eliporti;
- cantieri;
- cimiteri.

Di seguito, per ogni sottobacino, si riportano i valori delle superfici totali, l'estensione delle aree extra-urbane ed urbanizzate secondo lo studio 2011 (DUSAF 2007-2009), l'estensione delle aree extra-urbane ed urbanizzate valutate nell'ambito dello studio attuale (DUSAF 2012), nonché la variazione percentuale delle aree urbanizzate tra i due periodi.

Tabella 3 – sottobacini T. Seveso. Aggiornamento aree extra-urbane ed urbanizzate

	Area totale	2007		2012		Variazione
		extra-urbano	urbanizzato	extra-urbano	urbanizzato	
SEV 1a	3.0	1.8	1.1	1.8	1.2	5%
SEV 1b	4.7	4.2	0.5	3.9	0.8	59%
SEV 1c	3.0	1.6	1.4	1.6	1.4	-2%
SEV 1d	2.5	1.8	0.7	1.5	1.0	39%
SEV 2	6.9	3.3	3.6	2.9	4.0	11%
SEV 3	4.7	3.0	1.7	2.8	1.9	12%
ACQ	15.8	12.0	3.8	11.3	4.5	20%

	Area totale	2007		2012		Variazione
		extra-urbano	urbanizzato	extra-urbano	urbanizzato	
SEV 4	2.7	2.2	0.5	2.1	0.6	13%
ANT	7.4	2.7	4.7	2.5	4.9	4%
SEV 5	4.3	3.3	1.0	3.1	1.1	12%
SEV 6	6.3	3.9	2.4	3.8	2.6	7%
SER	8.7	3.6	5.1	3.5	5.3	3%
SEV 7	11.4	9.1	2.2	8.9	2.5	10%
SEV 8	8.8	4.6	4.2	4.6	4.2	2%
SEV 9	4.0	1.0	3.0	0.9	3.1	4%
CER 1	35.5	23.8	11.7	22.1	13.4	14%
TER	16.2	13.7	2.5	13.2	3.0	18%
CER 2	4.2	0.8	3.4	0.8	3.4	1%
CER 3	11.3	6.7	4.6	6.5	4.9	6%
CER 4	5.1	1.6	3.5	1.6	3.5	0%
SEV 10	2.9	0.8	2.1	0.9	2.0	-4%
COM	4.3	3.3	1.1	3.0	1.4	28%
SEV 11	4.7	1.1	3.6	1.0	3.8	4%
SEV 12	3.8	0.9	2.9	0.9	2.9	0%
SEV 13	1.0	0.4	0.6	0.3	0.6	15%
SEV 14	7.4	3.5	4.0	3.4	4.0	1%
SEV 15	2.9	0.9	2.1	0.8	2.1	1%
SEV 16	3.7	1.1	2.5	1.1	2.6	2%
SEV 17	3.7	1.8	1.9	1.9	1.8	-3%
SEV 18	3.7	0.8	2.9	1.1	2.7	-8%
SEV 19	5.6	1.8	3.8	1.8	3.9	2%
SEV 20	1.6	0.2	1.4	0.3	1.3	-2%
SEV 21	14.9	4.9	10.0	5.6	9.3	-7%
TOTAL E	226.8	126.2	100.5	121.1	105.7	5%

Complessivamente la superficie urbanizzata è ora pari a circa 106 km², che rappresenta circa il 47% della superficie totale del bacino del Seveso.

Analizzando i dati dei singoli sottobacini si osservano variazioni percentuali comprese tra -8% e +59%. Le variazioni negative delle superfici urbanizzate (sup. urbanizzata 2012 < sup. urbanizzata 2007) non derivano da un'effettiva riduzione delle aree urbanizzate, ma piuttosto da una migliore definizione delle stesse che è stata resa possibile dall'utilizzo delle informazioni contenute nell'aggiornamento del DUSAF rispetto a quanto disponibile in precedenza.

Nella Figura 23 sono riportati i sottobacini del T. Seveso con indicate le aree urbanizzate definite nello studio attuale.

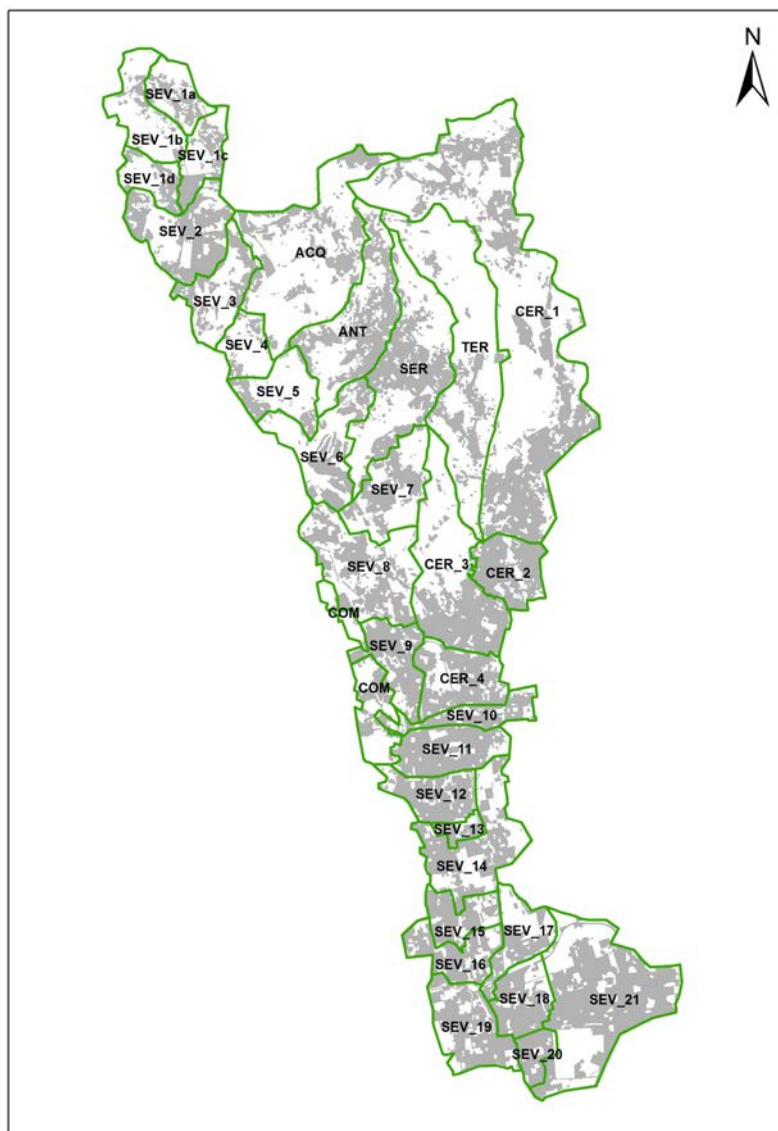


Figura 23 - Aree urbanizzate aggiornate con il Dusaf 2012

Nella successiva tabella, 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 per la sola componente urbana, attraverso la rete di drenaggio urbano e non contribuisce per la componente extraurbana, a causa dell'assenza di reticolo superficiale di recapito in alveo e di ridotte pendenze del piano campagna.

Tabella 4 – Sottobacini del modello idrologico del T. Seveso e loro caratteristiche principali

Nome sottobacino	Superficie totale [km²]	Superficie extraurb. [km²]	Superficie urbanizzata [km²]	Note
SEV 1a	3.0	1.8	1.2	Cavallasca, San Fermo della Battaglia
SEV 1b	4.7	3.9	0.8	San Fermo della Battaglia, Montano Lucino

Nome sottobacino	Superficie totale [km²]	Superficie extraurb. [km²]	Superficie urbanizzata [km²]	Note
SEV 1c	3.0	1.6	1.4	Como, Montano Lucino
SEV 1d	2.5	1.5	1.0	Montano Lucino, Villa Guardia
SEV 2	6.9	2.9	4.0	Villa Guardia, Grandate Luisago, Casnate con Bernate
SEV 3	4.7	2.8	1.9	Casnate con Bernate Fino Mornasco
ACQ	15.8	11.3	4.5	Affluente Rio Acquanegra
SEV 4	2.7	2.1	0.6	Fino Mornasco Vertemate con Minoprio
ANT	7.4	2.5	4.9	Affluente Valle Antonio
SEV 5	4.3	3.1	1.1	Vertemate con Minoprio
SEV 6	6.3	3.8	2.6	Carimate
SER	8.7	3.5	5.3	Affluente Rio Serenza
SEV 7	11.4	8.9	2.5	Carimate, Novedrate, Figino Serenza
SEV 8	8.8	4.6	4.2	Lentate sul Seveso
SEV 9	4.0	0.9	3.1	Barlassina, Seveso <i>Solo contributo urbano</i>
CER 1	35.5	22.1	13.4	Affluente Certesa Mariano Comense
TER	16.2	13.2	3.0	Terrò
CER 2	4.2	0.8	3.4	Affluente Certesa Mariano Comense, Cabiato <i>Solo contributo urbano</i>
CER 3	11.3	6.5	4.9	Affluente Certesa Meda
CER 4	5.1	1.6	3.5	Affluente Certesa Meda, Seveso <i>Solo contributo urbano</i>
SEV 10	2.9	0.9	2.0	Cesano Maderno <i>Solo contributo urbano</i>
COM	4.3	3.0	1.4	Affluente Comasinella
SEV 11	4.7	1.0	3.8	Cesano Maderno <i>Solo contributo urbano</i>
SEV 12	3.8	0.9	2.9	Bovisio Masciago <i>Solo contributo urbano</i>
SEV 13	1.0	0.3	0.6	Varedo <i>Solo contributo urbano</i>
SEV 14	7.4	3.4	4.0	Varedo, Paderno Dugnano <i>Solo contributo urbano</i>
SEV 15	2.9	0.8	2.1	Paderno Dugnano <i>Solo contributo urbano</i>
SEV 16	3.7	1.1	2.6	Paderno Dugnano <i>Solo contributo urbano</i>
SEV 17	3.7	1.9	1.8	Paderno Dugnano <i>Solo contributo urbano</i>
SEV 18	3.7	1.1	2.7	Cusano Milanino <i>Solo contributo urbano</i>
SEV 19	5.6	1.8	3.9	Cormano

Nome sottobacino	Superficie totale [km ²]	Superficie extraurb. [km ²]	Superficie urbanizzata [km ²]	Note
				<i>Solo contributo urbano</i>
SEV 20	1.6	0.3	1.3	Bresso <i>Solo contributo urbano</i>
SEV 21	14.9	5.6	9.3	Bresso, Cinisello B. <i>Solo contributo urbano</i>
Totale	226.8	121.1	105.7	

I valori soprariportati sono stati inseriti nel modello idrologico-idraulico del T. Seveso. A titolo di esempio, di seguito si riportano gli idrogrammi di piena del T. Seveso a monte della presa del CSNO e a monte della tombinatura in Milano, ottenuto con il *modello-Seveso-Dusaf2012* e con la versione precedente *modello-Seveso-2011*. Gli idrogrammi sono praticamente coincidenti.

Per maggiori dettagli si rimanda ai file dei risultati dei diversi modelli.

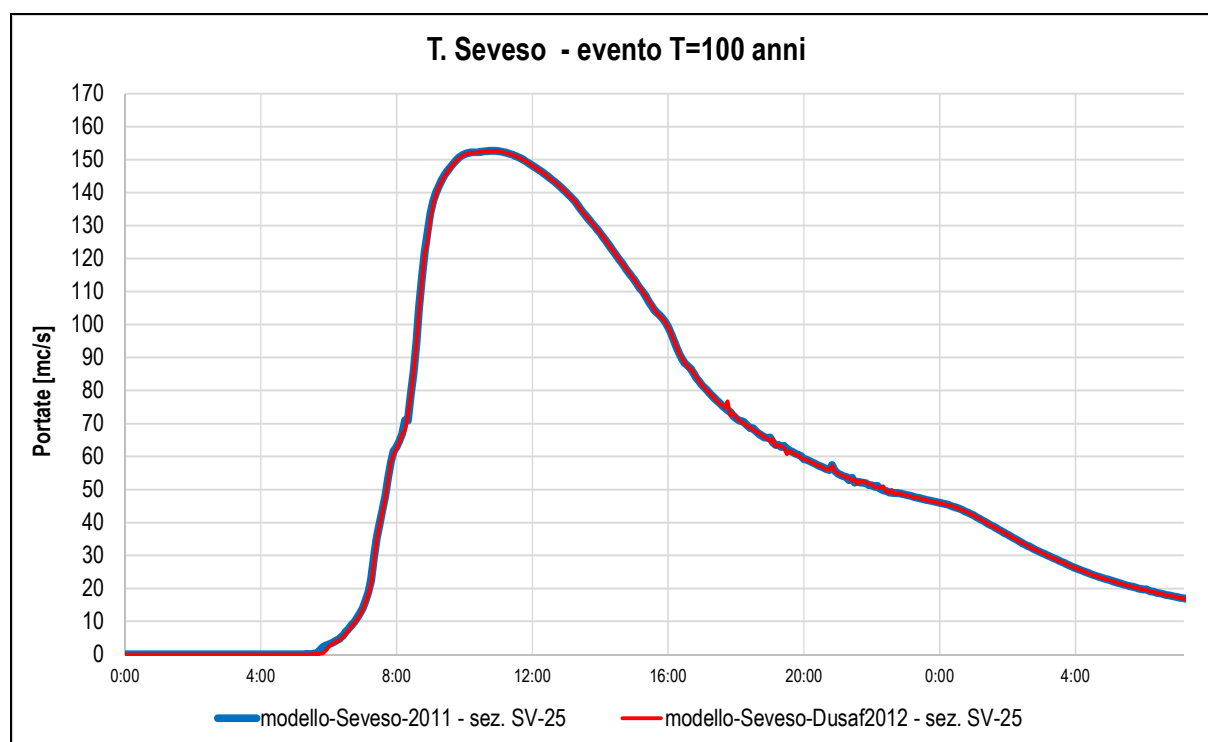


Figura 24 – Sovrapposizione idrogrammi di piena modello-Seveso-2011 e modello-Seveso-Dusaf2012

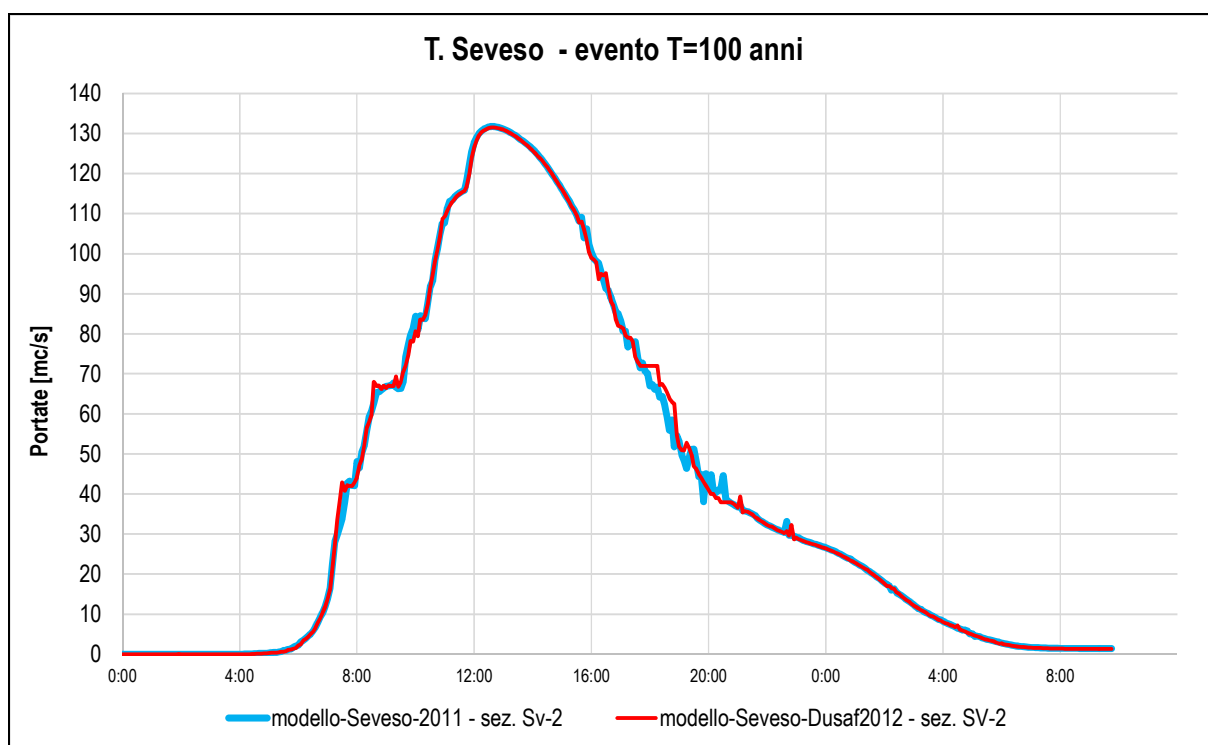


Figura 25 – Sovrapposizione idrogrammi di piena modello-Seveso-2011 e modello-Seveso-Dusaf2012

7 ATTIVITA' 3 – TARATURA DEL MODELLO IDROLOGICO-IDRAULICO DEL T. SEVESO CON EVENTI REALI COMPRESI TRA 2010 E 2015 (MODELLO-SEVESO-2016)

Nel presente capitolo viene descritto l'aggiornamento della taratura del modello idrologico-idraulico del torrente Seveso, dalle sorgenti fino alla tombinatura di Milano, utilizzando i dati pluvio-idrometrici dell'intero periodo compreso tra gennaio 2010 e dicembre 2015 (6 anni), all'intero del quale si sono verificati numerosi eventi di piena.

In particolare, nell'intero periodo considerato, gli eventi meteorici che hanno causato esondazioni in Comune di Milano, sono stati:

- 2010 (n. 8 esondazioni): 3 maggio, 14 maggio, 23 luglio, 5 agosto, 12 agosto, 18 settembre, 1 novembre, 16 novembre;
- 2011 (n. 2 esondazioni): 27 maggio, 6 agosto;
- 2012 (n. 1 esondazione): 12 settembre;
- 2013 (n. 1 esondazione): 23 ottobre;
- 2014 (n. 8 esondazioni): 25 giugno, 8 luglio, 26 luglio, 29 luglio, 3 agosto, 20 agosto, 12 novembre e 15 novembre.

Si tratta di un periodo esteso e rappresentativo della varietà degli eventi di piena che si formano nel Seveso, dal momento che in esso sono compresi, accanto ad eventi di modesta importanza, anche eventi molto rilevanti come quelli del 18 settembre 2010, 8 luglio 2014, 12 e 15 novembre 2014 che hanno determinato gravissimi allagamenti e danni non solo a Milano, ma anche lungo l'intera asta fluviale.

I dati idrologici disponibili per la taratura del modello sono stati ricavati dalle registrazioni dei seguenti strumenti:

- pluviometri: Como, Vertemate con Minoprio, Cantù Asnago, Mariano Comense, Parco Nord;
- idrometri: Cantù Asnago (sezione SV-77), Cesano Maderno (sezione SV-38).



Figura 26 – Idrometro di Cantù Asnago



Figura 27 – Idrometro di Cesano Maderno

L'attribuzione dei suddetti pluviometri ai sottobacini del T. Seveso è la seguente:

- Como → SEV1A, SEV1B, SEV1C;
- Vertemate con Minoprio → SEV2, SEV3, ACQ, SEV4;
- Cantù → ANT, SEV5, SEV6, SER, SEV7, CER1, TER;
- Mariano Comense → SEV8, SEV9, SEV10, COM, CER2, CER3, CER4;
- Parco Nord → SEV12, SEV13, SEV14, SEV15, SEV16, SEV17, SEV18, SEV19, SEV20, SEV21.

La stazione idrometrica di Cantù Asnago (Figura 26) è funzionante dal 1999. È ubicata in una sezione fluviale caratterizzata da pareti in muratura, quindi non soggette a modificazioni nel corso del tempo che potrebbero causare variazioni nel significato fisico e statistico delle misure idrometriche. Analogamente anche la stazione idrometrica di Cesano Maderno (Figura 27) è ubicata in una sezione stabile ed è funzionante dal 2001, anche se la sua sicura operatività data dal 2004.

Nella Figura 28 è riportata la cartografia del bacino del Seveso con indicate le posizioni dei suddetti strumenti.

L'idrometro di Cantù Asnago (SV 77) è particolarmente utile per la taratura della porzione "naturale" del torrente Seveso, dato che gli apporti a monte di tale strumento derivano da bacini caratterizzati da una limitata componente antropica. Il bacino idrografico sotteso da tale idrometro è pari a circa 55 kmq.

L'idrometro di Cesano Maderno (SV 38), invece, è particolarmente utile per la taratura dell'intero bacino del torrente Seveso a monte della presa del CSNO. Il bacino idrografico sotteso da tale idrometro è pari a circa 170 kmq.

Nelle figure seguenti sono riportate le precipitazioni orarie registrate nei prima citati cinque pluviometri negli anni dal 2010 al 2015 e i livelli idrometrici registrati negli stessi anni dai due idrometri di Cantù Asnago e Cesano Maderno.

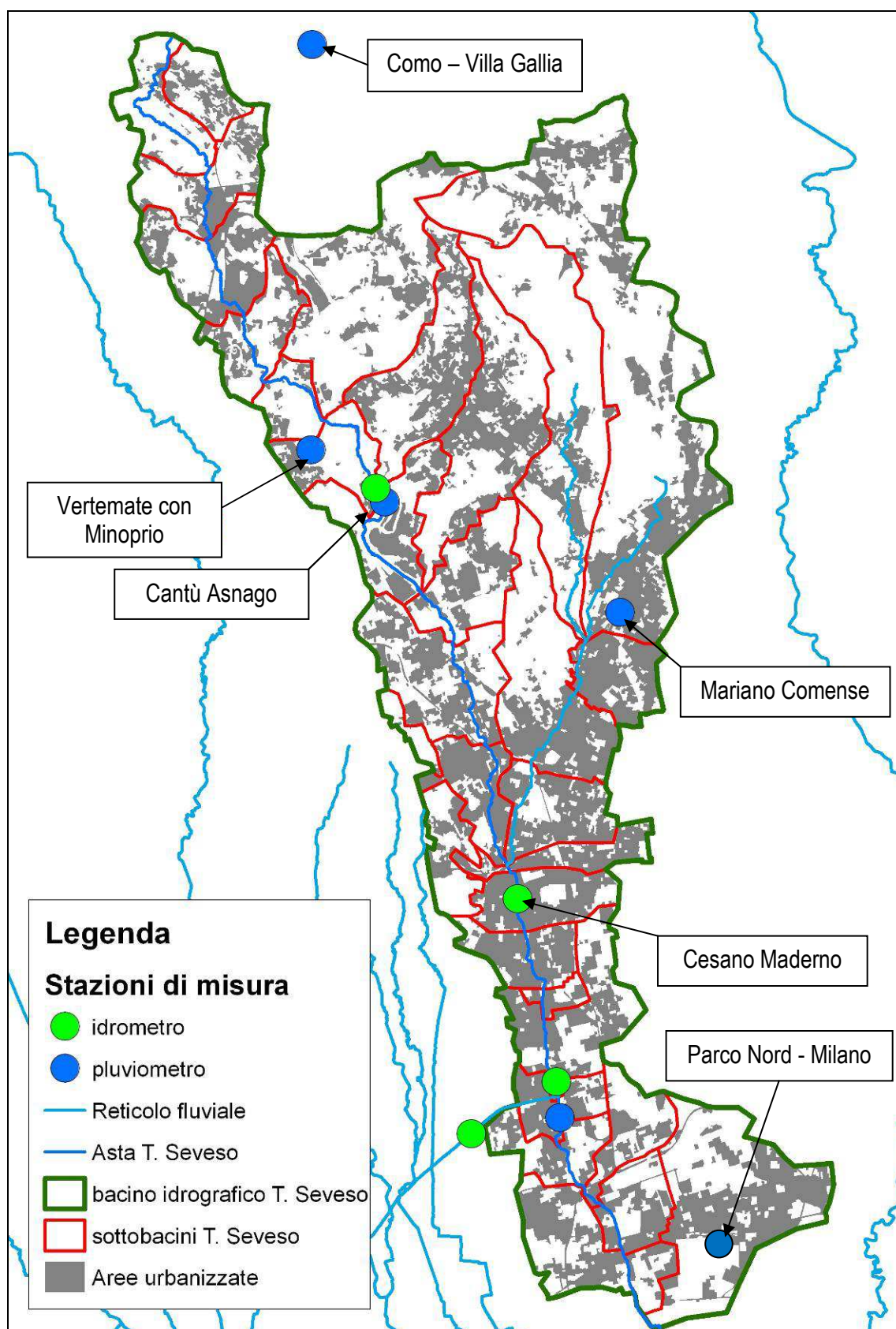


Figura 28 – Ubicazione dei pluviometri ed idrometri presenti nel bacino del T. Seveso, considerati nella taratura del modello

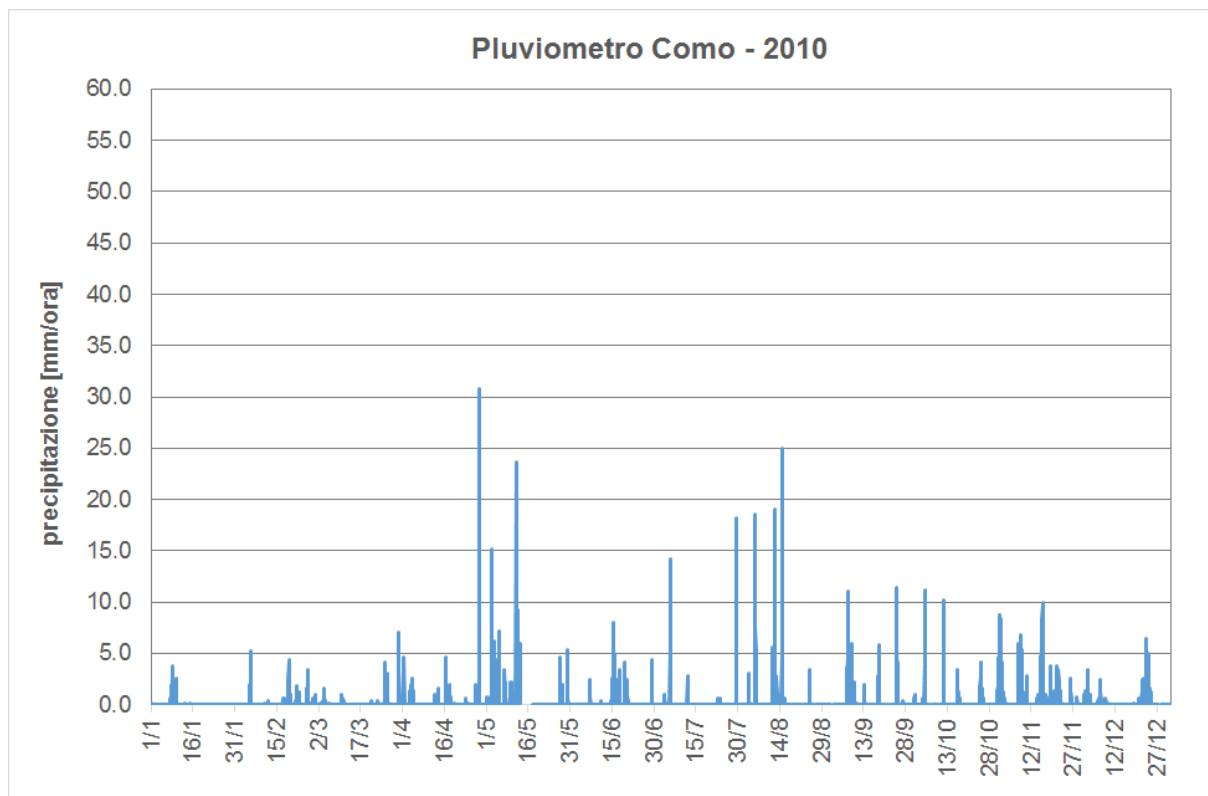


Figura 29 – Dati registrati dal pluviometro di Como – 2010

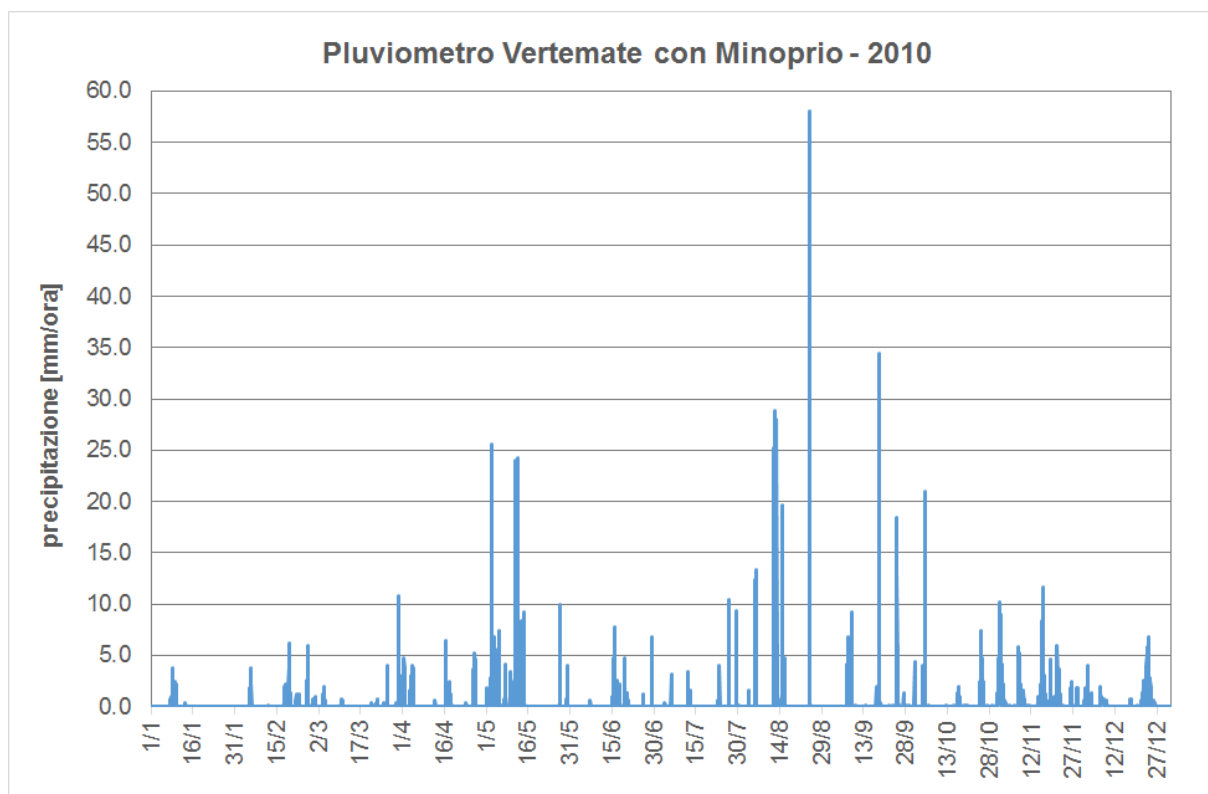


Figura 30 – Dati registrati dal pluviometro di Vertemate con Minoprio – 2010

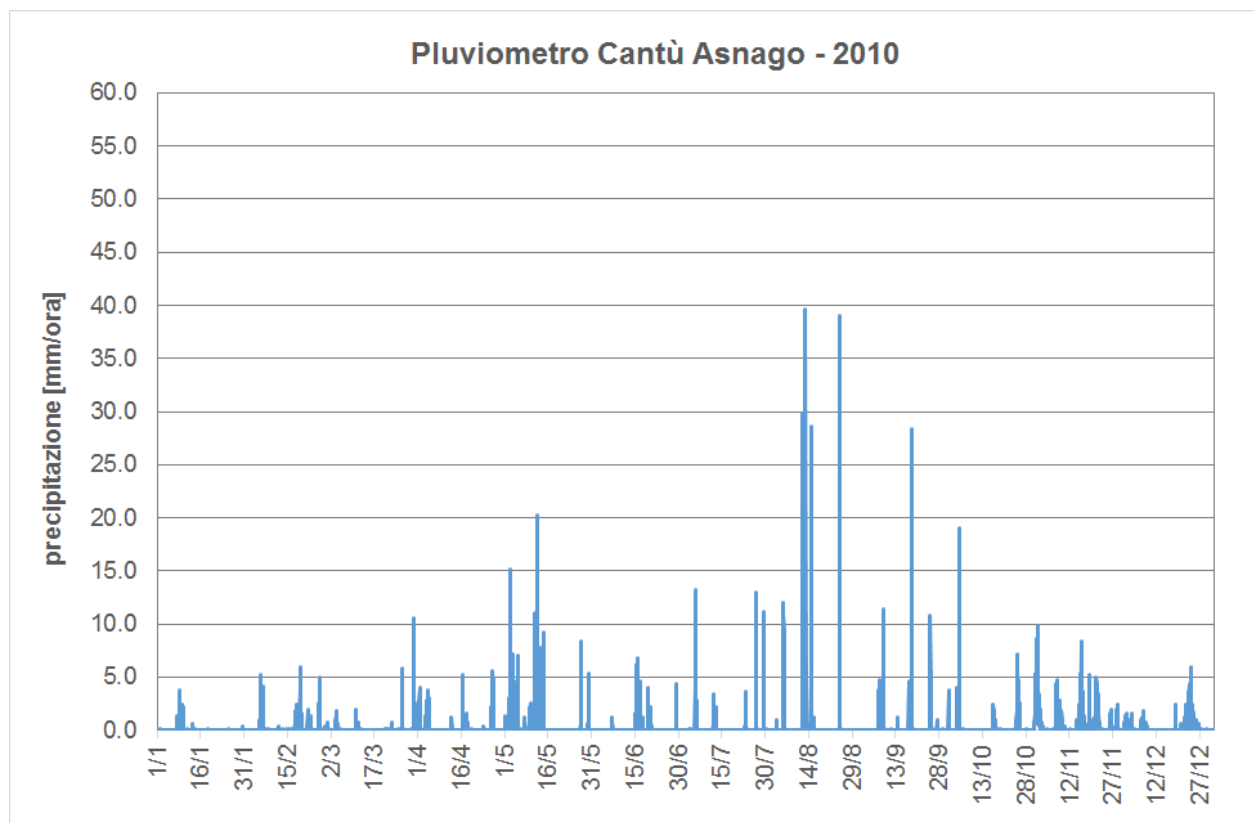


Figura 31 – Dati registrati dal pluviometro di Cantù Asnago – 2010

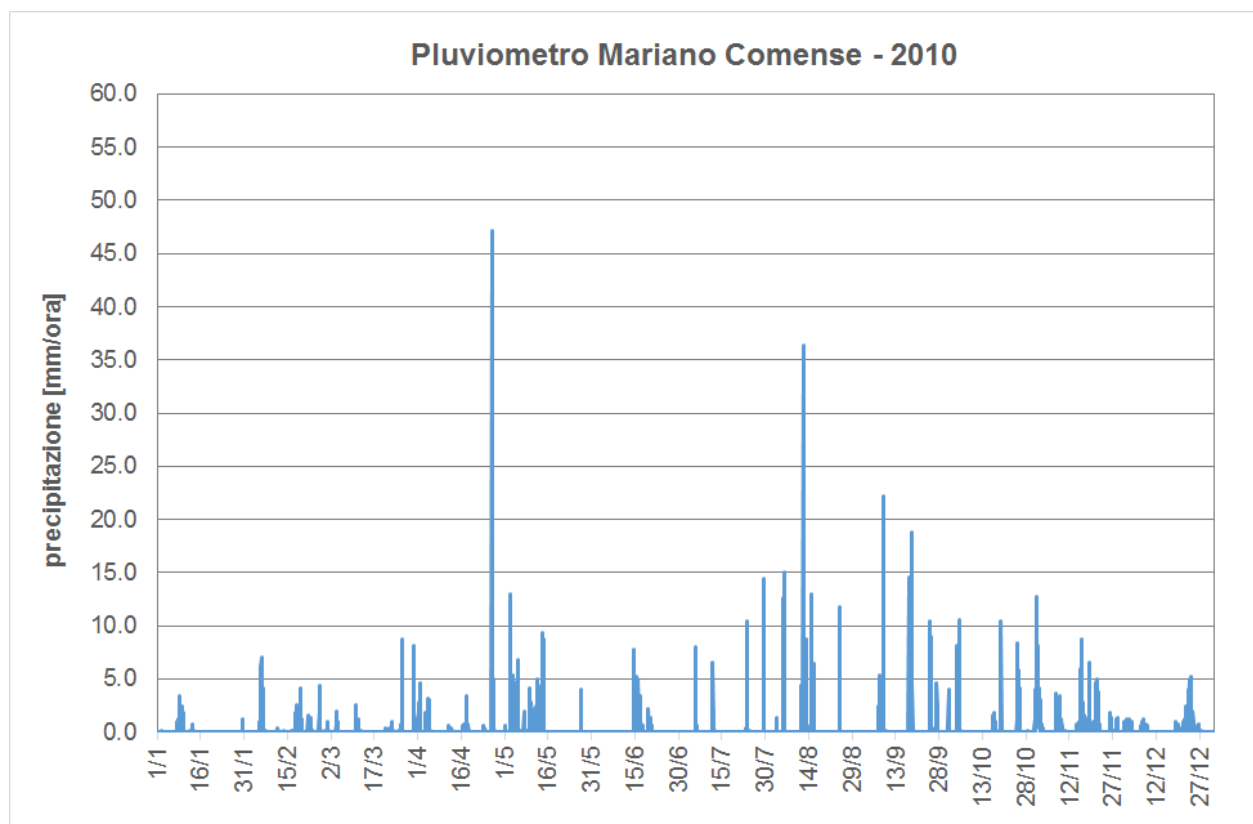


Figura 32 – Dati registrati dal pluviometro di Mariano Comense – 2010

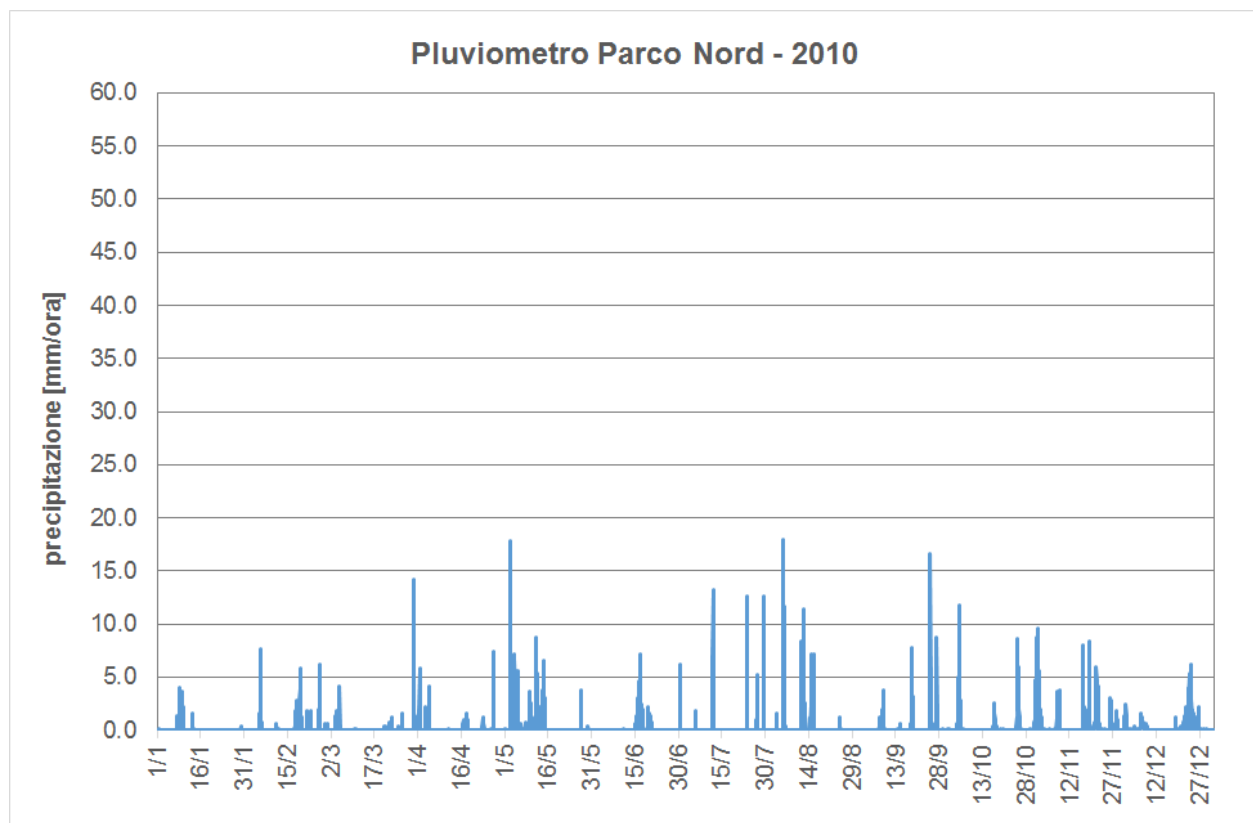


Figura 33 – Dati registrati dal pluviometro di Parco Nord - Milano – 2010

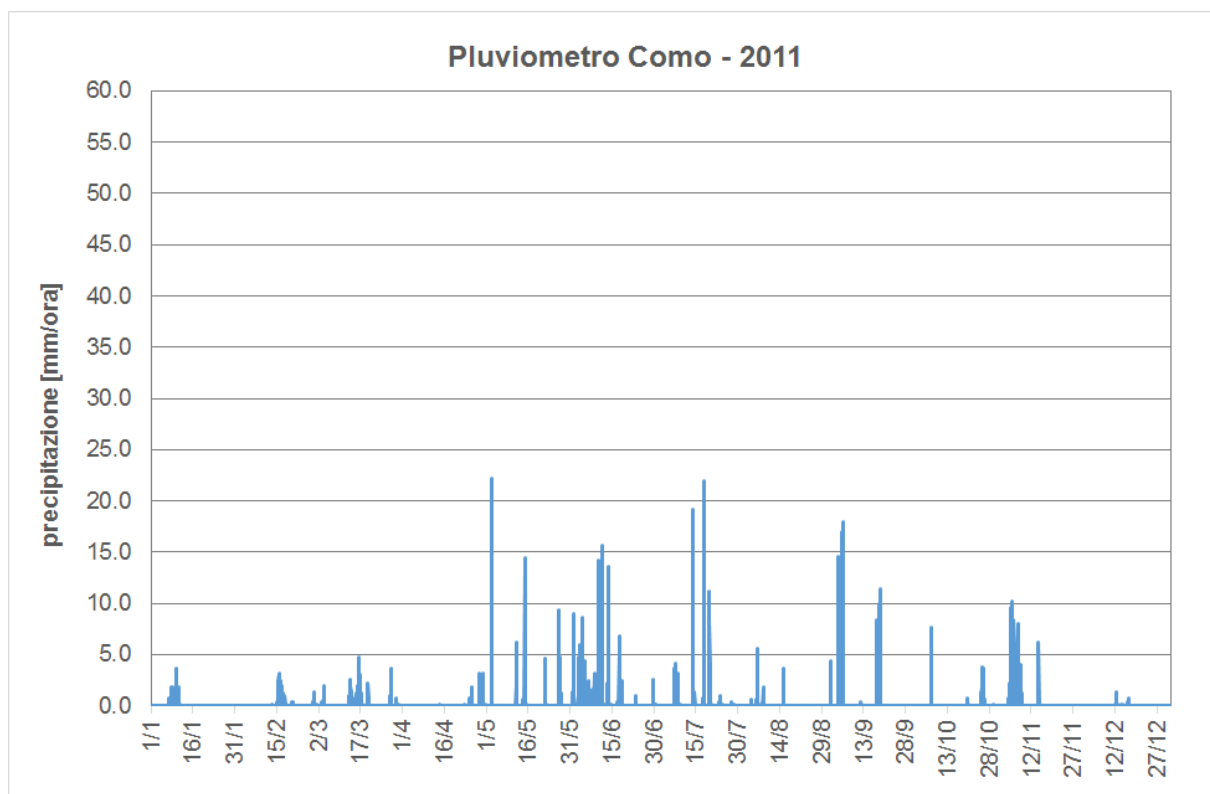


Figura 34 – Dati registrati dal pluviometro di Como – 2011

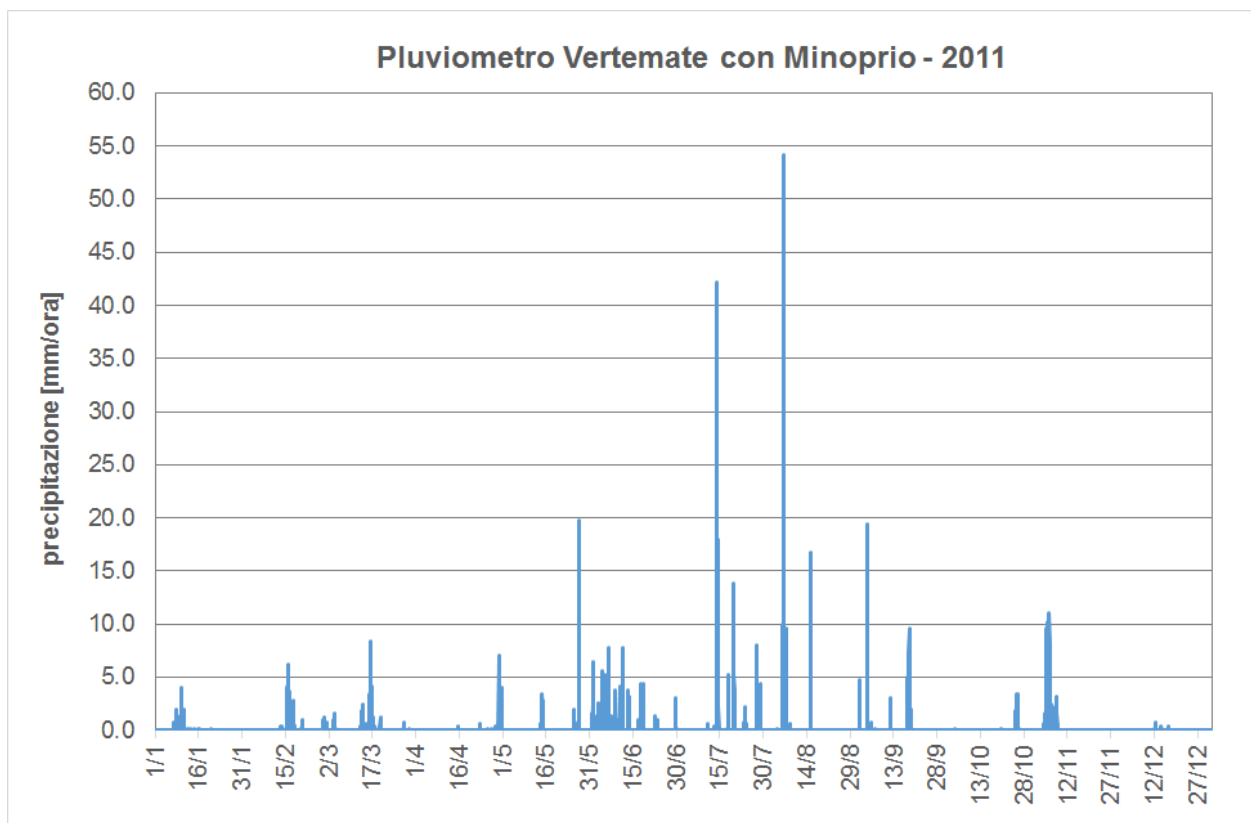


Figura 35 – Dati registrati dal pluviometro di Vertemate con Minoprio – 2011

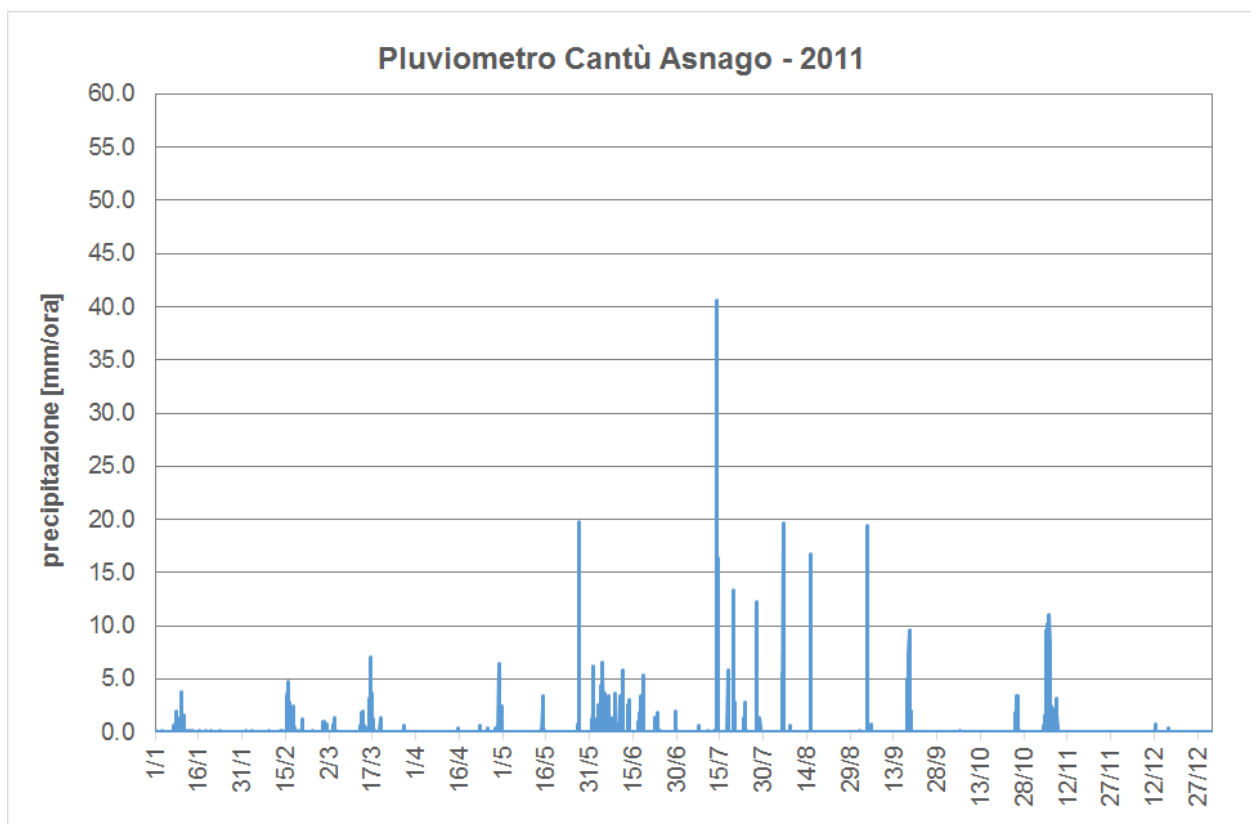


Figura 36 – Dati registrati dal pluviometro di Cantù Asnago – 2011

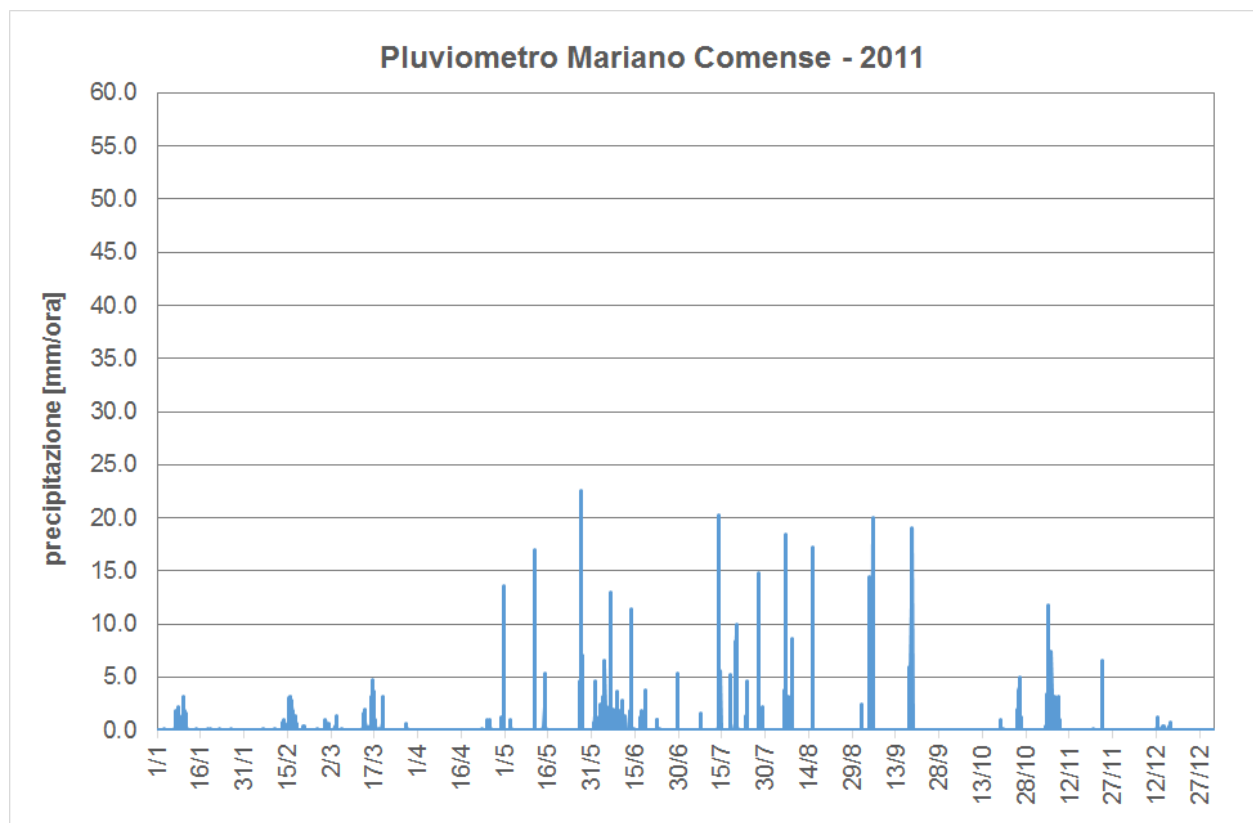


Figura 37 – Dati registrati dal pluviometro di Mariano Comense – 2011

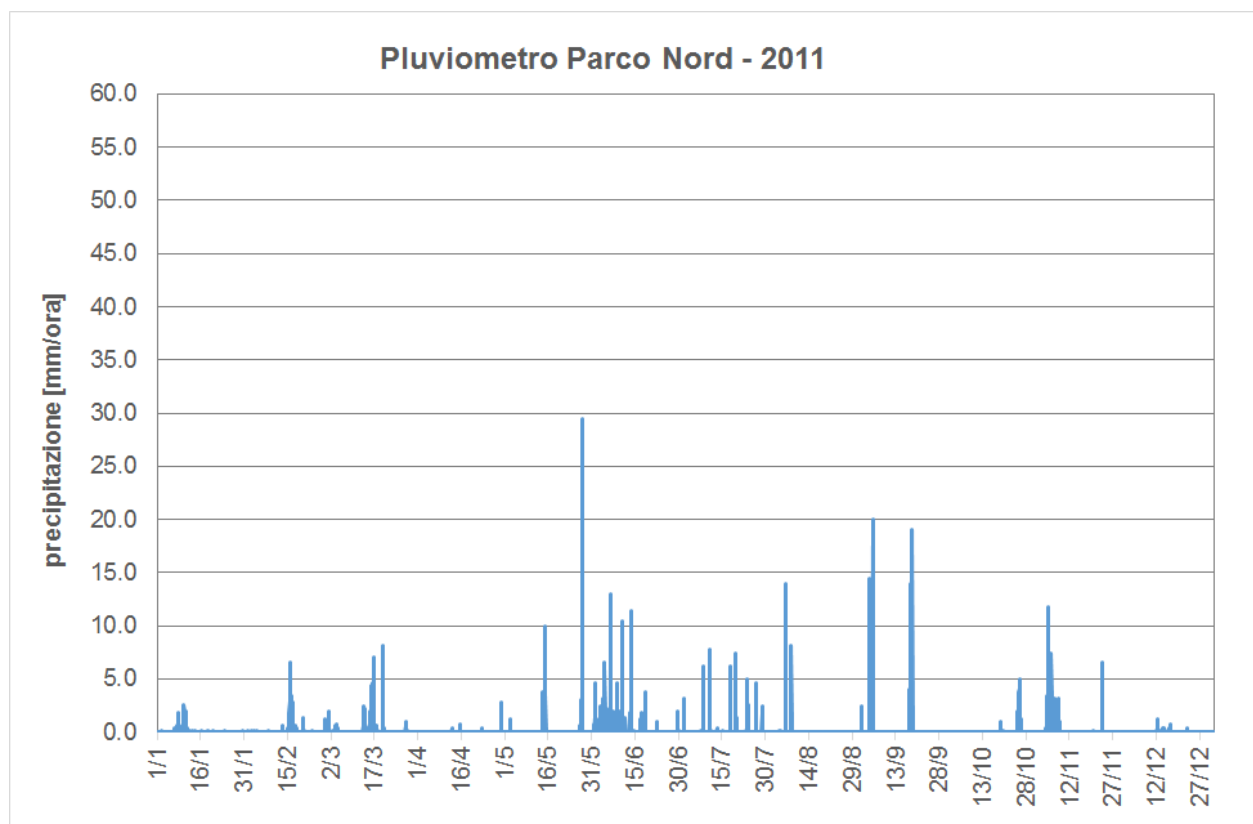


Figura 38 – Dati registrati dal pluviometro di Parco Nord - Milano – 2011

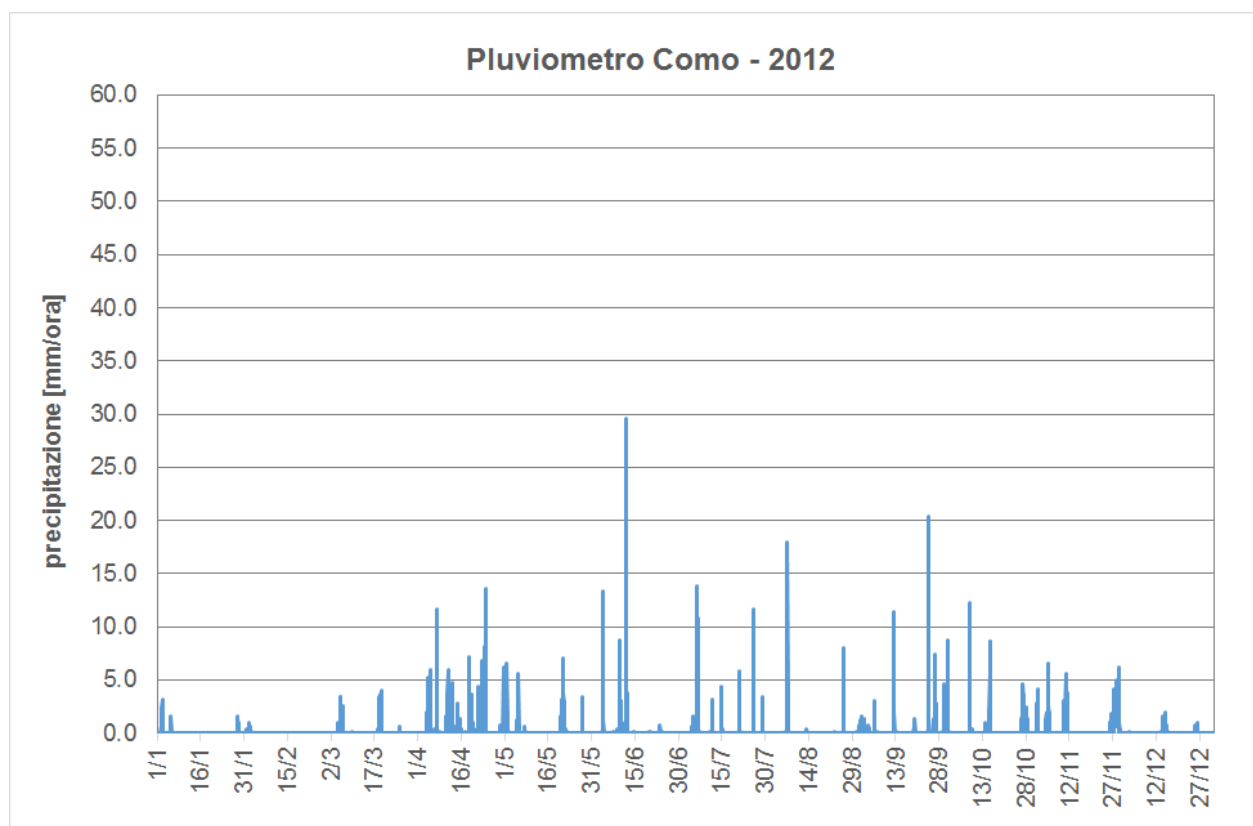


Figura 39 – Dati registrati dal pluviometro di Como – 2012

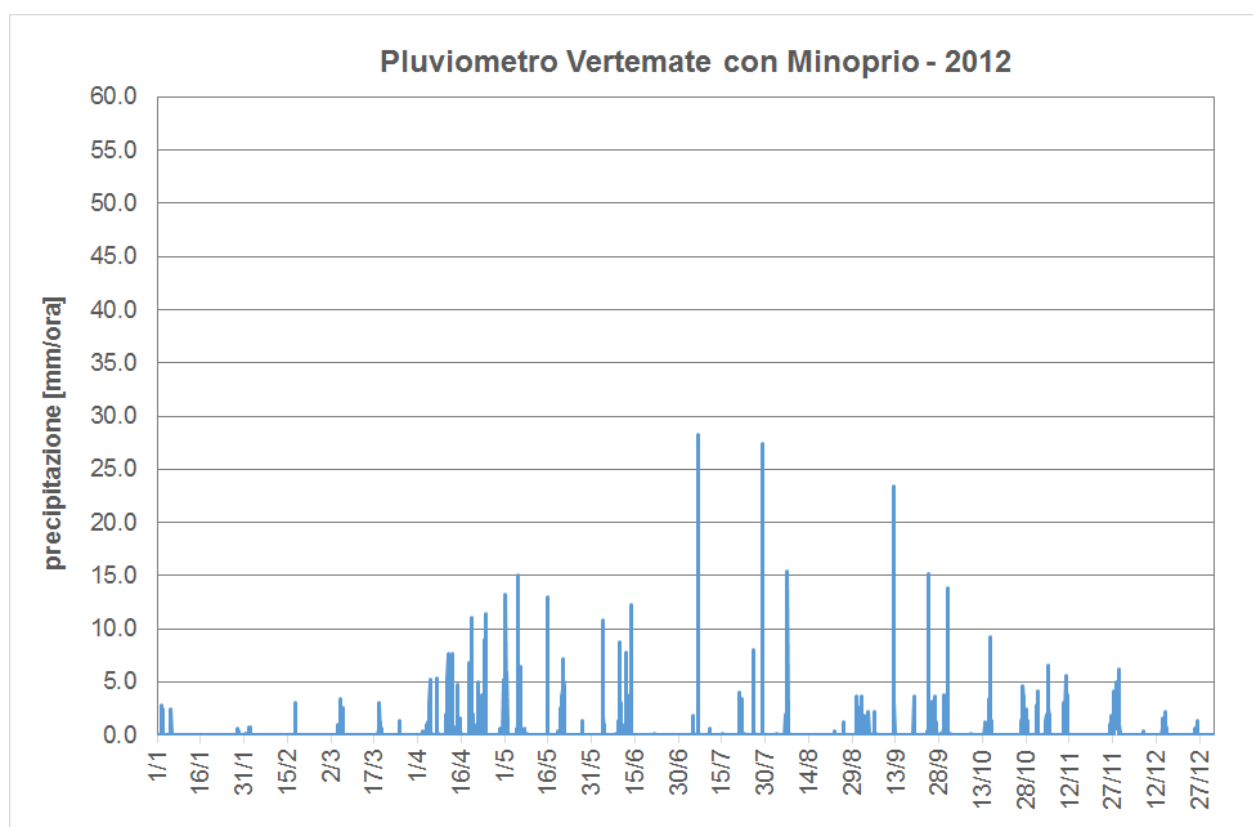


Figura 40 – Dati registrati dal pluviometro di Vertemate con Minoprio – 2012

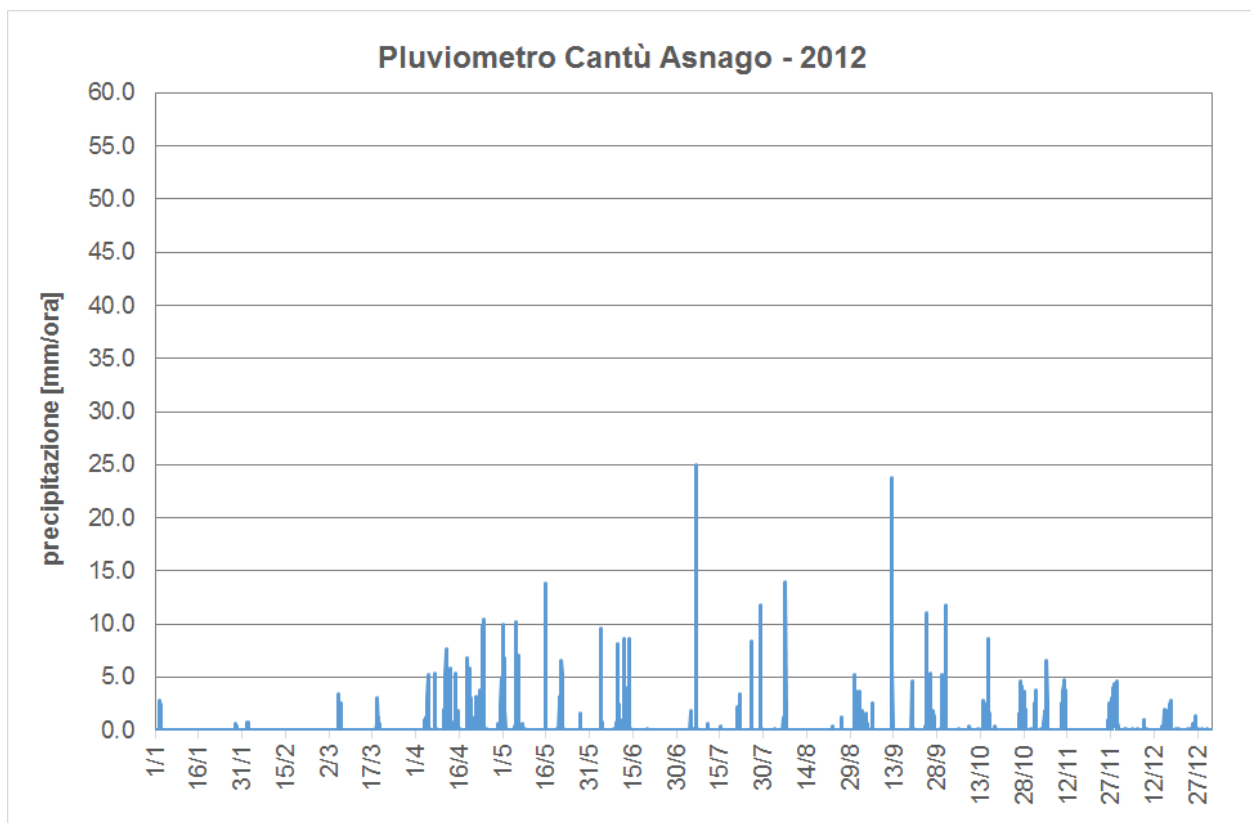


Figura 41 – Dati registrati dal pluviometro di Cantù Asnago – 2012

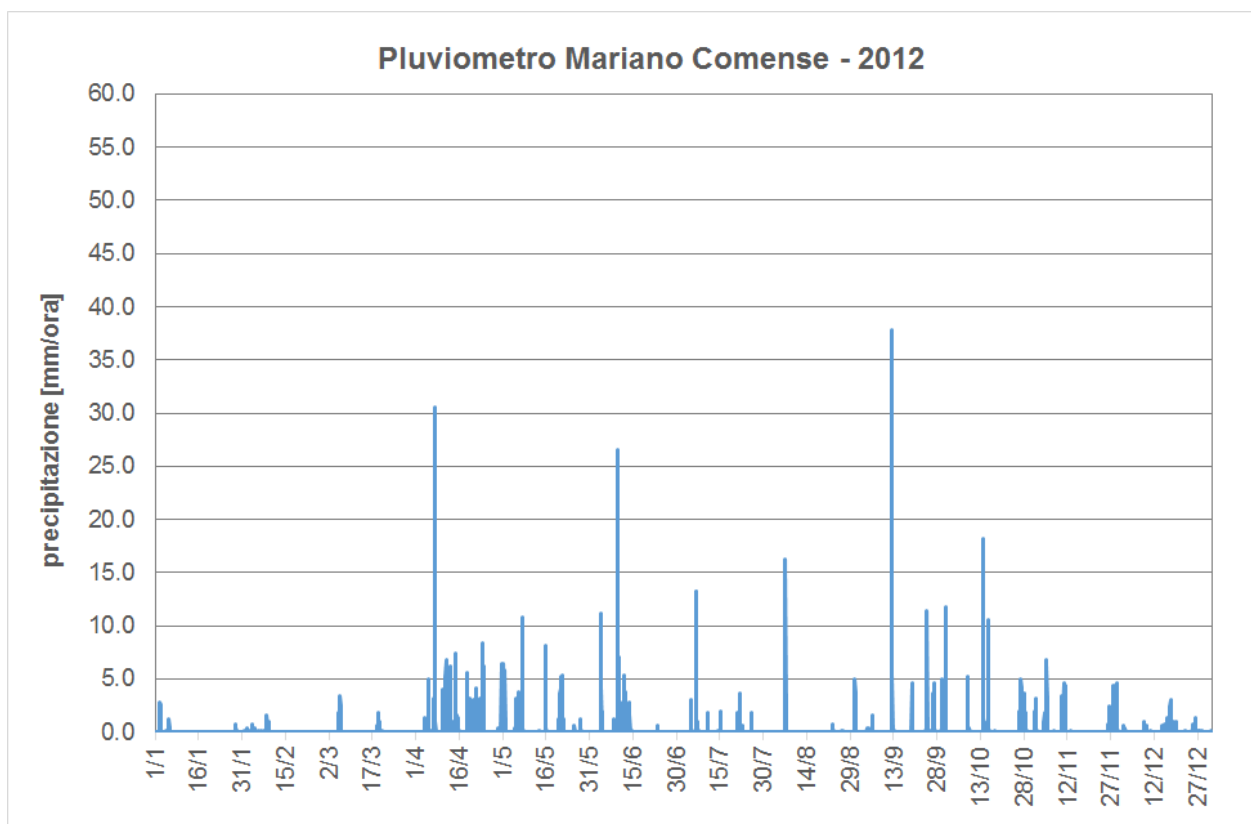


Figura 42 – Dati registrati dal pluviometro di Mariano Comense – 2012

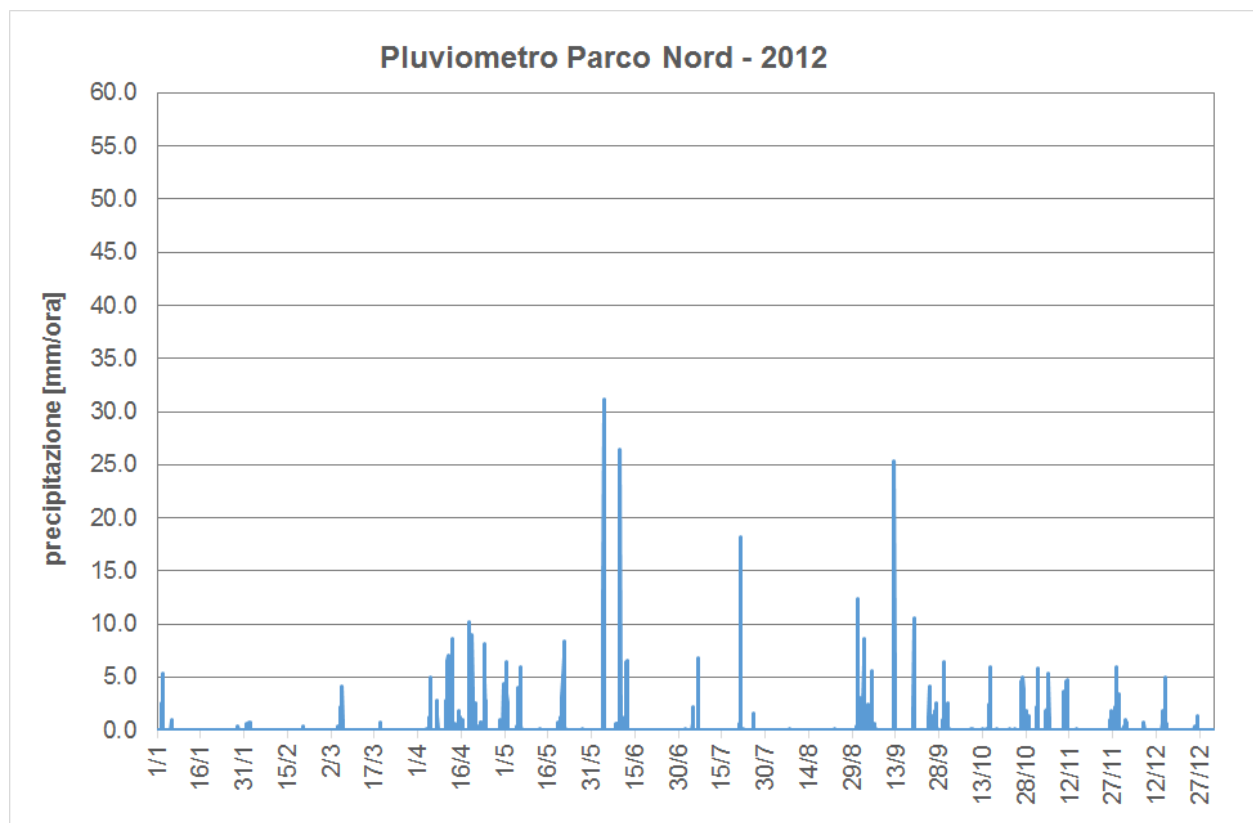


Figura 43 – Dati registrati dal pluviometro di Parco Nord - Milano – 2012

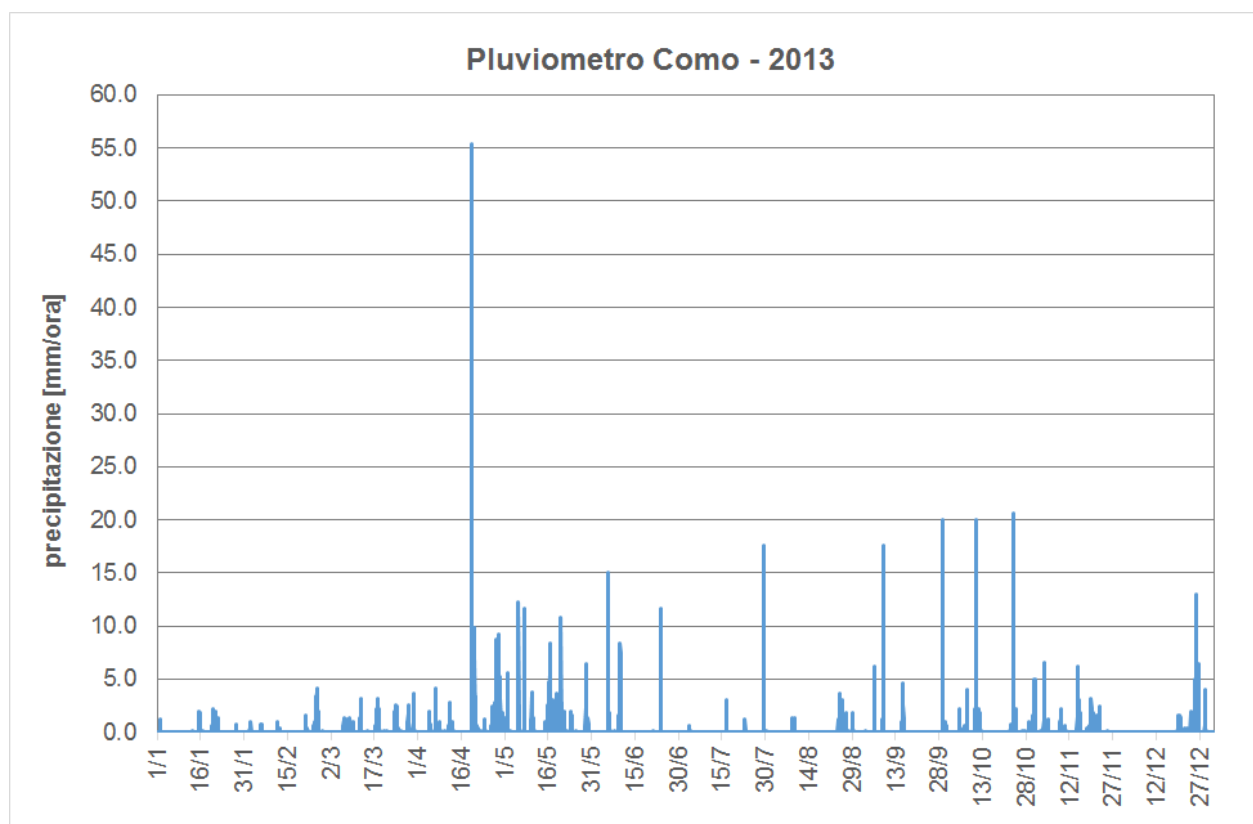


Figura 44 – Dati registrati dal pluviometro di Como – 2013

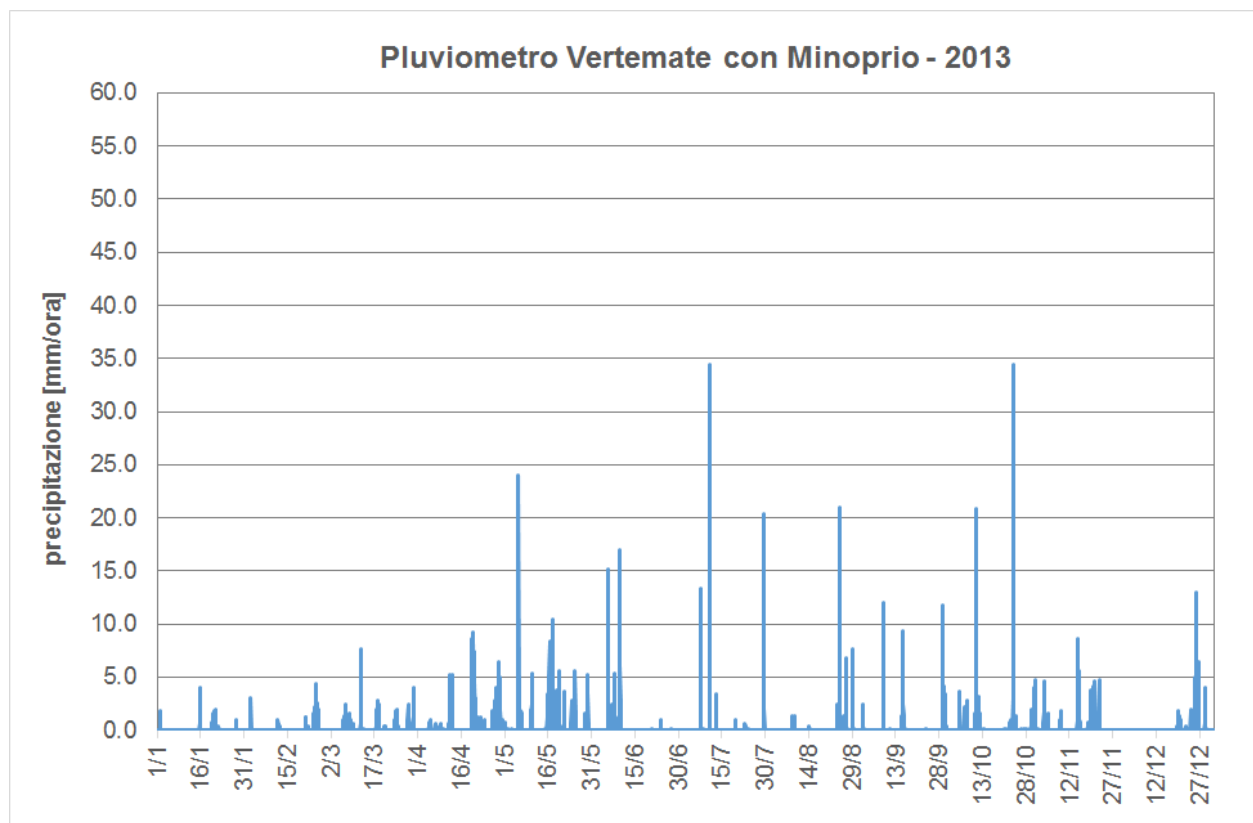


Figura 45 – Dati registrati dal pluviometro di Vertemate con Minoprio – 2013

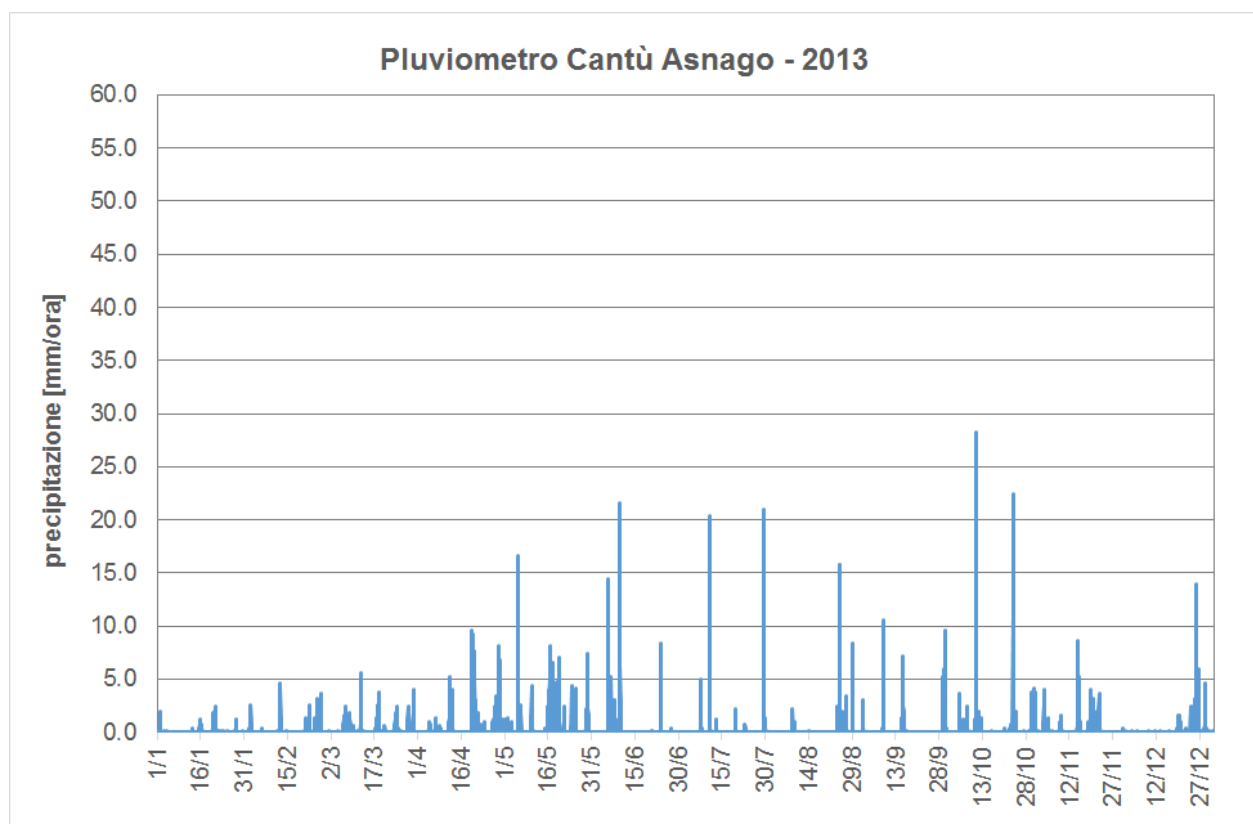


Figura 46 – Dati registrati dal pluviometro di Cantù Asnago – 2013

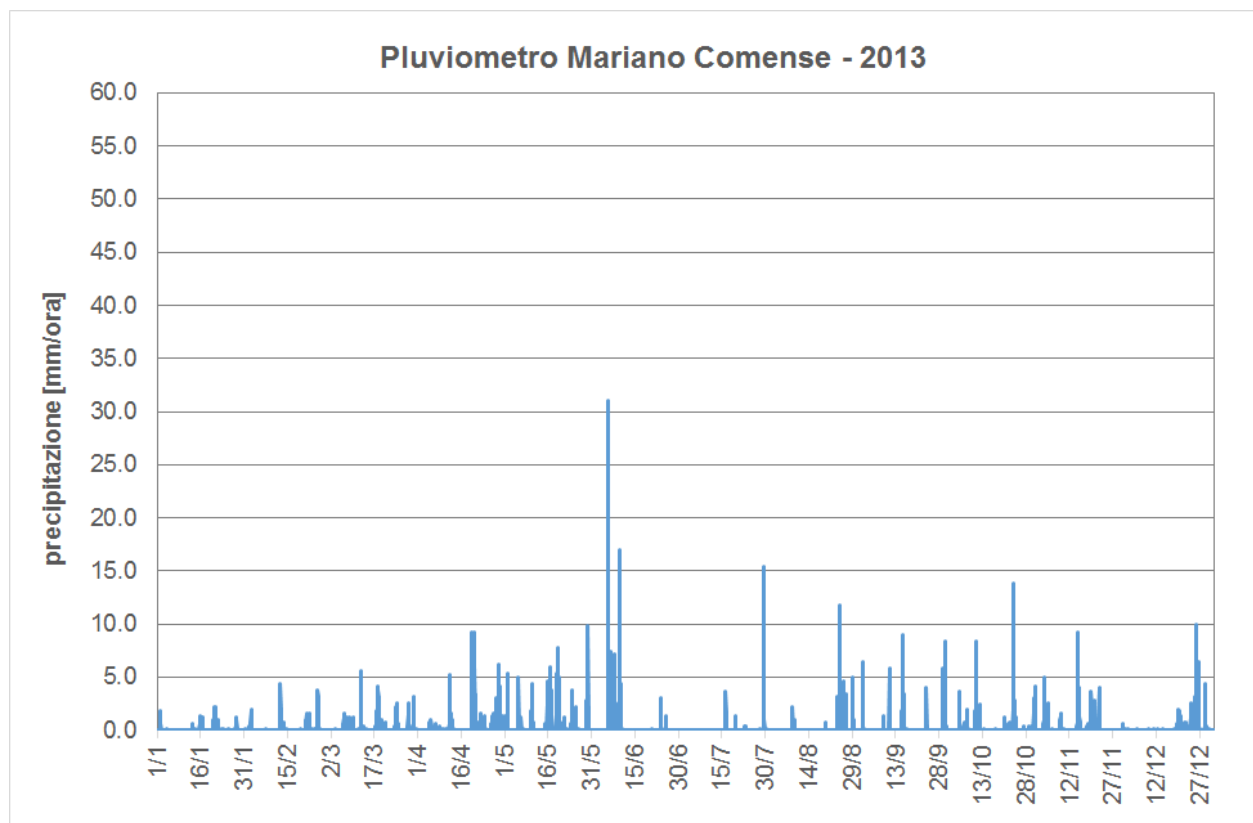


Figura 47 – Dati registrati dal pluviometro di Mariano Comense – 2013

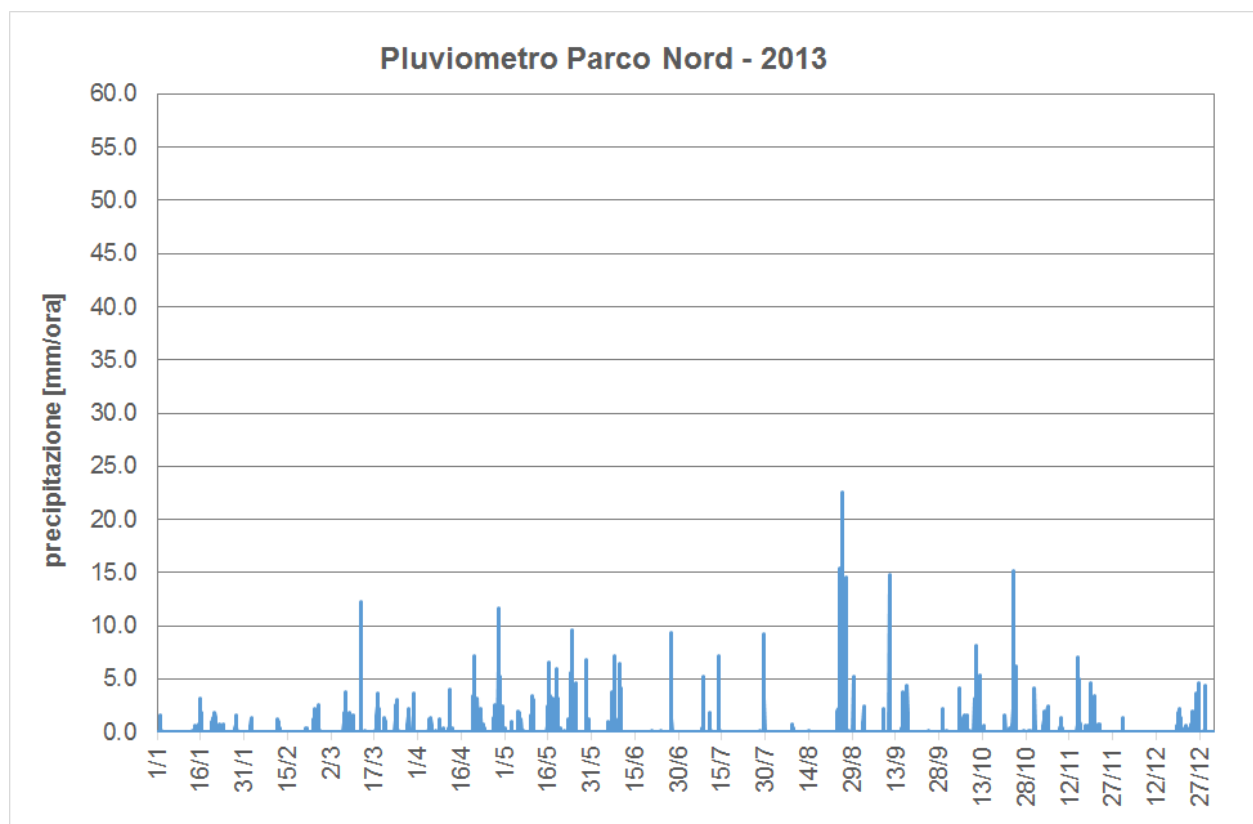


Figura 48 – Dati registrati dal pluviometro di Parco Nord - Milano – 2013

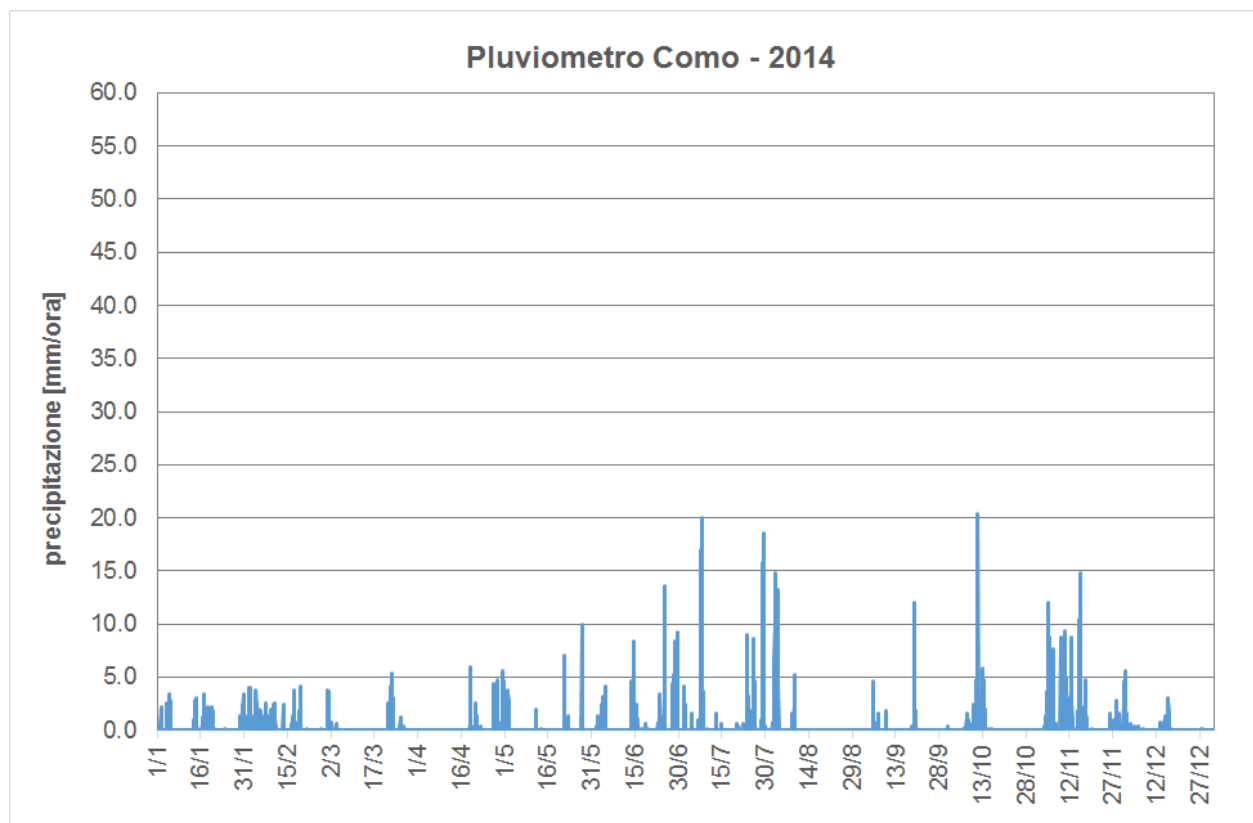


Figura 49 – Dati registrati dal pluviometro di Como – 2014

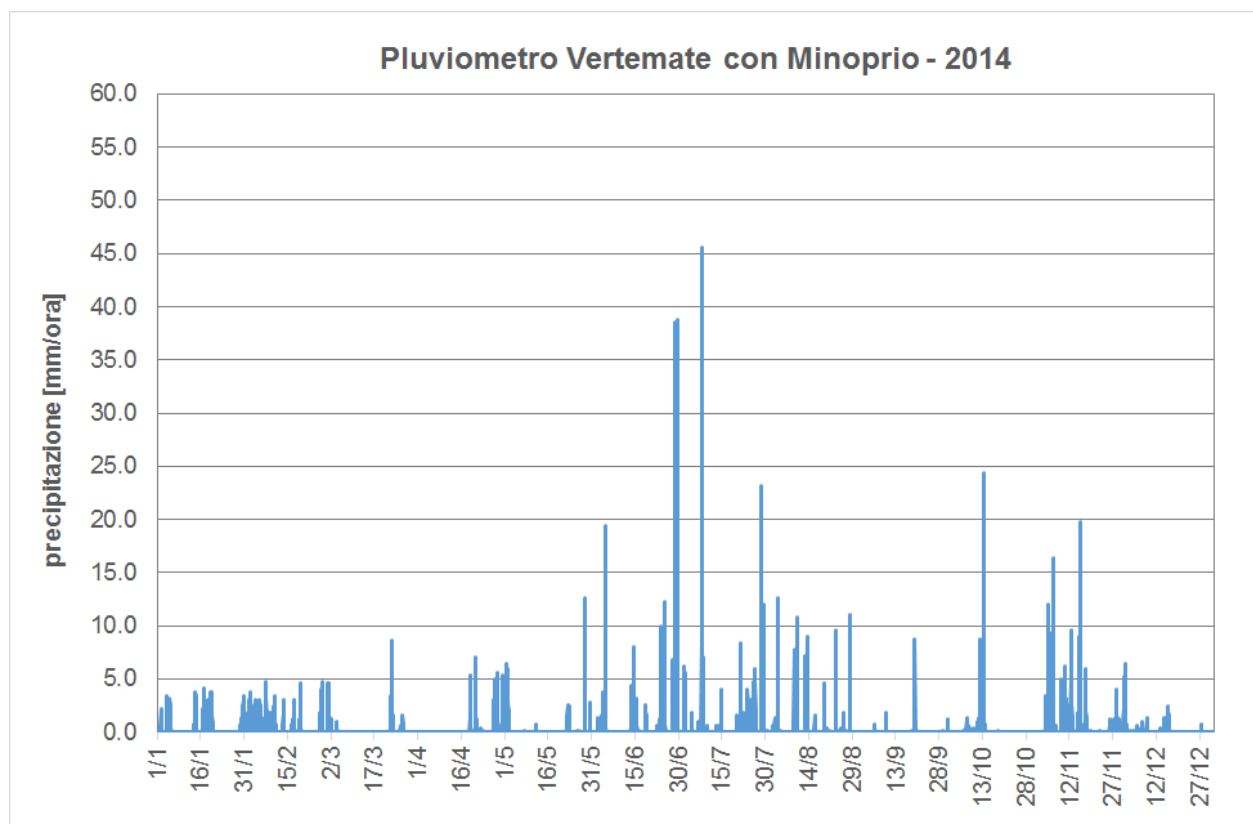


Figura 50 – Dati registrati dal pluviometro di Vertemate con Minoprio – 2014

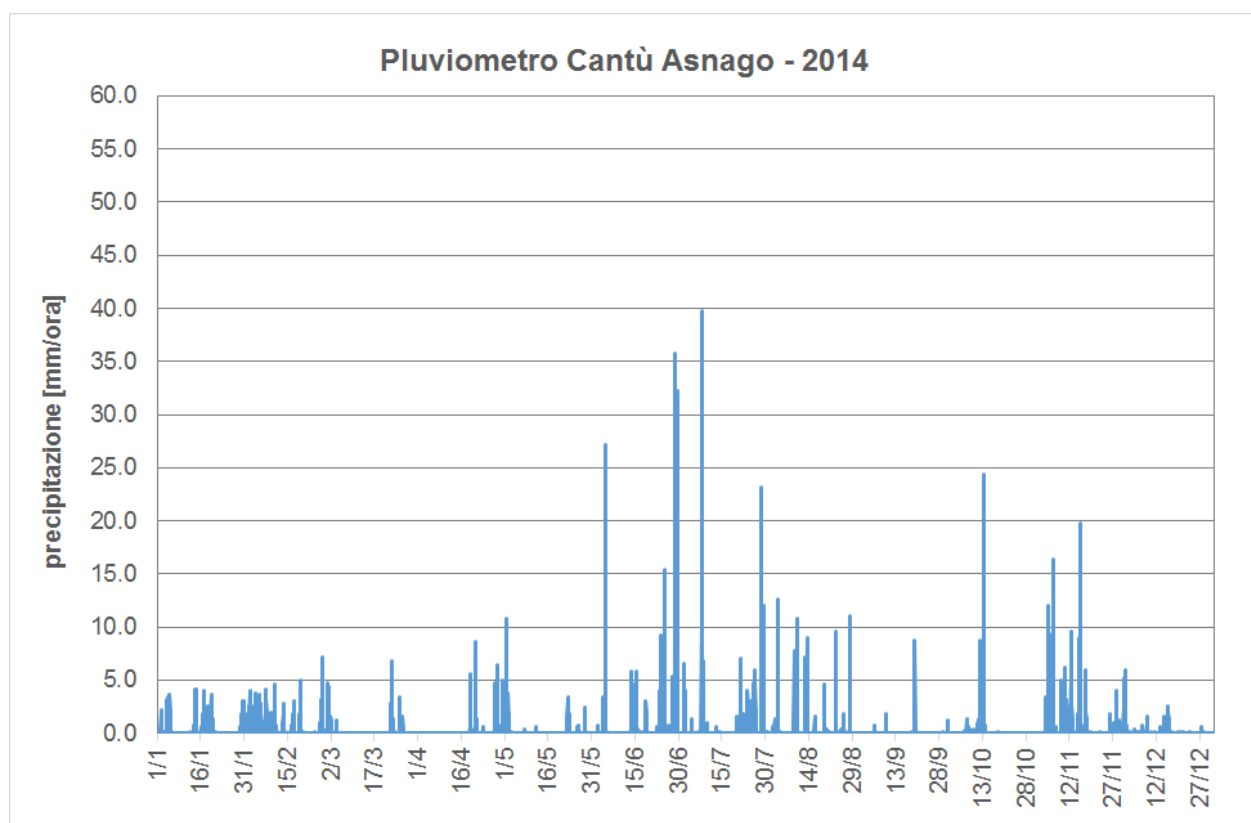


Figura 51 – Dati registrati dal pluviometro di Cantù Asnago – 2014

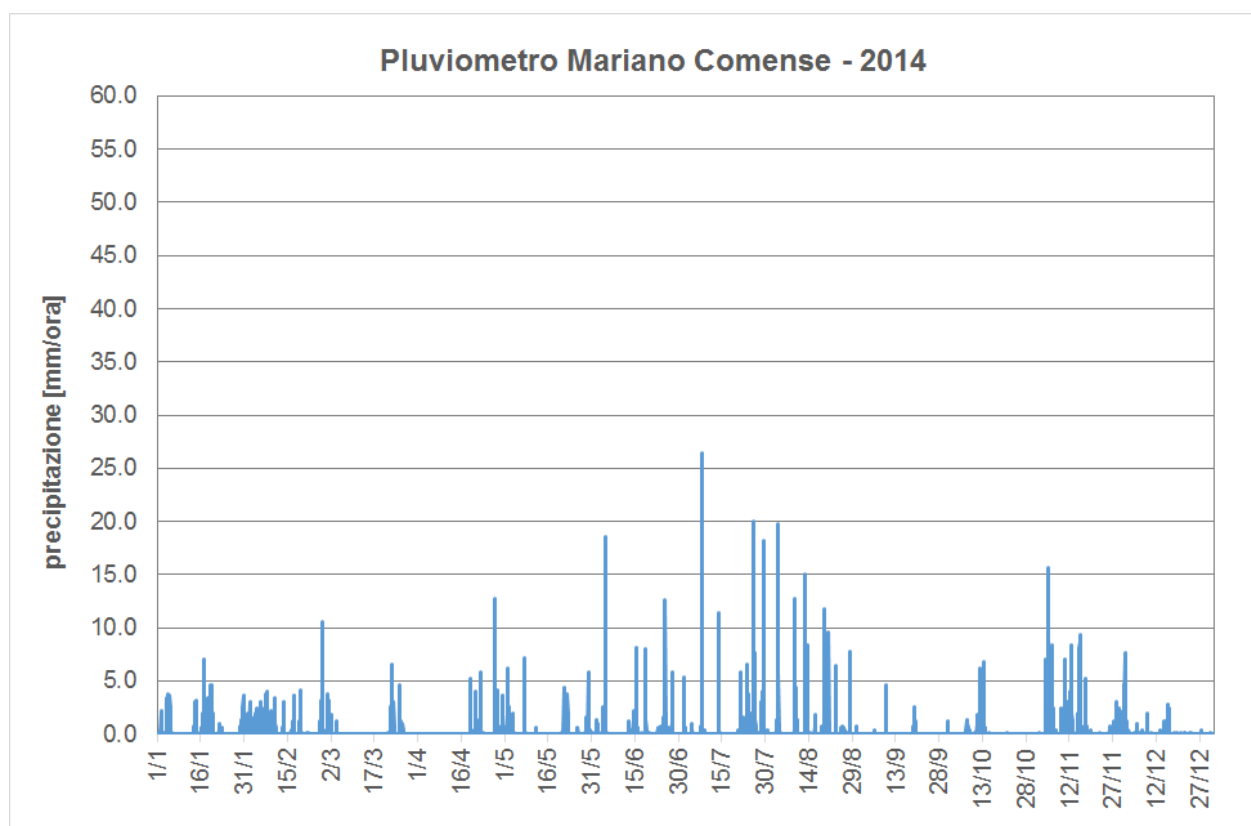


Figura 52 – Dati registrati dal pluviometro di Mariano Comense – 2014

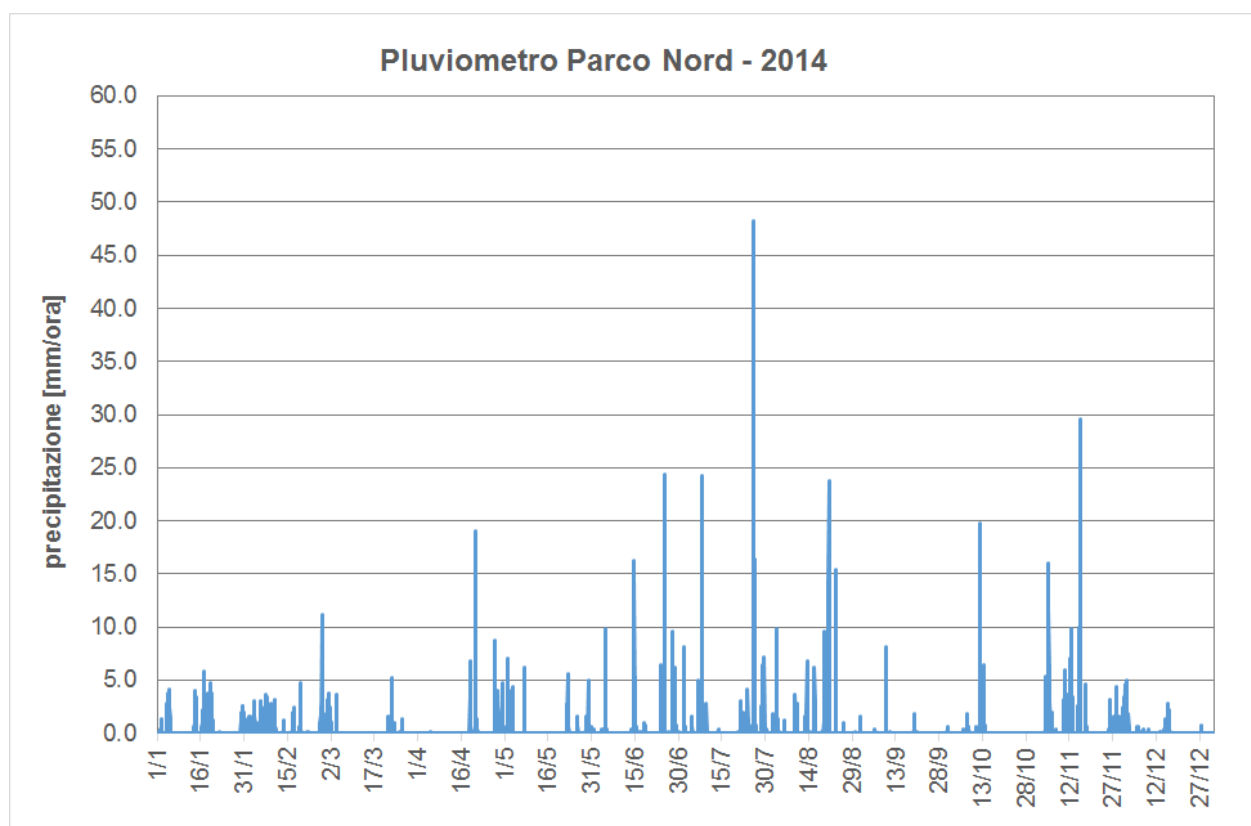


Figura 53 – Dati registrati dal pluviometro di Parco Nord - Milano – 2014

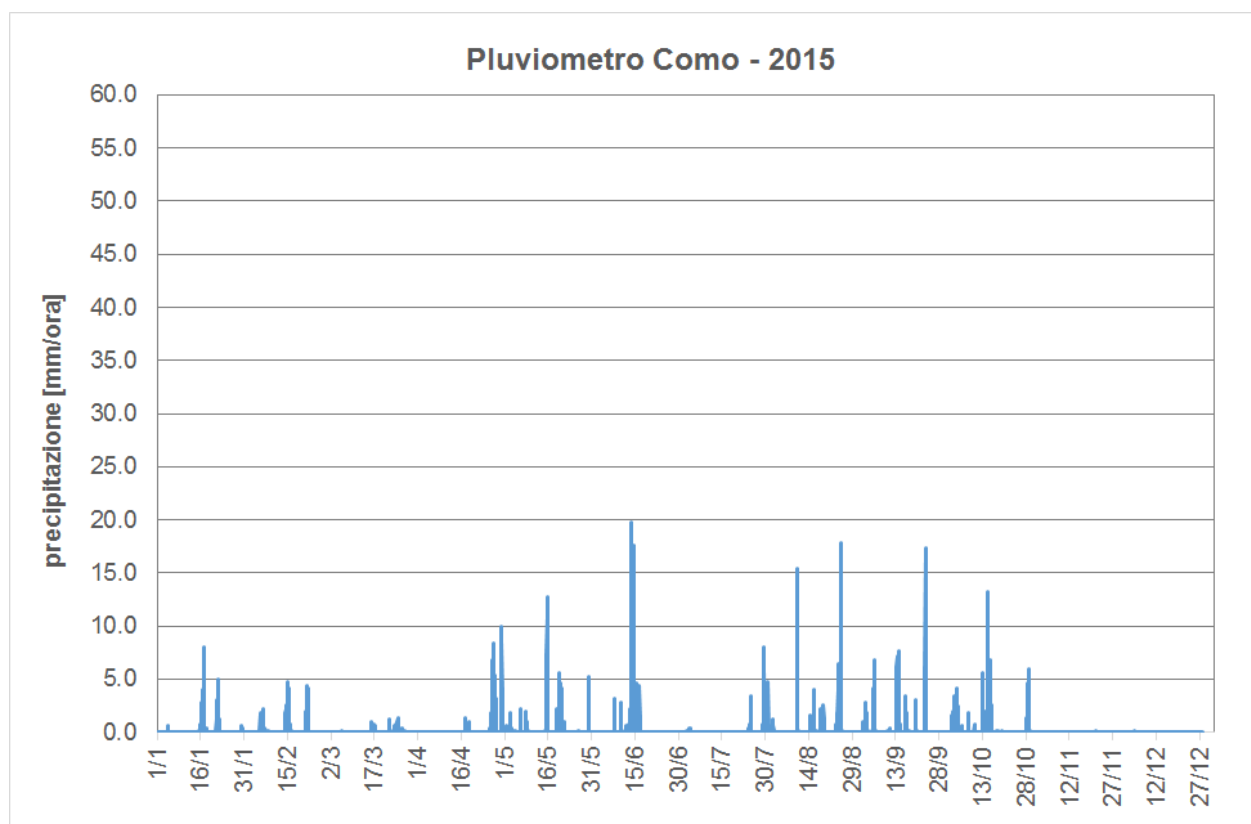


Figura 54 – Dati registrati dal pluviometro di Como - 2015

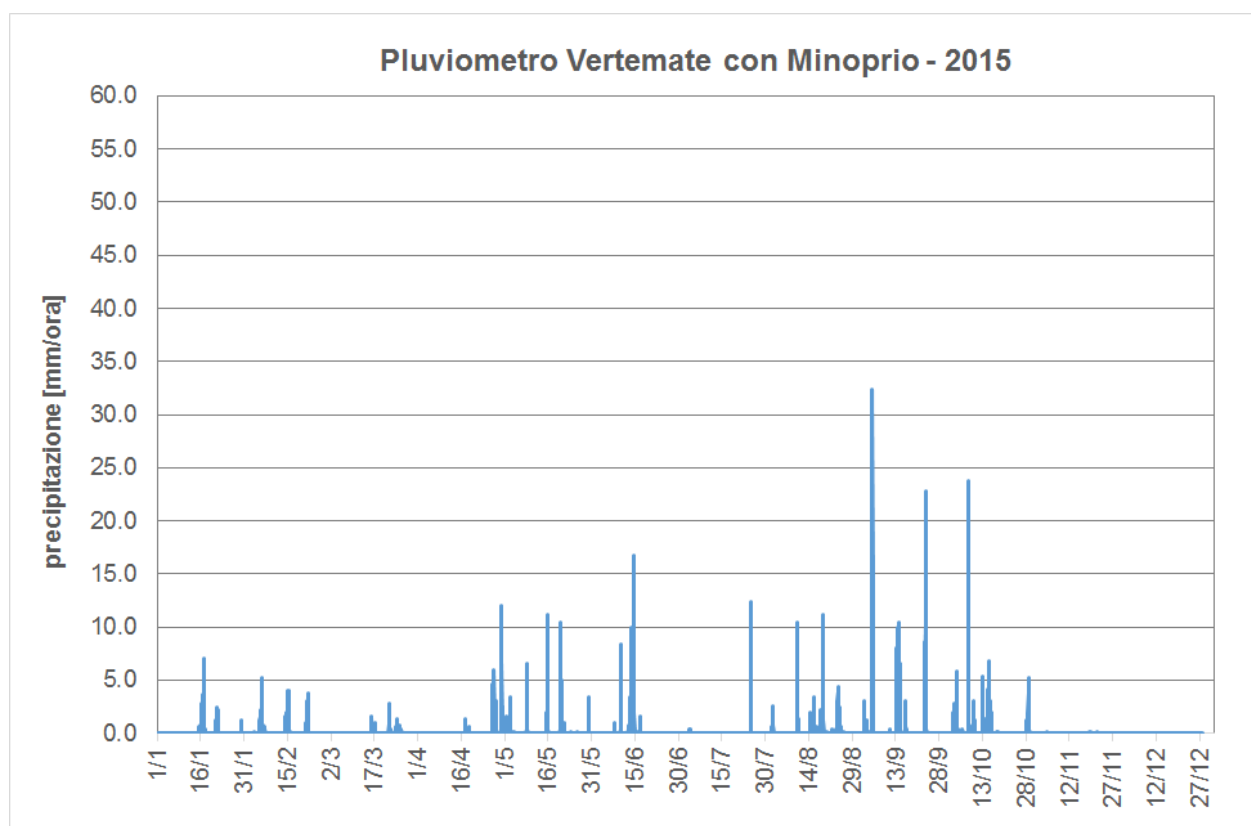


Figura 55 – Dati registrati dal pluviometro di Vertemate con Minoprio – 2015

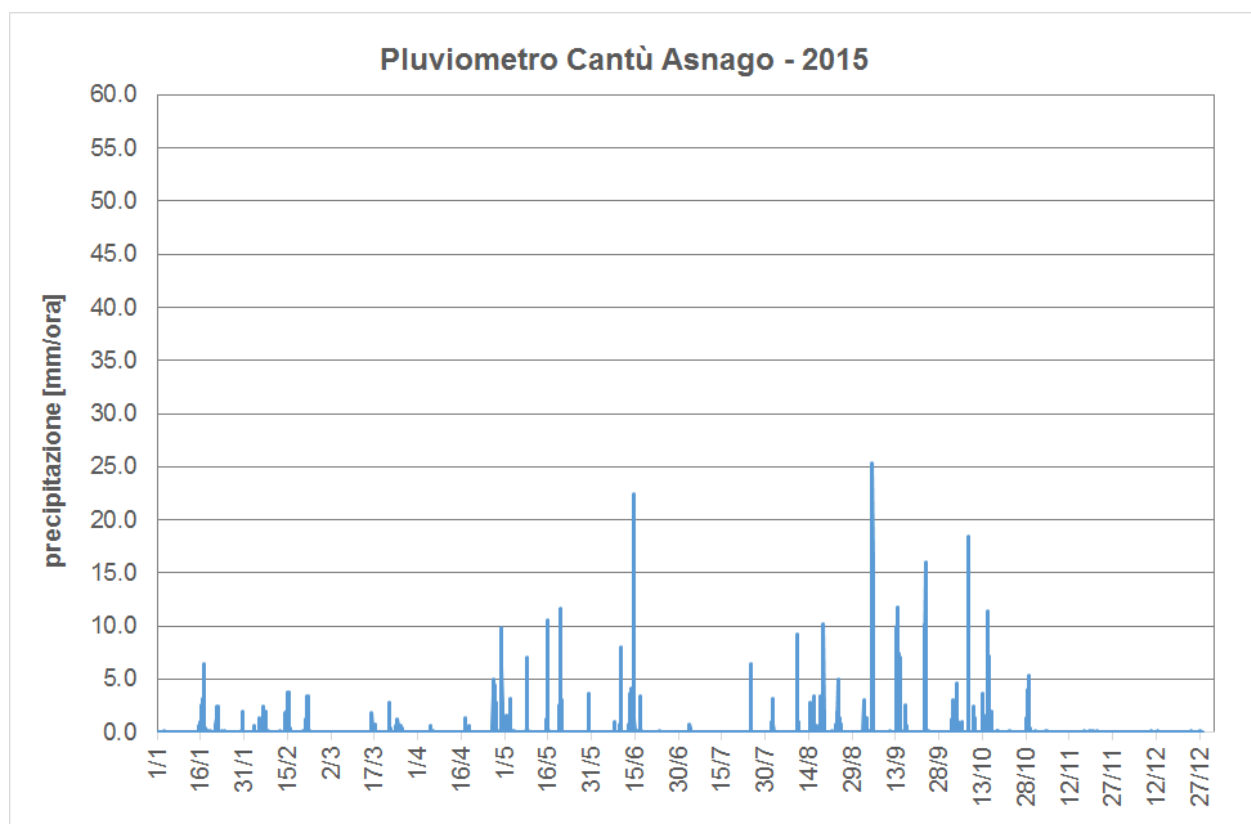


Figura 56 – Dati registrati dal pluviometro di Cantù Asnago - 2015

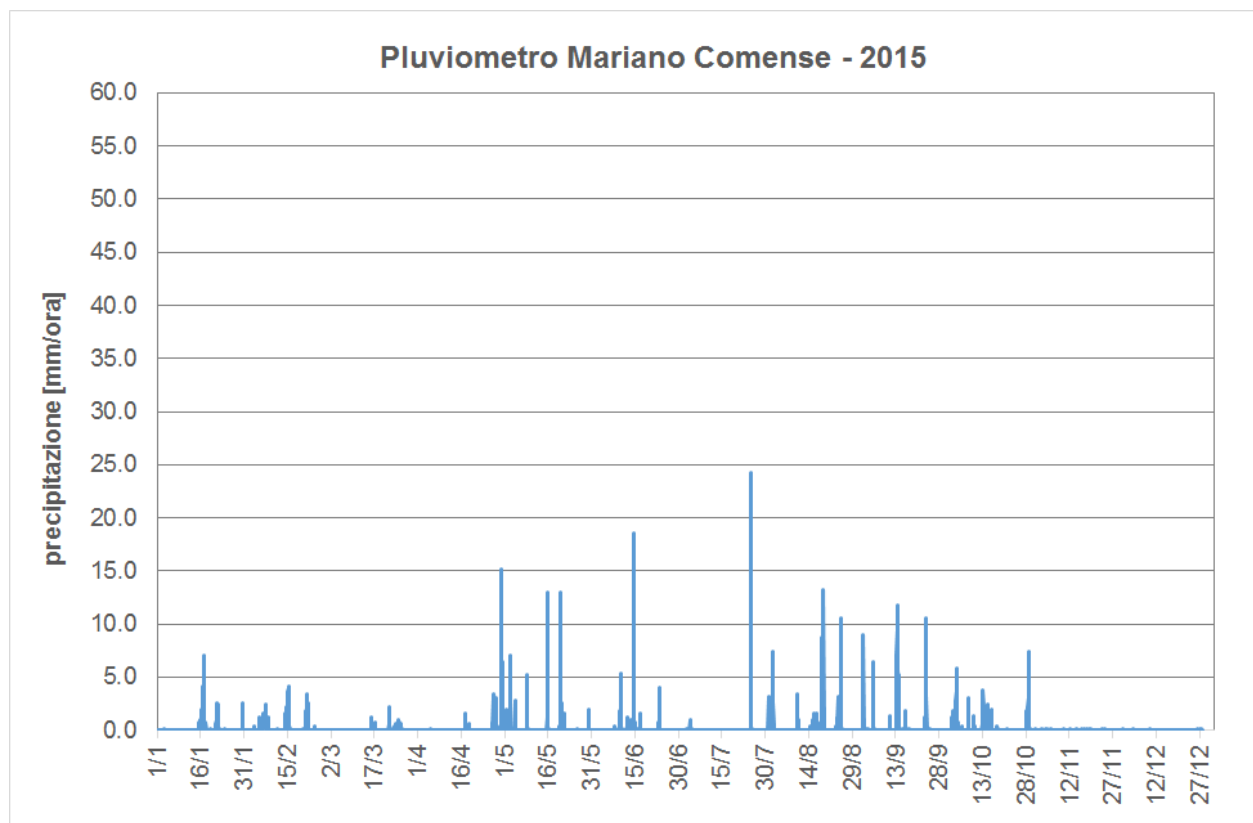


Figura 57 – Dati registrati dal pluviometro di Mariano Comense - 2015

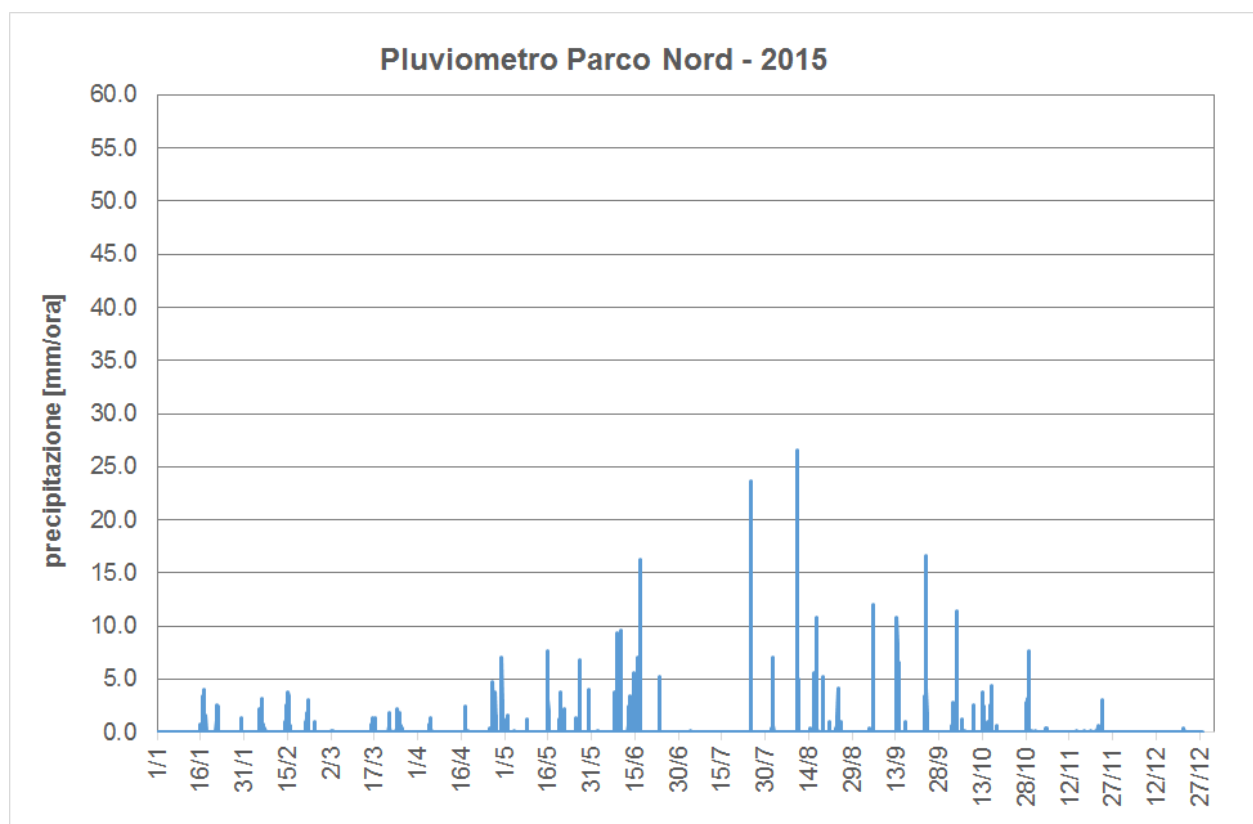


Figura 58 – Dati registrati dal pluviometro di Parco Nord - Milano - 2015

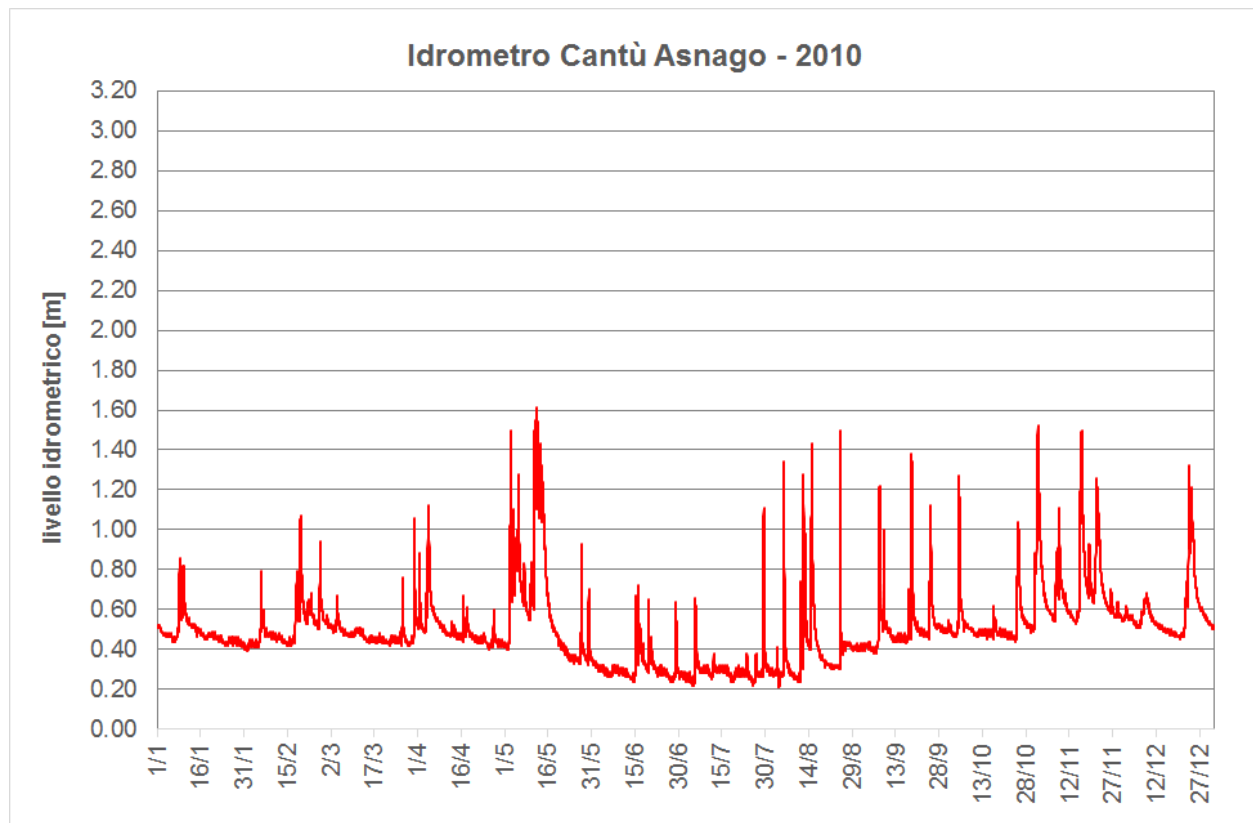


Figura 59 – Dati registrati dall'idrometro di Cantù Asnago – 2010

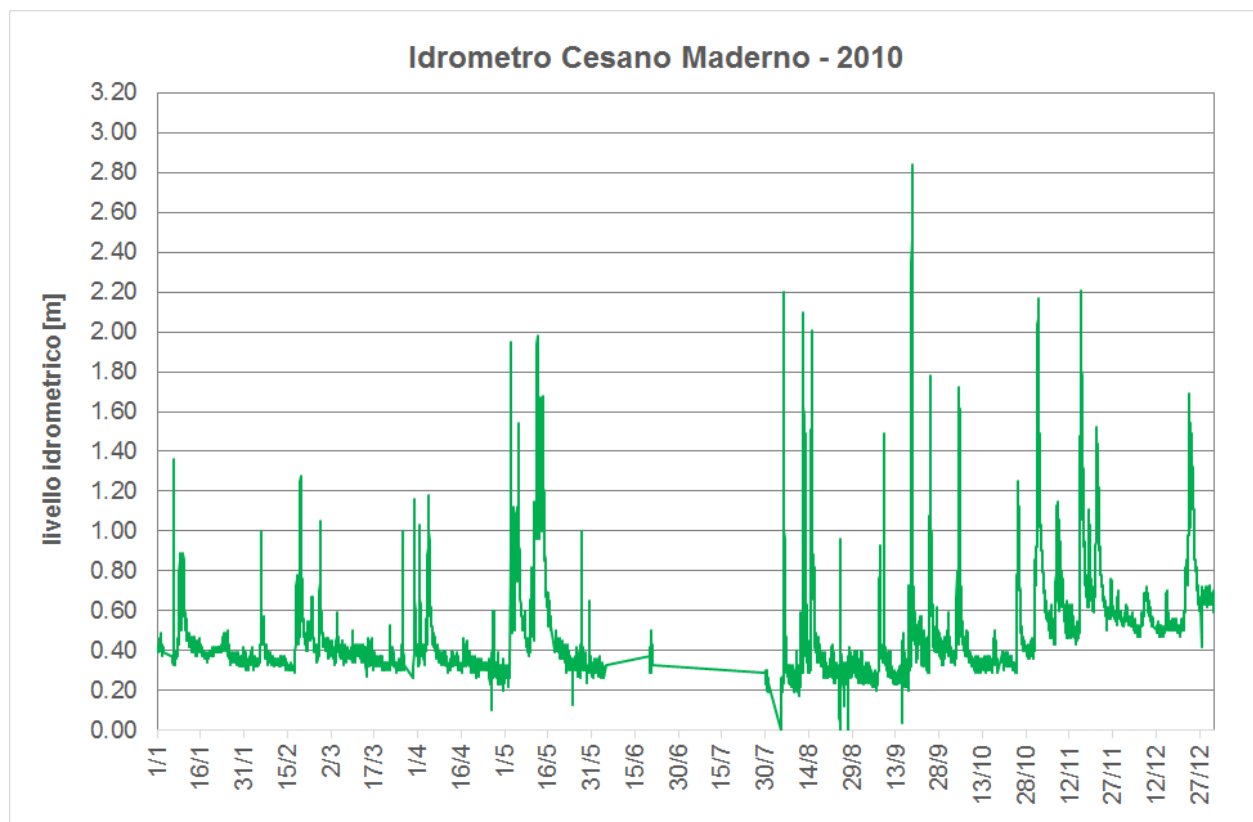


Figura 60 – Dati registrati dall'idrometro di Cesano Maderno – 2010

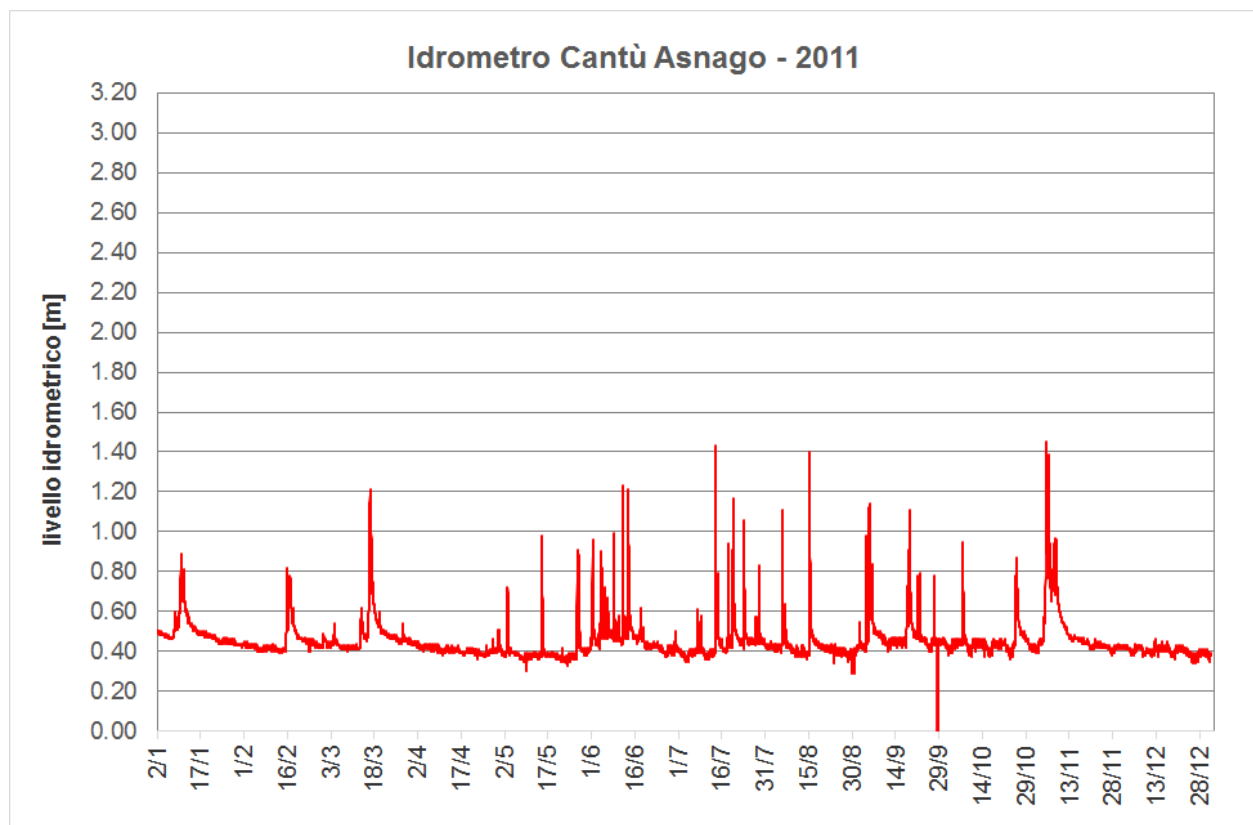


Figura 61 – Dati registrati dall'idrometro di Cantù Asnago – 2011

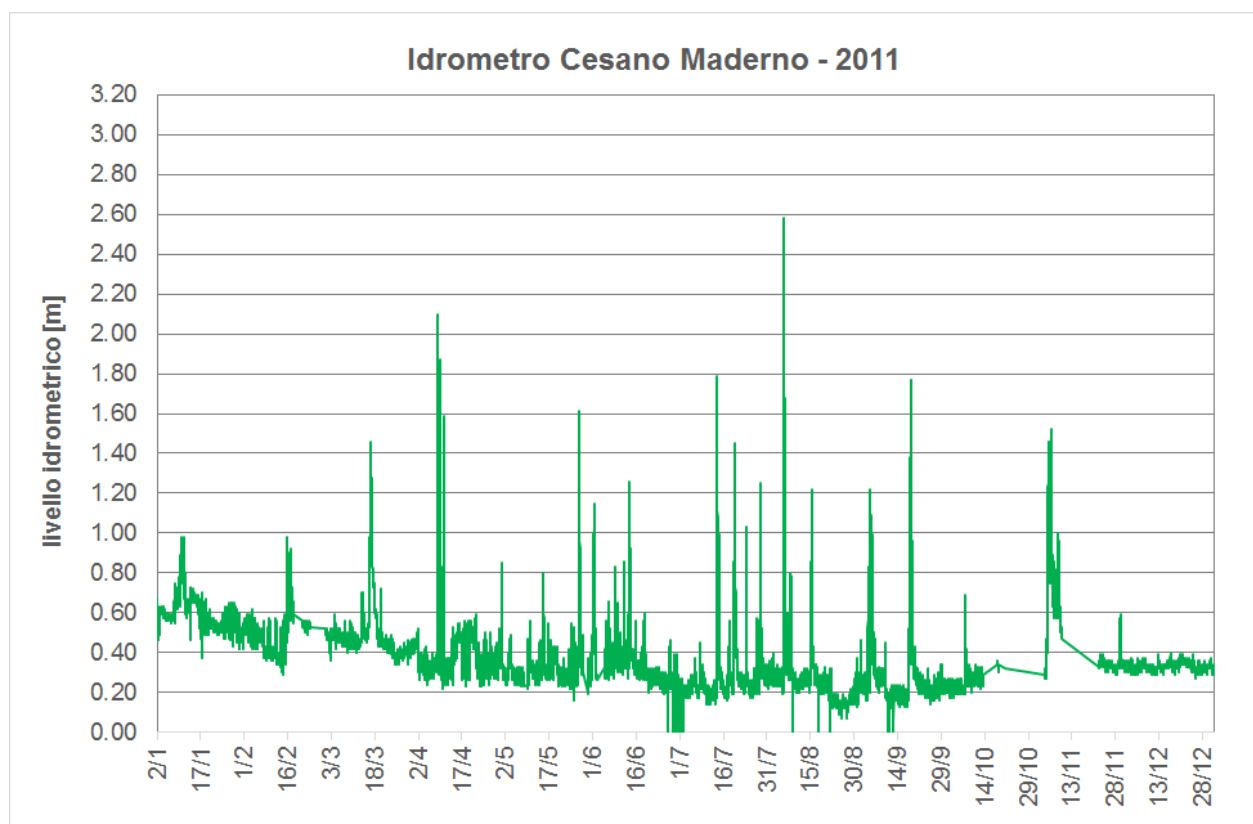


Figura 62 – Dati registrati dall'idrometro di Cesano Maderno – 2011

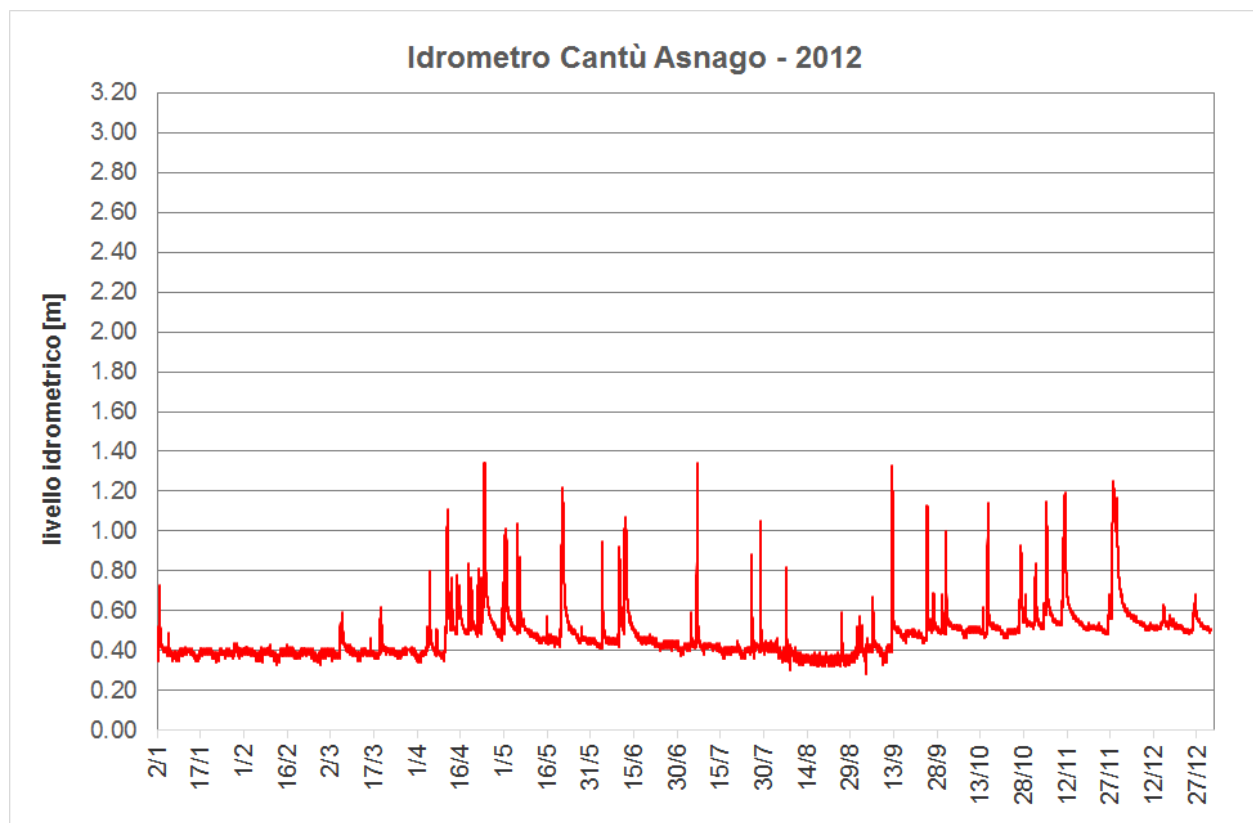


Figura 63 – Dati registrati dall'idrometro di Cantù Asnago – 2012

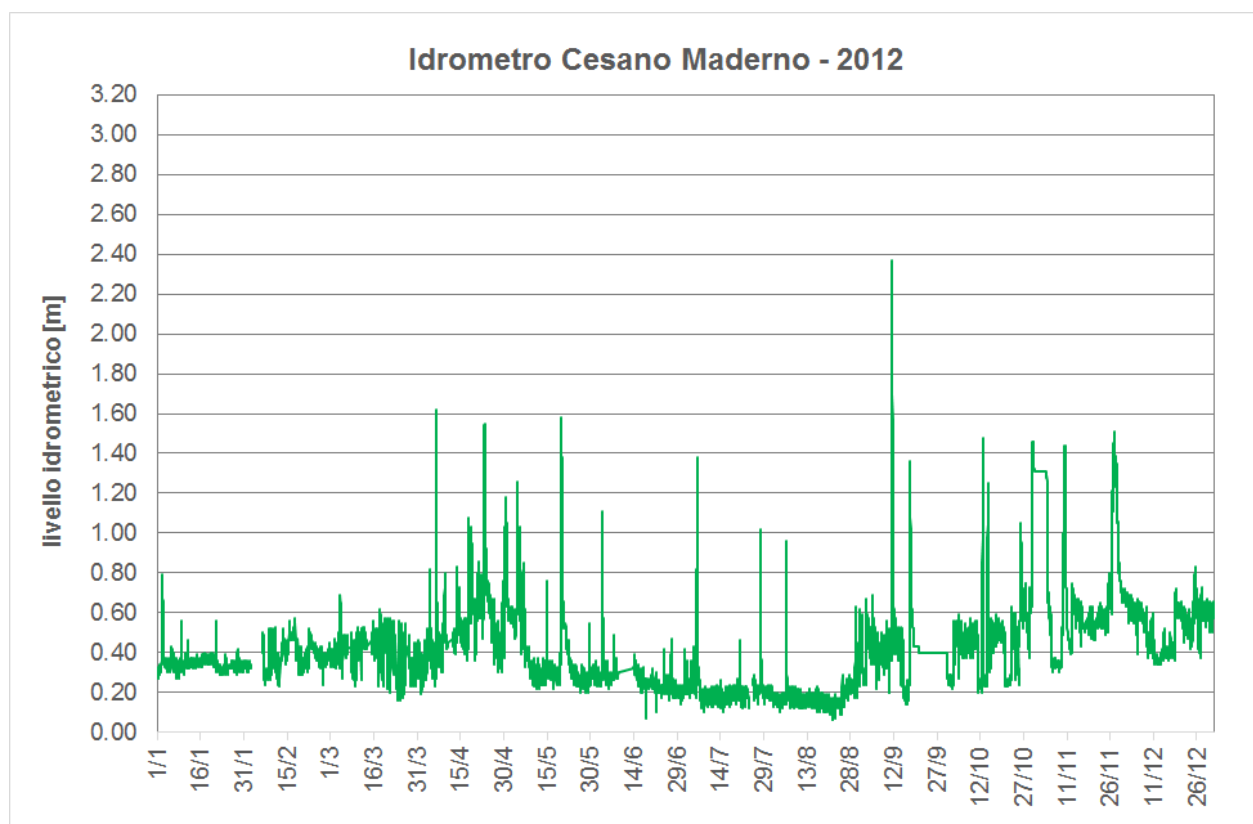


Figura 64 – Dati registrati dall'idrometro di Cesano Maderno – 2012

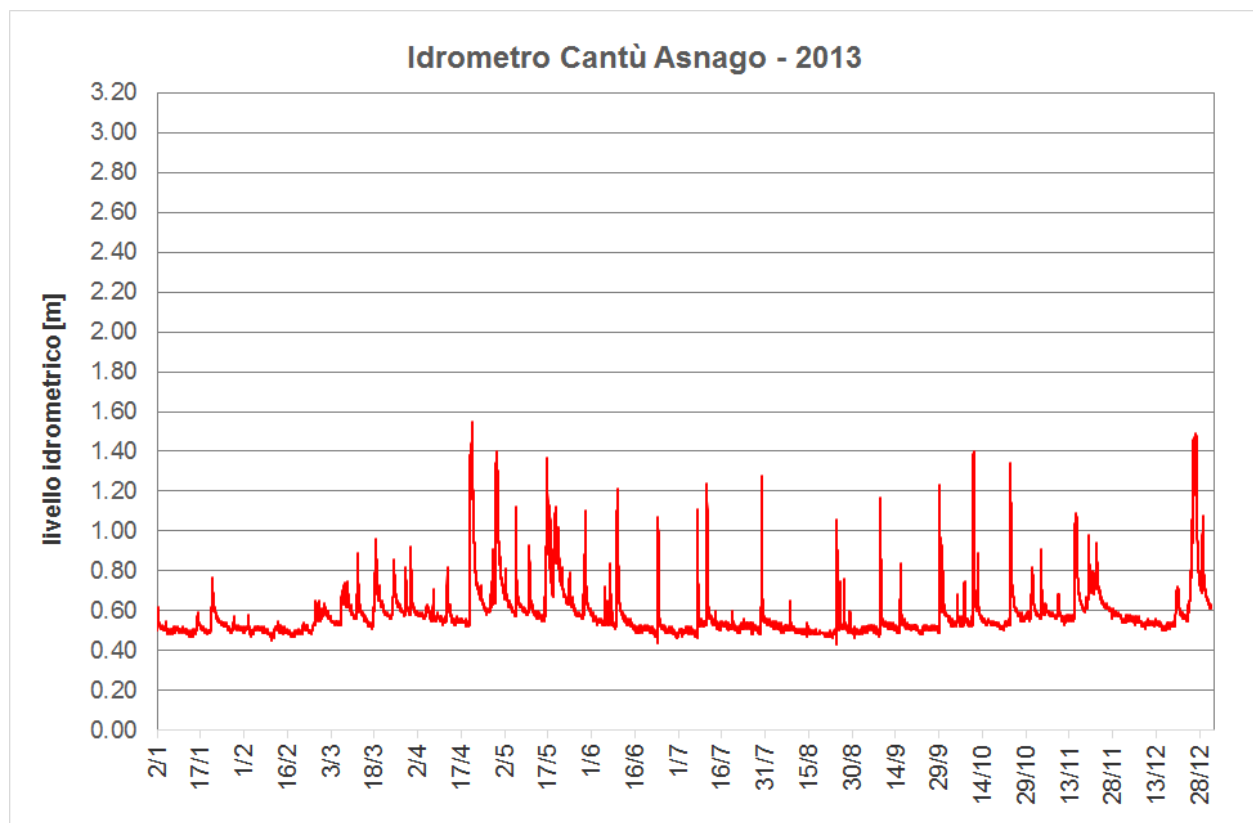


Figura 65 – Dati registrati dall'idrometro di Cantù Asnago – 2013

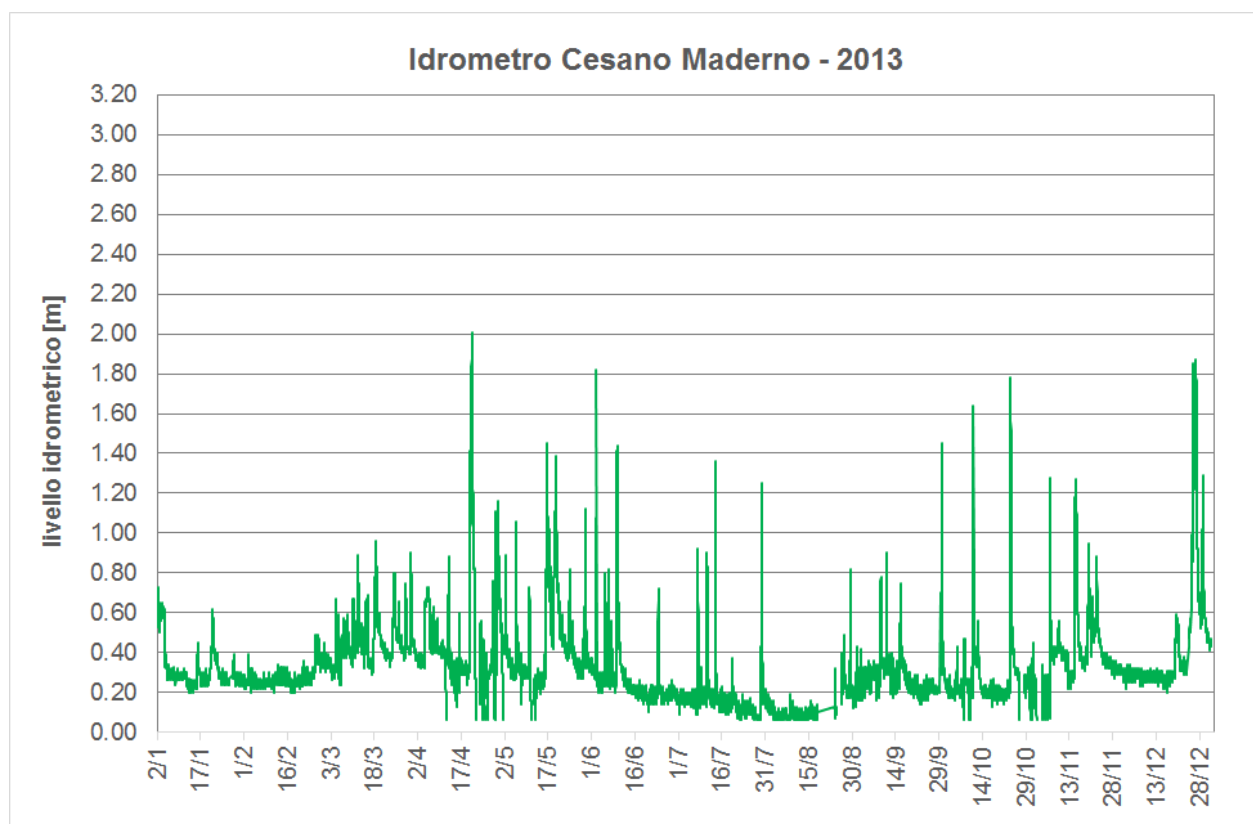


Figura 66 – Dati registrati dall'idrometro di Cesano Maderno – 2013

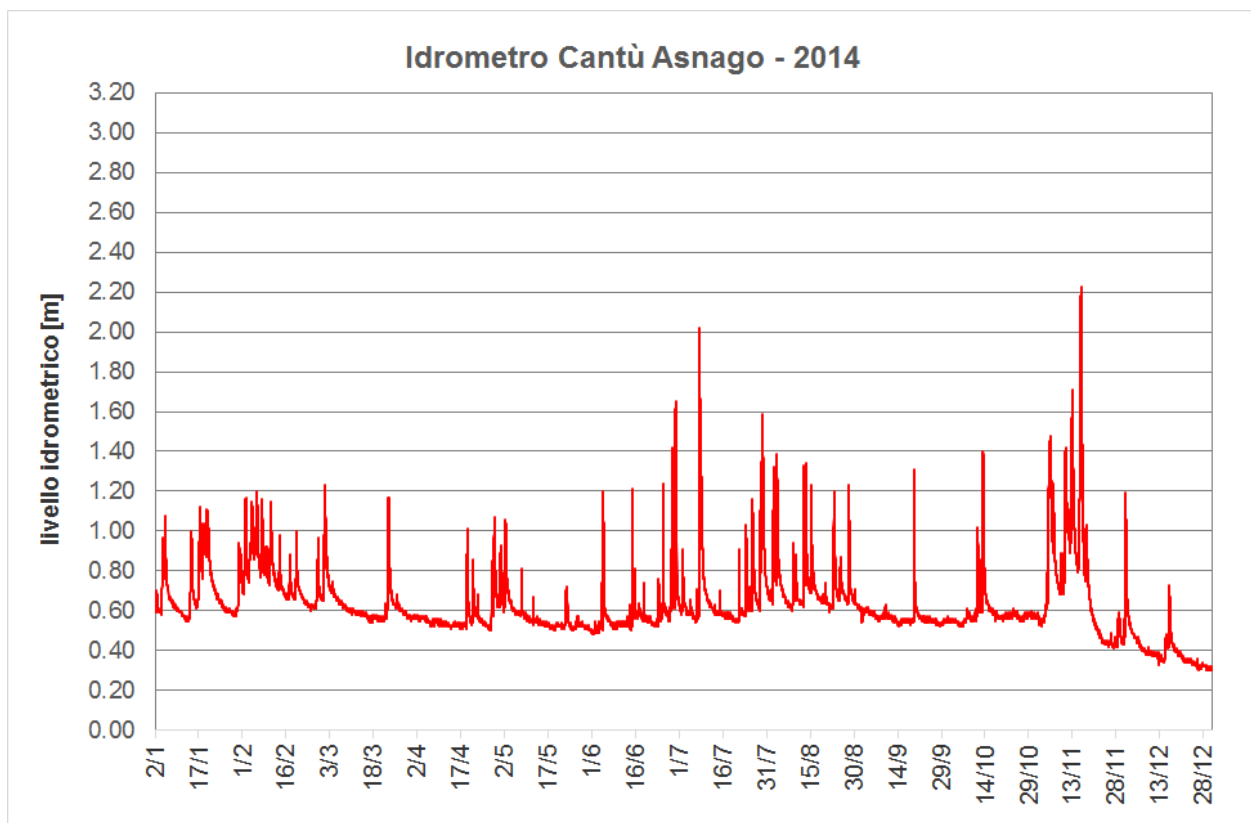


Figura 67 – Dati registrati dall'idrometro di Cantù Asnago – 2014

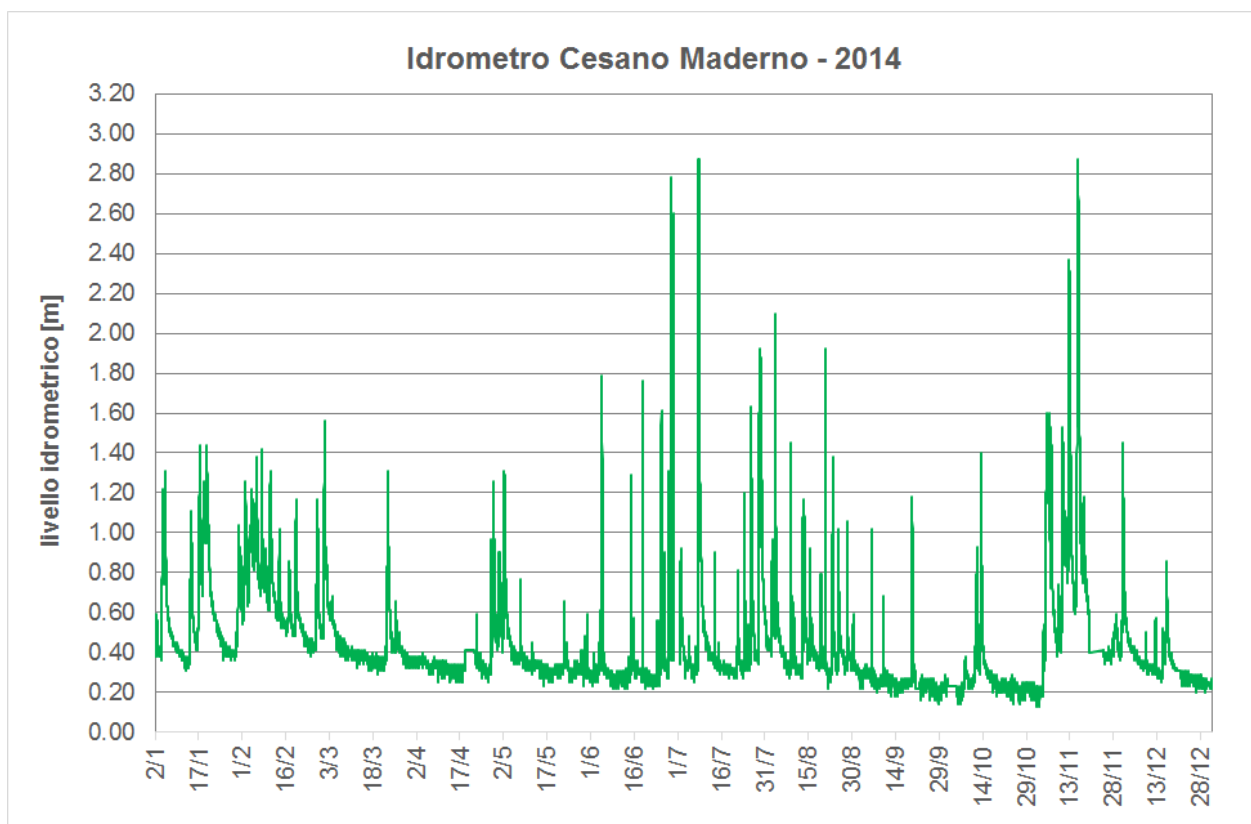


Figura 68 – Dati registrati dall'idrometro di Cesano Maderno – 2014

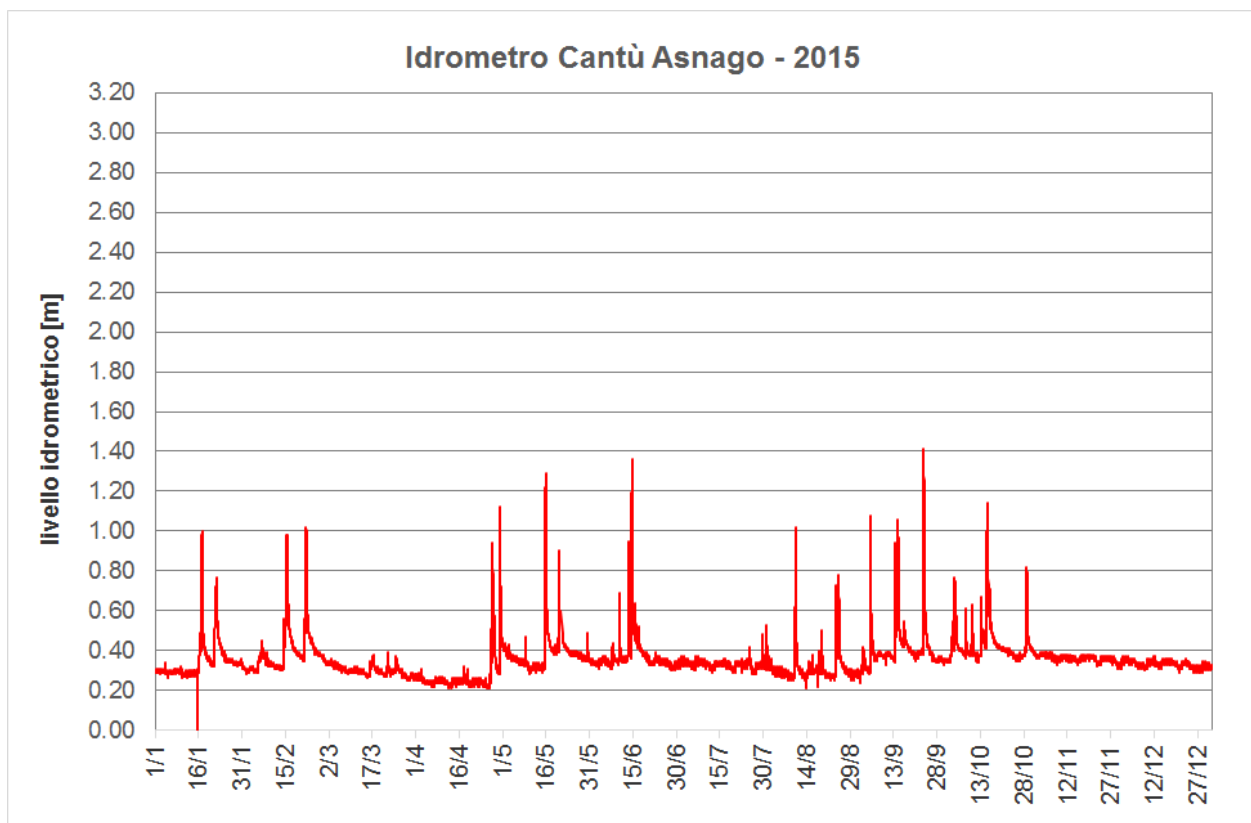


Figura 69 – Dati registrati dall'idrometro di Cantù Asnago - 2015

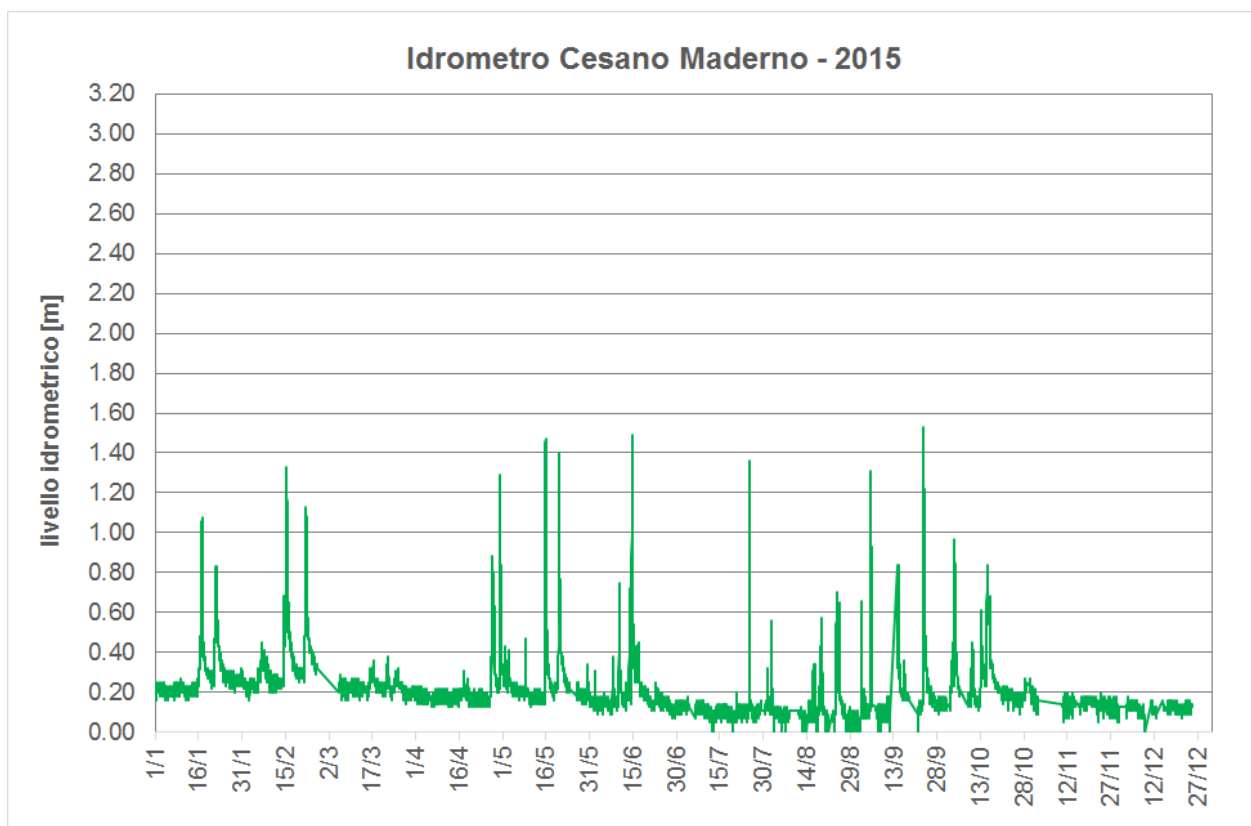


Figura 70 – Dati registrati dall'idrometro di Cesano Maderno - 2015

La simulazione degli eventi reali è stata condotta in continuo, quindi introducendo nel modello come “evento unico” l'intera serie pluviometrica dei cinque anni 2010-2015, per poter tenere in conto degli effetti indotti dalla sequenza reale degli eventi pluviometrici sullo stato di umidità del suolo, che a sua volta influenza il processo di trasformazione afflussi/deflussi, la dinamica delle perdite idrologiche di infiltrazione ed evapotraspirazione e quindi la portata che si genera nel sottobacino e che si immette nel corso d'acqua.

Infatti, la portata generata in un determinato sottobacino dipende non solo dall'entità della precipitazione, ma anche dalla condizione di umidità del suolo che si ha in occasione di un determinato evento; la portata defluente verso il corso d'acqua, oltre ad essere proporzionale all'entità della precipitazione, cresce con il contenuto di umidità del suolo.

Avendo dunque scelto la procedura modellistica dell'evento unico, i parametri di default che caratterizzano il modello sono fissati una volta per tutte, mentre le grandezze che caratterizzano lo stato istantaneo delle varie componenti idrologiche evolvono per effetto della dinamica pluviometrica in input e delle dinamiche simulate con i vari algoritmi di calcolo senza alcun intervento da parte dell'operatore. La taratura del modello è quindi unica per l'intero periodo simulato di 6 anni.

La taratura è stata effettuata modificando alcuni dei parametri del modello idrologico NAM di MIKE11 già definiti nel **modello-Seveso-2011**. I valori sono stati variati in modo tale che i risultati delle simulazioni degli eventi reali siano il più possibile aderenti a quanto realmente si è verificato lungo l'asta del T. Seveso. In particolare, la verifica della taratura del modello si è basata sul confronto tra i tiranti idrici simulati e registrati in corrispondenza degli idrometri di Cantù Asnago e Cesano Maderno.

Nel modello idrologico NAM, come già specificato nel precedente paragrafo 2.4.1, la quantità d'acqua nel suolo è simulata con un serbatoio (denominato L), di capacità massima L_{max} e con grado di umidità variabile nel tempo $L(t)/L_{max}$ (valore compreso tra 0, suolo completamente asciutto, e 1, suolo totalmente saturo).

La variabilità dell'umidità $L(t)/L_{max}$, che influisce sulla portata defluente verso il corso d'acqua, cresce con l'apporto meteorico e si riduce solo per effetto dell'evapotraspirazione.

Nel caso in oggetto, la riduzione del grado di umidità in funzione dell'evapotraspirazione è stata assunta, per semplicità, costante nel tempo e con un tasso annuo pari a 100 mm (valore equivalente al parametro L_{max} assunto per ciascun sottobacino naturale).

Si sottolinea che il grado di umidità del suolo $L(t)/L_{max}$ all'istante iniziale della serie ($t=0$) è stato posto pari a 0 (terreno secco), per cui si ha un periodo iniziale in cui i livelli idrici ricavati dal modello sono molto più bassi dei livelli registrati, a causa della sovrastima delle perdite per infiltrazione rispetto alle condizioni reali. Quindi la simulazione del primo periodo del 2010 è servita come fase di avviamento della ricostruzione onde portare le condizioni di umidità dei bacini più prossime a quelle reali.

I parametri del modello NAM individuati in seguito alla nuova taratura così aggiornata sono indicati nella seguente Tabella 5.

Tabella 5 – Parametri del modello idrologico NAM di MIKE11 in seguito all'aggiornamento della taratura

Name	Umax	Lmax	CQOF	CKIF	CK1,2	TOF	TIF
SEV1A	10	100	0.32	48	2.3	0	0
SEV1B	10	100	0.3	48	3.4	0	0
SEV1C	10	100	0.33	48	2.5	0	0
SEV1D	10	100	0.32	48	2.3	0	0
SEV2	10	100	0.34	48	2.5	0	0
SEV3	10	100	0.32	48	1.9	0	0
ACQ	10	100	0.31	48	4	0	0
SEV4	10	100	0.3	48	1.6	0	0
ANT	10	100	0.35	48	4.5	0	0
SEV5	10	100	0.31	48	1.8	0	0
SEV6	10	100	0.32	48	2.3	0	0
SER	10	100	0.34	48	4.8	0	0
SEV7	10	100	0.3	48	4.1	0	0
SEV8	10	100	0.33	48	3.5	0	0
SEV9URB	10	5	0.3	1000	0.5	0	0
SEV10URB	10	5	0.3	1000	1.15	0	0
SEV11URB	10	5	0.3	1000	0.85	0	0
COM	10	100	0.31	48	5	0	0
SEV12URB	10	5	0.3	1000	0.8	0	0
SEV13URB	10	5	0.3	1000	0.55	0	0
SEV14URB	10	5	0.3	1000	0.8	0	0
SEV15URB	10	5	0.3	1000	0.85	0	0
SEV16URB	10	5	0.3	1000	0.8	0	0
SEV17URB	10	5	0.3	1000	0.9	0	0
SEV18URB	10	5	0.3	1000	0.7	0	0
SEV19URB	10	5	0.3	1000	1.2	0	0
SEV20URB	10	5	0.3	1000	0.5	0	0
SEV21URB	10	5	0.3	1000	1.8	0	0
SEV9NAT	10	150	0.3	48	10	0	0
SEV10NAT	10	150	0.3	48	10	0	0
SEV11NAT	10	150	0.3	48	10	0	0
SEV12NAT	10	150	0.3	48	10	0	0
SEV13NAT	10	150	0.3	48	10	0	0
SEV14NAT	10	150	0.3	48	10	0	0
SEV15NAT	10	150	0.3	48	10	0	0
SEV16NAT	10	150	0.3	48	10	0	0
SEV17NAT	10	150	0.3	48	10	0	0
SEV18NAT	10	150	0.3	48	10	0	0
SEV19NAT	10	150	0.3	48	10	0	0
SEV20NAT	10	150	0.3	48	10	0	0
SEV21NAT	10	150	0.3	48	10	0	0
CER1	10	100	0.32	48	4.5	0	0
CER3NAT	10	100	0.32	48	2.7	0	0
TER	10	100	0.3	48	3.2	0	0
CER4URB	10	5	0.3	1000	1	0	0
CER3URB	10	5	0.3	1000	0.9	0	0
CER2URB	10	5	0.3	1000	1.1	0	0
CER4NAT	10	150	0.3	48	10	0	0
CER2NAT	10	150	0.3	48	10	0	0
CER3NAT2	10	150	0.3	48	10	0	0

Nelle figure seguenti sono riportati, per l'intero periodo compreso tra il 01/01/2010 e il 31/12/2015, i confronti tra i tiranti idrici registrati dagli idrometri di Cantù Asnago e di Cesano Maderno e i rispettivi andamenti ricavati dal modello idrologico-idraulico del T. Seveso conseguente alla suddetta taratura aggiornata.

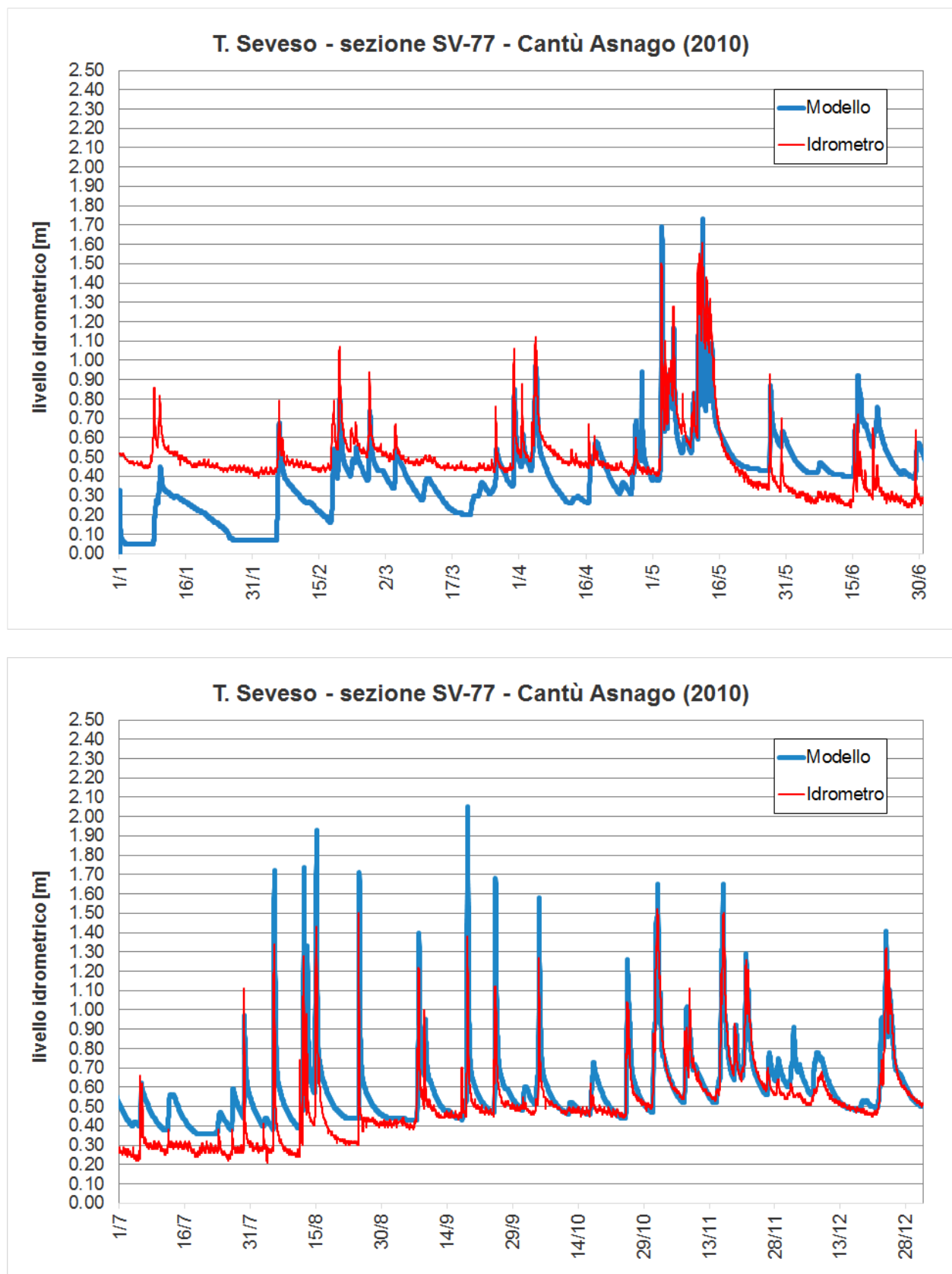


Figura 71 – Confronto tra i dati registrati dall'idrometro di Cantù Asnago e i risultati del modello – 2010

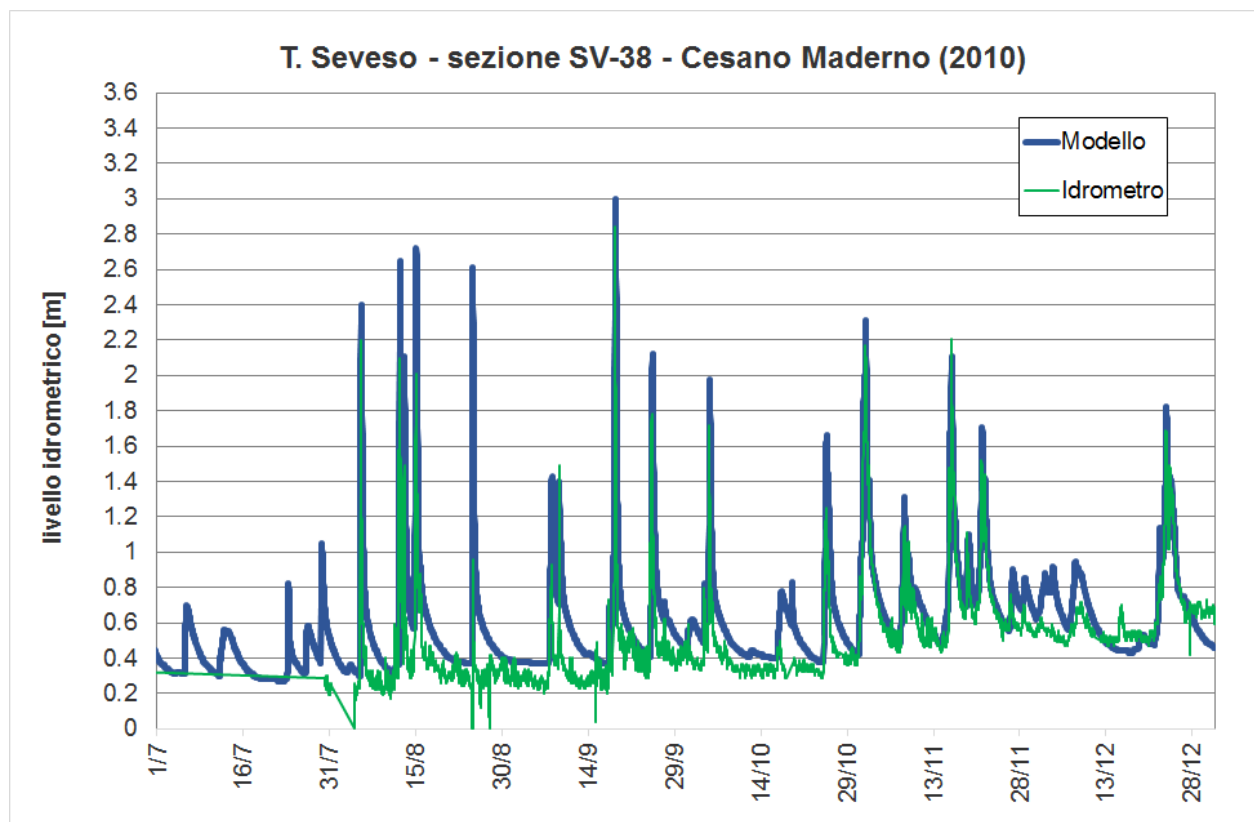
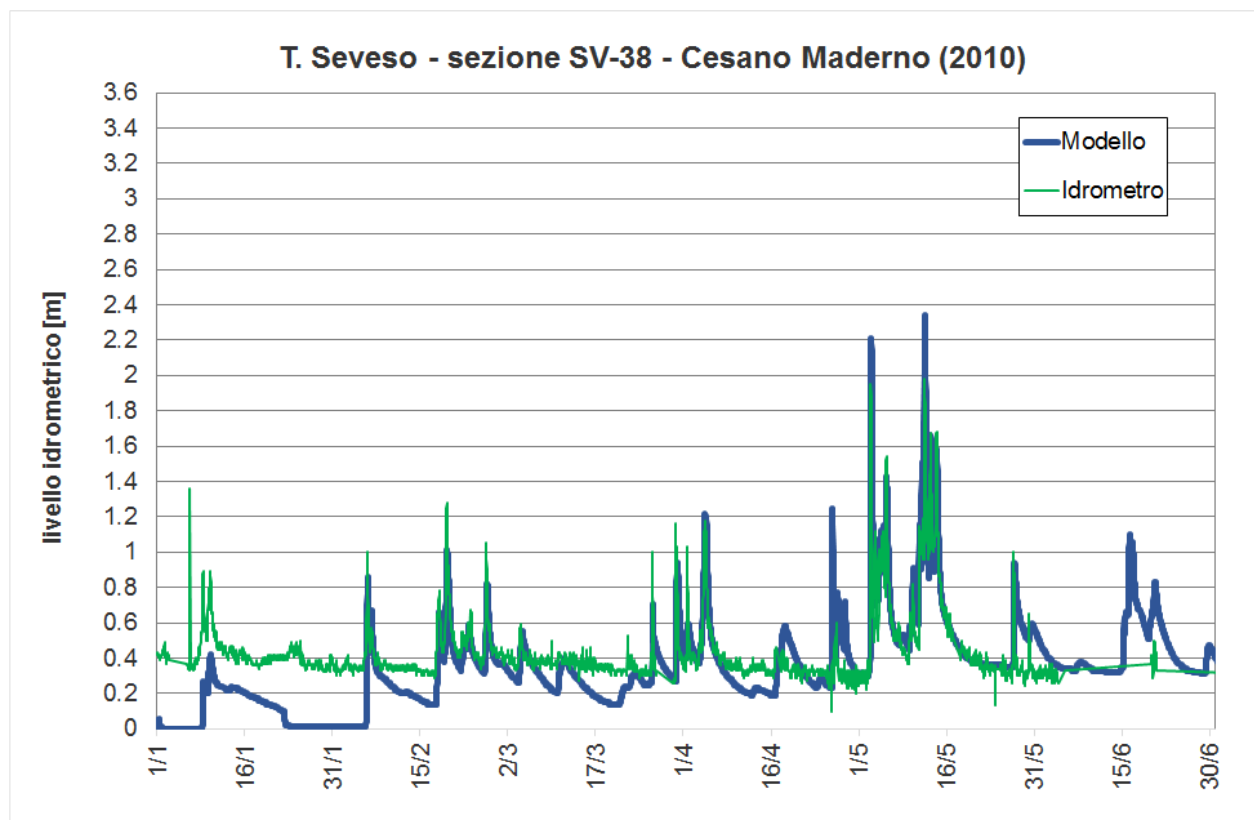


Figura 72 – Confronto tra i dati registrati dall'idrometro di Cesano Maderno e i risultati del modello – 2010

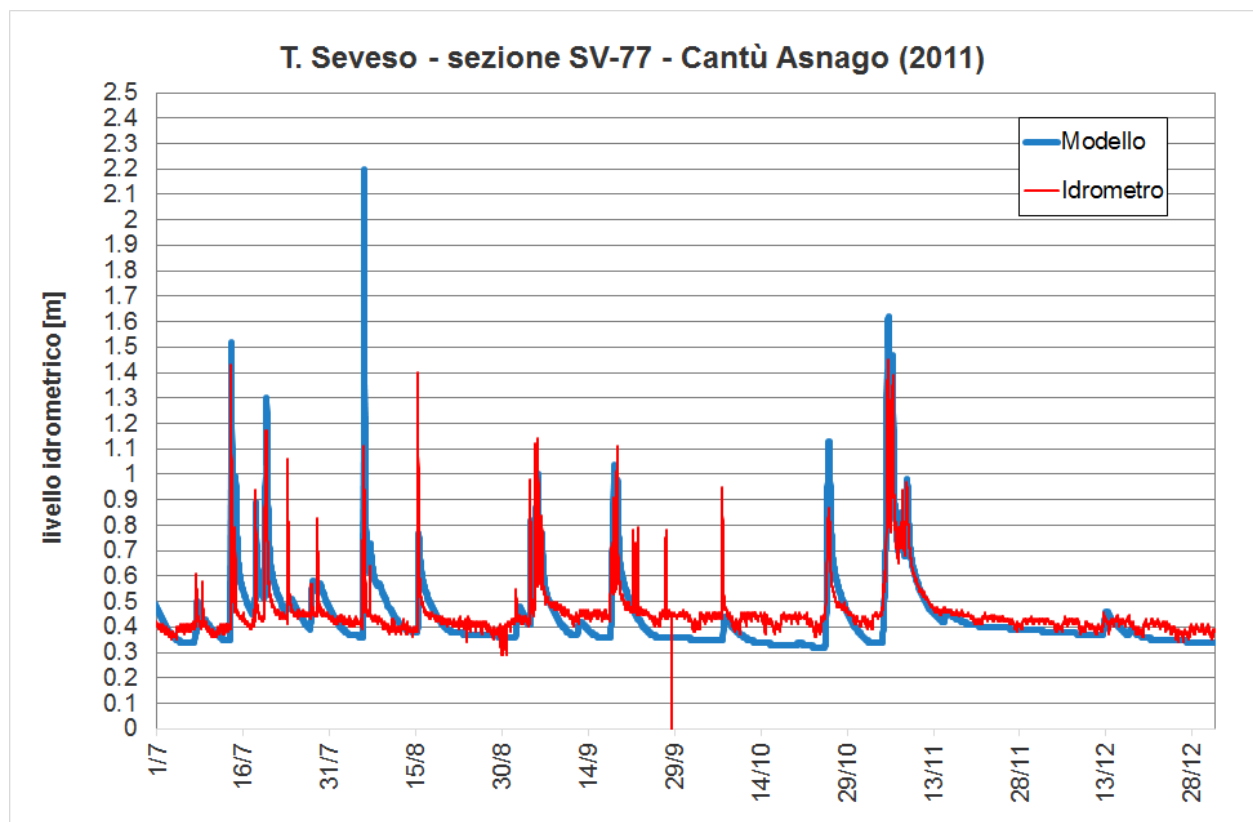
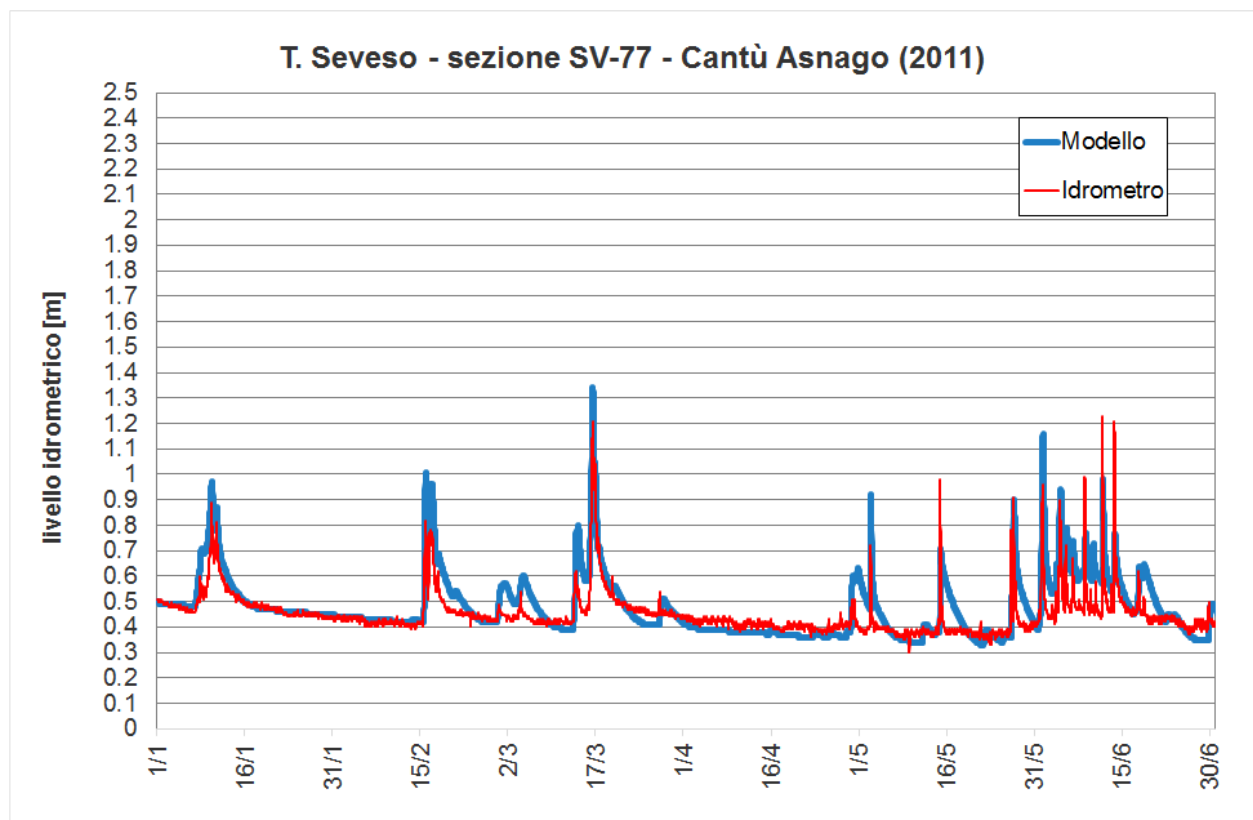


Figura 73 – Confronto tra i dati registrati dall'idrometro di Cantù Asnago e i risultati del modello – 2011

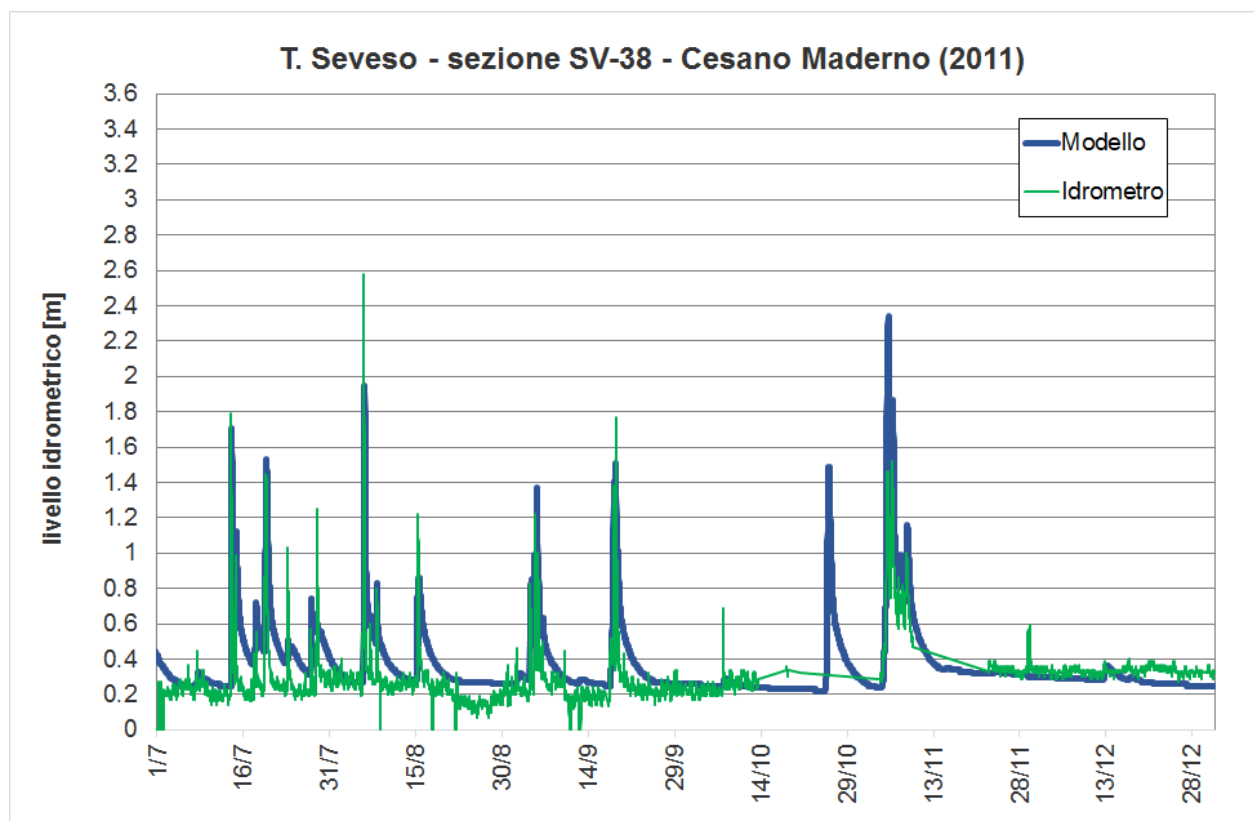
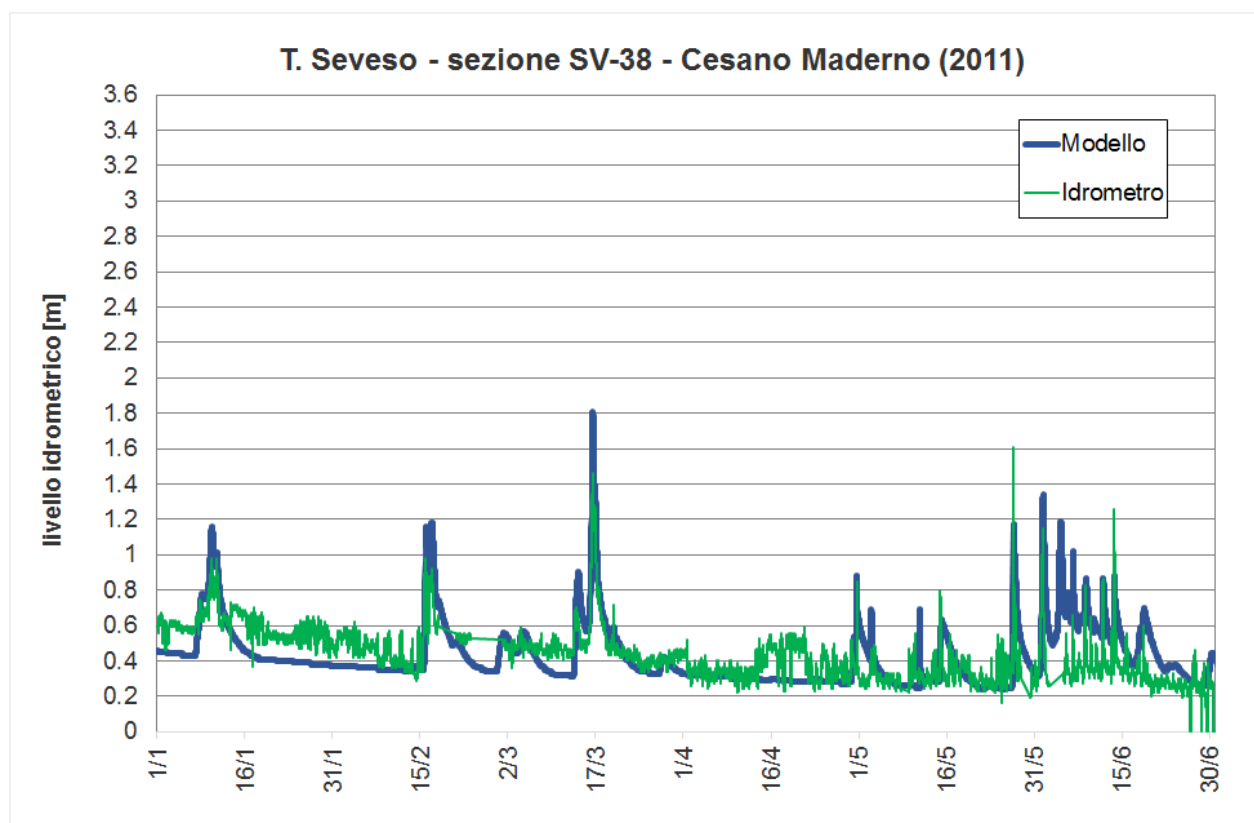


Figura 74 – Confronto tra i dati registrati dall'idrometro di Cesano Maderno e i risultati del modello – 2011

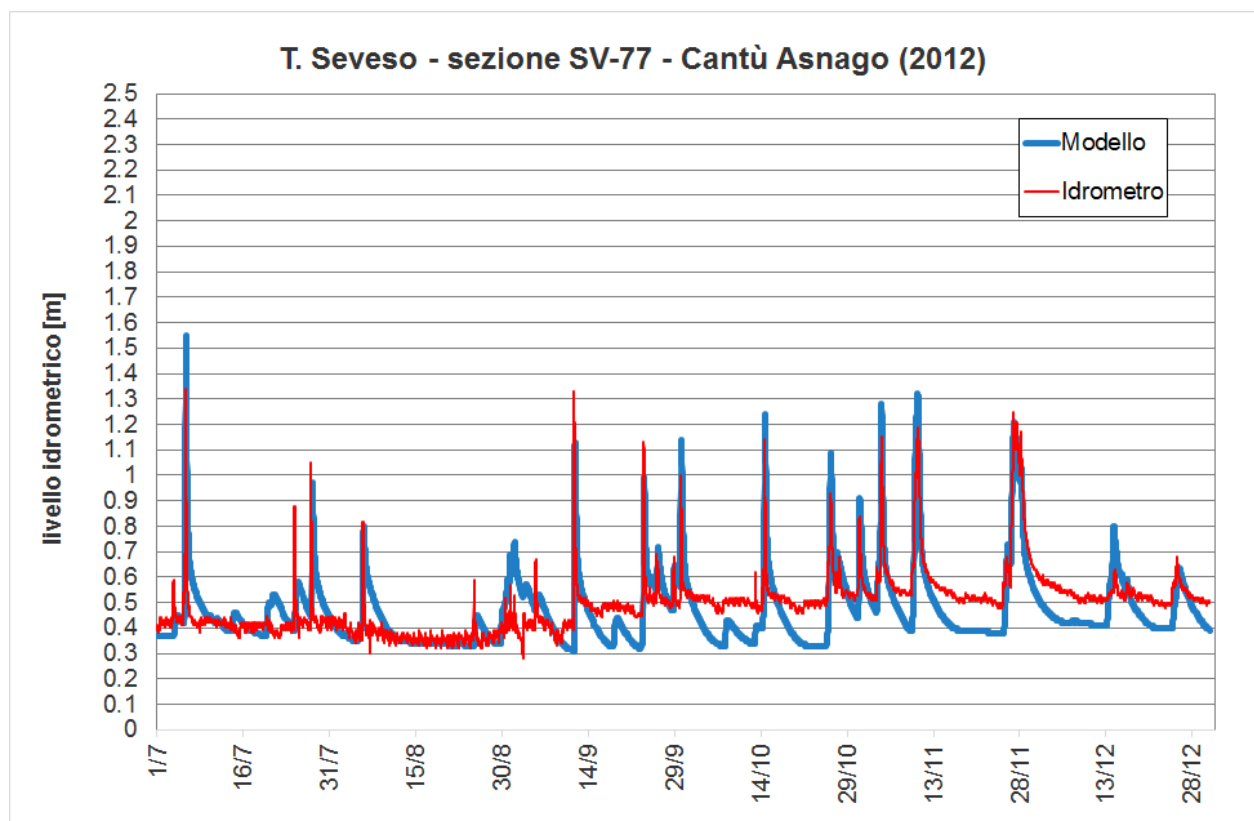
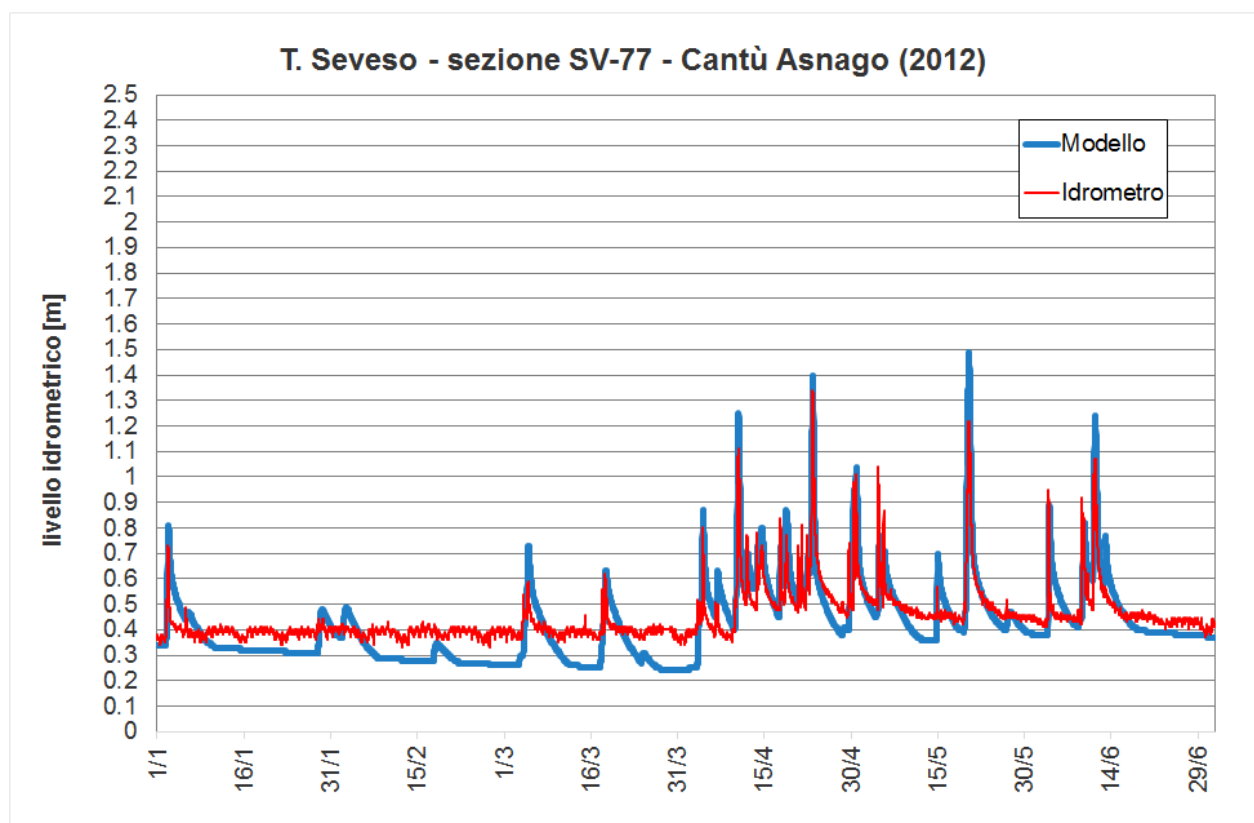


Figura 75 – Confronto tra i dati registrati dall'idrometro di Cantù Asnago e i risultati del modello – 2012

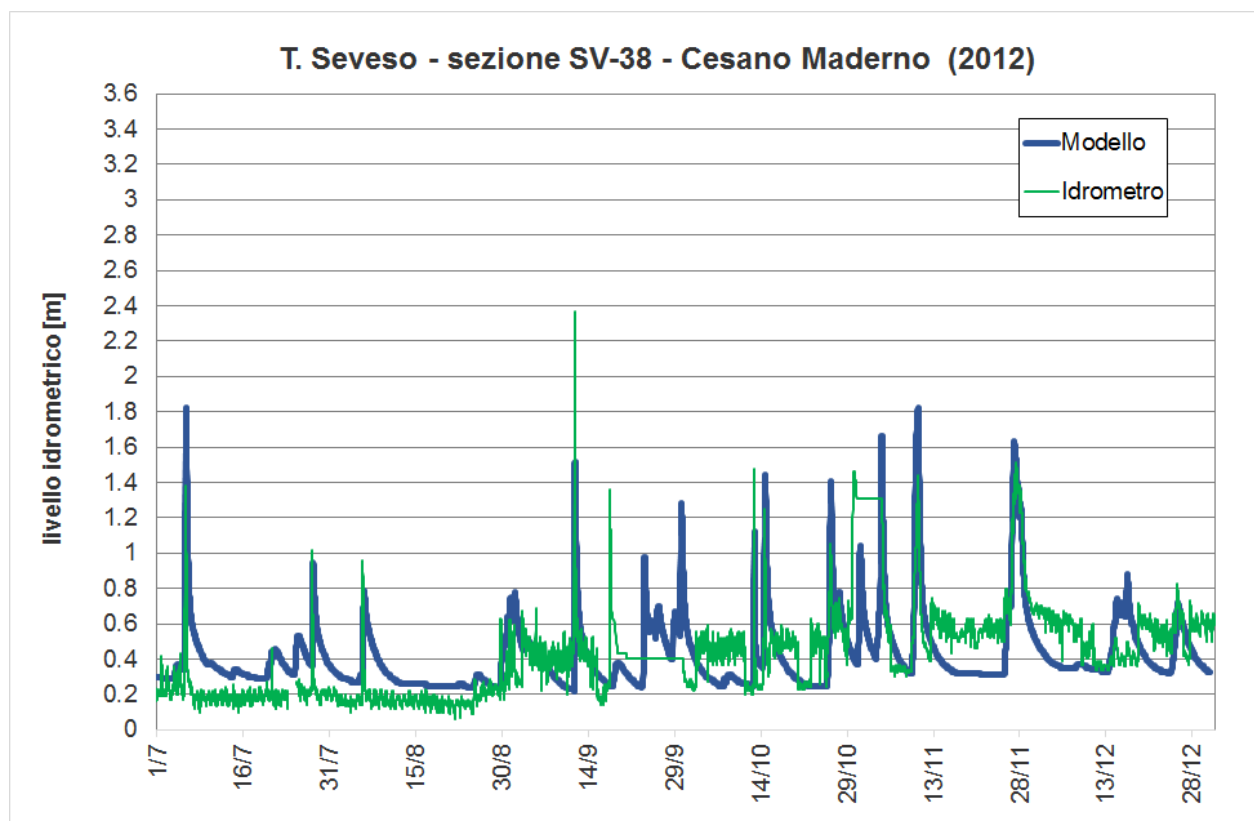
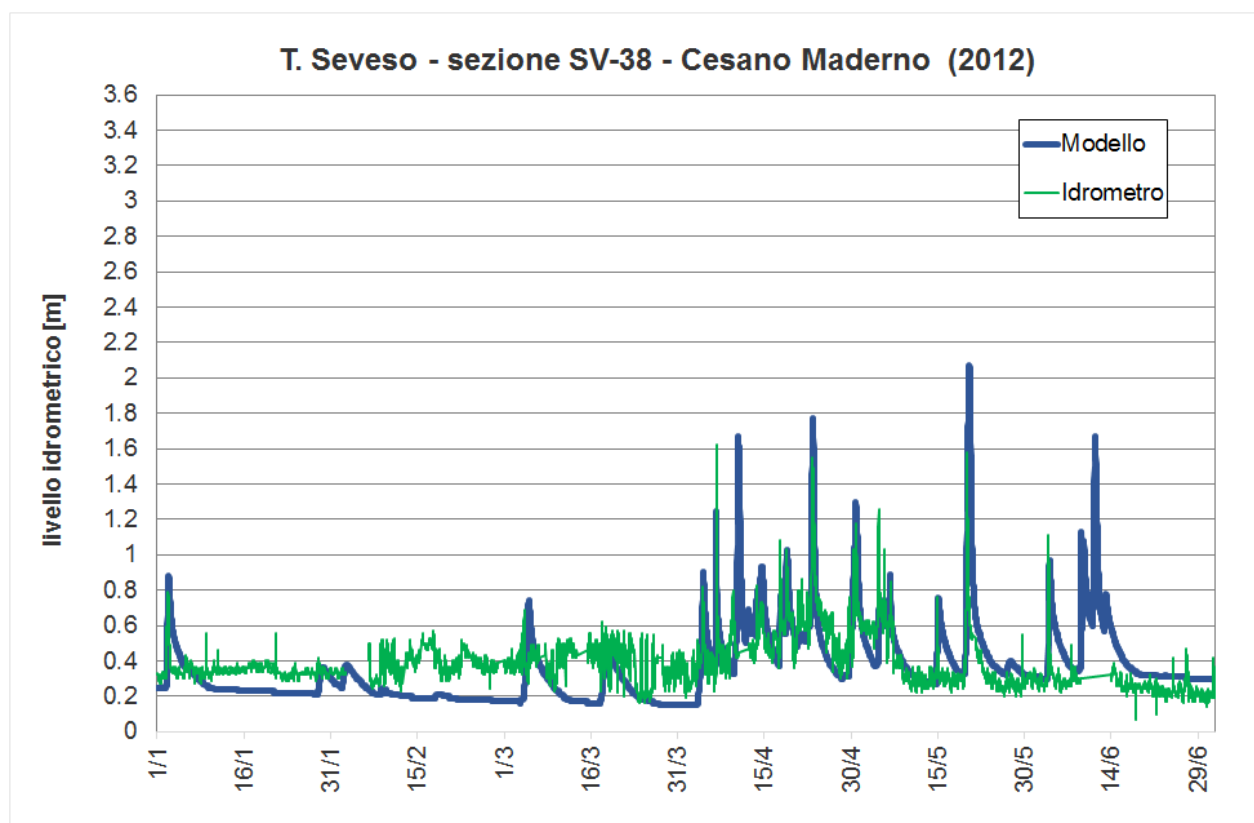


Figura 76 – Confronto tra i dati registrati dall'idrometro di Cesano Maderno e i risultati del modello – 2012

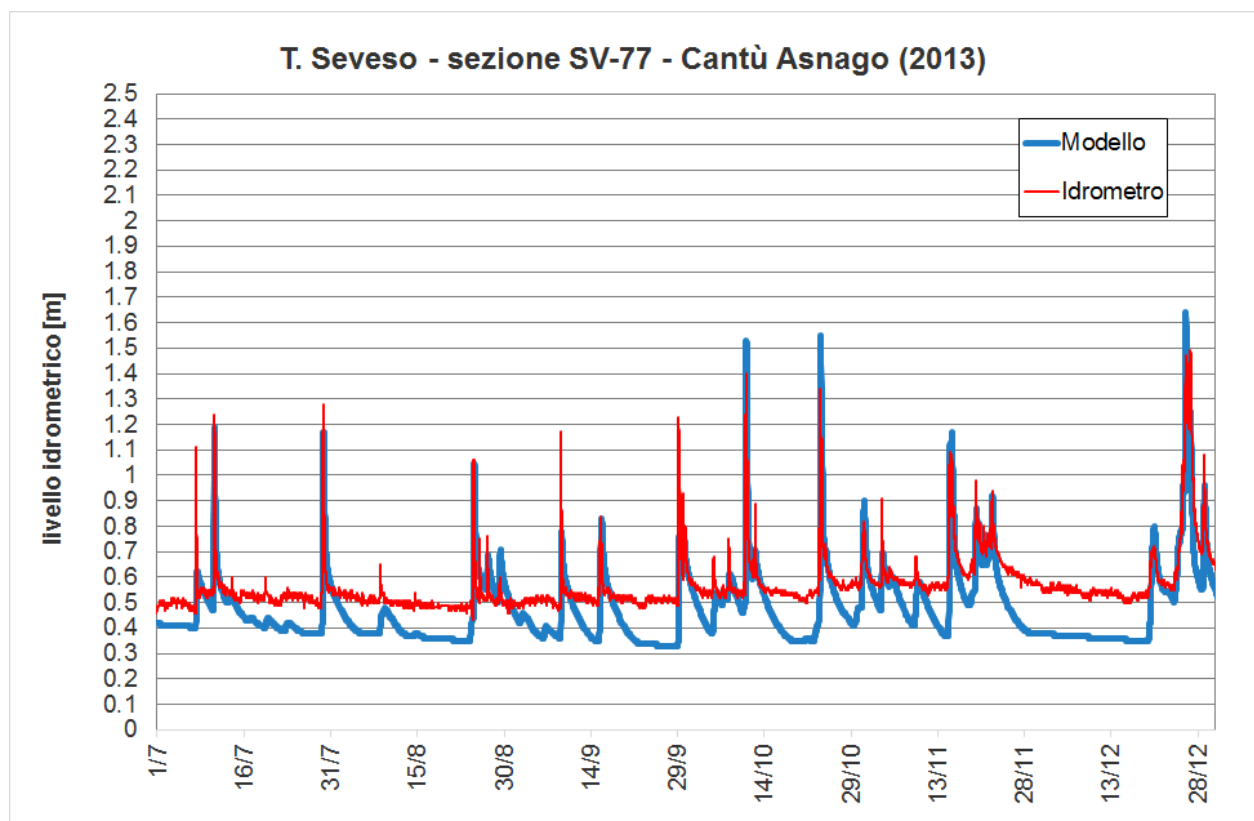
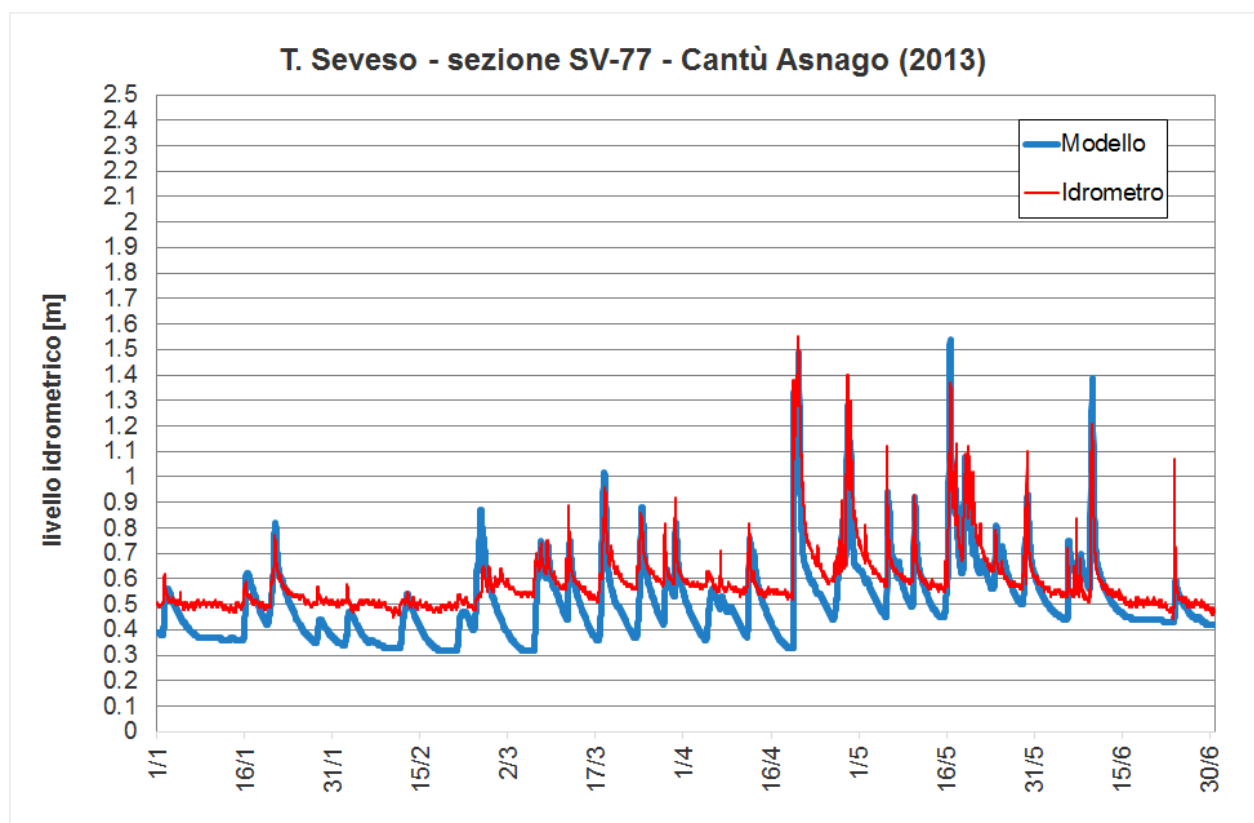


Figura 77 – Confronto tra i dati registrati dall'idrometro di Cantù Asnago e i risultati del modello – 2013

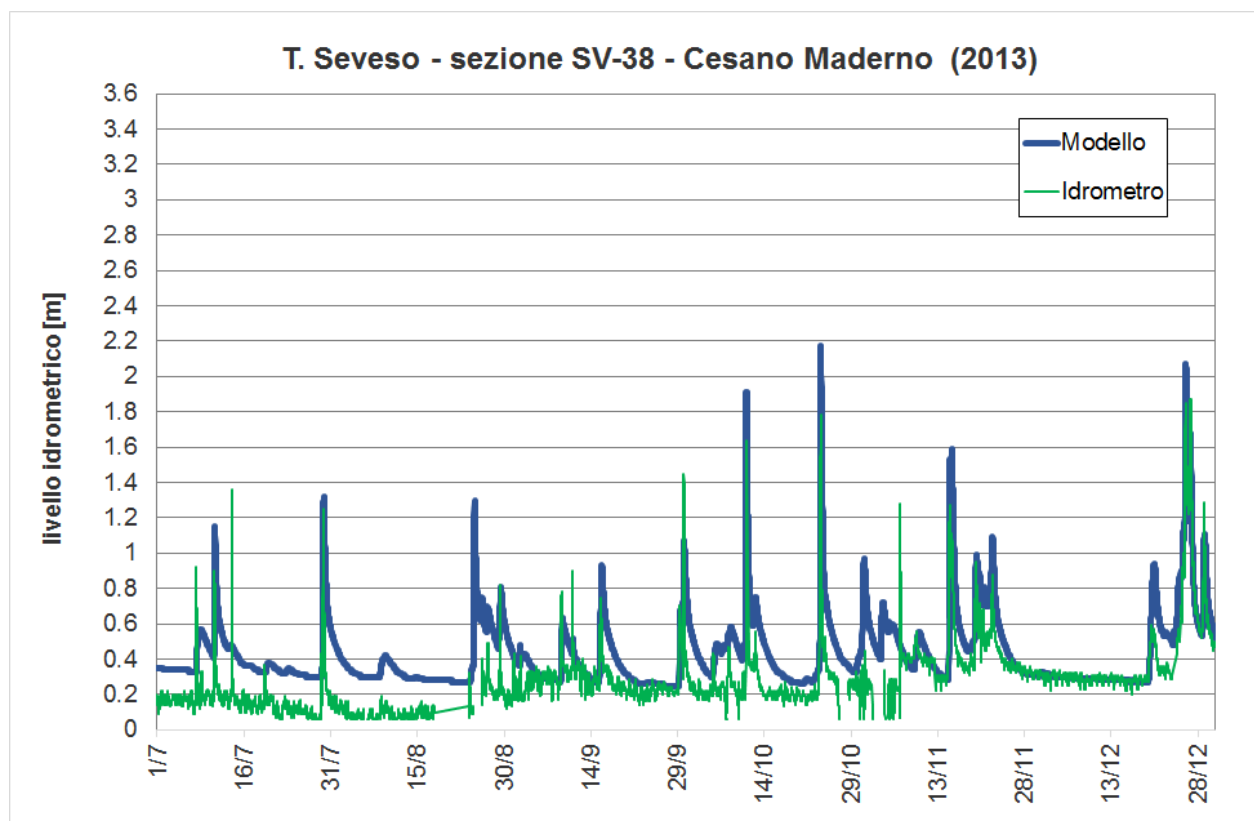
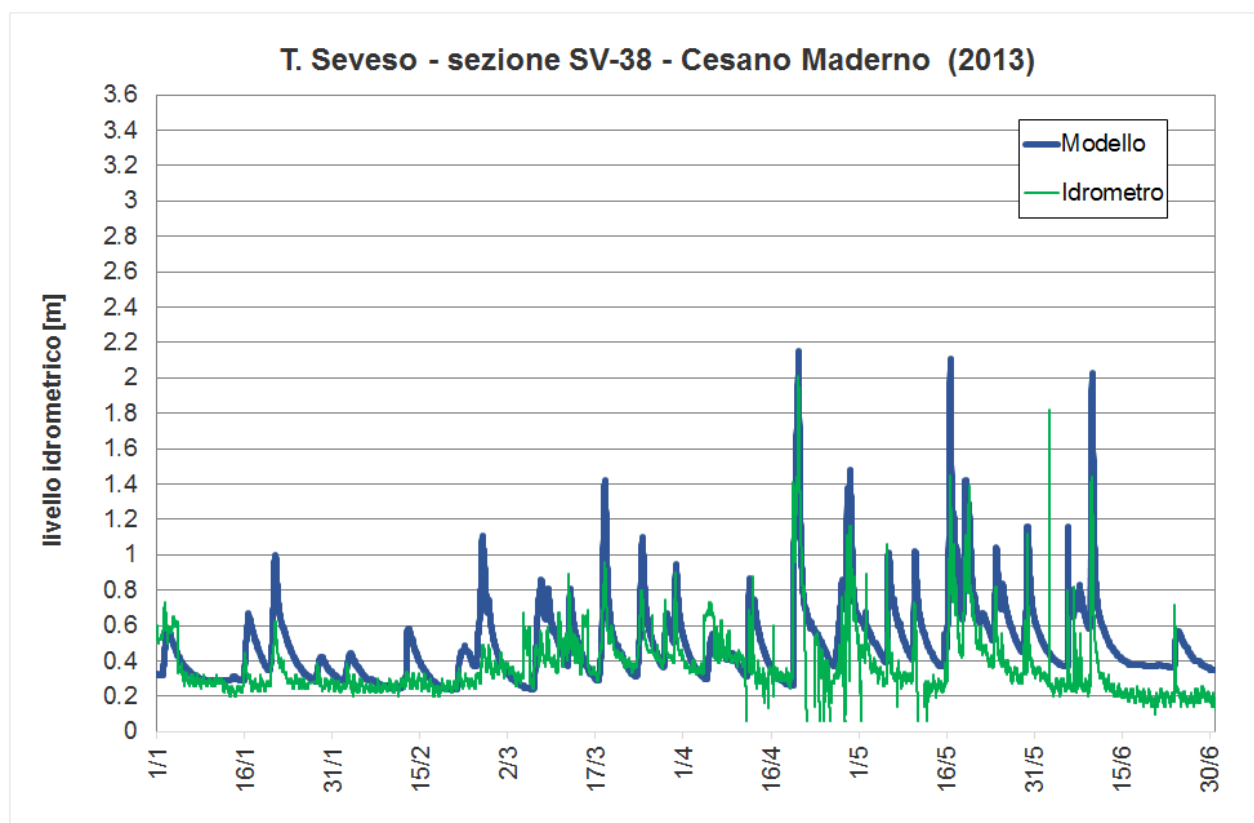


Figura 78 – Confronto tra i dati registrati dall'idrometro di Cesano Maderno e i risultati del modello – 2013

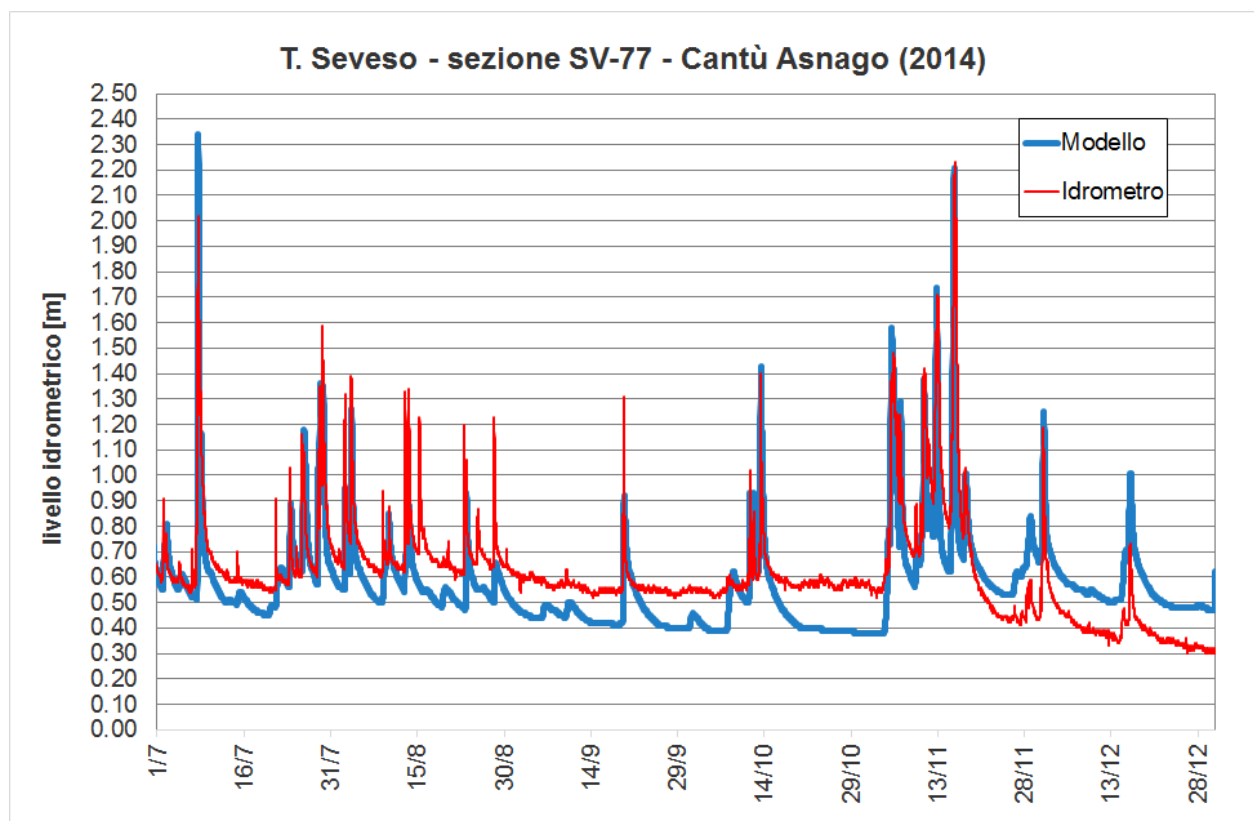
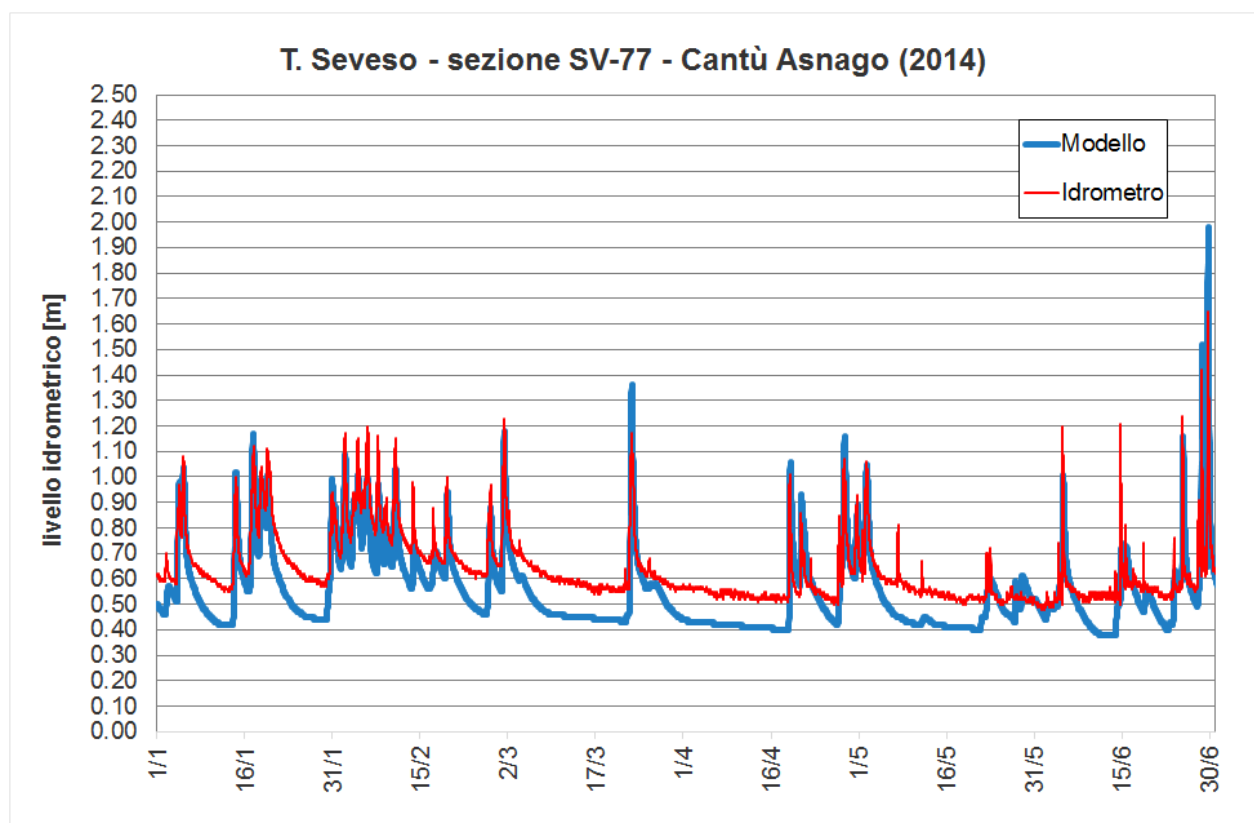


Figura 79 – Confronto tra i dati registrati dall'idrometro di Cantù Asnago e i risultati del modello – 2014

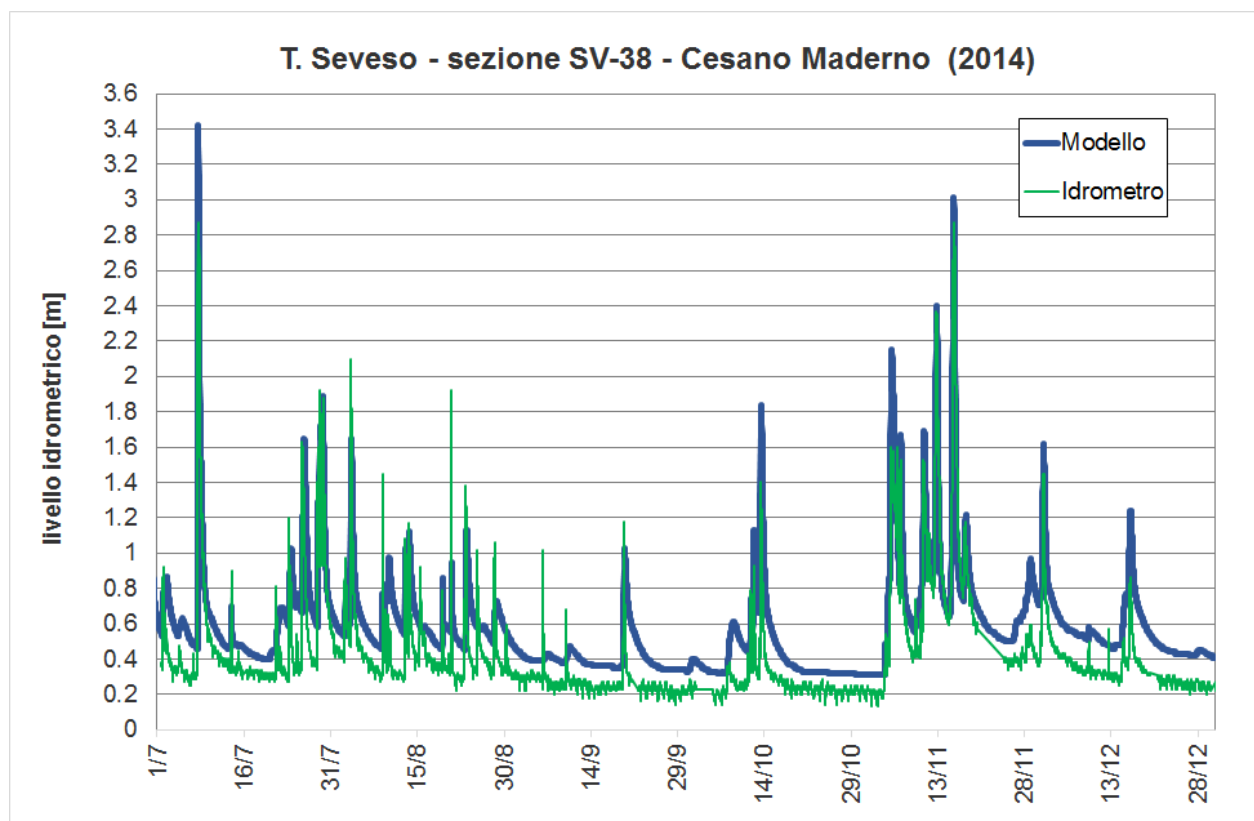
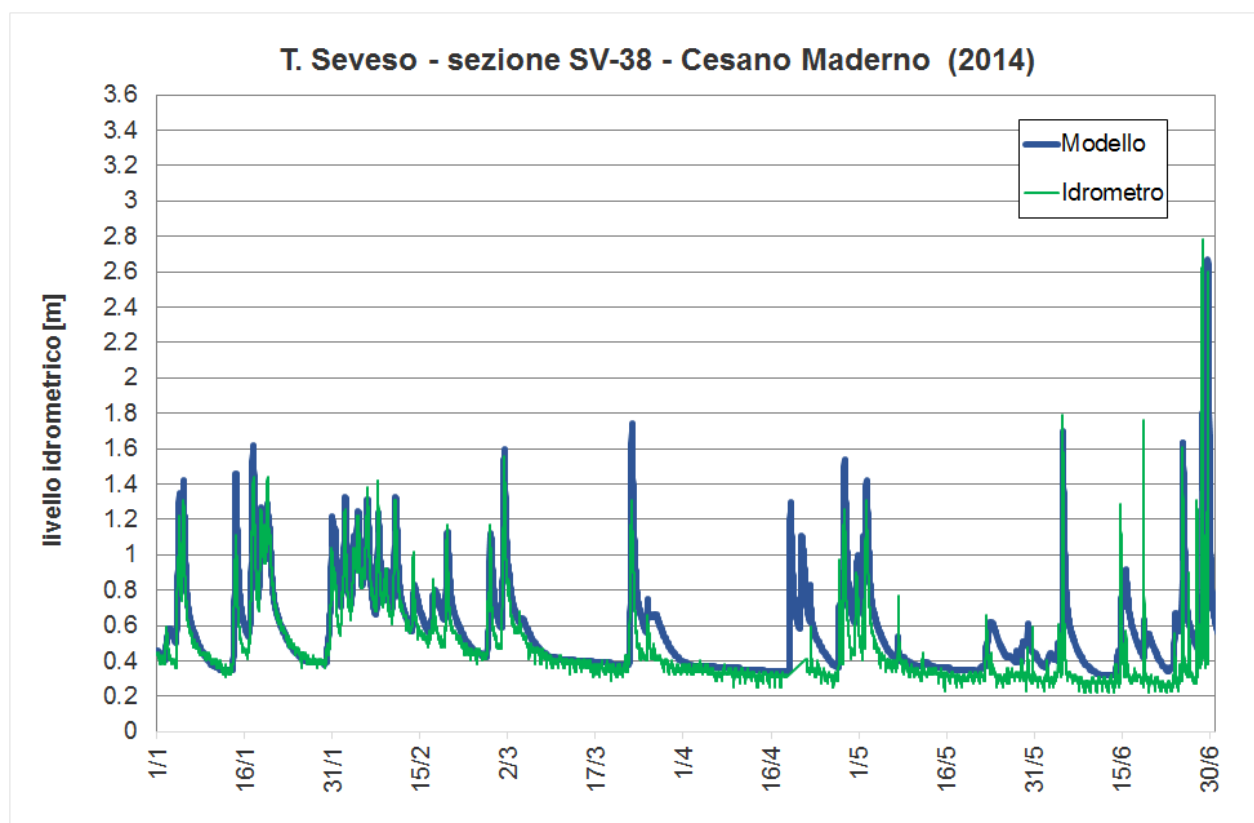


Figura 80 – Confronto tra i dati registrati dall'idrometro di Cesano Maderno e i risultati del modello – 2014

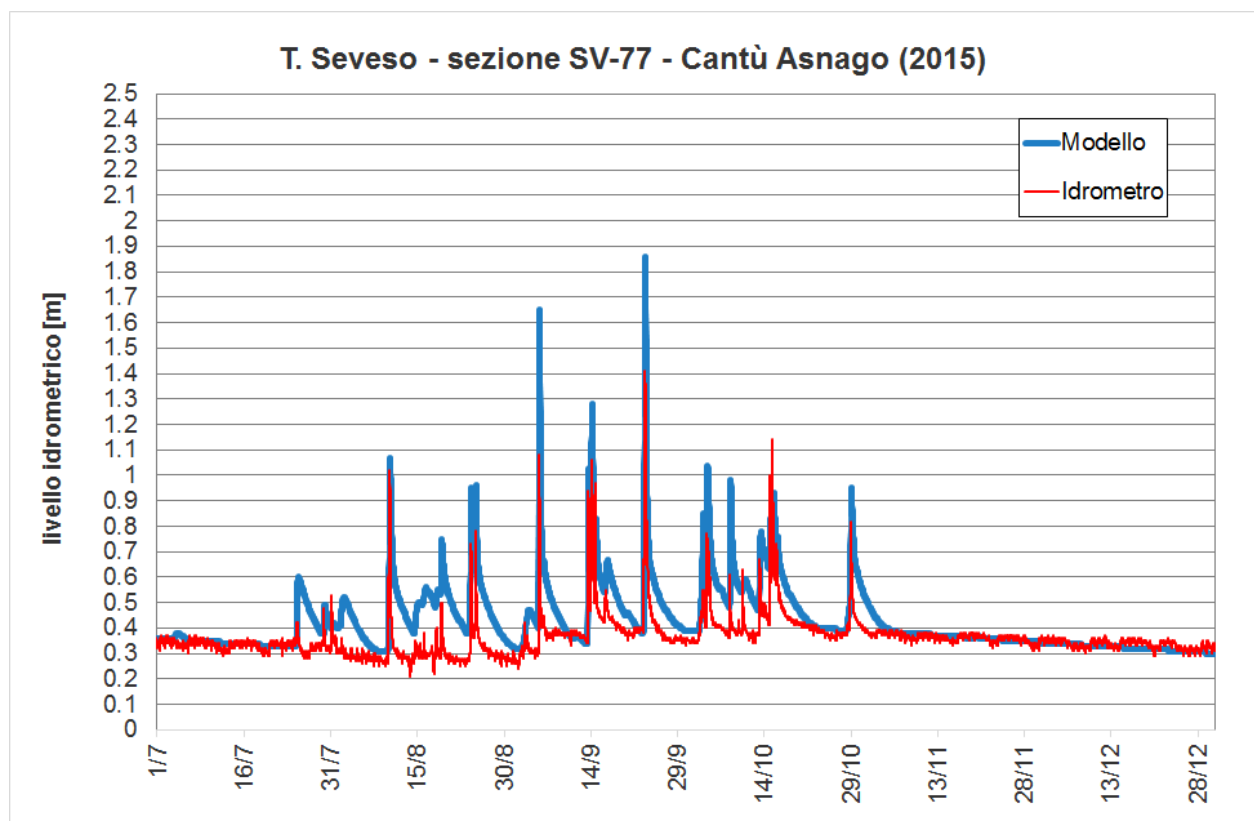
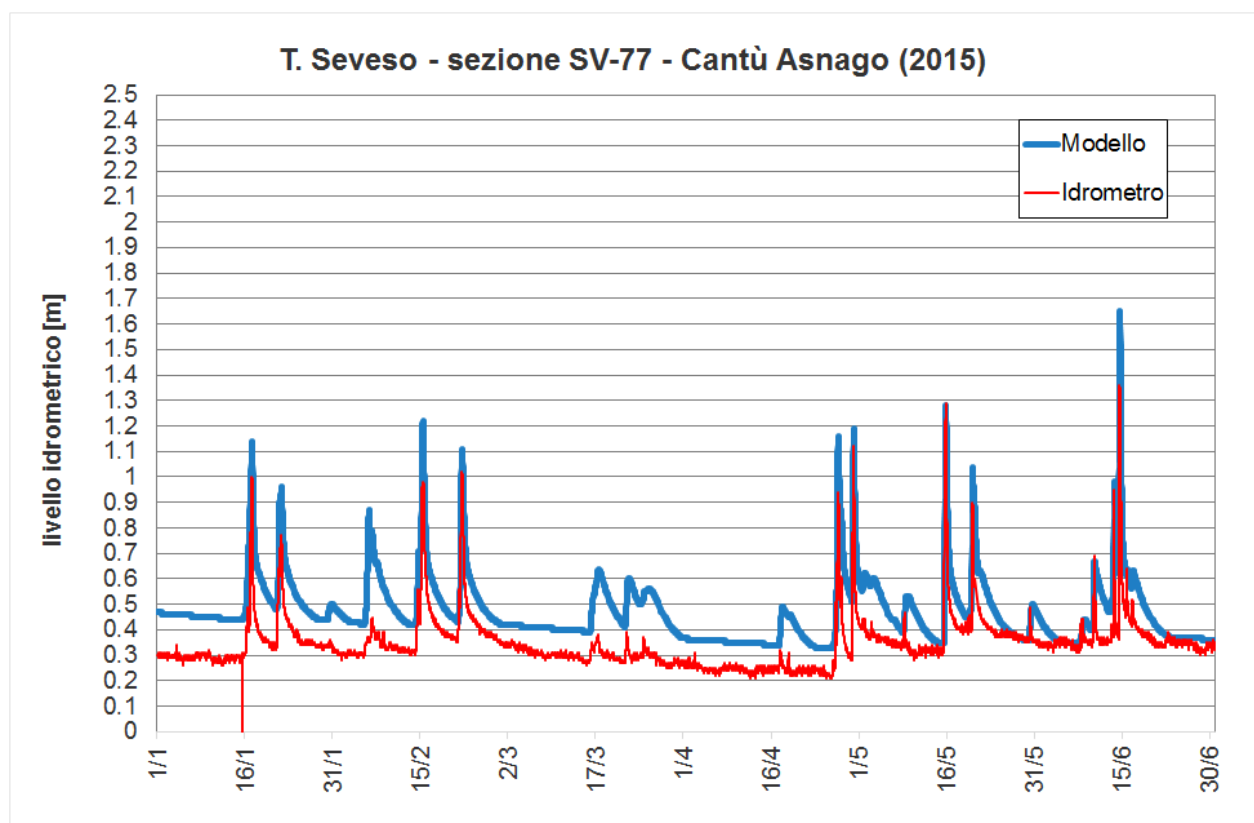


Figura 81 – Confronto tra i dati registrati dall'idrometro di Cantù Asnago e i risultati del modello – 2015

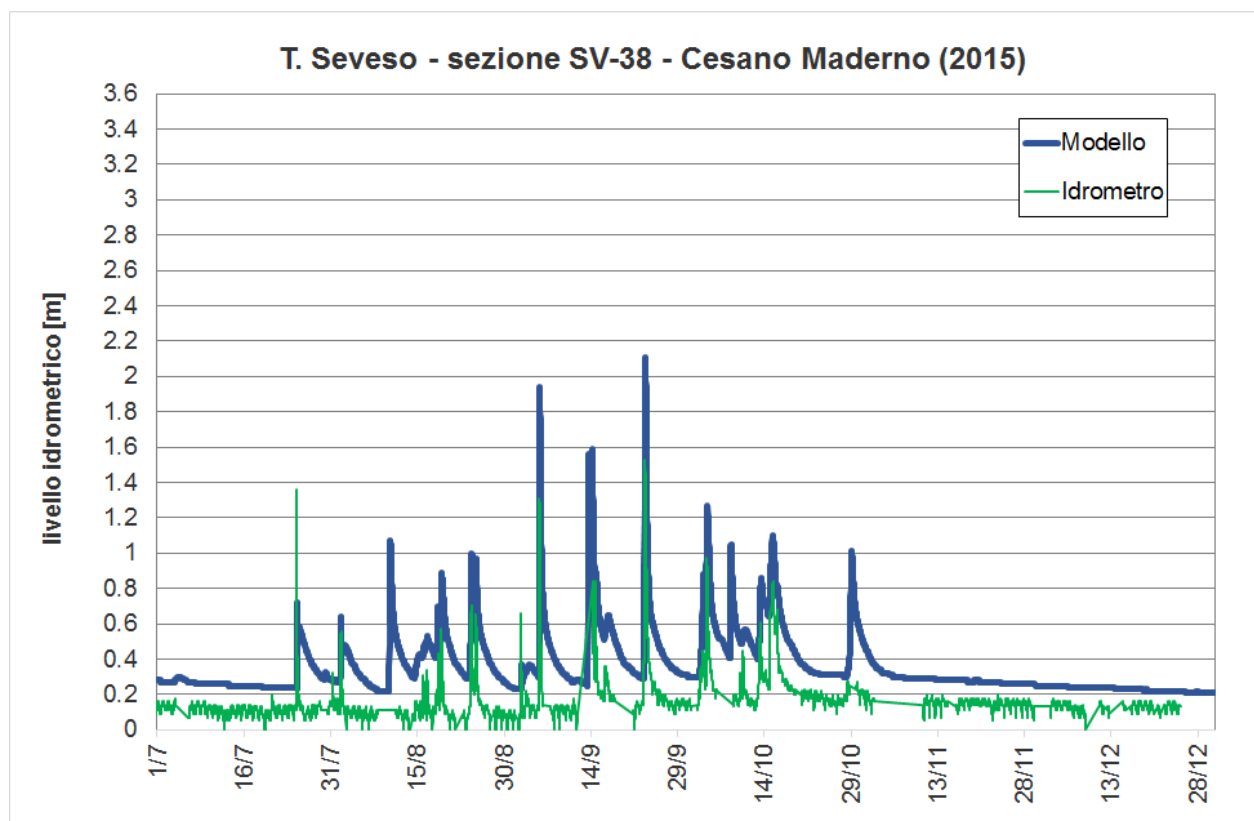
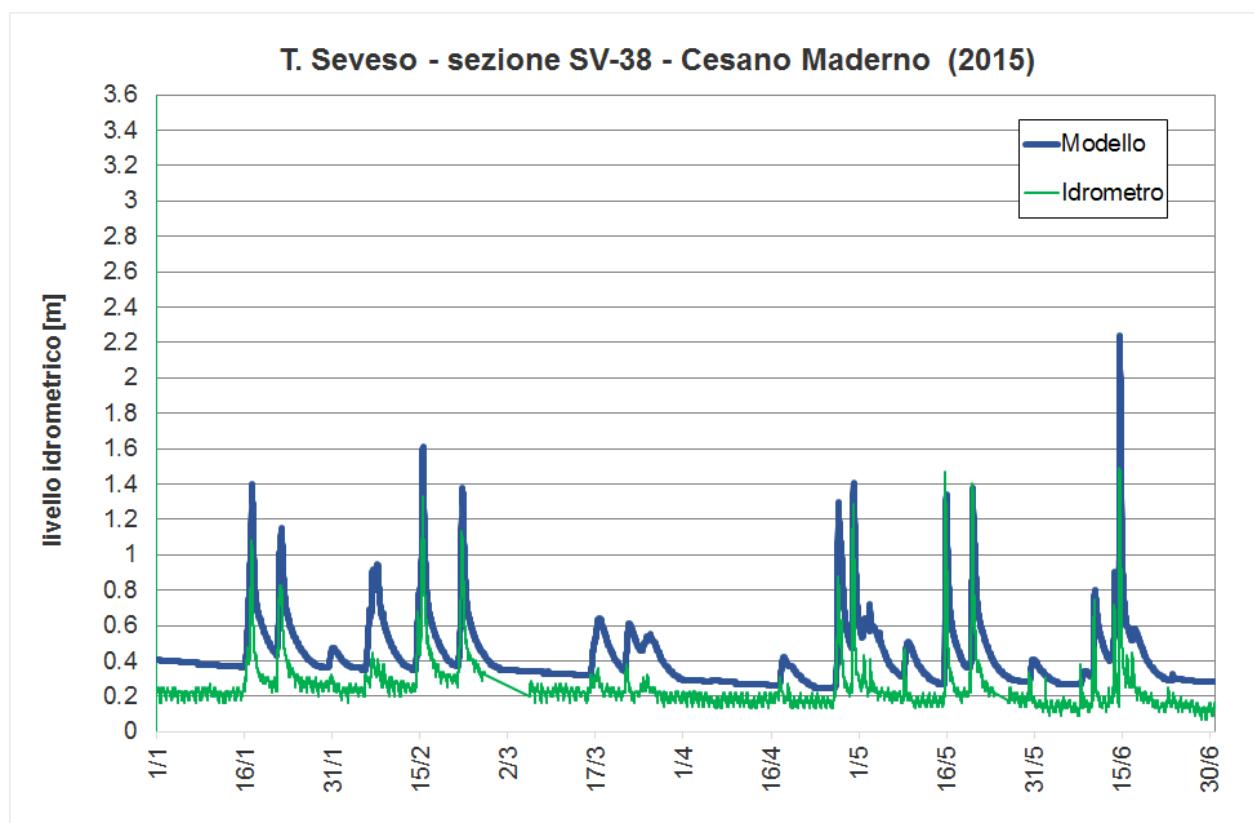


Figura 82 – Confronto tra i dati registrati dall'idrometro di Cesano Maderno e i risultati del modello - 2015

Diverse considerazioni emergono dai risultati mostrati dalle precedenti figure.

In primo luogo si rimarca che la scelta di adottare una modellazione continua sull'intero periodo quinquennale implica una taratura atta ad una ricostruzione non specializzata solo nei confronti degli eventi di piena, che ovviamente avvengono sporadicamente, ma anche dei deflussi medi e dei deflussi di base, questi ultimi particolarmente caratterizzanti i periodi di tempo secco o comunque lontani dalle precipitazioni. Come è noto questo tipo di modellazione continua impone una ricerca della taratura ottimale ben più complessa di quelle connesse a modellazioni specializzate o solo dei deflussi di piena o solo dei deflussi di base, dovendo entrare nel merito di tutti i parametri modellistici attinenti alla generazione sia dei deflussi superficiali di tipo veloce, sia dell'interscambio superficie-sottosuolo, sia dei deflussi di base. D'altra parte la possibile scelta alternativa di modellare solo gli eventi di piena e non anche i periodi di tempo secco avrebbe comportato la necessità di dover calibrare per ogni evento uno specifico stato di imbibizione iniziale del suolo (e ciò per ciascuno dei 33 sottobacini), con ciò introducendo una taratura differente da evento ad evento, quindi con minore rappresentatività complessiva del modello.

Ciò premesso, il risultato ottenuto con la modellazione continua deve essere valutato nei confronti dell'intera serie dei deflussi fluviali.

Le figure precedenti sono anzitutto indicative del comportamento generale del modello. In particolare, la successione delle piene è riprodotta in modo corretto anche come tempi di risposta alle precipitazioni e come comportamento generale anche nei periodi di tempo secco. La dinamica di formazione dei deflussi superficiali e del contributo di base appare quindi pienamente affidabile.

Nei riguardi dei deflussi di base si riscontrano, scartando i primi mesi del 2010 in cui come già esposto il modello progressivamente ricostruisce lo stato di imbibizione del suolo, scostamenti sia in più che in meno durante il periodo simulato pari a sei anni. Infatti, in alcuni periodi i rami di esaurimento successivi ai picchi di deflusso decrescono tendendo a un deflusso di base che ben riproduce quello misurato, mentre in altri periodi il deflusso di base ricostruito è più alto di quello effettivamente misurato ed in altri periodi avviene il contrario. Queste differenze si riscontrano per entrambi gli idrometri di Cantù Asnago e Cesano Maderno. Tuttavia a queste differenze nei livelli di magra non si ritiene di attribuire alcuna importanza dal momento che, come si può rilevare dalle figure, si tratta di differenze di livello idrico in magra dell'ordine di 10-20 cm, che potrebbero anche essere determinate da presenze saltuarie di sedimenti, assolutamente non influenzanti i livelli idrometrici dei periodi di piena.

Con riferimento a questi ultimi, per rappresentare sinteticamente i risultati della taratura, nelle seguenti figure (Figura 83 e Figura 84 per l'idrometro di Cantù Asnago; Figura 85 e Figura 86 per l'idrometro di Cesano Maderno) sono riportati i valori dei tiranti misurati e simulati in corrispondenza dei picchi degli eventi meteorici verificatisi nel periodo 2010÷2015. I valori risultano abbastanza dispersi, ma la retta di regressione lineare si avvicina molto a quella ottimale ($y=x$, cioè valore da modello uguale al valore registrato), sia in corrispondenza dell'idrometro di Cantù Asnago che di quello di Cesano Maderno.

D'altra parte tale dispersione è conseguente, come già esposto, alla scelta di una modellazione continua che determina essa stessa lo stato di imbibizione iniziale dei sottobacini considerati. Se invece si fosse adottata una modellazione specificamente finalizzata ai soli eventi di piena e con stato iniziale tarato evento per evento, i risultati sarebbero stati ovviamente meno dispersi, ma globalmente meno significativi.

Si mette in evidenza che durante gli eventi dell'8 luglio e del 15-16 novembre 2014 l'idrometro di Cesano Maderno non ha misurato il picco, in quanto il livello idrico è stato

superiore del massimo valore misurabile, pari a 2.87 m, per cui il valore riportato nei grafici seguenti è stato ipotizzato dagli scriventi (per i dettagli dei tiranti registrati in tali eventi, si rimanda alla Figura 92 e alla Figura 96).

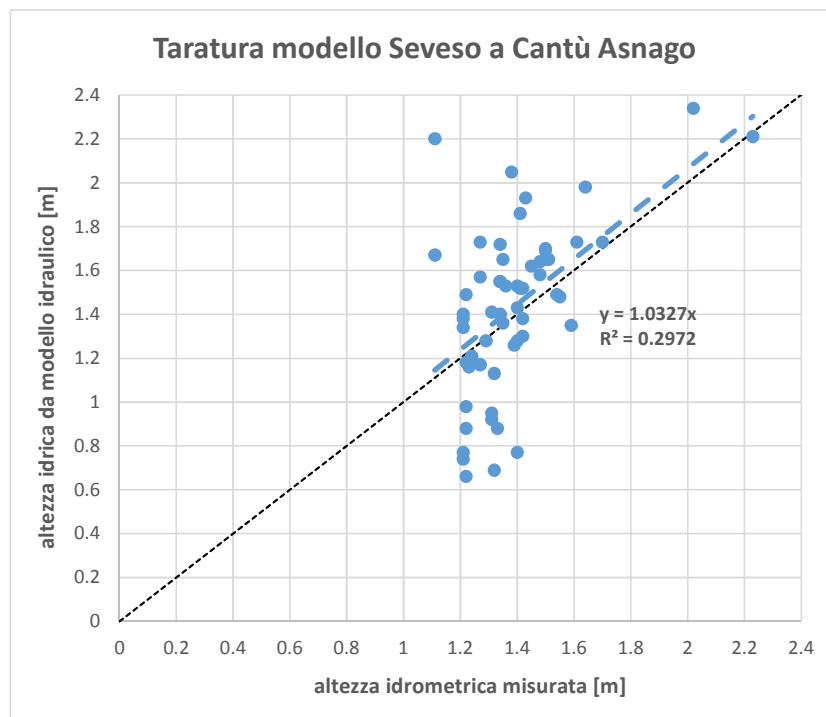


Figura 83 – Confronto tra i valori al colmo registrati dall'idrometro di Cantù Asnago e i risultati del modello – eventi con tirante registrato maggiore di 1.2 m

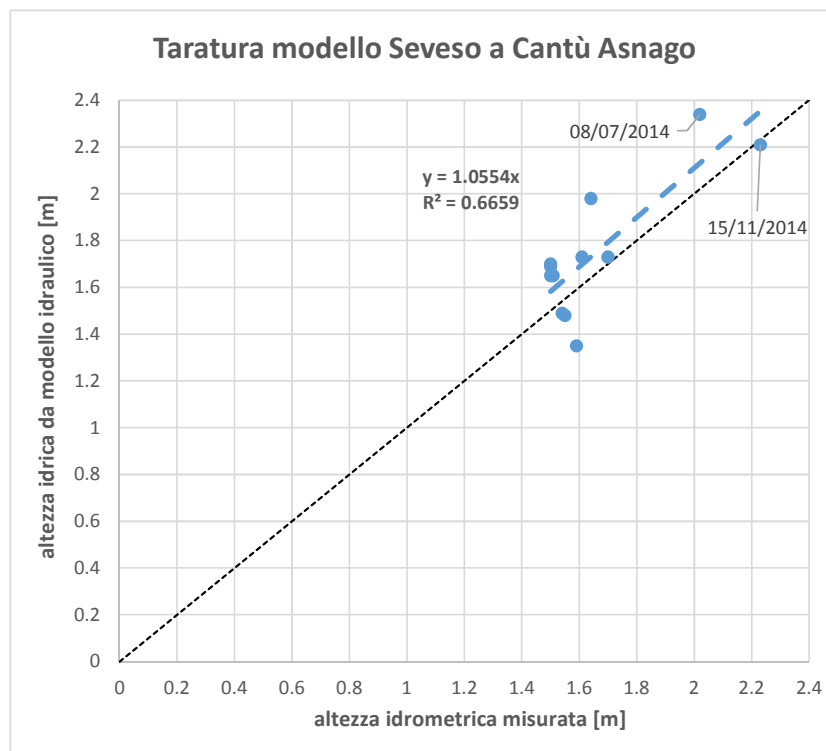


Figura 84 – Confronto tra i valori al colmo registrati dall'idrometro di Cantù Asnago e i risultati del modello – eventi con tirante registrato maggiore di 1.5 m

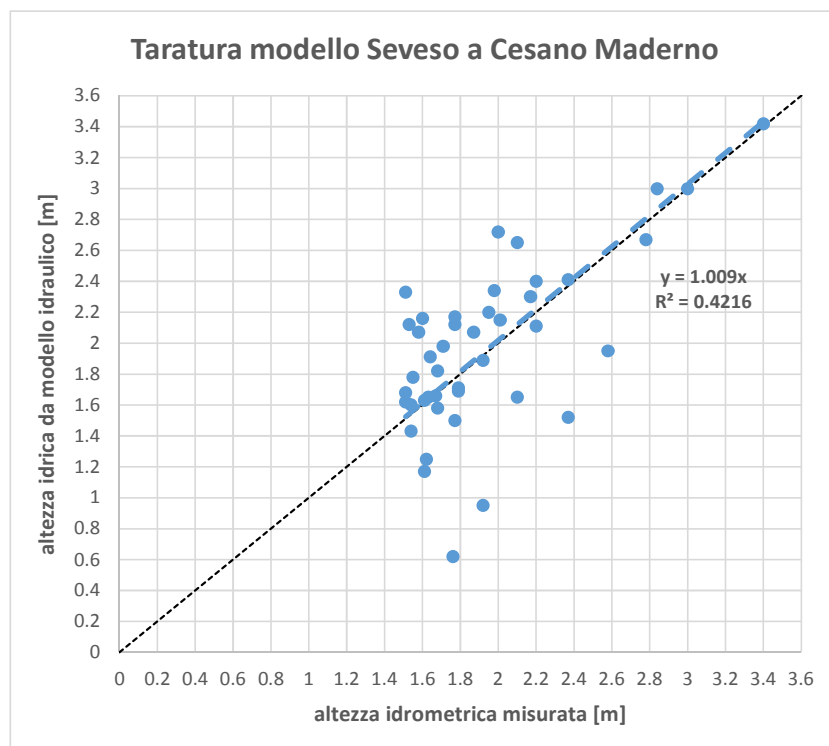


Figura 85 – Confronto tra i valori al colmo registrati dall'idrometro di Cesano Maderno e i risultati del modello – eventi con tirante registrato maggiore di 1.5 m

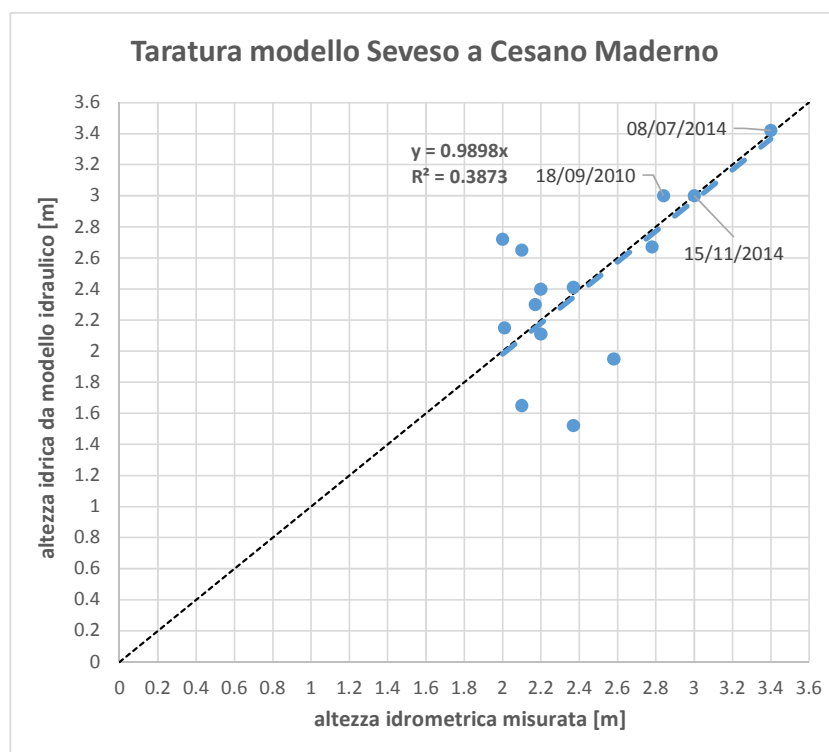


Figura 86 – Confronto tra i valori al colmo registrati dall'idrometro di Cesano Maderno e i risultati del modello – eventi con tirante registrato maggiore di 2.0 m

Nelle figure seguenti sono riportate le ricostruzioni di alcuni degli idrogrammi di piena più significativi (18/09/2010, 8/7/2014 e 15-16/11/2014).

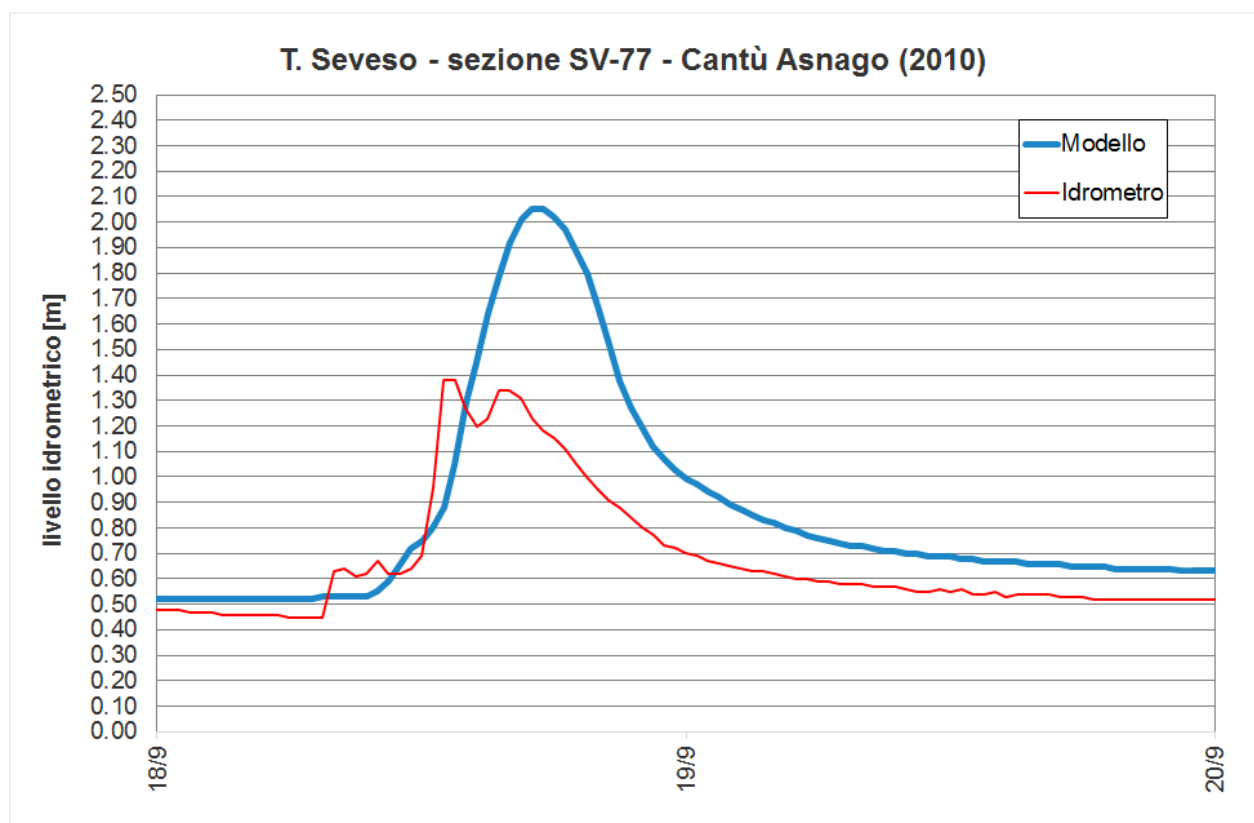


Figura 87 – Confronto tra i dati registrati dall'idrometro di Cantù Asnago e i risultati del modello durante l'evento del 18/9/2010

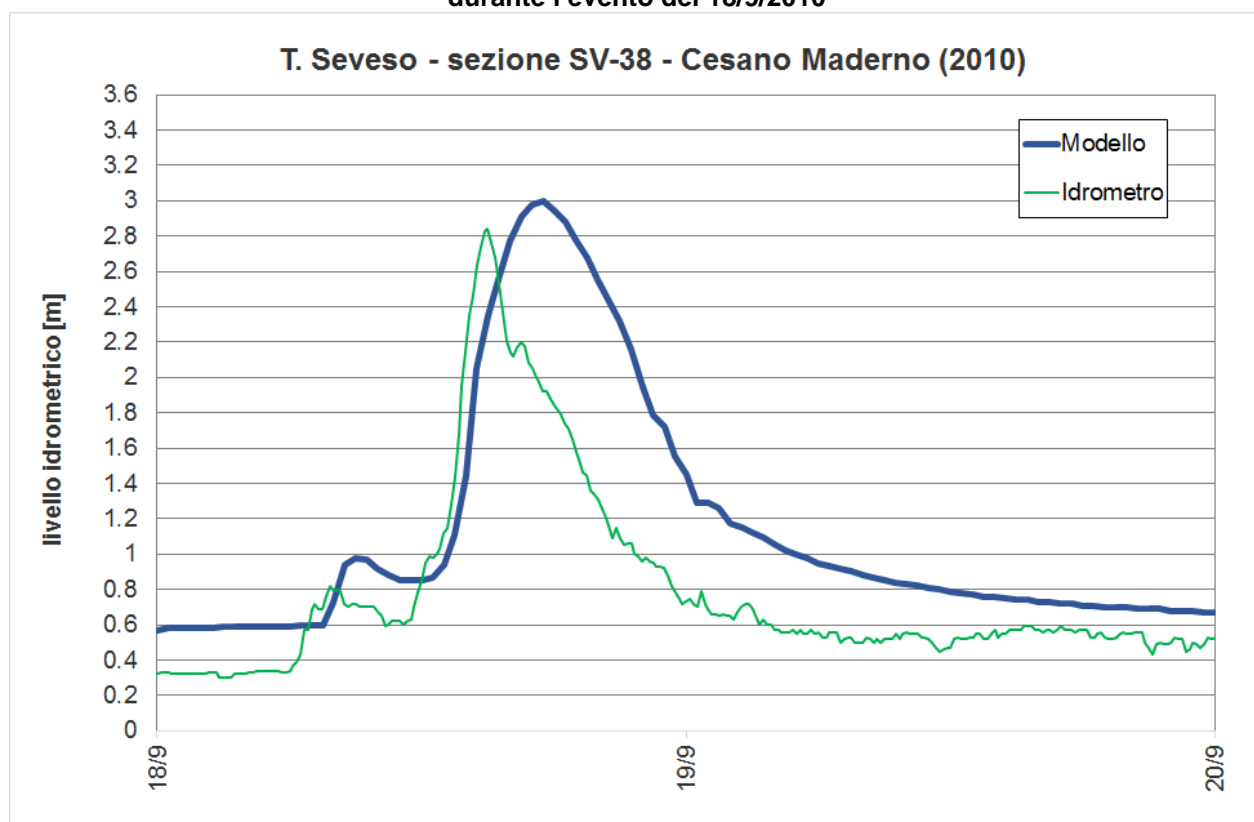
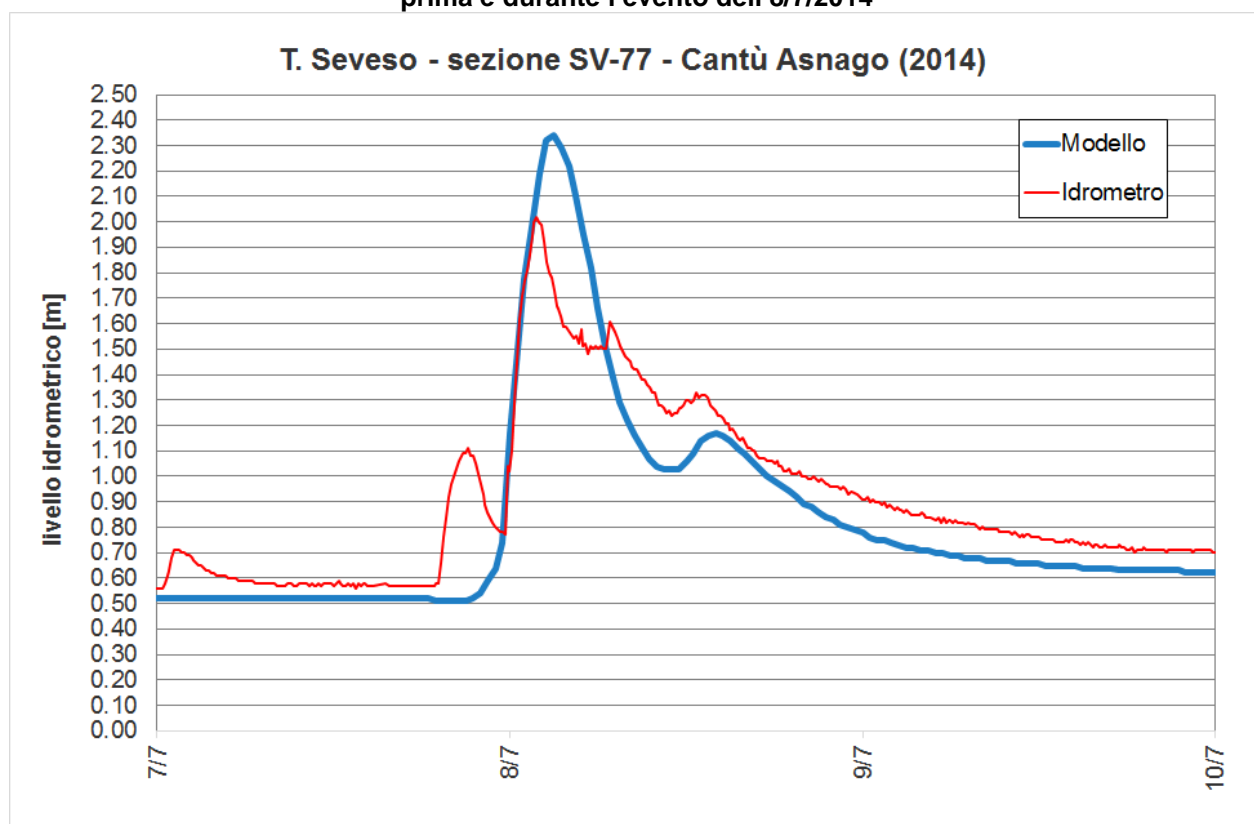
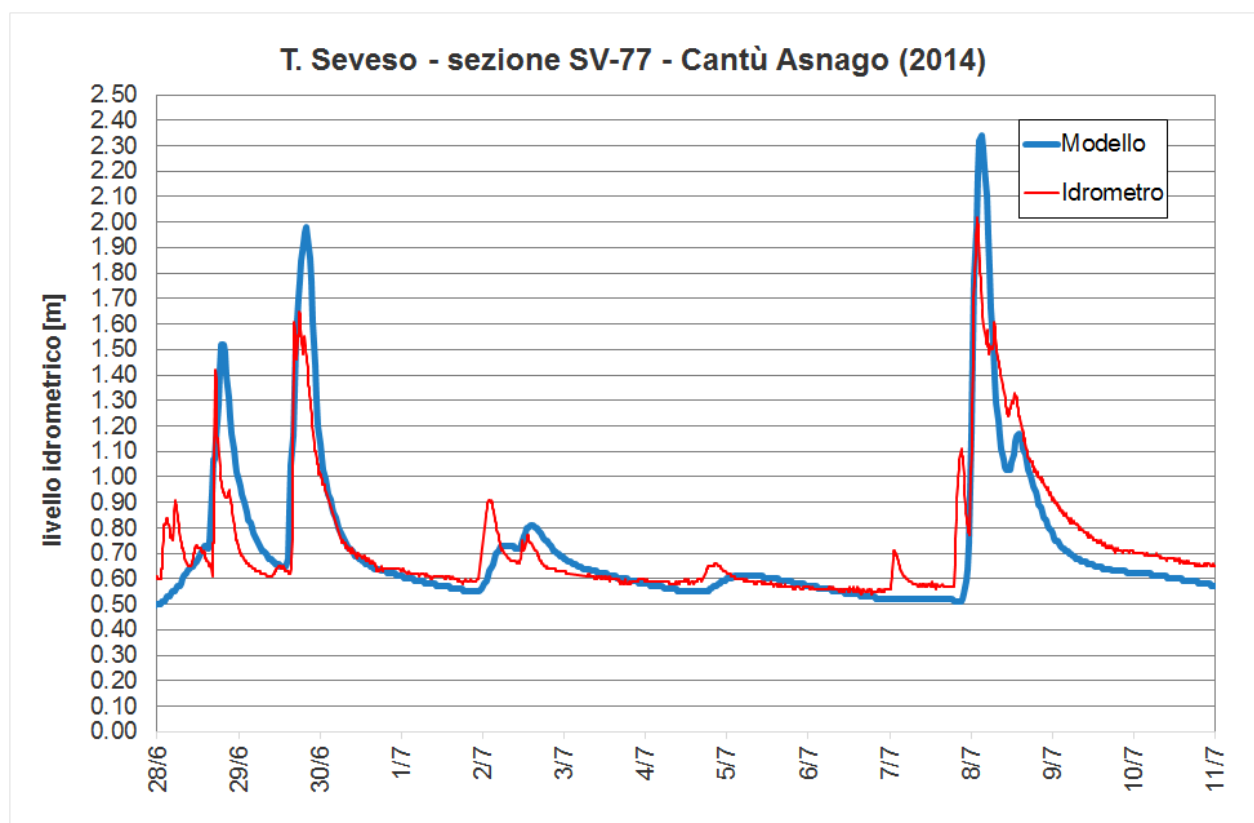


Figura 88 – Confronto tra i dati registrati dall'idrometro di Cesano Maderno e i risultati del modello durante l'evento del 18/9/2010



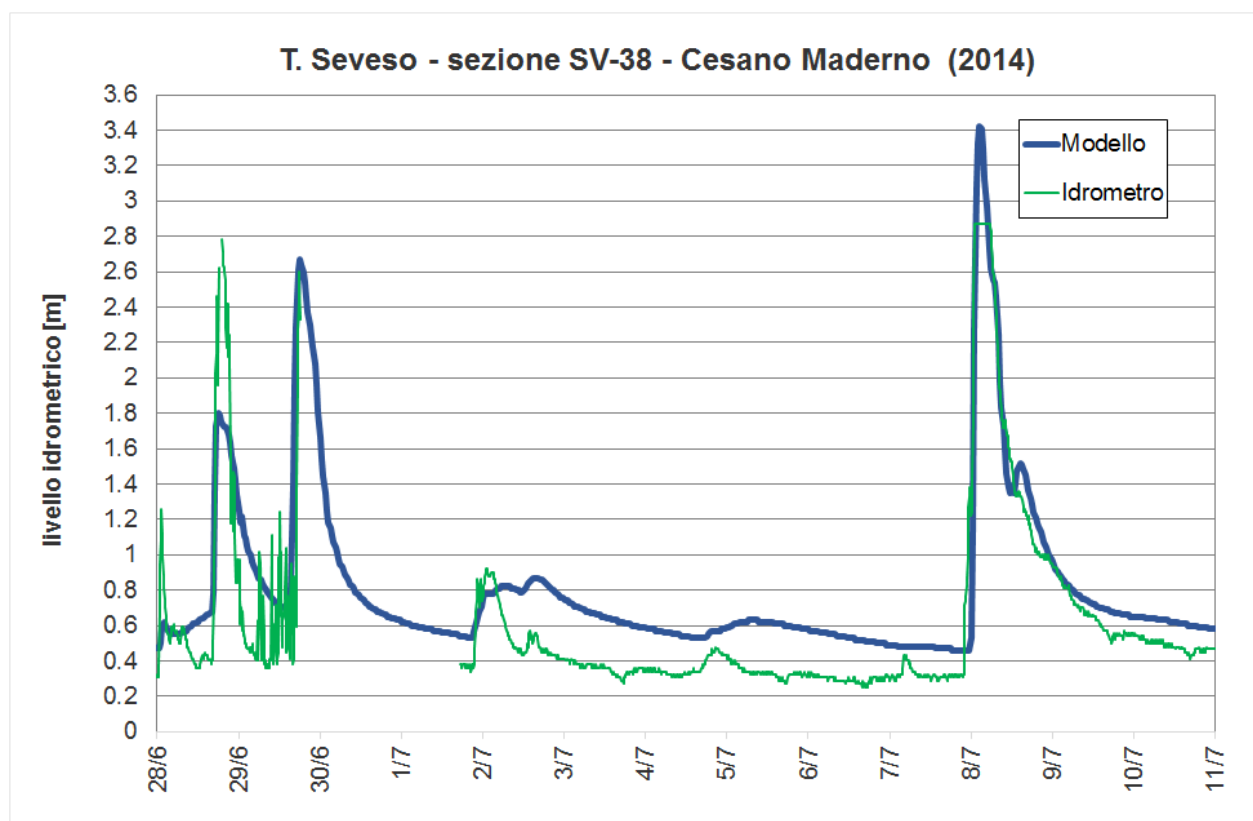


Figura 91 – Confronto tra i dati registrati dall'idrometro di Cesano Maderno e i risultati del modello prima e durante l'evento dell'8/7/2014

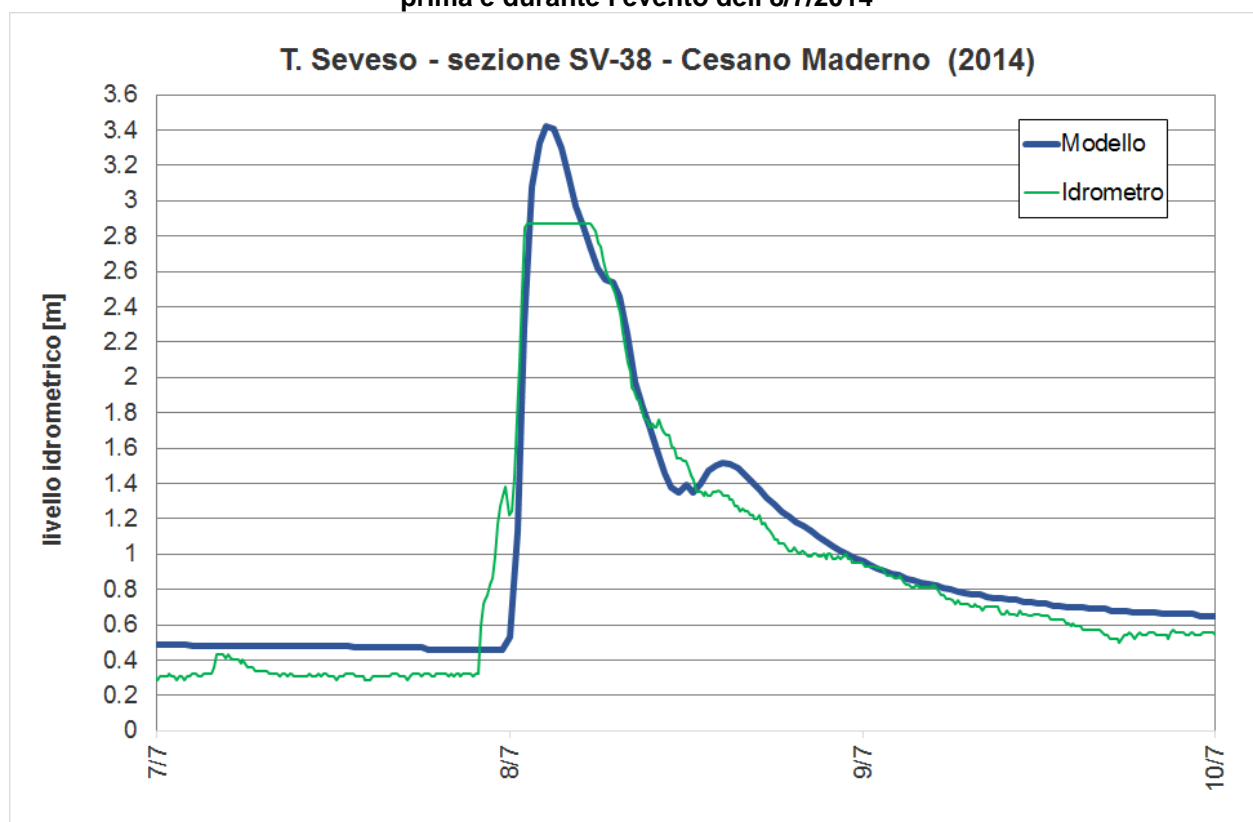
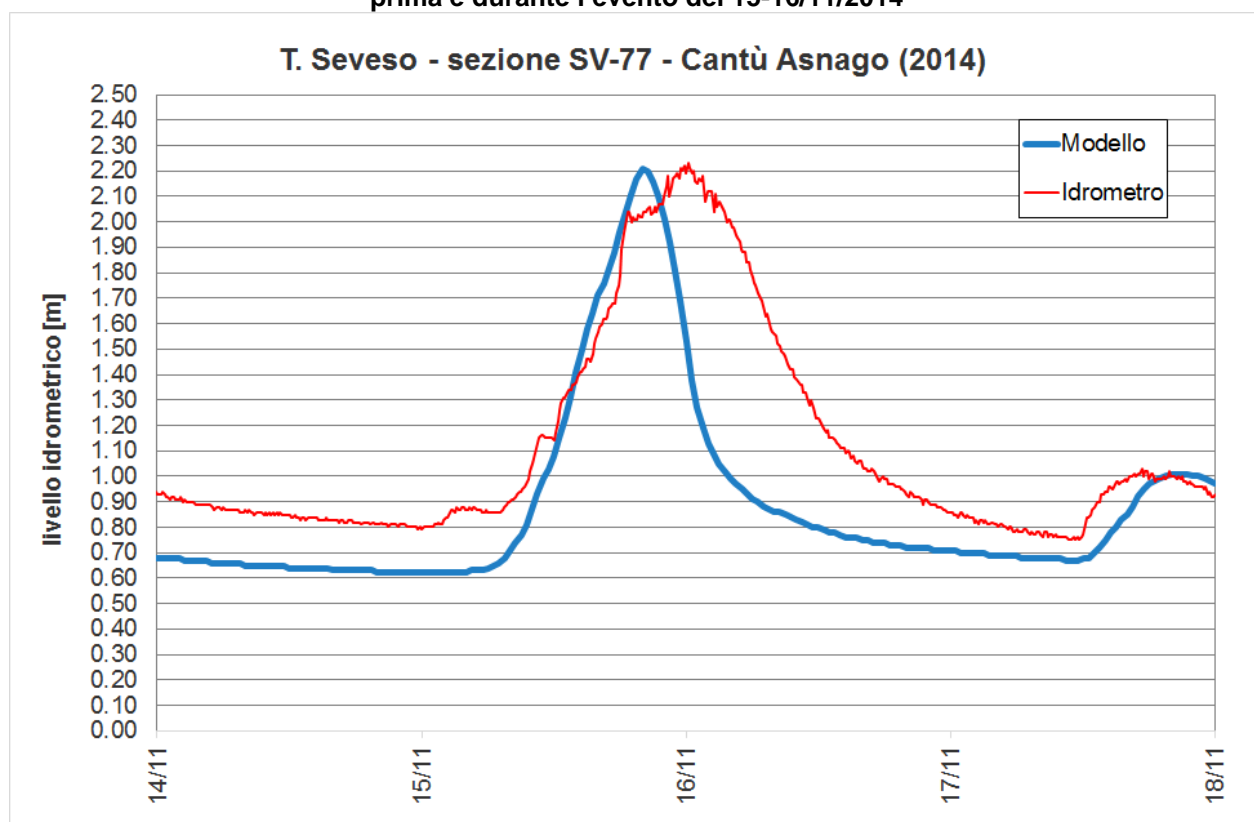
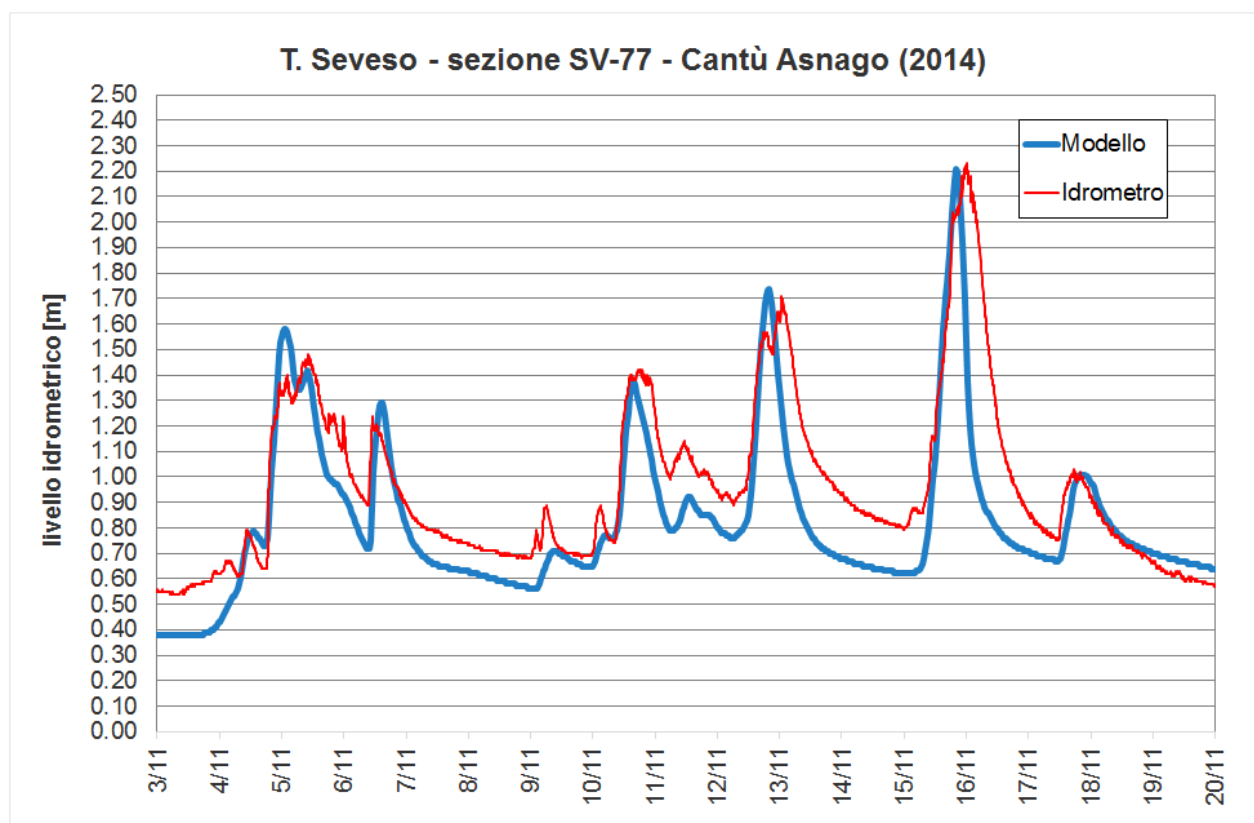
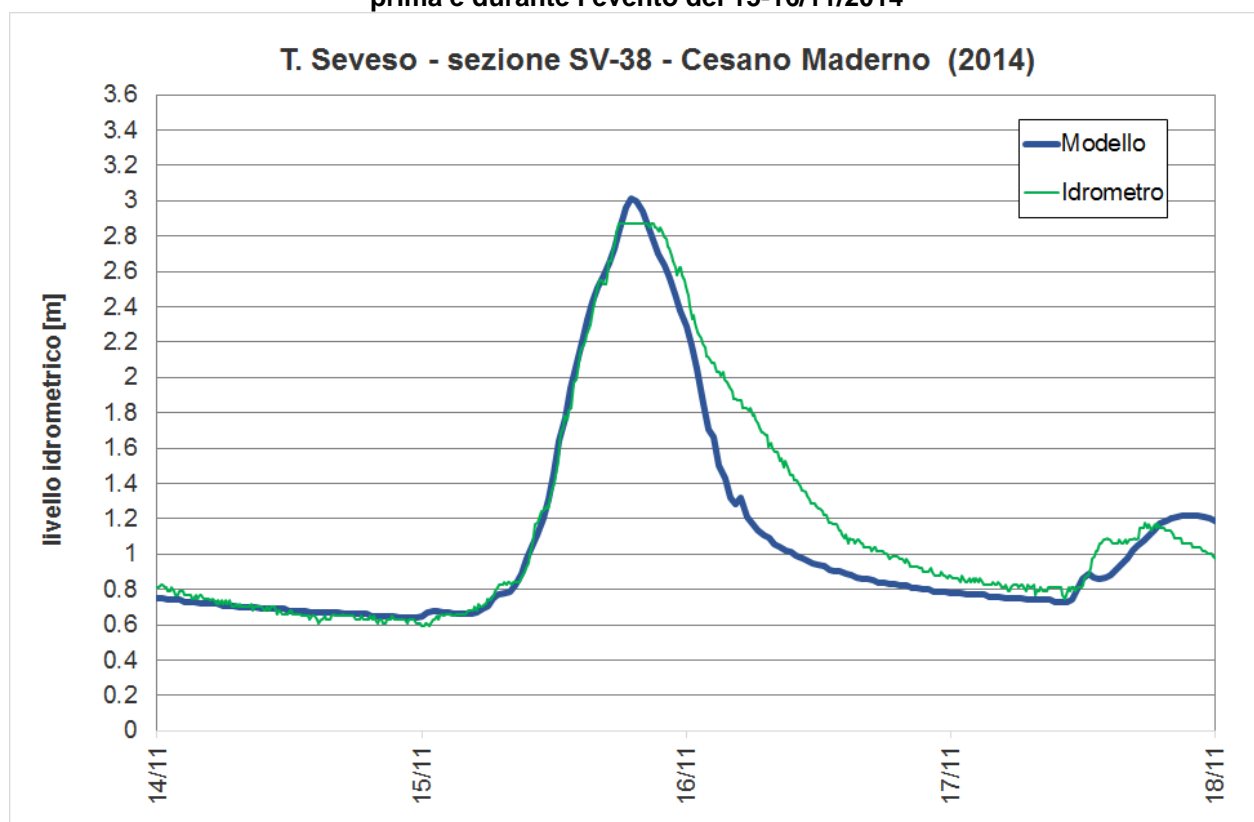
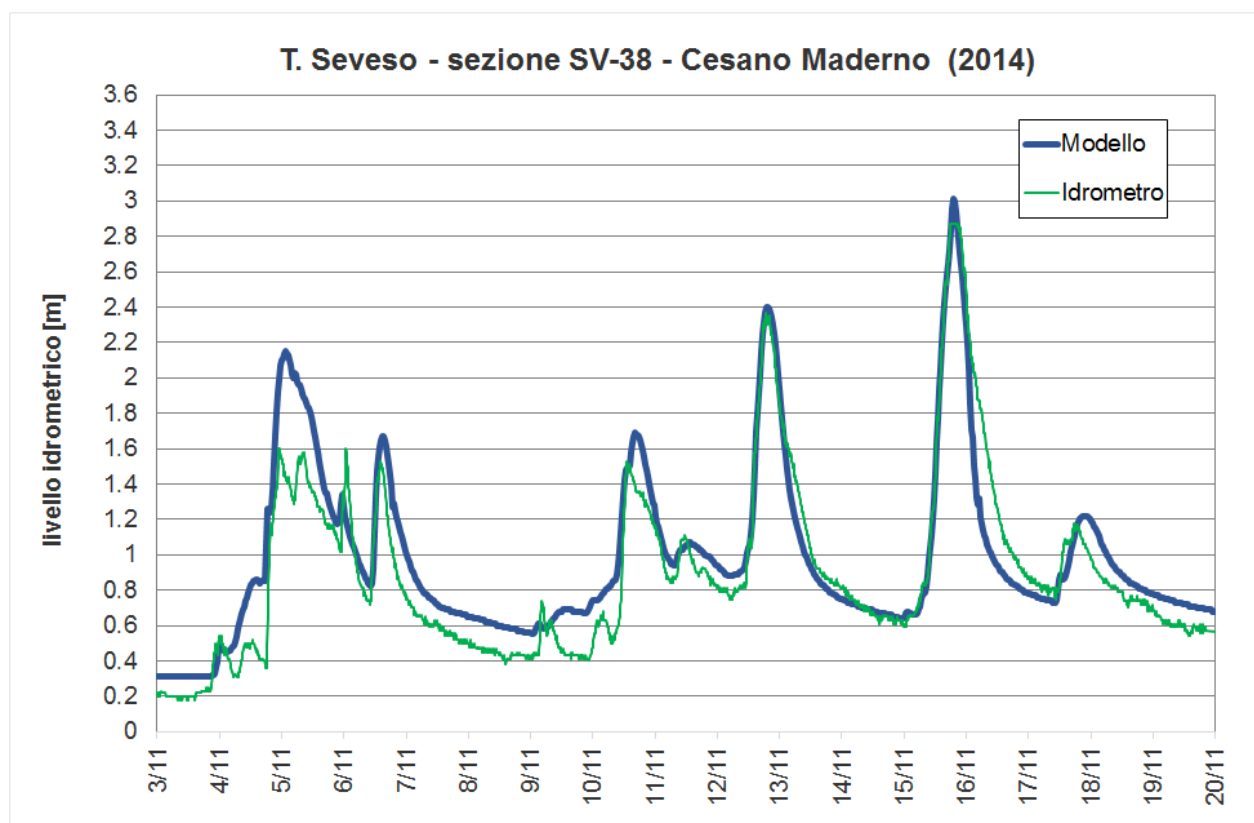


Figura 92 – Confronto tra i dati registrati dall'idrometro di Cesano Maderno e i risultati del modello prima e durante l'evento dell'8/7/2014





Dal confronto fra i dati registrati ed i risultati del modello si può quindi osservare come il modello, sulla base dei dati disponibili e della dinamica pluviometrica, risulti essere sufficientemente attendibile ed in grado di riprodurre abbastanza fedelmente il reale comportamento del sistema fluviale oggetto dello studio, confermando quindi le scelte effettuate in fase di costruzione del modello stesso, sia in termini di struttura idraulica complessiva e puntuale, sia in termini di parametri modellistici.

Gli stessi parametri del modello idrologico sono stati utilizzati per simulare gli eventi singoli di riferimento, caratterizzati da valori del tempo di ritorno pari a 10, 100 e 500 anni.

8 ATTIVITA' 4 - DEFINIZIONE AGGIORNATA DELLE PORTATE LUNGO L'ASTA PER I TEMPI DI RITORNO DI RIFERIMENTO (10, 100 E 500 ANNI), NELLE CONDIZIONI ATTUALI E NEGLI SCENARI DI ASSETTO DI PROGETTO

Per la definizione aggiornata delle portate lungo l'asta del T. Seveso per i tempi di ritorno di riferimento definiti nello studio *AdBPo-2004* (10, 100 e 500 anni), nelle condizioni attuali e negli scenari di assetto di progetto (tenendo conto delle opere di laminazione già in progettazione sia a monte che a valle della presa del CSNO), si è proceduto in primo luogo all'aggiornamento, rispetto al modello del 2011, delle precipitazioni relative ai suddetti valori del tempo di ritorno.

Infatti, i parametri delle curve di possibilità pluviometrica utilizzate nello studio *AIPo-2011* sono aggiornate all'anno 2002, mentre attualmente tali parametri sono aggiornati al 2011. La curva di possibilità pluviometrica è espressa nella forma $h_T(D) = a_1 w_T D^n$, in cui D rappresenta la durata dell'evento meteorico, T il tempo di ritorno, mentre a_1 (coefficiente pluviometrico orario), w_T (quantili normalizzati per i diversi tempi di ritorno espressi in anni) e n (esponente di scala) sono i parametri delle curve che variano spazialmente.

I valori dei diversi parametri sono estrapolabili dal sito internet dell'ARPA (http://idro.arpalombardia.it/pmapper-3.2/wg_serv_idro.phtml) dove sono presenti delle mappe in formato raster di tutta la regione.

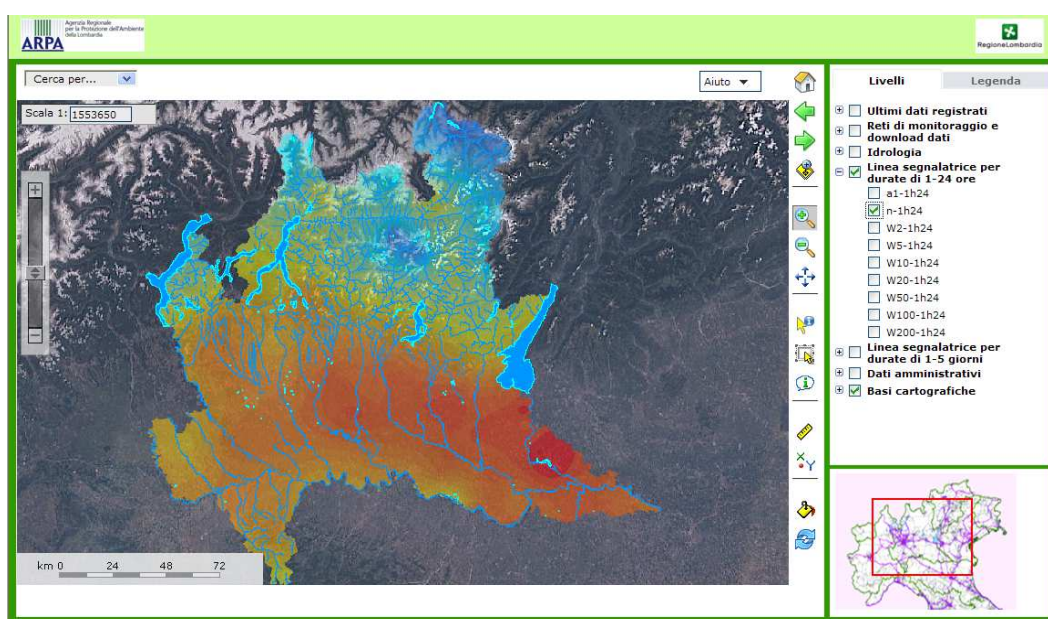


Figura 97 - Schermata del sito web dell'Arpa Lombardia da cui è possibile estrarre i parametri delle curve di possibilità pluviometrica

Con riferimento alla suddivisione in sottobacini effettuata nell'ambito dello studio *AIPo-2011* e qui confermata, si riporta nella seguente Tabella 6 il confronto fra i parametri considerati nello studio precedente e quelli ricavati dalle elaborazioni aggiornate da ARPA Lombardia. I valori dei parametri riportati sono relativi al baricentro di ogni sottobacino.

Calcolando il valore dell'altezza di precipitazione relativa ad una durata di 24 ore per ogni sottobacino e determinando poi il volume lordo di precipitazione, si può osservare

come i valori siano molto simili tra loro: risulta maggiore il volume di precipitazione determinato con i parametri aggiornati, anche se la differenza è pari a circa il 3%.

Tabella 6 – Confronto fra le curve di possibilità pluviometrica ARPA-2002 e ARPA 2011

	cpp - Arpa - 2002				cpp - arpa - 2011				h100 (T=24 ORE)		V100 (T=24 ORE)	
sottobac.	n	a(T=10)	a(T=100)	a(T=500)	n	a(T=10)	a(T=100)	a(T=500)	2002	2011	2002	2011
SEV_1a	0.30	47	70	0	0.34	48	70	85	183	205	549'951	613'546
SEV_1b	0.30	47	71	0	0.34	48	70	85	184	204	862'572	956'999
SEV_1c	0.30	47	71	0	0.33	48	70	86	184	203	550'578	607'542
SEV_1d	0.30	48	72	0	0.34	48	70	85	186	203	465'509	506'608
SEV_2	0.30	48	72	0	0.33	48	70	85	188	203	1'295'638	1'395'348
SEV_3	0.30	49	73	0	0.33	48	70	85	190	200	896'355	945'347
ACQ	0.30	49	73	0	0.33	48	70	85	191	198	3'021'061	3'132'573
SEV_4	0.30	49	74	0	0.33	48	70	86	194	199	520'107	532'839
ANT	0.30	49	75	0	0.33	48	70	86	194	198	1'428'444	1'461'218
SEV_5	0.30	49	74	0	0.33	48	70	86	192	198	817'395	841'307
SEV_6	0.30	49	75	0	0.33	48	70	86	192	197	1'217'544	1'248'363
SER	0.30	49	75	0	0.324	48	70	86	193	197	1'684'229	1'715'897
SEV_7	0.29	49	74	0	0.32	48	70	86	190	195	2'160'165	2'218'479
SEV_8	0.29	49	74	0	0.32	48	70	86	188	194	1'653'354	1'706'322
SEV_9	0.29	48	73	0	0.32	47	70	85	185	191	746'057	771'607
CER_1	0.29	50	77	0	0.32	48	70	85	194	196	6'899'460	6'954'555
TER	0.29	50	76	0	0.32	48	70	86	191	196	3'099'547	3'173'675
CER_2	0.29	48	73	0	0.32	48	70	86	184	193	772'423	810'525
CER_3	0.31	48	74	0	0.32	48	70	86	194	192	2'193'633	2'170'128
CER_4	0.30	48	72	0	0.32	47	70	86	188	190	958'748	971'504
SEV_10	0.30	47	72	0	0.31	47	70	86	187	190	543'030	551'909
COM	0.30	48	73	0	0.32	47	70	86	190	192	823'959	831'189
SEV_11	0.30	47	72	0	0.31	47	70	86	185	190	877'713	900'539
SEV_12	0.30	47	71	0	0.31	47	70	87	187	190	701'762	711'510
SEV_13	0.31	47	71	0	0.31	47	70	86	188	188	180'118	180'470
SEV_14	0.29	47	71	0	0.31	47	70	87	177	188	1'318'757	1'396'308
SEV_15	0.30	46	70	0	0.31	47	70	86	180	187	530'470	548'589
SEV_16	0.31	46	70	0	0.31	47	70	86	185	188	681'368	692'125
SEV_17	0.30	46	70	0	0.31	47	70	86	181	186	663'128	683'882
SEV_18	0.30	46	69	0	0.31	47	70	86	181	185	671'641	687'670
SEV_19	0.30	45	69	0	0.31	47	70	87	179	187	1'008'209	1'051'915
SEV_20	0.30	45	69	0	0.31	46	70	87	177	184	285'684	296'562
SEV_21	0.30	45	69	0	0.31	47	70	86	177	184	2'649'195	2'752'012
											42'727'806	44'019'064

Con i suddetti valori delle curve di possibilità pluviometrica sono stati ricavati gli ietogrammi di tipo Chicago per i diversi valori del tempo di ritorno, che sono stati applicati al modello idrologico-idraulico del T. Seveso ottenuto dal processo di taratura descritto nel capitolo precedente.

Dal momento che gli eventi di riferimento pianificatorio di cui trattasi sono considerati come eventi isolati, occorre inserire nel modello lo stato iniziale del suolo. Prendendo spunto da quanto è emerso dalla taratura precedentemente esposta, la simulazione è stata condotta considerando come valore all'istante iniziale ($t=0$) del grado di umidità del suolo $L(t)/L_{max}$ i seguenti valori: 0.25 per i bacini naturali e 0 per i bacini urbani.

8.1 Assetto attuale

Di seguito si riporta l'idrogramma di piena dell'evento di riferimento con $T=100$ anni, assetto attuale, in corrispondenza dell'opera di presa del CSNO (Figura 98) ed in corrispondenza dell'ingresso del tratto tombinato in Milano (Figura 99).

A monte del CSNO la portata al colmo è pari a circa $133 \text{ m}^3/\text{s}$ e il volume dell'onda di piena è pari a 6.7 Mm^3 (con riferimento a 36 ore), mentre a monte della tombinatura di Milano la portata al colmo è pari a circa $112 \text{ m}^3/\text{s}$ e il volume dell'onda di piena è pari a 4.5 Mm^3 .

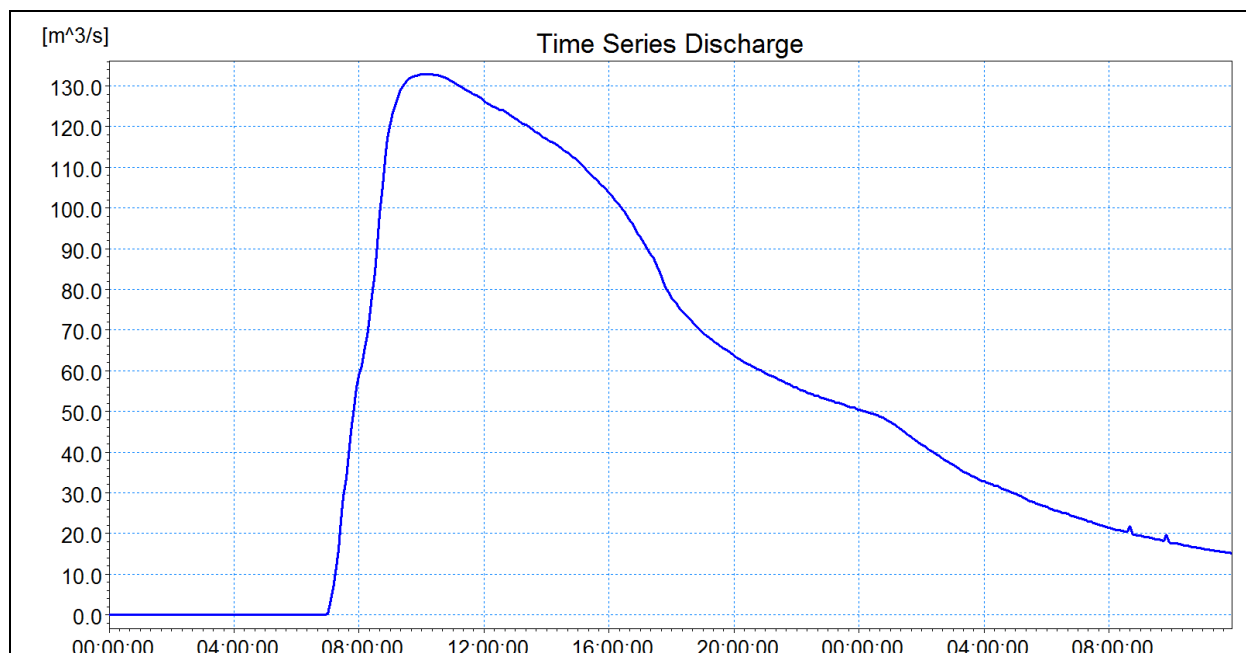


Figura 98 – Idrogramma di piena del T. Seveso a monte della presa del CSNO per $T=100$ anni

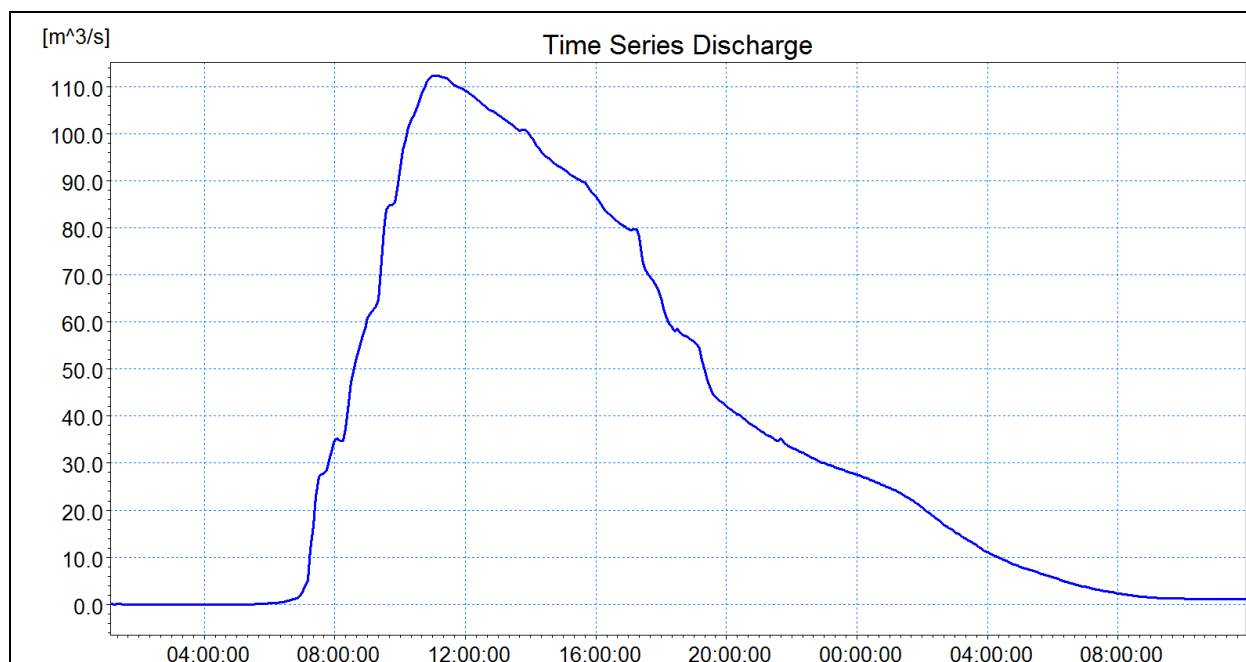


Figura 99 – Idrogramma di piena del T. Seveso a monte della tombinatura di Milano per $T=100$ anni

Nella Figura 100 si riporta il confronto tra l'idrogramma di piena a monte del CSNO e l'analogo ottenuto con il modello dello studio *AIPo-2011*.

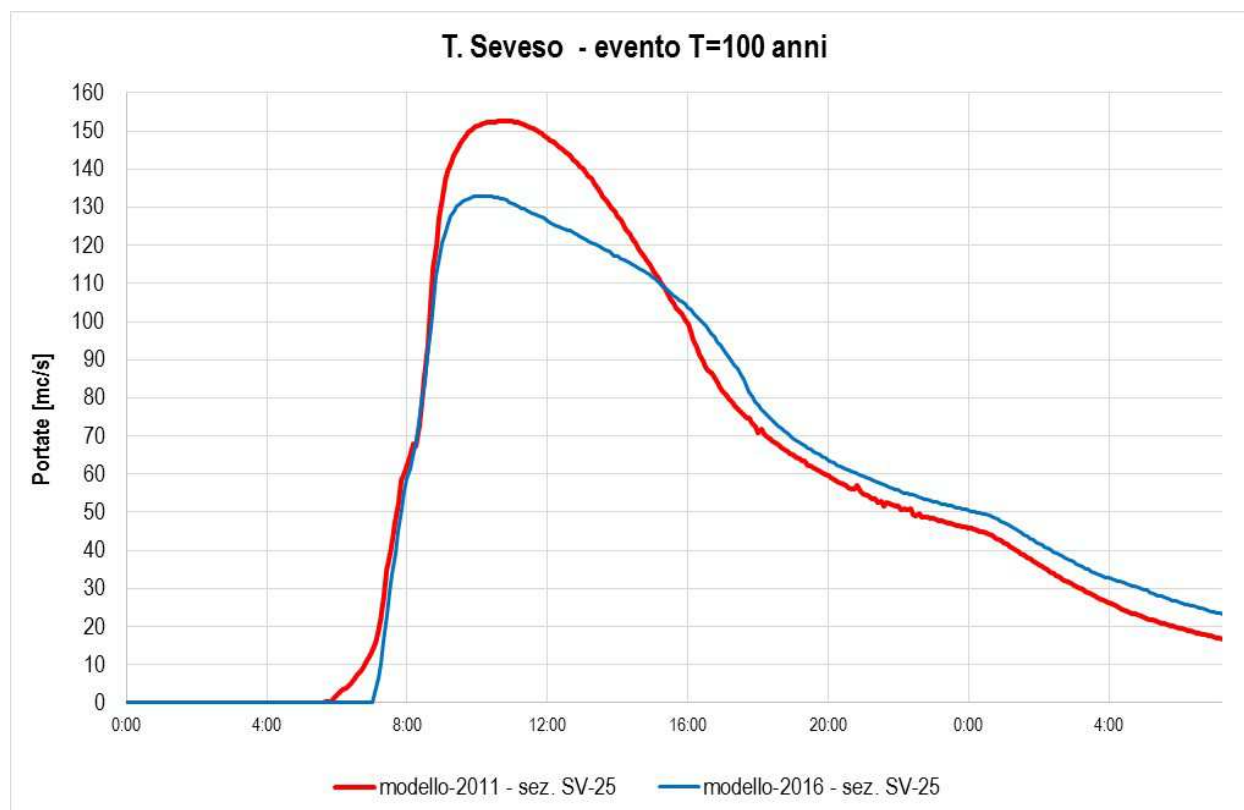


Figura 100 – Confronto tra l'idrogramma di piena del T. Seveso a monte della presa del CSNO (T=100 anni) ottenuto con il modello del 2011 e con il modello 2016

La differenza che si ha tra i risultati dei due modelli in corrispondenza nel picco dell'idrogramma di piena deriva soprattutto dalla diversa schematizzazione del comportamento di due aree di esondazione, una a Lentate sul Seveso e l'altra a Bovisio Masciago.

Infatti, mentre nel modello del 2011 era stato utilizzato uno schema di calcolo monodimensionale senza riduzione di portata conseguente all'esondazione, nel modello 2016, in corrispondenza delle esondazioni che si verificano nei comuni di Lentate sul Seveso, nei pressi di via Tintoretto, e di Bovisio Masciago, dove i volumi d'acqua che esondano sono rilevanti e non rientrano più direttamente nel corso d'acqua durante l'evento di piena a causa della conformazione del territorio interessato, sono state ora inserite nello schema di calcolo dell'alveo inciso delle soglie di sfioro lungo la sponda che simulano la fuoriuscita dell'acqua dall'alveo e quindi la conseguente riduzione dell'onda di piena che prosegue verso valle lungo il T. Seveso.

In particolare, nella Figura 101 si riportano, oltre all'idrogramma del modello 2011, gli idrogrammi del modello 2016 relativi alle portate a monte della presa del CSNO, quelle esondate a Lentate sul Seveso e a Bovisio Masciago, nonché l'idrogramma ottenuto come sommatoria dei tre precedenti idrogrammi, da cui si evince che l'idrogramma somma è molto simile a quello del 2011, con picco inferiore di circa 10 m³/s (-7%), ma con ramo decrescente caratterizzato da maggiori portate. Il volume dell'idrogramma a monte della presa del CSNO, considerando anche il volume esondato a Lentate sul

Seveso e a Bovisio Masciago, è pari, in base al modello del 2016, a $6,9 \text{ Mm}^3$, di poco superiore all'idrogramma del modello del 2011 che è pari a $6,7 \text{ Mm}^3$.

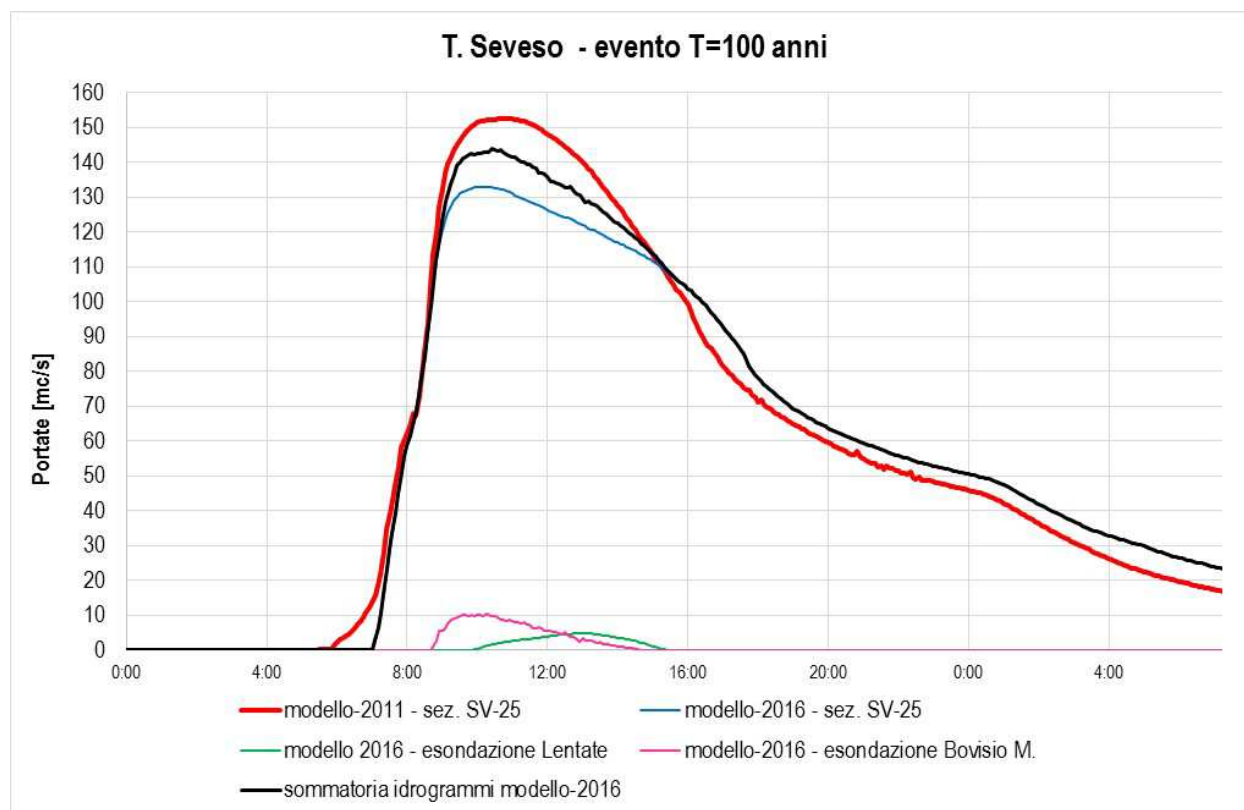


Figura 101 – Confronto tra l'idrogramma di piena del T. Seveso a monte della presa del CSNO (T=100 anni) ottenuto con il modello del 2011 e con il modello 2016, comprensivo delle esondazioni a Lentate sul Seveso e a Bovisio Masciago

Di seguito si riportano gli idrogrammi di piena per T=10 anni e T=500 anni.

La simulazione per T=10 anni è stata condotta considerando come valore all'istante iniziale ($t=0$) del grado di umidità del suolo $L(t)/L_{max}$ i seguenti valori: 0.5 per i bacini naturali e 0 per i bacini urbani, mentre per la simulazione con T=500 anni sono stati utilizzati gli stessi parametri utilizzati della simulazione con T=100 anni.

Il fatto di aver considerato per T=10 anni un maggior grado di umidità del suolo, deriva dalla considerazione che è più probabile che un evento meno raro possa essere preceduto da altri eventi meteorici in grado di portare il terreno a maggiori condizioni di umidità.

L'evento con T=10 anni è caratterizzato, nella sezione a monte del CSNO, da una portata al colmo pari a circa $113 \text{ m}^3/\text{s}$ e da un volume della piena pari a 5.3 Mm^3 (riferito a 36 ore di simulazione); a monte della tombinatura di Milano, invece, la portata al colmo è pari a $92 \text{ m}^3/\text{s}$ e il volume è pari a 3.3 Mm^3 .

L'evento con T=500 anni è caratterizzato, nella sezione a monte del CSNO, da una portata al colmo pari a circa $164 \text{ m}^3/\text{s}$ e da un volume della piena pari a 8.4 Mm^3 (riferito a 36 ore di simulazione e senza considerare il volume esondato a Lentate sul Seveso e a Bovisio Masciago); a monte della tombinatura di Milano, invece, la portata al colmo è pari a $145 \text{ m}^3/\text{s}$ e il volume è pari a 6.4 Mm^3 .

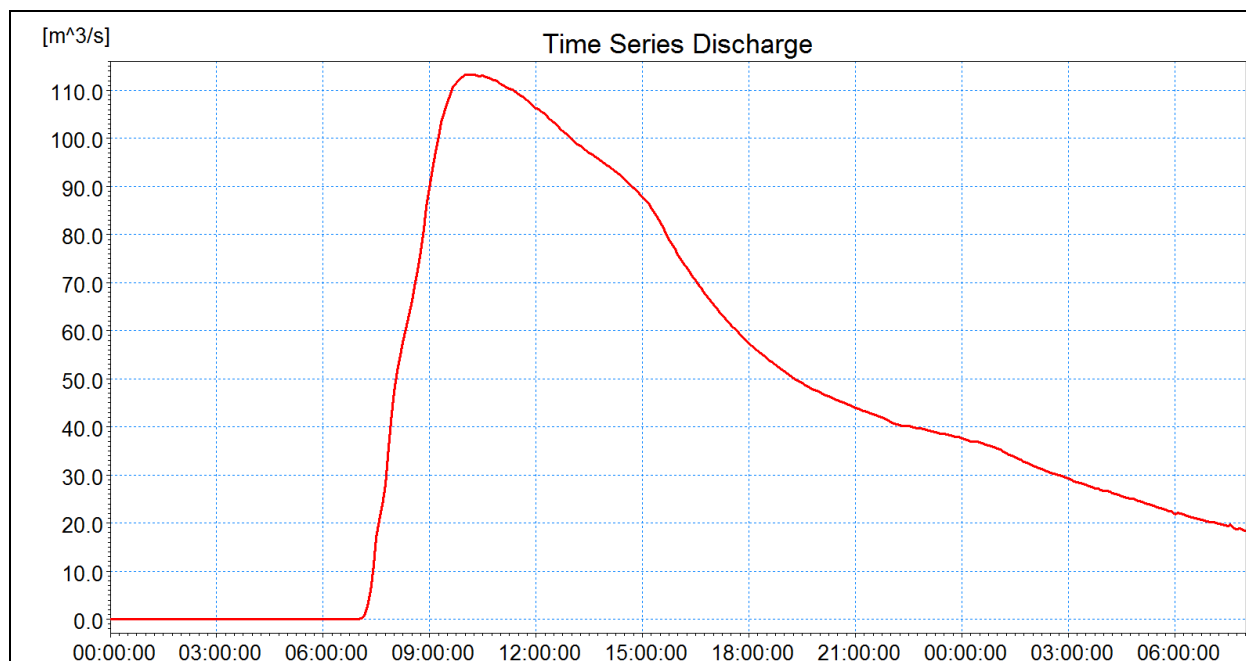


Figura 102 – Idrogramma di piena del T. Seveso a monte della presa del CSNO per T=10 anni

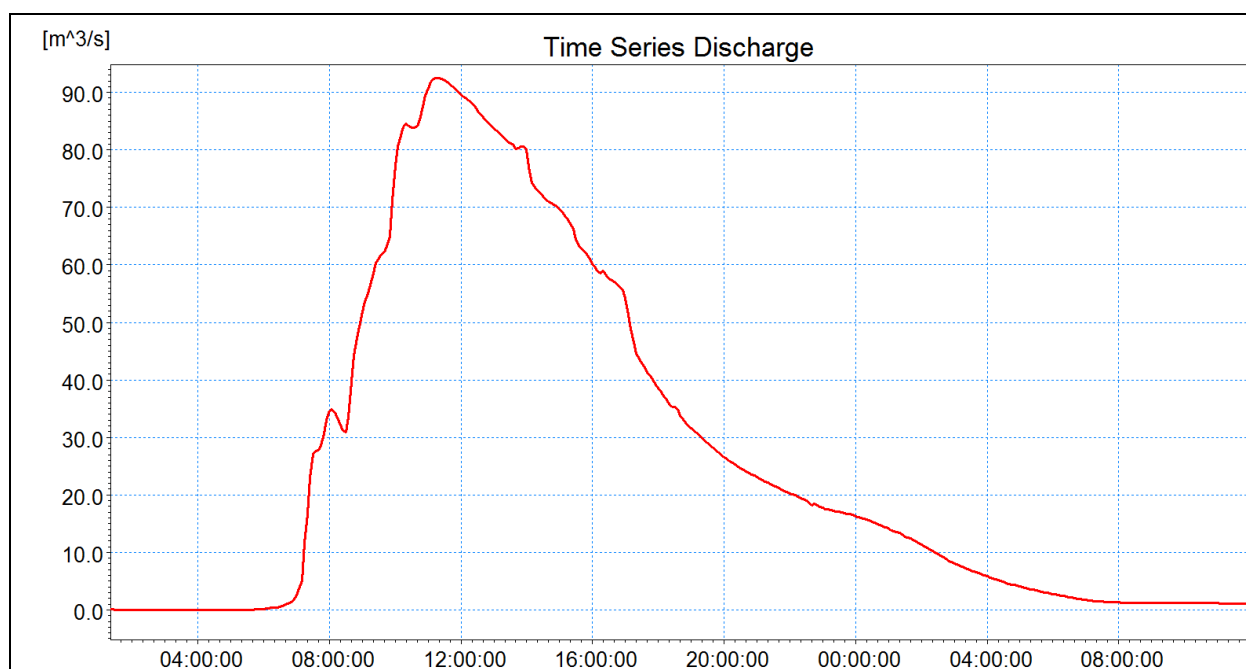


Figura 103 – Idrogramma di piena del T. Seveso a monte della tombinatura di Milano per T=10 anni

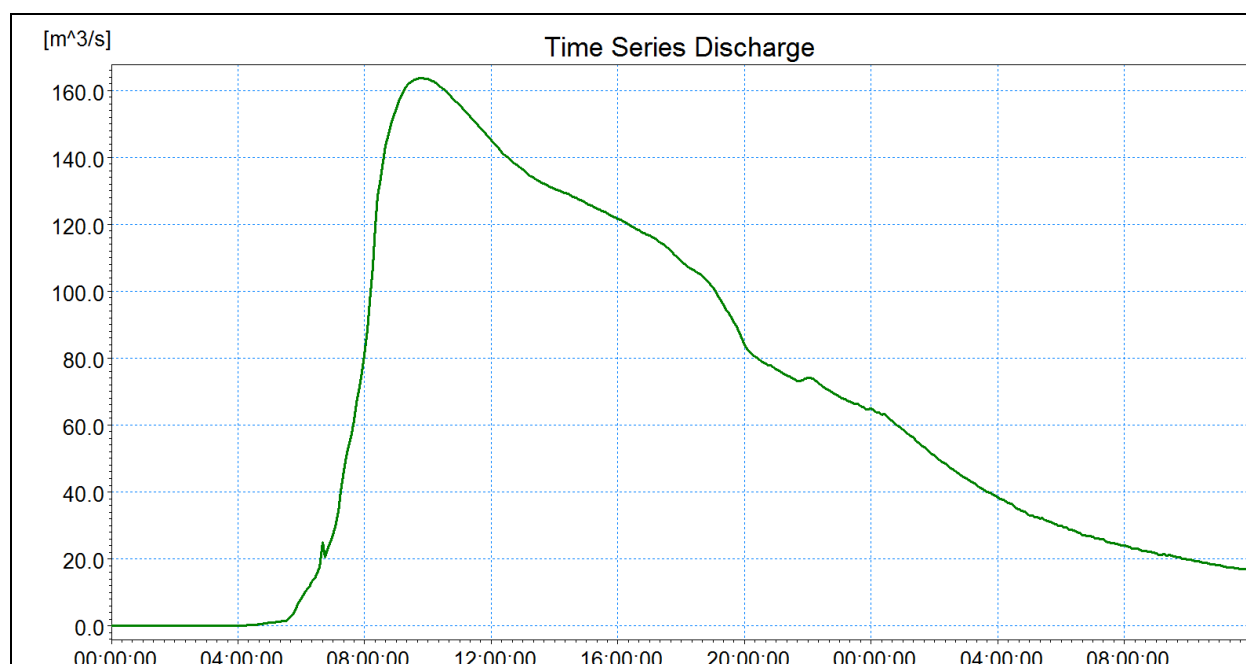


Figura 104 – Idrogramma di piena del T. Seveso a monte della presa del CSNO per T=500 anni

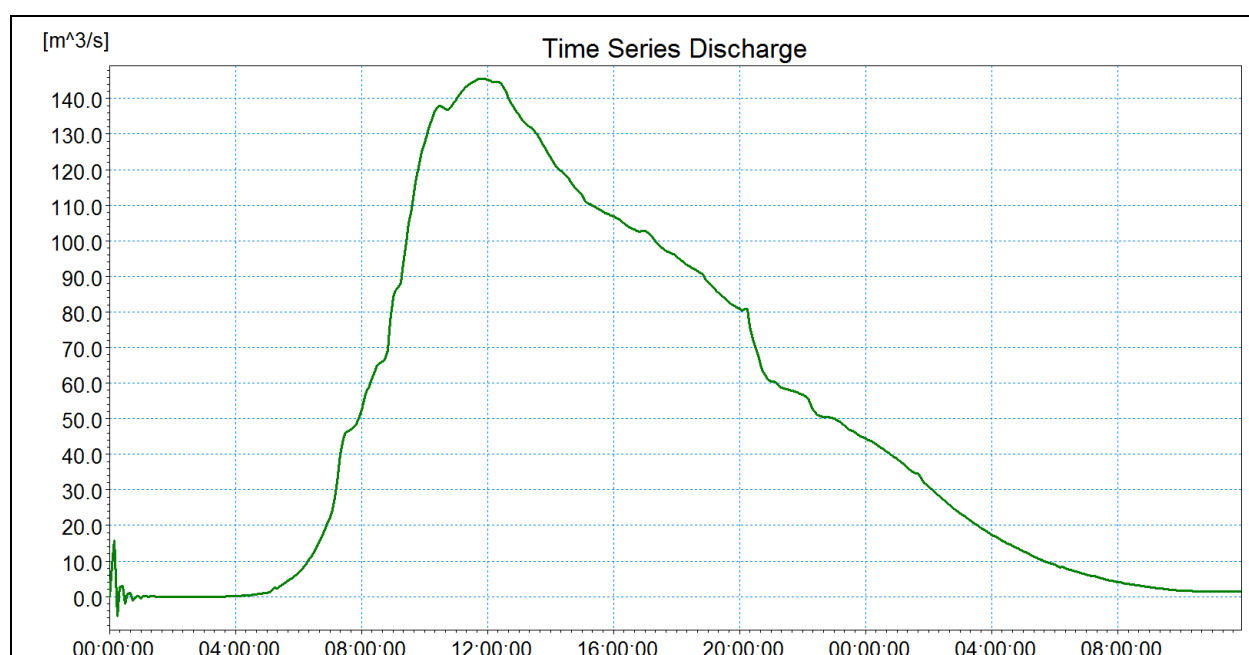


Figura 105 – Idrogramma di piena del T. Seveso a monte della tombinatura di Milano per T=500 anni

8.2 Assetto di progetto

Per la definizione delle portate nell'assetto di progetto, sono state inserite nel modello idrologico-idraulico del T. Seveso le opere previste nello studio *AIPo-2011* e successivamente aggiornate ed integrate attraverso ulteriori fasi di studio e soprattutto attraverso i progetti fino ad ora elaborati (cfr. par. 3.4).

In sintesi, l'assetto di progetto del T. Seveso è costituito dalle seguenti opere di laminazione:

- Aree di laminazione nella porzione più settentrionale del bacino del Seveso: 150'000 m³;
- Aree di laminazione nei comuni di Vertemate con Minoprio, Carimate e Cantù: 522'000 m³;
- Aree di laminazione in Comune di Lentate sul Seveso: 828'000 m³;
- Area di laminazione nei comuni di Varedo, Paderno D. e Limbiate: 2'200'000 m³;
- Area di laminazione in Comune di Senago: 810'000 m³;
- Area di laminazione in Comune di Milano: 250'000 m³.

L'inserimento nel modello idrologico-idraulico di tutte le suddette opere di laminazione ha permesso di effettuare la simulazione dell'assetto di progetto per l'evento con tempo di ritorno di 100 anni. Di seguito si riportano gli idrogrammi di piena dell'assetto di progetto in alcune sezioni caratteristiche ed in corrispondenza delle principali opere di laminazione.

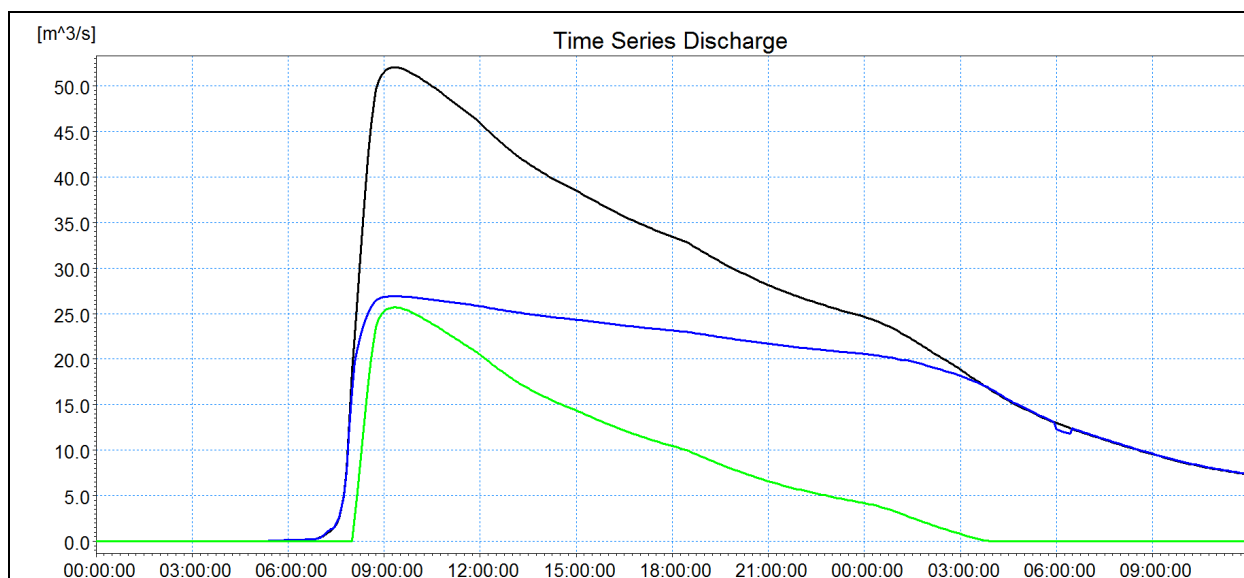


Figura 106 – Idrogrammi di piena del T. Seveso in corrispondenza dell'invaso di laminazione di Lentate sul Seveso (linea nera: a monte invasivo; linea blu: a valle invasivo; linea verde: ingresso invasivo)

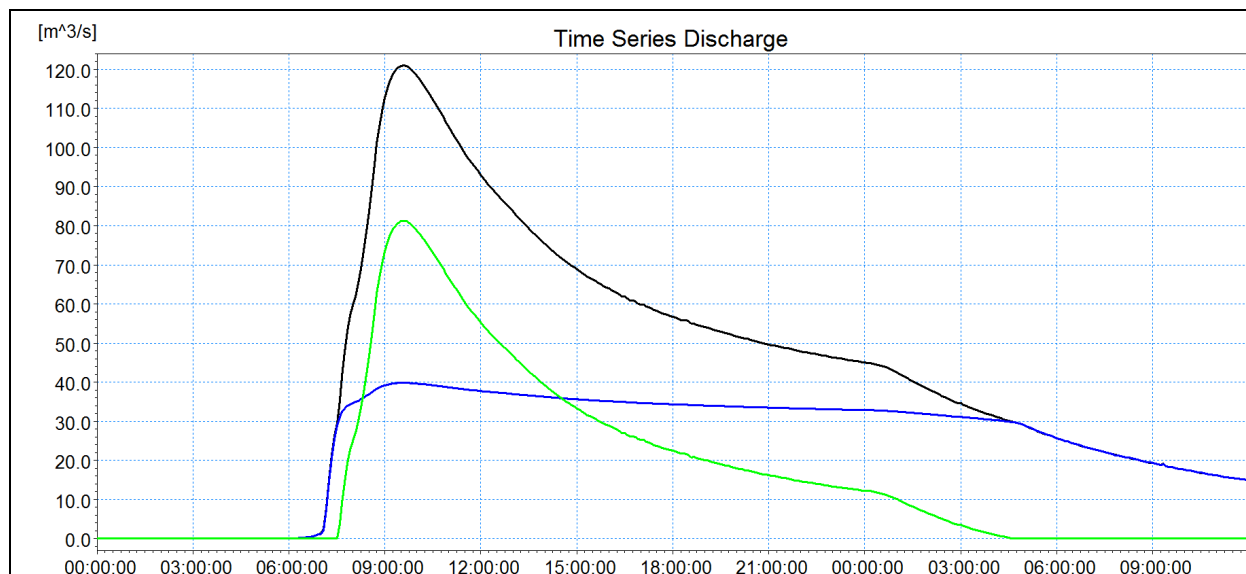


Figura 107 – Idrogrammi di piena del T. Seveso in corrispondenza dell'invaso di laminazione di Varedo/Paderno Dugnano (linea nera: a monte invaso; linea blu: a valle invaso; linea verde: ingresso invaso)

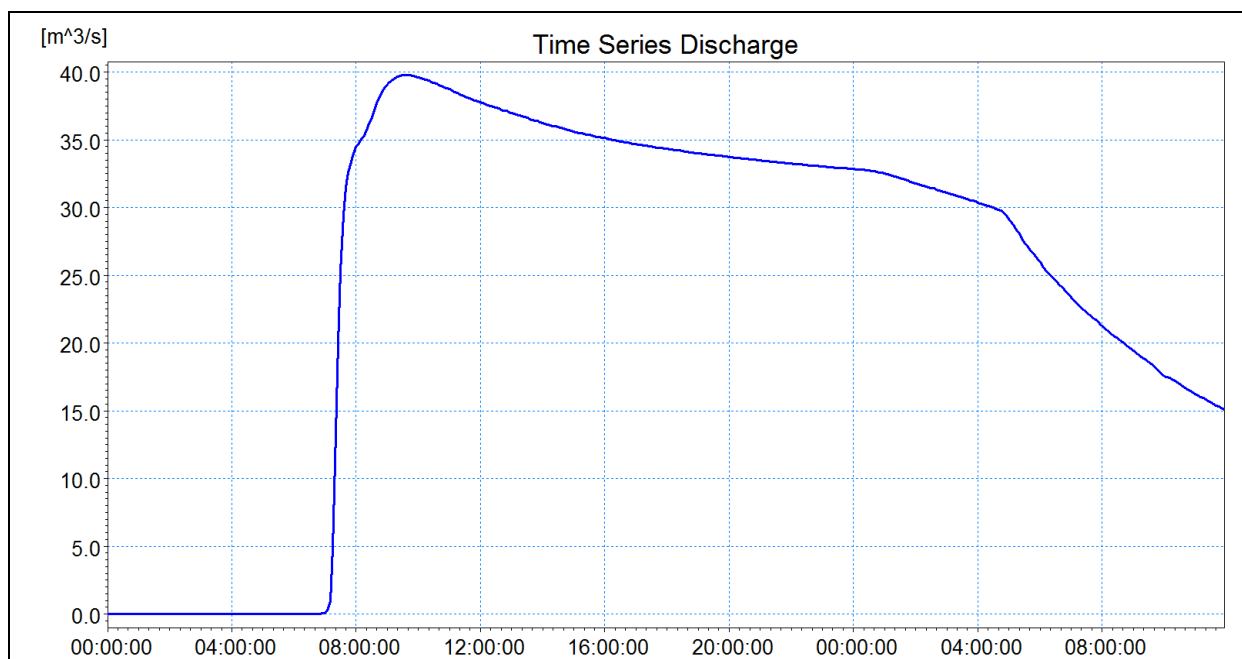


Figura 108 – Idrogramma di piena del T. Seveso a monte della presa del CSNO per T=100 anni - assetto di progetto

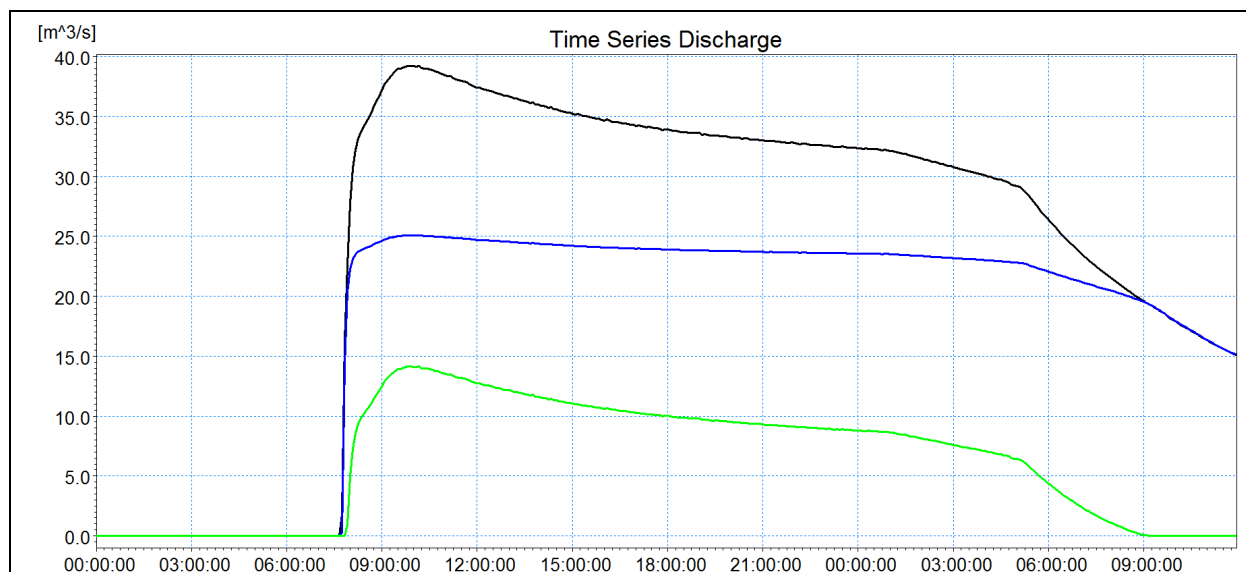


Figura 109 – Idrogrammi di piena del T. Seveso in corrispondenza dell'invaso di laminazione di Senago posto lungo il CSNO (linea nera: a monte invaso; linea blu: a valle invaso; linea verde: ingresso invaso)

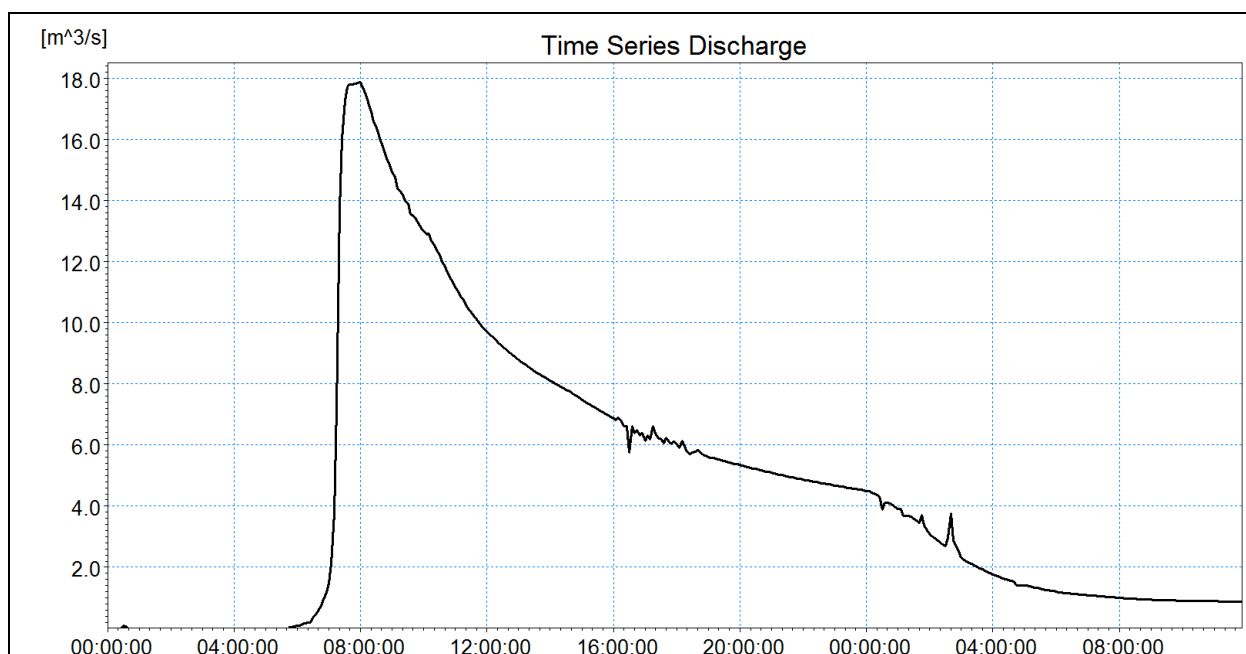


Figura 110 – Idrogramma di piena del T. Seveso a monte della tombinatura di Milano per T=100 anni - assetto di progetto

Nella Tabella 7 sono riportati i valori della portata al colmo, lungo l'intera asta del T. Seveso, sia con riferimento all'assetto attuale (T=10, 100 e 500 anni) che all'assetto di progetto (T=100 anni).

Tabella 7 – Portate al colmo lungo il T. Seveso (per localizzare i valori di portata rispetto alle sezioni topografiche, si rimanda alla

Tabella 8)

PROGRESSIVA [m]	Q_T=10 [mc/s]	Q_T=100 [mc/s]	Q_T=500 [mc/s]	Q_T=100 progetto [mc/s]
-1286.0	4.8	6.6	9.8	6.6
-1209.0	4.9	6.7	10.0	6.7
-1154.5	5.0	6.8	10.1	6.8
-1094.5	5.1	7.0	10.3	7.0
-1046.0	5.1	7.1	10.5	7.1
-1030.5	5.1	7.1	10.5	7.1
-997.0	5.2	7.2	10.6	7.2
-939.0	5.3	7.3	10.8	7.3
-898.0	5.3	7.4	10.9	7.4
-845.5	5.4	7.5	11.0	7.5
-793.0	5.5	7.6	11.2	7.6
-757.5	5.5	7.6	11.3	7.6
-703.5	5.6	7.7	11.5	7.7
-681.0	5.6	7.8	11.5	7.8
-622.0	5.7	7.9	11.7	7.9
-563.0	5.8	8.0	11.9	8.0
-526.0	5.9	8.1	12.0	8.1
-454.5	5.9	8.2	12.2	8.2
-345.0	10.3	14.4	21.4	11.4
-221.5	10.5	14.6	21.8	11.6
-89.5	10.7	14.9	22.1	11.9
42.5	10.9	15.1	22.5	12.1
115.0	11.0	15.3	22.7	12.2
131.0	11.0	15.3	22.8	12.3
304.5	11.2	15.6	23.2	12.6
558.0	11.5	16.0	23.9	13.1
648.5	11.6	16.2	24.1	13.2
664.0	11.7	16.2	24.2	13.2
863.5	11.9	16.6	24.7	13.6
1061.0	12.3	17.2	25.3	14.2
1463.5	12.7	17.8	26.6	14.7
2051.4	18.0	25.2	37.7	19.8
2383.0	18.0	25.0	34.5	19.8
2526.4	18.4	25.5	35.2	20.4
2529.6	18.5	25.5	35.2	20.4
2543.5	18.5	25.5	35.3	20.5
2616.9	18.7	25.8	35.7	20.8
2679.0	18.9	26.0	36.0	11.2
2845.5	19.4	26.7	36.9	11.9
3092.4	20.1	27.6	38.2	12.9
3384.3	21.1	28.4	38.9	14.2
3669.1	19.2	25.2	32.4	15.4
3749.4	19.3	25.4	32.5	15.8

PROGRESSIVA [m]	Q_T=10 [mc/s]	Q_T=100 [mc/s]	Q_T=500 [mc/s]	Q_T=100 progetto [mc/s]
3847.4	19.5	25.7	33.1	16.2
3947.6	19.7	26.0	33.3	17.7
4003.7	20.0	26.2	33.5	16.9
4076.8	20.1	26.2	33.5	17.3
4126.1	20.1	26.3	33.6	17.5
4221.5	20.2	26.5	33.9	18.1
4341.6	20.5	26.8	34.1	19.2
4456.7	20.9	27.1	34.5	20.2
4525.6	21.2	27.2	34.6	20.7
4532.1	21.4	27.3	34.7	20.8
4613.5	21.5	27.5	34.9	21.4
4811.4	21.7	27.8	35.1	21.4
5013.9	22.8	28.0	35.4	21.4
5108.4	22.9	28.2	35.6	21.7
5130.7	22.9	28.2	35.6	21.8
5154.5	22.9	28.2	35.6	21.8
5185.0	23.1	28.3	35.7	21.9
5317.7	23.4	28.5	35.9	22.3
5437.9	23.5	28.6	36.1	22.7
5445.6	23.5	28.7	36.1	22.7
5550.1	23.6	28.8	36.3	23.1
5656.3	23.6	28.9	36.5	23.4
5684.4	23.7	28.9	36.5	23.5
5909.0	23.8	29.3	36.9	24.2
6306.8	24.3	29.8	37.5	25.5
6698.9	24.7	30.3	38.1	26.6
6981.7	25.1	30.7	38.6	27.5
7075.6	25.2	30.8	38.7	27.8
7141.3	25.2	30.9	38.8	27.9
7392.0	25.4	31.1	39.1	28.5
7585.9	25.6	31.3	39.3	28.8
7605.2	25.6	31.3	39.3	28.9
7633.1	25.6	31.3	39.3	28.9
7806.8	25.7	31.5	39.5	29.3
7976.5	25.9	31.6	39.7	29.6
8197.9	26.0	31.8	40.0	30.0
8414.4	38.3	48.5	62.8	48.7
8542.6	38.4	48.7	63.1	38.8
8823.2	38.2	48.7	63.3	39.2
8981.7	38.1	48.7	63.5	39.5
8987.3	38.1	48.7	63.5	39.5
9154.1	38.2	48.9	63.8	31.7
9471.9	37.9	48.8	63.1	32.4
9631.0	37.6	48.6	62.4	32.7
9649.6	37.6	48.6	62.4	32.8
9663.1	37.7	48.6	62.4	32.8
9666.8	37.7	48.6	62.4	32.8

PROGRESSIVA [m]	Q_T=10 [mc/s]	Q_T=100 [mc/s]	Q_T=500 [mc/s]	Q_T=100 progetto [mc/s]
9743.0	37.7	48.7	62.3	33.0
9819.0	37.8	48.8	62.4	33.2
9872.7	37.8	48.8	62.5	33.3
10066.0	37.9	48.9	61.5	33.7
10307.8	37.9	49.1	60.9	34.3
10414.3	38.0	49.4	60.8	34.5
10425.4	38.0	49.5	60.8	34.5
10471.0	38.0	49.2	60.8	34.6
10585.9	37.6	48.9	60.8	28.5
10665.1	37.3	48.6	60.8	28.7
10675.2	37.3	48.6	60.9	28.7
10766.8	37.3	48.7	61.0	28.9
10928.2	37.4	48.8	61.1	29.2
11176.6	37.6	49.1	61.4	29.8
11427.4	37.6	49.3	61.8	30.3
11557.5	37.7	49.4	61.9	30.6
11632.7	37.7	49.4	62.0	30.8
11659.8	37.8	49.5	62.1	30.8
11677.4	37.8	49.5	62.1	30.9
11696.0	37.8	49.5	62.1	30.9
11712.5	37.8	49.5	62.1	31.0
11902.4	42.6	56.2	71.2	36.1
12179.0	42.8	56.5	71.6	36.6
12284.2	42.8	56.2	67.1	36.8
12295.5	42.8	56.2	67.1	36.9
12436.5	42.9	56.4	67.3	37.2
12580.5	43.0	56.5	67.5	37.6
12724.9	43.2	56.7	66.9	33.4
12867.5	43.1	56.7	67.9	33.7
12878.5	43.1	56.7	67.9	33.8
12883.9	43.1	56.7	67.9	33.8
13042.1	43.3	56.9	68.1	34.2
13307.0	43.4	57.1	68.4	34.8
13498.8	43.5	57.3	68.7	35.4
13749.8	43.5	57.3	68.9	35.8
13929.5	43.6	57.5	69.1	36.1
13948.3	43.7	57.5	69.2	36.2
13974.4	43.7	57.5	69.2	36.2
14084.5	43.8	57.6	69.4	36.5
14314.8	43.9	57.8	69.6	26.9
14457.3	44.0	58.0	69.6	27.2
14549.0	43.8	57.8	70.5	27.7
14644.9	43.8	57.8	70.5	27.9
14777.0	43.8	57.8	70.5	28.2
14909.0	43.7	57.6	71.3	28.5
14918.7	43.7	57.6	71.3	28.5
15076.8	43.8	57.8	71.3	28.9

PROGRESSIVA [m]	Q_T=10 [mc/s]	Q_T=100 [mc/s]	Q_T=500 [mc/s]	Q_T=100 progetto [mc/s]
15411.2	43.9	57.9	71.3	29.7
15602.8	44.1	58.1	71.8	30.1
15621.1	44.1	58.2	71.8	30.2
15641.8	48.7	64.2	79.1	39.4
15687.9	48.8	64.4	79.3	39.7
15731.3	48.9	64.8	79.5	40.0
15746.6	49.0	64.8	79.6	40.1
15751.9	49.0	64.9	79.6	40.1
15820.3	49.2	64.9	79.9	40.6
15897.5	49.4	65.3	80.2	41.2
15939.2	49.6	65.4	80.3	41.5
16067.9	50.0	65.9	79.8	42.4
16328.5	50.7	66.9	80.3	44.2
16628.5	51.7	68.1	81.6	46.4
16909.4	52.5	69.2	82.8	48.4
17189.6	53.4	70.3	84.0	50.3
17331.1	53.8	66.2	73.8	48.1
17344.3	53.8	66.3	73.8	48.1
17437.9	53.9	66.4	74.0	48.4
17672.9	54.1	66.7	74.4	49.2
17823.5	54.2	67.0	74.7	49.8
17853.5	54.4	67.0	74.7	49.8
17895.2	54.5	67.1	74.8	50.0
17915.2	54.6	67.1	74.8	50.0
17972.6	54.7	67.2	74.9	50.2
18117.0	54.7	67.4	75.3	50.7
18286.3	54.9	67.7	75.8	51.3
18535.4	55.2	68.0	76.6	52.0
18759.1	55.6	68.4	77.2	27.2
18812.3	55.7	68.5	77.4	27.4
18908.5	55.8	68.6	77.7	27.8
19031.5	55.8	68.8	78.1	28.2
19128.9	55.9	68.9	78.3	28.5
19269.4	56.1	69.2	78.7	29.0
19349.9	56.2	69.3	79.0	29.3
19365.3	56.2	69.3	79.0	29.4
19372.2	56.2	69.3	79.1	29.4
19455.0	56.3	69.4	79.3	29.7
19611.0	56.5	69.7	79.8	30.2
19782.2	56.7	69.9	80.3	30.8
19977.4	56.9	70.2	80.9	31.5
20211.3	57.2	70.6	81.6	32.4
20519.5	57.5	71.1	82.2	33.4
20702.3	57.7	71.3	82.7	34.1
20715.8	57.7	71.3	82.7	34.1
20726.9	57.7	71.3	82.7	34.1
20736.4	57.7	71.3	82.7	34.1

PROGRESSIVA [m]	Q_T=10 [mc/s]	Q_T=100 [mc/s]	Q_T=500 [mc/s]	Q_T=100 progetto [mc/s]
20796.2	57.7	71.3	82.7	34.1
20864.3	57.7	71.3	82.7	34.1
20898.1	57.7	71.4	82.7	34.1
21020.1	57.7	71.3	82.7	34.1
21120.1	57.7	71.3	82.7	34.2
21174.3	57.7	71.3	82.7	34.2
21376.8	57.7	71.3	82.7	34.1
21617.6	57.8	71.3	82.7	34.1
21714.7	58.6	72.7	85.0	37.3
21725.9	58.6	72.7	85.0	37.3
21802.6	58.6	72.7	85.0	37.2
21914.3	58.7	72.7	85.0	37.2
22013.8	58.7	72.7	85.0	37.2
22115.4	58.7	72.7	85.0	37.2
22165.7	58.7	72.7	85.0	37.2
22174.2	58.7	72.7	85.0	37.2
22239.3	58.7	72.7	85.0	37.2
22352.7	58.7	72.7	85.0	37.2
22405.8	58.7	72.7	85.0	37.2
22536.1	58.7	72.7	85.0	37.2
22668.3	58.9	72.7	85.0	37.2
22687.5	59.1	72.7	85.0	37.2
22704.4	59.1	72.7	85.0	37.2
22745.8	59.0	72.7	85.0	37.2
22786.6	58.8	72.7	85.0	37.2
22849.4	58.8	72.7	85.0	37.2
22910.9	58.7	72.7	85.0	37.2
22999.2	58.7	72.7	85.0	37.2
23186.2	58.7	72.7	85.0	37.2
23351.2	58.7	72.7	85.0	37.2
23550.9	58.7	72.7	85.0	37.2
23757.0	58.7	72.7	85.0	37.2
23842.1	58.6	72.7	85.0	37.2
23863.9	58.6	72.8	85.0	37.2
23875.3	58.6	72.8	85.0	37.2
23933.4	58.6	72.8	85.0	37.2
23997.3	58.6	72.8	85.0	37.2
24030.8	58.6	72.8	85.0	37.2
24047.5	103.4	131.9	175.5	108.1
24120.1	103.4	131.9	175.5	108.1
24209.6	104.8	134.3	178.1	109.9
24230.0	104.8	134.0	178.1	109.9
24351.7	104.8	133.9	178.1	109.9
24519.2	104.7	133.9	178.1	109.9
24584.3	104.7	133.9	178.1	109.9
24609.6	104.7	133.9	178.1	109.9
24640.6	104.7	133.8	178.1	109.9

PROGRESSIVA [m]	Q_T=10 [mc/s]	Q_T=100 [mc/s]	Q_T=500 [mc/s]	Q_T=100 progetto [mc/s]
24675.7	104.7	133.7	178.1	109.9
24848.1	104.7	133.3	178.1	109.9
25220.4	104.7	133.0	178.1	110.1
25436.6	109.8	139.0	188.3	115.9
25569.2	109.8	139.0	188.3	115.9
25735.4	109.6	139.0	188.3	116.3
25779.9	109.6	139.0	188.3	116.6
25790.4	109.6	139.0	188.3	116.6
25842.0	109.5	139.0	188.3	116.7
25903.6	109.4	139.0	188.3	116.7
25927.2	109.3	139.0	188.3	116.6
26102.0	109.6	139.1	189.6	116.6
26360.8	109.7	139.1	189.6	116.6
26459.8	109.7	139.1	189.6	116.6
26543.3	109.7	139.1	187.3	116.5
26802.2	109.5	139.1	187.3	116.3
26991.3	109.3	139.7	187.3	116.5
27007.1	109.3	139.7	187.3	116.5
27119.1	109.3	140.3	187.3	116.5
27246.7	109.3	140.5	187.3	116.5
27276.2	109.3	140.5	187.3	116.5
27309.9	109.4	140.4	187.3	116.5
27352.0	110.9	141.6	190.4	118.4
27396.4	111.0	131.0	159.1	118.4
27435.7	111.0	130.8	159.1	118.4
27447.4	111.0	130.8	159.1	118.4
27456.3	111.0	130.7	159.1	118.4
27464.5	110.9	130.7	159.1	118.4
27489.0	110.9	130.6	159.4	118.4
27518.9	110.9	130.5	159.8	118.5
27552.5	111.2	130.4	159.8	118.7
27611.3	112.1	130.4	159.8	118.7
27648.2	112.1	130.4	159.8	118.7
27654.5	112.1	130.4	159.8	118.7
27661.3	112.1	130.5	159.8	118.7
27669.1	112.1	130.9	159.8	118.7
27760.2	112.1	130.9	159.8	118.7
27999.4	111.3	130.9	159.7	118.7
28153.5	111.4	130.9	159.5	118.6
28163.0	111.4	130.9	159.5	118.6
28312.6	111.3	131.0	159.5	118.6
28461.9	111.3	131.0	159.5	118.6
28572.6	111.3	131.0	159.5	118.6
28811.2	113.5	133.2	163.7	121.3
29114.4	113.4	133.1	163.9	121.3
29398.8	113.4	132.9	163.9	39.8
29531.8	113.4	132.9	163.9	39.8

PROGRESSIVA [m]	Q_T=10 [mc/s]	Q_T=100 [mc/s]	Q_T=500 [mc/s]	Q_T=100 progetto [mc/s]
29556.4	113.4	132.9	163.9	39.8
29582.5	113.4	132.9	163.9	39.8
29612.1	113.4	132.9	163.9	39.8
29641.0	113.4	132.9	163.9	39.8
29758.6	113.4	132.9	163.9	39.8
29915.1	113.3	132.9	163.9	39.8
30045.0	113.3	132.9	163.9	39.9
30170.2	113.3	132.9	163.9	40.3
30230.7	113.3	132.9	163.9	40.3
30403.4	113.3	132.9	163.9	40.1
30580.8	81.4	100.2	130.4	0.0
30596.6	81.4	100.2	130.4	0.0
30640.0	81.3	100.2	130.4	0.0
30867.3	81.2	100.2	130.4	0.0
31087.2	81.2	100.2	130.4	0.0
31092.4	82.4	101.3	132.5	5.9
31152.9	82.4	101.3	132.5	5.9
31307.5	82.4	101.3	132.5	5.9
31502.0	82.4	101.3	132.5	5.9
31604.9	82.4	101.3	132.5	5.9
31619.9	82.4	101.3	132.5	5.9
31703.1	82.5	101.3	132.5	5.8
31870.4	82.1	101.2	132.1	5.9
32042.2	82.1	101.2	131.9	5.8
32125.4	82.1	101.2	131.9	5.8
32236.7	82.1	101.2	131.9	5.8
32400.7	83.5	102.5	134.3	11.2
32573.9	83.5	102.5	134.3	11.1
32692.9	83.5	102.5	134.3	11.1
32743.2	83.5	102.5	134.3	11.1
32886.4	83.5	102.5	134.2	11.1
33088.6	83.5	102.5	134.2	11.0
33323.0	83.6	102.5	134.2	11.0
33457.3	83.4	102.5	134.0	11.0
33471.8	83.4	102.5	134.0	11.0
33490.7	83.4	102.5	134.0	11.0
33573.6	83.4	102.5	134.0	11.0
33748.9	83.4	102.5	133.9	10.9
34042.1	84.1	103.3	135.5	13.3
34243.4	84.1	103.3	135.5	13.3
34260.2	84.1	103.3	135.5	13.3
34275.3	84.1	103.3	135.5	13.3
34394.0	84.1	103.3	135.4	13.3
34649.4	84.1	103.3	135.4	13.2
34800.4	84.2	103.3	135.4	13.2
34814.2	84.2	103.3	135.4	13.2
34975.9	84.2	103.3	135.4	13.2

PROGRESSIVA [m]	Q_T=10 [mc/s]	Q_T=100 [mc/s]	Q_T=500 [mc/s]	Q_T=100 progetto [mc/s]
35135.4	84.2	103.3	134.8	13.5
35147.9	84.2	103.6	134.8	13.5
35191.3	84.2	103.3	134.8	13.5
35289.7	84.2	103.3	134.7	13.2
35361.0	84.2	103.3	134.7	13.2
35371.2	84.2	103.3	134.7	13.2
35386.2	85.3	104.7	134.7	18.3
35500.0	85.3	104.7	134.7	18.3
35602.9	85.3	104.7	134.7	18.3
35613.4	85.3	104.7	134.7	18.3
35647.6	85.3	104.7	134.7	18.3
35681.4	85.3	104.7	134.7	18.3
35690.9	85.3	104.7	134.7	18.6
35804.4	85.3	104.7	134.7	18.2
36035.4	85.2	104.6	135.3	18.3
36160.6	85.2	104.7	135.3	18.3
36233.5	85.2	104.8	135.2	18.3
36373.1	85.2	105.6	135.0	18.2
36449.4	87.0	107.9	137.8	23.0
36457.6	87.0	107.9	137.8	23.0
36608.1	87.0	108.1	137.8	22.9
36758.8	87.0	108.2	137.8	22.9
36863.9	87.0	108.3	137.8	22.9
37096.2	87.0	108.5	137.8	22.9
37227.0	87.5	108.3	138.7	24.7
37246.7	87.5	108.2	138.7	24.8
37358.9	87.4	107.4	138.7	7.7
37529.3	87.4	107.0	138.6	7.7
37672.7	87.4	107.0	138.6	7.7
37823.3	87.4	107.0	138.6	7.7
37919.3	92.5	112.3	145.5	17.9
37948.8	92.5	112.3	145.5	17.9
37978.5	92.5	112.3	145.5	17.9
37991.0	92.5	112.3	145.5	17.9
38016.3	92.5	112.3	145.5	17.9

Nelle figure seguenti, per una migliore comprensione dell'assetto idraulico del T. Seveso, si riportano i valori delle portate al colmo lungo la progressiva, sia con riferimento allo stato attuale per i diversi valori del tempo di ritorno (Figura 111), che come confronto tra stato attuale e assetto di progetto per l'evento centennale (Figura 112). Analoghe rappresentazioni, con riferimento al volume dell'idrogramma di piena (considerando un tempo pari a 36 ore dall'inizio dell'evento meteorico), sono riportate nella Figura 113 e nella Figura 114. Nei grafici sono evidenti i seguenti aspetti:

- incrementi graduali della portata al colmo e del volume di piena per effetto dell'apporto dei bacini direttamente afferenti all'asta del T. Seveso;

- incrementi puntuali della portata al colmo e del volume di piena in corrispondenza delle confluenze degli affluenti o degli scaricatori di piena delle reti di drenaggio urbano;
- riduzione della portata al colmo e del volume di piena in corrispondenza di tratti in cui si verificano esondazioni che non rientrano nel corso d'acqua nel corso dell'evento di piena, a causa della morfologia del piano campagna;
- riduzione della portata per effetto della derivazione nel CSNO a Palazzolo;
- riduzione della portata al colmo e del volume di piena in corrispondenza delle opere di laminazione previste nell'assetto di progetto.

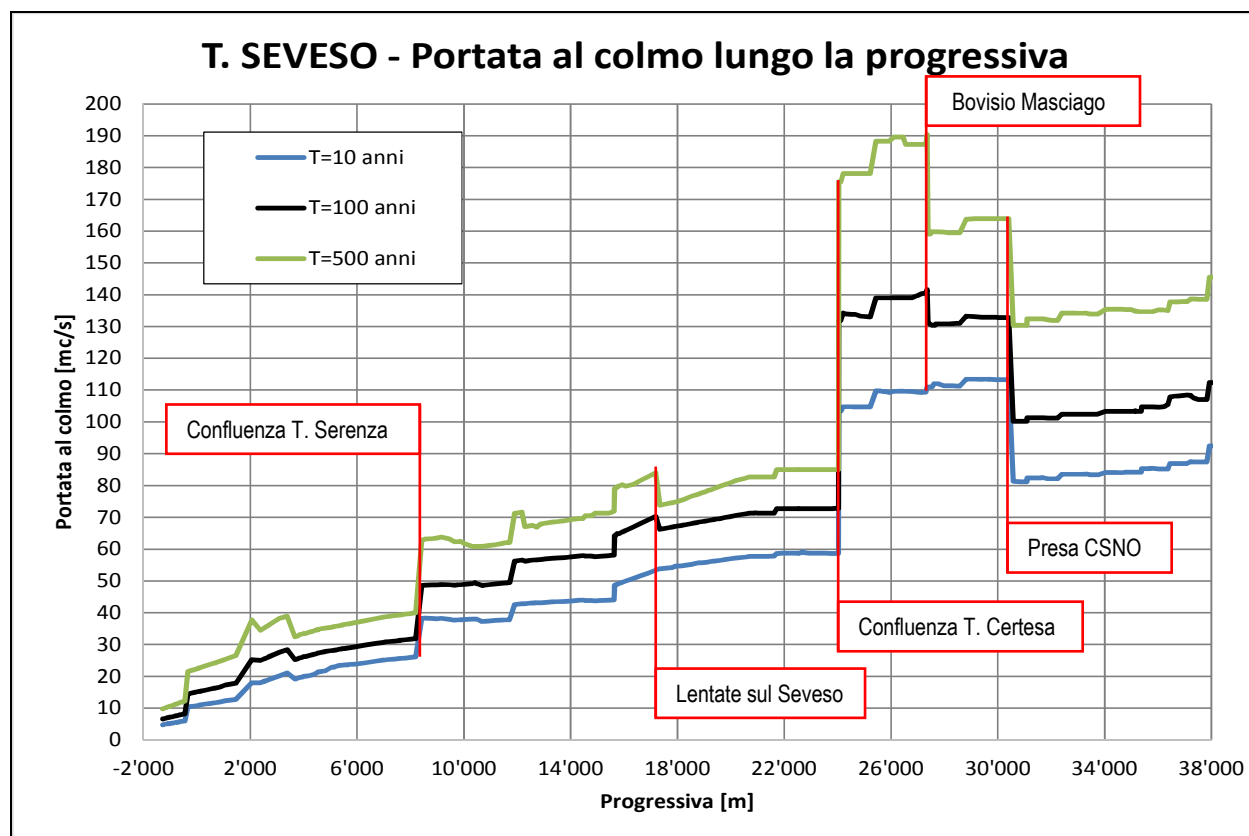


Figura 111 – Portata di piena al colmo del T. Seveso lungo la progressiva – assetto attuale

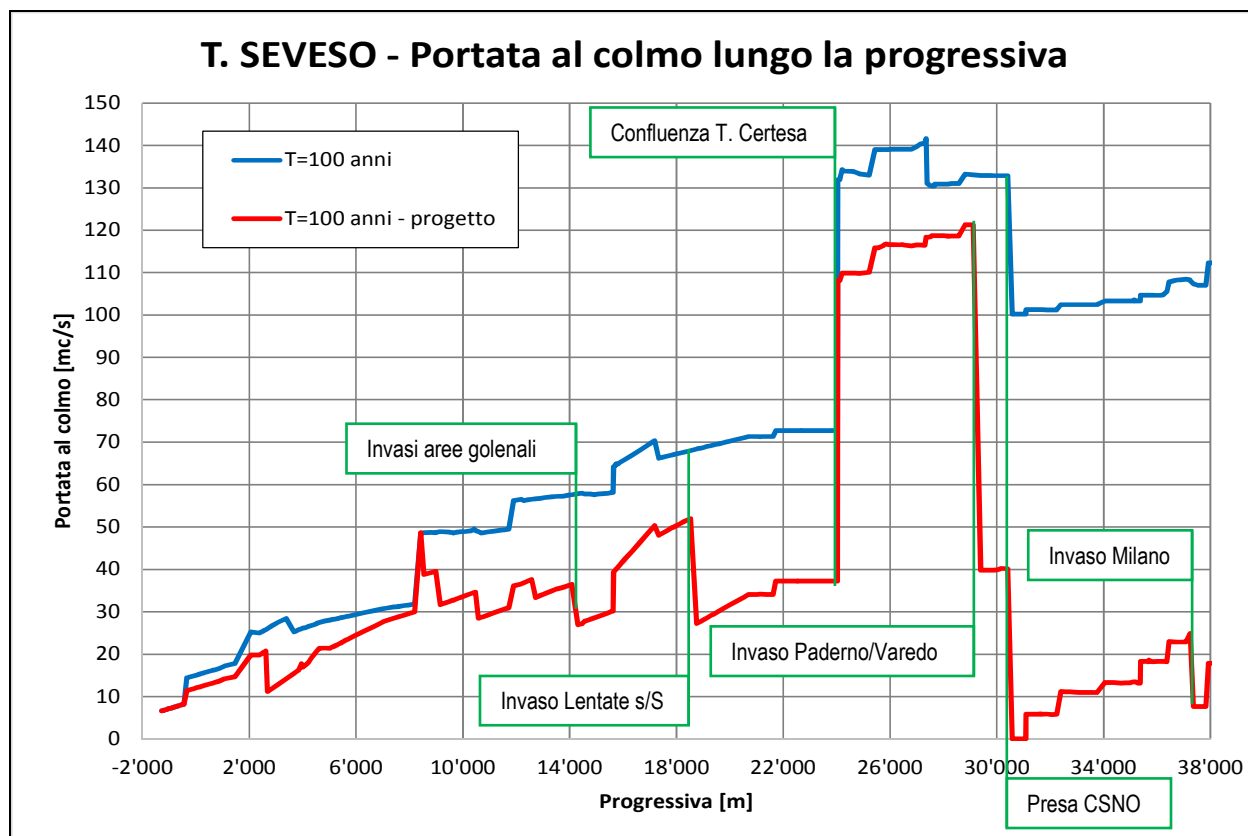


Figura 112 – Portata di piena al colmo del T. Seveso lungo la progressiva – confronto stato attuale e assetto di progetto per T=100 anni

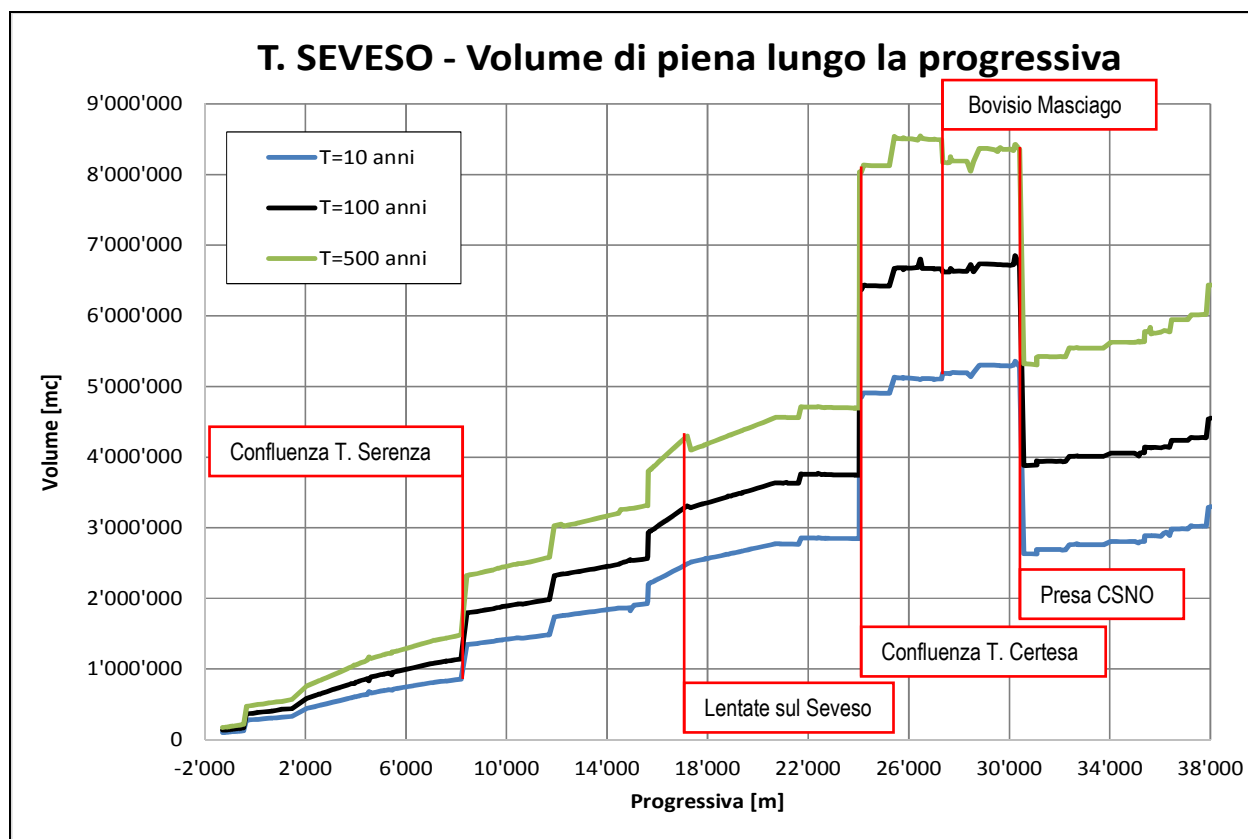


Figura 113 – Volumi di piena del T. Seveso lungo la progressiva – assetto attuale

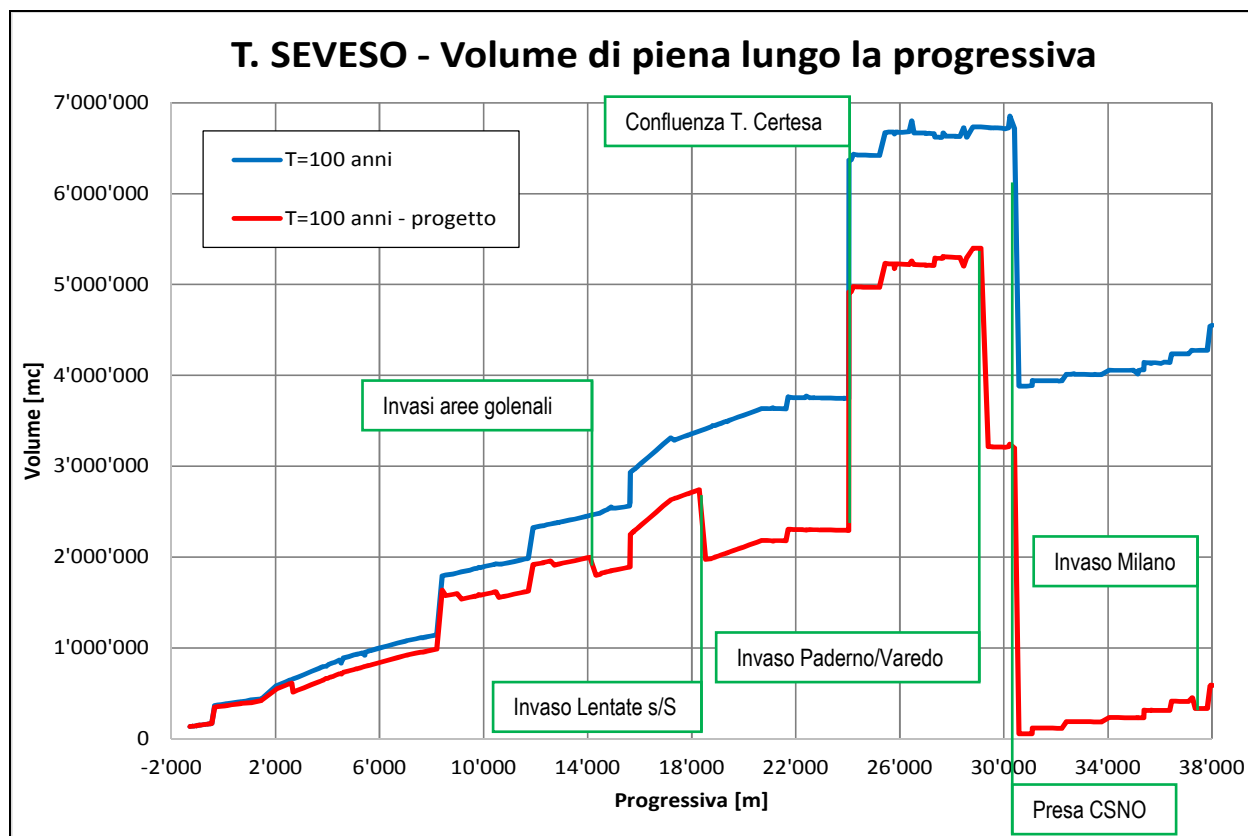


Figura 114 – Volumi di piena del T. Seveso lungo la progressiva – confronto stato attuale e assetto di progetto per T=100 anni

9 ATTIVITA' 5 - DEFINIZIONE AGGIORNATA DEI PROFILI IDRICI CON RIFERIMENTO ALLO STATO ATTUALE E AGLI SCENARI DI ASSETTO DI PROGETTO

Dai risultati del modello idrologico-idraulico del T. Seveso descritto nei capitoli precedenti è possibile ricavare i profili idrici di piena al colmo, sia per lo stato attuale che per l'assetto di progetto. Nella Tabella 8 sono riportati i valori dei livelli idrici relativi alla portata al colmo, lungo la progressiva, con riferimento all'assetto attuale (T=10, 100 e 500 anni) e all'assetto di progetto (T=100 anni).

Tabella 8 – Profili idrici al colmo lungo il T. Seveso (in azzurro sono indicate le sezioni in corrispondenza dei ponti)

SEZIONE	PROGRESSIVA [m]	CARATTERISTICHE SEZIONE	LIVELLI DI PIENA AL COLMO [m s.m.]			
			T=10	T=100	T=500	T=100 progetto
	-1321		324.13	324.24	324.40	324.24
	-1251		323.41	323.54	323.72	323.54
	-1167		322.67	322.78	322.93	322.78
	-1142		322.22	322.34	322.52	322.34
	-1047		321.28	321.39	321.55	321.39
	-1045		321.16	321.25	321.40	321.25
	-1016		320.66	320.76	320.92	320.76
	-978		320.52	320.63	320.81	320.63
	-900		320.31	320.44	320.64	320.44
	-896		319.84	319.98	320.19	319.98
	-795		319.49	319.65	319.90	319.65
	-791		319.32	319.51	319.79	319.51
	-724		319.21	319.40	319.68	319.40
	-683		319.16	319.34	319.60	319.34
	-679		318.56	318.72	318.95	318.72
	-565		317.78	317.91	318.11	317.91
	-553		316.10	316.20	316.37	316.20
	-499		314.88	315.07	315.35	315.00
	-410		314.69	314.87	315.12	314.76
	-280		314.20	314.37	314.61	314.25
	-163		313.66	313.86	314.15	313.72
	-16		313.02	313.25	313.59	313.09
	101		312.69	312.91	313.27	312.77
	130		312.58	312.82	313.19	312.66
	132		312.51	312.74	313.10	312.59
	477		310.84	311.16	311.61	310.96
	639		310.69	311.00	311.46	310.81
	658		310.64	310.94	311.37	310.76
	671		310.52	310.78	311.15	310.62
	1056		308.86	309.13	309.45	309.00
	1066		308.84	309.07	309.39	308.99
SV99	1861	Confluenza Seveso-Lusert	306.27	306.43	306.61	306.28
SV98.1	2241.77		305.17	305.40	305.75	305.27

SEZIONE	PROGRESSIVA [m]	CARATTERISTICHE SEZIONE	LIVELLI DI PIENA AL COLMO [m s.m.]			
			T=10	T=100	T=500	T=100 progetto
SV98	2524.12	Strada campestre a lato A9 corsia sud	304.38	304.85	305.43	304.52
	2528.62		304.35	304.82	305.40	304.49
SV97	2530.5	Ponte autostrada A9	304.35	304.82	305.40	304.48
	2556.5		303.41	303.73	304.11	303.54
SV96	2677.22	Ponte strada campestre	302.64	302.87	303.16	302.82
	2680.77		302.53	302.76	303.04	302.76
SV95.1	3010.25		301.91	302.01	302.13	302.09
SV95	3174.56		301.30	301.39	301.53	301.52
SV94.1	3594.08		300.58	300.85	301.25	300.53
SV94	3744.13	Tombotto sotto proprietà privata di lunghezza 150 m circa	300.49	300.79	301.21	300.27
	3754.63		300.44	300.65	300.88	300.25
SV93	3940.2	Ponte S.S.35 a Portichetto di Luisago	300.10	300.20	300.30	299.94
	3955.4		300.10	300.19	300.30	299.94
SV92.2bis	4052.08		299.78	299.91	300.06	299.63
SV92.2	4101.42		299.44	299.59	299.80	299.25
SV92.1	4150.81		299.21	299.29	299.54	299.00
SV92	4292.26		298.92	298.98	299.18	298.66
SV91.1	4390.85		298.67	298.80	299.01	298.42
SV91	4522.54	Ponte strada comunale Portichetto - Casnate	298.20	298.32	298.64	297.90
	4528.65		298.15	298.28	298.52	298.19
SV91bis	4535.5		298.08	298.20	298.52	298.01
SV90.1	4691.54		297.04	297.17	297.36	297.04
SV90	4931.19		296.52	296.66	296.84	296.48
SV89.2	5096.6		296.08	296.25	296.46	296.05
SV89.2bis	5120.14		296.06	296.24	296.43	295.95
SV89.1	5141.21		296.04	296.23	296.42	296.00
SV89.0.2	5167.78		295.99	296.19	296.38	295.95
SV89.0.1	5202.19		295.78	295.98	296.16	295.73
SV89.3	5433.26		294.67	294.94	295.30	294.63
SV89	5442.56	Ponte strada comunale Fino M. - Casnate	294.63	294.90	295.27	294.55
	5448.56		294.54	294.71	294.94	294.52
SV88.2	5651.55		293.23	293.36	293.52	293.23
SV88.2bis	5661		293.12	293.25	293.41	293.12
SV88.1	5707.72		292.56	292.69	292.85	292.57
SV88	6110.37		289.16	289.31	289.50	289.19
SV87.1	6503.2		285.93	286.07	286.25	285.98
SV87-2	6894.68		282.51	282.69	282.93	282.60
SV87	7068.62	Ponte S.P.27 (Como)	281.85	282.03	282.26	281.94
	7082.62		281.45	281.57	281.73	281.51
SV86.1	7200		280.21	280.33	280.48	280.28
SV86	7584.58	Ponte romano	275.12	275.39	275.66	275.34

SEZIONE	PROGRESSIVA [m]	CARATTERISTICHE SEZIONE	LIVELLI DI PIENA AL COLMO [m s.m.]			
			T=10	T=100	T=500	T=100 progetto
	7587.28		275.07	275.17	275.28	275.13
SV85.2	7622.44		274.77	274.80	274.83	274.79
SV85.2bis	7643.68		272.28	272.36	272.46	272.33
SV85.1	7970		266.94	267.04	267.16	267.01
SV85.1bis	7982.97		266.33	266.44	266.57	266.41
SV85	8412.9	Ponte strada campestre	258.90	259.00	259.11	259.00
	8415.9		258.36	258.50	258.66	258.53
SV84.1	8669.24	Confluenza Serenza-Seveso	256.98	257.17	257.38	257.04
SV84-2	8977.16		256.11	256.46	256.73	256.15
SV84	8986.26	Strada campestre di accesso ad Abbazia di Vertemate	256.01	256.33	256.55	256.05
	8988.26		255.63	255.95	256.33	255.57
SV83.1	9319.97		254.43	254.75	255.22	254.73
SV83.2	9623.9		254.27	254.63	255.21	254.07
SV83	9638.28	Ponte linea FFSS Milano- Chiasso	254.27	254.63	255.18	254.05
SV82.1	9661.13		254.26	254.62	255.17	254.04
SV82	9665.79	Ponte in legno di accesso a maneggio	254.26	254.62	255.16	254.04
	9667.79		253.89	254.06	254.40	253.81
SV81.3	9817.9	Strada campestre	253.61	253.72	254.12	253.56
	9820		253.54	253.71	254.04	253.49
SV81.2	9925.44		253.38	253.57	254.03	253.34
SV81.1	10206.47		252.55	253.00	253.83	252.67
SV81.0.1	10409.17		252.46	252.95	253.82	252.62
SV81	10419.37	Ponte linea FFSS Milano- Chiasso	252.36	252.86	253.73	252.54
	10431.37		252.24	252.63	253.20	252.43
SV80.1	10510.72		252.15	252.59	253.12	252.43
SV80.0.1	10661.02		251.96	252.48	253.05	252.37
SV80	10669.21	Ponte linea FFSS Milano- Chiasso	251.80	252.28	252.83	252.28
	10681.21		251.38	251.70	251.98	251.12
SV79.1	10852.49		250.64	250.92	251.11	250.42
SV79	11003.87		250.06	250.29	250.34	249.89
SV78	11349.29		249.10	249.39	249.51	248.84
SV77.1	11505.45		248.65	248.99	249.23	248.46
SV77.0.1	11609.56		248.19	248.49	248.76	248.05
SV77	11655.77	Ponte S.P.34 (Como) - Idrometro di Cantù Asnago	247.87	248.16	248.44	247.76
	11663.77		247.79	248.07	248.35	247.68
SV76.1	11691.12	Confluenza Seveso-Valle S. Antonio	247.65	247.91	248.16	247.66
SV76.1.bis	11700.85		247.60	247.85	248.10	247.62
SV76	11724.08		247.44	247.68	247.92	247.46
SV75	12080.72		245.57	245.89	246.23	245.38
SV74.1	12277.25		245.09	245.39	245.72	244.85

SEZIONE	PROGRESSIVA [m]	CARATTERISTICHE SEZIONE	LIVELLI DI PIENA AL COLMO [m s.m.]			
			T=10	T=100	T=500	T=100 progetto
SV74	12291.05	Ponte strada comunale Asnago (Cantù) - carimate	244.91	245.19	245.48	244.69
	12300.05		244.69	245.05	245.30	244.52
SV73.1	12572.9		243.35	243.80	244.15	243.29
SV73.2	12588.15		243.32	243.74	244.02	243.27
SV73.3	12861.63		242.57	243.02	243.31	242.88
SV73	12873.31	Ponte linea FFSS Milano- Chiasso	242.49	242.90	243.16	242.83
	12883.61		242.30	242.59	242.81	242.09
SV73bis	12884.15		242.25	242.55	242.77	242.03
SV72.1	13200.01		241.21	241.41	241.58	241.07
SV72	13413.98		240.91	241.12	241.30	240.78
SV71.1	13583.57		239.29	239.74	240.13	239.16
SV71-0-1	13916.08		238.94	239.47	239.90	238.85
SV71	13943.58	Ponte linea FFSS Milano- Chiasso	238.77	239.26	239.67	238.71
	13952.98		238.20	238.49	238.71	238.65
SV70.2	13995.81		238.11	238.38	238.63	238.60
SV70.1	14173.09		237.83	238.01	238.20	238.40
SV70	14456.46		237.08	237.20	237.50	237.26
SV69.1	14639.71		236.66	236.81	237.38	236.79
SV69-0-1	14903.9		236.56	236.70	237.29	236.25
SV69	14914.1	Strada di accesso alla stazione di Carimate	236.55	236.64	237.00	236.25
	14923.3		236.48	236.50	236.80	236.20
SV68.1	15229.67		236.01	236.26	236.50	235.82
SV68-0-1	15592.64		235.69	236.01	236.31	235.55
SV68	15613.94	Ponte S.P.32 (Como)	235.59	235.89	236.19	235.53
	15628.34		235.55	235.79	236.00	235.41
SV67-2	15654.64		235.51	235.74	235.94	235.38
SV67-1	15721.25		234.07	234.48	234.78	233.88
SV67	15741.35	Ponte strada comunale a case Introzzi	233.89	234.29	234.57	233.72
SV67bis	15751.85		233.84	234.13	234.35	233.67
SV66.2	15888.63	Confluenza Seveso-Serenza	233.00	233.24	233.38	232.84
SV66.2bis	15906.34		232.83	233.05	233.19	232.68
SV66.1	15972.14		232.46	232.78	232.94	232.30
SV66	16163.63		231.48	231.83	232.04	231.33
SV65.1	16493.46		230.10	230.37	230.53	230.00
SV65	16763.59		228.80	229.11	229.31	228.72
SV64.1	17055.15		227.70	228.06	228.24	227.77
SV64-0-1	17324.06		227.01	227.61	227.84	227.37
SV64	17338.06	Ponte linea FFSS Milano- Chiasso	226.89	227.41	227.62	227.25
	17350.56		226.61	226.83	226.88	226.49
SV63.1	17525.22		226.08	226.45	226.61	225.98
SV63	17820.54	Ponte strada comunale	225.09	225.28	225.45	225.01

SEZIONE	PROGRESSIVA [m]	CARATTERISTICHE SEZIONE	LIVELLI DI PIENA AL COLMO [m s.m.]			
			T=10	T=100	T=500	T=100 progetto
	17826.54		224.95	225.21	225.36	224.83
SV62-1	17880.45		224.69	224.91	225.07	224.54
SV62	17910.55	Ponte S.P.174 (Milano)	224.60	224.81	224.95	224.48
	17919.85		224.51	224.75	224.88	224.43
SV61.1	18025.2		224.13	224.38	224.51	224.07
SV61	18208.79		223.58	223.83	223.92	223.57
SV60.1	18363.86		223.06	223.38	223.55	223.12
SV60	18706.86		221.84	222.23	222.49	220.93
SV59	18811.31	Ponte o passerella comunale	221.50	221.86	222.10	220.56
	18813.31		221.44	221.81	222.03	220.53
SV58.1	19003.71		220.79	221.15	221.31	219.93
SV58	19059.29		220.67	221.03	221.18	219.80
SV57.1	19198.55		220.25	220.65	221.06	219.41
SV57-0-1	19340.29		219.88	220.31	220.62	219.03
SV57	19359.54	Ponte strada comunale fraz. Camnago di Lentate sul Seveso	219.85	220.26	220.58	219.01
	19371.04		219.77	220.08	220.29	218.98
SV57bis	19373.37		219.68	219.99	220.19	218.92
SV56.1	19536.56		218.87	219.16	219.36	218.15
SV56	19685.45		218.17	218.38	218.53	217.61
SV55.1	19879.03		217.68	217.89	218.03	217.05
SV55	20075.83		216.83	216.98	217.11	216.25
SV54.1	20346.71		216.04	216.32	216.51	215.20
SV54-0-1	20692.32		215.09	215.82	216.21	214.24
SV54	20712.32	Ponte via Marconi di Barlassina	214.88	215.58	216.00	214.06
	20719.32		213.76	214.00	214.19	213.32
SV54bis	20734.42		213.45	213.70	213.90	212.99
SV53-2	20738.42		213.37	213.64	213.85	212.86
SV53-1	20853.91		213.16	213.45	213.72	212.52
SV53	20874.61	Ponte Superstrada Milano- Meda	213.14	213.43	213.69	212.50
	20921.61		213.10	213.42	213.66	212.45
SV52.2	21118.57	Ponte pedonale in Barlassina. Arco di antica fattura	212.65	212.97	213.20	212.03
	21121.57		212.58	212.87	213.10	211.99
SV52.1	21227.07		212.24	212.54	212.78	211.66
SV52	21526.55		211.02	211.31	211.57	210.38
SV51	21708.74	Ponte strada collegamento Seveso-Barlassina	210.29	210.63	210.91	209.71
	21720.74		209.78	210.20	210.50	209.28
SV50-2	21731.09		209.78	210.13	210.42	209.24
SV50.1	21874.1		209.51	209.89	210.24	208.81
SV50	21954.41		209.32	209.71	210.06	208.59
SV49.1	22073.13		208.75	209.21	209.62	207.95
SV49	22157.7	Ponte comunale in Seveso	208.54	208.99	209.36	207.76

SEZIONE	PROGRESSIVA [m]	CARATTERISTICHE SEZIONE	LIVELLI DI PIENA AL COLMO [m s.m.]			
			T=10	T=100	T=500	T=100 progetto
	22173.7		207.69	208.02	208.28	207.11
SV49bis	22174.7		207.63	207.95	208.21	207.06
SV48.1	22303.93		207.17	207.51	207.79	206.54
SV48	22401.37	Ponte comunale in Seveso	206.82	207.14	207.41	206.22
	22410.27		206.74	207.06	207.31	206.20
SV47	22662.43	Ponte comunale in Seveso	205.75	206.05	206.31	205.22
	22674.23		205.57	205.84	206.08	205.06
SV46.1	22699.93		205.50	205.79	206.03	204.99
SV46.1bis	22708.96		205.44	205.73	205.97	204.93
SV46	22782.58	Ponte comunale in Seveso	205.06	205.36	205.60	204.56
	22790.58		204.81	205.08	205.30	204.35
SV45	22908.16	Ponte comunale in Seveso	204.11	204.39	204.62	203.62
	22913.66		204.03	204.30	204.52	203.53
SV44.1	23084.71		203.38	203.63	203.82	202.93
SV44	23287.65		202.33	202.55	202.73	201.93
SV43.2	23414.75		201.53	201.76	201.94	201.13
SV43.1	23687.07		199.75	199.98	200.19	199.38
SV43-0-1	23826.84		198.75	199.00	199.50	198.96
SV43	23857.44	Ponte linea FNM Milano-Meda in comune di Cesano M.	198.61	198.98	199.50	198.87
	23870.44		198.44	198.97	199.50	198.84
SV42-2	23880.14		198.28	198.95	199.50	198.81
SV42-1	23986.66		198.20	198.92	199.50	198.52
SV42	24008.16	Ponte linea FNM Seregno- Saronno	198.19	198.91	199.50	198.45
	24014.26		198.17	198.91	199.41	198.44
SV41	24048.39	Confluenza Seveso-Certesa	198.17	198.52	199.04	198.23
SV40-1	24191.78		197.35	197.79	198.44	197.43
SV40	24227.48	Ponte comunale in Cesano M.	197.16	197.60	198.17	197.24
	24232.48		197.08	197.47	198.04	197.15
SV39.1	24471.01		196.07	196.49	197.09	196.15
SV39.0.1	24567.36		195.75	196.19	196.83	195.83
SV39	24601.16	Ponte comunale in Cesano M.	195.55	195.97	196.59	195.62
SV38.1	24663.22		194.91	195.31	195.88	194.99
SV38.1bis	24688.25		194.85	195.26	195.82	194.93
SV38	25008.56	Ponte comunale in Cesano M.	193.65	194.04	194.58	193.73
SV37	25432.83	Ponte comunale in Cesano M.	191.66	192.07	192.51	191.75
	25440.33	Confluenza Seveso- Comasinella	191.51	191.86	192.40	191.59
SV36-2	25698.15		190.33	190.69	191.24	190.41
SV36-1	25772.75		189.69	190.10	190.62	189.78
SV36	25787.75	Ponte comunale in Cesano M.	189.68	190.08	190.62	189.76
	25793.05		189.61	190.01	190.46	189.70
SV35-1	25890.05		189.23	189.61	190.04	189.30
SV35	25917.15	Ponte confine Cesano M. - Bovisio M.	189.01	189.48	189.84	189.08
	25937.15		188.87	189.34	189.79	188.97

SEZIONE	PROGRESSIVA [m]	CARATTERISTICHE SEZIONE	LIVELLI DI PIENA AL COLMO [m s.m.]			
			T=10	T=100	T=500	T=100 progetto
SV34-1	26266.88	Passerella pedonale	188.30	188.91	189.27	188.44
SV34	26454.78	Ponte comunale Bovisio M.	187.95	188.45	188.74	188.06
	26464.78		187.85	188.35	188.67	187.96
SV33-2	26621.77	Ponte canale	187.52	188.28	188.66	187.65
SV33-1	26982.57		185.89	186.52	187.25	186.01
SV33	27000.07	Ponte comunale in Bovisio M.	185.83	186.48	187.22	185.95
	27014.07		185.59	186.31	186.79	185.72
SV32-3	27224.11		184.86	185.78	186.10	185.00
SV-32-2	27269.2		184.80	185.77	186.09	184.95
SV-32-2- bis	27283.21		184.77	185.77	186.09	184.92
SV32.1	27336.67		184.73	185.77	186.08	184.89
SV-32-0-2	27367.28		184.72	185.74	185.98	184.88
SV32.0.1	27425.5		184.61	185.69	185.91	184.76
SV-32-0-1- bis	27445.9		184.58	185.67	185.90	184.75
SV32	27449.7	Ponte comunale in Bovisio M.	184.58	185.66	185.89	184.74
	27463		183.00	183.22	183.51	183.07
SV32bis	27464.99		182.99	183.21	183.51	183.07
SV31.2	27513.05		182.90	183.11	183.40	182.97
SV31.2bis	27524.78		182.50	182.76	183.10	182.59
SV31.1	27580.19		182.07	182.34	182.70	182.17
SV31-0-1	27642.44		181.25	181.60	182.08	181.38
SV31	27654.97	Ponte S.S.527 (Monza- Saronno)	181.10	181.42	181.97	181.24
	27667.57		181.10	181.39	181.96	181.22
SV31bis	27670.26		181.09	181.39	181.93	181.20
SV30.1	27850.21		180.46	180.84	181.36	180.60
SV30-0-1	28148.51		179.71	180.23	181.16	179.89
SV30	28158.51	Ponte comunale in Varedo	179.59	180.12	180.91	179.77
	28167.51		178.78	179.02	179.36	178.88
SV29	28457.68	Ponte comunale in Varedo	177.14	177.29	177.75	177.25
	28466.18		177.13	177.23	177.74	177.24
SV28.1	28678.94		176.62	176.87	177.20	176.73
SV28	28943.42		175.56	175.81	176.12	175.69
SV27.1	29285.31		174.04	174.47	175.21	174.88
SV27-0-1	29512.22		173.82	174.30	175.05	171.76
SV27	29551.37	Ponte canale Villoresi ad archi	173.69	174.13	174.86	171.69
	29561.37		172.04	172.28	172.62	170.91
SV26-4	29603.57		171.90	172.10	172.45	170.73
SV26-3	29620.65		171.84	172.08	172.40	170.68
SV26.2	29661.37		171.69	171.92	172.22	170.60
SV26.1	29855.83		170.63	170.86	171.24	169.63
SV26	29974.32		170.47	170.73	171.13	169.01
SV25.1	30115.69		170.32	170.61	171.03	168.38
SV25	30224.71	Ponte di Palazzolo (Paderno Dugnano). Idrometro	170.05	170.26	170.68	167.77

SEZIONE	PROGRESSIVA [m]	CARATTERISTICHE SEZIONE	LIVELLI DI PIENA AL COLMO [m s.m.]			
			T=10	T=100	T=500	T=100 progetto
	30236.71		170.01	170.13	170.42	167.75
SV24	30591.61	Paratoia CSNO	169.67	169.80	169.98	167.03
SV24bis	30601.61		169.66	169.78	169.94	167.03
SV23-1	31084.63	Passerella pedonale	165.38	165.66	166.37	163.28
SV23	31089.78	Ponte di Incirano (Paderno Dugnano)	165.32	165.58	166.25	163.28
	31094.98		165.24	165.49	165.86	163.26
SV22.2	31210.82		164.74	165.02	165.43	162.91
SV22.1	31404.19		163.82	164.12	164.56	161.85
SV22-0-1	31599.88		163.22	163.51	163.92	161.20
SV22	31609.88	Ponte comunale Paderno Dugnano	163.17	163.47	163.90	161.15
	31629.88		162.63	162.84	163.16	161.01
SV21.1	31776.22		162.13	162.38	162.69	159.95
SV21	31964.53		161.34	161.74	162.27	159.24
SV20	32119.88	Ponte comunale in Paderno Dugnano	160.79	161.16	161.71	158.97
	32130.88		160.68	160.94	161.32	158.89
SV19.2	32342.49		159.67	159.94	160.30	158.21
SV19.1	32458.91		159.33	159.67	160.06	157.63
SV19	32688.94	Ponte comunale in Paderno Dugnano	158.69	159.04	159.37	156.93
	32696.94		158.61	158.78	159.03	156.92
SV18.1	32789.42		158.38	158.63	158.97	156.80
SV18	32983.46		157.62	157.87	158.24	156.19
SV17-1	33193.71		156.20	156.46	156.83	154.57
SV17-0-1	33452.34		155.08	155.46	156.10	153.57
SV17	33462.34		155.04	155.41	156.05	153.47
SV17bis	33481.18	Ponte superstrada Milano- Meda	155.01	155.31	155.80	153.34
	33500.18		154.68	154.92	155.30	153.09
SV16.2	33647.02		154.08	154.29	154.64	152.56
SV16.1	33850.71		153.39	153.66	154.09	151.67
SV16-0-1	34233.57		152.05	152.42	152.88	150.42
SV16	34253.22	Ponte in comune di Cusano Milanino	152.03	152.36	152.87	150.41
	34267.22		151.90	152.21	152.69	150.18
SV15-1	34283.46	Ponte canale	151.74	152.04	152.51	150.10
SV15	34504.49		150.82	151.12	151.64	149.17
SV14-1	34794.36		149.62	149.94	150.63	148.05
SV14	34806.46	Ponte in comune di Cusano Milanino	149.59	149.92	150.61	148.03
	34821.86		149.52	149.87	150.37	147.96
SV13-1	35129.85		148.47	148.90	150.10	146.81
SV13	35141.85	Ponte in comune di Cusano Milanino	148.46	148.80	149.74	146.81
	35153.95		148.45	148.66	149.25	146.79
SV12.1	35228.52		148.18	148.42	149.17	146.53

SEZIONE	PROGRESSIVA [m]	CARATTERISTICHE SEZIONE	LIVELLI DI PIENA AL COLMO [m s.m.]			
			T=10	T=100	T=500	T=100 progetto
SV12-0-1	35350.93		147.84	148.07	149.06	146.04
SV12	35371.33	Ponte in comune di Cusano Milanino	147.81	148.02	149.02	146.01
	35401.03		147.68	147.75	148.38	145.90
SV11-1	35597.94		147.28	147.35	147.90	145.11
SV11	35607.94	Ponte A4	147.18	147.25	147.80	145.09
	35618.94		146.49	146.74	147.25	145.07
SV10-1	35676.35		146.43	146.66	147.02	144.98
SV10	35686.35	Ponte in comune di Cormano (Brusuglio)	146.37	146.58	146.95	144.95
	35695.55		146.30	146.47	146.73	144.92
SV9-1	35913.2		145.99	146.20	146.48	144.38
SV9	36157.65	Ponte pedonale in comune di Cormano (Brusuglio)	145.39	145.64	145.77	143.16
	36163.65		145.23	145.32	145.45	143.04
SV8-1	36303.29		145.19	145.28	145.42	142.98
SV8	36442.86	Ponte confine comunale di Cormano e Bresso	145.11	145.19	145.34	142.80
	36455.86		143.24	143.51	143.86	142.13
SV7-1	36459.36		143.18	143.46	143.81	142.07
SV7	36756.84	Ponte	141.96	142.26	142.65	140.63
	36760.84		141.89	142.15	142.48	140.60
SV6	36966.91		141.22	141.38	141.64	139.89
SV5	37225.51	Ponte	140.91	141.02	141.16	139.01
	37228.51		140.75	140.91	141.09	138.99
SV5bis	37264.98		140.58	140.83	141.02	138.72
SV4	37452.73		139.94	140.30	140.51	137.79
SV3-1	37605.89		139.68	139.93	140.12	137.08
SV3-2	37739.53		139.62	139.83	139.98	136.41
SV3	37907.81	Ponte Niguarda	139.45	139.61	139.66	136.10
	37930.81		139.03	139.40	139.45	136.04
SV2.2	37966.51		139.02	139.18	139.28	136.02
SV2.1	37990.51		139.01	139.02	139.04	136.01
SV2.1bis	37991.51		139.01	139.02	139.03	136.01
SV2	38041.09		139.00	139.00	139.00	136.00

Di seguito, nella Tabella 9 si riporta una tabella di sintesi dei risultati dell'evento centennale (stato attuale e assetto di progetto), con specifico riferimento ai manufatti di attraversamento. In particolare, per ciascun manufatto viene indicato, oltre al livello idrico della piena centennale, la quota dell'intradosso e dell'estradosso dell'opera di attraversamento, il relativo funzionamento idraulico (pelo libero, pressione, scavalcato) e il valore del franco di sicurezza (se il ponte ha un funzionamento in pressione o risulta scavalcato, il valore del franco idraulico è negativo).

Tabella 9 – Risultati dell'evento centennale in corrispondenza dei ponti

SEZ.	PROGR.	CARATTER. SEZIONE	QUOTA INTRADOSSO [m s.m.]	QUOTA ESTRADOSSO [m s.m.]	LIVELLI DI PIENA AL COLMO T=100 ANNI	FRANCO IDRAULICO	FUNZION. IDRAULICO	LIVELLI DI PIENA AL COLMO T=100 ANNI - PROGETTO	FRANCO IDRAULICO	FUNZION. IDRAULICO
					[m s.m.]			[m s.m.]		
SV97	2530.5	Ponte autostrada A9	304.8	305.5	304.82	-0.02	pressione	304.48	0.32	pelo libero
SV96	2677.22	Ponte strada campestre	303.11	303.2	302.87	0.24	pelo libero	302.82	0.29	pelo libero
SV94	3744.13	Tombotto sotto proprietà privata di lunghezza 150 m circa	300.39	301.31	300.79	-0.40	pressione	300.27	0.12	pelo libero
SV93	3940.2	Ponte S.S.35 a Portichetto di Luisago (ad arco)	300.6	301.16	300.20	0.40	pelo libero	299.94	0.66	pelo libero
SV91	4522.54	Ponte strada comunale Portichetto - Casnate	298	298.25	298.32	-0.32	scavalcato	297.90	0.10	pelo libero
SV89	5442.56	Ponte strada comunale Fino M. - Casnate (ad arco)	295.62	296.5	294.90	0.72	pelo libero	294.55	1.07	pelo libero
SV87	7068.62	Ponte S.P.27 (Como) (ad arco)	284.32	285.23	282.03	2.29	pelo libero	281.94	2.38	pelo libero
SV86	7584.58	Ponte romano (ad arco)	277.3	277.63	275.39	1.91	pelo libero	275.34	1.96	pelo libero
SV85	8412.9	Ponte strada campestre (ad arco)	259.46	259.75	259.00	0.46	pelo libero	259.00	0.46	pelo libero
SV84	8986.26	Strada campestre di accesso ad Abbazia di Vertemate (ad arco)	255.55	256.76	256.33	-0.78	pressione	256.05	-0.50	pressione
SV83	9638.28	Ponte linea FFSS Milano- Chiasso	256.95	259.25	254.63	2.32	pelo libero	254.05	2.90	pelo libero
SV82	9665.79	Ponte in legno di accesso a maneggio	253.35	253.55	254.62	-1.27	scavalcato	254.04	-0.69	scavalcato
SV81. 3	9817.9	Strada campestre	253.72	254.12	253.72	0.00	pelo libero	253.56	0.16	pelo libero
SV81	10419.37	Ponte linea FFSS Milano- Chiasso (ad arco)	253	255.21	252.86	0.14	pelo libero	252.54	0.46	pelo libero
SV80	10669.21	Ponte linea FFSS Milano- Chiasso	253.3	254.6	252.28	1.02	pelo libero	252.28	1.02	pelo libero
SV77	11655.77	Ponte S.P.34 (Como) - Idrometro di Cantù Asnago	248.61	249.4	248.16	0.45	pelo libero	247.76	0.85	pelo libero
SV74	12291.05	Ponte strada comunale Asnago (Cantù) - Carimate	245.4	246.6	245.19	0.21	pelo libero	244.69	0.71	pelo libero
SV73	12873.31	Ponte linea FFSS Milano- Chiasso (ad arco)	244.7	247.1	242.90	1.80	pelo libero	242.83	1.87	pelo libero

SEZ.	PROGR.	CARATTER. SEZIONE	QUOTA INTRADOSSO [m s.m.]	QUOTA ESTRADOSSO [m s.m.]	LIVELLI DI PIENA AL COLMO T=100 ANNI	FRANCO IDRAULICO	FUNZION. IDRAULICO	LIVELLI DI PIENA AL COLMO T=100 ANNI - PROGETTO	FRANCO IDRAULICO	FUNZION. IDRAULICO
					[m s.m.]			[m s.m.]		
SV71	13943.58	Ponte linea FFSS Milano- Chiasso (ad arco)	240	242.76	239.26	0.74	pelo libero	238.71	1.29	pelo libero
SV69	14914.1	Strada di accesso alla stazione di Carimate	237.1	238.1	236.64	0.46	pelo libero	236.25	0.85	pelo libero
SV68	15613.94	Ponte S.P.32 (Como) (ad arco)	236.7	237.9	235.89	0.81	pelo libero	235.53	1.17	pelo libero
SV67	15741.35	Ponte strada comunale a case Introzzi	235.08	235.7	234.29	0.79	pelo libero	233.72	1.36	pelo libero
SV64	17338.06	Ponte linea FFSS Milano- Chiasso	226.55	227.35	227.41	-0.86	scavalcato	227.25	-0.70	pressione
SV63	17820.54	Ponte strada comunale (ad arco)	227.05	229.75	225.28	1.77	pelo libero	225.01	2.04	pelo libero
SV62	17910.55	Ponte S.P.174 (Milano)	228.3	229.62	224.81	3.49	pelo libero	224.48	3.82	pelo libero
SV59	18811.31	Ponte o passerella comunale	221.8	222.03	221.86	-0.06	pressione	220.56	1.24	pelo libero
SV57	19359.54	Ponte strada comunale fraz. Camnago di Lentate sul Seveso	219.67	220.69	220.26	-0.59	pressione	219.01	0.66	pelo libero
SV54	20712.32	Ponte via Marconi di Barlassina	214.6	216.26	215.58	-0.98	pressione	214.06	0.54	pelo libero
SV53	20874.61	Ponte Superstrada Milano-Meda	220.9	222.28	213.43	7.47	pelo libero	212.50	8.40	pelo libero
SV52. 2	21118.57	Ponte pedonale in Barlassina (ad arco)	214.6	214.62	212.97	1.63	pelo libero	212.03	2.57	pelo libero
SV51	21708.74	Ponte strada collegamento Seveso- Barlassina	212.7	214.82	210.63	2.07	pelo libero	209.71	2.99	pelo libero
SV49	22157.7	Ponte comunale in Seveso	209	210.95	208.99	0.01	pelo libero	207.76	1.24	pelo libero
SV48	22401.37	Ponte comunale in Seveso	207.96	209.6	207.14	0.82	pelo libero	206.22	1.74	pelo libero
SV47	22662.43	Ponte comunale in Seveso	207.3	209.65	206.05	1.25	pelo libero	205.22	2.08	pelo libero
SV46	22782.58	Ponte comunale in Seveso	206	208.1	205.36	0.64	pelo libero	204.56	1.44	pelo libero
SV45	22908.16	Ponte comunale in Seveso	205.5	208.6	204.39	1.11	pelo libero	203.62	1.88	pelo libero
SV43	23857.44	Ponte linea FNM Milano- Meda in comune di Cesano M. (ad arco)	200.41	202.44	198.98	1.43	pelo libero	198.87	1.54	pelo libero
SV42	24008.16	Ponte linea FNM Seregno- Saronno	203.32	206.67	198.91	4.41	pelo libero	198.45	4.87	pelo libero
SV40	24227.48	Ponte comunale in	198.37	200.64	197.60	0.77	pelo libero	197.24	1.13	pelo libero

SEZ.	PROGR.	CARATTER. SEZIONE	QUOTA INTRADOSSO [m s.m.]	QUOTA ESTRADOSSO [m s.m.]	LIVELLI DI PIENA AL COLMO T=100 ANNI	FRANCO IDRAULICO [m]	FUNZION. IDRAULICO -	LIVELLI DI PIENA AL COLMO T=100 ANNI - PROGETTO	FRANCO IDRAULICO [m]	FUNZION. IDRAULICO -
					[m s.m.]			[m s.m.]		
		Cesano M.								
SV39	24601.16	Ponte comunale in Cesano M.	198.21	199.98	195.97	2.24	pelo libero	195.62	2.59	pelo libero
SV38	25008.56	Ponte comunale in Cesano M.	195.68	197.68	194.04	1.64	pelo libero	193.73	1.95	pelo libero
SV37	25432.83	Ponte comunale in Cesano M.	193.7	195.08	192.07	1.63	pelo libero	191.75	1.95	pelo libero
SV36	25787.75	Ponte comunale in Cesano M.	191.38	193.76	190.08	1.30	pelo libero	189.76	1.62	pelo libero
SV35	25917.15	Ponte confine Cesano M. - Bovisio M.	191.7	193.25	189.48	2.22	pelo libero	189.08	2.62	pelo libero
SV34-1	26266.88	Passerella pedonale	188.29	189.2	188.91	-0.62	pressione	188.44	-0.15	pressione
SV34	26454.78	Ponte comunale Bovisio M.	188.05	189.65	188.45	-0.40	pressione	188.06	-0.01	pressione
SV33-2	26621.77	Ponte canale	186.97	187.42	188.28	-1.31	scavalcato	187.65	-0.68	scavalcato
SV33	27000.07	Ponte comunale in Bovisio M.	186.51	188.45	186.48	0.03	pelo libero	185.95	0.56	pelo libero
SV32	27449.7	Ponte comunale in Bovisio M.	183.6	186.4	185.66	-2.06	pressione	184.74	-1.14	pressione
SV31	27654.97	Ponte S.S.527 (Monza-Saronno)	182.65	184.79	181.42	1.23	pelo libero	181.24	1.41	pelo libero
SV30	28158.51	Ponte comunale in Varedo (ad arco)	179.7	181.4	180.12	-0.42	pressione	179.77	-0.07	pressione
SV29	28457.68	Ponte comunale in Varedo	179.05	180.93	177.29	1.76	pelo libero	177.25	1.80	pelo libero
SV27	29551.37	Ponte canale Villosi ad archi	173.05	175	174.13	-1.08	pressione	171.69	1.36	pelo libero
SV25	30224.71	Ponte di Palazzolo (Paderno Dugnano). Idrometro	169.73	171.88	170.26	-0.53	pressione	167.77	1.96	pelo libero
SV23-1	31084.63	Passerella pedonale	167.75	168.44	165.66	2.09	pelo libero	163.28	4.47	pelo libero
SV23	31089.78	Ponte di Incirano (Paderno Dugnano) (ad arco)	166.8	167.78	165.58	1.22	pelo libero	163.28	3.52	pelo libero
SV22	31609.88	Ponte comunale Paderno Dugnano	163.65	165.02	163.47	0.18	pelo libero	161.15	2.50	pelo libero
SV20	32119.88	Ponte comunale in Paderno Dugnano (ad arco)	161.01	162.95	161.16	-0.15	pressione	158.97	2.04	pelo libero
SV19	32688.94	Ponte comunale in Paderno Dugnano	159.31	161.11	159.04	0.27	pelo libero	156.93	2.38	pelo libero
SV17bis	33481.18	Ponte superstrada Milano-Meda	162.25	163.2	155.31	6.94	pelo libero	153.34	8.91	pelo libero

SEZ.	PROGR.	CARATTER. SEZIONE	QUOTA INTRADOSSO [m s.m.]	QUOTA ESTRADOSSO [m s.m.]	LIVELLI DI PIENA AL COLMO T=100 ANNI	FRANCO IDRAULICO	FUNZION. IDRAULICO	LIVELLI DI PIENA AL COLMO T=100 ANNI - PROGETTO	FRANCO IDRAULICO	FUNZION. IDRAULICO
					[m s.m.]			[m s.m.]		
SV16	34253.22	Ponte in comune di Cusano Milanino	152.53	153.38	152.36	0.17	pelo libero	150.41	2.12	pelo libero
SV15- 1	34283.46	Ponte canale	152.65	152.95	152.04	0.61	pelo libero	150.10	2.55	pelo libero
SV14	34806.46	Ponte in comune di Cusano Milanino	150.12	151	149.92	0.20	pelo libero	148.03	2.09	pelo libero
SV13	35141.85	Ponte in comune di Cusano Milanino	148.53	149.6	148.80	-0.27	pressione	146.81	1.72	pelo libero
SV12	35371.33	Ponte in comune di Cusano Milanino	147.81	148.61	148.02	-0.21	pressione	146.01	1.80	pelo libero
SV11	35607.94	Ponte A4	146.66	147.61	147.25	-0.59	pressione	145.09	1.57	pelo libero
SV10	35686.35	Ponte in comune di Cormano (Brusuglio)	146.25	147.02	146.58	-0.33	pressione	144.95	1.30	pelo libero
SV9	36157.65	Ponte pedonale in comune di Cormano (Brusuglio) (ad arco)	144.92	145.15	145.64	-0.72	scavalcato	143.16	1.76	pelo libero
SV8	36442.86	Ponte confine comunale di Cormano e Bresso	143.56	144.91	145.19	-1.63	scavalcato	142.80	0.76	pelo libero
SV7	36756.84	Ponte	142.15	143.15	142.26	-0.11	pressione	140.63	1.52	pelo libero
SV5	37225.51	Ponte	141.71	142.19	141.02	0.69	pelo libero	139.01	2.70	pelo libero
SV3	37907.81	Ponte Niguarda	138.32	139.42	139.61	-1.29	scavalcato	136.10	2.22	pelo libero

10 ATTIVITA' 6 - AGGIORNAMENTO DELLE AREE ALLAGABILI NELLE CONDIZIONI ATTUALI E NEGLI SCENARI DELL'ASSETTO DI PROGETTO.

Successivamente alla determinazione dei profili di piena per i diversi valori del tempo di ritorno, sono state individuate le aree allagabili, sia nelle condizioni attuali per i tre differenti valori del tempo di ritorno considerati (10, 100 e 500 anni), sia nello scenario di progetto per l'evento centennale.

Per la perimetrazione delle aree allagabili si è proceduto a confrontare le quote del livello idrico calcolato nelle diverse sezioni, con le quote del terreno lungo l'asta del T. Seveso.

Le informazioni relative alla morfologia del terreno sono state ricavate sia dalle sezioni topografiche rilevate nel 2002 ed utilizzate nel modello idraulico, sia dal modello digitale del terreno (DTM) del Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale (PST-A), condotto nel 2011 nell'ambito dell'Accordo di Programma tra Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATM), Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento della Protezione Civile (DPC) e Ministero della Difesa (MD) d'intesa con le Regioni e le Province Autonome.

La perimetrazione ha tenuto conto anche delle informazioni acquisite durante le esondazioni che si sono verificate in occasione degli eventi di piena del 7/8 luglio 2014 e del 15/16 novembre 2014, i quali sono stati caratterizzati da portate al colmo dell'ordine dei 100 anni di tempo di ritorno.

Nella Figura 115 si riporta un esempio di area esondata durante l'evento di piena dell'8 luglio 2014 in Comune di Bovisio Masciago.



Figura 115 – Area allagabile durante l'evento del 8/7/2014 in comune di Bovisio Masciago

Le aree allagabili lungo l'intera asta del Seveso per i diversi valori del tempo di ritorno sono prodotte in formato vettoriale a supporto della predisposizione della cartografia di Variante.

A livello generale, l'analisi dei risultati ottenuti, con riferimento ad un evento di piena centennale, dimostra il seguente assetto idraulico:

- lungo tutto il tratto di monte, in cui il Seveso presenta le caratteristiche di alveo naturale, da Villa Guardia a Carimate, si hanno esondazioni diffuse dovute essenzialmente alle limitate dimensioni dell'alveo inciso ed alla presenza di numerosi manufatti che ostacolano il deflusso idrico (ponti), riducendo ulteriormente la sezione utile e quindi la capacità idraulica dell'alveo. Gli allagamenti più importanti, che interessano anche le aree che sono state esondate durante gli eventi di piena dell'8 luglio e del 15 novembre 2014, si verificano:
 - a Villa Guardia, a monte dell'autostrada A9, in sponda destra, dalla sez. SV-99 alla sez. SV-97
 - a Luisago, a monte della linea ferroviaria e dell'autostrada A9, dalla sez. SV-94.1 alla sez. SV-94;
 - a Luisago e a Casnate con Bernate, tra i ponti della SP35 (SV-93) e di via Roma (SV-91), con interessamento di insediamenti di tipo industriale;
 - tra la sezione SV-85.1 e la sezione SV-80 (ponte linea ferroviaria Milano-Chiasso), nelle aree golenali comprese tra i comuni di Fino Mornasco, Vertemate con Minoprio e Cucciago, con interessamento di alcuni insediamenti agricoli.
 - in Comune di Cantù, tra la sezione SV-79 e la sezione SV-77 (ponte S.P. 34), con interessamento di alcuni capannoni.
 - tra la sezione SV-75 e la sezione SV-68 (ponte S.P. 32), nelle aree golenali comprese tra i comuni di Cantù e Carimate con interessamento di alcuni insediamenti agricoli ed industriali.
- nella parte tra Lentate sul Seveso e la presa del CSNO (località Palazzolo, Comune di Paderno Dugnano), in cui l'alveo è praticamente canalizzato e attraversa i centri abitati dei comuni di Lentate sul Seveso, Barlassina, Seveso, Cesano Maderno, Bovisio Masciago, Varedo e Paderno Dugnano, gli allagamenti più importanti, che interessano anche le aree che sono state esondate durante gli eventi di piena dell'8 luglio e del 15 novembre 2014, si verificano:
 - in Comune di Lentate sul Seveso tra la sezione SV-65.1 e la sezione SV-63 (ponte S.P. 32) e tra le sezioni SV-61.1 e SV-57, con interessamento di un'area agricola posta tra il T. Seveso e la linea ferroviaria, e soprattutto di diverse aree residenziali (via Tintoretto, via Giotto, viale Italia, via Leopardi, via Petrarca).
 - in Comune di Barlassina tra la sezione SV-55.1 e la sezione SV-53 (ponte superstrada Milano-Meda), con interessamento di un'area golenale e di zone urbanizzate poste nei pressi di via Marconi.
 - in Comune di Bovisio Masciago, tra la sezione SV-34 e la sezione SV-31 (ponte S.S. 527 Monza-Saronno), è presente una significativa situazione di allagamento con interessamento di un'area fortemente urbanizzata, con gravi implicazioni economiche e sociali. La causa dell'allagamento può attribuirsi essenzialmente alla presenza del ponte di via Matteotti (SV-32) che, oltre ad essere idraulicamente insufficiente, è ubicato in corrispondenza di una stretta curva a 90° del Seveso che induce un pronunciato effetto di rigurgito della corrente. Gli effetti di innalzamento

del pelo libero si ripercuotono nel tratto a monte ove, per la discontinuità delle difese, si verificano diversi punti di esondazione (principalmente in destra idraulica).

- in Comune di Paderno Dugnano tra la sezione SV-27.1 e la sezione SV-25 (ponte via Coti Zelati), con interessamento di aree golenali poste nei pressi del ponte canale del Villoresi e tra il torrente e il rilevato ferroviario; risultano interessate anche alcune zone urbanizzate poste nei pressi di via Coti Zelati. Infine, si segnala un'esondazione nell'area posta nei pressi dell'opera di presa del CSNO (sezione SV-24). L'attuale capacità idraulica dell'intero sistema connesso al CSNO limita la portata derivabile dal Seveso a circa $30 \text{ m}^3/\text{s}$. A paratoia completamente abbattuta il transito della portata in eccesso avviene mediante sfioro sopra il ciglio dalla paratoia stessa. La ristrettezza della zona di sfioro al di sopra della paratoia determina la formazione di battenti elevati anche per valori di portata non estremi. Pur con l'aggiramento della struttura, il rigurgito dettato dalla paratoia abbassata si propaga verso monte inducendo esondazioni nel tratto d'alveo che attraversa la località Palazzolo.
- nella parte posta a valle della presa del CSNO, fino all'ingresso nella tombinatura di Milano, l'alveo è meno canalizzato rispetto al tratto precedente (ad eccezione dell'attraversamento del Comune di Cusano Milanino) e dispone di alcune aree golenali, seppur di estensione molto limitata; il tratto in questione è interessato da alcune situazioni di allagamento, che interessano anche le aree che sono state esondate durante gli eventi di piena dell'8 luglio e del 15 novembre 2014; in particolare:
 - in Comune di Paderno Dugnano, le aree di esondazione interessano i tratti posti tra le sezioni SV-21.1 e SV-21, tra le sezioni SV-19.2 e SV-17bis (ponte superstrada Milano-Meda) e nell'intorno della sezione SV-16.1, posta al limite con il Comune di Cusano Milanino
 - in Comune di Cusano Milanino, dove le aree di esondazione, oltre a quelle poste al limite con il Comune di Paderno Dugnano e già citate in precedenza, sono limitate alle zone prossime al ponte tra via Galvani e via Caveto (SV-12) e a monte del ponte dell'autostrada A4 (SV-11), in sponda destra dove sono presenti alcuni insediamenti produttivi.
 - in Comune di Cormano, dove le aree di esondazione interessano le aree poste a monte del ponte di via Cardinale Borromeo (SV-8) per un'estensione pari a circa 6 ha. Le aree soggette ad allagamento sono prevalentemente occupate da verde pubblico ed in parte da insediamenti industriali.
 - in Comune di Milano:
 - a monte della tombinatura, dove l'esondazione interessa l'area appena a valle dello sghiaiatore, compresa tra il T. Seveso, il cimitero di Brusuglio e la via A. Moro; la superficie dell'area allagabile è pari a circa 14 ha. All'interno di tale area, facente parte del Parco Nord, è prevista la realizzazione di uno degli invasi di laminazione previsti nell'assetto di progetto del T. Seveso.
 - Lungo la tombinatura del T. Seveso, l'allagamento è causato dall'insufficiente capacità di convogliamento del sistema Seveso-Redefossi, che è pari a circa $40 \text{ m}^3/\text{s}$, mentre la portata di piena centennale in arrivo da monte è pari a $112 \text{ m}^3/\text{s}$. Tale limitazione al deflusso non è condizionata solo dalle dimensioni del primo tratto tombinato di via Ornato, che consentirebbe la ricezione di una portata dell'ordine di $80\div 90 \text{ m}^3/\text{s}$, ma soprattutto dalle restrizioni di sezione presenti

nella zona centrale di Milano. La perimetrazione dell'area di esondazione che interessa il centro abitato di Milano deriva dalle informazioni fornite dal Comune di Milano e da Metropolitana Milanese, con particolare riferimento agli studi e progetti già citati e quanto accaduto durante gli eventi di piena dell'8 luglio e del 15 novembre del 2014, in quanto le modellazioni di cui al presente studio terminano all'imbocco del tratto tombinato.

11 CONFRONTO CON STUDI PRECEDENTI (ADBPO–2004 E AIPO-2011)

Il modello idrologico-idraulico eseguito nell'ambito del presente studio, implementato a partire dai modelli di calcolo utilizzati nell'ambito degli studi *AdbPo-2004* e *AIPo-2011*, presenta le seguenti modifiche rispetto ai precedenti modelli:

- aggiornamento delle superfici urbanizzate, attraverso i dati desunti dal DUSAF 2012 (cfr. cap. 6);
- aggiornamento dei parametri del modello idrologico, attraverso la taratura degli eventi meteorici verificatisi nel corso degli anni tra il 2010 e il 2015 compresi (cfr. cap. 7);
- aggiornamento dei parametri del modello idraulico (scabrezze e perdite di carico in corrispondenza dei manufatti di attraversamento), attraverso la taratura dell'evento di piena dell'8 luglio 2014, di cui sono state censite le aree di esondazione tra Cantù e Milano (cfr. cap. 7);
- aggiornamento dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica al 2011 (fonte: ARPA), mentre i parametri delle curve di possibilità pluviometrica utilizzate nello studio *AIPo-2011* erano aggiornate all'anno 2002 (cfr. cap. 8);
- tracciamento delle aree allagabili mediante l'uso del DTM delle aree esterne all'alveo inciso e avendo a disposizione le segnalazioni delle aree esondate nel corso degli eventi di piena dell'8 luglio e del 15 novembre 2014.

I risultati della nuova versione del modello idrologico-idraulico del T. Seveso sono ampiamente riportati nei capitoli 8 (portate), 9 (livelli) e 10 (aree allagabili), a cui si rimanda per i relativi dettagli.

Nella successiva Tabella 10, invece, sono riassunti i risultati dei calcoli idraulici in termini di quota idrica massima e portata al colmo in corrispondenza delle sezioni più significative, riferite alle tre differenti versioni del modello idrologico-idraulico del T. Seveso:

1. **Modello 2004**, implementato nell'ambito dello "*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona*" dell'Autorità di bacino del fiume Po;
2. **Modello 2011**, implementato nell'ambito dello "*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)*" dell'Agenzia Interregionale per il fiume Po. Si sottolinea che in tale studio il modello è stato implementato fino alla presa del CSNO, per cui non sono disponibili risultati a valle della sezione SV-24;
3. **Modello 2016**, implementato nell'ambito del presente studio.

Tabella 10 – Confronto risultati modelli Seveso in alcune sezioni caratteristiche. Assetto attuale, evento con T=100 anni

Sez.	Descrizione	T 100 – Modello 2004		T 100 – Modello 2011		T 100 – Modello 2016	
		Livello (m)	Portata (m ³ /s)	Livello (m)	Portata (m ³ /s)	Livello (m)	Portata (m ³ /s)
SV97	Ponte autostrada A9	304.1	30	304	23	304.8	25
SV93	Ponte S.S.35 a Portichetto di Luisago	299.7	38	299.5	30	300.2	26

Sez.	Descrizione	T 100 – Modello 2004		T 100 – Modello 2011		T 100 – Modello 2016	
		Livello (m)	Portata (m ³ /s)	Livello (m)	Portata (m ³ /s)	Livello (m)	Portata (m ³ /s)
SV91	Ponte strada comunale Portichetto – Casnate	298.4	42	298	32	298.3	27
SV87	Ponte S.P.27 (Como)	282.7	49	282.5	40	282.0	31
SV84	Ponte Abbazia Vertemate – Valle confluenza Acquanegra	256.7	78	256.4	56	256.3	49
SV77	Ponte S.P.34 (Como) - Idrometro di Cantù Asnago	249.2	59	248.1	52	248.2	49
SV73	Ponte FFSS Milano Chiasso a Carimate – Valle confluenza Valle Antonio	243.5	64	243.3	57	242.9	57
SV68	Ponte S.P.32 (Como)	235.9	65	235.9	57	235.9	58
SV64	Ponte linea FFSS Milano-Chiasso	226.9	77	227	74	227.4	66
SV57	Ponte di Camnago di Lentate sul Seveso	220.8	81	220	78	220.3	69
SV54	Ponte di Via Marconi - Barlassina	216.1	84	216	79	215.6	71
SV53	Ponte Superstrada Milano-Meda	214.5	83	213.3	79	213.4	71
SV42	Ponte FNM Seregno-Saronno	199.4	87	199.3	81	198.9	73
SV40	Ponte comunale Cesano Maderno – Valle confluenza T.Certesa	198.3	161	197.7	142	197.6	134
SV34	Ponte comunale Bovisio Masciago	187.8	176	187.8	148	188.4	139
SV32	Ponte comunale Bovisio Masciago	186.6	163	185	150	185.7	131
SV27	Ponte attraversamento Canale Villoresi – a monte presa CSNO	175.2	165	174.6	153	174.1	133
SV24	Paratoia CSNO (valle sfioro)	169.7	134			169.8	100
SV22	Ponte comunale Paderno Dugnano	164.1	135			163.5	101
SV20	Ponte comunale Paderno Dugnano	162.6	134			161.2	101
SV17	Ponte superstrada Milano-Meda a Paderno Dugnano	156.7	134			155.4	102
SV13	Ponte comunale di Cusano Milanino	149.8	130			148.8	104
SV11	Ponte A4	148.1	135			147.3	105
SV8	Ponte confine comunale di Cormano e Bresso	144.7	137			145.2	106
SV3	Ponte Niguarda	139.3	141			139.6	112
SV2-1	Inizio tratto tombinato di Milano	139	141			139	112

Considerando ora le aree allagabili fino all'imbocco del tratto tombinato in Milano, si ha che l'estensione complessiva nell'assetto attuale (incluso anche l'alveo inciso) ricavata dal modello 2016, sia per il tempo di ritorno di 10 che di 100 anni è superiore a quella del modello del 2004. Nel modello del 2011 era valutato solo il valore relativo al tempo di ritorno centennale a monte della presa del CSNO che risultava molto simile a quello valutato nel 2004 e quindi di nuovo inferiore a quello del 2016.

In generale, con riferimento all'assetto attuale, le modifiche apportate al modello idrologico-idraulico del T. Seveso hanno portato a definire valori di livelli, portate e di estensione delle aree allagabili in alcuni casi differenti rispetto agli studi precedenti .

Per quanto riguarda, invece, l'assetto di progetto, l'aggiornamento del modello ha confermato quanto già messo in evidenza negli studi precedenti, ossia la necessità di realizzare opere di laminazione lungo l'asta del T. Seveso, a monte della presa del CSNO, o lungo quest'ultimo, ma a monte dell'immissione dello scolmo dei torrenti delle Groane, caratterizzate da un volume d'invaso complessivo pari ad almeno $4,5 \text{ Mm}^3$, in modo da annullare la portata di piena del T. Seveso a valle della presa del CSNO. Inoltre, si conferma la necessità di realizzare, a monte dell'ingresso nel tratto tombinato di Milano, un'opera di laminazione in grado di ridurre le portate al colmo scaricate dalle reti di drenaggio urbano a valori compatibili con la capacità idraulica del tratto tombinato del T. Seveso.