



Comune di
BREDA DI PIAVE
Provincia di Treviso

PIANO DELLE ACQUE 2.0

RELAZIONE IDRAULICA

Committente:

Comune Breda di Piave

Estensori:

Dott. Geol. Paolo Sivieri
Ordine dei Geologi della Regione Veneto nr.169

Dott. Geol. Giovanni Rigatto
Ordine dei Geologi della Regione Veneto nr.839

Dott. Geol. Monica Petta
Ordine dei Geologi della Regione Veneto nr.843

Consulenti:

Dott. Ing. Andrea De Götzen

Collaboratori:

Dr.ssa Chiara Levorato

07 febbraio 2018
Documento 15146_20180207_rel.00_00 PdA 2.0-idr.



PIANO DELLE ACQUE 2.0

INDICE

1	DESCRIZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA	3
	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED AMMINISTRATIVO.....	3
	BACINI IDROGRAFICI	3
2	VERIFICA DELLA RETE SCOLANTE	12
	GENERALITÀ	12
	DESCRIZIONE DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA	12
	DEFINIZIONE DELL'EVENTO PLUVIOMETRICO DI PROGETTO.....	13
	LA MODELLAZIONE DEL TERRITORIO	15
3	DISCRETIZZAZIONE MATEMATICA DELLA RETE IDROGRAFICA	15
	SOTTOBACINO PIAVESELLA DI MASERADA – AREA DI SALETTO	15
	SOTTOBACINO VALLIO – AREA DI BREDA-PERO	16
	SOTTOBACINO MEOLO – AREA DI SAN BARTOLOMEO	18
4	INDIVIDUAZIONE DEI BACINI IMBRIFERI.....	18
	SOTTOBACINO PIAVESELLA DI MASERADA – AREA DI SALETTO	19
	SOTTOBACINO VALLIO – AREA DI BREDA-PERO	20
	SOTTOBACINO MEOLO – AREA DI SAN BARTOLOMEO	22
5	PARAMETRI IDRAULICI DI SIMULAZIONE E CONDIZIONI AL CONTORNO.....	22
6	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI ALLO STATO DI FATTO E DEFINIZIONE DELLE CRITICITÀ	24
	SOTTOBACINO PIAVESELLA DI MASERADA – AREA DI SALETTO	25
	SOTTOBACINO VALLIO – AREA DI BREDA-PERO	30
	SOTTOBACINO MEOLO – AREA DI SAN BARTOLOMEO	47
7	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PER LA RISOLUZIONE DELLE CRITICITÀ RICONTRATE MEDIANTE LA MODELLAZIONE MATEMATICA.....	51
	INTERVENTI SUL SOTTOBACINO PIAVESELLA DI MASERADA – AREA DI SALETTO.....	51
	INTERVENTI SUL SOTTOBACINO VALLIO – AREA DI BREDA-PERO	58
	INTERVENTI SUL SOTTOBACINO MEOLO – AREA DI SAN BARTOLOMEO	66
8	APPENDICE – DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO SWMM.....	69

<i>vers.</i>	<i>emissione</i>	<i>data</i>	<i>riesame</i>	<i>verifica</i>	<i>approvazione</i>
00	Relazione idraulica	30–mag-16	CL	GR	PS
01	Relazione idraulica	14–ott-16	CL	GR	PS
02	Relazione idraulica	07–feb-18	CL	GR	PS



Premesse

Nell'ambito della stesura del Piano delle Acque del Comune di Breda di Piave (VE) si sono analizzati con particolare attenzione gli aspetti idraulici riguardanti la rete idrografica minore, ampiamente presente nel territorio comunale.

Sono state inoltre indagate le problematiche relative al deflusso idrico nelle reti di fognatura bianca e mista con riguardo alle aree che presentano maggiori criticità sotto tale aspetto, ovvero nelle aree abitate di Saletto, Breda di Piave e San Bartolomeo.

Allo scopo è stato implementato un modello di simulazione idrologica ed idraulica che ha permesso:

- la definizione delle criticità dei corsi d'acqua allo stato attuale;
- la definizione delle criticità sulle reti di fognatura bianca e mista;
- la definizione degli interventi di piano per l'eliminazione delle criticità riscontrate.

La presente Relazione idrologica e idraulica tratta gli aspetti tecnici riguardanti le ipotesi assunte, i parametri idrologici di riferimento, la descrizione dei programmi di calcolo utilizzati per la modellazione ed i risultati delle elaborazioni compiute.

1 Descrizione della rete idrografica

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED AMMINISTRATIVO

Il Comune di Breda di Piave, situato a circa 10 Km a nord-est di Treviso, è posto ad una altitudine media di 23 m s. l. m. ed occupa una superficie di circa 25,60 km². Confina con i comuni di Maserada sul Piave a nord, Ponte di Piave ad est, San Biagio di Callalta a sud, Carbonera ad ovest. Il territorio comunale è situato nella media pianura trevigiana, lungo il corso del Fiume Piave, che vi scorre ad est e funge da confine con il Comune di Ponte di Piave. Oltre al centro urbano del Capoluogo, che si colloca nella parte centro-occidentale del territorio comunale, si registra la presenza di altre quattro frazioni: Pero, Saletto, San Bartolomeo e Vacil.

BACINI IDROGRAFICI

Si definisce bacino idrografico o bacino tributario apparente l'entità geografica costituita dalla superficie scolante sottesa ad una sezione trasversale di un corso d'acqua. Nel linguaggio tecnico dell'idraulica fluviale la corrispondenza biunivoca che esiste tra sezione trasversale e bacino idrografico si esprime affermando che la sezione "sottende" il bacino, mentre il bacino idrografico "è sotteso" alla sezione. L'aggettivo "apparente" si riferisce alla circostanza che il bacino viene determinato individuando, sulla superficie terrestre, lo spartiacque superficiale senza tenere conto che particolari formazioni geologiche potrebbero provocare in profondità il passaggio di volumi idrici da un bacino all'altro. In altri termini il bacino idrografico è l'unità fisiografica che raccoglie i deflussi superficiali, originati dalle precipitazioni che si abbattano sul bacino stesso, che trovano recapito nel corso d'acqua naturale e nei suoi diversi affluenti.

Nello specifico il territorio comunale di Breda di Piave comprende parte dei bacini idrografici del fiume Piave, del fiume Sile e di quello scolante della Laguna di Venezia.

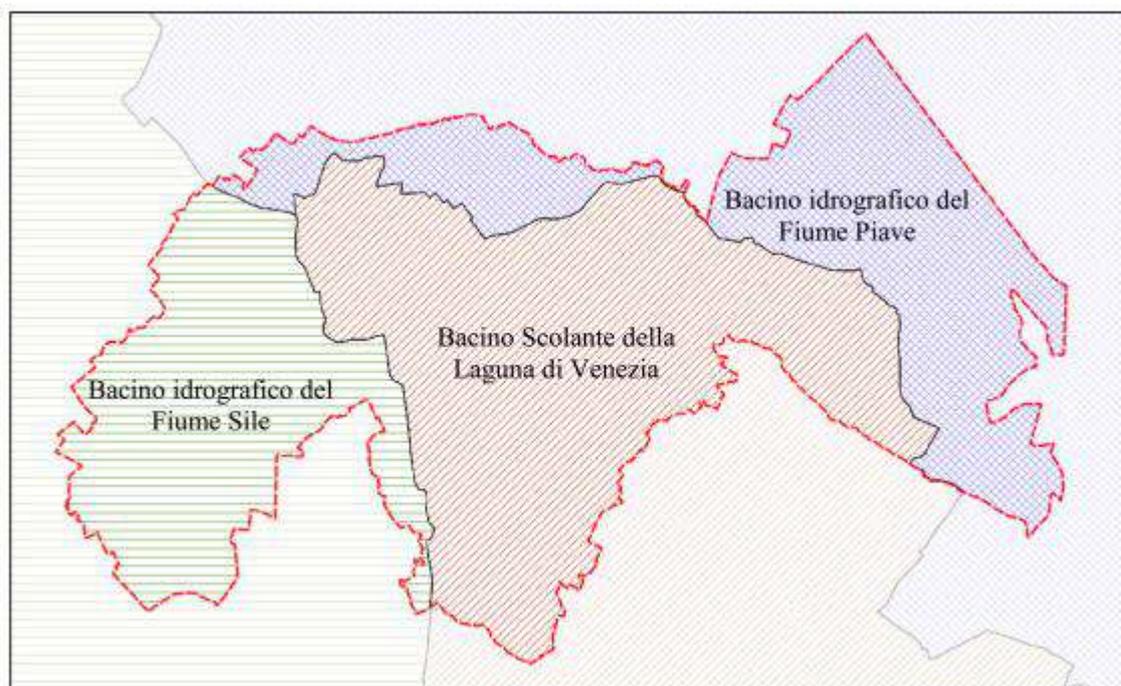


Figura 1 - I bacini idrografici nel comune di Breda di Piave (immagine tratta dal rapporto ambientale preliminare).

Di seguito si analizzeranno le caratteristiche proprie di ciascuna Autorità di Bacino, ricordando che per il bacino scolante in Laguna di Venezia non esiste ancora un Piano di Assetto Idrogeologico (PAI): nel presente studio, quindi, si farà riferimento ai seguenti strumenti:

PAI Fiume Sile e pianura tra Piave e Livenza;

1. PAI fiume Piave;
2. Studio "Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico nel Bacino dell'area scolante in Laguna di Venezia".

1. AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME SILE E PIANURA TRA PIAVE E LIVENZA

Il P.A.I. ha valore di piano territoriale di settore (Piano Sovraordinato) ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico operativo mediante il quale vengono pianificate le azioni e le norme d'uso riguardanti l'assetto idraulico ed idrogeologico del Bacino. Tale Progetto di Piano, in relazione alle conoscenze disponibili, ha individuato le aree pericolose dal punto di vista idraulico, geologico e da valanga presenti nei quattro bacini idrografici ed ha conseguentemente delimitato le corrispondenti aree pericolose ovvero a rischio sulle quali, ai sensi delle norme di attuazione, sono indicate le azioni ammissibili.

Il P.A.I. è costituito dalla fase conoscitiva, dalla fase propositiva e programmatica (contenute in una relazione generale) e dalla cartografia nella quale è riportata la perimetrazione delle aree pericolose dal punto di vista idraulico, geologico e da valanga presenti nei quattro sottobacini. Nella prima redazione del piano non sono state perimetrare, in considerazione delle conoscenze disponibili, tutte le aree pericolose presenti sul territorio e quindi le cartografie proposte dal Piano Stralcio devono considerarsi un documento preliminare e non esaustivo, delle reali e di tutte le potenziali pericolosità idrauliche e geologiche presenti. Nel Piano viene precisato come l'estendersi dell'urbanizzazione e l'uso sempre più intensivo del territorio hanno provocato un'ampia e diffusa insufficienza delle reti idrauliche di bonifica e dei manufatti ad essa pertinenti. Inoltre ad essa si accompagna spesso una parallela insufficienza dei corpi idrici nei quali devono

confluire le acque dei comprensori, con la difficoltà o l'impossibilità di scarico in alcune situazioni e conseguente pregiudizio della sicurezza idraulica del territorio.

Secondo il P.A.I., per raggiungere un adeguato assetto dei comprensori di bonifica sotto il profilo della difesa idraulica, occorre acquisire indirizzi di carattere strutturale idonei ad introdurre nuove strategie di interventi specie se miranti a perseguire, oltre alla difesa idraulica, anche la valorizzazione del territorio. Per la moderazione della piene nelle reti minori, il P.A.I. ritiene indispensabile predisporre provvedimenti idonei ad arrestare la progressiva riduzione degli invasi ed a favorire il rallentamento e lo sfasamento dei tempi di concentrazione dei deflussi di piena conseguenti allo scarico delle portate fognarie nei collettori di bonifica a sezione ridotta. Sempre secondo il P.A.I. gli effetti vanno ottenuti programmando la realizzazione di superfici da destinare all'invaso di volumi equivalenti a quelli soppressi e, per quanto riguarda lo scarico delle reti bianche, mediante vasche di laminazione delle portate immesse in rete o mediante mitigazione idraulica con tecniche di detenzione distribuita (microlaminazione). Le superfici citate potrebbero altresì assicurare il raggiungimento di altre finalità fondamentali e parallele della bonifica idraulica, quali la tutela ambientale attraverso processi di miglioramento qualitativo delle acque. Il bacino idrografico del Fiume Sile ha una superficie di circa 800 km² e si estende dal sistema collinare pedemontano fino alla fascia dei fontanili, che non è lateralmente ben definita, ma che si dispone, con un andamento da occidente ad oriente, tra i bacini del Brenta e del Piave.

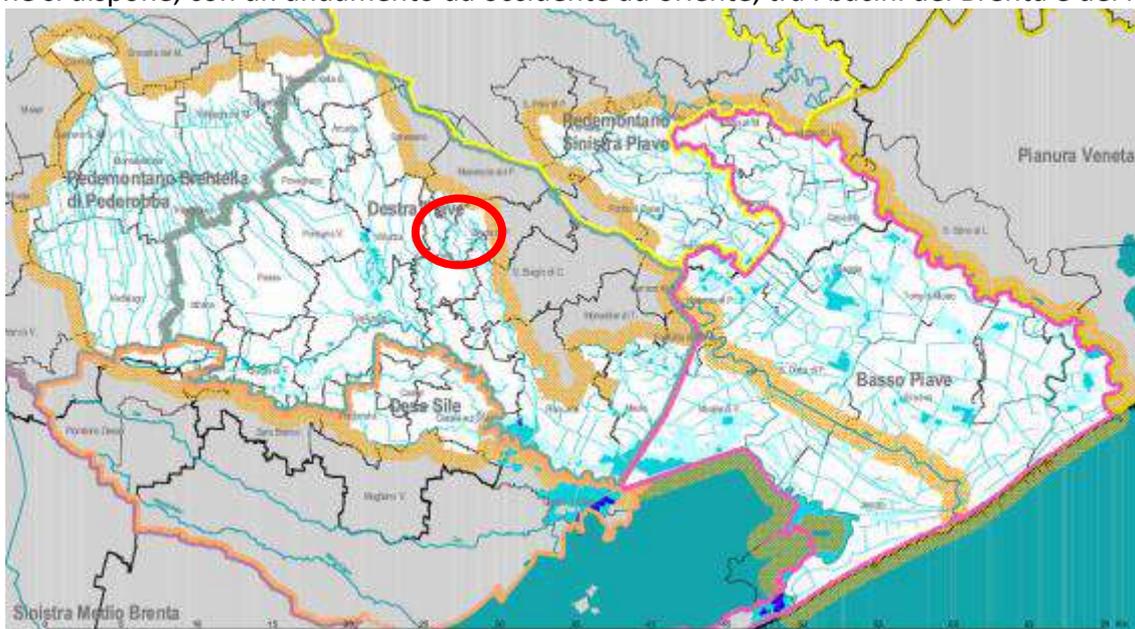


Fig.2 – Autorità di Bacino del Fiume Sile e pianura tra Piave e Livorno - Limiti amministrativi

Il Piano di Assetto Idrogeologico è principalmente finalizzato ad individuare il funzionamento idraulico della rete idrografica in occasione di eventi di piena generati dalle precipitazioni intense, in grado di produrre condizioni critiche per il sistema di drenaggio e di causare esondazioni ed allagamenti di porzioni più o meno estese di territorio.

Detto piano fa riferimento alla sola rete idrografica principale, esso ha ritenuto che esondazioni riconducibili alla rete minore, che pur talvolta possono avere una elevata ricorrenza, abbiano intensità di norma contenuta e quindi non generino condizioni di grave sofferenza per le popolazioni, anche se non vuol dire che in questi ambiti territoriali non vi sia una pericolosità dal punto di vista idraulico. Nel territorio del Comune di Breda l'area ricompresa all'interno di detto



Bacino idrografico è quella posta ad ovest del territorio comunale, che ricomprende parte del centro urbano di Breda di Piave e la frazione di Vacil.

BACINO IDROGRAFICO MUSESTRE

Si tratta della parte più a ovest del territorio comunale, di superficie pari a 666,07 ha, a prevalente destinazione agricola, delimitata ad est dal bacino idrografico del fiume Vallio.

Il **Musestre** è fiume di risorgiva che nasce in Via Parè, a nord ovest del municipio, e scorre attraverso il centro abitato del paese fino a rientrare entro i limiti amministrativi del comune di Carbonera presso la loc. San Giacomo. Più a sud attraversa il Comune di Roncade fino a sfociare nel fiume Sile.

Affluenti di destra idrografica sono il **Rio Musestrelle**, che vi confluisce alla fine di Via Callombra, e i fossi **Caner ramo 1 e ramo 4** che vi confluiscono da nord-ovest. In sinistra idrografica troviamo una buona parte delle acque bianche del centro di Breda di Piave e degli scoli privati aventi lo spartiacque in corrispondenza di Via Pasteur (a nord) e di Via Monte Pelmo (a sud). Immediatamente a valle dell'abitato di Breda di Piave troviamo il **Rio la Fossa** che confluisce anch'esso nel F. Musestre.

Il **Canale consortile n. 3** attraversa detto sottobacino e si tratta un canale utilizzato prevalentemente per l'irrigazione: attraversa l'intero territorio comunale da nord a sud. Attraversa via Cal di Breda, costeggia, a poche decine di metri, Via San Giacomo ed infine si immette nel Canale Musestrello Superiore che delimita la porzione sud-occidentale del paese.

Altri corsi d'acqua di tale area, in destra Musestre, sono il Rio Bagnon e il Rio Mignagola, in prossimità dell'abitato di Vacil.

I sottobacini descritti nei punti seguenti sono caratterizzati dai corsi d'acqua denominati Fossalon, Fossalon della Pietra e Musestrello Superiore, Rio Bagnon, Rio Mignagola che creano un reticolo idrografico complesso avente come unico ricettore finale il Fiume Musestre.

➤ **SOTTOBACINO RIO BAGNON**

Si tratta della parte di territorio comunale, di superficie pari a 87,70 ha, posta nella parte più occidentale, ad ovest di via Masotti. È compresa al suo interno la parte occidentale della frazione di Vacil. Il Rio Bagnon attraversa l'area da nord a sud lungo il confine comunale. Tale zona si caratterizza dalla presenza della zona industriale del Comune e, come detto, di parte della frazione di Vacil. Oltre confine comunale confluisce nel Rio Mignagola.

➤ **SOTTOBACINO MIGNAGOLA**

Si tratta della parte di territorio comunale, di superficie pari a 136,10 ha, delimitata ad ovest da via Masotti e più a nord da via Mazzolà, a est in parte da via Brugnotto e più a nord via Cal di Breda e via dei Merli. Il **Rio Mignagola** delimita i confini dei comuni di Carbonera e di Maserada sul Piave ed entra nel territorio comunale di Breda di Piave in posizione nord occidentale, attraversa l'intero abitato di Vacil e rientra successivamente nei limiti comunali di Carbonera. Oltre confine comunale è affluente del Musestre. Affluente di destra idrografica è il **Rio Mignagoletto** che si immette nell'asta principale poco a monte della zona industriale della frazione di Vacil.

➤ **SOTTOBACINO FOSSALON**

Sottobacino a destinazione prevalentemente agricola di superficie pari a 90,05 ha delimitato a est dal canale N.3 sopra descritto e attraversato dal Rio Fossalon, che con il Canale n.3 confluisce nel Musestrello e quindi in Musestre.

➤ **SOTTOBACINO FOSSALON DELLA PIETRA**

Sottobacino a destinazione prevalentemente agricola di superficie pari a 44,14 ha, posto a sud del territorio comunale. Le acque raccolte da un fosso in posizione pressoché centrale confluiscono nel Fossalon della Pietra oltre confine comunale.

➤ **SOTTOBACINO MUSESTRELLO SUPERIORE**

Sottobacino a destinazione prevalentemente agricola di superficie pari a 34,04 ha, posto a sud del territorio comunale, confina a nord con il sottobacino Fossalon e a sud con il Fossalon della Pietra. E' attraversato dal canale Musestrello Superiore, affluente del Musestre.

➤ **SOTTOBACINO RIO MUSESTRELLE**

Sottobacino a destinazione prevalentemente agricola, a parte le abitazioni poste lungo via Roma, di superficie pari a 81,23 ha, posto a ovest del centro di Breda di Piave, confina a nord con via Parè fino al confine comunale a sud. E' attraversato dal rio Musestrelle, affluente in destra del Musestre, e da un capofosso che attraversa via Roma, anch'esso affluente in destra del Musestre oltre confine comunale.

➤ **SOTTOBACINO SINISTRA MUSESTRE**

Sottobacino a destinazione prevalentemente agricola, di superficie pari a 43,11 ha, posto a sud del centro di Breda di Piave, confina a nord con via Moretti fino al confine comunale a sud. E' attraversato dal rio La Fossa, affluente in sinistra del Musestre.



➤ **SOTTOBACINO RIO LA FOSSA**

Sottobacino a destinazione prevalentemente agricola, di superficie pari a 35,25 ha, delimitato a est dal canale della Vittoria, poi Rio Levada, e a ovest dal fiume Musestre. Il capofosso principale segue via Silvio Pellico e confluisce nel fiume Musestre.

➤ **SOTTOBACINO BREDA DI PIAVE OVEST**

Sottobacino prevalentemente urbanizzato, di superficie pari a 31,18 ha, costituisce la porzione ovest del centro urbano di Breda di Piave: la reda di drenaggio confluisce prevalentemente verso la condotta di via dei Bersaglieri con recapito finale in sinistra del fiume Musestre.

➤ **SOTTOBACINO CANER RAMO 1**

Sottobacino a destinazione prevalentemente agricola, di superficie pari a 87,26 ha, posto a nord del centro urbano di Breda di Piave, confina a nord con il confine Comunale e a sud con via Termine. E' attraversato prevalentemente dal corso d'acqua Caner Ramo 1 che si immette nel fiume Musestre.

2. STUDIO “INDIVIDUAZIONE E PERIMETRAZIONE DELLE AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO NEL BACINO DELL’AREA SCOLANTE IN LAGUNA DI VENEZIA”

Su incarico della Regione Veneto, Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile sono state condotte una serie di attività finalizzate alla individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico nel Bacino dell’area scolante in Laguna di Venezia. Lo scopo dello studio (concluso nel 2002) era quello di valutare il funzionamento idraulico della rete idrografica superficiale, qualora sollecitata da eventi meteorici intensi, escludendo i fiumi che attraversano il territorio senza interazioni di rilievo (Brenta e Bacchiglione), nonché tutta la rete secondaria di drenaggio.

Il territorio, formato dai bacini tributari dei corsi d’acqua sfocianti in laguna, si estende su di una superficie di circa 1850 km² nelle tre province di Venezia, Padova e Treviso. Considerato che lo studio a cui si fa riferimento non costituisce P.A.I., non esistono norme relative alle aree a diverso grado di pericolosità idraulica.

Il territorio del Comune di Breda rientra, quale propaggine più settentrionale, all’interno del bacino idrografico del canale Vela, situato a Nord-Est del fiume Sile, che di fatto costituisce un’appendice separata rispetto al restante Bacino Scolante nella laguna di Venezia. Due sono i sottobacini che è possibile individuare in tale area, il Vallio e il Meolo.

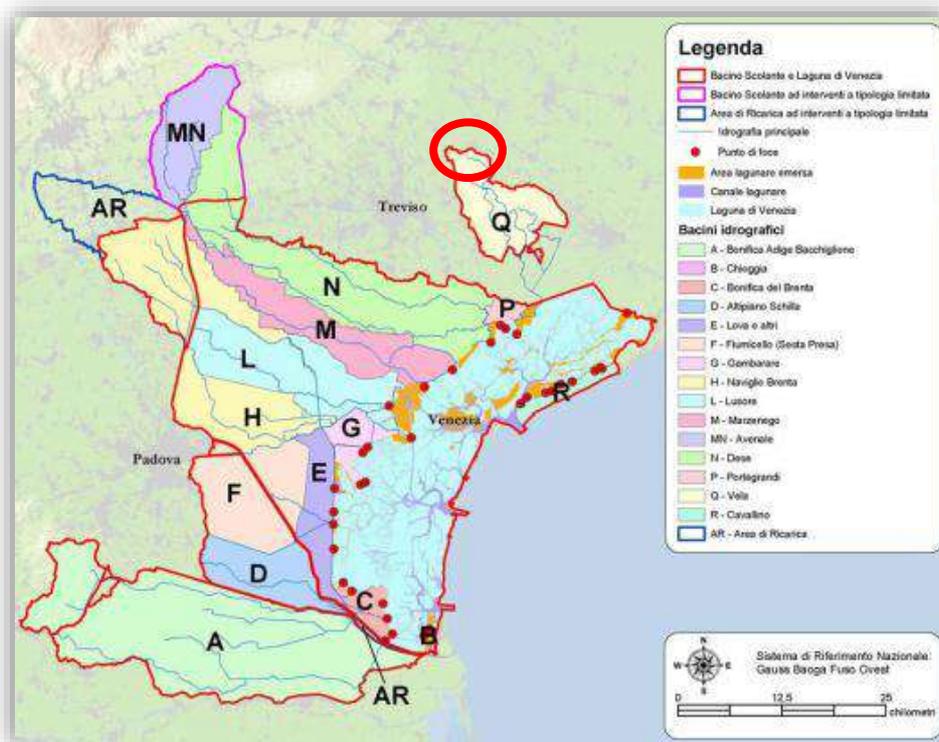


Fig.3 – Bacino solante in Laguna di Venezia

BACINO IDROGRAFICO VALLIO

Si tratta della parte del territorio comunale, di superficie pari a 444,66 ha, le cui acque confluiscono nel fiume Vallio, corso d'acqua che ha origine a sud del comune di Breda di Piave.

Il **fiume Vallio** nasce in prossimità della frazione di Pero, quindi, oltre confine comunale, attraversa San Biagio di Callalta e in Provincia di Venezia confluisce nel Canale Fossetta. Lo stesso Vallio nel territorio comunale riceve in destra le acque del Rio Levada.

I sottobacini descritti nei punti seguenti sono caratterizzati dai corsi d'acqua denominati *Canale della Vittoria, Rio Levada, Rio Pero, canale San Biagio* e creano un reticolo idrografico complesso composto da tratti a cielo aperto e da tratti in condotta, ma aventi come unico ricettore finale il Fiume Vallio (fiume di risorgiva con polla ubicata fra Via Marche e Via IV Novembre nella frazione di Pero).

➤ SOTTOBACINO CANALE DELLA VITTORIA

Si tratta della parte del territorio comunale, di superficie pari a 122,39 ha, che comprende parte dell'area urbanizzata del centro di Breda, oltre a una zona a destinazione agricola posta a nord. Il canale della Vittoria quindi più a sud indirizza le acque verso il Rio Levada e verso il rio Pero, quindi fiume Vallio.

➤ SOTTOBACINO RIO PERO

Si tratta della parte del territorio comunale, di superficie pari a 134,99 ha, che comprende parte dell'area urbanizzata della frazione di Pero, oltre a una zona a destinazione agricola posta a nord e a est del canale della Vittoria. Il rio Pero, attualmente si trova per la quasi totalità del suo tracciato ridotto in condotta lungo via Garibaldi, più a nord riceve le acque della zona agricola, attraversata dal Rio Parnasso.

➤ SOTTOBACINO RIO LEVADA

Si tratta della parte del territorio comunale, di superficie pari a 48,93 ha, che comprende parte dell'area urbanizzata della frazione di Pero, oltre a una zona a destinazione agricola posta a sud. E' un'area delimitata a ovest e a sud dal Rio Levada e le acque confluiscono a est nel fiume Vallio.

➤ SOTTOBACINO S.BIAGIO

Si tratta della parte del territorio comunale a destinazione agricola, di superficie pari a 68,80 ha, che comprende la parte più a sud del territorio comunale. Vi sono due fossi principali che raccolgono le acque dell'area, indirizzate quindi verso il canale San Biagio e infine con recapito nel fiume Vallio.



➤ **SOTTOBACINO VALLIO SUD**

Si tratta della parte del territorio comunale a destinazione agricola, di superficie pari a 19,52 ha, che comprende la parte più a sud del territorio comunale in sinistra fiume Vallio. Il capofosso principale che raccoglie le acque di questa zona è posto lungo via Pellico e confluisce nel fiume Vallio in corrispondenza del confine comunale.

➤ **SOTTOBACINO VALLIO NORD**

Si tratta della parte del territorio comunale, di superficie pari a 50,03 ha, attraversata da via Marche. Il capofosso segue verso sud via Interna, attraversa via IV novembre per confluire quindi nel fiume Vallio.

BACINO IDROGRAFICO FIUME MEOLO

Si tratta della parte del territorio comunale, di superficie pari a 704,92 ha, delimitato ad ovest dal sottobacino Vallio, a sud dal confine comunale, ad est dal Bacino del Piave. L'area interessata è quasi totalmente a destinazione agricola e, come negli altri sottobacini del Vallio e Musestre, è interessato dal tratto più a monte dello stesso fiume Meolo.

Il Meolo è un fiume di risorgiva: nasce a est rispetto al centro di Breda di Piave e scorre attraverso il territorio comunale in direzione nord-ovest/sud-est fino a delimitare, nella parte meridionale, il limite amministrativo. Fra Via Molino e Via Paralovo cambia direzione e entra nel comune di San Biagio di Callalta. Affluente di destra idrografica è il Rio Meoletto che vi confluisce nel tratto terminale di Via Cocchilus.

I sottobacini descritti nei punti seguenti sono caratterizzati dai corsi d'acqua denominati *Rio Podisso, Rio Acquicciola, Fosso Indipendenza* e creano un reticolo idrografico complesso composto da tratti a cielo aperto e da tratti in condotta, ma aventi come unico ricettore finale il Fiume Meolo.

➤ **SOTTOBACINO RIO PODISSO**

Si tratta della parte del territorio comunale, di superficie pari a 190,48 ha, delimitato a sud dal confine comunale, le cui acque vengono raccolte dal Rio Podisso, che oltre confine comunale confluisce nel fiume Meolo. Il sottobacino confina a nord con via Piave e a sud con il confine comunale.

➤ **SOTTOBACINO LE MARCHE**

Si tratta della parte del territorio comunale a destinazione agricola, di superficie pari a 24,65 ha, delimitato a sud dal confine comunale, le cui acque vengono raccolte da un capofosso lungo via Marche che attraversa il sottobacino in posizione centrale.

➤ **SOTTOBACINO DESTRA FOSSO MEOLETTO**

Si tratta della parte del territorio comunale a destinazione agricola, di superficie pari a 92,71 ha, posto in destra del Fosso Meoletto. Sono presenti alcuni fossi che confluiscono direttamente nel corso d'acqua. Il principale capofosso è posto lungo via Piave e confluisce nel fosso Meoletto.

➤ **SOTTOBACINO DESTRA MEOLO**

Si tratta della parte del territorio comunale a destinazione agricola, di superficie pari a 29,73 ha, posto in destra del fiume Meolo e delimitato a sud dal confine comunale e a ovest da via Vicinale Marche. Sono presenti alcuni fossi che confluiscono direttamente nel corso d'acqua.

➤ **SOTTOBACINO CASE NUOVE**

Si tratta della parte del territorio comunale a destinazione agricola, di superficie pari a 129,53 ha, posto in sinistra del fiume Meolo e delimitato a nord dal Rio Crespoletto, a sud dal confine comunale ed è attraversato da nord a sud dal Capofosso lungo via Bovon, che confluisce nel fiume Meolo oltre confine a comunale.

➤ **SOTTOBACINO CASE BERTON**

Si tratta della parte del territorio comunale a destinazione agricola, di superficie pari a 54,40 ha, posto in sinistra del fiume Meolo e delimitato a nord da via Piave ed è attraversato da nord a sud dal Capofosso in località Case Berton, che confluisce nel fiume Meolo.

➤ **SOTTOBACINO SINISTRA FOSSO MEOLETTO**

Si tratta della parte del territorio comunale a destinazione agricola, di superficie pari a 23,10 ha, posto in sinistra del Fosso Meoletto e delimitato a sud da via Piave e a nord dal fosso della Vacca. Il capofosso confluisce in sinistra fosso Meoletto in località Case De Marchi.

➤ **SOTTOBACINO PESCHIERE**

Si tratta della parte del territorio comunale in località Villanova, di superficie pari a 47,47 ha, posto in sinistra del fiume Meolo. Il capofosso è posto lungo via Fontanone e via Villanova e confluisce nel fiume Meolo in prossimità delle peschiere.



➤ **SOTTOBACINO FOSSO INDIPENDENZA**

Si tratta della parte del territorio comunale, di superficie pari a 77,60 ha, con terreni a destinazione prevalentemente agricola, posti a ridosso delle vie Bovon e Indipendenza. Il fosso segue parallelamente la viabilità fino a confluire nel Rio Acquicciola a sud.

➤ **SOTTOBACINO RIO ACQUICCIOLA**

Si tratta della parte del territorio comunale, di superficie pari a 35,26 ha, che comprende parte dell'area urbanizzata della frazione di San Bartolomeo e terreni a destinazione prevalentemente agricola. Le acque di quest'area confluiscono direttamente nel Rio Acquicciola e quindi nel fiume Meolo.

3. AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PIAVE

Nella sua parte più orientale il territorio comunale di Breda di Piave è compreso nei limiti amministrativi dell'Autorità di Bacino del fiume Piave, riconosciuta a livello nazionale: si tratta dell'area golenale del fiume Piave e del sottobacino del canale Piavesella.

La rete idrografica del Piave presenta uno sviluppo asimmetrico che localizza gli affluenti e subaffluenti più importanti (il Padola, l'Ansiei, il Boite, il Maè, il Cordevole con il Mis, il Sonna) sulla destra dell'asta principale. L'innesto sul bacino montano del Piave di un articolato sistema di sfruttamento idroelettrico, sviluppatosi tra gli anni '20 e gli anni '60, ma che è tutt'oggi in espansione soprattutto per quanto riguarda piccoli impianti che sfruttano le risorse potenziali negli affluenti anche minori del bacino, ha profondamente modificato il regime idrologico del Piave alterando con questo anche la dinamica fluviale, il trasporto solido, il paesaggio stesso disegnato dal corso d'acqua.

La morfologia dell'alveo del Piave si è modificata notevolmente, in particolar modo negli ultimi decenni. La larghezza media dell'alveo è attualmente meno della metà rispetto all'inizio del secolo (260 m nel 1997 contro 610 metri all'inizio del secolo) e il fondo dell'alveo ha subito generalmente un abbassamento valutato, nel tratto di pianura, dell'ordine di 2-3 metri. Queste modificazioni, ossia l'incisione ed il restringimento dell'alveo, sono imputabili principalmente alla drastica diminuzione nell'apporto di sedimenti al corso d'acqua dovuta agli sbarramenti (dighe e traverse) presenti lungo il Piave ed i suoi affluenti e all'estrazione di ghiaie dall'alveo.

A fronte di una portata media di circa 130 m³/s (Nervesa), nel 1966 a Ponte della Priula (Nervesa) venne stimata una portata massima di 5'000 m³/s.

Nel tratto di bassa pianura, e quindi quello di interesse per il presente Piano delle Acque, il fiume è obbligato a fluire in alvei di limitata capacità o peggio costretti ad arginature normalmente pensili sul piano di campagna, manifestamente non adeguati al transito di eventuali fenomeni di piena.

Ne consegue che numerose aree della bassa pianura del bacino sono, seppur in relazione ad eccezionali episodi di piena, potenzialmente suscettibili di allagamento; trattandosi di un comprensorio densamente abitato e sede di importanti attività industriali ed agricole, si può facilmente comprendere la gravità del danno potenziale.

Nel territorio del Comune di Breda l'area ricompresa all'interno di detto Bacino idrografico è quella posta ad est del territorio comunale, che ricomprende anche le frazioni di Saletto e San Bartolomeo; è suddiviso in tre sottobacini scolanti: Piavesella, Zero e Piave.

BACINO IDROGRAFICO FIUME PIAVESELLA DI MASERADA

Si tratta della parte del territorio comunale, di superficie pari a 404,10 ha, che ricomprende la frazione di San Bartolomeo.

Il fiume Piavesella entra nel territorio comunale da nord-est, dal comune di Maserada sul Piave, attraversa Via Argine Piave e prosegue il suo corso nel comune di San Biagio di Callalta. Fiume di importanza strategica in quanto è



recapito di tutti i corsi d'acqua minori che si trovano ad ovest dell'argine del F. Piave e di tutte le acque bianche del centro abitato di Saletto e di San Bartolomeo. Fra i suoi affluenti troviamo il Rio Crespolo (destra idrografica) e Rio Fossalon (sinistra idrografica), prima di confluire nel fiume Piave si dirama il canale Zero.

I sottobacini descritti nei punti seguenti sono caratterizzati dai corsi d'acqua denominati *Fosso della Vacca, Rio Crespoletto, Rio Crespolo, Rio Fossalon di Saletto e Fosso Davanzo* e creano un reticolo idrografico complesso composto da tratti a cielo aperto e da tratti in condotta, ma aventi come unico ricettore finale il Fiume Piavesella.

➤ **SOTTOBACINO FOSSO DELLA VACCA**

Si tratta della parte del territorio comunale, di superficie pari a 45,59 ha, a destinazione agricola all'estremità nord del territorio comunale. Il fosso riceve le acque del canale Dolzal che costituisce confine comunale.

➤ **SOTTOBACINO RIO CRESPOLETTO**

Si tratta della parte del territorio comunale a destinazione agricola, di superficie pari a 98,41 ha, attraversata dal Rio Crespoletto, che trova recapito a confine comunale nel Rio Crespolo.

➤ **SOTTOBACINO RIO CRESPOLO**

Si tratta della parte del territorio comunale a destinazione agricola, di superficie pari a 68,95 ha, attraversata dal Rio Crespolo, che ne costituisce il confine a sud, riceve le acque del Rio Crespoletto e trova recapito nel Piavesella.

➤ **SOTTOBACINO RIO FOSSALON DI SALETTO**

Si tratta della parte del territorio comunale, di superficie pari a 79,74 ha, che ricomprende parte dell'abitato di Saletto. Il Rio Fossalon raccoglie le acque dell'area urbanizzata, è in parte ridotto in condotta e riceve da nord anche le acque di aree a destinazione agricola, che hanno origine oltre confine comunale.

➤ **SOTTOBACINO FOSSO DAVANZO**

Si tratta della parte del territorio comunale, di superficie pari a 30,93 ha, che ricomprende parte dell'abitato di Saletto e confina a est con via Argine San Marco. Il Fosso Davanzo trova recapito nel fiume Piavesella a sud.

➤ **SOTTOBACINO SAN BARTOLOMEO**

Si tratta della parte del territorio comunale, di superficie pari a 80,47 ha, che ricomprende a sud la frazione di San Bartolomeo, la cui rete di drenaggio urbano trova recapito direttamente nel fiume Piavesella e un'area a destinazione agricola in destra idraulica del Piavesella, che trova recapito nello stesso corso d'acqua tramite un fosso posto lungo via per Cavriè di san Bartolomeo.

➤ **SOTTOBACINO ZERO**

Si tratta della parte del territorio comunale a destinazione agricola, di superficie pari a 83,3 ha, posta all'estremità sud est del territorio comunale e delimitato a sud dal confine comunale e a nord da via Indipendenza. Il canale Zero che si sviluppa a sud oltre confine comunale riceve le acque di quest'area.

➤ **SOTTOBACINO ZENSON**

Si tratta della parte del territorio comunale a destinazione agricola, di superficie pari a 55,19 ha, posta all'estremità sud est del territorio comunale e delimitato a nord da via Acquicciola e via XXIV Maggio di San Bartolomeo. Il canale Zero che si sviluppa a sud oltre confine comunale fa parte di un bacino a scolo alternato, con impianto di sollevamento ubicato in Comune di Zenson di Piave, funzionante in caso di evento di piena del fiume Piave che impedisca lo scarico stesso.

➤ **SOTTOBACINO PIAVE**

Si tratta della parte del territorio comunale, di superficie pari a 209,91 ha, oltre le arginature del fiume Piave e costituito dall'area golenale dello stesso fiume, che attraversa la porzione orientale del territorio comunale con direzione nordovest-sudest. Scorre fra una doppia arginatura eretta a difesa degli abitati limitrofi di Saletto di Breda di Piave e San Bartolomeo. Non si segnala la presenza di affluenti entro i limiti comunali.



2 Verifica della rete scolante

GENERALITÀ

Sulla base delle conoscenze acquisite mediante l'analisi della documentazione esistente e i rilievi effettuati in campo è stato possibile simulare, a mezzo di opportuni strumenti matematici, il funzionamento delle reti idriche a cielo aperto e intubate. Tali analisi permettono di definire scientificamente le aree di criticità idraulica e le cause che le generano.

Lo strumento implementato permette inoltre di simulare il comportamento della rete idrica negli scenari futuri con la realizzazione di interventi per la mitigazione idraulica delle sofferenze.

DESCRIZIONE DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA

Per la simulazione idraulica delle reti si è utilizzato il modello EPA SWMM 5.1, che risolvendo le equazioni di De Saint Venant a moto vario, consente di verificare il comportamento dei canali e delle condotte a seguito di un evento pluviometrico di progetto.

A tal scopo la rete è stata schematizzata come una sequenza di nodi e tronchi.

Le caratteristiche geometriche dei canali sono state ricavate dai sopralluoghi e dai rilievi topografici compiuti mediante strumento GPS. Gli stessi hanno permesso di assegnare quote e sezioni trasversali medie agli elementi della schematizzazione matematica.

I bacini imbriferi afferenti ai diversi tronchi e nodi della rete sono stati anch'essi schematizzati, caratterizzandoli in base alla forma, alle dimensioni, alla percentuale di territorio urbanizzato e alla tipologia del suolo.

Per la trattazione teorica del modello utilizzato si rimanda all'appendice.

Per le simulazioni sono stati implementati tre modelli matematici distinti per le seguenti zone critiche:

- Saletto (Rio Fossalon di Saletto), facente parte del sottobacino Piavesella compresa nel bacino idrografico del fiume Piave;
- Breda - Pero, facente parte del sottobacino Vallio compresa nel bacino idrografico scolante nella laguna di Venezia;
- San Bartolomeo, facente parte del sottobacino del fiume Meolo compresa nel bacino idrografico scolante nella laguna di Venezia;



DEFINIZIONE DELL'EVENTO PLUVIOMETRICO DI PROGETTO

I parametri delle curve segnalatrici utilizzati, contenuti nell'analisi regionalizzata delle precipitazioni realizzata dall'Unione Veneta Bonifiche, sono stati forniti direttamente dal Consorzio di Bonifica Piave. Sono stati impiegati i seguenti dati:

Grandezza indice

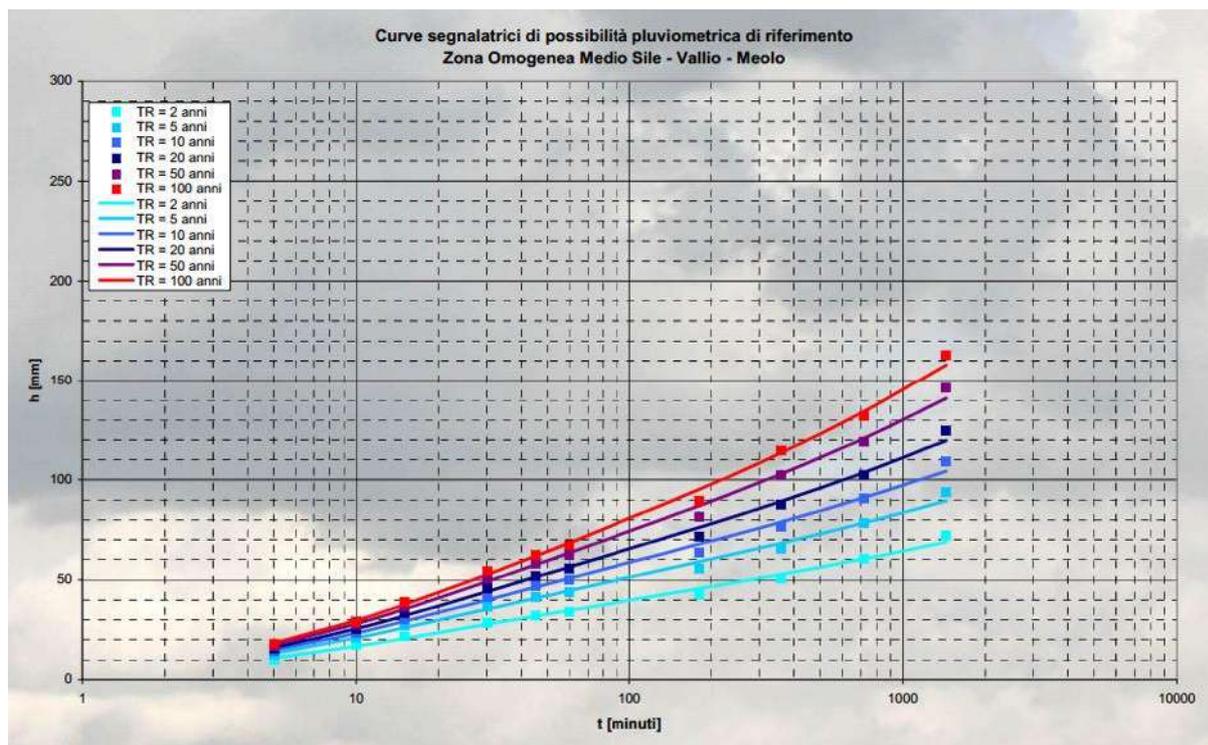
Durata	5	10	15	30	45	60	180	360	720	1440
h	10,463	17,533	22,283	29,807	33,353	35,257	45,228	54,559	64,399	77,044

Valori attesi di precipitazione

T		Durata di precipitazione								
anni	5 minuti	10 minuti	15 minuti	30 minuti	45 minuti	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
2	10,2	17,2	21,7	28,8	32,1	34,1	42,9	50,9	60,5	72,1
5	12,6	21,3	27,2	36,7	41,3	44	55,4	65,8	78,2	94
10	14,1	23,7	30,4	41,5	46,9	50,2	63,6	76,5	90,5	109,4
20	15,4	25,7	33,3	45,8	52,1	55,8	71,6	87,4	102,7	124,9
30	16,1	26,8	34,8	48,1	54,9	58,9	76,1	94	109,9	134,2
50	17	28	36,5	50,9	58,3	62,7	81,8	102,7	119,1	146,1
100	18	29,5	38,7	54,4	62,7	67,6	89,6	114,9	131,9	162,7
200	19	30,8	40,8	57,6	66,8	72,3	97,2	127,9	145,2	180,1

Parametri della curva segnalatrice

Curve segnalatrici 5 minuti - 24 ore			
T	A	b	c
2	18,5	8,9	0,818
5	23,8	9,6	0,817
10	26,4	9,9	0,81
20	28,3	10,2	0,801
30	29,2	10,3	0,795
50	30	10,4	0,787
100	30,8	10,5	0,774
200	31,2	10,6	0,761



Per il territorio in esame la curva è, con t in minuti:

$$h = \frac{a}{(t + b)^c} t$$

dove i parametri a, b, c assumono rispettivamente i valori:

TR	a	b	c
5 anni	23.8	9.6	0.818
10 anni	26.4	9.9	0.810
20 anni	28.3	10.2	0.801
50 anni	30.0	10.4	0.787

Per la definizione del rischio idraulico del territorio sono stati individuati due eventi: con tempo di ritorno di 20 anni e 50 anni, entrambi per una durata di 12 ore. Per la costruzione dell'evento meteorologico è stato usato il diagramma Chicago, la cui costruzione è esplicitata nel paragrafo 6, che ha il pregio di rendere poco rilevante la scelta della durata complessiva dell'evento di pioggia *tp* in quanto riesce a rappresentare in un unico ietogramma le massime piogge che si possono statisticamente avere secondo le CPP per periodi successivi di durata. Dunque nell'aver scelto una pioggia di progetto della durata di 12 ore sono state automaticamente prese in considerazione anche tutte le massime piogge di durata inferiore.



LA MODELLAZIONE DEL TERRITORIO

La modellazione matematica è stata svolta comprendendo le aree dove storicamente sono state riscontrate delle criticità ed esondazioni, in particolare sono stati realizzati tre modelli distinti:

- Il primo modello riguarda l'abitato di Saletto, ponendo particolare attenzione al rio Fossalon di Saletto e alla rete di drenaggio che confluisce in esso. È stata simulata la rete minore e la fognatura bianca ad essa afferente, analizzando il territorio tra il fiume Piavesella e l'argine destro del fiume Piave (via Argine Piave). Nella modellazione si è tenuto conto dei tratti principali, considerando le sezioni del rio Fossalon tombinate e gli accessi carrai che ne limitano il deflusso.
- Il secondo modello riguarda i centri abitati di Breda e di Pero, strettamente connessi dal punto di vista idraulico. La modellazione ha riguardato in particolare i due centri abitati e la rete minore che crea il collegamento tra le due aree. Come per il modello precedente sono state inserite le sezioni tombinate dei canali/fossi principali, per valutare gli effetti dovuti alla limitazione della sezione di deflusso.
- Il terzo modello ha riguardato l'area a sud dell'abitato di San Bartolomeo, in particolare la rete scolante che gravita attorno alle vie Bovon e Indipendenza; tale area è tipicamente agricola, caratterizzata da una rete minore principalmente a cielo aperto, con criticità dovute ad attraversamenti e tombinamenti. Perciò, il modello è stato implementato per valutare in maniera specifica tali caratteristiche e gli effetti che provocano in condizioni di massima portata.

3 Discretizzazione matematica della rete idrografica

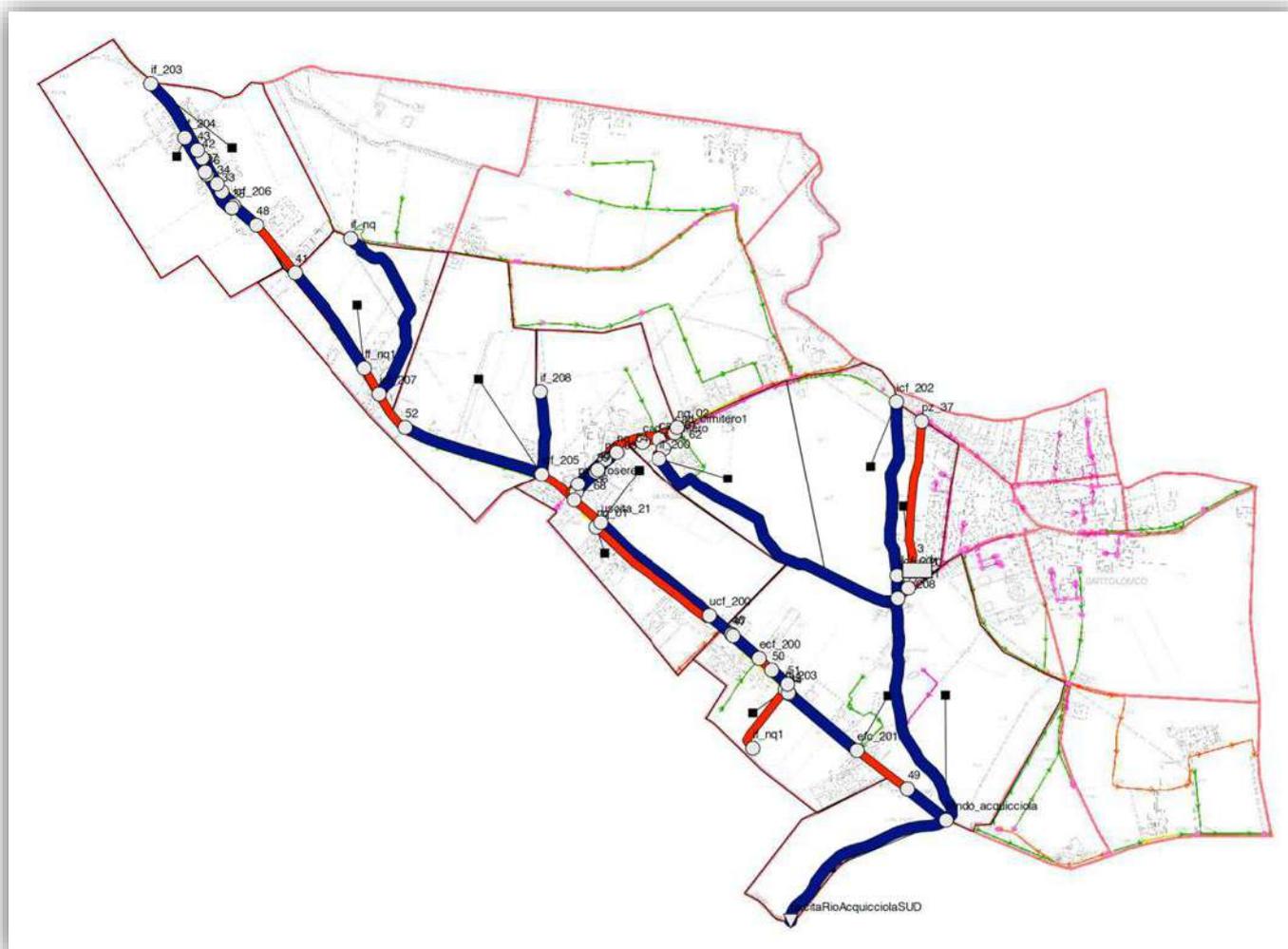
SOTTOBACINO PIAVESELLA DI MASERADA – AREA DI SALETTO

La rete è stata schematizzata in 41 nodi, 38 tronchi e 2 punti di recapito (sbocco sul fiume Piavesella in prossimità della SP116 e nei pressi di via Argine Piave). Nell'immagine seguente sono messi in evidenza i tratti intubati (colore rosso) e i tratti a cielo aperto (colore blu).



SOTTOBACINO MEOLO – AREA DI SAN BARTOLOMEO

La rete è stata schematizzata in 52 nodi, 49 tronchi, 1 punto di recapito (confluenza del rio Acquiciola nel fiume Meolo) e 14 aree. I tratti della rete in condotta (tombinamenti di fossi, attraversamenti) sono rappresentati in rosso e in blu sono indicati i tratti della rete a cielo aperto, tipici dell'area a destinazione prevalentemente agricola.



4 Individuazione dei bacini imbriferi

Si definisce bacino idrografico o bacino tributario apparente, l'entità geografica costituita dalla superficie scolante sottesa ad una sezione trasversale di un corso d'acqua. Nel linguaggio tecnico dell'idraulica fluviale la corrispondenza biunivoca che esiste tra sezione trasversale e bacino idrografico si esprime affermando che la sezione "sottende" il bacino, mentre il bacino idrografico "è sotteso" alla sezione. L'aggettivo "apparente" si riferisce alla circostanza che il bacino viene determinato individuando, sulla superficie terrestre, lo spartiacque superficiale



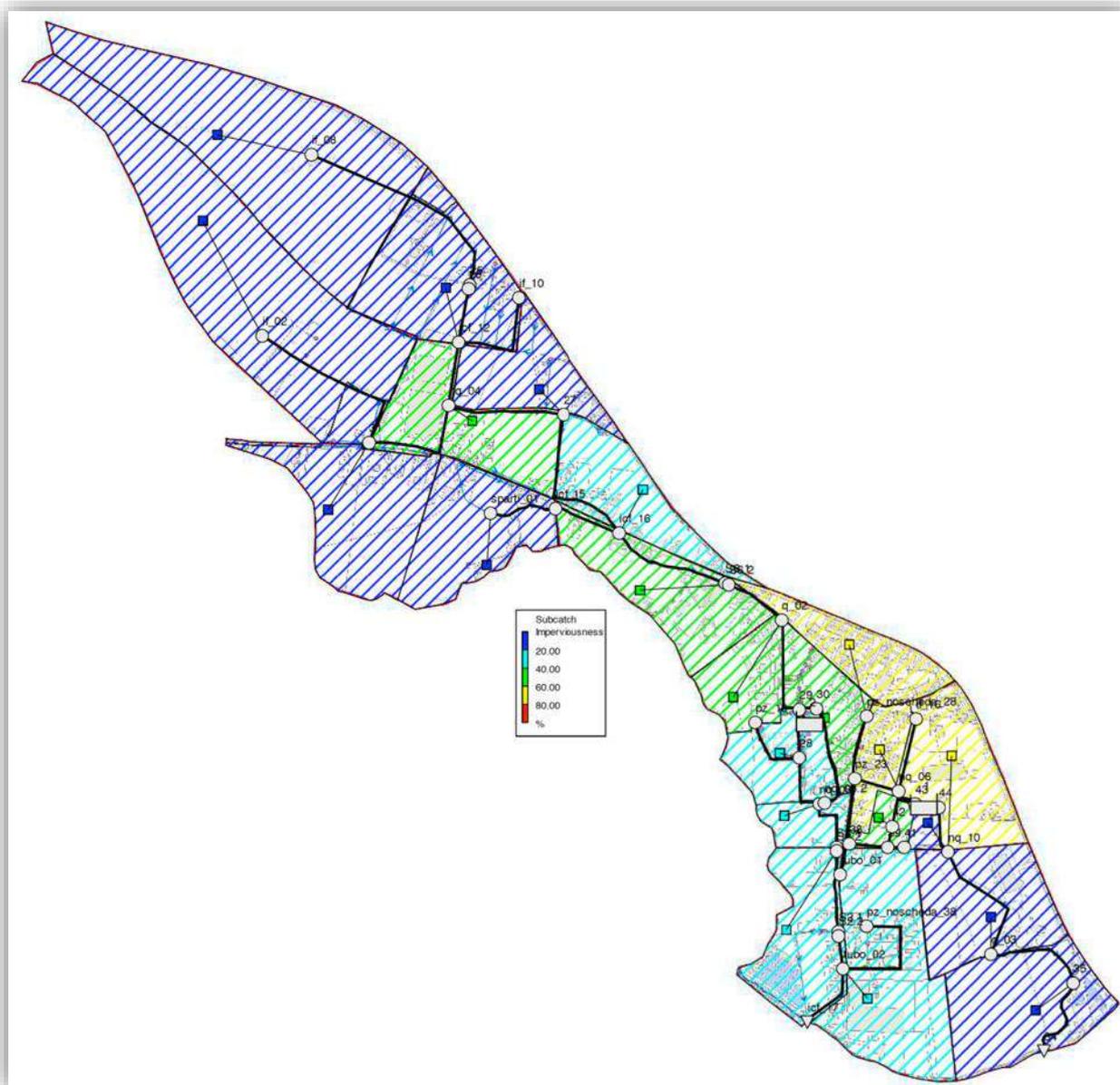
senza tenere conto che particolari formazioni geologiche potrebbero provocare in profondità il passaggio di volumi idrici da un bacino all'altro.

In maniera molto efficace Puglisi ha definito il bacino idrografico "come il luogo dei punti da cui le acque superficiali di provenienza meteorica ruscellano verso il medesimo collettore". In altri termini il bacino idrografico è l'unità fisiografica che raccoglie i deflussi superficiali, originati dalle precipitazioni che si abbattano sul bacino stesso, che trovano recapito nel corso d'acqua naturale e nei suoi diversi affluenti.

I principali sottobacini idrografici individuati sono rappresentati nelle figure successive. L'esatta individuazione dei bacini imbriferi è avvenuta mediante sopralluoghi in campagna per l'individuazione dei principali versi di deflusso e degli spartiacque, nonché dalla consultazione di letteratura e informazioni del Consorzio di Bonifica Piave e del Comune di Breda.

SOTTOBACINO PIAVESELLA DI MASERADA – AREA DI SALETTO

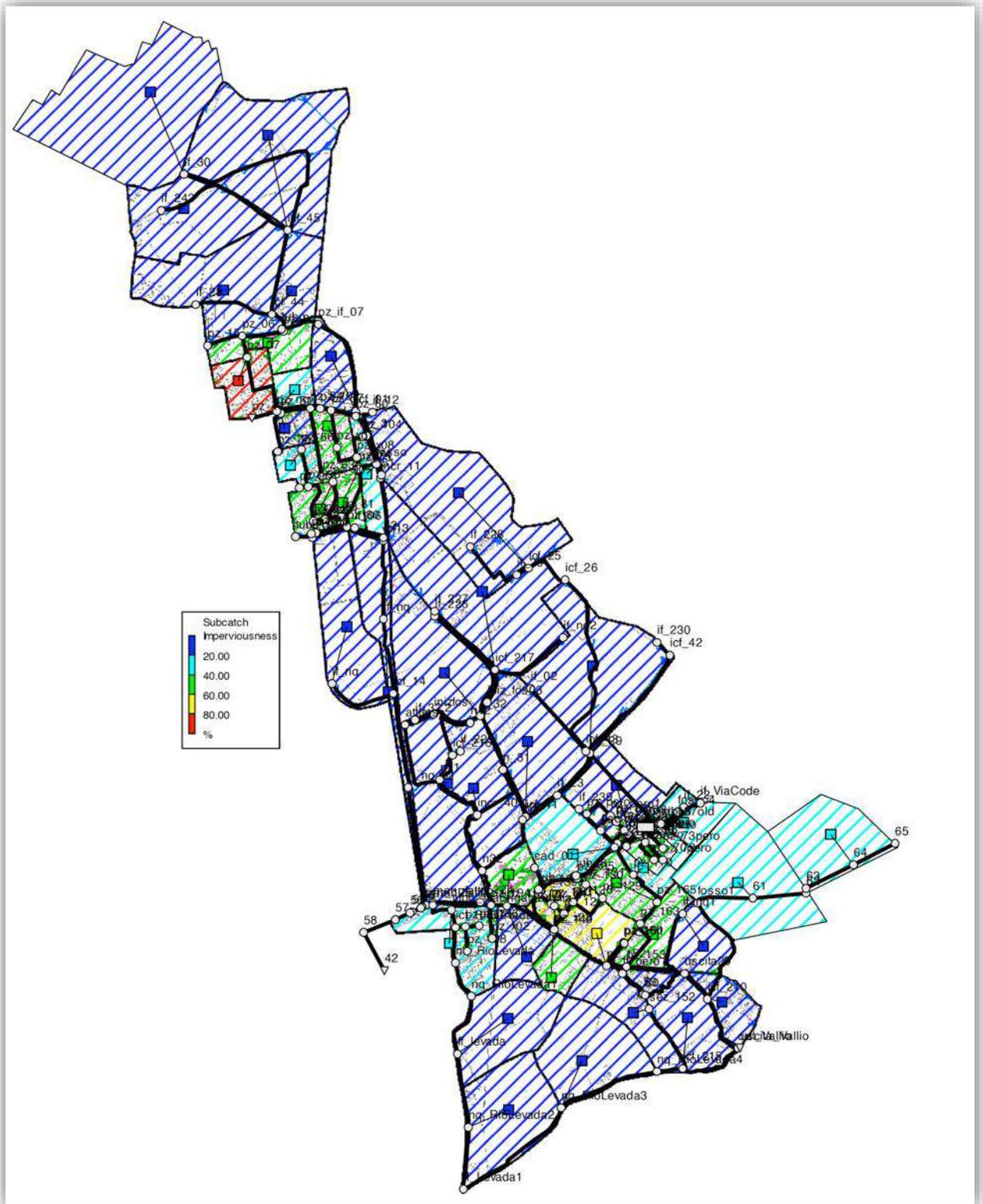
Come si osserva, a ciascuna area è stato associato un grado di impermeabilizzazione legato alla configurazione del territorio e alla presenza o meno di zone impermeabili quali strade, piazzali, dipendenti dal locale uso del suolo. In generale il bacino è diviso in due macrozone: la zona centrale lungo il rio Fossalon si caratterizza per la presenza del tessuto urbano della frazione di Saletto, con coefficienti di impermeabilizzazione variabili dal 20 % al 70% e le zone più periferiche caratterizzate da un ambiente agricolo con coefficienti dell'ordine del 3-15%.



Schematizzazione bacini imbriferi di calcolo relativi all'area di Saletto.

SOTTOBACINO VALLIO – AREA DI BREDA-PERO

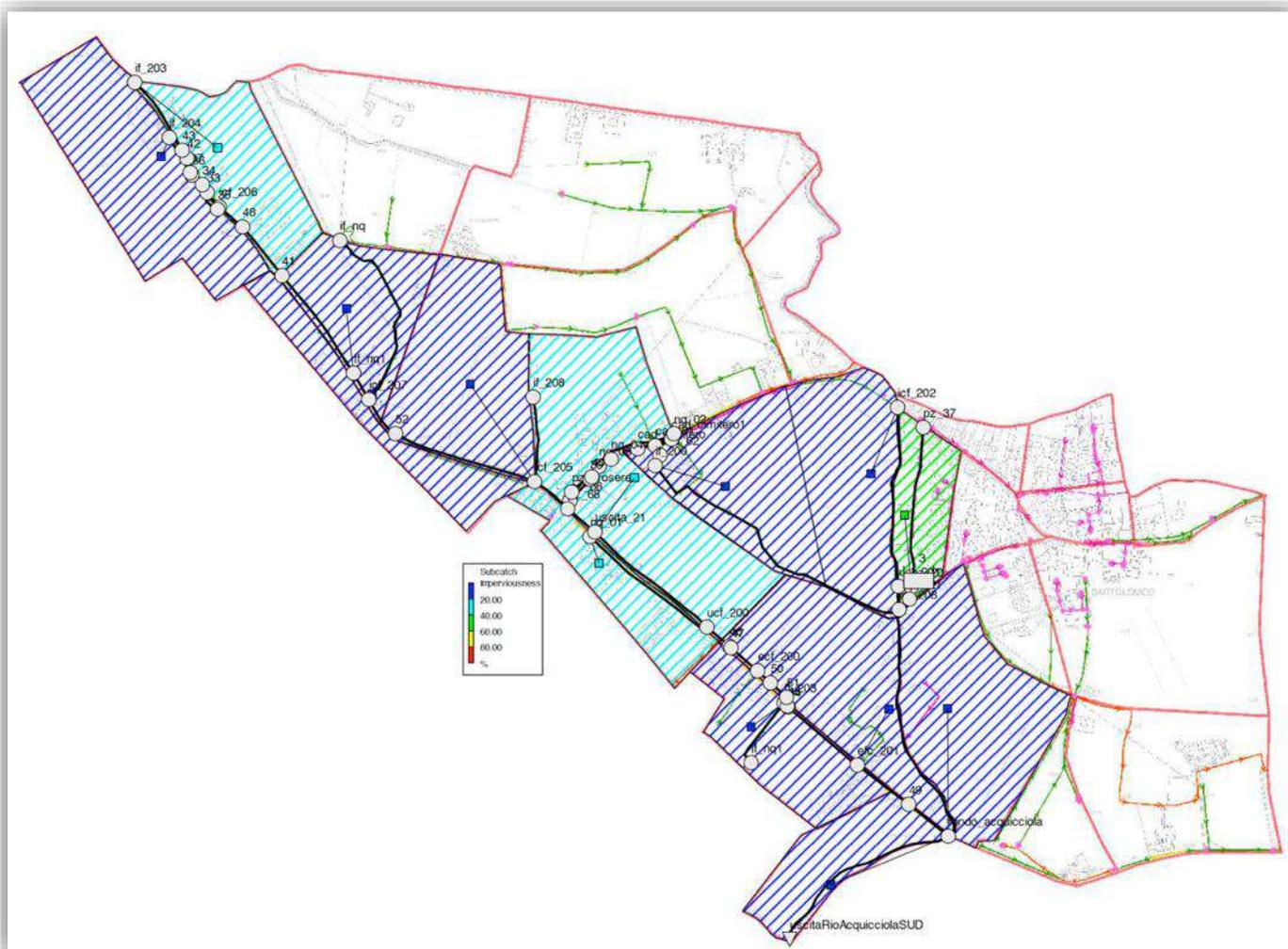
Come si osserva a ciascuna area è stato associato un grado di impermeabilizzazione legato alla configurazione del territorio e alla presenza o meno di zone impermeabili quali strade, piazzali dipendenti dal locale uso del suolo. Si può notare come i coefficienti di impermeabilizzazione maggiori si concentrano nei centri abitati di Breda e Pero, con valori dal 20% al 70%, le zone periferiche di tipo agricolo presentano coefficienti più modesti, dell'ordine del 2-10%.



Schematizzazione bacini imbriferi di calcolo relativi all'area di Breda-Pero

SOTTOBACINO MEOLO – AREA DI SAN BARTOLOMEO

Come si osserva a ciascuna area è stato associato un grado di impermeabilizzazione legato alla configurazione del territorio e alla presenza o meno di zone impermeabili quali strade, piazzali dipendenti dal locale uso del suolo. Si può notare come l'area sia prevalentemente agricola con coefficienti di impermeabilizzazione che si attestano per quasi tutta l'area al di sotto del 20%; fanno eccezione le zone più densamente abitate, nella zona centrale de Le Croserie (27,3 %) e in prossimità dell'area urbana di San Bartolomeo (43,4%).



Schematizzazione bacini imbriferi di calcolo relativi all'area di San Bartolomeo

5 Parametri idraulici di simulazione e condizioni al contorno

I principali parametri di simulazione idraulica utilizzati sono i seguenti:

- Scabrezza canali: $0.030 \text{ s/m}^{(1/3)}$;
- Scabrezza tubazioni in calcestruzzo: $0.014 \text{ s/m}^{(1/3)}$;
- Invasi superficiali in aree pavimentate, pressoché impermeabili: 3 mm;
- Invasi superficiali in aree permeabili: da 5 a 10 mm, nel primo caso se in area urbana con presenza di spazi liberi (cortili, orti, ecc) e nel secondo caso in aree agricole, tenendo conto in tal modo dell'invaso garantito dalle scoline, intorno ai $100 \text{ m}^3/\text{ha}$.



Come condizioni al contorno nei punti di recapito è stata impostata l'altezza di moto uniforme e in altri casi un livello costante alla confluenza con il canale di recapito, in ragione delle particolari condizioni idrauliche.

Per ciò che attiene al modello di filtrazione di Horton il territorio è stato caratterizzato, sulla base della pedologia, dai seguenti parametri, distinti per zone:

$$f_0 = 150; 200; 225; 250 \left[\frac{mm}{h} \right]$$
$$f_c = 9; 12,7; 20; 25,4 \left[\frac{mm}{h} \right]$$

dove

f_0 è l'infiltrazione massima che si verifica nel tempo $t=0$;

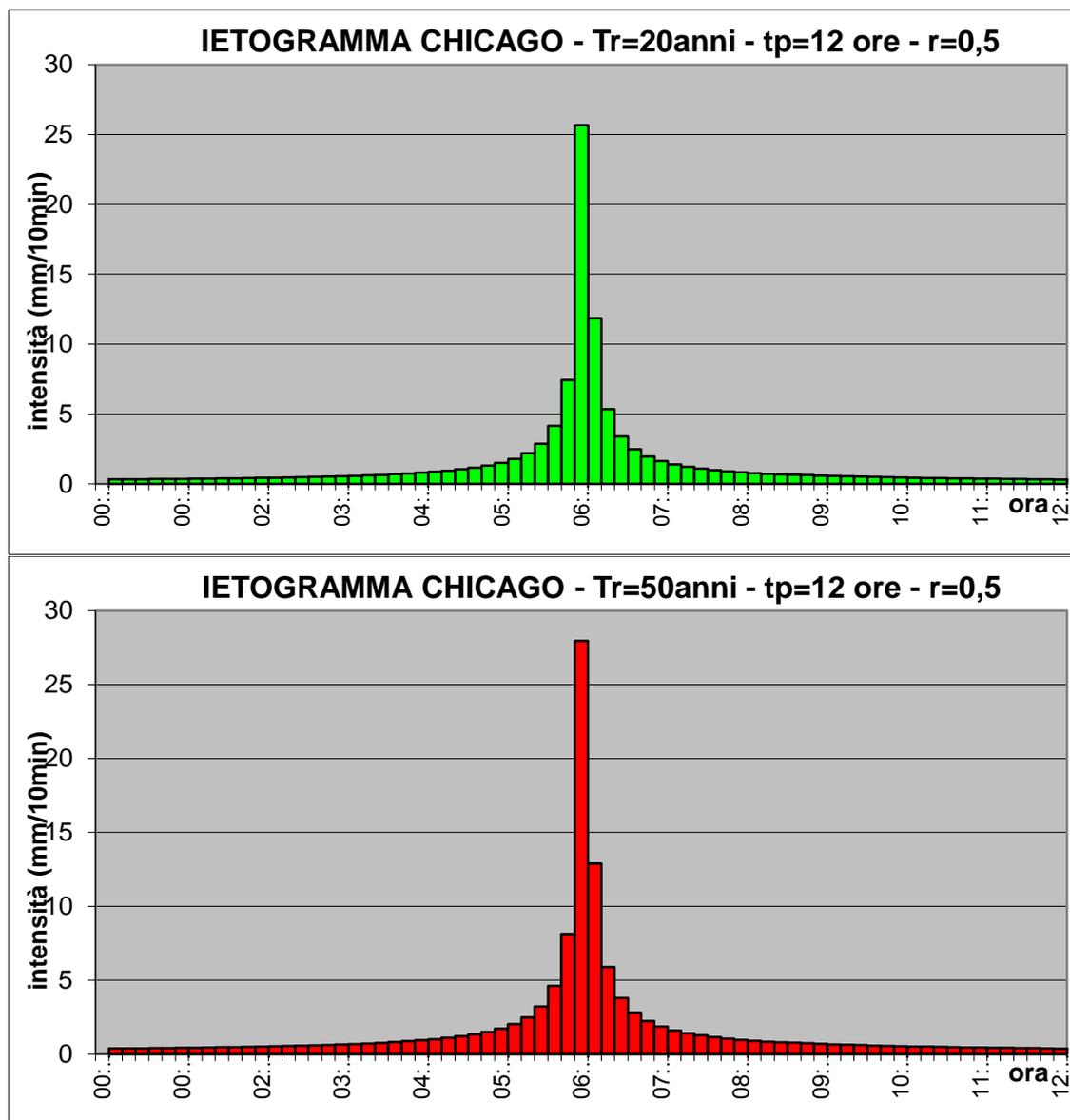
f_c è il valore di infiltrazione raggiunto asintoticamente ad un tempo infinito;

Riguardo alla pioggia di progetto per la stima dell'idrogramma di piena relativo all'area considerata, si è scelto di utilizzare l'istogramma tipo Chicago, costruito fissando un tempo di precipitazione $tp=12$ ore, valutando i valori corrispondenti ai tempi di ritorno di: $Tr = 20$ anni e $Tr = 50$ anni. Per la costruzione dell'istogramma si è proceduto a:

- Scomporre la durata complessiva in intervalli discreti di durata prefissata pari a $\Delta t=10$ minuti;
- Calcolare il valore di precipitazione previsto dalla curva segnalatrice di possibilità pluviometrica per ciascuna multipla di Δt fino a tp ;
- Allo scopo di realizzare uno ietogramma a campana, all'istante centrale dello ietogramma, ovvero dall'intervallo con inizio al tempo $t=6$ ore, si è attribuita la precipitazione relativa alla durata di 10 minuti; in seguito sono state applicate all'intervallo Δt precedente la differenza tra le altezze di precipitazione sulle durate di 20 e 10 minuti e all'intervallo successivo la differenza tra le durate di 30 e 20 minuti. Il procedimento è stato quindi ripetuto sino a completare l'evento di pioggia con durata prescelta, aggiungendo alternativamente gli incrementi di precipitazione negli intervalli Δt a sinistra e a destra dello ietogramma.

La procedura descritta rende poco rilevante la scelta della durata complessiva tp dell'evento di pioggia. Per durate di precipitazione crescenti, infatti, gli incrementi dell'altezza totale di precipitazione sono sempre minori e i nuovi contributi sono collocati all'estremità dello ietogramma a campana, in posizioni via via più distanti dall'intervallo centrale dello ietogramma. Pertanto la scelta della durata della precipitazione non influenza in maniera significativa la portata massima dell'idrogramma di piena, soprattutto se il tale tempo risulta pari ad alcune volte il tempo di corrivazione.

Si può ipotizzare che il procedimento descritto di generazione dello ietogramma porti a sovrastimare le portate al colmo, in quanto difficilmente durante un evento di precipitazione reale si verifica per ciascuna durata la precipitazione massima. Ciò nonostante, la costruzione porta a valori cautelativi delle portate di piena, atti a garantire la sicurezza idraulica delle zone considerate ed appare ammissibile, tenendo conto dei numerosi fattori di incertezza insiti nell'analisi pluviometrica e più ancora nella simulazione dei processi di trasformazione afflussi-deflussi.



Schematizzazione della pioggia di progetto tipo "Chicago" con Tr=20 anni e Tr =50 anni, picco al 50% della durata complessiva (r=0,5) di 12 ore (tp).

Peraltro nella modellazione si è tenuto in debita considerazione la presenza di consistenti quantità d'acqua nella rete di drenaggio dovuta agli apporti di risorgiva, che caratterizzano il territorio comunale. Tale condizione al contorno evidentemente limita ulteriormente le sezioni di deflusso disponibili in occasione di eventi meteorici.

6 Risultati delle simulazioni allo stato di fatto e definizione delle criticità

Dall'analisi delle simulazioni matematiche condotte si sono evidenziate diverse criticità sia lungo gli scoli superficiali che nelle fognature dei centri abitati.

In seguito si descrivono i risultati delle simulazioni eseguite.



SOTTOBACINO PIAVESELLA DI MASERADA – AREA DI SALETTO

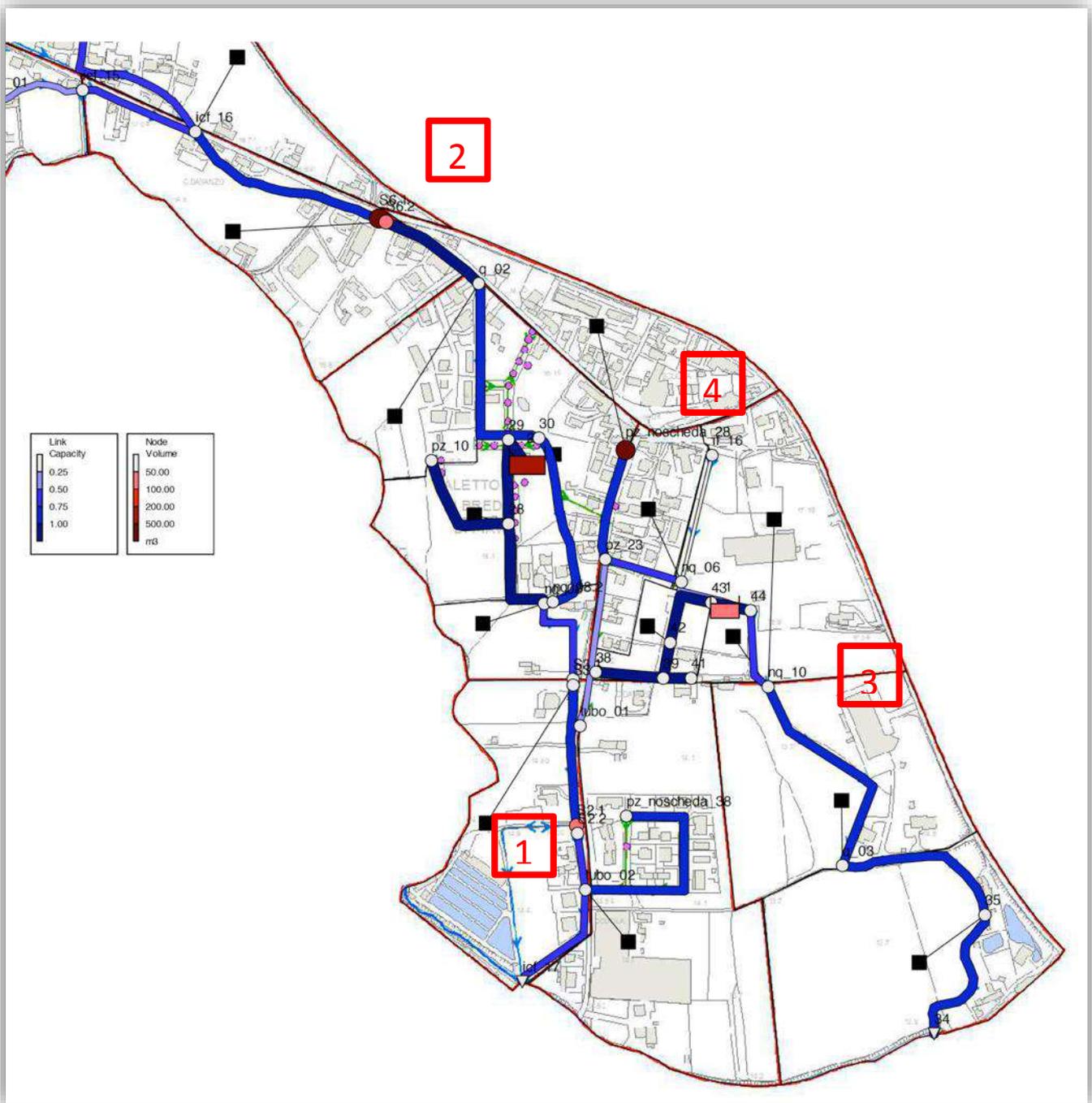
La modellazione dell'area relativa al centro abitato di Saletto, facente parte del Sottobacino Piavesella ha presentato le seguenti criticità:

- la presenza di attraversamenti del rio Fossalon, lungo via Massimiliano Davanzo, con sezioni utili delle tubazioni insufficienti a far defluire la massima portata in arrivo dalle aree poste a monte;
- insufficiente sezione utile della rete fognaria a servizio dell'area maggiormente urbanizzata nei pressi del centro di Saletto, lungo via Massimiliano Davanzo;
- sezione insufficiente del fossato a valle, *Fosso Davanzo*, che raccoglie le acque della rete di drenaggio di via Davanzo per confluire a valle verso il fiume Piavesella;
- rigurgito provocato dall'insufficiente sezione di deflusso della tubazione a fare defluire la massima portata in arrivo dalle aree poste a monte, in corrispondenza dell'incrocio di via Molinetto.

La modellazione dello stato di fatto ha previsto l'inserimento degli attraversamenti principali e di ostruzioni localizzate; visto l'elevato numero di ponticelli consecutivi in alcuni casi si è optato per accoppiare tali criticità puntuali con l'immissione dell'elemento "orifice" (che consente di modellare la presenza di un restringimento circoscritto): tale scelta permette ugualmente di evidenziare il problema di rigurgito determinato da tali restringimenti, quindi valutare le possibili soluzioni.

Nello schema della rete riportato di seguito sono evidenziati i gradi di riempimento delle condotte e dei fossati nel momento di massimo riempimento degli stessi e le aree che subiscono allagamenti, con fuoriuscita di ingenti volumi di acqua dai nodi del sistema.

Per quanto attiene alle condizioni al contorno del Rio Fossalon di Saletto si è tenuto conto di un livello fissato (condizione "FIXED") nel corso d'acqua recettore, fiume Piavesella (Outfall icf_17), pari a 13,5 m s.m.m., quindi in condizioni di piena anch'esso.

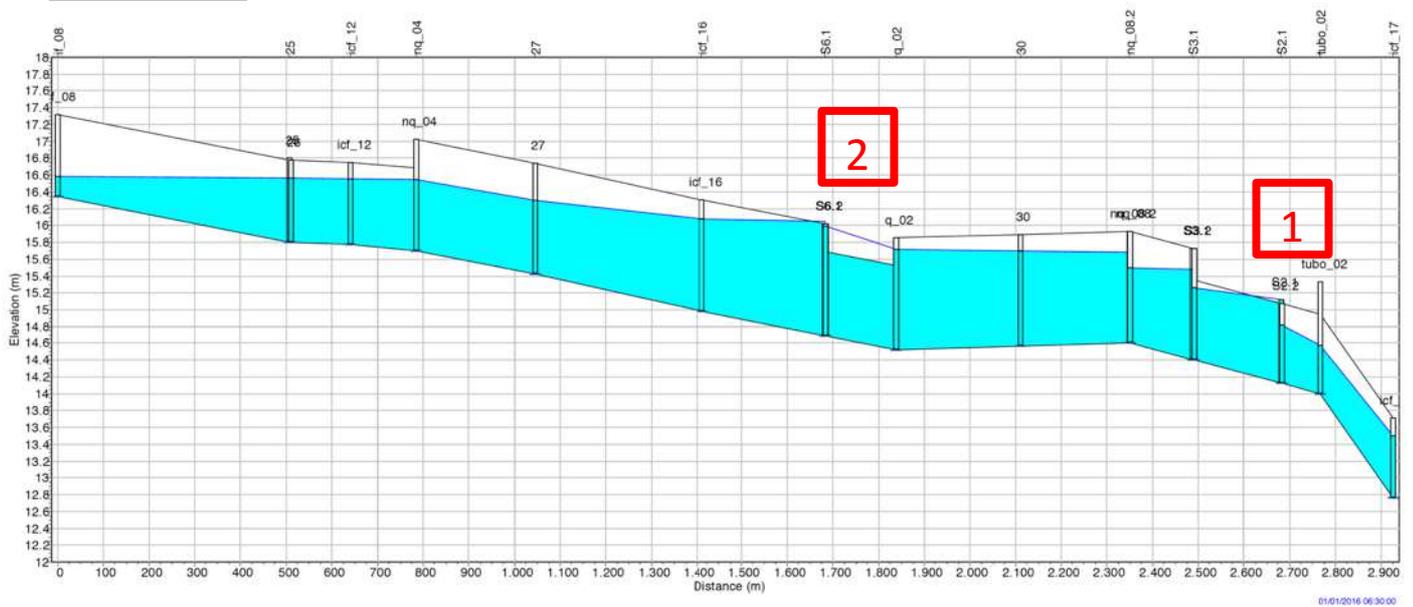


Grado di riempimento della rete idrografica di Saletto, con aree di esondazione (nodi marrone/rosso).

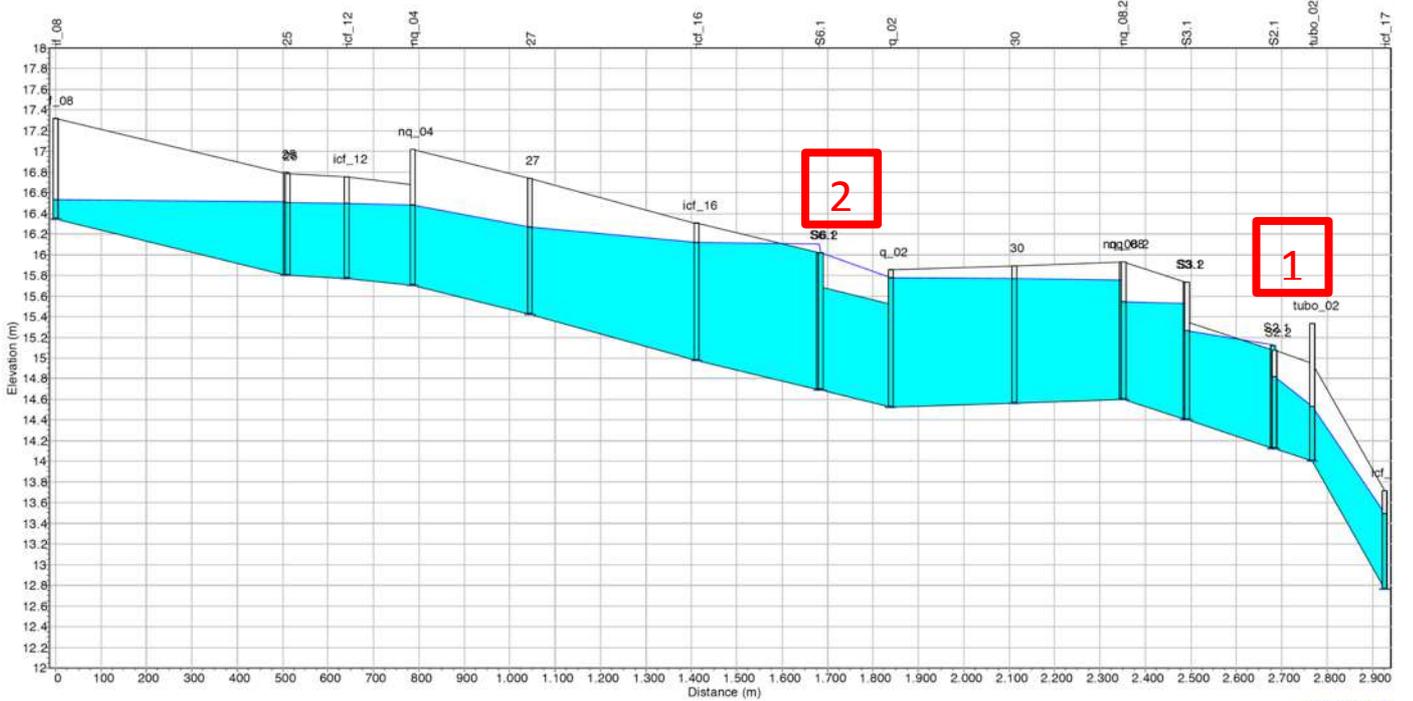
Di seguito si riportano i profili relativi dei tratti principali analizzati nel momento di massimo riempimento della rete, per eventi con tempo di ritorno pari a $Tr=20$ anni e $Tr=50$ anni; si possono di seguito identificare i tratti di canale/condotta, i nodi/pozzetti che individuano le quote di fondo rilevate e l'altimetria del piano campagna e la linea blu che rappresenta la piezometrica. Quando quest'ultima supera l'altezza fissata dai nodi vi è un'esondazione sul quel tratto.



RIO FOSSALON



Profilo-1 canale Fossalon $Tr=20$ anni, da via Monte Peralba alla confluenza nel fiume Piavesella



Profilo-1 canale Fossalon $Tr=50$ anni, da via Monte Peralba alla confluenza nel fiume Piavesella

Dall'analisi dei profili di piena sopra riportati emergono le seguenti criticità:

- **CRITICITÀ 1** – Via M.Davanzo: dal *profilo-1* si nota che nell'ultimo tratto del Fossalone la presenza di una serie di tombini con diametro $\varnothing 100$ per accessi ad abitazioni causa un restringimento della sezione di deflusso del corso d'acqua, provocando quindi un effetto progressivo di rigurgito, tale da causare un'esondazione in quel tratto del corso d'acqua.
Modello: allagamento al nodo S2.1 per $Tr=50$ anni.

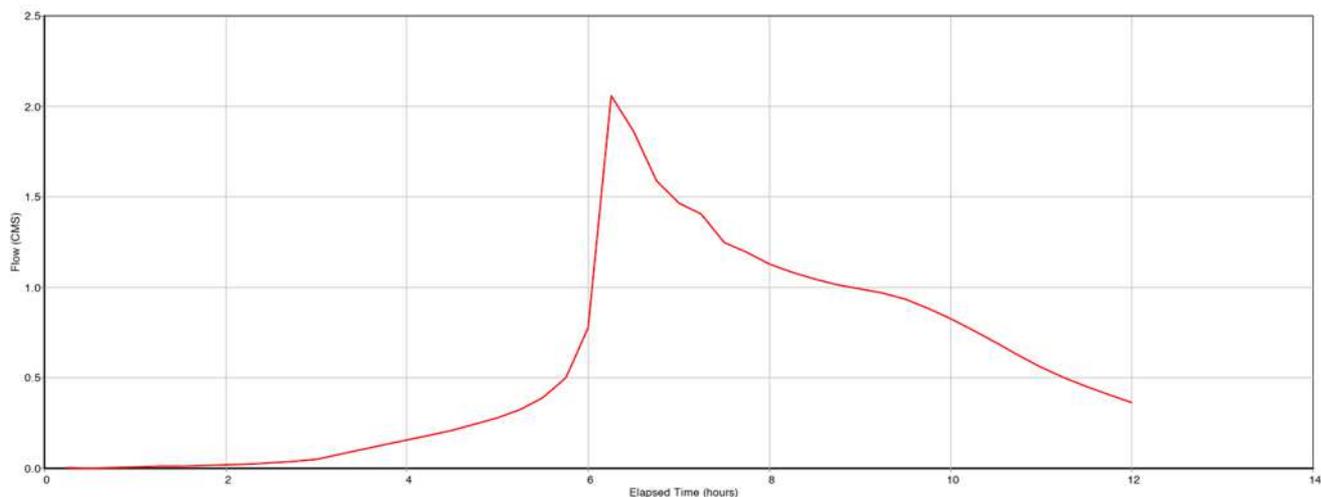


- **CRITICITÀ 2** – via Molinetto: dal *profilo-1* si nota come tra i nodi S6.2 e q_02 vi sia un lungo tratto tombinato per una lunghezza di circa 160m, del diametro $\varnothing 100$. Inizialmente il tronco presenta all'imbocco una sezione scatolare 100x60 cm. Il lungo tratto, con sezione di deflusso insufficiente, va in pressione comportando il rigurgito del tratto subito a monte con conseguente esondazione.

Modello: allagamento al nodo S6.1 per $Tr=20$ e 50 anni.

Si riporta nel grafico seguente l'andamento della portata di piena, con valore al colmo pari a $Q=2,06 \text{ m}^3/\text{s}$, in corrispondenza dell'ultimo tratto del Rio Fossalon prima della confluenza in Piavesella nelle condizioni attuali per un tempo di ritorno $Tr=50$ anni.

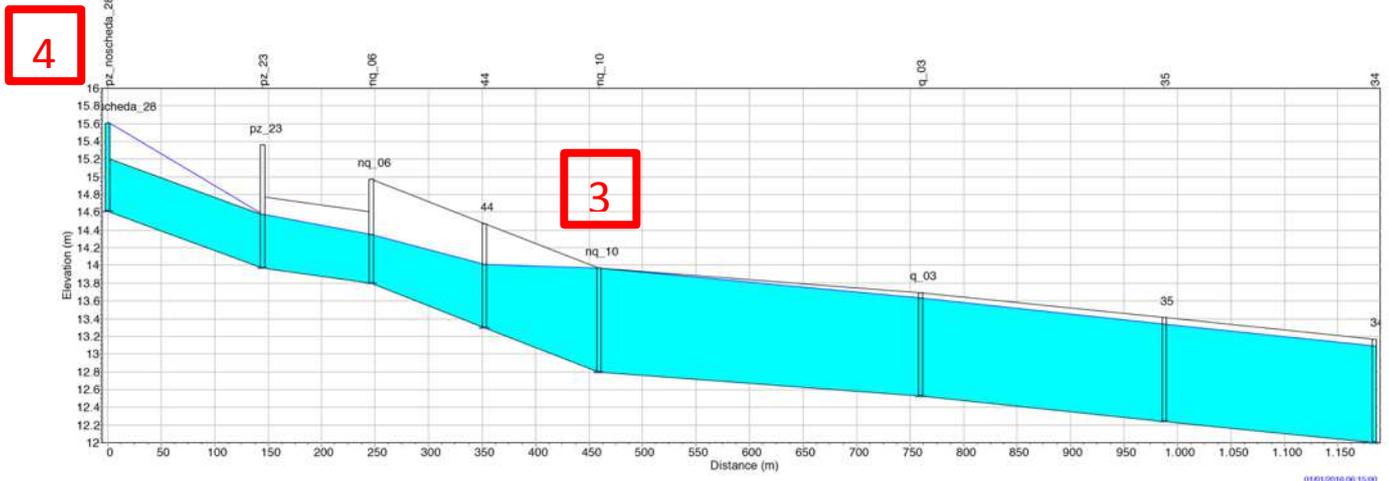
Tale dato andrà quindi confrontato con il valore di portata conseguente agli interventi di Piano: infatti, l'obiettivo generale della progettazione deve perseguire la risoluzione delle criticità idrauliche della zona, senza, tuttavia, comportare un aggravio delle portate di piena immesse nei corsi d'acqua di competenza consortile. Evidentemente ciò si traduce in un incremento dei volumi di laminazione da realizzare in aree opportunamente individuate a monte della confluenza, oltre a generare condizioni di deflusso più regolari lungo i corsi d'acqua.



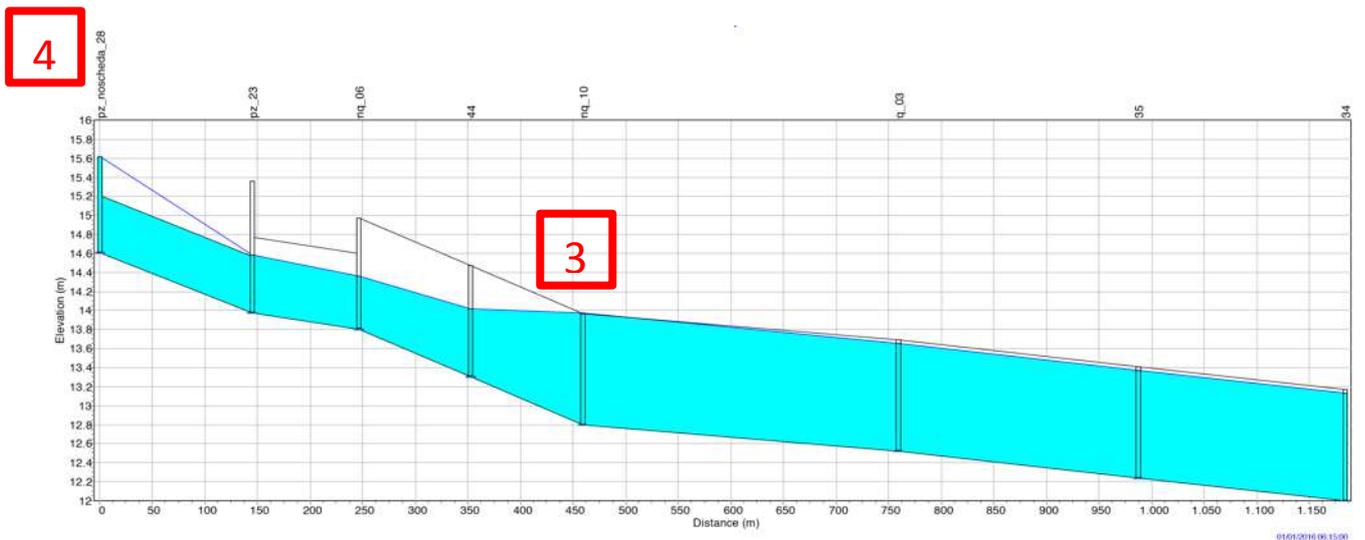
Andamento portata di piena rio Fossalon – STATO DI FATTO $TR=50$ ANNI



FOGNATURA VIA DAVANZO – FOSSO DAVANZO



*Profilo-2 della rete di fognatura via M.Davanzo con fosso a ovest verso Piavesella **Tr=20 anni***



*Profilo-2 della rete di fognatura via M.Davanzo con fosso a ovest verso Piavesella **Tr=50 anni***

Dall'analisi dei profili di piena sopra riportati emergono le seguenti criticità:

- **CRITICITÀ 4** – Via M.Davanzo: dal *profilo-2* risulta che il tratto di fognatura più a nord di via Davanzo e il collegamento a est verso il fosso a cielo aperto (nodi pz_28 e nq_06) abbiano una sezione insufficiente per far defluire le acque della zona urbanizzata centrale di Saletto (tubazioni rispettivamente Ø60 e Ø80): dalla modellazione si nota che i suddetti tratti di condotta vanno in pressione provocando un fenomeno di rigurgito che non consente un regolare deflusso verso l'area agricola a sud e quindi l'esonazione in area urbana.

Modello: allagamento al nodo pz 28 per Tr=20 e 50 anni.

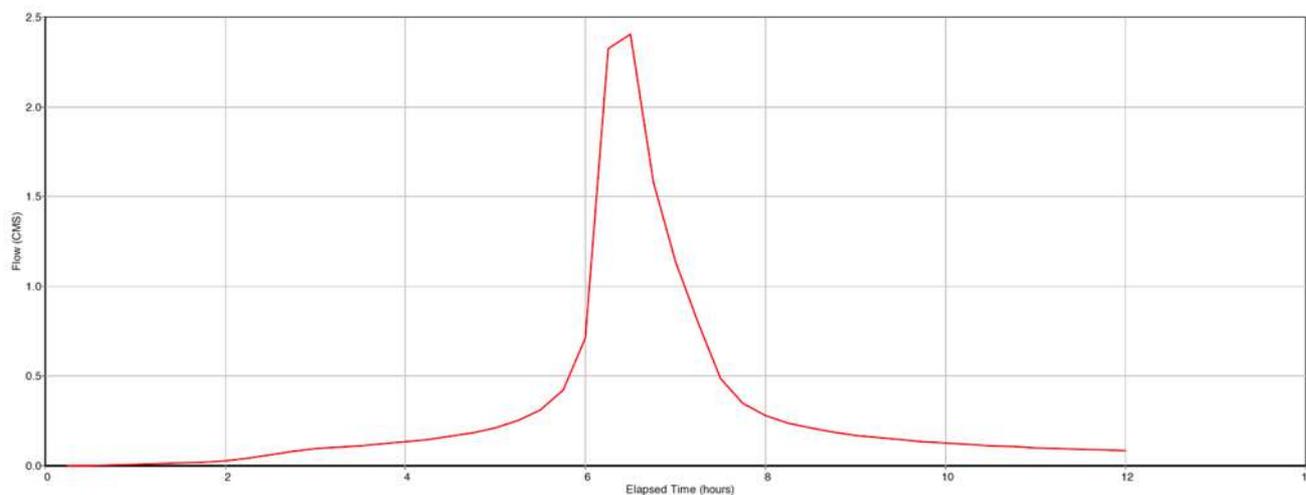


- **CRITICITÀ 3** – Via M.Davanzo: dal *profilo-2* risulta che a valle della fognatura sopra descritta (a partire dal nodo nq_06), la sezione del fossato a cielo aperto è ridotta nelle dimensioni a causa di assenza di manutenzioni, presenza di restringimenti, a causa di tratti tombinati e per la presenza di ostacoli. Il fossato non è in grado di far transitare la portata di piena, causando tracimazioni.

Modello: allagamento al nodo nq_10 per Tr=20 e 50 anni;

Si riporta nel grafico seguente l'andamento della portata di piena, con valore al colmo pari a **Q=2,40 m³/s**, in corrispondenza dell'ultimo tratto del fossato prima della confluenza in Piavesella nelle condizioni attuali per un tempo di ritorno Tr=50 anni.

Tale dato di portata andrà confrontato con quello conseguente agli interventi di Piano, con l'obiettivo che non venga incrementata la portata verso il recettore Piavesella, di competenza del Consorzio di Bonifica Piave.



Andamento portata di piena fossato Davanzo – **STATO DI FATTO TR=50 ANNI**

SOTTOBACINO VALLIO – AREA DI BREDA-PERO

La modellazione dell'area di Breda-Pero, facente parte del Sottobacino Vallio ha presentato le seguenti criticità:

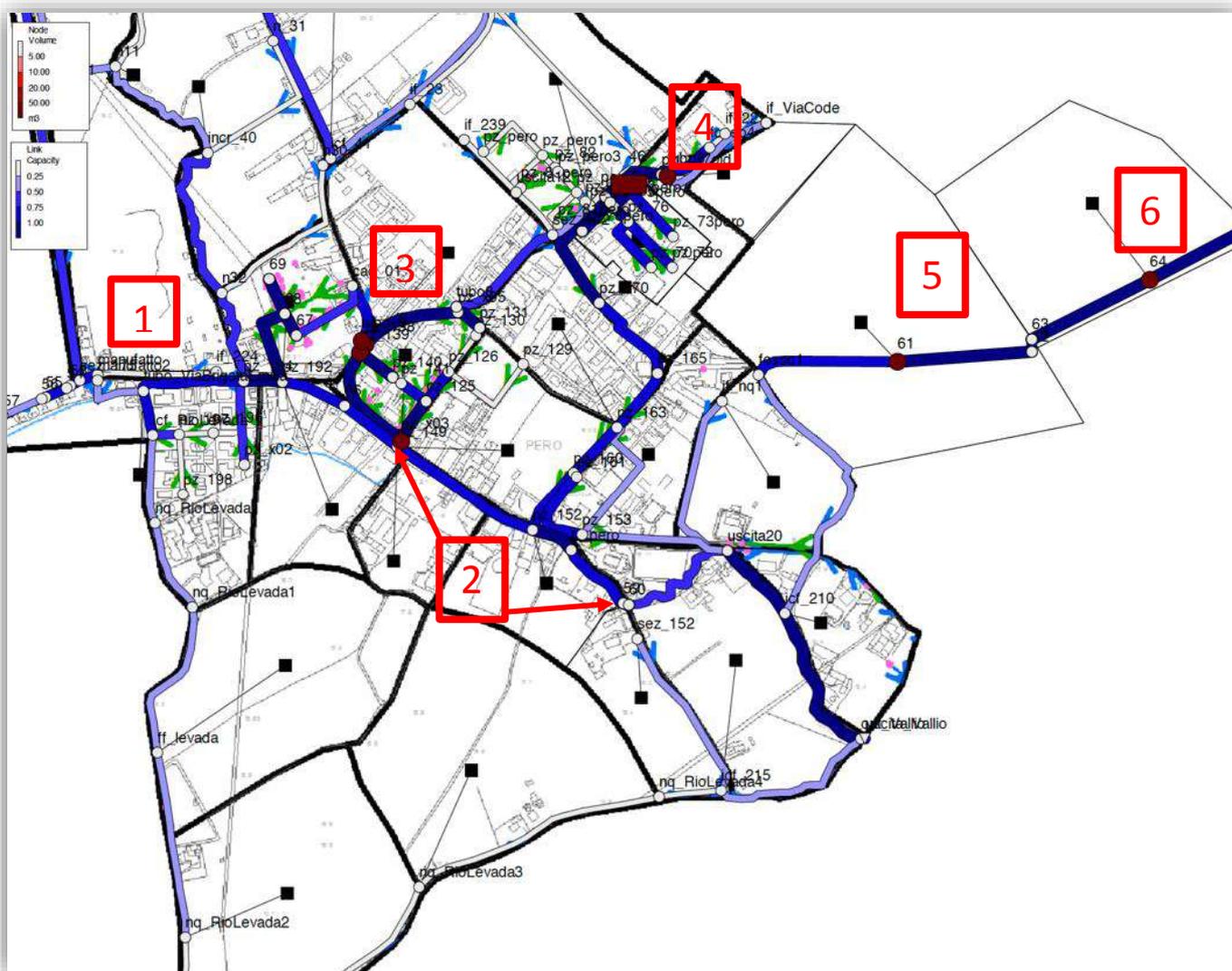
- attraversamento del Rio Pero in via della Vittoria, prima dell'immissione nel Vallio, a causa della sezione insufficiente;
- la sezione di deflusso insufficiente del rio Pero tombinato lungo via G.Garibaldi;
- la sezione di deflusso insufficiente della rete fognaria lungo via Marche e Vicinale Marche;
- attraversamenti con sezione insufficiente al regolare deflusso lungo via Silvio Pellico;
- sezione non sufficiente al regolare deflusso del canale della Vittoria, elemento di collegamento idraulico tra Breda e Pero;



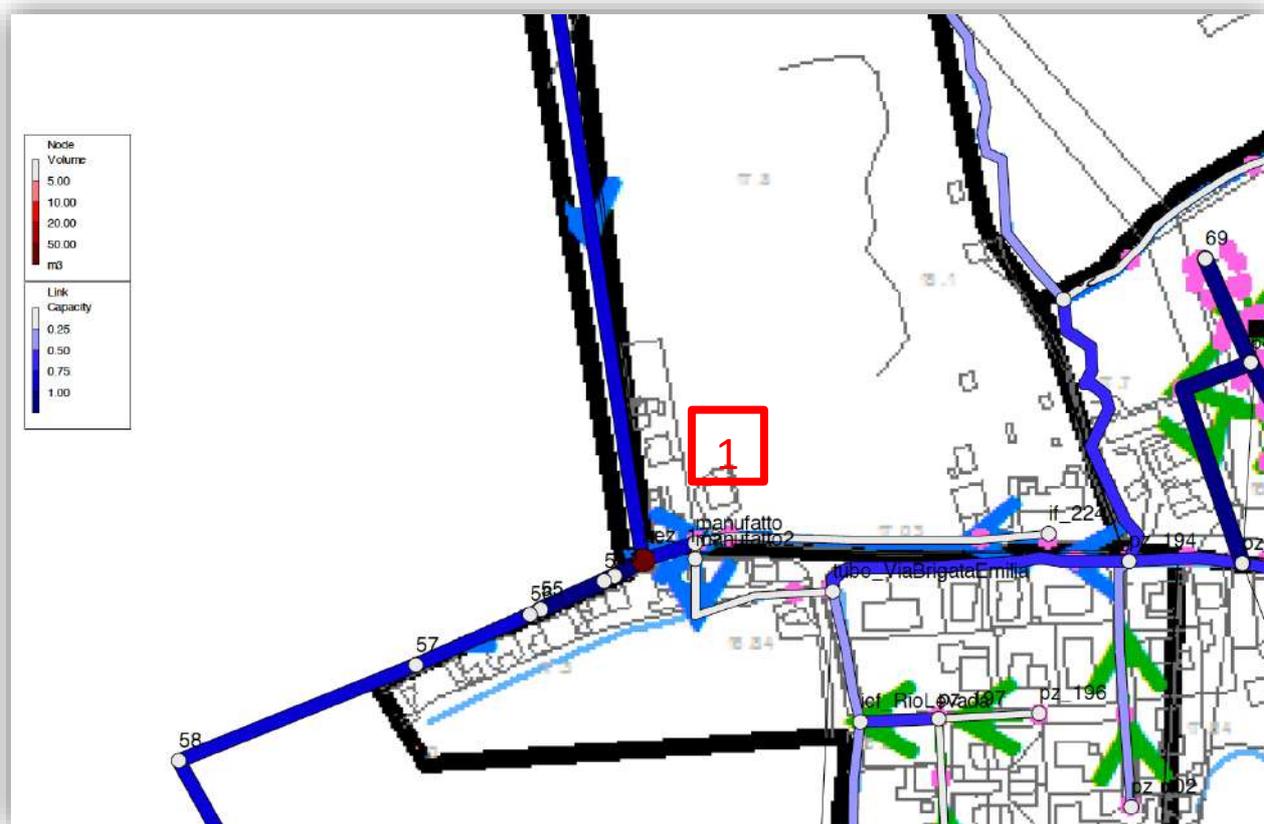
- sezioni di deflusso insufficienti in corrispondenza dell'attraversamento dell'incrocio tra via Ponteselli con via Piave, oltre alla stessa rete fognaria di valle che raccoglie anche le acque provenienti dall'area urbana di Breda.

Nello schema della rete riportato di seguito sono evidenziati i gradi di riempimento delle condotte e dei fossati nel momento di massimo riempimento degli stessi per eventi con tempo di ritorno $T_r=50$ anni e le aree che subiscono allagamenti, con fuoriuscita di ingenti volumi di acqua dai nodi del sistema.

ZONA PERO



Grado di riempimento della rete idrografica zona Pero con punti di esondazione per $T_r=50$ anni (nodi rossi).



Grado di riempimento della rete idrografica via S.Pellico con punti di esondazione per Tr=50 anni (nodi rossi).

Di seguito si riportano i profili relativi ai tratti principali analizzati nell'istante di massima piena; si possono di seguito identificare i tratti di canale/condotta, i nodi/pozzetti che individuano le quote di fondo della rete, l'altimetria del piano campagna e la linea blu che rappresenta il pelo libero. Quando quest'ultima supera l'altezza fissata dai nodi vi è un'esondazione sul quel tratto.

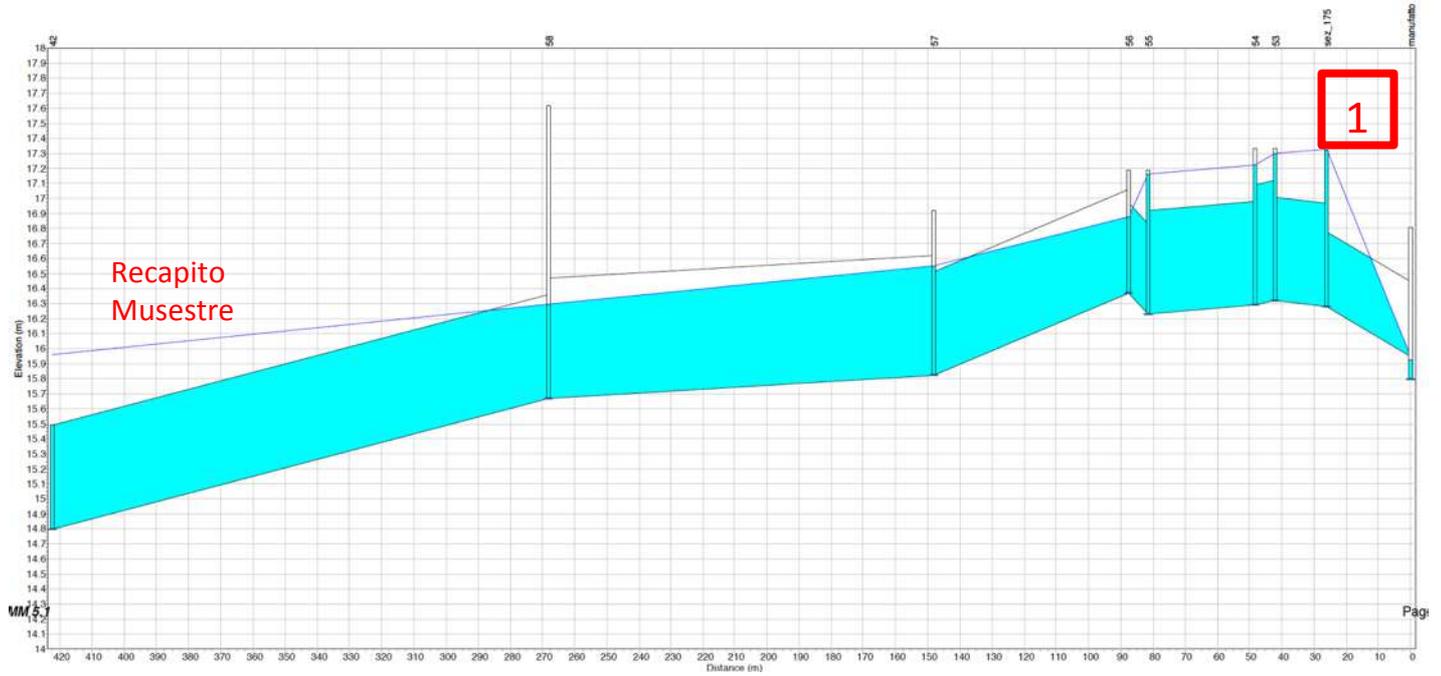
Per quanto attiene alle condizioni al contorno si è tenuto conto di un livello idraulico fissato (condizione "FIXED") nel corso d'acqua recettore, fiume Musestre, pari a 15,96 m s.m.m. (Outfall n.42), per le acque provenienti da via Silvio Pellico, mentre per il fiume Vallio (Outfall uscita Vallio), avendo inserito un tratto dello stesso corso d'acqua a valle verso il confine comunale, è stata imposta la condizione "NORMAL", ovvero la condizione che si instauri a valle la condizione di moto uniforme, ipotizzando una pendenza del corso d'acqua, oltre confine regionale, pari a quella rilevata a monte.

- **CRITICITÀ 1** – via Silvio Pellico: dal *profilo-1* risulta che tutta via Silvio Pellico è soggetta a criticità, dovute alla presenza di attraversamenti di sezione insufficiente; in particolare si evidenziano l'attraversamento tra il nodo sez_175 (di sezione $\varnothing 50$) e il nodo manufatto e l'attraversamento tra il nodo 55 e il nodo 56 (di sezione $\varnothing 60$). La presenza di queste

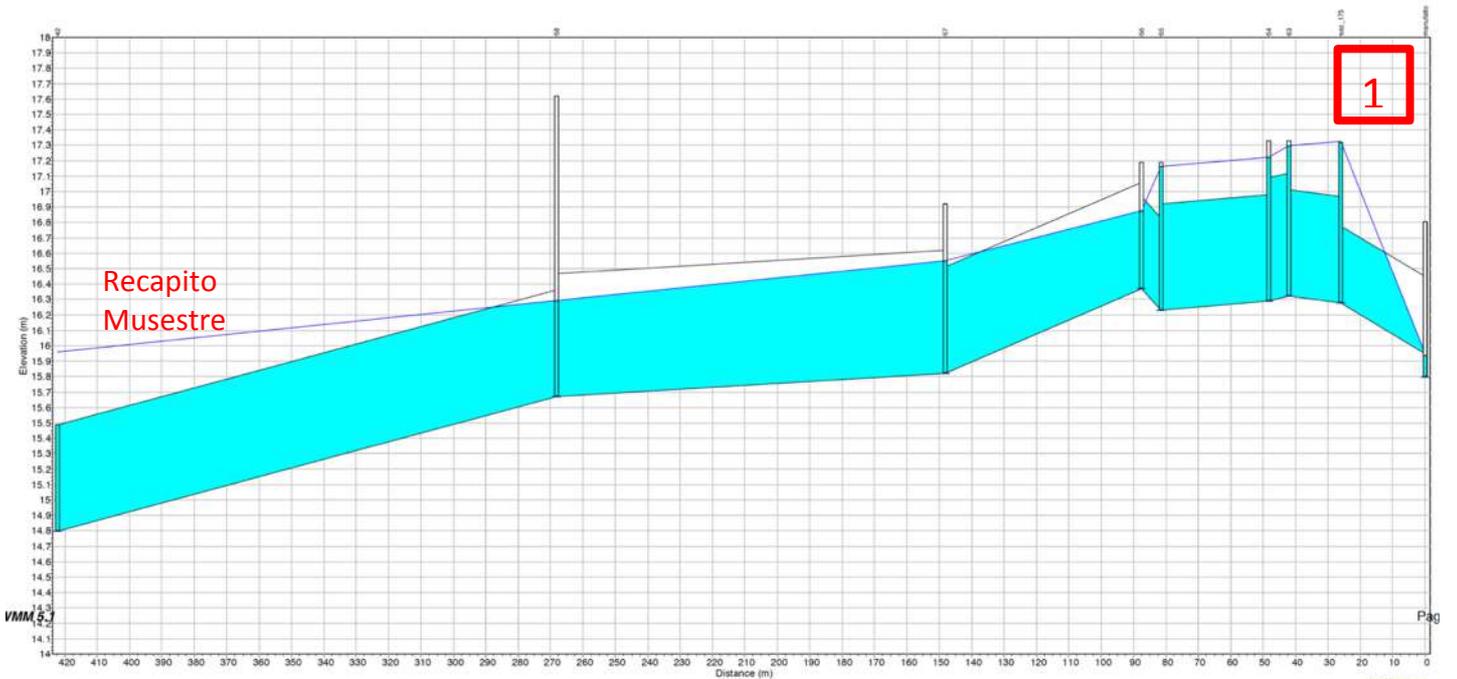


riduzioni di sezione, dovute ad attraversamenti carrai, comporta profili di rigurgito che mettono in crisi la rete di drenaggio con esondazioni dell'area.

Modello: allagamento al nodo sez. 175 per Tr=20 anni e Tr=50 anni.



Profilo-1 via Silvio Pellico Tr=20anni



Profilo-1 via Silvio Pellico Tr=50anni

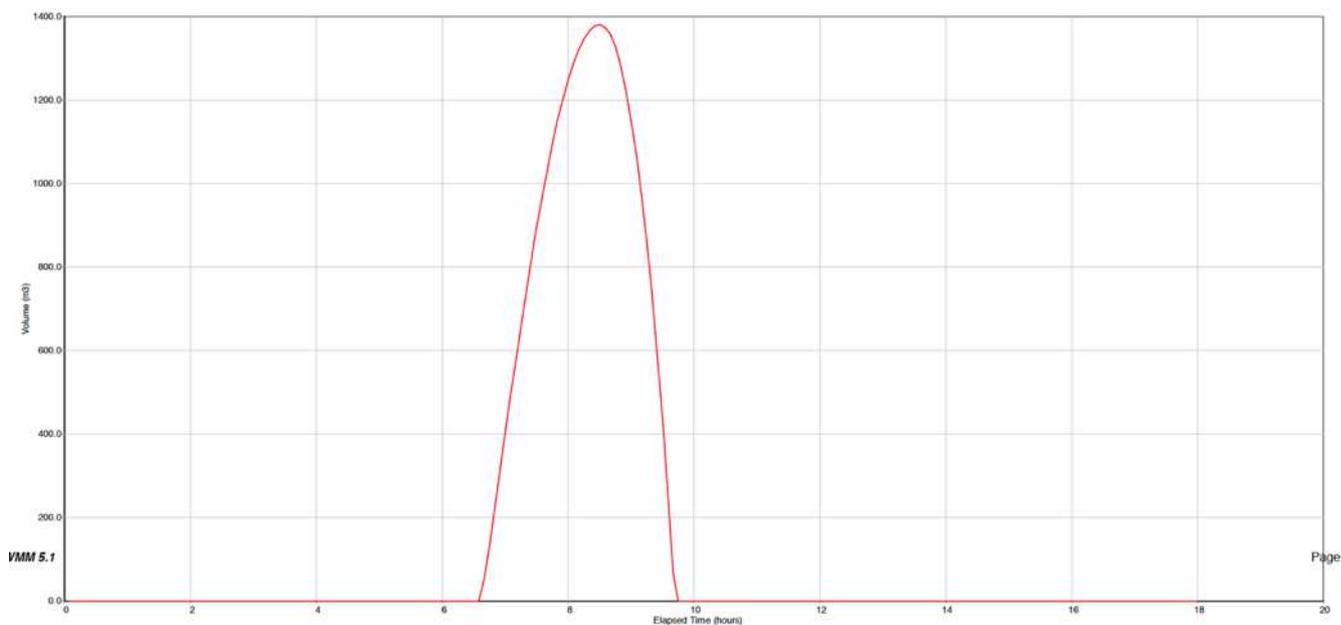
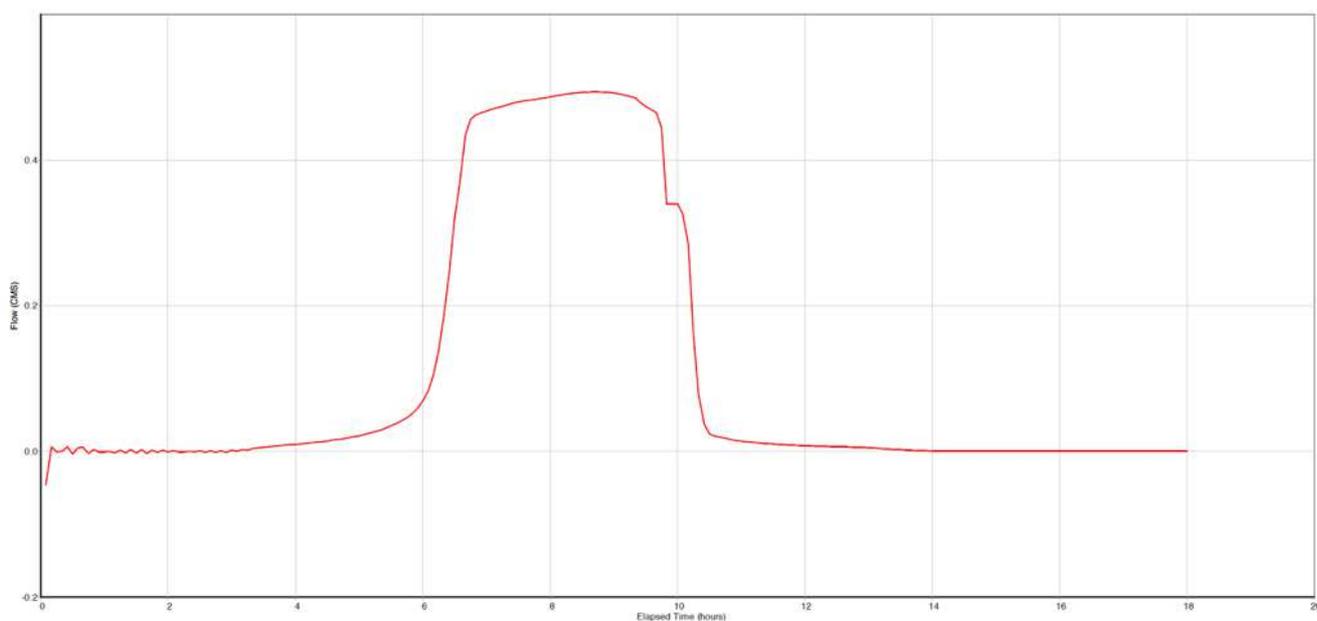


Grafico del volume di esondazione **Tr=50 anni** - nodo sez_175

Si riporta nel grafico seguente l'andamento della portata di piena, con valore al colmo pari a **Q=0,49 m³/s**, in corrispondenza di via Silvio Pellico prima della confluenza con in Musestre nelle condizioni attuali per un tempo di ritorno $Tr=50$ anni, da confrontarsi con il dato di portata a seguito degli interventi previsti nel presente Piano delle Acque.



Andamento portata di piena in Musestre da via S.Pellico– **STATO DI FATTO** $Tr=50$ anni



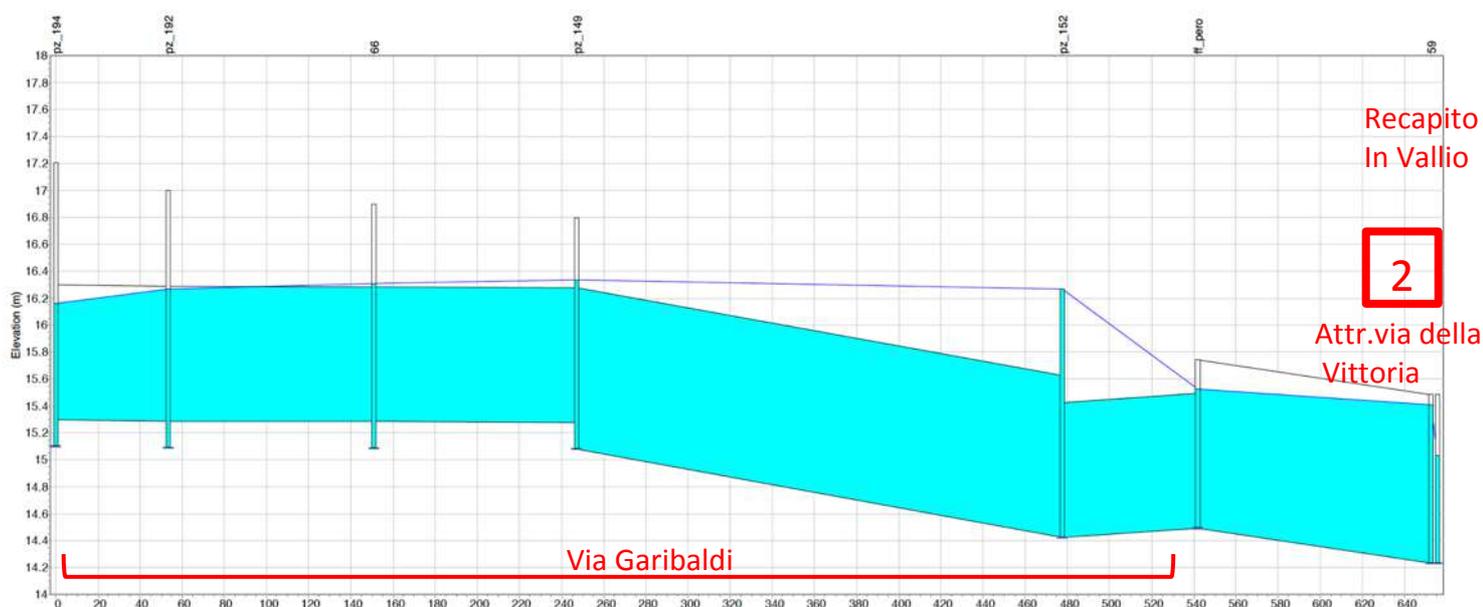
- **CRITICITÀ 2** – rio Pero, via Garibaldi: dal *profilo-2* si può vedere come il tratto tombinato del rio Pero, di sezione $\varnothing 120$ e nell'ultimo tratto $\varnothing 100$, vada in pressione. Tale tombinamento si trova dal punto di vista altimetrico in una situazione di evidente depressione rispetto ai terreni circostanti e le strade laterali alla stessa via Garibaldi. Le linee di raccolta delle acque meteoriche delle strade laterali, via del Brolo, via Sandro Pertini, via XI febbraio confluiscono verso la condotta principale di via Garibaldi, come anche parte delle acque provenienti da via Silvio Pellico. Risulta perciò insufficiente la sezione di deflusso, che

In particolare nel profilo-2 si può notare il restringimento costituito dall'attraversamento di via della Vittoria di sezione $\varnothing 120$, che risulta insufficiente, tanto da provocare un profilo di rigurgito creando criticità subito a monte di esso, nel tratto tombinato del Rio Pero posto a monte, nodo pz_152 e nodo ff_pero, tratto con tubazione di sezione $\varnothing 100$.

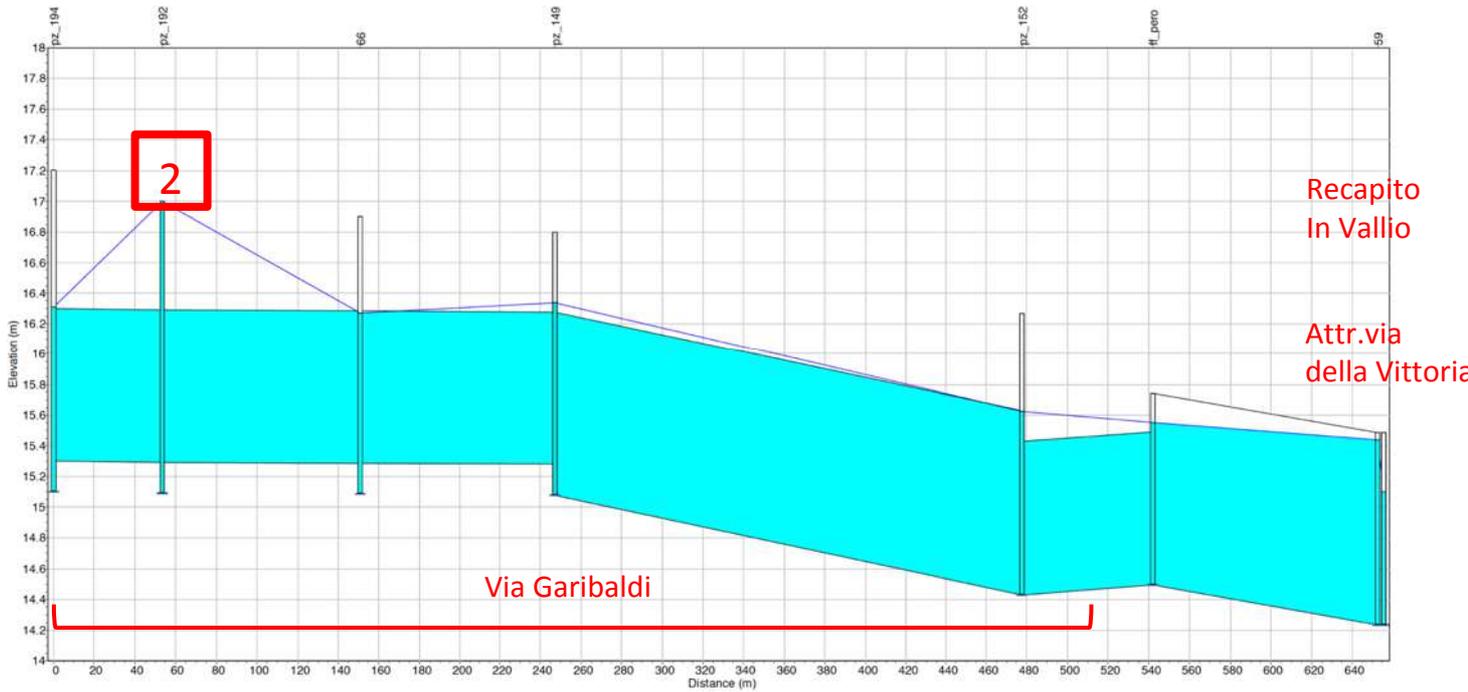
Modello: allagamento ai nodi sez_152 e pz_192 per Tr=20 anni e Tr=50 anni

- **CRITICITÀ 3** –Lungo via Garibaldi sono più evidenti nel profilo longitudinale le criticità per Tr=50 anni (nodo pz_192), tuttavia si porta in evidenza il profilo longitudinale di via XI febbraio, *profilo-3*, che già per tempi di ritorno di 20 anni evidenzia l'insufficienza della sezioni di deflusso delle condotte di drenaggio urbano (tubazioni DN40-50), tanto da provocare esondazioni in tale area. In considerazione della pendenza dei terreni e dei profili delle condotte è evidente che tale criticità andrà a gravare in ogni caso lungo via Garibaldi, che si trova nella zona più depressa rispetto alle aree circostanti.

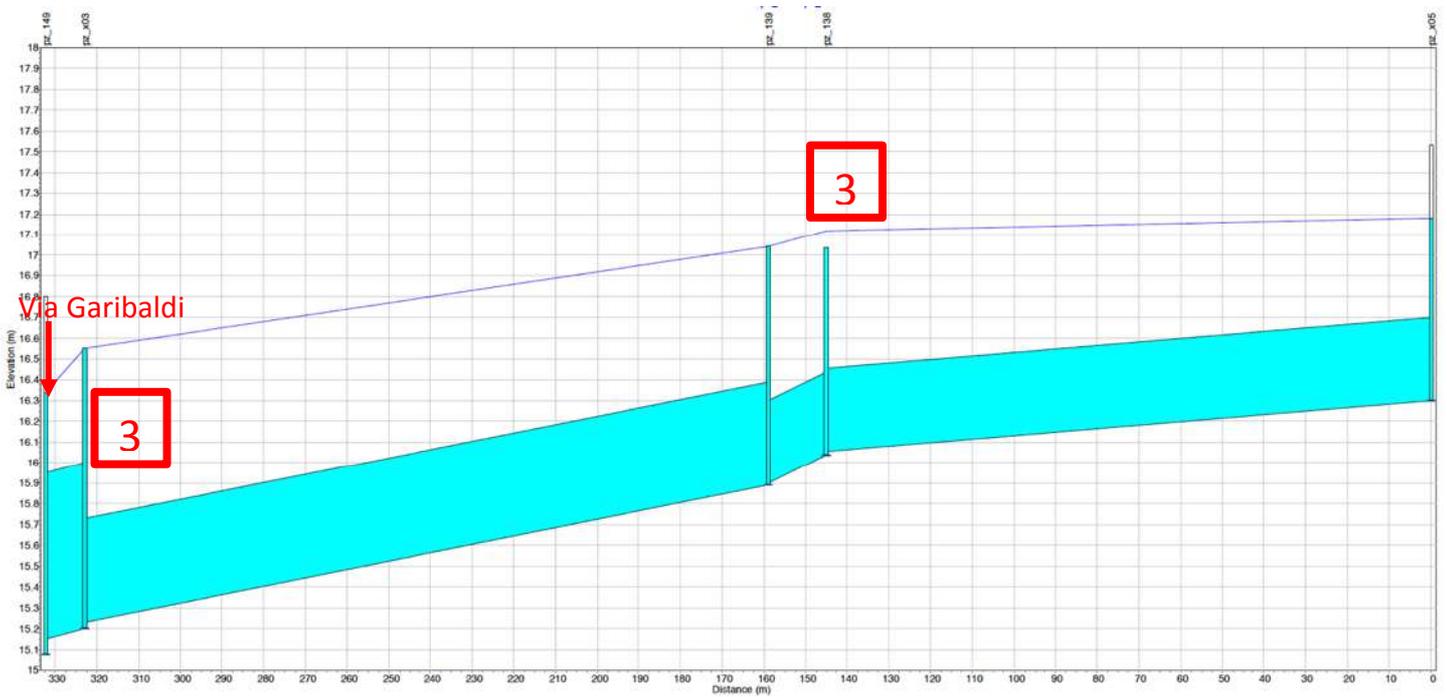
Modello: allagamento ai nodi sez_139 e pz_x03 per Tr=20 anni e Tr=50 anni



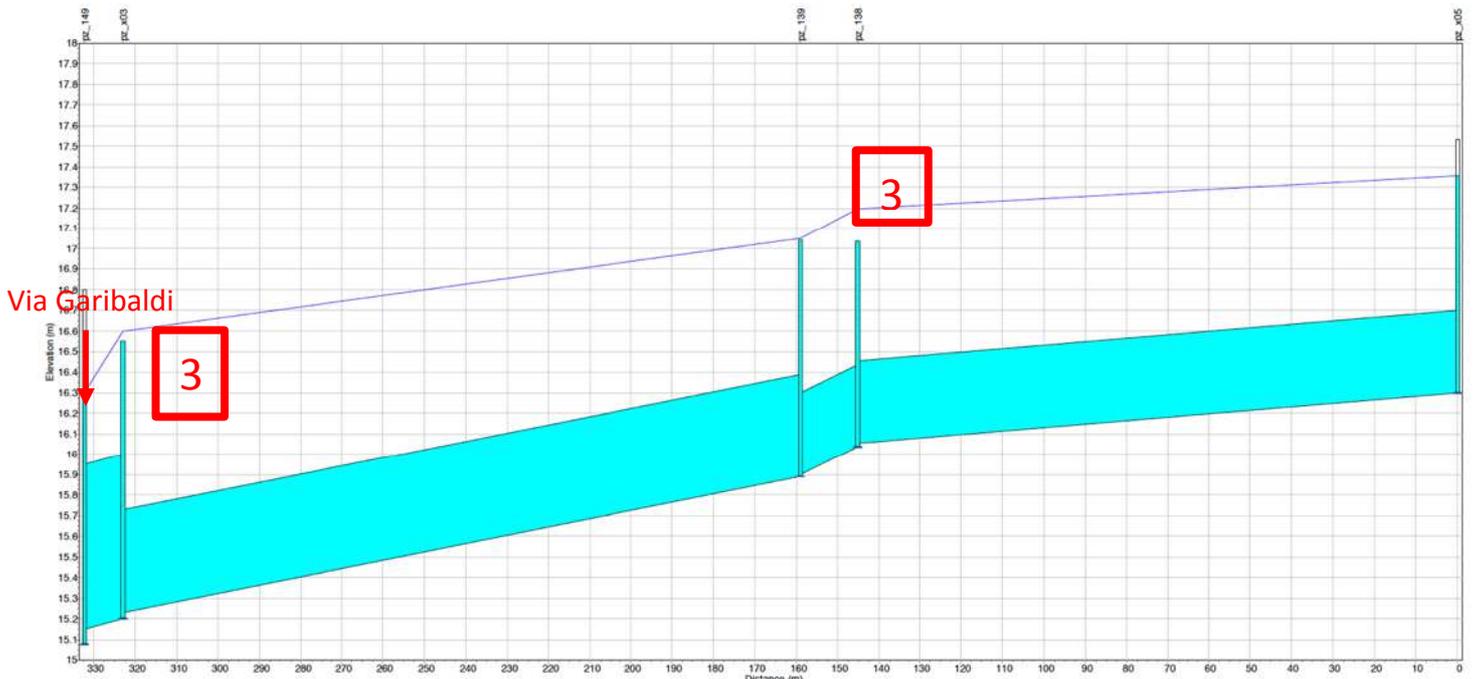
Profilo-2 via Garibaldi Tr=20 anni



Profilo-2 via Garibaldi $Tr=50$ anni

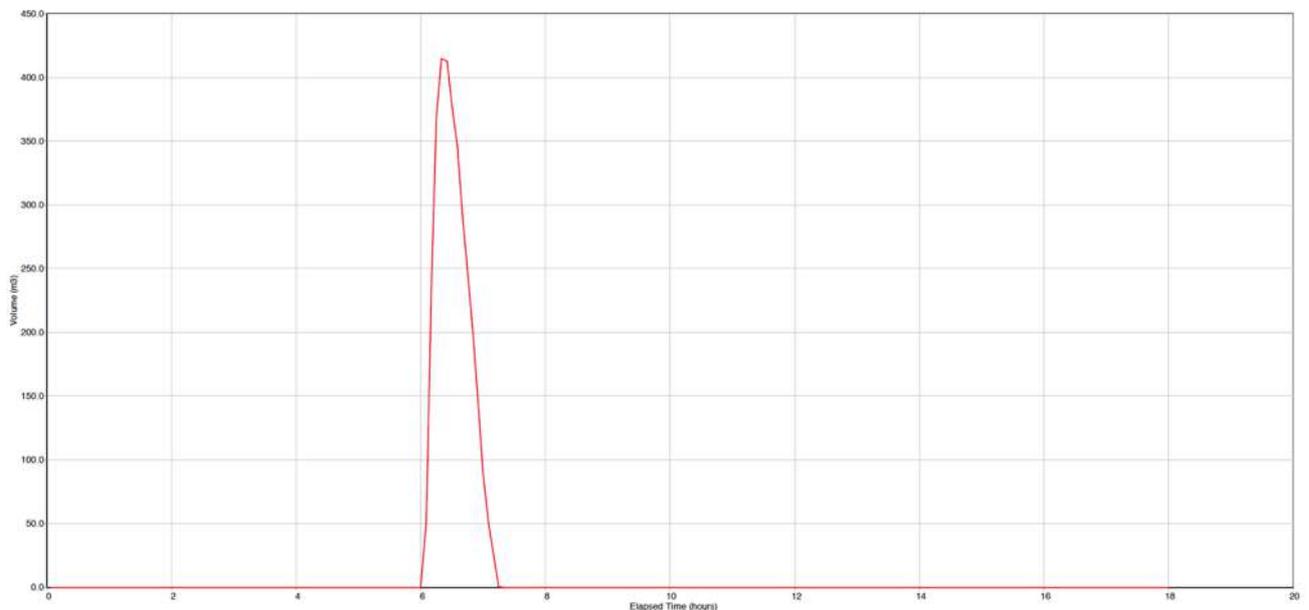


Profilo-3 via XI febbraio $Tr=20$ anni



Profilo-3 via XI febbraio Tr=50 anni

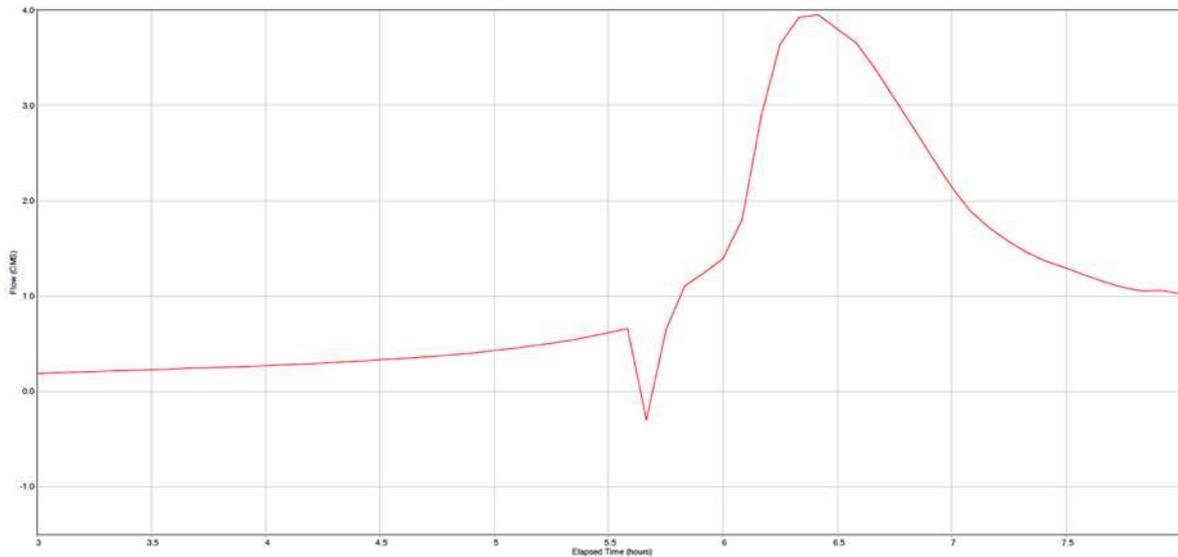
Come rappresentativo di quest'area nell'intorno di via Garibaldi si riporta il volume di esondazione al nodo pz_138 di via XI febbraio per un Tr=50 anni, tuttavia sono diversi i punti nel modello che evidenziano condizioni di criticità.



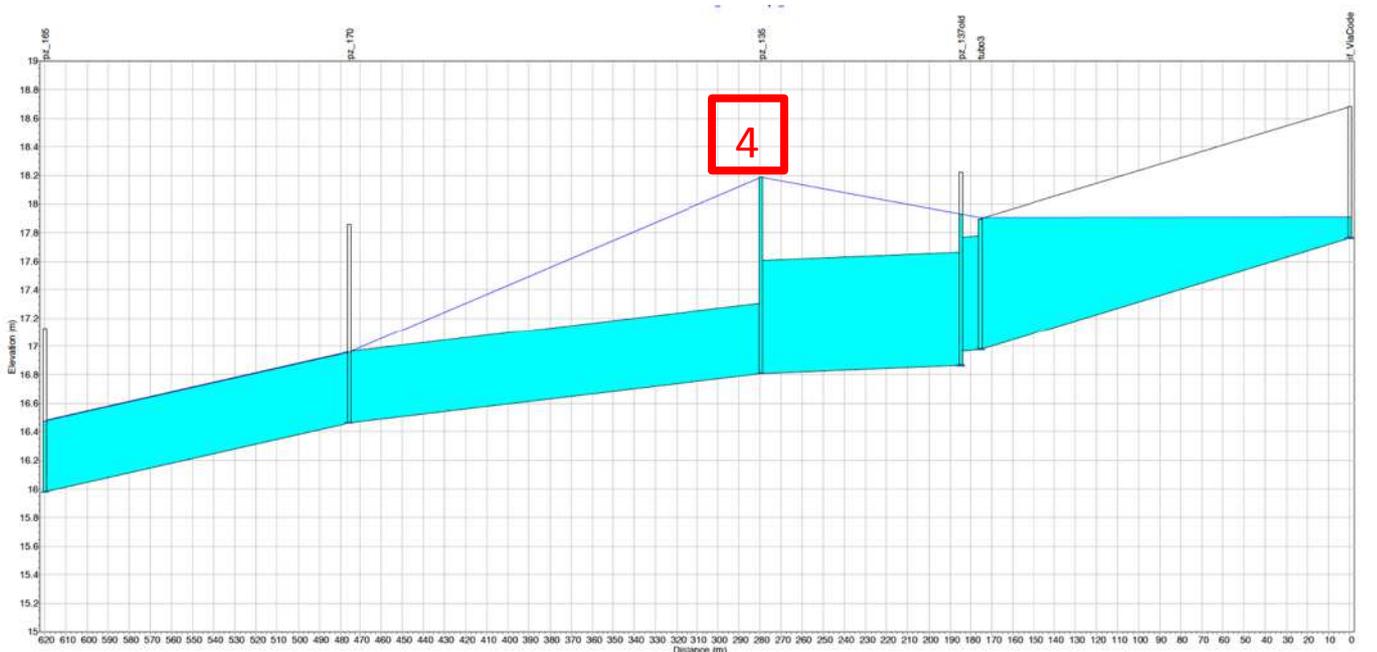
Si riporta nel grafico seguente l'andamento della portata di piena del fiume Vallio nelle condizioni attuali per un tempo di ritorno Tr=50 anni., con valore al colmo pari a **Q=3,95 m³/s**, in prossimità del confine comunale, laddove confluiscono gli apporti del Rio Pero e della rete di drenaggio proveniente da via Marche e via Vicinale Marche. Tale dato di portata andrà



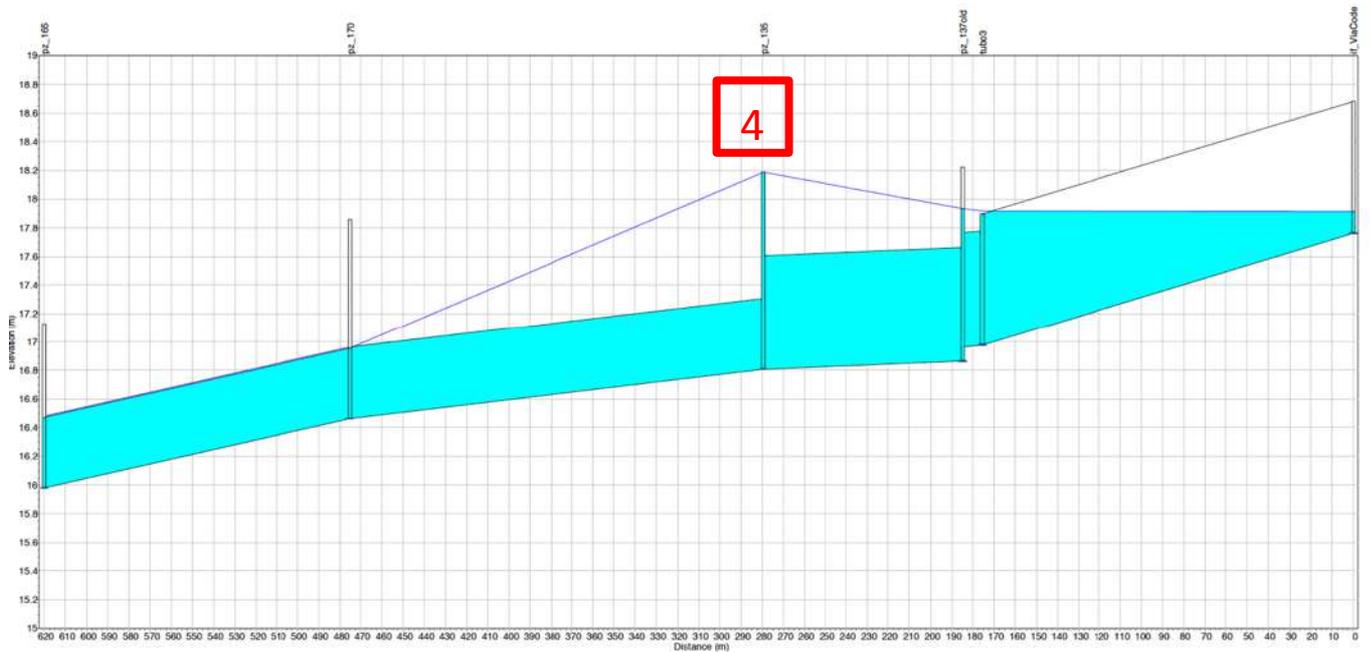
confrontato con il valore conseguente agli interventi di Piano, con l'obiettivo di non comportare un incremento della portata nel fiume Vallio.



- **CRITICITÀ 4** – Lungo via Code le problematiche attengono al restringimento delle condotte a valle lungo via Cal del Brolo: la tubazione da un diametro DN80 passa a un diametro DN50 in via Cal del Brolo provocando un profilo di rigurgito (*profilo-4*).
Modello: allagamento al nodo pz 135 per Tr=20 anni e Tr=50 anni.



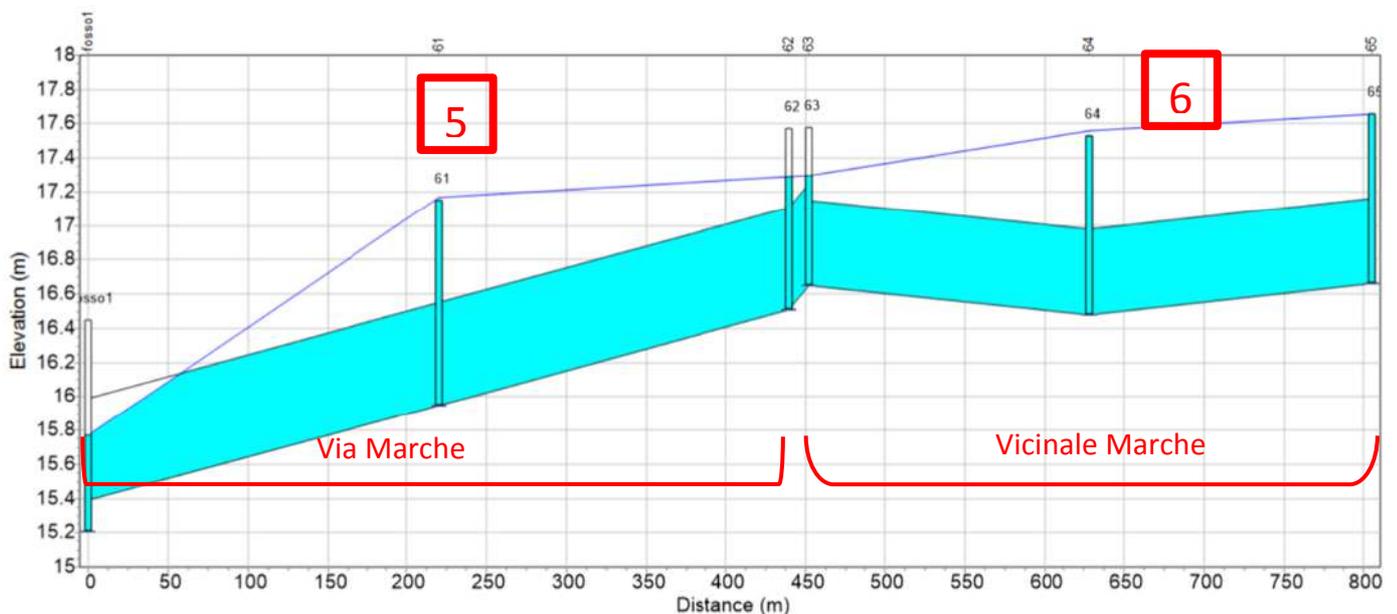
Profilo-4 via Code Tr=20 anni



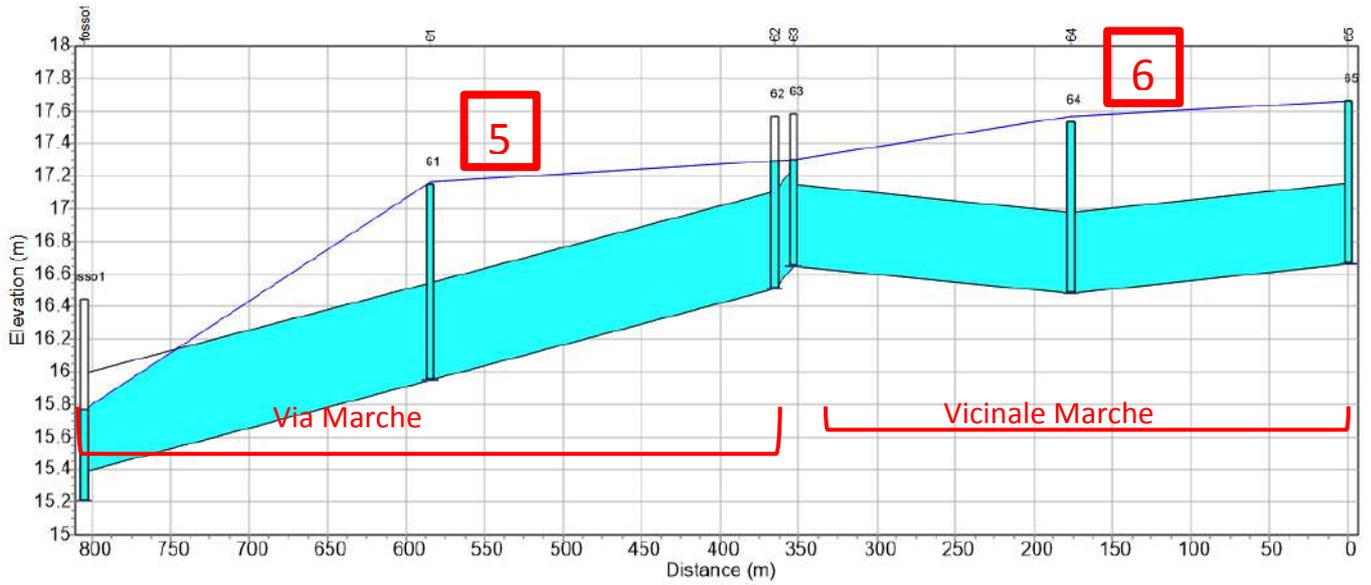
Profilo-4 via Code $Tr=50$ anni

- **CRITICITÀ 5-6** – via Marche, Vicinale Marche: dal profilo-5 si nota come l'intera rete fognaria modellata sia fortemente insufficiente per i massimi deflussi presenti in quest'area. Le sezioni delle tubazioni sono rispettivamente $\varnothing 50$ per il tratto di via Vicinale Marche (dal nodo 63 al nodo 65) e $\varnothing 60$ per il tratto di via Marche (dal nodo fosso1 al nodo 62).

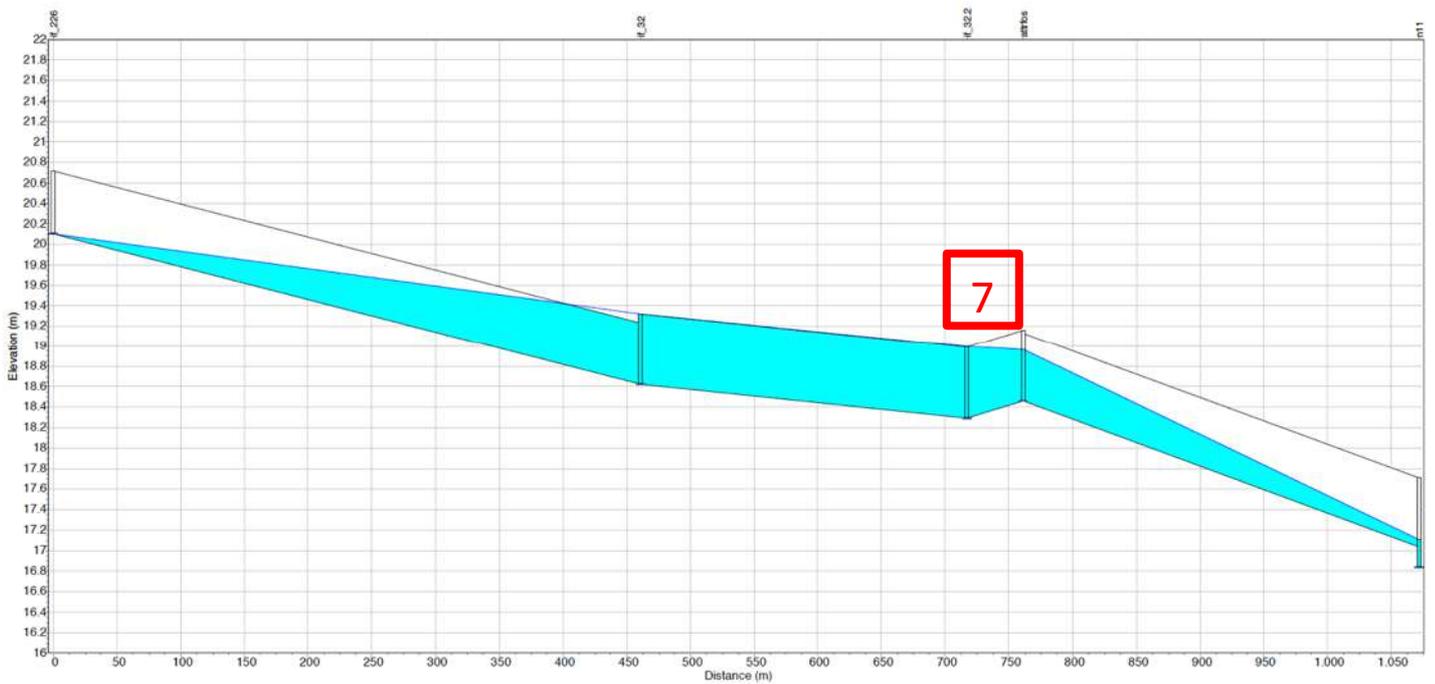
Modello: allagamento ai nodi 61 e 64 per $Tr=20$ anni e $Tr=50$ anni.



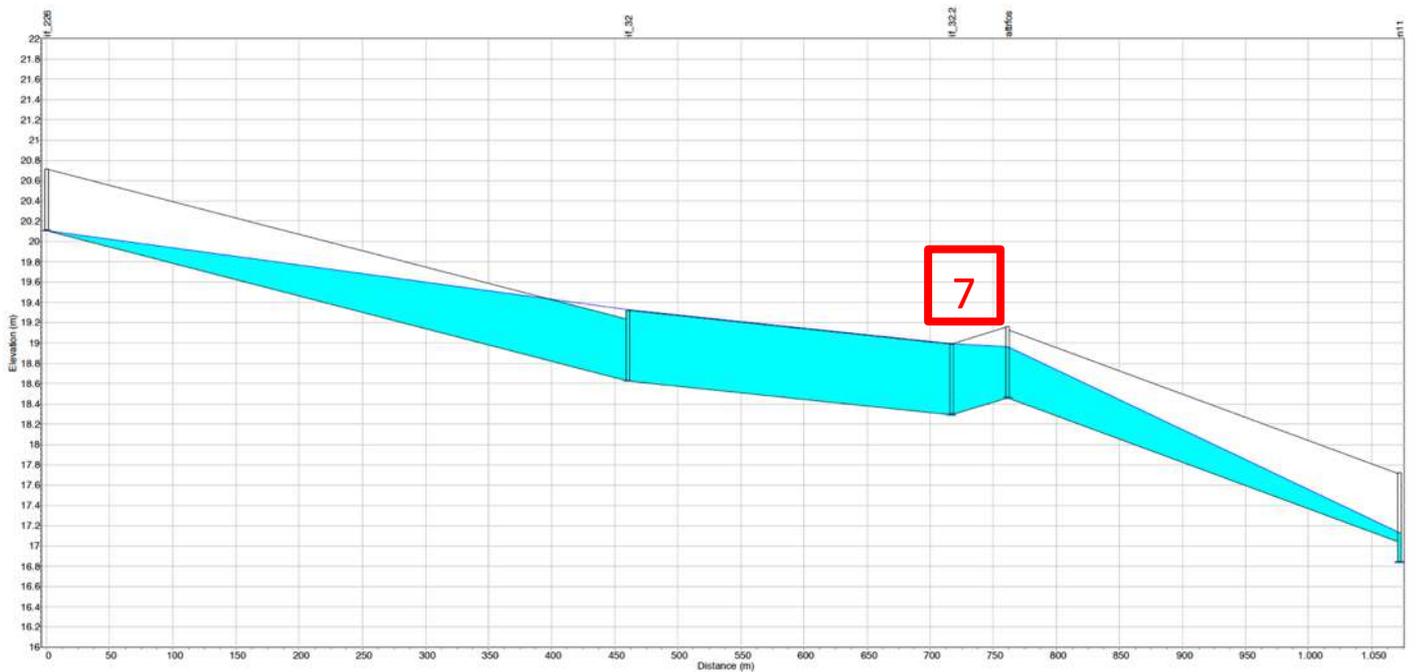
Profilo-5 via Marche e via vicinale Marche $Tr=20$ anni



Profilo-5 via Marche e via vicinale Marche $Tr=50$ anni



Profilo-6 via Cucchetto $Tr=20$ anni



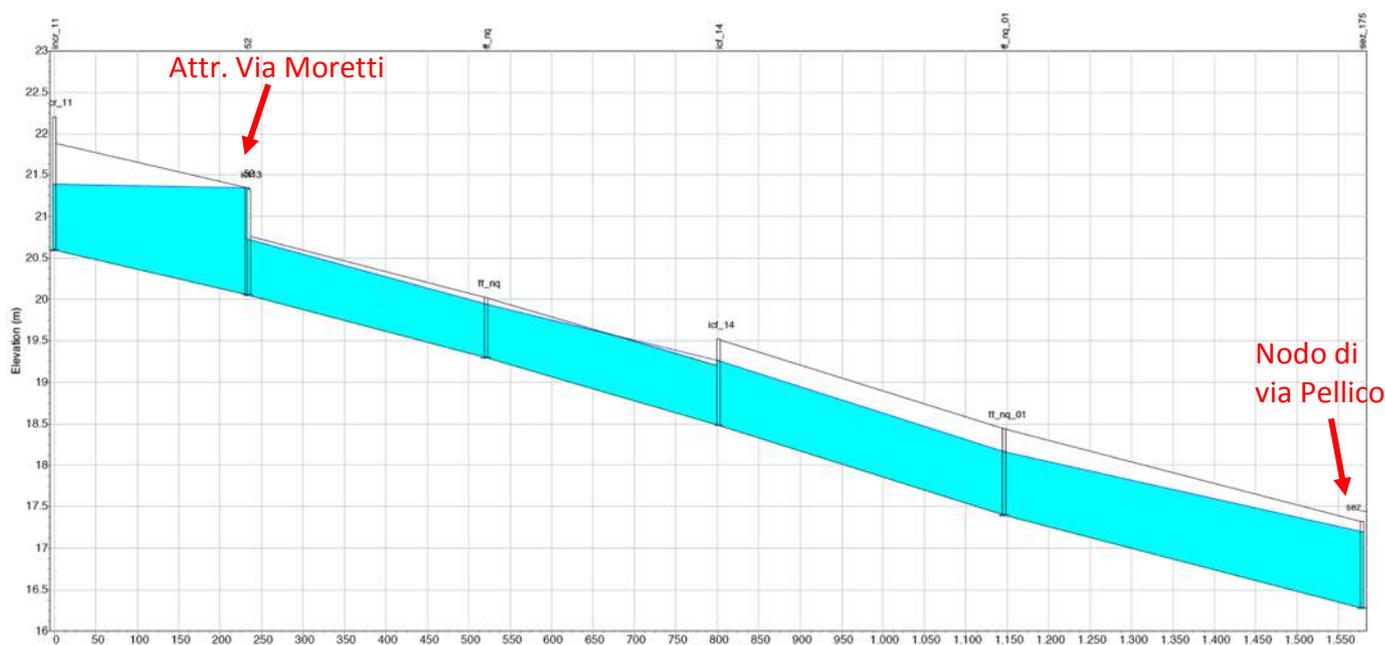
Profilo-6 via Cucchetto $Tr=50$ anni

- **CRITICITÀ 9-10** – il canale della Vittoria, *profilo 7*, presenta attualmente una sezione di deflusso inadeguata al portata di piena del corso d'acqua anche per eventi con tempo di ritorno pari a 20anni. Risulta peraltro evidente la criticità idraulica in corrispondenza dell'attraversamento di via Moretti con tubazione DN80, che determina un rigurgito a

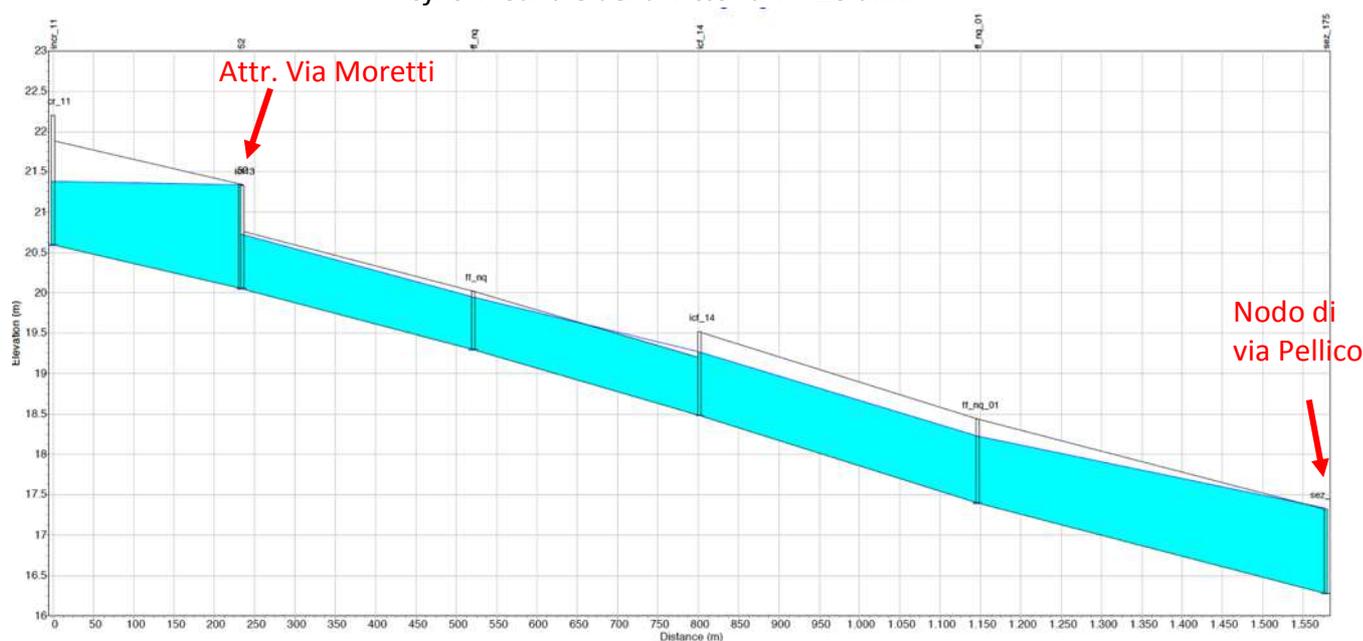


monte dello stesso attraversamento. Inoltre, l'eccessiva pendenza della livelletta del corso d'acqua è anche all'origine delle problematiche più a sud in via Silvio Pellico. In occasione di eventi di piena significativi via Moretti viene invasa dalle acque che defluiscono verso valle incontrollate. Per quanto attiene alla criticità 10 si tratta dell'area urbanizzata di via Antelao, via Monte Bianco, via Marmolada, laddove sono presenti condotte insufficienti per il deflusso in caso di piena verso via Moretti e quindi verso il canale della Vittoria.

Modello: allagamento ai nodi pf_x06, 52 pz_84b e pz_90 per Tr=20 anni e Tr=50 anni.



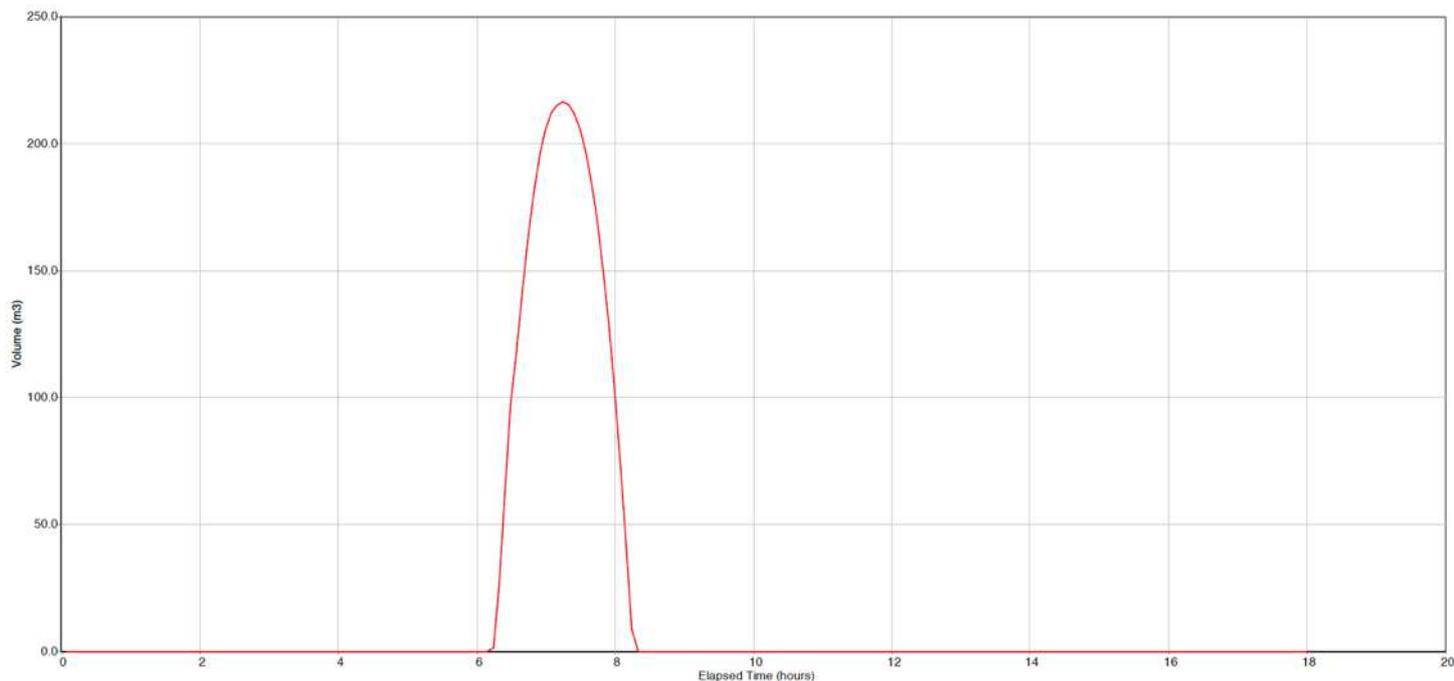
Profilo-7 Canale della Vittoria Tr=20 anni



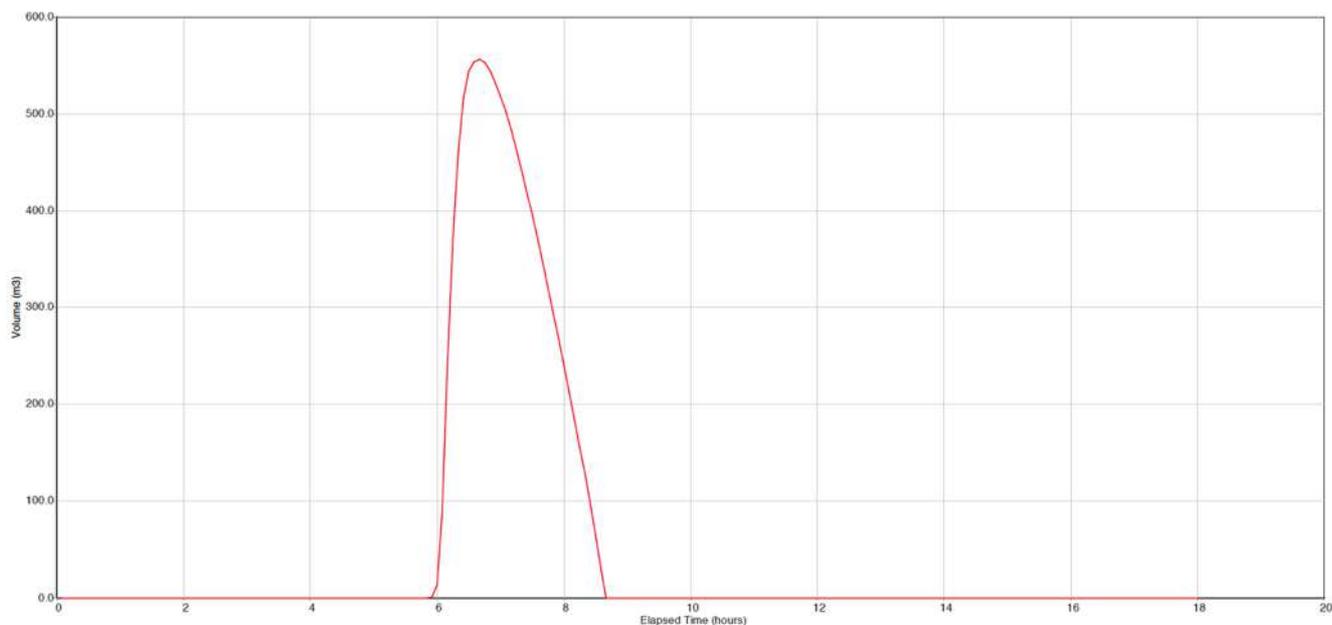
Profilo-7 Canale della Vittoria Tr=50 anni



Come rappresentativo di quest'area nell'intorno di via Moretti si riporta il volume di esondazione al nodo pf_x06 posto a ovest della confluenza con il canale della Vittoria, per un $Tr=50$ anni, determinato dalla insufficiente sezione di deflusso della tubazione lungo via Moretti, DN50, che raccoglie parte delle acque a nord dell'area urbana di Breda.

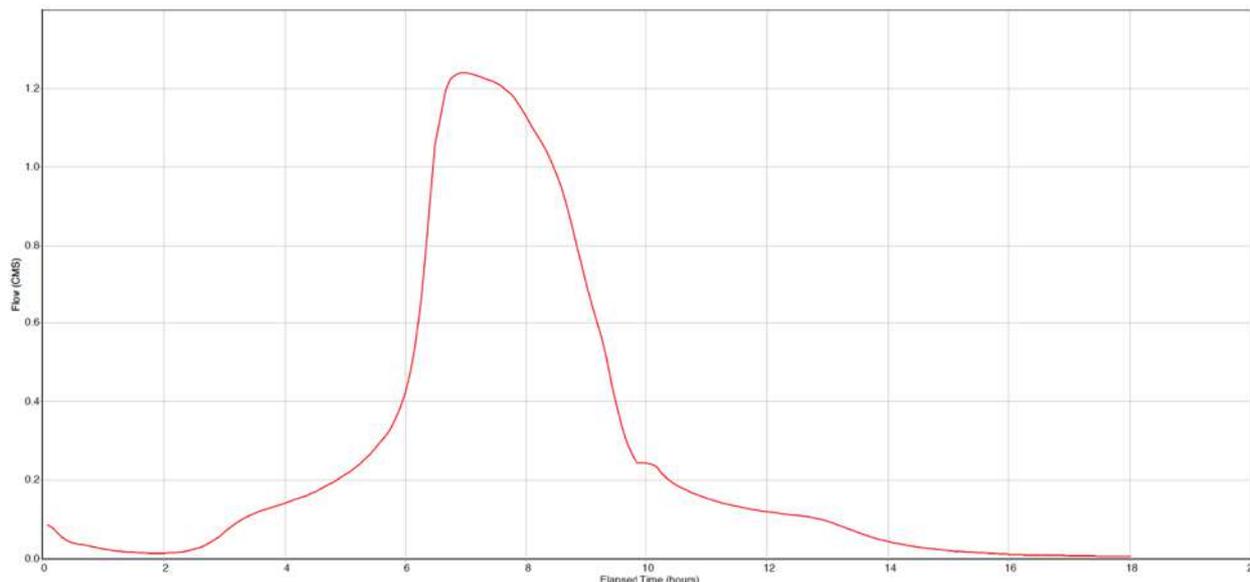


Il grafico seguente rappresenta il volume di esondazione in via Antelao al noto pz_90 per un evento con $Tr=50$ anni.



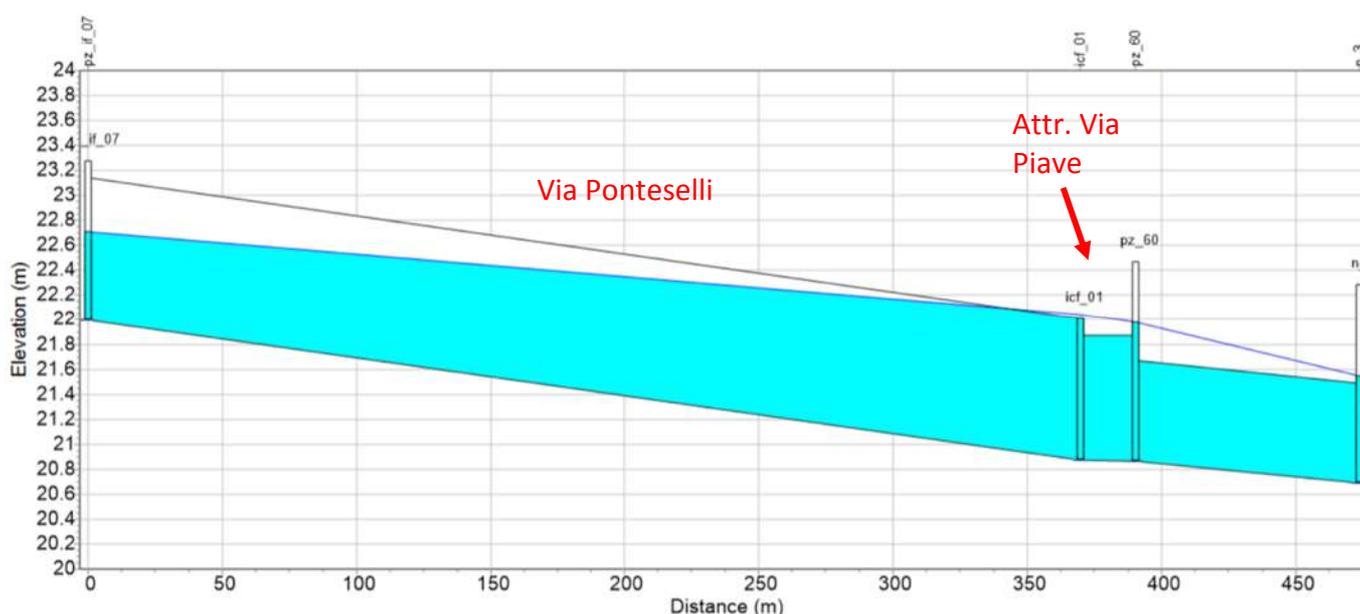


Si riporta nel grafico seguente l'andamento della portata di piena del canale della Vittoria nelle condizioni attuali per un tempo di ritorno $Tr=50$ anni, con valore al colmo pari a $Q=1,24 \text{ m}^3/\text{s}$, nell'ultimo tratto a valle prima della confluenza con via S. Pellico.

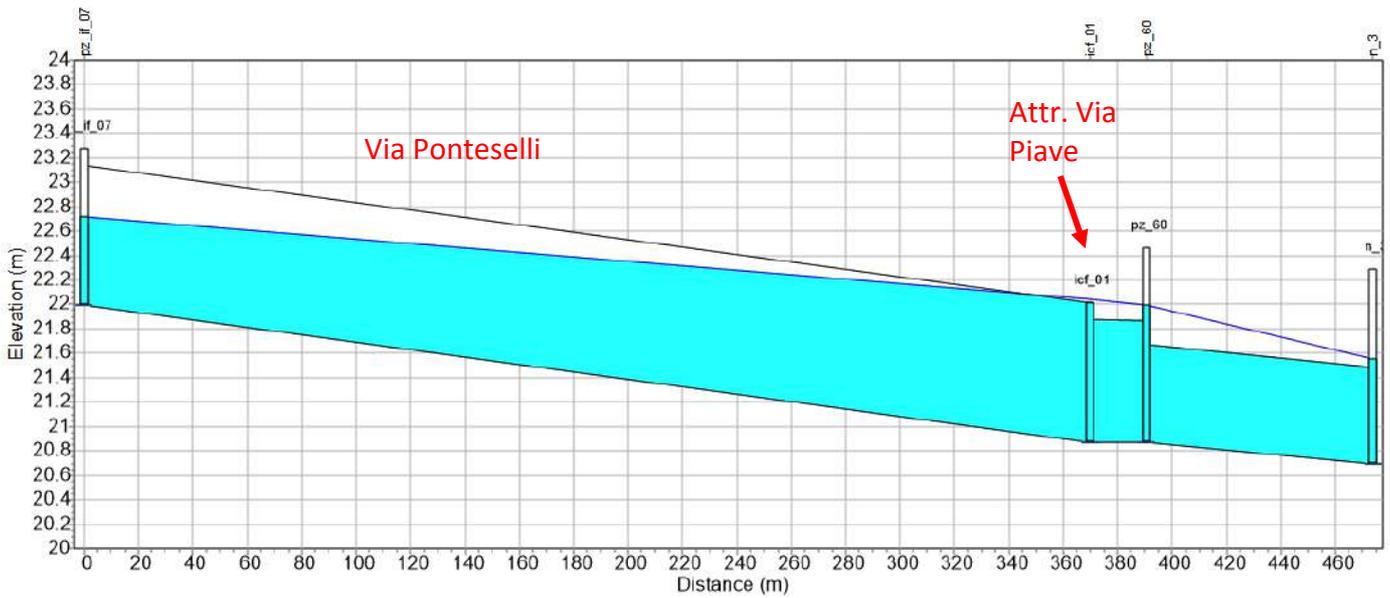


- **CRITICITÀ 11** – incrocio via Levada, via Piave, via Ponteselli: dal *profilo-8* risulta evidente che la sezione dell'attraversamento di via Piave ($\varnothing 100$) risulta insufficiente e va in pressione, provocando un profilo di rigurgito con conseguente esondazione a monte dello stesso (nodo icf_01). A valle dell'incrocio vi è una condotta DN80 insufficiente in quanto allo stato attuale desinata a convogliare le acque di piena provenienti dal centro urbano oltre che da nord, da via Ponteselli.

Modello: allagamento ai nodi icf_01 per $Tr=20$ anni e $Tr=50$ anni.

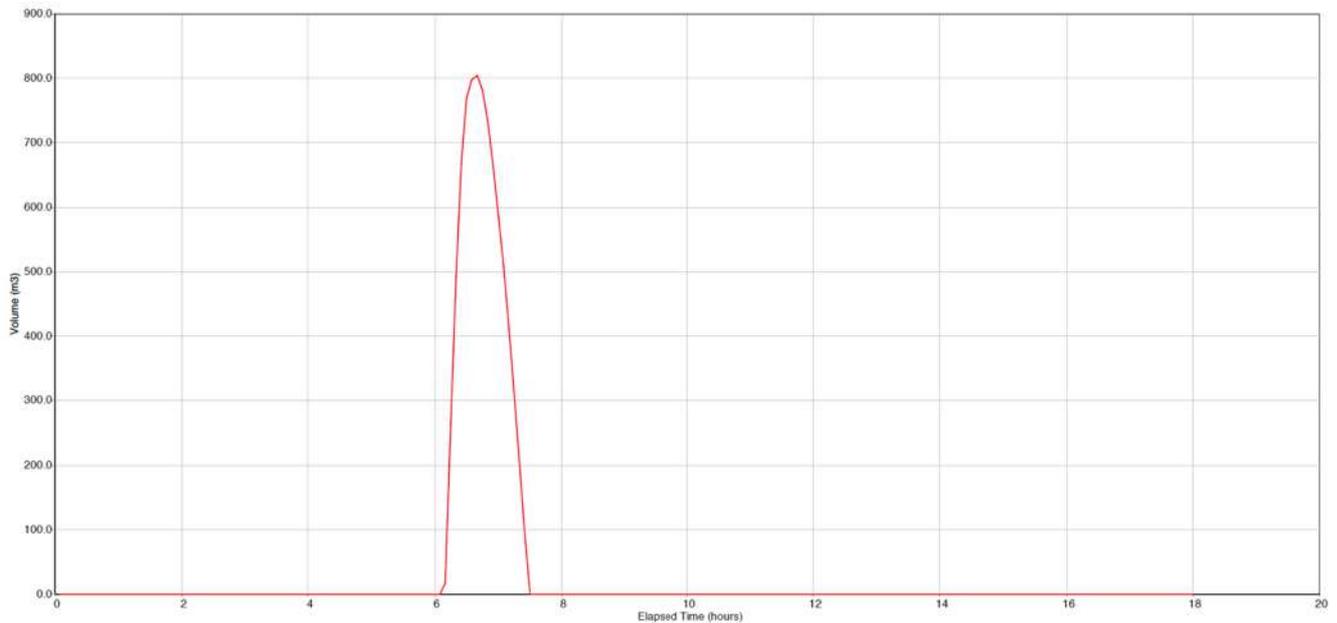


Profilo-8 incrocio via Ponteselli, via Piave, via Levada, $Tr=20$ anni



Profilo-8 – incrocio via Ponteselli, via Piave, via Levada, $Tr=50$ anni

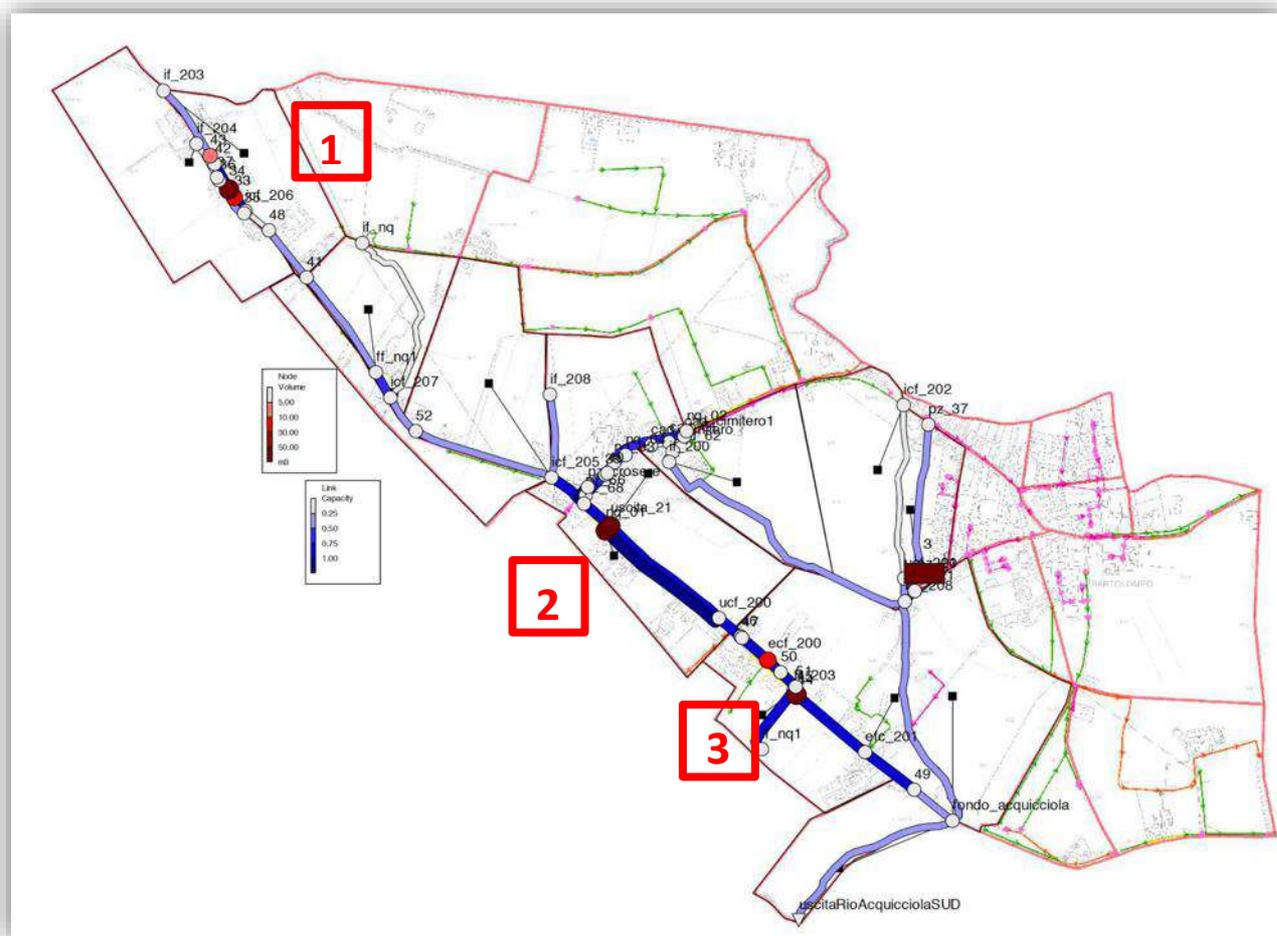
Come rappresentativo di quest'area nell'intorno di via Piave si riporta il volume di esondazione al nodo icf_01 posto a ovest dell'incrocio con via Ponteselli e via Levada, per un $Tr=50$ anni, determinato dalla insufficiente sezione di deflusso della tubazione lungo via Piave, DN50, che raccoglie parte delle acque a sud dell'area urbana di Breda.



SOTTOBACINO MEOLO – AREA DI SAN BARTOLOMEO

La modellazione dell'area di San Bartolomeo, facente parte del Sottobacino Meolo ha presentato le seguenti criticità:

- presenza di tombinamenti del fossato e accessi carrai di sezione ridotta e ostruita da sedimenti, lungo via Bovon;
- tubazioni e fossati con sezioni ridotte all'incrocio tra via Bovon, via Indipendenza e SP116.



Grado di riempimento della rete idrografica di San Bartolomeo, con punti di esondazione per $Tr=50$ anni (nodi rossi).

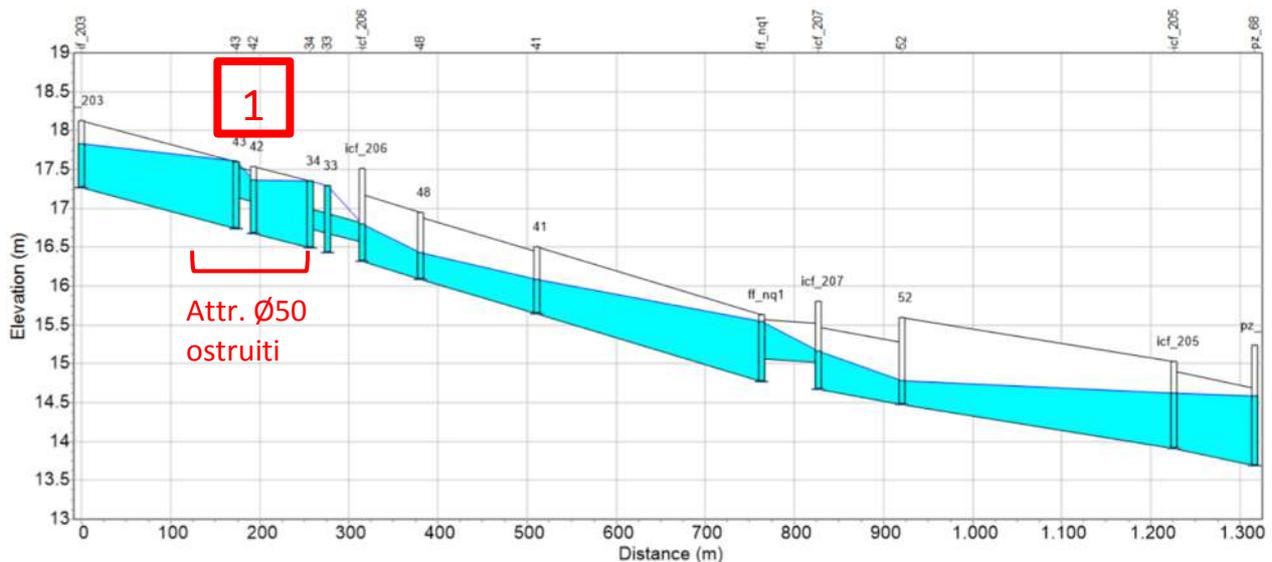
Di seguito si riportano i profili relativi ai tratti principali analizzati nell'istante di massima piena; si possono di seguito identificare i tratti di canale/condotta, i nodi/pozzetti che individuano le quote di fondo della rete di drenaggio, l'altimetria del piano campagna e la linea blu che rappresenta la piezometrica. Quando quest'ultima supera l'altezza fissata dai nodi vi è un'esondazione sul quel tratto.

Per quanto attiene alle condizioni al contorno si è tenuto conto di un livello idraulico fissato (condizione "FIXED") nel corso d'acqua recettore, fiume Meolo, pari a 12,60 m s.m.m. (Outfall *uscitaRioAcquicciolasud*).

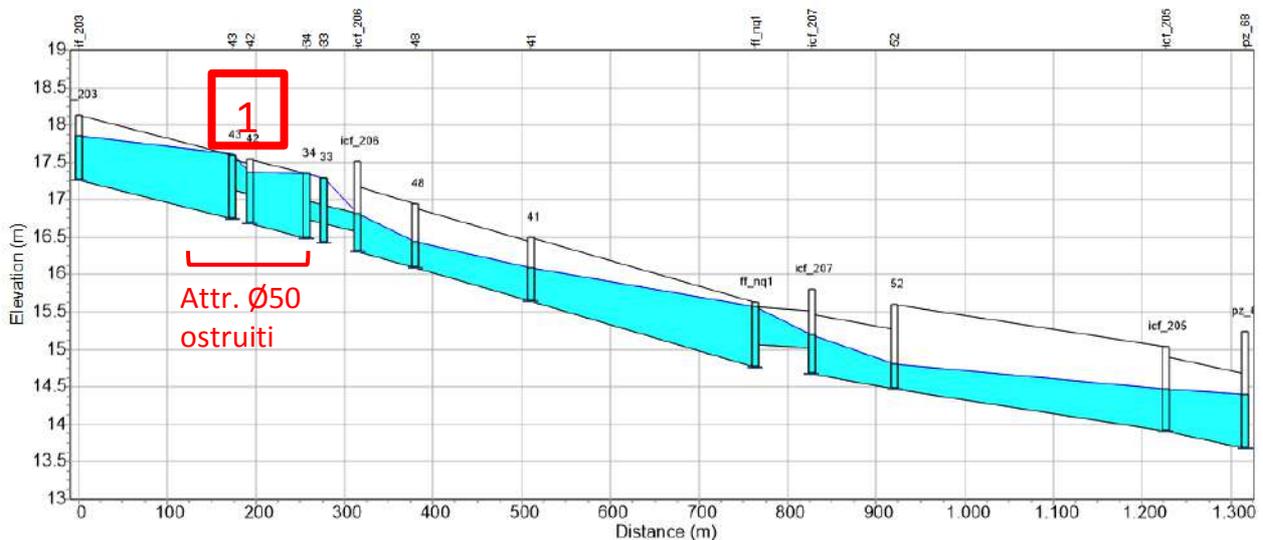


- **CRITICITÀ 1** – dal *profilo-1* si può notare che l'attraversamento compreso tra i nodi 34 e icf_206 (di sezione $\varnothing 50$) risulta insufficiente per la massima portata. Tale restringimento provoca un profilo di rigurgito che causa l'esondazione evidenziata nei nodi 34 e 33. Per modellare l'attraversamento è stato utilizzato lo shape "filled circular", poiché è stato rilevato che la condotta è di fatto ostruita per la metà.

Modello: allagamento ai nodi 33,34,43 per Tr=20 anni e Tr=50 anni.



Profilo-1 – via Bovon, fino all'incrocio con la SP116, per Tr=20 anni



Profilo-1 – via Bovon, fino all'incrocio con la SP116, per Tr=50 anni

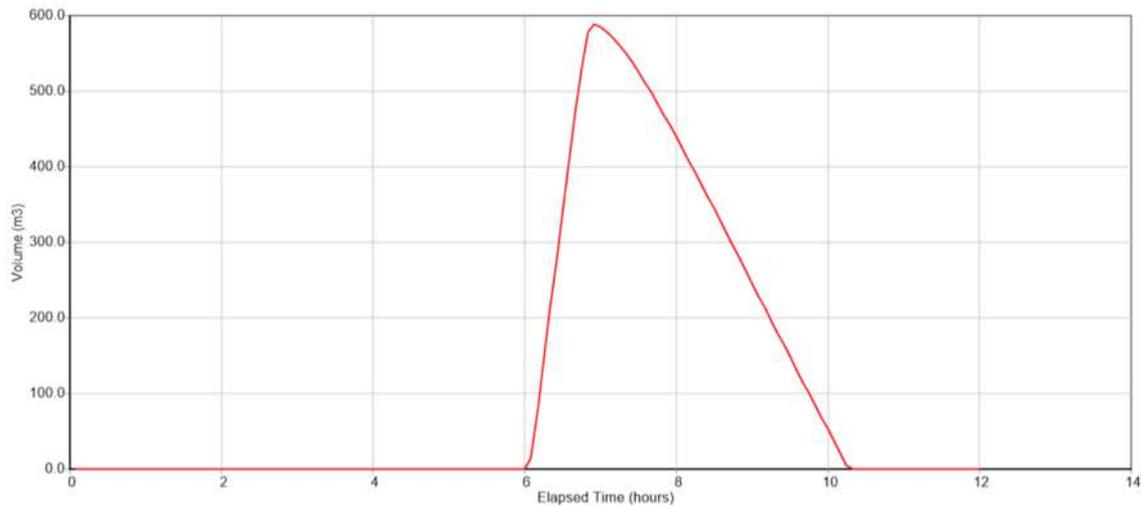
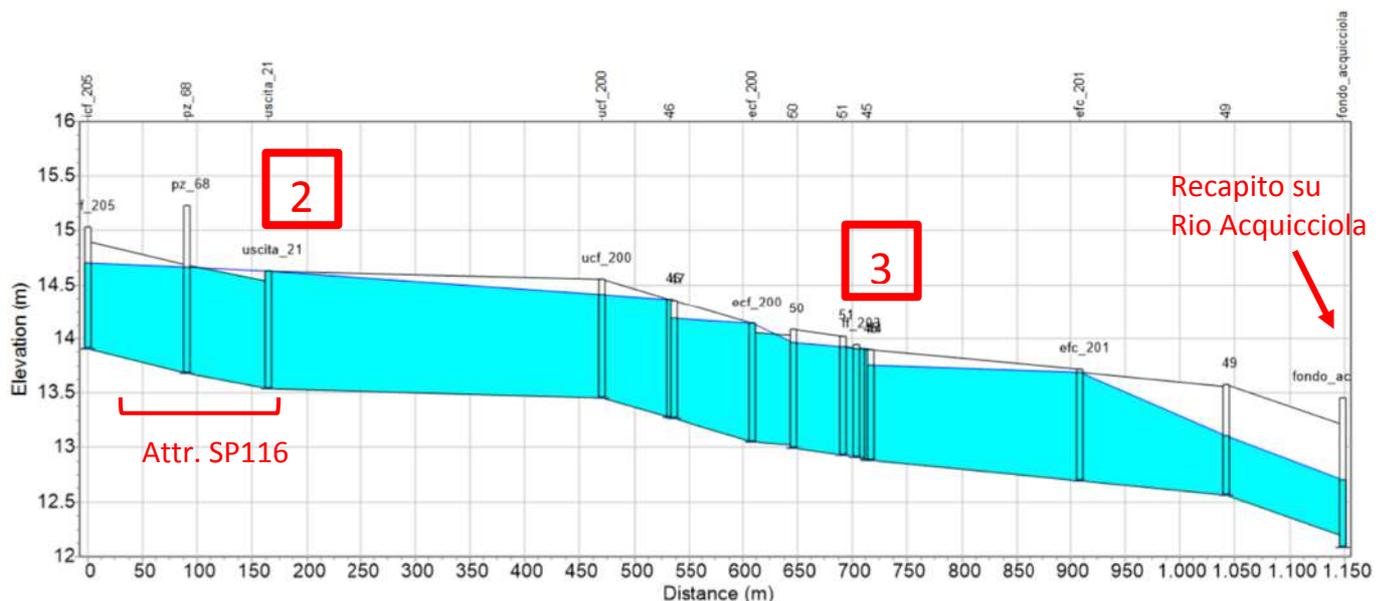
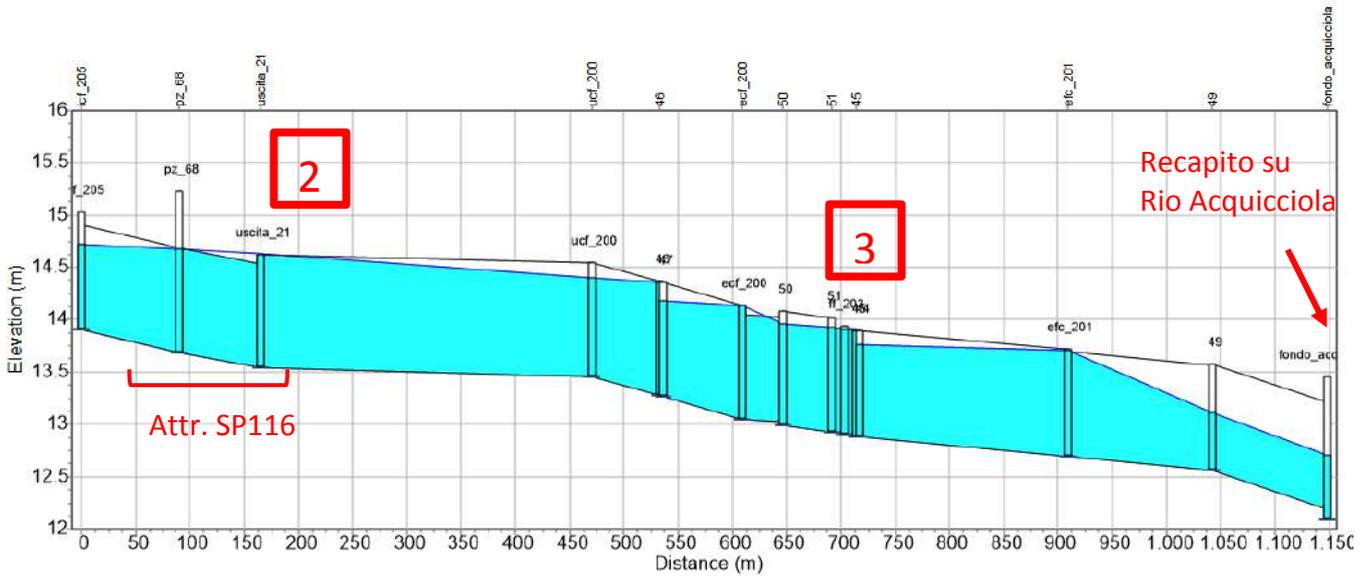


Grafico dei volumi esondati al nodo 34

- **CRITICITÀ 2-3** – attraversamento dell'incrocio con la SP116: l'attraversamento è costituito da una tubazione di diametro $\varnothing 100$, che risulta insufficiente a garantire un regolare deflusso, tenuto conto dell'altimetria della zona con quote particolarmente depresse, oltre della confluenza in quel punto di tutta la rete dell'area di studio interessata e valutando, infine, il grado di riempimento della condotta. Si è valutata inoltre la necessità di un intervento di adeguamento, anche in ragione del maggior apporto di acqua che si potrà verificare con la sistemazione del tratto di fosso a monte, con conseguente aumento dei picchi di piena. Modello: allagamento ai nodi 33,34,43,40, ecf 200 per Tr=20 anni e Tr=50 anni.

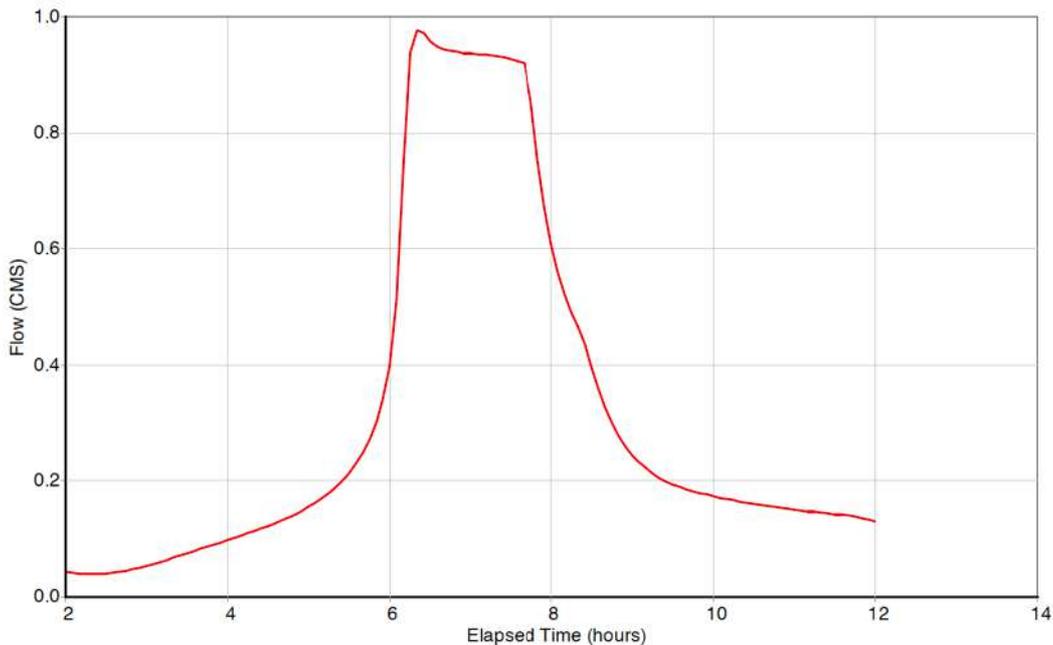


*Profilo-2-via Indipendenza, dall'incrocio con la SP116 alla confluenza con il Rio Acquicciola
Tr20 anni*



*Profilo-2 – Via Indipendenza, dall’incrocio con la SP116 alla confluenza con il Rio Acquicciola
Tr50 anni*

Si riporta di seguito il grafico dell’andamento della portata lungo via Indipendenza per un Tempo di ritorno pari a 50 anni alla confluenza con il rio Acquicciola, $Q=0,98 \text{ m}^3/\text{s}$. Tale dato andrà in ogni caso confrontato in seguito agli interventi di previsti nel Piano delle Acque, sempre ai fini di contenere i valori di portata alla confluenza con canali di competenza del Consorzio di Bonifica.



Portate relative al recapito rio Acquicciola – STATO DI FATTO Tr=50 anni



7 Descrizione degli interventi per la risoluzione delle criticità riscontrate mediante la modellazione matematica

Partendo dalle situazioni critiche evidenziate precedentemente dagli stati di fatto modellati per ogni singola area considerata, sono stati individuati gli interventi da eseguire. Partendo dai modelli precedentemente descritti, sono state apportate le modifiche di progetto e valutati gli effetti benefici che apportano. È da evidenziare come l'insufficienza di deflusso sia spesso dovuta alla presenza di ponticelli, attraversamenti e tombinamenti di fossi di sezione limitata, non compatibili con le sezioni della rete minore a cielo aperto. Di seguito vengono riportati gli interventi previsti e le conseguenti simulazioni idrauliche.

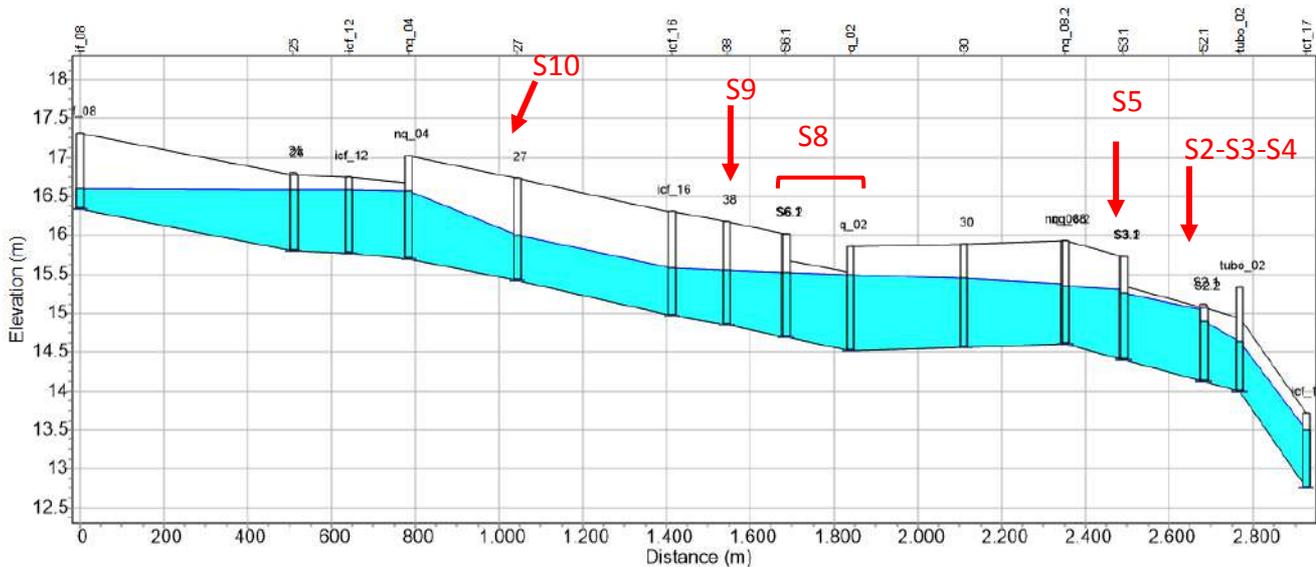
INTERVENTI SUL SOTTOBACINO PIAVESELLA DI MASERADA – AREA DI SALETTO

Di seguito si riportano gli interventi proposti per la soluzione delle criticità idrauliche riscontrate. La ricerca delle soluzioni è stata fatta per step tenendo conto il più possibile delle indicazioni provenienti dagli enti competenti. Per eventi meteorici con tempo di ritorno $Tr = 50$ anni, si riportano i profili longitudinali allo stato di progetto, in seguito all'esecuzione degli interventi proposti, così come verranno descritti di seguito.

RIO FOSSALON DI SALETTO

- **INTERVENTI S2-S3-S4-S5-S8-S9-S10** – gli interventi S2, S3, S4, S5 consistono nel rifacimento di alcuni attraversamenti del Rio Fossalon per accesso alle abitazioni nel tratto terminale del corso d'acqua prima della confluenza nel Rio Piavesella, con sostituzione delle tubazioni attualmente presenti, DN80/100, con elementi scatolari prefabbricati delle dimensioni 150 x 100 cm, oltre alla demolizione di ponticelli non utilizzati. Inoltre, con l'intervento S8 si prevede la sostituzione delle tubazioni presenti in un tratto tombinato del Rio Fossalon lungo via Molinetto, per un'estensione pari a circa 150 m. In luogo delle tubazioni DN80/100 si prevede l'impiego di elementi scatolari delle dimensioni 250 x 100 cm, adeguate alla sezione di deflusso del corso d'acqua in tale zona. Gli interventi S9 e S10 prevedono la realizzazione di due bacini di laminazione a monte dell'area urbanizzata, con superfici rispettivamente pari a 2000 m² (h=1,30) e 3500 m² (h=1,00 m) al fine di ridurre gli effetti dell'evento di piena verso valle.

Si riporta di seguito il profilo longitudinale per un $Tr = 50$ anni, dal quale si desume un consistente effetto di miglioramento delle condizioni di deflusso idraulico lungo il rio Fossalon.



Profilo Rio Fossalon, da via Monte Peralba alla confluenza nel fiume Piavesella – TR=50 anni

Si riportano di seguito i grafici dell'andamento di portata per un evento con tempo di ritorno $Tr=50$ anni in corrispondenza del tombinamento di via Molinetto (nodi S6.2 e q_02), prima degli interventi e successivamente alla sostituzione con scatolari 250 x 100 cm: pur con incremento più che raddoppiato della sezione di deflusso si ha un modesto incremento del valore di portata verso valle (da 0,90 m³/s a 1,07 m³/s), peraltro compatibile con le dimensioni del nuovo scatolare. Tale risultato si ottiene per effetto dei bacini di laminazione posti a monte del tratto interessato (interventi S9 e S10).

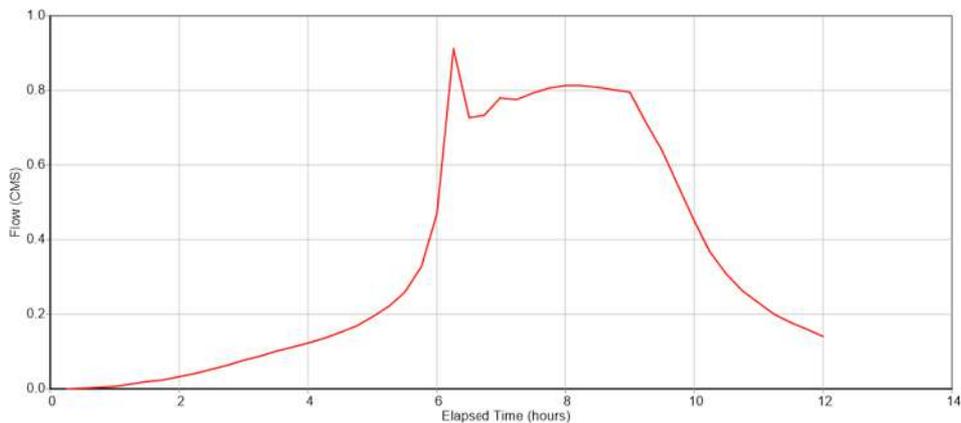


Grafico della portata relativo all'attraversamento compreso tra i nodi S6.2 e q_02 – STATO DI FATTO TR=50 anni

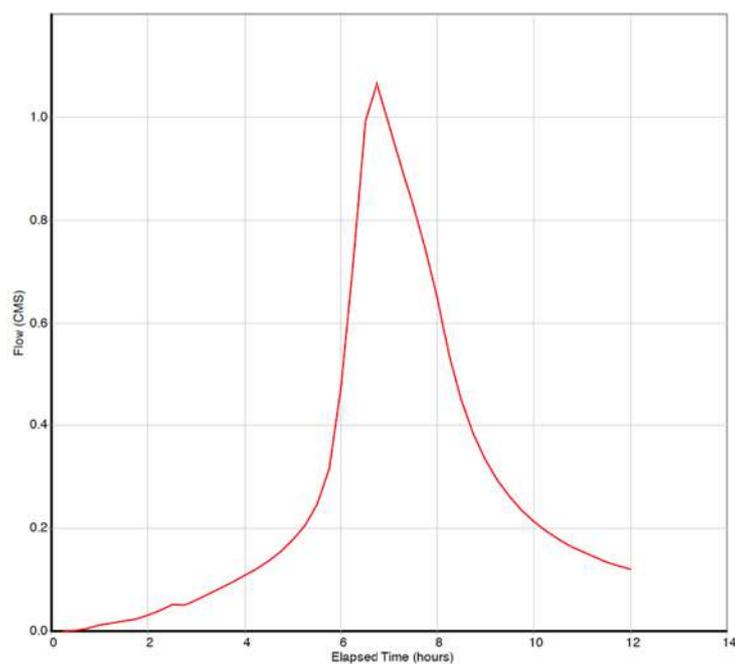


Grafico della portata relativo all'attraversamento compreso tra i nodi S6.2 e q_02 – **STATO DI PROGETTO Tr=50 anni**

Si riportano inoltre i grafici dei bacini di laminazione per quanto riguarda i volumi invasati per un tempo di ritorno pari a 50 anni. Per il bacino S9 si ha un volume paria circa 1400 m³, per il bacino S10 un volume di circa 1800 m³.

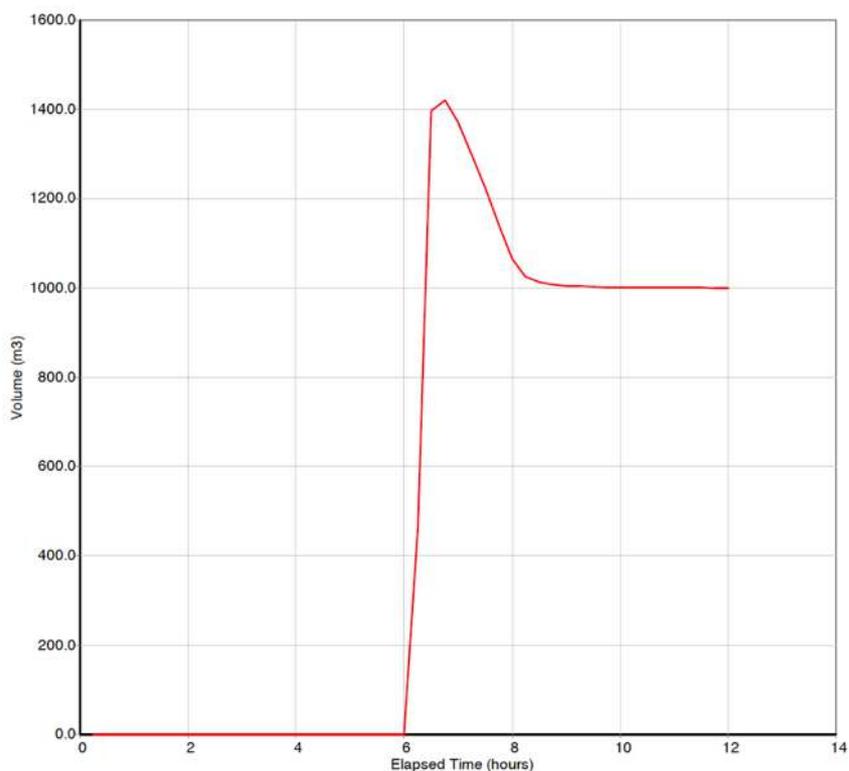


Grafico del volume invasato dal bacino di laminazione S9 - **STATO DI PROGETTO Tr=50 anni**

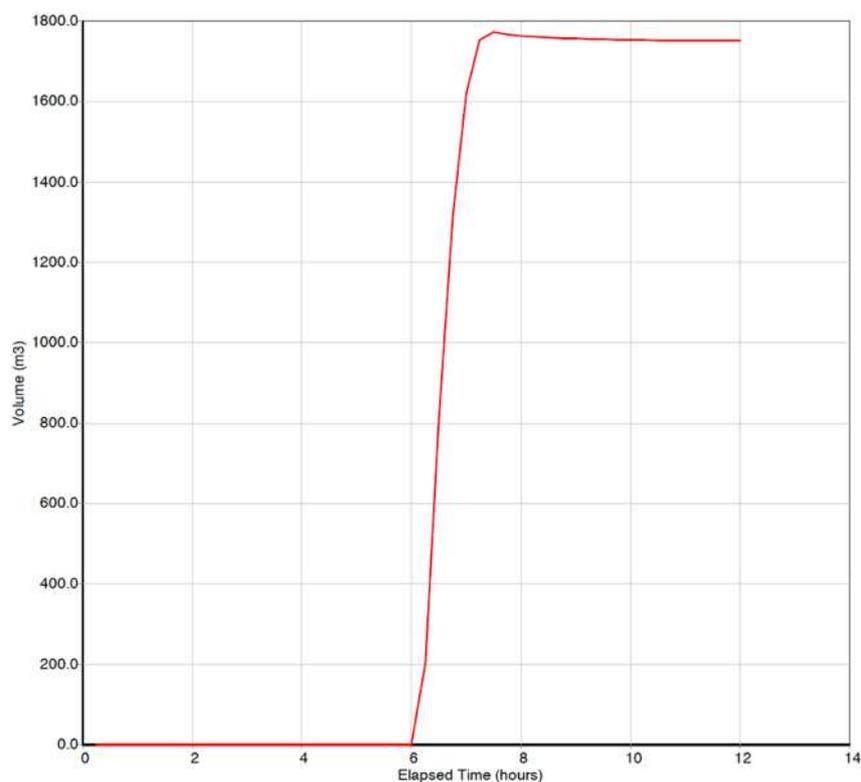
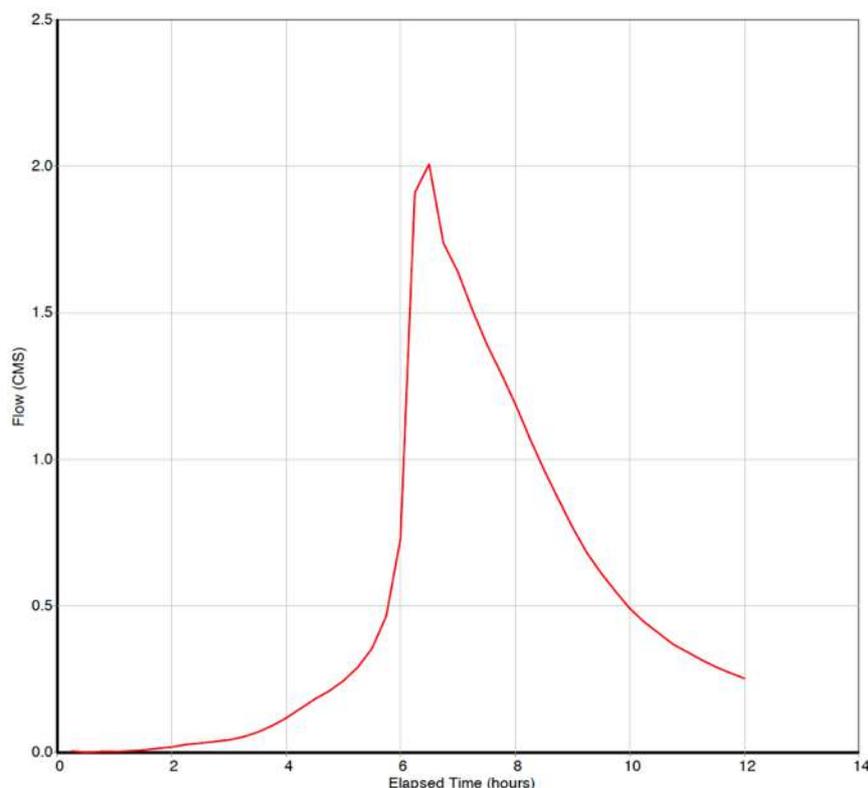


Grafico del volume invasato dal bacino di laminazione S10 – **STATO DI PROGETTO Tr=50 anni**

Infine, si ottiene un valore di portata di piena pari a **$Q=2,01 \text{ m}^3/\text{s}$** , per un evento con tempo di ritorno pari a 50 anni, in corrispondenza della confluenza con il Rio Piavesella, quindi in ogni caso inferiore al dato relativo allo stato di fatto pari a $Q=2,06 \text{ m}^3/\text{s}$, pur a seguito degli interventi di sistemazione sopra descritti. Si ritiene, in definitiva, che il sistema previsto dei bacini di laminazione risulti efficace e indispensabile per garantire la sicurezza idraulica del sottobacino del Fossalon.



Andamento portata Fossalon alla confluenza con rio Piavesella–STATO DI PROGETTO TR=50 anni

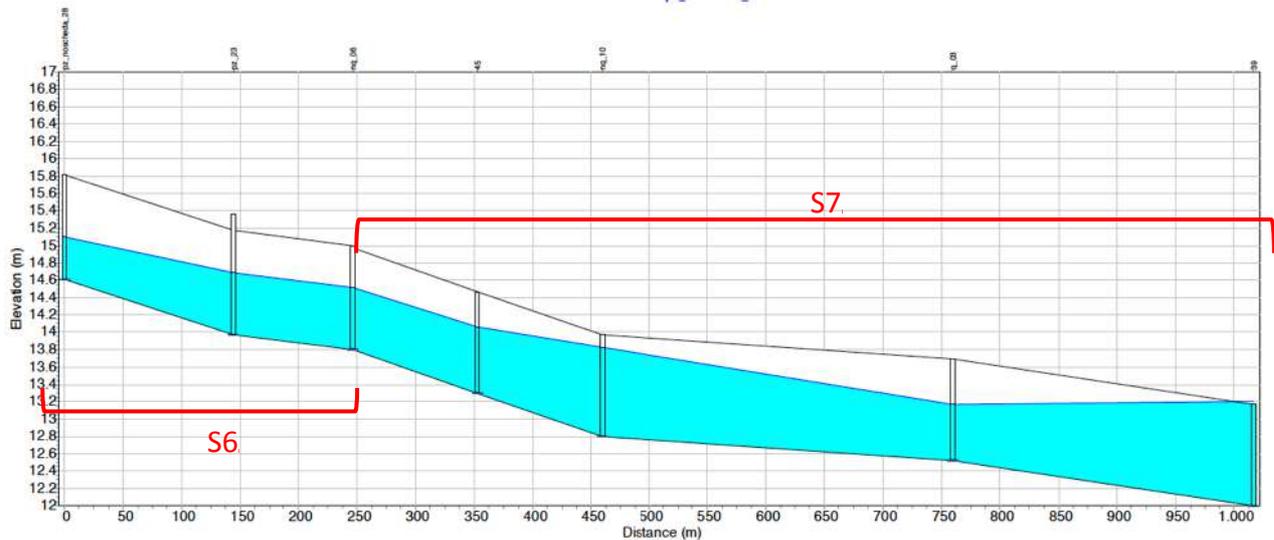
FOGNATURA VIA DAVANZO – FOSSO DAVANZO

- **INTERVENTI S6-S7** – L'intervento S6 prevede Ristrutturazione della rete di fognatura esistente tramite la sostituzione delle condotte DN60/80 cm con tubazioni con diametro DN120 cm, lungo la sede stradale di via Massimiliano Davanzo, fino all'incrocio con una stradina laterale esistente a est che consente di creare con un nuovo tratto di fognatura sempre con tubazioni DN 120 fino al fosso lungo il confine con lo stabilimento Davanzo (lunghezza complessiva pari a 230 circa).

L'intervento S7 prevede un'attività di manutenzione straordinaria lungo il fosso Davanzo, oltre a due tratti dove si renderà necessario un risezionamento: a monte per un breve tratto lungo il lato ovest dello stabilimento Davanzo al fine di creare il collegamento con la nuova linea fognaria di cui all'intervento S6 e l'ultimo tratto fino alla confluenza con il Rio Piavesella, sfruttando una scolina esistente per un'estensione pari a circa 230 m, al fine di evitare il rifacimento di un tombinamento verso est in vicinanza di edifici esistenti. Per effetto dell'incremento della portata di piena lungo il fossato dello stabilimento Davanzo, determinato in particolare dall'intervento S6, si prevede la realizzazione di un bacino di laminazione, con superficie pari a 1300 m² per una profondità di 1,3 m, può

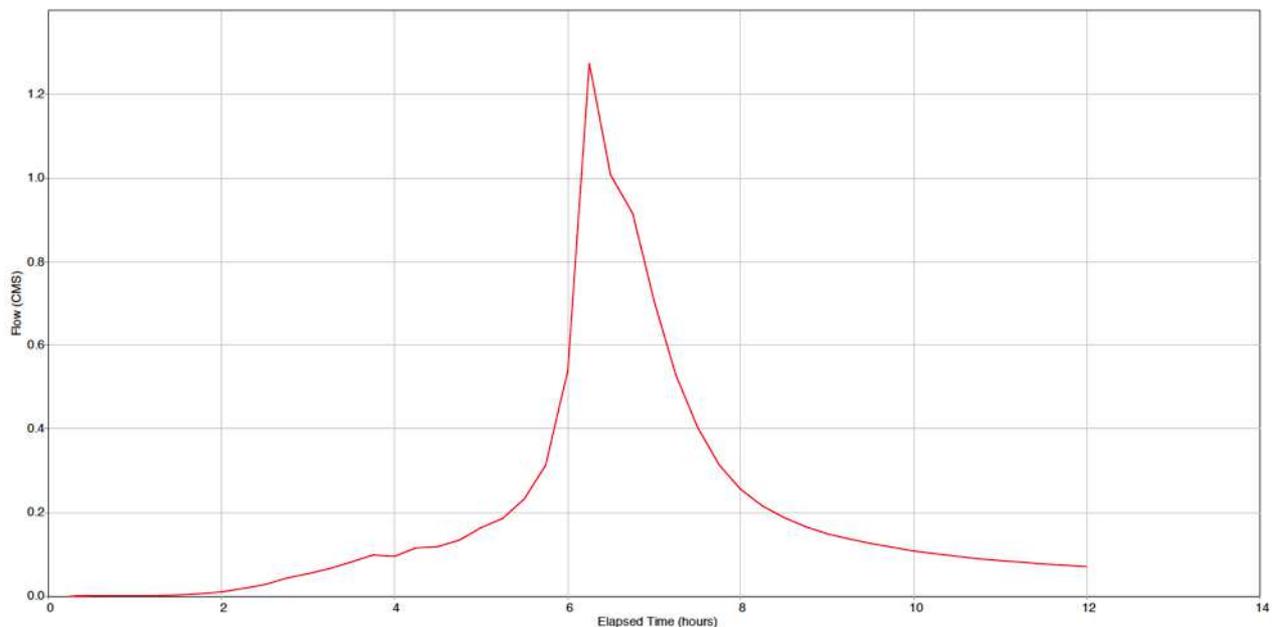


essere prevista in continuità con un bacino esistente funzionale alla nuova lottizzazione di via Davanzo (1000 m², volume di invaso 300 m³).

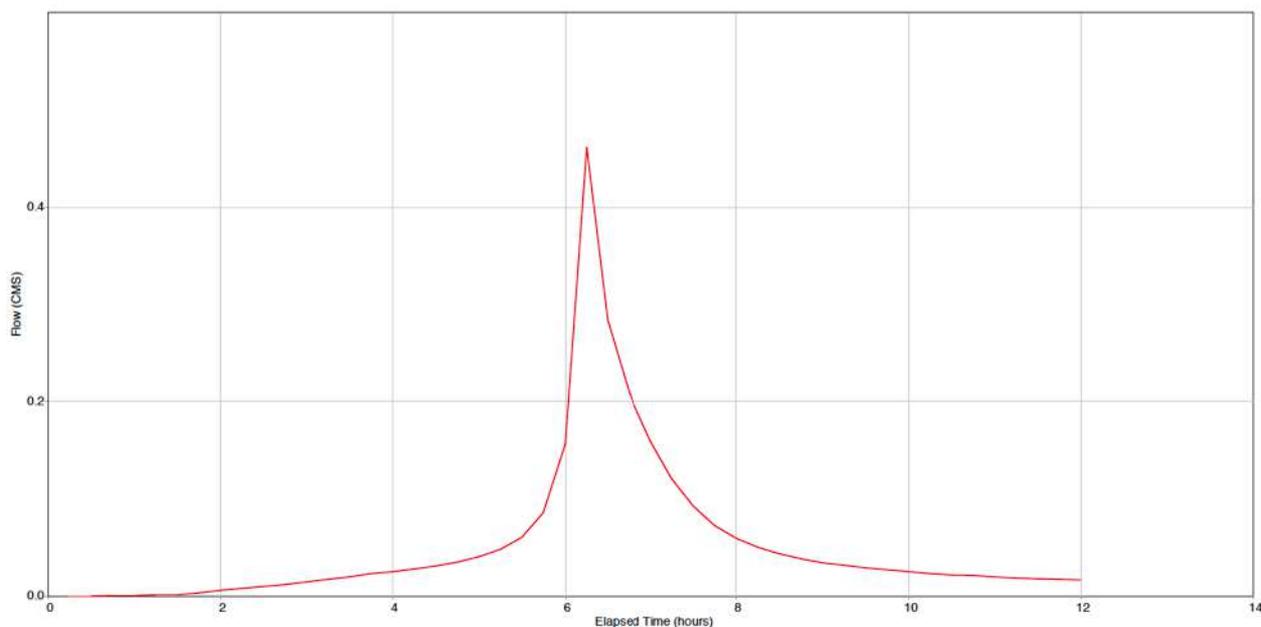


Profilo fosso Davanzo – STATO DI PROGETTO TR=50 anni

Si riporta l'andamento della portata di piena per un evento con tempo di ritorno $T_r=50$ anni lungo il fosso Davanzo, sia per il tracciato nuovo che per quello esistente in vicinanza di edifici esistenti. Anche il tracciato esistente verrà mantenuto, pertanto la somma dei contributi dovrà essere inferiore alla portata oggi in transito lungo il fosso in prossimità della confluenza con il Rio Piavesella.

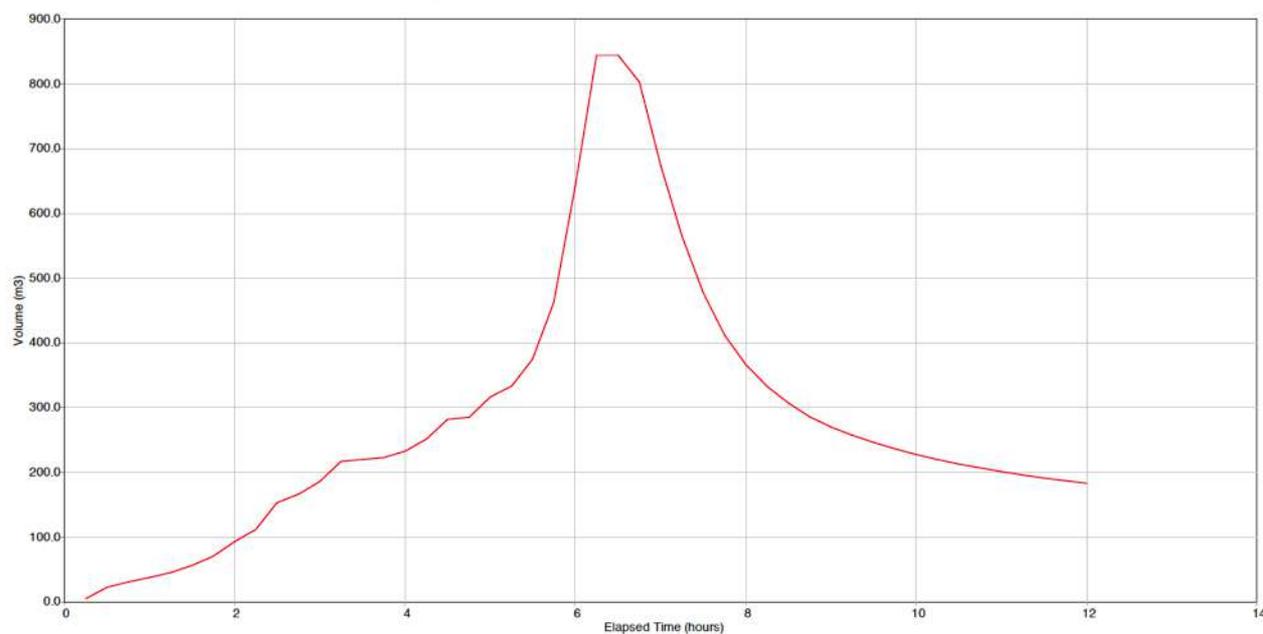


Andamento portata fosso Davanzo alla confluenza con rio Piavesella (tracciato modificato) – STATO DI PROGETTO TR=50 anni



Andamento portata fosso Davanzo alla confluenza con rio Piavesella (tracciato tombinato esistente) –STATO DI PROGETTO TR=50 anni

La portata del fosso Davanzo lungo il nuovo tracciato è pari a $Q=1,27 \text{ m}^3/\text{s}$ e la portata nel tracciato esistente è pari a $Q=0,46 \text{ m}^3/\text{s}$. La somma dei due contributi pari a $Q=1,73 \text{ m}^3/\text{s}$ risulta inferiore al valore dello stato attuale con $Q=2,40 \text{ m}^3/\text{s}$, ciò per effetto della realizzazione del nuovo bacino di laminazione, in grado di invasare 850 m^3 durante l'evento di piena.

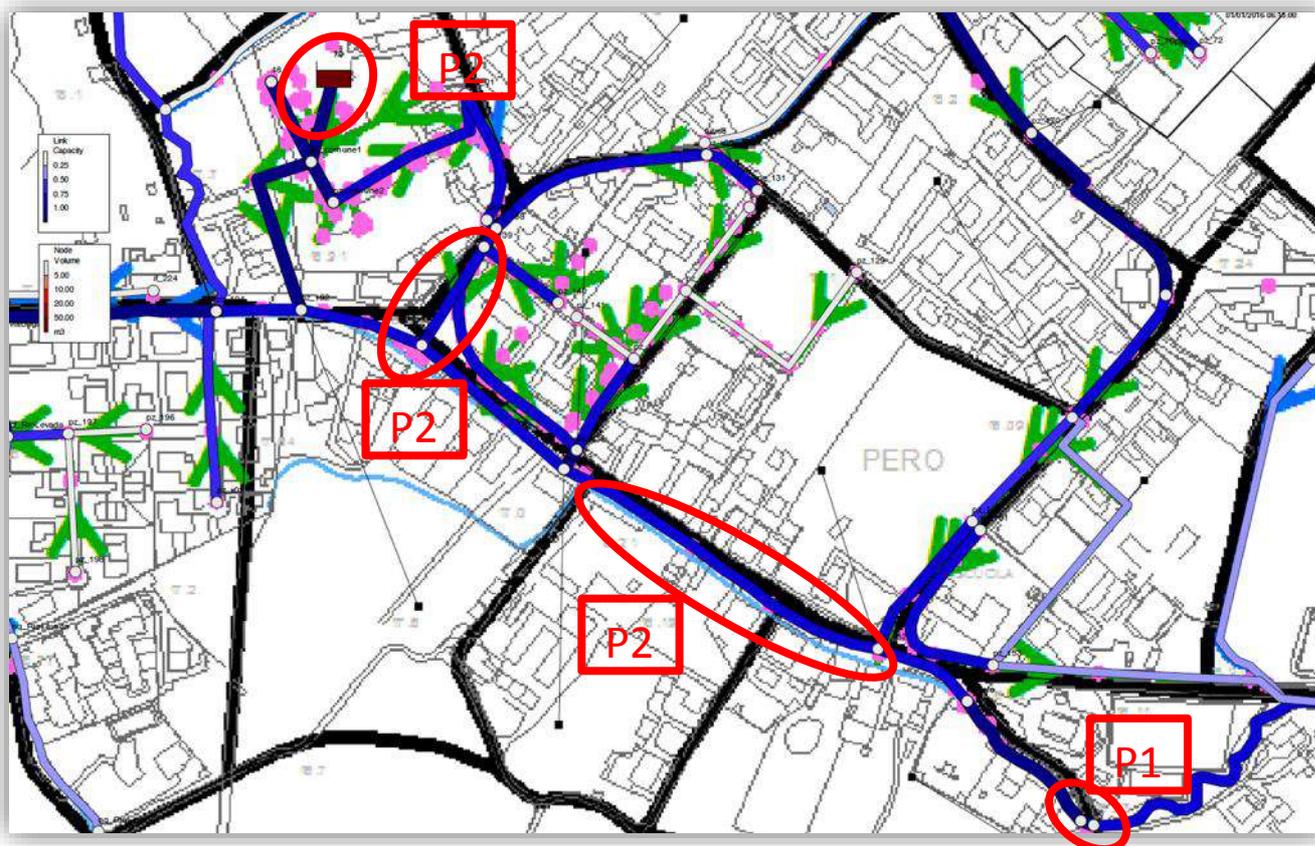


Andamento volume invasato nel nuovo bacino di laminazione lungo il fosso Davanzo – STATO DI PROGETTO TR=50 ANNI

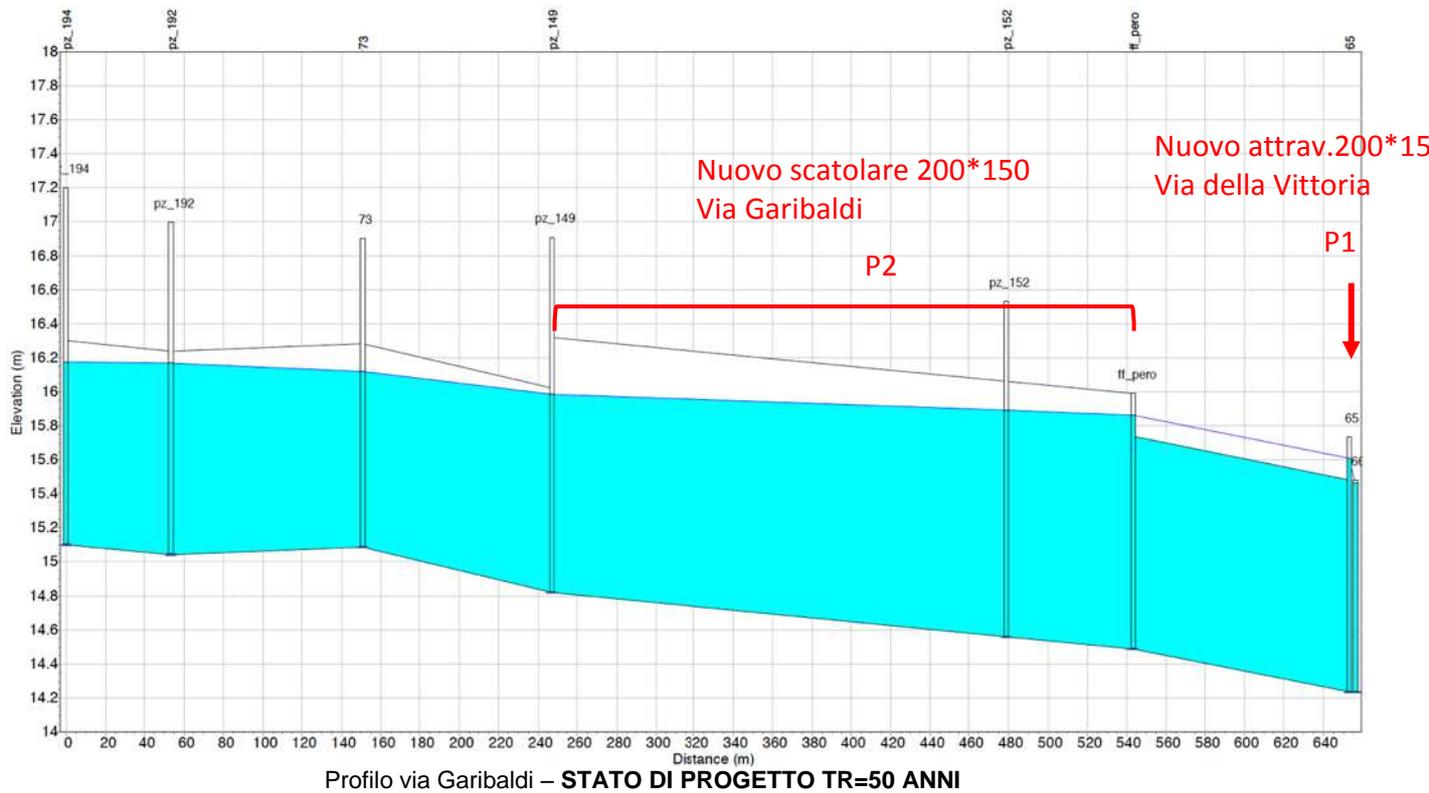
INTERVENTI SUL SOTTOBACINO VALLIO – AREA DI BREDA-PERO

Di seguito si riportano gli interventi proposti per la soluzione delle criticità idrauliche riscontrate. La ricerca delle soluzioni è stata condotta per successivi affinamenti tenendo conto il più possibile delle indicazioni provenienti dagli Enti competenti. Per eventi meteorici con tempo di ritorno $Tr= 50$ anni, si riportano i profili longitudinali allo stato di progetto, in seguito all'esecuzione degli interventi proposti, così come verranno descritti di seguito.

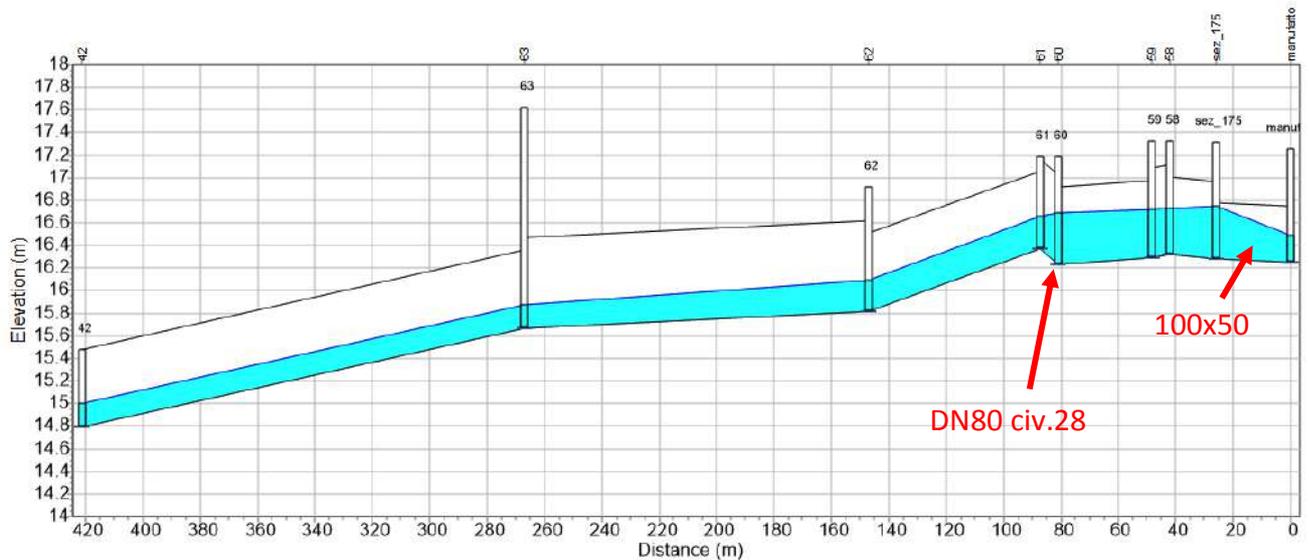
- **INTERVENTI P1-P2** – Rio Pero, lungo via Garibaldi: l'intervento P1 prevede l'adeguamento dell'attraversamento di via della Vittoria con scatolare 200x150 cm verso il recapito in Vallio. L'intervento P2 consiste in una serie di interventi lungo via Garibaldi al fine di rendere regolare il deflusso lungo il rio Pero: sostituzione della tubazione esistente DN120 con scatolare 200*150 cm lungo via Garibaldi per un'estensione pari a 275 m, realizzazione di una condotta DN100 lungo via XI febbraio per un'estensione pari a circa 85 m fino all'incrocio con via Garibaldi, realizzazione di bacino di laminazione con capacità pari a circa 800 m³ in corrispondenza della nuova lottizzazione "Alle Sorgenti".



Si riporta di seguito il profilo longitudinale che si determina lungo via Garibaldi per effetto degli interventi sopra descritti in caso di un evento con tempo di ritorno $Tr=50$ anni. Si può notare un elevato grado di riempimento delle condotte senza tuttavia il verificarsi di problematiche idrauliche di esondazione.

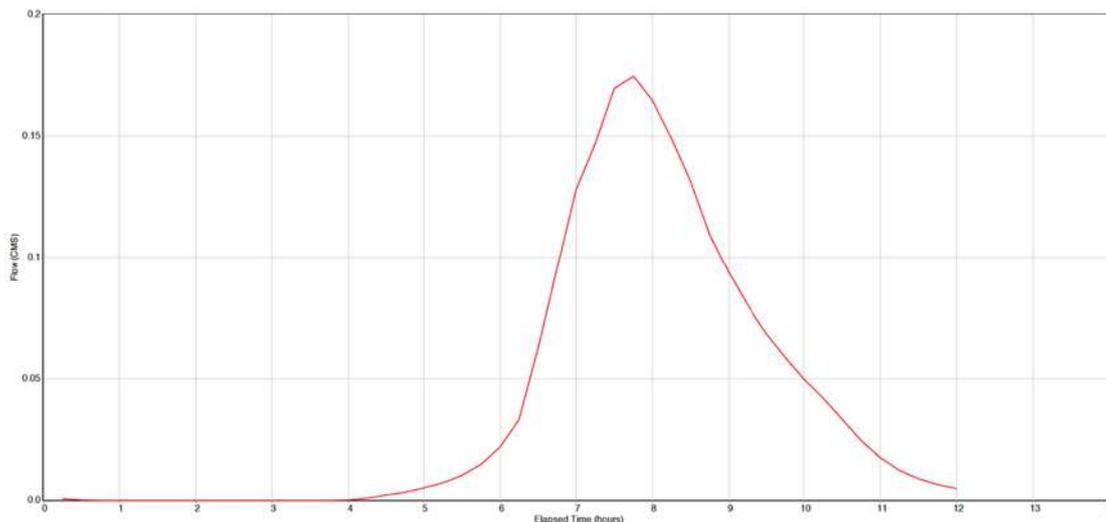


- **INTERVENTO P3** – via Silvio Pellico. Progetto redatto dal Consorzio di Bonifica Piave: sostituzione di un tratto tombinato verso il rio Levada, DN50, con uno scatolare 100x50 cm (dal nodo sez_175 al nodo manufatto) in parallelismo a via Silvio Pellico; rifacimento del tombino per accesso al civ.28 con sostituzione della tubazione \varnothing 60 con tubazioni \varnothing 80 cm.



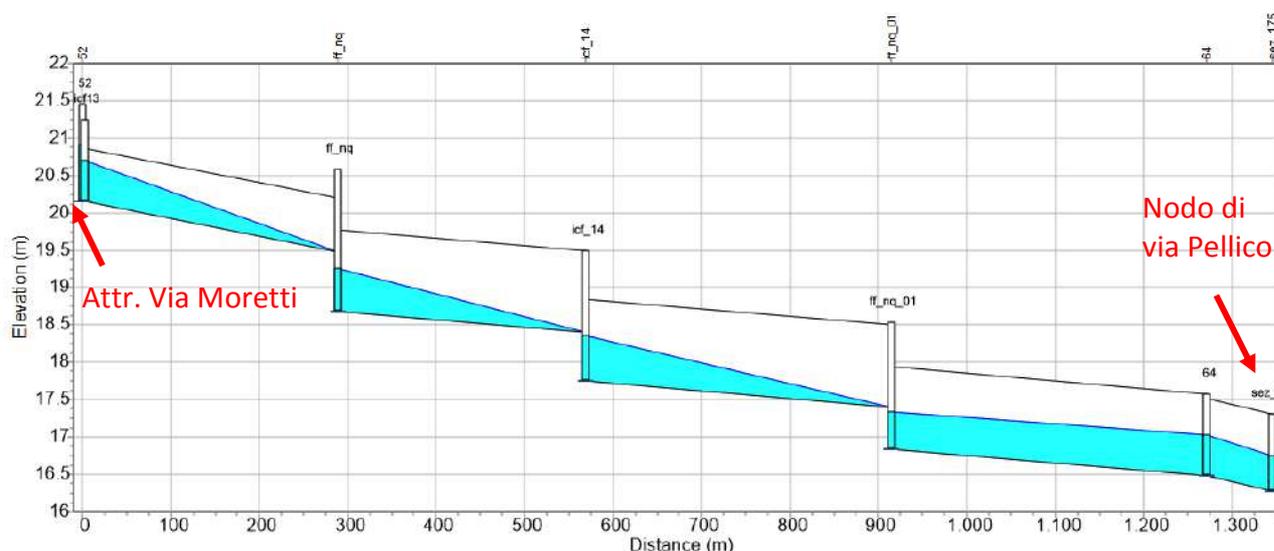


Di seguito l'andamento della portata di piena verso il Musestre con valore di picco pari a $Q=0,17 \text{ m}^3/\text{s}$, inferiore al dato calcolato nella condizione dello stato di fatto, pari a $Q=0,49 \text{ m}^3/\text{s}$. L'effetto di miglioramento dei deflussi lungo via Silvio Pellico si ottiene per effetto degli interventi previsti lungo il canale della Vittoria e più a monte con la realizzazione dell'area di laminazione di via Moretti, che trattiene i deflussi verso sud, oltre agli interventi previsti su via Silvio Pellico al fine di consentire un migliore deflusso verso il Rio Levada a sud.



- **INTERVENTO P4 e B1** – canale della Vittoria. Si prevede il risonamento del corso d'acqua, oltre alla realizzazione di salti di fondo lungo il tracciato al fine di limitare la velocità di scorrimento verso valle, in particolare verso via Silvio Pellico. Allo stato attuale il corso d'acqua presenta una pendenza della livelletta pari al 3‰, l'intervento prevede di portare la pendenza ad un valore pari a 0,1 ‰. Si prevede una sezione del corso d'acqua con larghezza alla base pari a 1 m, pendenza delle scarpate pari a 3/2.

Si riporta di seguito il profilo longitudinale del canale della Vittoria per un evento con tempo di ritorno $Tr=50$ anni.

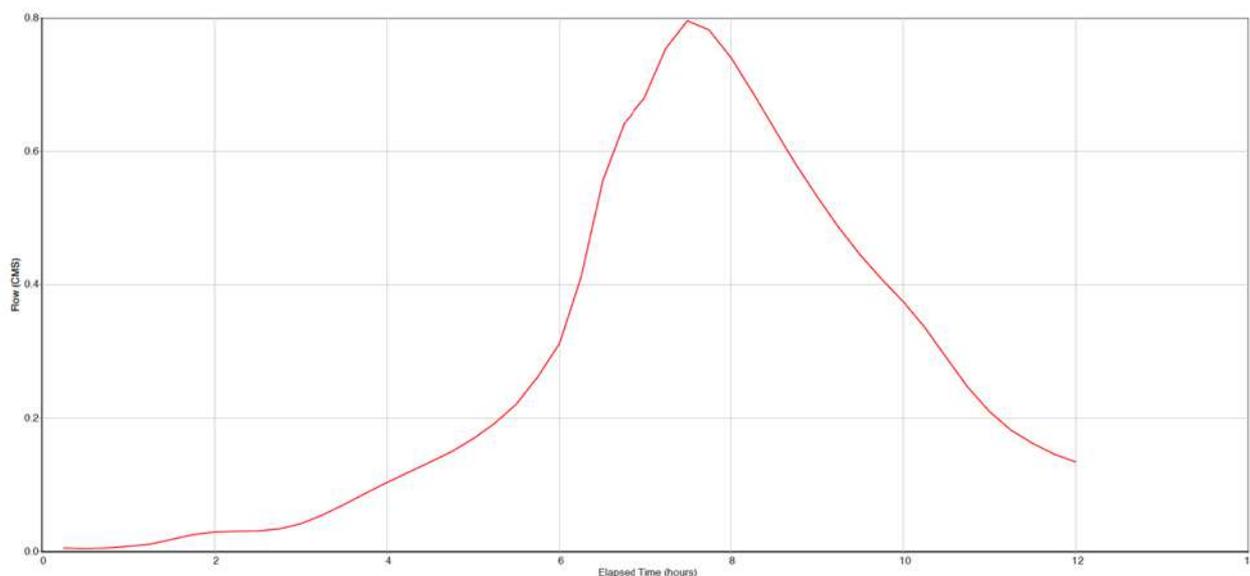


Profilo del canale della Vittoria – STATO DI PROGETTO TR=50 ANNI

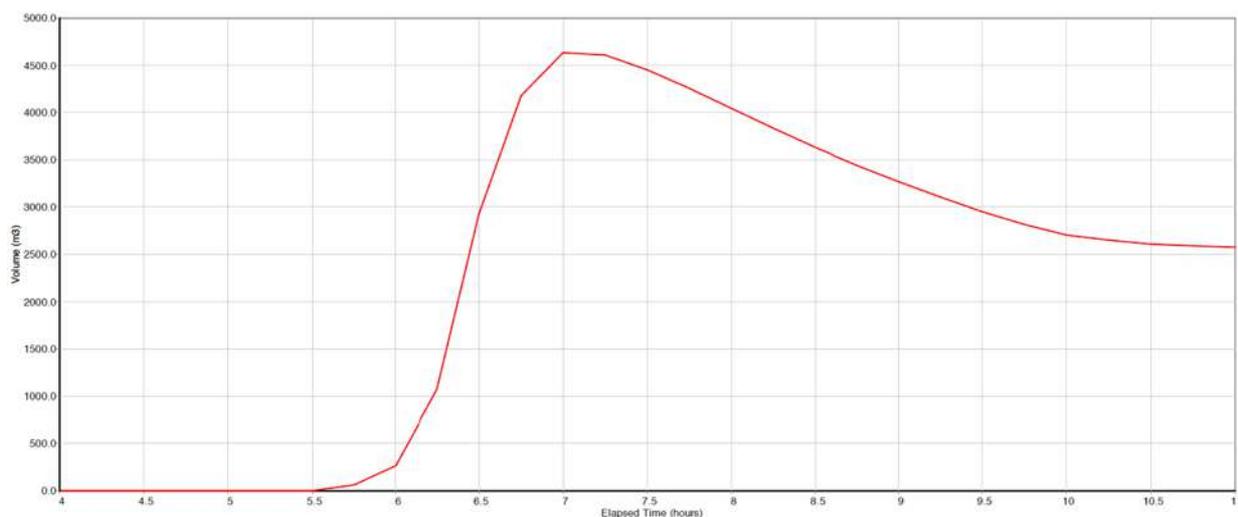


Si riporta di seguito la portata di piena per un evento con tempo di ritorno pari a 50 anni pari a circa $Q=0,80 \text{ m}^3/\text{s}$, certamente ridotta rispetto allo stato attuale, da un lato per effetto della nuova conformazione del corso d'acqua, ma soprattutto grazie alla realizzazione di un bacino di laminazione previsto in corrispondenza dell'incrocio tra via Moretti e via Levada, su una superficie pari a 5000 m^2 .

Come indicato nel grafico seguente, nello stesso evento di piena, il bacino, collegato al canale della Vittoria tramite tubazione di attraversamento di via Moretti DN80, è in grado di raccogliere un volume pari a circa 4.600 m^3 , con evidente miglioramento della situazione non solo a valle, ma anche in relazione alle criticità evidenziate nell'area centrale di Breda.



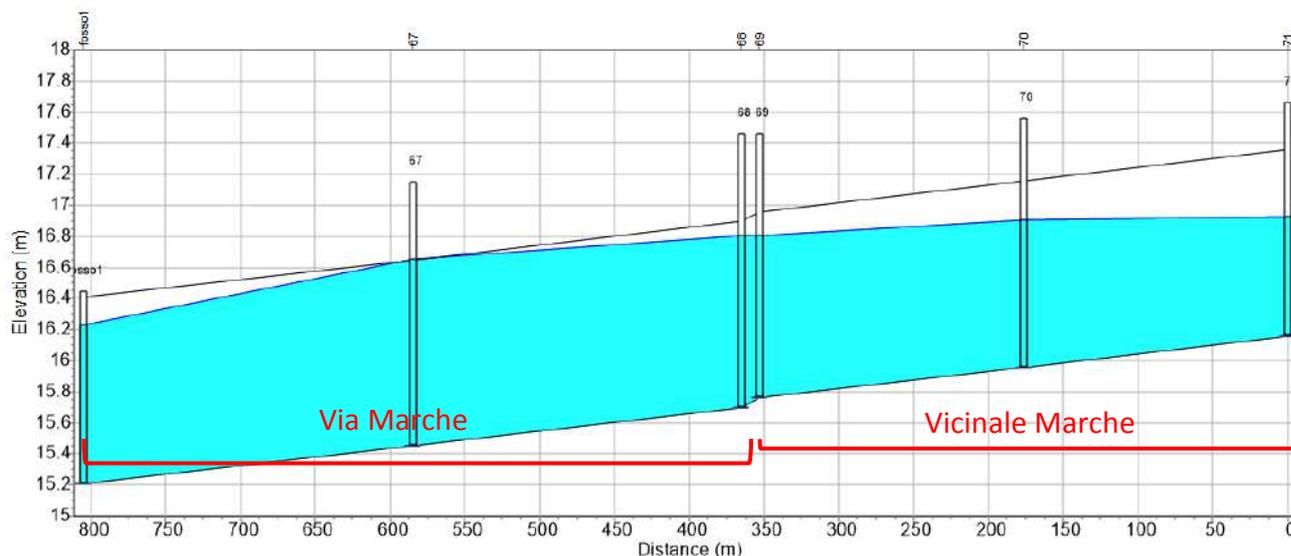
Andamento portata di piena canale della Vittoria – STATO DI PROGETTO TR=50 ANNI



Andamento volume invasato nel bacino di laminazione di via Moretti – STATO DI PROGETTO TR=50 ANNI

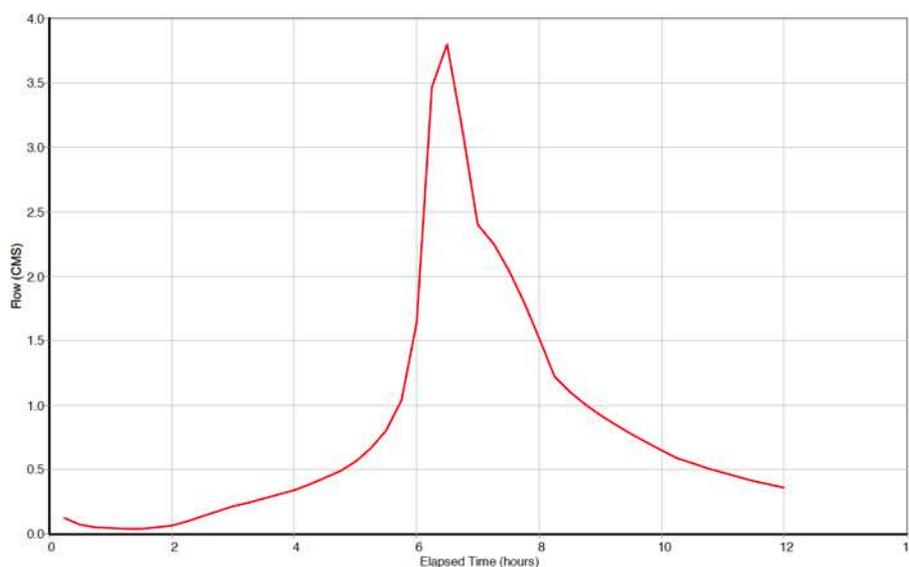


- **INTERVENTO P6** – via Marche e vicinale Marche. L'intervento P6 prevede la sostituzione delle tubazioni DN50/DN60 con una tubazioni con diametro DN120 per un'estensione pari a 870 m. Il profilo seguente per $Tr=50$ anni evidenzia la risoluzione delle problematiche evidenziate nello stato di fatto del modello.



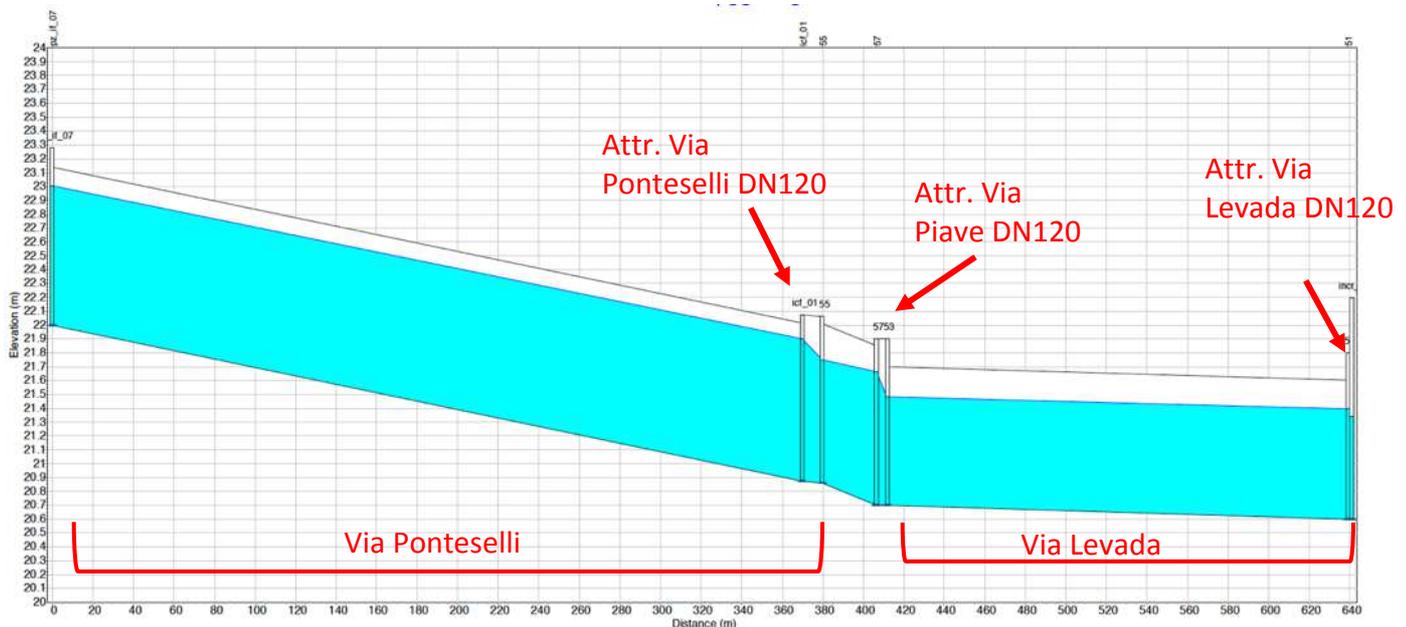
Profilo lungo via Marche e vicinale Marche – STATO DI PROGETTO $TR=50$ anni

INTERVENTO P7 – Gli interventi previsti nell'area di via Garibaldi, via Marche e vicinale Marche a consentono di risolvere le problematiche riscontrate nello stato di fatto. Tuttavia, si rende necessario prevedere interventi che consentano la laminazione dell'incremento di portata verso valle tramite l'inserimento di un bacino d'invaso con volume pari a circa 5000 m^3 lungo il Vallio a monte del confine comunale: il valore di portata viene in tal modo ricondotto ad un valore pari a $Q=3,85 \text{ m}^3/\text{s}$, per un tempo di ritorno $Tr=50$ anni, inferiore al dato calcolato nello stato d fatto pari a $Q=3,95 \text{ m}^3/\text{s}$.





- **INTERVENTO B2-B3-B4** – via Levada e via Ponteselli. Con gli interventi B2-B3 si prevede la realizzazione di un diversivo all'incrocio tra via Piave, via Ponteselli e via Levada, al fine di indirizzare i deflussi dai fossati di via Ponteselli verso un fosso a est di via Levada: nel modello sono stati quindi inseriti i nuovi attraversamenti di via Ponteselli e via Piave con tubazioni DN120 verso il fosso lungo via Levada, oggetto di risezionamento con larghezza alla base pari a 1,5 m e pendenza delle scarpate pari a 3/2. Inoltre, più a valle è stato inserito il nuovo attraversamento di via Levada con tubazioni DN120, in luogo delle tubazioni attuali DN50. Tale sistema quindi consente di alleggerire la condotta DN80 lungo via Piave, che consentirà il drenaggio delle sole acque provenienti dall'area urbana di Breda. Il profilo riportato di seguito per Tr=50 anni, che segue il tracciato del fosso a est di via Levada evidenzia la risoluzione delle problematiche evidenziate nello stato di fatto del modello in corrispondenza dell'incrocio di via Piave.

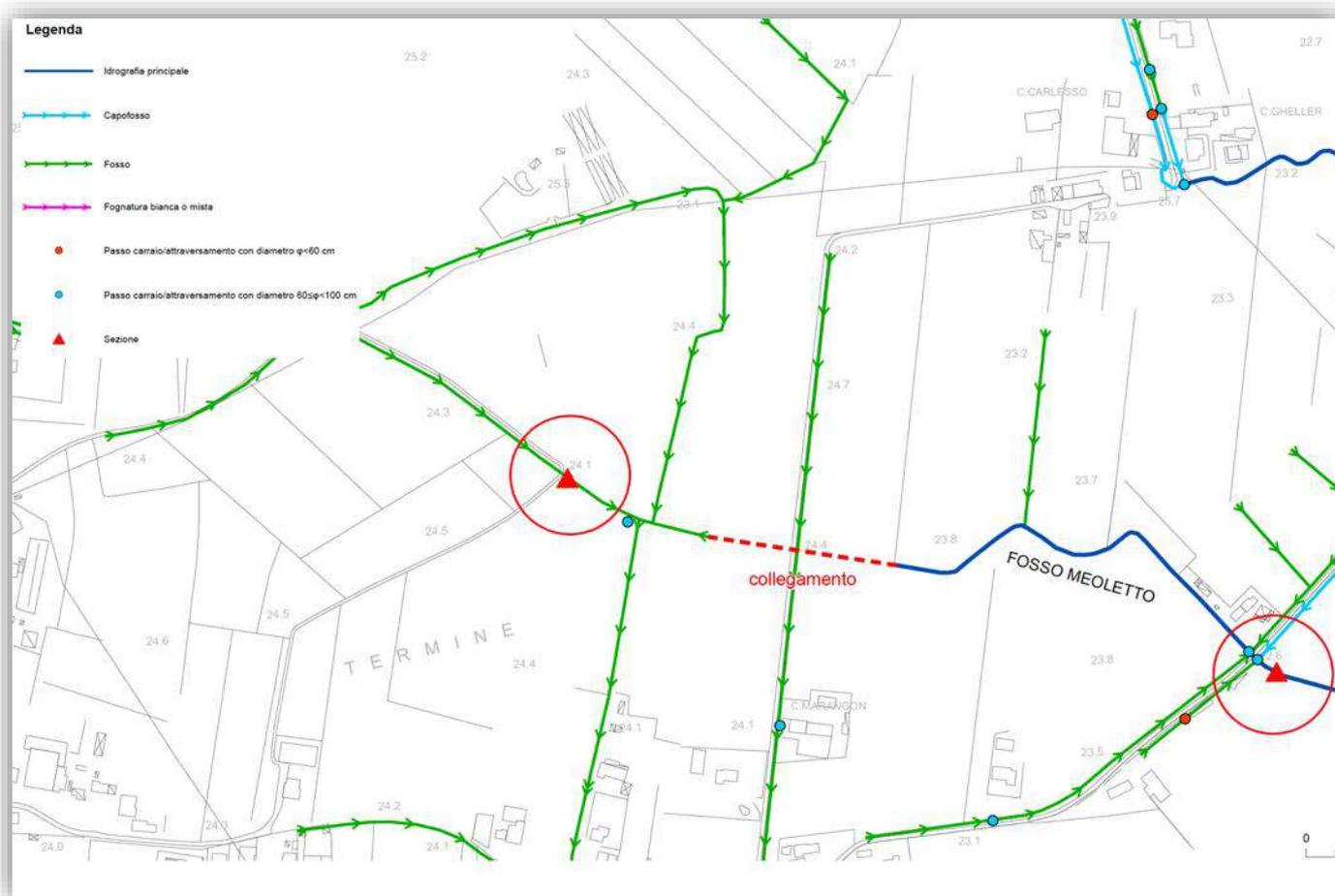


Profilo diversivo di via Piave – STATO DI PROGETTO TR=50 anni



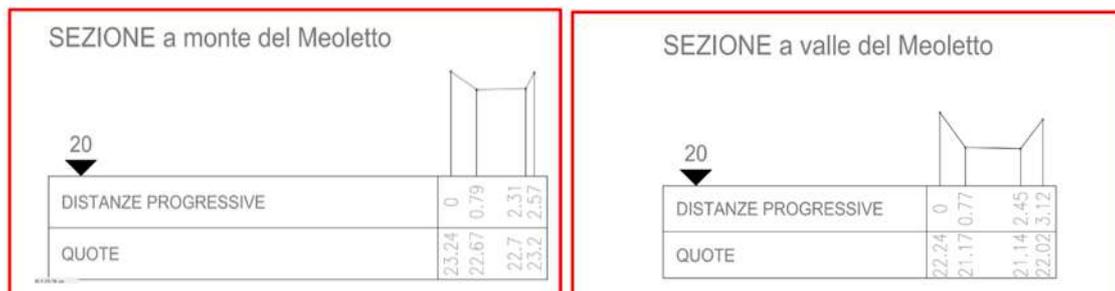
INTERVENTO B6 – via Armentaressa, fosso Meoletto. Gli interventi della zona Breda-Pero tengono conto anche di un intervento posto a monte dell’abitato di Breda, che prevede il ripristino del collegamento idraulico lungo il fosso Meoletto in corrispondenza di via Armentaressa, per un’estensione pari a 70 m circa, anche tramite esecuzione dell’attraversamento della stessa via.

Si tratta, in effetti, di ripristinare la continuità idraulica originaria del corso d’acqua, come appare evidente dall’analisi della cartografia e dalle indicazioni ricevute dal Comune di Breda di Piave, limitando al contempo i deflussi verso il vicolo L. Zanin e quindi verso l’area urbanizzata del centro di Breda.



L’area a destinazione agricola che viene in tal caso indirizzata verso il Meoletto è pari a circa 50 ha. Da una verifica con il modello idraulico dello stato di fatto per un tempo di ritorno di 50 anni, in relazione ai sottobacini codice n.1 e n.45, si ha una portata di piena pari a $0,10 \text{ m}^3/\text{s}$, che non verrebbe più, quindi, a gravare verso il vicolo Zanin, ma verso il Meoletto.

Si è quindi verificato con le sezioni idrauliche a disposizione la pendenza della livelletta del corso d’acqua per una verifica della capacità di portata. Dalle sezioni sotto riportate si ottiene una pendenza del 2‰ circa, che può essere ritenuta rappresentativa anche del corso d’acqua a valle, da analisi della tavola del microrilievo.



Il calcolo è stato quindi condotto, in condizioni di moto uniforme, attraverso la relazione di Gauckler-Strickler:

$$Q = S \times k_s \times R_H^{2/3} \times \sqrt{i_f}$$

in cui:

- S = sezione liquida in cui:
 - n = 1 = scarpa assunta;
 - y = tirante d'acqua;
- C = contorno bagnato;
- $R_H = S/C$ = raggio idraulico;
- $K_s = 35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ = coefficiente di scabrezza di Strickler assunto nell'ipotesi di canale in terra eseguito con escavatori meccanici e per il quale si ammettano cautelativamente condizioni di manutenzione non frequente o per cui siano prevedibili irregolari erosioni (corrispondente ad un coefficiente di scabrezza di Bazin $\gamma = 1.75 \text{ m}^{1/2}$).

Si ottiene in definitiva un tirante pari a 0,14 m, del tutto compatibile con la sezione idraulica del Meoletto presente in tale area, peraltro nel tratto iniziale dello stesso corso d'acqua.

BASE MINORE	1,7
SCARPATA (O:V)	1:1
TIRANTE	0,14
KS	35
S	0,26
C	2,096
RH	0,123
i	0,0020
PORTATA	0,10
VELOCITA'	0,39

Si può stimare che l'incremento di portata lungo il Meolo a valle, in prossimità del confine comunale, considerando la superficie complessiva del sottobacino Meolo nel territorio comunale pari a circa 416 ha, possa essere valutato in qualche punto percentuale, anche tenuto conto dell'effetto di laminazione operato dallo stesso corso d'acqua lungo il suo sviluppo in area agricola in direzione sud-est. Si deve tenere, peraltro, in debita considerazione che tale

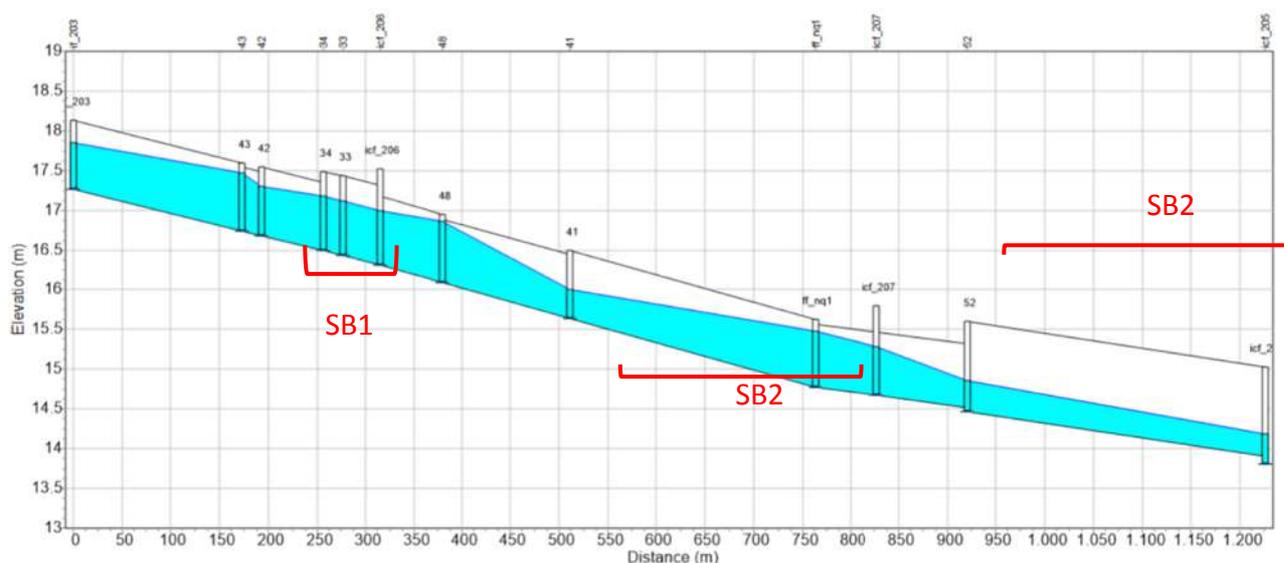


intervento consente il ripristino di una condizione pregressa, venuta meno in seguito alla chiusura del tratto del fiume Meoletto.

INTERVENTI SUL SOTTOBACINO MEOLO – AREA DI SAN BARTOLOMEO

Di seguito si riportano gli interventi proposti per la soluzione delle criticità idrauliche riscontrate sia a livello reale che di modellazione. La ricerca delle soluzioni è stata fatta per step tenendo conto delle indicazioni provenienti dagli enti competenti.

- **INTERVENTI SB1-SB2** – via Bovon: con l'intervento SB1 si ha un miglioramento delle condizioni di deflusso il rifacimento di un accesso carraio di circa 60m (tubo di diametro $\varnothing 50$, ostruito per la metà) con uno scatolare 100x100 cm; l'intervento SB2 riguarda invece la pulizia ed il risezionamento di due tratti di fossato per una lunghezza di circa 220 m, con una larghezza alla base di 1,5m e pendenza delle sponde di 3/2.



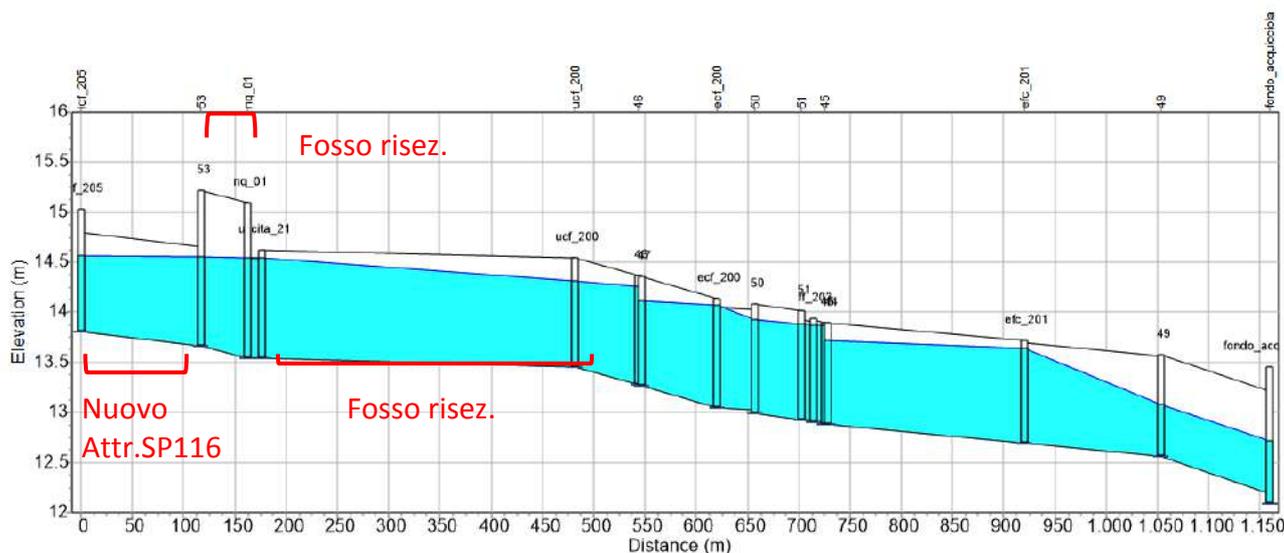
Profilo via Bovon fino all'incrocio con la SP116 – STATO DI PROGETTO Tr=50 anni

- **INTERVENTO SB3** – Attraversamento SP116, via Indipendenza: Vista la capacità attuale della sezione esistente e l'aumento delle massime portate in condizioni di piena dovute agli interventi precedentemente descritti (considerando anche una necessaria pulizia di attraversamenti e fossi), si ritiene necessario provvedere al rifacimento dell'attraversamento. Data la difficoltà a procedere con la sostituzione della condotta esistente (posta in prossimità di abitazioni), si ritiene efficace eseguire un diversivo (a partire dal nodo icf_205), realizzato con scatolare 150x100 cm, collegato con il fosso a sud di via Indipendenza, oggetto di risezionamento con larghezza alla base di 1,5 m, altezza pari a 1,55 m (in quota con il fosso a nord) e pendenza delle sponde di 3/2. Adiacente al fosso a sud, appena descritto, si prevede la realizzazione di un bacino di



laminazione con superficie di 2000 m² e altezza di circa 1,5m. Come per i bacini precedentemente descritti si prevede la realizzazione di uno sfioratore, posto a 40cm dal fondo del fosso, che permette di raccogliere solo le acque di piena, consentendo il normale deflusso di magra lungo la rete.

Successivamente è previsto l'attraversamento di via indipendenza verso il fosso posto a nord con uno scatolare 150x100 cm ed il risezionamento dello stesso con larghezza alla base di 1,5 m, e pendenza delle sponde di 3/2.



Profilo via Bovon Nuovo diversivo dell'attraversamento della SP116, via Indipendenza fino al Rio Acquicciola – STATO DI PROGETTO TR=50 ANNI

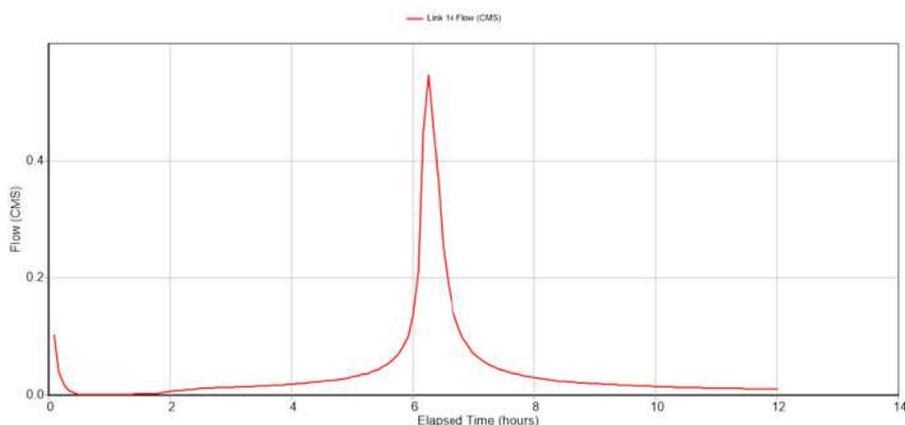


Grafico delle portate per il primo tratto tobinato con nuovo scatolare 100x100cm (tra i nodi 34 e 33) – STATO DI PROGETTO TR=50 ANNI

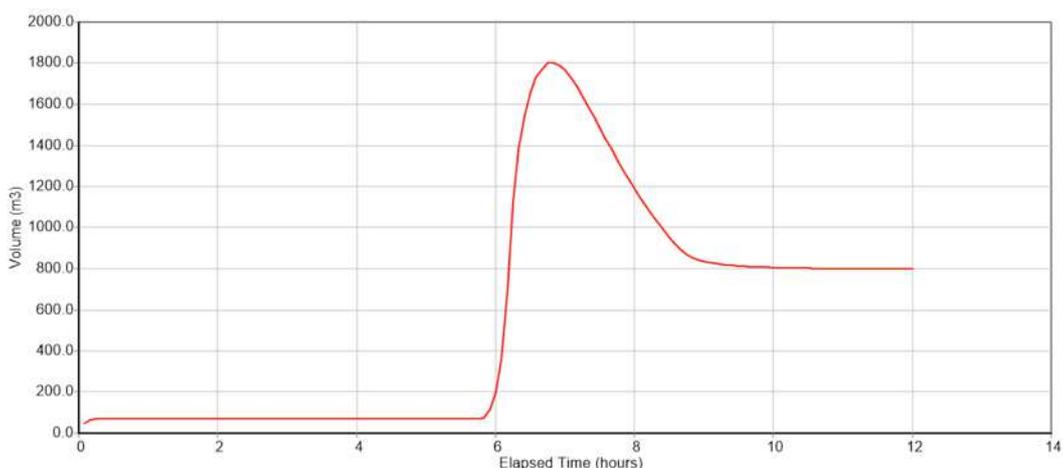
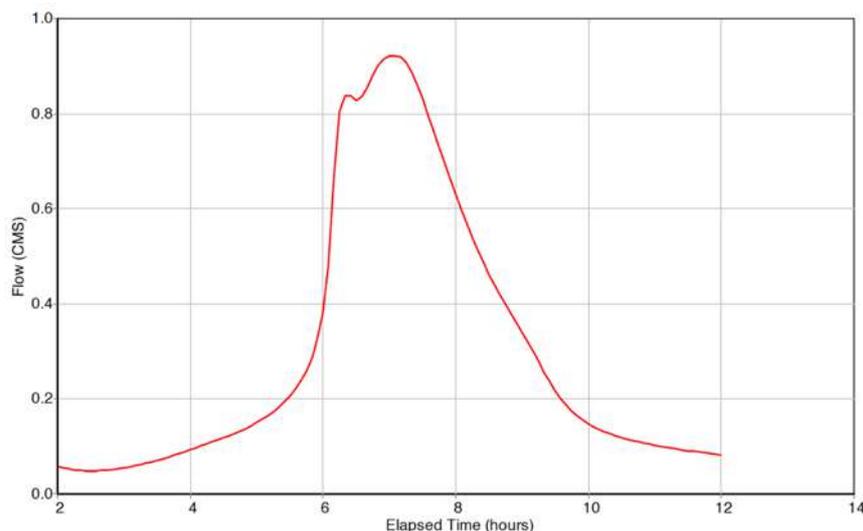


Grafico di riempimento del bacino di laminazione – STATO DI PROGETTO TR=50 ANNI

Si può notare come il bacino di laminazione consenta di trattenere circa 1800 m³, consentendo alla rete a valle di non soffrire dell'aumento delle portate di piena dovute ai miglioramenti di progetto previsti per il tratto di via Bovon.

Si riporta il grafico dell'andamento della portata del fosso in corrispondenza della confluenza con il Rio Acquiciola di competenza consorziale per un evento con tempo di ritorno Tr=50 anni, Q=0,92 m³/s, inferiore comunque al dato relativo allo stato di fatto, pari a Q=0,98 m³/s, in ragione degli interventi di laminazione operati a monte.





8 Appendice – Descrizione del modello di calcolo SWMM

Il modello è formato da 4 blocchi principali, destinati a studiare ognuno un singolo aspetto della rete; i 4 moduli possono essere interconnessi, ma permettono anche di essere utilizzati singolarmente in quei casi in cui sia necessario lo studio di un particolare aspetto. In particolare il modulo EXTRAN a cui è devoluto il compito di analizzare la rete a moto vario è stato sviluppato come programma autonomo nel 1973 come modello per l'analisi della rete fognaria di San Francisco; nel 1974 è stato poi acquistato dall'EPA per essere integrato in SWMM.

Per quanto riguarda la restituzione delle acque al recipiente finale, SWMM è in grado di simulare varie condizioni tra le quali anche la possibilità di sbocco in un recipiente con il livello variabile nel tempo.

Runoff

Runoff è il modulo di SWMM destinato all'analisi quantitativa e qualitativa dei fenomeni di scorrimento superficiale e di trasporto di acqua e inquinanti ai collettori principali della rete.

Il bacino viene schematizzato come un aggregato di sottobacini e di tubazioni. I dati relativi alle precipitazioni possono essere inseriti come intensità o come altezza cumulata di precipitazione.

L'afflusso è considerato uniformemente distribuito su tutto il bacino (se non diversamente specificato). La trasformazione degli afflussi in deflussi viene fatta secondo la schematizzazione di un serbatoio non lineare. La portata in ingresso è calcolata sulla base della precipitazione, la portata in uscita, che rappresenta l'idrogramma in ingresso alla rete fognaria, è ridotta dalle perdite dovute all'evaporazione, all'infiltrazione e alla capacità d'invaso del bacino stesso.

Il volume di questi, ipotetici, serbatoi è dato dalla capacità di immagazzinamenti delle depressioni. Il deflusso si innesca quando l'altezza d'acqua nel serbatoio supera l'altezza delle depressioni.

Questo viene determinato tramite l'equazione:

$$Q = W(1,49/n)(d-d_p)^{5/3}S^{1/2}$$

Ogni sottobacino viene considerato come una superficie inclinata divisa in zone permeabili e impermeabili, equamente distribuite ai lati del serbatoio.

La larghezza, la pendenza e il coefficiente di Manning della superficie di scolo sono parametri importanti ai fini del calcolo del tempo di corrivazione e della determinazione del deflusso superficiale.

Il calcolo dell'infiltrazione nelle zone permeabili, aree a verde, può essere svolto utilizzando la seguente formula empirica di Horton, assegnando i coefficienti più adatti in funzione del tipo di terreno:

$$f = f_c + (f_0 - f_c) \cdot e^{-kt}$$

dove

$f(t)$ è la capacità di infiltrazione nel tempo espressa in mm/h

f_0 è l'infiltrazione massima che si verifica nel tempo $t=0$;

f_c è il valore di infiltrazione raggiunto asintoticamente ad un tempo infinito;



k è una costante che qualifica la velocità dell'esaurimento, cioè del passaggio dal valore f_0 al valore f_c .

Si ipotizza che l'acqua di precipitazione in parte si accumuli nelle depressioni superficiali del terreno ed in parte si infiltri nel terreno fino a saturarlo, a questo punto l'acqua meteorica si infiltra solamente in minima parte e praticamente tutta scorre in superficie fino a raggiungere la rete drenante.

Ogni suolo è, quindi, caratterizzato da quattro parametri f_0 , f_c , k e la detenzione superficiale ds . I valori f_0 , f_c e k esprimono, in un certo qual modo, rispettivamente la capacità di penetrazione della pioggia nella superficie del suolo, la velocità di propagazione attraverso gli strati saturi del suolo e la velocità con cui, quest'ultimo, si va saturando, in relazione alla specifica tessitura. Sono stati assegnati, considerando i terreni della zona in esame ed in accordo con quanto disponibile in letteratura, i seguenti parametri della curva di Horton forniti dal Soil Conservation Service assumendo una tipologia di terreno C con: Potenzialità di deflusso moderatamente alta, la quale comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali. Il territorio è stato caratterizzato, sulla base della pedologia, dai seguenti parametri, distinti per zone:

- $f_0 = 150; 200; 225; 250 \left[\frac{mm}{h} \right]$
- $f_c = 9; 12,7; 20; 25,4 \left[\frac{mm}{h} \right]$
- $k = 2 h^{-1}$

Per le aree impermeabili la pioggia netta efficace è stata ottenuta mediante la sola sottrazione della detenzione data dal volume dei "piccoli invasi".

Extran

Extran è un modello per la determinazione delle condizioni di moto in reti di canali o condotte; riceve ideogrammi come input in specifici nodi generati o dal modulo RUNOFF o immessi direttamente dall'utente. Il modello analizza il moto all'interno delle condotte mediante la risoluzione delle equazioni di De Saint-Venant nella loro forma completa. E' in grado di simulare sia reti chiuse che dendritiche e può simulare i fenomeni sia di rigurgito che di moti in pressione. Permette di studiare stazioni di sollevamento e vasche di prima pioggia. Accetta vari tipi di condotte e permette l'analisi di canali naturali.

Il modello, al fine di produrre l'idrogramma in uscita, utilizza la forma completa delle equazioni di De Saint-Venant. La soluzione viene cercata mediante l'utilizzo di uno schema esplicito alle differenze finite denominato metodo di Eulero modificato.

L'attrito sul fondo è dato dall'equazione di Manning nella quale però la velocità viene espressa in valore assoluto in modo da rendere l'attrito direzionale e sempre rivolto in direzione contraria al moto.

Equazioni alla base della modellazione

Le equazioni alla base del codice usato da SWMM sono le equazioni differenziali alle derivate parziali del primo ordine di De Saint Venant, composte da:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (5.1)$$



$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(\frac{Q^2}{A} \right)}{\partial t} + gAS \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0 \quad (5.2)$$

dove:

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

La (5.1) è l'equazione di continuità del moto vario in assenza di flussi e deflussi laterali, la (5.2) è l'equazione del momento della quantità di moto.

Considerando che:

$$\frac{Q^2}{A} = V^2 A \quad (5.3)$$

$$\frac{\partial (V^2 A)}{\partial x} = 2AV \frac{\partial V}{\partial x} + V^2 \frac{\partial A}{\partial x} \quad (1.4)$$

dove con V si intende la velocità media lungo il condotto.

Sostituendo nell'equazione del momento della quantità di moto (5.2):

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + 2AV \frac{\partial V}{\partial x} + V^2 \frac{\partial A}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0 \quad (5.5)$$

Sapendo che l'equazione di continuità (5.1) può essere riformulata come:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + A \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial A}{\partial x} = 0 \quad (5.6)$$

nella quale, moltiplicando per V :

$$AV \frac{\partial V}{\partial x} = -V \frac{\partial A}{\partial t} - V^2 \frac{\partial A}{\partial x} \quad (5.7)$$

Sostituendo quest'ultima equazione (5.7), nell'equazione (5.5) si ottiene:

$$\boxed{\frac{\partial Q}{\partial t} + gAS_f - 2V \frac{\partial A}{\partial t} - V^2 \frac{\partial A}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} = 0} \quad (5.8)$$

che è l'equazione del moto risolta lungo i rami da SWMM.

La formula adottata per descrivere la perdita di carico è definita dall'equazione di Manning:

$$S_f = \frac{k}{gAR_H^{4/3}} Q|V| \quad (5.9)$$



dove:

- k è un parametro dato da gn^2 ;
- n è il coefficiente di scabrezza di Manning;
- g è la costante gravitazionale;
- Q è la portata;
- V è la velocità media;
- R_H è il raggio idraulico.

Il termine V compare in valore assoluto per rendere direzionale la grandezza S_f , assicurando, inoltre, che le forze di attrito siano sempre opposte al moto.

Sostituendo la (5.9) nella (5.8) ed esprimendo il tutto alle differenze finite:

$$Q_{t+\Delta t} = Q_t - \frac{k\Delta t}{R^{4/3}} |V_t| Q_{t+\Delta t} + 2V \left(\frac{\Delta A}{\Delta t} \right)_t \Delta t + V^2 \frac{A_2 - A_1}{L} \Delta t - gA \frac{H_2 - H_1}{L} \Delta t \quad (5.10)$$

dove:

- Δt è il passo di calcolo;
- L è la lunghezza del condotto.

Risolviendo la precedente equazione (5.10) si ottiene:

$$Q_{t+\Delta t} = \frac{1}{1 + \frac{k\Delta t}{R^{4/3}} |V_t|} \left[Q_t + 2\bar{V} \left(\frac{\Delta A}{\Delta t} \right)_t \Delta t + \bar{V}^2 \frac{A_2 - A_1}{L} \Delta t - g\bar{A} \frac{H_2 - H_1}{L} \Delta t \right] \quad (5.11)$$

Dove \bar{V} , \bar{R} ed \bar{A} sono le medie pesate, al tempo t , lungo il condotto e $\left(\frac{\Delta A}{\Delta t} \right)_t$ è calcolata al passo

temporale precedente.

Le incognite dell'equazione (5.11) sono $Q_{t+\Delta t}$, H_1 e H_2 . È possibile esprimere le variabili \bar{V} , \bar{R} ed \bar{A} in funzione di Q e di H .

Ora si rende necessario mettere a sistema un'ulteriore equazione, che può essere ricavata scrivendo l'equazione di continuità del moto:

$$\left(\frac{\partial H}{\partial t} \right)_t = \left(\frac{\sum Q_t}{A_s} \right)_t \quad (5.12)$$

dove A_s è l'area della superficie libera al nodo.

La precedente equazione (5.12) può essere scritta alle differenze finite:

$$H_{t+\Delta t} = H_t + \left(\frac{\sum Q_t \Delta t}{A_s} \right)_t \quad (1.13)$$

Soluzione numerica

Le equazioni (5.11) e (5.13) possono essere risolte tramite il metodo di Eulero modificato.

Lo schema di calcolo è:

1. Calcolare $\left(\frac{\partial Q}{\partial t} \right)_t$ dalle proprietà del sistema al tempo t



2. Esprimere $Q\left(t + \frac{\Delta t}{2}\right)$ come $Q\left(t + \frac{\Delta t}{2}\right) = Q(t) + \left(\frac{\partial Q}{\partial t}\right)_t \frac{\Delta t}{2}$
3. Calcolare le proprietà del sistema al tempo $t + \frac{\Delta t}{2}$
4. Formulare $\left(\frac{\partial Q}{\partial t}\right)_{t+\frac{\Delta t}{2}}$ dalle proprietà del sistema al tempo $t + \frac{\Delta t}{2}$
5. Esprimere $Q(t + \Delta t)$ come $Q(t + \Delta t) = Q(t) + \left(\frac{\partial Q}{\partial t}\right)_{t+\frac{\Delta t}{2}} \Delta t$

Si calcola, quindi, il valore di $\left(\frac{\partial Q}{\partial t}\right)_t$ in corrispondenza di un passo temporale intermedio $t + \frac{\Delta t}{2}$,

quindi assumendo come pendenza media del passo Δt quella all'istante $t + \frac{\Delta t}{2}$.

La sequenza delle operazioni da eseguire per il calcolo della portata nei rami e del carico idraulico nei nodi sono:

1. calcolo della portata $Q_{t+\frac{\Delta t}{2}}$ nei rami al passo di calcolo $t + \frac{\Delta t}{2}$ con riferimento ai valori di carico idraulico H_t nei nodi al passo di calcolo intero precedente t ;
2. calcolo dei flussi attraverso pompe e sfioratori al passo di calcolo intermedio $t + \frac{\Delta t}{2}$ basandosi sui valori di carico idraulico nei nodi collegati da tali organi al passo di calcolo precedente t ;
3. calcolo del carico idraulico $H_{t+\frac{\Delta t}{2}}$ nei nodi al passo di calcolo intermedio $t + \frac{\Delta t}{2}$ basandosi sul valore medio delle portate nei rami collegate al passo di calcolo intero precedente t e al passo di calcolo intermedio $t + \frac{\Delta t}{2}$ più i flussi attraverso pompe e sfioratori al passo di calcolo intermedio $t + \frac{\Delta t}{2}$;
4. calcolo della portata Q_t nei rami al passo di calcolo intero $t + \Delta t$ con riferimento ai valori di carico idraulico $H_{t+\frac{\Delta t}{2}}$ nei nodi al passo di calcolo intermedio precedente $t + \frac{\Delta t}{2}$;
5. calcolo dei flussi attraverso pompe e sfioratori al passo di calcolo intero $t + \Delta t$ basandosi sui valori di carico idraulico nei nodi collegati da tali organi al passo di calcolo precedente $t + \frac{\Delta t}{2}$;
6. calcolo del carico idraulico $H_{t+\Delta t}$ nei nodi al passo di calcolo intero $t + \Delta t$ basandosi sul valore medio delle portate nei rami collegate al passo di calcolo intermedio



precedente $t + \frac{\Delta t}{2}$ e al passo di calcolo intero $t + \Delta t$ più i flussi attraverso pompe e sfioratori al passo di calcolo intero $t + \Delta t$.

Stabilità numerica del metodo di Eulero

Il metodo permette di arrivare ad una soluzione numerica dell'equazione del moto per il calcolo delle portate nei rami e dell'equazione di continuità per il calcolo del carico idraulico nei nodi.

Si presta bene all'implementazione per la sua semplicità, che induce una minore memoria utilizzata per i calcoli, ma proprio per questa il metodo non è stabile e richiede passi di calcolo brevi.

Dall'esperienza è risultato che il programma è numericamente stabile quando si verificano le seguenti condizioni:

- Per i rami:

$$\Delta t \leq \frac{L}{\sqrt{gD}}$$

dove:

- Δt è il passo di calcolo;
- L è la lunghezza della condotta;
- g è la costante gravitazionale;
- D è il diametro della condotta.

Questa non è altro che una forma della condizione di Courant, in cui il passo di calcolo temporale è limitato dal tempo necessario alla propagazione dell'onda nella condotta.

- Per i nodi:

$$\Delta t \leq \frac{C' A_s \Delta H_{\max}}{Q}$$

dove:

- Δt è il passo di calcolo;
- C' è una costante adimensionale approssimativamente pari a 0,1;
- A_s è l'area della superficie libera corrispondente al nodo;
- ΔH_{\max} è il massimo sovrizzo della superficie dell'acqua durante il passo di calcolo Δt ;
- Q afflusso netto al nodo.

Quindi, dalle precedenti disuguaglianze si deduce che il passo di calcolo massimo ammissibile è determinato dal più piccolo e corto condotto con elevati afflussi.

In genere un passo di calcolo di 5-10 secondi è sufficientemente piccolo da garantire idrogrammi esenti da oscillazioni irregolari e soddisfa la continuità della massa in condizioni di allagamento.