

COMUNE DI SEGRATE

Modellazione idraulica rete fognaria comunale

RELAZIONE TECNICA

Direzione Engineering - Progettazione e Realizzazione
Fognatura e Invarianza Idraulica
Ing. Giovanni Vargiu

TECNICI REFERENTI

Ing. Cristina Giuliano

e-mail cristina.giuliano@gruppocap.it

Ing. Annalisa Ramondetti

e-mail annalisa.ramondetti@gruppocap.it

MILANO (MI)

02/2022

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	RETE FOGNARIA DI SEGRATE	4
2.1	Informazioni generali	4
2.2	Funzionamento della rete fognaria	5
2.3	Bacini di raccolta	9
3	IL SOFTWARE DI MODELLAZIONE INFOWORKS ICM	13
4	STUDIO IDRAULICO DELLA RETE FOGNARIA	15
5	IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO MATEMATICO	16
6	TARATURA DEL MODELLO MATEMATICO	18
7	ANALISI PLUVIOMETRICA	30
8	ANALISI DELLO STATO DI FATTO	33

1 PREMESSA

La presente relazione si propone lo scopo di illustrare l'attività di modellazione idraulica relativa alla rete di fognatura a servizio del territorio comunale di Segrate, afferente al depuratore di Peschiera Borromeo.

Più in dettaglio l'obiettivo è quello di verificare l'efficienza della rete fognaria definendone contestualmente le principali criticità.

Lo studio è stato condotto con l'ausilio del software INFOWORKS ICM, della società inglese HR Wallingford, che ha consentito, sulla base dei dati del rilievo geometrico e topografico georeferenziato, di implementare un modello matematico della rete di scarico cittadina. Più completi e precisi saranno i dati ricavati dalle attività di rilevazione e ricostruzione delle caratteristiche geometriche-idrauliche-funzionali della rete fognaria, più attendibili e corrispondenti alle effettive necessità potranno essere i risultati della modellazione.

È solo attraverso un modello matematico che ricostruisca le caratteristiche della rete fognaria che si ritiene possibile condurre le simulazioni numeriche del funzionamento idrologico-idraulico della rete fognaria nel suo complesso, per l'individuazione delle insufficienze idrauliche.

La presente relazione descrive esclusivamente lo stato di fatto mentre si rimanda ad un successivo momento l'individuazione e l'analisi delle ipotesi d'intervento.

Fin da ora si anticipa che le simulazioni evidenziano aree puntuali soggette ad insufficienze della rete fognaria dovute alle caratteristiche geometriche degli elementi che la compongono, oltre che allo stato di conservazione degli stessi.

Si precisa infine che alcuni dati acquisiti in fase di implementazione del modello non erano conosciuti e non è stato possibile reperirli. Pertanto, la prima attività è stata quella di interpolazione dei dati, mentre per alcuni manufatti si sono dovute ipotizzare le caratteristiche in quanto anch'esse mancanti, proprio per l'importanza che tali elementi rivestono per una restituzione fedele – seppur approssimata – della realtà.

Le ipotesi e le interpolazioni adottate dovranno essere verificate in futuro con un rilievo di dettaglio per il perfezionamento del modello.

2 RETE FOGNARIA DI SEGRATE

2.1 Informazioni generali

Il rilievo della fognatura del comune di Segrate, eseguito dai tecnici dell'Ufficio Rilievi di CAP Holding spa, è stato ultimato nella seconda metà dell'anno 2013.

L'attività di rilievo della rete fognaria ha portato all'individuazione di 3294 punti nodali (camerette d'ispezione, sfioratori di piena, impianti di sollevamento, vasche volano, innesti in condotta, caditoie, etc.) distribuiti lungo la rete.

Tutte le camerette, ispezionabili e non, sono state mappate e georeferenziate.

La fognatura ha un'estensione complessiva di 114,84 km, comprensiva di collettore consortile (fonte: Ufficio SIT – consistenza al 31/12/20).

Le tipologie di rete fognaria riscontrate sono quelle riportate in Tabella 1.

Tabella 1. Tipologie rete fognaria

Tipologia	Estensione [km]
Bianca	29,138
Depurata	0,154
Mista	69,46
Nera	15,990
Sfiorata	0,0972
Totale	114,84

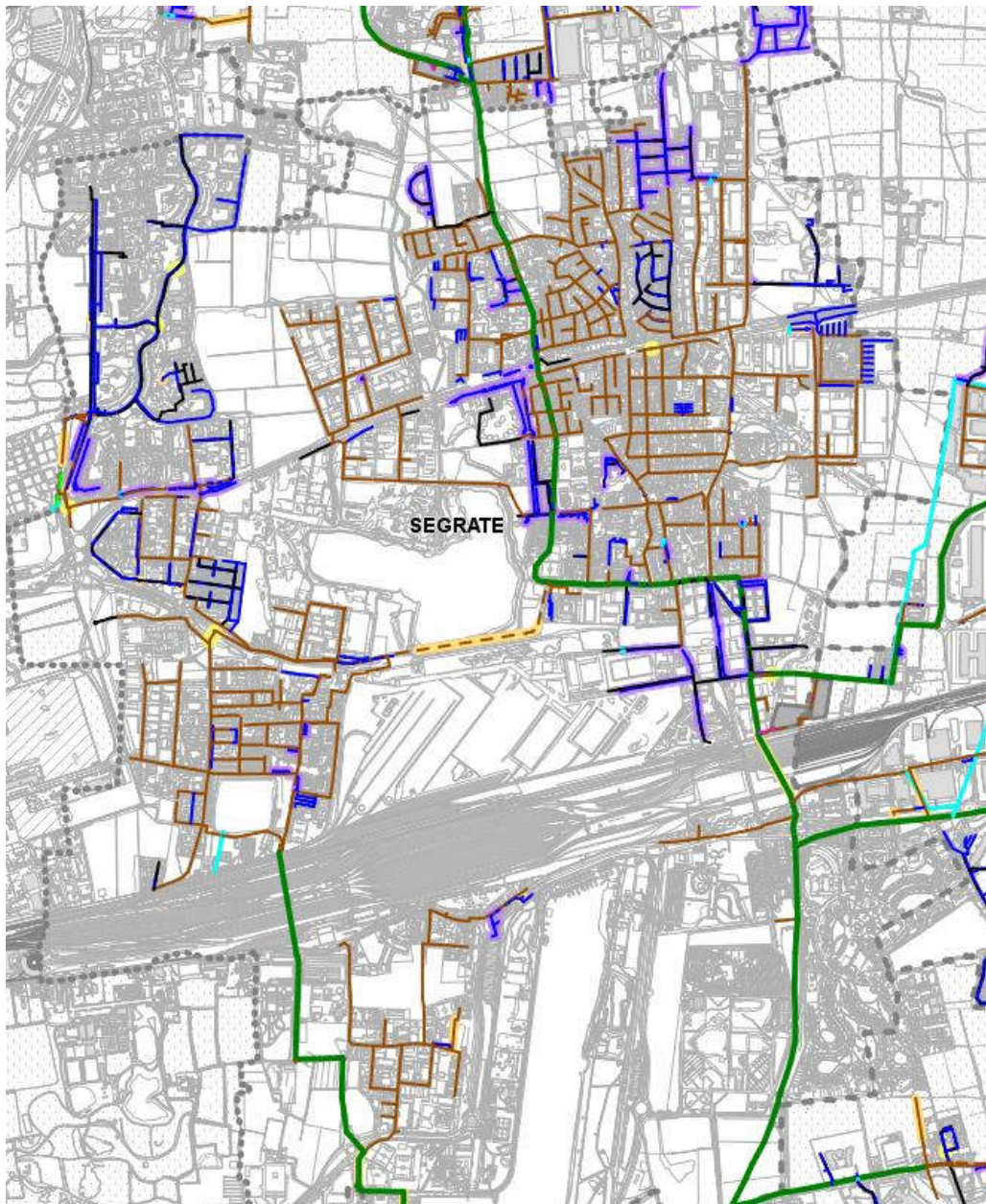


Figura 1. Rete di fognatura

2.2 Funzionamento della rete fognaria

La rete fognaria è uniformemente distribuita su tutto il territorio urbanizzato ed è prevalentemente mista ad eccezione di alcune zone dove sono presenti condotte di acque nere e tubazioni dedicate alla raccolta delle acque meteoriche.

Il comune di Segrate è caratterizzato dalla presenza di grandi infrastrutture di connessione territoriale, come lo scalo ferroviario e le strade provinciali “Cassanese” e “Rivoltana”, che suddividono il vasto territorio comunale in aree ben distinte e dalla presenza di quartieri

indipendenti; in particolare lo scalo ferroviario, che attraversa il territorio da ovest ad est, lo divide nettamente in due aree, di seguito elencate ed evidenziati nella Figura 2:

- l'area a Nord dello scalo in cui la rete di raccolta delle acque reflue a servizio del territorio urbanizzato risulta suddiviso in due grandi bacini di raccolta principali; il primo nella parte est che comprende i quartieri di Milano 2, Lavanderie e Redecasio (1) e il secondo nella parte centro ovest che comprende i quartieri di Rovagnasco, Villaggio Ambrosiano, Segrate Centro e le zone industriali adiacenti (2);
- l'area a Sud dello scalo in cui il territorio urbanizzato risulta nettamente diviso in due dall'Idroscalo. In questa parte di territorio sono stati individuati due bacini di raccolta principali, Novegro (3) nella parte est e Tregarezzo (4) nella parte ovest.

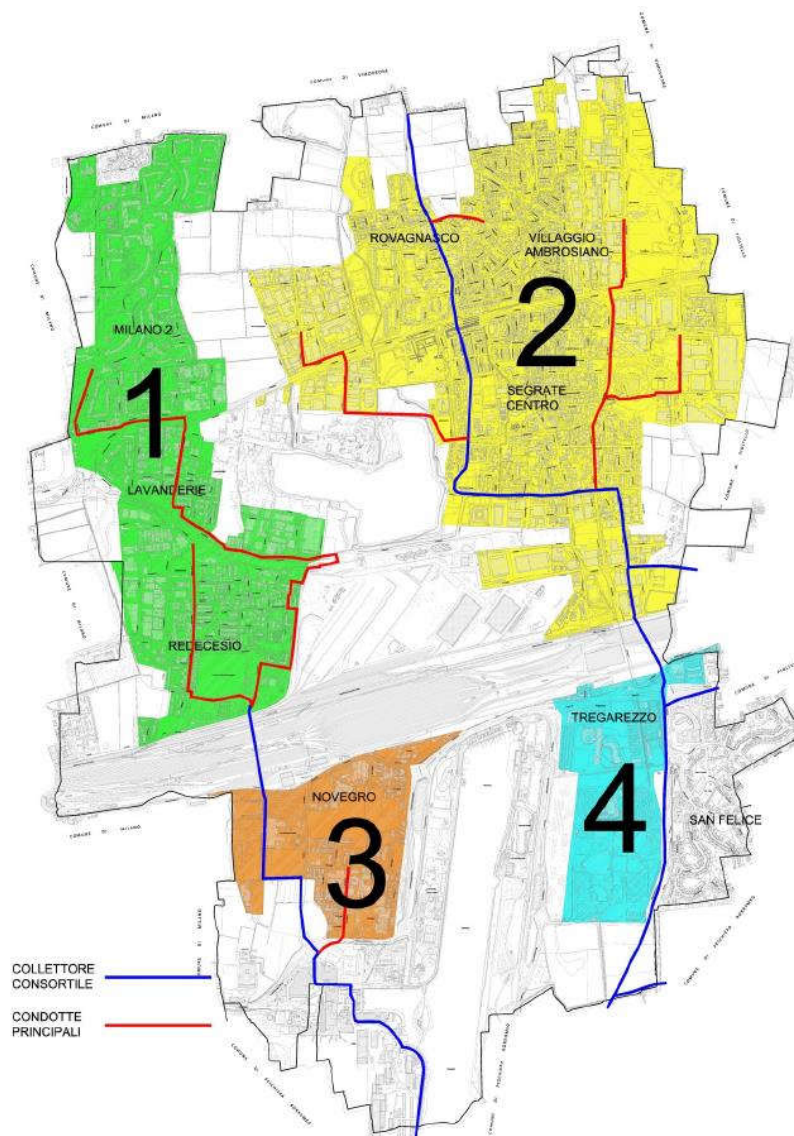


Figura 2. Infrastrutture e corsi d'acqua

All'interno della rete sono presenti diversi manufatti, riassunti nella Tabella 2, la cui ubicazione è riportata nelle figure successive.

Tabella 2. Manufatti

Tipo manufatto	n°
Sfioratori	3
Sollevarmenti	11
Vasche	1



Figura 3. Sfioratori

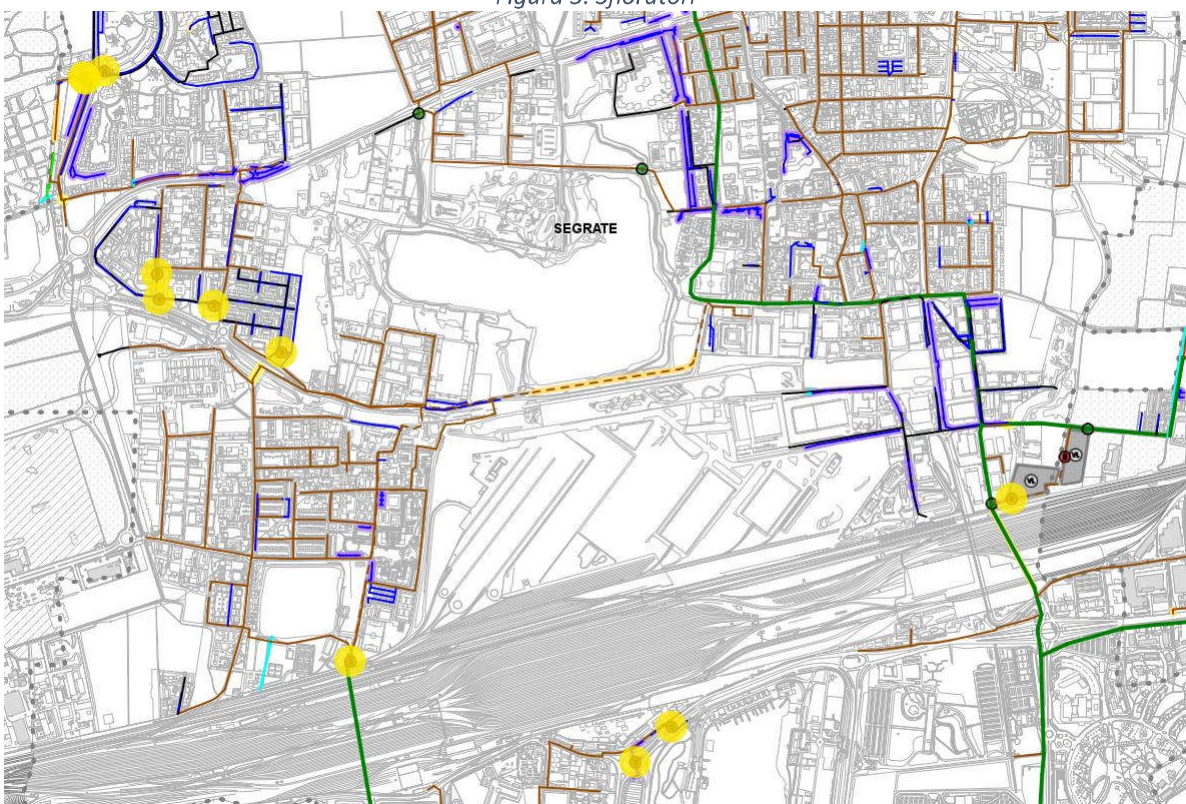


Figura 4. Sollevamenti

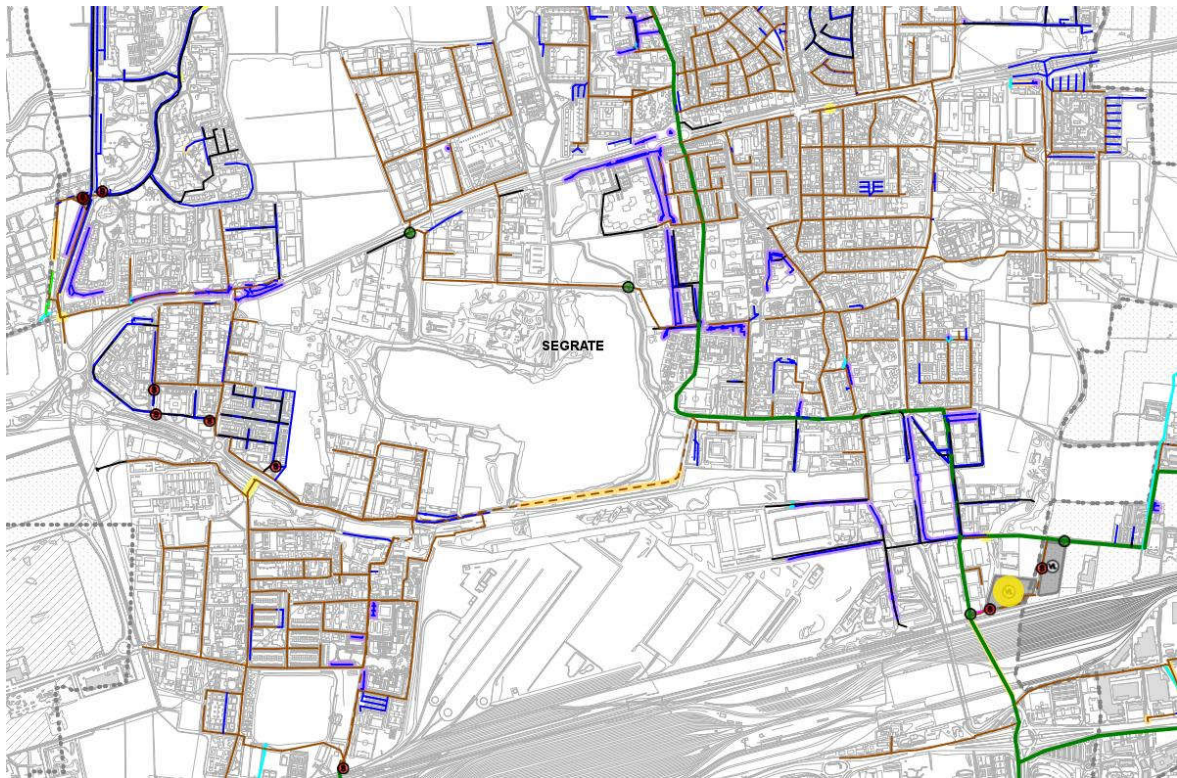


Figura 5. Vasche

2.3 Bacini di raccolta

Il territorio del comune di Segrate si può suddividere in 14 bacini di raccolta principali (vedi Figura 6).

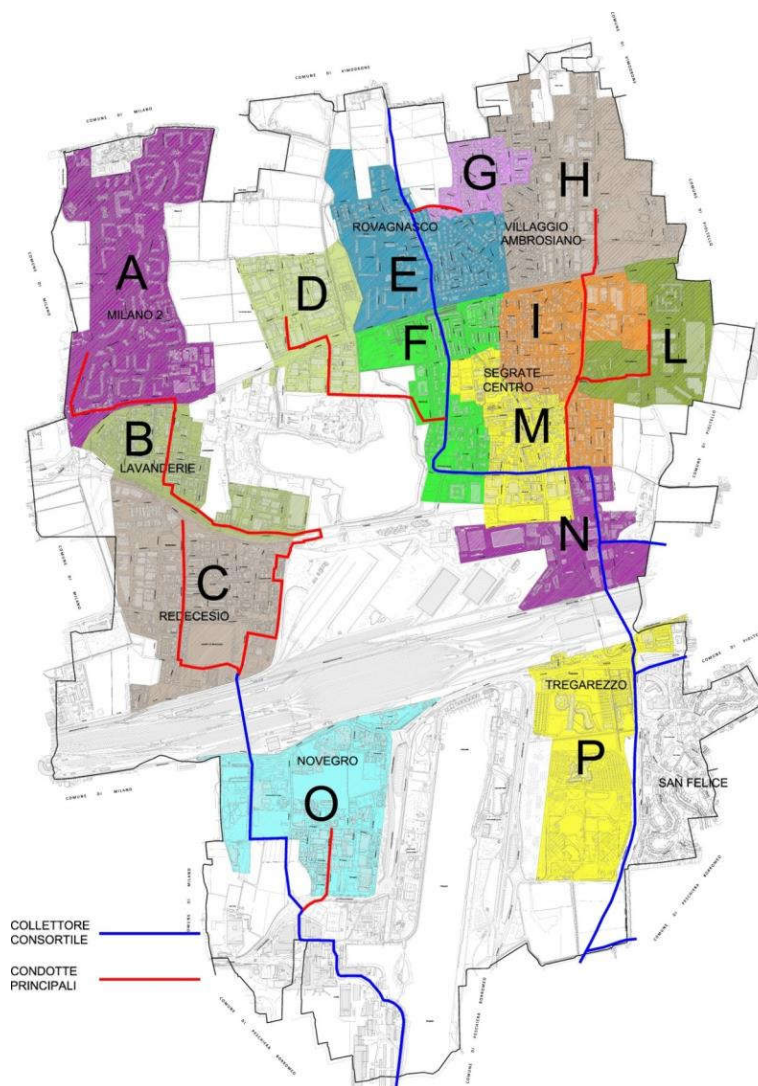


Figura 6. Bacini di raccolta

In particolare:

- Il bacino di raccolta A è situato a nord-ovest del territorio comunale ed è rappresentato dal quartiere residenziale “Milano 2”. L’area è delimitata a nord e a ovest dal territorio comunale di Milano e a sud dal tracciato della strada provinciale Cassanese. Gli scarichi fognari dell’area in oggetto sono convogliati verso l’impianto di sollevamento di via Fratelli Cervi che provvede a pomparli nella rete fognaria che li convoglia in corrispondenza della cameretta d’ispezione n. 1704 di via Redecesio (quartiere Lavanderie) nel bacino di raccolta “B”;
- Il bacino di raccolta B è rappresentato dal quartiere residenziale “Lavanderie” e dall’area industriale adiacente situata a nord di via Redecesio. Gli scarichi reflui raccolti in questo

bacino sono convogliati nella cameretta d'ispezione n. 1484 di via Trento (quartiere Redecesio) nel bacino di raccolta "C";

- Il bacino di raccolta C è situato a ovest del territorio comunale ed è rappresentato dal quartiere residenziale "Redecesio". L'area è delimitata a nord dal quartiere Lavanderie e a sud dallo scalo ferroviario. Gli scarichi reflui raccolti in questo bacino sono convogliati nella cameretta d'ispezione n. 3147 di via Rivoltana (quartiere Novegro) nel bacino di raccolta "O";
- Il bacino di raccolta D è rappresentato dall'area industriale che si sviluppa attorno a via Marconi e via Da Vinci a cavallo della Strada Provinciale Cassanese. Gli scarichi reflui raccolti in questo bacino sono convogliati nella cameretta d'ispezione n. 1192 di via San Rocco (Segrate Centro) nel bacino di raccolta "F";
- Il bacino di raccolta E è rappresentato dal quartiere residenziale "Rovagnasco" e da parte del "Villaggio Ambrosiano". Gli scarichi reflui raccolti in questo bacino sono convogliati dal collettore consortile nella cameretta d'ispezione n. 1062 di via Cassanese (Segrate Centro) nel bacino di raccolta "F" ;
- Il bacino di raccolta F è rappresentato dalla parte ovest di Segrate centro, delimitato a nord dalla strada provinciale Cassanese e a est dal centro storico comunale. Gli scarichi fognari dell'area in oggetto sono raccolti dal collettore consortile e convogliati nel bacino di raccolta "M";
- Il bacino di raccolta G è rappresentato dalla zona nord del quartiere residenziale "Rovagnasco". Gli scarichi reflui raccolti in questo bacino sono convogliati nel collettore consortile nei pressi della cameretta d'ispezione n. 3013 di via Monzese nel bacino di raccolta "E";
- Il bacino di raccolta H è rappresentato dal quartiere residenziale denominato "Villaggio Ambrosiano" e dall'area industriale che si sviluppa lungo via Di Vittorio. Gli scarichi reflui raccolti in questo bacino sono convogliati nella cameretta d'ispezione n. 585 di via Cassanese (Segrate Centro) nel bacino di raccolta "I";
- Il bacino di raccolta I è rappresentato dalla porzione di territorio di Segrate centro, delimitato a nord della strada provinciale Cassanese, a est dall'area che comprende il centro direzionale Milano Oltre, a ovest dal centro storico comunale e a sud da via Don Sturzo. Gli scarichi

fognari dell'area in oggetto sono raccolti dalla condotta principale di via Morandi e convogliati nel collettore consortile nel bacino di raccolta "N";

- Il bacino di raccolta L è rappresentato dall'area prevalentemente produttiva situata a est del territorio comunale che comprende il centro direzionale Milano Oltre e l'area cimiteriale. Gli scarichi fognari dell'area in oggetto sono convogliati in corrispondenza della cameretta d'ispezione n. 476 di via Morandi nel bacino di raccolta "I";
- Il bacino di raccolta "M" è rappresentato dal centro storico comunale che comprende anche l'area del centro sportivo e parte dell'area produttiva situata a sud di via Modigliani. Gli scarichi reflui raccolti in questo bacino sono convogliati nel collettore consortile nei pressi della cameretta d'ispezione n°234 di via Modigliani nel bacino di raccolta "N";
- Il bacino di raccolta "N" è individuabile nell'area a carattere prevalentemente industriale situata a est del territorio e compresa tra via Tiziano, via Don Sturzo e lo scalo ferroviario. Gli scarichi fognari dell'area in oggetto sono raccolti dal collettore consortile e convogliati nella cameretta d'ispezione n°3230 di via Rivoltana nel bacino di raccolta "P";
- Il bacino di raccolta "O" è situato a sud-ovest del territorio comunale ed è rappresentato dal quartiere "Novegro". L'area è delimitata a nord dallo scalo ferroviario, a ovest dal territorio comunale di Milano, a Sud dall'aeroporto di Linate e a est dall'idroscalo. Gli scarichi reflui raccolti in questo bacino sono convogliati nel collettore consortile nei pressi della cameretta d'ispezione n°3159 di via Circonvallazione Idroscalo nei pressi dell'aeroporto di Linate;
- Il bacino di raccolta "P" è situato a sud-est del territorio comunale e comprende il quartiere "Tregarezzo", i centri direzionali "IBM" e "Mondadori". L'area è delimitata a nord dallo scalo ferroviario, a est dal quartiere privato "San Felice", e a ovest dall'idroscalo. Gli scarichi reflui raccolti in questo bacino sono raccolti dal collettore consortile che li convoglia verso il comune di peschiera Borromeo.

3 IL SOFTWARE DI MODELLAZIONE INFOWORKS ICM

Il software impiegato nella modellazione è InfoWorks ICM di HR Wallingford che consente il dimensionamento e la verifica di reti di fognatura di qualsiasi estensione e complessità, dalla piccola urbanizzazione alla grande città, utilizzando algoritmi di calcolo molto sofisticati.

Inserendo come dati di input gli elementi della rete con le proprie caratteristiche geometriche e funzionali (pozzetti, tubazioni, sifoni, sfioratori di piena, impianti di sollevamento, etc.) ed i sottobacini con le relative caratteristiche idrologiche, si può studiare il comportamento della rete sia in tempo asciutto, con il solo deflusso in rete derivante dagli scarichi civili, che in tempo bagnato, con gli eventi meteorici combinati con gli scarichi civili.

InfoWorks appartiene alla categoria dei modelli di simulazione "distribuiti" e "fisicamente basati", ossia considera la variabilità spaziale e temporale delle caratteristiche del sistema e descrive i processi idrologici ed idraulici attraverso le equazioni fondamentali della fisica che ne governano il funzionamento.

L'unità di calcolo idrologico di InfoWorks, per la quale vengono calcolati afflussi e deflussi, è data dal sottobacino, all'interno del quale è possibile definire la generazione di portate nere, attraverso dati di popolazione e dotazione idrica.

Ogni sottobacino è a sua volta composto da superfici, ossia presenta al suo interno zone impermeabili (strade, marciapiedi, tetti, edifici minori, cortili, ferrovie, etc.) e zone permeabili (parchi, verde pubblico e privato). La risposta idrologica è data da ogni singola superficie che contribuisce in modo indipendente al deflusso del sottobacino. Il deflusso complessivo si genera dunque dalla somma dei contributi di ogni categoria di superficie presente all'interno del sottobacino.

Il calcolo idrologico può essere sintetizzato nei seguenti tre processi fondamentali:

- trasformazione pioggia lorda in pioggia netta: vengono calcolate le perdite iniziali, per decurtare la prima parte dell'evento di pioggia che viene perso nelle depressioni superficiali e per imbibimento delle superfici;
- trasformazione pioggia netta in portata: la pioggia netta (ovvero priva delle perdite iniziali) entra in una formulazione che determina la trasformazione della pioggia in portata; da uno ietogramma si ottiene così un idrogramma. Tra quelli proposti, viene qui scelto il metodo classico (equivalente formula razionale), per il quale una quota parte costante ed invariabile

della pioggia netta che colpisce la superficie viene indirizzata alla fognatura, il resto viene perso o si infiltra;

- ruscellamento: il processo di trasferimento al nodo viene controllato da varie formulazioni e parametri che consentono di avere risposte più o meno rapide in funzione della natura della superficie. Tra quelli proposti, viene qui scelto il metodo Wallingford, che rappresenta il trasferimento al nodo con due invasi lineari in cascata.

Una volta calcolata l'immissione al nodo termina il calcolo idrologico e inizia il calcolo idraulico, a moto vario.

La schematizzazione della propagazione delle portate in rete avviene utilizzando le equazioni di De Saint Venant complete.

Tali equazioni sono valide fino a quando il condotto non entra in pressione. Per permettere ad InfoWorks di simulare anche situazioni di condotte in pressione (senza problemi nella transizione da uno stato all'altro) il motore di calcolo adotta la tecnica dello slot di Priesman, per il quale si ipotizza una piccola fessura alla sommità della condotta, fino al piano campagna. Così facendo il motore di calcolo non incontra nessuna discontinuità efficace nella transizione da moto a gravità a quello in pressione.

La metodologia di calcolo a moto vario è in grado di tenere conto dei volumi in gioco e quindi delle attenuazioni dell'onda di piena, quando questa riempie i volumi disponibili in rete (tubazioni, canali, pozzetti) oppure vere e proprie vasche di espansione. Quando il sistema va in pressione ed esonda si tiene conto anche dell'invaso, che può avvenire in superficie, quando si allaga il territorio.

4 STUDIO IDRAULICO DELLA RETE FOGNARIA

Il modello matematico della rete fognaria di Segrate è stato realizzato esclusivamente sulla base del rilievo geometrico e plano-altimetrico della fognatura, opportunamente predisposto per simulare la trasformazione degli afflussi meteorici nei deflussi superficiali sul territorio comunale al fine di verificare lo stato della rete fognaria esistente.

Lo studio idraulico si è sviluppato secondo le seguenti fasi operative:

- implementazione del modello matematico sulla base dei dati di rilievo (capitolo 5);
- taratura del modello matematico attraverso simulazioni di eventi reali (capitolo 6);
- analisi pluviometrica (capitolo 7);
- analisi dello stato di fatto e individuazione delle criticità attraverso simulazioni di eventi sintetici (capitolo 8).

Il modello matematico simula la trasformazione degli afflussi meteorici nei deflussi superficiali analizzando diversi scenari aventi come input eventi reali oppure sintetici caratterizzati da tempi di ritorno rispettivamente di 2, 5 e 10 anni. Il modello stima le portate meteoriche utilizzate per verificare i tronchi della rete fognaria. Oltre alle portate meteoriche calcolate dalla pioggia netta ricadente in ambito comunale, sono state stimate anche le portate nere provenienti dagli scarichi civili e dalle attività antropiche presenti sul territorio.

5 IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO MATEMATICO

La costruzione del modello ha previsto cinque fasi operative.

- Inserimento delle informazioni relative alle camerette ed ai condotti rilevati geometricamente e topograficamente. Le informazioni di interesse per la modellazione sono le coordinate geografiche assolute delle camerette e la quota assoluta del chiusino (ottenute dal rilievo topografico), le dimensioni della cameretta, la geometria dei condotti allacciati alla stessa cameretta e l'altezza del sedimento depositato nei condotti (ottenuti dal rilievo geometrico).
- Inserimento delle informazioni relative alle camerette ed ai condotti non rilevati. Qualora, per la definizione completa dello schema della rete, sia risultato necessario aggiungere nel modello alcuni nodi non rilevati (immissioni senza cameretta, chiusini sigillati, paratoie, sfioratori etc.), si è proceduto ad una interpolazione dei dati in possesso.
- Inserimento delle informazioni relative ai manufatti particolari (sfioratori, sollevamenti, vasche, etc.). Questa fase di analisi del modello matematico ha messo in evidenza la mancanza di alcuni elementi significativi della rete fognaria comunale, quali ad esempio i dati inerenti ai sollevamenti. Laddove gli elaborati in possesso non fornivano tutte le caratteristiche necessarie alla modellazione dei manufatti, i dati mancanti sono stati ipotizzati (es. livelli di accensione e spegnimento delle pompe).
- Inserimento delle informazioni relative ai bacini scolanti. I sottobacini afferenti ai vari nodi della rete sono stati ottenuti da analisi cartografica, seguendo i confini di deflusso naturale. Per ciascun sottobacino sono state calcolate le superfici impermeabili e permeabili suddivise rispettivamente nelle seguenti classi: strade, tetti, cortili, ferrovie e aree verdi.
- Inserimento dei dati di popolazione, dotazione idrica e curva di consumo. Per quanto riguarda gli abitanti residenti, fluttuanti ed equivalenti produttivi si sono assunti i valori indicati nel PdA, aggiornati a dicembre 2017.

Tabella 3. Dati di popolazione

abitanti	n°
residenti	31'230
fluttuanti	6'102
eq industriali	24'473
eq totali	61'805

La dotazione idrica, pari a 290 l/g ab, è stata ricavata a partire dai dati di fatturazione e di bilancio idrico.

Nelle simulazioni non sono state effettuate distinzioni tra zone residenziali ed industriali.

La curva di consumo è stata assegnata definendo i 24 fattori adimensionali nell'arco della giornata.

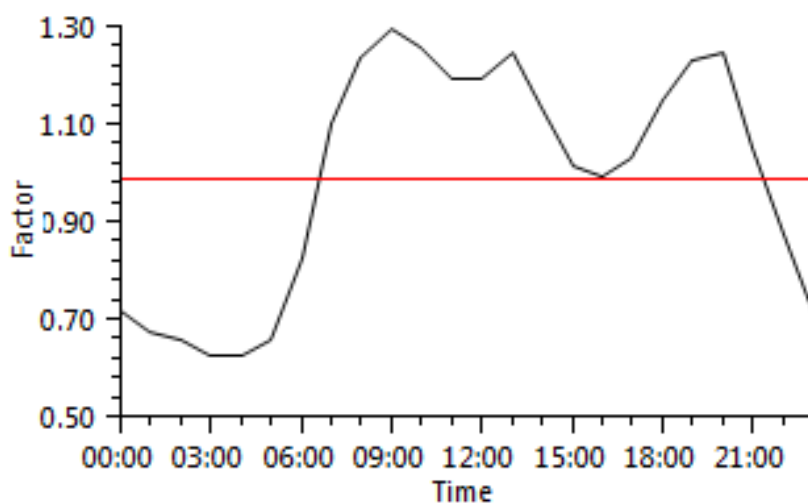


Figura 7. Curva di consumo

6 TARATURA DEL MODELLO MATEMATICO

Il modello di calcolo è stato tarato sulla base dei dati registrati nel corso di una campagna di monitoraggio condotta nel periodo compreso tra novembre 2020 e aprile 2021. Sono state monitorate le portate in tempo secco e in tempo di pioggia transitanti nella rete fognaria del comune di Segrate mediante l'installazione di 11 misuratori di portata (non comprensivi dei misuratori di portata installati nel 2018 per il monitoraggio delle portate in ingresso e/o in uscita dalle vasche) e di 3 pluviometri, ubicati nel comune di Segrate.

Tabella 4. Caratteristiche punti di misura

ID punto	ID webgis	Località	Tipologia di strumento	Data di installazione
PIO05	1325	Pioltello	Misuratori di portata	21/10/2020
PIO07	1832	Pioltello	Misuratori di portata	21/10/2020
VDN04	2995	Segrate	Misuratori di portata	21/10/2020
SEG1	n.d.	Segrate	Misuratori di portata-vasca	17/09/2018
SEG2	n.d.	Segrate	Misuratori di portata-vasca	17/09/2018
STE01	3260	Segrate	Misuratori di portata	22/10/2020
STE02	281	Segrate	Misuratori di portata	22/10/2020
STE03	1711	Segrate	Misuratori di portata	21/10/2020
STE04	1425	Segrate	Misuratori di portata	19/10/2020
STE05	3221	Segrate	Misuratori di portata	27/10/2020
STE06	583	Segrate	Misuratori di portata	21/10/2020
STE07	1189	Segrate	Misuratori di portata	20/10/2020
STE08	474	Segrate	Misuratori di portata	21/10/2020
STE09	230	Segrate	Misuratori di portata	28/10/2020
STE10	1062	Segrate	Misuratori di portata	20/10/2020
STE11	1408	Segrate	Misuratori di portata	19/10/2020
PLV_STE01	-	Segrate	Pluviometro	22/10/2020
PLV_STE02	-	Segrate	Pluviometro	22/10/2020
PLV_STE03	-	Segrate	Pluviometro	22/10/2020

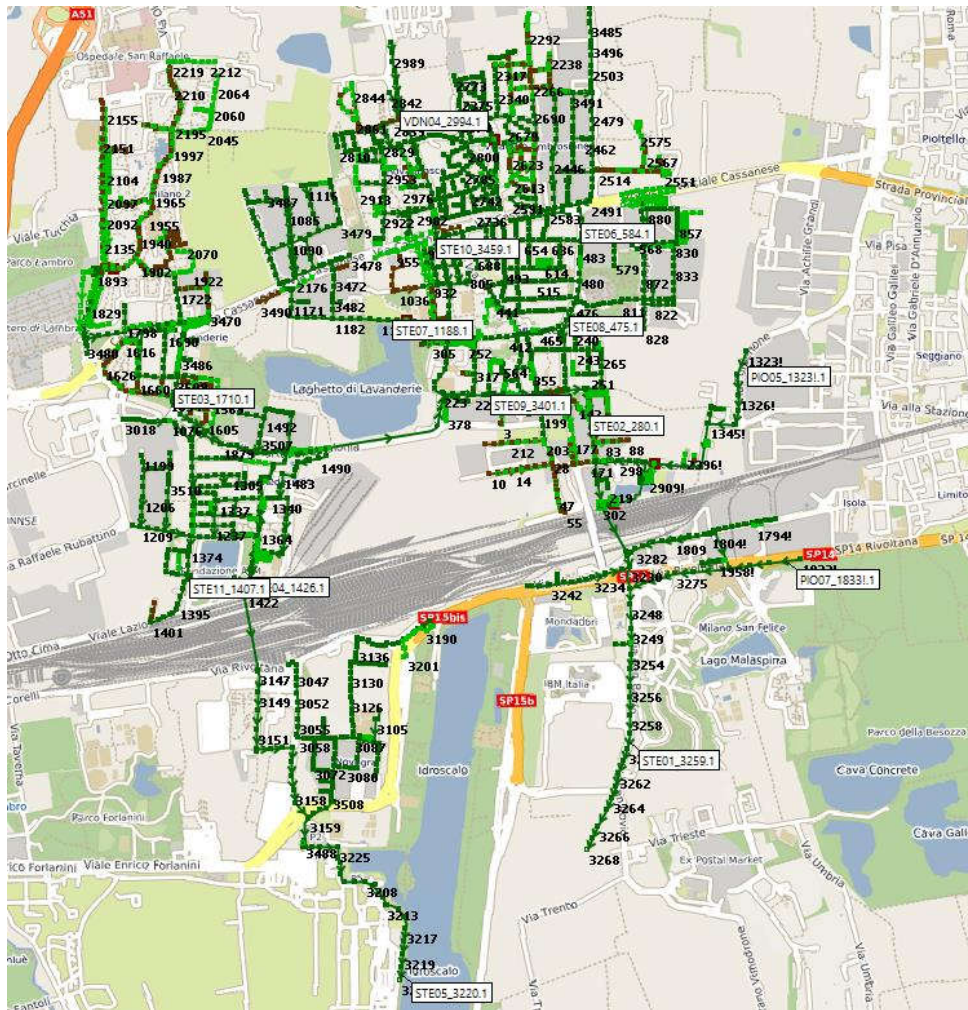


Figura 8. Ubicazione punti di misura

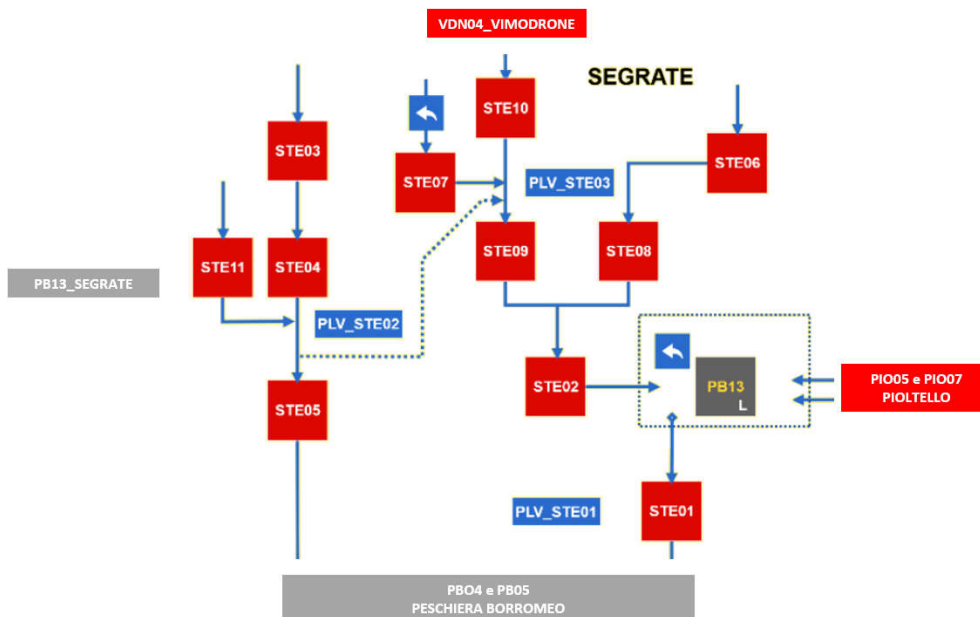


Figura 9. Flow chart punti di misura

Validata la rete, sono state effettuate le prime simulazioni in tempo secco ed in tempo di pioggia, in occasione dei soli eventi registrati nel corso della campagna di monitoraggio. Il fine di queste attività è stato quello di tarare il modello definendo, a partire da valori tipici di letteratura, i principali parametri che simulano il fenomeno della trasformazione afflussi-deflussi.

Si riporta nelle figure seguenti il confronto delle portate simulate con quelle osservate in diverse sezioni di chiusura del bacino comunale per gli eventi ritenuti più significativi nel periodo di misura 01/11/2020 – 30/04/2021:

- in blu lo ietogramma registrato dal pluviometro;
- in rosso l'idrogramma registrato dai misuratori di portata;
- in verde l'idrogramma generato dal modello.

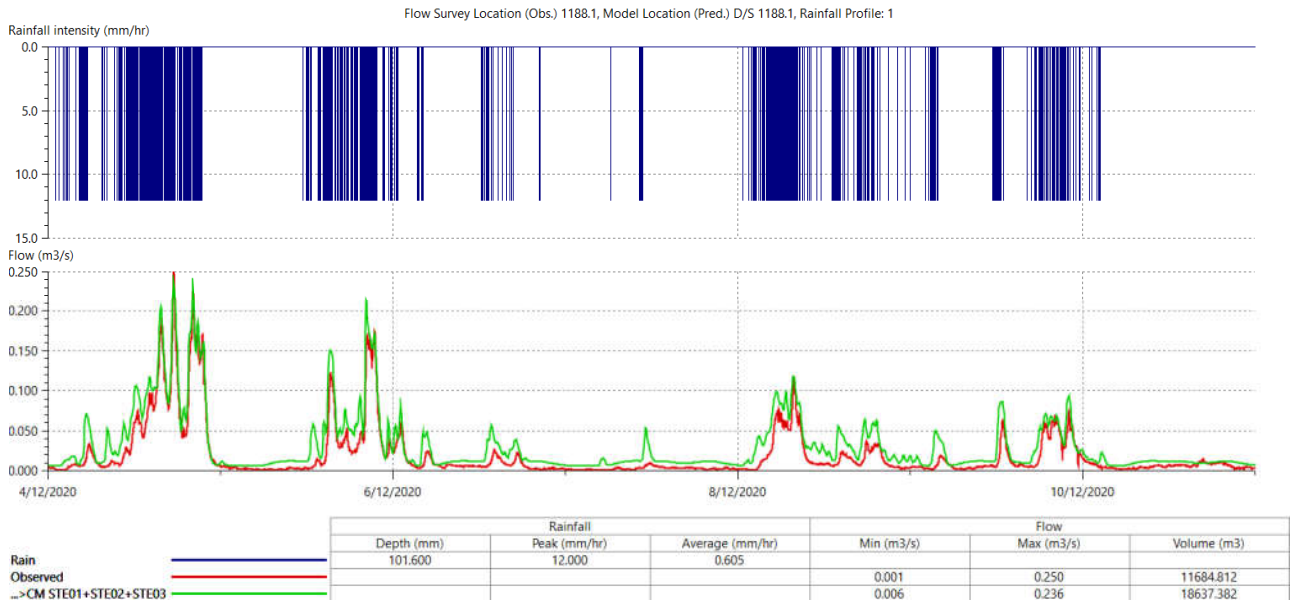


Figura 10. Confronto osservato-simulato dell'evento del 04/12/2020-10/12/2020 PDM STE07

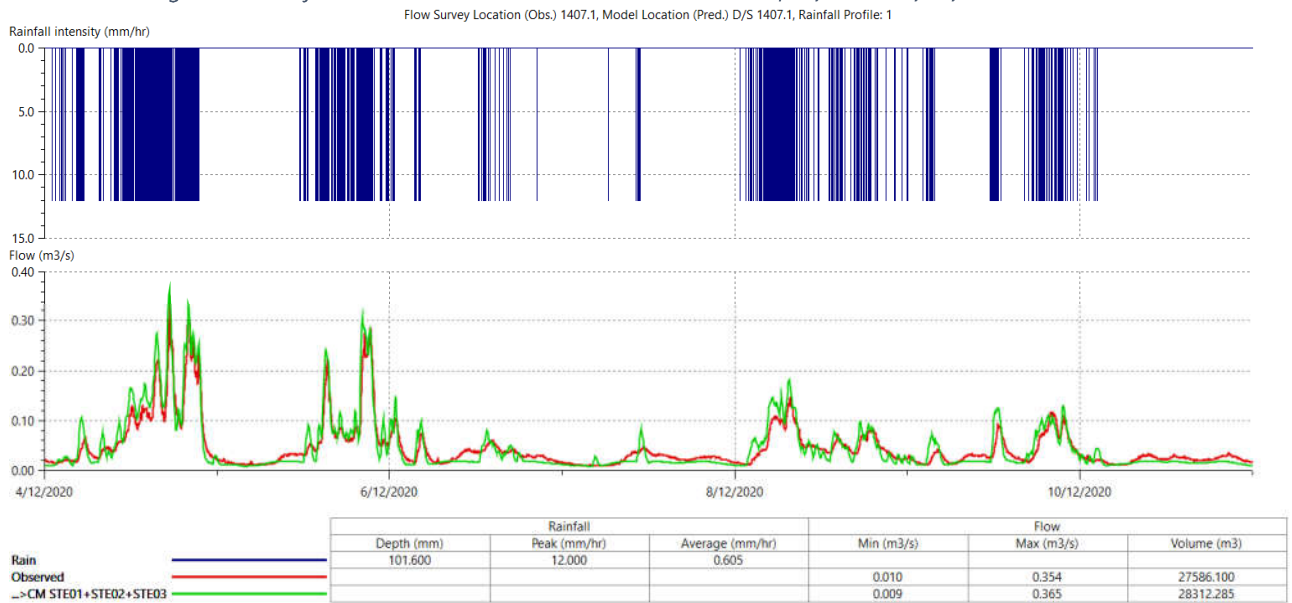


Figura 11. Confronto osservato-simulato dell'evento del 04/12/2020-10/12/2020 PDM STE11

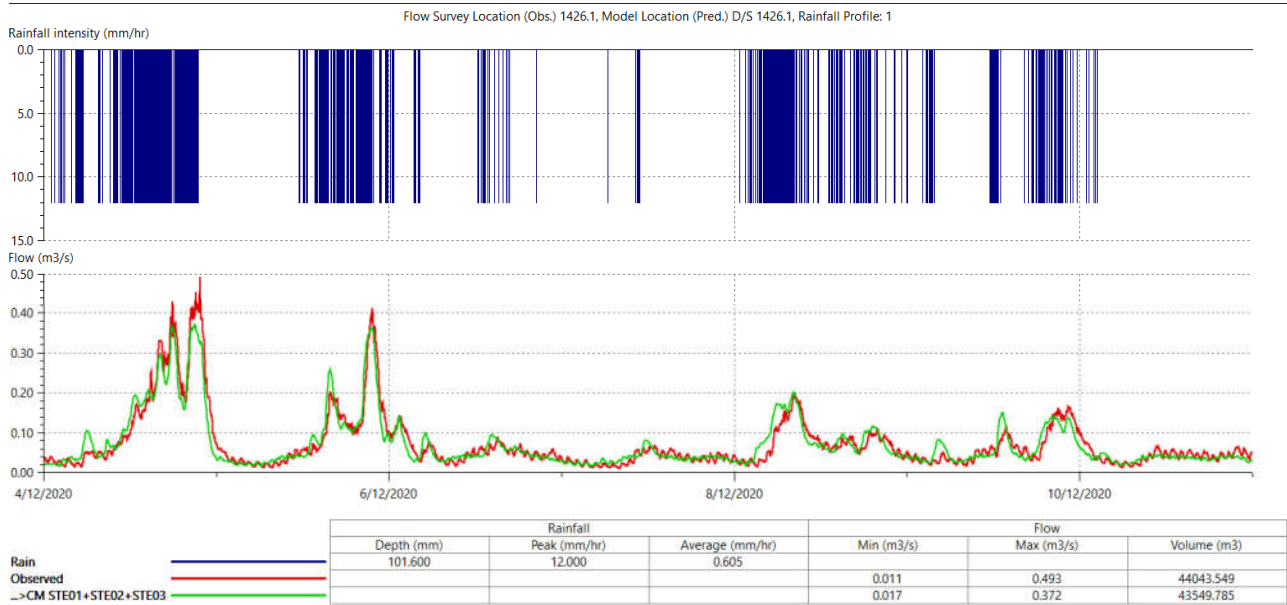


Figura 12. Confronto osservato-simulato dell'evento del 04/12/2020-10/12/2020 PDM STE04

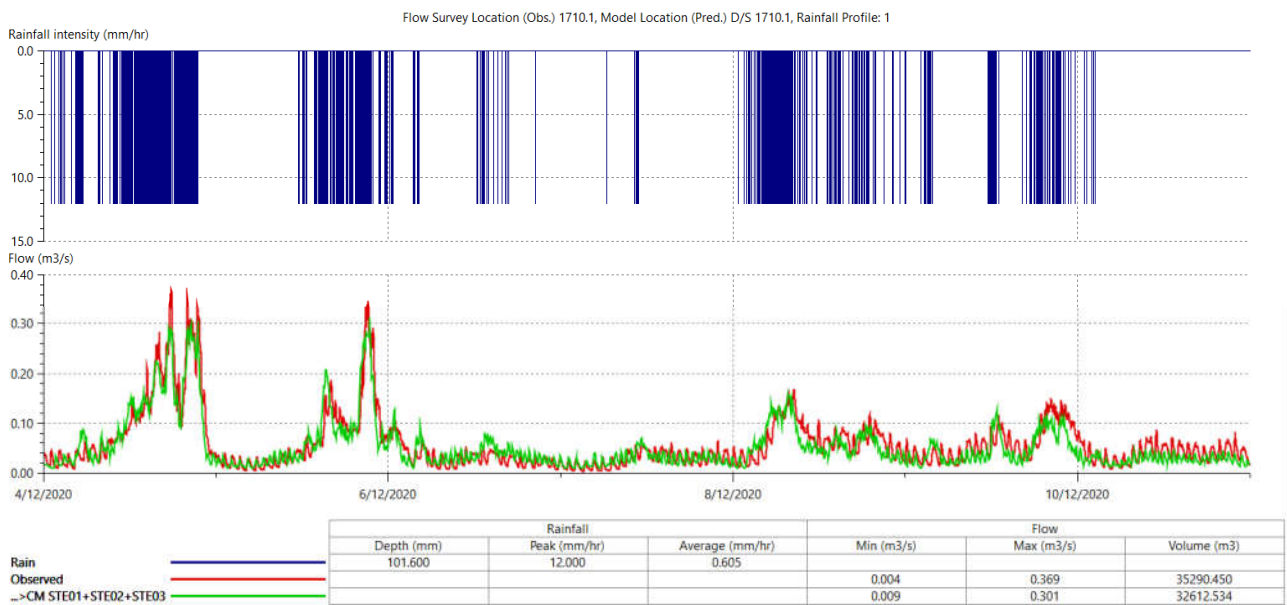


Figura 13. Confronto osservato-simulato dell'evento del 04/12/2020-10/12/2020 PDM STE03

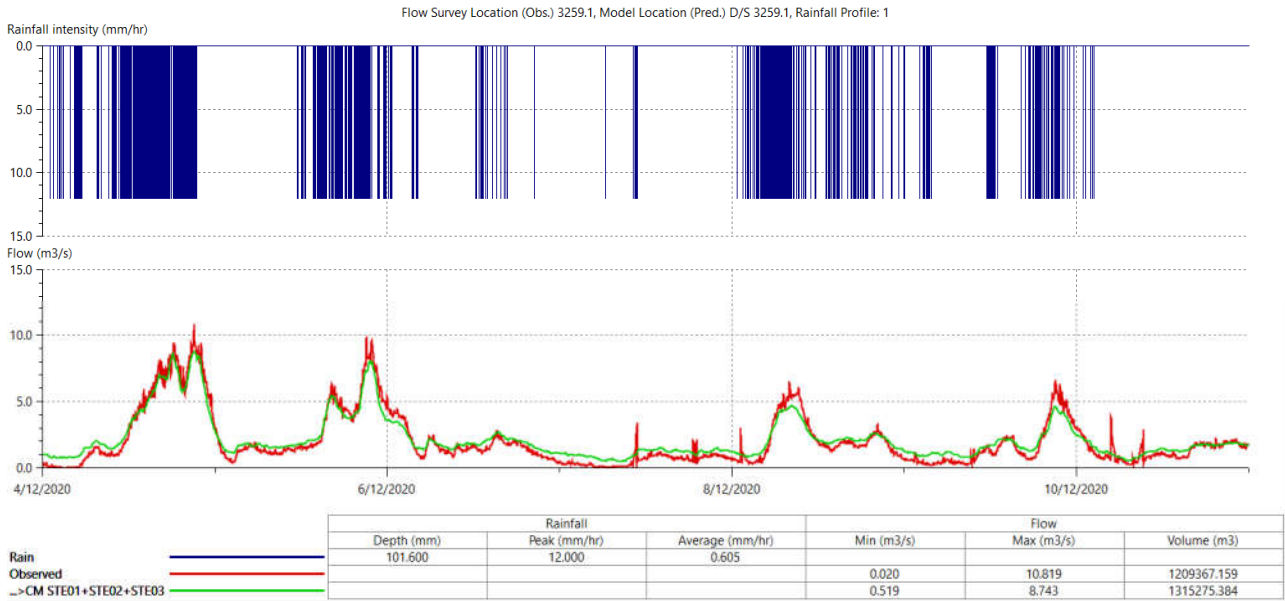


Figura 14. Confronto osservato-simulato dell'evento del 04/12/2020-10/12/2020 PDM STE01

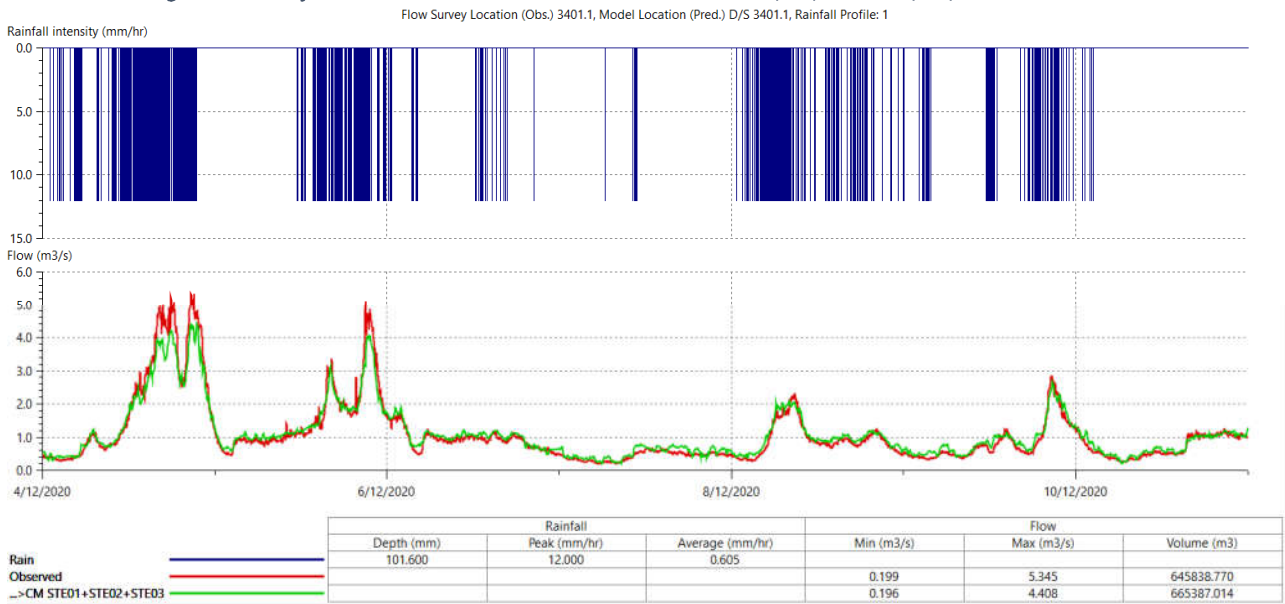


Figura 15. Confronto osservato-simulato dell'evento del 04/12/2020-10/12/2020 PDM STE09

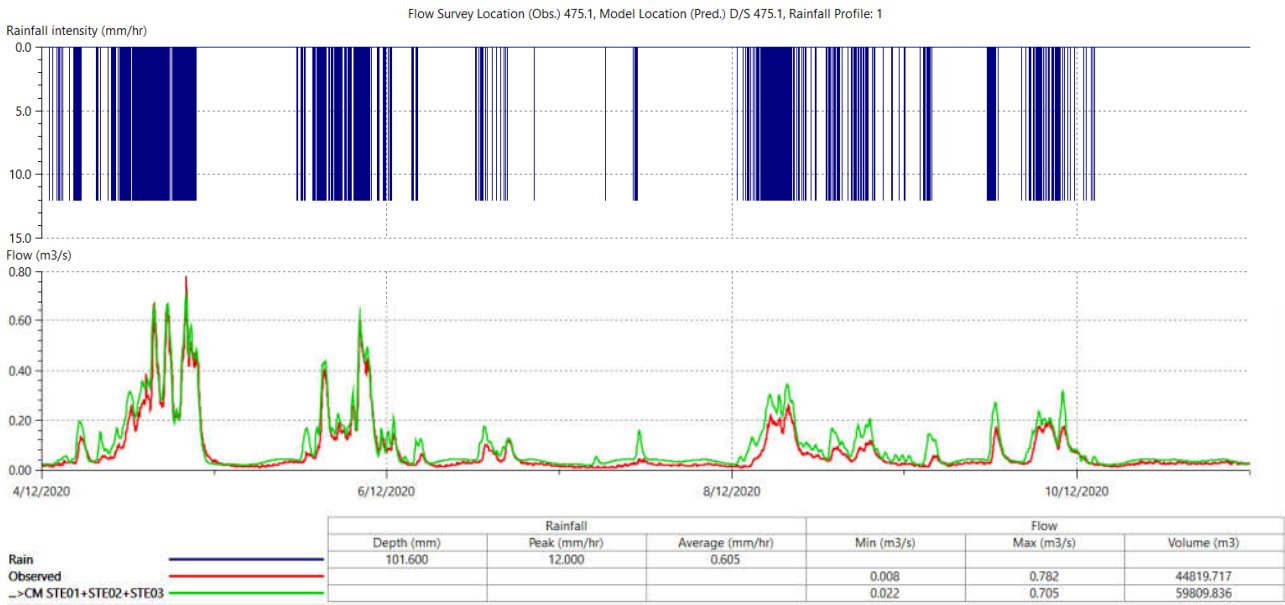


Figura 16. Confronto osservato-simulato dell'evento del 04/12/2020-10/12/2020 PDM STE08

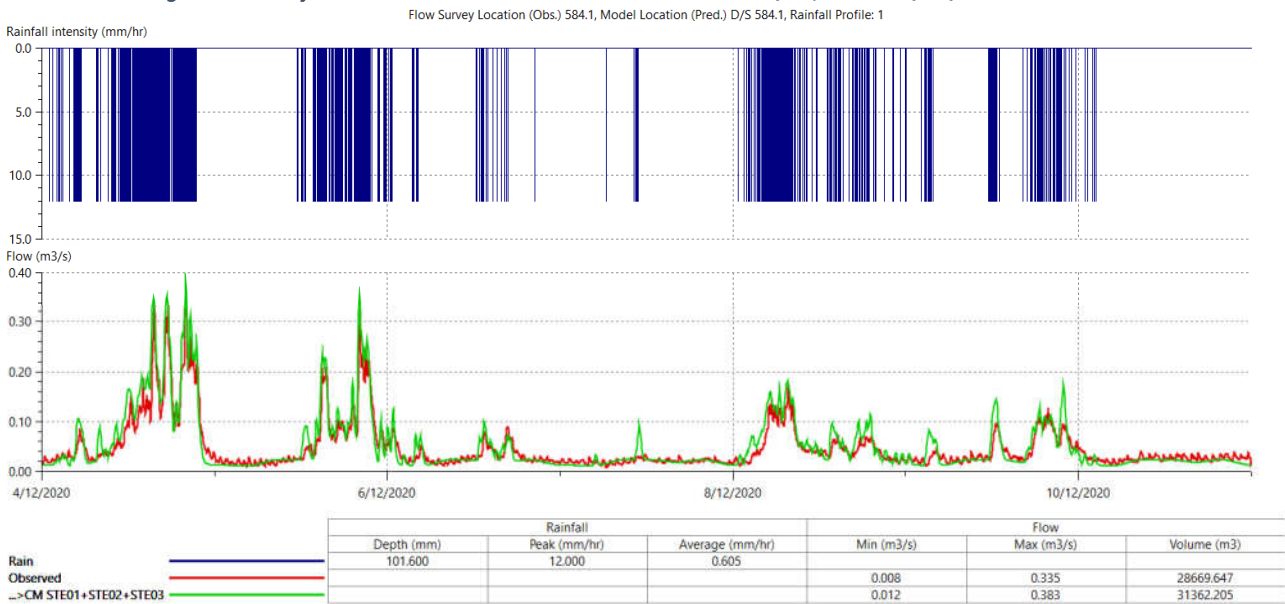


Figura 17. Confronto osservato-simulato dell'evento del 04/12/2020-10/12/2020 PDM STE06

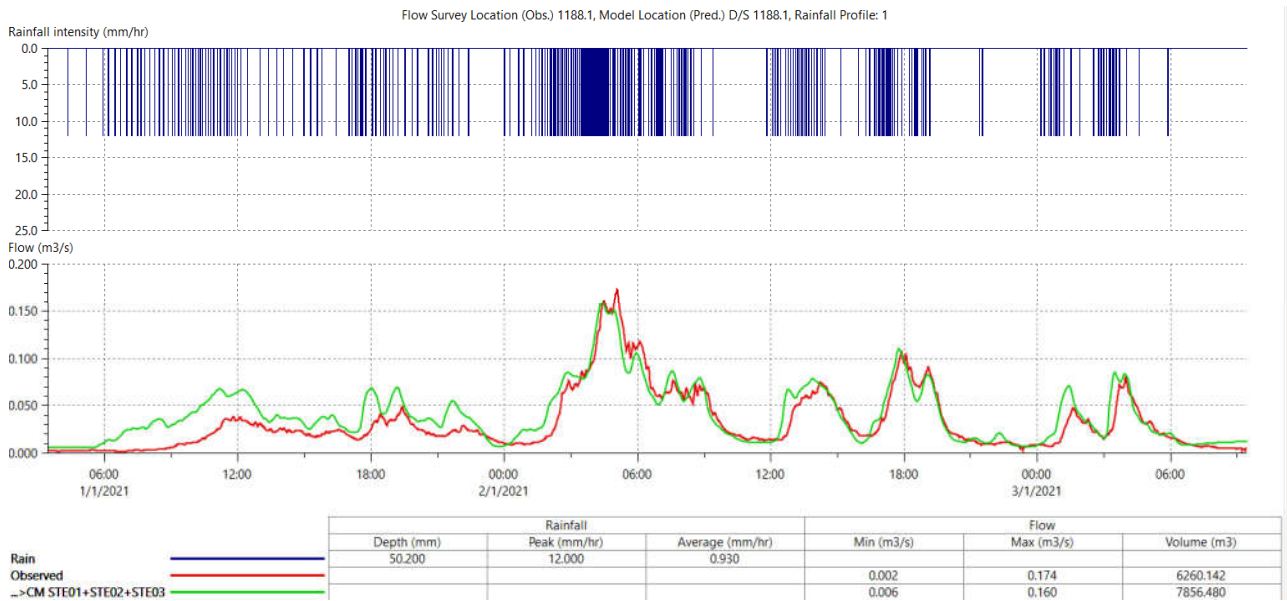


Figura 18. Confronto osservato-simulato dell'evento del 01/01/2021-03/01/2021 PDM STE07

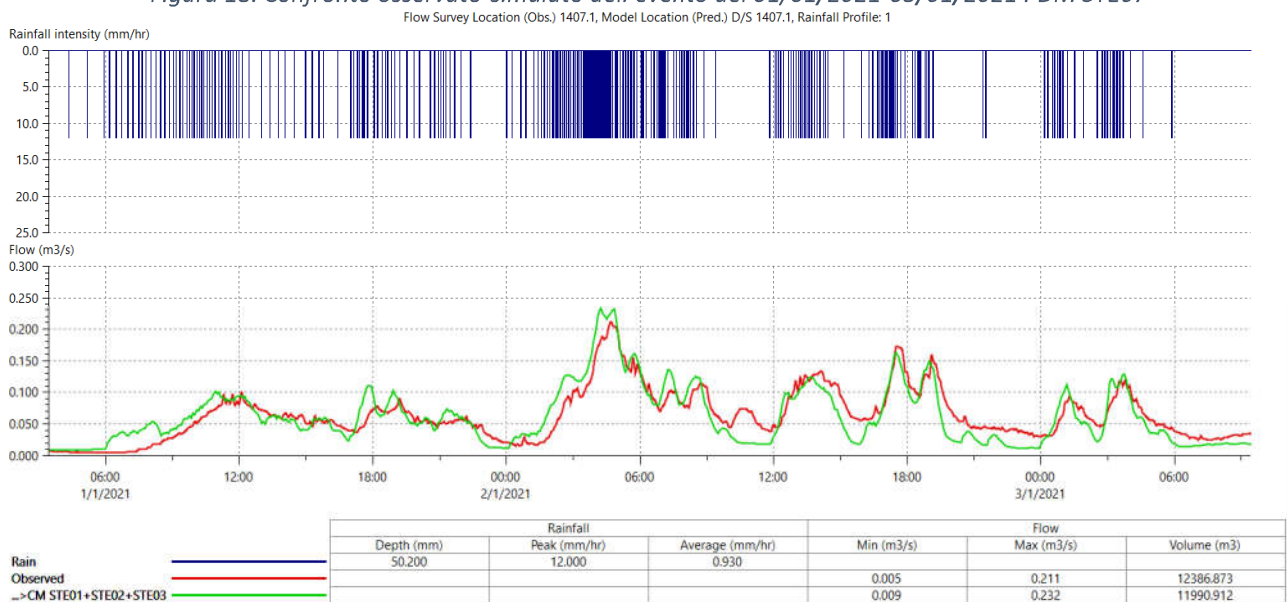


Figura 19. Confronto osservato-simulato dell'evento del 01/01/2021-03/01/2021 PDM STE11

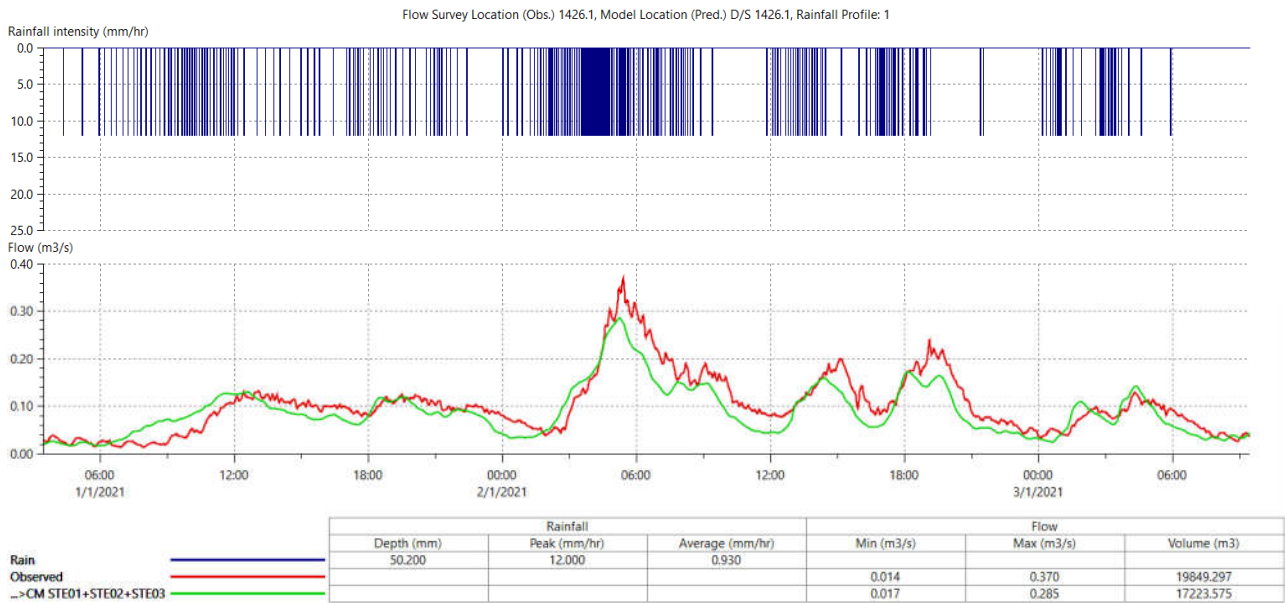


Figura 20. Confronto osservato-simulato dell'evento del 01/01/2021-03/01/2021 PDM STE04

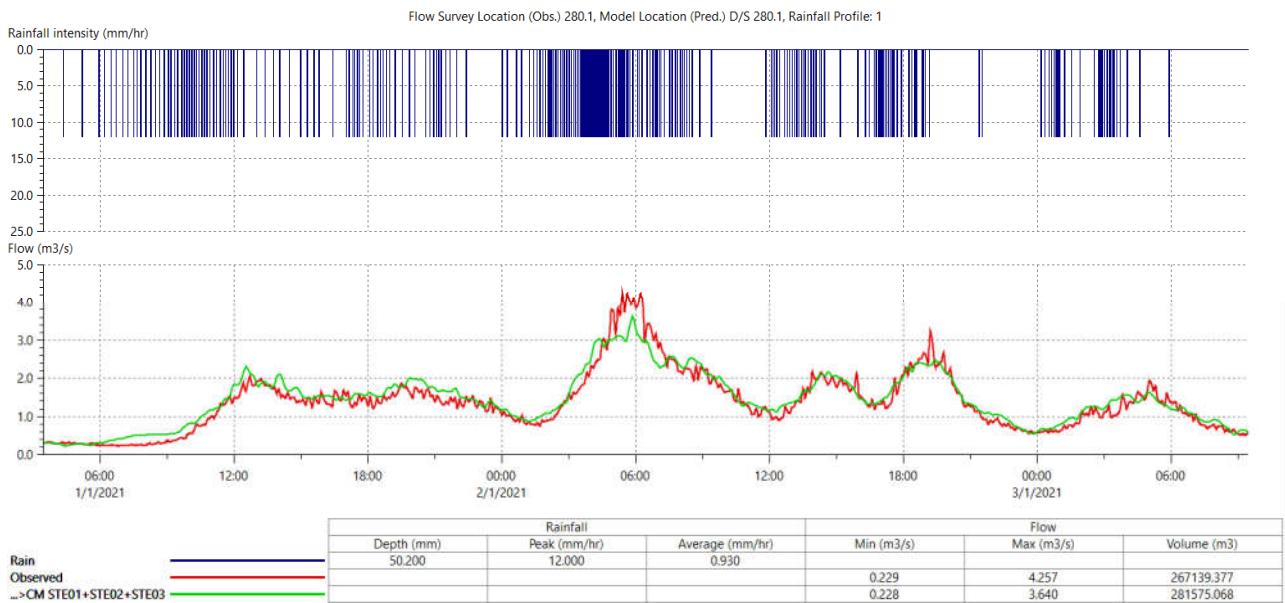


Figura 21. Confronto osservato-simulato dell'evento del 01/01/2021-03/01/2021 PDM STE02

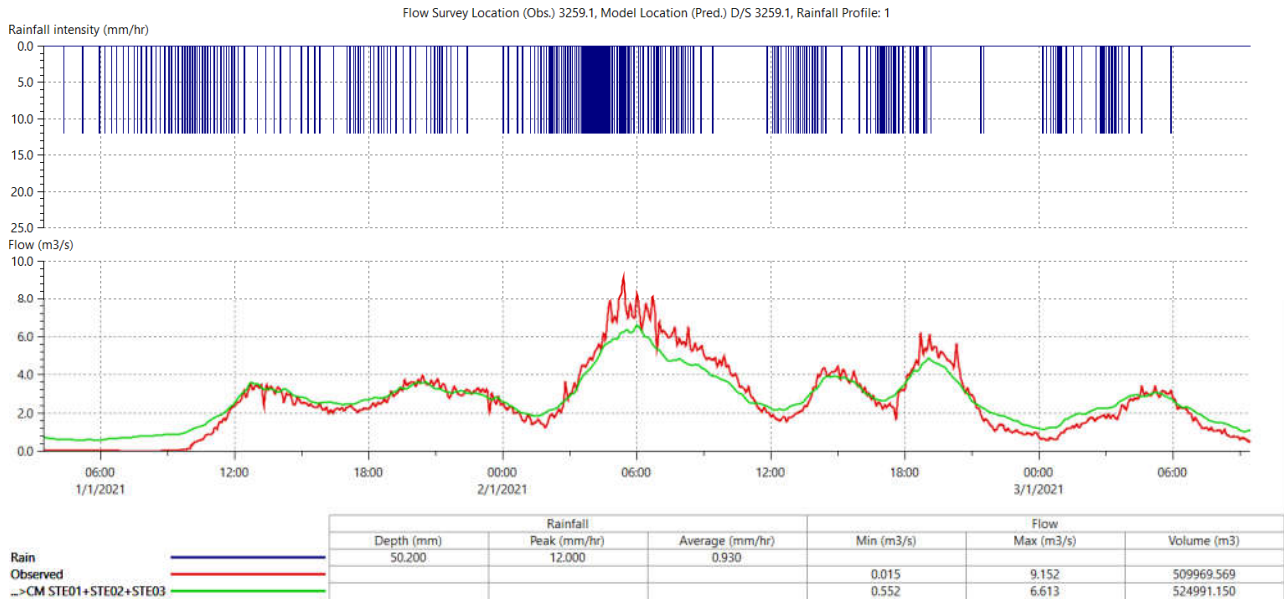


Figura 22. Confronto osservato-simulato dell'evento del 01/01/2021-03/01/2021 PDM STE01

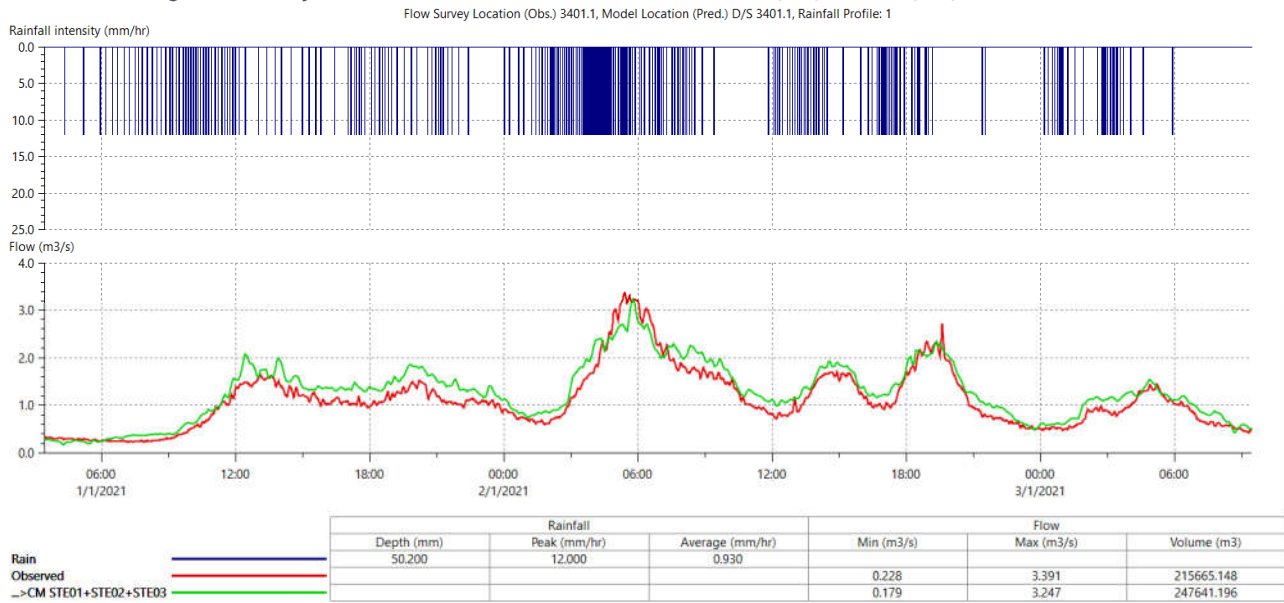


Figura 23. Confronto osservato-simulato dell'evento del 01/01/2021-03/01/2021 PDM STE09

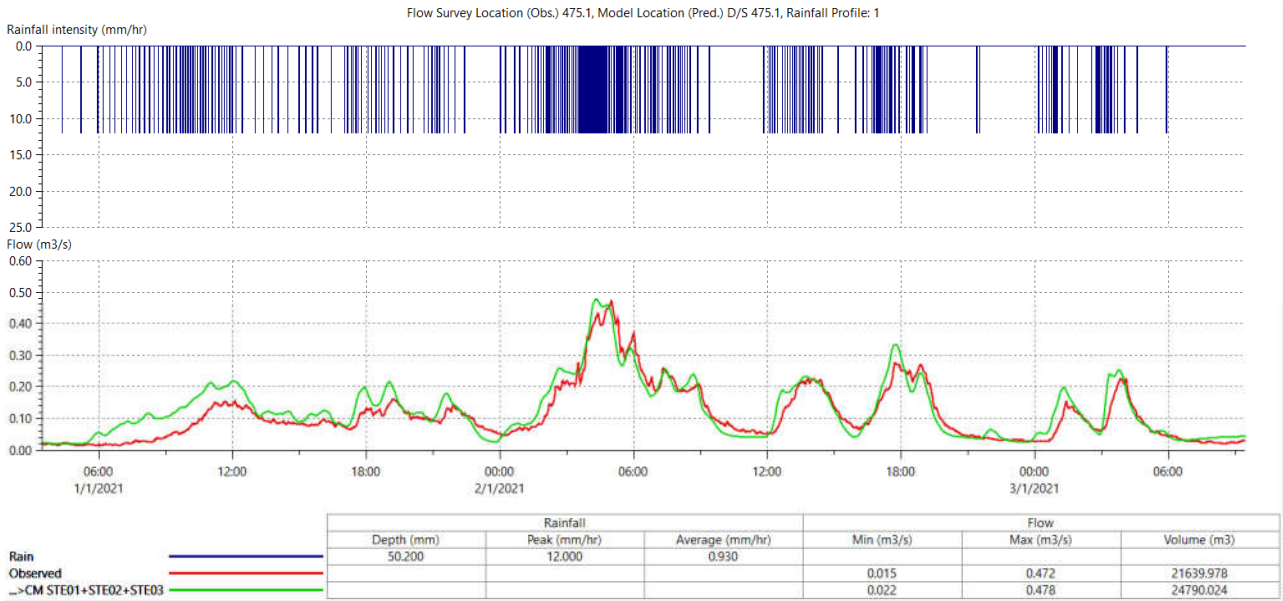


Figura 24. Confronto osservato-simulato dell'evento del 01/01/2021-03/01/2021 PDM STE08

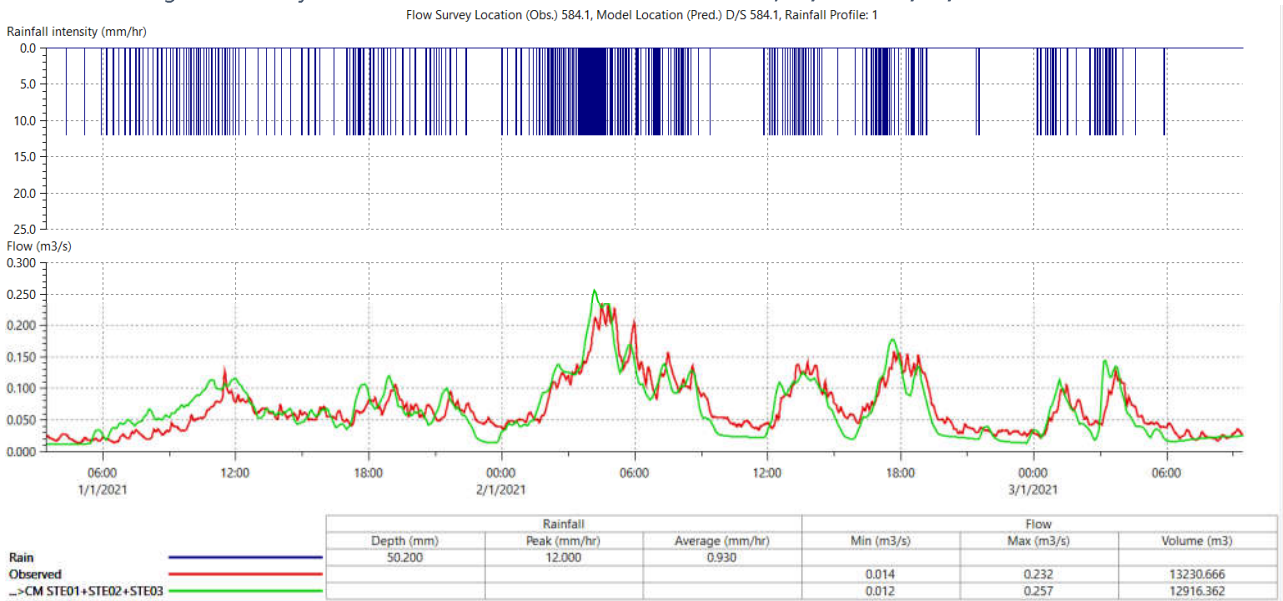


Figura 25. Confronto osservato-simulato dell'evento del 01/01/2021-03/01/2021 PDM STE06

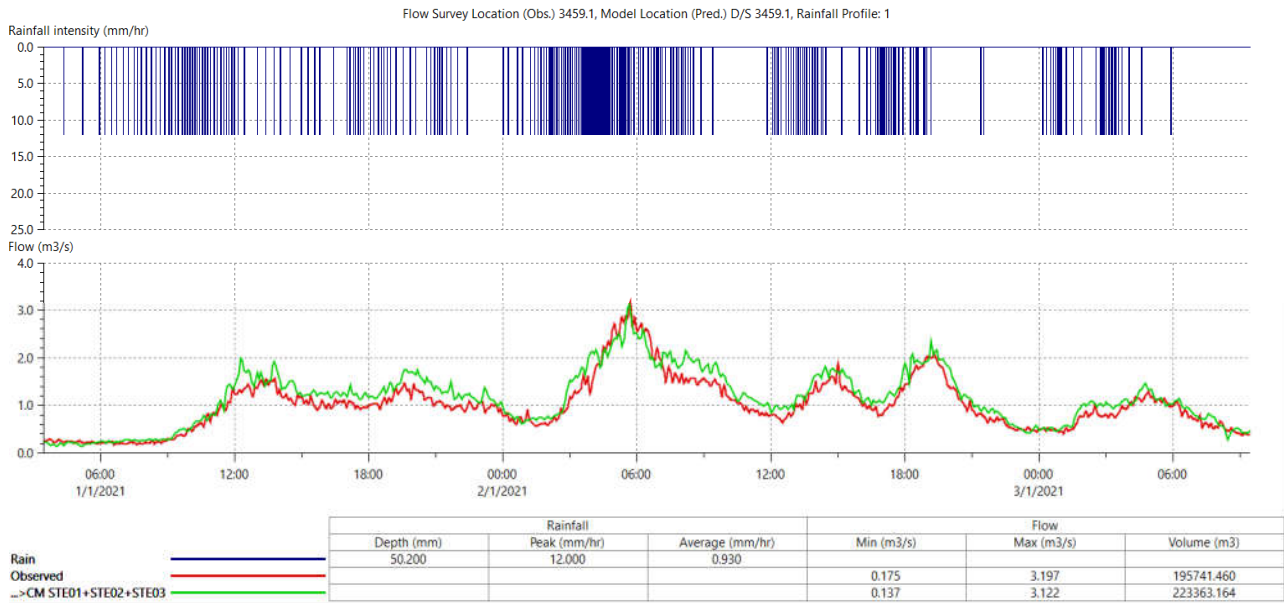


Figura 26. Confronto osservato-simulato dell'evento del 01/01/2021-03/01/2021 PDM STE10

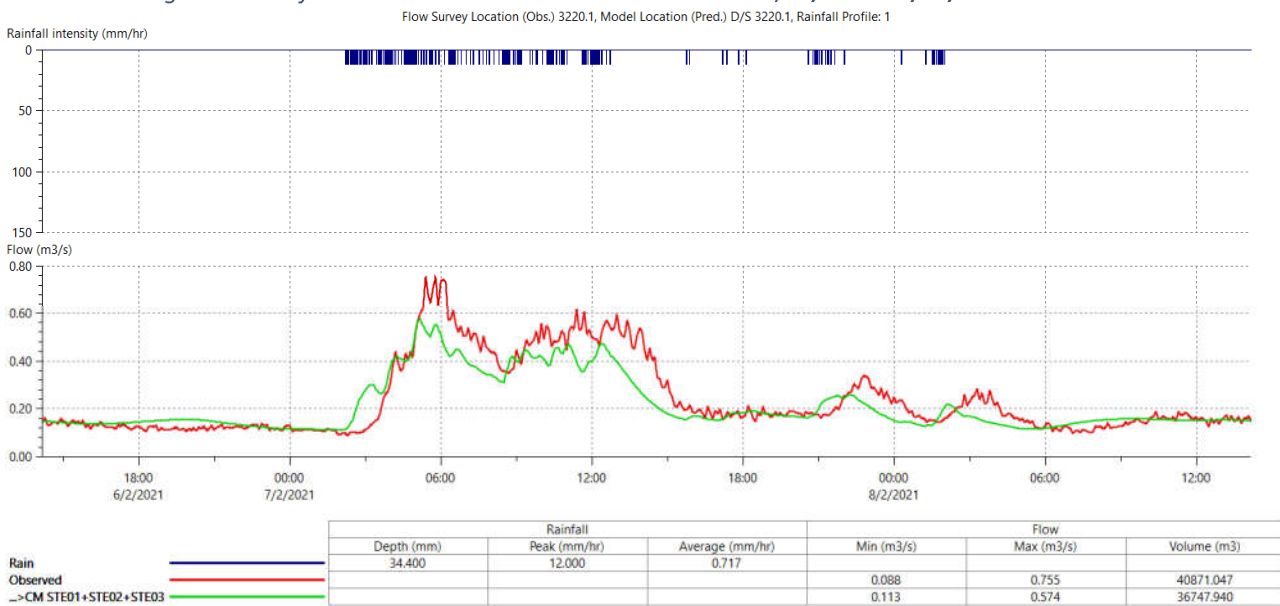


Figura 27. Confronto osservato-simulato dell'evento del 06/02/2021-08/02/2021 PDM STE05

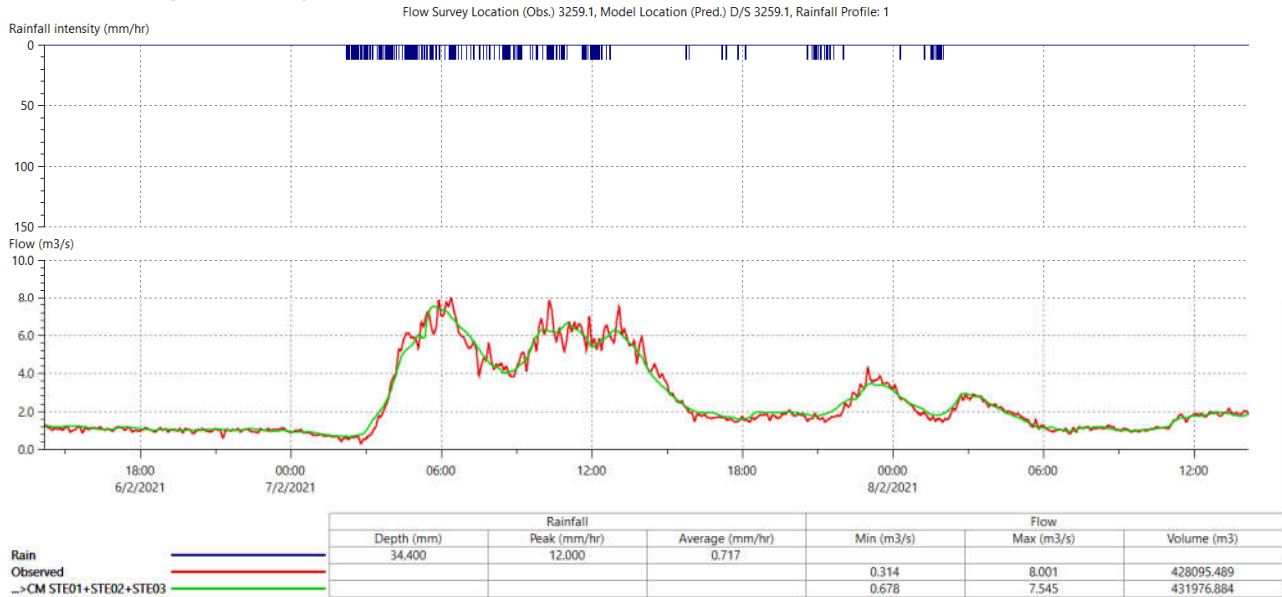


Figura 28. Confronto osservato-simulato dell'evento del 01/01/2021-03/01/2021 PDM STE01

Come si può osservare dai grafici il modello risulta tarato dal punto di vista quantitativo (portate e volumi), in quanto dal confronto delle curve i valori (x, y) rappresentati nel piano cartesiano possono ritenersi con buona approssimazione i medesimi.

Al fine di definire con maggiore accuratezza i principali parametri che simulano il fenomeno della trasformazione afflussi-deflussi si prevede che, durante la campagna di monitoraggio, avente una durata di circa 2 anni, la rete verrà sottoposta ad una calibrazione continua.

7 ANALISI PLUVIOMETRICA

Per ottenere risultati attendibili occorre un'analisi pluviometrica per la determinazione dello "ietogramma di progetto", ossia della pioggia tipo di progetto che dovrà sollecitare la rete, determinata sulla base delle "curve di possibilità pluviometrica" adottate.

I parametri che definiscono le c.p.p. per diversi tempi di ritorno sono stati acquisiti dal sito dell'ARPA (<http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml>).

Il tempo di corrivazione, necessario per la determinazione del tempo di base dello ietogramma, è stato calcolato sommando il tempo di ingresso dell'acqua in rete ed il tempo di scorrimento della stessa all'interno dei collettori. Il primo contributo è stato assunto pari a 5 minuti, il secondo è stato determinato dal rapporto tra la lunghezza dell'asta principale della rete e la velocità media di scorrimento dell'acqua nei collettori.

Vista l'estensione del bacino scolante si è ritenuto di non procedere ad un ragguglio all'area dello ietogramma. Tale procedura di ragguglio permette di effettuare una riduzione dell'intero ietogramma di pioggia per cercare di tenere conto del fatto che, in realtà, la pioggia non avviene contemporaneamente con la stessa intensità su tutto il bacino; infatti, di norma, sono presenti una zona con intensità maggiore, chiamata "centro di scroscio", ed altre zone nelle quali l'intensità della pioggia è minore e decresce con l'allontanarsi dal centro di scroscio.

Nel caso specifico, è stato utilizzato uno ietogramma di tipo rettangolare, calcolato con un tempo base di 60 minuti, pari al tempo di corrivazione della rete.

Nell'idrologia urbana per il tempo di ritorno T si adottano di norma valori non superiori ai 10 anni. Il tempo di ritorno è definito come il numero di anni che intercorre mediamente tra due eventi che provocano una portata superiore a quella di progetto.

La scelta progettuale del tempo di ritorno nasce, quindi, da un ragionevole compromesso tra l'esigenza di far fronte a insufficienze della rete fognaria e l'esigenza di contenere i costi, limitando, dove possibile, le dimensioni dei collettori.

Più in dettaglio, le simulazioni di funzionamento della fognatura di Segrate sono state effettuate sollecitando la rete di drenaggio, rispettivamente, con eventi aventi tempo di ritorno $T = 2$ anni, $T = 5$ anni e $T = 10$ anni definiti dagli ietogrammi calcolati in precedenza.



Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: *Segrate*
 Coordinate:

Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it>

A1 - Coefficiente pluviometrico orario	30.190001
N - Coefficiente di scala	0.29929999
GEV - parametro alpha	0.29519999
GEV - parametro kappa	-0.0327
GEV - parametro epsilon	0.81940001

Linea segnatrice
 Tempo di ritorno (anni)

Evento pluviometrico
 Durata dell'evento [ore]
 Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

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

Bibliografia ARPA Lombardia:

<http://idro.arpalombardia.it/manual/lsp.pdf>
http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf

Figura 29. Procedura di calcolo



Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

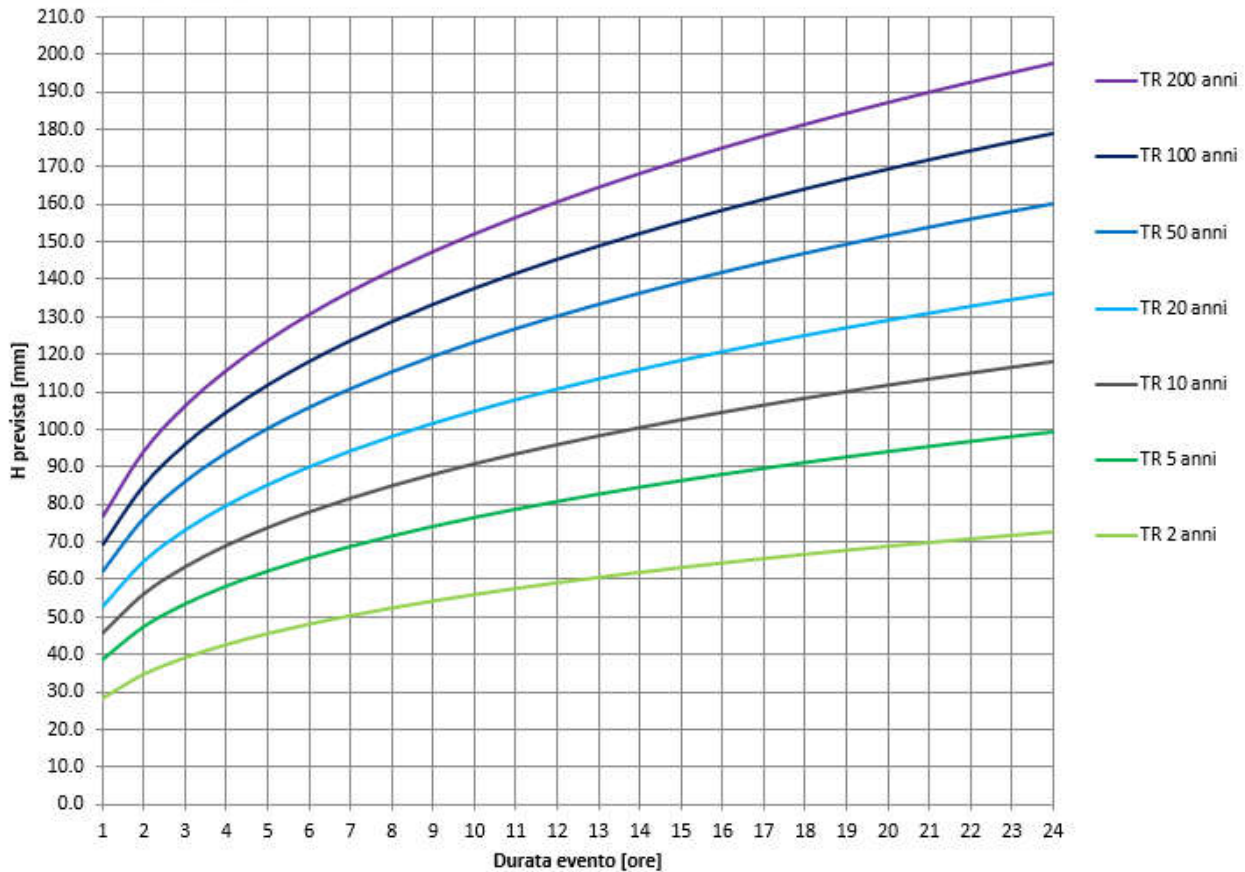


Figura 30. Curve di possibilità pluviometrica

8 ANALISI DELLO STATO DI FATTO

L'obiettivo di questa fase è la verifica della funzionalità idraulica della rete nelle sue attuali condizioni.

Sono state individuate le zone critiche laddove le insufficienze presenti comportano malfunzionamenti della rete cui possono seguire rigurgiti con potenziali allagamenti del piano stradale.

Particolare significato hanno le verifiche condotte sollecitando la rete con l'evento $T = 2$ anni, perché tale pioggia, di modesta intensità e di frequenza statistica piuttosto elevata, è in grado di evidenziare le prime zone a rischio di esondazione ed i più gravi problemi a carico della rete. I difetti evidenziati da questa verifica possono così considerarsi i più rappresentativi.

Le verifiche successive, effettuate con tempi di ritorno $T = 5$ anni e $T = 10$ anni confermano le problematiche evidenziate per $T = 2$ anni, rivelando ulteriori criticità e nuove zone soggette al rischio di allagamento.

I risultati delle simulazioni possono essere presentati attraverso numerose modalità di visualizzazione: tematismi in planimetria, grafici, grafici multipli, profili, tabelle, etichette, vista tridimensionale, confronto tra i risultati di più simulazioni.

Le figure seguenti rappresentano l'involuppo di tutte le situazioni critiche presentatesi in rete durante le simulazioni. In particolare, è visualizzato in planimetria il tematismo relativo al livello di sovraccarico delle condotte, ovvero la percentuale di riempimento.

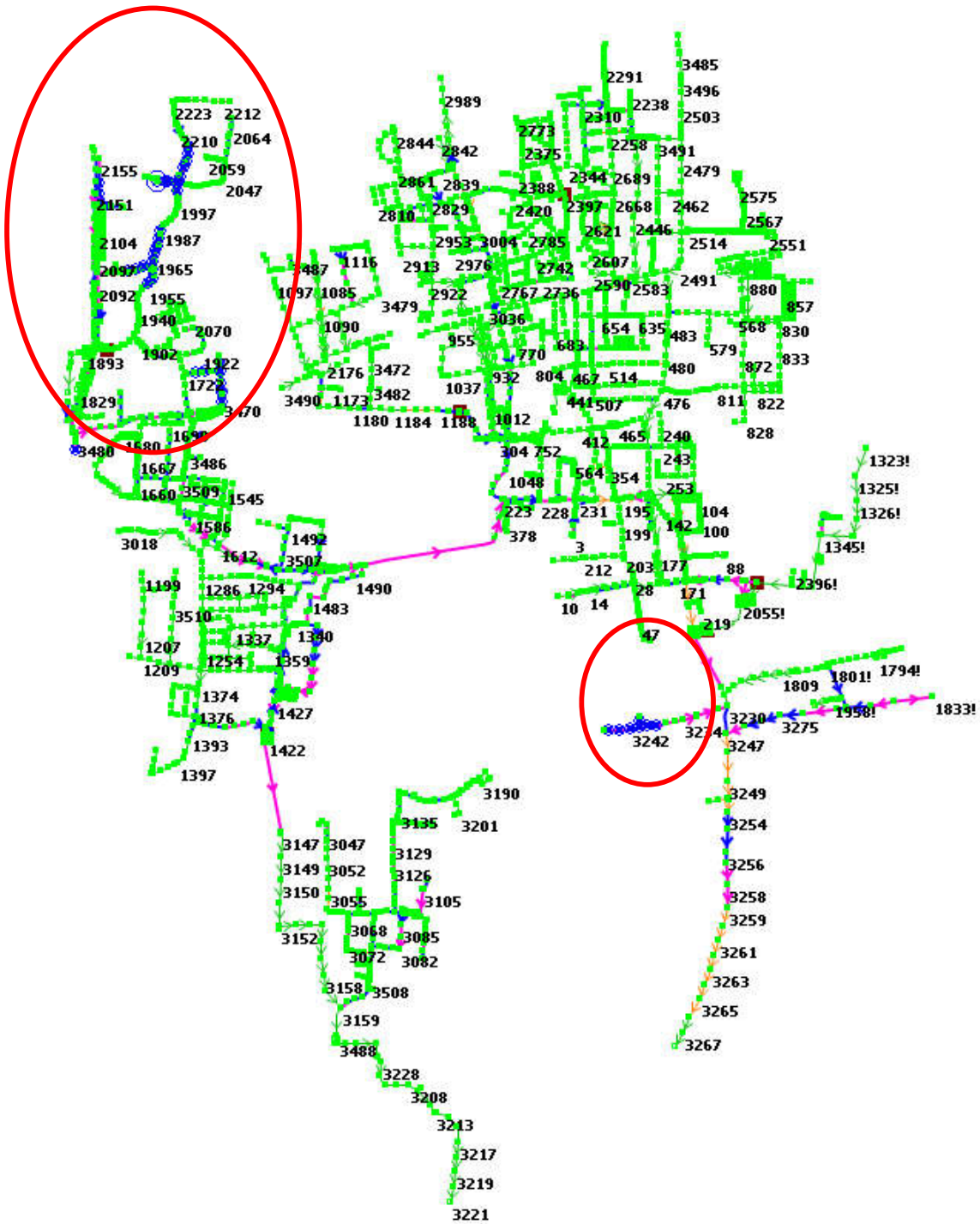


Figura 31. Visuale massima criticità T2

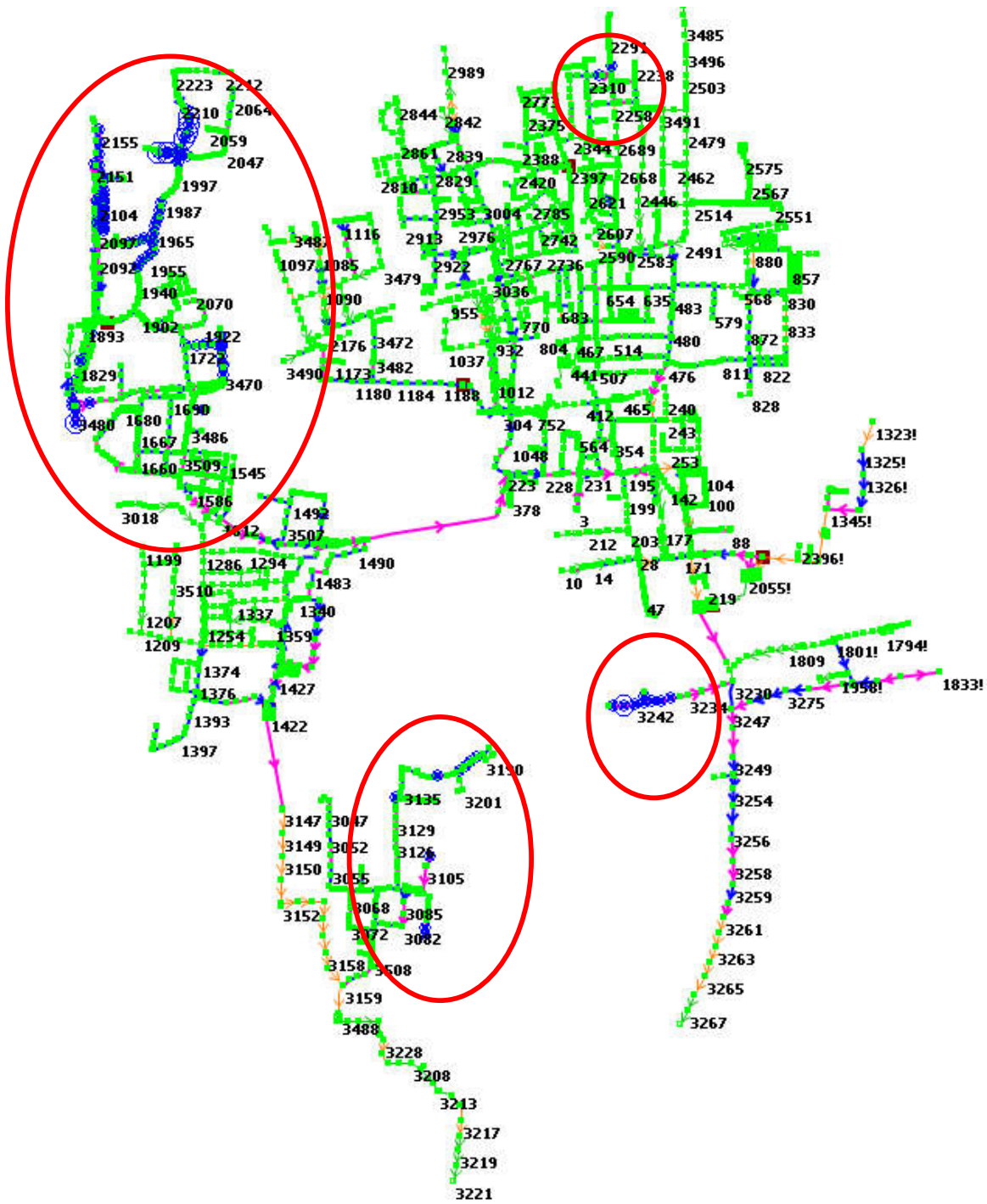


Figura 32. Visuale massima criticità T5

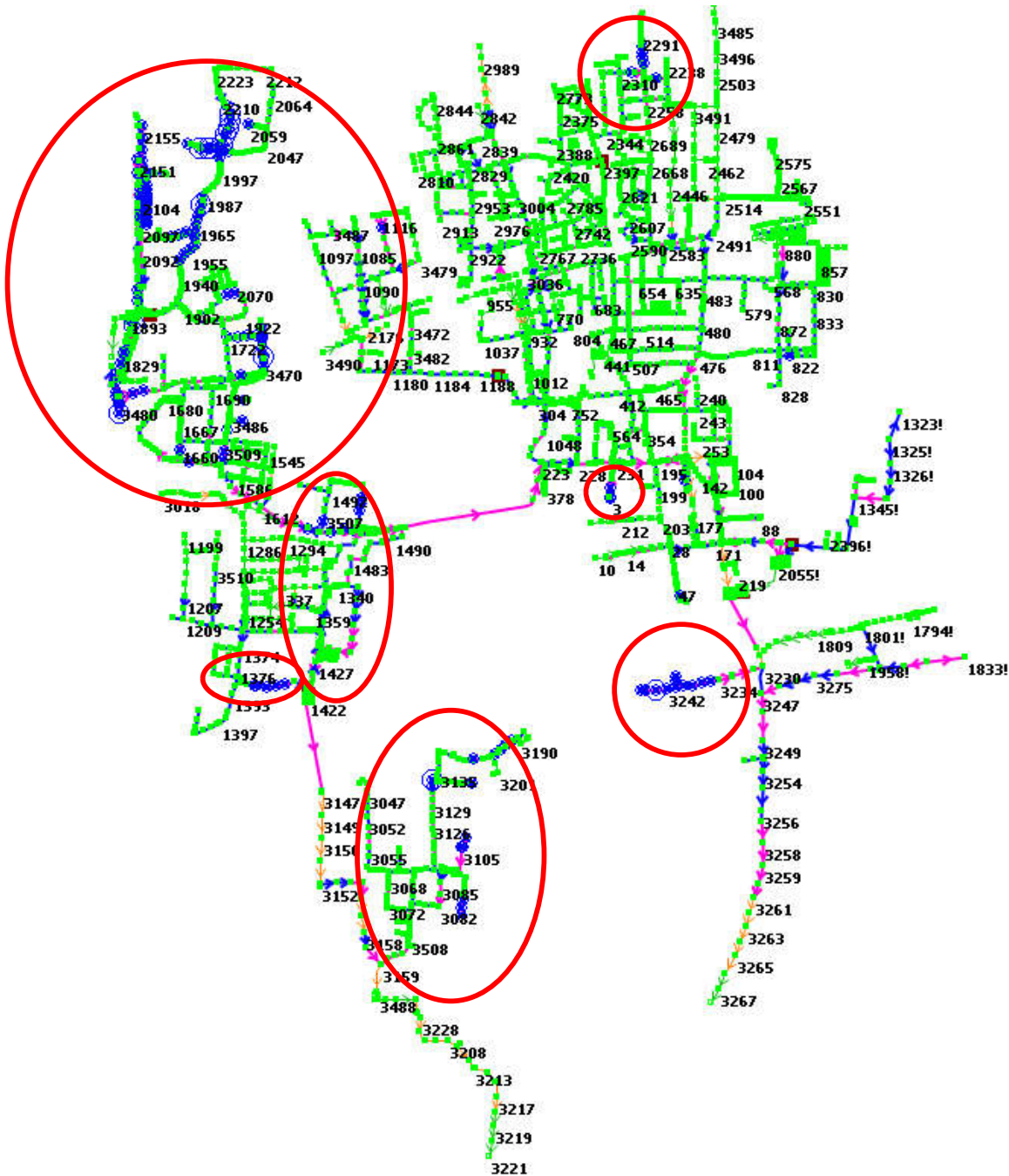


Figura 33. Visuale massima criticità T10

Le problematiche idrauliche messe in luce dal modello idraulico seguono la seguente simbologia:

- le tratte di colore verde e arancione rappresentano i condotti sufficienti a convogliare le portate in arrivo da monte (condotti funzionanti “a pelo libero”, ossia con linea piezometrica interna alla sezione del tubo);

- le tratte di colore blu rappresentano i condotti insufficienti a convogliare le portate in arrivo da monte (condotti funzionanti in pressione, ossia con linea piezometrica superiore all'intradosso superiore del tubo);
- le tratte di colore magenta rappresentano i condotti in rigurgito, la cui condizione di criticità e di funzionamento in pressione è strettamente correlata alle condizioni di insufficienza dei collettori di valle.

Altro parametro visualizzabile in planimetria è l'esondazione ai nodi. In corrispondenza dei nodi sono rappresentati dei cerchi concentrici di colore blu, in numero crescente all'aumentare del volume esondato dai pozzetti.

Sfruttando le diverse funzionalità di InfoWorks, si è proceduto all'analisi dei profili longitudinali di simulazione, osservando, in particolare, l'evoluzione dinamica della linea piezometrica all'interno dei tubi.

A titolo di esempio si riporta, in Figura 34, un profilo longitudinale che mostra la tubazione in condizione di "insufficienza idraulica"; il profilo ha la seguente simbologia:

- in marrone il terreno con le quote altimetriche del p.c.;
- in nero lo scorrimento e il cielo della tubazione;
- in blu l'andamento della linea piezometrica.



Figura 34. Profilo di un'asta