

REGIONE VENETO
PROVINCIA DI TREVISO

COMUNE DI SILEA



PROGETTO: **PIANO COMUNALE DELLE ACQUE**

TITOLO: **Relazione idraulica**

PROGETTISTA: **Ing. ANDREA TONON**

CONSULENTE
IDRAULICO: **Ing. LINO POLLASTRI**

DATA: **Giugno 2021**



COMUNE DI SILEA
Via Don Minzoni, 12, Silea (TV)
Tel. +39 (0422) 365711

Il Sindaco

Dott. Rossella CENDRON

Il Segretario

Avv. Nicoletta MAZZIER

Il Responsabile Ufficio Tecnico, Ambiente e Attività Produttive

Arch. Denis CENDRON

GRUPPO DI LAVORO

Progettisti

Ingegnere Andrea TONON

Contributi specialistici

Lino POLLASTRI, Ingegnere Idraulico

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	2
2. ANALISI DELLE CRITICITÀ.....	3
3. METODI E MODELLI UTILIZZATI.....	4
3.1. Modello Digitale del Terreno.....	4
3.1.1. <i>Relazione plano-altimetrica tra DTM e CTR.....</i>	<i>5</i>
3.1.2. <i>Relazione plano-altimetrica tra DTM e rilievo topografico.....</i>	<i>6</i>
3.2. Descrizione della modellazione matematica idraulica.....	9
3.2.1. <i>Definizione dell'evento pluviometrico di progetto.....</i>	<i>9</i>
3.2.2. <i>Aree modellate del territorio comunale.....</i>	<i>11</i>
3.2.3. <i>Determinazione dei sottobacini.....</i>	<i>12</i>
3.2.4. <i>Parametri di modellazione dei sottobacini.....</i>	<i>13</i>
3.2.5. <i>Determinazione della pioggia netta.....</i>	<i>17</i>
3.2.6. <i>Parametri di modellazione delle rete.....</i>	<i>19</i>
3.3. Ulteriori considerazioni sulla modellazione.....	20
4. MODELLI.....	21
4.1. Area di via Tiepolo.....	22
4.1.1. <i>Criticità.....</i>	<i>22</i>
4.1.2. <i>Interventi proposti.....</i>	<i>25</i>
4.2. Area Lanzago-Silea.....	26
4.2.1. <i>Criticità.....</i>	<i>26</i>
4.2.2. <i>Interventi proposti.....</i>	<i>35</i>
4.3. Area Cendon-Sant'Elena-Pentia-Montiron.....	38
4.3.1. <i>Criticità.....</i>	<i>38</i>
4.3.2. <i>Interventi proposti.....</i>	<i>45</i>
4.4. Area Pentia-Musestre.....	48
4.4.1. <i>Criticità.....</i>	<i>48</i>
4.4.2. <i>Interventi proposti.....</i>	<i>51</i>
4.5. Area Canton.....	52
4.5.1. <i>Criticità.....</i>	<i>53</i>
4.5.2. <i>Interventi proposti.....</i>	<i>57</i>
4.6. Ulteriori criticità e proposte di intervento.....	59
5. APPENDICE: MODELLO DI CALCOLO EPA SWMM.....	61
5.1. Formulazione del modello di propagazione nella rete.....	62
5.2. Formulazione del modello di trasformazione afflussi-deflussi.....	65

1. PREMESSA

È opportuno ricordare che il Piano delle Acque si configura come uno strumento “dinamico”, sia perché esso mantiene il proprio valore solo se aggiornato a seguito di eventuali cambiamenti sull’assetto idraulico (opere idrauliche, nuove urbanizzazioni, etc.), sia perché esso è strutturato per poter essere in futuro integrato con rilievi o studi di dettaglio, anche riferiti a situazioni localizzate.

In questo senso le future revisioni del Piano, fatta salva l’indagine conoscitiva predisposta in questa prima stesura, potranno raggiungere livelli di dettaglio ulteriori e formulare di conseguenza proposte diverse da quelle presentate in questa sede, sempre e comunque in accordo con gli Enti Idraulici competenti in materia.

Per la stesura del Piano delle Acque sono stati effettuati numerosi sopralluoghi con lo scopo di individuare la rete minore ed i versi di scorrimento fino al recapito nel canale consortile.

L’andamento plano-altimetrico di tutto il territorio interessato è stato ricavato dall’interpolazione dei punti quotati ottenuti da voli LiDAR eseguiti su commissione della Provincia di Treviso. Da quest’ultimo, è stata ricavata la geometria delle sezioni di calcolo dei fossi e capofossi, integrando misure ottenute da rilievo manuale per quanto concerne i manufatti (es: attraversamenti carrabili).

Poiché lo scopo del Piano delle Acque è di fornire indicazioni sullo stato di fatto della rete idrografica minore (fossi e capofossi di proprietà provinciale, comunale e privata) sono state individuate le criticità locali effettuando sopralluoghi di dettaglio, integrando le informazioni disponibili con interviste ai residenti.

Lo studio della rete idrografica è stato effettuato sempre con verifica fisica sul campo anche se non sempre di tipo topografico, acquisizione di materiale fotografico al fine di ottenere un quadro completo dello stato di fatto della rete, individuando le criticità puntuali.

2. ANALISI DELLE CRITICITÀ

L'analisi delle criticità è stata eseguita su tre ambiti:

1. Criticità segnalate da vari enti, nello specifico il comune di Silea, il Consorzio di bonifica Piave e il servizio idrico Piave Servizi;
2. Criticità da sopralluoghi frutto di rilievi ricognitivi di dettaglio della rete scolante;
3. Criticità da modello idraulico derivanti da modellazione matematica della rete di drenaggio.

Le varie criticità segnalate includono soprattutto aree soggette ad allagamenti in seguito di esondazione dei corpi idrici regionali o consortili; come già menzionato, l'analisi di tali criticità esula dagli scopi del Piano delle Acque, avendo bisogno di una trattazione a scala di bacino. Le criticità locali della rete minore sono state oggetto di approfondimento.

In base ai sopralluoghi effettuati nel territorio, concentrando l'attenzione nei punti di confluenza, attraversamenti stradali e manufatti, si sono potute individuare delle criticità puntuali che riguardano essenzialmente:

- attraversamenti e passi carrai ostruiti che possono determinare difficoltà di deflusso e rigurgiti a monte;
- manutenzione carente dei fossati: lo sfalcio e l'espurgo periodico sono di grande importanza per evitare ristagni d'acqua e deflusso limitato (facendo presente che l'osservazione sullo sfalcio è relativa alla data del rilievo).

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 come il programma **EPA SWMM 5.1.012**, il funzionamento delle reti idriche a cielo aperto e tubate.

Tali analisi permettono di definire scientificamente le aree di criticità idraulica e le cause che le generano. Inoltre lo strumento implementato permette di simulare il comportamento della rete idrica negli scenari futuri con la realizzazione di interventi per la mitigazione idraulica delle sofferenze.

Partendo dall'individuazione della rete minore, il calcolo delle caratteristiche e proprietà fondamentali dei fossi afferenti è stato implementato nel modello di propagazione della portata di piena in regime di moto vario al fine di calcolare il massimo tirante idrico. Ovviamente quando il livello idraulico è maggiore della capacità del fosso o del chiusino si hanno fenomeni di allagamento localizzato.

3. METODI E MODELLI UTILIZZATI

Per quanto riguarda l'analisi da modellazione idraulica le criticità sono state ricercate attraverso la valutazione della quota del pelo libero raggiunto nei collettori e nelle tubazioni. L'individuazione della criticità, è stata fatta partendo dai rilievi della rete minore, individuando la quota di fondo fosso e le geometrie della sezione del collettore.

Le quote e la geometria della rete scolante a cielo aperto derivano direttamente dal modello digitale del terreno descritto nel paragrafo successivo, mentre la profondità di scorrimento delle tubazioni dal piano campagna sono stati ricavati dai disegni originali di progetto, da sopralluoghi e ispezioni con documentazione fotografica e rilievi topografici mediante stazione GPS. Il rilievo sul campo ha consentito di ottenere una buona conoscenza del territorio e le informazioni ottenute sono state informatizzate su apposito software GIS che consente una rapida e organica gestione.

Invece, le caratteristiche geometriche, le quote e le sezioni della rete di drenaggio urbano sono state inserite nel modello di calcolo sulla base delle monografie dei singoli pozzetti e della planimetria ricavate dai progetti esecutivi o di variante redatti da:

- Studio degli Ing. L. E. Galli
- Studio Tecnico Ing. Pillon
- Ing. Nicosia
- Studio Ingegneria & Architettura SIA
- Piave Servizi s.r.l., gestore della fognatura comunale

Sono stati integrati da rilievi topografici mediante stazione GPS e ispezioni con sollevamento di chiusini acquisendo molteplici immagini fotografiche nei punti d'interesse. Le operazioni svolte per il rilevamento della rete sono state:

1. sopralluogo e individuazione dei pozzetti
2. rilievo topografico dei pozzetti
3. rilievo geometrico dei pozzetti
4. fotografie dei pozzetti esterni ed interni

Nel corso dell'apertura dei pozzetti sono state rilevate, mediante flessometro, le profondità di scorrimento delle tubazioni riportandole direttamente su schede prestampate. Inoltre, dove possibile, è stata effettuata una fotografia interna al pozzetto e una dall'esterno per identificare il rispettivo chiusino.

La base di partenza utilizzata nelle operazioni di rilievo è costituita dalle planimetrie di riferimento precedentemente descritte in cui sono presenti la planimetria della rete fognaria con diametri e andamenti presunti. La documentazione è stata integrata dalle informazioni fornite, nel corso del rilievo stesso, dall'Ufficio Tecnico di Piave Servizi, riguardanti sia i reali andamenti della rete fognaria, sia l'ubicazione e le caratteristiche di altri tipici elementi del sistema fognario come, ad esempio, i manufatti di sfioro.

3.1. MODELLO DIGITALE DEL TERRENO

Lo studio dell'area è stato supportato dall'utilizzo di dati **LiDAR** della Provincia di Treviso per la costruzione di modelli digitali di elevazione ad elevata risoluzione (DEM). La tecnica di telerilevamento LiDAR (*Light Detection and Ranging*) permette, mediante impulsi laser, di determinare la distanza di una superficie o di un oggetto. Questa distanza è determinata misurando il tempo che intercorre dall'emissione dell'impulso laser, proveniente da un aeromobile, alla ricezione del segnale retrodiffuso.

I dati forniti dal Sistema Informativo Territoriale Integrato della Provincia di Treviso risultano in formato XYZ ovvero una nuvola di punti quotati in coordinate Gauss-Boaga fuso Ovest precedentemente filtrati. Il modello digitale del terreno (DTM) è stato realizzato attraverso l'interpolazione di tali punti con la funzione "Topo to Raster" di ArcGIS basata sull'algoritmo "ANUDEM" sviluppato dall'Australian National University. Si tratta di una tecnica di interpolazione iterativa, alle differenze finite, che cerca di conciliare

l'accuratezza dei metodi locali e la continuità di quelli globali. Il valore di ogni pixel dell'immagine identifica la quota della cella di lato 1x1 m.

Si sottolinea che il DTM possiede un datum, denominato ADBVE2008 e sviluppato dall'Autorità di Bacino dei fiumi dell'Alto Adriatico, che non coincide con il geode di riferimento Italgeo2005 coerente con il datum altimetrico della rete di livellazione nazionale. Non necessitando di conoscere la quota assoluta bensì le differenze di quota nell'ambito della modellazione idraulica, le quote associate al DTM in questa relazione sono riferite al datum ADBVE2008 che meglio approssima il geode locale.

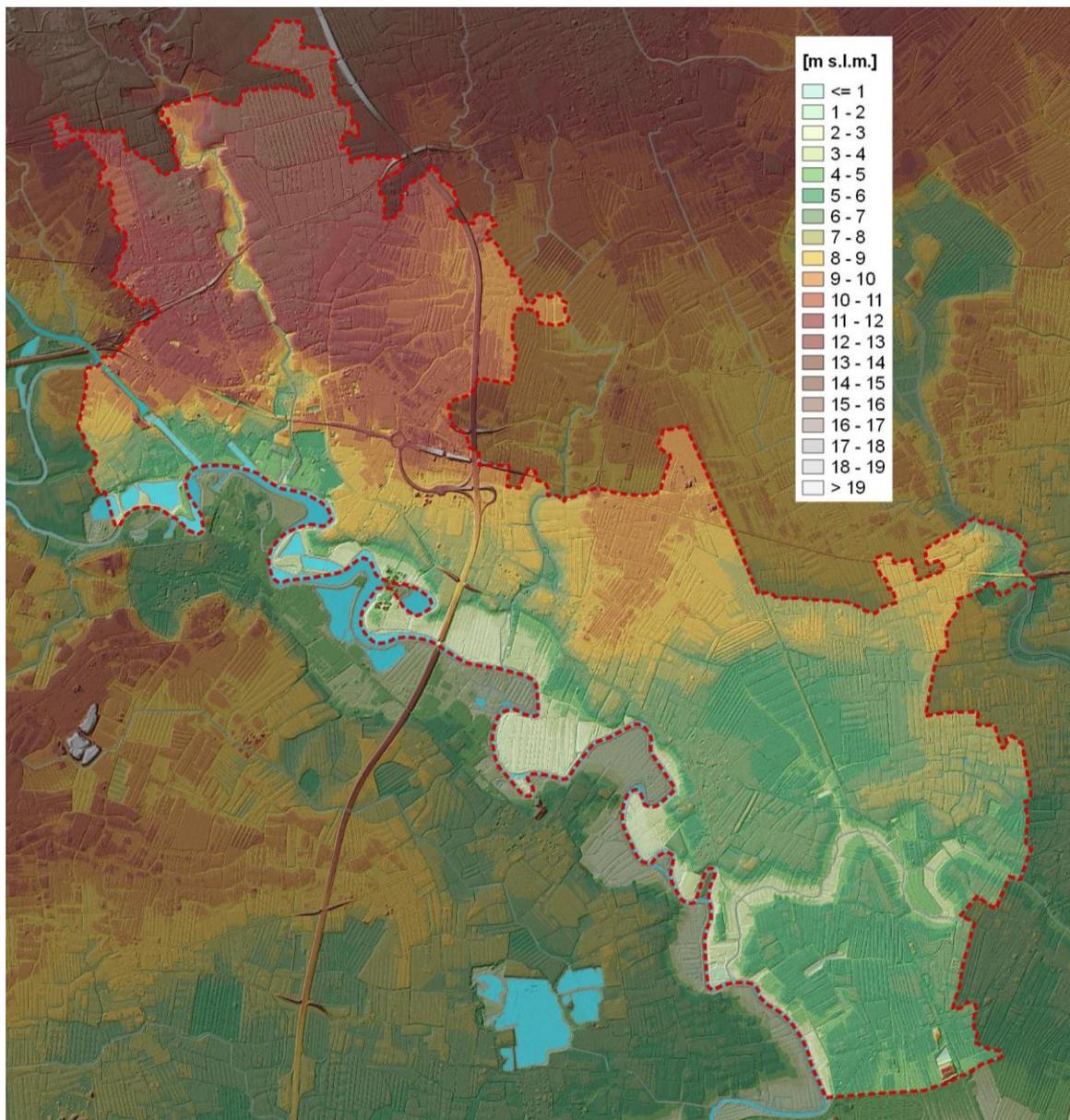


Figura 1. Modello digitale del terreno (DTM) del comune di Silea a passo 1x1 m ottenuto dall'interpolazione della nuvola dei punti acquisiti con voli LiDAR. Quote riferite al datum altimetrico "ADBVE2008" e coordinate Gauss-Boaga.

3.1.1. Relazione piano-altimetrica tra DTM e CTR

Al fine mettere in relazione le quote del modello idraulico, basate unicamente su DTM, a quelle della CTR avente differente datum altimetrico sono stati individuati dei punti in comune per calcolare lo scostamento medio.

Luogo	DTM	CTR	Δ DTM-CTR	Diff. media	Dev. Std.
Autostrada A27	12.45	12.15	0.30	0.20	0.09
Autostrada A27	11.93	11.78	0.15		
Via Callalta (lat.)	11.95	11.83	0.12		
Via Callalta (Lanzago)	11.50	11.38	0.12		
Incrocio viale della villa	11.30	11.13	0.17		
Rotonda Silea	9.40	9.24	0.16		
Via Nerbon (curva)	10.66	10.39	0.27		
Via Cendon	8.00	7.77	0.23		
Casello Treviso Sud	11.91	11.75	0.16		
Via Pantiera	9.26	8.79	0.47		
Via Pozzetto	6.53	6.37	0.16		
Via Claudia Augusta	7.48	7.32	0.16		
Via Claudia Augusta	7.08	6.81	0.27		
Incrocio Via Bassa Trevigiana - Via Belvedere	5.85	5.54	0.31		
Via Risere (paratoia)	5.17	5.04	0.13		
Incrocio Via Montiron - Via Buel de Lovo	7.66	7.44	0.22		
Via Treviso-Mare	8.70	8.54	0.16		
Incrocio Via Claudia Augusta - Via Malviste	8.63	8.40	0.23		
Incrocio Via S. Elena - Via Ceroico	4.14	4.05	0.09		
Via Cendon (ponte Nerbon)	5.95	5.83	0.12		

Tabella 1. Confronto quote ricavate da DTM e da CTR [m].

Nel prosieguo della relazione si sottolinea che le quote sono riferite al datum altimetrico del DTM (ADBVE2008) e che, in media, la quota su base CTR risulta inferiore di circa 0.20 m, come evidenziato in Tabella 1.

3.1.2. Relazione plano-altimetrica tra DTM e rilievo topografico

Per ottenere le quote dei pozzetti a livello del piano campagna è stato eseguito un rilievo topografico con stazione GPS in modalità cinematica agganciandolo ai vertici trigonometrici regionali (VTR). Essi sono dotati di coordinate a precisione millimetrica in funzione di diversi sistemi di riferimento e la loro documentazione è disponibile nel Geoportale della Regione Veneto. Ciò consente una correlazione spaziale tra le coordinate rilevate con stazione GPS in WGS84 e quelle del DTM o CTR aventi come datum Monte Mario. In Figura 2 si riporta il posizionamento dei VTR, di cui il n° 0032 e n° 0092 effettivamente utilizzati.

Per quanto riguarda le quote altimetriche sono stati identificati ulteriori punti, opportunamente distanziati, su pavimentazione stradale e non ostacolati da vegetazione che consentono di correlare le quote del rilievo GPS a quelle del DTM. Per ogni punto identificato, in sito è stata eseguita una duplice misurazione, in posizione leggermente diversa, per eliminare eventuali errori grossolani.

Come si può notare in Tabella 2, la differenza tra il rilievo quotato (quote negative rispetto alla posizione della stazione master) e il DTM risulta di 26.048 m. Di conseguenza, occorre aggiungere tale differenza alla quota GPS dei punti battuti per ottenere una quota nel sistema di riferimento del DTM.

Punto	Descrizione	DTM	GPS	Δ DTM-GPS	Diff. media	Dev. Std.
1	Via castello (incrocio prima sottopasso)	11.947	-13.866	25.813	26.048	0.162
		11.983	-13.890	25.873		
2	Via Tezze (sopra chiusini sfioro)	9.692	-16.187	25.879		
		9.736	-16.154	25.890		
3	Via Pantiera intersezione con Treviso-Mare	9.030	-16.882	25.912		
		9.093	-16.903	25.996		
4	Incrocio Via Buel de Lovo e Via Pozzetto	5.489	-20.651	26.140		
		5.590	-20.603	26.193		
5	Incrocio Via Canton e Via Bassa Trevigiana	5.112	-21.191	26.303		
		5.018	-21.259	26.277		
6	Incrocio Via Ca' Morelli e ingresso centro commerciale	7.690	-18.375	26.065		
		7.715	-18.346	26.061		

Tabella 2. Confronto tra quote ricavate da rilievo GPS e quote da DTM [m].

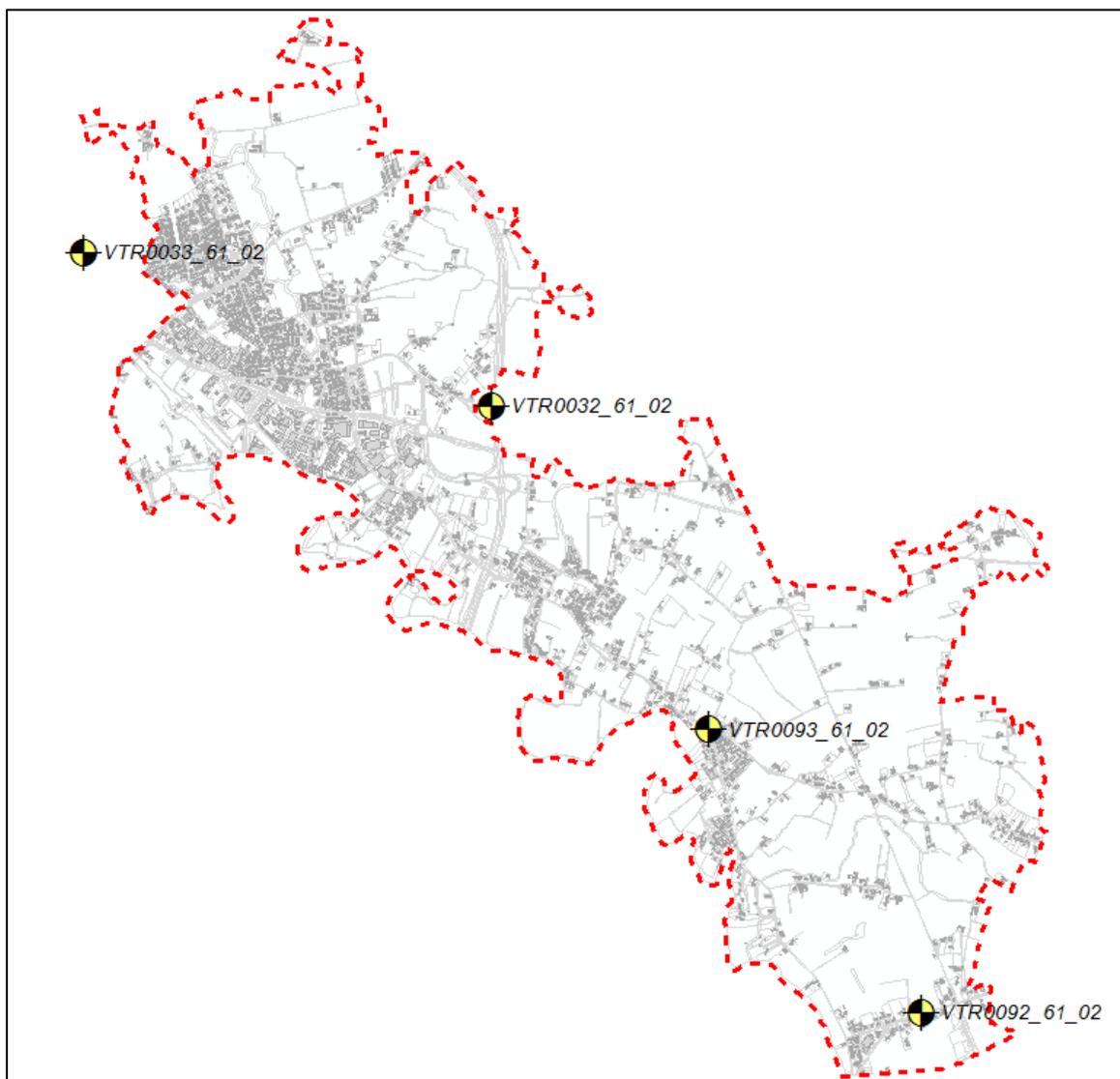
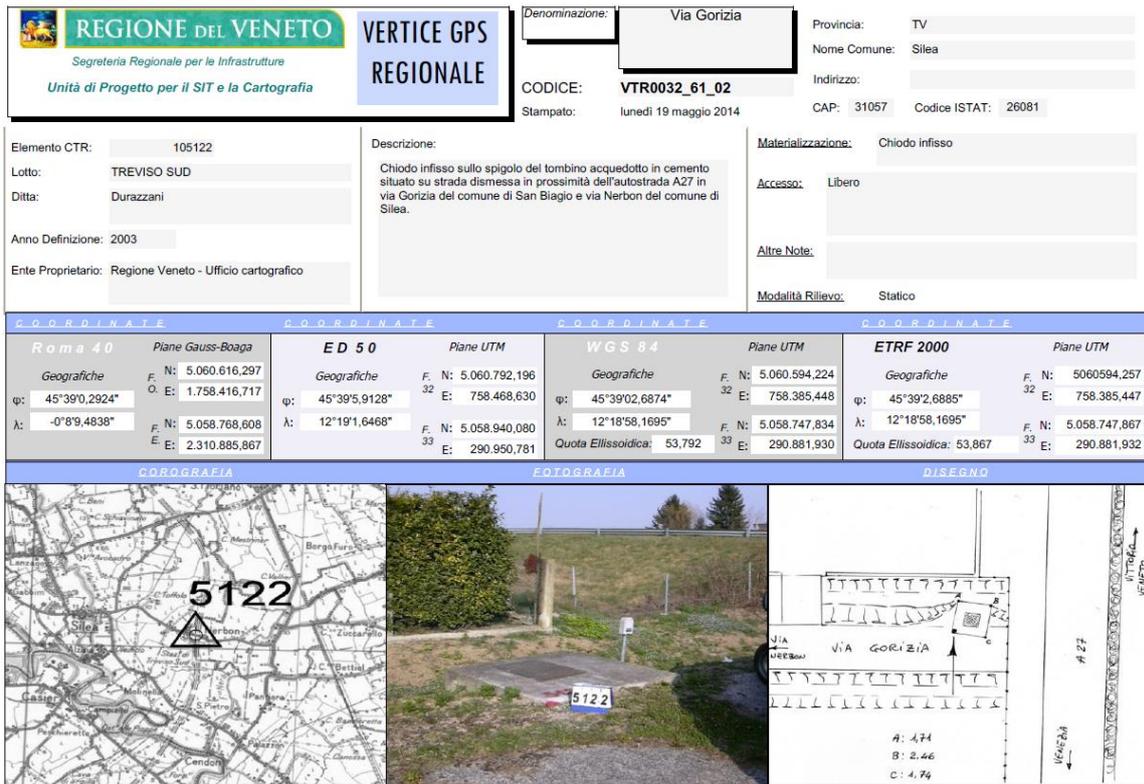


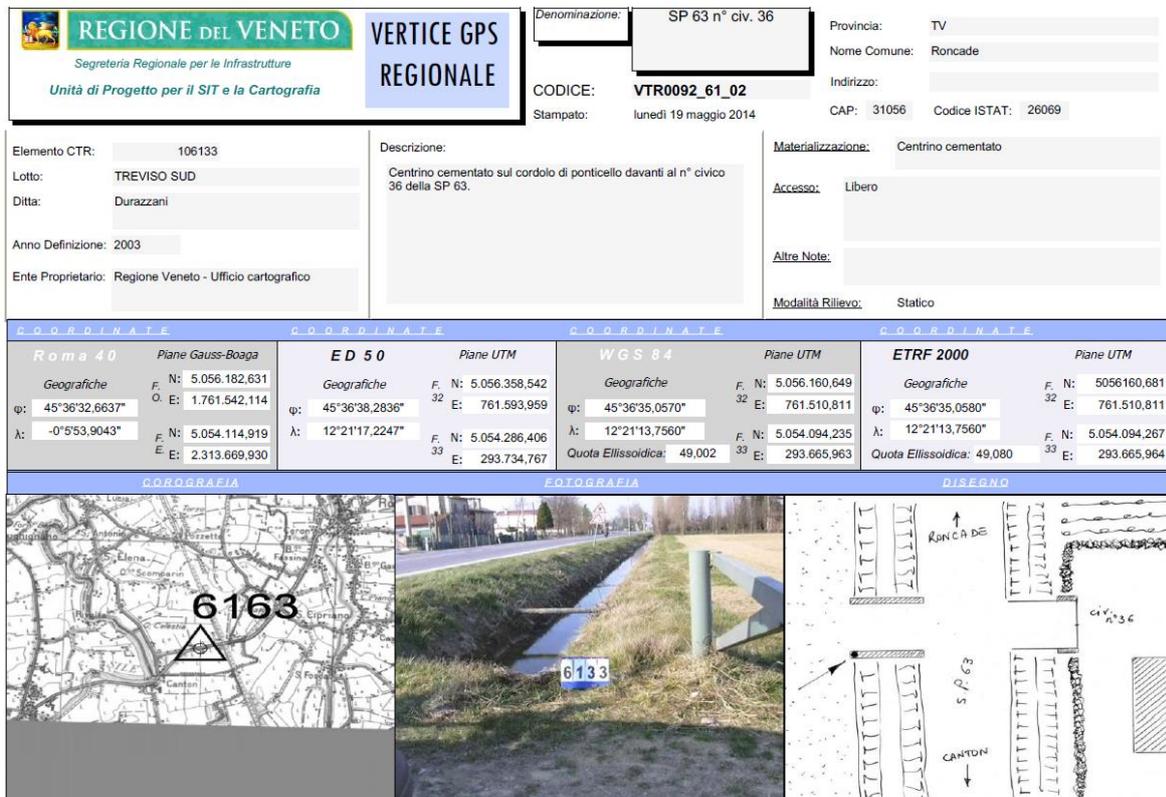
Figura 2. Vertici trigonometrici regionali di livello superiore dotati di monografia dettagliata.



Monografie Vertici GPS della Regione Veneto

Calle Priuli, Cannaregio 99 - 30121 Venezia email: sit@regione.veneto.it Tel. 041 2792577 Fax. 041 2792108

Figura 3. Vertice GPS codice VTR0032_61_02.



Monografie Vertici GPS della Regione Veneto

Calle Priuli, Cannaregio 99 - 30121 Venezia email: sit@regione.veneto.it Tel. 041 2792577 Fax. 041 2792108

Figura 4. Vertice GPS codice VTR0092_61_02.

3.2. DESCRIZIONE DELLA MODELLAZIONE MATEMATICA IDRAULICA

Come sopraccitato, per la simulazione idraulica della rete si è utilizzato il modello EPA SWMM 5.1.012 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 materializzato nella grafica del software dal pluviometro “*raingage*”. A tal scopo la superficie scolante è stata suddivisa in sottobacini “*subcatchments*” mentre la rete come una sequenza di nodi “*junctions*” e tronchi “*conduits*”.

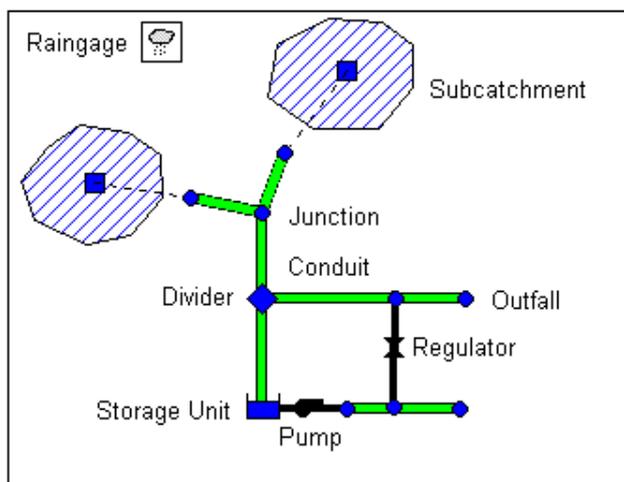


Figura 5. Simboli per la schematizzazione della rete di drenaggio in ambiente SWMM.

Il modello idraulico viene strutturato sulla base dei nodi georeferenziati estrapolati dal DTM caratterizzati da una quota inferiore che rappresenta il fondo fosso o il fondo della condotta, e una quota superiore che rappresenta la quota della sponda o del piano campagna; quelli più significativi sono identificati come nodi in ingresso della portata scolante del sottobacino afferente.

A tali nodi si innestano vari tratti dei tronchi, ovvero i collettori che possono essere a cielo aperto o tubazioni interrato, la cui pendenza è definita dalle quote dei nodi d'estremità e la loro lunghezza dalle coordinate planimetriche dei nodi. Tali collegamenti consentono la propagazione degli idrogrammi di piena in rete. Le caratteristiche geometriche delle tubazioni degli attraversamenti sono state ricavate mediante misurazione diretta o indiretta durante i vari sopralluoghi.

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 ed alla tipologia del suolo. Per la simulazione è stato implementato un singolo modello che comprende sia la rete di drenaggio urbano sia la rete naturale composta da fossi e capofossi fino all'immissione nei consortili.

3.2.1. Definizione dell'evento pluviometrico di progetto

Per lo studio del territorio e la definizione degli interventi, supportati dall'utilizzo degli strumenti di simulazione matematica, sono state utilizzate le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica (*cpp*) fornite dal Consorzio di bonifica Piave nell'ambito del territorio di competenza.

Il comune di Silea ricade nella Zona Omogenea Medio Sile – Vallio - Meolo.

La determinazione dell'evento meteorico che massimizza le portate si ottiene variando la durata della pioggia da 15 minuti a 4 ore e valutandone l'effetto sulla rete; normalmente piogge brevi e intense mettono in crisi bacini di tipo urbano, mentre piogge più prolungate i bacini di tipo agricolo.

Per le elaborazioni del Piano delle Acque si è fatto riferimento ad un evento con tempo di ritorno pari a 20 anni, parametro utilizzato in caso di progettazione di reti a scala comunale.

$$h = \frac{28.3}{(t + 10.2)^{0.801}} t$$

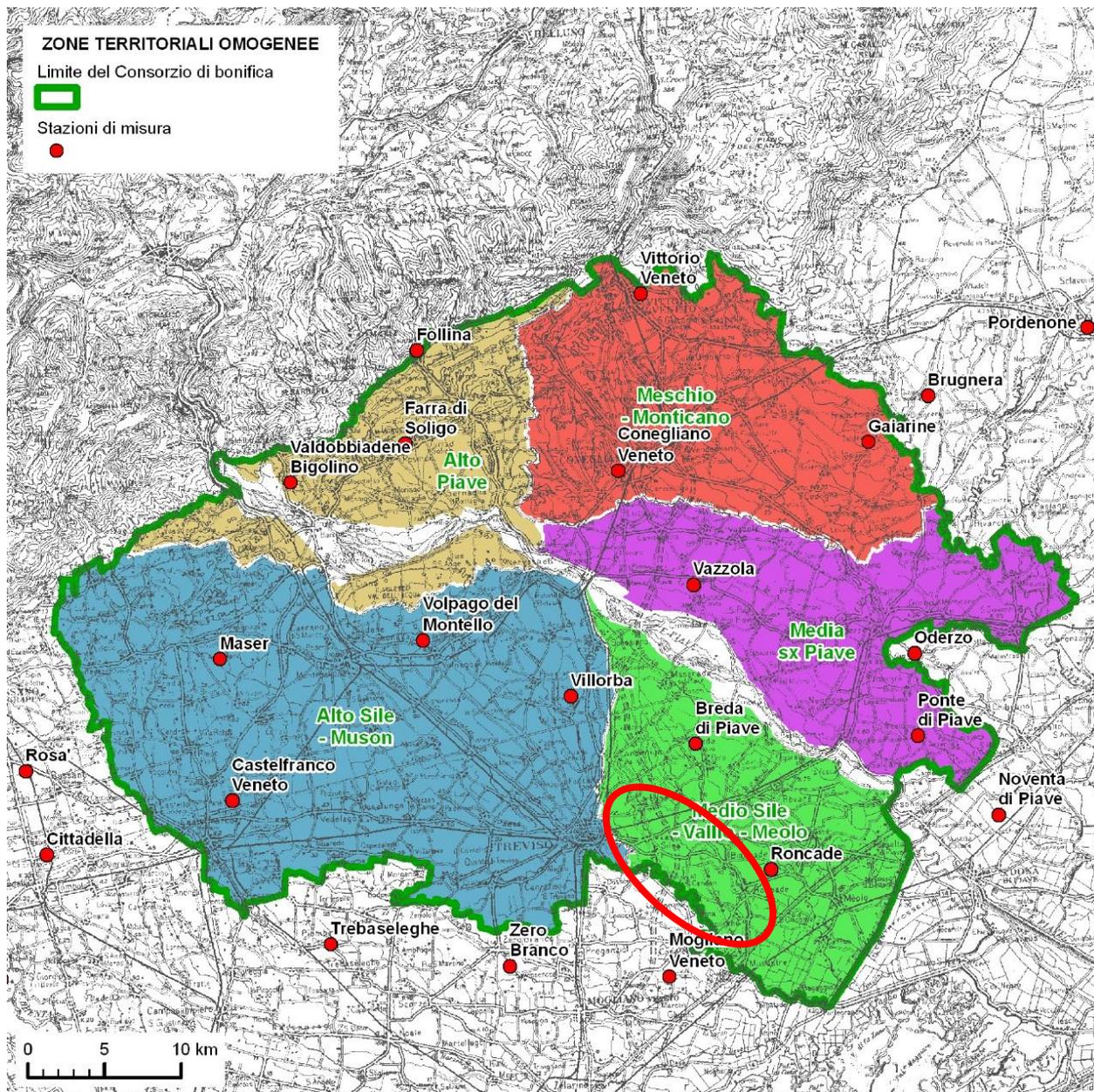


Figura 6. Aree omogenee in cui è stato diviso il territorio del Consorzio di Bonifica Piave; cerchiato in rosso la posizione del Comune di Silea.

Durata [minuti]	15	30	45	60	90	120	240
Altezza [mm]	32.0	44.0	51.3	56.4	63.6	68.7	81.5
Intensità [mm/h]	128.1	88.1	68.3	56.4	42.4	34.4	20.4

Tabella 3. Valori di altezza di pioggia e intensità per un tempo di ritorno pari a 20 anni.

3.2.2. Aree modellate del territorio comunale

Le aree modellate fanno riferimento ai sistemi scolanti descritti dell'elaborato 1. Il modello non copre l'intero territorio comunale, avendo escluso le aree che scolano direttamente nella rete regionale e consortile; tale rete andrebbe modellata considerando una scala di bacino che esula dalla scala di dettaglio propria del Piano delle Acque. Tuttavia, il sistema del Pentia, nei tratti Pentia Musestre e Pentia Musestre sud, e il fosso Montiron (solo tratto iniziale), sebbene a gestione del Consorzio di Bonifica, sono stati inseriti nel modello per valutarne le interazioni con l'idrografia minore.

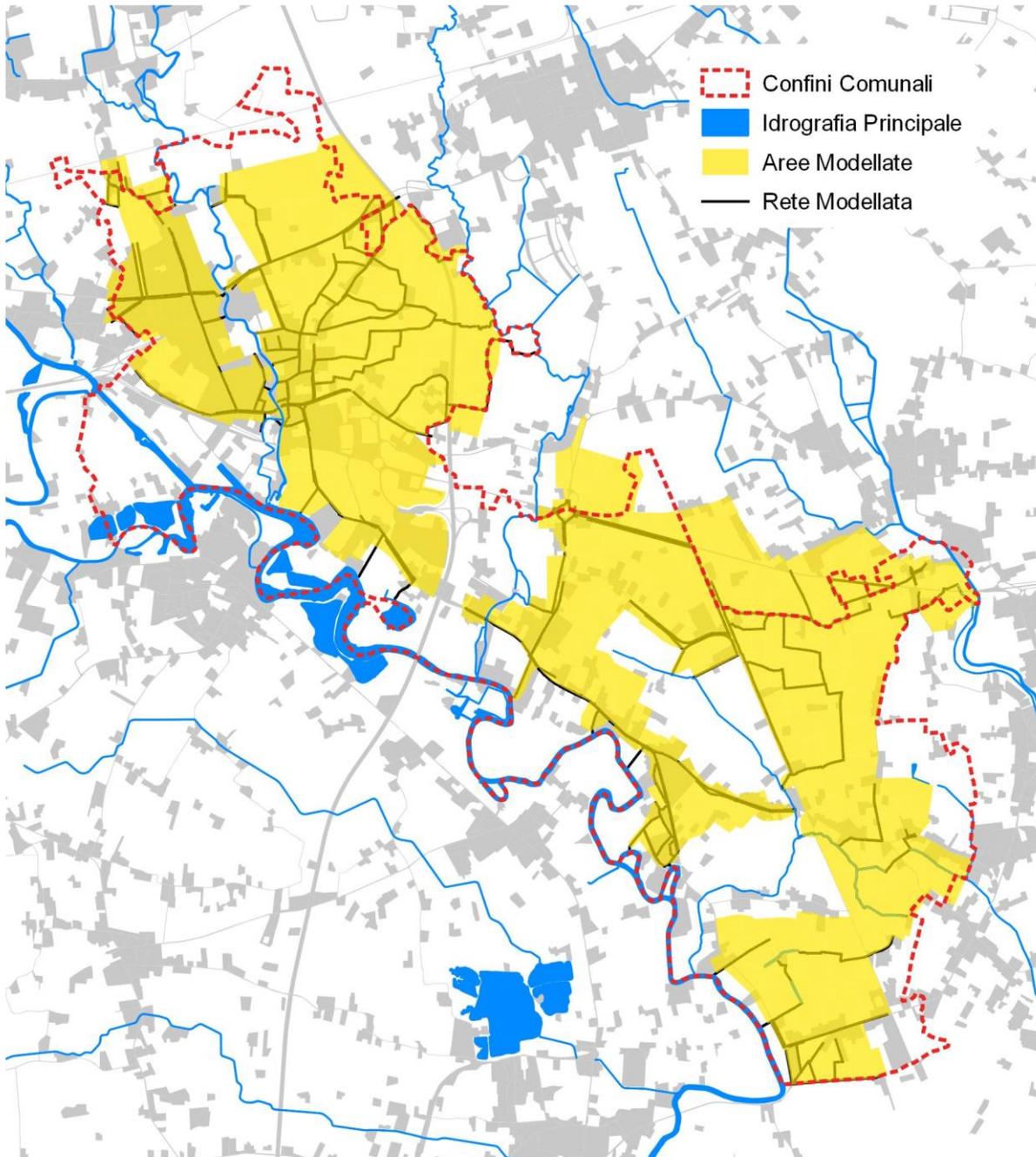


Figura 7. Aree modellate.

3.2.3. Determinazione dei sottobacini

Partendo dalla valutazione dell'andamento altimetrico del territorio e confrontando i dati georeferenziati del Consorzio di Bonifica Piave, è stata individuata la rete idrografica generale.

Grazie al DTM, è stata realizzata una carta di accumulazione del flusso in cui sono ben visibili i percorsi preferenziali di scorrimento dell'acqua (v. Figura 8-b). Laddove i valori dei pixel sono molto elevati l'acqua converge in modo massiccio (in questi tracciati i valori sono tanto più alti quanto più si va verso valle). Da notare che nella carta di accumulo del flusso non sempre emerge la rete idrica effettiva, visto che questa non dipende unicamente dalle altezze topografiche bensì anche dalla tipologia del suolo e dalla gestione territoriale (creazione d'argini, deviazione del corso di fiumi e torrenti, canalizzazioni artificiali, etc.).

Con il modello di deflusso superficiale generato dall'algoritmo nativo di drenaggio fornito da ArcGIS, unitamente alla direzione di massima pendenza del piano campagna, sono stati definiti i sottobacini con verifica manuale e, qualora necessario, apportando opportune modifiche.

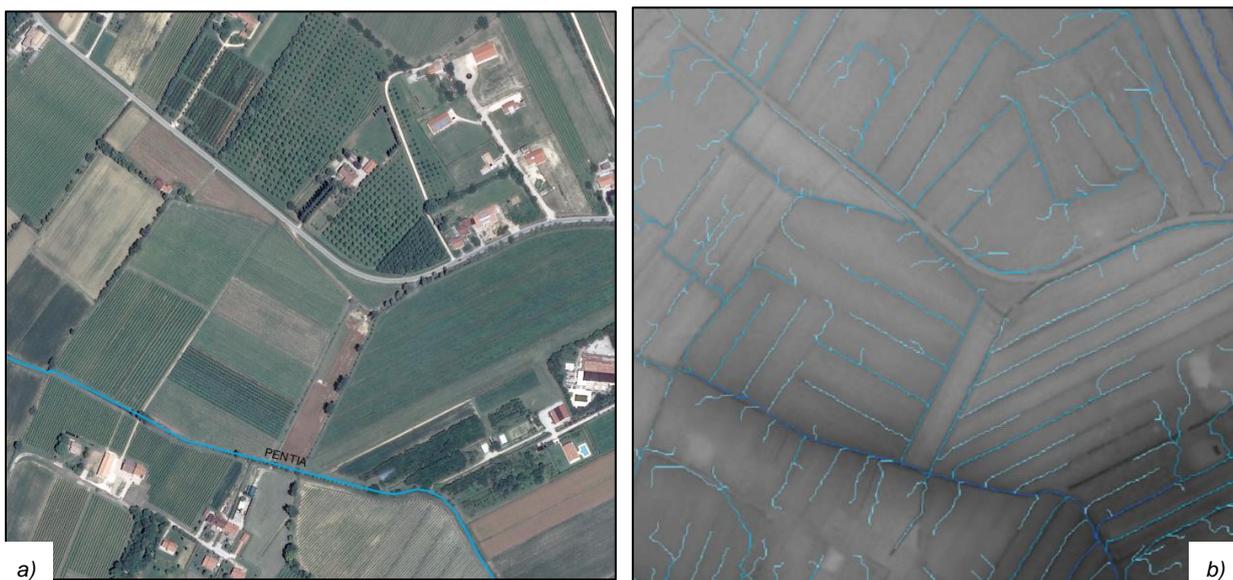


Figura 8. a) Estratto da Ortofoto; b) Reticolo del deflusso superficiale ottenuto con l'algoritmo "Flow Direction" di ArcGIS.

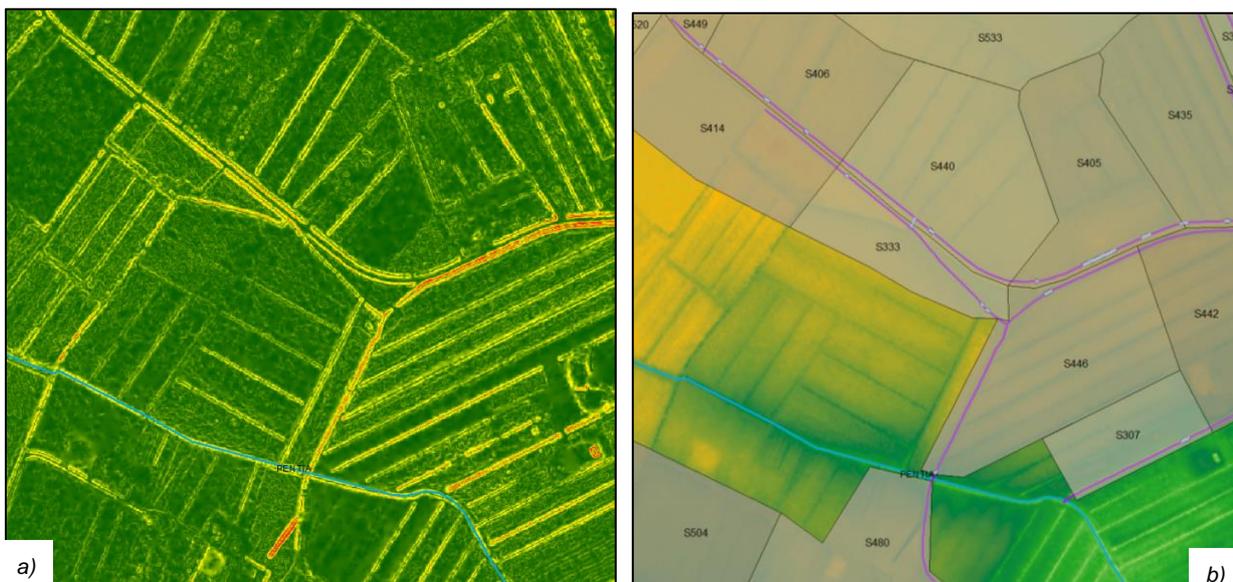


Figura 9. a) Analisi di acclività del terreno per valutarne la morfologia b) Sottobacini scolanti nella rete modellata.

3.2.4. Parametri di modellazione dei sottobacini

Ogni sottobacino viene schematizzato come una falda piana rettangolare, di larghezza W e lunghezza di L , la cui pendenza media, i_f , è quella in direzione perpendicolare alla sua larghezza, ovvero parallela alla direzione dello scorrimento superficiale. La suddivisione del sottobacino avviene per aree omogenee A_1 , A_2 e A_3 , che simulano, rispettivamente:

- la superficie impermeabile con ritenzione nelle depressioni superficiali;
- la superficie permeabile;
- la superficie impermeabile senza ritenzione.

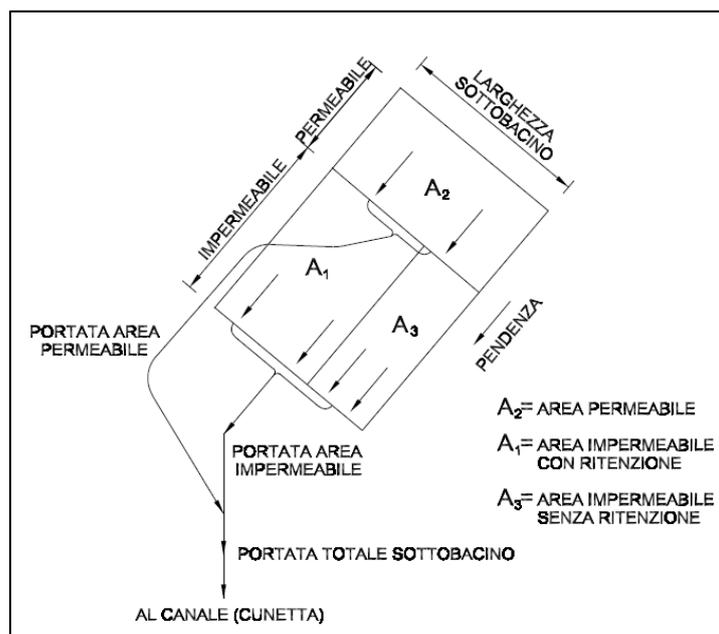


Figura 10. Modello concettuale dei bacini scolanti in EPA SWMM.

Il programma non richiede l'input di queste tre aree, bensì:

1. la superficie totale $S = A_1 + A_2 + A_3$;
2. la percentuale di superficie impermeabile indicata con $A_{imp} = (A_1 + A_3) / S \cdot 100$;
3. la percentuale di superficie impermeabile che non possiede capacità di ritenzione indicata con $A_{imp,0}$ che viene posta pari a 25, valore tipico di default del programma.

L'area totale S è calcolata mediante analisi spaziale tramite ArcGIS. Invece, l'area impermeabile in percentuale A_{imp} è stata calcolata in base alla media ponderata sulle classi di uso del suolo ricadenti all'interno del singolo sottobacino. Le classi d'uso del suolo sono aggiornate al 2012 e sono disponibili nel Geoportale della Regione Veneto. Per diminuirne la notevole numerosità, esse sono state aggregate per similarità. Le classi finali adottate sono quelle riportate nella tabella sottostante.

Uso del suolo	% A_{imp}	Uso del suolo	% A_{imp}
Tessuto urbano denso	85	Colture/Boschi di natura antropica	10
Tessuto urbano medio	65	Coltivazioni	10
Tessuto urbano rado e strutture isolate	50	Infrastrutture stradali e ferroviarie	95
Aree ricreative	60	Aree commerciali e industriali	90
Verde urbano	20	Acque e ambienti umidi	100
Verde antropico incolto	15		

Tabella 4. Classi di uso del suolo aggregate e % impermeabilità.

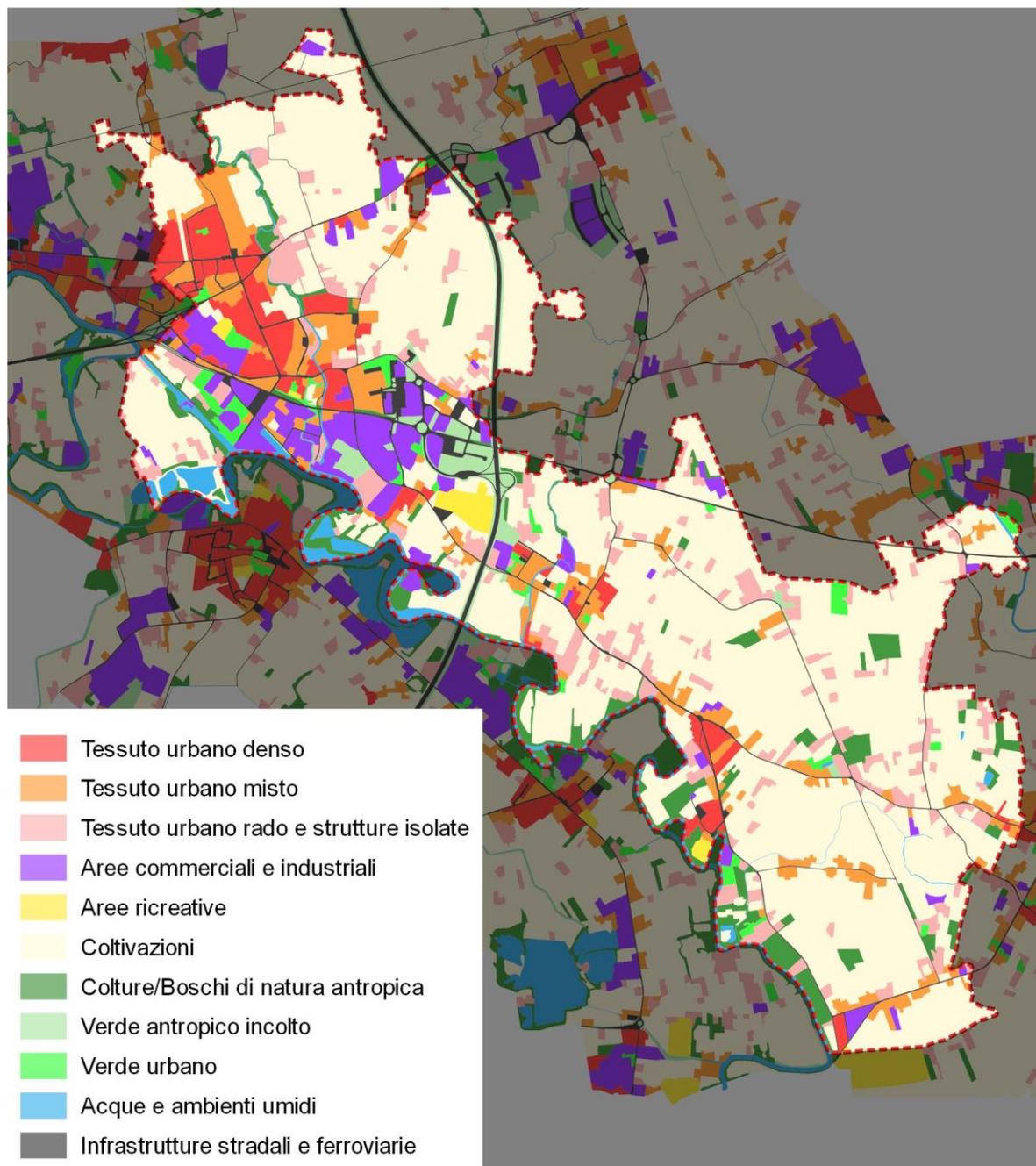


Figura 11. Classi di uso del suolo aggregate.

Una volta calcolato il valore medio di impermeabilità del sottobacino, si è proceduto alla separazione in due categorie:

1. di tipo urbano se risulta una percentuale di impermeabilità $>$ del 45%;
2. di tipo agricolo se risulta una percentuale di impermeabilità $<$ del 45%.

Alle diverse tipologie è stato assegnato un diverso metodo di calcolo per la determinazione della pioggia netta, come descritto nel paragrafo 3.2.5.

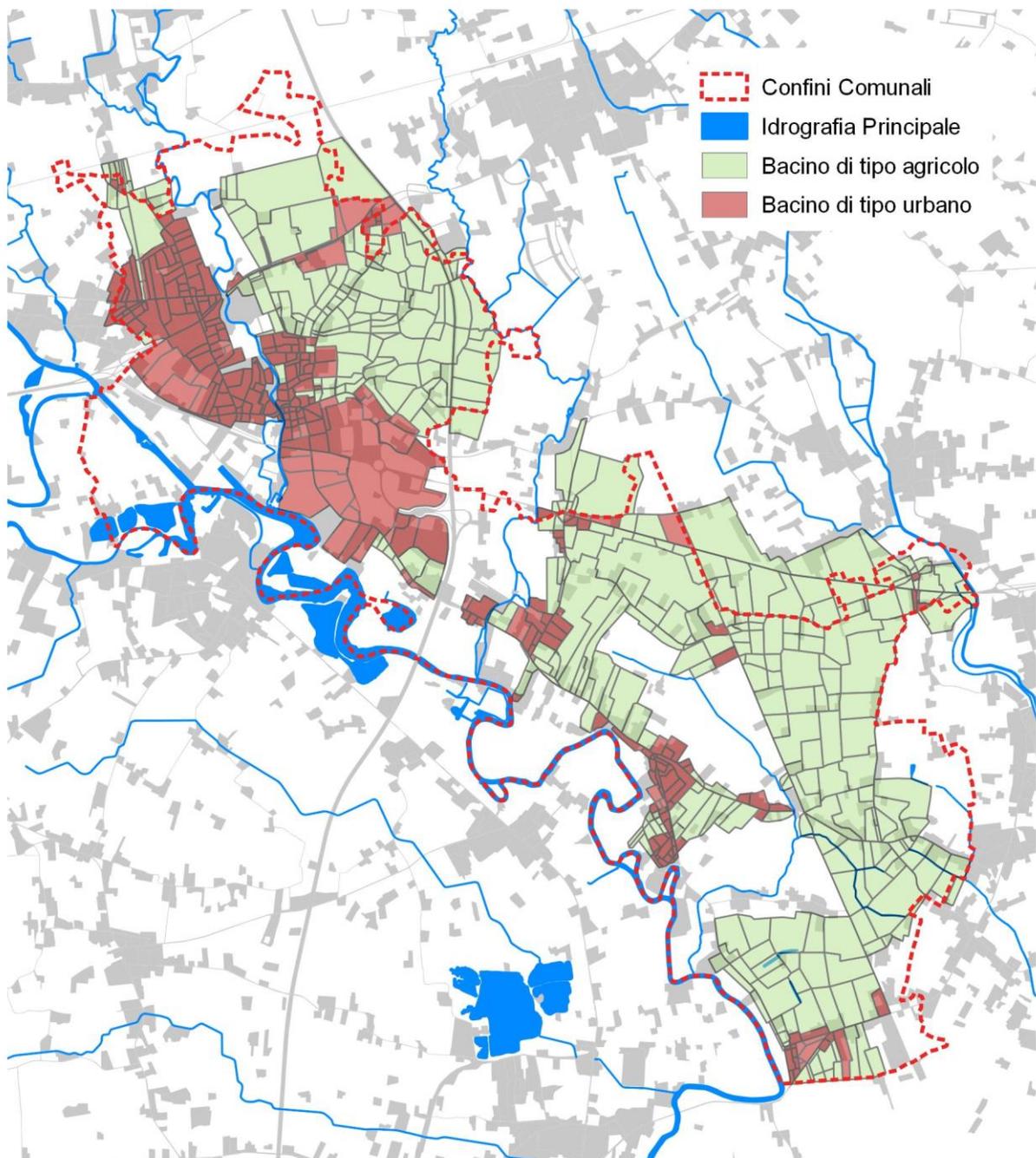


Figura 12. Tipologie di sottobacino.

Il meccanismo di trasformazione afflussi-deflussi viene simulato schematizzando ogni area che compone il generico sottobacino come un serbatoio non lineare, ovvero accoppiando l'equazione di continuità con l'equazione di Manning. Una volta determinati i tre idrogrammi di piena nelle relative aree, questi vengono sommati per fornire la risposta totale del sottobacino a seguito della precipitazione in input. Tale risposta rappresenta l'ingresso nella rete di collettori attraverso il nodo idraulico cui il sottobacino si riferisce.

3.2.5. Determinazione della pioggia netta

La pioggia che cade su di un bacino non si trasforma completamente in deflusso, quindi, dello ietogramma, è necessario determinare l'aliquota che determina il deflusso superficiale in direzione dei collettori di raccolta attraverso un modello di infiltrazione.

Per la determinazione della pioggia netta è stato utilizzato il **metodo del Curve Number (CN)** per i bacini di **tipo agricolo**, sviluppato dal *Soil Conservation Service (SCS)* e che viene considerato come uno dei più importanti modelli non deterministici utilizzabile per la stima dei deflussi superficiali. Il metodo si basa sull'ipotesi che il rapporto tra pioggia efficace, P_e , e deflusso potenziale, $P - I_a$, sia costante:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a}$$

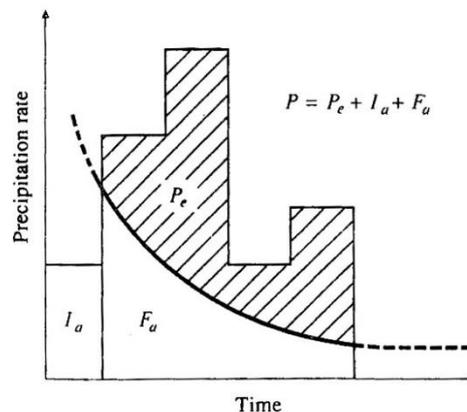


Figura 15. Variabili fondamentali del metodo del Curve Number.

Tutti i parametri sono espressi in millimetri. P_e è la frazione della pioggia totale P che contribuisce alla formazione dell'evento di piena, quindi, tale metodo stima direttamente la dinamica temporale delle perdite.

$$P_e(t) = \frac{[P(t) - I_a]^2}{P(t) - I_a + S}$$

in cui:

$$I_a = 0.2 \cdot S$$

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

dove $P(t)$ è l'altezza totale di pioggia fino all'istante t , I_a è la perdita iniziale (initial abstraction) e S è la massima altezza d'acqua immagazzinabile nel terreno a saturazione che dipende dal CN.

Il CN è un numero adimensionale i cui valori sono compresi tra 0 e 100. Il limite inferiore pari a 0 corrisponde a un terreno completamente permeabile, mentre il limite superiore pari a 100 corrisponde alla condizione di assenza d'infiltrazione, cioè afflussi uguali ai deflussi.

Sostanzialmente il CN esprime le condizioni, dal punto di vista della formazione del deflusso, del complesso suolo-soprassuolo considerando le condizioni di umidità nei cinque giorni antecedenti l'evento di piena, cioè riassume l'attitudine propria e specifica del bacino a produrre deflusso. Il CN varia in funzione della natura del suolo, del tipo di utilizzazione, di vegetazione esistente e dalle condizioni di umidità del suolo antecedenti la precipitazione.

I suoli vengono suddivisi in quattro categorie:

- GRUPPO A: suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde, con scarsissimo limo ed argilla e ghiaie profonde, molto permeabili. Capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
- GRUPPO B: suoli aventi moderata potenzialità di deflusso. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
- GRUPPO C: suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta. Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali. Scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
- GRUPPO D: potenzialità di deflusso molto elevata. Argille con elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie. Scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione.

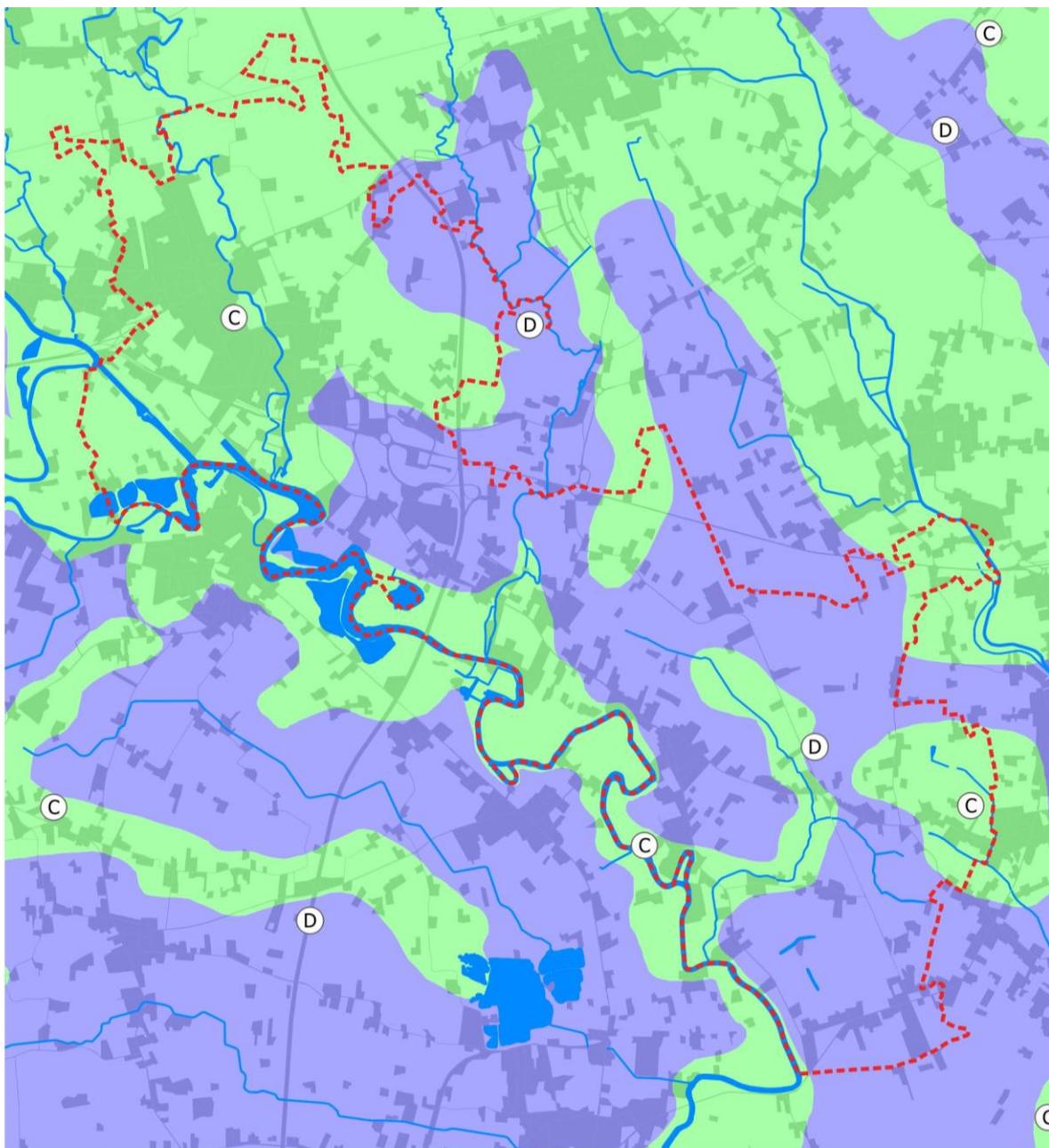


Figura 16. Carta dei Gruppi Idrologici dei suoli redatto da ARPAV Servizio Osservatorio Suolo e Bonifiche in scala 1:50.000.

Per implementare la metodologia in EPA SWMM, come consigliato anche nella guida del software, si è assegnato il valore risultante di CN al bacino di tipo agricolo e un corrispettivo valore di A_{imp} pari a zero, essendo:

- qualsiasi modello di infiltrazione scelto applicato sola alla frazione permeabile del bacino (A2);
- valori del CN in letteratura tarati considerando la risposta del bacino nel suo insieme (ovvero non in funzione delle frazioni permeabili e impermeabili).

Uso del suolo	A	B	C	D
Tessuto urbano denso	89	92	94	95
Tessuto urbano medio	77	85	90	92
Tessuto urbano rado e strutture isolate	54	70	80	85
Aree ricreative	49	69	79	84
Verde urbano	39	61	74	84
Verde antropico incolto	39	61	74	84
Culture/Boschi di natura antropica	30	55	70	77
Coltivazioni	62	71	78	81
Infrastrutture stradali e ferroviarie	98	98	98	98
Aree commerciali e industriali	81	88	91	93
Acque e ambienti umidi	99	99	99	99

Tabella 6. Classi di uso del suolo aggregate e valori del CN.

Per la determinazione della pioggia netta è stato utilizzato il **metodo del coefficiente di deflusso** per i bacini di **tipo urbano**, che opera un taglio costante pari al coefficiente stesso allo ietogramma di ingresso; per implementare tale metodologia in EPA SWMM si è considerato il coefficiente di deflusso pari al valore di A_{imp} associando un valore di CN pari a zero, ovvero ottenendo un'area permeabile che non contribuisce al deflusso.

3.2.6. Parametri di modellazione delle reti

Un EPA SWMM la rete viene modellata essenzialmente attribuendo le quote ai nodi e la lunghezza, la geometria e l'eventuale offset dal nodo (v. Figura 17-b) ai tronchi, tutti dati che risultano oggettivi e in funzione delle campagne di rilievo effettuate.

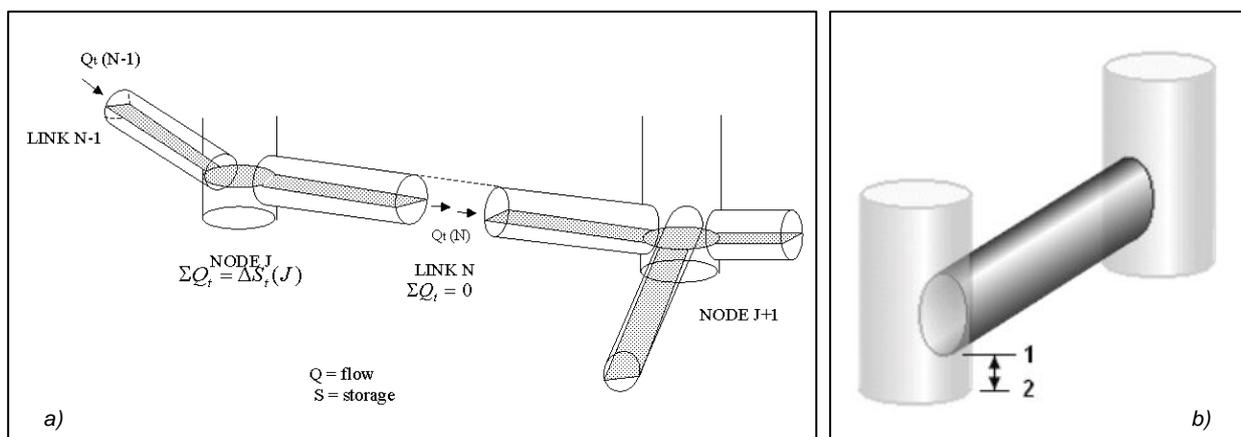


Figura 17. a) Schema di nodi e tronchi; b) Eventuale offset di scorrimento (1) dalla quota di fondo del nodo (2).

Per i tronchi, inoltre, è necessario associare un valore di scabrezza in funzione della tipologia di materiale; nel caso in esame si sono attribuiti i seguenti valori:

- all'alveo dei canali e dei fossi è stato attribuito un coefficiente di Manning pari a $0.035 \text{ s/m}^{1/3}$ corrispondente a circa un coefficiente di Gauckler-Strickler K_s di $29 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.
- ai manufatti realizzati in calcestruzzo e alle condotte in calcestruzzo è stato assegnato un coefficiente di Manning pari a $0.015 \text{ s/m}^{1/3}$ corrispondente a circa un coefficiente di Gauckler-Strickler K_s di $71 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.
- alle condotte in acciaio e alle tubazioni in pressione è stato attribuito un coefficiente di Manning pari a $0.012 \text{ s/m}^{1/3}$ corrispondente a circa un coefficiente di Gauckler-Strickler K_s di $83 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

3.3. ULTERIORI CONSIDERAZIONI SULLA MODELLAZIONE

Per le condizioni al contorno necessarie alla modellazione, per quanto riguarda i livelli del fiume Melma e Nerbon si fa riferimento a:

- “Studio delle criticità del nodo idraulico di via Posta e via Tezze nella sinistra idraulica del fiume Melma a Silea centro” redatto da Ing.A.Pattaro nel 2013;
- “Progetto per la rigenerazione del sistema costituito dai fiumi Melma e Nerbon” redatto da Ing.A.Pattaro e ing.C.Perusini nel 2010.

Per quanto riguarda le condizioni al contorno degli altri scarichi, per il fiume Sile si fa riferimento alle condizioni ordinarie desunte dal DTM, mentre per il resto si applica una condizione di deflusso a moto uniforme.

Per considerare il deflusso di base all'interno della rete, si precede all'evento meteorico di riferimento una pioggia leggera e di lunga durata; per gli scopi del Piano delle Acque, non si considera nella rete mista il deflusso di base risultante dalla somma delle acque nere e parassite in tempo secco, visti anche i risultati della “Campagna di misura delle portate nella rete fognaria del comune di Silea” commissionata da Sile-Piave (ora Piave Servizi) nel 2009 dove, al massimo, tali apporti risultano nell'ordine di 3 l/s .

Il modello, nel suo complesso, risulta composto da:

- 666 sottobacini;
- 3312 tronchi;
- 3320 nodi.

4. MODELLI

Il modello unico creato per il territorio comunale è stato suddiviso in sottomodelli per una più semplice trattazione; la suddivisione considera le interconnessioni tra le reti e i sottobacini, quindi non in funzione del ricettore di riferimento come nell'elaborato 1, ma in macroaree come da elenco seguente:

- A. area di via Tiepolo;
- B. area Lanzago-Silea;
- C. area Cendon-Sant'Elena-Pentia-Montiron;
- D. area Pentia Musestre;
- E. area Canton.

Le criticità emerse e gli eventuali interventi proposti al di fuori delle aree modellate sono state descritte in un sottocapitolo a parte.

Si riporta la legenda delle figure presenti nei paragrafi successivi.

Legenda	
	Confini comunali
Criticità segnalate	
	Allagamenti segnalati dal Consorzio di Bonifica Piave
	Aree critiche segnalate dal Comune di Silea
	Aree a drenaggio difficoltoso segnalate nel PAT
Criticità da sopralluoghi	
	Puntuali
	da modello
	da rilievo
Criticità da modello	
	Puntuali
	Lineari
Interventi puntuali	
	adeguamento manufatto
	manutenzione manufatto
	nuovo manufatto
Interventi lineari	
	adeguamento asta
	manutenzione asta
	nuovo manufatto

In riferimento alla tipologia di interventi, oltre alla descrizione dei sottocapitoli successivi, si precisa che gli interventi di tipo puntuale riguardano un singolo manufatto da adeguare o da mantenere se esistente, o da integrare alla rete se proposto come nuovo manufatto. Per gli interventi di tipo lineare, se proposto come nuovo manufatto si intende un nuovo collegamento a cielo aperto o intubato, mentre, per l'adeguamento, nel caso di rete intubata comprende sia la sostituzione della condotta che il rilievo di dettaglio per futuro intervento, nel caso di fosso a cielo aperto il solo risezionamento; la manutenzione, invece considera la sola idropulizia nel caso di condotta, lo sfalcio/rimozione di vegetazione nel caso di fosso a cielo aperto.

4.1. AREA DI VIA TIEPOLO

Nell'area a cavallo di via Tiepolo, al confine con i comuni di Treviso e Carbonera, sono stati modellati i fossi lungo la via e i rispettivi scarichi. I bacini di riferimento sono quelli del Melma e dello Storga.

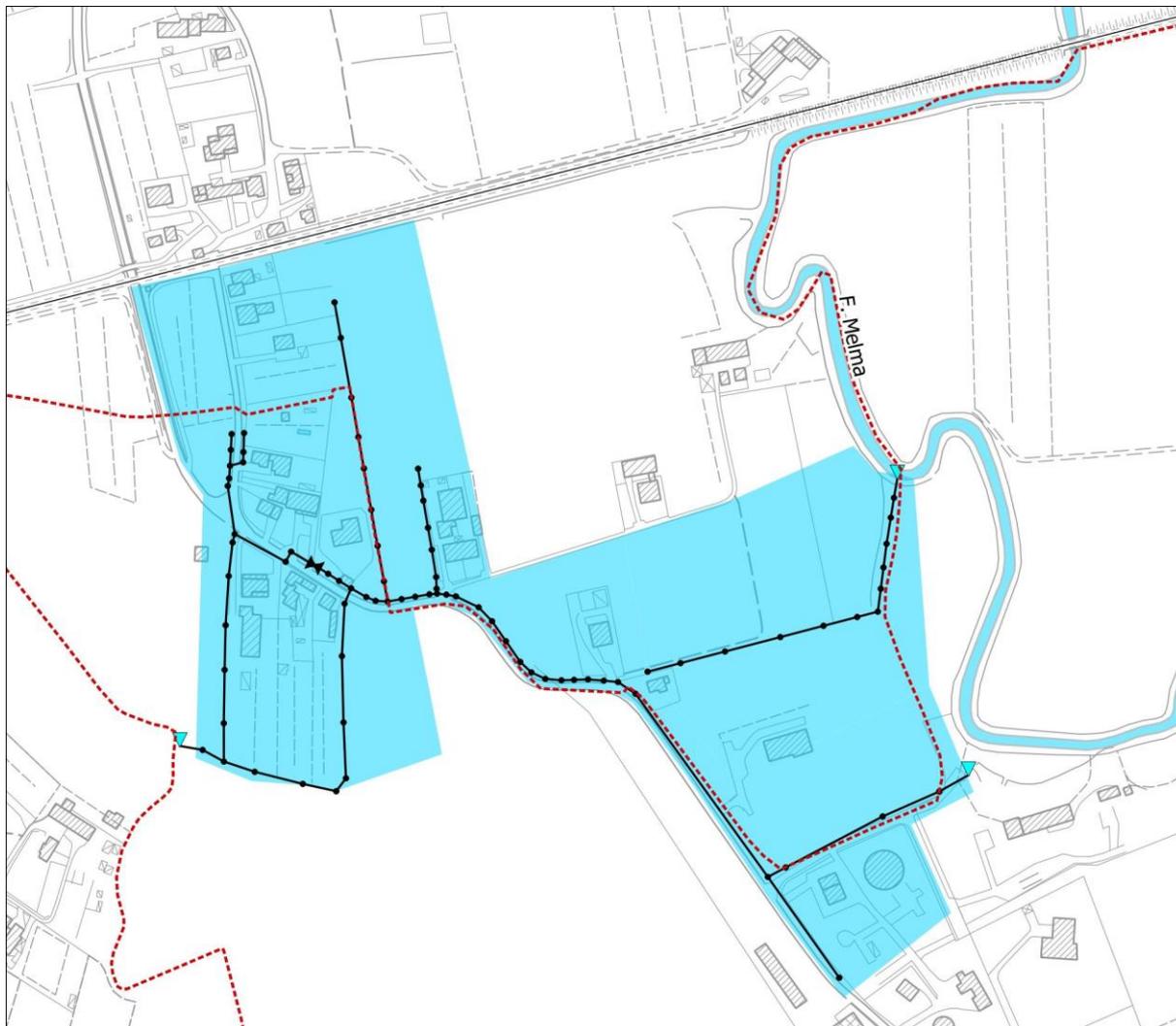


Figura 18. Modello dell'area di via Tiepolo.

4.1.1. Criticità

Criticità segnalate

I tecnici del comune di Silea hanno evidenziato degli allagamenti periodici nel tratto di via Tiepolo verso il comune di Carbonera; sono dovuti all'insufficienza delle due condotte che convergono nello scarico che porta al capofosso che scarica in comune di Treviso:

- il fosso tombinato che proviene da est non ha sezione sufficiente e provoca rigurgito nel fossato a monte; in quest'ultimo è presente un attraversamento di emergenza a quota più elevata del fondo fosso, anch'esso a sezione insufficiente.
- l'attraversamento di via Tiepolo che proviene da nord non presenta criticità se non quando riceve gli apporti del sollevamento funzionale al drenaggio del sottopassaggio ferroviario sito in comune di Carbonera; in tal caso, la sezione risulta sottodimensionata provocando l'allagamento del manufatto.

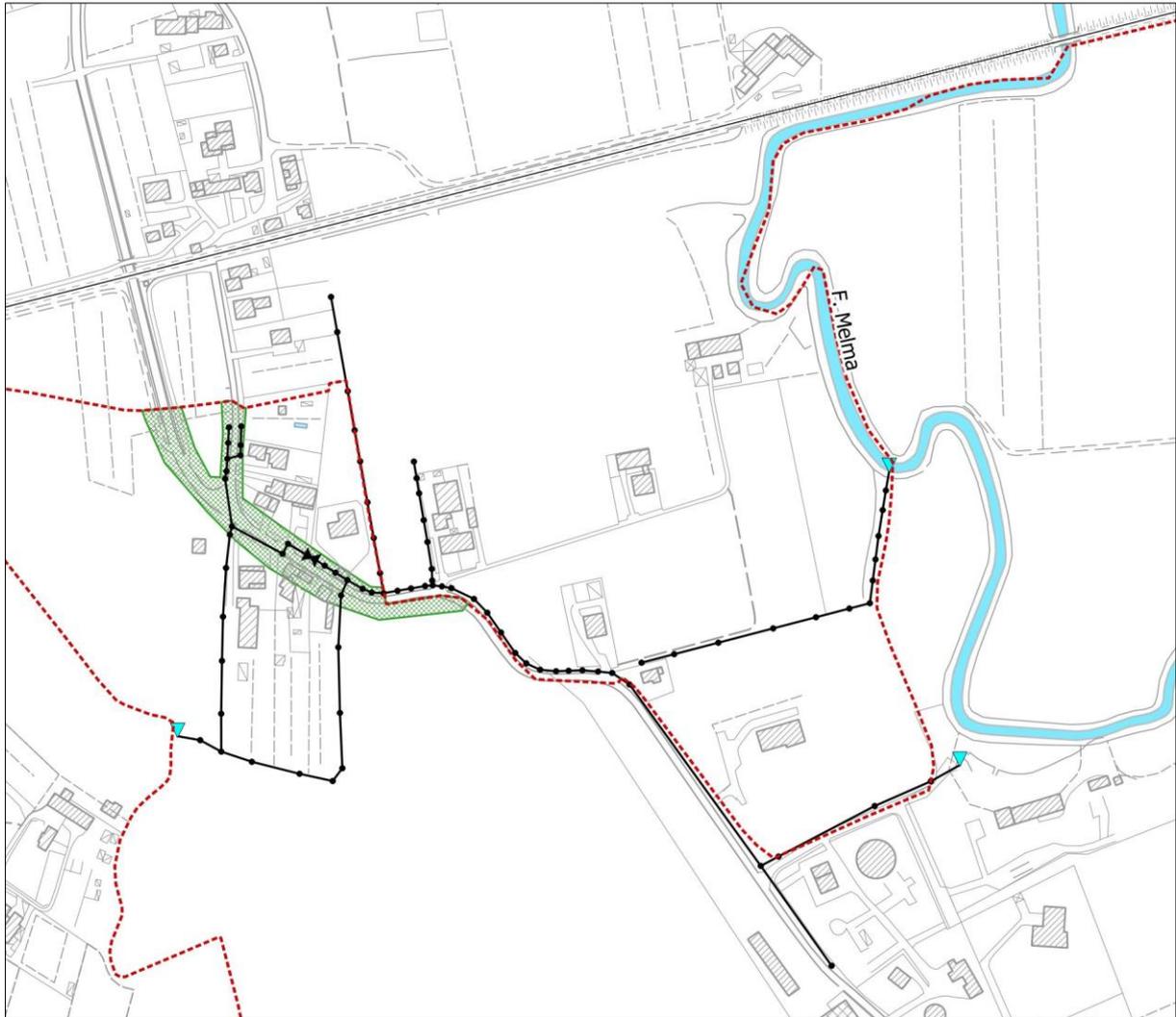


Figura 19. Area di via Tiepolo. Criticità segnalate.

Criticità da sopralluoghi

Non risultano particolari criticità da menzionare.

Criticità da modello idraulico

Le durate che hanno mandato in crisi il sistema sono quelle da 30 e 90 minuti, il primo con la massima portata di picco allo scarico, l'altro con volumi coinvolti maggiori. Si è anche testato il modello con un livello del Melma pari al tempo di ritorno di 50 anni, ma non ha avuto effetti.

Le criticità emerse confermano quelle segnalate dal comune, con un tombinamento insufficiente lungo via Tiepolo, che provoca rigurgito a monte e difficoltà di deflusso verso il ricevitore, sebbene l'attraversamento di emergenza smaltisca una buona parte della portata in arrivo; il fosso ricevitore dell'attraversamento risulta sottodimensionato in vari punti, provocando allagamenti puntuali.

L'attraversamento di via Tiepolo proveniente da nord raggiunge il 90% della capacità, riuscendo a smaltire i deflussi; tenendo conto che nella modellazione non sono stati considerati gli apporti aggiuntivi proveniente dal cavalcavia, risulta chiaro che con l'aggiunta di essi la condotta non sia in grado di smaltire la portata totale provocando l'innalzamento dei livelli e il ritorno delle portate in eccesso verso il cavalcavia.

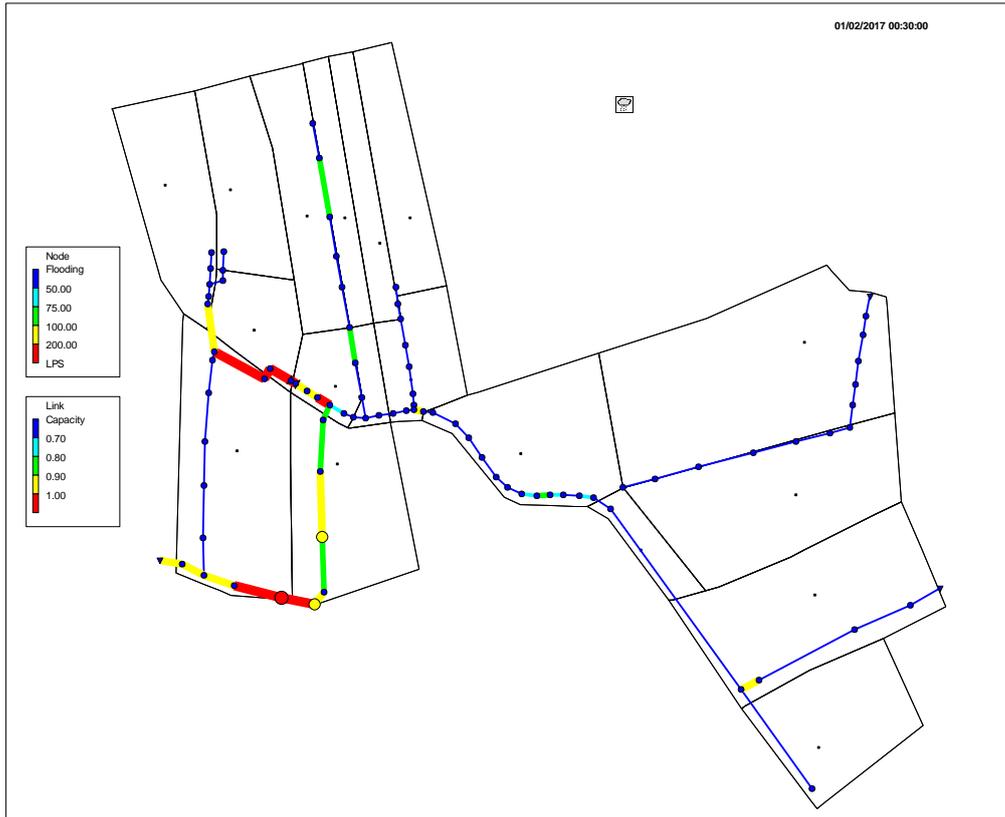


Figura 20. Modello dell'area di via Tiepolo. Evento con Tr 20 anni e durata 30 minuti.

Riepilogo criticità

CL.1	Sezione insufficiente fosso tombinato
CL.2	Sezione insufficiente fosso

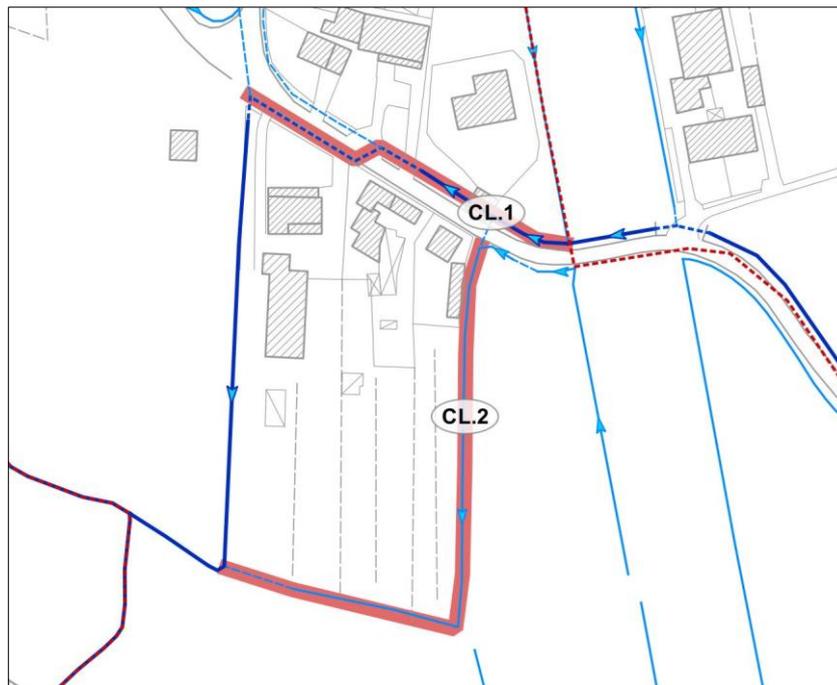


Figura 21. Area di via Tiepolo. Riepilogo criticità.

4.1.2. Interventi proposti

Gli interventi di seguito proposti sono stati testati con la modellazione per quanto riguarda quelli di adeguamento della rete.

IP.1	Aggiunta di un pozzetto alla confluenza delle condotte provenienti da nord e da est di via Tiepolo per facilitare le operazioni di pulizia (INTERVENTO ESEGUITO)
IL.2	Sostituzione della condotta di via Tiepolo attualmente pari a 40 cm con una di diametro almeno di 60 cm
IL.1	Aggiunta di un'ulteriore condotta di attraversamento di emergenza di via Tiepolo di diametro pari a quella attuale, ovvero di 40 cm. Risezionamento del fosso e sostituzione di eventuali manufatti con uno di diametro minimo di 80 cm.

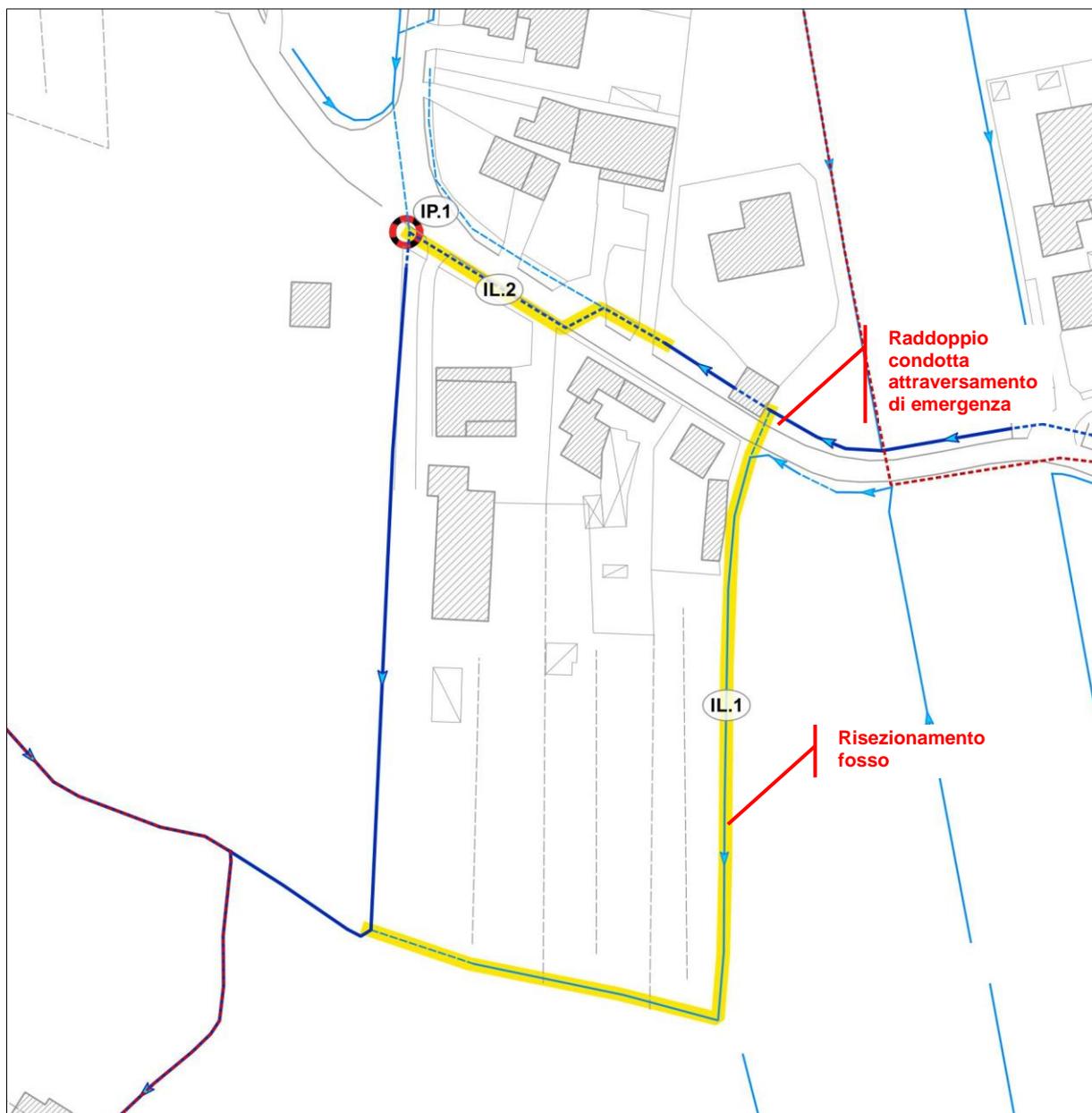


Figura 22. Area di via Tiepolo. Interventi proposti.

4.2. AREA LANZAGO-SILEA

L'area modellata comprende la rete fognaria mista afferente al depuratore di Silea, e l'area agricola del bacino compresa tra via Bianchini, la S.R.53, via Creta e A27. I bacini di riferimento sono quelli dello Storga, del Melma e del Nerbon.

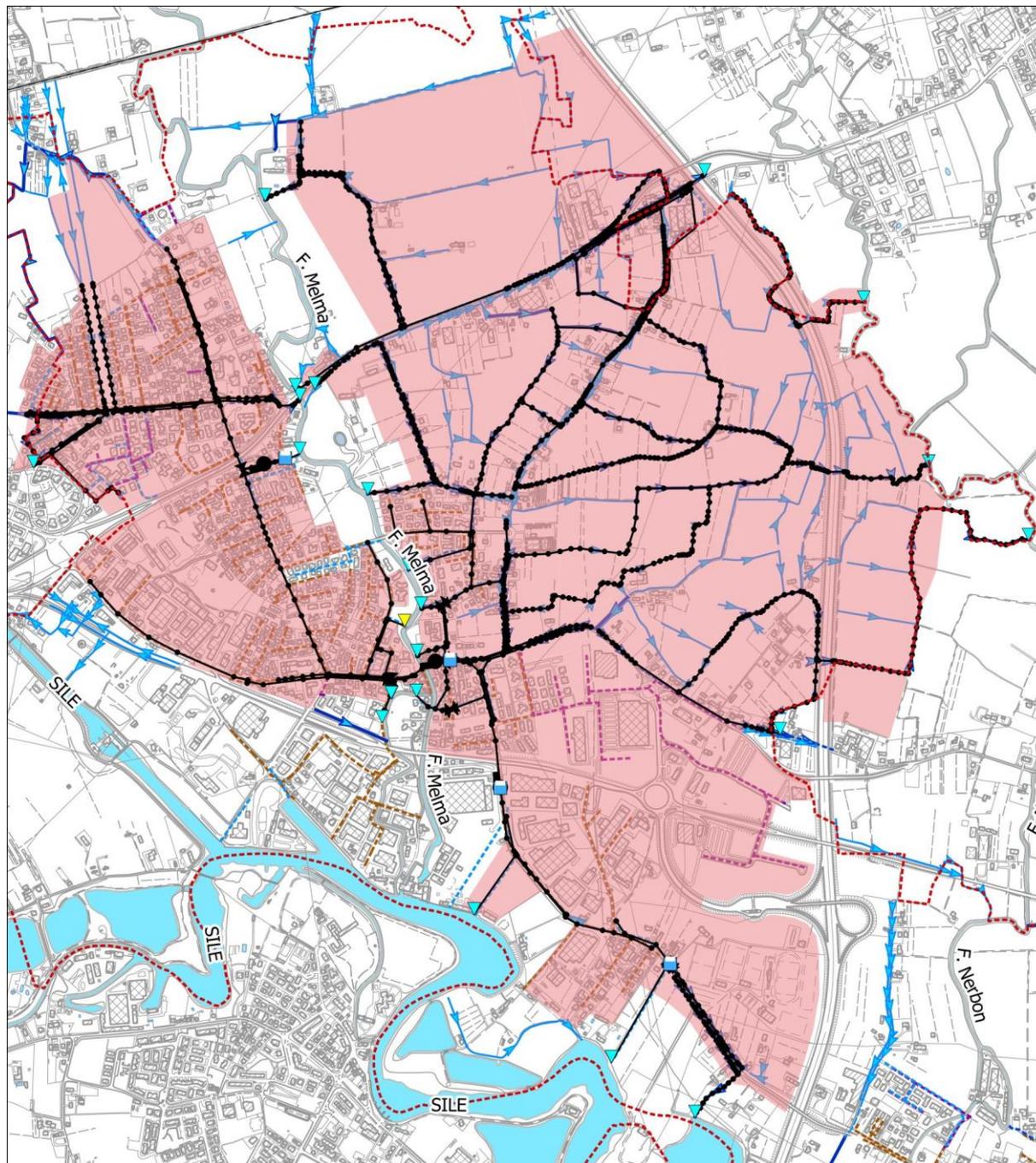


Figura 23. Modello dell'area Lanzago-Silea.

4.2.1. Criticità

Criticità segnalate

Nell'area insistono varie criticità segnalate da varie fonti, non tutte oggetto di trattazione nel presente Piano.

Le aree più ampie riguardano le criticità segnalate dai tecnici comunali sul corso del Melma:

- a nord una zona a cavallo della S.R.53 dove insistono anche degli allagamenti puntuali registrati dal Consorzio: essi dipendono dall'innalzamento dei livelli del Melma.
- a sud la zona che riguarda il tratto terminale del Melma, dove insistono anche allagamenti puntali registrati dal Consorzio; essi dipendono dall'innalzamento dei livelli del Melma.

Come già ribadito, la trattazione di queste criticità necessita di un studio a scala più ampia rispetto a quella del Piano delle Acque; a questo proposito si cita lo studio "Progetto per la rigenerazione del sistema costituito dai fiumi Melma e Nerbon" redatto da Ing.A.Pattaro e ing.C.Perusini nel 2010, dove le criticità suddette sono state ricondotte al franco ridotto in corrispondenza del ponte di via Roma. Tale ponte è stato oggetto di lavori di sistemazione nel 2016

Altra area segnalata nel PAT riguarda il deflusso difficoltoso a monte e a valle degli attraversamenti dell'autostrada A27 verso il Nerbon; fatta salva la premessa della piena funzionalità delle scoline, si è modellata la rete di fossi e capofossi principali.

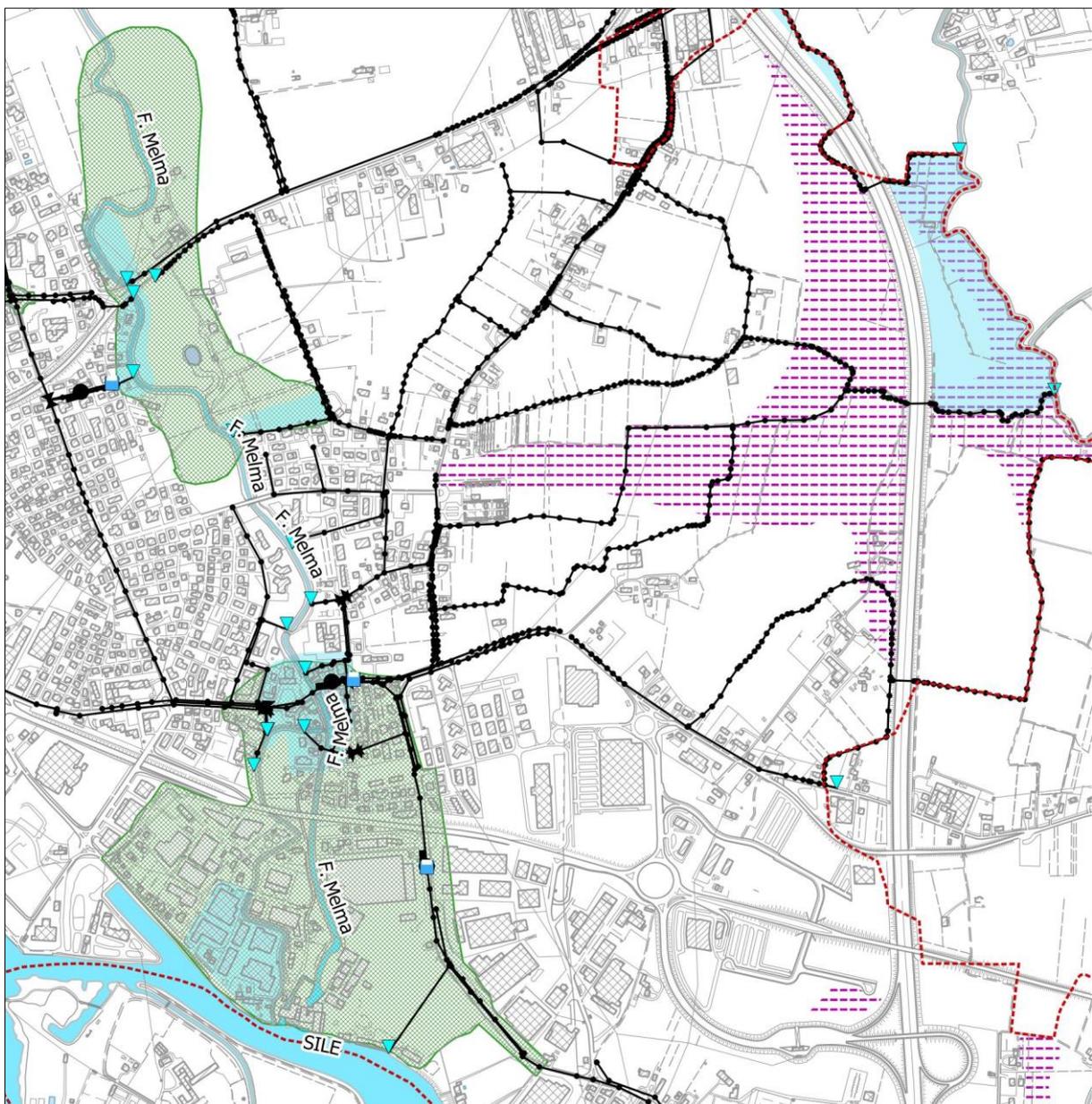


Figura 24. Area Lanzago-Silea. Criticità segnalate del Melma e del Nerbon.

All'interno dell'area a sud del Melma, sono state segnalate delle insufficienze della rete fognaria lungo i manufatti di sfioro di via Roma; questi sono stati oggetto di modellazione.



Figura 25. Area Lanzo-Silea. Criticità segnalate lungo via Roma.

Ulteriori aree critiche segnalate dal comune comprendo delle insufficienze della rete fognaria in via Callalta, al nodo della rotonda di Lanzo e in via Treviso.



Figura 26. Area Lanzo-Silea. Criticità segnalate in via Callalta e alla rotonda di Lanzo.



Figura 27. Area Lanzago-Silea. Criticità segnalate lungo via Treviso.

Infine sono state segnalate altre zone, non oggetto di modellazione né di proposte di intervento, che riguardano il drenaggio difficoltoso locale di terreni e allagamenti che dipendono dai livelli del fiume Sile.

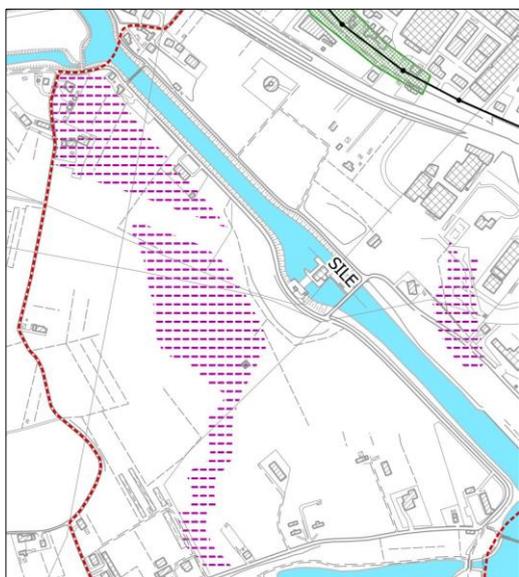


Figura 28. Area Lanzago-Silea. Aree a deflusso difficoltoso in zona della centrale idroelettrica.

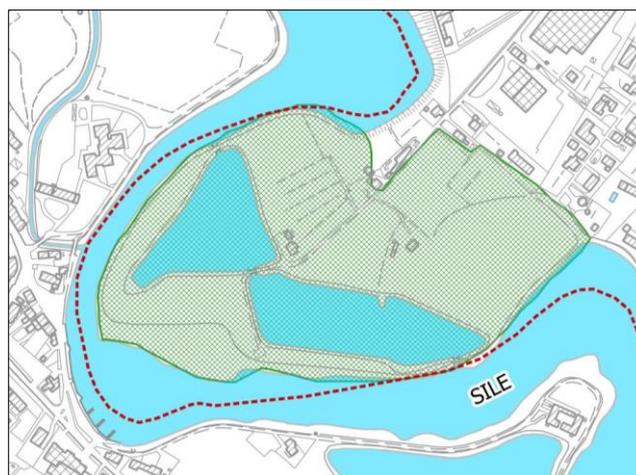


Figura 29. Area Lanzago-Silea. Criticità segnalata nell'ansa del Sile in via Molinella.

Criticità da sopralluoghi

A seguito di sopralluoghi sono emerse le seguenti criticità:

- scarsa manutenzione dei fossi lungo viale dei Passi;
- scarsa manutenzione del fosso lato ovest di via Avogadri;
- manufatto di attraversamento S.R.53 al confine con San Biagio di Callata interrto;
- scarsa manutenzione fosso di via Postumia;
- manufatti sottodimensionati lungo il fosso di via Creta zona cimitero.



Foto 04064. Fosso viale dei Passi lato est.



Foto 04234. Condotta ostruita via Avogadri.



Foto 04238. Fosso di via Avogadri.



Foto 07241. Attraversamento rilevato cavalcavia S.R.53.



Foto 04009. Attraversamento di via Postumia.



Foto 04016. Fosso di via Postumia.



Foto 02061. Condotta fosso di via Creta.



Foto 02062. Fosso di via Creta.

Criticità da modello idraulico

Le durate critiche per il sistema sono risultate di 15 minuti per la parte di fognatura mista, e di 90 minuti per l'area a est di via Creta verso il Nerbon; per la durata di pioggia di 15 minuti si sono testate anche le condizioni al contorno con i livelli del Melma allo scarico pari a quelli con tempo di ritorno 50 anni, dove erano disponibile dei dati.

La simulazione con durata 15 minuti ha sostanzialmente confermato le criticità segnalate dal comune, evidenziando una carenza più generalizzata di tutto il sistema fognario che sfrutta tutta la capacità delle condotte; questo comporta, soprattutto nei tratti in cui la mista principale è affiancata da fossi tombinati ad essa collegata, un'inversione della direzione di flusso con rigurgito nei fossi tombinati che non sono, di conseguenza, più in grado di smaltire i deflussi.

In particolare si evidenziano i seguenti tratti:

1. via Tiepolo a monte della rotonda di Lanzago, dove alla mista che corre in centro strada si affiancano due fossi tombinati; la mista in questo tratto ha un diametro che va da 40 a 50 cm, come i fossi tombinati laterali: il raggiungimento della massima capacità di tutte le condotte provoca l'innalzamento dei livelli e i conseguenti allagamenti localizzati;
2. via Postumia e via Callata, dove alla mista ovoidale che corre in centro strada si affiancano due fossi tombinati con varie interconnessioni fra le tre condotte; il raggiungimento della massima capacità comporta l'inversione dei flussi con conseguente rigurgito, in particolare verso il ramo laterale di via Callata (con possibili fuoriuscite di reflui) e i fossi lungo viale dei Passi (che allo stato di fatto si comportano come aree di laminazione);
3. via Lanzaghe a valle dello sfioro di via Tre Camini-via Ponticelli, dove alla mista ovoidale si affiancano vari tratti di fossi tombinati; quest'ultimi si innestano nelle diramazioni laterali della mista e per questo motivo non sono stati modellati, non avendo uno sviluppo continuo; anche in questo caso il raggiungimento della massima capacità della condotta provoca l'innalzamento dei livelli e i conseguenti allagamenti localizzati;
4. via Treviso, dove è presente un tratto di mista creato sfruttando il tombinamento del fosso; il raggiungimento della massima capacità della condotta provoca l'innalzamento dei livelli e i conseguenti allagamenti localizzati.;
5. doppio sfioro di via Roma, fronte chiesa; le portate in arrivo al primo sfioro transitano in parte contro flusso verso le condotte di diametro 40 cm proveniente dal ponte a est essendo la quota di sfioro superiore al diametro;
6. zona urbana tra via Gemona e via Osoppo, dove i deflussi meteorici sono veicolati alla rete mista, di diametro pari a 30 cm, che non risulta in grado di smaltirli.
7. via Cendon, dove il tratto iniziale della mista, di diametro pari a 30 cm, riceve gli apporti meteorici di via Fratelli Bandiera e di via Montello, e non risulta in grado di smaltirli.

Altre varie criticità localizzate sono dovute a piccole deficienze nella manutenzione dei fossi tombinati.

La simulazione con i livelli del Melma pari a quelli con tempo di ritorno 50 anni non ha avuto particolari effetti sulla rete, anche perché lo scarico più condizionato dai livelli è posizionato nel tratto del Melma vecchio, su cui non si hanno dati a disposizione.

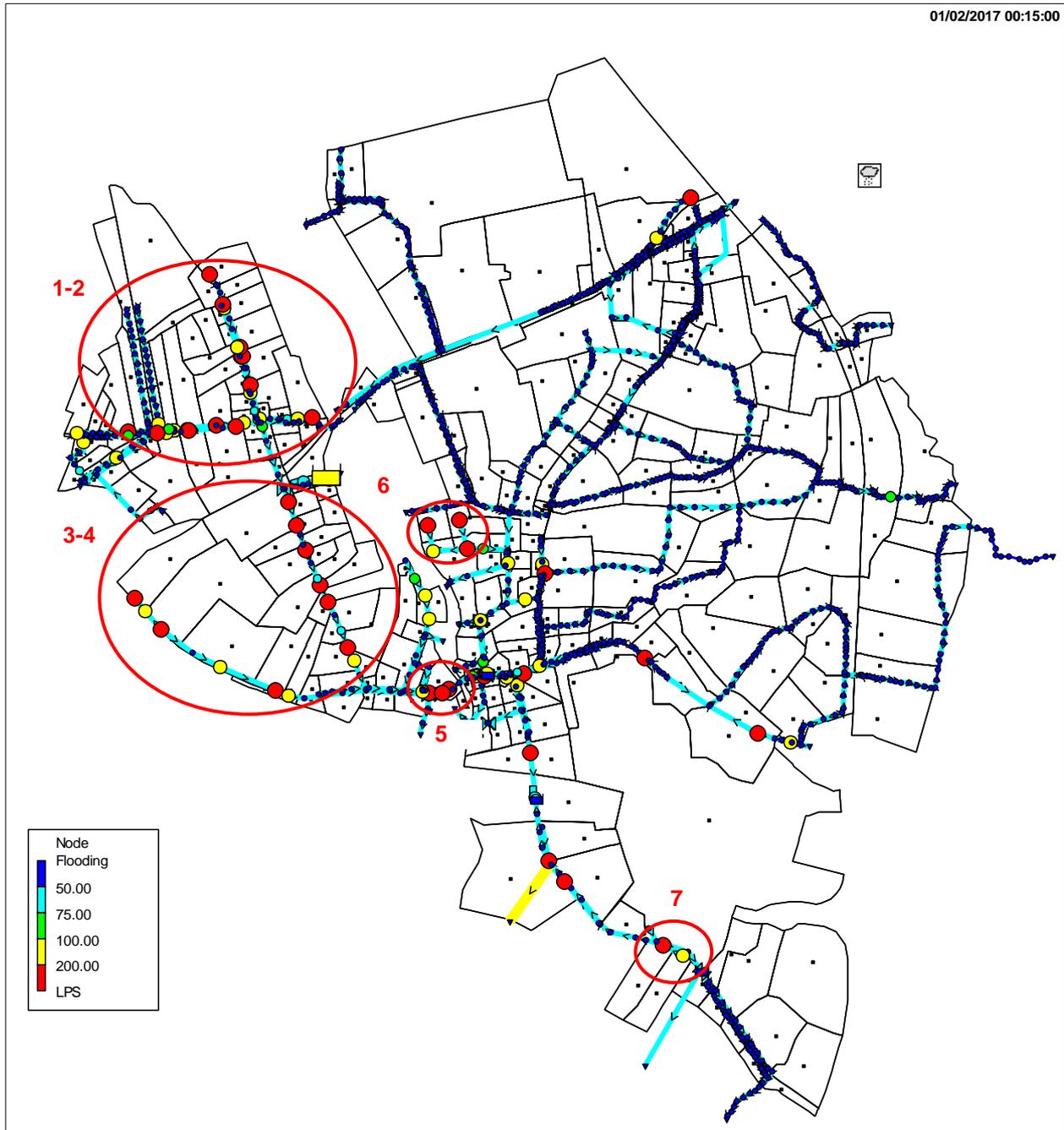


Figura 30. Modello dell'area di Lanzago-Silea. Evento con Tr 20 anni e durata 15 minuti.

La simulazione con durata 90 minuti ha evidenziato la criticità diffusa nella rete di fossi a est di via Creta che porta le acque verso il Nerbon.

Altre varie criticità localizzate sono dovute a piccole deficienze nella manutenzione dei fossi.

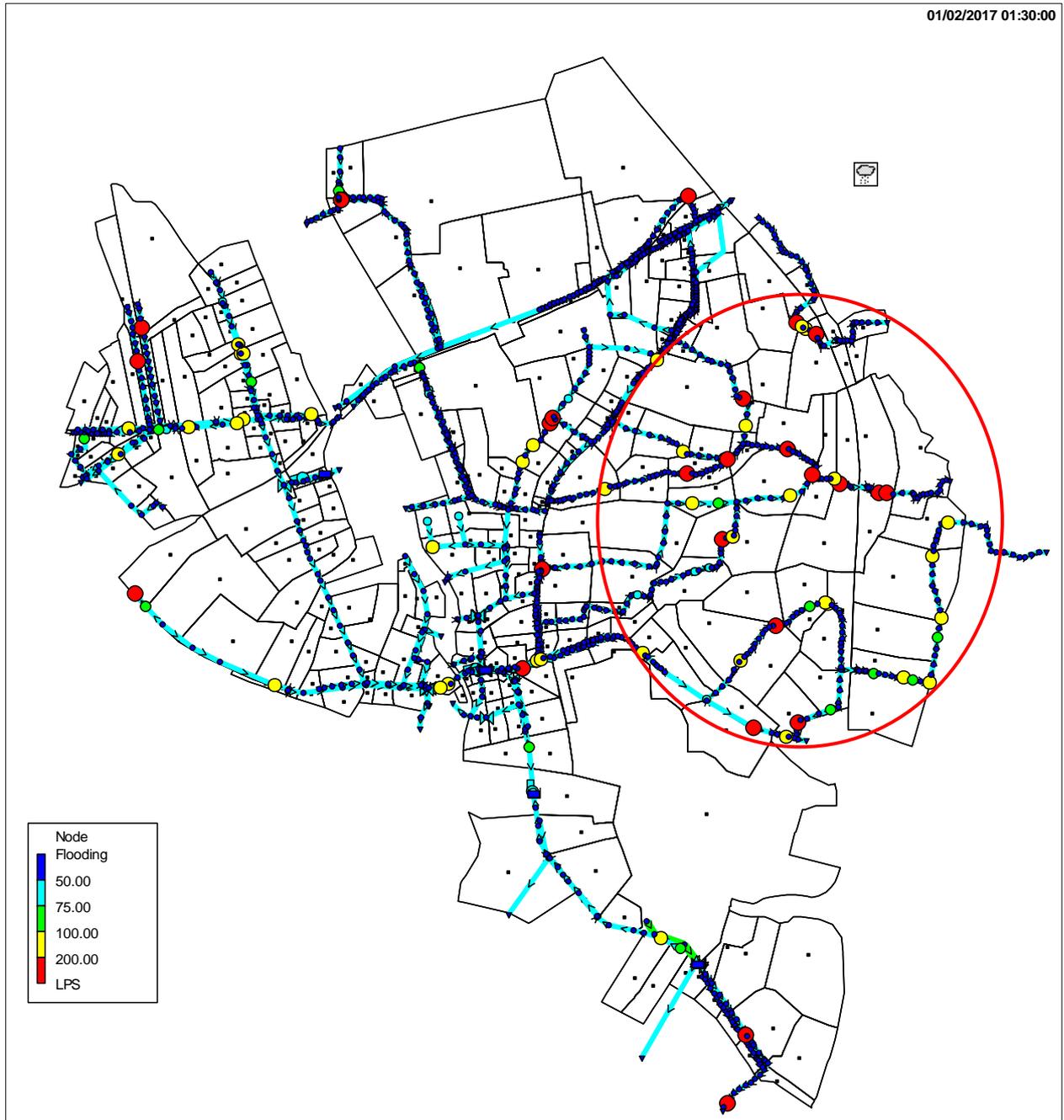


Figura 31. Modello dell'area di Lanzago-Silea. Evento con Tr 20 anni e durata 90 minuti.

Riepilogo criticità

CP.1	condotta interrta dell'attraversamento del rilevato della S.R.53.
CP.2	rigurgito su condotte di diametro minore

CL.3	scarsa manutenzione fosso viale dei Passi
CL.4	scarsa manutenzione fosso viale dei Passi
CL.5	scarsa manutenzione fosso Via Avogadri (compresi attraversamenti passi carrai)
CL.6	scarsa manutenzione fosso via Postumia
CL.7	scarsa manutenzione fosso via Creta
CL.8	sistema rete mista-fossi tombinati di via Tiepolo insufficiente
CL.9	sistema rete mista-fossi tombinati di via Postumia e via Callalta insufficiente
CL.10	sistema rete mista-fossi tombinati di via Lanzaghe insufficiente
CL.11	insufficienza fosso tombinato in via Treviso
CL.12	insufficienza tratti iniziali della rete mista dell'area tra via Gemona e via Osoppo
CL.13	insufficienza rete di fossi a est di via Creta con relativi attraversamenti dell'Autostrada A27 e tratti finali verso il Nerbon
CL.14	
CL.15	
CL.16	insufficienza tratti iniziali della rete mista dell'area tra via Fratelli Bandiera e via Montello

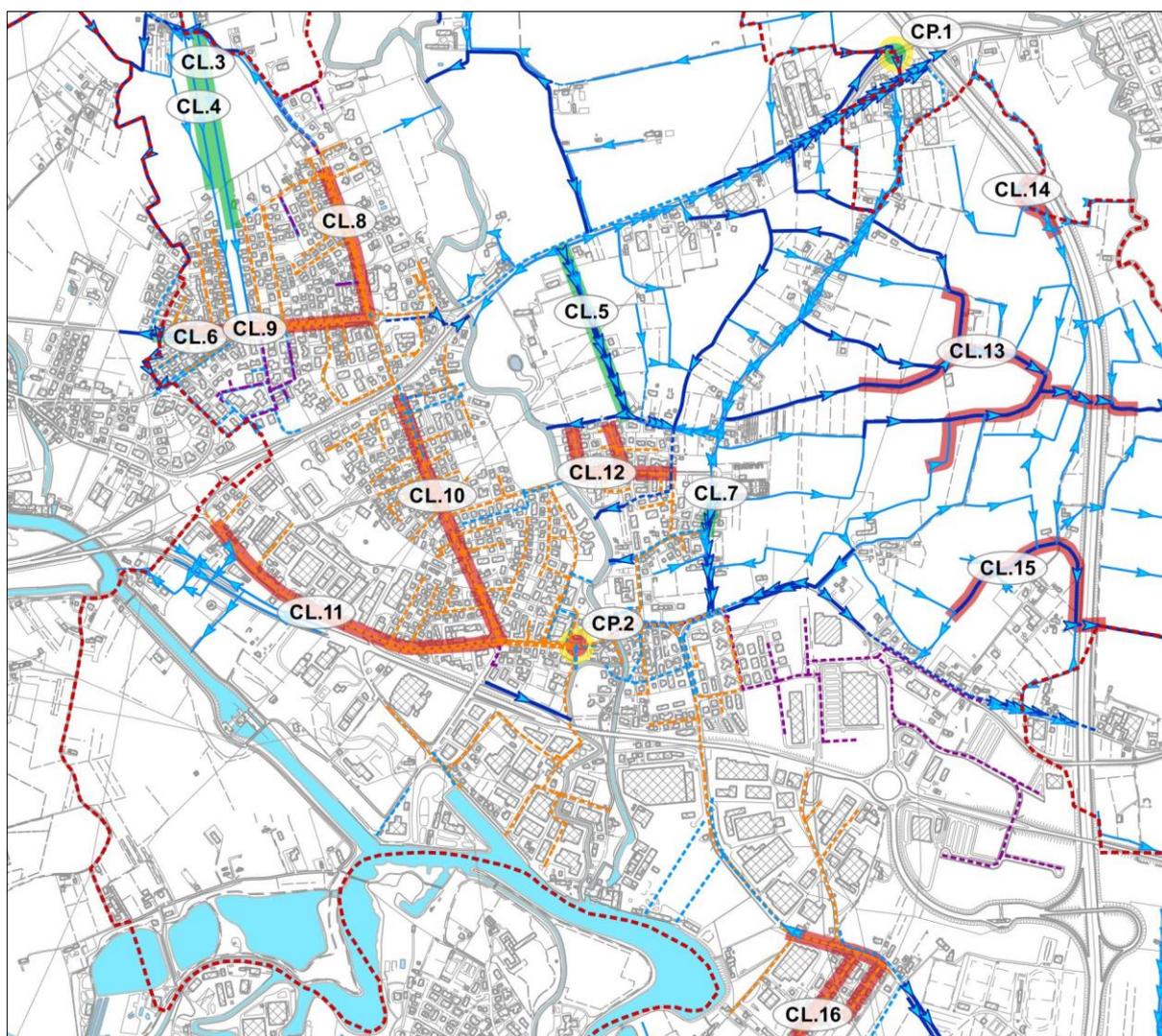


Figura 32. Area Lanzo-Silea. Riepilogo criticità.

4.2.2. Interventi proposti

Nell'ambito delle criticità da sopralluoghi, gli interventi proposti si limitano alla manutenzione con sfalcio in caso di fosso a cielo aperto, e di pulizia della condotta nel caso di attraversamento di un passo carraio o di una strada.

Nel caso delle criticità da modello, si distinguono i seguenti casi:

1. per i vari fossi e est di via Creta, tutti in campagna e di competenza privata, il deflusso difficoltoso segnalato riguarda soprattutto la rete di scoline, ma anche la nervatura maggiore costituita da fossi e capofossi, come evidenziato dal modello; gli attraversamenti dell'autostrada A27 di competenza di Autostrade per l'Italia, non presentano particolari problemi essendo deficitaria la rete a monte e valle. Si ritiene sufficiente l'ordinaria manutenzione della rete, con eventuale risezionamento puntuale ove necessario;
2. per i tratti iniziali di mista delle criticità CL.12 e CL.16 si propone una separazione delle reti, lasciando l'attuale mista per lo scolo delle sole acque reflue, e inserendo una nuova rete di condotte per le acque bianche scaricanti direttamente nei vicini ricettori.

Più articolato risulta il caso delle rimanenti criticità che riguardano il sistema della rete mista nel suo complesso; le criticità maggiori riguardano i tratti in cui, nel tempo, alla rete originaria si sono aggiunti i fossi tombinati che, integrandosi ad essa, sono diventati veicoli di afflussi reflui e non solo meteorici.

Il classico approccio della separazione delle reti, che vede:

- la rete mista attuale destinata ai soli futuri apporti meteorici;
- la disconnessione di tutti gli allacci privati alla rete mista attuale;
- una rete nera di nuova costruzione a cui collegare gli allacci disconnessi,

risulta in questo caso di difficile attuazione per il motivo sopracitato.

Inoltre, la contemporanea presenza di tre linee, a cui vanno aggiunte le linee dei servizi elettrici, delle telecomunicazioni, del gas e dell'acquedotto, renderebbe difficile, anche se non impossibile, il posizionamento di una nuova linea di acque nere. Solo un eventuale rilievo di dettaglio, sia plano-altimetrico che tramite video-ispezione, di tutta la linea per individuare gli allacci privati, le interconnessioni delle reti e lo stato dei manufatti potrebbe effettivamente fornire un'idea di massima sui possibili interventi risolutivi. Al livello di pianificazione del Piano delle Acque, si possono fornire delle proposte di intervento puntuali per limitare gli apporti nella rete principale.

Infine, nella rete afferente al manufatto di sfioro situato all'incrocio tra via Roma, via Tezze e via Posta, sebbene non risultino criticità rilevanti dalla modellazione, risulta sfruttata al massimo della sua capacità. Per questo motivo, si propongono degli interventi che vanno nella direzione di razionalizzare gli apporti al manufatto e alla condotta di sfioro, separando, per quanto possibile, la parte di rete già puramente meteorica da quella mista che, allo stato attuale, risultano interconnesse in qualche punto. Si sottolinea il fatto che alcuni di questi interventi erano già stati proposti dallo "Studio delle criticità del nodo idraulico di via Posta e via Tezze nella sinistra idraulica del fiume Melma a Silea centro" redatto da Ing.A.Pattaro nel 2013, mentre, per quanto riguarda via Tezze, sono già stati eseguiti dei lavori di intercettazione dei deflussi superficiali tramite due griglie di raccolta. Gli interventi (IP.5, IL.13 e IL.14) risultano subordinati alla verifica, tramite video-ispezione, della piena funzionalità degli ultimi due tratti di condotta a monte del sifone di attraversamento del Melma e del sifone stesso.

IP.2	Ripristino condizioni attraversamento del rilevato del cavalcavia della S.R.53
IP.3	Inserimento di valvole tipo clapet
IP.4	Nuovo manufatto di sfioro con condotta minimo DN800 a quota più elevata del fondo pozzetto
IP.5	Separazione afflussi rete meteoriche e miste su pozzetto di confluenza con manufatto separatore
IP.6	Ripristino valvola tipo clapet su scarico nel Melma Vecchio

IL.3	Rimozione vegetazione su fosso lato est di viale dei Passi
IL.4	Rimozione vegetazione su fosso lato ovest di viale dei Passi
IL.5	Sfalcio del fosso lato ovest di via Avogadri con pulizia manufatti.
IL.6	Pulizia fosso lato sud di via Postumia al confine con il comune di Treviso
IL.7	Pulizia fosso e manufatti lungo via Creta tratto iniziale dal cimitero (REALIZZATA TOMBINATURA DEL FOSSO – INTERVENTO NON PIU' NECESSARIO)
IL.8, IL.9, IL.10	Manutenzione ordinaria fossi e capofossi area di campagna ad est di via Creta con eventuale risezionamento puntuale ove necessario
IL.11	Nuova rete di raccolta delle acque bianche nell'area di via Gemona e via Osoppo
IL.12	Nuova rete di raccolta delle acque bianche nell'area di via F.Ili Bandiera e via Montello
IL.13	Sostituzione condotta con minimo un DN800 lato ovest di via Cendon
IL.14	Idropulizia condotta lato sud di via Roma
IL.14.1	Verifica funzionalità tratti di condotta a monte del sifone sul Melma
IL.15	Adeguamento rete scolante collegata al nuovo manufatto di sfioro IP.4
IL.15.1	Nuova condotta di attraversamento DN 800 in via Treviso
IL.16	Rilievo di dettaglio e video ispezione per futura separazione reti

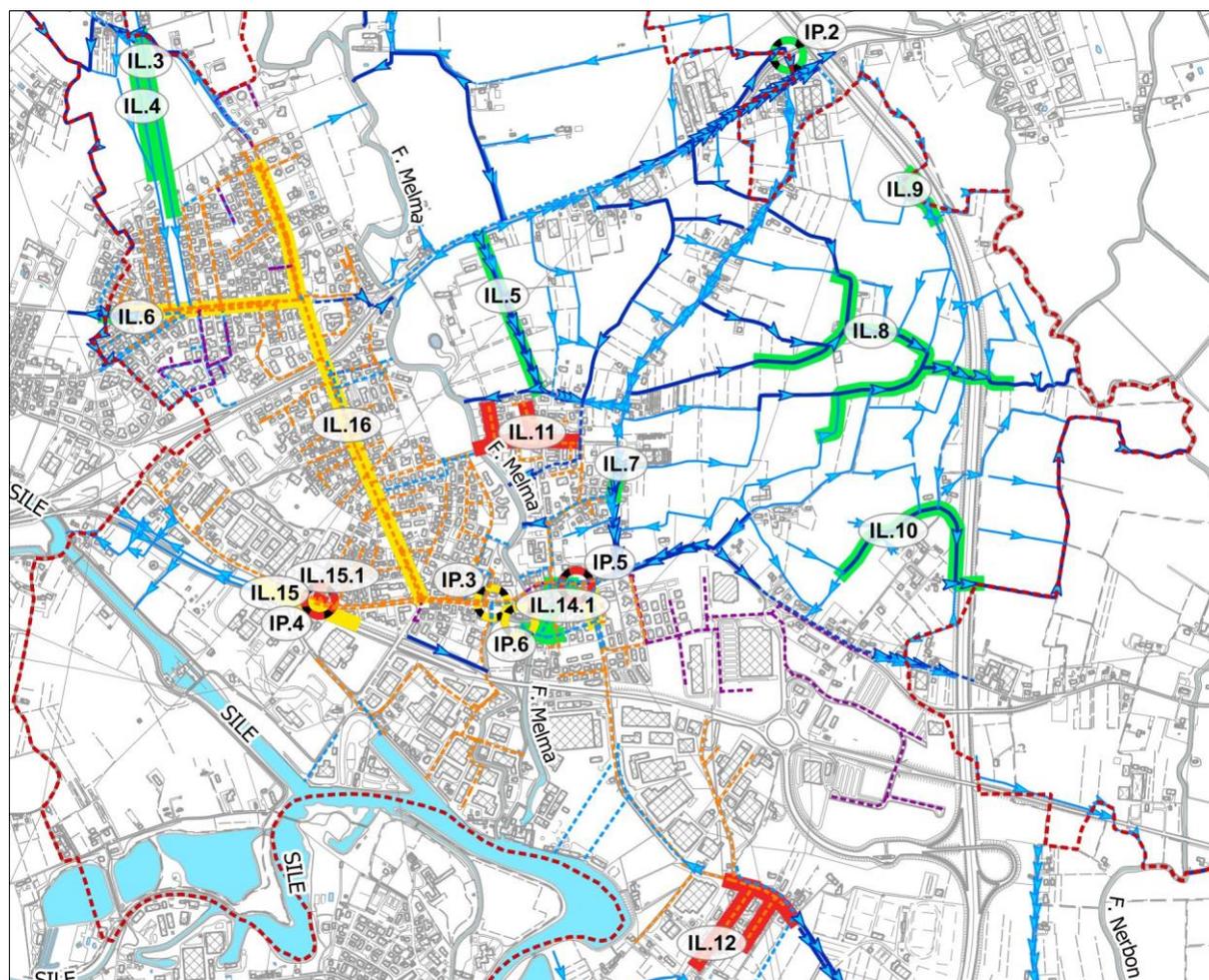


Figura 33. Area Lanzago-Silea. Interventi proposti.

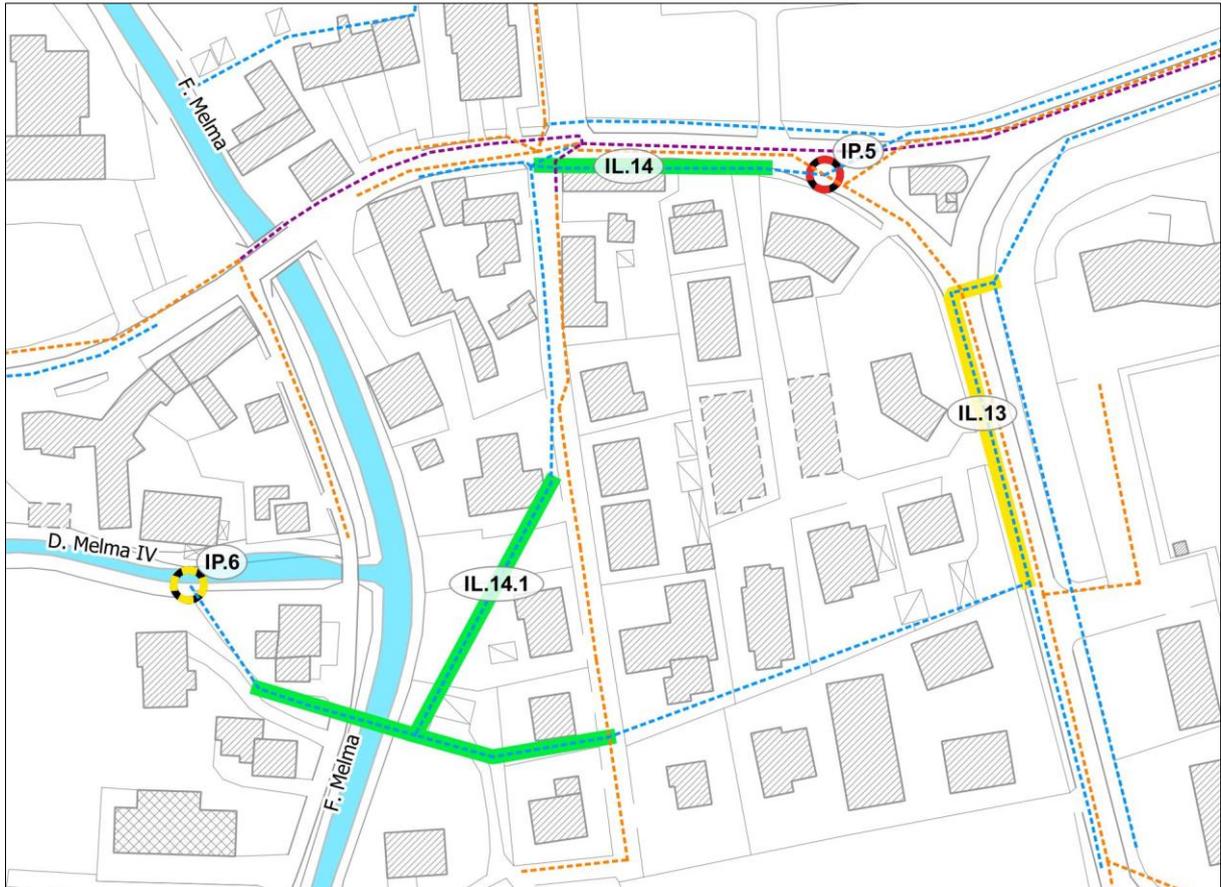


Figura 34. Area Lanzago-Silea. Interventi proposti. Dettaglio via Roma.

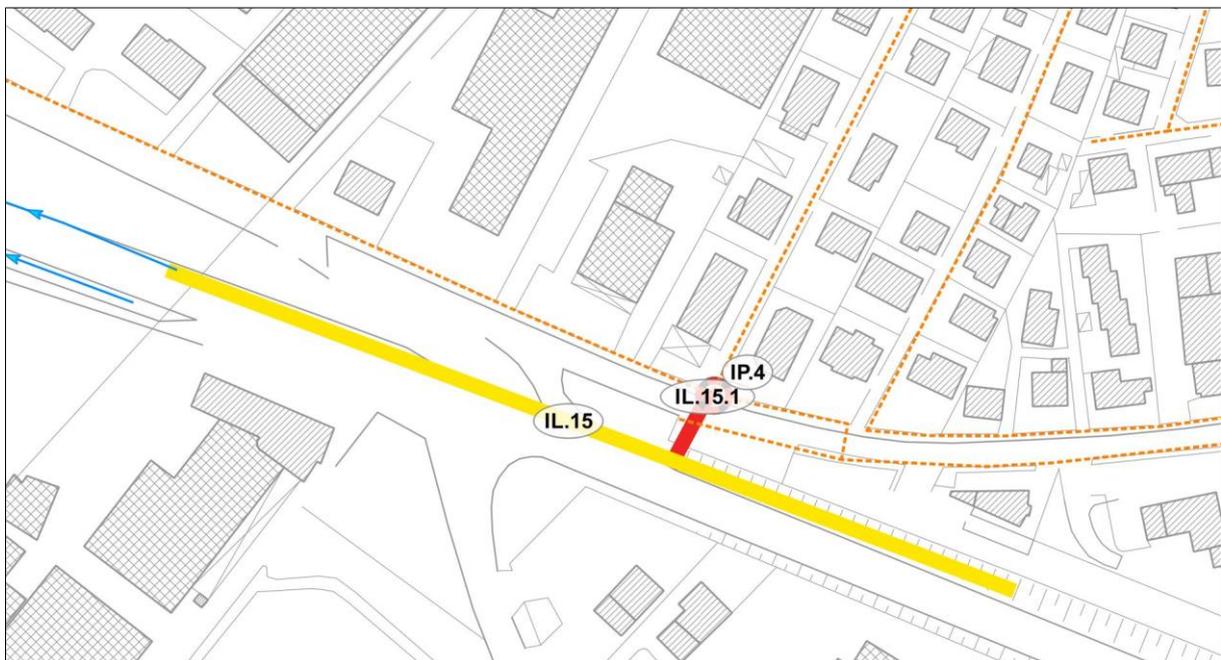


Figura 35. Area Lanzago-Silea. Interventi proposti. Dettaglio via Treviso.

4.3. AREA CENDON-SANT'ELENA-PENTIA-MONTIRON

L'area modellata comprende:

- la rete fognaria mista afferente al depuratore di S.Elena e la parallela rete bianca lungo la ciclabile;
- la rete di fossi lungo la S.R.89 Treviso mare e via Claudia Augusta;
- la rete di fossi tra via Surexit e il Montiron.

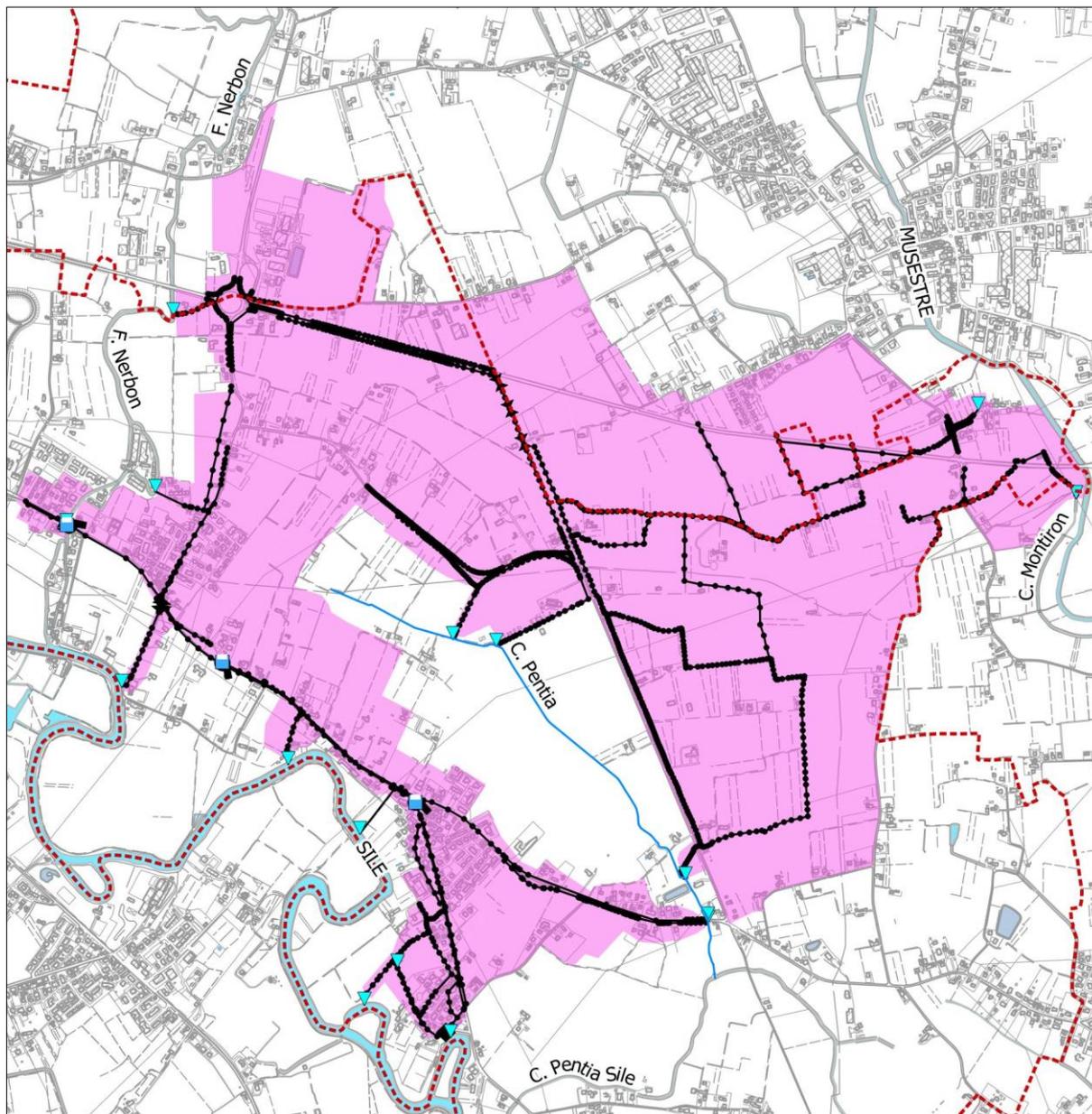


Figura 36. Modello dell'area Cendon-Sant'Elena-Pentia-Montiron.

4.3.1. Criticità

Criticità segnalate

Lungo il corso del Fiume Nerbon sono segnalate delle aree critiche da più fonti che riguardano essenzialmente l'allagamento di terreni agricoli in seguito all'innalzamento dei livelli causati dal rigurgito del fiume Silea; aree a deflusso difficoltoso sono segnalate per insufficienza della rete di scoline.

Anche nell'ansa del Sile viene segnalata un'area a deflusso difficoltoso causata da terreni depressi con poca pendenza.

Tutte queste aree non sono state oggetto né di modellazione, né di proposte di intervento.

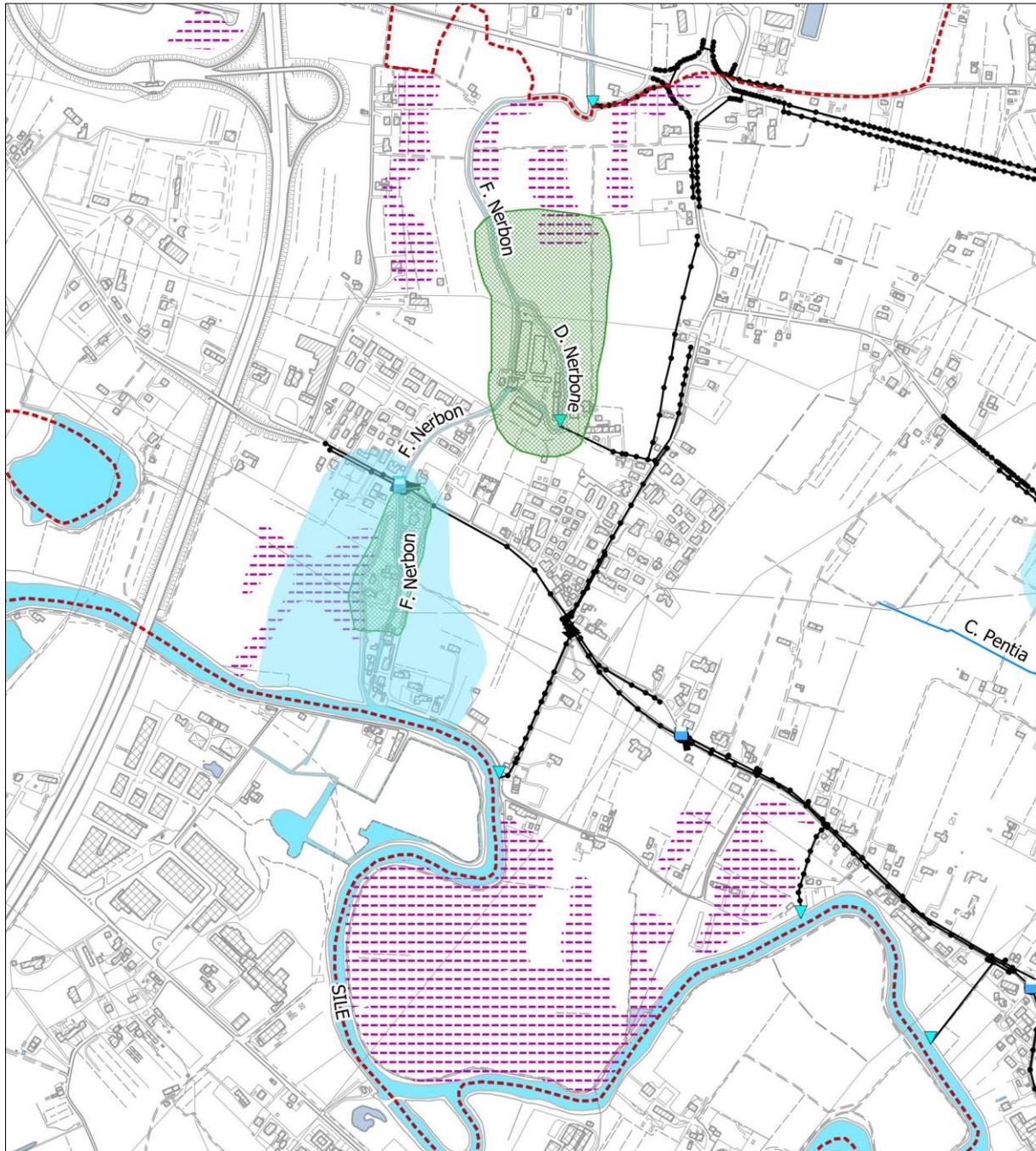


Figura 37. Area Cendon-Sant'Elena-Pentia-Montiron. Criticità segnale del Nerbon.

Altre aree segnalate riguardano il canale Pentia, dove la morfologia concava del territorio e la ridotta capacità di infiltrazione del suolo agevolano la formazione di ristagni e allagamenti.

Il bacino del canale Pentia non è stato oggetto di modellazione nel suo complesso, tuttavia il sottobacino a monte dell'attraversamento della Claudia Augusta, segnalato come critico del comune, è stato inserito nel modello. Inoltre, la parte di bacino del Pentia interconnessa dai fossi lungo la Treviso Mare con il bacino del Nerbon è stata inserita nel modello per valutare le quote parti rispettive anche se nell'area non insistono particolari criticità.

Una piccola area nell'ansa del Sile viene segnalata come area critica in seguito all'innalzarsi dei livelli del fiume; l'area non è stata oggetto di modellazione, né di proposte di intervento.

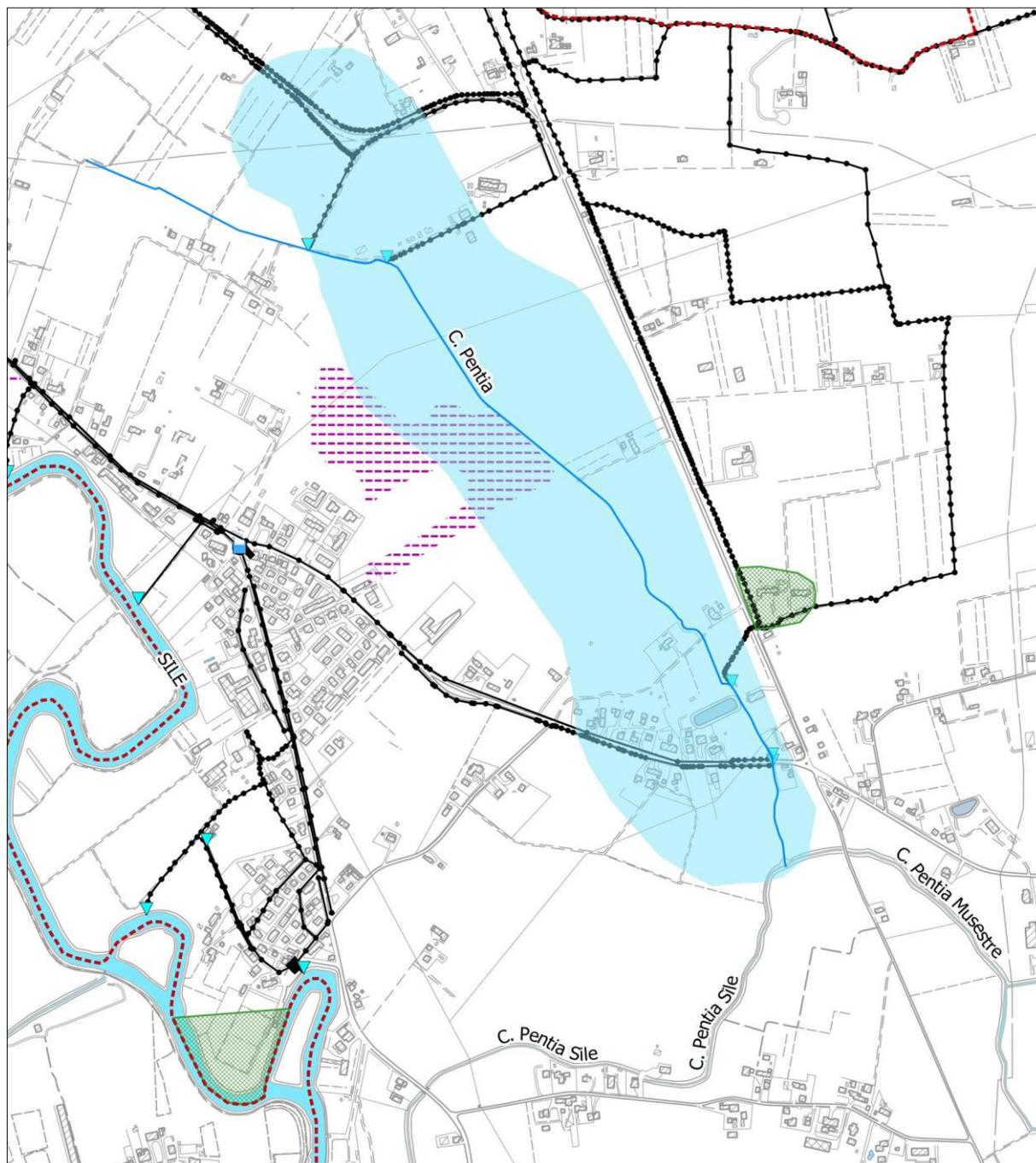


Figura 38. Area Cendon-Sant'Elena-Pentia-Montiron. Criticità segnalate del Pentia.

Le ultime aree segnalate riguardano gli allagamenti registrati dal Consorzio di Bonifica nell'area del Musestre-Montiron, dovute essenzialmente all'innalzarsi dei livelli dei due canali; in quest'area si sono modellati gli afflussi dai fossi di via Surexit e quelli provenienti da via Montiron.

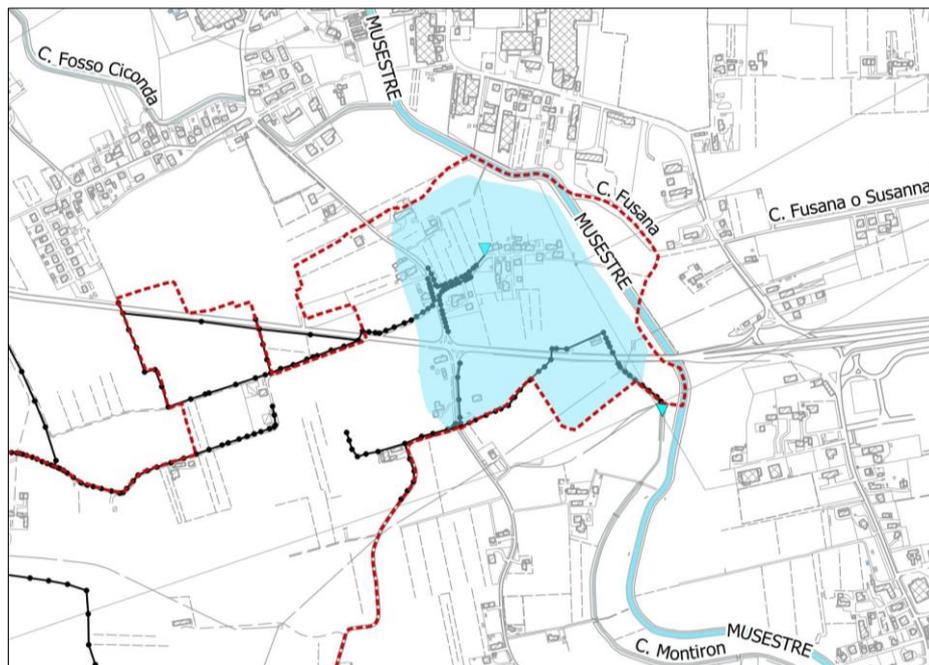


Figura 39. Area Cendon-Sant'Elena-Pentia-Montiron. Criticità segnalate del Musestre-Montiron.

Criticità da sopralluoghi



Foto 05111. Ristagno in via Pantiera lato est verso nord.



Foto 05114. Ristagno in via Pantiera lato est verso sudd.



Foto 05186. Condotta interrta in via Molino.



Foto. 05058. Ristagno a lato della rotonda sulla S.R.89.



Foto 10000. Ristagno in via Surexit a sud della S.R.89.



Foto 06243. Ristagno in via Surexit a nord della S.R.89.



Foto 10032. Ristagno nella campagna a est di via Claudia Augusta.



Foto 17062. Ristagno fosso lato est di via Claudia Augusta.



Foto 08311. Ristagno fosso lato ovest di via Claudia Augusta nel tratto sterrato a monte dell'incrocio con via Malviste



Foto 08319. Ristagno fosso lato est di via Claudia Augusta nel tratto sterrato a monte dell'incrocio con via Malviste

Criticità da modello idraulico

Le durate critiche per il sistema sono risultate quelle di 30 minuti e 120 minuti

La durata dell'evento piovoso minore, che dovrebbe essere più gravosa per la rete di fognatura, ha evidenziato un solo tratto critico in via Cendon a monte dell'incrocio con via Pantiera, dovuto ad una condotta parzialmente interrta; il resto sono piccole criticità sparse sulla rete minore che hanno come effetto i ristagni già emersi durante i sopralluoghi. Il modello ha evidenziato anche la carenza del fosso a Sant'Elena che raccoglie i deflussi meteorici, lo stesso fosso in cui scarica il depuratore.

La durata dell'evento piovoso maggiore, più gravosa, invece, per la rete a cielo aperto, ha amplificato il numero di criticità nella rete a est di via Claudia Augusta, fermo restando gli stessi punti critici sopracitati ed emersi durante i sopralluoghi. Una zona critica emersa conferma quella segnalata dal comune di Silea, all'altezza della confluenza dei fossi a monte dell'attraversamento di via Claudia Augusta; le portate confluenti in arrivo dai fossi, una volta superato l'attraversamento che risulta in grado di smaltirle, defluiscono su un tratto di fosso a sezione insufficiente. Il fosso poi scarica nel Pentia, che in quest'ultimo tratto a monte dell'attraversamento di via Pozzetto ha una bassa pendenza, nell'ordine del 0.3 ‰; ciò contribuisce alla difficoltà di scarico del fosso ed a i conseguenti allagamenti localizzati.

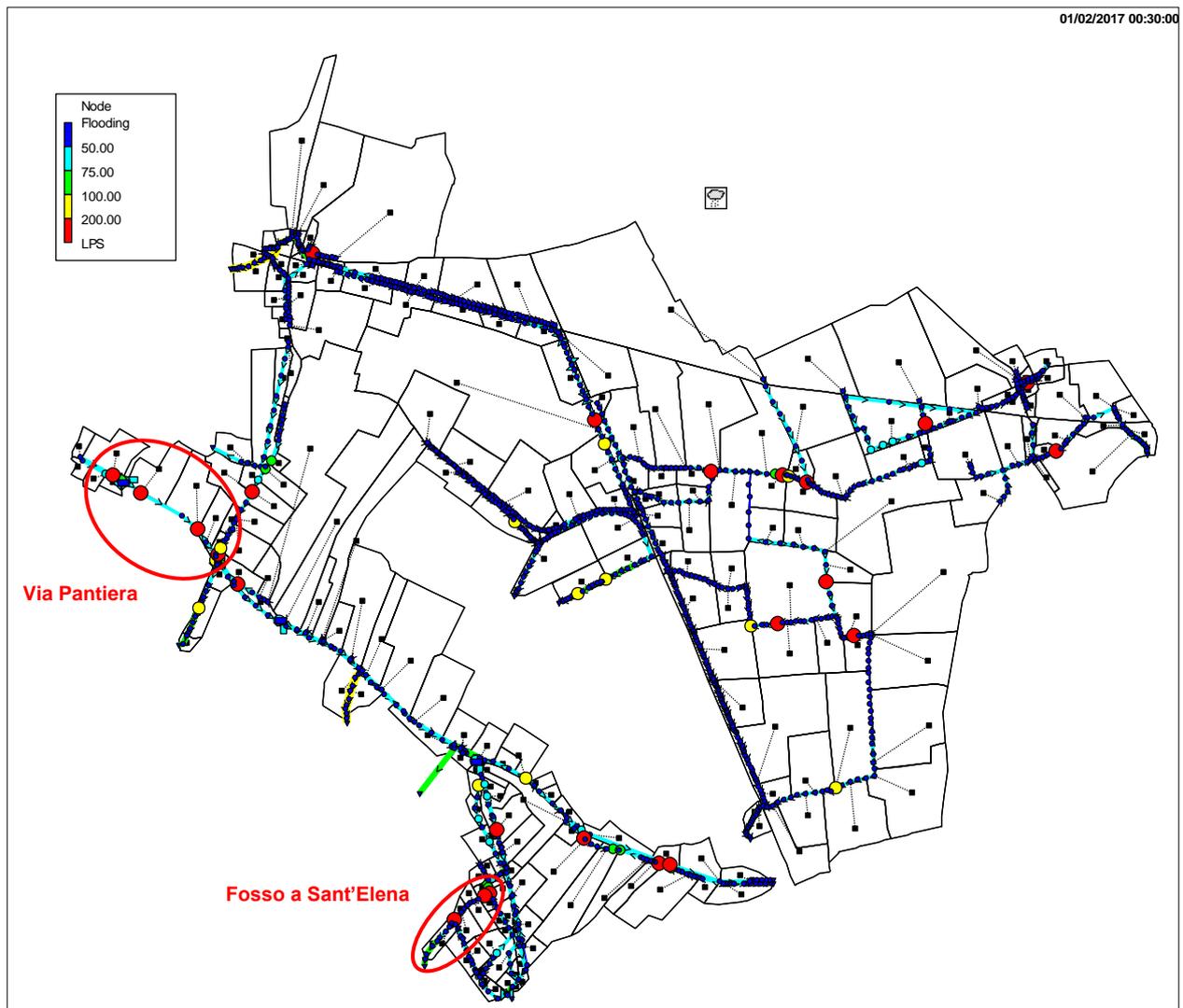


Figura 40. Modello dell'area Cendon-Sant'Elena-Pentia-Montiron. Evento con Tr 20 anni e durata 30 minuti.

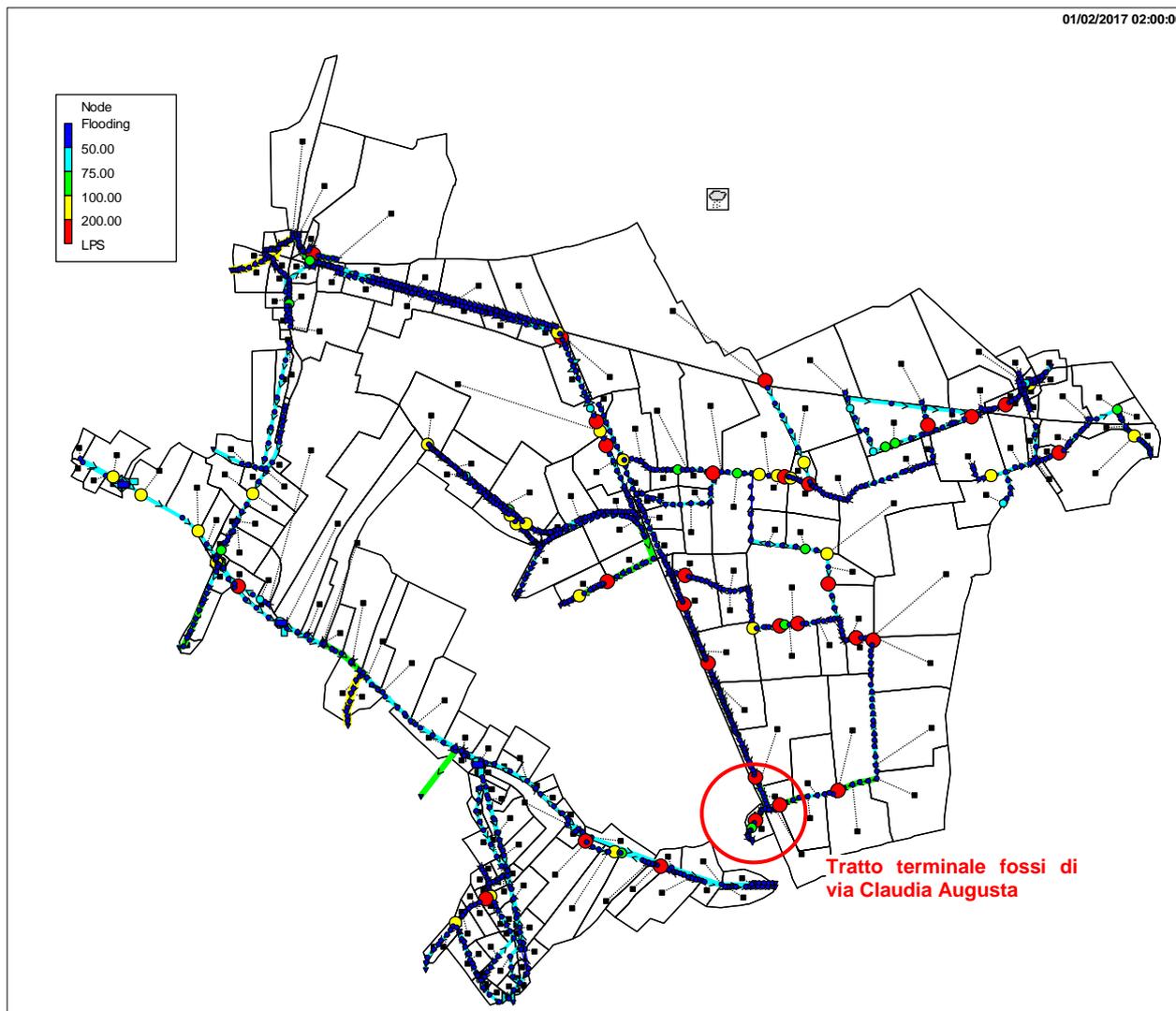


Figura 41. Modello dell'area Cendon-Sant'Elena-Pentia-Montiron. Evento con Tr 20 anni e durata 120 minuti.

Riepilogo criticità

CP.3	Ingresso condotta ostruita in via Molino
CP.4	Scarsa manutenzione attraversamento del fosso di via Surexit sulla S.R.89
CL.17	Condotta parzialmente ostruita nel tratto di fognatura mista in via Cendon a monte dell'incrocio con via Pantiera
CL.18	Ristagno nel fosso lato est di via Pantiera verso la rotonda con la S.R.89
CL.19	Ristagno nel fosso a lato della rotonda con la S.R.89
CL.20	Ristagno nel fosso lato ovest di via Claudia Augusta nel tratto sterrato
CL.21	Ristagno nel fosso lato est di via Claudia Augusta
CL.22	Insufficienza fosso terminale a valle dell'attraversamento di via Claudia Augusta
CL.23	Insufficienza fosso di raccolta delle acque meteoriche a Sant'Elena
CL.24	Ristagno fosso di via Pozzetto all'altezza dell'incrocio con via Cimitero
CL.25	Ristagno fosso di via Surexit lato nord a cavallo della S.R.89
CL.26	Ristagno fosso che da via Montiron prosegue verso l'attraversamento della S.R.89

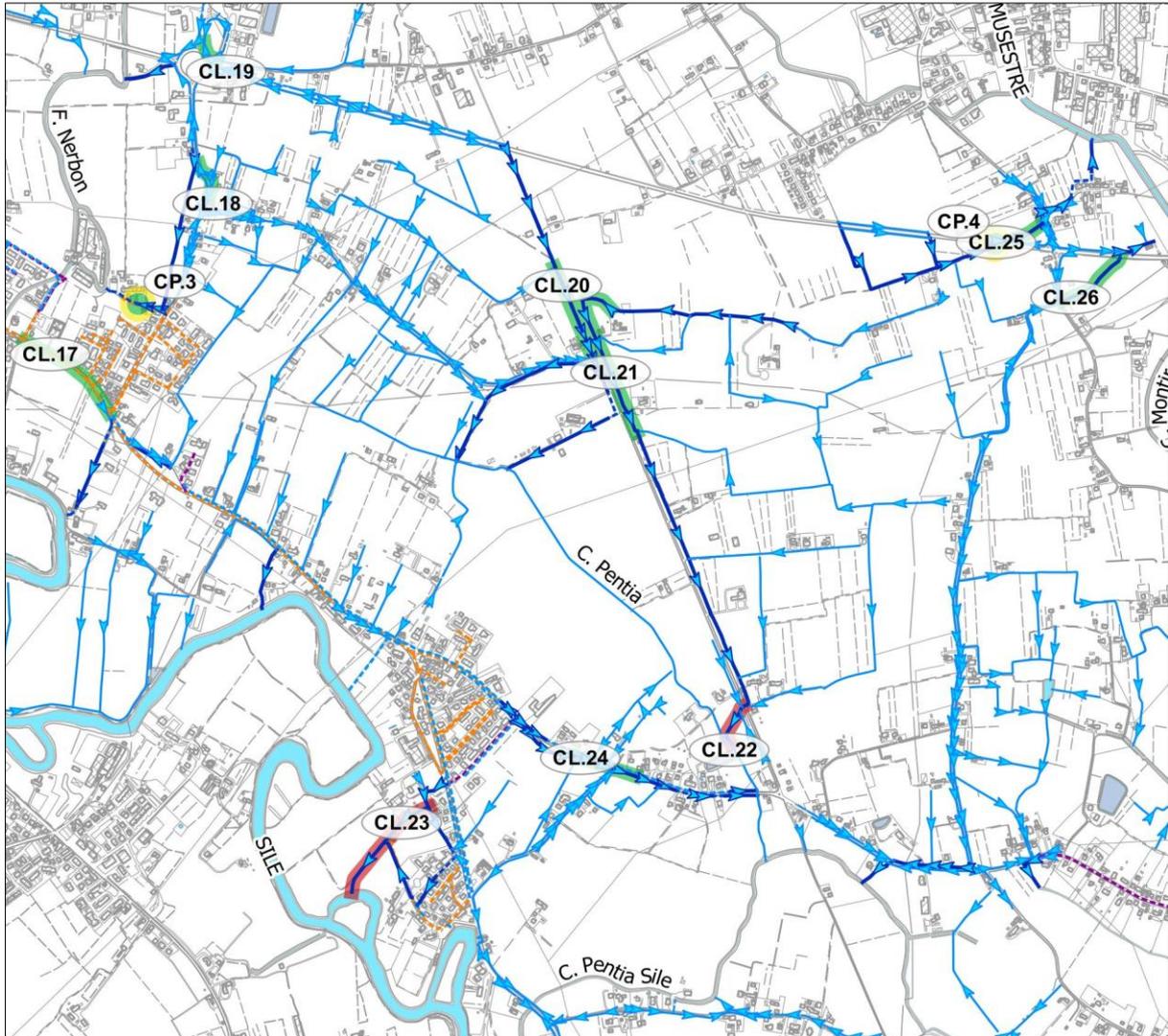


Figura 42. Area Cendon-Sant'Elena-Pentia-Montiron. Riepilogo criticità.

4.3.2. Interventi proposti

Gli interventi proposti si limitano alla sola manutenzione dei tratti, ovvero, con pulizia della vegetazione ed eventuale risezionamento puntuale ove necessario per i fossi, e l'idropulizia dei manufatti in caso di attraversamenti e per il tratto della rete fognaria.

In alcuni casi la sola manutenzione non risulta sufficiente, e per i seguenti tratti si propone un risezionamento per aumentare la portata smaltibile:

- per il fosso lungo il lato est di via Pantiera, dal punto di ristagno fino alla rotonda sulla S.R.89;
- per il tratto terminale del fosso che attraversa via Claudia Augusta fino alla confluenza nel Pentia;
- per il fosso al lato sud di via Pozzetto, dall'incrocio con via cimitero fino al tombinamento in direzione est;
- per il fosso di recapito delle acque meteoriche a Sant'Elena, fino alla confluenza nel fiume Sile;
- per il fosso a monte dell'inizio del canale Montiron a valle dell'Attraversamento della S.R.89.

IP.7	Pulizia condotta in via Molino
IP.8	Pulizia attraversamento S.R.89
IL.17	Idropulizia condotta fognaria in via Cendon
IL.17.1	Aggiunta nuovo collegamento di separazione fosso tombinato/rete mista

IL.17.2	Rilievo di dettaglio e video ispezione per futura separazione reti
IL.18	Risezionamento fosso in via Pantiera
IL.19	Pulizia fosso lato rotonda sulla S.R.89
IL.20	Pulizia fosso lato ovest di via Claudia Augusta
IL.21	Pulizia fosso lato est di via Claudia Augusta
IL.22	Risezionamento tratto terminale del fosso a valle dell'attraversamento di via Claudia Augusta; questo intervento è subordinato alla pulizia del tratto del canale Pentia fino all'attraversamento di via Pozzetto
IL.23	Risezionamento fosso a Sant'Elena da via Sant'Elena alla confluenza nel Sile
IL.24	Risezionamento fosso lato sud di via Pozzetto dall'incrocio con via Cimitero fino alla tombinatura
IL.25	Pulizia fosso a valle dell'attraversamento della S.R.89 in corrispondenza dell'intervento IP.8
IL.26	Risezionamento fosso a valle dell'attraversamento della S.R.89 fino al tratto iniziale del canale Montiron

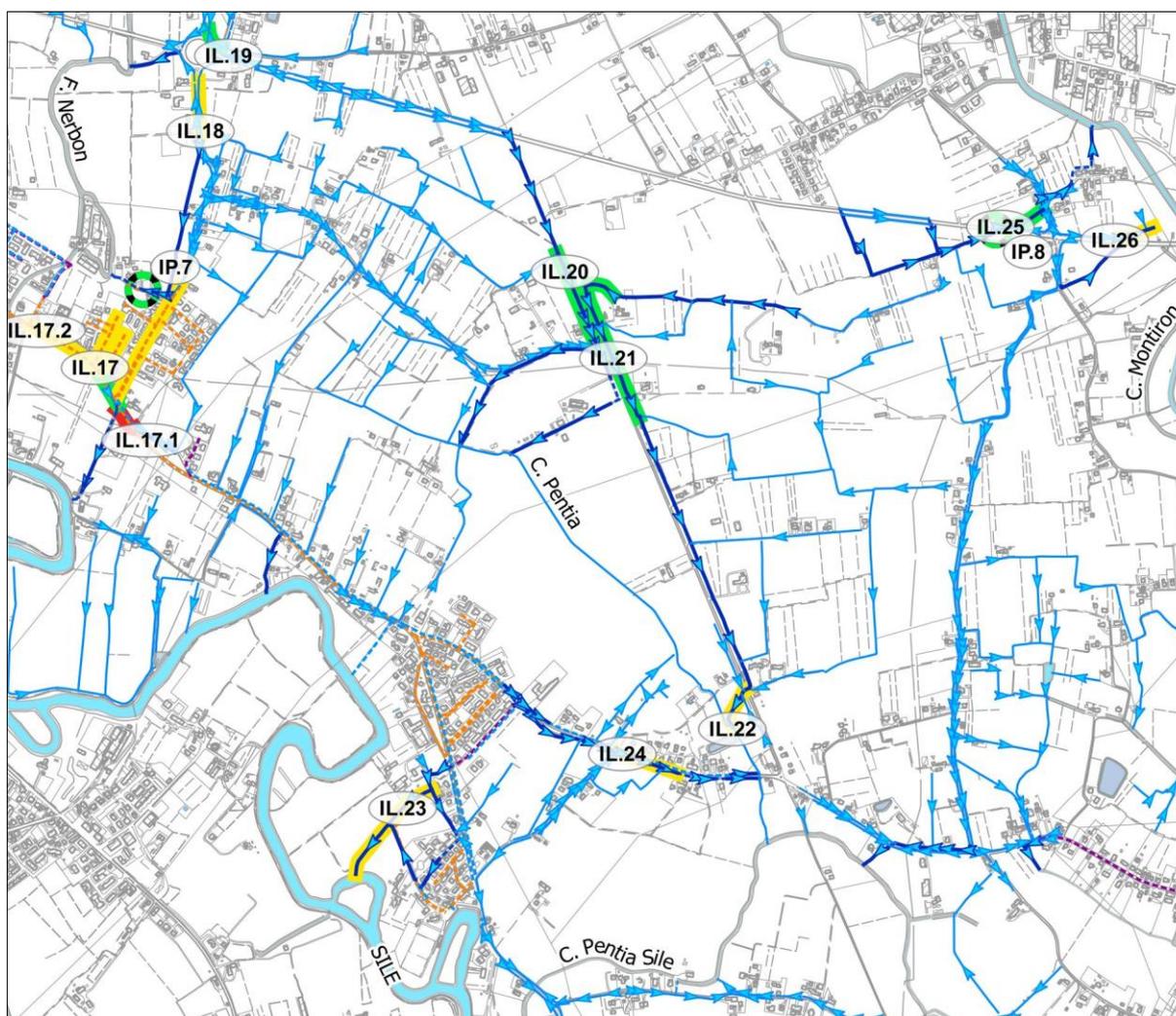


Figura 43. Area Cendon-Sant'Elena-Pentia-Montiron. Interventi proposti.

In riferimento all'intervento IL.17.1, si è ritenuto di proporlo per limitare gli apporti al manufatto di sfioro; essendo il fosso tombinato al lato nord di via Cendon ricettore di acque solo meteoriche, risulta possibile deviarlo tramite un nuovo attraversamento della strada sul fosso al lato sud, e convogliarlo alla condotta a valle dello sfioro, previo risezionamento del fosso.

Si precisa, inoltre, che gli interventi effettuati ad inizio degli anni 2000 a seguito del progetto "Sistemazione strade e fognature: vicolo Postumia, via Pantiera e intersezione con le vie Cendon, Sant'Elena e Capitello" dello studio SIA, sono stati dimensionati per un tempo di ritorno pari a 6 anni; risulta chiaro che le criticità emerse nella presente modellazione, che fanno riferimento ad un tempo di ritorno di 20 anni, possano permanere anche effettuando la pulizia delle condotte.

Come intervento risolutore si potrebbe proporre la separazione delle reti almeno a monte dello sfioro (IL.17.2), lasciando all'attuale rete mista la sola funzione di scolo delle acque meteoriche con l'inserimento di una rete nera dedicata che si collega alla rete mista a valle dello sfioro. Tale intervento comporta però il rilievo di dettaglio con video-ispezione e il censimento di tutti gli allacci esistenti, per creare un modello più preciso e verificarne l'effettivo funzionamento.

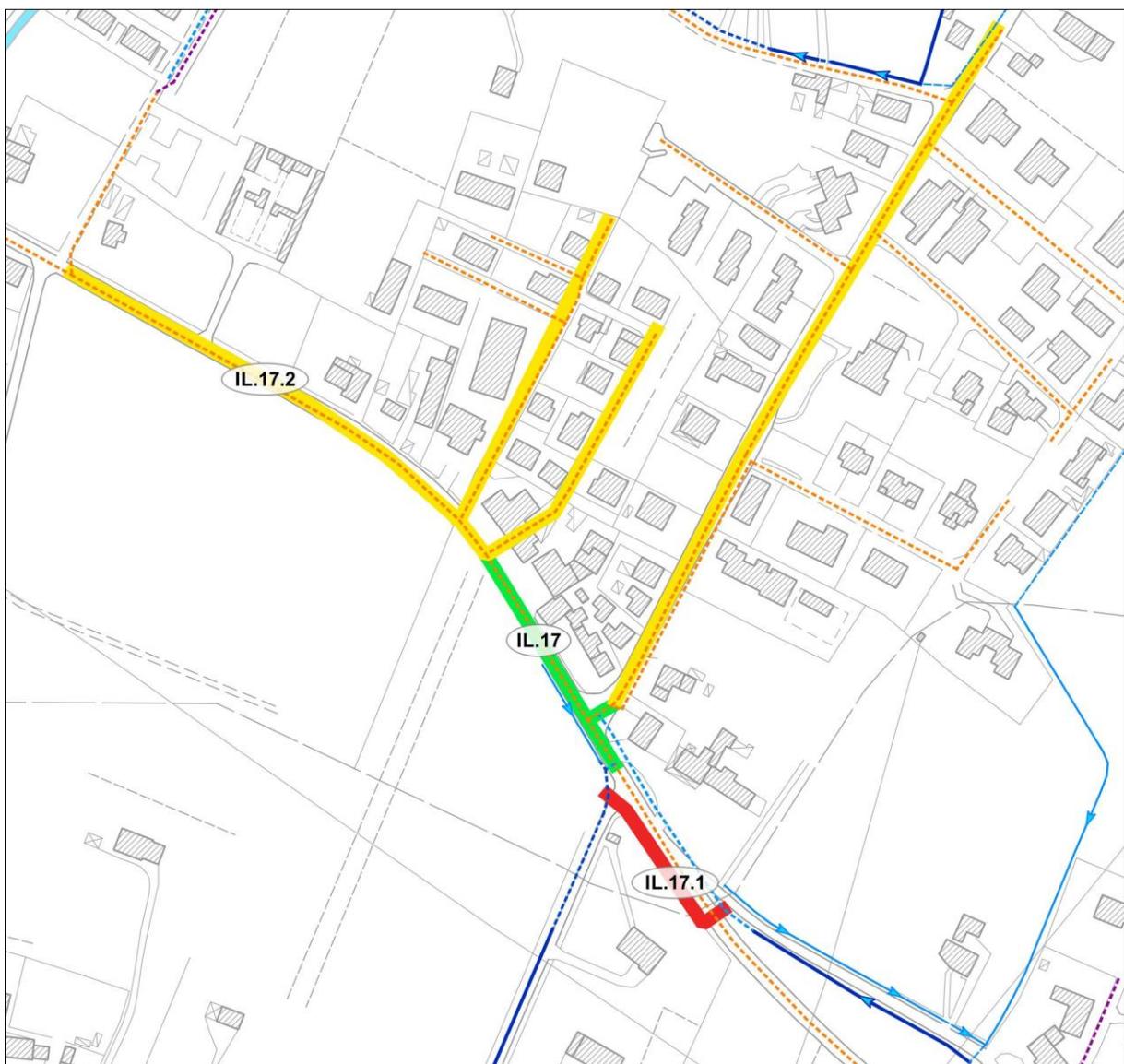


Figura 44. Area Cendon-Sant'Elena-Pentia-Montiron. Interventi proposti. Dettaglio delle via Cendon, Pantiera, Capitello e Sant'Elena.

4.4. AREA PENTIA-MUSESTRE

L'area copre il tratto del canale Pentia Musestre compreso tra il confine comunale e il canale Pentia, dove, all'altezza di via Risaie, il Consorzio di Bonifica ha inserito un manufatto di controllo delle paratoie; si sono andati a testare gli effetti delle manovre della paratoia sulla rete.

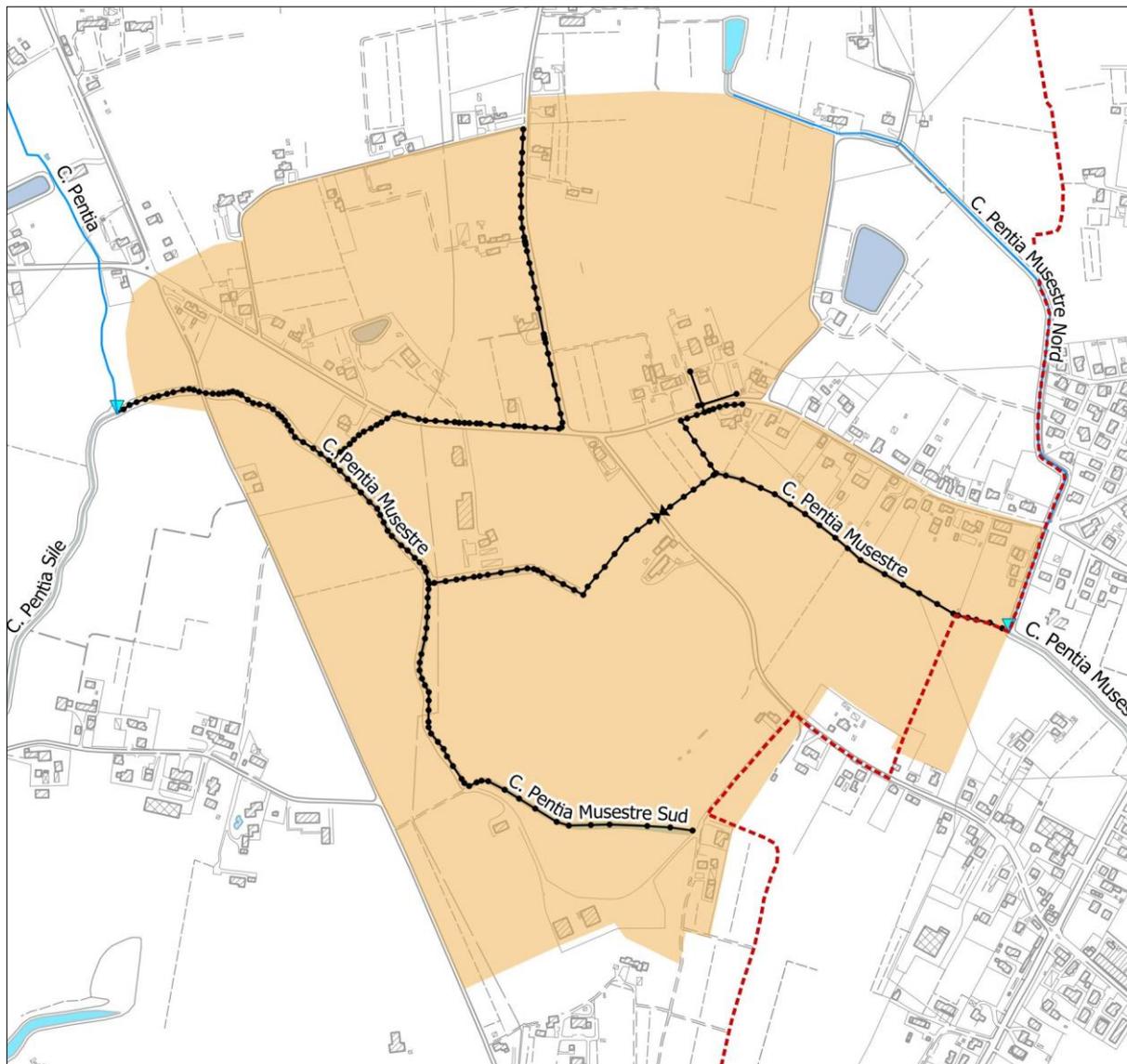


Figura 45. Modello dell'area Pentia-Musestre.

4.4.1. Criticità

Criticità segnalate

Non sono state segnalate criticità nell'area.

Criticità da sopralluoghi

Non risultano particolari criticità da sopralluoghi, se non qualche manufatto interrito come, ad esempio, da foto successiva; il fosso, comunque, copre una piccola zona di sgrondo, e la condotta risulta sufficiente a smaltire le esigue portate. Si raccomanda per la manutenzione di seguire le linee guida del capito 7 dell'elaborato 1

..



Foto 08212. Condotta parzialmente ostruita a monte dell'attraversamento di via Pozzetto

Criticità da modello idraulico

La durata critica che ha mandato in crisi il sistema è pari a 2 ore, essendo l'area quasi completamente a destinazione agricola.

Nella configurazione con la paratoia del manufatto di regolazione chiusa, i due bacini risultano completamente separati; emerge qualche allagamento localizzato in uno dei due fossi laterali al canale Pentia Musestre ad est di via Risaie; tali fossi hanno dimensioni tali da fungere da piccole casse d'espansione.



Foto 08194. Fosso laterale al canale Pentia Musestre.



Foto 08196. Fosso laterale al canale Pentia Musestre.

Nella configurazione con la paratoia del manufatto di regolazione aperta, una parte delle acque del canale Pentia Musestre defluisce verso il Pentia, per un massimo di circa 450 l/s riferiti ad un tempo di ritorno di 20 anni; considerando che non sono stati impostati i livelli idrometrici del Musestre che condizionano il Pentia Musestre verso est, la portata potrebbe risultare maggiore.

L'incremento di portata provoca qualche criticità nel canale Pentia Musestre a ovest, in corrispondenza delle zone più depresse che il canale attraversa.

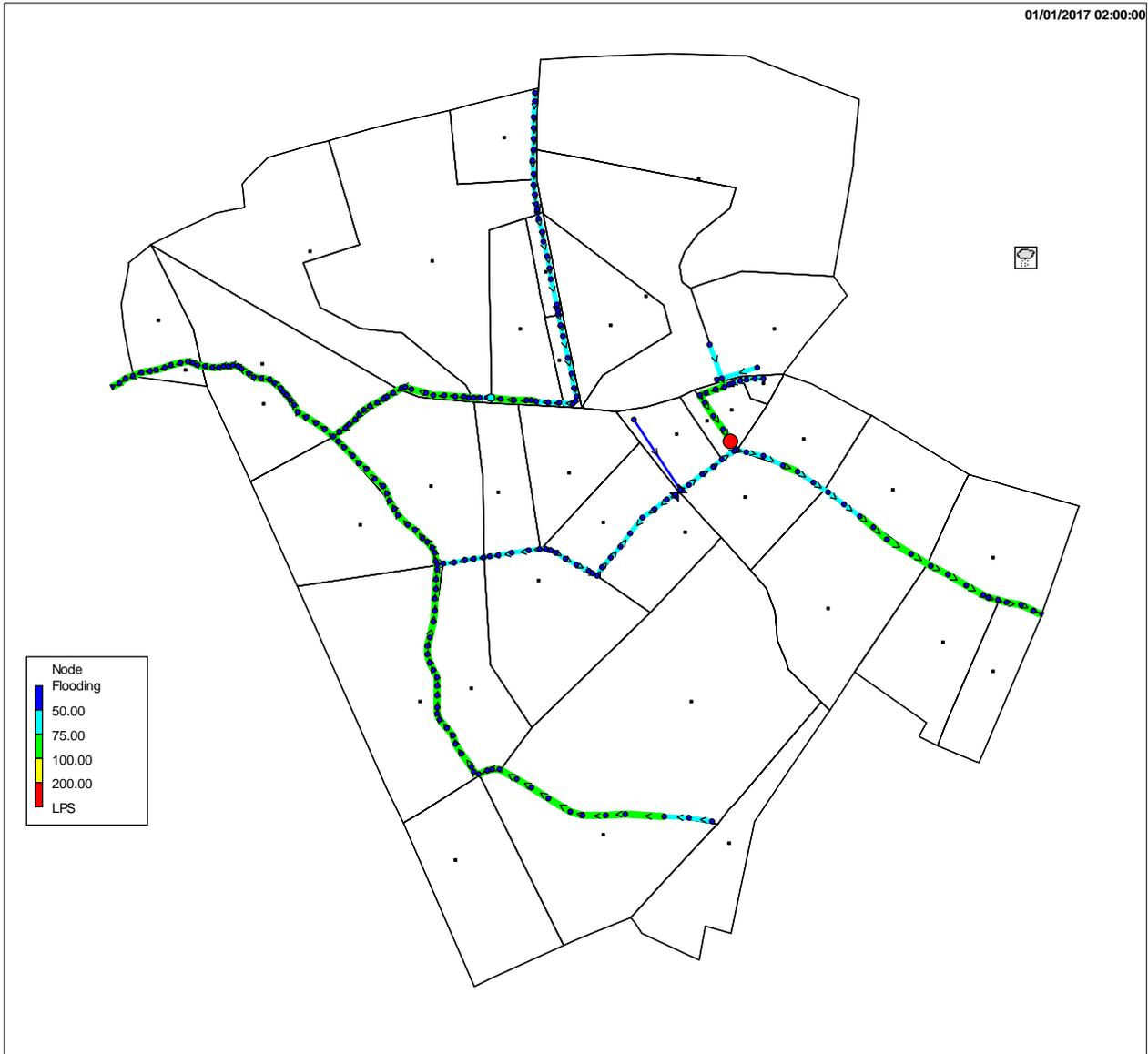


Figura 46. Modello dell'area Pentia Musestre. Evento con Tr 20 anni e durata 120 minuti. Configurazione con paratoia chiusa.

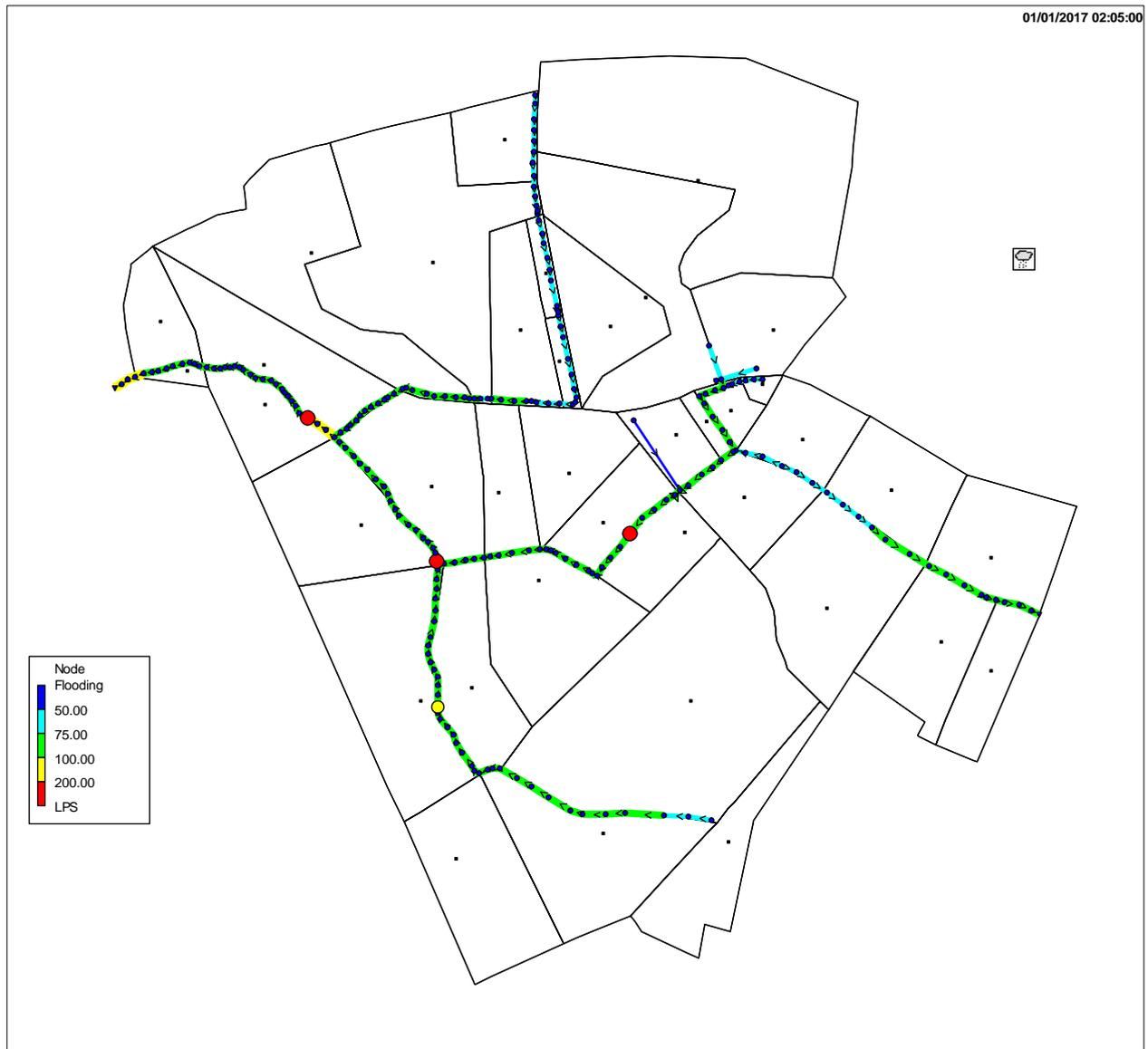


Figura 47. Figura 46. Modello dell'area Pentia Musestre. Evento con Tr 20 anni e durata 120 minuti. Configurazione con paratoia aperta.

Riepilogo criticità

A seguito delle considerazioni precedentemente descritte si ritiene di non inserire nel Piano criticità nell'area in oggetto.

4.4.2. Interventi proposti

Non si ritiene di proporre alcuna tipologia di intervento.

4.5. AREA CANTON

L'area modellata comprende i tre sistemi distinti:

1. fosso singolo perpendicolare a via Sant'Elena che scarica nel Sile;
2. sistema dei due laghetti che si connette alla rete meteorica di via Belvedere attraverso i fossi lungo via Sant'Elena;
3. rete meteorica di via Canton e via Bassa Trevigiana che si connettono al fosso al confine con il comune di Casale sul Sile.

Gli ultimi due sistemi, oltre a scaricare nel Sile, sono connessi tramite piccoli scarichi al sistema, non modellato, che si sviluppa nel comune di Roncade.

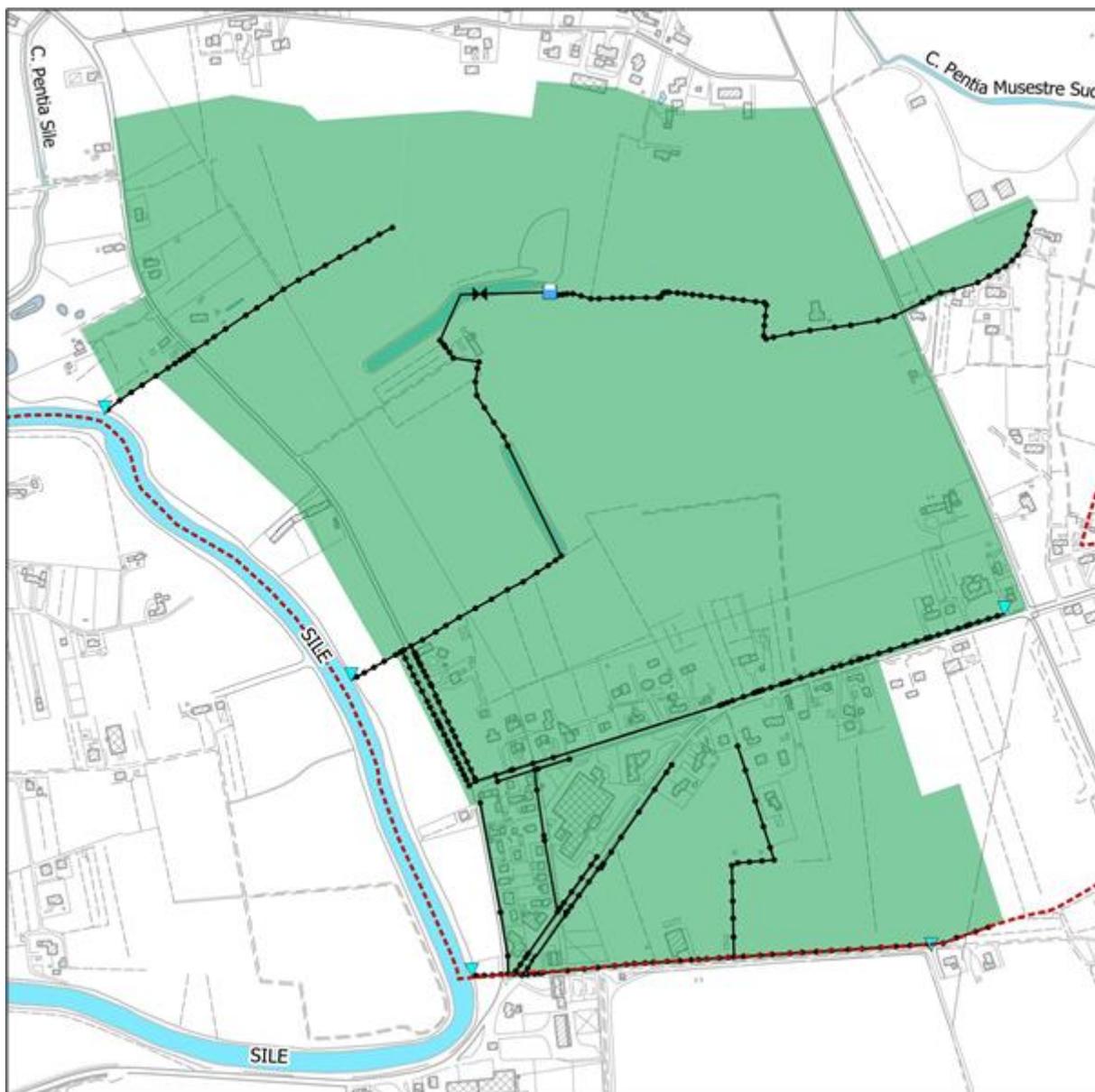


Figura 48. Modello dell'area Canton.

4.5.1. Criticità

Criticità segnalate

L'area è marginalmente interessata dagli allagamenti segnalati dal Consorzio di Bonifica, dovuti all'innalzarsi dei livelli del fiume Sile. Nella modellazione, tuttavia, si considerano dei livelli ordinari del Sile.

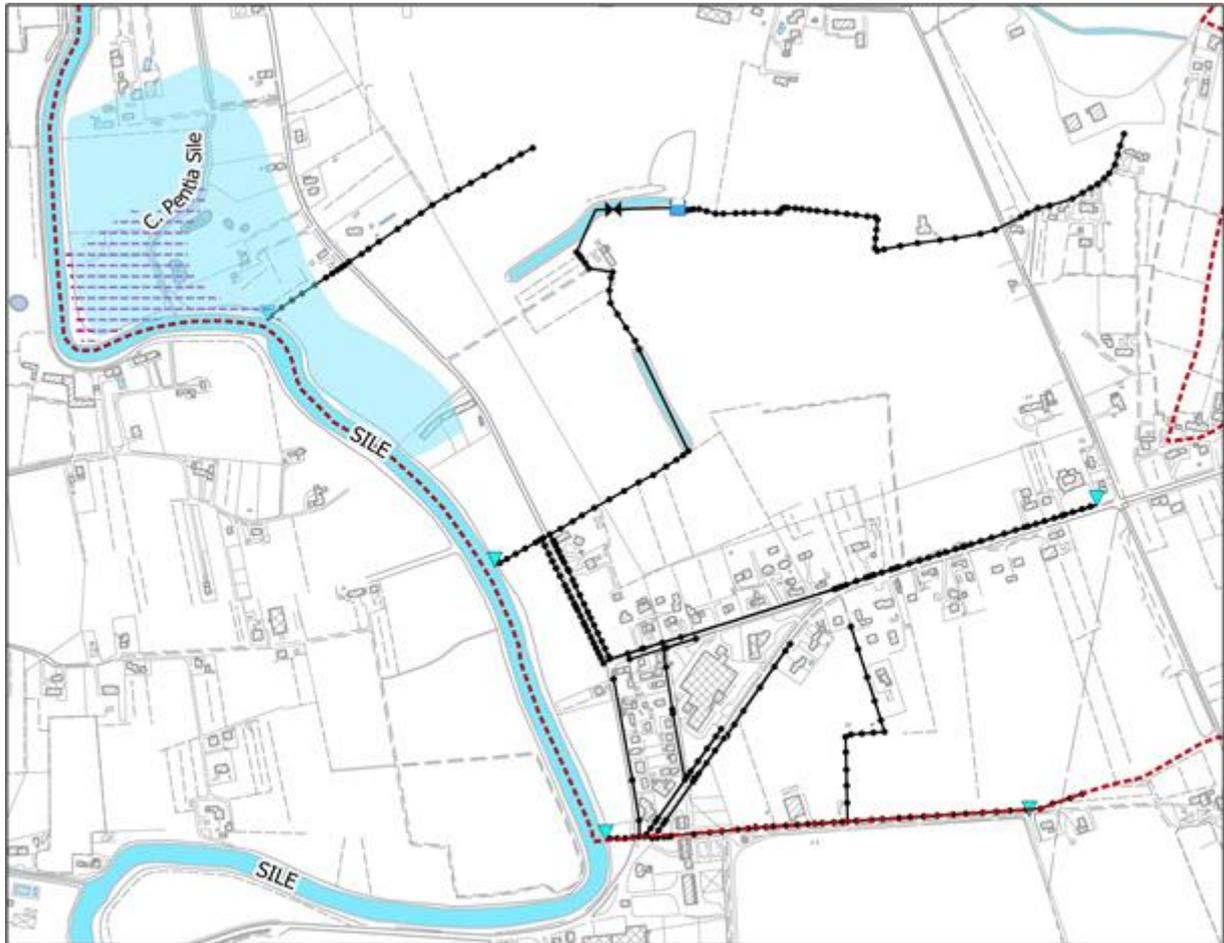


Figura 49. Area Canton. Criticità segnalate.

Criticità da sopralluoghi

A seguito dei sopralluoghi sono emerse le seguenti criticità puntuali:

- scarsa manutenzione attraversamento S.P.64 all'altezza dell'incrocio con via Claudia Augusta; generalmente, la scarsa manutenzione riguarda entrambi i fossi che dall'attraversamento continuano verso il comune di Roncade lungo la Claudia Augusta (qui denominata via Belvedere);
- ristagno in tempo secco di acqua lungo i fossi della S.P.64 nel tratto denominato via Bassa Trevigiana all'altezza dei civici 7 e 9;
- scarsa manutenzione attraversamento di via Bassa Trevigiana all'altezza dell'incrocio con via Canton;
- ristagno del fosso al lato nord lungo la strada sterrata al confine con il comune di Casale sul Sile.



Foto 17075. Attraversamento all'altezza dell'incrocio tra via Claudia Augusta e la S.P.64.



Foto 15089. Ristagno nel fosso lungo via bassa Trevigiana.



Foto 09116. Attraversamento di via bassa Trevigiana all'altezza dell'incrocio con via Canton.



Foto 09120. Ristagno nel fosso lungo la strada sterrata al confine con il comune di Casale sul Sile.

Criticità da modello idraulico

Le durate critiche sono risultate da 15 minuti per la rete intubata di Canton, mentre di 90 minuti per la rete di fossi dei laghetti, in zona puramente agricola; entrambe le durate hanno evidenziato criticità lungo la strada sterrata che funge da confine comunale a sud.

L'evento piovoso di durata 15 minuti ha evidenziato le seguenti criticità:

1. allagamento puntuale allo sbocco dell'attraversamento tra via Sant'Elena e via Canton, dove le portate in arrivo dalla rete intubata di via Belvedere e vicolo Belvedere, che vengono smaltite nella quasi totalità dalla condotta di attraversamento mentre una piccola parte dal fosso al lato est in corrispondenza della nuova pista ciclabile, si riversano sul fosso al lato ovest che, avendo la sponda verso il campo più bassa della sponda verso la strada, provocano l'allagamento;
2. raggiungimento della massima capacità del fosso al lato sud di via Bassa Trevigiana, come evidenziato anche dai ristagni rilevati durante i sopralluoghi.

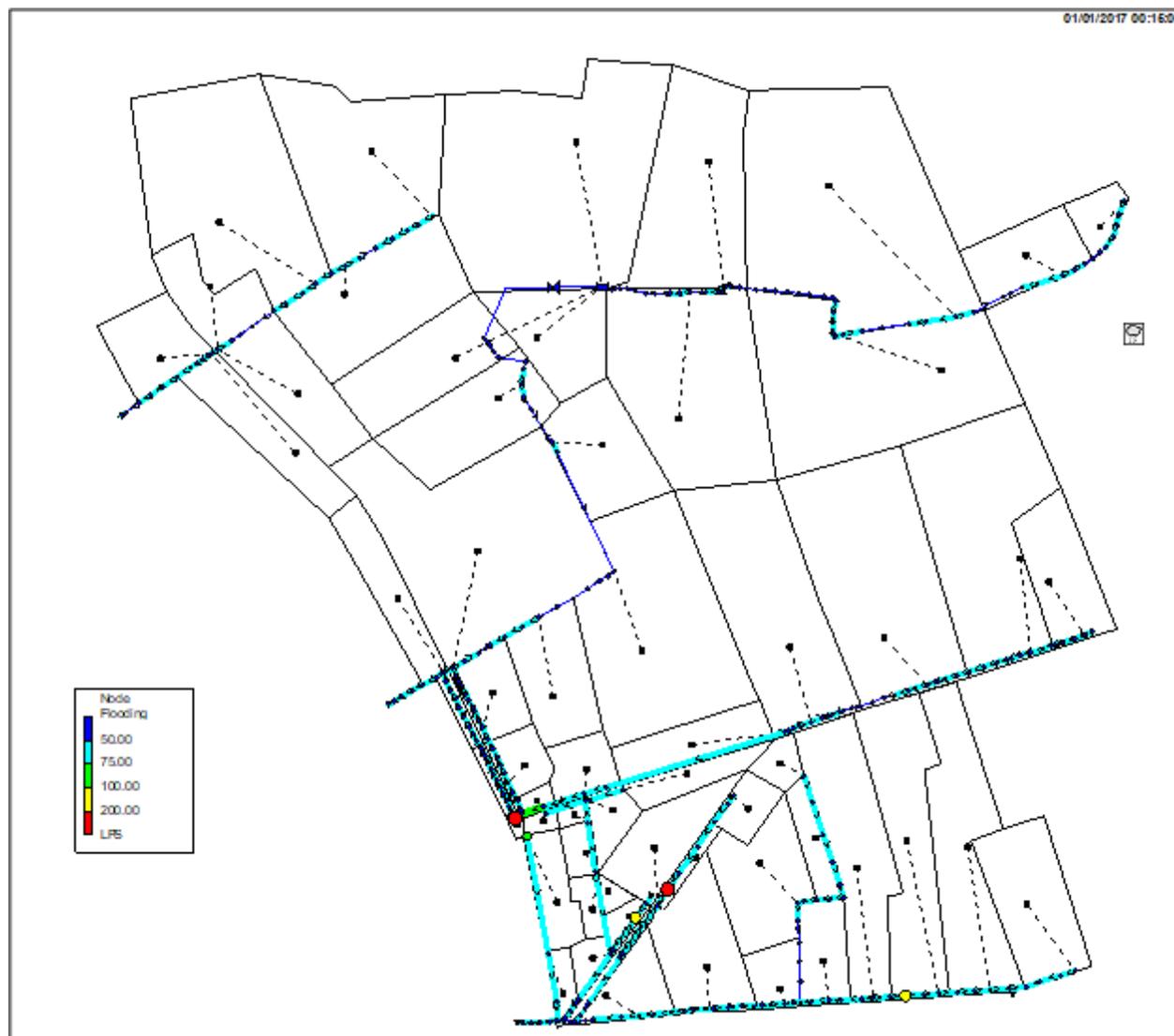


Figura 50. Modello dell'area di Canton. Evento con Tr 20 anni e durata 15 minuti.

L'evento piovoso di durata 90 minuti ha essenzialmente mandato in crisi il fosso lungo la strada sterrata al confine con il comune di Casale sul Sile; essendo stati inseriti nel modello gli interrimenti dei manufatti lungo il fosso e al termine dello stesso, il conseguente rigurgito ha causato le criticità.

Anche il fosso della rete dei laghetti ha in alcuni tratti raggiunto la massima capacità, ma per l'effetto laminante degli specchi d'acqua e per la destinazione agricola del territorio, si è ritenuto di non inserirla tra le criticità.



Figura 51. Modello dell'area di Canton. Evento con Tr 20 anni e durata 90 minuti.

Riepilogo criticità

CP.5	scarsa manutenzione manufatto di attraversamento S.P.64 all'incrocio con via Claudia Augusta
CP.6	scarsa manutenzione manufatto di attraversamento S.P.64 all'incrocio con via Canton
CP.7	allagamento puntuale allo sbocco della condotta di attraversamento
CL.27	ristagno lungo via Bassa Trevigiana
CL.28	ristagno lungo la strada sterrata al confine con Casale sul Sile
CL.29	raggiungimento della massima capacità del fosso
CL.30	raggiungimento della massima capacità del fosso

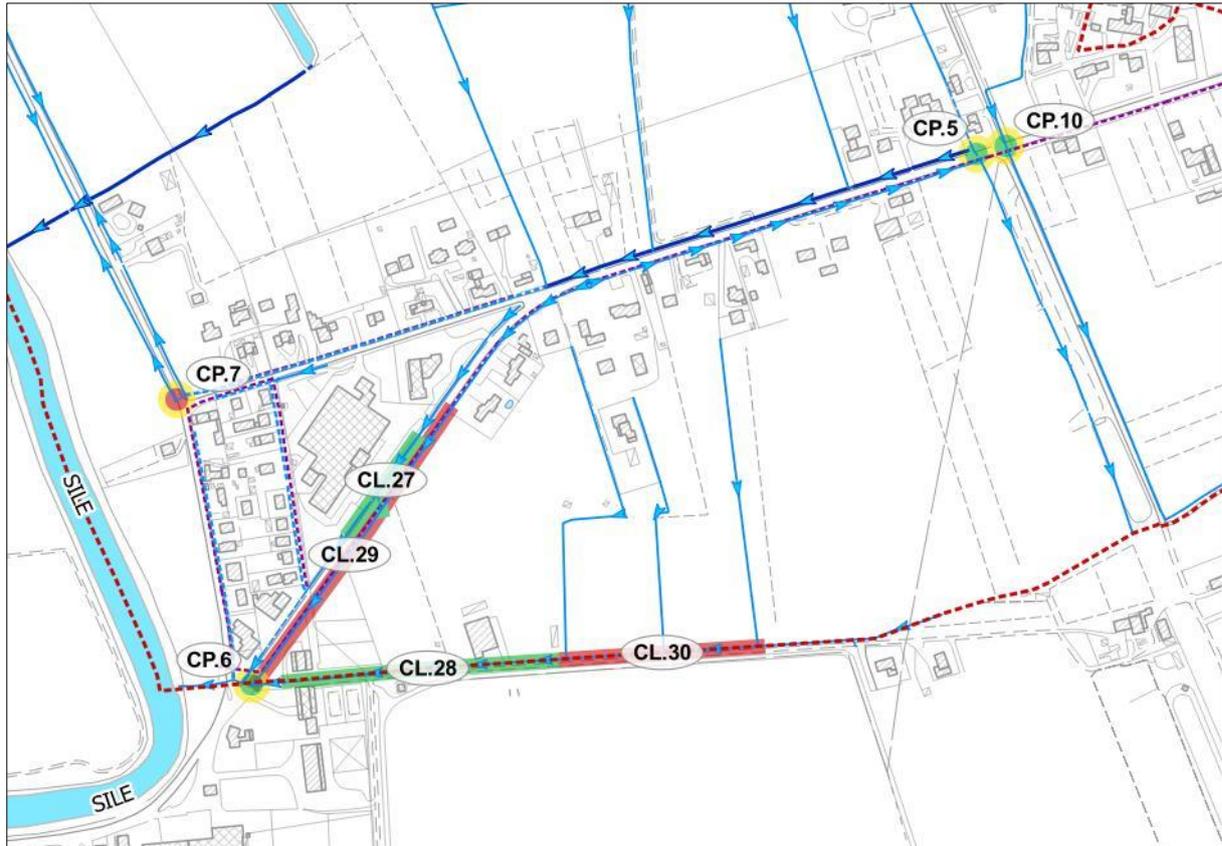


Figura 52. Area Canton. Riepilogo criticità.

4.5.2. Interventi proposti

Gli interventi proposti vanno nella direzione di facilitare il deflusso delle portate lungo le aste in cui sono stati individuati dei ristagni, ovvero:

- la pulizia dei vari manufatti di attraversamento lungo la strada sterrata al confine con il comune di Casale sul Sile e il conseguente risezionamento del fosso per la rimessa in quota; sebbene il fosso rappresenti il confine comunale, esso è il ricettore dei deflussi dei bacini interamente nel comune di Silea, oltre ai deflussi dei fossi lungo via Bassa Trevigiana. il risezionamento deve altresì coinvolgere il fosso in proprietà privata che collega via Bassa Trevigiana e la strada sterrata per facilitare lo scolo dei ristagni a monte;
- il risezionamento del tratto iniziale del fosso lungo via Sant'Elena, dall'attraversamento della strada in direzione nord; allo sbocco, per evitare allagamenti puntuali, si propone di metter in opera un rinforzo spondale.

Un ulteriore intervento riguarda la pulizia dell'area intorno al manufatto di attraversamento della S.P.64 all'incrocio con via Claudia Augusta; sebbene l'intervento sarebbe subordinato alla pulizia dell'intera asta a valle del manufatto, la pulizia puntuale si ritiene sia già sufficiente a migliorare i deflussi senza aggravare la situazione a valle, non essendo stati indagati gli effetti nel comune di Roncade.

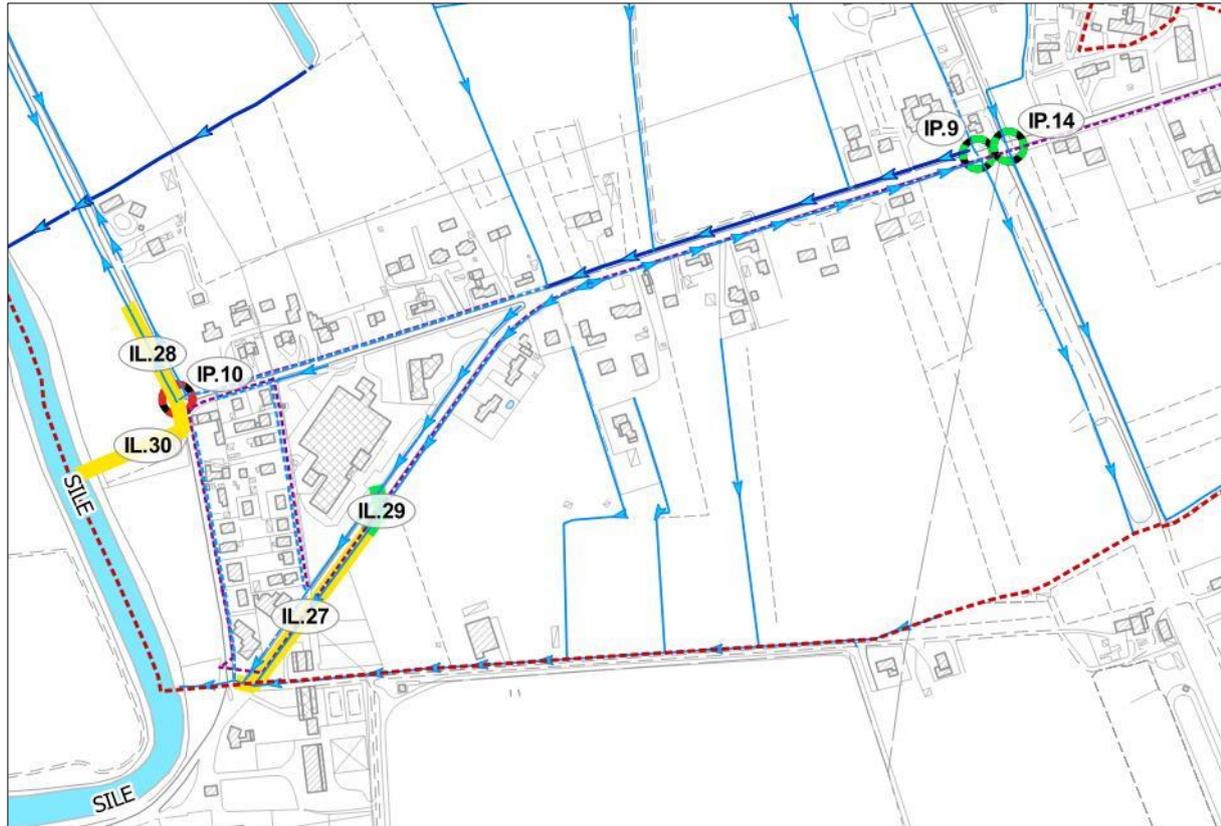


Figura 53. Area Canton. Interventi proposti.

IP.9	pulizia area a valle del manufatto
IP.10	realizzazione di una protezione di sponda
IL.27	pulizia manufatti di attraversamento e conseguente risezionamento fossi per la messa in quota
IL.28	risezionamento tratto iniziale del fosso
IL.29	pulizia e sfalci fossi lungo via Bassa Trevigiana all'altezza dei civici 7 e 9

4.6. ULTERIORI CRITICITÀ E PROPOSTE DI INTERVENTO

Al di fuori delle aree modellate si segnalano delle criticità ottenute dai sopralluoghi riguardanti dei manufatti collocati lungo il corso del canale Pentia Musestre Nord; sono rappresentate dalla scarsa manutenzione di due soglie con erosione alle spalle.



Foto 08238. Soglia nel Pentia Musestre Nord al confine con il comune di Roncade (CP.9).



Foto 08248. Soglia nel Pentia Musestre Nord nel comune di Silea (CP.8).

CP.8	Erosione ai lati del manufatto
CP.9	Erosione ai lati del manufatto

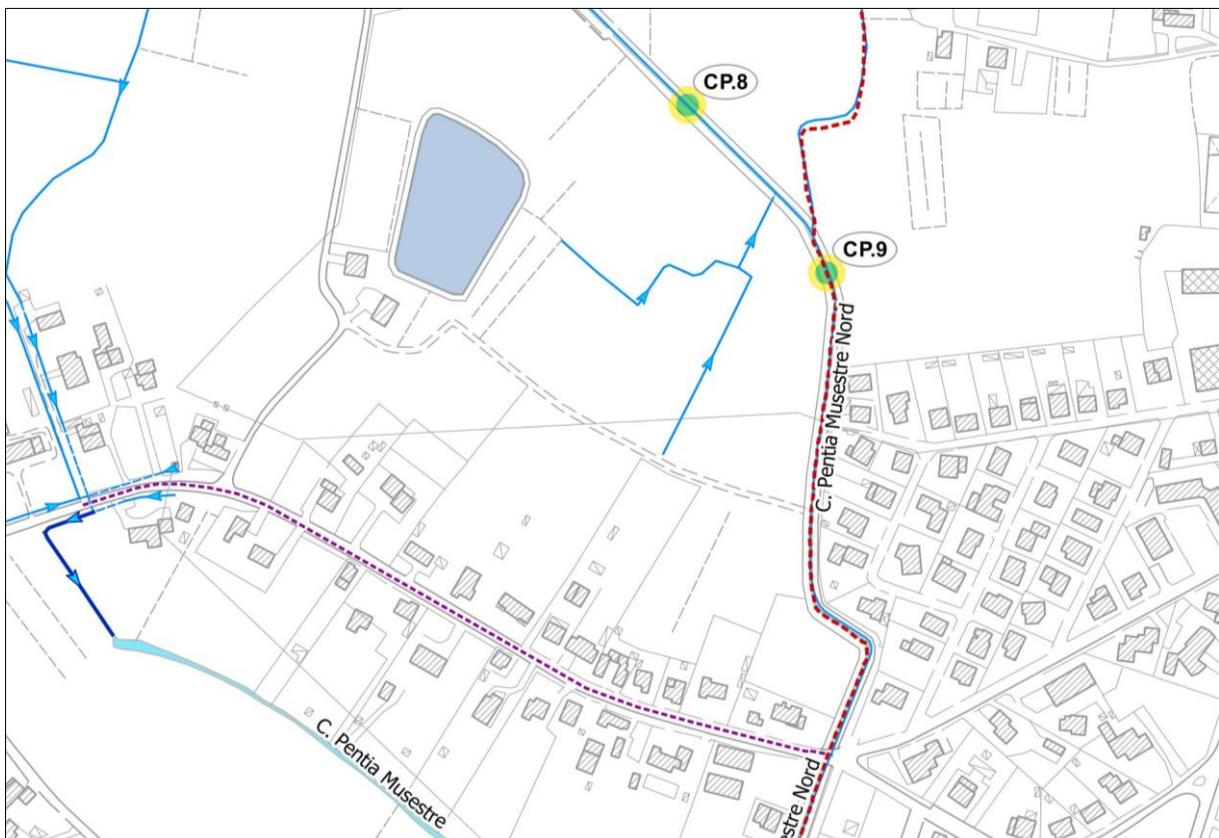


Figura 54. Area fuori modellazione. Criticità rilevate.

IP.11	Consolidamento spondale
IP.12	Consolidamento spondale

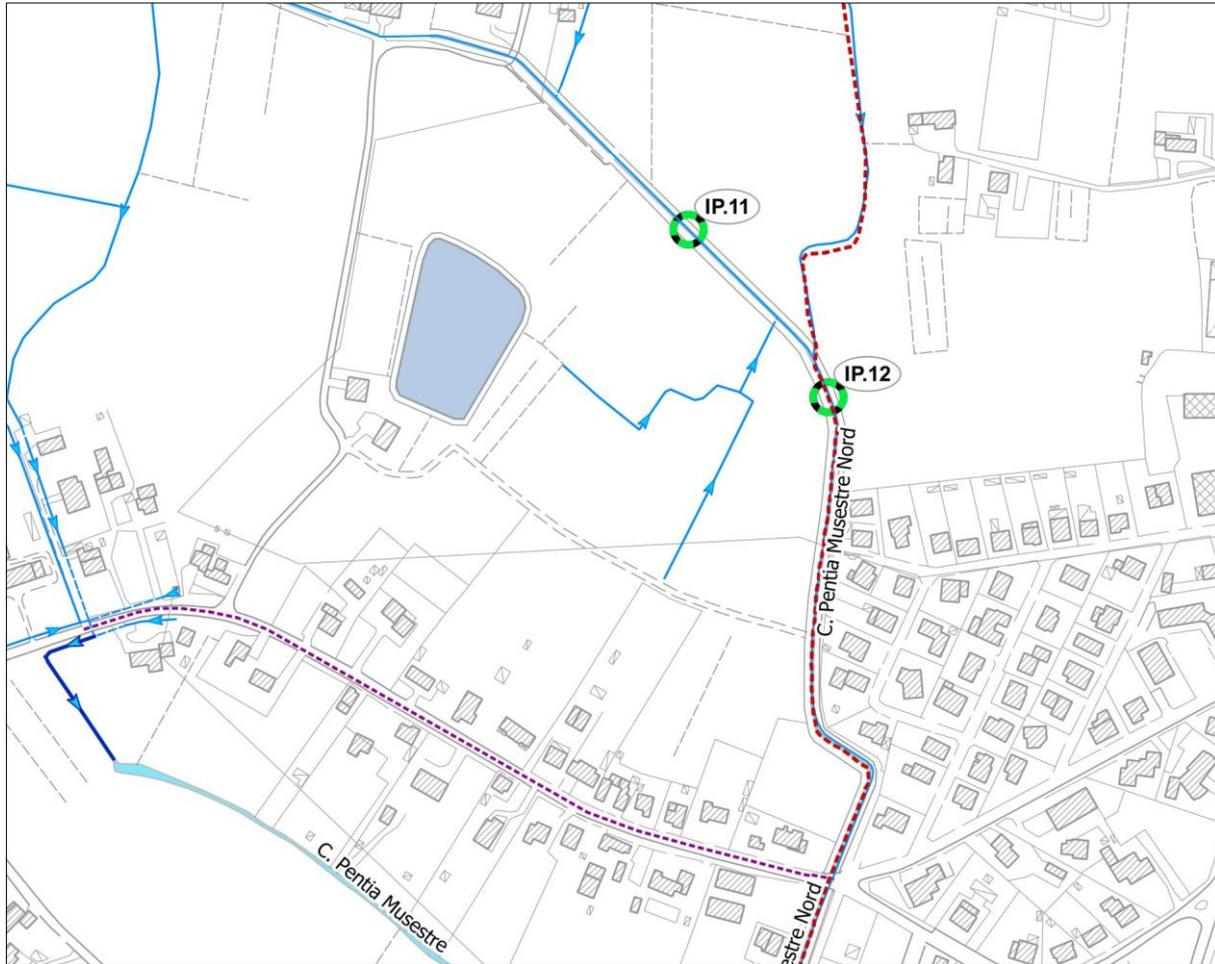


Figura 55. Area fuori modellazione. Interventi proposti.

5. APPENDICE: MODELLO DI CALCOLO EPA SWMM

L'EPA Storm Water Management Model (SWMM) è un modello dinamico di simulazione idraulica di afflussi in deflussi usato per lo studio di un singolo evento o la simulazione (continua) di lunga durata della quantità e della qualità del deflusso. La componente di deflusso SWMM funziona sull'identificativo di alcune zone denominate *subcatchment* (sottobacini) che ricevono la precipitazione e generano i carichi della sostanza inquinante e di deflusso. Il modello trasporta i carichi attraverso un sistema di condotte, canali, dispositivi di trattamento e di invaso, impianti di sollevamento, luci di fondo e stramazzi. SWMM rintraccia la quantità e la qualità di deflusso generate all'interno di ogni *subcatchment*, la portata, la profondità di flusso e la qualità di acqua in ogni condotta e canale durante il periodo di simulazione formato da passi temporali definiti.

SWMM fornisce un ambiente integrato per la pubblicazione dei dati di input di zona di studio, le simulazioni di qualità idrologica, idraulica e dell'acqua e dell'esame dei risultati in una varietà di disposizioni. Questi includono i programmi *color-coded* del sistema di zona e del trasporto di drenaggio, grafici e tabelle di serie cronologiche, diagrammi di profilo ed analisi di frequenza statistiche.

SWMM rappresenta i vari processi idrologici che producono il deflusso dalle aree urbane. Questi includono:

- precipitazioni;
- evaporazione d'acqua;
- accumulo e scioglimento della neve;
- infiltrazione di pioggia negli strati insaturi del terreno;
- percolazione di acqua infiltrata negli strati dell'acqua freatica;
- *interflow* fra acqua freatica e la rete di fognatura.

La variabilità spaziale di questi processi è realizzata dividendo la zona di studio in sottobacini, *subcatchment*, ognuna delle quali sarà divisa sulla base dell'area permeabile ed impermeabile. Il flusso terrestre può essere diretto fra i *subcatchments*, o nei punti di entrata di una rete di fognatura.

SWMM inoltre contiene un insieme flessibile di possibilità per la modellazione idraulica usate per dirigere le portate e le affluenze esterne attraverso la rete di fognatura delle condotte, dei canali, delle unità di trattamento e di invaso e delle strutture di diversione. Questi includono:

- rete di drenaggio con numero di maglie illimitato;
- impiego di un'ampia varietà di sezioni chiuse standard ed aperte delle condotte come pure per canali naturali;
- elementi speciali di modello quali le unità trattamento/di invaso, i divisori di flusso, le pompe, gli stramazzi e luci di fondo;
- applicare i flussi e gli input esterni di qualità dell'acqua alle acque di superficie, dal *interflow* dell'acqua freatica, dall'infiltrazione, dal flusso sanitario del tempo asciutto e dalle affluenze prestabilite dall'utente;
- utilizzare l'onda cinematica o i metodi di percorso dinamici completi di flusso dell'onda;
- modellare i vari regimi di flusso, come lo stagno, il sovraccarico, il flusso d'inversione ed accumulazione di superficie;
- applicare le regole dinamiche prestabilite dall'utente di controllo per simulare il funzionamento delle pompe, delle aperture dell'orifizio e dei livelli della sommità degli sbarramenti.

Le applicazioni tipiche includono:

- disegno dei componenti della rete di fognatura e di canali per controllo dell'inondazione;
- tracciato normale dell'inondazione dei sistemi naturali della scanalatura (SWMM 5 è un modello FEMA-approvato per gli studi di NFPI);
- progettazione delle strategie di controllo per la minimizzazione dei trabocchi della rete fognaria.

5.1. FORMULAZIONE DEL MODELLO DI PROPAGAZIONE NELLA RETE

Equazioni generali

Il metodo dell'onda dinamica risolve le equazioni monodimensionali di De Saint Venant. Queste equazioni consistono nell'equazione di continuità e dei momenti, espresse nel seguente modo:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \text{equazione di continuità} \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2 / A)}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f + gAh_L = 0 \quad \text{equazione dei momenti} \quad (2)$$

dove, x è la distanza lungo la condotta, t è la variabile temporale, A l'area liquida trasversale nella condotta, Q la portata defluita, H è il livello idraulico dell'acqua nella condotta (termine potenziale più eventuale termine di pressione), S_f la pendenza d'attrito, h_L è la locale perdita di energia per unità di lunghezza della condotta, e g l'accelerazione di gravità. Data la geometria della condotta, l'area A risulta funzione del tirante idrico y il quale può essere ottenuto dall'altezza H . Pertanto le variabili dipendenti in queste equazioni sono la portata Q e l'altezza H , a sua volta funzioni della distanza x e del tempo t .

Il termine S_f viene espresso in termini della equazione di Manning come:

$$S_f = \frac{n^2 \cdot V \cdot |V|}{k^2 \cdot R^{4/3}}$$

Dove n è il coefficiente di scabrezza secondo Manning, V la velocità di flusso (pari al rapporto tra la portata Q e la sezione di area liquida trasversale A , R è il raggio idraulico della sezione di flusso, e $k = 1.0$ nel sistema metrico.

Il termine, che tiene conto della normale perdita di energia h_L , può essere espresso come $\frac{K \cdot V^2}{2gL}$ dove K è il coefficiente di perdita in corrispondenza della posizione x , e L la lunghezza della condotta.

Per risolvere le equazioni (1) e (2), su una singola condotta, sono richieste una serie di condizioni iniziali per H e Q al tempo 0 come condizioni al contorno per $x = 0$ e $x = L$ per la durata della simulazione.

Quando si analizza una rete di condotte, è necessario inserire una relazione aggiuntiva di continuità per i nodi che connettono due o più condotte. In SWMM la continuità del pelo libero si presume che esista tra il tirante al nodo e quello corrispondente alla condotta in ingresso e uscita (ad eccezione dei nodi a caduta libera). Il cambiamento nel pelo libero H al nodo al variare del tempo può essere espresso come segue:

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\sum Q}{A_{store} + \sum A_s} \quad (3)$$

Dove A_{store} è l'area liquida al nodo, $\sum A_s$ è la somma delle superficie liquide delle condotte connesse al nodo, e $\sum Q$ è la portata netta all'interno del nodo (portate in arrivo – portate rilasciate), contributo di tutte le condotte connesse al nodo ed eventuali contributi esterni imposti. Il tirante idrico alla fine di una condotta connessa ad un nodo può essere computato come differenza tra la grandezza H al nodo e la quota della condotta.

Soluzione generica per i tratti

Le equazioni (1), (2) e (3) sono risolte in SWMM convertendole in una serie esplicita alle differenze finite che computano il flusso in ogni condotta ed il livello al nodo al tempo come funzioni del valore noto al tempo t . Le equazioni risolte per il flusso in ogni tratto (condotta) sono:

$$Q_{t+\Delta t} = \frac{Q_t + \Delta Q_{gravity} + \Delta Q_{inertial}}{1 + \Delta Q_{friction} + \Delta Q_{losses}} \quad (4)$$

I termini individuali ΔQ sono stati così nominati per il tipo di forze che rappresentano e sono dati dalle seguenti espressioni:

$$\Delta Q_{gravity} = q\bar{A} \cdot (H_1 - H_2) \cdot \Delta t / L$$

$$\Delta Q_{inertial} = 2\bar{V} \cdot (\bar{A} - A_t) + V^2 \cdot (A_2 - A_1) \cdot \Delta t / L$$

$$\Delta Q_{friction} = \frac{g \cdot n^2 \cdot |\bar{V}| \cdot \Delta t}{k^2 \cdot \bar{R}^{4/3}}$$

$$\Delta Q_{losses} = \frac{\sum_i K_i \cdot |V_i| \cdot \Delta t}{2L}$$

dove:

- A area liquida media nella condotta;
- R raggio idraulico medio nella condotta;
- V velocità di flusso medio all'interno della condotta;
- V_i velocità di flusso locale alla posizione i lungo la condotta;
- K_i coefficiente di perdita locale alla posizione i lungo la condotta;
- H_1 livello al nodo di monte della condotta;
- H_2 livello al nodo di valle nella condotta;
- A_1 area trasversale all'estremità di monte della condotta;
- A_2 area trasversale all'estremità di valle della condotta.

L'equazione risolta per il livello in ogni nodo è la seguente:

$$H_{t+\Delta t} = H_t + \frac{\Delta Vol}{(A_{store} + \sum A_s)_{t+\Delta t}} \quad (5)$$

Dove ΔVol rappresenta il volume netto defluito attraverso il nodo terminato il passo temporale e dato dalla seguente relazione:

$$\Delta Vol = 0.5 \left[(\sum Q)_t + (\sum Q)_{t+\Delta t} \right] \cdot \Delta t$$

Il modello SWMM risolve l'equazioni (4) e (5) usando un metodo di approssimazioni successive di seguito discusse.

1. Una prima stima del flusso in ogni condotta al tempo $t + \Delta t$ è svolta dalla soluzione dell'equazione (4) usando i livelli, le aree e le velocità trovate al tempo corrente t . Successivamente lo stesso viene fatto per livelli mediante la valutazione dell'espressione (5) usando le portate appena computate. Queste soluzioni sono denominate come Q_{last} e H_{last} .
2. L'espressione (4) viene risolta nuovamente, inserendo livelli, aree e velocità che appartengono ai valori Q_{last} e H_{last} appena computati. Un fattore Ω è impiegato per combinare il nuovo flusso stimato Q_{new} , con la stima precedente Q_{last} per la produzione del valore aggiornato di Q_{new} secondo l'equazione $Q_{new} = (1 - \Omega) \cdot Q_{last} + \Omega \cdot Q_{new}$;
3. L'espressione (5) è risolta nuovamente per livelli impiegati per la stima di Q_{new} . Come per le portate, questa nuova soluzione per il livello, H_{new} è pesato con H_{last} per produrre una stima aggiornata per i livelli $H_{new} = (1 - \Omega) \cdot H_{last} + \Omega \cdot H_{new}$;
4. Se H_{new} è abbastanza vicino a H_{last} il processo si arresta con Q_{new} e H_{new} come soluzioni al tempo $t + \Delta t$. Diversamente, H_{last} e Q_{last} sono sostituiti rispettivamente con Q_{new} e H_{new} , ed il procedimento ritorna al punto 2.
5. Nell'implementare questa procedura, il programma impiega un fattore di relazione costante Ω di 0.5, una tolleranza di convergenza di 0.005 ai nodi, e limite il numero di iterazioni a 4.

Calcolo delle caratteristiche medie dei tratti

La valutazione della portata, aggiornata mediante l'eq. (4), richiede valori per l'area media \bar{A} , raggio idraulico \bar{R} , e velocità \bar{V} dall'inizio alla fine di ogni tratto (condotta) in questione. Il programma calcola questi valori usando i livelli H_1 e H_2 , dai quali possono essere derivati i corrispondenti valori dei tiranti idrici y_1 e y_2 .

La profondità media y è dunque calcolata sulla base di questi valori ed è impiegato nella sezione trasversale della condotta per il calcolo del valore medio di \bar{A} e raggio idraulico \bar{R} .

Il valore medio di velocità \bar{V} è determinato da rapporto tra il flusso corrente e l'area media. Il programma limita questa velocità a valori non superiori a 15.24 m/s in valore assoluto, tale da non permettere alla frazione di flusso contenuta nell'eq. (4) di diventare illimitata.

Quando la condotta è a caduta libera all'interno di uno dei nodi (significa che il livello dell'acqua nel nodo è sotto la quota di fondo della condotta), la profondità alla fine della condotta è equivalente al più piccolo tra la profondità critica e la profondità in condizioni di moto uniforme per la corrente attraverso la condotta.

5.2. FORMULAZIONE DEL 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.

Per meglio comprendere il modello afflussi-deflussi, occorre descrivere sinteticamente i processi che avvengono all'interno del bacino quando si verifica su di esso un evento di precipitazione di una certa entità.

Quando l'acqua meteorica raggiunge il terreno (dopo un eventuale processo di intercettazione da parte della vegetazione) parte di essa evapora e ritorna nell'atmosfera; tale processo risulta però trascurabile nel caso di precipitazioni intense di breve durata.

L'acqua sul terreno in parte si infiltra nel suolo, inizialmente in quantità elevata e con velocità sempre più ridotta al procedere della precipitazione fino a quando l'intensità della pioggia supera la capacità di infiltrazione del terreno; a questo punto l'acqua che cade non riesce più tutta ad infiltrarsi per cui il surplus rimane sulla superficie del terreno ristagnando o dando luogo ad uno scorrimento sui versanti del bacino.

Si formano quindi dei rigagnoli ad andamento irregolare che si raccolgono in una rete di rigagnoli di maggiori dimensioni al procedere dello scorrimento fino ad immettersi nella rete drenante vera e propria, qui si forma un'onda di piena che trasferisce la propria forma nella rete collettiva con un processo di propagazione.

Equazioni generali

Il meccanismo di formazione dei deflussi superficiali del bacino a seguito degli afflussi determinati dall'evento piovoso viene simulato schematizzando ogni area che compone il generico sottobacino come un serbatoio non lineare, ovvero accoppiando l'equazione di continuità con l'equazione di Manning.

L'equazione di continuità può essere quindi descritta come:

$$\frac{\partial V}{\partial t} = \frac{\partial(S \cdot d)}{\partial t} = S \frac{\partial d}{\partial t} = S \cdot i_{net} - Q \quad (6)$$

nella quale $V = S \cdot d$ rappresenta il volume d'acqua sull'area di superficie S , d il tirante idrico sulla superficie del bacino, i_{net} l'intensità di pioggia netta (ovvero l'intensità di pioggia depurata dalle perdite) e Q la portata in uscita, che può essere espressa con l'equazione di moto uniforme:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} i_f^{1/2}$$

dove n è il coefficiente di scabrezza di Manning riferito alla superficie del bacino, i_f la pendenza media e A la sezione liquida della lama d'acqua che scorre sulla superficie, esprimibile come:

$$A = W(d - d_p)$$

avendo indicato come W la larghezza del bacino e d_p la profondità delle depressioni superficiali, tutti parametri da inserire nel modello.

Il raggio idraulico si può quindi esprimere come:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{W(d - d_p)}{W} = d - d_p$$

nella quale si è considerata la sezione come infinitamente larga e quindi approssimando il perimetro bagnato con la sola larghezza.

Sostituendo le ultime tre equazioni nella (6) si ottiene:

$$\frac{\partial d}{\partial t} = i_{net} - \frac{W}{S \cdot n} (d - d_p)^{5/3} i_f^{1/2} \quad (7)$$

Procedura di soluzione

La procedura di soluzione avviene numericamente alle differenze finite; l'equazione (7) viene approssimata come:

$$\frac{d_{n+1} - d_n}{\Delta t} = \frac{i_{net,n+1} + i_{net,n}}{2} - \frac{W}{S \cdot n} \left(\frac{d_{n+1} + d_n}{2} - d_p \right)^{5/3} i_f^{1/2}$$

dalla quale si ricava l'unica incognita d_{n+1} che serve a calcolare Q_{n+1} utilizzando l'equazione (6) approssimata come:

$$\frac{d_{n+1} - d_n}{\Delta t} = \frac{i_{net,n+1} + i_{net,n}}{2} - \frac{1}{S} \frac{Q_{n+1} + Q_n}{2}$$

Una volta determinati gli idrogrammi di piena in maniera separata per le tre aree A_1 , A_2 , e A_3 , questi vengono sommati per fornire la risposta totale del bacino a seguito dell'evento piovoso di riferimento. Tale risposta rappresenta l'idrogramma di piena in ingresso alla rete di collettori in corrispondenza del nodo idraulico a cui il bacino è collegato.