Codice elaborato:

A.02

COMUNE DI SAN ZENONE DEGLI EZZELINI

PIANO DELLE ACQUE COMUNALE

Elaborato:

MODELLAZIONE IDRAULICA

21.2.2019	b	revisione Consorzio di Bonifica Piave	ing. Eros Cavallin	ls	ec	ec	ec	
6.12.2018	a	prima emissione	ing. Eros Cavallin	ls	ec	ec	ec	Commessa: 7236
DATA	REV.	DESCRIZIONE	CAPO COMMESSA	OPERATORE	RIESAME	VERIFICA	VALIDAZIONE	

TECNOHABITAT
ingegneria

Corte Maggiore 22/5- 31044 Montebelluna (TV)
tel.0423.601888
email: studio@tecnohabitatingegneria.it
www.tecnohabitatingegneria.it

STUDIO CON SISTEMA DI GESTIONE DELLA QUALITA' CERTIFICATO n. 5341/01/S
Member of CISQ Federation
RINA
ISO 9001:2008
Certified Quality System

INDICE

1 PREMESSA 2

2 I BACINI MINORI 3

3 ANALISI IDROLOGICA 4

3.1 DEFINIZIONE DEI BACINI 4

4 DEFINIZIONE DELL'EVENTO PLUVIOMETRICO DI PROGETTO 5

4.1 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI - DEFLUSSI 8

4.1.1 IL MODELLO MATEMATICO 12

4.1.2 PROPAGAZIONE DELL'ONDA DI PIENA 13

4.1.3 PARAMETRI DELLA SIMULAZIONE 13

5 ZONA DI STUDIO A: VALSERNA - BOSCHIER - RIAZZOLO 14

5.1.1 ROGGIA VALSERNA 15

5.1.2 ROGGIA BOSCHIER 15

5.1.3 TORRENTE RIAZZOLO 15

5.2 MODELLO IDRAULICO-IDROLOGICO 15

5.3 RISULTATI DELL'ANALISI 17

6 ZONA DI STUDIO B: SCALON - PEROSINA 20

6.1.1 TORRENTE SCALON 20

6.1.2 SCOLO PEROSINA 21

6.2 MODELLO IDRAULICO-IDROLOGICO 21

6.3 RISULTATI DELL'ANALISI 22

7 ZONA DI STUDIO C: VOLON - GIARONA 24

7.1.1 TORRENTE VOLON 25

7.1.2 RIO GIARONA 25

7.2 MODELLO IDRAULICO-IDROLOGICO 25

7.3 RISULTATI DELL'ANALISI 26

8 ANALISI IDRAULICA 29

8.1 CODICE DI CALCOLO HEC-RAS 29

8.1.1 DEFINIZIONE DELLA SCABREZZA 31

8.2 ANALISI CONFLUENZA FINALE ZONA A 32

8.3 ANALISI DIVERSIONE FINALE ZONA C 35

9 CONCLUSIONI 38

1 PREMESSA

Nell'ambito della revisione del Piano delle Acque del Comune di San Zenone degli Ezzelini è stato sviluppato il presente studio idrologico e idraulico del territorio indagato e dei corsi d'acqua che lo attraversano; lo studio ha comportato il rilievo plano altimetrico della rete consortile e delle principali affossature presenti sul territorio comunale valutandone le interferenze e le interconnessioni con le dorsali principali della fognatura pubblica bianca.

Nei successivi paragrafi sono illustrate le caratteristiche e i risultati della modellazione idrologico-idraulica e le indicazioni che da essi scaturiscono in termini di criticità, interventi e opere da pianificare per la messa in sicurezza del territorio.

Sono riportate inoltre le indagini preliminari relative al suolo ed in particolare alle sue caratteristiche di permeabilità, le caratteristiche idrologiche del suolo e il regime pluviometrico al fine di individuare alcuni ietogrammi di riferimento i quali, sulla scorta delle precedenti considerazioni, sono stati depurati della frazione che si infiltra nel terreno ottenendo così degli ietogrammi "netti".

A partire dai risultati del modello della separazione degli afflussi (ietogrammi netti), si sono poi ricavate, tramite un opportuno modello di trasformazione afflussi-deflussi, le portate generate dai singoli sottobacini scolanti nei collettori in esame.

Infine, conclusa l'analisi della risposta idrologica dei sottobacini, è stato descritto lo studio più prettamente idraulico andando a simulare con modellazione matematica il propagarsi delle portate di piena e i loro effetti sui livelli idrometrici nelle sezioni dei collettori.

L'analisi è stata effettuata utilizzando specifici e avanzati software per la modellazione idrologica e idraulica. Tali software hanno permesso lo studio del comportamento idraulico in alveo, per le reti superficiali, e la propagazione in condotta per le reti di fognatura. La modellazione è finalizzata infatti alla descrizione del comportamento idraulico degli scoli consortili, dei fossati e dei tratti di rete fognaria principali che attraversano il Comune di San Zenone degli Ezzelini evidenziandone le eventuali insufficienze e le possibili fonti di rischio per il territorio, generalmente rappresentate da restringimenti, attraversamenti, inadeguatezza della sezione idraulica e/o degli argini.
In questo modo è stato quindi possibile, tra l'altro, individuare le sezioni dei collettori ove maggiore è il rischio di tracimazione, i manufatti che creano maggior rigurgito, i tratti di condotte che risultano in pressione, ma soprattutto comprendere, seppur nei limiti insiti nelle ipotesi e approssimazioni dei modelli, il comportamento idraulico dei differenti sistemi e l'interazione tra gli stessi: conoscenza propedeutica indispensabile per intervenire efficacemente con adeguate e circostanziate soluzioni progettuali.

Partendo dalla base delle conoscenze acquisite mediante l'analisi della documentazione esistente e grazie ai rilievi in campo effettuati, è stato possibile simulare, a mezzo di opportuni strumenti matematici, il funzionamento delle reti idriche a cielo aperto e di alcuni tratti tubati.

Il modello matematico implementato permette di simulare il comportamento della rete idrica negli scenari futuri con la realizzazione di interventi per la mitigazione del rischio idraulico nelle zone sofferenti.

2 I BACINI MINORI

Analizzando il reticolo fluviale minore insistente sul territorio comunale si individuano cinque corsi d'acqua principali. In particolare i corsi d'acqua principali insistenti sul territorio comunale risultano essere:

- Torrente Viazza
- Torrente Pighenzo
- Torrente Riazzolo
- Valle Longa
- Torrenti Giarona, Volon e Musonello

Nella figura 2.1 vengono riportati i bacini scolanti dei torrenti principali che attraversano il territorio comunale. I torrenti sopracitati hanno degli alvei ben definito dall'orografia del terreno. Il deflusso al loro interno avviene naturalmente e non solo durante gli eventi meteorologici.

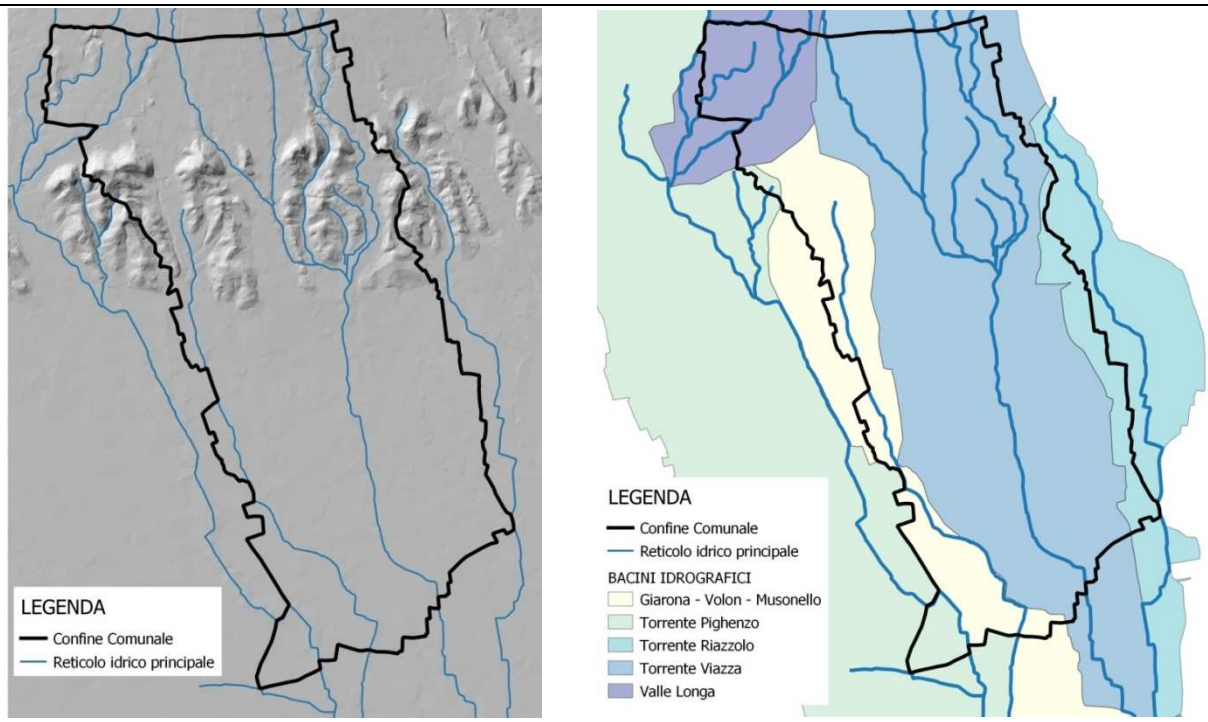

figura 2.1. Bacini idrografici minori

Oggetto di studio sarà dunque la rete minore, la quale raccoglie capillarmente le portate meteoriche precipitate sul territorio per poi consegnarle ai corpi ricettori principali.

La rete idrografica minore, solitamente non presenta un deflusso costante al suo interno, ma si attiva solamente durante gli eventi meteorologici. È quindi necessario verificare la sua continuità idraulica e capacità nel compiere il deflusso in sicurezza delle portate precipitate sul bacino scolante.

Al fine di alleviare la mole di portate gravanti sul ogni singolo fossato, si procede cercando di riaprire nuove vie di deflusso ormai abbandonate in modo da rendere più capillare la captazione delle portate precipitate e diminuire la portata da trasportare del singolo fossato. Si evita in questo modo la realizzazione dei invasi localizzati, i quali vengono utilizzati solo poche volte l'anno e solo per eventi del tutto eccezionali.

3 ANALISI IDROLOGICA

Al fine di valutare la portata che insiste sui vari corsi d'acqua presenti nel territorio comunale oggetto di studio, si è eseguita un analisi idrogeologica. Partendo dal DTM (digital elevation model) con maglia 5x5 m^2 fornito dalla Regione Veneto ed utilizzando la carta dell'uso dei suoli sempre fornita dalla Regione Veneto si è definita l'area scolante di pertinenza e la composizione superficiale del suolo, in modo da definire al meglio il bacino imbrifero per poi determinare le portate precipitate.

3.1 DEFINIZIONE DEI BACINI

L'analisi morfometrica riportata è stata effettuata utilizzando la routine geomorfologiche del software GIS GRASS, sulla base del modello digitale del terreno. Come si può notare dalla carta riportata in figura 3.1.1, si è riusciti a dare un indice di pendenza ad ogni pixel definito dalla maglia di rilievo del DTM. In questo modo si può agevolmente definire la direzione di deflusso intrapresa dalle portate precipitate.

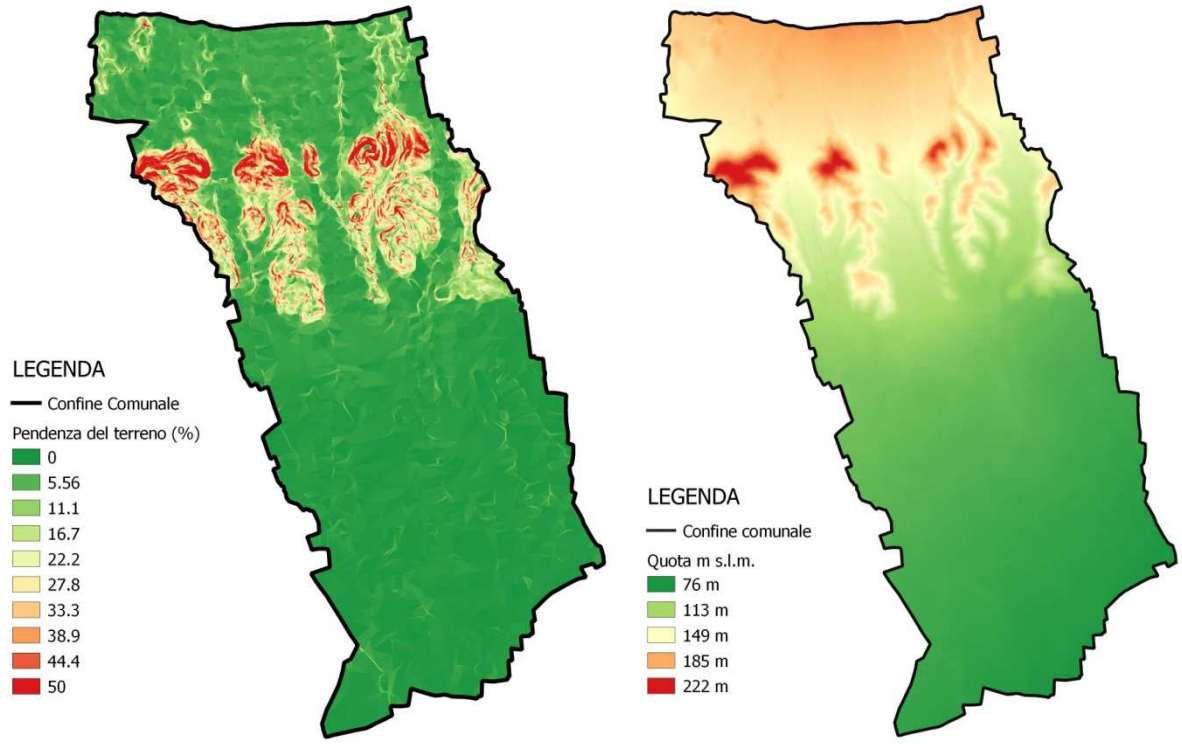

figura 3.3.1. Consorzi di Bonifica della Provincia di Treviso

L'intera area comunale è caratterizzata da una modesta pendenza del terreno, con altitudini che variano da 180 m a nord sino ai 76 m a sud. nel mezzo si hanno alcuni rilievi che toccano altitudini di circa 220 m. Analizzando la disposizione delle curve di livello con passo al metro, si notano anche delle curve ben definite che vanno a localizzare dei canaloni sui versanti dei rilievi. Si nota anche che si è in un area in cui si ha un netto cambiamento della pendenza del territorio. Volendo definire il comportamento del deflusso a pelo libero, un cambio cosi radicale delle pendenze comporta una variazione radicale delle velocità e dei tiranti. Si dovrà quindi tener conto nelle analisi di questa importante variazione della distribuzione delle pendenze.

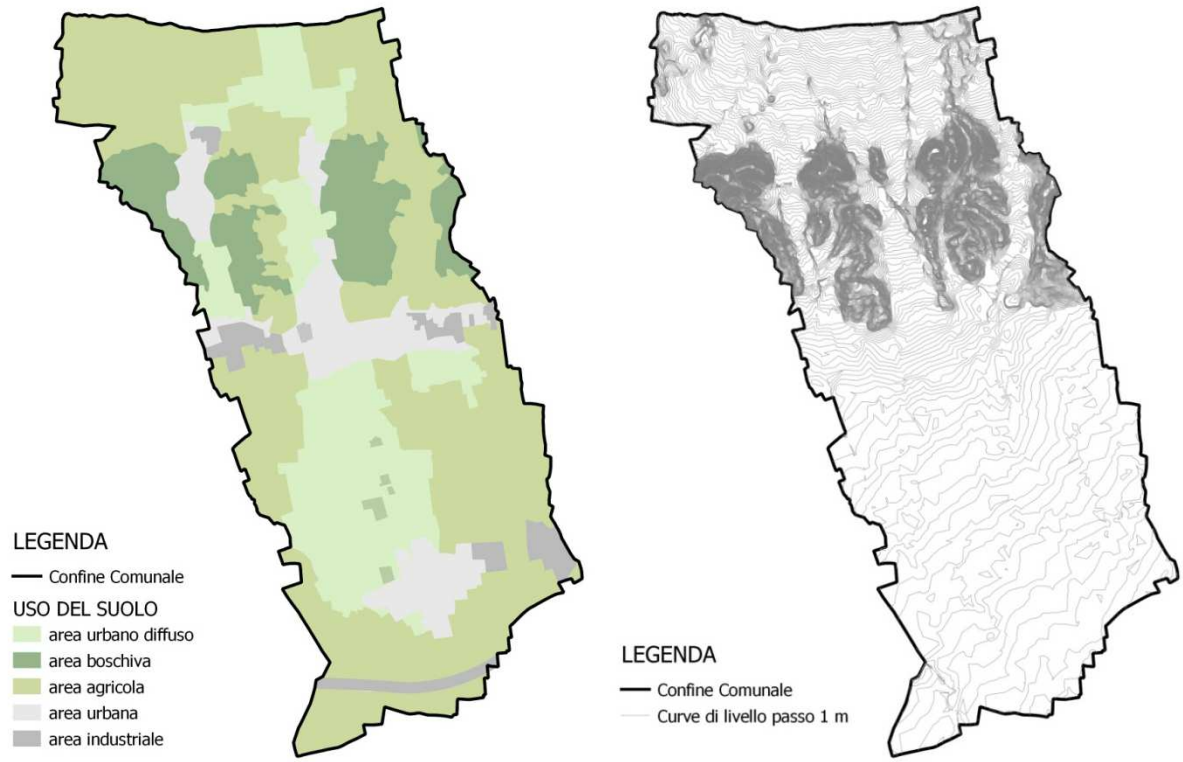

figura 3.3.1. Consorzi di Bonifica della Provincia di Treviso

4 DEFINIZIONE DELL'EVENTO PLUVIOMETRICO DI PROGETTO

Per lo studio del territorio comunale e per la definizione dei possibili interventi, si sono utilizzati i risultati degli studi condotti dal Consorzio di Bonifica Piave relativa all'area Alto Sile e Muson e prescritta per interventi analoghi nella zona. Per la definizione delle zone più critiche del territorio comunale, sono state analizzate le risposte degli elementi della rete per tre diversi eventi meteorologici, correlati ad altrettanti tempi di ritorno e pari a 5, 10 e 50 anni.

Facendo riferimento agli studi, si utilizza la seguente curva di possibilità pluviometrica:

$$h = \frac{a * \tau}{(b + \tau)^n}$$

Tale equazione fornisce l'altezza di precipitazione che può essere uguagliata o superata per precipitazioni di durata "t", mediamente una volta ogni Tr (tempo di ritorno) anni.

Si riportano nella tabella seguente i parametri della curva segnalatrice a tre parametri, per i vari tempi di ritorno considerati, relativi alla zona omogenea.

Tr	a	b	c
2 anni	19.3	9.6	0.828
5 anni	24.9	10.4	0.827
10 anni	27.7	10.8	0.820
20 anni	29.7	11.0	0.811

30 anni	30.6	11.2	0.805
50 anni	31.5	11.3	0.797
100 anni	32.4	11.4	0.785
200 anni	32.9	11.5	0.772

Per simulare un evento pluviometrico con un picco intermedio di intensità, anziché supporre uno ietogramma con intensità costante durante tutto l'evento meteorico, si è costruito uno ietogramma sintetico di progetto. Per la stima dell'idrogramma di piena relativo ad un qualsiasi bacino, si è scelto di utilizzare lo ietogramma di tipo Chicago simmetrico, costruito fissando un tempo di precipitazione tp=1 ora poiché questo è il massimo tempo di corrivazione dei bacini oggetto di studio.

Per la costruzione dello ietogramma Chicago si è proceduto a:

- scomporre la durata complessiva dell'evento in intervalli discreti di durata prefissata pari a Δt=10 minuti;
- calcolare il valore di precipitazione previsto dalla curva segnalatrice di possibilità pluviometrica per ciascuna multipla di Δt fino a tp;

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 sopra 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 ad ottenere 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 nelle ipotesi fatte per la simulazione dei processi di trasformazione afflussi-deflussi.

I valori numerici degli ietogrammi tipo Chicago utilizzati, per ogni tempo di ritorno, sono riportati di seguito.

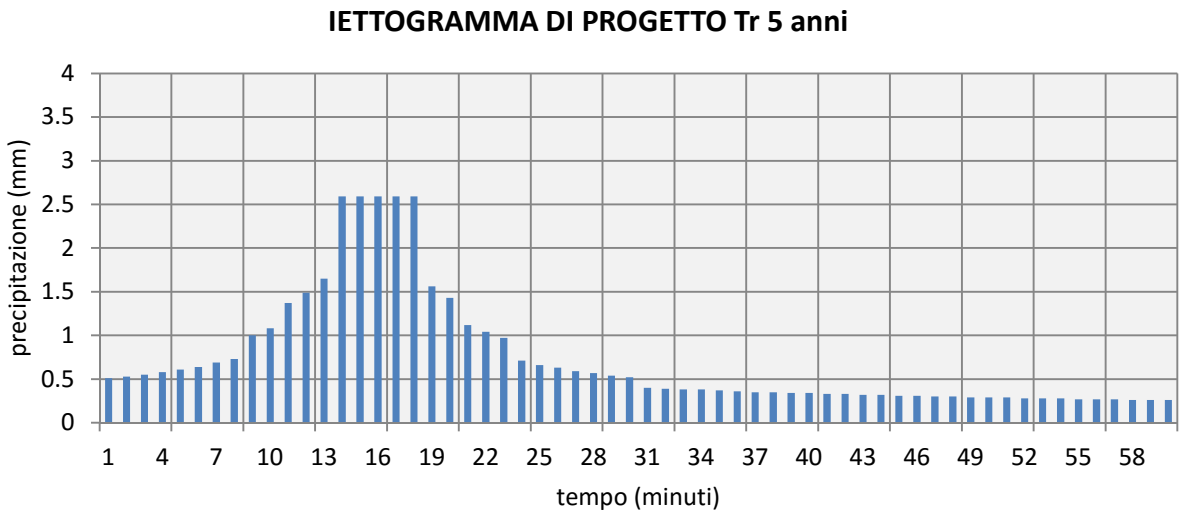

figura 4.3.1. Consorzi di Bonifica della Provincia di Treviso

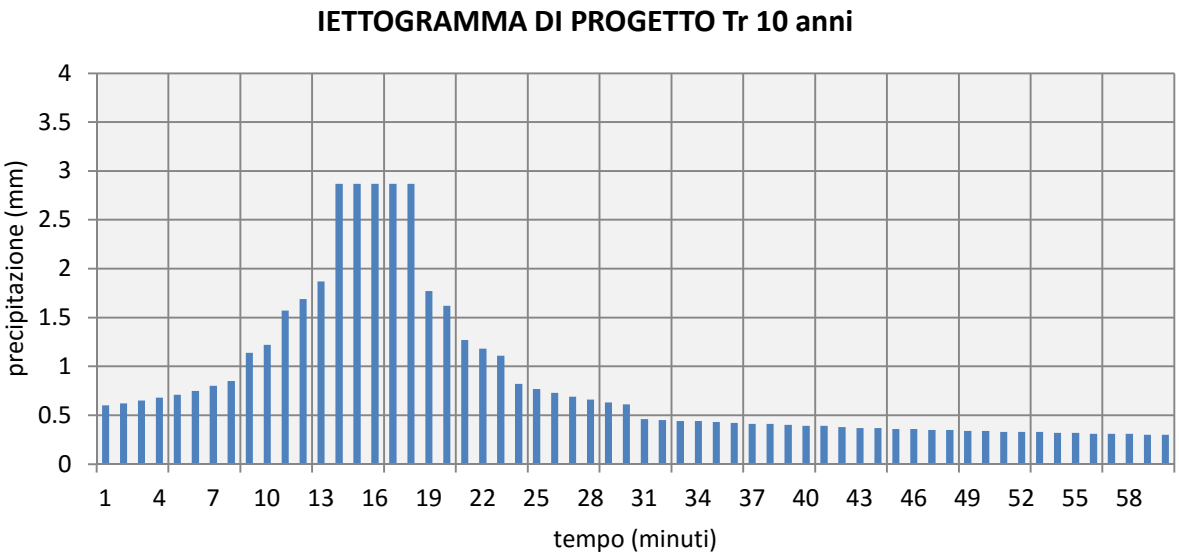

figura 4.3.1. Consorzi di Bonifica della Provincia di Treviso

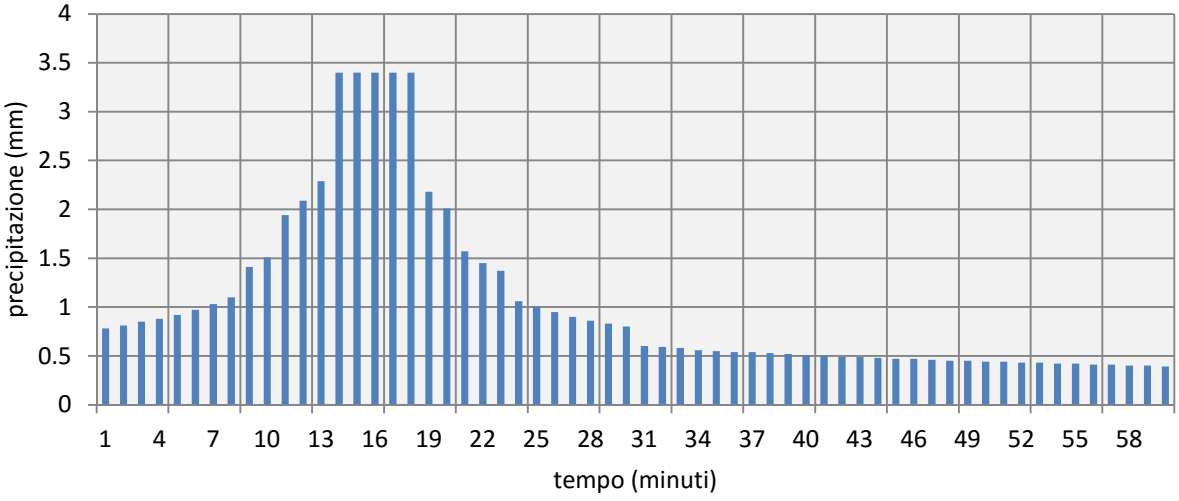

figura 4.3.1. Consorzi di Bonifica della Provincia di Treviso

Si riportano nella seguente tabella le altezze di pioggia cumulate, per i diversi tempi di ritorno considerati.

Tr	Altezza di pioggia h(mm)
5 anni	44.20 mm
10 anni	50.38 mm
50 anni	62.93 mm

Ai collettori consortili che attraversano il territorio comunale di San Zenone degli Ezzelini, sono state assegnate delle portate di base costanti nel tempo, per rappresentare il comportamento della rete in assenza di precipitazioni piovose. Tale assunzione permette di mettere "a regime" il modello idraulico, sul quale successivamente andranno a sommarsi i contributi degli idrogrammi di piena dei vari sottobacini. Infine, per simulare una condizione di saturazione del terreno prima del verificarsi della precipitazione critica, si è assegnata una precipitazione di 5 mm/ora per le 6 ore precedenti l'evento.

Per le analisi seguenti si è utilizzata una pioggia oraria con tempo di ritorno di 50 anni.

4.1 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI - DEFLUSSI

Per stimare l'idrogramma di piena, ovvero la successione cronologica dei valori di portata che si verificano alla sezione di chiusura di un bacino con il relativo valore di colmo a partire dalla conoscenza della precipitazione di progetto, è necessario utilizzare un modello di trasformazione afflussi-deflussi.

La simulazione mediante modelli matematici del processo di trasformazione delle precipitazioni in deflussi, che si verifica in un bacino idrografico, per la complessità dei fenomeni fisici coinvolti, rende necessaria l'introduzione di semplificazioni che riguardano sia le leggi che governano le varie fasi del processo, che la rappresentazione geomorfologica ed idrografica del bacino stesso.

Il modello utilizzato per la rappresentazione del fenomeno di infiltrazione è quello del Curve Number.

Il modello è di tipo empirico e consente di ottenere lo ietogramma della pioggia netta da quello della pioggia lorda per mezzo di semplici regole empiriche. Il metodo del Curve Number (CN), messo a punto dal Soil Conservation Service nel 1972, considera il deflusso superficiale come differenza fra precipitazione e perdite, dove in queste ultime si inglobano oltre alle perdite per infiltrazione anche quelle per intercettazione da parte delle piante, per accumulo sulle depressioni superficiali e per l'imbibimento iniziale del terreno. I parametri di tale modello non sono stati calibrati solo in base ai dati di infiltrazione, ma anche a quelli relativi a prove di laboratorio e a misure sul campo di un enorme numero di bacini di varie dimensioni negli Stati Uniti, messi in relazione con i tipi podologici e di uso del suolo di ciascun bacino. La grossa mole di dati ed il continuo aggiornamento rendono questo metodo molto diffuso negli Stati Uniti e sempre più anche in Europa, grazie anche all'impiego di efficaci Sistemi Informativi Geografici.

L'ipotesi di base del metodo è che il rapporto tra il volume defluito ed il volume di pioggia depurato delle perdite iniziali rimanga, in ogni istante, uguale al rapporto tra il volume infiltrato ed il volume massimo teorico delle perdite:

$$P_e = \frac{P_n^2}{P_n + S}$$

in cui:

$$P_n = P - IA \qquad IA = k_{IA} * S$$

dove: P = precipitazione totale (mm)

P_e = precipitazione efficace (mm)

P_n = precipitazione netta (mm)

S = volume specifico di saturazione del suolo (mm)

IA = perdite iniziali (mm)

k_{ia} = coefficiente di perdite iniziali assunto pari a 0.2

Il parametro S è legato in modo inversamente proporzionale ad una grandezza denominata CN (Curve Number) che esprime la permeabilità del terreno secondo la relazione:

$$S = 25.4 * \left(\frac{1000}{CN} - 10\right)$$

L'indice CN è adimensionale ed è un fattore decrescente della permeabilità: esso varia tra CN=0÷100 con i seguenti valori estremi:

- CN = 0 per superficie totalmente permeabile;
- CN = 100 per superficie totalmente impermeabile.

Il CN risulta legato a:

- Tipologia litologica del suolo;
- Uso del suolo;
- Grado di umidità del suolo prima dell'evento meteorico esaminato;
- Stagione vegetativa.

Per quanto riguarda la tipologia litologica del suolo, il Soil Conservation Service ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi, riportati nella tabella seguente, sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di un prolungato adacquamento.

Tipo idrologico di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidi, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici.

In relazione all'uso del suolo, sono state individuate un numero piuttosto elevato di classi che, incrociate con i quattro tipi di suolo (cfr. tabella seguente), permettono di individuare un valore di CN.

Valori del parametro CN (adimensionale)	Tipologia idrologica del Suolo			
Tipologia di uso del territorio	A	B	C	D
Coltivazioni, in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
Coltivazioni, in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno da pascolo in cattive condizioni	68	79	86	89
Terreno da pascolo in buone condizioni	39	61	74	80
Boschi in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Boschi e foreste in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75 % dell'area	39	61	74	80
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50 % e il 75 % dell'area	49	69	79	84
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50 % dell'area	68	79	86	89
Zone industriali (area impermeabile 72 %)	81	88	91	93
Zone commerciali e industriali (area imperlabile 85 %)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m^2 (area impermeabile 65 %)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500 - 1000 m^2 (area impermeabile 38 %)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000 - 1500 m^2 (area impermeabile 30 %)	57	72	81	86
Zone residenziali, lotti di 1500 - 2000 m^2 (area impermeabile 25 %)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000 - 5000 m^2 (area impermeabile 20 %)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000 - 10000 m^2 (area impermeabile 12 %)	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
Strada con letto in ghiaia	76	85	89	91
Strada battute in terra	72	82	87	89

Infine, per tener conto dello stato iniziale di umidità del suolo, l'SCS individua tre classi caratterizzate da differenti condizioni iniziali di umidità (AMC) a seconda del valore assunto dall'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento meteorico e della stagione vegetativa:

Classe AMC	Stagione di riposo della vegetazione	Stagione di crescita della vegetazione
I	< 12.7 mm	< 35.5 mm
II	12.7 mm -28.00 mm	35.5 mm - 53.3 mm
III	> 28.0 mm	> 53.3 mm

A seconda della classe di appartenenza è possibile "adattare" il CN precedentemente ottenuto, utilizzando le seguenti formule:

classe I $$CN(I) = \frac{4.2 \cdot CN(II)}{10 - 0.058 \cdot CN(II)}$$

classe II $$CN(II)$$

classe III $$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 - 0.13 \cdot CN(II)}$$

Al fine di attribuire puntualmente il valore corretto di curve number (CN) si è analizzato l'utilizzo del suolo (figura 5.1.1) e la permeabilità del terreno. Incrociando questi dati si sono ottenuti i curve number per l'intera area comunale.

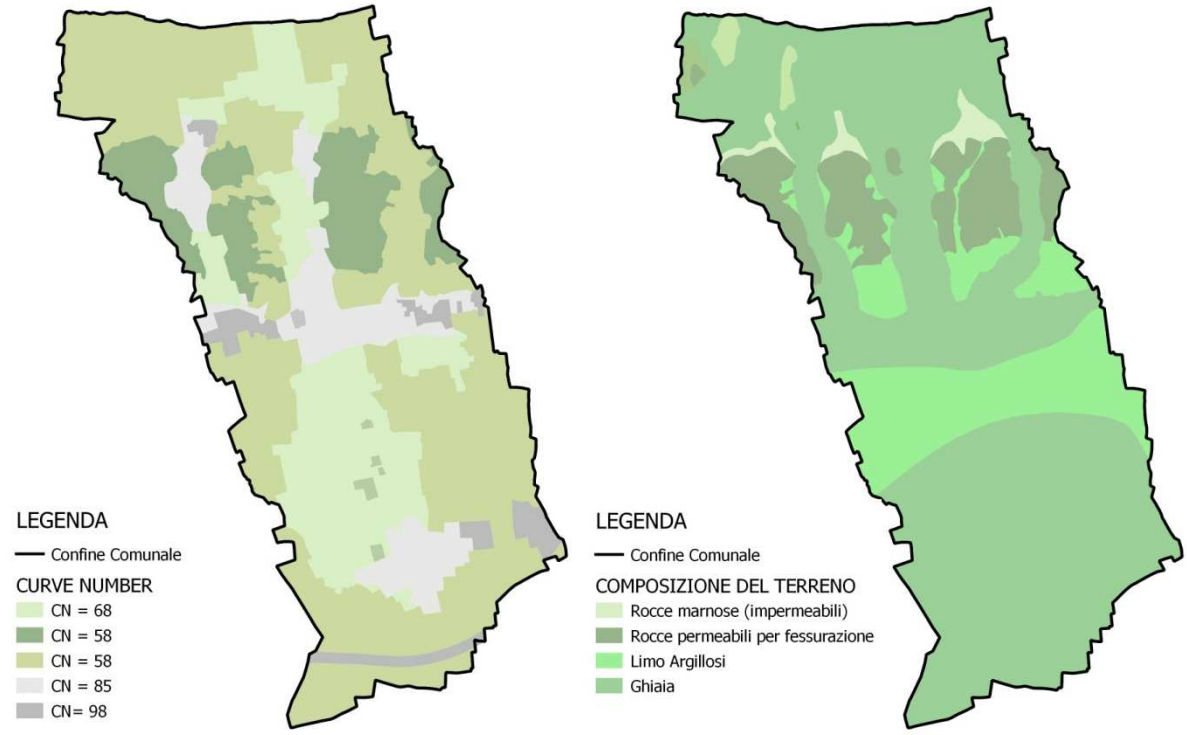

figura 4.1.1. Consorzi di Bonifica della Provincia di Treviso

4.1.1 IL MODELLO MATEMATICO

Il modello matematico opera una trasformazione tra precipitazione efficace e deflusso superficiale con il metodo dell'idrogramma unitario che, a differenza del metodo razionale e quello dell'invaso, consente di studiare la risposta idraulica nel tempo, non solo la massima prodotta dal bacino di studio.

Il metodo per la determinazione degli idrogrammi assume che il bacino, stimolato da una pioggia descritta da un insieme di impulsi (intensità) elementari j_i, dia luogo ad un corrispondente insieme di risposte (portate) Q_i. La teoria pertanto si fonda sulla trasformazione da j_i a Q_i.

Alla base di questa trasformazione ci sono due ipotesi:

- l'**invarianza** del processo comporta che la risposta idrologica sia indipendente dal tempo, cioè che lo stesso impulso dia luogo sempre alla stessa risposta;
- la **linearità** del processo impone che la combinazione lineare che descrive l'intensità j descriva anche la risposta in termini di portata Q.

Il risultato della trasformazione è l'idrogramma unitario F(t), l'onda elementare che prende origine da una precipitazione uniformemente distribuita sul bacino, di intensità e durata unitarie. L'idrogramma unitario è un semplice modello lineare che può essere usato per derivare l'idrogramma risultante da una qualsiasi distribuzione di pioggia efficace, secondo la seguente relazione, nota come *integrale di convoluzione*:

$$Q(t) = F * j = \int_0^t F(\tau) * j(t-\tau) d\tau$$

Esistono diverse metodologie applicative di derivazione dell'idrogramma unitario di uno specifico bacino, quando siano noti i dati di precipitazione efficace e di deflusso relativi a qualche evento piovoso di breve durata, di intensità sufficientemente costante nel tempo e uniforme sull'intero bacino. Alternativamente, si può far ricorso ad *idrogrammi unitari sintetici*, a partire dalla conoscenza di alcune caratteristiche fisiche del bacino, che possono essere utilizzati per studiare bacini con caratteristiche similari.

Tra le varie tipologie di idrogrammi unitari sintetici si fa riferimento a quello implementato dal Soil Conservation Service, nel quale la portata è espressa come rapporto tra la portata q e la portata al picco QP e il tempo come rapporto tra tempo t e tempo al picco TP. Dati la portata al picco e il tempo di ritardo per la pioggia efficace, l'idrogramma può essere stimato dall'idrogramma unitario sintetico per il bacino in esame. I valori di QP e TP possono essere stimati usando un modello semplificato triangolare di idrogramma unitario. In generale, il tempo al picco TP può essere espresso come funzione del tempo di ritardo TL e della durata della pioggia efficace Δt secondo la relazione:

$$TP = \frac{\Delta t}{2} + TL$$

Per la derivazione dell'Idrogramma Unitario Adimensionale del Soil Conservation Service è pertanto richiesta la conoscenza del parametro TL, che esprime l'intervallo di tempo tra il baricentro del pluviogramma di precipitazione efficace e il picco dell'idrogramma di deflusso e può essere determinato dalla seguente formula semiempirica:

$$TL = 0.6 * TC$$

dove TC è il tempo di corrivazione del bacino.

4.1.2 PROPAGAZIONE DELL'ONDA DI PIENA

I modelli utilizzati in HEC-HMS al fine di simulare la propagazione dell'onda di piena in un tratto d'alveo o in una condotta sono di tipo idrologico, basati quindi sull'equazione di continuità e su una relazione empirica fra l'invaso nel tratto di calcolo e la portata defluente presso la sezione finale del tratto stesso. Le tecnica utilizzata per la presente simulazione è basata su una soluzione alle differenze finite dell'equazione di continuità e dell'equazione dei momenti combinate, offrendo un algoritmo che, sulla base delle caratteristiche della sezione, permette di calcolare la portata al variare dello step temporale.

Ipotizzando di utilizzare una condotta circolare, i parametri di input richiesti sono:

- lunghezza L (m);
- pendenza i (m/m);
- numero di Manning n, pari a ($1/K_S$) dove K_S è il coefficiente di Strikler, rappresentativo della scabrezza della condotta, espresso in $m^{1/3}/s$;
- diametro interno D (m).

Nel caso in cui si modelli un tratto di canale o fosso, i parametri di input richiesti sono:

- lunghezza L (m);
- pendenza i (m/m);
- numero di Manning n, pari a ($1/K_S$) dove K_S è il coefficiente di Strikler;
- larghezza del fondo (m);
- profondità dell'alveo (m).

4.1.3 PARAMETRI DELLA SIMULAZIONE

I principali parametri di simulazione idraulica utilizzati sono i seguenti:

- tipo idrologico di suolo è stato desunto dalla "Carta dei Suoli";
- condizioni di umidità iniziali del terreno (AMC): classe II;
- CN: per ogni sottobacino il Curve Number è stato ricavato dalla "Carta della copertura dei suolo" applicando ad ogni classe di uso del suolo uno specifico CN,successivamente è stato determinato il CN medio del sottobacino ottenuto come media pesata dei valori imposti;
- pendenza media dei sottobacini desunta dall'elaborazione del DTM nella Regione Vento: 1‰;
- scabrezza media dei capofossi: 0.05 $s/m^{1/3}$;
- scabrezza media dei canali consortili: 0.033 $s/m^{1/3}$;
- scabrezza media delle tubazioni: 0.014 $s/m^{1/3}$;
- scabrezza media del suolo impermeabile: 0.012 $s/m^{1/3}$;
- scabrezza media del suolo permeabile: 0.10 $s/m^{1/3;}$
- invasi superficiali delle aree pavimentate: 3 mm;
- invasi superficiali delle aree permeabili: 10 mm.

5 ZONA DI STUDIO A: VALSERNA - BOSCHIER - RIAZZOLO

Questa zona di studio comprende l'area ad est del territorio comunale.
La roggia Valserna e la roggia Boschier hanno origine nella zona a nord della Strada Statale Marosticana che divide in due il Comune, per poi confluire e proseguire il deflusso a valle in un unico corso d'acqua. Il torrente Riazzolo percorre il confine est comunale in modo indipendente.
Si riporta nella figura 5.1 la zona di studio A suddivisa nei vari bacini imbriferi con i relativi fossati afferenti. Si riporta il reticolo idrografico principale costituito dai tre corsi d'acqua principali (Valserna, Boschier, Riazzolo), dai quali si vuole sottrarre portata meteorica per riversarla nei fossati minori. In questo modo le portate meteoriche raccolte vengono distribuite nel territorio senza concentrarle in un unico corso d'acqua il quale poi diventa difficile da gestire nel caso di eventi meteorici particolarmente gravosi. Al fine di dirottare una parte delle portate raccolte dai corsi d'acqua principali si modellano gli interventi proposti nella relazione Interventi di manutenzione straordinaria, in modo da verificare i benefici apportati all'intera rete di drenaggio.
In particolare gli interventi puntano a ridurre le portate sulla roggia Boschier subito dopo l'attraversamento della strada provinciale per poi immettere le portate nella roggia Valserna prima della confluenza. Si predispone la manutenzione anche dell'area di confluenza delle due roggie. Le portate derivate dalla roggia Valserna vengono invece immesse nel torrente a valle della confluenza attuale tra Valserna e Boschier in modo da alleviare il carico idraulico, riducendo in questo modo il pericolo di esondazione. A favore di sicurezza si introduce una cassa d'espansione lungo in tracciato del Boschier in modo tale da ridurre le portate che defluiscono a valle.

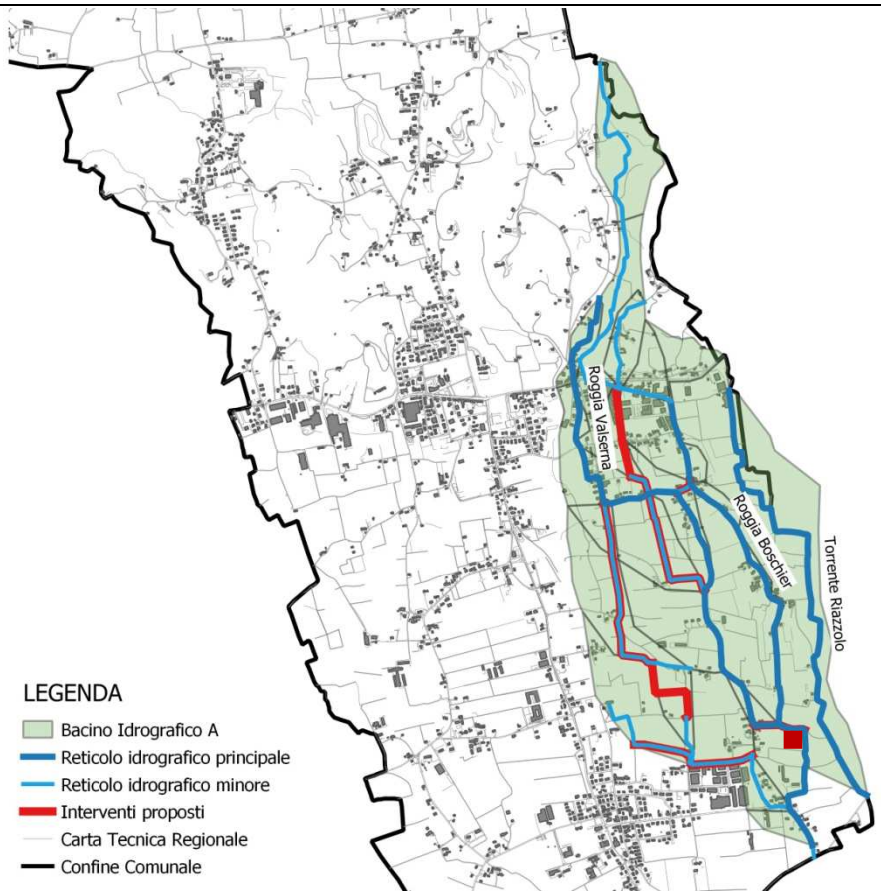

figura 5.1. Zona di studio A

5.1.1 ROGGIA VALSERNA

Lungo la roggia Valserna non si riscontrano problematiche particolari durante le portate di piena, tuttavia essendo un affluente della roggia Boschier si sono studiate misure di redistribuzione delle portate.

Si prevede di applicare questo principio di redistribuzione creando nuovi scoli che intercettino la portata, alleggerendo i corsi d'acqua principali. Si sono studiate delle soluzioni che sfruttano maggiormente i canali storici, dando loro continuità idraulica, e che rispettano il deflusso attuale del territorio. Accanto all'apertura di nuovi scoli, si rende necessario un risezionamento dei fossati tale da far fronte alla portata massima in arrivo.

La suddivisione della portata in più corsi d'acqua permette di poter far transitare nel territorio una maggiore portata in sicurezza senza che questa poi possa arrecare danno a valle, infatti l'onda di piena viene allungata e il picco ridotto, i tempi di corrivazione sono maggiori anche senza realizzare particolari traverse nei corsi d'acqua. La sezione attuale può essere mantenuta previa semplice ricalibratura. Altro vantaggio nell'apertura di nuovi fossi è la dispersione di una parte della portata trasportata attraverso il fondo.

5.1.2 ROGGIA BOSCHIER

Lungo la roggia Boschier si iniziano a riscontrare difficoltà di deflusso e conseguente allagamento dell'area subito a sud della Marosticana, appena il terreno diventa pressoché pianeggiante, in corrispondenza di ponticelli, scarichi e attraversamenti di diversi sottoservizi, i quali riducono la capacità della sezione idraulica disponibile. Poco più a sud, si hanno nuovamente problemi di deflusso in corrispondenza di una confluenza ma il problema principale si riscontra in località Ca' Rainati, dove confluiscono la roggia Boschier e la roggia Valserna. La sezione a valle non soddisfa la capacità idraulica necessaria pertanto si sono studiate diverse soluzioni.

La prima misura presa in considerazione è quella di redistribuzione della portata, non concentrando il deflusso in un unico corso d'acqua ma abbattendo il picco deviandone una parte in fossati minori limitrofi. Si è pertanto deviata parte della portata alla roggia Valserna e ai suoi affluenti.

Il secondo intervento consiste nel cercare di trattenere maggiormente la portata lungo il corso d'acqua, sfruttandone a pieno la capacità idraulica ed evitando che il deflusso sia troppo veloce con conseguenti problemi verso valle. I canali sono lasciati in terra, si evita di regolarizzarne l'andamento e la sistemazione delle sponde.

5.1.3 TORRENTE RIAZZOLO

Non si riscontrano problemi nel deflusso di questo corso d'acqua pertanto non sono previsti interventi di carattere idraulico.

Il bacino imbrifero del torrente si localizza per gran parte al di fuori del territorio comunale. Solo il tratto iniziale è localizzato all'interno del territorio comunale, in un area in cui le pendenze sono accentuate e dunque il deflusso delle portate raccolte è veloce e localizzato in alveo. Solitamente i fenomeni di esondazione si hanno in tratti in cui l'orografia del terreno non ha una pendenza che fornisce alla corrente una velocità tale da poter defluire superando i vari ostacoli presenti in alveo.

5.2 MODELLO IDRAULICO-IDROLOGICO

Si riporta in figura 5.2.1 la rappresentazione grafica del modello realizzato con il software HEC-HMS per la modellazione delle portate precipitate all'interno del bacino considerato. Nella rappresentazione a sinistra si ha la situazione attuale del reticolo idrografico mentre nella rappresentazione di destra si ha il reticolo idrografico con la realizzazione degli interventi di manutenzione straordinaria.

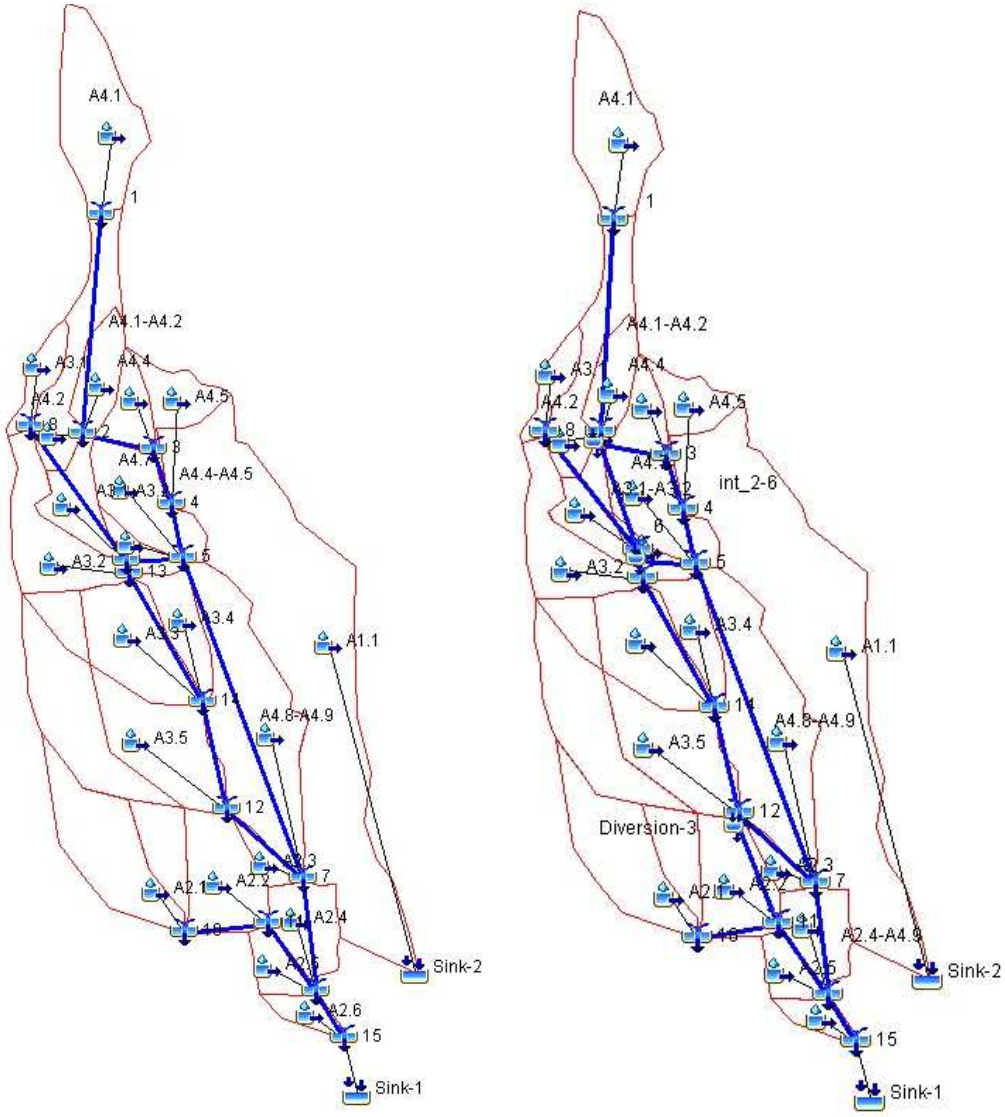

figura 5.2.1. Rappresentazione grafica del modello implementato

Nel modello sono state mantenuti costanti i bacini che raccolgono la portata per poi riversarla nel reticolo idrografico. Osservando il reticolo idrografico dei modelli, si nota una maggiore interconnessione del modello di destra, che comporta un migliore bilanciamento delle portate da far defluire e la presenza di una cassa d'espansione modellata nel nodo 7 la quale riduce notevolemente il colmo di piena.
Si riporta nella tabella seguente la nomenclatura dei vari bacini in cui si è suddivisa l'area, le quote di superficie con relativo utilizzo del suolo, dati utilizzati per l'assegnazione dei Curve Number e la realizzazione del modello.
Nel modello viene inserita a valle del nodo 7 una cassa di laminazione dell'estensione di 2 ha e con una profondità 2 metri. La modellazione viene eseguita con un volume d'invaso di 30.000 m^3.

bacino	sottobacino	urbana	diffusa	industriale	agricola	boschiva	area (ha)	CN
1) Riazzolo	A1.1	27,995	6,130	81,279	517,889	-	63.33	64.42
2) Valserna 2	A2.1	-	78,318	-	221,440	-	29.98	60.61
	A2.2	-	-	-	166,695	-	16.67	58.00
	A2.3	-	-	-	33,258	-	3.33	58.00
	A2.4	-	-	59,703	49,523	-	10.92	79.86
	A2.5	-	-	-	56,494	-	5.65	58.00
	A2.6	-	-	-	40,142	-	4.01	58.00
3) Valserna 1	A3.1	17,267	-	-	36,497		5.38	66.67
	A3.2	52,374	74,723	-	43,675	-	17.08	70.66
	A3.3	-	6,719	-	231,746	-	23.85	58.28
	A3.4	-	30,165	-	57,718	-	8.79	61.43
	A3.5	-	40,724	-	389,534	-	43.03	58.95
4) Boschier	A4.1	-	-	-	101,198	98,064	19.93	58.00
	A4.2	30,460	-	31,341	93,568	30,256	18.56	69.18
	A4.3	8,963	-	-	62,637	13,395	8.50	60.85
	A4.4	20,344	-	14,428	33,855	-	6.86	74.41
	A4.5	22,118	-	6,405	50,334	-	7.89	68.82
	A4.6	32,538	41,582	-	-	-	7.41	75.46
	A4.7	44,583	59,495	42,099	9,667	-	15.58	80.35
	A4.8	-	38,993	-	-	-	3.90	68.00
	A4.9	-	7,823	-	385,523	-	39.33	58.20
CN	-	85	68	98	58	58	-	-

5.3 RISULTATI DELL'ANALISI

La realizzazione dei nuovi collegamenti tra le due rogge permette la ridistribuzione delle portate precipitate sui bacini. Andando ad analizzare le portate precipitate sui bacini con l'ausilio del software di calcolo HEC-HMS si sono osservate le portate fluenti nei fossati al variare della loro conformazione planimetrica. In particolare si sono analizzati 5 nodi in cui si possono osservare delle variazioni ed il nodo finale di chiusura. L'analisi delle portate fluite dal nodo 3 riguardano le portate raccolte dalla roggia Boschier nel tratto iniziale. Con gli interventi di manutenzione straordinaria una parte delle portate viene deviata alla roggia Valserna, come si nota dagli idrogrammi riportati nella figura 6.3.2.

Al nodo 5 con la realizzazione del collegamento tra la roggia Valserna bilancia le portate in transito con la roggia Boschier. Si immette nel Boschier una quota parte della portata precedentemente scaricata, con però un effetto di attenuazione del colmo di piena, picco che passa da quasi 7 m^3/s a circa 5 m^3/s. Si può notare che parte della portata viene laminata, provocando un leggero allargamento dell'idrogramma. Nella figura 6.3.3 sono riportati gli idrogrammi risultanti per il nodo 7, riguardante la confluenza della roggia Valserna e la roggia Boschier a monte del quale viene modellata anche la cassa d'espansione. Si riporta anche l'idrogramma del nodo 9, dove si analizzano le portate in transito alla confluenza del nuovo fosso e l'unione della roggia Valserna e roggia Boschier e nel quale si può apprezzare la laminazione data dall'inserimento della cassa d'espansione.

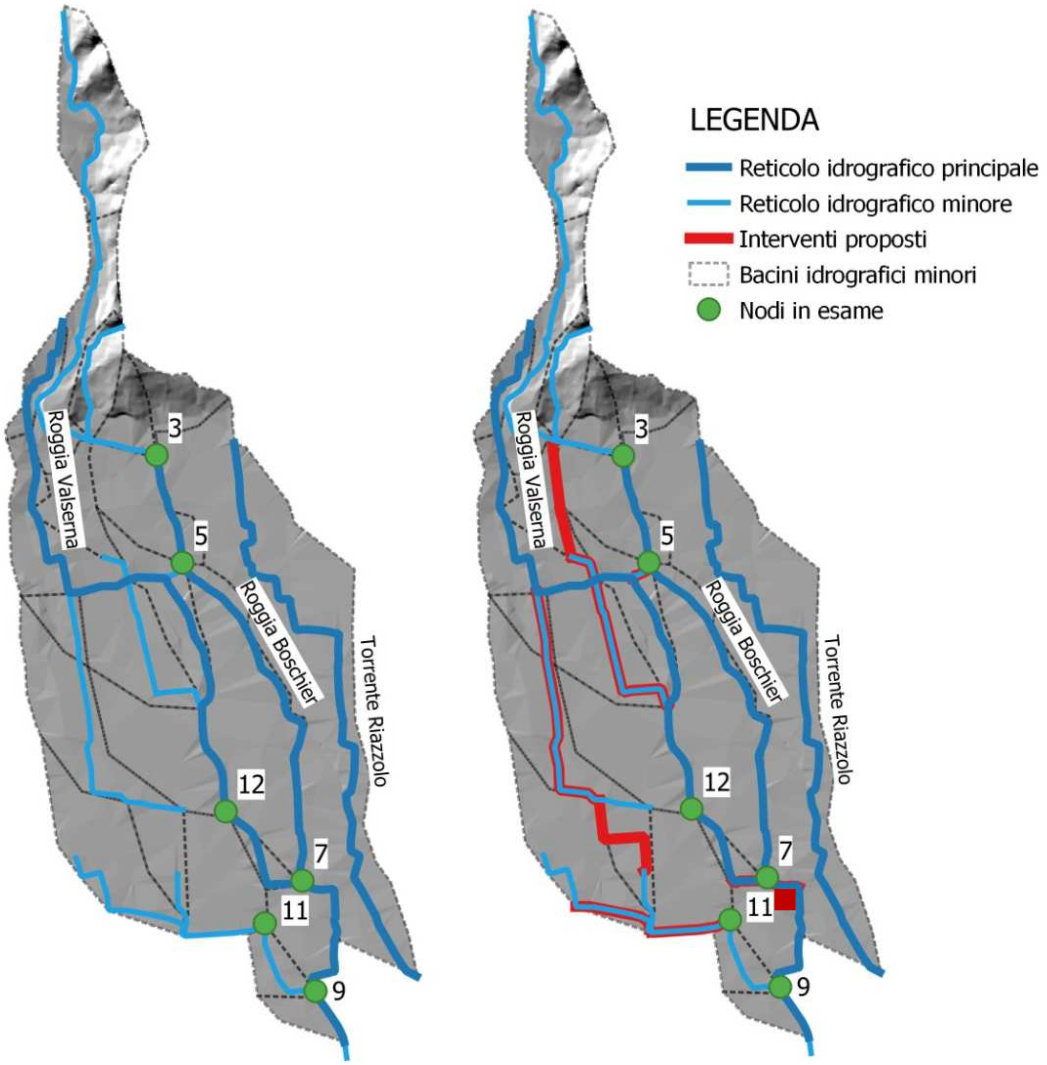

figura 5.3.1. Localizzazione dei nodi studiati per il reticolo idrografico attuale e di progetto

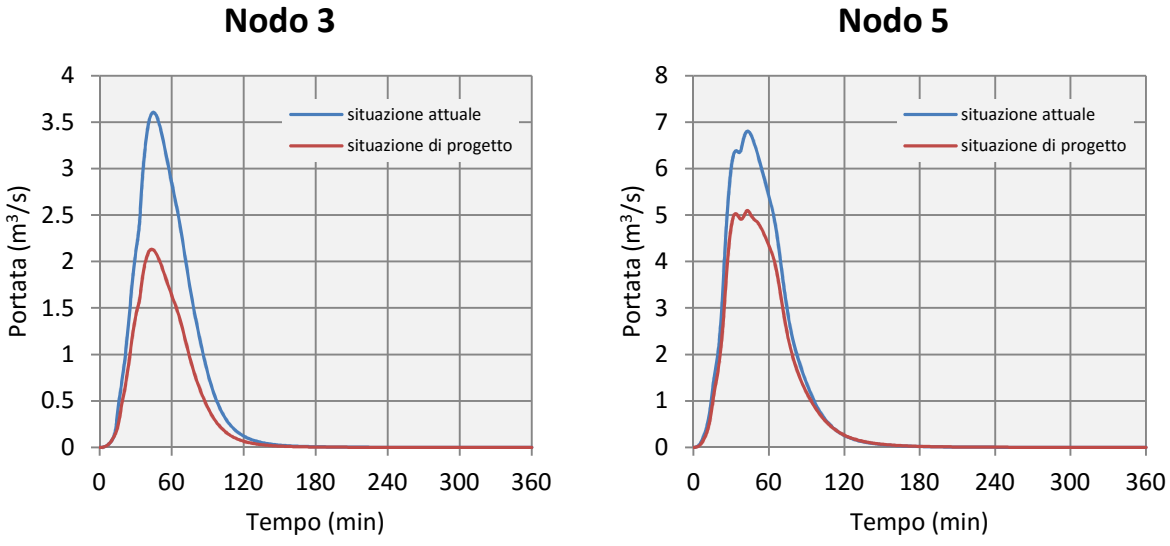

figura 6.3.2. Idrogrammi dei nodi 3 e 5 per il reticolo idrografico attuale e di progetto

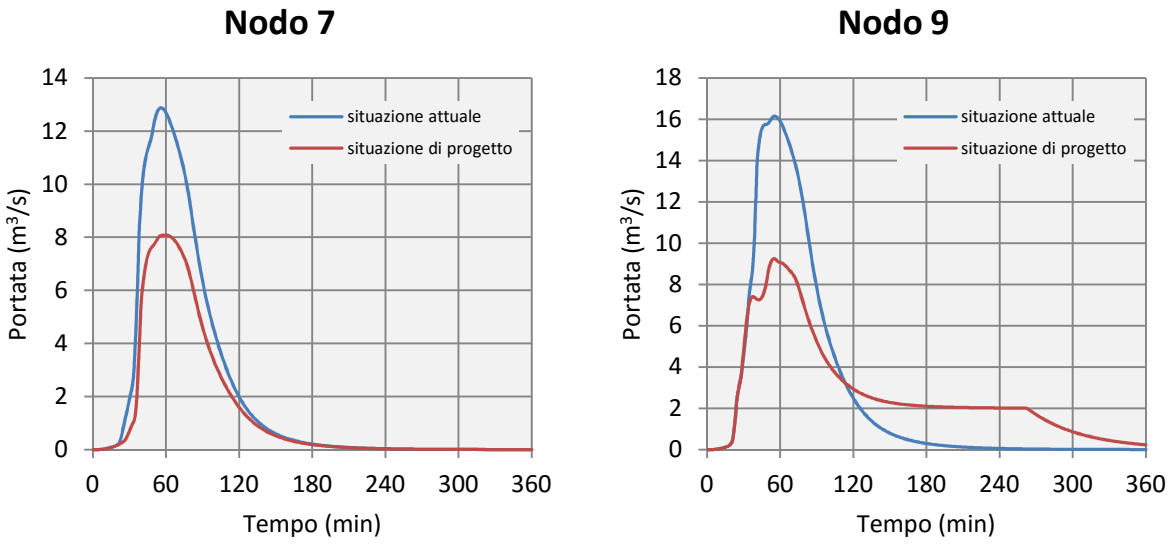

figura 5.3.3. Idrogrammi dei nodi 7 e 9 per il reticolo idrografico attuale e di progetto

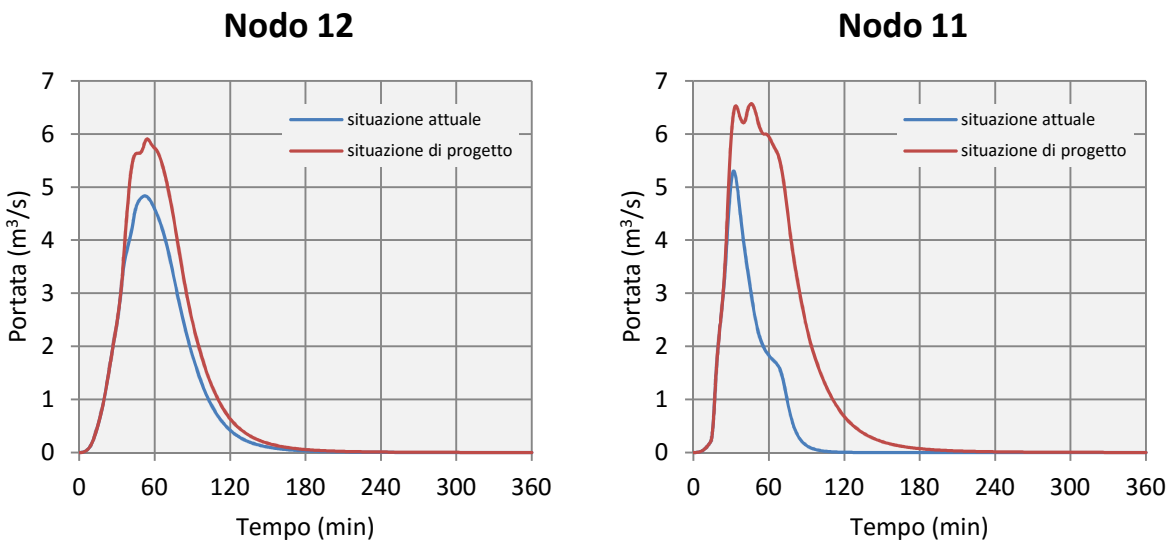

figura 5.3.4. Idrogrammi dei nodi 12 e 11 per il reticolo idrografico attuale e di progetto

Nel confronto degli idrogrammi proposti per il nodo 7 si nota che con i lavori di manutenzione straordinaria viene diminuita la portata alla confluenza tra la roggia Boschier e la roggia Valserna grazie alla costruzione di una nuova via per l'intercettazione e il trasporto delle portate meteoriche ad ovest. Il nuovo fossato è realizzato approfondendo e dando continuità ai fossi esistenti a confine dei fondi agrari. Al nodo 9 si ritrova la confluenza del nuovo fossato con le portate trasportate dalla roggia Valserna e la roggia Boschier. Si nota che le lavorazioni in progetto diminuiscono il colmo di piena laminando l'idrogramma anche grazie al posizionamento di una cassa di laminazione lungo il Boschier a valle del nodo 7.

Nella figura 5.3.4 si riportano gli andamenti degli idrogrammi della roggia Valserna e del nuovo fossato. Al nodo 11 e 12 si può osservare l'aumento delle portate fluite all'interno del nuovo fosso, grazie alla derivazione dalla roggia Valserna realizzata a monte. Con i lavori di manutenzione straordinaria si aumenta la capillarità della rete. Cresce in questo modo la capacità di deflusso, diminuendo la pericolosità vista la distribuzione uniforme delle portate nel territorio.

6 ZONA DI STUDIO B: SCALON - PEROSINA

Questa zona di studio comprende l'area centrale del territorio comunale, ad ovest del torrente Giarretta e del torrente Viazza.

Il torrente Scalon ha origine nelle valli a nord della Strada Statale Marosticana, per poi proseguire il deflusso e confluire in località Ca' Rainati nello scolo Perosina.

Lo scolo Perosina percorre intubato la SP 129, la strada principale che da San Zenone degli Ezzelini porta a Ca' Rainati e sfocia nel torrente Viazza assieme al torrente Giarretta, in località Ca' Rainati.

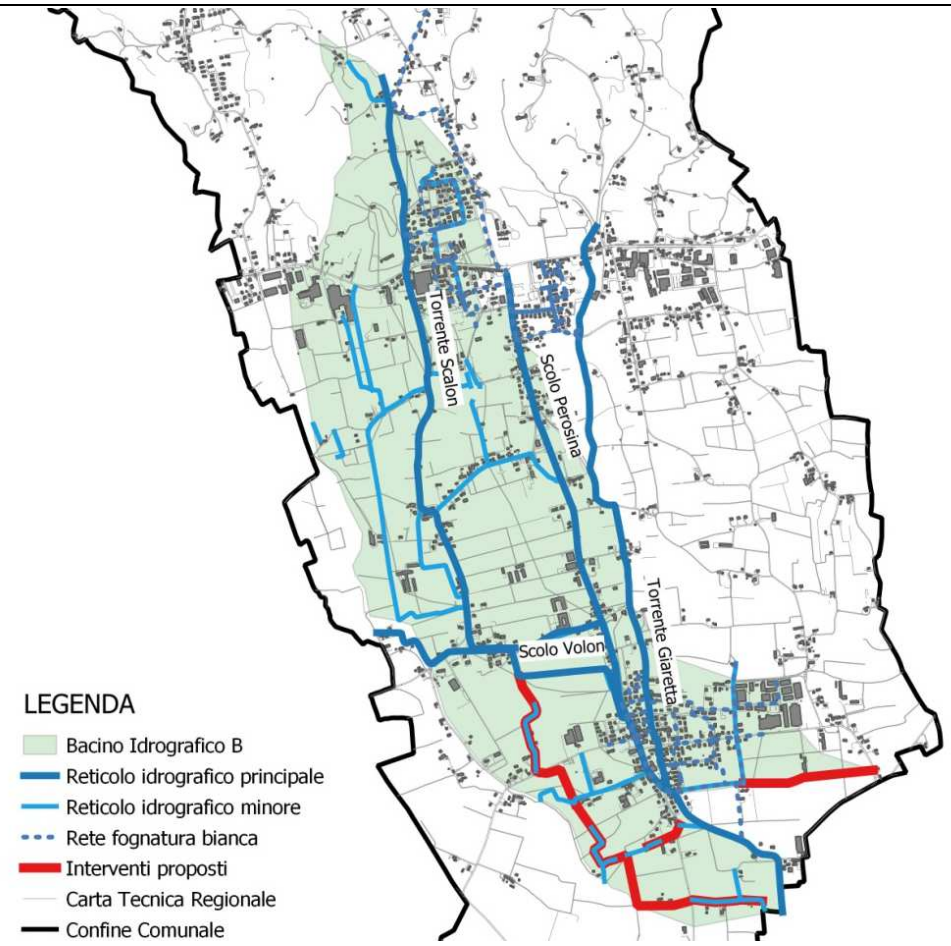

figura 5.1. Zona di studio B

6.1.1 TORRENTE SCALON

Il torrente Scalon non presenta problematiche particolari lungo il suo percorso, se non alla fine nell'immissione nello scolo Perosina.

La soluzione prevista è innanzitutto quella di sfruttare al meglio i manufatti di laminazione della portata già esistenti, intercettando maggior portata entrante e ricalibrandone la portata uscente.

In secondo luogo si prevede di immettere più a valle parte della portata, alleggerendo ulteriormente la confluenza con lo scolo Perosina. Si prevede di attuare tale soluzione con la deviazione di parte della portata verso uno scolo storico attualmente privo di continuità idraulica, con la ricalibrazione della sezione idraulica e con la laminazione del picco la portata in più scoli.

6.1.2 SCOLO PEROSINA

Come già anticipato, le problematiche legate allo scolo Perosina si hanno in corrispondenza della confluenza con il torrente Scalon. Limitando pertanto l'entità di portata in arrivo che caratterizza tale confluenza, rendendola più equilibrata, si evita di dover ingrandire i manufatti che costituiscono tale scolo (condotte circolari e scatolari di già notevoli dimensioni).

6.2 MODELLO IDRAULICO-IDROLOGICO

Si riporta in figura 6.5.1 la rappresentazione grafica del modello realizzato con il software HEC-HMS per la modellazione delle portate precipitate all'interno del bacino considerato. Nella rappresentazione a sinistra si ha la situazione attuale del reticolo idrografico mentre nella rappresentazione di destra si ha il reticolo idrografico con la realizzazione degli interventi di manutenzione straordinaria.

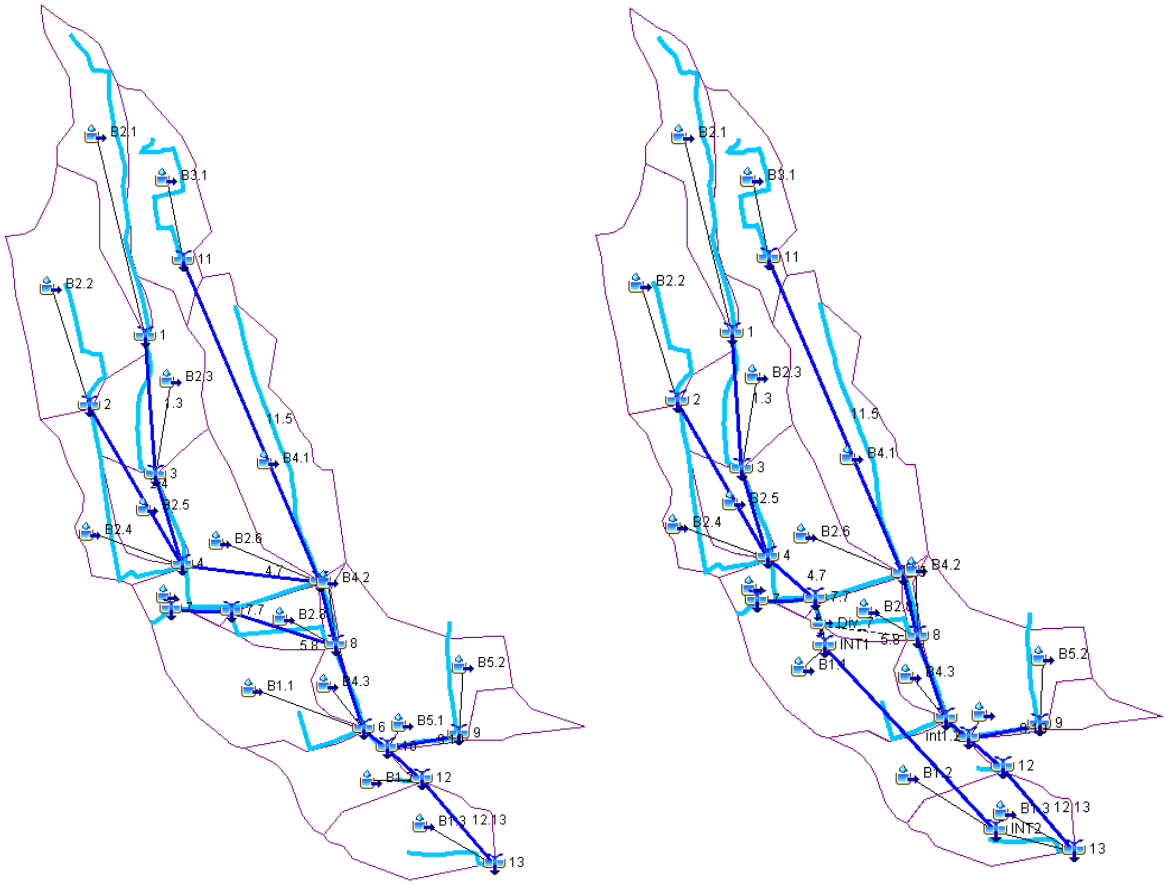

figura 6.2. Rappresentazione grafica del modello implementato

Nel modello sono state mantenuti costanti i bacini che raccolgono la portata per poi riversarla nel reticolo idrografico. Osservando il reticolo idrografico dei modelli, si nota una maggiore

interconnessione del modello di destra, che comporta un migliore bilanciamento delle portate da far defluire.
Si riporta nella tabella seguente la nomenclatura dei vari bacini in cui si è suddivisa l'area, le quote di superficie con relativo utilizzo del suolo, dati utilizzati per l'assegnazione dei Curve Number e la realizzazione del modello.

bacino	sottobacino	urbana	diffusa	industriale	agricola	boschiva	area (ha)	CN
1) sinistra Viazza	B1.1	95,925	359,345	19,246	-	-	47.45	72.65
	B1.2	131,590	44,084	-	61,171	-	23.68	74.86
	B1.3	18,797	-	21,496	286,81	-	32.71	62.18
2) Scalon	B2.1	46,112	54,513	2,789	199,74	56,238	35.94	63.29
	B2.2	35,422	2,615	109,086	439,01	10,095	59.62	66.97
	B2.3	50,954	234,862	-	99,350	-	38.52	67.67
	B2.4	-	57,107	-	145,60	-	20.27	60.82
	B2.5	-	140,989	-	19,131	-	16.01	66.81
	B2.6	-	360,585	34,146	-	-	39.47	70.60
	B2.7	-	69,762	-	-	-	6.98	68.00
	B2.8	-	132,561	-	-	-	13.26	68.00
3) fognatura SZE ovest	B3.1	279,01	62,874	20,598	-	-	36.25	82.79
4) Perosina	B4.1	45,366	583,323	25,433	2,118	-	65.62	70.31
	B4.2	1,568	27,157	-	-	-	2.87	68.93
	B4.3	65,545	4,503	-	-	-	7.00	83.91
5) fognatura Ca'Rainati	B5.1	184,36	76,723	-	25,754	-	28.68	78.03
	B5.2	122,90	0	77,515	38,631	-	23.91	84.85
CN		85	68	98	58	58		

6.3 RISULTATI DELL'ANALISI

La realizzazione dei nuovi collegamenti tra il torrente Scalon e lo scolo Volon permette la ridistribuzione delle portate precipitate sui bacini. Andando ad analizzare le portate precipitate sui bacini con l'ausilio del software di calcolo HEC-HMS si sono osservate le portate fluenti nei fossati al variare della loro conformazione planimetrica. In particolare si sono analizzati i 2 nodi in cui si possono osservare delle variazioni. Con gli interventi di manutenzione straordinaria una parte delle portate viene recapitata allo scolo Perosina, dopo l'abitato di Ca'Rainati, come si nota dagli idrogrammi riportati nella figura 6.3.2.
La portate che normalmente vengono raccolte e trasportate dal torrente Scalon vengono in parte cedute allo scolo Volon in modo da gravare meno sullo scolo Perosina. Lo scolo Volon a sua volta consegna la portata raccolta in parte allo scolo Perosina più a valle, nel nodo 8 mentre la portata rimanente utilizza la nuova via di scolo realizzata collegando ed approfondendo i fossi esistenti. Le portate sottratte vengono infine riconsegnate al torrente Giarretta sul quale scarica lo scolo Perosina dove l'andamento delle portate è analizzato al nodo 13.
Dall'idrogramma del nodo 8 riportato nella figura 6.6.2 si nota che con i lavori di manutenzione straordinaria proposti la portata che scorre all'interno dello scolo Perosina diminuisce notevolmente.

Questo perché una parte della portata viene fatta defluire a valle attraverso una nuova via. Questa diversione della portata comporta una riduzione del colmo di piena, riducendo le possibilità di esondazione localizzata e le problematiche di deflusso che si possono verificare a causa di una notevole portata da far defluire all'interno dello scolo.

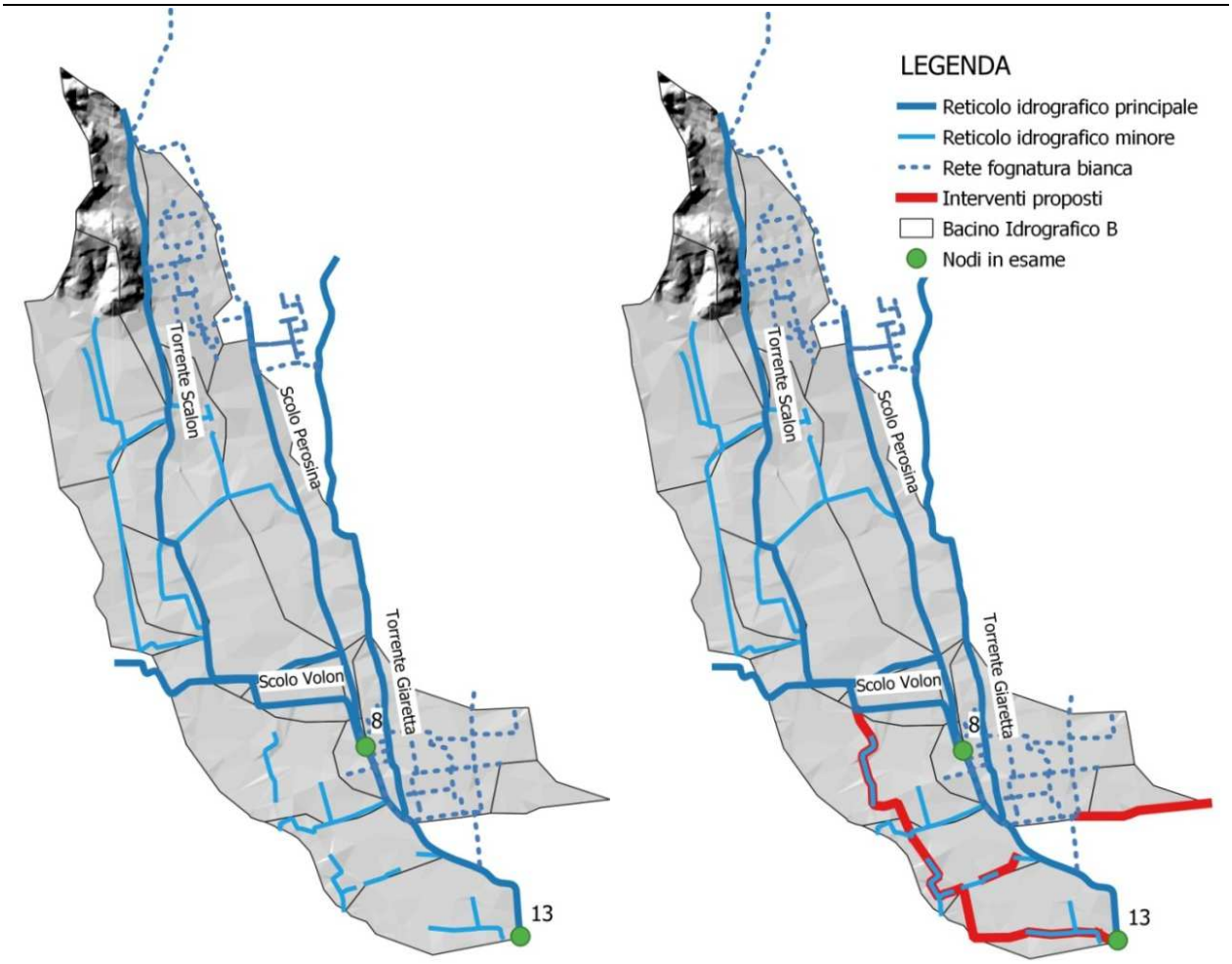

figura 6.3.1. Localizzazione dei nodi studiati per il reticolo idrografico attuale e di progetto

Nell'idrogramma al nodo 13 si riportano le portate fluite all'interno del Torrente Giaretta, nel quale confluiscono lo scolo Perosina e Volon. Nel nodo analizzato vengono consegnate le portate sottratte a monte dal torrente Scalon e dallo scolo Volon. Si appezza dal grafico l'effetto di laminazione e riduzione offerto.

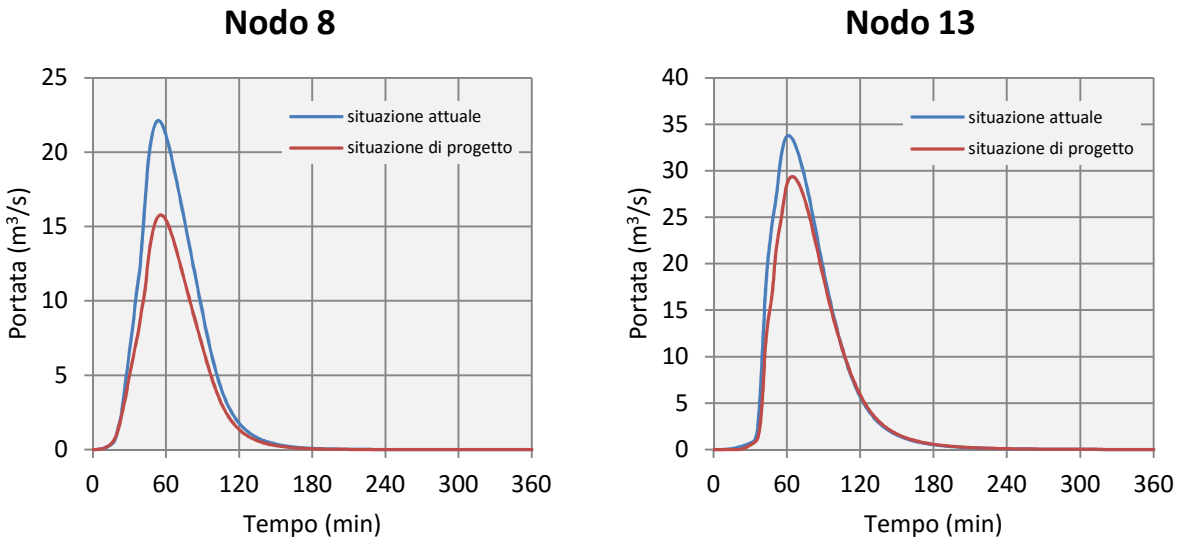

figura 6.3.2. Idrogrammi dei nodi 8 e 13 per il reticolo idrografico attuale e di progetto

7 ZONA DI STUDIO C: VOLON - GIARONA

Questa zona di studio comprende l'area ad ovest del territorio comunale.

Il torrente Volon ha origine nel comune di Mussolente ed entra a far parte del comune di San Zenone degli Ezzelini solo all'altezza di Ca' Rainati. Nel territorio comunale hanno origine diversi suoi affluenti nelle valli di Liedolo, tra i quali il rio Giarona.

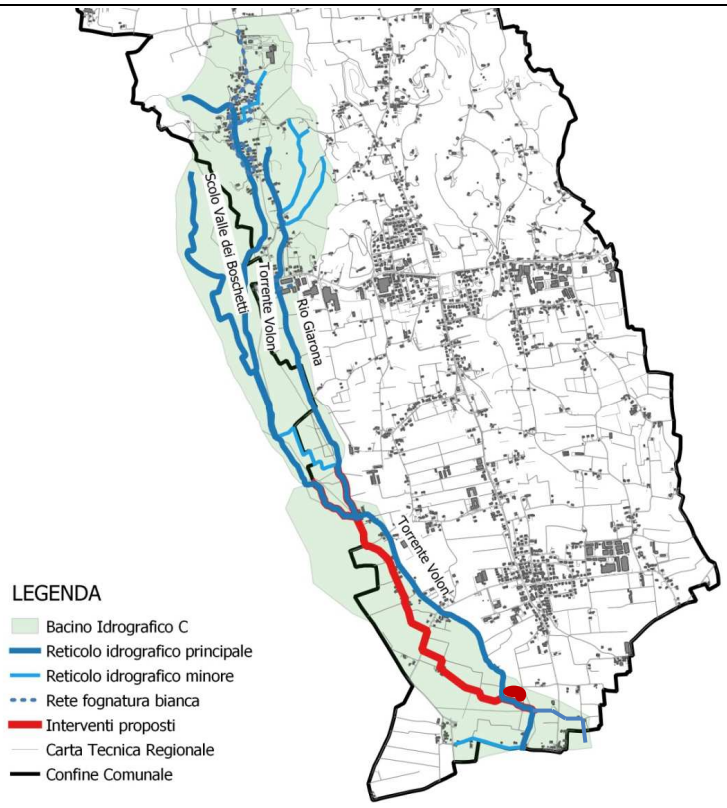

figura 7.1. Consorzi di Bonifica della Provincia di Treviso

7.1.1 TORRENTE VOLON

Lungo il percorso del torrente Volon si riscontrano problemi di deflusso in corrispondenza dell'immissione del rio Giarona e a valle si evidenziano alcuni punti critici in corrispondenza di riduzioni di sezione localizzate.

Si prevede in primo luogo un risezionamento dell'alveo nel tratto a monte dell'immissione con il rio Giarona.

Sempre nell'ottica di ristabilire la continuità idraulica storica, si prevede di deviare parte della portata ad un canale storico pressoché parallelo al corso d'acqua attuale, dandogli continuità idraulica, risezionandolo e redistribuendo così il picco.

Si intende realizzare anche una cassa di laminazione a valle della confluenza con in nuovo fossato previsto.

7.1.2 RIO GIARONA

Lungo il rio Giarona non si riscontrano problematiche particolari, se non all'altezza dell'immissione nel torrente Volon. Si prevede pertanto di risezionare il tratto finale a monte dell'immissione per far fronte all'aumento di livello idrico dovuto al fenomeno di rigurgito.

7.2 MODELLO IDRAULICO-IDROLOGICO

Si riporta in figura 7.8.1 la rappresentazione grafica del modello realizzato con il software HEC-HMS per la modellazione delle portate precipitate all'interno del bacino considerato. Nella rappresentazione a sinistra si ha la situazione attuale del reticolo idrografico mentre nella rappresentazione di destra si ha il reticolo idrografico con la realizzazione degli interventi di manutenzione straordinaria.

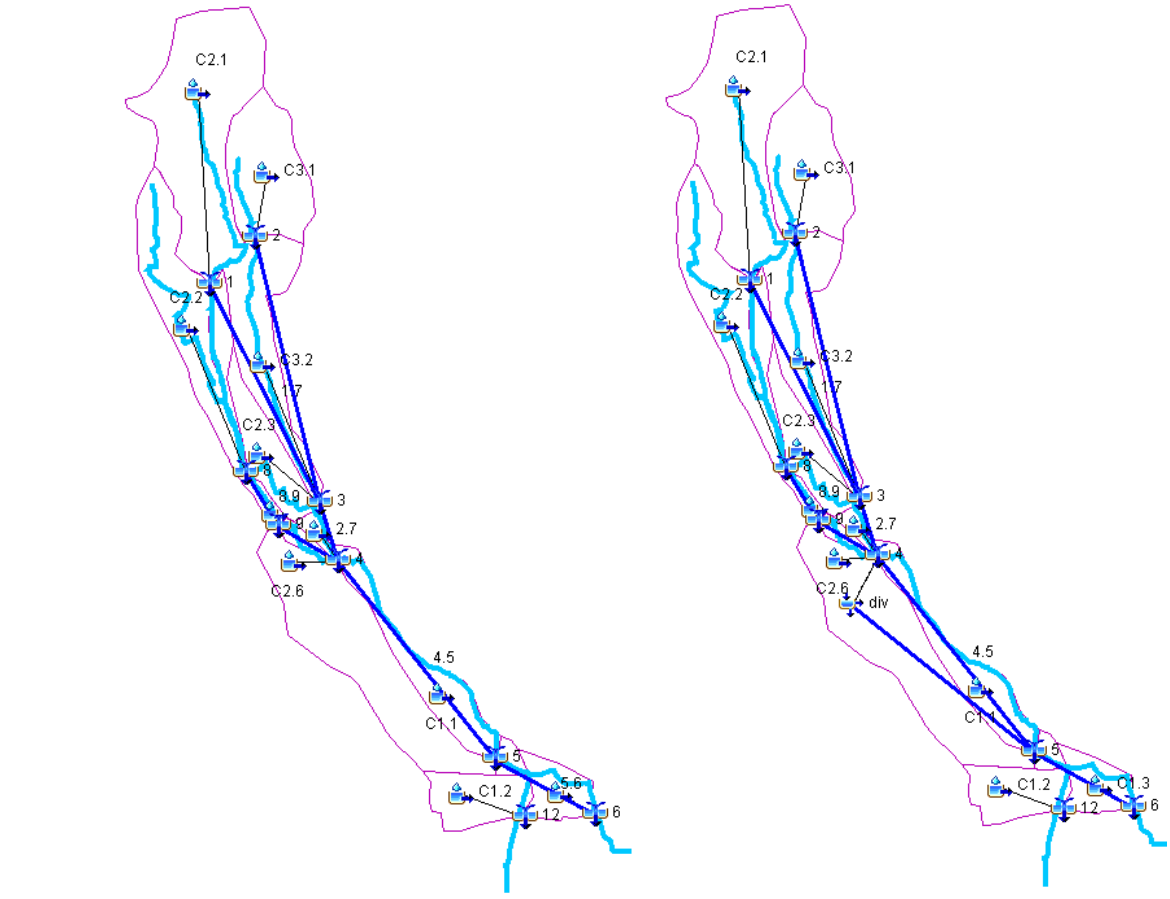

figura 7.2. Rappresentazione grafica del modello implementato

Nel modello sono state mantenuti costanti i bacini che raccolgono la portata per poi riversarla nel reticolo idrografico. Osservando il reticolo idrografico dei modelli, si nota una maggiore interconnessione del modello di destra, che comporta un migliore bilanciamento delle portate da far defluire. Nel modello al nodo 5 viene inserita una cassa di laminazione dell'estensione di 2 ha e con la capacità di 30.000 m^3.

Si riporta nella tabella seguente la nomenclatura dei vari bacini in cui si è suddivisa l'area, le quote di superficie con relativo utilizzo del suolo, dati utilizzati per l'assegnazione dei Curve Number e la realizzazione del modello.

bacino	sottobacino	urbana	diffusa	industriale	agricola	boschiva	area (ha)	CN
1) Volon 2	C1.1	-	190,982	-	731,276	-	92.23	60.07
	C1.2	-	-	63,779	170,947	-	23.47	68.87
	C1.3	-	-	26,707	132,430	-	15.91	64.71
2) Volon 1	C2.1	277,944	118,915	55,551	115,968	414,236	98.26	69.11
	C2.3	7,609	-	1,155	-	-	0.88	86.71
	C2.4	-	-	-	94,463	-	9.45	58.00
	C2.6	-	-	-	29,287	-	2.93	58.00
	C2.7	-	-	-	41,112	-	4.11	58.00
3) Giarona	C3.1	45,836	77,399	-	78,999	332,841	53.51	61.76
	C3.2	57,161	112,470	85,061	176,750	46,299	47.77	70.71
CN		85	68	98	58	58		

7.3 RISULTATI DELL'ANALISI

La realizzazione di una nuova via di deflusso per le portate trasportate dal torrente Volon permette la ridistribuzione delle portate precipitate sui bacini, in un tratto in cui l'orografia del terreno non fornisce delle grandi pendenze e dunque lo scorrimento all'interno del torrente tende a rallentare. Si vuole dunque realizzare un percorso alternativo, riaprendo e collegando dei fossati esistenti, in modo da poter dare sfogo alle portate in eccesso trasportate dal torrente Volon impedendo così la sua esondazione localizzata. Andando ad analizzare le portate precipitate sui bacini con l'ausilio del software di calcolo HEC-HMS si sono osservate le portate fluenti nei fossati al variare della loro conformazione planimetrica. In particolare si sono analizzati i 2 nodi in cui si possono osservare delle variazioni. Con gli interventi di manutenzione straordinaria una parte delle portate fluenti nel torrente Volon viene deviata per poi essere re immessa più a valle, come si nota dagli idrogrammi riportati nella figura 7.3.2.

In particolare, con gli interventi di manutenzione straordinaria si vuole migliorare le condizione di deflusso all'interno del torrente Volon, i quale raccoglie le portate trasportate dallo scolo Valle dei Boschetti e del rio Giarona. Oltre ai lavori di risezionamento dei tratti precedenti alla confluenza in modo da mettere in sicurezza l'area si prevede la realizzazione di una nuova via di deflusso che funga da diversore per il torrente Volon. In particolare andando a collegare dei fossati esistenti, e approfondendoli adeguatamente, si crea un percorso alternativo per le portate, sgravando il carico sul torrente Volon. Le portate vengono poi riconsegnate al torrente Volon più a valle in un tratto in cui non si presentano problematiche di deflusso.

Nell'idrogramma del nodo 4 si osserva lo sgravio notevole offerto dalla nuova via di deflusso che si fa carico di una notevole parte delle portate da far defluire a valle. In questo modo le portate suddivise in due corsi d'acqua sono più facilmente gestibili e le possibilità di esondazione localizzata vengono ridotte.

Interessante è l'analisi dell'idrogramma al nodo 5 in cui si nota una vera e propria opera di laminazione del colmo di piena e uno sfasamento temporale del passaggio del colmo di piena. La nuova via di deflusso aperta ha una lunghezza maggiore e dunque le portate vengono riconsegnate al torrente Volon con un ritardo. Osservando anche il nodo 6 si nota la riduzione della portata offerta dalla cassa di laminazione posta a valle del nodo 5.

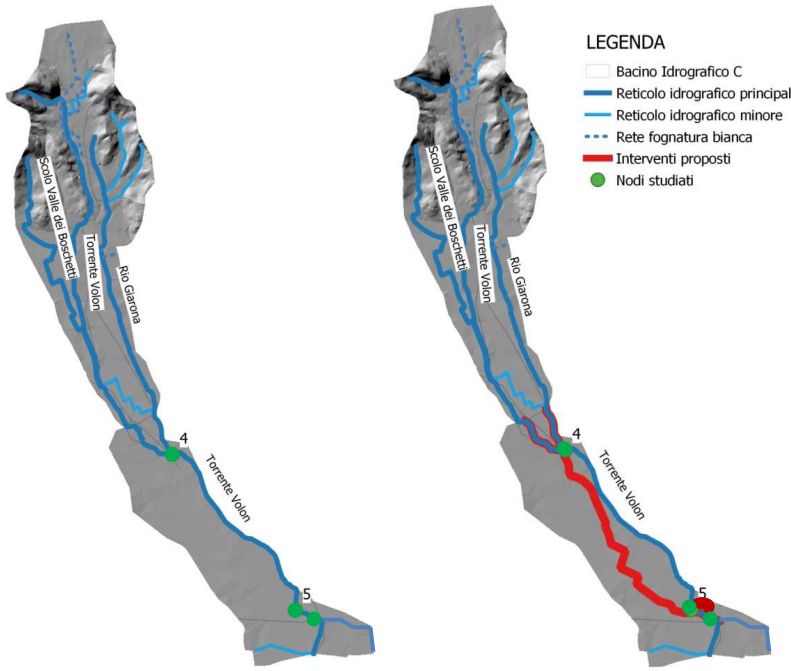

figura 7.3.1. Localizzazione dei nodi studiati per il reticolo idrografico attuale e di progetto

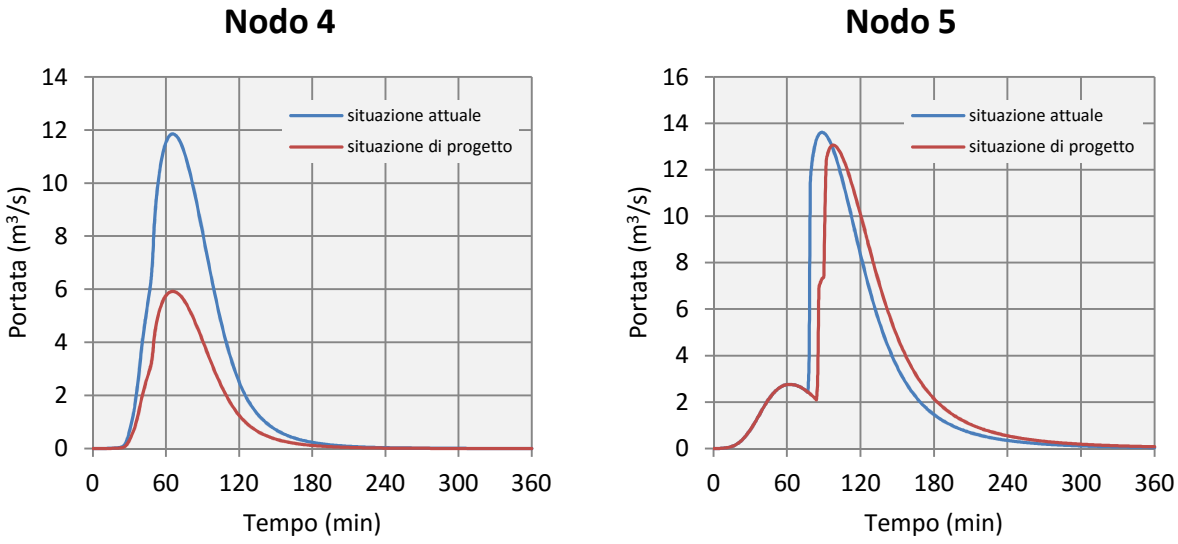

figura 7.3.2. Idrogrammi dei nodi 4 e 5 per il reticolo idrografico attuale e di progetto

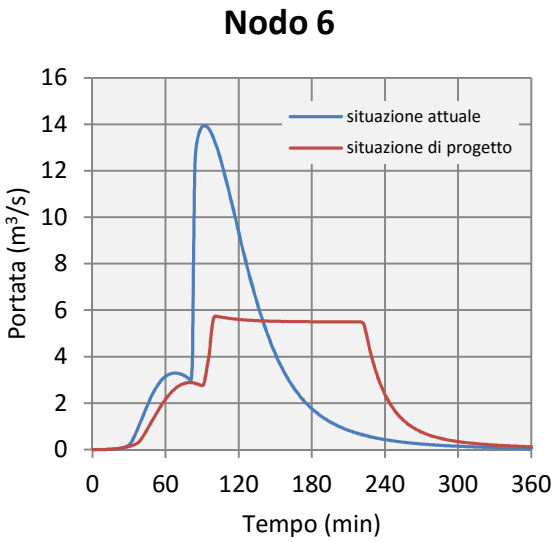

figura 7.3.2. Idrogramma del nodo 6 per il reticolo idrografico attuale e di progetto

Nel modello viene inserita a valle del nodo 5 una cassa di laminazione dell'estensione di 2 ha e con una profondità 2 metri. La modellazione viene eseguita con un volume d'invaso di 30.000 m^3. Al nodo 6 si possono osservare gli effetti di laminazione del colmo di piena che viene dimezzato.

8 ANALISI IDRAULICA

Noti gli idrogrammi di piena fluenti all'interno dei corsi d'acqua si esegue un'analisi idraulica dei nodi e dei tratti a valle delle opere di miglioramento proposte al fine di evidenziare i tratti in cui le sezioni sono insufficienti e verificare l'effettiva utilità delle opere che si propongono.

8.1 CODICE DI CALCOLO HEC-RAS

Lo studio idraulico dei corsi d'acqua è stato effettuato mediante utilizzo del codice di calcolo HEC-RAS (versione 5.0.3) Hydrologic Engineer Center - River Analysis System (US Army Corps of Engineers). Qui di seguito si farà brevemente riferimento al funzionamento del modello numerico utilizzato, alle sue potenzialità e ai suoi limiti.
Il modello è in grado di determinare i profili di superficie libera in moto permanente gradualmente vario (in senso spaziale e non temporale) in alvei prismatici e non - prismatici.
Entrambi i tipi di corrente, lenta e veloce, possono essere calcolati così come le conseguenze di diverse tipologie di accidentalità e strutture di cui si conosca la relazione fra carico e portata defluente.
Il modello è comunque vincolato nel suo utilizzo da tre condizioni:

- poiché le equazioni non contengono termini dipendenti dal tempo, il moto deve essere permanente;
- il moto deve essere gradualmente vario in senso spaziale poiché le equazioni ipotizzano la distribuzione idrostatica delle pressioni in seno alla corrente;
- il moto è monodimensionale.

Il software HEC-RAS consente inoltre :

- di determinare con precisione l'effetto di rigurgito determinato dalle spalle dei ponti o dall'ingombro delle pile in alveo o dalla presenza di soglie;
- di parametrizzare il coefficiente di scabrezza attribuendo valori differenti per alveo attivo ed aree golenali;
- è inoltre possibile creare all'interno di ciascuna sezione trasversale del corso d'acqua zone a scabrezza omogenea, definendo quindi tale parametro con precisione maggiore rispetto al coefficiente di scabrezza equivalente.

Il software permette di ottenere informazioni che riguardano sia parametri fisici del corso d'acqua, che parametri legati alla progettazione:

- quota del pelo libero (m.s.l.m.m.);
- quota del gradiente energetico;
- velocità e portata sia dell'alveo attivo che delle aree golenali;
- larghezza del pelo libero, area bagnata ed i principali parametri geometrici;
- sezioni trasversali del corso d'acqua;
- profilo di moto permanente.

Per meglio comprendere il funzionamento del modello idraulico utilizzato è opportuno fornire una sintesi delle potenzialità e dei fondamenti teorici che stanno alla base del calcolo dei profili di moto permanente e che sono implementati nel modello stesso.
Per calcolare la quota del pelo libero incognita in una determinata sezione trasversale del corso d'acqua il modello utilizza una procedura di calcolo nota come Standard Step Method, consistente nell'integrazione dell'equazione di bilancio energetico:

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

$$h_e = L \cdot S_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

dove:

WS_1, WS_2 = quota del pelo libero fra due sezioni di calcolo V1, V2 = velocità media
α_1, α_2 = coefficienti energetici moltiplicativi della velocità g = accelerazione di gravità
h_e = perdita di carico
L = distanza fra le sezioni trasversali
S_f = pendenza media
C = coefficiente di perdita per contrazione o espansione.

Ulteriore punto fondamentale nella comprensione del funzionamento del modello idraulico è la suddivisione della massa liquida defluente in unità elementari per le quali la velocità è distribuita uniformemente. Nel canale principale di deflusso la massa liquida defluente non viene suddivisa tranne nel caso in cui si conferiscano più valori di scabrezza differenti in alveo. In funzione dei valori di scabrezza definiti saranno individuate corrispondenti unità di deflusso.
La capacità di deflusso per ciascuna suddivisione è pertanto calcolata con la seguente espressione:

$$K = \frac{1{,}486}{n} a R^{2/3}$$

dove:

K = capacità di deflusso per unità elementare
n = coefficiente di Manning per la scabrezza dell'unità elementare a = area di deflusso dell'unità elementare
R = raggio idraulico per l'unità di deflusso elementare.

La capacità totale di deflusso per la sezione trasversale è ottenuta per sommatoria delle singole capacità relative alle unità in cui la sezione è stata scomposta.
Le perdite di carico dovute ad attrito sono calcolate come prodotto della pendenza media, S_f, e della distanza L fra due sezioni trasversali consecutive.
Affinché il modello possa elaborare correttamente i profili di moto permanente per il tratto di corso d'acqua considerato e determinare la quota del pelo libero delle sezioni trasversali utilizzate, devono essere disponibili i seguenti dati riguardanti la geometria delle sezioni e le caratteristiche idrauliche della corrente:

tipo di corrente;
quota iniziale del pelo libero;
valore di portata;
coefficienti rappresentativi delle perdite;
geometria delle sezioni trasversali;
distanze (golene e alveo principale) tra le sezioni trasversali.

Una volta determinate le caratteristiche geometriche e quelle idrauliche, è necessario definire i valori di scabrezza per il canale attivo e per le aree golenali.
Il modello utilizzato nelle elaborazioni consente molteplici soluzioni per definire la scabrezza delle singole sezioni trasversali, la qual cosa permette di ridurre moltissimo i margini di dubbio e incertezza legati all'individuazione di questo coefficiente particolarmente importante.
Il coefficiente di scabrezza può pertanto assumere diversi valori in una singola sezione trasversale, al fine di poter rappresentare realisticamente la morfologia della stessa. Oltre a definire un valore di scabrezza per ciascuna suddivisione (golene, alveo principale) è inoltre possibile definire la scabrezza in funzione della progressiva della singola sezione trasversale oppure in funzione della quota raggiunta dal pelo libero.
Oltre alle perdite di carico valutate attraverso il coefficiente "n" di Manning (perdite per attrito), il modello consente di valutare le perdite di transizione per allargamento / restringimento utilizzando i

coefficienti di espansione e contrazione, le perdite che si originano nell'attraversamento di ponti e tombini in seguito alla forma del manufatto, alla configurazione delle pile, al tipo di moto e alle condizioni di imbocco/sbocco.

8.1.1 DEFINIZIONE DELLA SCABREZZA

Il coefficiente di scabrezza in un alveo naturale è una misura globale della resistenza al moto. La definizione di questo parametro deve essere effettuata in seguito a un accurato sopralluogo del corso d'acqua, considerando sia le caratteristiche granulometriche dei materiali che compongono l'alveo e le sponde, sia la copertura vegetale delle sponde e delle aree golenali interessate al deflusso.
A titolo orientativo per la scelta dei valori numerici si farà riferimento, utilizzando il coefficiente di scabrezza di Manning, alle indicazioni fornite dalle tabelle di "Open Channel Hydraulics", Ven Te Chow, McGraw Hill International Editions (tab. 4.1).

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2}$$

dove:

v = velocità media della corrente (m/s)
R = raggio idraulico (m)
i = pendenza di fondo (m/m)
n = coefficiente di Manning

dove:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5$$

Condizioni dell'alveo		Valori	
Materiale costituente l-alveo	Terra	n_0	0.020
	Roccia		0.025
	Ghiaia grossa		0.028
	Ghiaia fine		0.024
Irregolarità della superficie della sezione	Trascurabile	n_1	0.000
	Bassa		0.005
	Moderata		0.010
	Elevata		0.020
Variazione della forma e della dimensione della sezione trasversale	Granulare	n_2	0.000
	Variazione occasionale		0.005
	Variazione frequente		0.010
Effetto relativo di ostruzioni	Trascurabile	n_3	0.000
	Modesto		0.015
	Apprezzabile		0.020
	Elevato		0.040
Effetto della vegetazione	Basso	n_4	0.005
	Medio		0.010
	Alto		0.025
	Molto alto		0.050
Grado di sinuosità dell'alveo	Modesto	m_5	1.000
	Apprezzabile		1.150
	Elevato		1.300

8.2 ANALISI CONFLUENZA FINALE ZONA A

Si propone l'analisi dello stato di fatto e dello stato di progetto della confluenza che si ha nella zona di analisi A (capitolo 5) con l'implementazione del programma HEC-RAS.
Il nodo idraulico oggetto di verifica è rappresentato dalla confluenza del Valserna nel Boschier

figura 8.2.1. Localizzazione dei nodi studiati

L'analisi verte sulla confluenza finale del torrente Valserna nel torrente Boschier, a valle della cassa d'espansione prevista dal Piano delle Acque in oggetto.
Nel presente piano viene proposto l'inserimento della cassa d'espansione al fine di limitare le portate fluenti al nodo 7, che allo stato attuale come si apprezza dalla modellazione figura 8.2.3 fuoriescono dalla sezione del canale. A valle invece e nel torrente Valserna, le sezioni attualmente risultano adeguate.
Nello stato di progetto con la riduzione offerta dalla cassa d'espansione anche al nodo 7 non vi sono problematiche di deflusso come si apprezza nella figura 8.2.6. Si riportano in seguito gli output grafici ottenuti con il programma HEC-RAS.

nodo	Fondo (m)	Profondità (m)	Scarpa destra	Scarpa sinistra	Portata massima Attuale (m^3/s)	Portata massima Progetto (m^3/s)
nodo 11	1.00	1.20	0.5	0.5	≈5.00	≈6.50
nodo 7	1.20	1.00	-	-	≈13.00	≈8.00
nodo 9	1.40	1.20	0.5	0.5	≈18.00	≈9.00

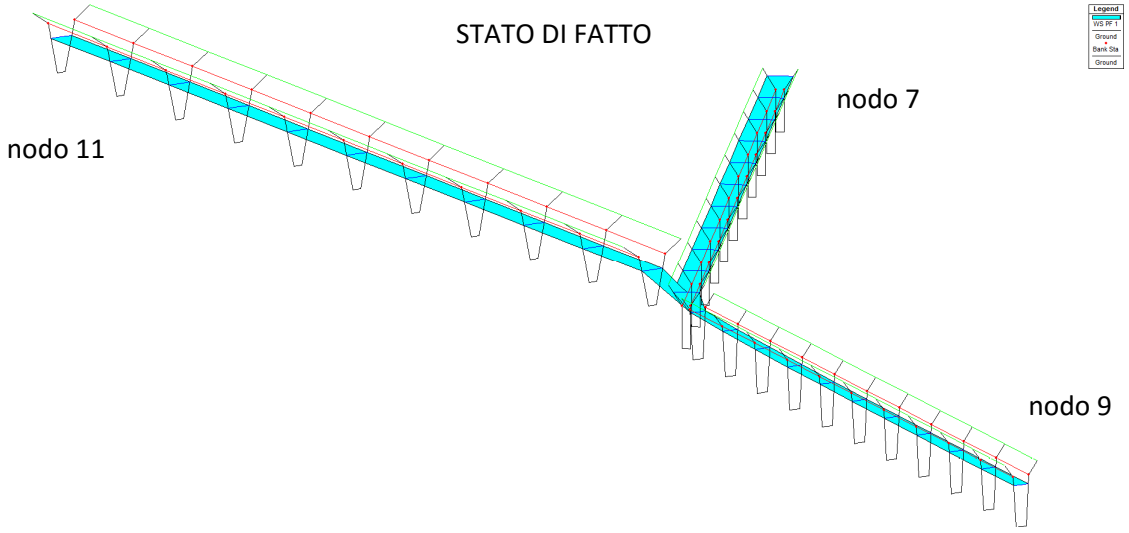

figura 8.2.2. Andamento del pelo libero nello stato di fatto

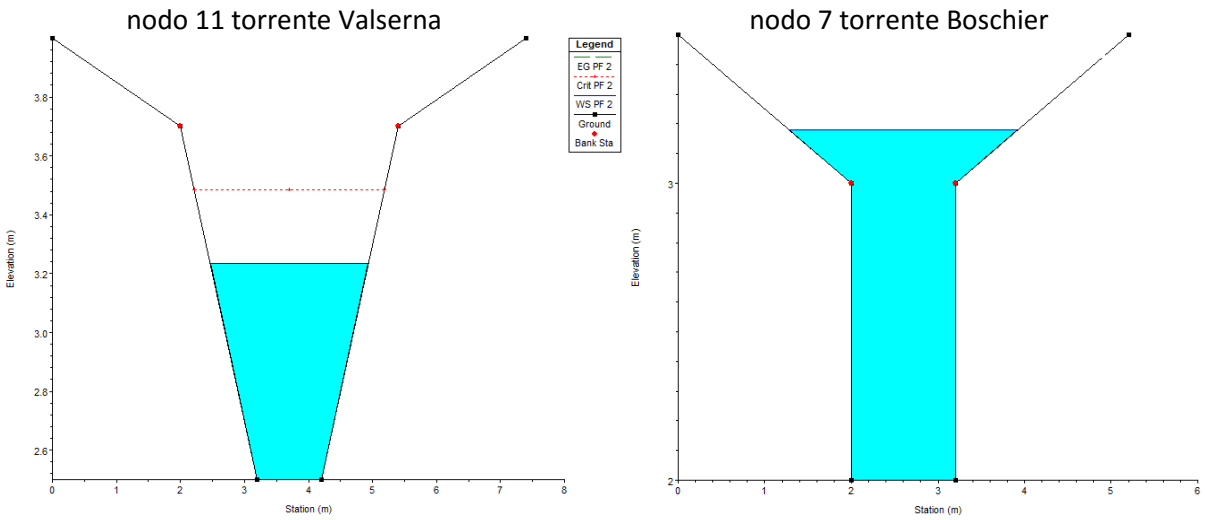

figura 8.2.3. Sezioni con il massimo livello raggiunto (stato di fatto)

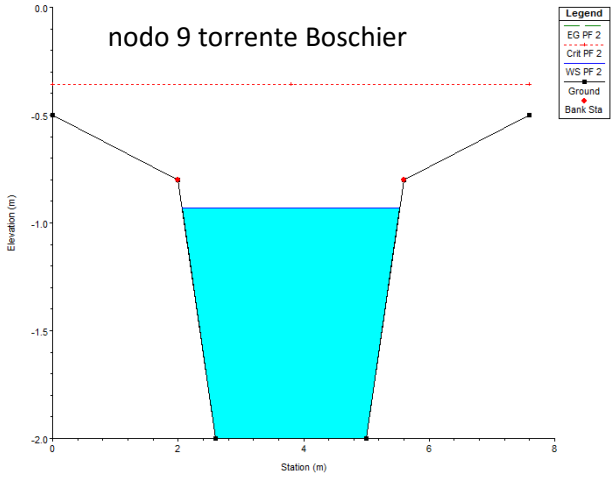

figura 8.3.4. Sezione con il massimo livello raggiunto (stato di fatto)

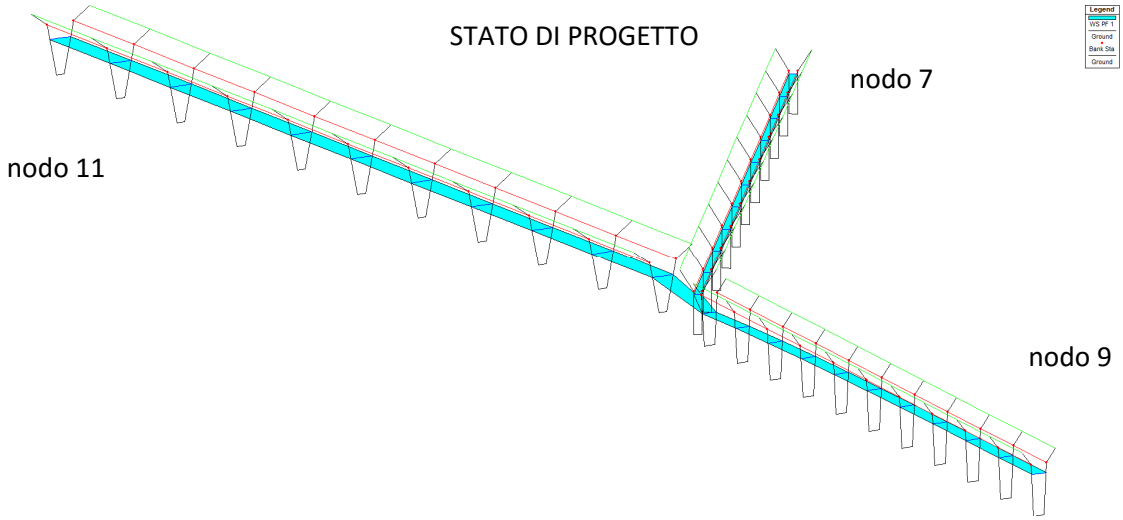

figura 8.2.5. Andamento del pelo libero nello stato di progetto

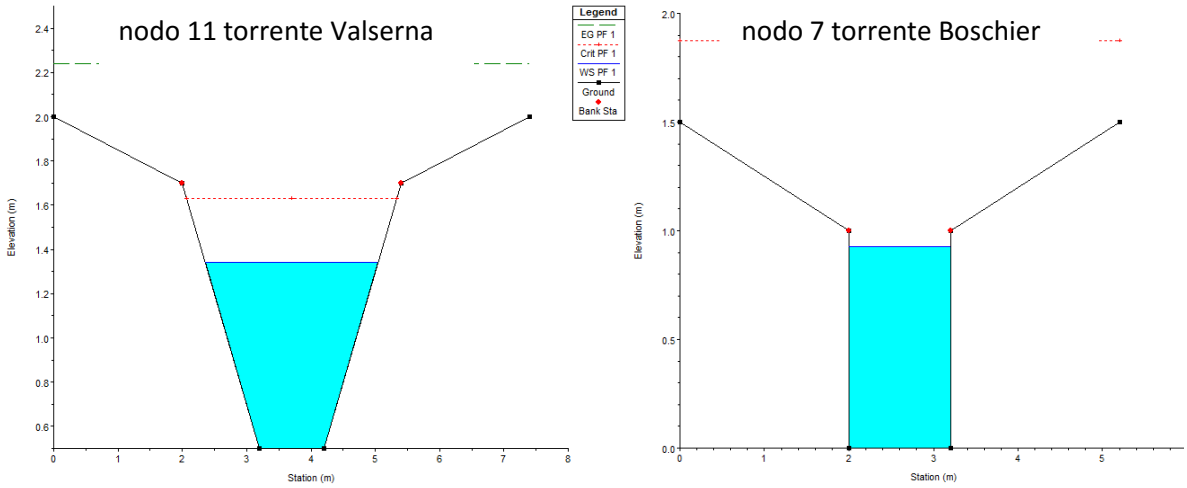

figura 8.2.6. Sezioni con il massimo livello raggiunto (stato di progetto)

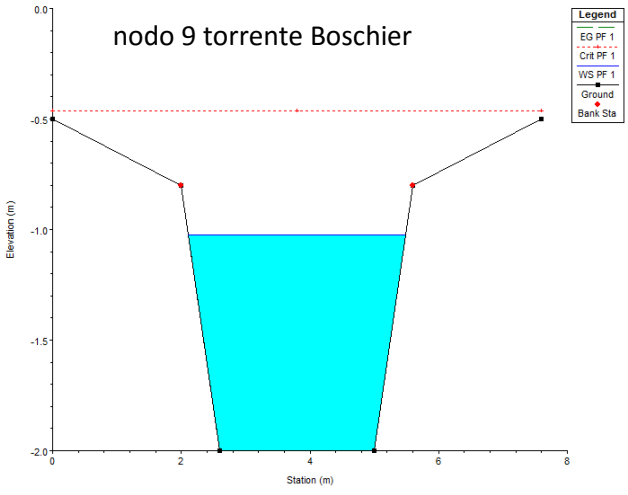

figura 8.2.7. Sezione con il massimo livello raggiunto (stato di progetto)

8.3 ANALISI DIVERSIONE FINALE ZONA C

Si propone l'analisi dello stato di fatto e dello stato di progetto della diversione che si ha nella zona di analisi C (capitolo 7) con l'implementazione del programma HEC-RAS.
Il nodo idraulico oggetto di verifica è rappresentato dalla diversione sul Vollone con uno scolmatore che trasferisce parte delle portate al torrente Viazza.

figura 8.3.1. Localizzazione dei nodi studiati

L'analisi verte sul tratto finale del torrente Vollone, a valle della cassa d'espansione prevista dal Piano delle Acque in oggetto e a monte dell'attraversamento della Superstrada Pedemontana veneta.
Nel presente piano viene proposto l'inserimento della cassa d'espansione al fine di limitare le portate fluenti al nodo 6, che allo stato attuale come si apprezza dalla modellazione figura 8.3.3 fuoriescono dalla sezione del canale. A valle invece, le sezioni attualmente risultano adeguate.
Nello stato di progetto con la riduzione offerta dalla cassa d-espansione anche al nodo 6 non vi sono problematiche di deflusso come si apprezza nella figura 8.3.6. Si riportano in seguito gli output grafici ottenuti con il programma HEC-RAS.

nodo	Fondo (m)	Profondità (m)	Scarpa destra	Scarpa sinistra	Portata massima Attuale (m^3/s)	Portata massima Progetto (m^3/s)
nodo 6	1.40	1.00	0.5	0.5	≈14.00	≈6.00
torrente Vollone	1.40	1.50	0.5	0.5	≈8.00	≈4.00
scolmatore Vollone	1.20	1.50	0.5	0.5	≈6.00	≈2.00

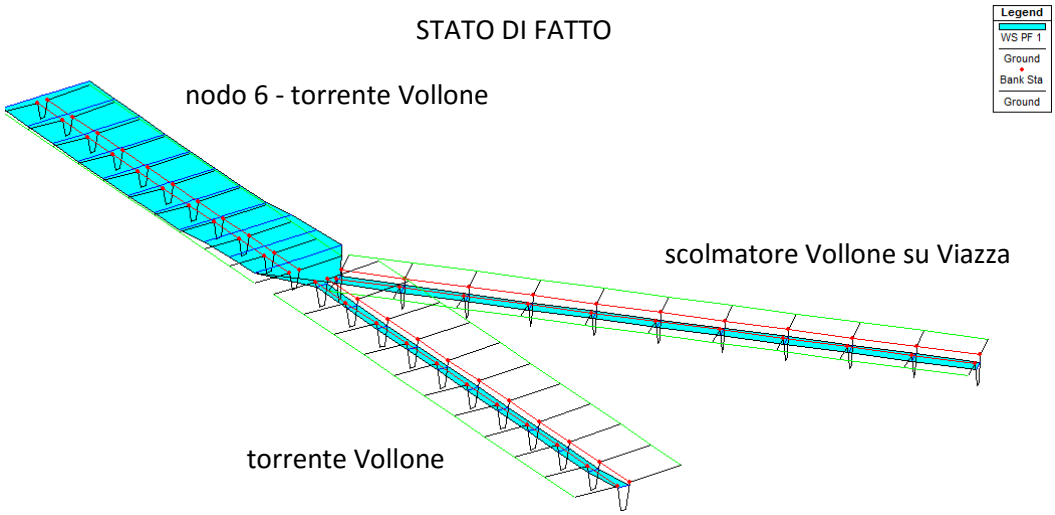

figura 8.3.2. Andamento del pelo libero nello stato di fatto

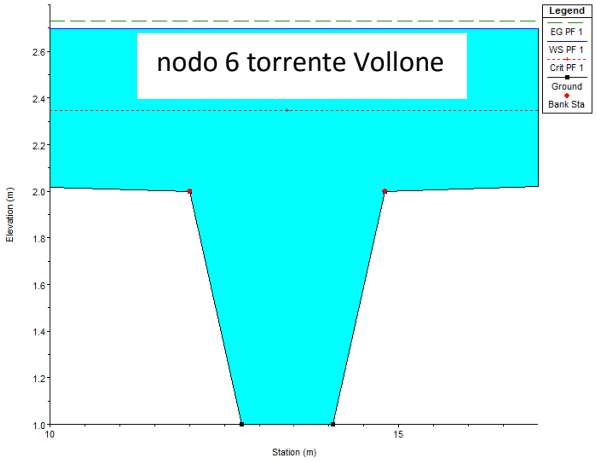

figura 8.3.3. Sezione con il massimo livello raggiunto (stato di fatto)

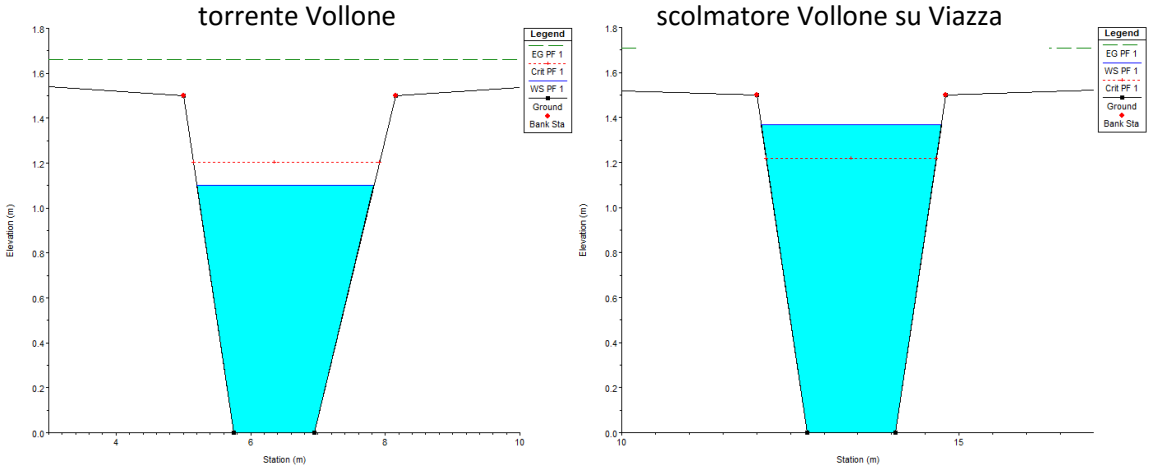

figura 8.3.4. Sezioni con il massimo livello raggiunto (stato di fatto)

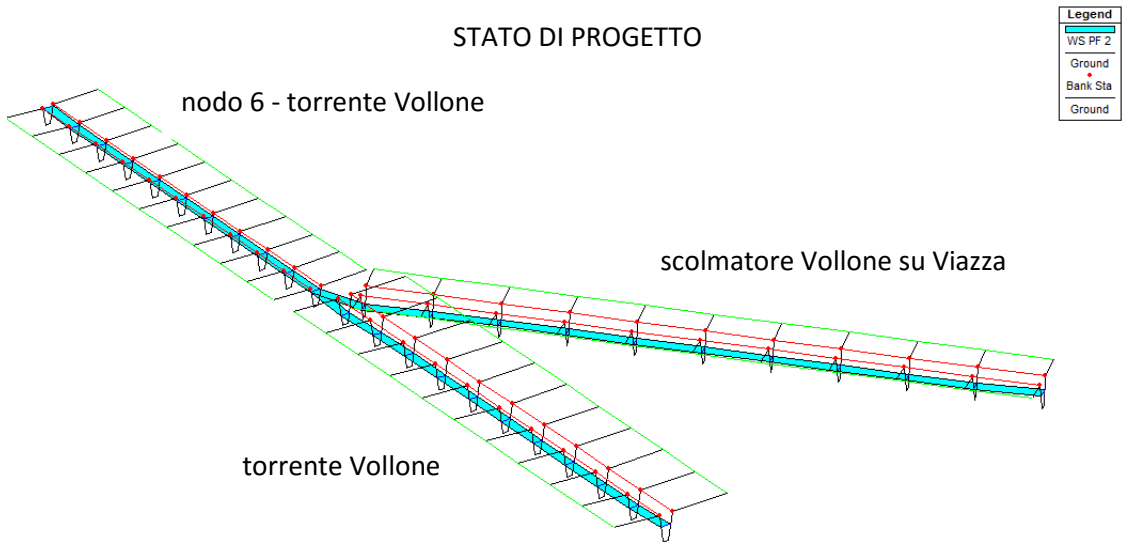

figura 8.3.5. Andamento del pelo libero nello stato di progetto

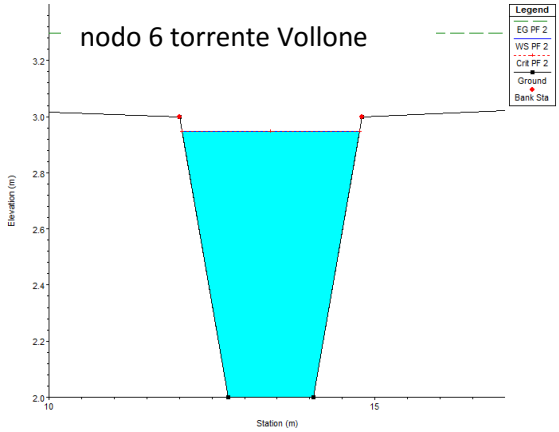

figura 8.3.6. Sezione con il massimo livello raggiunto (stato di progetto)

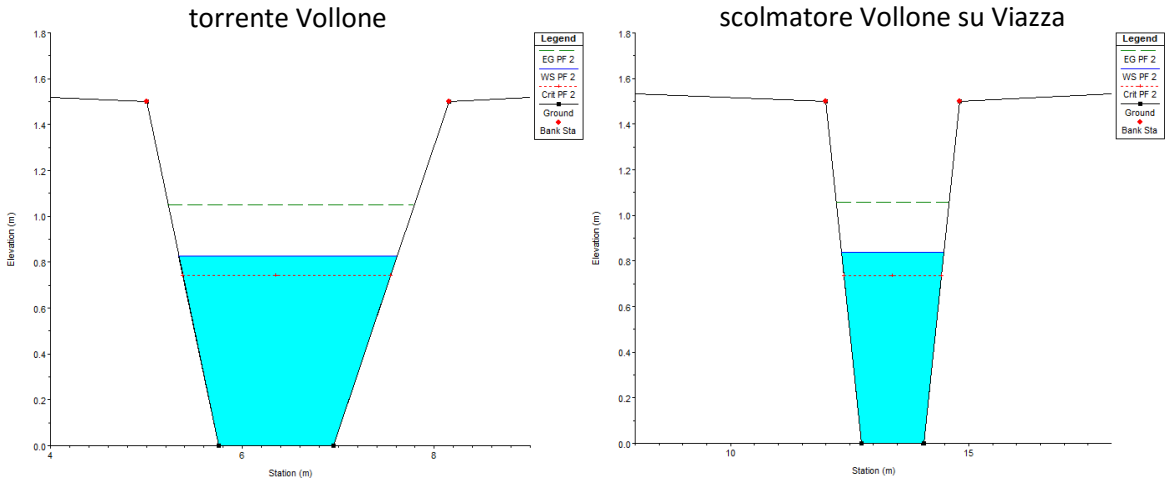

figura 8.3.7. Sezioni con il massimo livello raggiunto (stato di progetto)

9 CONCLUSIONI

L'analisi idrologica proposta ha lo scopo di verificare lo stato della rete di deflusso all'interno del territorio comunale di San Zenone degli Ezzelini. In particolari si è voluto analizzare, oltre che al funzionamento della rete, il miglioramento delle operazioni di deflusso della precipitazione meteorica offerto dai lavori di manutenzione straordinaria proposti.
In particolare si è osservato che la realizzazione di nuove vie di deflusso, riaprendo e collegando fossati abbandonati al degrado, crea una generale riduzione delle portate defluite all'interno dei corpi ricettori principali, riducendo la possibilità di esondazioni localizzate ed eventuali problematiche di deflusso. Inoltre si è visto che con il posizionamento di casse d-espansione in punti strategici si riesce a mettere in sicurezza il deflusso all'interno dei corsi d'acqua principali.
Il risultato di mitigazione si è ottenuto quindi grazie alla realizzazione di invasi localizzati lungo i corsi d'acqua maggiori e al ripristino di vecchi fossati.