



# Comune di CASSOLNOVO

Provincia di Pavia

indirizzo: piazza Vittorio Veneto, 1 - 27023 Cassolnovo (PV)

telefono: 0382 928769 email: [comune.cassolnovo@pec.regione.lombardia.it](mailto:comune.cassolnovo@pec.regione.lombardia.it)

## STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

### RELAZIONE GENERALE

### R.01

| REV. | DATA           | OGGETTO REVISIONE |
|------|----------------|-------------------|
| 00   | SETTEMBRE 2023 | PRIMA EMISSIONE   |
|      |                |                   |
|      |                |                   |

Redazione:

**Dott. Ing. Matteo Cerri**

[Servizi di ingegneria civile ed ambientale](#)

ORDINE DEGLI INGEGNERI DI PAVIA n. 2973 - Sez. A

indirizzo: via Gramsci, 14 - 27020 Borgo San Siro (PV)

tel: +39 333 5609369 - fax: 0382 87023

email: [cerrimatteo@gmail.com](mailto:cerrimatteo@gmail.com) - pec: [matteo.cerri@ingpec.eu](mailto:matteo.cerri@ingpec.eu)

p. Iva: 02447650181 - c.f.: CRR MTT 86A03 F080T

Documento firmato digitalmente ai sensi dell'art. 21 del D.Lgs 82/2005 e s.m.i.



## Sommario

|                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. PREMESSA.....</b>                                                               | <b>1</b>  |
| <b>2. RELAZIONE DI SINTESI .....</b>                                                  | <b>2</b>  |
| <b>3. DATI DI BASE ED INDAGINI DI SUPPORTO .....</b>                                  | <b>4</b>  |
| 3.1. DATI DISPONIBILI.....                                                            | 4         |
| 3.2. INDAGINI INTEGRATIVE .....                                                       | 7         |
| 3.2.1. Indagini presso il Gestore del Servizio idrico .....                           | 7         |
| 3.2.2. Indagini presso il Comune .....                                                | 7         |
| 3.2.3. Indagini presso Gestori del reticolo irriguo .....                             | 7         |
| <b>4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....</b>                                             | <b>8</b>  |
| 4.1. GEOGRAFIA E GEOMORFOLOGIA.....                                                   | 8         |
| 4.2. IDROGRAFIA .....                                                                 | 9         |
| <b>5. INQUADRAMENTO IDROLOGICO.....</b>                                               | <b>10</b> |
| 5.1. AMBITO TERRITORIALE .....                                                        | 10        |
| 5.2. TEMPI DI RITORNO DI RIFERIMENTO .....                                            | 11        |
| 5.3. LSPP ARPA LOMBARDIA .....                                                        | 11        |
| <b>6. DEFINIZIONE DELL'EVENTO METEORICO DI RIFERIMENTO .....</b>                      | <b>14</b> |
| 6.1. RAGGUAGLIO ALL'AREA .....                                                        | 14        |
| 6.2. COSTRUZIONE DELLO IETOGRAMMA DI PIOGGIA .....                                    | 14        |
| 6.2.1. Metodologia .....                                                              | 14        |
| 6.2.2. Durata dell'evento meteorico.....                                              | 15        |
| 6.2.3. Definizione dello ietogramma .....                                             | 17        |
| <b>7. CARATTERISTICHE DELLA RETE DI DRENAGGIO URBANO .....</b>                        | <b>18</b> |
| 7.1. DESCRIZIONE DELLA RETE DI FOGNATURA .....                                        | 18        |
| 7.1.1. Capoluogo e Molino del Conte .....                                             | 18        |
| 7.1.2. Frazione Villareale.....                                                       | 23        |
| 7.1.3. Frazione Villanova .....                                                       | 24        |
| 7.2. RICETTORI DI SCARICHI FOGNARI.....                                               | 25        |
| <b>8. VALUTAZIONI SULLA CAPACITA' DI SMALTIMENTO DEI RETICOLI RICETTORI .....</b>     | <b>28</b> |
| 8.1. METODOLOGIA.....                                                                 | 28        |
| 8.2. VALUTAZIONI DI MASSIMA SULLA CAPACITÀ DI SMALTIMENTO DEI RETICOLI RICETTORI..... | 28        |
| 8.2.1. Corpi idrici ricettori della rete fognaria .....                               | 28        |
| 8.2.2. Canali di colo urbani .....                                                    | 30        |
| 8.2.3. Reticolo irriguo .....                                                         | 30        |
| <b>9. ANALISI DELLA CAPACITA' DI DRENAGGIO DELLA RETE FOGNARIA .....</b>              | <b>31</b> |
| 9.1. ASPETTI METODOLOGICI .....                                                       | 31        |
| 9.2. IL CODICE DI CALCOLO EPA SWMM .....                                              | 31        |
| 9.2.1. Generalità.....                                                                | 31        |
| 9.2.2. Deflusso superficiale.....                                                     | 33        |
| 9.2.3. Infiltrazione .....                                                            | 34        |
| 9.2.4. Equazioni del processo di deflusso .....                                       | 35        |
| 9.3. COSTRUZIONE DEL MODELLO IDROLOGICO – IDRAULICO .....                             | 38        |



|            |                                                                                                                                                                                                                                 |            |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 9.3.1.     | Modello geometrico della rete .....                                                                                                                                                                                             | 38         |
| 9.3.2.     | Caratterizzazione idrologica dei sottobacini .....                                                                                                                                                                              | 43         |
| 9.3.3.     | Definizione degli afflussi.....                                                                                                                                                                                                 | 47         |
| 9.3.4.     | Processi di simulazione e taratura del modello .....                                                                                                                                                                            | 49         |
| 9.4.       | ANALISI DEI RISULTATI: CAPOLUOGO E MOLINO DEL CONTE .....                                                                                                                                                                       | 50         |
| 9.4.1.     | Tempo di ritorno 10 anni.....                                                                                                                                                                                                   | 50         |
| 9.4.2.     | Tempo di ritorno 50 anni.....                                                                                                                                                                                                   | 55         |
| 9.4.3.     | Tempo di ritorno 100 anni.....                                                                                                                                                                                                  | 60         |
| 9.5.       | ANALISI DEI RISULTATI: VIA NAVIGLIETTO E VIA GORIZIA.....                                                                                                                                                                       | 66         |
| 9.5.1.     | Tempo di ritorno 10 anni.....                                                                                                                                                                                                   | 66         |
| 9.5.2.     | Tempo di ritorno 50 anni.....                                                                                                                                                                                                   | 68         |
| 9.5.3.     | Tempo di ritorno 100 anni.....                                                                                                                                                                                                  | 71         |
| 9.6.       | ANALISI DEI RISULTATI: FRAZIONE VILLAREALE .....                                                                                                                                                                                | 74         |
| 9.6.1.     | Tempo di ritorno 10 anni.....                                                                                                                                                                                                   | 74         |
| 9.6.2.     | Tempo di ritorno 50 anni.....                                                                                                                                                                                                   | 76         |
| 9.6.3.     | Tempo di ritorno 100 anni.....                                                                                                                                                                                                  | 78         |
| <b>10.</b> | <b>DELIMITAZIONE E MAPPATURA DEL RISCHIO IDRAULICO .....</b>                                                                                                                                                                    | <b>80</b>  |
| 10.1.      | INFORMAZIONI DESUNTE DAGLI ATTI PIANIFICATORI ESISTENTI .....                                                                                                                                                                   | 80         |
| 10.1.1.    | Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) .....                                                                                                                                                                          | 80         |
| 10.1.2.    | Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA).....                                                                                                                                                                          | 81         |
| 10.2.      | AREE SOGGETTE AD ALLAGAMENTO PER INSUFFICIENZA DELLA RETE FOGNARIA .....                                                                                                                                                        | 83         |
| 10.2.1.    | Aspetti metodologici.....                                                                                                                                                                                                       | 83         |
| 10.2.2.    | Analisi dei risultati .....                                                                                                                                                                                                     | 86         |
| <b>11.</b> | <b>MISURE STRUTTURALI D'INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA.....</b>                                                                                                                                                              | <b>88</b>  |
| 11.1.      | GENERALITÀ.....                                                                                                                                                                                                                 | 88         |
| 11.2.      | MISURE STRUTTURALI PREVISTE NEGLI AMBITI DI TRASFORMAZIONE IN APPLICAZIONE DEL R. R. N. 7/2017 .....                                                                                                                            | 89         |
| 11.3.      | MISURE STRUTTURALI AGGIUNTIVE PREVISTE NELL'AMBITO DEL PRESENTE STUDIO .....                                                                                                                                                    | 92         |
| 11.3.1.    | IS.V.01 - Volume complementare in Via Enrico Fermi .....                                                                                                                                                                        | 93         |
| 11.3.2.    | IS.V.02 – Sistema di laminazione-infiltrazione zona cimitero .....                                                                                                                                                              | 94         |
| 11.3.3.    | IS.V.03 – Volume di laminazione su fognatura Molino del Conte.....                                                                                                                                                              | 95         |
| 11.3.4.    | IS.V.04 – Sistema di laminazione e infiltrazione a servizio delle aree produttive consolidate, a est della SP206.....                                                                                                           | 96         |
| 11.3.5.    | IS.R.01 – Adeguamento collettore Via Montebello.....                                                                                                                                                                            | 98         |
| 11.3.6.    | IS.R.02 – Collegamento diretto della fognatura di Via Baldacchini al collettore di Via Trento .....                                                                                                                             | 99         |
| <b>12.</b> | <b>MISURE NON STRUTTURALI .....</b>                                                                                                                                                                                             | <b>100</b> |
| 12.1.      | GENERALITÀ.....                                                                                                                                                                                                                 | 100        |
| 12.2.      | MISURE NON STRUTTURALI PER IL TERRITORIO COMUNALE DI CASSOLNOVO.....                                                                                                                                                            | 101        |
| 12.2.1.    | INS.01 - Misure di incentivazione dell'estensione delle misure di invarianza idraulica e idrologica anche sul tessuto edilizio esistente per interventi non vincolati al rispetto delle prescrizioni di cui al r.r. 7/2017..... | 102        |
| 12.2.2.    | INS.02 - Obbligo di realizzazione di misure di invarianza idraulica e idrologica per interventi in ambiti di rigenerazione urbana e territoriale .....                                                                          | 102        |
| 12.2.3.    | INS.03 - Aggiornamento del Piano delle Regole con le indicazioni di cui all'art. 6 del R.R. 7/2017 .....                                                                                                                        | 103        |
| 12.2.4.    | INS.04 - Aggiornamento del Piano di Protezione Civile Comunale con l'indicazione delle aree a rischio idraulico e delle relative procedure preventive o in caso di emergenza.....                                               | 103        |
| 12.2.5.    | INS.05 - Programma di manutenzione rete fognaria di drenaggio e collettamento .....                                                                                                                                             | 104        |



---

|            |                                                                                                                                                                          |            |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 12.2.6.    | INS.06 - Applicazione dei limiti e procedure indicate per le Aree A in tutte le Aree di Trasformazione.....                                                              | 104        |
| 12.2.7.    | INS.07 - Progettazione degli interventi sulla "Città Pubblica" e sul "Centro Storico" adottando buone pratiche di drenaggio sostenibile (SuDS) .....                     | 105        |
| 12.2.8.    | INS.08 - Prescrizioni per lo scarico da piani interrati o seminterrati.....                                                                                              | 106        |
| 12.2.9.    | INS.09 - Limitazione degli allacciamenti in fognatura delle reti private di drenaggio acque meteoriche da coperture e cortili. ....                                      | 106        |
| 12.2.10.   | INS.10 - Possibilità di impiego delle "Aree paesaggistiche ed ecologiche" previste dal P.D.R. per la realizzazione di misure di invarianza idraulica ed idrologica. .... | 107        |
| <b>13.</b> | <b>ANALISI DELLO STATO DI PROGETTO.....</b>                                                                                                                              | <b>108</b> |
| 13.1.      | METODOLOGIA.....                                                                                                                                                         | 108        |
| 13.2.      | INTERVENTI RISOLUTIVI.....                                                                                                                                               | 108        |
| 13.3.      | ANALISI DELL'EFFICACIA DEGLI INTERVENTI RISOLUTIVI .....                                                                                                                 | 109        |
| <b>14.</b> | <b>INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE NON ADATTE ALL'INFILTRAZIONE DELLE ACQUE.....</b>                                                                                           | <b>111</b> |
| 14.1.      | GENERALITÀ.....                                                                                                                                                          | 111        |
| 14.2.      | INDICAZIONE DELLE AREE .....                                                                                                                                             | 111        |
| <b>15.</b> | <b>ELABORATI CARTOGRAFICI .....</b>                                                                                                                                      | <b>112</b> |





## 1. PREMESSA

Il Regolamento Regionale n. 7 del 23 novembre 2017 "*Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)*", come modificato dal R. R. n. 8 del 19 aprile 2019 "*Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7*" disciplina, all'art. 14, le *Modalità di integrazione tra pianificazione urbanistica comunale e previsioni del piano d'ambito, al fine del conseguimento degli obiettivi di invarianza idraulica e idrologica*. In particolare, al comma 1 del citato articolo si prevede che i Comuni redigano lo studio a scala comunale di gestione del rischio idraulico (di seguito SGR) o il documento semplificato del rischio idraulico comunale (di seguito DSR).

Il R.R. 7/2017 suddivide la Regione Lombardia in tre zone caratterizzate da diversa criticità idraulica. I Comuni ricadenti nelle aree a bassa criticità (aree C) sono tenuti a redigere il DSR; i Comuni ricadenti nelle aree ad alta e media criticità (aree A e B) sono invece tenuti a redigere lo Studio di gestione del rischio idraulico, e, nelle more della redazione dello SGR, redigono il Documento semplificato del rischio idraulico e lo approvano con atto del consiglio comunale (art. 14 c. 1 del R.R. 7/2017).

Il Comune di Cassolnovo ricade in Area B (a media criticità idraulica), ai sensi dell'art. 3, c. 3, del R.R. 7/2017 e s.m.i..

L'Amministrazione Comunale di Cassolnovo (PV), con determinazione n. 64 del 30/05/2023, ha affidato al sottoscritto ingegnere Matteo Cerri, con studio in Borgo San Siro (PV), Via Gramsci 14, iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Pavia al n. 2973, l'incarico per la redazione dello Studio Comunale di Gestione del Rischio idraulico per il Comune di Cassolnovo (PV) ai sensi dell'art. 14 del Regolamento Regionale n. 7/2017 e s.m.i..

I contenuti dello Studio Comunale di Gestione di Rischio idraulico (abbreviato, SCoGRI) per il Comune di Cassolnovo (PV) sono quelli indicati al comma 7 dell'art. 14 del Regolamento Regionale n. 7/2017.

I contenuti dello studio comportano l'aggiornamento degli strumenti di pianificazione comunale:

- la delimitazione delle aree di allagamento deve essere riportata nella componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT;
- le misure strutturali previste andranno inserite nel piano dei servizi;
- le misure non strutturali dovranno essere recepite dagli strumenti comunali di competenza (es: piani di protezione civile comunale, piano delle regole, ecc.).

Lo Studio comunale di gestione del rischio idraulico del Comune di Cassolnovo è costituito dalla presente relazione e dagli allegati cartografici indicati al Capitolo 15.



## 2. RELAZIONE DI SINTESI

I contenuti dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico sono puntualmente definiti al comma 7 dell'art. 14 del Regolamento Regionale 7/2017 e successive modifiche e integrazioni.

In particolare, lo studio contiene:

- 1) *la definizione dell'evento meteorico di riferimento per tempi di ritorno di 10, 50, 100 anni: si veda a tale proposito il paragrafo 6.2.3 della presente Relazione;*
- 2) *l'individuazione dei ricettori che ricevano e smaltiscono le acque meteoriche di dilavamento, indicandone i rispettivi gestori: si vedano il paragrafo 7.2 e la tavola T.01; il capitolo 8 riporta inoltre le valutazioni sulla capacità di smaltimento dei reticoli ricettori;*
- 3) *la delimitazione delle aree soggette ad allagamento per effetto della conformazione morfologica del territorio e/o per insufficienza della rete fognaria: la delimitazione è riportata in tavola T.03, e costituisce il risultato finale dello studio idraulico illustrato ai capitoli 9 e 10 della presente Relazione;*
- 4) *la mappatura delle aree vulnerabili dal punto di vista idraulico (pericolosità idraulica), come indicate nella componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT e nelle mappe del P.G.R.A.: si veda la tavola T.02 e il paragrafo 10.1;*
- 5) *l'indicazione, comprensiva di definizione delle dimensioni di massima, delle misure strutturali e l'indicazione delle misure non strutturali ai fini dell'attuazione delle politiche di invarianza idraulica a scala comunale: a questi aspetti sono dedicati i capitoli 11 e 12;*
- 6) *l'individuazione delle aree da riservare per l'attuazione delle misure strutturali: rappresentate in tavola T.04;*
- 7) *l'individuazione delle porzioni del territorio comunale non adatte o poco adatte all'infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo: rappresentate in tavola T.05 e descritte al capitolo 14.*

Dal presente studio emerge la rappresentazione di un territorio comunale piuttosto esteso, caratterizzato da una morfologia essenzialmente pianeggiante ed un uso del suolo in prevalenza agricolo, con un fitto reticolo idrico superficiale prevalentemente irriguo.

Per quanto riguarda le aree extraurbane, non si rilevano particolari criticità oltre ai rischi idraulici legati al Fiume Ticino e a poche aree già mappate nel P.G.R.A. come a rischio legato all'idraulica del Reticolo Principale e del Reticolo Secondario di Pianura.

Il reticolo idrico svolge, insieme alle aree campestri, un'importante funzione di raccolta e laminazione delle acque meteoriche, che trova un proprio equilibrio nelle capacità di invaso dei lotti agricoli, favorita dalle caratteristiche pianeggianti del territorio, di drenaggio dei suoli e nella interconnessione del reticolo stesso.

Per quanto riguarda le aree urbane, sono state attentamente analizzate le configurazioni generali e le caratteristiche di dettaglio delle reti di drenaggio, di cui è stata eseguita la modellazione idraulica.

Una particolarità della rete fognaria di Cassolnovo è l'assenza di scolmatori di piena intermedi su un intero bacino di quasi 200 ettari che si estende su tutto il capoluogo e su buona parte dell'adiacente frazione di Molino del Conte: lo sfioro delle acque meteoriche avviene solo in corrispondenza dello scolmatore posto sul collettore terminale per la derivazione dei reflui al depuratore. D'altra parte,



l'osservazione diretta dell'urbanizzato ha evidenziato come per gran parte dell'edificato gli scarichi delle acque di dilavamento di tetti e superfici pavimentate siano indirizzati al suolo e non in fognatura

La modellazione idraulica del reticolo fognario ha evidenziato poche criticità puntuali nel Capoluogo e in Molino del Conte in relazione all'evento di riferimento con possibilità di accadimento frequente (tempo di ritorno di 10 anni); l'insufficienza del reticolo di drenaggio risulta invece diffusa e marcata in relazione ad eventi con probabilità di accadimento minore (tempo di ritorno 50 e 100 anni). Tale risultato è del tutto ragionevole, se si pensa che le fognature urbane sono state da sempre dimensionate per eventi con tempo di ritorno di 10 anni.

Dall'analisi idrodinamica della diffusione sul territorio degli allagamenti generati dalle insufficienze fognarie si desume, per tutti i tempi di ritorno analizzati, una pericolosità media o moderata, associata cioè a tiranti inferiori a 40 cm e basse velocità della corrente.

Si evidenzia, in ogni caso, che non vi è memoria storica di casi di allagamenti o insufficienza della rete fognaria in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi o prolungati (fatta eccezione per uno o due casi in cui l'insufficienza è stata generata da occlusione della rete di drenaggio per occasionale mancanza di manutenzione).

Le misure strutturali proposte sono volte a mitigare l'impatto idraulico sulla rete fognaria e a risolvere le criticità riscontrate sulla rete per lo scenario con TR 10 anni, nonché a ridurre l'entità degli allagamenti per eventi di minore probabilità.

Le misure non strutturali comprendono una serie di interventi e azioni mirate all'attuazione delle politiche di invarianza idraulica ed idrologica a scala comunale, finalizzate al miglioramento nella gestione delle acque meteoriche (c.d. drenaggio urbano sostenibile) e a prevenire e/o ridurre i danni conseguenti l'evento di piena.

In conclusione, dal presente studio si rileva l'importanza di sostenere politiche volte ad una attenta gestione delle acque meteoriche, incentivando misure e buone pratiche di invarianza idraulica che consentano di non aggravare e alleggerire il carico sulla rete fognaria in occasione di eventi meteorici rilevanti.

I contenuti dello studio comportano l'aggiornamento degli strumenti di pianificazione comunale:

- la delimitazione delle aree di allagamento deve essere riportata nella componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT;
- le misure strutturali previste andranno inserite nel piano dei servizi;
- le misure non strutturali dovranno essere recepite dagli strumenti comunali di competenza (es: piani di protezione civile comunale, piano delle regole, ecc.).

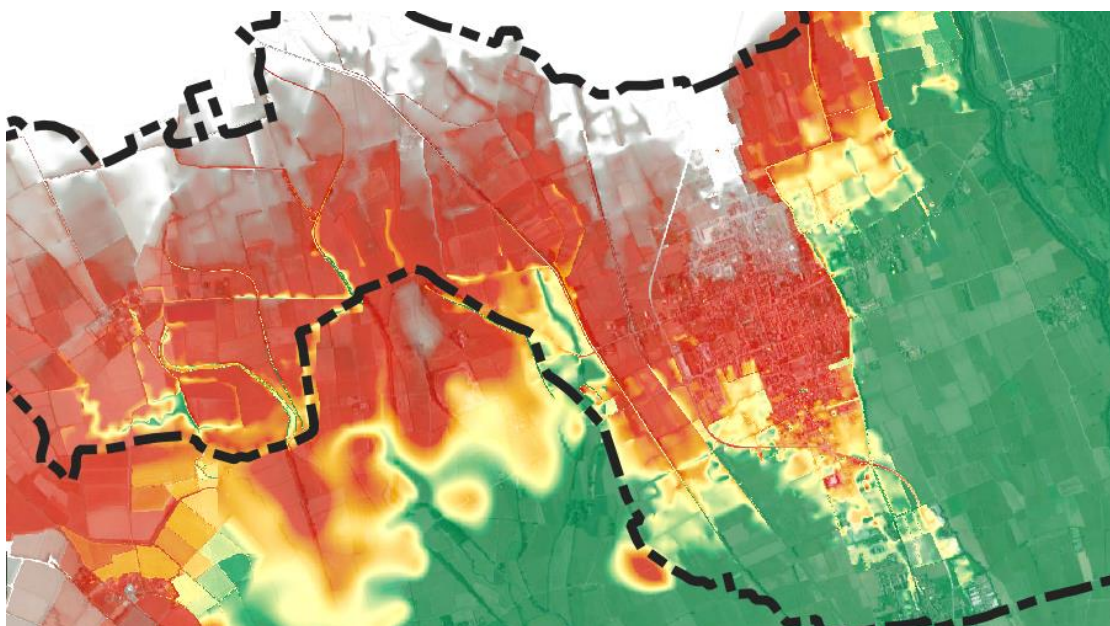


### 3. DATI DI BASE ED INDAGINI DI SUPPORTO

#### 3.1. Dati disponibili

- **Rilievi LIDAR / DTM**

Il DTM (Digital Terrain Model – Modello Digitale del Terreno) fornisce una rappresentazione tridimensionale al suolo del territorio comunale. In particolare, per il Comune di Cassolnovo, è disponibile il DTM a maglia 5x5 m prodotto da Regione Lombardia e scaricabile dal Geoportale Cartografico Regionale, <https://www.geoportale.regione.lombardia.it/>



**Figura 1 – Stralcio DTM sovrapposto in trasparenza a ortofoto sul Comune di Cassolnovo**

Per l'area urbana del comune di Cassolnovo non è, purtroppo, disponibile il DTM/DSM a risoluzione 1x1 m del Ministero dell'Ambiente.



**Figura 2 – Ortofoto con indicazione dei riquadri per cui è disponibile il rilievo 1x1 del Ministero dell'Ambiente: l'area urbana del Comune di Cassolnovo non risulta censita.**



- **DBT Comunale**

Il Database Topografico Comunale fornisce una rappresentazione cartografica del territorio su base GIS, con distinzione delle diverse tipologie urbanistiche. Il DBT comunale consente di evidenziare con immediatezza i diversi usi del suolo, distinguendo aree stradali, edificati, aree verdi, ecc.



**Figura 3 – Stralcio DBT del Comune di Cassolnovo**

- **Rilievo della rete fognaria (fonte: Pavia Acque)**

Il rilievo della rete fognaria è stato condotto e digitalizzato per conto di Pavia Acque Scarl, gestore del servizio idrico integrato, nel Giugno 2021; viene fornito da Pavia Acque in forma di shape files ed è consultabile, previa registrazione, sul portale <https://sit.acquedilombardia.it/>



**Figura 4 – Stralcio Webgis – Fognatura per il Comune di Cassolnovo**

Il rilievo fornisce la planimetria georeferenziata di nodi e condotte della rete, oltre che dati altimetrici e geometrici. Dal portale webgis è possibile visionare le monografie dei pozzetti e la relativa documentazione fotografica.

- **Mappatura dell'uso del suolo (DUSAF) (fonte: Geoportale della Regione Lombardia)**

Regione Lombardia ha realizzato uno strumento di analisi e monitoraggio dell'uso del suolo omogeneo su tutto il territorio nazionale e condiviso all'interno dell'Infrastruttura per l'Informazione Territoriale tramite il Geoportale della Lombardia: Uso e copertura del suolo realizzato in diverse edizioni nell'ambito del progetto DUSAF (Destinazione d'Uso del Suolo Agricolo e Forestale).

DUSAF viene aggiornata periodicamente con cadenza circa biennale, mediante la interpretazione di foto aeree rese via via disponibili da AGEA.

Nell'ambito del presente lavoro è stato acquisito il DUSAF 2021, utile a definire le diverse categorie d'uso del suolo al fine di determinare le caratteristiche di permeabilità dei bacini scolanti utili alla costruzione del modello idrologico-idraulico della rete di drenaggio.

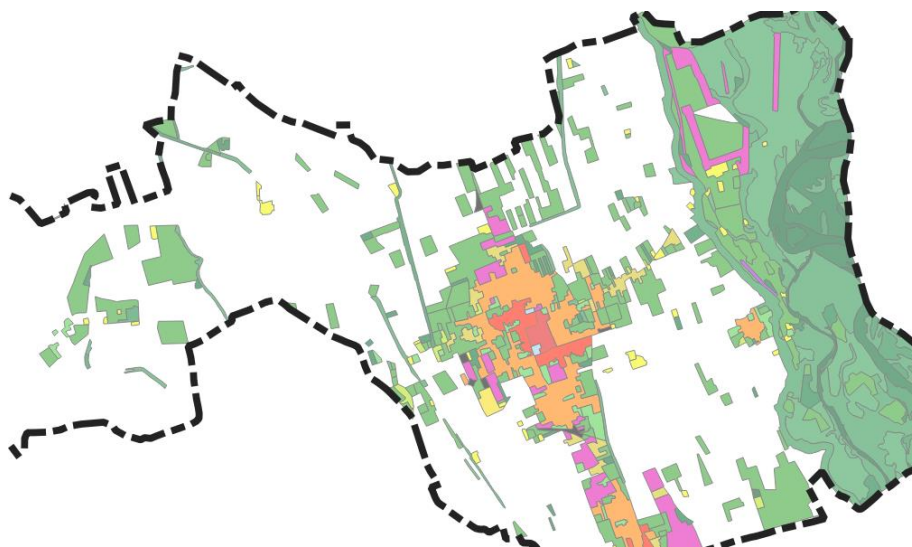


Figura 5 – Stralcio DUSAF per il Comune di Cassolnovo

- **Mappatura del Reticolo Idrico Minore**

In fase di redazione del presente studio è stata acquisita la bozza del “Documento di Polizia Idraulica”, redatta dal Geologo dott. Andrea Brambati a Luglio 2023, con la mappatura del Reticolo Idrico Minore del Comune di Cassolnovo.

- **Mappatura del Reticolo Idrico Minore**

In fase di redazione del presente studio è stata acquisita la bozza del “AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA” del PGT, redatta dal Geologo dott. Andrea Brambati a Luglio 2023.



## **3.2. Indagini integrative**

### ***3.2.1. Indagini presso il Gestore del Servizio idrico***

Il Gestore del Servizio idrico integrato per il comune di Cassolnovo è Pavia Acque Scarl, con sede in Pavia, Via Taramelli 2.

ASM Vigevano e Lomellina, con sede in Vigevano, Viale Francesco Petrarca, 68, società consorziata a Pavia Acque Scarl, svolge le attività tecniche e operative sul territorio inerenti le infrastrutture idriche e fognarie.

Nell'ambito del presente studio, il sottoscritto ha consultato Pavia Acque Scarl (tramite il Responsabile Area Servizi Tecnici, Referente Territoriale Area "Lomellina", ing. Alberto Lodroni) ed i tecnici di ASM Vigevano e Lomellina, per approfondimenti circa le informazioni desumibili dal rilievo della rete fognaria comunale.

In particolare, sono state richieste informazioni in merito a:

- Caratteristiche delle stazioni di sollevamento;
- Presenza di ulteriori sfioratori e scarichi in corpi idrici, oltre a quelli riportati in S.I.T.;
- Problematiche note di insufficienza della rete.

In merito questo ultimo punto, non si ha contezza di particolari problematiche di scarico o deflusso nel reticolo fognario.

### ***3.2.2. Indagini presso il Comune***

Sono state svolte indagini presso il Servizio Tecnico Comunale e l'Amministrazione al fine di avere riscontri in merito ad eventuali episodi di allagamento per insufficienza del reticolo fognario o del reticolo idraulico superficiale.

Dai colloqui è emerso quanto segue:

- In occasione di eventi meteorici anche particolarmente intensi o prolungati, non si ha contezza di particolari problematiche di scarico o deflusso nel reticolo fognario;
- Si ha memoria di un episodio di allagamento della Via Carlo Alberto dovuto ad occlusione delle caditoie e parziale ostruzione della rete fognaria stradale a seguito di mancata manutenzione della stessa; successivamente a tale evento, si è provveduto allo spurgo delle caditoie e delle relative condotte;
- Relativamente al reticolo idrico superficiale, si rilevano episodi di tracimazione della Roggia Mora Rocca Saporiti, in prossimità del ponte di Via Palestro, in area extraurbana.

### ***3.2.3. Indagini presso Gestori del reticolo irriguo***

Sono stati consultati i tecnici dell'Associazione Irrigazione Est Sesia (in particolare, il geom. Cesare Motta), per avere informazioni circa criticità sul reticolo irriguo in occasione di eventi meteorici intensi o prolungati. Non risultano, storicamente, casi di tracimazioni o allagamenti dovuti a piene dei corsi d'acqua, in quanto l'intera rete è regolata e talvolta dotata di presidi idraulici di sicurezza.

L'evento di tracimazione della Roggia Mora Saporiti citato dal Comune (par. 3.2.2) è relativo ad un guasto, ora risolto, di un manufatto idraulico sul corso d'acqua.



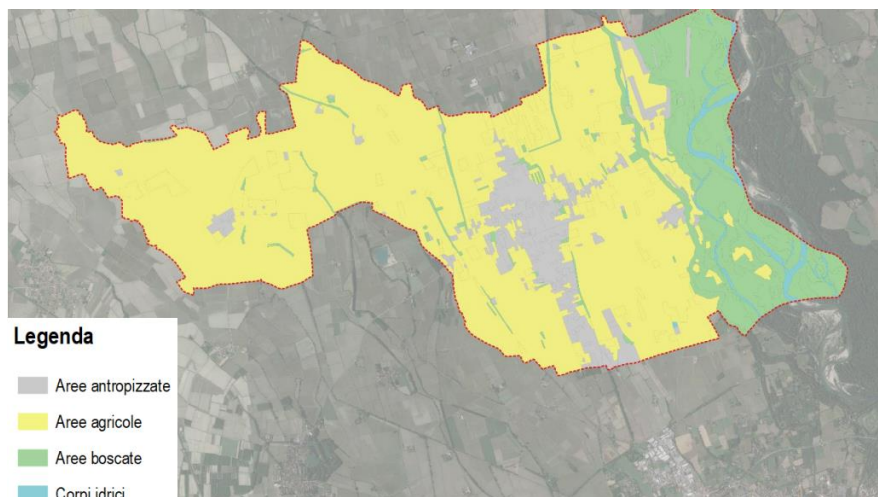
## 4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

### 4.1. Geografia e geomorfologia

Cassolnovo è situato in quella porzione del territorio della Provincia di Pavia denominata Lomellina. Il Comune di Cassolnovo è il più settentrionale della Lomellina e della Provincia di Pavia, si colloca ad un'altitudine di 120 m s.l.m e ha un'estensione territoriale di 31.96 kmq. Confina territorialmente con comuni appartenenti a due regioni: Lombardia e Piemonte e a tre province: Pavia, Milano e Novara.

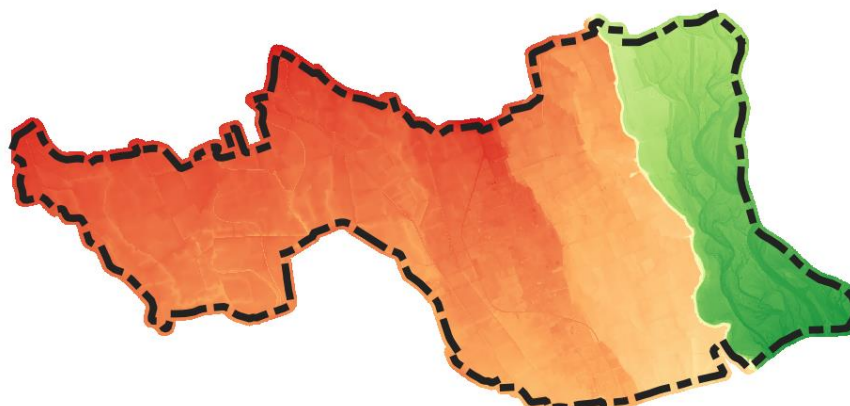
Il comune di Cassolnovo presenta un tessuto urbano abbastanza compatto, stabilitosi principalmente a ridosso degli assi principali di scorrimento, ancorandosi altresì al tessuto storico cittadino e parallelamente al percorso fluviale del fiume Ticino. Le aree urbane sono costituite dal Capoluogo e dall'adiacente frazione di Molino del Conte, dalla frazione Villareale a est del Capoluogo, dalla frazione Villanova nella porzione occidentale del territorio agricolo comunale.

La componente predominante del territorio di Cassolnovo è composta soprattutto da aree agricole e in parte da quelle boscate poste principalmente a protezione della valle del Ticino.



**Figura 6 – Territorio comunale di Cassolnovo – Elaborazione DUSAF**

Il territorio comunale di Cassolnovo è di natura prevalentemente pianeggiante e risulta ripartito in fasce parallele all'andamento del fiume Ticino, altimetricamente disposte in livelli corrispondenti a differenti ordini di terrazzi fluviali, come apprezzabile dalla seguente Figura 7, nella quale l'altimetria è evidenziata da diverse gradazioni di colore.



**Figura 7 – Territorio comunale di Cassolnovo – Elaborazione Modello Digitale del Terreno (DTM)**

Elemento di configurazione primario è la scarpata fluviale del Ticino, che separa la porzione centro occidentale del territorio comunale, altimetricamente più elevata.

#### 4.2. Idrografia

Il territorio comunale è solcato da un fitto reticolo idrografico che si sviluppa prevalentemente in direzione nord-sud.

Fanno parte del reticolo idrico principale il fiume Ticino, la roggia Senella e il torrente Refreddo.



**Figura 8 – Reticolo idrico del Comune di Cassolnovo**

L'alveo del fiume Ticino si sovrappone a est al confine comunale e provinciale.

Procedendo verso ovest, il Naviglio Sforzesco si sviluppa appena al di sopra della scarpata fluviale e lambisce a est la frazione Villareale. Procedendo ancora verso ovest, il Naviglio Langosco lambisce il centro urbano del Capoluogo e attraversa la frazione Molino del Conte. Superata la S.P. 206, l'ampia estensione agricola che caratterizza il territorio occidentale del comune è attraversata dal Subdirettore Vigevano e dalla Roggia Mora Rocca Saporiti; più a ovest, la Roggia Molinara attraversa la frazione Villareale, mentre la porzione agricola più occidentale del territorio è attraversata dal torrente Refreddo (che più a valle prenderà il nome di Terdoppio). Il centro urbano del Capoluogo è attraversato in direzione ovest-est dal Cavo Paletta.

Oltre ai corsi d'acqua sopra citati, evidenziati per la loro particolare importanza, il reticolo è composto da altri molteplici corsi minori, a carattere prettamente irriguo.

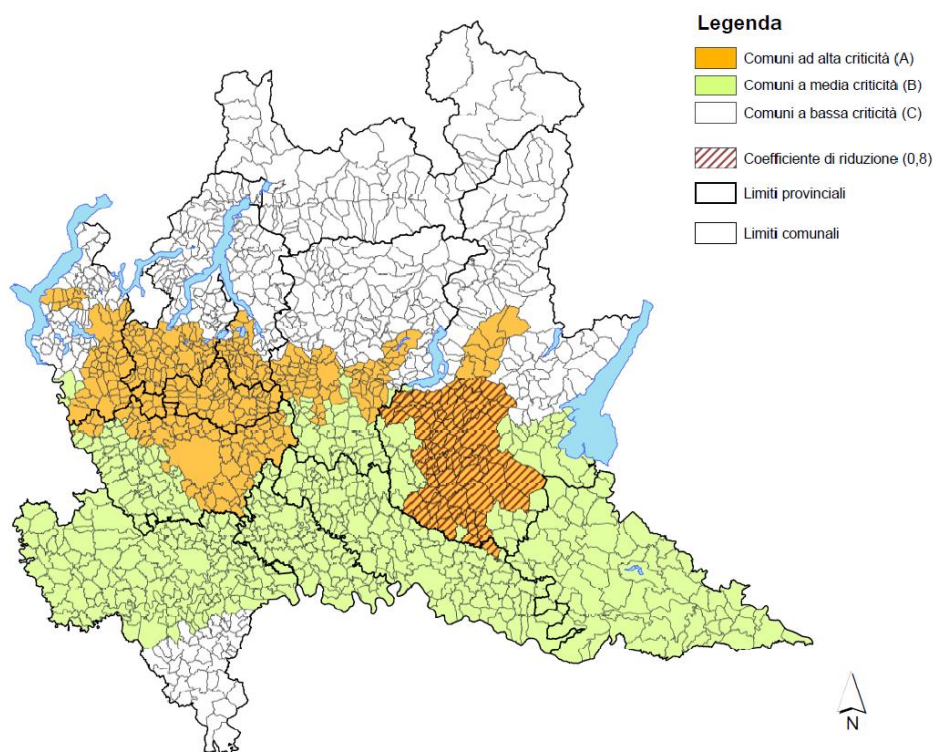
## 5. INQUADRAMENTO IDROLOGICO

### 5.1. Ambito territoriale

Ai sensi dell'art. 7 del R.R. 7/2017 e s.m.i., il territorio regionale lombardo è suddiviso in tre tipologie di aree, in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori:

- a) aree A, ovvero ad alta criticità idraulica: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, ricadenti, anche parzialmente, nei bacini idrografici elencati nell'allegato B;
- b) aree B, ovvero a media criticità idraulica: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, non rientranti nelle aree A e ricadenti, anche parzialmente, all'interno dei comprensori di bonifica e Irrigazione;
- c) aree C, ovvero a bassa criticità idraulica: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, non rientranti nelle aree A e B.

La rappresentazione della suddivisione del territorio nelle tre tipologie di aree è riportata in Figura 9.



**Figura 9 - Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica  
(R.R. 7/2017 come modificato con R.R. 8/2019, All. B)**

Il comune di **Cassolnovo (PV)** ricade in **Area B (a media criticità idraulica)**, ai sensi dell'art. 3, c. 3, del R.R. 7/2017 e s.m.i..



## 5.2. Tempi di ritorno di riferimento

Ai sensi del comma 7 dell'art. 14 del R.R. 7/2017, lo studio comunale di gestione del rischio idraulico contiene la determinazione delle condizioni di pericolosità idraulica riferite ad eventi meteorici di riferimento definiti per tempi di ritorno di 10, 50, 100 anni.

Ai fini dei progetti di invarianza ed idrologica, di cui all'art. 6 del R.R. 7/2017, i tempi di ritorno di riferimento sono i seguenti:

- T = 50 anni per il dimensionamento delle opere di laminazione o anche infiltrazione;
- T = 100 anni per la verifica del grado sicurezza delle opere come sopra dimensionate.

Per inciso, il tempo di ritorno di 10 anni è il tempo di ritorno adottato normalmente in Lombardia per il dimensionamento delle reti fognarie. Lo standard europeo EN 752-2:1997 (sostituito da EN 752:2017) indica un tempo di ritorno variabile, in funzione del contesto urbano, tra 1 e 10 anni.

## 5.3. LSPP Arpa Lombardia

L'analisi dell'evento meteorico di riferimento è di notevole importanza per lo studio idraulico del territorio. In base a quanto stabilito nell'art. 11 comma 2b del R.R. n.7/2017, per la determinazione dello ietogramma di progetto ai fini dello studio dell'Invarianza Idraulica, l'evento meteorico di riferimento è definito in base alle linee segnalatrici (o curve) di possibilità pluviometrica (LSPP).

ARPA Lombardia ha elaborato i dati di pioggia disponibili in un elevato numero di stazioni pluviometriche sparse su tutta la regione e ha determinato i parametri delle LSPP utilizzando, per le distribuzioni di probabilità dei valori estremi di pioggia, la distribuzione General Extreme Value, GEV, continua a tre parametri, i.e.,  $\alpha$  (parametro di scala),  $\varepsilon$  (parametro di posizione),  $\kappa$  (parametro di forma). I valori riferiti alle singole stazioni pluviometriche sono stati in seguito distribuiti spazialmente utilizzando un algoritmo di kriging. La regione è stata suddivisa in celle di dimensione 1.500 m x 1.500 m (2,25 km<sup>2</sup>), per ogni cella sono stati stimati mediante calibrazione i parametri  $\alpha$ ,  $\varepsilon$ ,  $\kappa$ ,  $n$  e il coefficiente pluviometrico orario.

Si riportano di seguito le formule utilizzate da ARPA per il calcolo dell'altezza pluviometrica  $h$ , in funzione della durata  $D$ .

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n \quad w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

in cui  $h$  è l'altezza di pioggia,  $D$  è la durata,  $a_1$  è il coefficiente pluviometrico orario,  $w_T$  è il coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno  $T$ ,  $n$  è l'esponente della curva (parametro di scala).

Le elaborazioni effettuate da ARPA Lombardia consentono quindi di individuare e scaricare (attraverso il portale internet <http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml>) le curve di possibilità pluviometrica 1-24 hr e 1-5 giorni aggiornate per ciascun punto del territorio lombardo.

Per l'analisi condotta nel presente studio, si è fatto riferimento alla media dei parametri relativi alle 4 celle che interessano il territorio urbano di Cassolnovo e Molino del Conte.

I parametri forniti dal sito sono i seguenti:

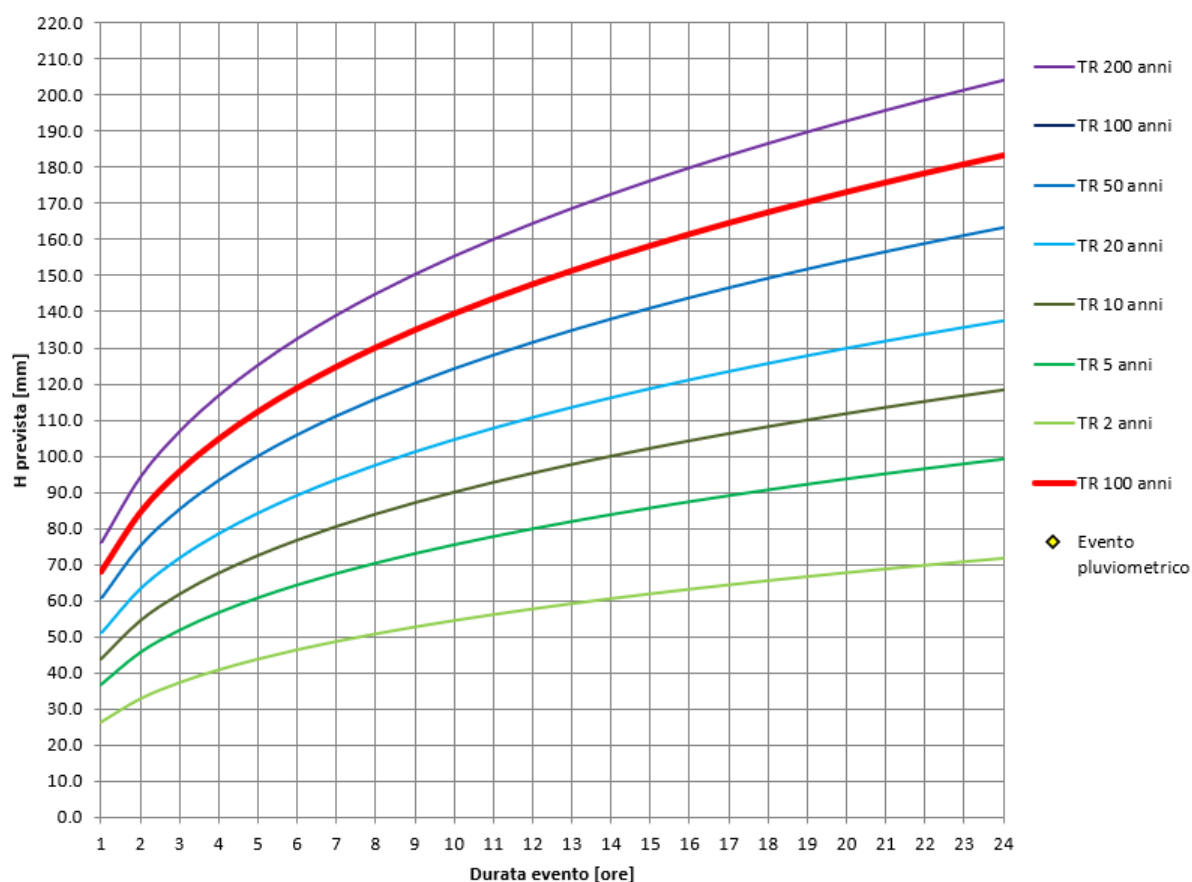


|                                               | cella 1 | cella 2 | cella 3 | cella 4 | media           |
|-----------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| <b>A1 - Coefficiente pluviometrico orario</b> | 28.96   | 28.83   | 28.68   | 28.77   | <b>28.81000</b> |
| <b>N - Coefficiente di scala</b>              | 0.3124  | 0.3134  | 0.3121  | 0.3099  | <b>0.31195</b>  |
| <b>GEV - parametro alpha</b>                  | 0.2977  | 0.2983  | 0.2982  | 0.2982  | <b>0.29810</b>  |
| <b>GEV - parametro kappa</b>                  | -0.052  | -0.0519 | -0.0515 | -0.0542 | <b>-0.05240</b> |
| <b>GEV - parametro epsilon</b>                | 0.8115  | 0.8112  | 0.8114  | 0.8105  | <b>0.81115</b>  |

Di seguito si riporta il grafico delle curve di possibilità pluviometrica ricavate con i parametri medi.



### Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica



**Figura 10 – Curve di possibilità climatica per diversi tempi di ritorno a Cassolnovo (PV)**

Le curve scaricate dal sito ARPA forniscono i valori delle curve di possibilità pluviometrica per le durate superiori all'ora e sono rappresentabili mediante una curva monomia del tipo:

$$h = a t^n$$

Per tenere conto delle durate inferiori all'ora, normalmente si utilizza una curva monomia doppia, che prevede l'utilizzo di due coefficienti  $a$  ed  $n$  distinti. Per le durate superiori all'ora si usano i parametri  $a_2$  ed  $n_2$ , mentre per quelle inferiori ad 1 ora  $a_1$  ed  $n_1$ . Per le durate inferiori all'ora si possono utilizzare, in carenza di dati specifici, tutti i parametri indicati da ARPA tranne il parametro  $n$  per il quale si indica il valore  $n_1 = 0,5$ , in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica idrologica.



I due parametri  $a$  ed  $n$  sono variabili con il tempo di ritorno, ma in generale si può assumere che solo la variazione di  $a$  sia significativa, mentre  $n$  rimane costante con il tempo di ritorno. Il parametro  $n$  è variabile tra 0 e 1. Tipicamente i valori di  $a_1$  ed  $a_2$  non differiscono in maniera sensibile mentre i valori di  $n_1$  sono superiori a  $n_2$ .

Nella successiva tabella sono riportati quindi le curve di possibilità pluviometrica ricavate dall'elaborazione, riferite al centro di Cassolnovo.

| CPP per CASSOLNOVO |             |                       |
|--------------------|-------------|-----------------------|
| T = 10 anni        | t < 1 ora : | $h = 43,88 t^{0,5}$   |
|                    | t ≥ 1 ora : | $h = 43,88 t^{0,312}$ |
| T = 50 anni        | t < 1 ora : | $h = 60,55 t^{0,5}$   |
|                    | t ≥ 1 ora : | $h = 60,55 t^{0,312}$ |
| T = 100 anni       | t < 1 ora : | $h = 68,04 t^{0,5}$   |
|                    | t ≥ 1 ora : | $h = 68,04 t^{0,312}$ |

**Tabella 1 – C.P.P. per Cassolnovo**



## 6. DEFINIZIONE DELL'EVENTO METEORICO DI RIFERIMENTO

### 6.1. Raggiungimento all'area

Dopo aver determinato le altezze di pioggia relative ad una determinata stazione, mediante le L.S.P.P. ricavate come descritto al paragrafo 5.3, si deve poi tener conto del fatto che esse, ricavate per il punto in cui è collocato il pluviografo, non possono essere ritenute valide anche per aree di dimensioni non piccole attorno al pluviografo stesso. Infatti, poiché per la costruzione delle curve di possibilità climatica si parte dai valori estremi, è probabile che per gli eventi selezionati il centro di scroscio coincida con la posizione dello strumento e che invece, per gli stessi eventi, la precipitazione media su un'area finita attorno al pluviografo sia minore.

Per tener conto di ciò si applica un "coefficiente di raggiuglio", che consente appunto di estendere all'area di interesse le informazioni ricavate per la stazione pluviografica considerata oppure si modificano i parametri delle L.S.P.P. in funzione dell'estensione dell'area del bacino.

Per valutare il "coefficiente di raggiuglio" sono state utilizzate le formule della "procedura Wallingford" (DEWC, 1981). Esse, ricavate dall'omonimo istituto inglese, forniscono il coefficiente ARF (Areal Reduction Factor), che rappresenta il rapporto tra altezza di pioggia raggiugliata ad una determinata area e l'altezza di pioggia puntuale:

$$ARF = 1 - f_1 t^{-f_2}$$

$$f_1 = 0.0394 A^{0.354}$$

$$f_2 = 0.40 - 0.0208 \ln (4.6 - \ln A) \text{ per } A < 20 \text{ Km}^2$$

$$f_2 = 0.40 - 0.03832 (4.6 - \ln A)^2 \text{ per } 20 < A < 100 \text{ Km}^2$$

con  $t$  espresso in ore e  $A$  espresso in  $\text{Km}^2$ .

Quindi l'altezza  $h_{\text{rag}}$  di pioggia raggiugliata si calcola, a partire dall'altezza puntuale  $h_{\text{punt}}$  ricavata con la LSPP, nel seguente modo:

$$h_{\text{rag}} = ARF \cdot h_{\text{punt}}$$

Per la definizione dell'evento di riferimento da utilizzarsi nella modellazione del sistema esteso all'intero reticolo di Cassolnovo e Molino del Conte è stato applicato un coefficiente di raggiuglio calcolato secondo la procedura Wallingford e considerando una superficie complessiva di 300 ettari ( $3 \text{ km}^2$ ), comprendente le aree urbane del capoluogo e della frazione.

Per la modellazione della frazione di Villareale, avente bacino proprio indipendente, considerata la ridotta superficie dell'area (inferiore a 10 ettari), non si è applicato alcun coefficiente di raggiuglio.

### 6.2. Costruzione dello ietogramma di pioggia

#### 6.2.1. Metodologia

La modellazione di un evento meteorico richiede la definizione di una "pioggia di progetto", attraverso la costruzione di uno ietogramma, ossia di una curva che rappresenti il variare dell'intensità di precipitazione nel tempo, riferito ad un evento di definita durata e tempo di ritorno.



Tra i diversi tipi di piogge sintetiche utilizzati in ambito tecnico/professionale, è stato impiegato lo ietogramma Chicago, le cui caratteristiche principali sono:

- l'andamento temporale non costante dell'intensità di precipitazione;
- la presenza di un picco d'intensità all'interno della durata complessiva dell'evento;
- la congruità esistente tra le intensità medie dello ietogramma e quelle definite dalla curva di possibilità pluviometrica per qualsiasi durata  $t$  minore o uguale a quella dello ietogramma complessivo.

Lo ietogramma Chicago risulta essere poco sensibile alla variazione della durata totale dell'evento meteorico e contiene al suo interno, proprio per il modo in cui esso è costruito, le piogge critiche per tutte le durate parziali. Lo ietogramma Chicago riproduce le caratteristiche di eventi meteorici intensi, i quali non sono mai caratterizzati da un andamento temporale costante delle precipitazioni.

Lo ietogramma Chicago presenta un picco di intensità in una posizione che può essere fissata a priori (all'inizio, alla fine o in una posizione intermedia) – nel caso in esame si fisserà il picco a  $0,4 t_p$ .

Per la costruzione dello ietogramma Chicago si è utilizzato il software URBIS che richiede come dati in ingresso:

- i parametri  $a$  e  $n$  delle curve di possibilità pluviometrica;
- la durata della pioggia e la discretizzazione dello ietogramma;
- il parametro  $r$  che definisce la posizione del picco all'interno della durata complessiva.

### **6.2.2. Durata dell'evento meteorico**

Le LSPP permettono di determinare l'altezza totale di pioggia  $h_T(d)$  di durata  $d$  con un assegnato periodo di ritorno  $TR$ . Una volta definito il tempo di ritorno, è necessario riconoscere, in base alle caratteristiche morfologiche del bacino scolante e della rete, quale sia la durata dell'evento pluviometrico che determini l'insorgere del massimo valore della portata all'interno del sistema di drenaggio comunale (evento critico).

Come per i bacini idrografici naturali anche per i bacini di drenaggio urbano si deve definire un tempo di corrvazione che in questo caso viene chiamato tempo di concentrazione  $t_c$ . Esso è il tempo impiegato dalla particella idraulicamente più sfavorita, cioè quella che cade nel punto più lontano del bacino, ad arrivare nella sezione di chiusura o punto di scarico del sistema nel ricettore finale (nel caso di più punti di scarico si deve valutare il punto avente il percorso associato con il maggiore tempo di percorrenza).

Da molti studi condotti (Centro Studi Deflussi Urbani 2008) il tempo di concentrazione viene scelto quale durata dell'evento critico o di progetto poiché è quel tempo che manderà in crisi il sistema di drenaggio.

La durata dell'evento critico dovrà quindi essere posta maggiore o uguale a quella del tempo di concentrazione della rete.

Il tempo di concentrazione  $t_c$  è determinato come somma di due contributi:



$$t_c = t_a + t_r$$

con:

- $t_a$  "tempo di accesso alla rete", ovvero tempo massimo che impiegano le particelle di pioggia a raggiungere la rete fognaria a partire dal tempo di caduta;
- $t_r$  "tempo di rete", ovvero il tempo necessario per lo scorrimento all'interno della rete di drenaggio del percorso idraulicamente più lungo a monte della sezione di chiusura del bacino.

Il tempo di accesso alla rete è sempre di incerta determinazione, variando con la pendenza dell'area, la natura della stessa e il livello di realizzazione dei drenaggi minori che determinano quindi una veloce o lenta entrata in rete. Il valore normalmente assunto nella progettazione è sempre stato compreso tra 5 e 15 minuti; i valori più bassi vengono usati per aree di minore estensione, più attrezzate e di maggiore pendenza, e i valori più alti nei casi opposti.

A seguito delle valutazioni effettuate relativamente al tempo di concentrazione delle reti, la durata degli eventi di riferimento è stata definita come segue:

- bacino urbano Capoluogo e Molino del Conte:  $t_p = 40$  minuti
- bacini urbani minori in Molino del Conte (Via Naviglietto e Via Gorizia):  $t_p = 20$  minuti
- bacino urbano Villareale:  $t_p = 20$  minuti



### 6.2.3. Definizione dello ietogramma

#### 6.2.3.1. BACINO URBANO CAPOLUOGO E MOLINO DEL CONTE

E' stata adottata una durata dello ietogramma pari a 40 minuti, con discretizzazione a 5 minuti, e il parametro  $r$  è stato assunto pari a 0.4. E' stato applicato un coefficiente di ragguaglio calcolato secondo procedura Wallingford, per superficie di 300 ettari.

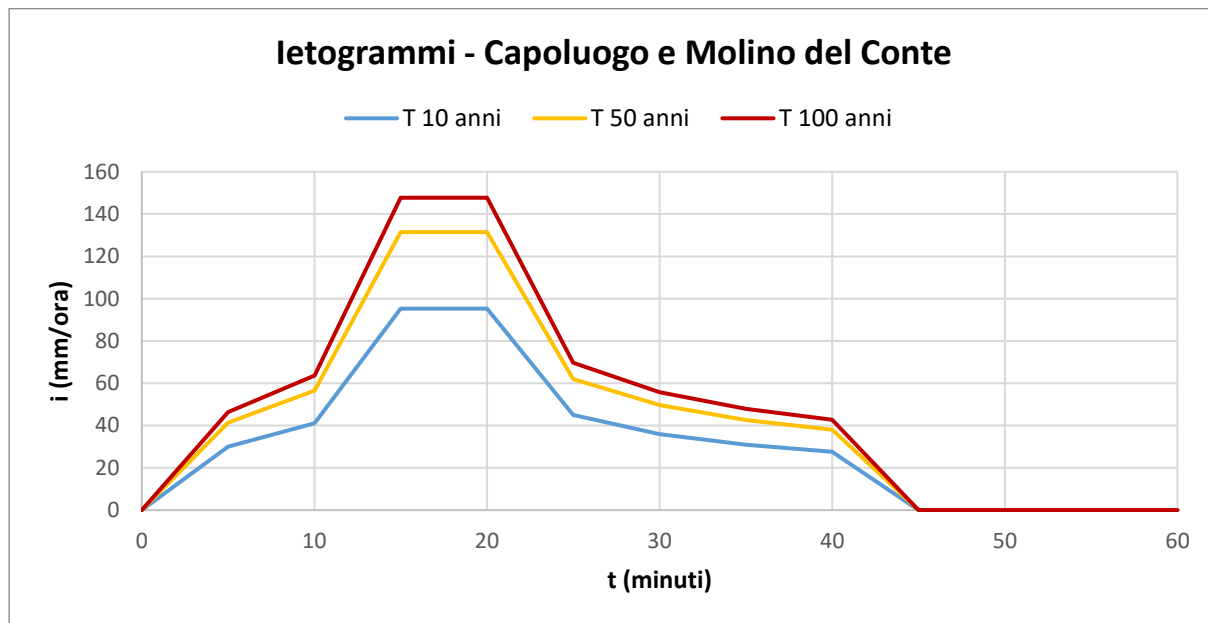


Figura 11 - Ietogrammi per il bacino di Capoluogo e Molino del Conte

#### 6.2.3.2. BACINI MINORI IN MOLINO DEL CONTE E BACINO FRAZ. VILLAREALE

E' stata adottata una durata dello ietogramma pari a 20 minuti, con discretizzazione a 5 minuti, e il parametro  $r$  è stato assunto pari a 0.4. Non è stato applicato coefficiente di ragguaglio.

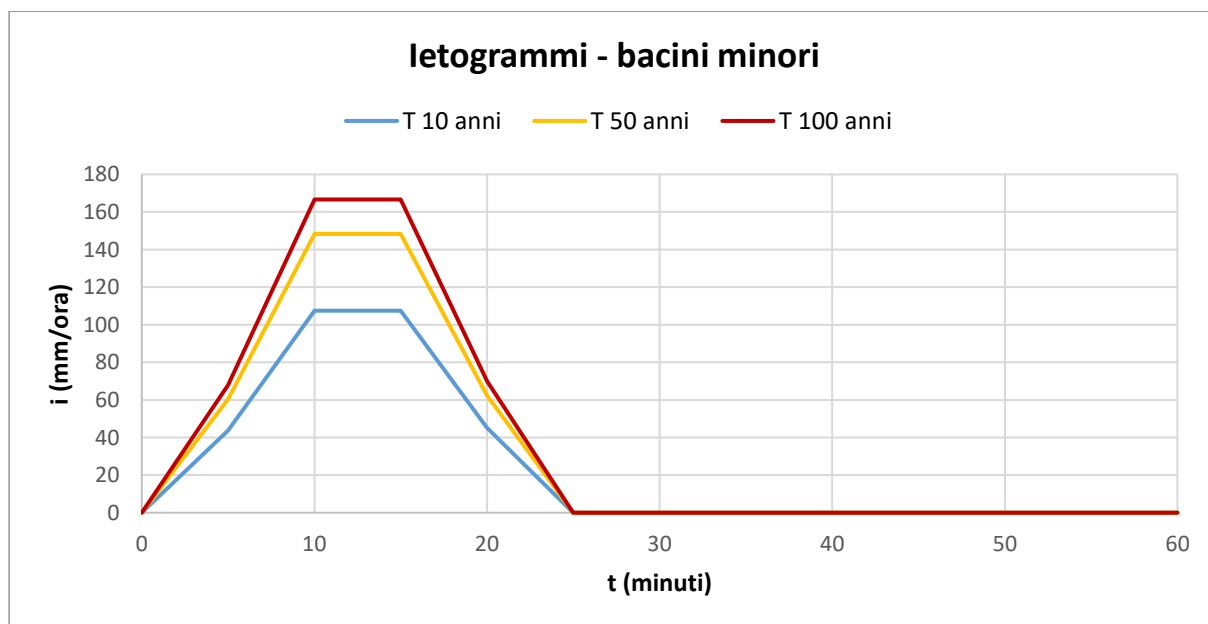


Figura 12 - Ietogrammi per i bacini minori



## **7. CARATTERISTICHE DELLA RETE DI DRENAGGIO URBANO**

### **7.1. Descrizione della rete di fognatura**

Il rilievo della fognatura del Comune di Cassolnovo è stato eseguito nel mese di maggio dell'anno 2021 da tecnici incaricati dal Gestore del S.I.I., Pavia Acque Scarl.

L'attività di rilievo della rete fognaria del Comune di Cassolnovo ha portato all'individuazione di 764 punti nodali (camerette d'ispezione, sfioratori di piena, caditoie, stazioni di sollevamento, effluenti, partizioni, tombinature) distribuiti lungo la rete stessa, estesa per un totale di 27,541 Km.

Tutte le camerette della rete fognaria, ispezionabili e non, sono state mappate e georeferenziate

La rete fognaria del Comune di Cassolnovo risulta di tipo misto per oltre il 90% della sua estensione.

#### **7.1.1. Capoluogo e Molino del Conte**

La rete fognaria a servizio del Capoluogo e della adiacente frazione di Molino del Conte è essenzialmente di tipo misto.

Il sistema è costituito da un bacino principale maggiore, che comprende l'intero Capoluogo e buona parte della frazione, e da tre bacini minori serviti da stazioni di sollevamento che recapitano nella rete del bacino principale. Sul bacino principale non ci sono sfioratori di piena, se non quello di Via Montebello, sul collettore terminale, in prossimità dell'impianto di depurazione comunale; dal pozzetto di sfioro si diparte la derivazione all'impianto di depurazione e la condotta di scarico; il recapito dello scarico delle acque sfiorate e delle acque depurate è un canale di colo che si immette, poco più a valle, in un ramo del fiume Ticino.

Nel collettore terminale, di sezione ovoidale 120x180 cm, confluiscono 3 diramazioni principali:

- collettore Nord, che da Via Praghino risale in Via Nuova, Via Opii, Via Modello, Via delle Noci, Via Carlo Alberto nord;
- collettore Centro, che percorre la Via Montebello, sottopassa il Naviglio Langosco, prosegue verso ovest in Via Montebello, quindi Piazza Costa, Via Lavatelli, Via Oberdan; su Via Carlo Alberto, si dirama verso sud in Via Baldacchini e verso nord in Via Carlo Alberto e devia in Via Palestro;
- collettore Sud: da Via Montebello costeggia verso sud la sponda sinistra del Naviglio Langosco, attraversandolo in subalveo circa 300 metri più a valle; il collettore si immette quindi in Via Cernaia, devia in Via Enrico Toti, quindi in Via Roma; attraversa la S.P.206 e prosegue sulla Via Roma/Via Trento in Molino del Conte.

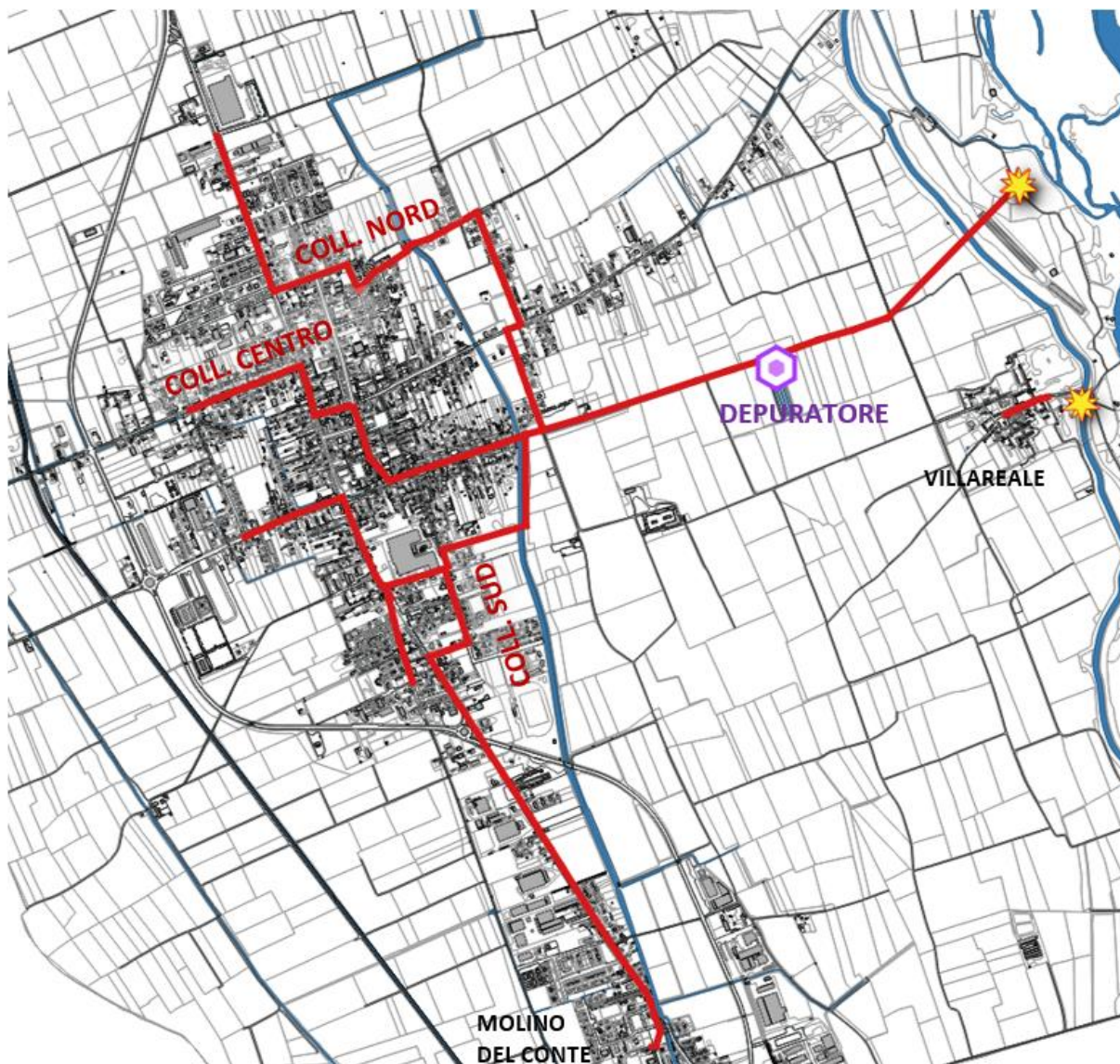
Nel Collettore Nord si immette la condotta che serve a gravità Via del Porto sino al civico 31; nel pozzetto estremo di monte della condotta, che si sviluppa in direzione est-ovest, si immette la condotta premente proveniente dalla stazione di sollevamento "Via del Porto", che riceve gli apporti del collettore a gravità avente verso ovest-est, che serve la parte orograficamente più bassa della Via del Porto.

La stazione di sollevamento di Via del Porto è dimensionata per una portata di 5 l/s e NON è dotata di scarico di troppo pieno; non essendo state rilevati, finora, episodi di insufficienza del pompaggio, si presume che gli apporti di acque meteoriche siano trascurabili; è indubbio, tuttavia, che un eventuale



blackout prolungato con fuori servizio delle pompe comporterebbe una tracimazione di acque reflue dai punti più bassi della rete connessa alla stazione.

Il Collettore Sud, in Molino del Conte, è interrotto da un nodo di pompaggio, realizzato per il superamento dell'interferenza di un cavo del Distretto Molino del Conte che attraversa la Via Trento; la camera pompe è idraulicamente connessa al pozzetto di valle dello stesso collettore, nel quale scarica anche la condotta premente delle pompe, con una tubazione di sfioro di troppo pieno, che si attiva quando la portata in arrivo supera la portata massima delle pompe.

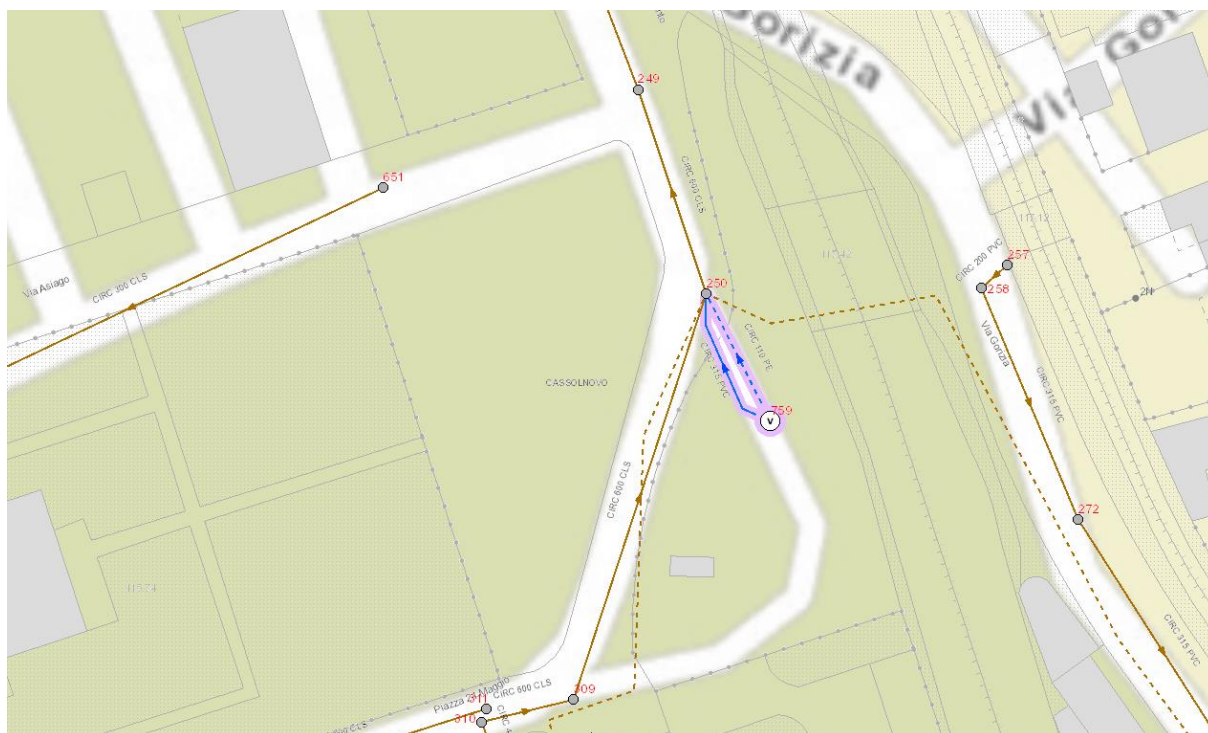


**Figura 13 – Collettori principali della rete fognaria del Capoluogo e di Molino del Conte**

Sullo stesso collettore di Via Trento, più a sud, in corrispondenza dell'aiuola di Piazza XXIV Maggio, è stata realizzata una vasca di invaso, con funzione di accumulo e laminazione delle acque che il collettore non riesce a smaltire in tempo di pioggia; la vasca sopperisce all'assenza di uno scaricatore delle acque di piena a servizio della stazione di sollevamento di Via Trento; la vasca ha una capacità di circa 55 m<sup>3</sup>.

La vasca è connessa al nodo identificato negli shape files di Pavia Acque con il codice "614" (o "250", da webgis), da cui si diparte una tubazione di troppo pieno che si attiva quando il livello del pozzetto

si alza per effetto del rigurgito della condotta di valle; lo svuotamento della vasca avviene mediante un sistema di pompaggio.



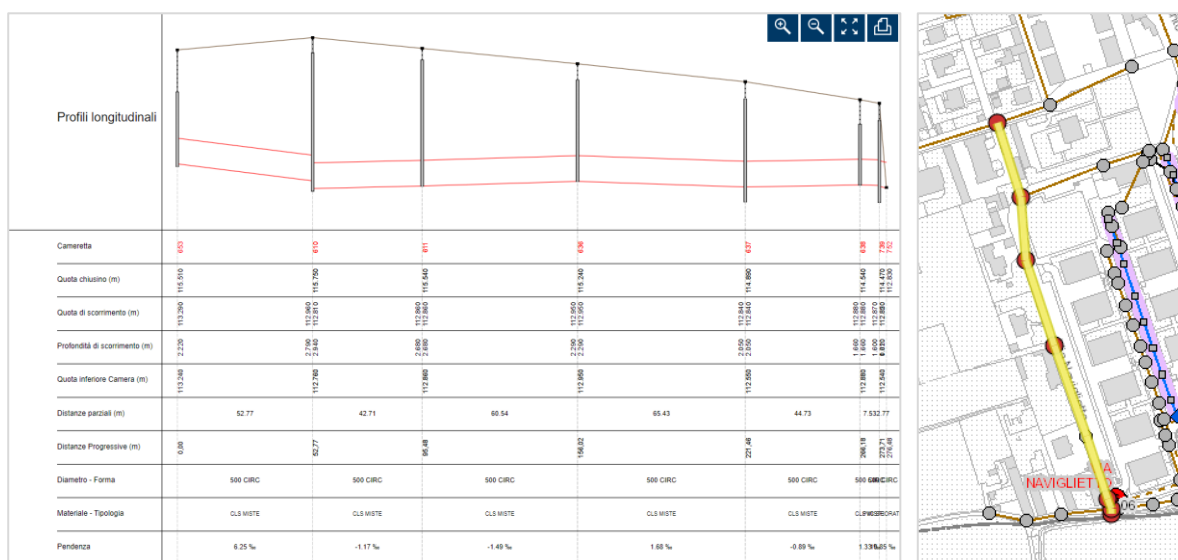
**Figura 14 - Fognatura all'incrocio Via Trento - Piazza XXIV Maggio. Nodo 759: Vasca di laminazione; Nodo 250: collegamento con Nodo 759, ingresso condotte prementi da Stazioni di sollevamento, ingresso collettore a gravità da Piazza XXIV Maggio e partenza Collettore per Via Trento.**

Nello stesso pozzetto (250) si immettono le condotte prementi provenienti dalle due stazioni di sollevamento di Via Gorizia e Via Naviglietto:

- la stazione di Via Gorizia riceve le acque reflue di un bacino scolante di circa 5 ettari, servito dal collettore a gravità che percorre Via Gorizia in direzione nord-sud; le acque meteoriche in eccesso rispetto alla portata dell'impianto di pompaggio (dimensionato per 8 l/s) vengono sfiorate e scaricate nel Naviglio Langosco, a valle dell'impianto idroelettrico, in sponda sinistra;
- la stazione di Via Naviglietto riceve gli apporti di un bacino proprio di circa 6 ettari servito da una rete che percorre Via Naviglietto, Piazza XXIV Maggio, Via Asiago, Via Trieste, Via Trento; le acque meteoriche in eccesso rispetto alla portata dell'impianto di pompaggio (dimensionato per 5 l/s) vengono sfiorate e scaricate in due punti: nel cavo scaricatore del Naviglio Langosco, che delimita a sud di Via Turbine il confine comunale di Cassolnovo, e nel Naviglio Langosco, al termine di Via Turbine; si evidenzia che il tratto di fognatura di Via Naviglietto risulta posato in contropendenza.



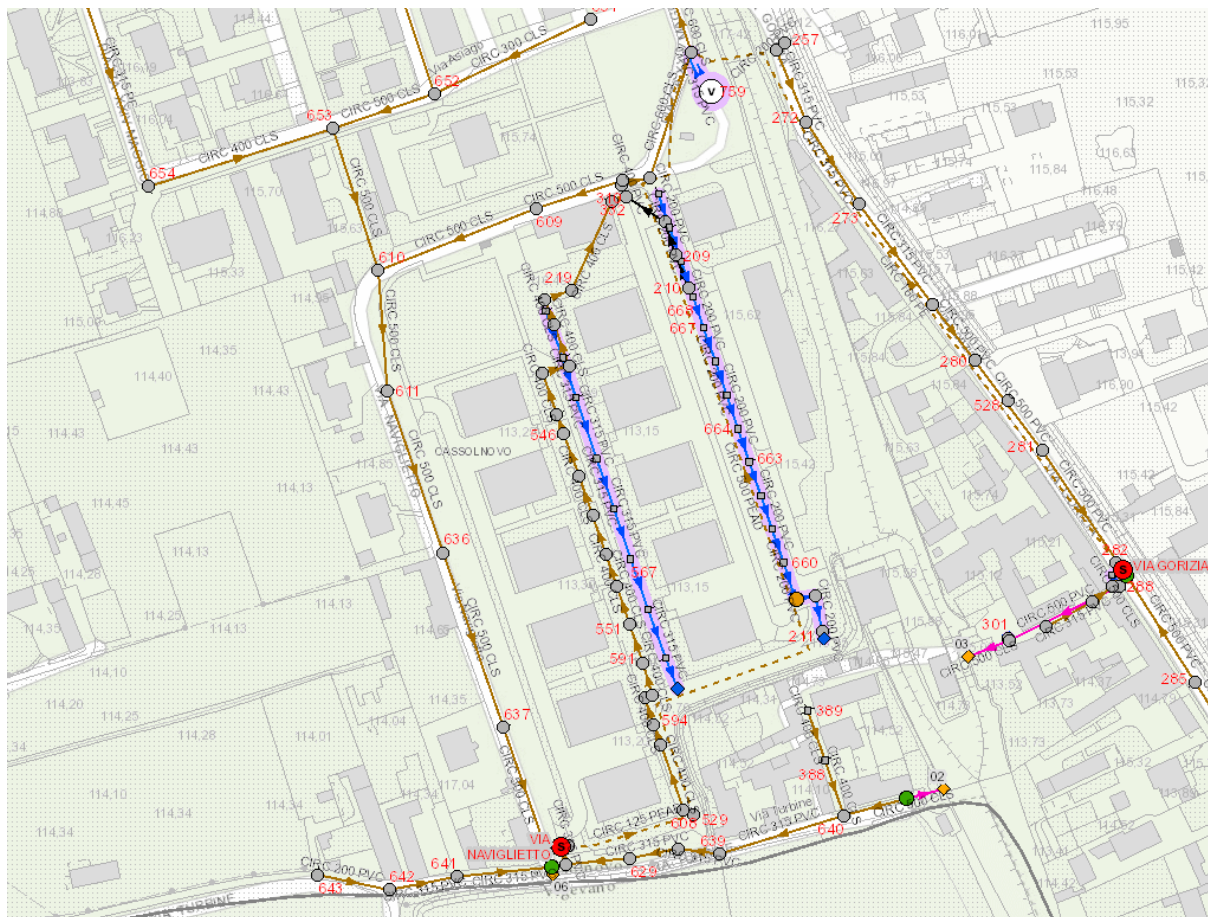
**Figura 15 – Fognatura Via Naviglietto: parziale occlusione dovuta alla contropendenza**



**Figura 16 - Fognatura Via Naviglietto: profilo altimetrico**



Si rilevano due tronchi indipendenti di rete esclusivamente meteorica in Via Naviglietto, con scarico diretto nello Scaricatore del Naviglio Langosco.



**Figura 17 – Rete fognaria di Molino del Conte: in blu, le due linee di rete meteorica con scarico indipendente**



### 7.1.2. Frazione Villareale

La frazione Villareale ha un'estensione urbanizzata di circa 5 ettari; è servita da una fognatura di tipo misto costituita da un collettore principale con diametri crescenti da 30 a 60 cm e direzione ovest-est, seguendo la naturale pendenza orografica; ai piedi della scarpata di Via Barbavara, poco prima del Naviglio Sforzesco, è realizzato un pozzetto sfioratore, che scolma le portate meteoriche verso il recapito superficiale (Naviglio Sforzesco), e indirizza le acque da inviare a depurazione ad una stazione di sollevamento di recente realizzazione che pompa i reflui direttamente all'impianto di depurazione di Via Montebello. Dalle informazioni desunte da Pavia Acque, l'impianto di sollevamento di Villareale è stato dimensionato per una portata minima di 5 l/s.

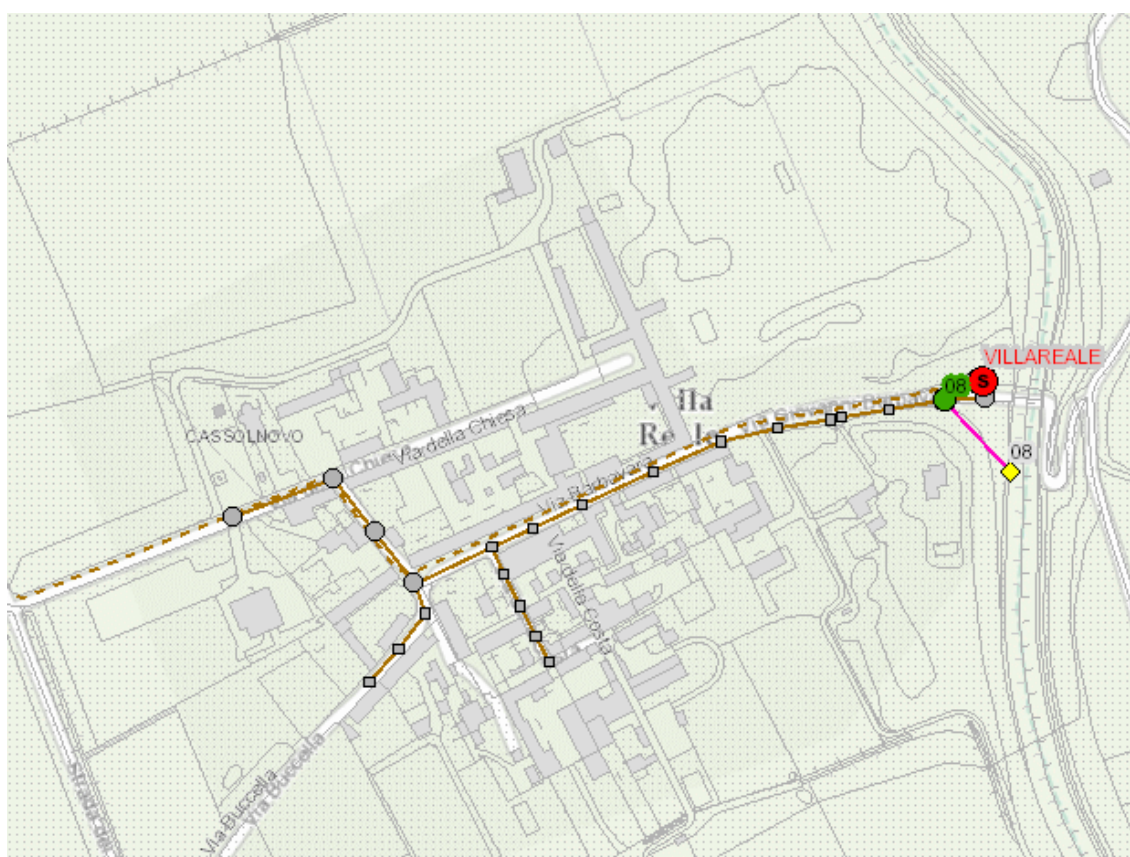


Figura 18 - Rete fognaria di Villareale

### 7.1.3. Frazione Villanova

L'urbanizzato della frazione Villanova è costituito essenzialmente da antichi cascinali e dal castello, su un'estensione di circa 10 ettari; la gestione delle acque meteoriche avviene principalmente mediante scarico diretto sul suolo o nei corpi idrici superficiali.

La frazione risulta attraversata da una condotta a gravità che percorre Via Castello in direzione nord-sud e sbocca, con scarico diretto senza trattamento, in un piccolo canale di colo che si immette, poco più avanti, nel Cavo delle Pile. La linea principale è costituita da tubazioni in cls di diametro crescente da 30 a 50 cm, con pozzetti dotati di griglie con funzione di caditoia.

La condotta è un fosso di colo tominato, che raccoglie le acque di dilavamento stradale e pochi allacciamenti civili, oltre ad una parte di acque irrigue di colo.



Figura 19 - Rete fognaria di Villanova



Figura 20 – Pozzetti, condotta e scarico della tombinatura di Villanova



## 7.2. Ricettori di scarichi fognari

| ID Scarico | Bacino drenato                                | Superficie bacino | Ricettore                             | Gestore                               |
|------------|-----------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 15067      | Cassolnovo                                    | 186 ha            | Fiume Ticino<br>(Ramo dei prati)      | A.I.P.O                               |
| 10         | Villanova                                     | 1 ha              | Cavo delle Pile                       | Privato<br>(Sig. Pietro Daghetta)     |
| 697        | Via Naviglietto<br>(stazione di sollevamento) | 5 ha              | Cavo Scaricatore del<br>Nav. Langosco | Associazione<br>Irrigazione Est Sesia |
| 745        |                                               |                   | Naviglio Langosco                     | Associazione<br>Irrigazione Est Sesia |
| 679        | Linea acque bianche<br>di Via Naviglietto     | 0,5 ha            | Cavo Scaricatore del<br>Nav. Langosco | Associazione<br>Irrigazione Est Sesia |
| 644        | Linea acque bianche<br>di Via Naviglietto     | 1 ha              | Cavo Scaricatore del<br>Nav. Langosco | Associazione<br>Irrigazione Est Sesia |
| 746        | Via Gorizia<br>(stazione di sollev.)          | 6 ha              | Naviglio Langosco                     | Associazione<br>Irrigazione Est Sesia |
| 744        | Villareale                                    | 5 ha              | Naviglio Sforzesco                    | Enel Greenpower                       |

Tabella 2 – Ricettori di scarico fognari



Figura 21 – Scarico 15067 (Cassolnovo) in Roggia Molinara di Gagliate



**Figura 22 - Scarico 744 (Villareale) nel Naviglio Sforzesco**



**Figura 23 – Scarichi 697, 745, 679, 644, 746; recapiti: Naviglio Langosco e Cavo Scaricatore Nav. Langosco**



**Figura 24 - Scarico 10 (Villareale) nel Cavo delle Pile**



## **8. VALUTAZIONI SULLA CAPACITA' DI SMALTIMENTO DEI RETICOLI RICETTORI**

### **8.1. Metodologia**

Lo Studio Comunale di Gestione del Rischio idraulico contiene una valutazione della capacità di smaltimento dei reticoli ricettori diversi dalla rete fognaria che ricevono e smaltiscono le acque meteoriche di dilavamento, utilizzando studi o rilievi di dettaglio degli stessi, qualora disponibili, o attraverso valutazioni di massima.

I corpi idrici ricettori individuabili sul territorio comunale sono costituiti da:

- Corpi idrici ricettori della rete fognaria: corpi idrici superficiali in cui recapitano gli scarichi della rete di drenaggio urbano, elencati al paragrafo 7.2, con indicazione dei rispettivi gestori;
- Canali di colo urbani: canalizzazioni a cielo aperto o parzialmente tombinate che ricevono acque di colo delle aree verdi urbane;
- Reticolo irriguo: corpi idrici superficiali che ricevono le acque di colo delle aree agricole extraurbane.

Non risultano disponibili, attualmente, studi idraulici sui corpi idrici ricettori presenti nel territorio comunale, fatta eccezione per il fiume Ticino, che costituisce recapito finale diretto delle acque depurate e delle acque sfiorate dallo scolmatore terminale della rete fognaria.

Si riportano pertanto alcune considerazioni in merito alla capacità di smaltimento dei ricettori, effettuate mediante valutazioni di massima.

### **8.2. Valutazioni di massima sulla capacità di smaltimento dei reticoli ricettori**

#### ***8.2.1. Corpi idrici ricettori della rete fognaria***

##### **Fiume Ticino**

Lo scarico terminale della rete fognaria di Cassolnovo si immette nel "Ramo degli orti" del fiume Ticino.

Il collettore finale della rete fognaria, a monte della derivazione per il depuratore, è costituito da una tubazione ovoidale in calcestruzzo di larghezza 120 cm e altezza 180 cm, avente pendenza 2,8 permille, a cui corrisponde una portata a pieno riempimento di 3,1 m<sup>3</sup>/s. Dai calcoli di simulazione effettuati e descritti al capitolo 9, risulta che tale collettore può essere sollecitato da portate fino a circa 4 m<sup>3</sup>/s (si chiarisce che il funzionamento "in pressione" della condotta consente una capacità di trasporto anche maggiore rispetto alla capacità calcolata a pieno riempimento).

E' evidente come il fiume Ticino, caratterizzato da un regime di portate ben maggiori, non abbia problemi di capacità ricettiva rispetto a tale scarico.

##### **Naviglio Langosco**

Il Naviglio Langosco è un canale artificiale realizzato ad uso irriguo e, successivamente, idroelettrico, alimentato dal fiume Ticino. Attraversa il territorio comunale di Cassolnovo da nord a sud, lambendo a est l'abitato del Capoluogo ed attraversando Molino del Conte ove è presente un salto idraulico



attrezzato con un manufatto di centrale idroelettrica e relativo bypass.

A valle del salto idraulico della centrale, nel Naviglio Langosco si immettono:

- lo scaricatore di piena della stazione di sollevamento di Via Gorizia, per il quale è stata calcolata una portata massima di circa 300 l/s per evento con TR 100 anni;
- uno scaricatore di piena della rete di Via Naviglietto, per il quale è stata calcolata una portata massima di circa 50 l/s, per evento con TR 100 anni.

Il canale ha sezione rettangolare, larghezza 10 m e una pendenza pari a circa lo 0,5 permille.

Applicando la nota formula di Gauckler-Strickler per il calcolo della portata in moto uniforme si può stimare che l'immissione di una portata di 350 l/s nell'alveo del Naviglio Langosco comporti un incremento di livello di 1-3 cm, del tutto trascurabile.

### **Naviglio Sforzesco**

Il Naviglio Sforzesco è uno dei più antichi canali irrigui derivati dal fiume Ticino, da cui trae origine tra Galliate e Trecate. Esso presenta un percorso sinuoso di circa 27 km, prima nella valle del Ticino, poi a mezza costa a partire da Cassolnovo fino a pervenire a Vigevano con un tratto in trincea; attraversata la città, si dirige al Tenimento di Villa Sforzesca, dove, raccogliendo le acque provenienti dal Sesia, dal Terdoppio e da fontanili, dà origine, con successive diramazioni, ad una complessa rete di canali che raggiungono i limiti sud-orientali della Lomellina.

Il Naviglio Sforzesco attraversa la fascia orientale del territorio comunale, appena sopra il terrazzamento fluviale della valle del Ticino. L'alveo è a sezione trapezia, rivestito in calcestruzzo.

La portata massima di competenza del canale è di 55 mc/s.

Il Naviglio Sforzesco accoglie lo scarico dello sfioratore situato a monte della stazione di sollevamento di Villareale, per una portata massima calcolata in circa 0,3 m<sup>3</sup>/s, del tutto trascurabili rispetto alla portata di competenza del canale e, se ne desume, ampiamente compatibili.

Il canale, rivestito in calcestruzzo, ha sezione trapezia, larghezza 10-15 m e una pendenza pari a circa lo 0,5 permille. Applicando la nota formula di Gauckler-Strickler per il calcolo della portata in moto uniforme si può stimare che l'immissione di una portata di 300 l/s nell'alveo del Naviglio Sforzesco comporti un incremento di livello di 1-2 cm, del tutto trascurabile.

### **Cavo Scaricatore del Naviglio Langosco**

Il Cavo Scaricatore del Naviglio Langosco è un corso d'acqua realizzato inizialmente con funzione di scaricatore delle acque del Naviglio Langosco a monte del salto della centrale idroelettrica; oggi tale funzione viene assolta dal manufatto di bypass adiacente alla centrale.

Il canale assolve pertanto essenzialmente la funzione di recapito delle acque meteoriche scaricate dalle reti urbane di Molino del Conte, oltre ad una piccola portata di acque di colo irriguo.

Complessivamente si stima che nel canale sia immessa una portata di circa 0,5-1 m<sup>3</sup>/s, pienamente compatibile con le dimensioni della canalizzazione.



### **8.2.2. Canali di colo urbani**

Il territorio urbano del capoluogo di Cassolnovo è attraversato da una rete di antichi canali per l'irrigazione degli orti, in parte tombinati, che spesso fungono da recapito delle acque meteoriche di dilavamento delle aree impermeabili private. Non è possibile stimare l'effettiva entità delle portate che sollecitano tali canali e non è peraltro nota, allo stato attuale, l'effettiva configurazione della rete dei canali. Non sono, tuttavia, state rilevate criticità in merito e si presume che la capacità ricettiva di tali canali sia compatibile con il relativo carico.

### **8.2.3. Reticolo irriguo**

Il territorio comunale di Cassolnovo è costituito per oltre il 70% da aree agricole, attraversate da un fitto reticolo di canali irrigui e di colo (v. paragrafo 4.2).

La gestione di tale reticolo è in capo a privati singoli o consorziati; si veda a tale scopo il Documento di Polizia Idraulica contenente l'identificazione del reticolo idrico comunale e l'elencazione dei rispettivi gestori.

Il reticolo idrico svolge, insieme alle aree campestri, un'importante funzione di raccolta e laminazione delle acque meteoriche, che trova un proprio equilibrio nelle capacità di invaso dei lotti agricoli, favorita dalle caratteristiche pianeggianti del territorio, di drenaggio dei suoli e nella interconnessione del reticolo stesso.

Non sono disponibili studi idraulici sulla rete dei canali irrigui che attraversano il territorio comunale. Dalle consultazioni con i Gestori, non risultano problematiche relative alla capacità di smaltimento del reticolo.



## 9. ANALISI DELLA CAPACITA' DI DRENAGGIO DELLA RETE FOGNARIA

### 9.1. Aspetti metodologici

L'analisi della capacità di drenaggio della rete fognaria del comune di Cassolnovo è stata effettuata mediante implementazione di un modello idrologico-idraulico in grado di simulare la risposta del reticolo idrico a determinate sollecitazioni meteoriche di input.

Per la simulazione idrologico - idraulica delle reti si è utilizzato il modello sviluppato dall'Agenzia Ambientale Americana EPA SWMM 5.2.

Il procedimento si è sviluppato secondo i seguenti passaggi:

1. Determinazione dei macrobacini che costituiscono la rete di drenaggio al fine di definire le modalità di costruzione dei modelli idraulici; in particolare, sono stati definiti i seguenti macrobacini indipendenti:
  - Capoluogo e Molino del Conte
  - Via Naviglietto
  - Via Gorizia
  - Villareale
2. Costruzione del modello geometrico, all'interno del software SWMM; la costruzione del modello geometrico consiste nella ricostruzione del reticolo idraulico all'interno del software, mediante la definizione di nodi e tronchi che compongono la rete fognaria e delle relative caratteristiche; in particolare, per i nodi (pozzetti): posizione planimetrica, quota altimetrica, profondità; per i tronchi (condotte): nodi di estremità, quota di immissione e sbocco, lunghezza, dimensioni, tipologia di sezione, coefficiente di scabrezza; vanno inoltre inserite le caratteristiche di nodi di sbocco, pompe, sfioratori, vasche di laminazione.
3. Definizione dei sottobacini: definizione planimetrica dei sottobacini gravanti sul reticolo di drenaggio ed individuazione dei rispettivi nodi di recapito;
4. Caratterizzazione idrologica dei sottobacini: definizione dei parametri necessari alla determinazione delle perdite idrologiche ed alla schematizzazione dell'afflusso in rete;
5. Definizione degli eventi meteorici, rappresentati da curve di intensità di precipitazione nel tempo, determinate come descritto al precedente paragrafo 6.2;
6. Prima processazione del modello, analisi dei risultati, verifica e taratura
7. Simulazione di eventi a diverso tempo di ritorno e analisi dei risultati.

### 9.2. Il codice di calcolo EPA SWMM

#### 9.2.1. Generalità

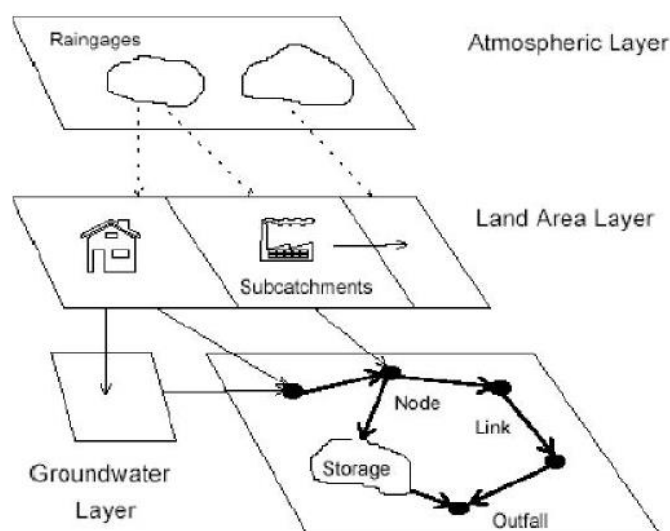
L'EPA Storm Water Management Model è un modello di simulazione idraulica afflussi - deflussi che, risolvendo le equazioni di De Saint Venant, consente di verificare il comportamento dei canali e delle condotte a seguito di un evento pluviometrico di progetto.

Il programma di calcolo SWMM lavora trasformando le piogge che precipitano sui sottobacini (nel

software denominati subcatchments) in portata che defluisce attraverso una rete di canali e collettori, tubazioni, dispositivi di stoccaggio e sistemi di trattamento, pompe, orifizi e regolatori.

La componente di afflusso di SWMM opera su un insieme di aree di sottobacino (Subcatchement), definito in tutte le proprie caratteristiche geometriche e idrologiche, su cui cade la pioggia descritta con dettaglio pluviometrico (Raingages).

In SWMM le varie grandezze sono considerate funzione dello spazio e del tempo e, nei diversi "subcatchments", sono considerate globali. Difatti, come primo passo viene elaborato l'idrogramma in uscita da ogni singolo sottobacino. Successivamente, proseguendo da monte verso valle, per ciascun canale è simulata l'interazione tra la risultante di tutti gli idrogrammi che si hanno per singolo sottobacino, con l'idrogramma del sottobacino diretto. Ovviamente, quanto più è accurata la discretizzazione dei sottobacini tanto più si avrà una simulazione che è in grado di rappresentare precisamente il fenomeno fisico reale.



**Figura 25 – Concettualizzazione di un'area di drenaggio in SWMM**

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

- 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;
- interscambio fra acqua freatica e la rete di fognatura.

Ogni componente di deflusso deve essere collegata ad un elemento puntuale della rete di drenaggio per consentirne l'ingresso nella componente di calcolo idraulico di convogliamento.

Tale componente è costituita da nodi e collegamenti all'interno dei quali possono essere definiti tutte le strutture costituenti la rete di deflusso comprese pompe, vasche, sfioratori, scarichi, ecc.

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 invaso e delle strutture di diversione. Questi includono:

- rete di drenaggio con numero di maglie illimitato;
- impiego di un'ampia varietà di tipologie di sezioni idrauliche 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;
- l'utilizzo del metodo dell'onda cinematica o dei metodi di percorso dinamici completi di propagazione dell'onda;
- modellazione di vari regimi di flusso, come il ristagno, il sovraccarico, l'inversione del flusso e l'accumulo di superficie;
- regole dinamiche di controllo stabilite dall'utente per simulare il funzionamento delle pompe, delle aperture dell'orifizio e dei livelli della sommità degli sbarramenti.

Mediante il calcolo dinamico in moto vario, è possibile tenere in debita considerazione la possibilità di inversione del moto all'interno delle condotte (fenomeni di rigurgito) e della corretta computazione dei volumi di esondazione e della pressione a cui sono sottoposte le reti per gli elevati tempi di ritorno di calcolo richiesti dalla vigente normativa.

### 9.2.2. Deflusso superficiale

Il software di calcolo SWMM per convertire l'eccesso di precipitazione in deflusso superficiale su un sottobacino utilizza un modello di serbatoio non lineare.

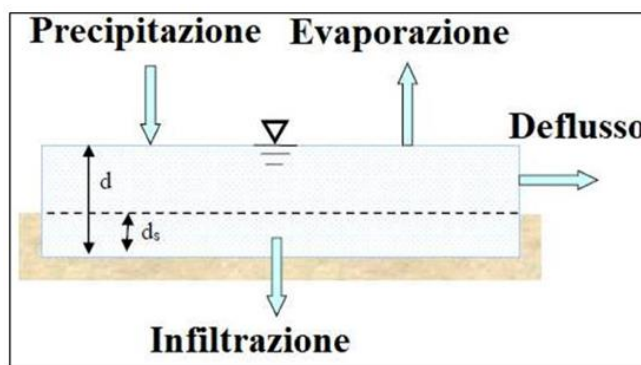


Figura 26 - Modello di serbatoio non lineare di un sottobacino nel software SWMM (EPA SWMM, 2016)

Il volume di questo serbatoio è rappresentato dalla massima capacità di immagazzinamento delle depressioni, ossia quel volume d'acqua intercettata da avvallamenti, sconnessioni delle superfici e ristagni. In questa schematizzazione, il sottobacino è soggetto agli afflussi di precipitazione (pioggia e scioglimento delle nevi) e alle perdite dovute all'evaporazione, all'infiltrazione e al deflusso superficiale.

Nel modello un sottobacino viene schematizzato come una superficie rettangolare, con una pendenza uniforme  $S$  e una larghezza  $W$ , che drena l'acqua superficiale attraverso un singolo canale di uscita.

Nel serbatoio di Figura 26, il deflusso superficiale per unità di superficie,  $qL$ , si verifica solo quando il livello dell'acqua  $d$  supera il limite massimo di depressione  $ds$ . Per il calcolo del deflusso superficiale per unità di superficie si può adottare l'equazione di Manning, nell'ipotesi che esso si comporti come una portata uniforme che scorre all'interno di un canale rettangolare con pendenza  $S$ .

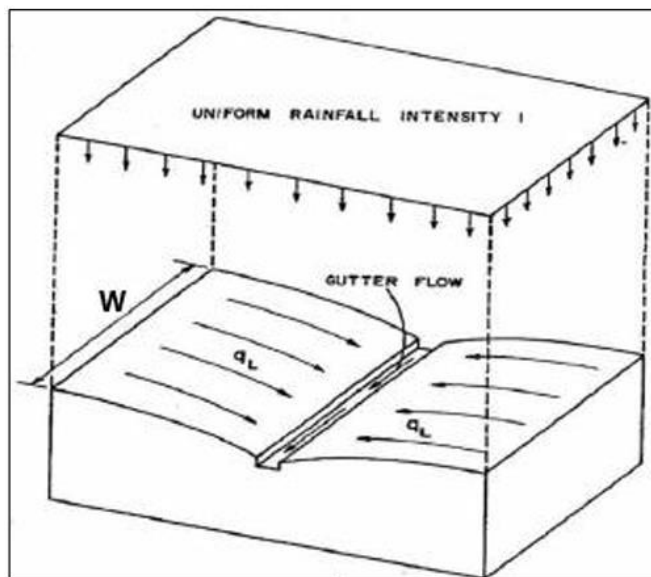


Figura 27 - Rappresentazione concettuale di un sottobacino (EPA SWMM, 2016).

### 9.2.3. Infiltrazione

Tra i modelli che SWMM offre per il calcolo dell'infiltrazione, è stato utilizzato quello di Horton, un modello fisico semplificato che offre una descrizione del fenomeno dell'infiltrazione basata sulle seguenti ipotesi:

- ogni tipologia di suolo è caratterizzata da una velocità di infiltrazione massima iniziale,  $f_0$ , ed una minima,  $f_c$ , al cui valore tende asintoticamente la velocità di infiltrazione, quando la durata dell'evento tende all'infinito;
- in ogni istante dell'evento la variazione della velocità di infiltrazione,  $df(t)/dt$ , è proporzionale alla differenza tra la velocità istantanea e quella finale.

Il modello di Horton si basa sulla seguente legge:

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

dove:

$f$  = capacità d'infiltrazione al tempo  $t$ ;

$f_0$  = valore massimo iniziale di  $f$ ;

$f_c$  = valore costante finale di  $f$  a suolo saturo;

$k$  = costante dipendente dalle caratteristiche del suolo;

$t$  = durata della pioggia.

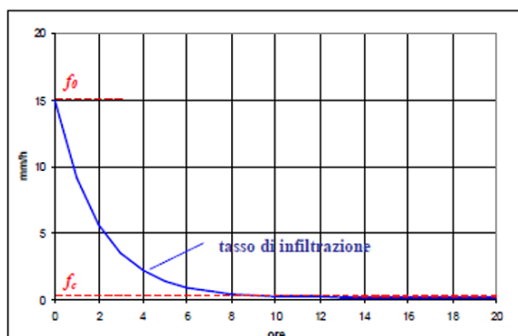


Figura 28 - Rappresentazione del tasso di infiltrazione secondo il modello di Horton

#### 9.2.4. Equazioni del processo di deflusso

Le simulazioni idrauliche effettuate dal modello si basano sull'integrazione delle equazioni di De Saint Venant che definiscono i fenomeni di moto vario attraverso un sistema di drenaggio.

L'equazione di conservazione della massa e l'equazione del momento possono essere espresse per un fluido attraverso un condotto nel seguente modo:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad [1]$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial (Q^2/A)}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f + gAh_L = 0 \quad [2]$$

dove:

- $x$  è la distanza lungo la condotta;
- $t$  il tempo;
- $A$  la sezione trasversale del liquido in condotta;
- $Q$  la portata defluita;
- $H$  il carico totale dell'acqua in condotta;
- $S_f$  rappresenta le perdite di carico per unità di lunghezza;
- $h_L$  sono le perdite di carico concentrate per unità di lunghezza;
- $g$  è il termine dell'accelerazione di gravità.

Il termine  $S_f$  può essere espresso secondo l'equazione di Manning come segue:

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

dove:

- $n$  è il parametro di scabrezza secondo Manning;
- $V$  la velocità della corrente;
- $R$  è il raggio idraulico della sezione;
- $K$  è il fattore di conversione delle unità di misura ( $K=1$  per il S.I.).

Le perdite concentrate  $h_L$  possono essere espresse come:

$$h_L = \frac{KV^2}{2gL}$$

dove:

- $K$  è il coefficiente della perdita locale;
- $L$  è la lunghezza della condotta.

Per risolvere le equazioni [1] e [2] su una singola condotta, è necessaria una serie di condizioni iniziali per  $H$  e  $Q$  al tempo iniziale  $t = 0$ , nonché le condizioni al contorno in  $x = 0$  e  $x = L$  per tutti i tempi  $t$ .

Quando si analizza una rete di condotte, una relazione di continuità supplementare è necessaria per i nodi di giunzione che collegano due o più condotte insieme. In SWMM si presume esistere una superficie continua di acqua tra l'altezza dell'acqua nel nodo e nelle condutture che entrano ed escono dal nodo stesso. Il cambiamento del carico  $H$  del nodo rispetto al tempo può essere espresso come:

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

dove:

- $A_{store}$  è l'area della superficie del nodo stesso;
- $\sum A_s$  è la superficie somma dei contributi delle condotte collegate al nodo;
- $\sum Q$  è il flusso netto nel nodo (afflusso - deflusso) composto da tutti i condotti connessi al nodo e dagli afflussi imposti dall'esterno.

Si noti che la profondità del flusso alla fine di un condotto collegato ad un nodo può essere calcolata come la differenza tra la quota del profilo nel nodo e la quota di fondo del condotto.

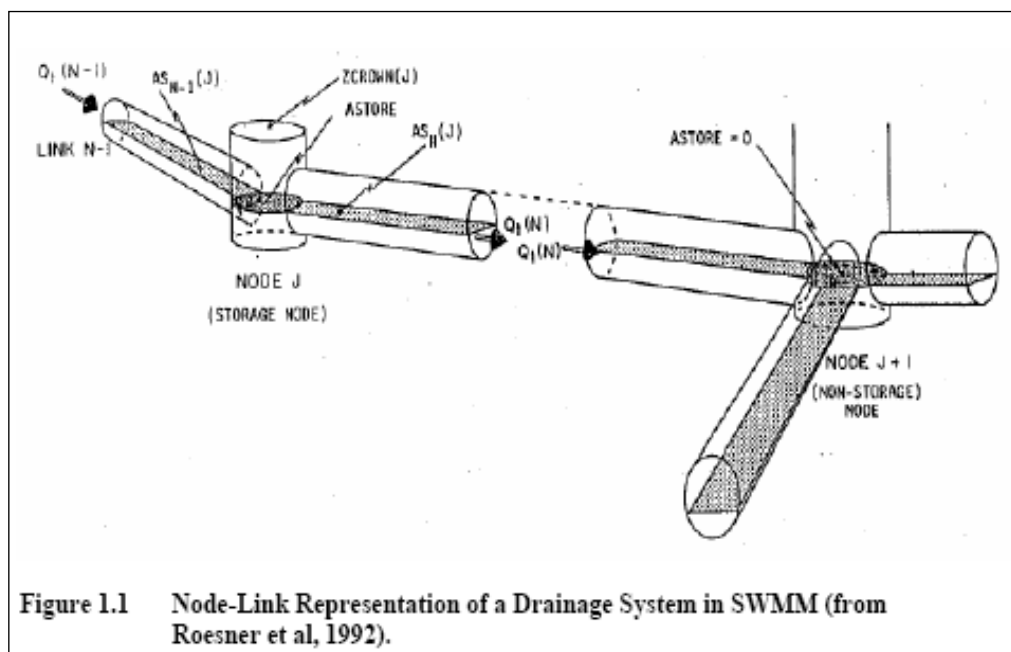


Figura 29 - Rappresentazione di un sistema di drenaggio in SWMM [Roesner et al. 1992]

Le equazioni [1], [2], e [3] sono risolte in SWMM convertendole in un insieme di formule esplicito alle differenze finite in grado di calcolare il flusso in ciascun condotto ed il carico a ogni nodo per ciascun  $\Delta t$  in funzione di valori noti al tempo  $t$ . La soluzione dell'equazione per il flusso in ciascun condotto è:

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

I termini individuali  $\Delta Q$  sono stati nominati per il tipo di forza che essi rappresentano e sono dati dalle seguenti espressioni:



$$\Delta Q_{gravity} = \frac{g\bar{A}(H_1 - H_2)\Delta t}{L}$$
$$\Delta Q_{inertial} = \frac{2\bar{V}(\bar{A} - A_1) + \bar{V}^2(A_2 - A_1)\Delta t}{L}$$

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

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

dove:

- $\bar{A}$  è l'area media della sezione di flusso nella condotta;
- $R$  il raggio idraulico medio nella condotta;
- $\bar{V}$  la velocità media di flusso nella condotta;
- $V_i$  la velocità del flusso a livello locale alla posizione i-esima lungo la condotta;  
 $K_i$  il coefficiente di perdita locale alla posizione i-esima lungo la condotta;
- $H_1$  il carico al nodo di monte della condotta;
- $H_2$  il carico al nodo di valle della condotta;
- $A_1$  l'area della sezione trasversale all'estremità di monte della condotta;
- $A_2$  l'area della sezione trasversale all'estremità di valle della condotta.

L'equazione risolta secondo il carico idraulico ad ogni nodo è:

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

dove  $\Delta Vol$  è il volume netto che passa attraverso il nodo al primo passo temporale d'integrazione dato da:

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

Il modello di calcolo SWMM risolve le equazioni [4] e [5], utilizzando un metodo di approssimazioni successive.

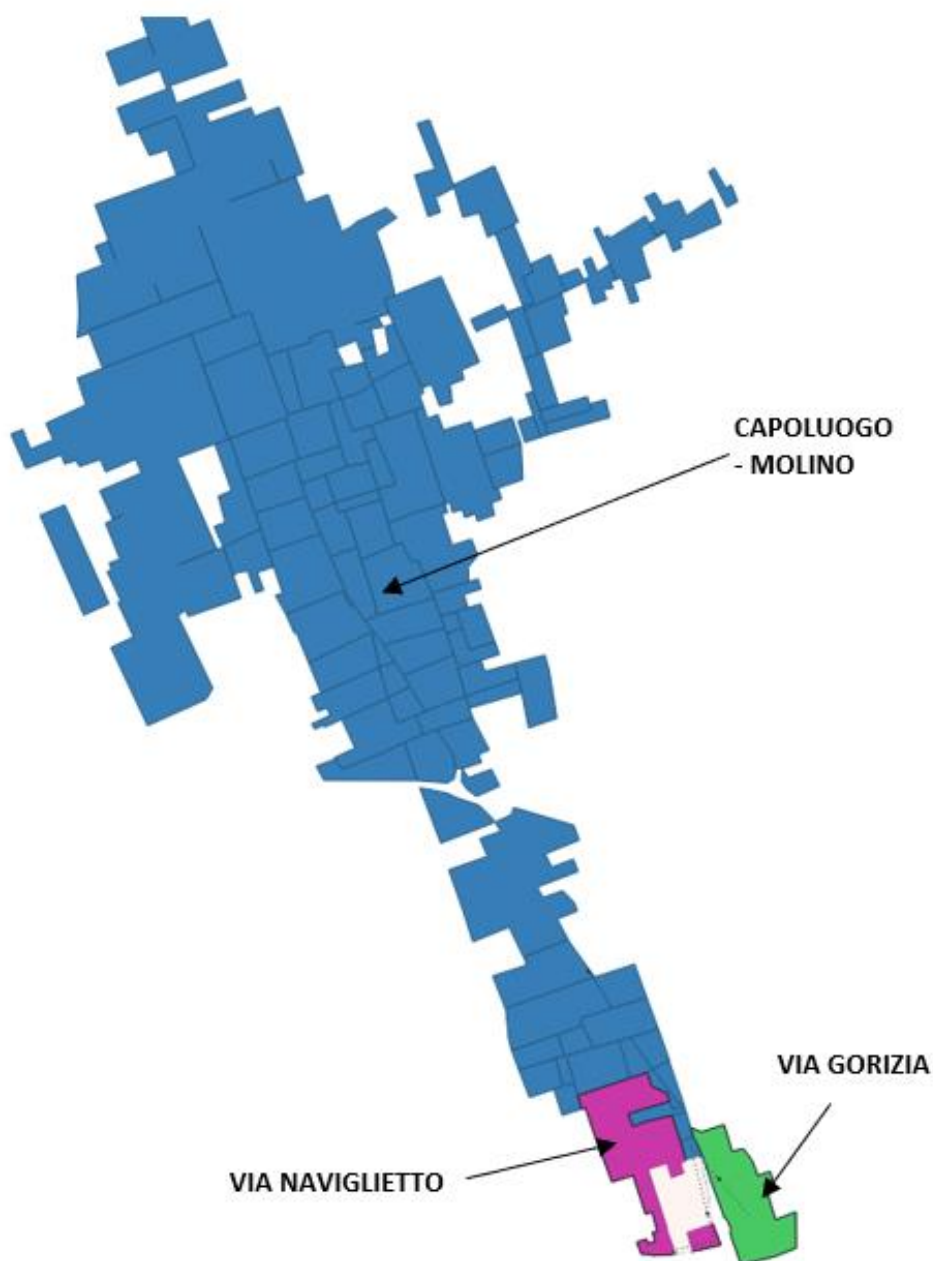
### 9.3. Costruzione del modello idrologico – idraulico

#### 9.3.1. Modello geometrico della rete

##### 9.3.1.1. GENERALITÀ

La rete di drenaggio del Capoluogo e della frazione Molino del Conte è stata riprodotta mediante n. 3 modelli geometrici indipendenti, corrispondenti ad altrettanti bacini indipendenti gravanti sui rispettivi scarichi in corpo idrico:

- Capoluogo-Molino del Conte
- Via Naviglietto
- Via Gorizia



**Figura 30 - Macrobacini del Capoluogo e fraz. Molino del Conte**



---

E' stata inoltre modellata la rete indipendente della Frazione Villareale.

Non sono stati modellate le seguenti reti:

- Via del Porto Est (bacino gravante sulla stazione di sollevamento Via del Porto), in quanto la rete di raccolta risulta prevalentemente di tipo nero, e, peraltro, non è dotata di scolmatore di piena;
- Viallanova, in quanto trattasi di collettore di drenaggio delle superfici stradali, di scarsa rilevanza.



### 9.3.1.2. CAPOLUOGO E MOLINO DEL CONTE

Il modello “Capoluogo-Molino del Conte” si compone di:

- n. 143 nodi di rete
- n. 1 scarico
- n. 145 tronchi, per complessivi 17 km di rete
- n. 1 stazione di sollevamento (Via Trento, con scarico di troppo pieno a gravità nel pozzetto di linea a valle)
- n. 1 invaso di laminazione (Piazza XXIV maggio)
- n. 3 immissioni da stazioni di sollevamento a servizio di altri bacini (Via Gorizia, Via Naviglietto, Via del Porto)



**Figura 31 - Capoluogo e Molino del Conte: Modello geometrico del reticolo fognario su SWMM**

Una volta ricostruita la rete, si è proceduto alla delimitazione dei sottobacini tributari (subcatchments), individuandone i relativi nodi di recapito, per un totale di:



- n. 139 sottobacini, per complessivi 186 ettari

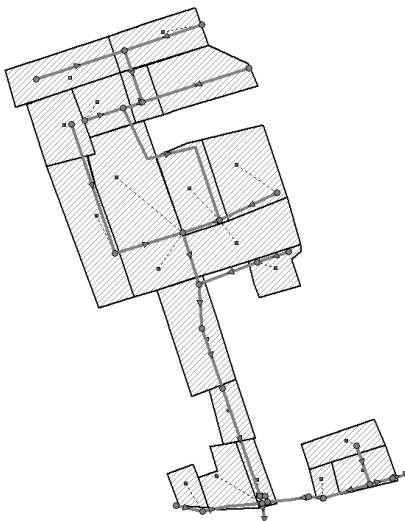
Il modello geometrico si estende su tutti il centro urbano del Capoluogo e della frazione, con l'eccezione delle seguenti aree:

- Via del Porto, tratto a est del civico 31, in quanto il bacino risulta indipendente perché sotteso ad una stazione di sollevamento (stazione Via del Porto,  $Q = 5 \text{ l/s}$ ); è stata assegnato al nodo di testa di Via del Porto un valore di "inflow" costante, pari alla portata di dimensionamento della stazione di sollevamento, assumendo che, in tempo di pioggia, tale valore costituisca l'effettivo contributo del bacino est di Via del Porto;
- Via Trieste / Piazza XXIV Maggio / Via Naviglietto, in quanto il bacino risulta indipendente perché sotteso ad una stazione di sollevamento (stazione Via Naviglietto,  $Q = 5 \text{ l/s}$ ); è stata assegnato al nodo 614 (recapito della condotta premente in Piazza XXIV maggio) un valore di "inflow" costante, pari alla portata di dimensionamento della stazione di sollevamento, assumendo che, in tempo di pioggia, tale valore costituisca l'effettivo contributo del bacino;
- Via Gorizia, in quanto il bacino risulta indipendente perché sotteso ad una stazione di sollevamento (stazione Via Gorizia,  $Q = 8 \text{ l/s}$ ); è stata assegnato al nodo 614 (recapito della condotta premente in Piazza XXIV maggio) un valore di "inflow" costante, pari alla portata di dimensionamento della stazione di sollevamento, assumendo che, in tempo di pioggia, tale valore costituisca l'effettivo contributo del bacino;
- Area produttiva a est della S.P. 206, in quanto non connessa alla fognatura.

#### 9.3.1.3. VIA NAVIGLIETTO

Il modello "Via Naviglietto", che comprende le aree gravanti sui collettori di Via Trieste / Piazza XXIV Maggio / Via Naviglietto, si compone di:

- n. 28 nodi di rete
- n. 2 scarichi
- n. 30 tronchi, per complessivi 1,4 km di rete
- n. 1 stazione di sollevamento (Via Naviglietto)
- n. 21 sottobacini, per complessivi 6,4 ettari

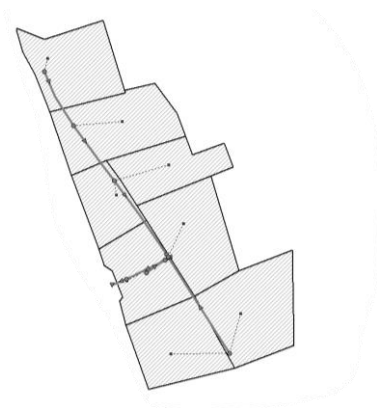


**Figura 32 – Via Naviglietto: Modello geometrico del reticolo fognario su SWMM**

#### 9.3.1.4. VIA GORIZIA

Il modello “Via Gorizia”, che comprende le aree gravanti sul collettore di Via Gorizia:

- n. 9 nodi di rete
- n. 1 scarico
- n. 9 tronchi, per complessivi 0,4 km di rete
- n. 1 stazione di sollevamento (Via Gorizia)
- n. 8 sottobacini, per complessivi 4,8 ettari
- 



**Figura 33 – Via Naviglietto: Modello geometrico del reticolo fognario su SWMM**

#### 9.3.1.5. FRAZIONE VILLAREALE

Il modello geometrico della rete di drenaggio della frazione Villareale si compone di:

- n. 13 nodi di rete
- n. 1 nodo di scarico
- n. 13 tronchi, per complessivi 550 m di rete
- n. 11 sottobacini, per complessivi 4,6 ettari.

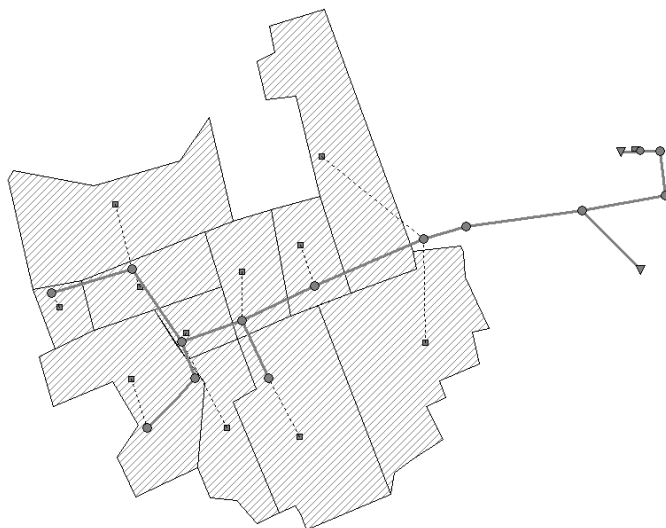




Figura 34 - Villareale: Modello geometrico del reticolo fognario su SWMM

### 9.3.2. Caratterizzazione idrologica dei sottobacini

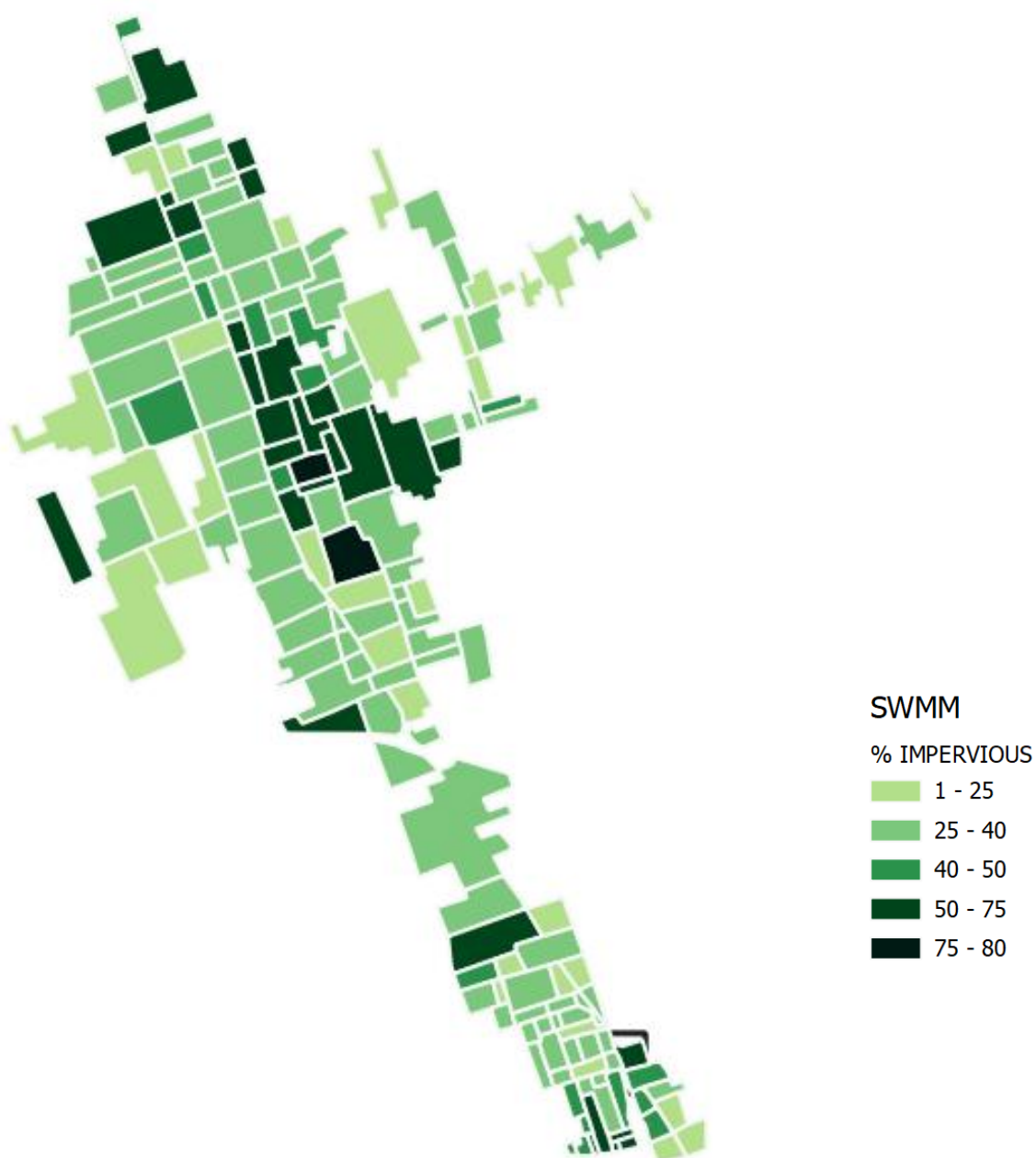
Per ogni sottobacino sono stati definiti i seguenti parametri:

| Parametro                 | Descrizione                                                                | Modalità di calcolo / Valore assegnato                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |       |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Area                      | Superficie totale del bacino                                               | Definita cartograficamente                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |       |
| Width                     | Larghezza equivalente del bacino                                           | Definita cartograficamente, in funzione della singola geometria di ciascun sottobacino                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |       |
| % Slope                   | Pendenza media del bacino                                                  | Definita cartograficamente mediante analisi del DTM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |       |
| % Imperv                  | Percentuale delle superfici impermeabili                                   | Definita mediante analisi del DUSAF:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |       |
|                           |                                                                            | Uso del Suolo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | % Imp |
|                           |                                                                            | Tessuto residenziale continuo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 75    |
|                           |                                                                            | Tessuto residenz. continuo mediam. denso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 60    |
|                           |                                                                            | Tessuto residenziale discontinuo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 40    |
|                           |                                                                            | Tessuto residenziale rado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 30    |
|                           |                                                                            | Tessuto residenziale sparso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 20    |
|                           |                                                                            | Insedimenti industriali                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 80    |
|                           |                                                                            | Insedimenti produttivi agricoli                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 50    |
|                           |                                                                            | Parchi e giardini                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 10    |
|                           |                                                                            | Aree agricole                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0     |
|                           |                                                                            | I valori sono stati poi corretti e adeguati mediante una seconda analisi di dettaglio su ORTOFOTO.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |       |
| N-Imperv                  | Indice di scabrezza di Manning sup. impermeab.                             | Valore di letteratura, definito in funzione delle caratteristiche dei bacini: <b>0,022</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |       |
| N-Perv                    | Indice di scabrezza di Manning sup. permeabili                             | Valore di letteratura, definito in funzione delle caratteristiche dei bacini: <b>0,15</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |       |
| Dstore-Imperv             | Profondità depressioni superficiali aree imperm.                           | Valore di letteratura: <b>2 mm</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |       |
| Dstore-Perv               | Profondità depressioni superficiali aree permeabili                        | Valore di letteratura: <b>6 mm</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |       |
| Subarea Routing, % Routed | Modalità di interscambio di deflusso tra le aree permeabili e impermeabili | Assegnando il valore <b>Pervious</b> , si assume che il deflusso generato da una parte (definita mediante il valore di %Routed) dell'area impermeabile del bacino viene trasferito all'area permeabile.<br>Tale assunzione tiene conto del fatto che molte aree impermeabili non risultano effettivamente connesse alla rete fognaria (scarichi diretti sul suolo o su reticolo irriguo superficiale). I valori di %Routed sono stati assegnati in funzione delle caratteristiche dei singoli sottobacini in un range compreso <b>tra 0 e 90%</b> . |       |
| Infiltration Data         | Modello di calcolo dell'infiltrazione e relativi parametri                 | E' stato adottato il modello di Horton, con i seguenti parametri (caratteristici per il tipo di suolo):<br>- capacità d'infiltrazione max iniziale: <b>200 mm/h</b><br>- capacità d'infiltrazione a suolo saturo: <b>12,7 mm/h</b><br>- costante di decadimento: <b>2 h<sup>-1</sup></b>                                                                                                                                                                                                                                                            |       |



Si riepilogano di seguito i principali valori medi per i bacini di Cassolnovo e Molino del Conte:

|                                                  | <b>Bacino indipendente</b> |                            |                        |
|--------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|
|                                                  | <b>Cassolo-<br/>Molino</b> | <b>Via<br/>Naviglietto</b> | <b>Via<br/>Gorizia</b> |
| Superficie totale ( <i>Area</i> )                | 186,1 ha                   | 6,4 ha                     | 4,8 ha                 |
| Superficie impermeabile totale ( <i>Aimp</i> )   | 70,3 ha                    | 2,3 ha                     | 1,8 ha                 |
| Percentuale sup. impermeabili ( <i>%Imperv</i> ) | 37,8 %                     | 35,9 %                     | 37,5%                  |
| Sup. imperm. non connessa (routing to pervious)  | 22,7 ha                    | 0,3 ha                     | 0,9 ha                 |
| Percentuale sup. imperm. idraulicamente connesse | 25,6 %                     | 31,2 %                     | 18,7 %                 |



**Figura 35 – Sottobacini Capoluogo e Molino d. C.: Valore del parametro %Imperv (indice di permeabilità)**

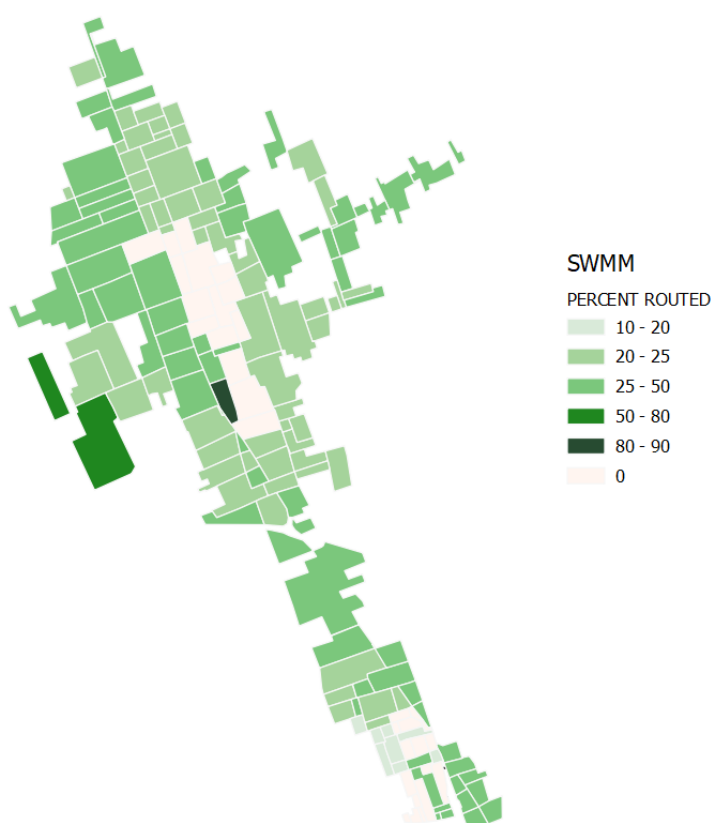
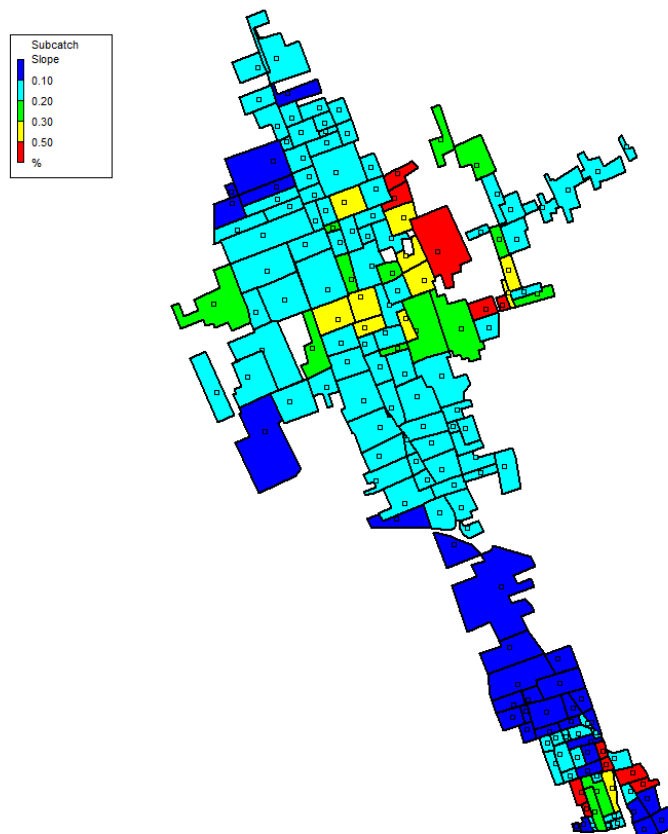


Figura 36 – Sottobacini Capoluogo e Molino d. C.: Valore del parametro PERCENT ROUTED (to PERVIOUS)

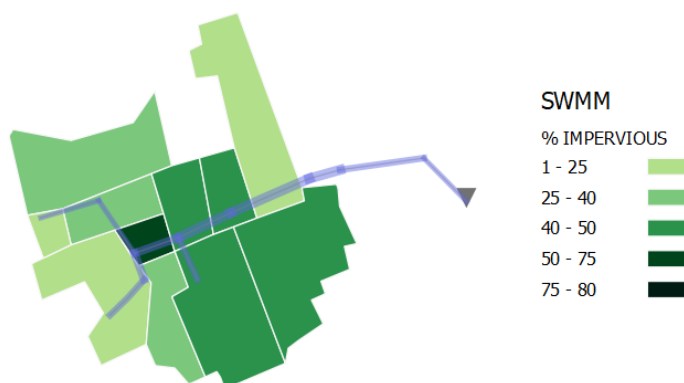




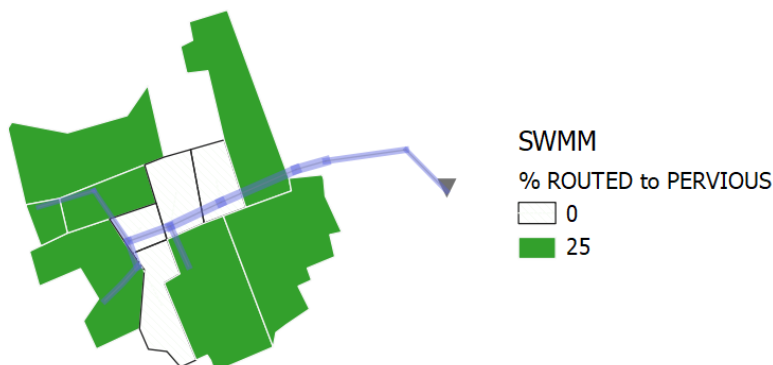
**Figura 37 – Sottobacini Capoluogo e Molino d. C.: Valore del parametro % Slope (pendenza media bacino)**

Si riepilogano di seguito i principali valori medi per il bacino di Villareale:

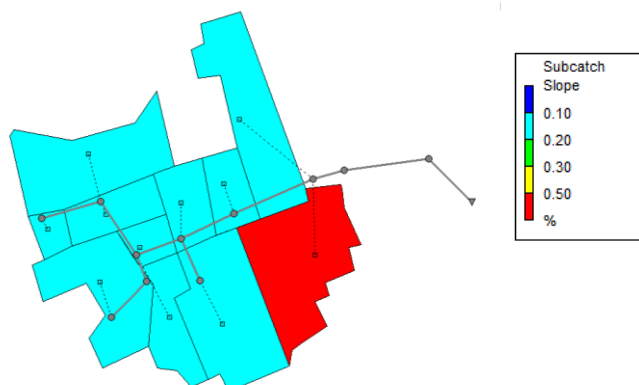
|                                                            |        |
|------------------------------------------------------------|--------|
| Superficie totale (Area)                                   | 4,6 ha |
| Superficie impermeabile totale (Aimp)                      | 1,7 ha |
| Percentuale superfici impermeabili (%Imperv)               | 37,0 % |
| Sup. impermeabile non connessa (routing to pervious)       | 0,3 ha |
| Percentuale superfici impermeabili idraulicamente connesse | 30,4 % |



**Figura 38 – Sottobacini Villareale: Valore del parametro %Imperv (indice di permeabilità)**



**Figura 39 – Sottobacini Villareale: Valore del parametro PERCENT ROUTED (to PERVIOUS)**



**Figura 40 – Sottobacini Villareale: Valore del parametro % Slope (pendenza media del bacino)**



### 9.3.3. Definizione degli afflussi

#### 9.3.3.1. BACINO CAPOLUOGO – MOLINO DEL CONTE

Gli afflussi al bacino sono stati definiti mediante inserimento di ietogrammi di pioggia, costruiti come indicato al precedente paragrafo 6.2.3. In particolare, sono stati introdotti n. 3 scenari, riferiti rispettivamente ad eventi con tempo di ritorno di 10, 50 e 100 anni.

Gli ietogrammi sono stati costruiti con metodo “Chicago”, e sono riferiti ad eventi meteorici di durata pari a 40 minuti, con discretizzazione a 5 minuti; le altezze sono state ragguagliate con metodo “Wallingford”, calcolato su superficie di 300 ettari.

Di seguito i principali valori di interesse per ciascun evento:

| TR       | t <sub>p</sub> | i <sub>max</sub> | h <sub>tot</sub> |
|----------|----------------|------------------|------------------|
| 10 anni  | 40 min         | 95,2 mm/h        | 33,4 mm          |
| 50 anni  | 40 min         | 131,5 mm/h       | 46,1 mm          |
| 100 anni | 40 min         | 147,7 mm/h       | 51,8 mm          |

**Tabella 3 – Afflussi al bacino Capoluogo-Molino del Conte; TR: tempo di ritorno; t<sub>p</sub>: durata evento meteorico; i<sub>max</sub>: intensità massima di pioggia; h<sub>tot</sub>: altezza totale di pioggia**

Non si è tenuto conto delle portate di scarico civili, in quanto di entità trascurabile rispetto alle portate meteoriche.

#### 9.3.3.2. VIA NAVIGLIETTO

Gli afflussi al bacino sono stati definiti mediante inserimento di ietogrammi di pioggia, costruiti come indicato al precedente paragrafo 6.2.3. In particolare, sono stati introdotti n. 3 scenari, riferiti rispettivamente ad eventi con tempo di ritorno di 10, 50 e 100 anni.

Gli ietogrammi sono stati costruiti con metodo “Chicago”, e sono riferiti ad eventi meteorici di durata pari a 20 minuti, con discretizzazione a 5 minuti.

Di seguito i principali valori di interesse per ciascun evento:

| TR       | t <sub>p</sub> | i <sub>max</sub> | h <sub>tot</sub> |
|----------|----------------|------------------|------------------|
| 10 anni  | 20 min         | 107,5 mm/h       | 25,3 mm          |
| 50 anni  | 20 min         | 148,3 mm/h       | 34,9 mm          |
| 100 anni | 20 min         | 166,7 mm/h       | 39,3 mm          |

**Tabella 4 – Afflussi al bacino Via Naviglietto; TR: tempo di ritorno; t<sub>p</sub>: durata evento meteorico; i<sub>max</sub>: intensità massima di pioggia; h<sub>tot</sub>: altezza totale di pioggia**

Non si è tenuto conto delle portate di scarico civili, in quanto di entità trascurabile rispetto alle portate meteoriche.



#### 9.3.3.1. VIA GORIZIA

Gli afflussi al bacino sono stati definiti mediante inserimento di ietogrammi di pioggia, costruiti come indicato al precedente paragrafo 6.2.3. In particolare, sono stati introdotti n. 3 scenari, riferiti rispettivamente ad eventi con tempo di ritorno di 10, 50 e 100 anni.

Gli ietogrammi sono stati costruiti con metodo "Chicago", e sono riferiti ad eventi meteorici di durata pari a 20 minuti, con discretizzazione a 5 minuti.

Di seguito i principali valori di interesse per ciascun evento:

| TR       | $t_p$  | $i_{max}$  | $h_{tot}$ |
|----------|--------|------------|-----------|
| 10 anni  | 20 min | 107,5 mm/h | 25,3 mm   |
| 50 anni  | 20 min | 148,3 mm/h | 34,9 mm   |
| 100 anni | 20 min | 166,7 mm/h | 39,3 mm   |

**Tabella 5 – Afflussi al bacino Via Naviglietto; TR: tempo di ritorno;  $t_p$ : durata evento meteorico;  $i_{max}$ : intensità massima di pioggia;  $h_{tot}$ : altezza totale di pioggia**

Non si è tenuto conto delle portate di scarico civili, in quanto di entità trascurabile rispetto alle portate meteoriche.

#### 9.3.3.2. VILLAREALE

Gli afflussi al bacino sono stati definiti mediante inserimento di ietogrammi di pioggia, costruiti come indicato al precedente paragrafo 6.2.3. In particolare, sono stati introdotti n. 3 scenari, riferiti rispettivamente ad eventi con tempo di ritorno di 10, 50 e 100 anni.

Gli ietogrammi sono stati costruiti con metodo "Chicago", e sono riferiti ad eventi meteorici di durata pari a 20 minuti, con discretizzazione a 5 minuti.

Di seguito i principali valori di interesse per ciascun evento:

| TR       | $t_p$  | $i_{max}$  | $h_{tot}$ |
|----------|--------|------------|-----------|
| 10 anni  | 20 min | 107,5 mm/h | 25,3 mm   |
| 50 anni  | 20 min | 148,3 mm/h | 34,9 mm   |
| 100 anni | 20 min | 166,7 mm/h | 39,3 mm   |

**Tabella 6 – Afflussi al bacino Villareale; TR: tempo di ritorno;  $t_p$ : durata evento meteorico;  $i_{max}$ : intensità massima di pioggia;  $h_{tot}$ : altezza totale di pioggia**

Non si è tenuto conto delle portate di scarico civili, in quanto di entità trascurabile rispetto alle portate meteoriche.



#### **9.3.4. Processi di simulazione e taratura del modello**

La simulazione è stata effettuata per i seguenti scenari:

| BACINO           | TEMPO DI RITORNO | DURATA PIOGGIA | DURATA SIMULAZIONE |
|------------------|------------------|----------------|--------------------|
| CAPOLUOGO-MOLINO | 10 ANNI          | 40 MINUTI      | 360 MINUTI         |
|                  | 50 ANNI          |                |                    |
|                  | 100 ANNI         |                |                    |
| VIA NAVIGLIETTO  | 10 ANNI          | 20 MINUTI      | 60 MINUTI          |
|                  | 50 ANNI          |                |                    |
|                  | 100 ANNI         |                |                    |
| VIA GORIZIA      | 10 ANNI          | 20 MINUTI      | 60 MINUTI          |
|                  | 50 ANNI          |                |                    |
|                  | 100 ANNI         |                |                    |
| VILLAREALE       | 10 ANNI          | 20 MINUTI      | 60 MINUTI          |
|                  | 50 ANNI          |                |                    |
|                  | 100 ANNI         |                |                    |

**Tabella 7 – Scenari di simulazione**

Le durate totali delle simulazioni sono risultate sufficienti a comprendere interamente i rispettivi idrogrammi di deflusso della piena alle sezioni finali.

La simulazione è stata effettuata, in prima battuta, sull'evento riferito a 10 anni di tempo di ritorno, rispetto al quale si è proceduto ad effettuare una taratura del modello.

La taratura di un modello di calcolo idraulico consiste in un processo volto a determinare quei valori dei parametri del modello che permettono di massimizzare l'attendibilità della simulazione operata dal modello.

Non essendo disponibili dati pluviometrici né idrometrici relativi al bacino in esame, non è stato possibile effettuare la taratura del modello con riferimento a dati empirici.

Pertanto, si è provveduto ad una verifica dei risultati del modello mediante comparazione dei risultati con quelli derivanti da altri metodi di calcolo (metodo dell'invaso lineare), comparazione risultata sufficientemente coerente.

Inoltre, si è provveduto ad un adeguamento di alcuni parametri (in particolare, quelli che determinano le perdite idrologiche) al fine di ricondurre gli effetti dell'evento con tempo di ritorno di 10 anni (evento classificabile come "frequente") a quella che risulta l'esperienza riscontrata sul territorio, ossia all'assenza di episodi di allagamento; in particolare, avendo riscontrato sul territorio la presenza di numerose situazioni di aree impermeabili non direttamente collettate alla rete di drenaggio, si è agito sul parametro *Percent Routed*, che determina la percentuale delle aree impermeabili di ciascun sottobacino il cui deflusso viene trasferito alle aree permeabili.

I parametri rappresentati nelle figure ai paragrafi precedenti sono quelli definitivi, risultati dalle operazioni sopra descritte.



## 9.4. Analisi dei risultati: Capoluogo e Molino del Conte

### 9.4.1. Tempo di ritorno 10 anni

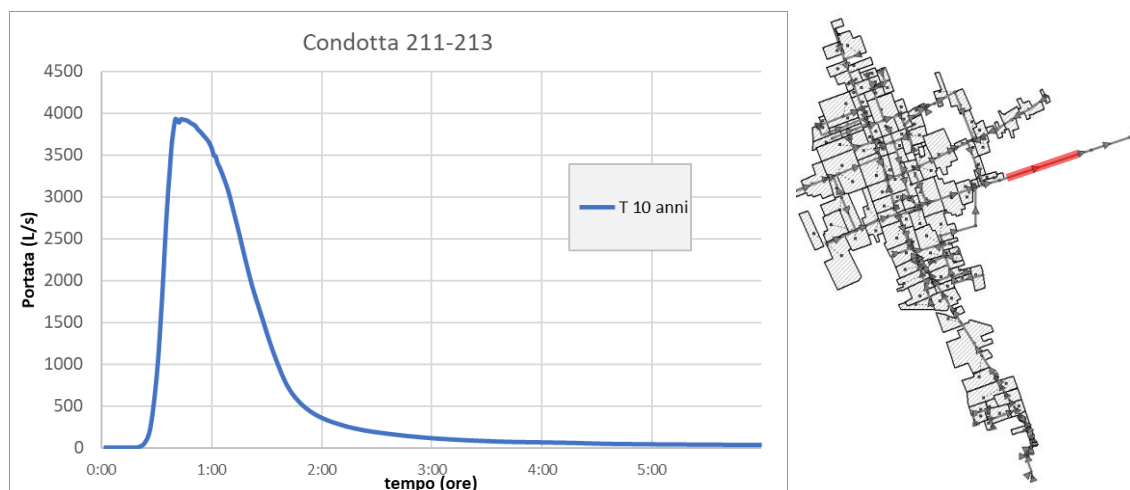
#### 9.4.1.1. RISULTATI DELLA SIMULAZIONE

Nella seguente Tabella 8 sono riportati i valori di riepilogo della simulazione per evento con T 10 anni.

|                     |                                  | Bacino: | CAPOLUOGO - MOLINO    |                       |
|---------------------|----------------------------------|---------|-----------------------|-----------------------|
| Evento              | Tempo di ritorno                 |         | 10 anni               |                       |
|                     | Durata evento                    |         | 40 minuti             |                       |
|                     | Durata simulazione               |         | 360 minuti            |                       |
| Processo idrologico | Precipitazione totale            |         | 33,4 mm               | 62.160 m <sup>3</sup> |
|                     | Perdite per infiltrazione        |         | 24,6 mm               | 45.830 m <sup>3</sup> |
|                     | Perdite per ritenzione           |         | 1,0 mm                | 1.820 m <sup>3</sup>  |
|                     | Deflusso superficiale            |         | 7,8 mm                | 14.520 m <sup>3</sup> |
| Processo idraulico  | Afflusso in rete dai sottobacini |         | 14.523 m <sup>3</sup> |                       |
|                     | Altri afflussi esterni           |         | 389 m <sup>3</sup>    |                       |
|                     | Scarico nei ricettori finali     |         | 13.408 m <sup>3</sup> |                       |
|                     | Perdite per tracimazione         |         | 704 m <sup>3</sup>    |                       |
|                     | Volume finale accumulato in rete |         | 626 m <sup>3</sup>    |                       |

**Tabella 8 – Capoluogo-Molino: Risultati della simulazione SWMM – T 10 anni**

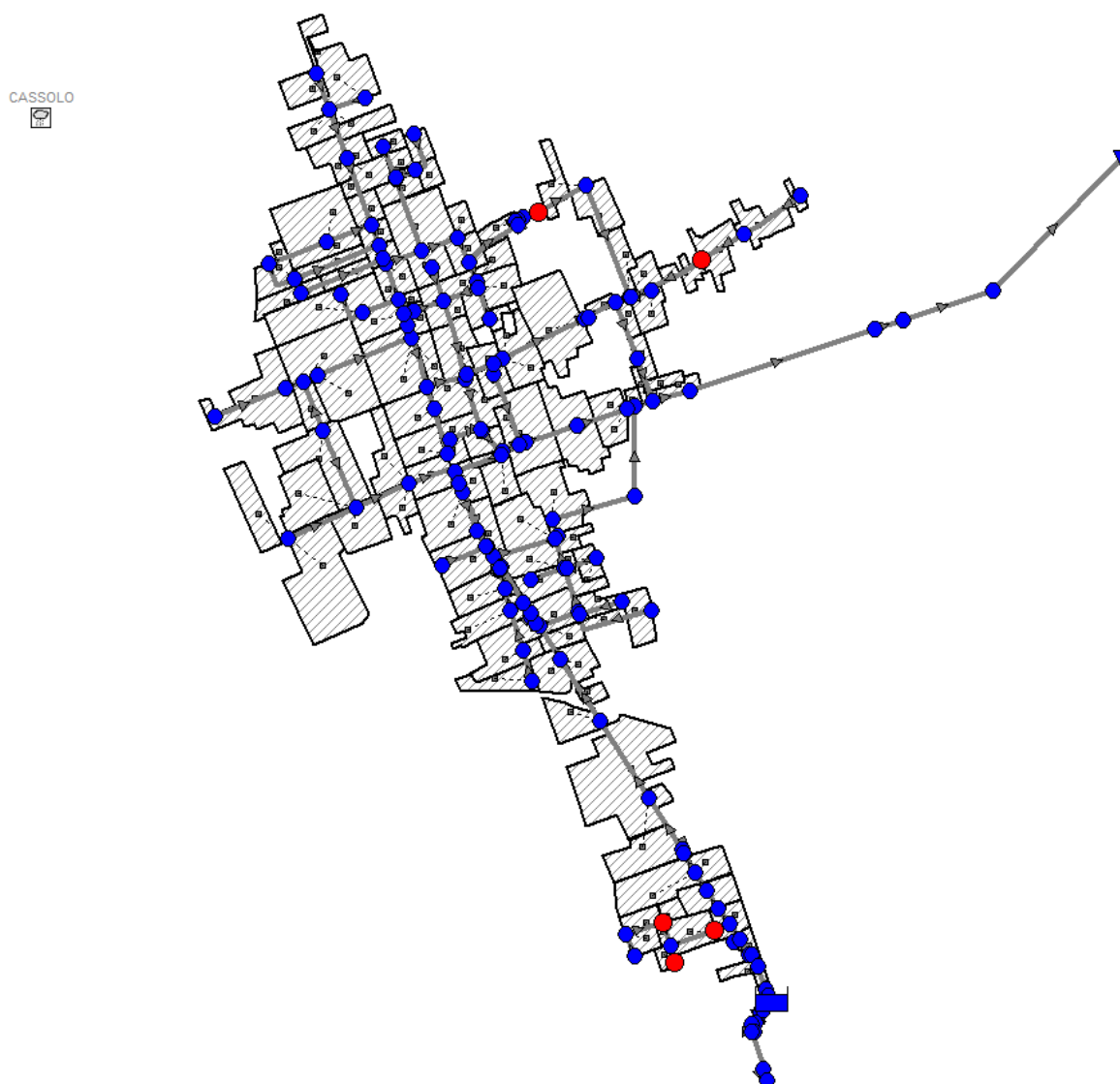
Il seguente idrogramma rappresenta il deflusso nel tronco 211-213, tronco terminale del collettore, in via Montebello, a monte dell'impianto di depurazione. L'idrogramma evidenzia la portata massima, pari a circa 4 m<sup>3</sup>/s.



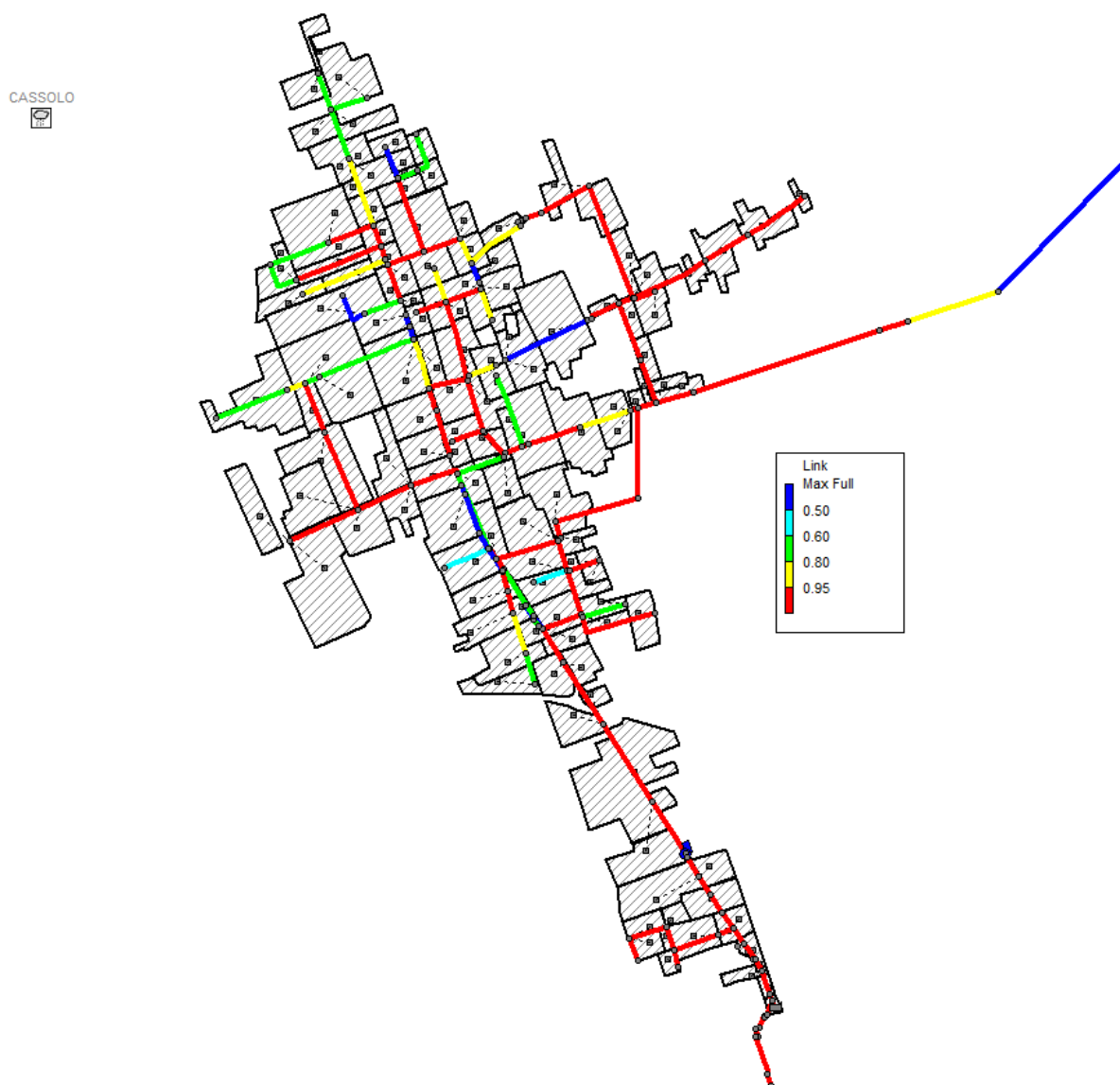
**Figura 41 – Idrogramma tronco 211-213 per T 10 anni**



Le seguenti *Figura 42 – Simulazione T 10 anni: Rappresentazione dei nodi soggetti a tracimazione* e *Figura 43 – Simulazione T 10 anni: Rappresentazione del massimo grado di riempimento* forniscono una visione di insieme delle principali criticità emerse dalla simulazione, ossia la sollecitazione idraulica delle condotte e l'insufficienza che si manifesta mediante sbocco ai pozzetti.



**Figura 42 – Simulazione T 10 anni: Rappresentazione dei nodi soggetti a tracimazione (in rosso)**

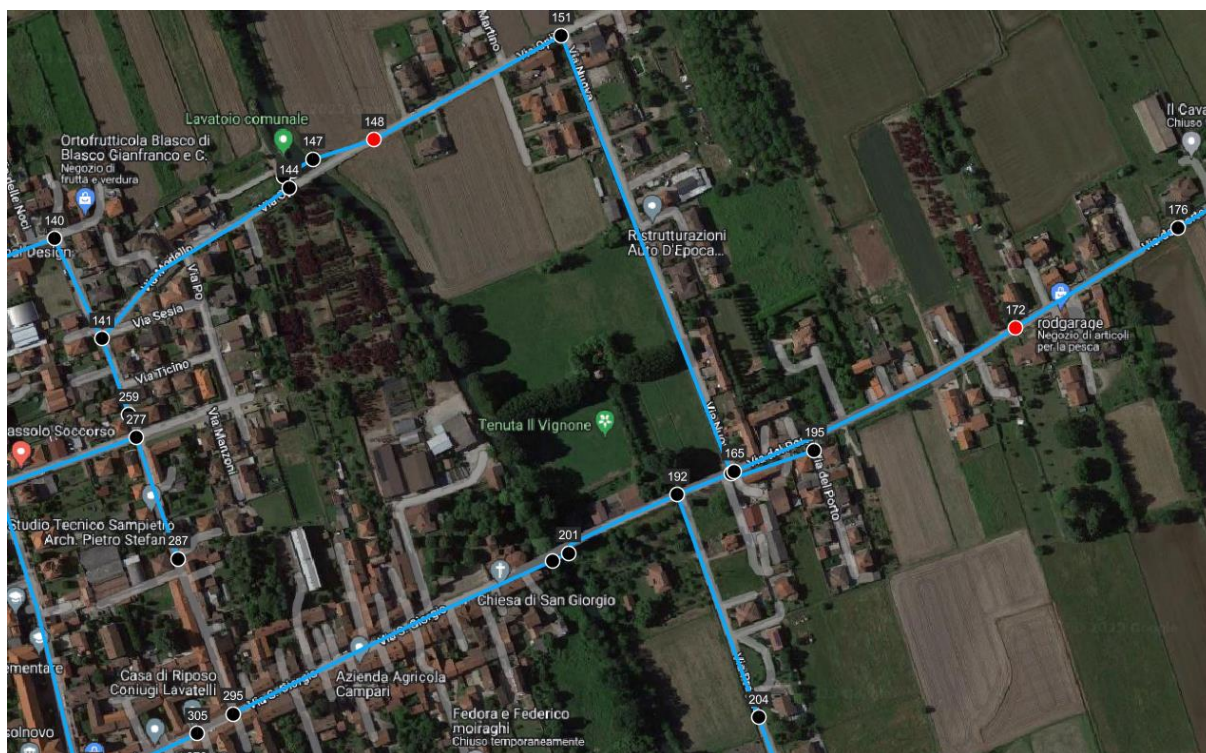


**Figura 43 – Simulazione T 10 anni: Rappresentazione del massimo grado di riempimento delle condotte**

#### 9.4.1.2. ANALISI DELLE CRITICITÀ

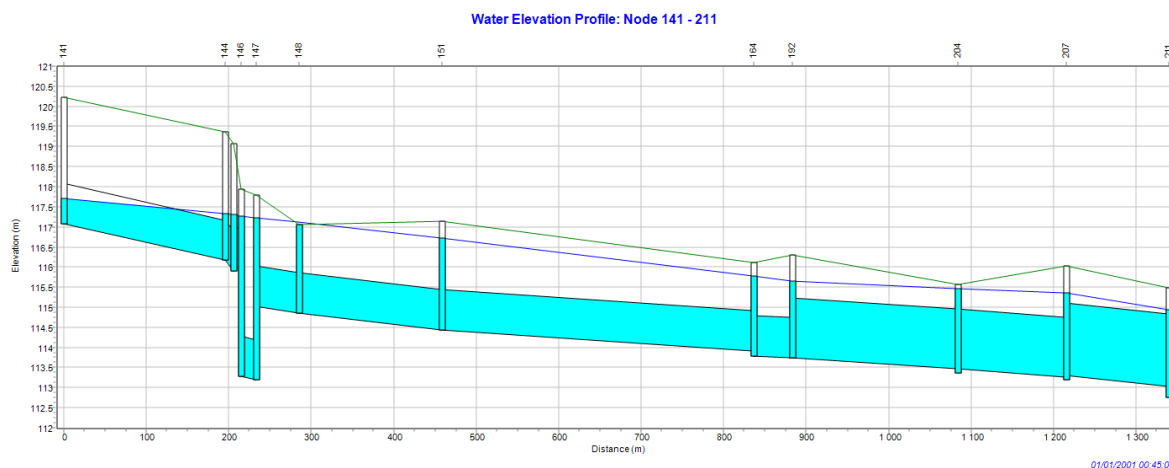
L'analisi delle mappe e dei report di calcolo evidenzia una generale condizione di sovraccarico della rete, con numerosi tronchi in condizioni di pieno riempimento e n. 5 nodi in condizioni di tracimazione:

- Nodo 148 in via Opri
- Nodo 172, in Via del Porto
- Nodi 587, 594, 592 in Via Baldacchini – Via Udine



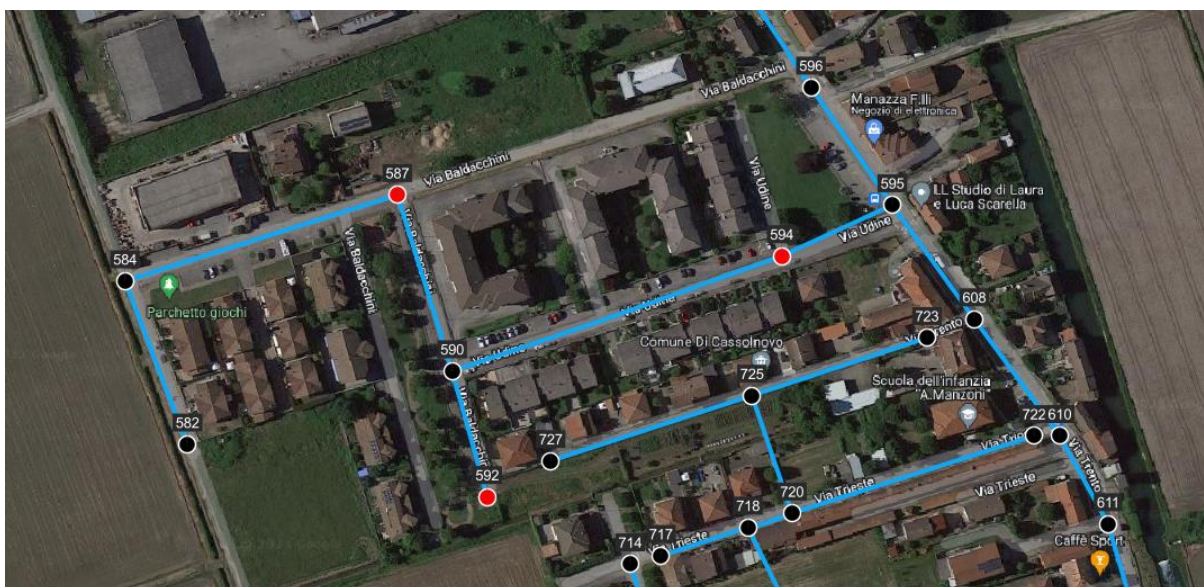
**Figura 44 – Nodi critici per T10 anni: nodo 172 in via del Porto**

Il nodo 148 è situato sul collettore principale che riceve i contributi dell'area settentrionale del capoluogo; il collettore risulta in condizione di pieno riempimento, con quota della piezometrica che, in corrispondenza del nodo 148, supera il piano campagna, causando la tracimazione.



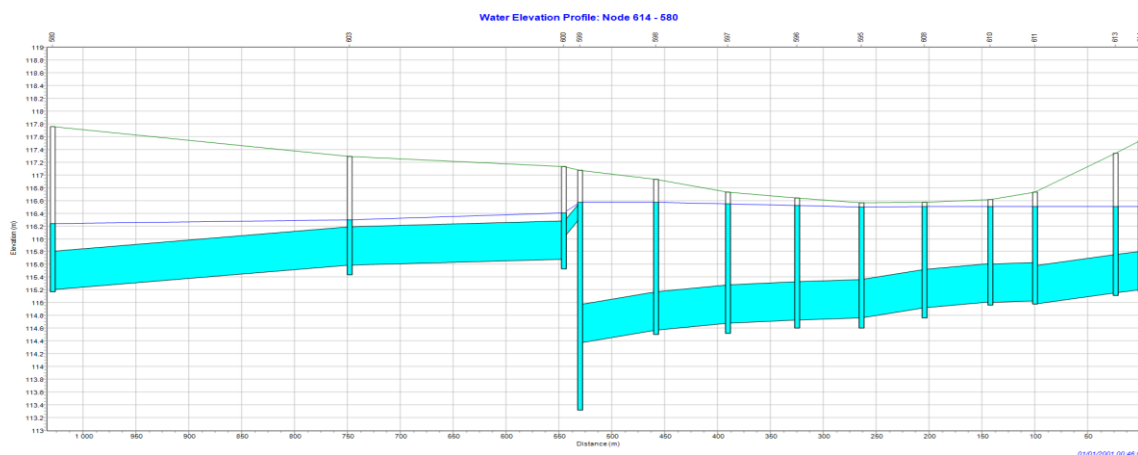
**Figura 45 – Profilo idraulico del collettore principale nord (Via Modello – Via Opii – Via Nuova – Via Montebello); configurazione al tempo 00:45, per evento T 10 anni.**

Un'analisi critica dei profili idrici nel collettore mostra come l'insufficienza del nodo 172 si manifesti a seguito del rigurgito che il collettore principale nord genera nella condotta di Via del Porto. La condotta di Via del Porto non è, di per sé, insufficiente, ma risente del sovraccarico del collettore principale, su cui insiste l'intero centro urbano.



**Figura 46 – Nodi critici per T10 anni: nodi 587, 592, 594 in via Baldacchini / Via Udine**

Anche la rete di Via Udine e Via Baldacchini, risulta in crisi a causa del rigurgito generato dal collettore principale di Via Trento.



**Figura 47 – Profilo idraulico del collettore di Via Trento; configurazione al tempo 00:47, per evento T 10 anni.**

#### 9.4.1.3. CONCLUSIONI

L'evento meteorico con tempo di ritorno di 10 anni comporta una importante sollecitazione del reticolo fognario, con completo riempimento di buona parte dei collettori principali, oltre che di rami secondari della rete. L'insufficienza si manifesta puntualmente in 3 zone distinte, ove si verificano tracimazioni ai pozzetti di rete: Via degli Opii, Via del Porto, Via Baldacchini/Via Udine.



### 9.4.2. Tempo di ritorno 50 anni

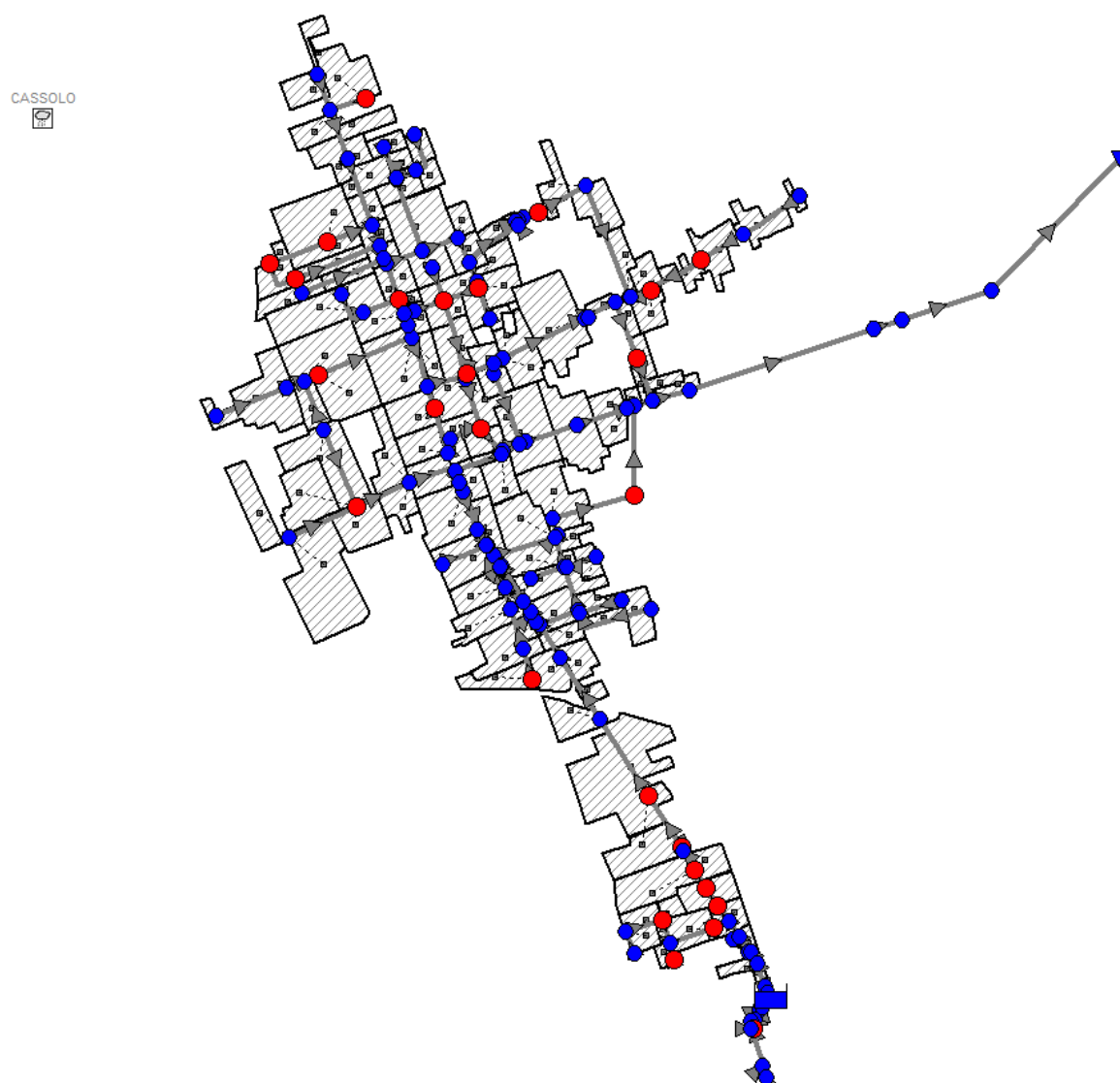
#### 9.4.2.1. RISULTATI DELLA SIMULAZIONE

Nella seguente Tabella 9 sono riportati i valori di riepilogo della simulazione per evento con T 50 anni.

| Bacino:             |                                  | CAPOLUOGO - MOLINO    |                       |
|---------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Evento              | Tempo di ritorno                 | 50 anni               |                       |
|                     | Durata evento                    | 40 minuti             |                       |
|                     | Durata simulazione               | 360 minuti            |                       |
| Processo idrologico | Precipitazione totale            | 46,1 mm               | 85.780 m <sup>3</sup> |
|                     | Perdite per infiltrazione        | 34,1 mm               | 63.410 m <sup>3</sup> |
|                     | Perdite per ritenzione           | 1,0 mm                | 1.820 m <sup>3</sup>  |
|                     | Deflusso superficiale            | 11,1 mm               | 20.570 m <sup>3</sup> |
| Processo idraulico  | Afflusso in rete dai sottobacini | 20.578 m <sup>3</sup> |                       |
|                     | Altri afflussi esterni           | 389 m <sup>3</sup>    |                       |
|                     | Scarico nei ricettori finali     | 15.586 m <sup>3</sup> |                       |
|                     | Perdite per tracimazione         | 4.549 m <sup>3</sup>  |                       |
|                     | Volume finale accumulato in rete | 633 m <sup>3</sup>    |                       |

**Tabella 9 – Capoluogo-Molino: Risultati della simulazione SWMM – T 50 anni**

Le seguenti Figura 48 – *Simulazione T 50 anni: Rappresentazione dei nodi soggetti a tracimazione (in rosso)* e Figura 49 – *Simulazione T 50 anni: Rappresentazione del massimo grado di riempimento delle condotte* forniscono una visione di insieme delle principali criticità emerse dalla simulazione, ossia la sollecitazione idraulica delle condotte e l'insufficienza che si manifesta mediante sbocco ai pozzetti.



**Figura 48 – Simulazione T 50 anni: Rappresentazione dei nodi soggetti a tracimazione (in rosso)**

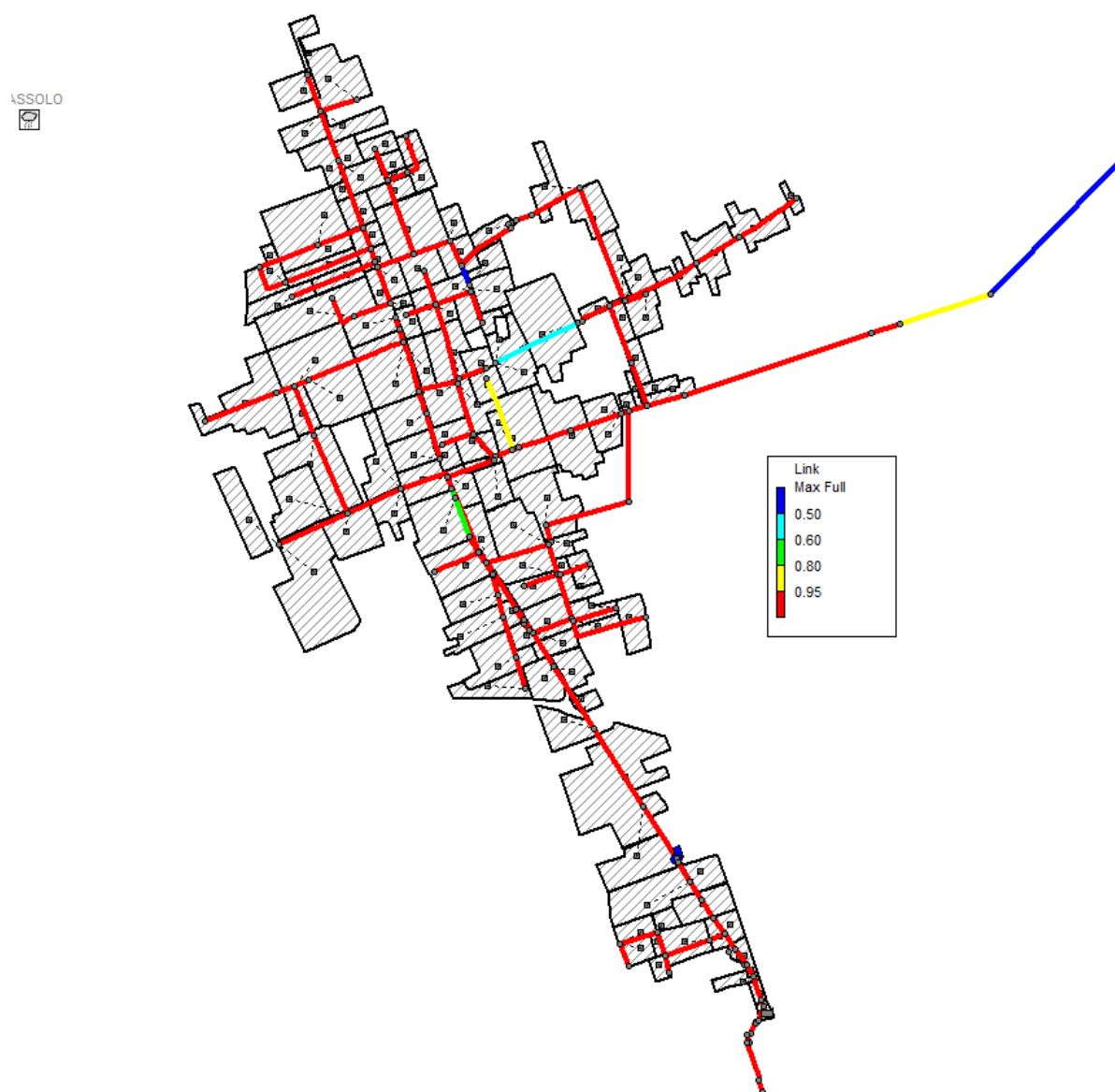


Figura 49 – Simulazione T 50 anni: Rappresentazione del massimo grado di riempimento delle condotte

#### 9.4.2.2. ANALISI DELLE CRITICITÀ

L'analisi delle mappe e dei report di calcolo evidenzia una generale condizione di forte sovraccarico della rete, con quasi tutte le condotte in condizioni di pieno riempimento e numerosi nodi in condizioni di tracimazione.

In particolare, si registrano tracimazioni su n. 17 nodi nel Capoluogo (circa il 15% del totale dei nodi del Capoluogo), disposti in diverse zone della rete.



**Figura 50 – Nodi critici per T50 anni nel Capoluogo (in rosso)**



In Molino del Conte, oltre ai 3 nodi critici di Via Baldacchini e Via Udine, si registra la tracimazione di n. 5 pozzetti in Via Trento, e n. 1 pozzetto a monte di Piazza XXIV maggio, nell'area verde comunale.



**Figura 51 – Nodi critici per T50 anni in Molino del Conte (in rosso)**

#### 9.4.2.3. CONCLUSIONI

L'evento meteorico con tempo di ritorno di 50 anni manda in crisi il reticolo fognario, con completo riempimento ed entrata in pressione di buona parte della rete.

L'insufficienza si manifesta diffusamente nel Capoluogo, ove si registra la tracimazione di 17 nodi del modello; in Molino del Conte, oltre a Via Baldacchini/Via Udine, si rilevano tracimazioni su Via Trento e nella linea a monte di Piazza XXIV maggio, quella che attraversa l'area verde comunale, che risente del rigurgito della fognatura di Via Trento.



### 9.4.3. Tempo di ritorno 100 anni

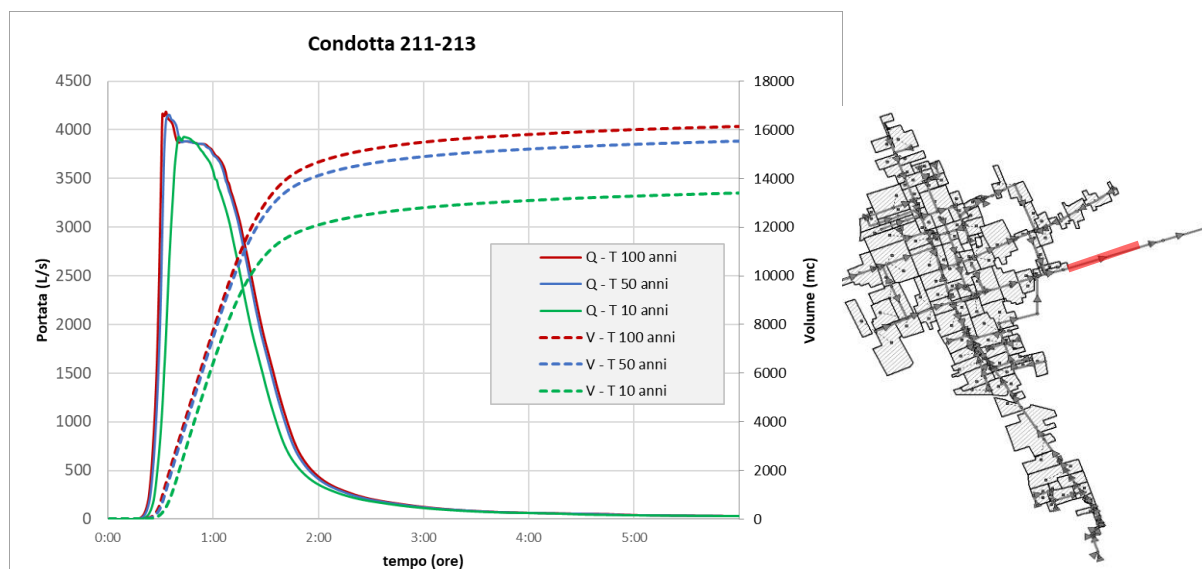
#### 9.4.3.1. RISULTATI DELLA SIMULAZIONE

Nella seguente Tabella 9 sono riportati i valori di riepilogo della simulazione per evento con T 100 anni.

| Bacino:             |                                  | CAPOLUOGO - MOLINO    |                       |
|---------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Evento              | Tempo di ritorno                 | 100 anni              |                       |
|                     | Durata evento                    | 40 minuti             |                       |
|                     | Durata simulazione               | 360 minuti            |                       |
| Processo idrologico | Precipitazione totale            | 51,8 mm               | 96.390 m <sup>3</sup> |
|                     | Perdite per infiltrazione        | 38,2 mm               | 71.200 m <sup>3</sup> |
|                     | Perdite per ritenzione           | 1,0 mm                | 1.820 m <sup>3</sup>  |
|                     | Deflusso superficiale            | 12,6 mm               | 23.390 m <sup>3</sup> |
| Processo idraulico  | Afflusso in rete dai sottobacini | 23.423 m <sup>3</sup> |                       |
|                     | Altri afflussi esterni           | 389 m <sup>3</sup>    |                       |
|                     | Scarico nei ricettori finali     | 16.188 m <sup>3</sup> |                       |
|                     | Perdite per tracimazione         | 6.797 m <sup>3</sup>  |                       |
|                     | Volume finale accumulato in rete | 633 m <sup>3</sup>    |                       |

**Tabella 10 – Capoluogo-Molino: Risultati della simulazione SWMM – T 100 anni**

Il seguente grafico rappresenta gli idrogrammi di piena e i corrispondenti volumi cumulati transitanti nel tronco 211-213, tronco terminale del collettore, in via Montebello, a monte dell'impianto di depurazione, per tempi di ritorno di 10, 50 e 100 anni.



**Figura 52 – Idrogramma tronco 211-213 per T 10, 50, 100 anni**



L'idrogramma evidenzia la portata massima, pari a circa  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  per tutti i tempi di ritorno, ed il volume scaricato, leggermente crescente con il tempo di ritorno da circa  $13.500 \text{ m}^3$  a  $16.000 \text{ m}^3$ .

Il grafico evidenzia, in particolare, come la variazione degli andamenti delle portate nel collettore finale sia trascurabile per i diversi tempi di ritorno, in quanto la rete non è in grado di smaltire adeguatamente i maggiori afflussi in ingresso per tempi di ritorno superiori a 10 anni. Tali maggiori afflussi si traducono, di fatto, in allagamenti.

Le seguenti *Figura 53 – Simulazione T 100 anni: Rappresentazione dei nodi soggetti a tracimazione (in rosso)* e *Figura 54 – Simulazione T 100 anni: Rappresentazione del massimo grado di riempimento* forniscono una visione di insieme delle principali criticità emerse dalla simulazione, ossia la sollecitazione idraulica delle condotte e l'insufficienza che si manifesta mediante sbocco ai pozzetti.

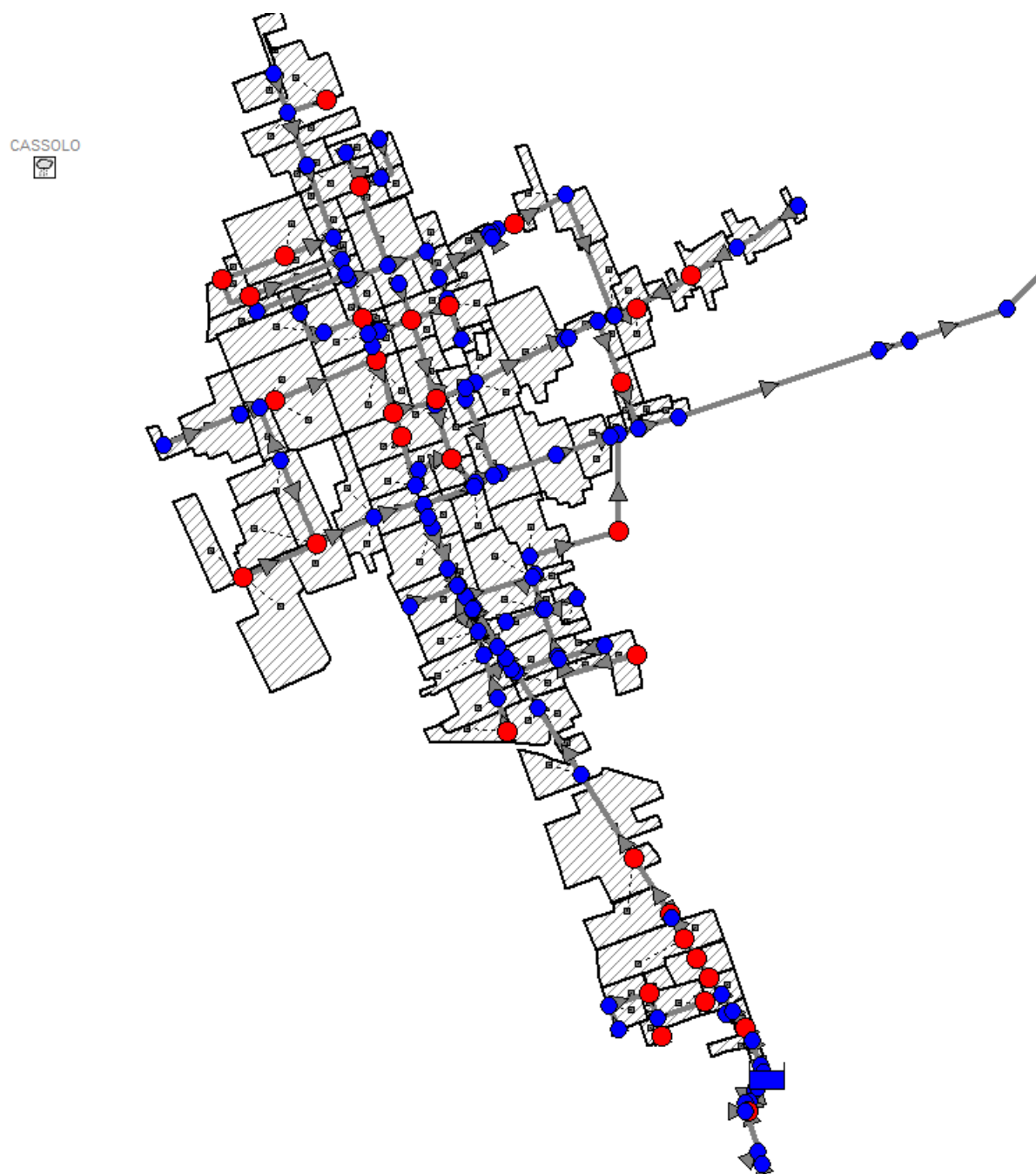


Figura 53 – Simulazione T 100 anni: Rappresentazione dei nodi soggetti a tracimazione (in rosso)

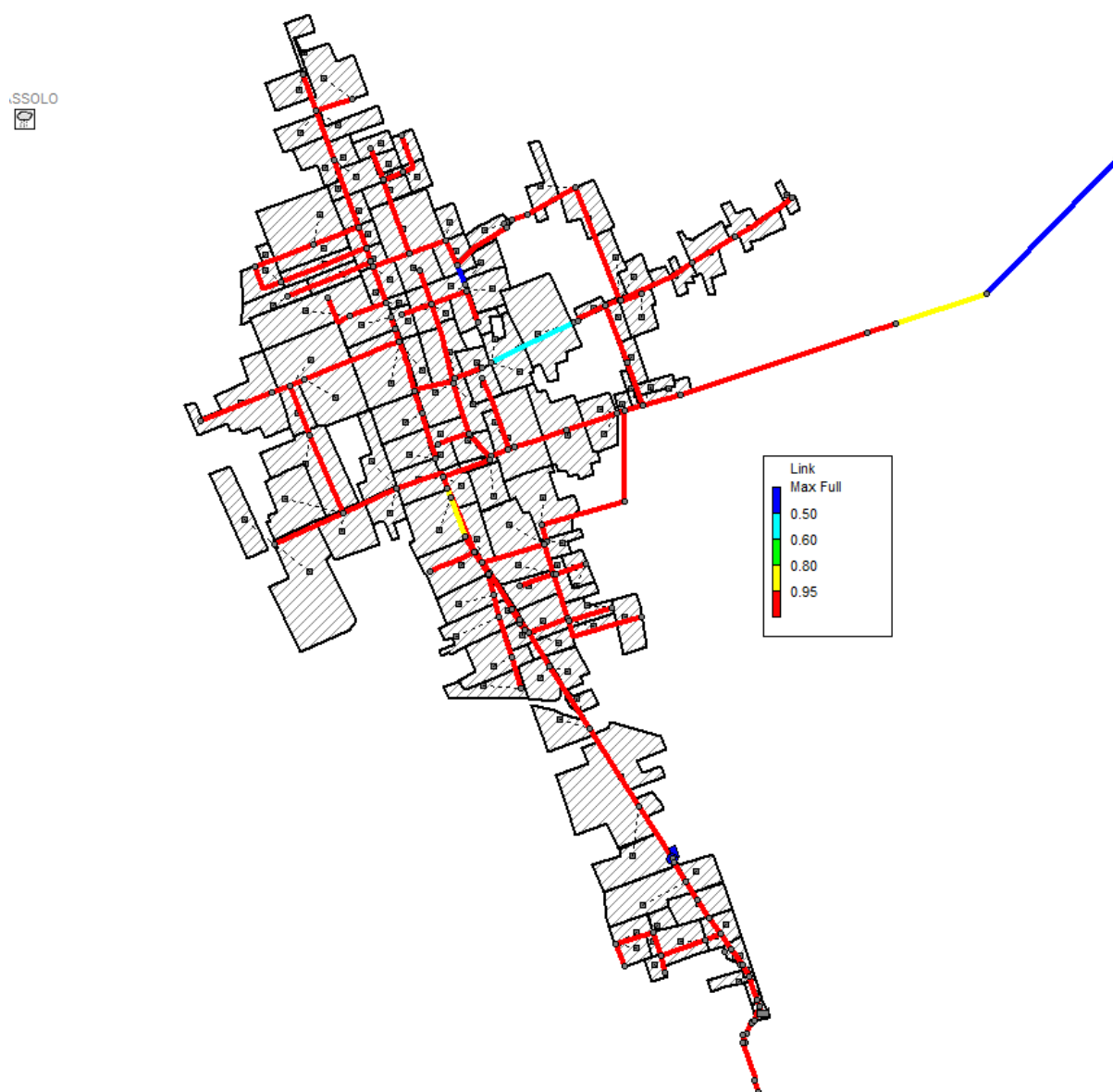


Figura 54 – Simulazione T 100 anni: Rappresentazione del massimo grado di riempimento delle condotte



#### 9.4.3.2. ANALISI DELLE CRITICITÀ

L'analisi delle mappe e dei report di calcolo evidenzia una condizione di totale crisi della rete, con quasi tutte le condotte in condizioni di pieno riempimento e numerosi nodi in condizioni di tracimazione.

In particolare, si registrano tracimazioni diffuse su tutto il Capoluogo (circa il 20% del totale dei nodi del Capoluogo), disposti in diverse zone della rete.



**Figura 55 – Nodi critici per T100 anni nel Capoluogo (in rosso)**



Figura 56 – Nodi critici per T100 anni nel Molino del Conte (in rosso)

In Molino del Conte, si confermano le criticità già evidenziate per l'evento cinquantennale su Via Baldacchini e Via Udine, la parte meridionale di Via Trento, e la porzione nord di Via Naviglietto (che risente del rigurgito della fognatura di Via Trento).

#### 9.4.3.3. CONCLUSIONI

L'evento meteorico con tempo di ritorno di 100 anni manda in crisi il reticolo fognario, con completo riempimento ed entrata in pressione di buona parte della rete.

L'insufficienza si manifesta diffusamente nel Capoluogo, ove si registra la tracimazione di 23 nodi del modello; in Molino del Conte, oltre a Via Baldacchini/Via Udine, si rilevano tracimazioni su Via Trento e nella linea a monte di Piazza XXIV maggio, quella che attraversa l'area verde comunale, che risente del rigurgito della fognatura di Via Trento.



## 9.5. Analisi dei risultati: Via Naviglietto e Via Gorizia

### 9.5.1. Tempo di ritorno 10 anni

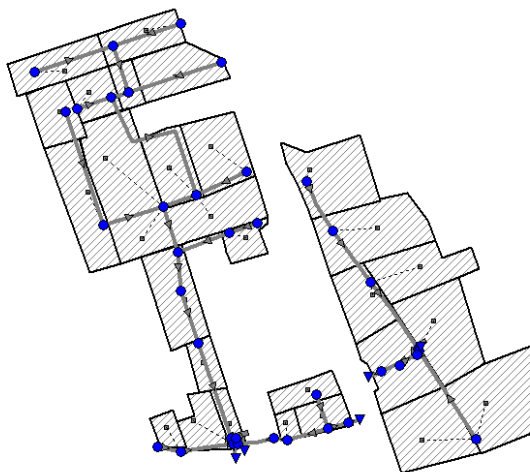
#### 9.5.1.1. RISULTATI DELLA SIMULAZIONE

Nella seguente tabella sono riportati i valori di riepilogo della simulazione per evento con T 10 anni.

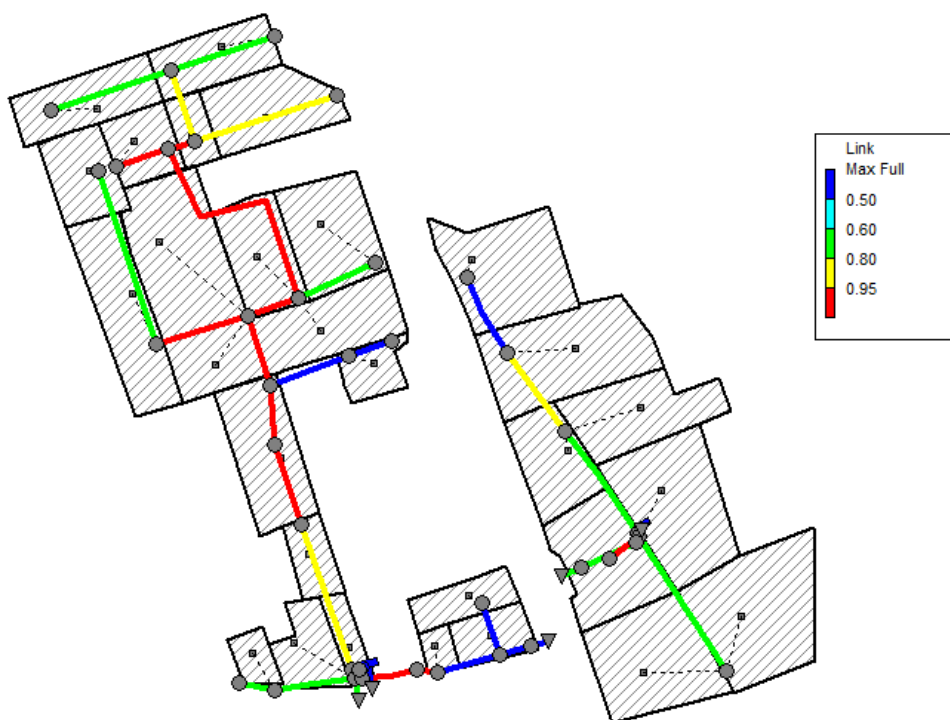
| Bacino:             |                                  | VIA NAVIGLIETTO    |                      | VIA GORIZIA        |                      |
|---------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| Evento              | Tempo di ritorno                 | 10 anni            |                      | 10 anni            |                      |
|                     | Durata evento                    | 20 minuti          |                      | 20 minuti          |                      |
|                     | Durata simulazione               | 60 minuti          |                      | 180 minuti         |                      |
| Processo idrologico | Precipitazione totale            | 25,3 mm            | 1.630 m <sup>3</sup> | 25,3 mm            | 1.220 m <sup>3</sup> |
|                     | Perdite per infiltrazione        | 16,6 mm            | 1.070 m <sup>3</sup> | 19,9 mm            | 960 m <sup>3</sup>   |
|                     | Perdite per ritenzione           | 1,3 mm             | 90 m <sup>3</sup>    | 1,2 mm             | 60 m <sup>3</sup>    |
|                     | Deflusso superficiale            | 7,5 mm             | 480 m <sup>3</sup>   | 4,0 mm             | 200 m <sup>3</sup>   |
| Processo idraulico  | Afflusso in rete dai sottobacini | 480 m <sup>3</sup> |                      | 200 m <sup>3</sup> |                      |
|                     | Altri afflussi esterni           | 0 m <sup>3</sup>   |                      | 0 m <sup>3</sup>   |                      |
|                     | Scarico nei ricettori finali     | 447 m <sup>3</sup> |                      | 190 m <sup>3</sup> |                      |
|                     | Perdite per tracimazione         | 0 m <sup>3</sup>   |                      | 0 m <sup>3</sup>   |                      |
|                     | Volume finale accumulato in rete | 33 m <sup>3</sup>  |                      | 10 m <sup>3</sup>  |                      |

**Tabella 11 – Via Naviglietto e Via Gorizia: Risultati della simulazione SWMM – T 10 anni**

Le seguenti figure forniscono una visione di insieme delle principali criticità emerse dalla simulazione, ossia la sollecitazione idraulica delle condotte e l'insufficienza che si manifesta mediante sbocco ai pozzetti.



**Figura 57 – Simulazione T 10 anni: Rappresentazione dei nodi soggetti a tracimazione (in rosso)**

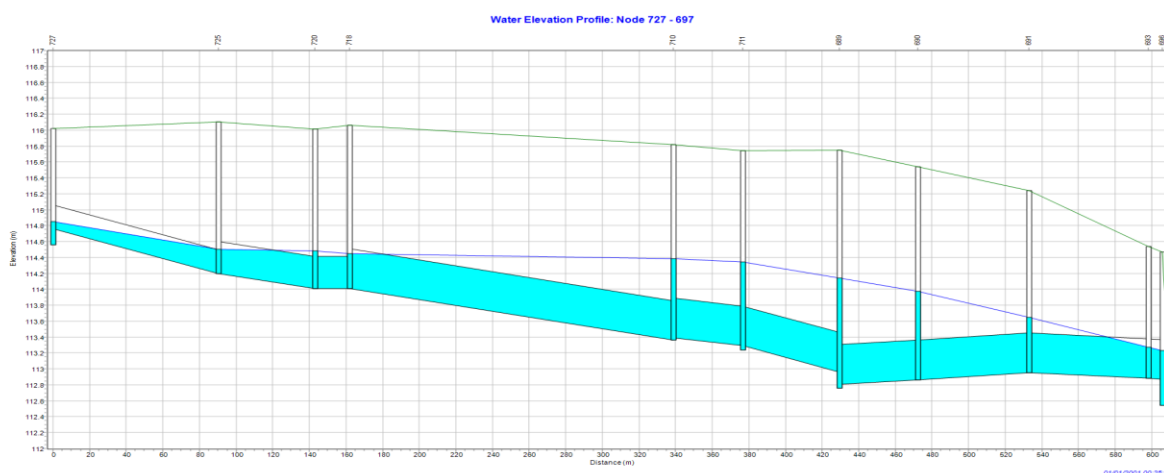


**Figura 58 – Simulazione T 10 anni: Rappresentazione del massimo grado di riempimento delle condotte**

#### 9.5.1.2. ANALISI DELLE CRITICITÀ

L'analisi delle mappe e dei report di calcolo evidenzia un funzionamento complessivamente accettabile delle due reti di Via Naviglietto e Via Gorizia, per il tempo di ritorno decennale.

La figura seguente riporta il profilo idrico massimo del collettore principale (da Via Trieste allo scarico), da cui si evince come, seppur la condotta risulta in pressione, il livello massimo della quota piezometrica si mantiene al di sotto del piano campagna e non si verificano, quindi, tracimazioni.



**Figura 59 – Profilo idraulico del collettore principale Via Trieste – Piazza XXIV Maggio – Via Naviglietto; configurazione al tempo 00:25, per evento T 10 anni.**

#### 9.5.1.3. CONCLUSIONI

Le reti di Via Naviglietto e Via Gorizia risultano sostanzialmente adeguate rispetto all'evento con T 10 anni.



### 9.5.2. Tempo di ritorno 50 anni

#### 9.5.2.1. RISULTATI DELLA SIMULAZIONE

Nella seguente tabella sono riportati i valori di riepilogo della simulazione per evento con T 50 anni.

| Bacino:             |                                  | VIA NAVIGLIETTO    |                      | VIA GORIZIA        |                      |
|---------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| Evento              | Tempo di ritorno                 | 50 anni            |                      | 50 anni            |                      |
|                     | Durata evento                    | 20 minuti          |                      | 20 minuti          |                      |
|                     | Durata simulazione               | 60 minuti          |                      | 60 minuti          |                      |
| Processo idrologico | Precipitazione totale            | 34,9 mm            | 2.250 m <sup>3</sup> | 34,9 mm            | 1.680 m <sup>3</sup> |
|                     | Perdite per infiltrazione        | 22,9 mm            | 1.470 m <sup>3</sup> | 27,8 mm            | 1.340 m <sup>3</sup> |
|                     | Perdite per ritenzione           | 1,3 mm             | 90 m <sup>3</sup>    | 1,3 mm             | 60 m <sup>3</sup>    |
|                     | Deflusso superficiale            | 10,7 mm            | 690 m <sup>3</sup>   | 15,8 mm            | 280 m <sup>3</sup>   |
| Processo idraulico  | Afflusso in rete dai sottobacini | 690 m <sup>3</sup> |                      | 280 m <sup>3</sup> |                      |
|                     | Altri afflussi esterni           | 0 m <sup>3</sup>   |                      | 0 m <sup>3</sup>   |                      |
|                     | Scarico nei ricettori finali     | 628 m <sup>3</sup> |                      | 265 m <sup>3</sup> |                      |
|                     | Perdite per tracimazione         | 0 m <sup>3</sup>   |                      | 0 m <sup>3</sup>   |                      |
|                     | Volume finale accumulato in rete | 35 m <sup>3</sup>  |                      | 15 m <sup>3</sup>  |                      |

**Tabella 12 – Via Naviglietto e Va Gorizia: Risultati della simulazione SWMM – T 50 anni**

Le seguenti figure forniscono una visione di insieme delle principali criticità emerse dalla simulazione, ossia la sollecitazione idraulica delle condotte e l'insufficienza che si manifesta mediante sbocco ai pozzetti.

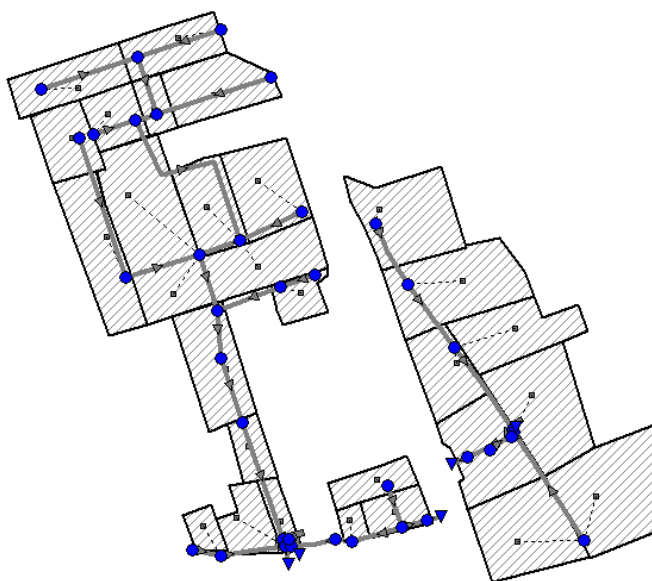


Figura 60 – Simulazione T 50 anni: Rappresentazione dei nodi soggetti a tracimazione (in rosso)

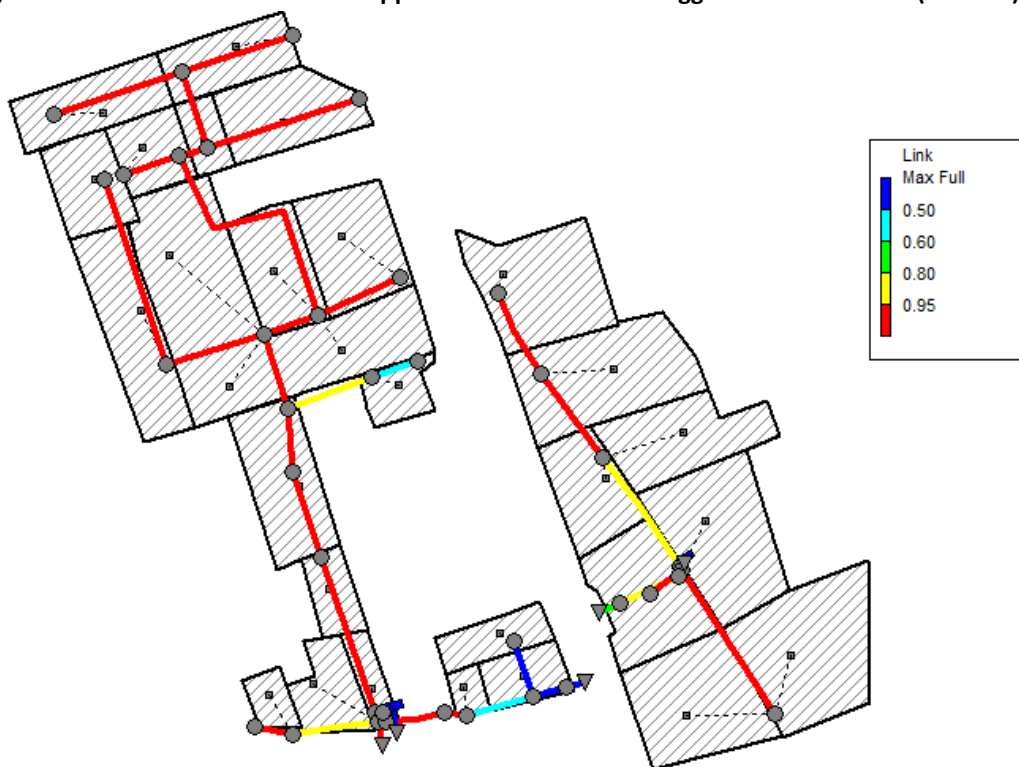
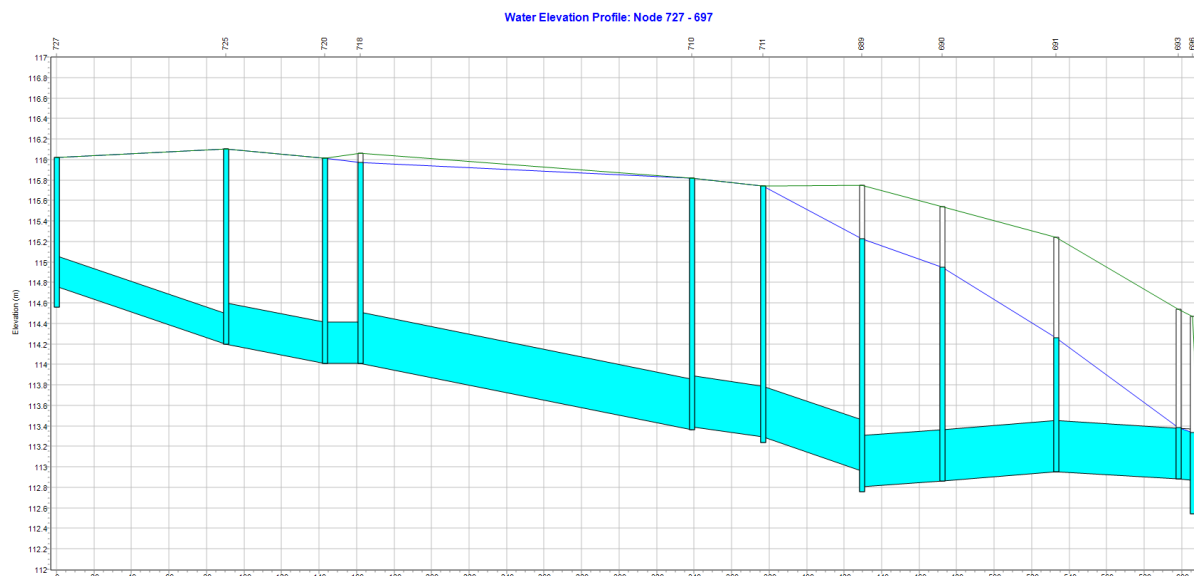


Figura 61 – Simulazione T 50 anni: Rappresentazione del massimo grado di riempimento delle condotte

#### 9.5.2.2. ANALISI DELLE CRITICITÀ

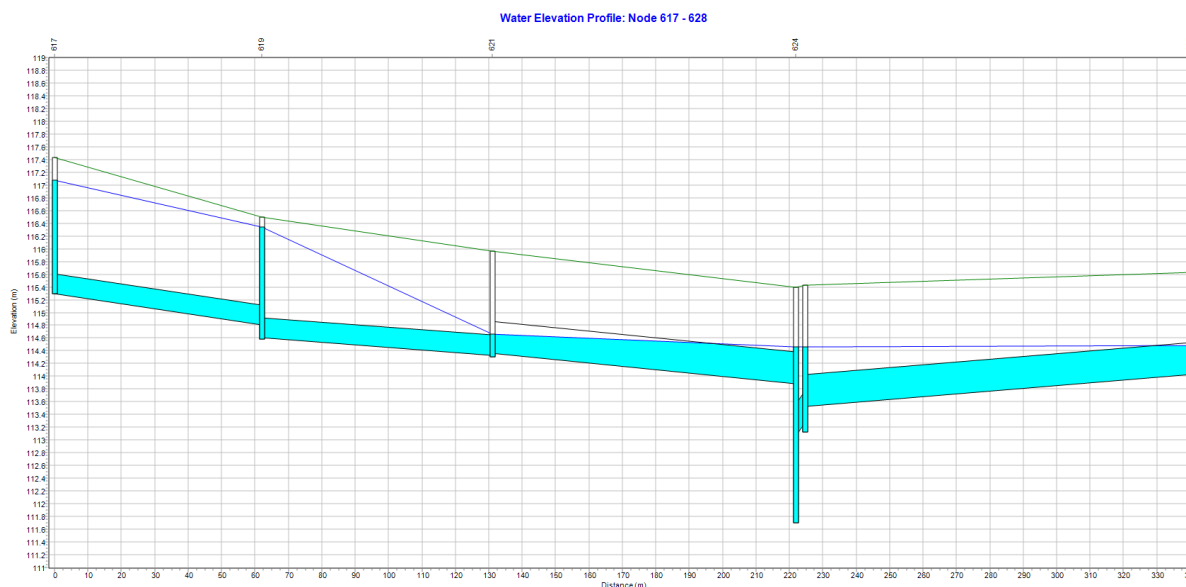
L'analisi delle mappe e dei report di calcolo come per l'evento con tempo di ritorno di 50 anni la rete sottesa alla stazione di Via Naviglietto risulti completamente in pressione.

La figura seguente riporta il profilo idrico massimo del collettore principale (da Via Trieste allo scarico), da cui si evince come, pur non registrandosi tracimazioni significative, al momento del picco della piena, il livello massimo della quota piezometrica risulti prossimo al piano campagna.



**Figura 62 – Profilo idraulico del collettore principale Via Trieste – Piazza XXIV Maggio – Via Naviglietto; configurazione al tempo 00:20, per evento T 50 anni.**

Per quanto riguarda la rete di Via Gorizia, si registra il funzionamento in pressione di quasi tutti i tronchi ed un livello della quota piezometrica generalmente al di sotto del piano campagna.



**Figura 63 – Profilo idraulico del collettore di Via Gorizia; configurazione al tempo 00:20, per evento T 50 anni.**

### 9.5.2.3. CONCLUSIONI

Le reti di Via Naviglietto e Via Gorizia risultano sovraccariche se sollecitate da un evento con tempo di ritorno 50 anni. Tuttavia, in condizioni di buona officiosità delle condotte, non si registrano, a livello di calcolo, fenomeni di tracimazione dai pozzetti.



### 9.5.3. Tempo di ritorno 100 anni

#### 9.5.3.1. RISULTATI DELLA SIMULAZIONE

Nella seguente Tabella 13 sono riportati i valori di riepilogo della simulazione per evento T 100 anni.

| Bacino:             |                                  | VIA NAVIGLIETTO    |                      | VIA GORIZIA        |                      |
|---------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| Evento              | Tempo di ritorno                 | 100 anni           |                      | 100 anni           |                      |
|                     | Durata evento                    | 20 minuti          |                      | 20 minuti          |                      |
|                     | Durata simulazione               | 60 minuti          |                      | 60 minuti          |                      |
| Processo idrologico | Precipitazione totale            | 39,3 mm            | 2.530 m <sup>3</sup> | 39,3 mm            | 1.890 m <sup>3</sup> |
|                     | Perdite per infiltrazione        | 25,6 mm            | 1.650 m <sup>3</sup> | 31,3 mm            | 1.510 m <sup>3</sup> |
|                     | Perdite per ritenzione           | 1,4 mm             | 90 m <sup>3</sup>    | 1,3 mm             | 60 m <sup>3</sup>    |
|                     | Deflusso superficiale            | 12,3 mm            | 790 m <sup>3</sup>   | 6,6 mm             | 320 m <sup>3</sup>   |
| Processo idraulico  | Afflusso in rete dai sottobacini | 788 m <sup>3</sup> |                      | 320 m <sup>3</sup> |                      |
|                     | Altri afflussi esterni           | 0 m <sup>3</sup>   |                      | 0 m <sup>3</sup>   |                      |
|                     | Scarico nei ricettori finali     | 683 m <sup>3</sup> |                      | 305 m <sup>3</sup> |                      |
|                     | Perdite per tracimazione         | 73 m <sup>3</sup>  |                      | 0 m <sup>3</sup>   |                      |
|                     | Volume finale accumulato in rete | 36 m <sup>3</sup>  |                      | 15 m <sup>3</sup>  |                      |

**Tabella 13 – Via Naviglietto e Via Gorizia: Risultati della simulazione SWMM – T 100 anni**

Le seguenti figure forniscono una visione di insieme delle principali criticità emerse dalla simulazione: la sollecitazione idraulica delle condotte e l'insufficienza che si manifesta mediante sbocco ai pozzetti.

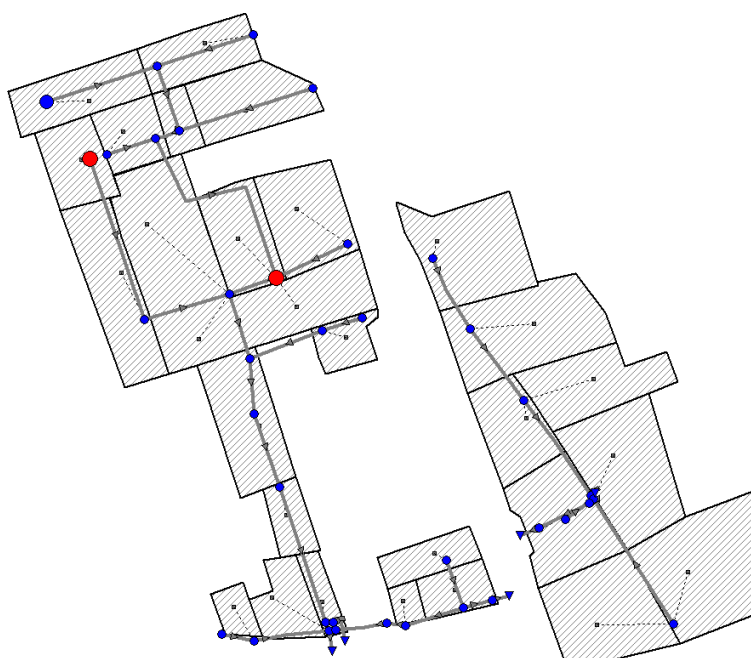


Figura 64 – Simulazione T 100 anni: Rappresentazione dei nodi soggetti a tracimazione (in rosso)

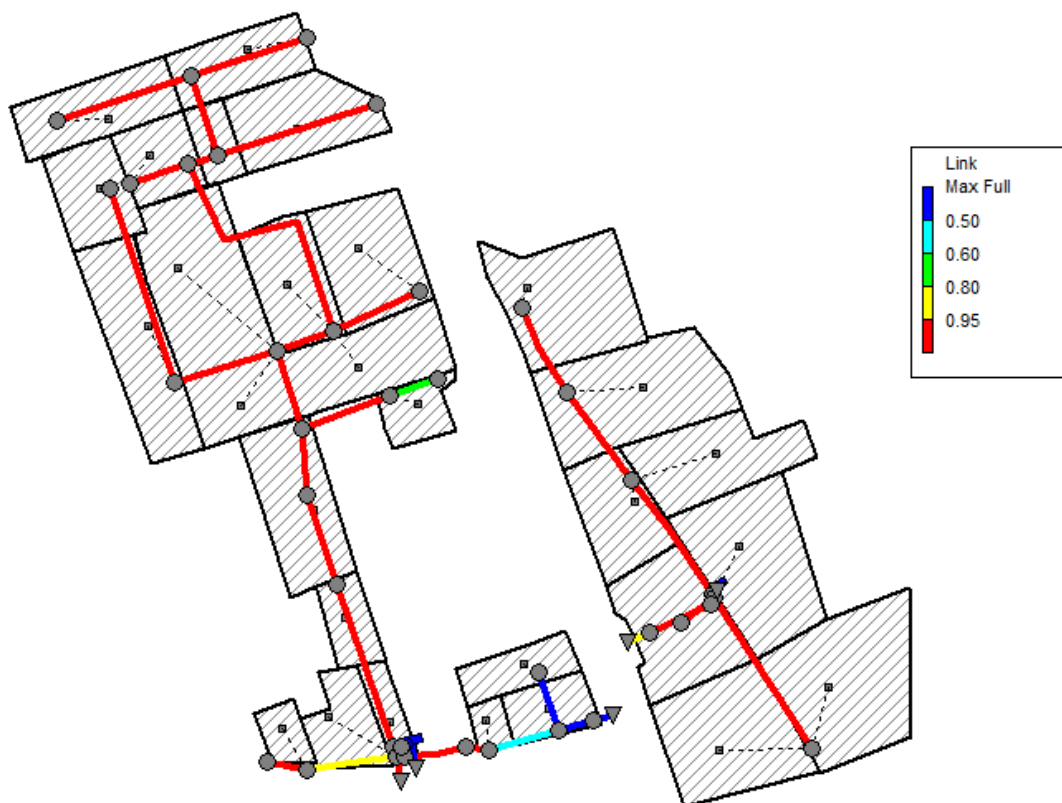
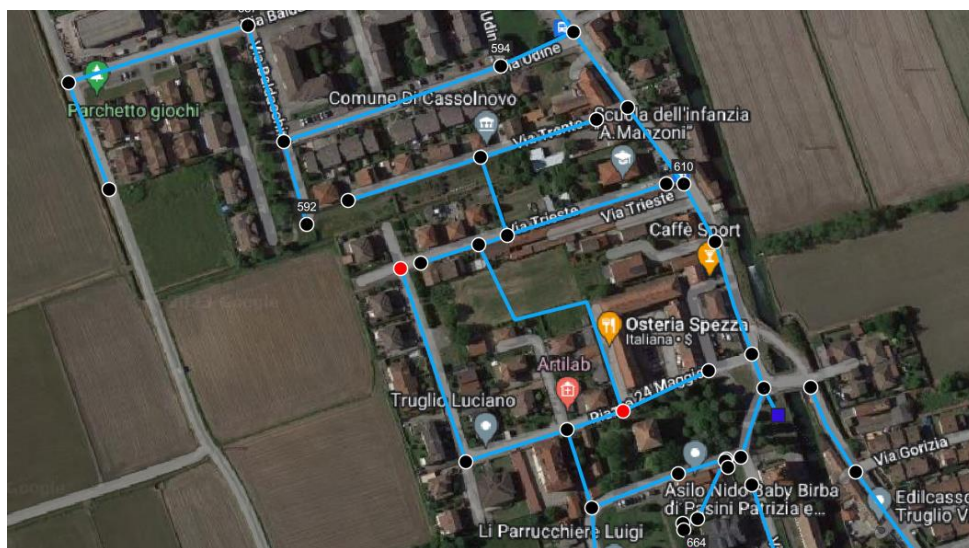


Figura 65 – Simulazione T 100 anni: Rappresentazione del massimo grado di riempimento delle condotte

#### 9.5.3.2. ANALISI DELLE CRITICITÀ

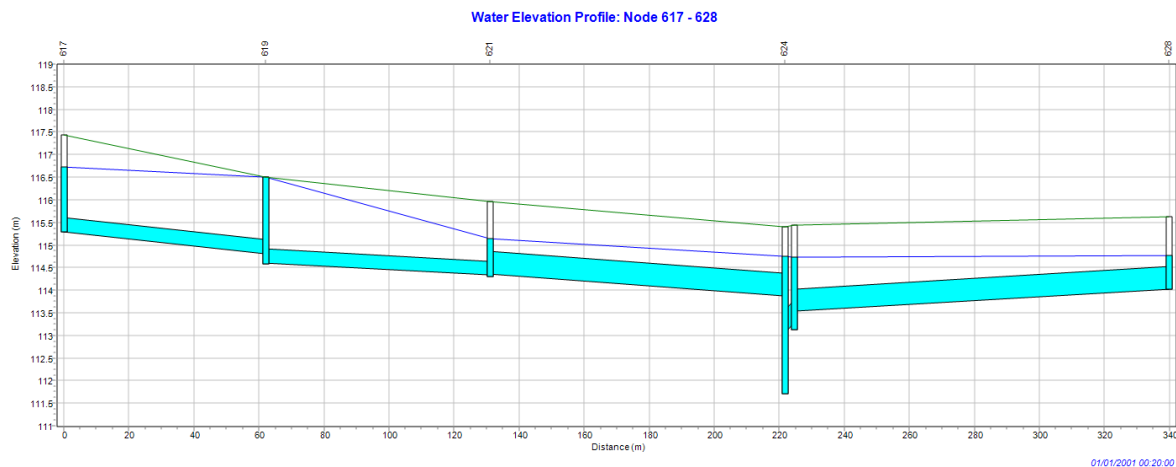
L'analisi delle mappe e dei report di calcolo evidenzia una condizione di importante sovraccarico di entrambe le reti in esame.

Sulla rete di Via Naviglietto si rilevano n. 2 pozzetti in condizione di tracimazione, situati rispettivamente in Via Asiago e Piazza XXIV Maggio.



**Figura 66 – Nodi critici per T100 anni sulla rete di Via Trieste – P.za XXIV Maggio – Via Naviglietto (in rosso)**

Per quanto riguarda la rete di Via Gorizia, si registra il funzionamento in pressione di tutti i tronchi e, pur non registrando tracimazioni, un livello della quota piezometrica molto prossimo al piano campagna in corrispondenza del pozzetto 619, nella porzione nord di Via Gorizia.



**Figura 67 – Profilo idraulico del collettore di Via Gorizia; configurazione al tempo 00:20, per evento T 100 anni.**

### 9.5.3.3. CONCLUSIONI

L'evento meteorico con tempo di ritorno di 100 anni manda in crisi il reticolo fognario, con completo riempimento ed entrata in pressione di quasi tutte le condotte della rete.

L'insufficienza si manifesta con tracimazioni nelle zone di Via Asiago e Piazza XXIV maggio.



## 9.6. Analisi dei risultati: Frazione Villareale

### 9.6.1. Tempo di ritorno 10 anni

#### 9.6.1.1. RISULTATI DELLA SIMULAZIONE

Nella seguente tabella sono riportati i valori di riepilogo della simulazione per evento con T 10 anni.

|                     |                                  | Bacino: | VILLAREALE           |  |
|---------------------|----------------------------------|---------|----------------------|--|
| Evento              | Tempo di ritorno                 |         | 10 anni              |  |
|                     | Durata evento                    |         | 20 minuti            |  |
|                     | Durata simulazione               |         | 60 minuti            |  |
| Processo idrologico | Precipitazione totale            | 25,3 mm | 1.180 m <sup>3</sup> |  |
|                     | Perdite per infiltrazione        | 17,5 mm | 810 m <sup>3</sup>   |  |
|                     | Perdite per ritenzione           | 1,0 mm  | 50 m <sup>3</sup>    |  |
|                     | Deflusso superficiale            | 6,9 mm  | 320 m <sup>3</sup>   |  |
| Processo idraulico  | Afflusso in rete dai sottobacini |         | 319 m <sup>3</sup>   |  |
|                     | Altri afflussi esterni           |         | 0 m <sup>3</sup>     |  |
|                     | Scarico nei ricettori finali     |         | 300 m <sup>3</sup>   |  |
|                     | Perdite per tracimazione         |         | 0 m <sup>3</sup>     |  |
|                     | Volume finale accumulato in rete |         | 4 m <sup>3</sup>     |  |

Tabella 14 – Villareale: Risultati della simulazione SWMM – T 10 anni

Le seguenti figure forniscono una visione di insieme di quanto emerso dalla simulazione.

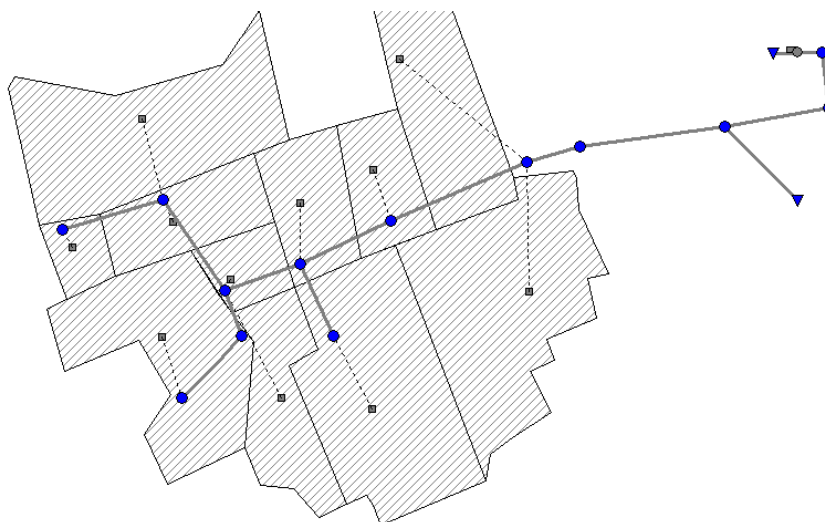
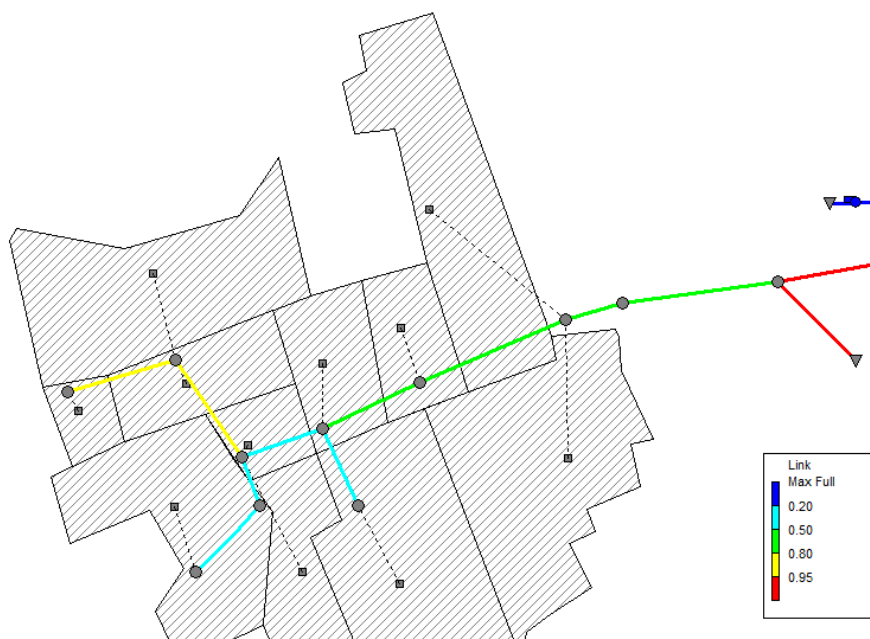


Figura 68 – Simulazione T 10 anni: Rappresentazione dei nodi soggetti a tracimazione (in rosso)

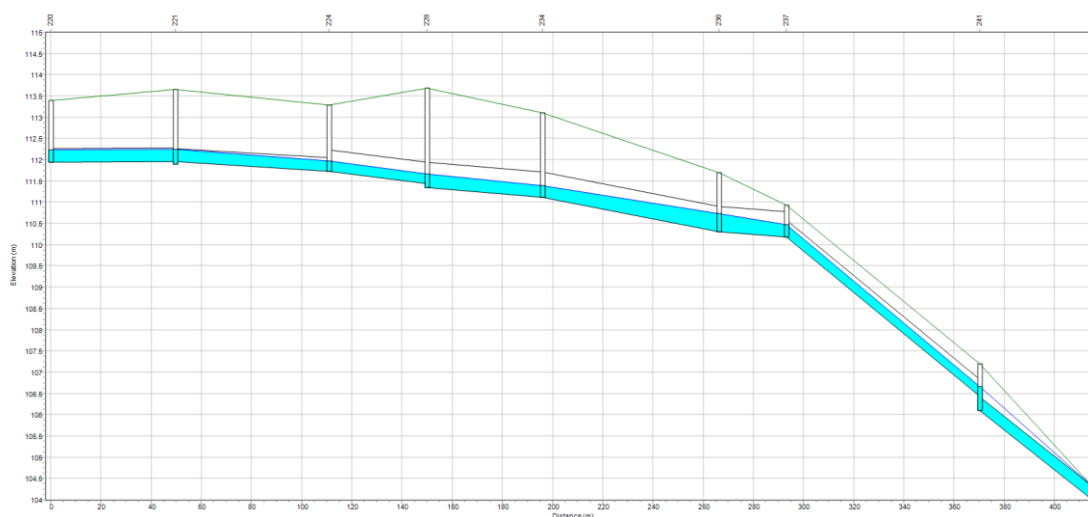


**Figura 69 – Simulazione T 10 anni: Rappresentazione del massimo grado di riempimento delle condotte**

#### 9.6.1.2. ANALISI DELLE CRITICITÀ

L'analisi delle mappe e dei report di calcolo evidenzia un funzionamento complessivamente accettabile della rete, per il tempo di ritorno decennale.

La figura seguente riporta il profilo idrico massimo del collettore principale (da Via della Chiesa allo scarico), da cui si evince come, la condotta va a completo riempimento nei primi due tronchi, mentre risulta adeguata in tutti i tratti di valle, sino allo scarico.



**Figura 70 – Profilo idraulico del collettore principale, dal pozzetto di testata allo scarico in corpo idrico; configurazione al tempo 00:20, per evento T 10 anni.**

#### 9.6.1.3. CONCLUSIONI

La rete di Villareale risulta sostanzialmente adeguata rispetto all'evento con T 10 anni.



### 9.6.2. Tempo di ritorno 50 anni

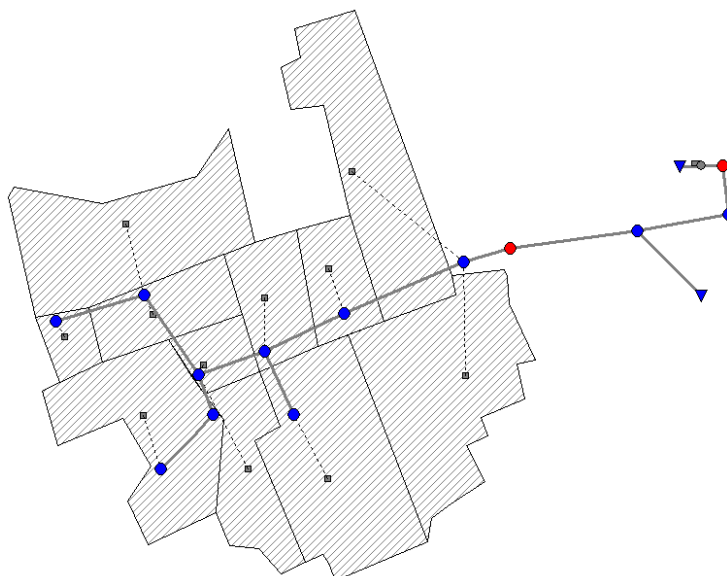
#### 9.6.2.1. RISULTATI DELLA SIMULAZIONE

Nella seguente tabella sono riportati i valori di riepilogo della simulazione per evento con T 50 anni.

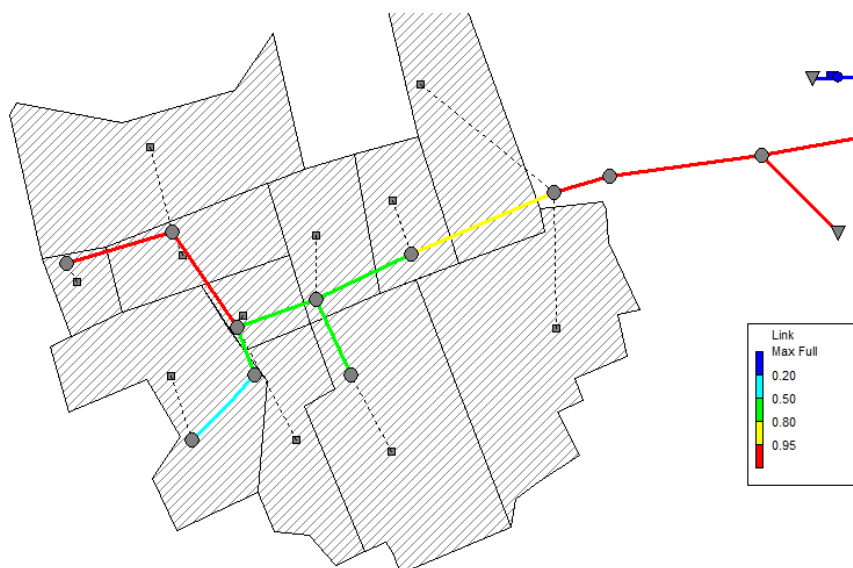
|                     |                                  | Bacino: | VILLAREALE         |                      |
|---------------------|----------------------------------|---------|--------------------|----------------------|
| Evento              | Tempo di ritorno                 |         | 50 anni            |                      |
|                     | Durata evento                    |         | 20 minuti          |                      |
|                     | Durata simulazione               |         | 60 minuti          |                      |
| Processo idrologico | Precipitazione totale            |         | 34,9 mm            | 1.620 m <sup>3</sup> |
|                     | Perdite per infiltrazione        |         | 24,2 mm            | 1.130 m <sup>3</sup> |
|                     | Perdite per ritenzione           |         | 1,0 mm             | 50 m <sup>3</sup>    |
|                     | Deflusso superficiale            |         | 9,8 mm             | 455 m <sup>3</sup>   |
| Processo idraulico  | Afflusso in rete dai sottobacini |         | 454 m <sup>3</sup> |                      |
|                     | Altri afflussi esterni           |         | 0 m <sup>3</sup>   |                      |
|                     | Scarico nei ricettori finali     |         | 350 m <sup>3</sup> |                      |
|                     | Perdite per tracimazione         |         | 90 m <sup>3</sup>  |                      |
|                     | Volume finale accumulato in rete |         | 4 m <sup>3</sup>   |                      |

**Tabella 15 – Villareale: Risultati della simulazione SWMM – T 100 anni**

Le seguenti figure forniscono una visione di insieme delle principali criticità emerse dalla simulazione, ossia la sollecitazione idraulica delle condotte e l'insufficienza che si manifesta mediante sbocco ai pozzetti.



**Figura 71 – Simulazione T 50 anni: Rappresentazione dei nodi soggetti a tracimazione (in rosso)**



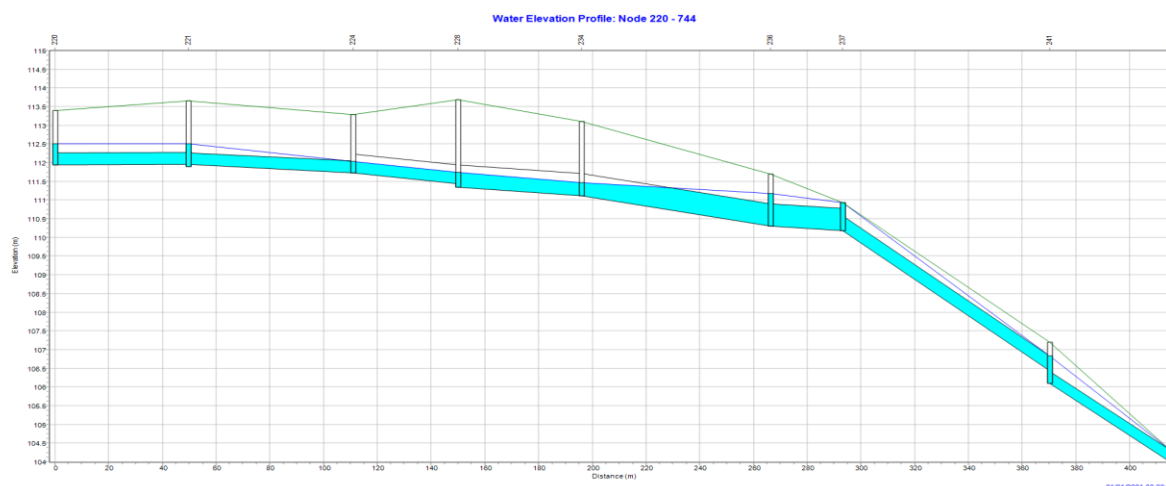
**Figura 72 – Simulazione T 50 anni: Rappresentazione del massimo grado di riempimento delle condotte**

#### 9.6.2.2. ANALISI DELLE CRITICITÀ

L'analisi delle mappe e dei report di calcolo come per l'evento con tempo di ritorno di 50 anni la rete di Villareale risulti in pressione nei tronchi iniziali (a diametro minore, risentono del rigurgito da valle) e nei tronchi finali.

Si rilevano inoltre episodi di tracimazione in corrispondenza del pozzetto in cima alla discesa di Via Barbavara (riduzione di diametro e condotta molto superficiale) e alla stazione di sollevamento.

La figura seguente riporta il profilo idrico massimo del collettore principale.



**Figura 73 – Profilo idraulico del collettore principale, dal pozzetto di testata allo scarico in corpo idrico; configurazione al tempo 00:20, per evento T 50 anni.**

#### 9.6.2.3. CONCLUSIONI

La rete di Villareale entra in crisi nel tratto di valle del collettore principale, in occasione di eventi di tempo di ritorno 50 anni. In particolare, si registrano tracimazioni corrispondenza del pozzetto in cima alla discesa di Via Barbavara (riduzione di diametro e condotta molto superficiale) e alla stazione di sollevamento.



### 9.6.3. Tempo di ritorno 100 anni

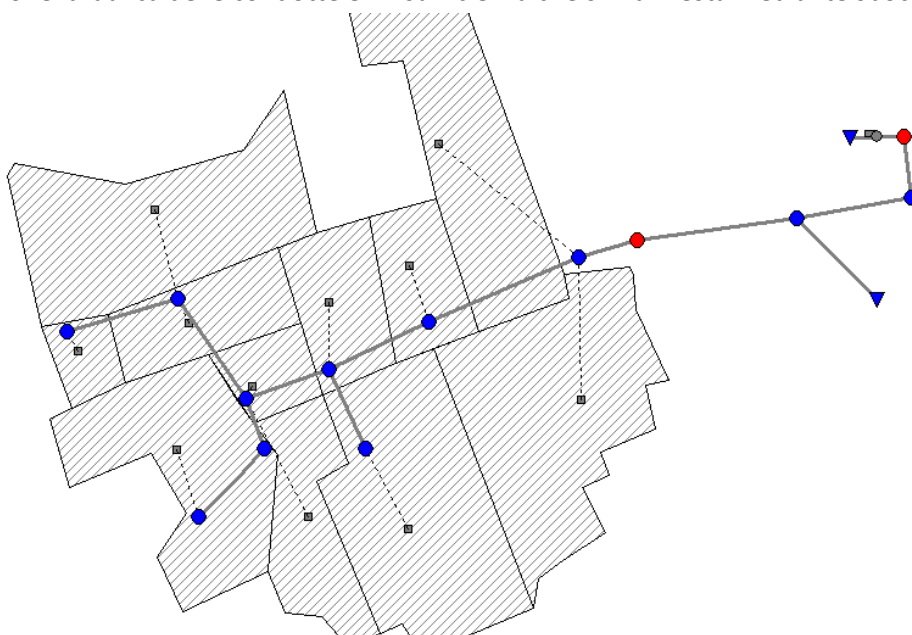
#### 9.6.3.1. RISULTATI DELLA SIMULAZIONE

Nella seguente Tabella 13 sono riportati i valori di riepilogo della simulazione per evento T 100 anni.

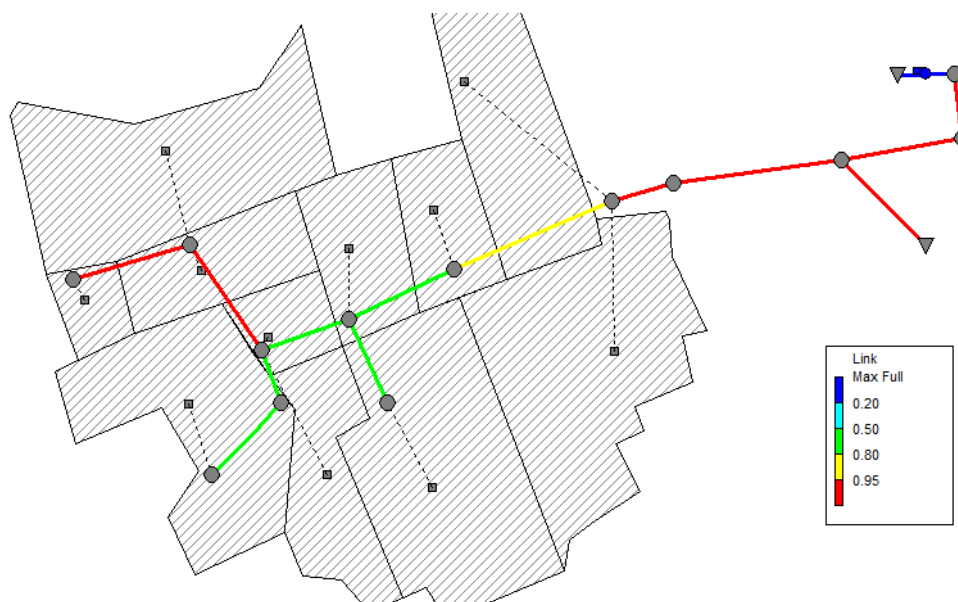
|                     |                                  | Bacino: | VILLAREALE         |                      |
|---------------------|----------------------------------|---------|--------------------|----------------------|
| Evento              | Tempo di ritorno                 |         | 100 anni           |                      |
|                     | Durata evento                    |         | 20 minuti          |                      |
|                     | Durata simulazione               |         | 60 minuti          |                      |
| Processo idrologico | Precipitazione totale            |         | 39,3 mm            | 1.830 m <sup>3</sup> |
|                     | Perdite per infiltrazione        |         | 27,2 mm            | 1.270 m <sup>3</sup> |
|                     | Perdite per ritenzione           |         | 1,0 mm             | 50 m <sup>3</sup>    |
|                     | Deflusso superficiale            |         | 11,1 mm            | 520 m <sup>3</sup>   |
| Processo idraulico  | Afflusso in rete dai sottobacini |         | 515 m <sup>3</sup> |                      |
|                     | Altri afflussi esterni           |         | 0 m <sup>3</sup>   |                      |
|                     | Scarico nei ricettori finali     |         | 367 m <sup>3</sup> |                      |
|                     | Perdite per tracimazione         |         | 139 m <sup>3</sup> |                      |
|                     | Volume finale accumulato in rete |         | 4 m <sup>3</sup>   |                      |

**Tabella 16 – Villareale: Risultati della simulazione SWMM – T 100 anni**

Le seguenti figure forniscono una visione di insieme delle principali criticità emerse dalla simulazione: la sollecitazione idraulica delle condotte e l'insufficienza che si manifesta mediante sbocco ai pozzetti.



**Figura 74 – Simulazione T 100 anni: Rappresentazione dei nodi soggetti a tracimazione (in rosso)**



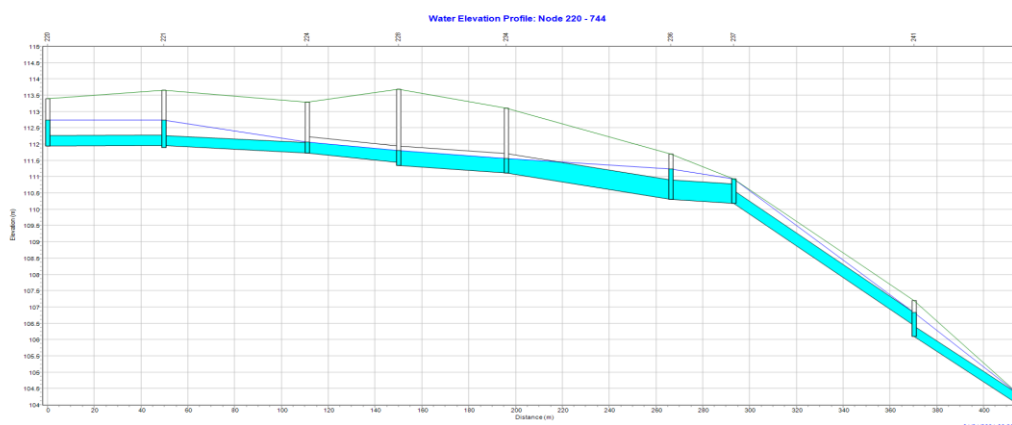
**Figura 75 – Simulazione T 100 anni: Rappresentazione del massimo grado di riempimento delle condotte**

#### 9.6.3.2. ANALISI DELLE CRITICITÀ

Per l'evento con tempo di ritorno di 100 anni si ripropongono le medesime criticità emerse per l'evento con tempo di ritorno di 50 anni: la rete di Villareale risulta in pressione nei tronchi iniziali (a diametro minore, risentono del rigurgito da valle) e nei tronchi finali.

Si rilevano inoltre episodi di tracimazione in corrispondenza del pozzetto in cima alla discesa di Via Barbavara (riduzione di diametro e condotta molto superficiale) e alla stazione di sollevamento.

La figura seguente riporta il profilo idrico massimo del collettore principale.



**Figura 76 – Profilo idraulico del collettore principale, dal pozzetto di testata allo scarico in corpo idrico; configurazione al tempo 00:20, per evento T 100 anni.**

#### 9.6.3.3. CONCLUSIONI

La rete di Villareale entra in crisi nel tratto di valle del collettore principale, in occasione di eventi di tempo di ritorno 50 anni. In particolare, si registrano tracimazioni corrispondenza del pozzetto in cima alla discesa di Via Barbavara (riduzione di diametro e condotta molto superficiale) e alla stazione di sollevamento.



## 10.DELIMITAZIONE E MAPPATURA DEL RISCHIO IDRAULICO

### 10.1. Informazioni desunte dagli atti pianificatori esistenti

#### 10.1.1. Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI)

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI), approvato con decreto del presidente del Consiglio dei ministri del 24 maggio 2001 ed aggiornato con varianti successive, contiene:

- la delimitazione delle fasce fluviali (Fascia A, Fascia B, Fascia B di progetto e Fascia C) dell'asta del Po e dei suoi principali affluenti;
- la perimetrazione e la zonazione delle aree a rischio idrogeologico idrografico principale e secondario nelle aree di pianura;
- le norme alle quali le sopracitate aree a pericolosità di alluvioni sono assoggettate.

Le previsioni e le prescrizioni del piano hanno valore a tempo indeterminato, tuttavia esse sono verificate e, se necessario, aggiornate in relazione allo stato di realizzazione delle opere programmate, al variare della situazione morfologica, ecologica e territoriale dei luoghi, ai nuovi elementi conoscitivi derivanti da studi e monitoraggi ed infine agli eventi alluvionali. La componente geologica dei PGT aggiorna la perimetrazione delle zone a rischio idrogeologico a scala comunale.

Il PAI riporta la delimitazione delle fasce fluviali, così definite:

- la «**Fascia A**» o Fascia di deflusso della piena; è costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena ;
- la «**Fascia B**» o Fascia di esondazione; esterna alla precedente, è costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la stessa portata;
- la «**Fascia C**» o Area di inondazione per piena catastrofica; è costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente, che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.

#### LEGENDA

- — — limite tra la fascia A e la fascia B      ●●●●● limite di progetto tra la fascia B e C  
———— limite tra la fascia B e la fascia C      - - - - - limite esterno di fascia C

A ciascuna fascia fluviale corrispondono precise disposizioni normative.

Le fasce fluviali costituiscono riferimento per la determinazione dei livelli di pericolosità idraulica del territorio. Il livello di dettaglio è a scala di bacino e può essere maggiormente approfondito attraverso le valutazioni del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni e della componente geologica dei PGT.

La figura seguente riporta la delimitazione delle fasce fluviali per il comune di Cassolnovo.

Si può vedere come il limite della fascia C risulti sostanzialmente coincidente al limite di fascia B, in corrispondenza del piede del terrazzo fluviale della Valle del Ticino, nella fascia orientale del territorio comunale.



**Figura 77 – PAI – Delimitazione delle fasce fluviali in comune di Cassolnovo**

#### **10.1.2. Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA)**

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) è lo strumento operativo previsto dalla legge italiana, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali (d.lgs. n. 49 del 2010, in attuazione della Direttiva Europea 2007/60/CE, "Direttiva Alluvioni").

Il PGRA viene predisposto a livello di distretto idrografico e aggiornato ogni 6 anni. Per il Distretto Padano, cioè il territorio interessato dalle alluvioni di tutti i corsi d'acqua che confluiscono nel Po, dalla sorgente fino allo sbocco in mare, è stato predisposto il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del fiume Po (PGRA-Po).

Il primo PGRA (PGRA 2015) è stato adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con delibera n. 4 del 17 dicembre 2015 e approvato con delibera n. 2 del 3 marzo 2016; è definitivamente approvato con d.p.c.m. del 27 ottobre 2016.

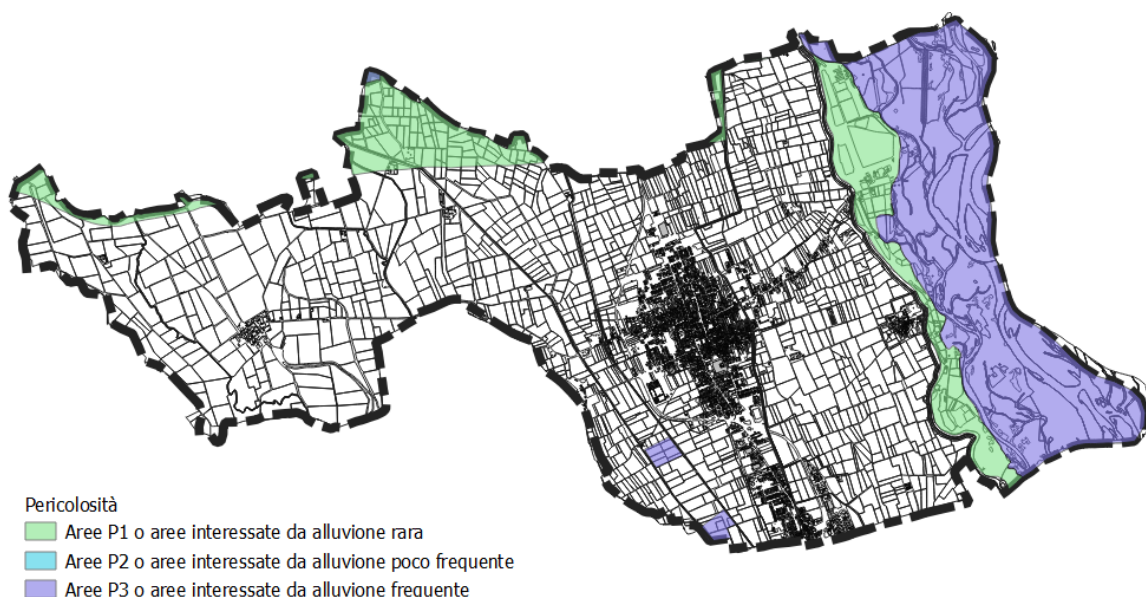
La prima revisione del PGRA (PGRA 2021), relativa al sessennio 2022-2027, è stata adottata dalla Conferenza Istituzionale Permanente dell'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po con deliberazione n. 3 del 29 dicembre 2020 e approvata con deliberazione n. 5 del 20 dicembre 2021.

Le mappe di pericolosità e rischio contenute nel PGRA rappresentano un aggiornamento del quadro del PAI. Comprendono la delimitazione delle aree allagabili su corsi non considerati nel PAI e la delimitazione delle aree allagabili nei bacini dei corsi d'acqua del reticolo idrografico secondario collinare e montano (RSCM) e nelle zone costiere lacuali (ACL).

Secondo i criteri stabiliti nel D.Lgs. 49/2010, il livello di pericolosità varia in funzione del tempo di ritorno (TR) dell'evento considerato:

- **Bassa Pericolosità (L in cartografia)**, associato ad aree (P1) potenzialmente interessate da alluvioni rare ( $T_R > 500$  anni).
- **Media Pericolosità (M in cartografia)**, associato ad aree (P2) potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti ( $T_R = 100 \div 200$  anni).

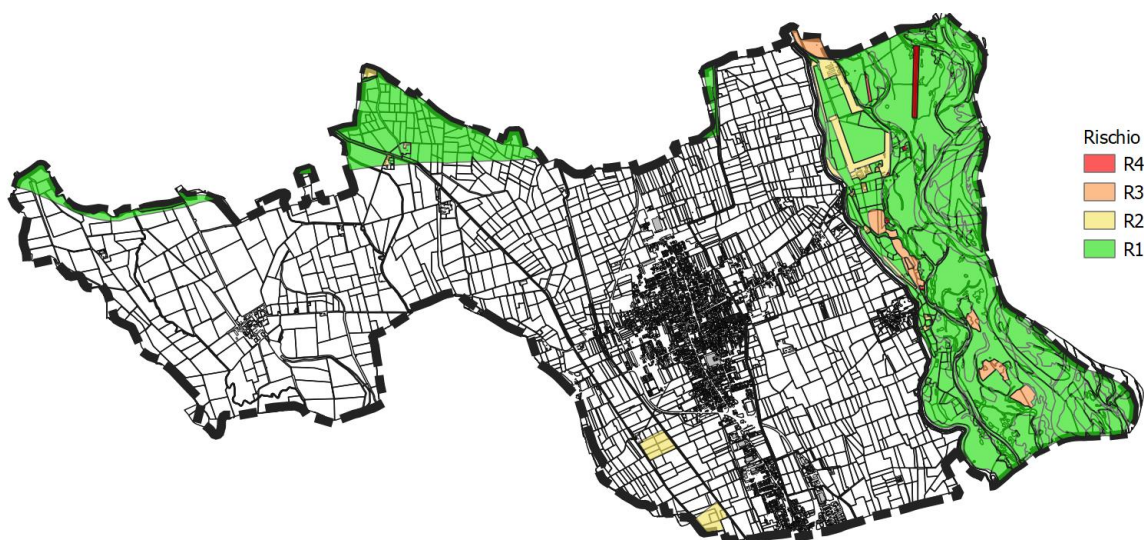
- **Alta Pericolosità (H in cartografia)**, associato ad aree (P3) potenzialmente interessate da alluvioni frequenti ( $T_R < 50$  anni).



**Figura 78 – PGRA – Carta della pericolosità**

Il rischio è definito dal prodotto tra Pericolosità e Danno, dove il Danno dipende dalla Vulnerabilità e dal Valore degli elementi a rischio (persone, beni, patrimonio culturale e ambientale). In base al PGRA, sono state classificate quattro classi di danno, da D4 (danno potenziale molto elevato) a D1 (danno potenziale moderato o nullo) in ordine decrescente di impatto sia per la vita umana che per le attività economiche, nonché per i beni naturali, storici e culturali. Le mappe di rischio del PGRA indicano il livello di Rischio (= Pericolosità x Danno) delle aree esposte, suddiviso in quattro livelli:

- **R1**, rischio moderato o nullo;
- **R2**, rischio medio;
- **R3**, rischio elevato;
- **R4**, rischio molto elevato.



**Figura 79 – PGRA – Carta del Rischio**



## **10.2. Aree soggette ad allagamento per insufficienza della rete fognaria**

### **10.2.1. Aspetti metodologici**

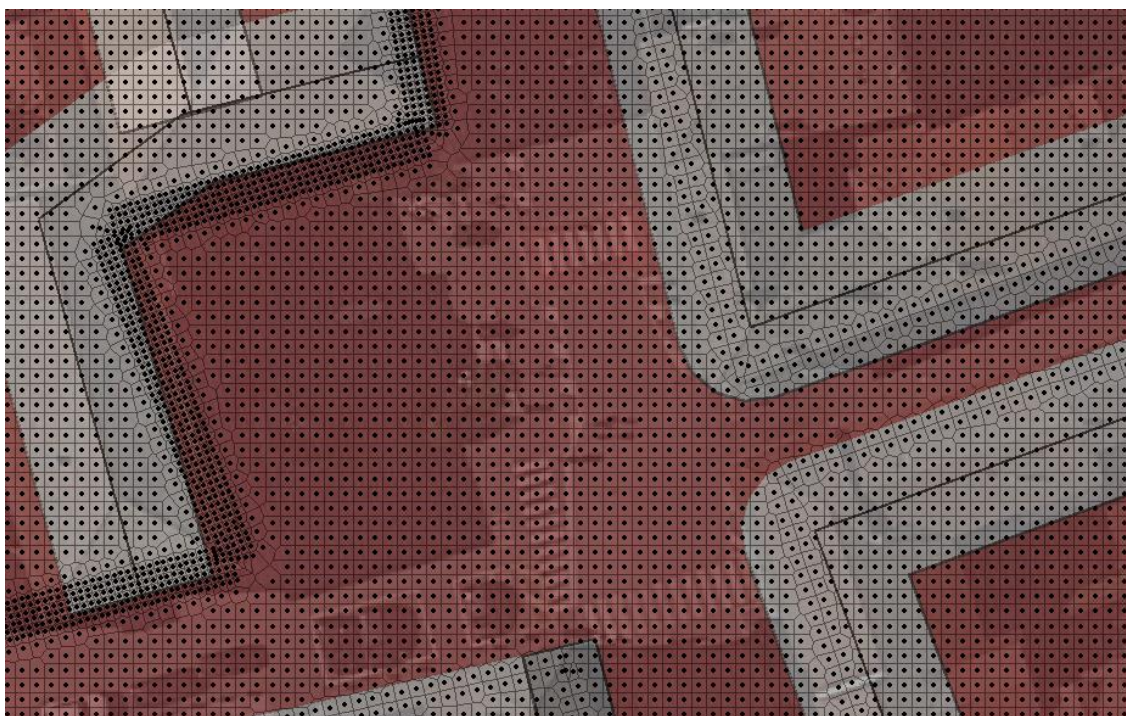
In base alle prescrizioni definite dal R.R. 7/2017 - in particolare nel comma 7 lettera a) - è necessario definire una mappatura delle aree soggette ad allagamento per insufficienza della rete fognaria. A tale scopo, quindi è stata condotta un'analisi idraulica bidimensionale di propagazione in superficie dei flussi idrici derivanti dalle insufficienze del reticolo fognario.

Per la modellazione bidimensionale è stato utilizzato il software Hec Ras 6.3.1, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers, che, sulla base dell'inserimento di un modello digitale del terreno (DTM) opportunamente costruito, consente di valutare le caratteristiche di propagazione delle acque sul territorio in direzione bidimensionale (mesh 2D).

Il software è dotato di un risolutore per il moto vario nella conformazione bidimensionale che utilizza la metodologia di calcolo dei volumi finiti. Il modulo di calcolo 2D si basa sulle note equazioni delle acque basse (Shallow Water Equations, acronimo SWE). Tali equazioni, versione a profondità media delle equazioni di Navier-Stokes, sono utilizzate per la rappresentazione matematica di flussi 2D.

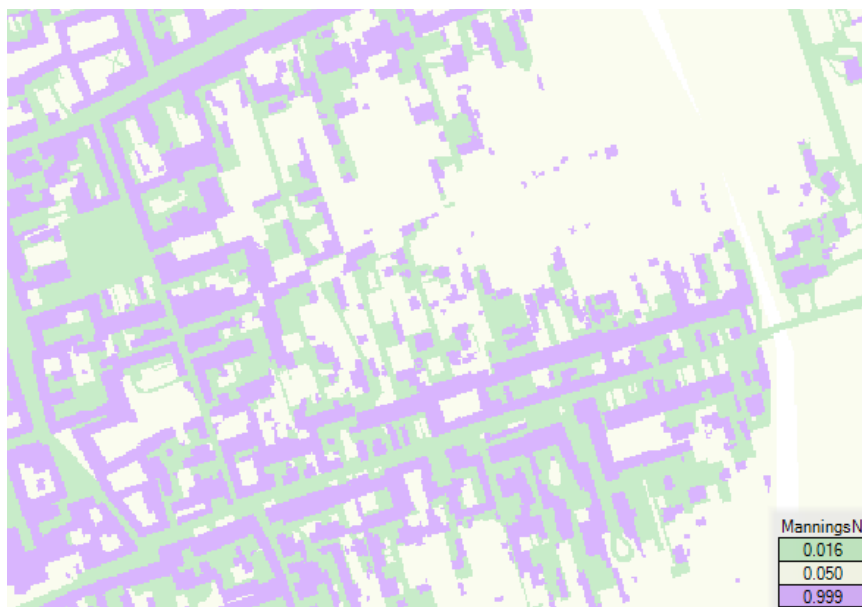
Sul territorio di Cassolnovo la base topografica digitale del terreno di maggior dettaglio disponibile è costituita dal LIDAR distribuito da Regione Lombardia costituito da un file raster a maglie quadrate con celle di dimensioni 5x5 m. Il DTM è stato integrato inserendo i volumi soprasuolo degli edifici, desunti dagli shape files del Database Topografico (DBT) del comune di Cassolnovo.

Il DTM così costruito costituisce la base di appoggio del dominio di calcolo, caratterizzato da una maglia (mesh) di calcolo definita da elementi quadrilateri o poligonali di lato massimo predefinito dall'utente; nel caso specifico, sono stati imposte dimensioni comprese tra 1 e 2,5 m, a seconda delle caratteristiche del territorio e degli elementi orografici ed urbanistici.



**Figura 80 - Mesh di calcolo in un'area del territorio urbano**

Mediante l'utilizzo del DBT, sovrapposto alla maglia di calcolo, sono state definite diverse zone di scabrezza, caratterizzate da differenti indici di Manning; in particolare, è stato assegnato un valore di  $n$  pari a 0,016 alle strade ed un valore di 0,050 alle aree non pavimentate.



**Figura 81 – Mappa di base delle scabrezze al suolo**

Sul modello geometrico sono stati quindi inseriti, in forma di “condizioni al contorno”, i pozzetti soggetti ad esondazione secondo quanto calcolato mediante modellazione del reticolo fognario. A ciascuno di tali nodi sarà assegnato un idrogramma di portata corrispondente al “flooding” (portata di tracimazione) calcolato con il software SWMM nei vari scenari di tempo di ritorno.

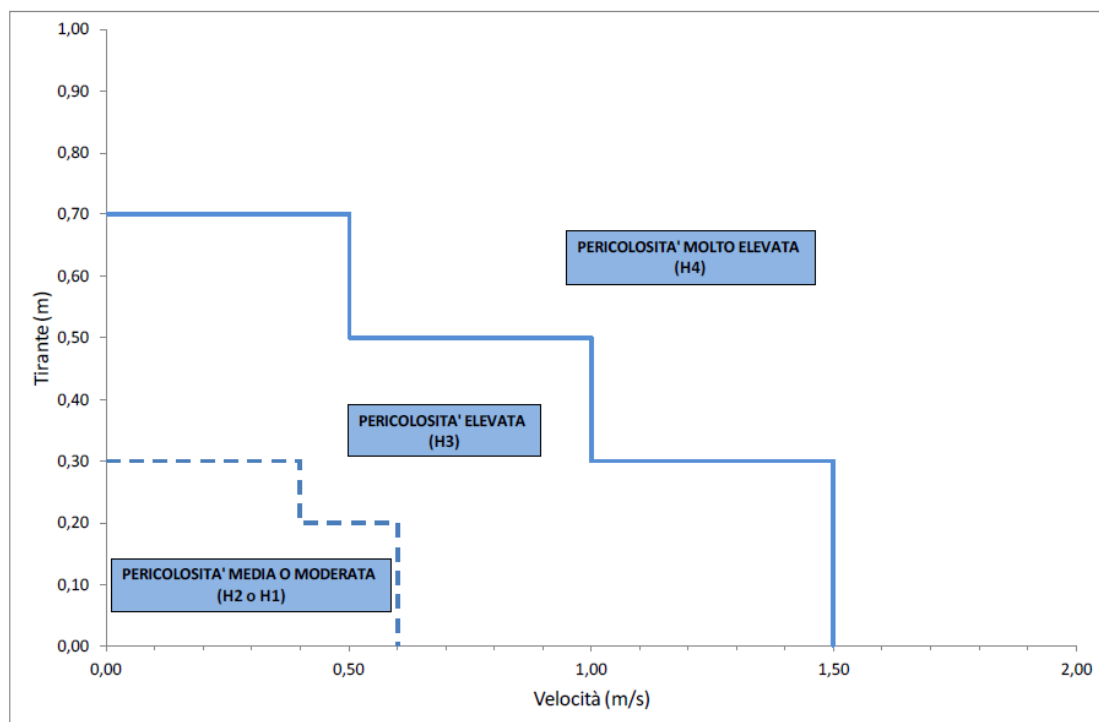
E' stato quindi possibile condurre tre diverse simulazioni idrodinamiche, relative ai differenti eventi per tempi di ritorno 10, 50, 100 anni.

Per ciascuna simulazione è possibile estrapolare le aree di esondazione superficiale per i diversi tempi di ritorno, e le relative caratteristiche di distribuzione del tirante idrico e della velocità della corrente.

Mediante l'analisi dei risultati, sono state costruite le mappe degli allagamenti.

Le zone di diversa pericolosità idraulica sono state definite seguendo quanto descritto al Par. 3.4 dell'Allegato 4 della D.G.R. n. IX/2616, che definisce che “all'interno delle aree esondabili individuate devono essere delimitate zone a diverso livello di pericolosità idraulica, sulla base, in particolare, dei tiranti idrici e delle velocità di scorrimento”.

Per la classificazione dei diversi livelli di pericolosità idraulica si fa riferimento al grafico seguente (ricavato dalla normativa):



**Figura 82 – Livelli di pericolosità idraulica (Par. 3.4 dell'Allegato 4 della D.G.R. n. IX/2616)**

Dai risultati delle simulazioni effettuate, ottenuti i valori di tirante e velocità, le aree devono essere mappate a seconda della loro pericolosità idraulica secondo le classi definite in precedenza, per i tre tempi di ritorno definiti da normativa ( $T = 10, 50, 100$  anni):

- H1 o H2, pericolosità media o moderata
- H3, pericolosità elevata
- H4, pericolosità molto elevata



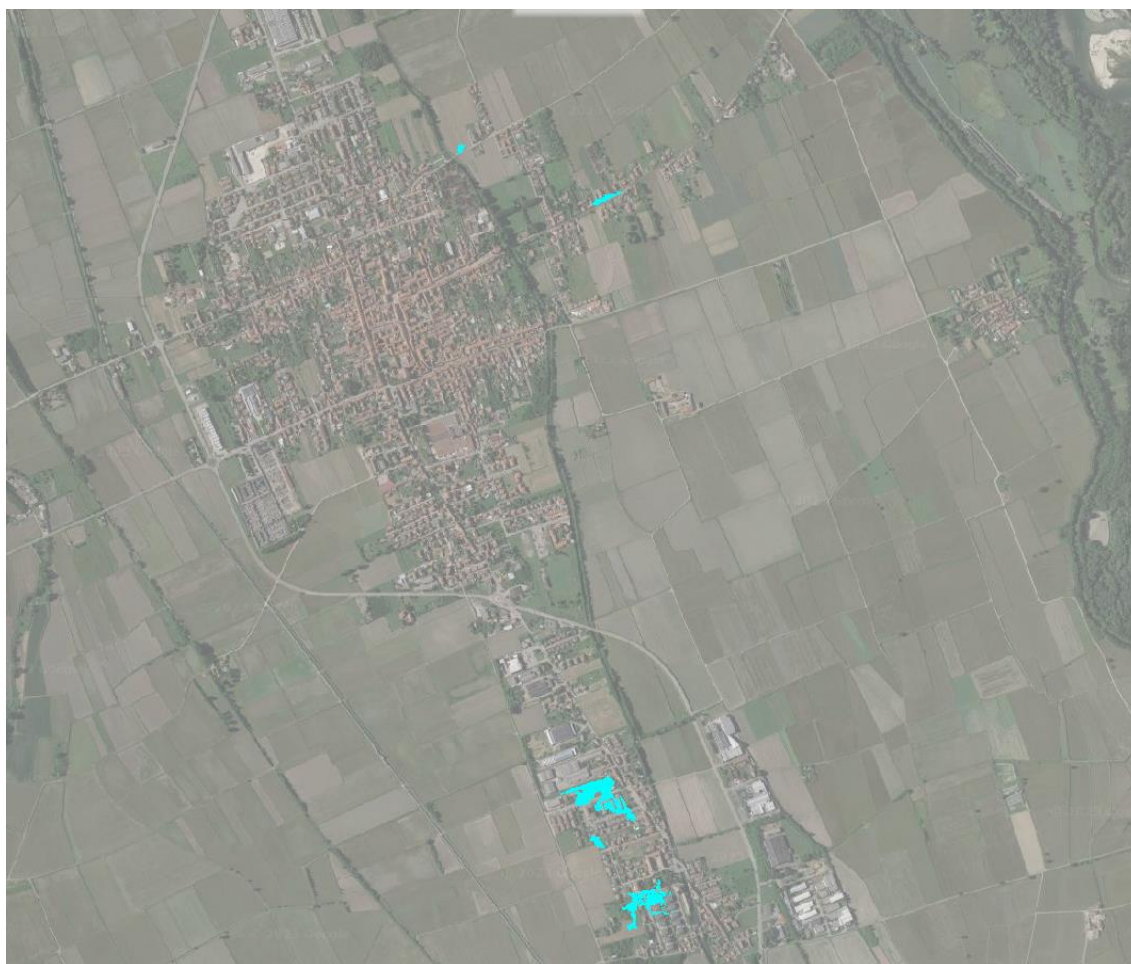
### **10.2.2. Analisi dei risultati**

La modellazione bidimensionale ha consentito di evidenziare le aree del territorio interessate da allagamenti per effetto della fuoriuscita di portata dai pozzetti del reticolo fognario in occasione degli eventi meteorici di riferimento.

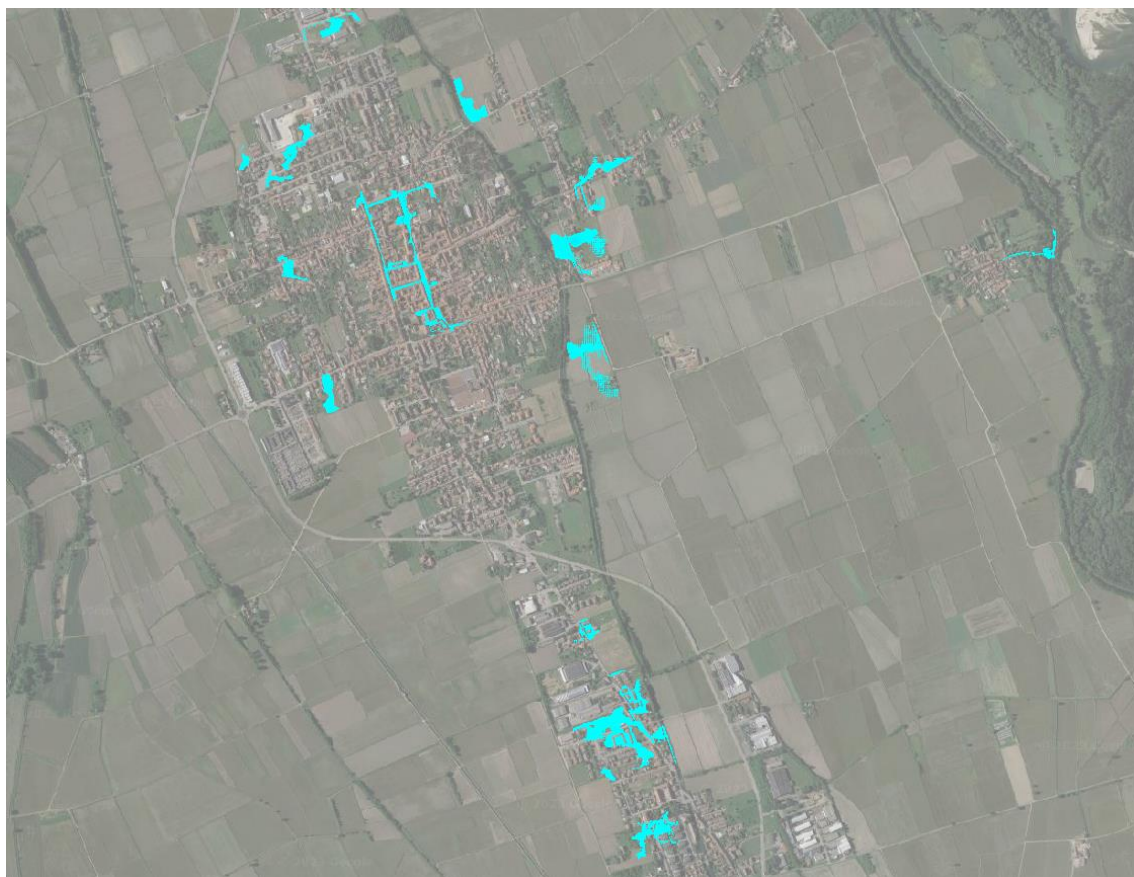
Le figure Figura 83, Figura 84, Figura 85 mostrano le aree allagate per i diversi tempi di ritorno di 10, 50, 100 anni.

Dall'analisi dei risultati relativi ad altezza e velocità della corrente nelle aree allagabili, si può assegnare alle aree soggette ad allagamento un livello di pericolosità media o moderata (H1 o H2).

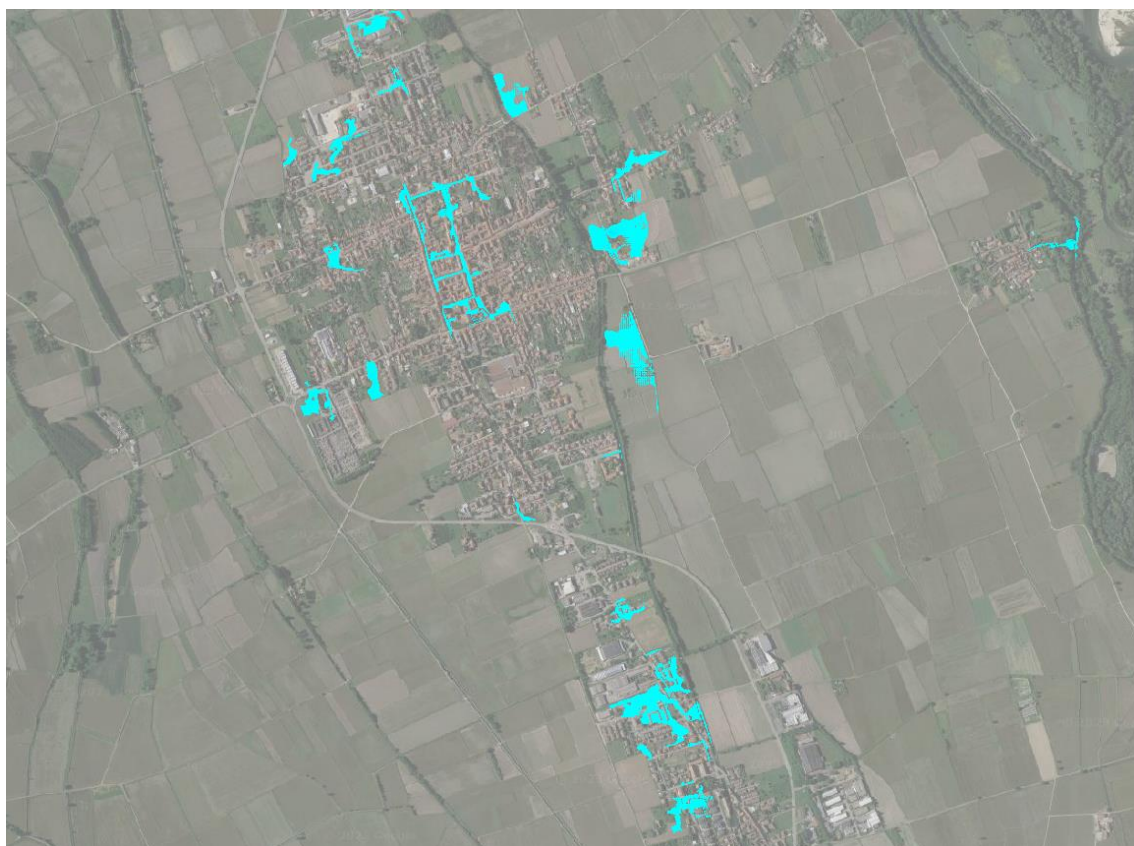
La mappa con la delimitazione delle aree soggette ad allagamento è riportata nell'allegato grafico T.03.



**Figura 83 – Stato di fatto, allagamenti per TR 10 anni**



**Figura 84 - Stato di fatto, allagamenti per TR 50 anni**



**Figura 85 - Stato di fatto, allagamenti per TR 100 anni**



## 11. MISURE STRUTTURALI D'INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

### 11.1. Generalità

Lo S.Co.G.R.I. indica le misure strutturali di invarianza idraulica ed idrologica applicabili sul territorio per la mitigazione delle criticità riscontrate, fornendo anche una definizione delle dimensioni di massima e della loro ubicazione.

Il Regolamento Regionale espone sinteticamente, nell'allegato M, alcune indicazioni di orientamento per la scelta delle misure strutturali di invarianza per la gestione delle acque meteoriche in ambito urbano.

Sulla scorta anche dell'ampia letteratura scientifica è possibile individuare i seguenti sistemi principali:

- 1. Opere di laminazione:** strutture superficiali; strutture sotterranee.
- 2. Opere di infiltrazione:** trincee, fossi disperdenti; pozzi drenanti; bacini di infiltrazione; caditoie filtranti; pavimentazioni permeabili
- 3. Opere per il trasporto ed il controllo delle portate:** tubazioni; supertubi; manufatti di regolazione delle portate; sfioratori; sifoni; stazioni di sollevamento
- 4. Altre opere:** tetti verdi; pareti verdi; fitodepurazione.

I sistemi possono ovviamente essere combinati tra loro in funzione delle caratteristiche del sito, sino a giungere a configurazioni più complesse, per perseguire più obiettivi contemporanei: controllo della quantità e qualità delle acque, fruizione, valore estetico ed ecologico.

Lo S.Co.G.R.I. definisce inoltre gli interventi strutturali anche sulla fognatura, volti a:

- Risolvere le criticità riscontrate per la modellazione dello scenario con TR 10 anni;
- Mitigare gli effetti degli scenari a minore probabilità (TR 50 anni e TR 100 anni)

## 11.2. Misure strutturali previste negli Ambiti di Trasformazione in applicazione del R. R. n. 7/2017

Nella figura sottostante è riportata l'ubicazione degli Ambiti di Trasformazione previsti per il territorio comunale di Cassolnovo, nella variante al PGT attualmente in fase di VAS.



**Figura 86 - Variante Generale al PGT (fase VAS, Consultazione, agosto 2023) - Ambiti di Trasformazione**

In questa sede verranno indicati i criteri di calcolo utilizzati al fine di disporre di una indicazione di massima dei volumi complessivi di laminazione come previsti da Regolamento Regionale n. 7/2017, fermo restando che per ogni ambito dovrà essere successivamente previsto un Progetto di invarianza idraulica ed idrologica dedicato con un calcolo di dettaglio che dipenderà dalla effettiva superficie interessata dall'intervento di trasformazione come previsto dall'art. 10 del R.R. 7/2017 e successivo aggiornamento del R.R. 8/2019.

Il calcolo preliminare dei volumi di invarianza idraulica è stato condotto introducendo ipotesi sulla tipologia e caratteristiche dell'intervento che verrà effettuato nell'ambito.

La superficie impermeabile ( $S_{imp}$ ) di ogni ambito di trasformazione è stata calcolata moltiplicando la superficie territoriale d'ambito (ST) per il coefficiente di deflusso medio ponderale  $\phi$ . Quest'ultimo è stato determinato assegnando alla massima superficie impermeabilizzabile ( $S_{nd}$ ) un coefficiente di



deflusso pari a 1, mentre alla restante superficie del lotto (Sd), ipotizzata drenante e collettata, un coefficiente di deflusso pari a 0.3.

**Tabella 17 – Parametri di superficie per gli ambiti di trasformazione AT**  
(Variante Generale al PGT, fase VAS, Consultazione, agosto 2023)

|     | ST                         | SL                     | Snd                                  |             | Sd               |          | $\phi$                            | S <sub>imp</sub>     |
|-----|----------------------------|------------------------|--------------------------------------|-------------|------------------|----------|-----------------------------------|----------------------|
| AT  | Superficie<br>Territoriale | Sup. Lorda<br>Prevista | Sup.<br>Impermeabi-<br>lizzabile Max | $\phi_{nd}$ | Sup.<br>Drenante | $\phi_d$ | C. afflusso<br>medio<br>ponderale | Sup. imp.<br>calcolo |
|     | $m^2$                      | $m^2$                  | $m^2$                                | -           | $m^2$            | -        | -                                 | ha                   |
| AT1 | 30 639                     | 21 500                 | 26 043                               | 1           | 4 596            | 0,3      | 0,89                              | 2,73                 |
| AT2 | 41 683                     | 29 200                 | 35 430                               | 1           | 6 253            | 0,3      | 0,89                              | 3,71                 |
| AT3 | 16 602                     | 10 282                 | 12 300                               | 1           | 4 302            | 0,3      | 0,82                              | 1,66                 |
| AT4 | 9 041                      | 6 300                  | 7 684                                | 1           | 1 357            | 0,3      | 0,89                              | 0,80                 |
| AT5 | 20 194                     | 14 200                 | 17 164                               | 1           | 3 030            | 0,3      | 0,89                              | 1,80                 |

Si è calcolato il valore del volume dell'invaso mediante il metodo dei "requisiti minimi" e il metodo "delle sole piogge"; il massimo tra i due valori calcolati viene assunto come valore di progetto. Si rimanda ad una successiva fase di approfondimento l'eventuale applicazione della procedura dettagliata di dimensionamento, che ricordiamo dipendere dall'estensione della superficie interessata dall'intervento, come da indicazioni dell'art. 9 del R.R. 7/2017 e s.m.i..

Ai sensi del comma 5 dell'articolo 7 della R.R. n. 7/2017, indipendentemente dall'ubicazione territoriale, sono assoggettate ai limiti indicati nel regolamento per le aree A ad alta criticità anche le aree Lombarde inserite nei PGT Comunali come ambiti di trasformazione o anche come piani attuativi previsti nel Piano delle Regole.

I requisiti minimi previsti per gli ambiti di trasformazione sono dunque quelli previsti per le "Aree A":

- Volume minimo dell'invaso pari a 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile;
- Portata massima scaricata nel ricettore pari a 10 l/s per ettaro di sup. scolante impermeabile.

**Tabella 18 – Calcolo volumi di invaso per gli ambiti di trasformazione AT**

| AT  | Sup. TOT | $\phi$ | Sup.<br>Imp.<br>Lotto | Portata MAX<br>allo scarico | Volume<br>"Requisiti<br>minimi" | Volume<br>"Sole<br>piogge" | Volume<br>di<br>progetto |
|-----|----------|--------|-----------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------------|
|     | ha       | -      | ha                    | l/s                         | $m^3$                           | $m^3$                      | $m^3$                    |
| AT1 | 3,0639   | 0,89   | 2,73                  | 27                          | 2 181                           | 2 420                      | 2 420                    |
| AT2 | 4,1683   | 0,89   | 3,71                  | 37                          | 2 968                           | 3 281                      | 3 281                    |
| AT3 | 1,6602   | 0,82   | 1,66                  | 14                          | 1 089                           | 1 188                      | 1 188                    |
| AT4 | 0,9041   | 0,89   | 0,80                  | 8                           | 644                             | 713                        | 713                      |
| AT5 | 2,0194   | 0,89   | 1,80                  | 18                          | 1 438                           | 1 587                      | 1 587                    |



Le misure saranno da individuare, per ogni singolo caso, sulla base di quanto emergerà dagli approfondimenti condotti in sede progettuale, e più specificatamente dovranno essere contemplate e definite dal “progetto di invarianza idraulica ed idrologica”.

Al fine di non gravare ulteriormente sulla rete fognaria si suggerisce che in fase attuativa nel progetto di invarianza idraulica, oltre agli approfondimenti conoscitivi necessari, si valutino soluzioni realizzative che prevedano:

- il modellamento planoaltimetrico delle aree a verde pertinenziale delle residenze e dei cortili e dei piazzali di manovra, ove possibile, in maniera funzionale ad agevolare il rallentamento e l’assorbimento delle acque, così da contribuire all’azione di laminazione e ritardo dei deflussi;
- l’installazione di serbatoi/vasche di accumulo delle acque pluviali per il loro riuso per scopi compatibili; la posa di sistemi di raccolta delle acque reflue di tipo duale;
- l’impiego di pavimentazioni semifiltranti per piazzali e cortili;
- la creazione di piccoli specchi d’acqua perenni con un franco di regolazione dedicato ai volumi necessari a garantire l’invarianza idraulica.



### 11.3. Misure strutturali aggiuntive previste nell'ambito del presente Studio

Nei paragrafi che seguono sono presentate le opere proposte a livello comunale ai fini del miglioramento dell'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica a livello comunale.

Si tratta di proposte frutto delle indicazioni dello studio effettuato basato sulle informazioni e dati raccolti, che si concentrano prevalentemente, quindi, sulle criticità della rete fognaria.

Le proposte dovranno essere analizzate e condivise tra Comune e Gestore del Servizio Idrico, il quale ha pertinenza e competenza su alcuni degli interventi proposti, e potranno essere tradotte in progetti e lavori di adeguamento del sistema di drenaggio e collettamento comunale.

Relativamente al territorio comunale di Cassolnovo, si riporta di seguito uno schema di sintesi delle misure strutturali proposte e della relativa localizzazione.

| Vasche di laminazione / sistemi di infiltrazione |                                                                                                                                                                 |                                                                       |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| IS.V.01                                          | Volume di laminazione complementare in Via Enrico Fermi                                                                                                         | Aree pubbliche in AT2                                                 |
| IS.V.02                                          | Sistema di laminazione-infiltrazione zona cimitero                                                                                                              | Area verde V05                                                        |
| IS.V.03                                          | Volume di laminazione su fognatura Molino del Conte                                                                                                             | Area verde V02                                                        |
| IS.V.04                                          | Sistema di laminazione e infiltrazione a servizio delle aree produttive a est della SP206                                                                       | Aree paesaggistiche ed ecologiche<br>Area verde V08<br>Parcheggio P26 |
| Collettori della rete di drenaggio               |                                                                                                                                                                 |                                                                       |
| IS.R.01                                          | Interventi sul reticolo fognario: adeguamento collettore Via Montebello, tratto compreso tra il sottopasso del Nav. Langosco e valle immissione di Via Praghino | Via Montebello                                                        |
| IS.R.02                                          | Collegamento diretto della fognatura di Via Baldacchini al collettore di Via Trento                                                                             | Via Baldacchini                                                       |

**Tabella 19 - Misure strutturali per il comune di Cassolnovo**

In aggiunta alle misure e relative localizzazioni riportate in tabella, si propone l'indicazione, all'interno delle Norme Tecniche di Attuazione del Piano dei Servizi, del seguente assunto:

*"Nelle aree per servizi pubblici e di interesse pubblico di proprietà pubblica potrà sempre essere valutata la possibilità di realizzazione di misure strutturali di invarianza idraulica ed idrologica".*

### **11.3.1.IS.V.01 - Volume complementare in Via Enrico Fermi**

L'intervento proposto ha come obiettivo la riduzione del deflusso in fognatura in occasione di eventi meteorici, mediante laminazione della portata da realizzarsi sovradimensionando il collettore a servizio della Via Enrico Fermi (cosiddetto "supertubo").

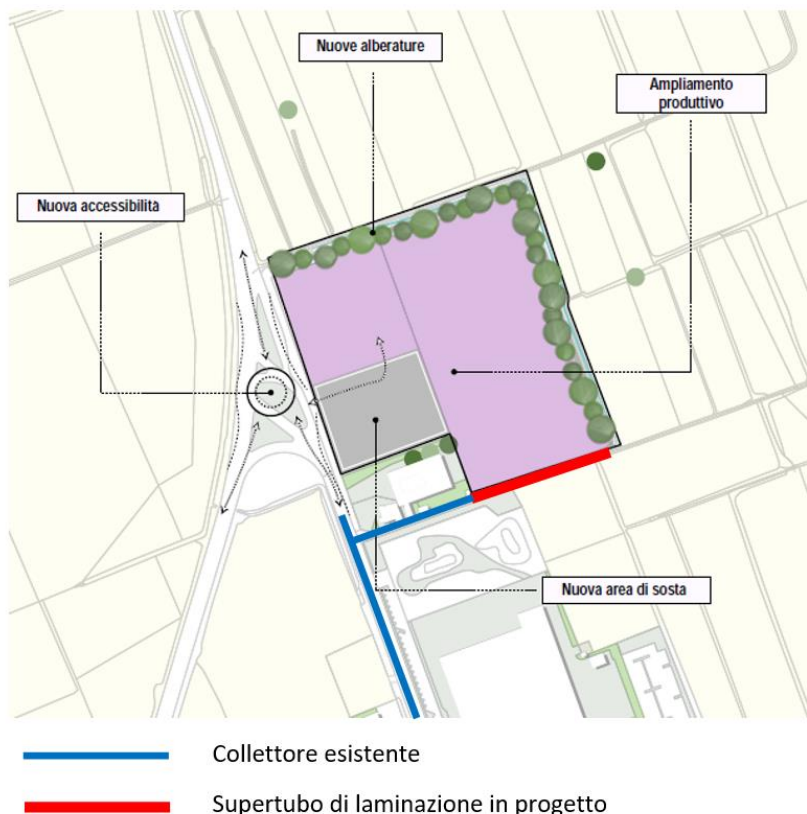
In particolare si potrà adottare tale accorgimento sul nuovo tratto di viabilità a prolungamento della Via E. Fermi, a servizio dell'ambito di trasformazione AT2, comprendendo nel calcolo del volume di invaso anche la superficie stradale della via E. Fermi già esistente.

Il volume di invaso minimo può essere, in via preliminare, determinato come segue:

- Superficie scolante di calcolo pari alla superficie complessiva della strada, compreso tratto esistente:  $S = 330 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 0,2 \text{ ha}$
- Coefficiente di afflusso:  $\phi = 1,0$
- Superficie scolante impermeabile:  $S_{imp} = S \phi = 0,2 \text{ ha}$
- Volume minimo da criterio minimo per Aree A:  $V = 800 \text{ m}^3/\text{ha} \times 0,2 \text{ ha} = 160 \text{ m}^3$

Il volume potrà essere ricavato, ad esempio, posando n. 2 tubi paralleli, di diametro 0,8 m, su una lunghezza di 160 m.

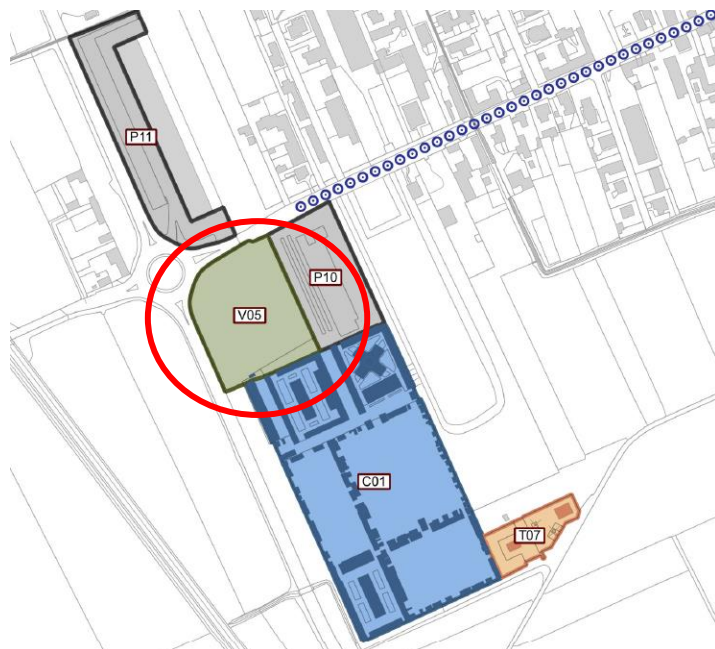
L'intervento consentirà di ridurre il colmo di portata immessa nella fognatura di Via C. Alberto in occasione di eventi meteorici.



**Figura 87 – AT2, interventi strutturali in progetto**

### **11.3.2. IS.V.02 – Sistema di laminazione-infiltrazione zona cimitero**

Si prevede la possibilità di realizzare sull'Area Verde "V05", localizzata al margine ovest del centro urbano, in adiacenza al cimitero e affacciata su Via IV Novembre, per la realizzazione di un sistema di invaso e dispersione delle acque meteoriche.



**Figura 88 – Zona cimitero, individuazione area V05**

Il sistema consentirà di alleggerire il carico idraulico sul collettore fognario di Via IV Novembre e, di conseguenza, sulla rete di valle, che attraversa il centro storico.

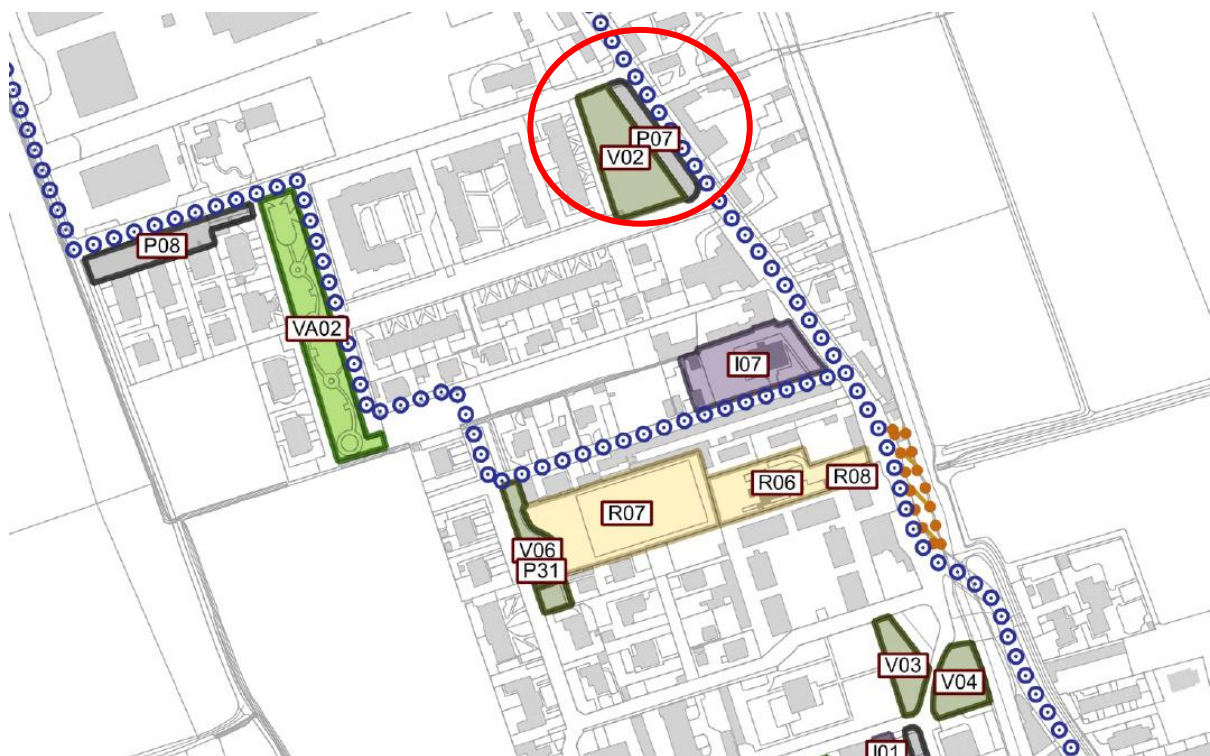
Sarà in tal modo possibile deviare verso il nuovo sistema proposto le reti di drenaggio del parcheggio P10, del parcheggio P11 e dell'area del cimitero (C01).

Il volume necessario può essere stimato, in via preliminare e di larga massima, con il metodo "delle sole piogge"; si considera una superficie complessiva di circa 3,5 ettari ed un coefficiente di afflusso medio di 0,5. Il volume necessario per invasare un evento con tempo di ritorno cinquantennale e garantire lo smaltimento delle acque per infiltrazione è di circa 1400 m<sup>3</sup>, ipotizzati su una superficie di 2.000 m<sup>2</sup>. L'area ha una superficie di circa 6.800 m<sup>2</sup>; è possibile pensare di realizzare un invaso di 2.500 m<sup>2</sup>, che, con un battente medio di 0,5 m consentirebbe di invasare completamente il volume di deflusso dell'evento cinquantennale.

### **11.3.3.IS.V.03 – Volume di laminazione su fognatura Molino del Conte**

Si propone la realizzazione di una nuova vasca di invaso per la laminazione delle portate che insistono sul collettore di Via Trento, a Molino del Conte, da posizionarsi in corrispondenza dell'area verde V02, in Via Trento.

La vasca si andrebbe ad aggiungere a quella già presente nell'area a verde V04, all'incrocio tra Via Naviglietto e Via Trento, e contribuirebbe a ridurre il rischio di insufficienza della rete della frazione Molino del Conte in occasione di eventi meteorici intensi o in caso di fuori servizio della stazione di sollevamento di Via Trento, "tagliando" le portate dirette a valle ed accumulando i volumi in eccesso.



**Figura 89 – Molino del Conte, Via Trento: area V02**

La superficie complessiva dell'area è di circa 1.500 m<sup>2</sup>.

Si ipotizza di realizzarvi una vasca di invaso in calcestruzzo armato, rettangolare, di dimensioni utili 40 x 12 m, con un'altezza di invaso di 2,10 m, corrispondente ad un volume di circa 1000 m<sup>3</sup>. L'immissione in vasca avverrebbe a gravità mediante una tubazione di collegamento ad un vicino pozzetto del collettore di Via Trento, posta a quota adeguata per attivarsi solo in caso di eventi meteorici di una certa rilevanza. Lo svuotamento avverrebbe mediante pompaggio.

#### **11.3.4.IS.V.04 – Sistema di laminazione e infiltrazione a servizio delle aree produttive consolidate, a est della SP206**

L'ampia area produttiva di Molino del Conte, ad est della SP206, risulta attualmente non connessa alla pubblica fognatura, ed è dotata di sistemi propri di scarico delle acque meteoriche mediante infiltrazione sul suolo o in corpo idrico superficiale.

Nelle more di una più dettagliata indagine di dettaglio sugli specifici sistemi di scarico e su eventuali presidi di accumulo attualmente presenti su ciascun lotto, si prende in considerazione la possibilità, in caso di futura realizzazione di un'infrastruttura di collegamento alla rete fognaria pubblica diretta al depuratore comunale, di dover realizzare i necessari presidi per il rispetto dell'invarianza idraulica ed idrologica.



**Figura 90 – Area a est SP206. Tavola Azzonamento (Variante Gen. PGT, VAS, consultazione, agosto 2023)**

Il comparto ha una superficie complessiva di 17,9 ettari, di cui 14,8 ettari in ambiti consolidati a carattere economico e produttivo, 0,9 ettari in tessuto rurale e 2,0 ettari oggetto di trasformazione (AT5).



Per una stima preliminare dei volumi di invaso e delle portate massime scaricabili dal comparto si considerano i seguenti valori di riferimento:

|                                           | Dati territoriali                   |         | Portata limite allo scarico |         | Volume minimo di invaso     |          |
|-------------------------------------------|-------------------------------------|---------|-----------------------------|---------|-----------------------------|----------|
| Aree tessuto consolidato e tessuto rurale | Superficie scolante totale - S      | 15,7 ha | 40 l/s*ha                   | 314 l/s | 500 m³/ha                   | 3.925 m³ |
|                                           | Coeff. di afflusso medio - $\phi$   | 0,5     |                             |         |                             |          |
|                                           | Sup. scolante impermeab. - S $\phi$ | 7,85 ha |                             |         |                             |          |
| Aree ambiti di trasformazione (AT5)       | Superficie scolante totale - S      | 2,0 ha  | 10 l/s*ha                   | 18 l/s  | 1.587 m³<br>(v. Tabella 18) |          |
|                                           | Coeff. di afflusso medio - $\phi$   | 0,89    |                             |         |                             |          |
|                                           | Sup. scolante impermeab. - S $\phi$ | 1,8 ha  |                             |         |                             |          |
| TOTALE                                    |                                     |         | 174 l/s                     |         | 5.512 m³                    |          |

Dalla tabella si evince come complessivamente il comparto dovrebbe essere dotato di volumi di invaso delle acque meteoriche per circa 5.500 m<sup>3</sup>.

Posto che per il comparto AT5 è fatto obbligo da normativa la realizzazione del volume di invaso necessario, e verificatane la fattibilità al precedente paragrafo 11.2, si individuano in questa sede le aree idonee alla realizzazione dell'ulteriore volume necessario, pari a 3.925 m<sup>3</sup>.

Sono state a tale scopo individuate le seguenti aree:

- Aree paesaggistiche ed ecologiche, superficie complessiva: circa 15.000 m<sup>2</sup>

La superficie totale a disposizione per la realizzazione degli invasi risulta più che sufficiente alla realizzazione di sistemi di invaso per un volume pari a quello necessario.

Vale la pena di accennare, infine, come l'eventuale collegamento di quest'area, oggi priva di fognatura, all'impianto di depurazione dovrebbe essere concepito mediante una condotta indipendente, diretta all'impianto, evitando di gravare ulteriormente sui collettori della rete fognaria esistente a monte del depuratore.



### 11.3.5. IS.R.01 – Adeguamento collettore Via Montebello

L'intervento è volto a risolvere l'insufficienza del collettore di Via Montebello nel tratto compreso tra il sottopasso del Nav. Langosco e l'immissione del collettore di Via Praghino. In questo tratto confluiscono contemporaneamente le onde di piena provenienti dai 3 rami principali della rete, generando un picco di portata che manda in crisi, per rigurgito, l'intera rete.

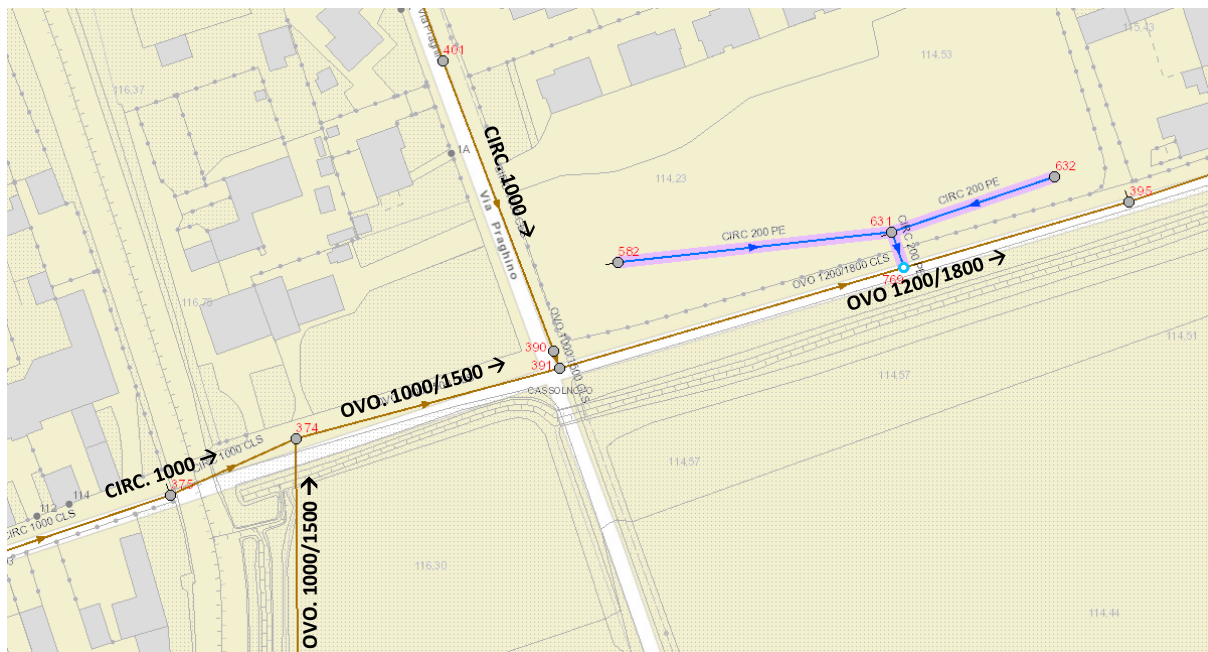


Figura 91 – Collettori di Via Montebello / Via Praghino

Si prevede, pertanto, di potenziare per circa 200 metri il tratto di collettore di Via Montebello mediante una condotta parallela che intercetti il ramo di Via Montebello Est ed il collettore Sud, e che si ricongiunga al collettore finale a valle del centro urbano. Il corretto dimensionamento dell'intervento dovrà essere oggetto di specifica e approfondita progettazione.

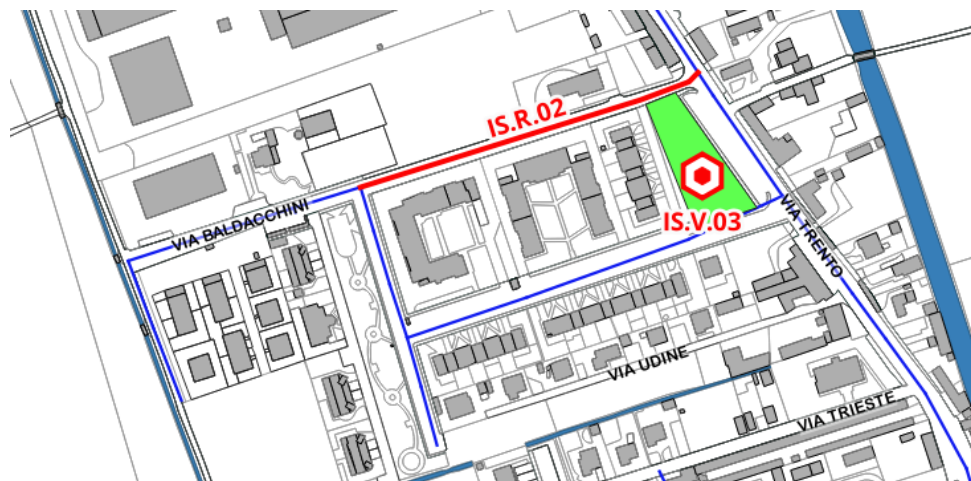


Figura 92 – Tratto oggetto di potenziamento su fognatura di Via Montebello (IS.R.01)



### **11.3.6. IS.R.02 – Collegamento diretto della fognatura di Via Baldacchini al collettore di Via Trento**

Si prevede di collegare la fognatura di Via Baldacchini (diametro 500 mm) al collettore principale di Via Trento (diametro 600 mm), consentendo in tal modo di completare l'urbanizzazione dell'area, "magliare" la rete e ottimizzare il percorso di deflusso delle portate di Via Baldacchini.



**Figura 93 – Intervento in progetto su fognatura Via Baldacchini (IS.R.02)**

L'intervento, inoltre, unitamente alla vasca prevista nell'intervento IS.V.03, consente di risolvere le criticità di allagamento nell'area di Molino del Conte.



## 12. MISURE NON STRUTTURALI

### 12.1. Generalità

Le misure non strutturali per la mitigazione del rischio idraulico comprendono una serie di interventi e azioni mirate all'attuazione delle politiche di invarianza idraulica ed idrologica a scala comunale, finalizzate al miglioramento nella gestione delle acque meteoriche (c.d. drenaggio urbano sostenibile) e a prevenire e/o ridurre i danni conseguenti l'evento di piena. Tali misure possono coinvolgere provvedimenti di tipo gestionale, amministrativo, comunicativo.

Le misure possono essere introdotte nel regolamento edilizio e negli strumenti di pianificazione territoriale quali PGT, Studio Geologico, Piano di Emergenza Comunale, al fine di renderle attuative e concrete.

In generale l'applicazione di tali misure ha lo scopo di:

- ridurre gli effetti negativi dell'impermeabilizzazione, quale l'accelerazione dei deflussi superficiali con conseguente aumento delle condizioni di rischio idraulico;
- ridurre gli effetti e le conseguenze degli allagamenti sul territorio e sulla popolazione;
- integrare il paesaggio del verde urbano rendendolo maggiormente gradevole e migliorando il microclima.

Le azioni principali di carattere idrologico-idraulico introdotte dalle misure non strutturali possono essere sintetizzate come segue:

- trattenere quanto più possibile le acque a monte mediante formazione di piccoli invasi, strutture a lento deflusso ed in generale al rallentamento dei flussi;
- ridurre la superficie impermeabilizzata grazie all'introduzione di aree permeabili, filtranti e verde urbano integrato nel masterplan architettonico;
- favorire il riutilizzo dell'acqua per quanto possibile.

Nel concreto le misure non strutturali comprendono ad esempio:

- l'incentivazione dell'estensione delle misure di invarianza idraulica e idrologica anche sul tessuto edilizio esistente;
- provvedimenti amministrativi per la disciplina della destinazione d'uso del territorio con introduzione di vincoli nelle aree a maggior rischio idraulico;
- introduzione di regolamentazione specifica per nuove costruzioni, urbanizzazioni e ristrutturazione volta ad incentivare tecniche costruttive innovative in grado di ridurre l'apporto di acque meteoriche al recettore, o rallentarne il deflusso;
- la definizione di una corretta gestione delle aree agricole per l'ottimizzazione delle capacità di trattenuta delle acque da parte del terreno;
- misure di protezione civile e/o difese passive attivabili in tempo reale atte al controllo e riduzione delle condizioni di rischio, o ancora sistemi di previsione e allerta;
- corretta pianificazione della manutenzione delle strutture e infrastrutture: ispezione, monitoraggio, pulizia e gestione dei manufatti;
- campagne di informazione alla popolazione nelle aree soggette ad allagamenti.



## 12.2. Misure non strutturali per il territorio comunale di Cassolnovo

Relativamente al territorio comunale di Cassolnovo, si riporta di seguito uno schema di sintesi delle misure non strutturali da prediligere e dei relativi strumenti di applicazione:

| ID     | Descrizione Misura                                                                                                                                                                                                                                                                 | Strumento      |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| INS.01 | Misure di incentivazione dell'estensione delle misure di invarianza idraulica e idrologica anche sul tessuto edilizio esistente per interventi non vincolati al rispetto delle prescrizioni di cui al r.r. 7/2017, al fine di sgravare le fognature miste dal contributo meteorico | P.D.R.         |
| INS.02 | Obbligo di realizzazione di misure di invarianza idraulica e idrologica per interventi in ambiti di rigenerazione urbana e territoriale                                                                                                                                            | P.D.R.         |
| INS.03 | Aggiornamento del Piano delle Regole con le indicazioni di cui all'art. 6 del R.R. 7/2017                                                                                                                                                                                          | P.D.R.         |
| INS.04 | Aggiornamento del Piano di Protezione Civile Comunale con l'indicazione delle aree a rischio idraulico e delle relative procedure preventive o in caso di emergenza.                                                                                                               | P.P.C.         |
| INS.05 | Programma di manutenzione rete fognaria di drenaggio e collettamento                                                                                                                                                                                                               | Gestore S.I.I. |
| INS.06 | Applicazione dei limiti e procedure indicate per le Aree A in tutte le Aree di Trasformazione. Rif. art. 7 comma 5 del R.R. 7/2017.                                                                                                                                                | D.D.P.         |
| INS.07 | Progettazione degli interventi sulla "Città Pubblica" adottando buone pratiche di drenaggio sostenibile (SuDS)                                                                                                                                                                     | P.D.S.         |
| INS.08 | Prescrizioni per lo scarico da piani interrati o seminterrati                                                                                                                                                                                                                      | P.D.R.         |
| INS.09 | Limitazione degli allacciamenti in fognatura delle reti private di drenaggio acque meteoriche da coperture e cortili.                                                                                                                                                              | P.D.R.         |
| INS.10 | Possibilità di impiego delle "Aree paesaggistiche ed ecologiche" previste dal P.D.R. per la realizzazione di misure di invarianza idraulica ed idrologica.                                                                                                                         | P.D.R.         |

**Tabella 20 - Misure non strutturali per il territorio di Cassolnovo**



### **12.2.1.INS.01 - Misure di incentivazione dell'estensione delle misure di invarianza idraulica e idrologica anche sul tessuto edilizio esistente per interventi non vincolati al rispetto delle prescrizioni di cui al r.r. 7/2017**

#### **12.2.1.1. GENERALITÀ**

Ai sensi dell'art. 15 del R.R. 7/2017 e s.m.i., il Comune può promuovere l'applicazione del principio di invarianza idraulica ed idrologica per interventi che non ricadono nell'ambito di applicazione del Regolamento di invarianza idraulica, ai sensi dell'art. 3 del Regolamento stesso.

Nel caso di edificio soggetto a trasformazione urbanistica per solo una quota parte della superficie complessiva, ricadono nella fattispecie di cui sopra gli interventi di invarianza idraulica ed idrologica realizzati sulla quota parte di edificio non soggetto a trasformazione.

L'applicazione dei principi dell'invarianza idraulica ed idrologica, nonché del drenaggio urbano sostenibile, può essere promossa mediante:

- Incentivazione urbanistica: il Comune può prevedere nel D.D.P. gli incentivi di cui all'art. 11 comma 5 della L.R. 12/2005 che:
  - o possono essere riconosciuti come diritti edificatori utilizzabili in opportuni ambiti individuati dal PGT;
  - o possono essere utilizzati sull'edificio dal quale si crea l'incentivo volumetrico, purché l'ampliamento non alteri la proiezione al suolo della sagoma dell'edificio originale;
- Riduzione degli oneri di urbanizzazione o anche del Contributo di costruzione.

#### **12.2.1.2. OBIETTIVI**

L'obiettivo della misura è quello di diffondere sul territorio le buone pratiche di drenaggio sostenibile, riducendo l'apporto di acque meteoriche al reticolo di fognatura mista del territorio urbano comunale.

#### **12.2.1.3. APPLICABILITÀ**

La misura è applicabile all'intero tessuto consolidato del territorio comunale.

### **12.2.2.INS.02 - Obbligo di realizzazione di misure di invarianza idraulica e idrologica per interventi in ambiti di rigenerazione urbana e territoriale**

#### **12.2.2.1. GENERALITÀ**

Gli interventi negli ambiti di rigenerazione urbana e territoriale previsti nel P.G.T. saranno condizionati all'attuazione di misure di invarianza idraulica ed idrologica da dimensionarsi per l'intero lotto e con i limiti propri dell'Area B.

#### **12.2.2.2. OBIETTIVI**

L'obiettivo è quello di ridurre il carico sulla rete di drenaggio urbano, applicando integralmente le misure di invarianza ad ambiti particolari del contesto urbano, quali gli ambiti di rigenerazione.

#### **12.2.2.3. APPLICABILITÀ**

La misura è applicabile agli Ambiti di Rigenerazione individuati dal PGT.



### **12.2.3.INS.03 - Aggiornamento del Piano delle Regole con le indicazioni di cui all'art. 6 del R.R. 7/2017**

#### **12.2.3.1. GENERALITÀ**

L'art. 6 del R.R. 7/2017 riporta i contenuti che devono essere esplicitati dal regolamento edilizio comunale, riguardanti obblighi e procedure in materia di invarianza idraulica ed idrologica, in funzione della tipologia di intervento, validi per tutto il territorio comunale. Si provvederà ad inserire tali contenuti come norma del Piano delle Regole

#### **12.2.3.2. OBIETTIVI**

L'obiettivo della misura è quello di recepire puntualmente quanto previsto dal R.R. 7/2017.

#### **12.2.3.3. APPLICABILITÀ**

La misura riguarda tutti gli interventi edilizi citati all'art. 3 del R.R. 7/2017, con distinzione tra:

- gli interventi soggetti a permesso di costruire, a segnalazione certificata di inizio attività, o a comunicazione di inizio lavori asseverata;
- gli interventi rientranti nell'attività edilizia libera;
- gli interventi relativi alle infrastrutture stradali e loro pertinenze e parcheggi.

### **12.2.4.INS.04 - Aggiornamento del Piano di Protezione Civile Comunale con l'indicazione delle aree a rischio idraulico e delle relative procedure preventive o in caso di emergenza.**

#### **12.2.4.1. GENERALITÀ**

Il Piano di Emergenza Comunale per il comune di Cassolnovo è stato aggiornato nel 2016.

In esso sono contenute indicazioni di zone di esondazione indicate dal PAI lungo il reticolo principale.

E' opportuno che, successivamente all'approvazione del presente documento, si proceda ad una revisione del Piano di Emergenza Comunale, oggi denominato Piano di Protezione Civile Comunale, con l'indicazione delle aree a rischio idraulico individuate dal presente studio e delle relative misure di prevenzione del rischio e protezione e soccorso della popolazione.

#### **12.2.4.2. OBIETTIVI**

Individuazione dettagliata delle aree oggetto di esondazione, con indicazioni ai residenti delle suddette aree dei possibili accorgimenti atti a contenere l'esondazione ed evitare l'allagamento delle proprietà private e in particolare dei locali interrati (per esempio installazione di barriere temporanee).

Fissare procedure di controllo e azioni che possono essere intraprese rapidamente per ottimizzare il sistema di raccolta e smaltimento delle acque, per renderlo ad ogni modo il più efficiente possibile (ad esempio verifica/pulizia tombotti/fossi di guardia stradali).

Attuare procedure di protezione civile quali, allerta della popolazione, presidio idraulico,



installazione di barriere temporanee.

#### 12.2.4.3. APPLICABILITÀ

La misura è applicabile all'intero territorio comunale, in relazione agli specifici scenari di rischio che saranno individuati dal Piano di Protezione Civile.

### **12.2.5.INS.05 - Programma di manutenzione rete fognaria di drenaggio e collettamento**

#### 12.2.5.1. GENERALITÀ

Il Gestore del Servizio Idrico Integrato dovrà garantire l'applicazione di un programma di manutenzione che preveda un sistema di controlli e interventi che devono essere eseguiti a cadenze prefissate per garantire una corretta gestione dell'infrastruttura negli anni.

In particolare, dovranno essere soggette a controllo e manutenzione periodica:

- Le caditoie stradali, bocche di lupo, griglie o altri sistemi di drenaggio;
- Le stazioni di sollevamento;
- I manufatti di sfioro;
- I collettori.

Particolare attenzione dovrà essere posta nel periodico ripristino dell'efficienza delle caditoie, soggette ad interrimento e intasamento.

Dovrà inoltre essere verificata periodicamente l'efficienza dei collettori per i quali si segnala la posa a debole pendenza o in contropendenza, in attesa di interventi strutturali di adeguamento.

#### 12.2.5.2. OBIETTIVI

Garantire l'efficienza del sistema di drenaggio e collettamento.

#### 12.2.5.3. APPLICABILITÀ

La misura è applicabile all'intero territorio comunale. Trattandosi di rete di fognatura mista, l'onere della programmazione degli interventi di manutenzione spetta al Gestore del S.I.I..

### **12.2.6.INS.06 - Applicazione dei limiti e procedure indicate per le Aree A in tutte le Aree di Trasformazione**

#### 12.2.6.1. GENERALITÀ

Il comune di Cassolnovo ricade in Area B (a media criticità idraulica), come definito all'art. 7 comma 3. L'art. 7 comma 5 del R.R. 7/2017 prevede che, indipendentemente dall'ubicazione territoriale, siano assoggettati ai limiti e alle procedure previsti per le aree A (ad alta criticità idraulica) anche le aree inserite nei PGT comunali come ambiti di trasformazione o come piani attuativi previsti nel piano delle regole.

La prescrizione si traduce nella definizione dei seguenti limiti da adottarsi nei progetti di invarianza



idraulica ed idrologica per gli interventi sulle Aree di trasformazione o piani attuativi:

- Portata meteorica massima scaricabile nei ricettori: **10 l/s** per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento(\*);
- Requisito minimo del volume di laminazione: **800 mc** per per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento(\*)).

(\*) La superficie scolante impermeabile è calcolata come prodotto tra la superficie scolante totale ed il suo coefficiente di afflusso medio ponderale, calcolato ai sensi del R.R. 7/2017.

#### 12.2.6.2. OBIETTIVI

La misura, che costituisce peraltro obbligo normativo, è volta ad incrementare l'efficienza delle pratiche di invarianza idraulica ed idrologica su nuove aree di urbanizzazione, riducendo al minimo il relativo impatto sul reticolo idrico superficiale esistente.

#### 12.2.6.3. APPLICABILITÀ

La misura è applicabile a tutti gli Ambiti di Trasformazione previsti dal PGT.

E' possibile valutare se estendere tale misura alle Aree di Rigenerazione.

### ***12.2.7.INS.07 - Progettazione degli interventi sulla "Città Pubblica" e sul "Centro Storico" adottando buone pratiche di drenaggio sostenibile (SuDS)***

#### 12.2.7.1. GENERALITÀ

Gli interventi per il rilancio del Centro storico cittadino di Cassolnovo e gli interventi sulla "Città pubblica", previsti in vari ambiti esterni al centro storico, hanno come obiettivo principale la riqualificazione e la valorizzazione delle peculiarità urbane, nonché il rilancio delle possibilità di fruizione ricreativa, culturale e commerciale del centro urbano.

Accanto a tali obiettivi, gli interventi sulle aree pubbliche comunali possono essere occasione di rigenerazione anche dal punto di vista dell'impatto sui ricettori delle acque di drenaggio meteorico, riducendo i colmi di portata e i volumi scaricati in fognatura e sul reticolo idrico superficiale.

Tale obiettivo può essere conseguito mediante interventi che privilegino le buone pratiche di drenaggio sostenibile (SuDS, Sustainable Drainage Systems). Queste rappresentano nelle varie scale di applicazione le migliori pratiche per attuare i principi dell'invarianza idraulica e idrologica.

#### 12.2.7.2. OBIETTIVI

La misura, è volta a ridurre l'apporto di acque meteoriche al recettore, o rallentarne il deflusso, oltre che a favorire l'applicazione di tecniche costruttive a ridotto impatto ambientale nei centri urbani.

#### 12.2.7.3. APPLICABILITÀ

Si potrà applicare la misura alle diverse ipotesi di interventi sulla "Città Pubblica" previsti dal PGT.



### **12.2.8.INS.08 - Prescrizioni per lo scarico da piani interrati o seminterrati**

#### 12.2.8.1. GENERALITA'

L'Amministrazione Comunale può prevedere all'interno della pianificazione urbanistica particolari prescrizioni per la riduzione del rischio idraulico. In particolare si indicano le prescrizioni da introdurre in tutte le aree del territorio comunale:

- è vietata la realizzazione di scarichi da piani interrati o seminterrati, non dotati di sistemi di autoprotezione e idonei accorgimenti impiantistici al fine di evitare il possibile rigurgito dalla fognatura pubblica;
- negli interventi di ristrutturazione di locali interrati o seminterrati già dotati di scarico in fognatura, è fatto obbligo di installare idonei sistemi di autoprotezione dal possibile rigurgito dalla fognatura pubblica.

#### 12.2.8.2. OBIETTIVI

La misura è volta a ridurre il rischio di allagamento per insufficienze della rete fognaria a locali accessibili.

#### 12.2.8.3. APPLICABILITÀ

La misura è applicabile a tutte le nuove costruzioni o agli interventi di ristrutturazione su tutto il territorio comunale.

E' bene, inoltre, che sia diffusa la consapevolezza dell'utilità degli interventi di installazione di sistemi di autoprotezione in tutte le aree individuate dal presente Studio come a rischio H1-H2.

### **12.2.9.INS.09 - Limitazione degli allacciamenti in fognatura delle reti private di drenaggio acque meteoriche da coperture e cortili.**

#### 12.2.9.1. GENERALITA'

Il sistema di drenaggio interno al tessuto consolidato del centro urbano è caratterizzato oggi in molti casi da scarichi sul suolo libero o in colli irrigui usualmente asciutti o nei primi strati del sottosuolo delle acque meteoriche provenienti dai tetti o dai cortili. E' facile constatare come in molti casi le colonne pluviali di scarico delle coperture abbiano scarico libero direttamente sul suolo.

Tale condizione andrebbe preservata, disincentivando o vietando (pur con la difficoltà ad effettuare controlli in merito) l'allacciamento alla fognatura di tali scarichi.

#### 12.2.9.2. OBIETTIVI

Evitare di aggravare la rete di collettamento mista del centro urbano.

#### 12.2.9.1. APPLICABILITÀ

La difficoltà di applicazione della misura sta nella difficoltà ad effettuare controlli in merito, qualora il cittadino effettuasse l'allacciamento in maniera estemporanea e/o indipendente da altri interventi soggetti a controllo dell'attività edilizia.



**12.2.10.        *INS.10 - Possibilità di impiego delle “Aree paesaggistiche ed ecologiche” previste dal P.D.R. per la realizzazione di misure di invarianza idraulica ed idrologica.***

**12.2.10.1. GENERALITA’**

Nelle aree verdi definite come “Aree paesaggistiche ed ecologiche” dal P.D.R. sarà concessa la possibilità di realizzazione di misure di invarianza idraulica ed idrologica.

**12.2.10.2. OBIETTIVI**

Consentire la diffusione dell’applicazione del R.R.7/2017 e dei relativi principi, privilegiando la dispersione delle acque sul suolo e negli strati superficiali del sottosuolo piuttosto che lo scarico in ricettori superficiali o fognari e favorendo interventi a basso impatto ambientale.

**12.2.10.3. APPLICABILITÀ**

Aree verdi definite come “Aree paesaggistiche ed ecologiche” dal P.D.R., disponibili per una superficie totale di circa 25.000 mq.



## 13. ANALISI DELLO STATO DI PROGETTO

### 13.1. Metodologia

Nel presente capitolo vengono sintetizzate le analisi di efficacia degli interventi risolutivi proposti per la risoluzione delle criticità idrauliche individuate sulla rete fognaria e per la mitigazione del rischio idraulico mediante misure strutturali di invarianza.

In particolare, è stata effettuata un'analisi idraulica dei reticoli di fognatura già modellati come descritto al Capitolo 9, con l'aggiunta degli interventi strutturali suggeriti al Capitolo 11.

L'analisi è stata effettuata per ciascun tempo di ritorno di riferimento:

- Scenario di progetto – T.R. 10 anni, T.R. 50 anni, T.R. 100 anni

Vengono inseriti nel calcolo, inoltre, gli apporti di portata proveniente dagli Ambiti di Trasformazione previsti dal PGT in corso di approvazione, con le limitazioni di portata previste da normativa e riportate in Tabella 18 al paragrafo 11.2.

Le criticità idrauliche evidenziate dall'analisi idraulica e che si vuole risolvere sono quelle che emergono nelle condizioni di calcolo dello Scenario con tempo di ritorno di 10 anni, ossia i seguenti n. 5 nodi del bacino Cassolo-Molino, in condizioni di tracimazione:

- Nodo 148 in via Opii
- Nodo 172, in Via del Porto
- Nodi 587, 594, 592 in Via Baldacchini – Via Udine

### 13.2. Interventi risolutivi

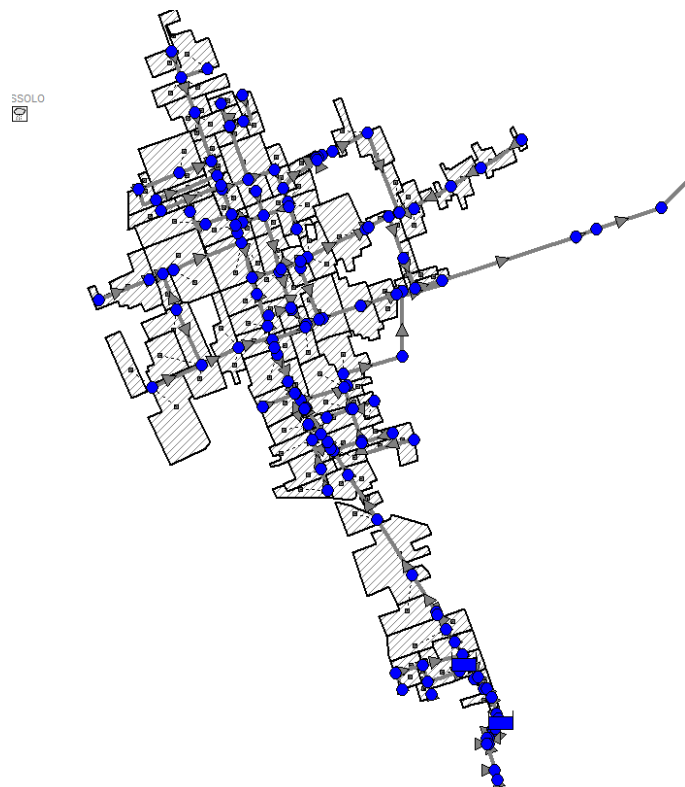
|         |                                                                                                                                                                 |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IS.V.03 | Volume di laminazione su fognatura Molino del Conte                                                                                                             |
| IS.R.01 | Interventi sul reticolo fognario: adeguamento collettore Via Montebello, tratto compreso tra il sottopasso del Nav. Langosco e valle immissione di Via Praghino |
| IS.R.02 | Collegamento diretto della fognatura di Via Baldacchini al collettore di Via Trento                                                                             |
| IS.V.01 | Volume di laminazione complementare in Via Enrico Fermi                                                                                                         |
| IS.V.02 | Sistema di laminazione-infiltrazione zona cimitero                                                                                                              |

Non si contempla l'intervento IS.V.04 "Sistema di laminazione e infiltrazione a servizio delle aree produttive a est della SP206", in quanto rivolto ad un bacino indipendente, attualmente non collettato.



### 13.3. Analisi dell'efficacia degli interventi risolutivi

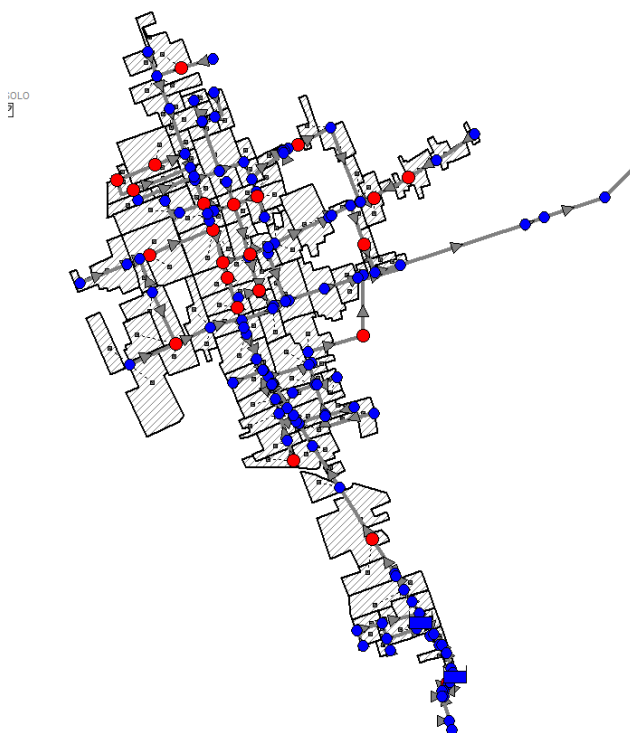
La realizzazione degli interventi in progetto consente di risolvere, per il tempo di ritorno di 10 anni, le problematiche di emergenza della piezometrica al di sopra del piano campagna evidenziate nello stato di fatto.



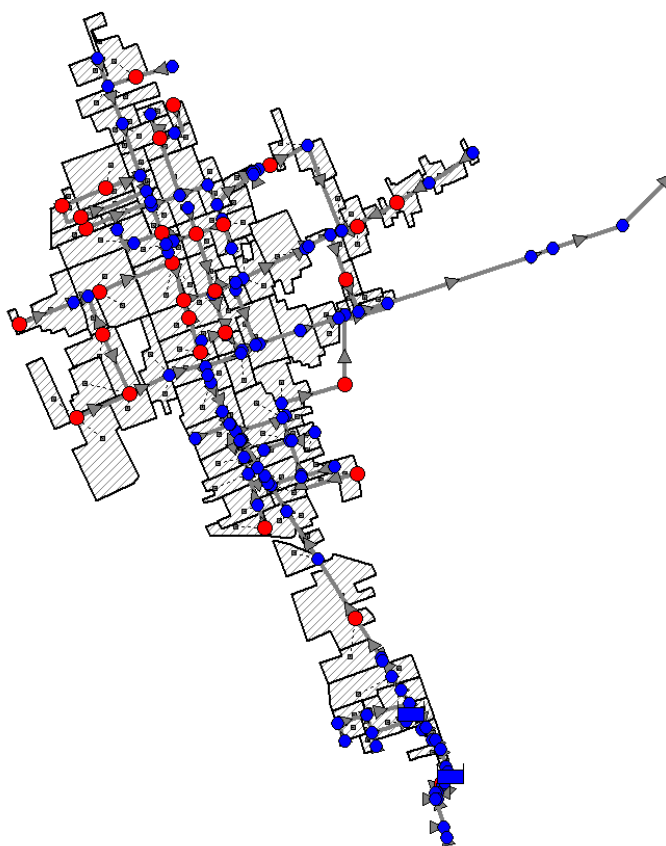
**Figura 94 - Nodi in tracimazione, Stato di progetto, TR 10 anni (no tracimazioni)**

Per gli scenari di 50 e 100 anni di tempo di ritorno è interessante evidenziare che, pur rilevando il permanere di una generale diffusione dei nodi in condizioni di tracimazione, si registra una sensibile riduzione del volume complessivamente tracimato dai pozzetti, che si riduce di circa il 40% nello scenario cinquantennale e di circa il 30% nello scenario centennale.

Si evidenzia, inoltre, come, grazie agli interventi IS.V.03 e IS.R.02, le problematiche di Molino del Conte (Via Baldacchini) risultino risolte anche per scenari con tempo di ritorno di 50 e di 100 anni.



**Figura 95 - Nodi in tracimazione (in rosso); Stato di progetto per TR 50 anni**



**Figura 96 - Nodi in tracimazione (in rosso); Stato di progetto per TR 100 anni**



## 14. INDIVIDUAZIONE DELLE ZONE NON ADATTE ALL'INFILTRAZIONE DELLE ACQUE

### 14.1. Generalità

Il R.R. 7/2017 prescrive che lo Studio comunale di gestione del rischio idraulico contenga *l'individuazione delle porzioni del territorio comunale non adatte o poco adatte all'infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo.*

Le zone non idonee alla presenza di misure strutturali per l'invarianza idraulica ed idrologica saranno identificate tra quelle aree caratterizzate da:

- ridotta permeabilità dello strato superficiale dei terreni;
- ridotta soggiacenza della falda o presenza di falde;
- zone di rispetto o di pertinenza dei corsi d'acqua e dei pozzi idropotabili;
- aree caratterizzate da alta vulnerabilità della falda acquifera;
- aree con terreni contaminati;
- instabilità o potenziale instabilità.

### 14.2. Indicazione delle aree

La tavola T.05 "Porzioni del territorio non adatte o poco adatte all'infiltrazione" mostra le aree individuate come poco adatte o non adatte alle opere di infiltrazione ai fini della gestione dell'invarianza idraulica e idrologica. La cartografia evidenzia le seguenti aree.

| TIPOLOGIA                                                                                    | FONTE                                                                                 | IDONEITA' ALL'INFILTRAZIONE                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fascia di tutela ambientale intorno alla testa dei fontanili (buffer 50 m)                   | COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA del PGT                                 | AREE NON ADATTE                                                                                                                                |
| Zona di rispetto pozzi idropotabili                                                          | COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA del PGT                                 | AREE NON ADATTE                                                                                                                                |
| Classe fattibilità geologica 3d: Aree condizionate da attività antropica pregressa           | COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA del PGT                                 | AREE NON ADATTE O POCO ADATTE: necessario approfondimento geotecnico e ambientale                                                              |
| Classe fattibilità geologica 3b - Orlo di terrazzo e relativa area di attenzione al contorno | COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA del PGT                                 | AREE NON ADATTE                                                                                                                                |
| Soggiacenza della falda superficiale                                                         | ELABORAZIONE CURVE DI PIEZOMETRIA DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE E DTM REGIONE LOMBARDIA | <b>&lt;= 2.0 m:</b> AREA NON ADATTA<br><b>2.0-4.0 m:</b> AREA POCO ADATTA<br><b>&gt; 4.0 m:</b> NESSUNA LIMITAZIONE DOVUTA A SOGGIACENZA FALDA |

Tabella 21 – Aree non adatte o poco adatte all'infiltrazione



## 15. ELABORATI CARTOGRAFICI

Lo Studio Comunale di Gestione del Rischio idraulico per il comune di Cassolnovo è composto dalla presente Relazione Generale e dai seguenti elaborati grafici:

| TAV. | DESCRIZIONE                                                        | SCALA    |
|------|--------------------------------------------------------------------|----------|
| T.01 | INDIVIDUAZIONE DEI RICETTORI DELLA ACQUE METEORICHE                | 1:10.000 |
| T.02 | MAPPA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA DA P.A.I. E P.G.R.A.           | 1:10.000 |
| T.03 | MAPPA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA PER T.R. 10-50-100 ANNI        | 1:4.000  |
| T.04 | PLANIMETRIA GENERALE DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI                  | 1:4.000  |
| T.05 | PORZIONI DEL TERRITORIO NON ADATTE O POCO ADATTE ALL'INFILTRAZIONE | 1:10.000 |

**Tabella 22 – Elaborati cartografici**