



Commessa:

**2107**

Committente:

**COMUNE DI VIGNATE**  
VIA ROMA 19, 20060 VIGNATE (MI)

Titolo:

STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO  
AI SENSI DEL R.R. 7/2017 ART.14 COMMA 7

Fase: PIANIFICAZIONE

Ambito: IDRAULICA

Professionista:

ing. Enzo Calcaterra

Rev.	Data	Descrizione
0	ottobre 2021	Prima emissione
1	aprile 2022	Revisione a seguito osservazioni CAP del 07/02/2022
2	luglio 2022	Revisione a seguito osservazioni CAP del 07/06/2022

PN	Documento Relazione idraulica	Elaborato	Revisione
		A02	<b>2</b>
		Scala	Nome file

**STUDIO SPS S.R.L.**  
VIA ROMA, 09 - 20090 VIMODRONE (MI)  
TEL. 02 2500872 - FAX 02 2500020  
E-MAIL INFO@STUDIOSPS.IT  
WWW.STUDIOSPS.IT

Redatto	Verificato	Approvato
ing. Enzo Calcaterra	ing. Enzo Calcaterra	ing. Enzo Calcaterra

INFORMAZIONI STRETTAMENTE RISERVATE DA NON UTILIZZARE PER SCOPI DIVERSI DA QUELLI PER CUI SONO STATE FORNITE

## INDICE

1	Premessa e organizzazione dell'attività .....	4
2	Inquadramento territoriale e definizione del contesto spaziale di studio .....	4
3	Modellazione della rete e del territorio .....	6
3.1	Schema modellistico .....	6
3.2	Livello di dettaglio .....	6
3.3	Codice di calcolo impiegato.....	6
3.3.1	Descrizione del modello idrologico-idraulico utilizzato .....	6
3.3.2	Modellazione di elementi puntuali (soglie di sfioro, paratoie, vasche etc.) .....	8
3.4	Rete fognaria.....	11
3.4.1	Attività di rilievo .....	11
3.4.2	Sistema di drenaggio intercomunale .....	12
3.4.3	Fognatura comunale .....	12
3.4.4	Bacini di raccolta .....	14
3.4.5	Modello matematico della rete fognaria in input.....	16
3.5	Fontanile Vedano .....	17
3.5.1	Dati disponibili e attività di rilievo.....	18
3.5.2	Geometria dell'asta .....	18
3.5.3	Bacini di raccolta .....	20
3.6	Modello digitale del terreno e costruzione della mesh di calcolo.....	20
3.7	Eventi meteorici di riferimento .....	23
3.7.1	Curva di possibilità pluviometrica .....	23
3.7.2	Ietogrammi di riferimento.....	28
3.8	Stima delle perdite idrologiche .....	30
3.9	Generazione delle portate di piena.....	30
3.10	Popolazione e dotazione idrica .....	31
3.11	Condizioni al contorno.....	31
3.11.1	Condizioni al contorno geometriche .....	31
3.11.2	Condizioni al contorno idrologiche.....	31
3.11.3	Condizioni al contorno idrauliche .....	32
3.12	Condizioni iniziali.....	35
4	Procedure di taratura del modello .....	35
5	Analisi di stato di fatto .....	43
5.1	Risultati delle simulazioni .....	43

5.2	Sintesi delle criticità riscontrate (dal modello e/o segnalate).....	47
5.2.1	Po01 - Via Fermi (criticità 1. nel DSRI).....	48
5.2.2	Po02 – Via del Lavoro e via Molina- SP161 (criticità 2. nel DSRI) .....	49
5.2.3	Po03 – Via Monzese e roggia Violina (criticità 3. nel DSRI).....	50
5.2.4	Po04 – via Cascina San Pedrino – via Lodi (criticità 4. nel DSRI).....	51
5.2.5	Po05 – Zona Malpaga (non contenuta nel DSRI).....	52
5.2.6	Po06 – via Giuseppe di Vittorio (non contenuta nel DSRI).....	53
5.2.7	Sottopassi (criticità 6. nel DSRI).....	54
5.2.8	Manufatti della rete fognaria (criticità 5. nel DSRI) .....	54
6	Scenario di intervento .....	54
6.1	Interventi strutturali.....	55
6.1.1	IS-01 – Vasca volano di via G. Galilei (intervento 1. nel DSRI).....	55
6.1.2	IS-02 – Potenziamento rete e vasca volano di via del Lavoro (intervento 2. nel DSRI) .....	57
6.1.3	IS-03 – Potenziamento e nuovo collegamento zona San Pedrino (intervento 4. nel DSRI) .....	58
6.1.4	IS-04 – Adeguamento stazione di sollevamento del sottopasso SP161 (intervento 6. nel DSRI)....	59
6.1.5	IS-05 – Gestione in loco acque meteoriche stradali con soluzioni di drenaggio sostenibile (intervento non previsto dal DSRI) .....	60
6.1.6	Interventi strutturali previsti dal Documento Semplificato non riconfermati .....	61
6.1.7	Previsioni del piano d’ambito del servizio integrato.....	61
6.1.8	Interventi sul reticolo idrico.....	63
6.2	Interventi non strutturali.....	63
6.2.1	INS-01 – Interventi privati sulle aree industriali settentrionali (intervento non previsto nel DSRI)....	63
6.2.2	INS-02 – Interventi privati sulle aree industriali meridionali (intervento non previsto nel DSRI) .....	64
6.2.3	INS-03 – Interventi sui sottopassi (intervento 6. nel DSRI) .....	65
6.2.4	INS-04 –Interventi sui manufatti della rete fognaria (intervento 5. nel DSRI) .....	65
6.2.5	INS-05 - Drenaggio urbano sostenibile (generico nel DSRI).....	65
6.2.6	INS-06 - Misure di protezione civile (generico nel DSRI) .....	66
6.2.7	INS-07 - Comunicazione del rischio ai cittadini e pratiche di autoprotezione (generico nel DSRI)...	66
6.2.8	INS-08 - Coinvolgimento delle comunità locali: iniziative di Citizen Science (generico nel DSRI)....	67
6.2.9	INS-09 - Piani e studi di approfondimento (generico nel DSRI) .....	70
6.2.10	INS-10 - Difese temporanee (generico nel DSRI) .....	70
6.2.11	INS-11 Ambiti di trasformazione e misure di invarianza (generico nel DSRI) .....	73

6.3	Priorità di intervento .....	77
6.4	Risultati delle simulazioni nello scenario di stato di progetto.....	78
7	Documenti di riferimento utilizzati .....	82
8	Bibliografia .....	83
9	Registro dati.....	84

## RELAZIONE IDRAULICA

### 1 Premessa e organizzazione dell'attività

La presente relazione idraulica descrive in dettaglio le elaborazioni condotte e i risultati ottenuti per la predisposizione dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico del Comune di Vignate (DCRI), ai sensi del Regolamento Regionale n. 7 del 2017 e s.m.i.

Lo Studio segue le “Linee guida per la redazione degli studi comunali di gestione del rischio idraulico” di Cap Holding e si basa sul Documento Semplificato del rischio idraulico (DSRI), approvato in Consiglio Comunale con delibera n.65 del 26/11/2019.

### 2 Inquadramento territoriale e definizione del contesto spaziale di studio

Il Comune di Vignate ha una popolazione di 9'310 abitanti (dati al 31/12/2020) su un territorio di circa 8.55 km<sup>2</sup>.

Il comune confina a nord con il comune di Cassina De' Pecchi, a est con il comune di Melzo, a sud con i comuni di Liscate e Settala e a ovest con il comune Rodano e Cernusco sul Naviglio.

Il comune è dotato di rete fognaria uniformemente distribuita su tutto il territorio urbanizzato che si immette nel collettore intercomunale dopo una serie di sfioratori che alleggeriscono le portate in tempo di pioggia scaricandole in corpi recettori appartenenti al reticolo minore (F.Le Vedano) e al reticolo di bonifica (roggia Violina, roggia Busca).

Il territorio è attraversato da infrastrutture e corsi d'acqua, di seguito elencati, che condizionano la distribuzione della rete fognaria, dei relativi punti di recapito e la conseguente suddivisione dei bacini:

- Reticolo idrico minore e canali di bonifica gestiti dal consorzio di bonifica est Ticino Villoresi;
- Ferrovia Milano-Venezia e Milano Verona AV/AC;
- Strada Provinciale Cassanese SP103;
- Strada provinciale nuova SP161;
- Strada provinciale SP14 (Variante Liscate A35-VAR).

Per la definizione del contesto spaziale di studio si è fatto riferimento al paragrafo 3.1.1 delle “Linee guida” di Cap Holding che riporta i seguenti scenari:

1. se i fenomeni di allagamento sono notoriamente attribuiti all'insufficienza della sola rete fognaria, lo Studio dovrà

- essere focalizzato solo su quest'ultima e il territorio direttamente servito;
2. se si presumono situazioni di difficoltà allo scarico in corpi ricettori facenti parte del reticolo idrico minore (RIM di competenza comunale), lo Studio dovrà essere esteso anche al bacino idrografico afferente al punto di scarico. Dovrà essere altresì condotto un rilievo topografico del ricettore, qualora non disponibile con un livello di dettaglio
  3. se si presumono situazioni di difficoltà allo scarico in collettori fognari intercomunali, lo Studio dovrà avvalersi delle valutazioni idrologico-idrauliche congiunte degli altri Comuni afferenti;
  4. se si presumono puntuali situazioni di difficoltà allo scarico in corpi ricettori che rientrano nel reticolo idrico di competenza del consorzio di bonifica (RIB) o nel reticolo secondario regionale (RSCM, RSP), dovranno essere valutate in ordine le seguenti opzioni:
    - gli enti competenti sul corpo ricettore (la Regione per gli RSP e RSCM, i Consorzi di Bonifica per il RIB) dispongono di studi idrologico-idraulici che forniscono indicazioni delle condizioni di deflusso nel ricettore presso il punto di scarico. Si dovrà utilizzare tale studio per poter definire le condizioni idrauliche al contorno secondo le indicazioni contenute nelle tabelle Tabella 7 e Tabella 8 riportate al paragrafo 3.11.3;
    - gli enti competenti sul corpo ricettore (la Regione per RSP e RSCM, Consorzio di Bonifica per il RIB) dispongono esclusivamente di rilievi topografici del punto di scarico (nessuno studio idrologico-idraulico a disposizione). Le condizioni al contorno di valle dovranno essere imposte secondo le indicazioni metodologiche indicate nelle tabelle Tabella 7 e Tabella 8 riportate al paragrafo 3.11.3;
    - gli enti competenti sul corpo ricettore (la Regione per RSP e RSCM, Consorzio di Bonifica per il RIB) non dispongono di rilievi topografici del ricettore. Il Comune dovrà prevedere un rilievo topografico ad hoc del punto di scarico;
  5. se si presumono puntuali situazioni di difficoltà allo scarico in corpi ricettori che rientrano nel Reticolo Principale (RP) il Comune dovrà predisporre idoneo rilievo topografico presso il punto di scarico (qualora non disponibile) ed utilizzerà i risultati delle modellazioni svolte dall'Ente Gestore per la definizione delle fasce del PGRA.

Dall'analisi delle criticità contenute nel Documento Semplificato e riportate nella relazione generale del presente Studio, i fenomeni di allagamento non dipendono solo dalla rete fognaria ma anche dalla difficoltà di scarico della rete fognaria nella roggia Violina e nel F.le Vedano.

Secondo gli scenari appena descritti si è quindi proceduto nel seguente modo:

- per la roggia Violina, ricettore dello scarico di alcuni sfioratori della rete fognaria e facente parte del RIB, presumendo difficoltà allo scarico, è stato effettuato un rilievo ad hoc dei punti di scarico e sono state definite le condizioni al contorno da utilizzare nel modello idraulico;
- per il F.le Vedano, ricettore dello scarico di alcuni sfioratori della rete fognaria e facente parte del RIM, presumendo difficoltà allo scarico, si è esteso lo scenario di studio anche al suo bacino idrografico, dalla testa del fontanile fino all'attraversamento della strada provinciale SP14, in prossimità del confine meridionale del comune.

Al tal fine, il comune ha fornito agli scriventi il progetto esecutivo Di.Fo.In.Fo, riguardante le opere di sistemazione

del F.le Vedano, che contiene alcune sezioni trasversali dell'asta. Tali sezioni, utilizzate per la costruzione del modello idraulico del corso d'acqua, sono state integrate da un rilievo ad hoc effettuato dagli scriventi con particolare attenzione ai ponti e alle intubazioni;

- per la roggia Busca/Libera Serbelloni, ricettore dello scarico di uno sfioratore della rete fognaria e facente parte del RIB, non presumendo difficoltà allo scarico, non si prevedono valutazioni integrative;
- gli altri corsi d'acqua che non sono ricettori della rete fognaria sono rimasti al di fuori del contesto spaziale di studio.

### 3 Modellazione della rete e del territorio

#### 3.1 Schema modellistico

La tipologia di modellazione suggerita dalle Linee guida di CAP Holding in funzione delle informazioni disponibili per la predisposizione del presente Studio è "Modelli 1D-2D accoppiati". A tal scopo è stata realizzata una modellazione accoppiata ibrida monodimensionale della rete di drenaggio e bidimensionale nelle aree inondabili, mediante il software Infoworks ICM.

I tempi di ritorno scelti per la modellazione sono quelli riportati nell'Art. 14 comma 7 del R.R. 7/2017 ovvero Tr 10, 50 e 100 anni. Il tempo di ritorno di 10 anni è quello generalmente adottato per il dimensionamento delle reti fognarie, i Tr più elevati (50 e 100 anni) sono invece quelli imposti dall'Art. 11 del RR per il dimensionamento delle opere di invarianza (50 anni per il dimensionamento, 100 anni per la verifica dei franchi di sicurezza).

#### 3.2 Livello di dettaglio

L'apparato modellistico suggerito dalle Linee guida di CAP Holding per i comuni con classe di criticità idraulica A e numero abitanti inferiori a 10'000, come il comune in oggetto, è di Tipo II.

Gli apparati modellistici che rientrano in questa classe sono utili a rappresentare la risposta di drenaggio specifica di un territorio e possono essere utilizzati quali strumenti di pianificazione e valutazione del rischio idraulico al fine di:

- riconoscere i problemi idraulici all'interno di un bacino idraulico, compresa l'identificazione dei rischi di allagamento, deflusso fognario in pressione e difficoltà allo scarico;
- simulare e identificare le prestazioni degli scolmatori di piena a servizio di reti miste e opere idrauliche di supporto (impianti di sollevamento, by-pass, etc.);
- individuare la necessità di interventi di riqualificazione idraulica urbana e condurre le prime valutazioni di impatto a scala territoriale in caso di realizzazione parziale o distribuita;
- valutare l'impatto degli sviluppi proposti, i cambiamenti climatici e lo sviluppo urbano.

#### 3.3 Codice di calcolo impiegato

##### 3.3.1 *Descrizione del modello idrologico-idraulico utilizzato*

I calcoli idraulici, come precedentemente detto, sono stati effettuati tramite l'ausilio di un software di modellazione idraulica denominato Infoworks ICM.

Tale strumento consente di costruire un modello matematico – idraulico di Tipo II in grado di:

- ricreare una "copia" virtuale del sistema idraulico in esame inserendo in un GIS tutti i dati geometrici e

- planoaltimetrici a disposizione (geometria dei condotti e dei pozzetti, geometria dei fiumi, geometria dei ponti, quote del terreno etc);
- depurare le piogge dalle perdite idrogeologiche:  
la trasformazione da piogge lorde a piogge nette può essere effettuata con diversi modelli, a seconda della tipologia del bacino e del grado di conoscenza dei parametri che influenzano tale fenomeno.
  - trasformare la pioggia netta in deflusso in rete:  
le superfici contribuenti vengono tipicamente divise dal programma in “impermeabili” (costituite da strade, piazzali e coperture degli edifici) e “permeabili” (aree a verde).  
Il deflusso superficiale può essere calcolato dal programma in quattro diversi modi, che differiscono tra loro per le procedure di definizione delle costanti di invaso, permettendo all’operatore di scegliere, di volta in volta, il metodo più idoneo.
  - propagare le portate in rete e negli alvei:  
il programma utilizza la schematizzazione dinamica delle equazioni differenziali di De Saint Venant che, richiedendo le condizioni al contorno sia a monte che a valle, permette, tra l’altro, di considerare anche gli “effetti di rigurgito”.  
Il moto in pressione viene calcolato con le stesse equazioni, mediante l’utilizzo della “Slot di Preissman”, che consente la valutazione del moto riutilizzando le equazioni di moto a pelo libero.
  - simulare i processi di allagamento sul terreno, allorquando i livelli di piena dell’alveo principale superano le quote delle sponde, calcolando il deflusso delle acque esondate in un sistema bidimensionale costituito da una maglia di elementi triangolari rappresentanti il terreno.

In estrema sintesi il modello è composto da due diversi sottosistemi intimamente legati tra loro:

1. il primo è costituito da un “classico” modello monodimensionale in cui la fognatura e/o l’alveo del fiume vengono definiti da elementi lineari; questo sistema permette di simulare i processi di deflusso delle portate determinando puntualmente portate, velocità e tiranti idrici, nei diversi istanti della simulazione;
2. il secondo è invece un modello bidimensionale costituito da una mesh di elementi che ricostruisce l’andamento del terreno a “piano campagna” ed ha lo scopo di simulare la propagazione delle acque esondate sul terreno; il sistema bidimensionale si attiva, infatti, una volta che il livello dell’acqua all’interno del modello monodimensionale supera la quota del terreno in corrispondenza dei pozzetti o di una delle sponde del fiume, ossia quando l’acqua, non riuscendo ad essere smaltita dalla fognatura o dall’alveo del corso d’acqua, comincia ad esondare sul terreno; il passaggio dal modello monodimensionale a quello bidimensionale avviene tramite i nodi che rappresentano i pozzetti o le polilinee rappresentanti le sponde dell’alveo. Il software è poi in grado di calcolarne il deflusso bidimensionale all’interno del reticolo di elementi triangolari considerando la pendenza del terreno, la scabrezza del fondo e la presenza di ostacoli (muri insormontabili, edifici, muri sormontabili etc). È infatti 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 utilizzato dal software Infoworks ICM si basa sulle ben note equazioni delle acque basse (Shallow Water Equations, acronimo SWE); tali

equazioni, cioè la versione a profondità media delle equazioni di Navier-Stokes, sono utilizzate per la rappresentazione matematica dei flussi 2D. Va rilevato infine che i due sistemi sono bidirezionali, pertanto, a seconda dell'andamento del terreno e dei livelli idrici, l'acqua esondata in una sezione può rientrare in fognatura o nel fiume.

Questo metodo per la determinazione delle aree soggette a rischio esondazioni rappresenta sicuramente un passo in avanti importante rispetto al metodo tradizionale di perimetrazione delle aree allagabili basato sul semplice confronto tra la quota dell'acqua calcolata in una certa sezione ed il livello del terreno circostanti, tuttavia va rivelato che, inevitabilmente, anch'esso è soggetto a limiti legati principalmente alla qualità ed al dettaglio dei dati plano-altimetrici a disposizione per la creazione del modello bidimensionale.

Come detto, infatti, la costruzione del dominio di flusso 2D si basa su un modello digitale del terreno (DTM), pertanto è soggetto alla precisione di rilevazione e può essere affetto da errori locali dovuti a misure puntuali "incoerenti".

Un altro elemento da considerare è la presenza di ostacoli locali, quali muri di confine di proprietà, terrapieni o rialzi etc. che possono modificare puntualmente le quote del terreno creando delle barriere reali al flusso che, però, non possono essere per ovvie ragioni "visti" ad una scala comunale quale quella del presente Studio.

I risultati ottenuti devono essere pertanto valutati alla scala per cui sono stati creati e non possono avere valore puntuale; lo scopo, pertanto, non può essere quello di determinare con esattezza i limiti delle zone allagabili, ma di definire delle fasce di pericolosità legate ai tempi di ritorno degli eventi con cui sono state calcolate.

Solo in alcuni casi specifici, quando la morfologia locale può condurre a modifiche macroscopiche al deflusso superficiale delle piene, sono stati considerati gli elementi puntuali presenti sul territorio. È questo il caso di via Molina, in cui sono stati introdotti nella simulazione l'alveo della roggia Violina e dei muri di recinzione presenti lungo la via, che di fatto impediscono la propagazione degli allagamenti verso ovest.

### 3.3.2 Modellazione di elementi puntuali (soglie di sfioro, paratoie, vasche etc.)

Per quanto concerne elementi particolari quali soglie di sfioro, paratoie, leaping weir etc. Infoworks utilizza le classiche leggi idrauliche che vengono qui di seguito riportate:

- Soglia di sfioro a larga soglia

La legge di efflusso dipende dalle condizioni al contorno di valle:

nel caso la quota dell'acqua a valle della soglia sia inferiore a quella della soglia stessa, il deflusso è indipendente dalle condizioni di valle e, pertanto, vale l'equazione:

$$Q = \mu \cdot L \cdot h_m \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_m} \quad (1)$$

dove:

Q = portata sfiorata

$\mu$  = coefficiente di efflusso, assunto pari a 0.385 come indicato in letteratura per sfioratori a larga soglia<sup>1</sup>

$L$  = larghezza della soglia di sfioro

$h_m$  = altezza dell'acqua di monte rispetto alla soglia

$g$  = accelerazione di gravità

nel caso invece di soglia rigurgitata da valle, l'equazione diventa la seguente:

$$Q = \mu \cdot L \cdot h_m \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_m - h_v)} \quad (2)$$

dove:

$h_v$  = altezza dell'acqua di valle rispetto alla soglia

- Sfioratore con salto di fondo (Leaping Weir)

Il salto di fondo viene schematizzato come una luce di fondo:

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_m} \quad (3)$$

$Q$  = portata in uscita dalla luce di fondo

$\mu$  = coefficiente di efflusso, assunto pari a 0.6

$A$  = area della luce di passaggio

$h_m$  = altezza dell'acqua di monte rispetto al baricentro della luce

$g$  = accelerazione di gravità

- Paratoia

Anche la paratoia viene assimilata ad una luce a battente, pertanto la formula è molto simile alla (3), ma varia a seconda delle condizioni di valle:

se l'efflusso non è influenzato dal livello di valle:

$$Q = C_c \cdot C_v \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_m} \quad (4)$$

<sup>1</sup> Citrini Nosedà "Idraulica" – Casa editrice Ambrosiana Milano

- Q = portata in uscita dalla paratoia
- $C_v$  = coeff. di correzione della velocità d'efflusso nella sezione contratta = 0.95<sup>2</sup>
- $C_c$  = coefficiente di contrazione rispetto all'apertura della paratoia = 0.61
- a = apertura della paratoia
- b = larghezza della paratoia
- $h_m$  = altezza dell'acqua di monte rispetto alla soglia
- g = accelerazione di gravità

se l'efflusso è rigurgitato da valle la portata dipende dalla differenza di carico tra monte e valle:

$$Q = C_c \cdot C_v \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_m - h_v)} \quad (5)$$

dove:

- $h_v$  = altezza dell'acqua di valle rispetto alla soglia
- $C_v$  = coeff. di correzione della velocità d'efflusso nella sezione contratta = 0.99<sup>3</sup>

- Vasche

Le vasche sono elementi puntuali rappresentati nel modello da un nodo "storage" le cui caratteristiche dimensionali sono riportate in una tabella "livelli/area".

Nella rappresentazione delle vasche volano, ad esempio nella fase di definizione degli interventi strutturali, il collegamento della rete fognaria con il nodo "storage" è realizzato mediante una soglia di sfioro (weir) che permette il riempimento della vasca solo al raggiungimento di una determinata portata. Per aumentare l'effetto di laminazione, a volte, viene inserite una paratoia di regolazione (sluice) sul condotto di valle.

---

<sup>2</sup> Il valore del coefficiente  $C_v$  dipende dal rapporto  $\frac{h_m}{a}$  secondo la relazione:

$$\sqrt{1 + \frac{C_c \cdot a}{h_m}}$$

per i valori di altezza d'acqua ed apertura della paratoia normalmente in uso tale coefficiente può essere assunto pari a 0.95.

<sup>3</sup> In questo caso  $C_v$  ha la seguente espressione:

$$\sqrt{1 - \left(\frac{C_c \cdot a}{h_m}\right)^2}$$

e per i valori di altezza d'acqua ed apertura della paratoia normalmente in uso vale 0.99.



Figura 1 Schematizzazione vasca volano in Infoworks ICM

- Laminazioni in linea

La laminazione in linea (supertubo) è un elemento lineare rappresentato da un condotto (link) di grandi dimensioni il cui effetto di laminazione viene amplificato inserendo una paratoia di regolazione (sluice) a valle del tratto.



Figura 2 Schematizzazione laminazione in linea (supertubo) in Infoworks ICM

### 3.4 Rete fognaria

#### 3.4.1 Attività di rilievo

Il rilievo della fognatura del comune di Vignate, eseguito dai tecnici dell'Ufficio Rilievi di CAP Holding spa, è stato effettuato

nel marzo 2013.

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

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

### 3.4.2 Sistema di drenaggio intercomunale

La rete di fognatura di Vignate convoglia le acque raccolte nel collettore intercomunale che raccoglie gli scarichi fognari dei territori comunali attraversati facendoli confluire all'impianto di depurazione n.57 di Truccazzano (Strada Provinciale della Cerca). Per il depuratore di Truccazzano si stima una percentuale media di acque parassite del 49% per l'intero agglomerato.

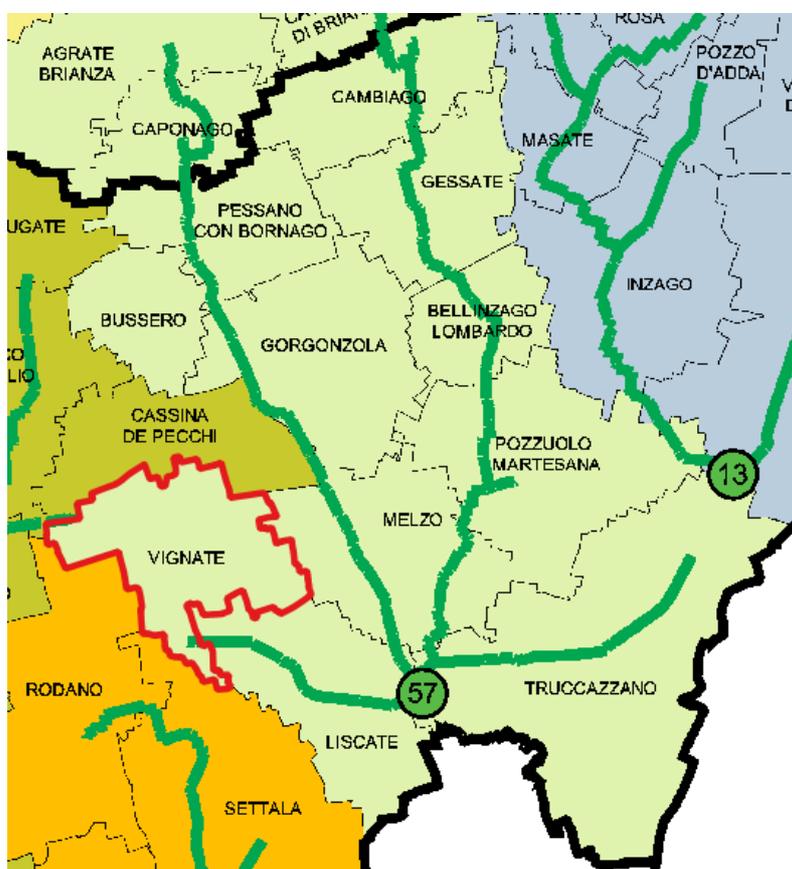


Figura 3 – Macrobacino di afferenza del comune di Vignate

### 3.4.3 Fognatura comunale

La rete fognaria del comune di Vignate risulta prevalentemente mista e si dirama per una lunghezza complessiva di 34.465 m. Le tipologie di reti fognarie riscontrate sono le seguenti (SIT CAP 2021):

- di tipo mista per il 62 % del totale;
- adibita alla raccolta delle acque meteoriche per il 26,9 % del totale;
- adibita alla raccolta delle acque nere per il 10,7 % del totale;
- adibita ad altre funzioni (sfioro, scarico da depuratore) per lo 0,3 % del totale;

Ad essa vanno aggiunti i tracciati dei collettori consortili per un totale di 203 m.

Sono presenti:

- N. sfioratori: 6
- N. stazioni di sollevamento: 2.
- N. Vasche volano/laminazione: 0;
- N. di caditoie: 2204;
- N. di pozzi perdenti: 132;
- N. tubi drenanti: 20;
- N. trincee drenanti: 7

Nelle seguenti tabella sono riportati i dati degli sfioratori e delle stazioni di sollevamento.

Tabella 1 - Sfioratori

SFIORATORI			
Node ID	x (m)	y (m)	Ubicazione
847	529288.5	5037717	via Monzese
918	528922.2	5037487	via XXV aprile
1143	529310.3	5037555	via Monzese
1156	529302.3	5037145	SP161
1254	529514	5036889	SP161
1342	529643.1	5036609	via Emilia

Tabella 2 - Stazioni di sollevamento

STAZIONI DI SOLLEVAMENTO			
Node ID	x (m)	y (m)	Ubicazione
1222	527931.32	5039018.28	via Antica di Cassano
1268	528942.58	503779.425	via Aldo Moro

Nella seguente tabella sono riportati i punti di scarico relativi agli sfioratori e il ricettore corrispondente

Tabella 3 - Scarichi

SCARICHI						
Node ID	X (m)	Y (m)	Node ID SFIORATORE	RICETTORE	TIPOLOGIA	ENTE COMPETENTE
920	528928.9	5037429.7	918	ROGGIA BUSCA (LIBERA SERBELLONI)	RIB	CONSORZIO ETV
1044	529294	5037707.7	847	FONTANILE VEDANO	RIM	COMUNE

SCARICHI						
Node ID	X (m)	Y (m)	Node ID SFIORATORE	RICETTORE	TIPOLOGIA	ENTE COMPETENTE
1144	529299.6	5037549.6	1143	FONTANILE VEDANO	RIM	COMUNE
1218	529289.3	5037142.7	1156	FONTANILE VEDANO	RIM	COMUNE
1293	529520.9	5036889.6	1254	ROGGIA VIOLINA	RIB	CONSORZIO ETV
1331	529643.9	5036609.2	1342	ROGGIA VIOLINA	RIB	CONSORZIO ETV



Figura 4 - Web Gis Cap - Rete fognaria di Vignate (sono riportati in verde gli sfioratori, in rosso le stazioni di sollevamento, in giallo gli scarichi da sfioratori, in azzurro gli scarichi da rete meteorica, in bianco i pozzi perdenti)

#### 3.4.4 Bacini di raccolta

Il territorio del comune di Vignate è stato suddiviso in sei bacini di raccolta principale, come mostrato di seguito.

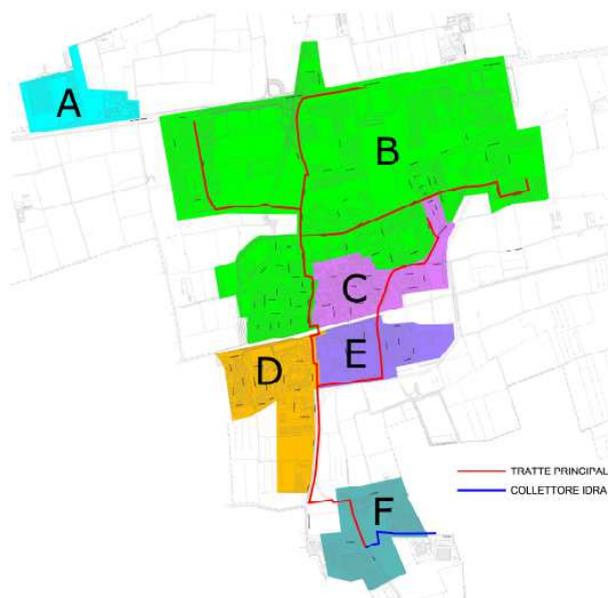


Figura 5 - Bacini di raccolta

In particolare:

- Il **bacino di raccolta A** raccoglie le acque reflue dell'area industriale situata a nord-ovest della S.P. 103 Cassanese. Le acque reflue del bacino sono raccolte e convogliate nel collettore intercomunale situato al confine con il territorio comunale di Cassina de Pecchi per mezzo di una condotta che raccoglie le acque reflue dei capannoni situati sulla S.P. 103 Cassanese e percorre i campi a est di via Camporicco per immettersi nella cameretta d'ispezione n.1199.
- Il **bacino di raccolta B** raccoglie le acque reflue di tutta la zona industriale a sud della S.P. 103 Cassanese e della zona residenziale a nord del passante ferroviario delimitata a est da via Manzoni e a sud dal centro storico del Paese e delle zone di più recente realizzazione a sud di via Circonvallazione. Le acque reflue del bacino sono raccolte e convogliate nel collettore intercomunale tramite una condotta principale; in quest'ultima si innestano due condotte secondarie che formano due sottobacini, il sottobacino B1 dal ramo ovest e il sottobacino B2 dal ramo est.

La condotta *principale* parte dalla cameretta d'ispezione n.1233 situata sulla S.P. 103 Cassanese e percorre via Galilei e via Manzoni. La condotta *ovest* parte dalla cameretta n.95 di via Toscana e percorre quest'ultima sino ad attraversare i campi agricoli a ovest di via Galileo Galilei, in questa condotta confluiscono tutti gli scarichi delle vie che la intersecano. Il punto di confluenza nella condotta principale è in corrispondenza della cameretta d'ispezione n.53 di via Galilei. La condotta *est* parte dalla cameretta n.296 di via del Lavoro e percorre tutta via Fermi. Il punto di confluenza del ramo est nella condotta principale è in corrispondenza della cameretta d'ispezione n.123 di via Galileo Galilei.

- Il **bacino di raccolta C** raccoglie le acque reflue del centro storico del paese delimitato a ovest da via Manzoni, a Nord da via Volta e Via Circonvallazione e a sud dal passante ferroviario, comprende anche il quartiere residenziale di via Gieres. Le acque reflue del bacino sono raccolte e convogliate nel collettore intercomunale

tramite una condotta principale che attraversa il bacino E per poi immettersi nella condotta principale proveniente dai bacini B e D. La condotta principale del bacino C ha origine nella cameretta n.690 situata in via Nenni, percorre tutta via Circonvallazione.

- Il **bacino di raccolta D** raccoglie le acque reflue della porzione di territorio a sud del passante ferroviario delimitato a est da via Monzese. Le acque reflue del bacino sono raccolte e convogliate nel collettore intercomunale per mezzo della condotta principale proveniente dal bacino B a nord del passante ferroviario, e parte dopo l'attraversamento della ferrovia dalla cameretta d'ispezione n.836 di via Trenzanesio, percorre via Monzese e la S.P.161.
- Il **bacino di raccolta E** raccoglie le acque reflue della zona residenziale a sud del passante ferroviario delimitato a ovest da via Monzese. Le acque reflue del bacino di raccolta E sono raccolte e convogliate nel collettore intercomunale per mezzo della condotta principale proveniente dal bacino C a nord del passante ferroviario, e parte dopo l'attraversamento della ferrovia dalla cameretta d'ispezione n.1059 di via Buozi, costeggia il Fontanile Masnadora e la strada provinciale 161. La condotta che raccoglie le acque reflue dei bacini C ed E si innesta nella condotta principale che raccoglie gli scarichi dei bacini B e D diretti al collettore intercomunale. Il punto di confluenza delle due condotte è in corrispondenza della cameretta d'ispezione n.1139 di via Monzese.
- Il **bacino di raccolta F** raccoglie le acque reflue della piccola frazione di San Pedrino, e dei capannoni attorno alla S.P.14 Rivoltana e alla via Emilia e si innestano direttamente nel collettore intercomunale. Le tubazioni e le tratte principali di questo bacino sono state oggetto di interventi recenti di rifacimento a causa delle interferenze delle tratte in oggetto con la realizzazione della Bre.Be.Mi..

#### 3.4.5 *Modello matematico della rete fognaria in input*

La rete fognaria di Vignate è stata modellata a partire dal modello realizzato da CAP Holding, tramite l'impiego di circa 1343 nodi, 1310 condotti e 825 sottobacini.

La costruzione del modello effettuata da CAP Holding 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, l'altezza del sedimento depositato nei condotti (ottenuti dal rilievo geometrico) e il materiale dei condotti con la relativa scabrezza.
- 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 delle abitazioni civili, cortili, ferrovie e aree verdi.
- Inserimento dei dati di popolazione: per quanto riguarda gli abitanti residenti, fluttuanti ed equivalenti produttivi si sono assunti i valori indicati nel Piano d'Ambito, corrispondenti a 10'866.

### 3.5 Fontanile Vedano

Per i motivi riportati nel capitolo 2 della presente relazione, il modello della rete fognaria effettuato per il presente Studio è stato completato inserendo il F.le Vedano, dalla sua testa fino all'attraversamento della strada provinciale SP14, in prossimità del confine meridionale del comune.

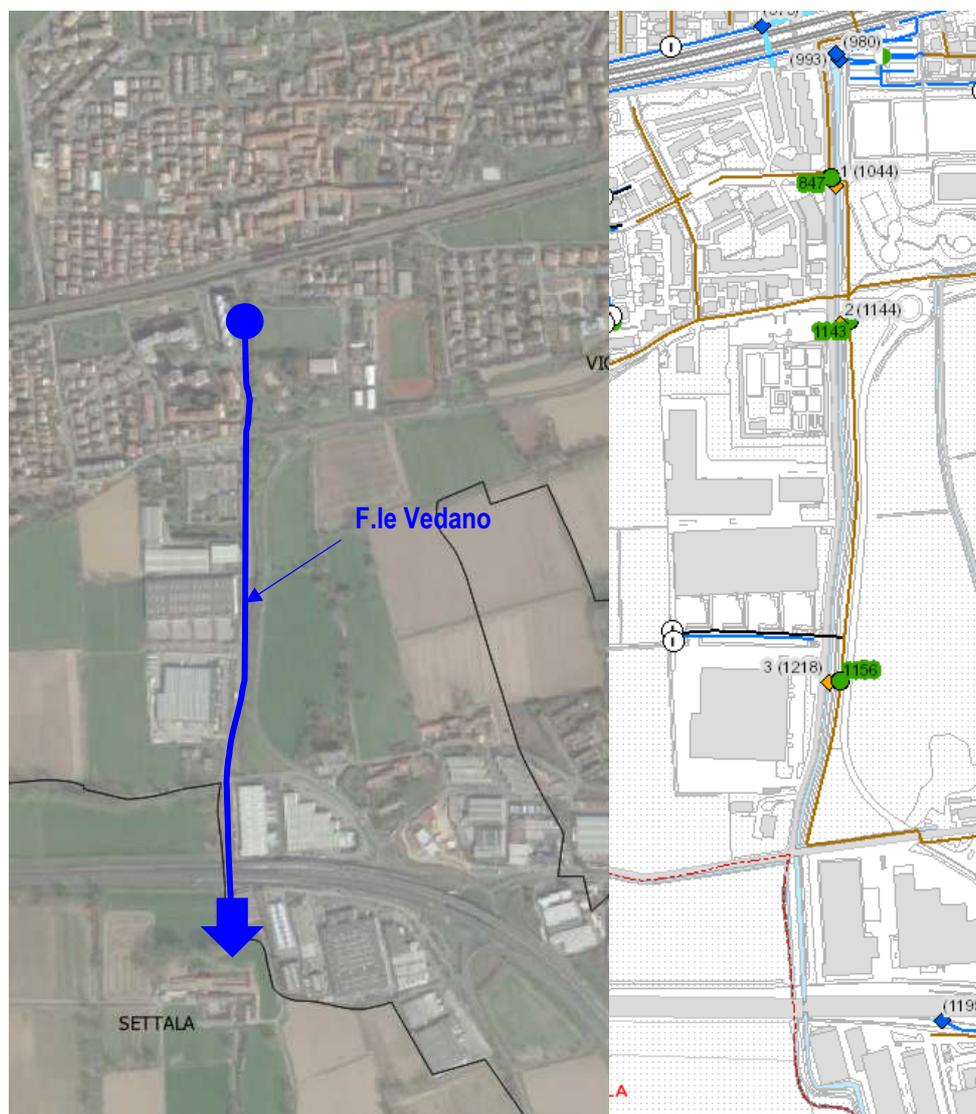


Figura 6 -Asta del F.le Vedano modellata nel presente Studio

### 3.5.1 Dati disponibili e attività di rilievo

Come già riportato nel capitolo 2, il comune ha fornito agli scriventi il progetto esecutivo Di.Fo.In.Fo, riguardante le opere di sistemazione del F.le Vedano, che contiene alcune sezioni trasversali dell'asta. Tali sezioni, utilizzate per la costruzione del modello del corso d'acqua, sono state integrate da un rilievo ad hoc, effettuato dagli scriventi in data 29/09/2021, con particolare attenzione ai ponti e alle intubazioni.

### 3.5.2 Geometria dell'asta

La testa del F.le Vedano è collocata subito a sud della ferrovia, all'angolo tra via IV Novembre e via Monzese. L'asta, che si sviluppa da nord verso sud, è caratterizzata da una sezione trapezia in terra pressoché inalterata lungo il suo sviluppo, frammentata da alcune tombinature in corrispondenza degli attraversamenti stradali. Sono inoltre presenti ponti pedonali fuori terra che però non modificano la geometria del corso d'acqua.

Di seguito si riporta uno stralcio del progetto Di.Fo.In.Fo in cui sono contenute alcune sezioni trasversali del corso d'acqua.

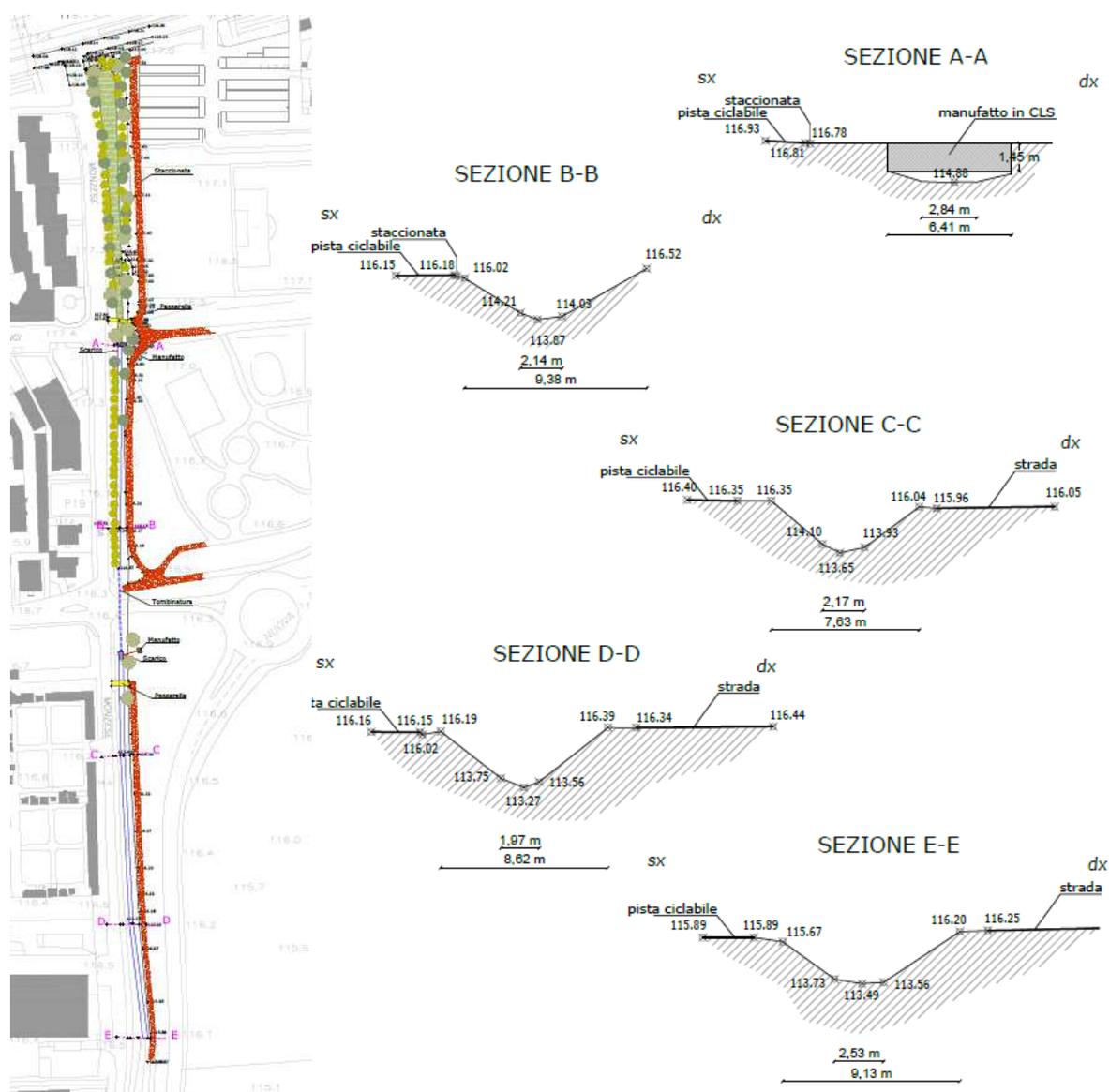


Figura 7 – Stralcio progetto Di.Fo.In.Fo

La definizione della geometria dell'alveo è stata integrata dalle seguenti sezioni trasversali ricavate dal rilievo effettuato dagli scriventi.



Figura 8- Attraversamento via Raffaello Sanzio



Figura 9 – Attraversamento via Vecchia Rivoltana



Figura 10 – Attraversamento strada provinciale SP14

### 3.5.3 Bacini di raccolta

Il F.le Vedano, attualmente inattivo, sarà riattivato mediante una pompa idrovora da 6 l/sec; non riceve acque da bacini naturali ma è alimentato esclusivamente dagli scarichi degli sfioratori della rete fognaria comunale, in tempo di pioggia.

### 3.6 Modello digitale del terreno e costruzione della mesh di calcolo

La generazione della mesh tridimensionale per la simulazione delle esondazioni superficiali necessita della creazione di un modello digitale del terreno (DTM) che definisca la quota del terreno in ogni punto del dominio da simulare.

L'obiettivo è quello di creare un modello del terreno che contenga le informazioni più dettagliate e coerenti, a partire dai dati a disposizione.

Il comune di Vignate non è coperto da rilievo LIDAR (1x1 m) per cui si è fatto riferimento al DTM 5x5 m fornito dal Geoportale della Regione Lombardia.

Appurata la presenza di incongruenze non trascurabili tra le quote del terreno dei chiusini rilevate nell'ambito della costruzione del modello idraulico della fognatura e le quote del DTM 5x5 m, si è creato allora un unico modello del terreno composto, utilizzando i software QGIS ed Infoworks ICM, così facendo:

- nella parte urbana, in cui è presente la rete fognaria, si è costruito il DTM a partire dalle quote del terreno dei pozzetti;
- nella restante parte si è considerato il DTM 5x5m.

Tuttavia, ritagliando lungo il confine esterno della rete fognaria il DTM creato a partire dalle quote del terreno dei pozzetti e congiungendo all'esterno il DTM 5x5m, si crea un brusco salto di quota che non ha nessun riscontro nella realtà e che potrebbe comportare un ostacolo alla libera propagazione degli allagamenti nel modello idrodinamico.



Figura 11 – Curve di livello DTM composto, caratterizzato da un brusco salto di quota

Per ovviare a questo problema, si è optato per un escamotage modellistico “bucando” il DTM 5x5 m con un rettangolo avente i lati sufficientemente distanti dai pozzetti in modo da creare un’interpolazione tra i due DTM più dolce ed eliminare così la suddetta discontinuità puntuale.

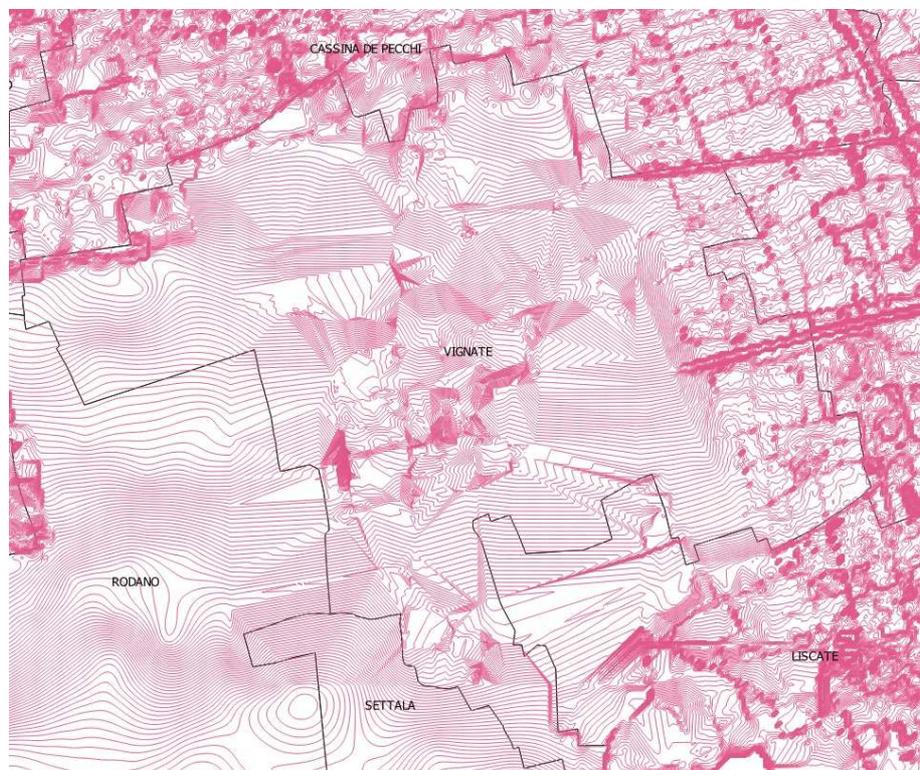


Figura 12 - Curve di livello DTM composto, utilizzato nel modello, in cui è stato eliminato il brusco salto di quota

Dal dato cartografico di base così ottenuto (DTM ricostruito in precedenza) è stata ricostruita in Infoworks ICM la mesh o maglia di calcolo, definita da elementi triangolari di cui è possibile definire l’area massima e minima. Qui sotto sono riportate le caratteristiche principali di costruzione della mesh.

2D zone Object Properties	
<input checked="" type="checkbox"/> Polygon definition	
ID	VIGNATE
Area (ha)	2439.907 #D
Maximum triangle area (m2)	250.000
Minimum element area (m2)	25.000 #D
Mesh generation	Clip meshing
Boundary points	Normal condition
Terrain-sensitive meshing	<input checked="" type="checkbox"/>
Maximum height variation (m)	1.000 #D
Minimum angle (degree)	25.00 #D
Roughness (Manning's n)	0.0330
Apply rainfall etc directly to mesh	<input type="checkbox"/>
Apply rainfall etc	everywhere #D
Rainfall profile	1 #D
Infiltration surface	#D
Turbulence model	#D
Rainfall percentage	100.000 #D
Mesh summary	----
Mesh data	----

Figura 13 - Caratteristiche della maglia 2D

Come si osserva nella Figura 13:

- la mesh è stata costruita in modo “Terrain sensitive”, ovvero la maglia di calcolo si infittisce automaticamente dove il DTM presenta brusche variazioni altimetriche in spazi planimetrici relativamente ridotti;
- la scabrezza di Manning assegnata agli elementi della mesh è pari a  $n=0.033$ , che corrisponde ad un valore di scabrezza di Strickler  $K_s$  di circa  $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ , solitamente utilizzato per zone vegetate.

Infine, per completare ed affinare la costruzione della mesh 2D:

- sono stati esclusi dalla triangolazione tutti gli edifici presenti nel territorio comunale che effettivamente rappresentano un ostacolo alla propagazione del flusso;
- sono stati generati dei poligoni di scabrezza (“roughness zones”) in corrispondenza delle strade, ai quali è stata assegnata una diversa scabrezza rispetto a quella degli elementi su area verde. In particolare, la scabrezza di Manning delle roughness zones è stata posta pari a  $n=0.0143$ , corrispondente ad un valore di scabrezza di Strickler  $K_s$  di  $70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ , tipica di calcestruzzo e asfalto;
- le sponde degli elementi del reticolo sono state direttamente connesse alla maglia 2D, in modo che le esondazioni fluviali si propagano anch’esse in modo bidimensionale all’interno della mesh;
- sono stati aggiunti degli elementi “muro”, ovvero delle barriere lineari insormontabili, per simulare i muri lungo la ferrovia.



Figura 14 - Estratto della mesh definita in Infoworks ICM

### 3.7 Eventi meteorici di riferimento

#### 3.7.1 *Curva di possibilità pluviometrica*

La tecnica idrologica abituale fornisce per le curve di possibilità climatica l'espressione di tipo monomio:

$$h = at^n$$

dove:

h = altezza di pioggia espressa in mm.

t = durata della pioggia espressa in ore

a, n = sono parametri che dipendono dal tempo di ritorno dell'evento T

Il riferimento per l'informazione pluviometrica da utilizzare nello sviluppo degli studi previsti dal RR 7/2017, secondo l'allegato G dello stesso decreto, sono le Linee Segnatrici di Possibilità Pluviometrica ricavate da ARPA Lombardia nell'ambito del progetto STRADA [AAVV (2013), "Il monitoraggio degli eventi estremi come strategia di adattamento ai cambiamenti climatici. Le piogge intense e le valanghe in Lombardia", ARPA Lombardia, Milano].

Sul sito di ARPA Lombardia è possibile accedere ai dati raster dei parametri a1 e n della LSPP con risoluzione al suolo di 2 km x 2 km, ricavati secondo il modello probabilistico GEV scala invariante, con stima dei parametri puntuali tramite il metodo degli L-moments ed estrapolazione spaziale dei quantili.

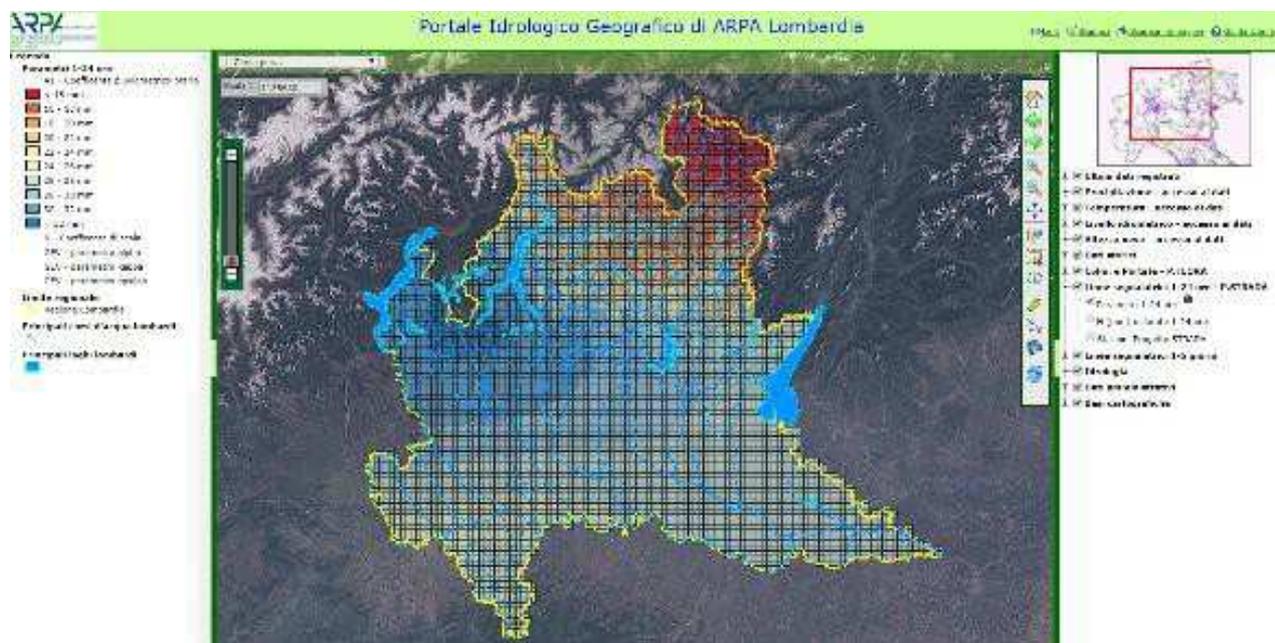


Figura 15 – LSPP progetto strada accessibile dal sito ARPA Lombardia

I valori dei parametri sono stati ricavati tramite media aritmetica dei valori dei parametri associati ai quadranti del grigliato che coprono il territorio comunale. Infatti, data la ridotta variabilità a scala locale, i valori delle altezze di pioggia così calcolati sono pressoché coincidenti, con scostamenti dell'ordine dello 0,1%, con quelli che si otterrebbero ricorrendo alla media pesata sulle aree.

Tabella 4 – Parametri LSPP per eventi superiori all'ora (dati ARPA)

anni	2	5	10	50	100
a	27.676	37.972	45.037	61.316	68.512
n	0.292	0.292	0.292	0.292	0.292

Le curve ottenute sono riportate nella seguente figura:

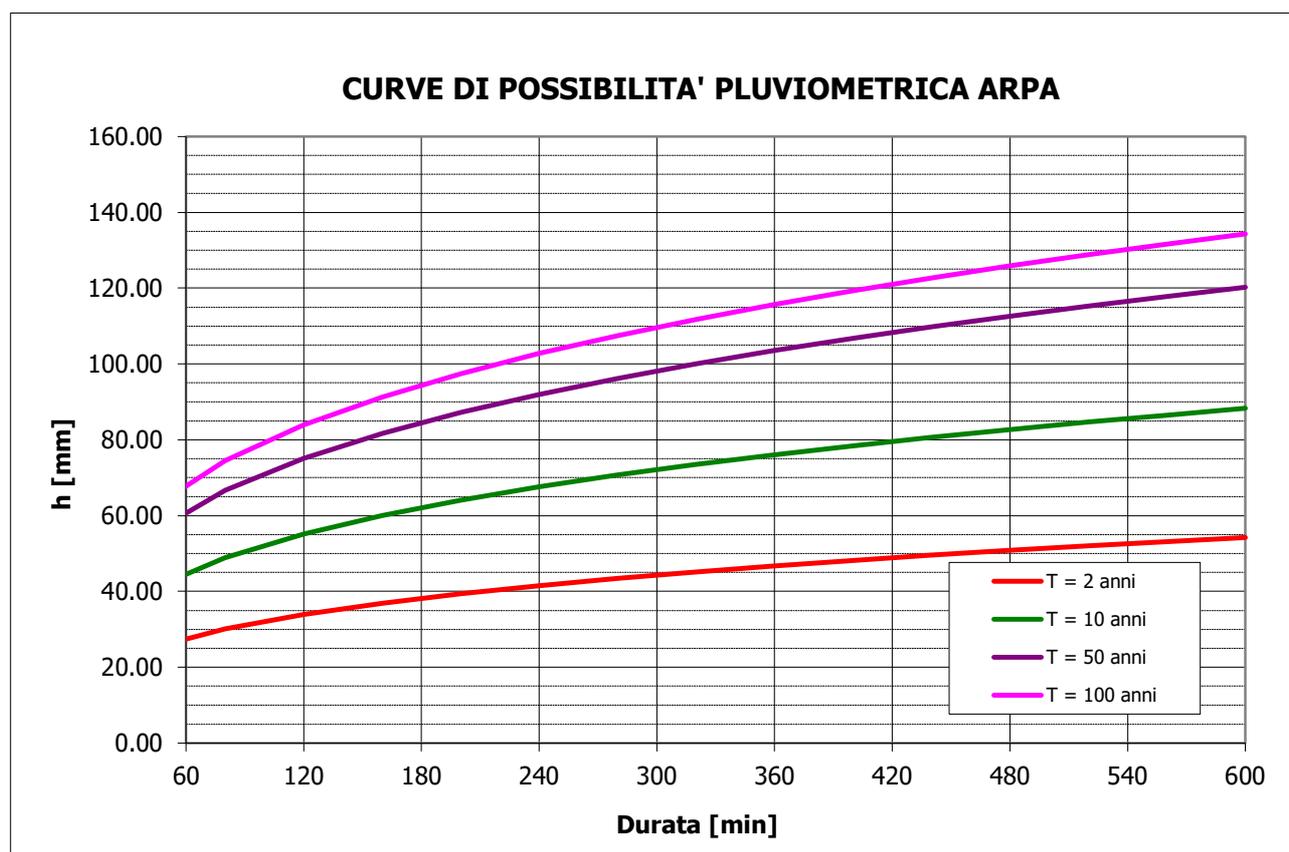


Figura 16 – Grafico delle LSPP per eventi superiori all'ora (dati ARPA)

Le curve dell'ARPA si riferiscono a piogge intense con durate superiori all'ora; di conseguenza, in presenza di reti fognarie caratterizzate da un tempo di corrivazione sensibilmente inferiore a un'ora come la rete in oggetto, l'applicazione di queste CPP comporterebbe una sovrastima significativa dell'intensità di pioggia e quindi una sovrastima dei valori di picco e dei volumi di pioggia convogliati in rete.

Partendo quindi dalle curve ricavate da ARPA, come indicato dal Prof C. Ciaponi (Dipartimento di ingegneria Idraulica e Ambientale Università degli Studi di Pavia) in 'Conoscenza ed affidabilità dei sistemi fognari', si prevede di adottare la formulazione di Bell, che considera il fatto che relativamente agli scrosci, il rapporto  $r_d$  tra le altezze  $h_d$  di durata  $d$  molto breve e l'altezza oraria  $h_1$  sono relativamente poco dipendenti dalla località e dal tempo di ritorno.

La procedura fornisce l'altezza di precipitazione tramite la seguente formulazione:

$$\frac{h_{d,T}}{h_{60,T}} = 0.54d^{0.25} - 0.5$$

dove  $h_{d,T}$  è l'altezza di pioggia relativa al tempo di ritorno T-esimo di durata d inferiore all'ora, mentre  $h_{60,T}$  è l'analoga altezza di pioggia associata ad una durata di un'ora.

Per ciascuna durata inferiore all'ora, quindi, si ricava un'altezza di pioggia specifica attraverso la formulazione sopra esposta. Per interpolazione in potenza (tipo  $Y = a X^n$ ) delle suddette altezze, si ricavano pertanto i due parametri a ed n della curva che rappresenta di fatto la CPP relativa allo scroscio inferiore all'ora di un determinato tempo di ritorno.

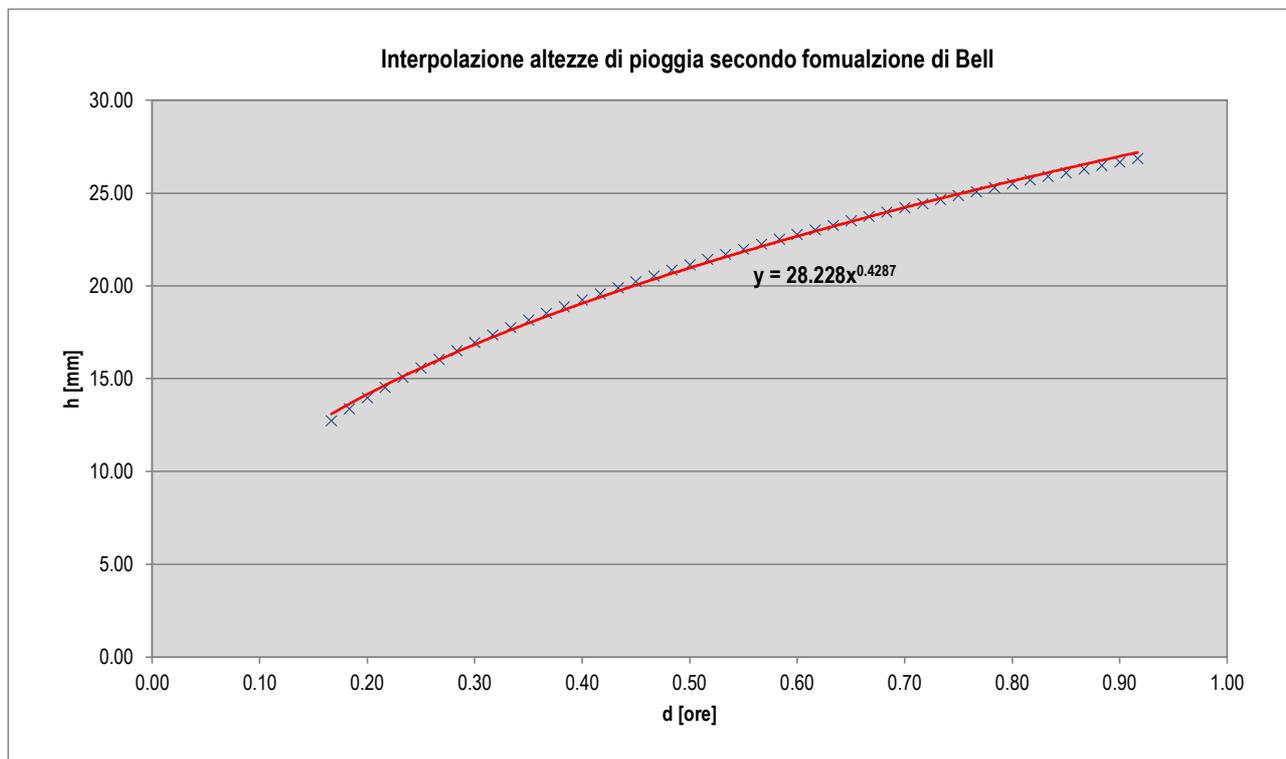


Figura 17 – Interpolazione altezza di pioggia secondo la formulazione di Bell

Tabella 5 - Parametri LSPP per eventi inferiori all'ora (dati ARPA – formulazione BELL))

anni	2	5	10	50	100
a	28.228	38.729	45.936	62.539	69.878
n	0.429	0.429	0.429	0.429	0.429

Le curve ottenute sono riportate nella seguente figura:

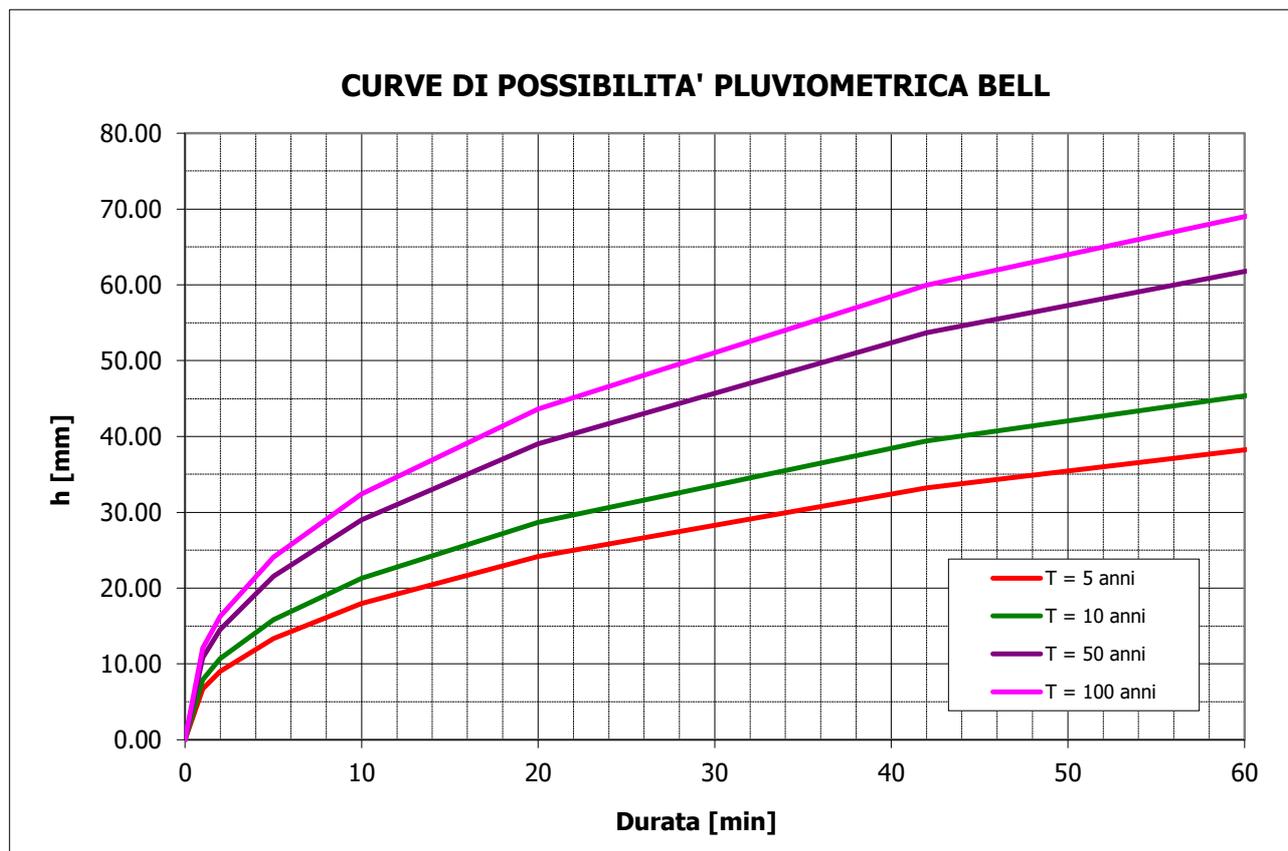


Figura 18 - Grafico delle LSPP per eventi inferiori all'ora (dati ARPA – formulazione Bell)

Si tenga presente che le analisi sopra riportate consentono di determinare la pioggia di progetto in un punto dello spazio. A causa dell'elevata variabilità spaziale del fenomeno meteorico, il volume che affluisce complessivamente sopra un bacino di drenaggio risulta tuttavia minore di quello che si otterrebbe distribuendo uniformemente sull'area del bacino stesso l'altezza di precipitazione caduta nel centro di scroscio.

Per questo motivo, si è applicato alle altezze di pioggia calcolate un coefficiente di ragguaglio (fattore di riduzione areale ARF) che tenga in considerazione il fenomeno prima descritto.

Esistono diversi metodi per la valutazione di tale coefficiente, definito in letteratura secondo modalità di calcolo specifico relativo al territorio considerato.

Nel presente studio viene utilizzato il Metodo Italiano che prevede la definizione dell'ARF nel seguente modo:

$$ARF = (1 + \alpha_1 A^{b_1} + \alpha_2 A^{b_2}) D^{\alpha_3} A^{b_3}$$

dove i parametri  $a_i$  e  $b_i$  sono definiti empiricamente (vedi Columbo e Puppini, 1964) per l'area milanese.

Per definire l'ampiezza dell'area del bacino da utilizzare nella formula di ragguaglio spaziale, si assume la somma delle aree dei sottobacini afferenti alla rete.

Considerando le dimensioni del bacino idrografico in oggetto, le c.p.p. appena descritte sono state ragguagliate all'area

totale del bacino (A = 155 ha ) utilizzando le formule di Columbo:

$$a_r = a(1 - 0,06A^{0,4})$$

$$n_r = n + 0,003A^{0,6}$$

dove A è l'area totale del bacino espressa in Km<sup>2</sup>.

I valori di a e n delle curve utilizzate nei calcoli, ragguagliati all'area risultano pertanto i seguenti:

Tabella 6 - Parametri LSPP (dati ARPA – formulazione BELL- ragguaglio Columbo))

anni	2	5	10	50	100
a1 (t< 1h)	26.21	35.96	42.65	58.07	64.88
n1 (t< 1h)	0.433	0.433	0.433	0.433	0.433
a2 (t> 1h)	25.697	35.256	41.816	56.931	63.612
n2 (t> 1h)	0.296	0.296	0.296	0.296	0.296

Le curve ottenute sono riportate nella seguente figure:

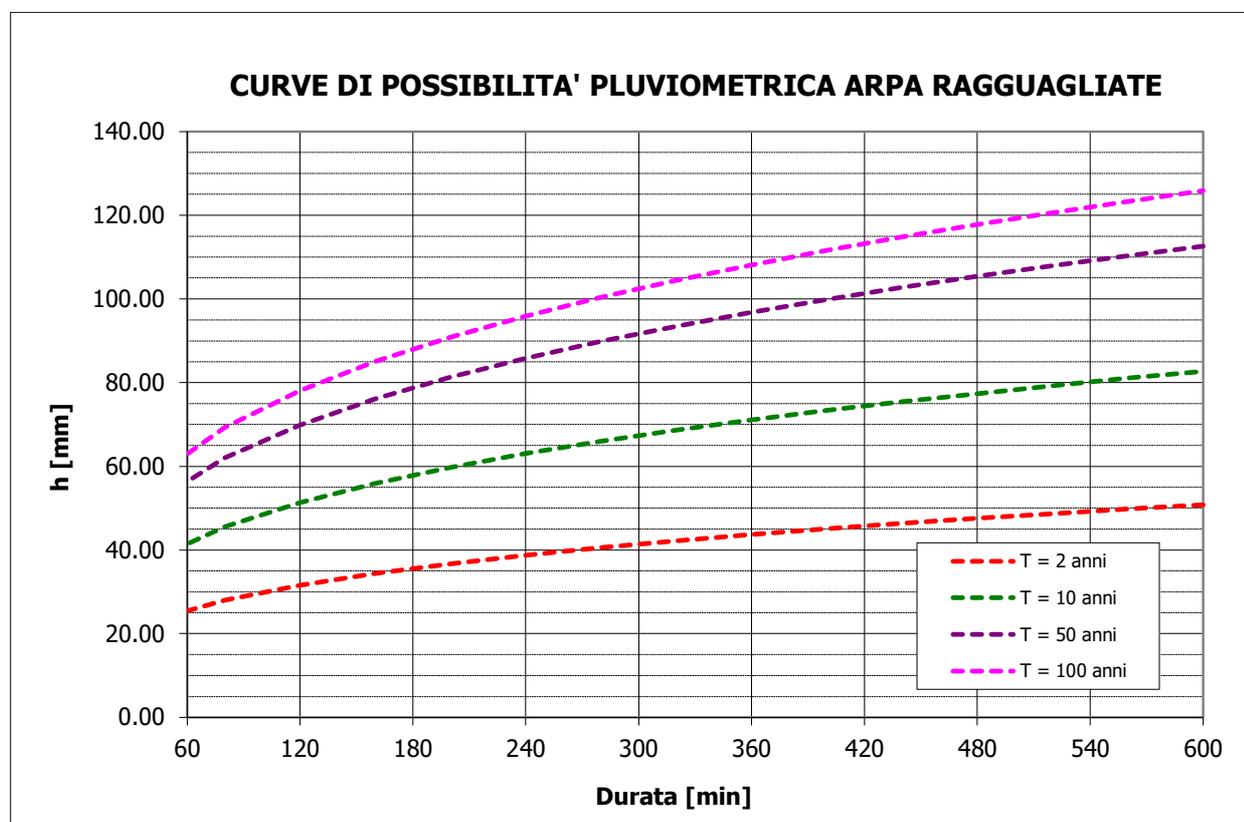


Figura 19 - - Grafico delle LSPP (dati ARPA - ragguaglio Columbo))

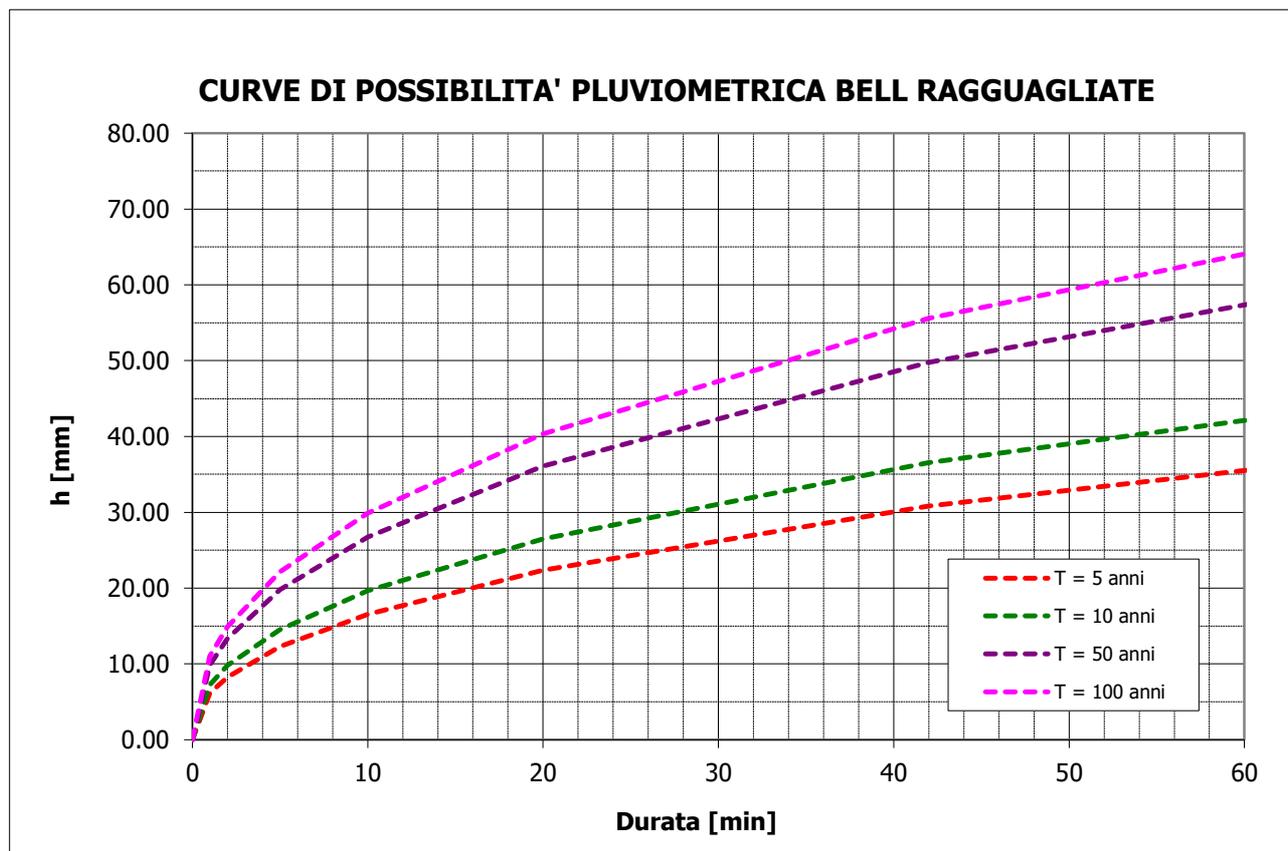


Figura 20 - Grafico delle LSPP (dati ARPA – formulazione BELL- ragguaglio Colombo)

### 3.7.2 Ietogrammi di riferimento

La generazione dell'idrogramma di piena su cui effettuare i dimensionamenti delle opere idrauliche presuppone, nota la curva di possibilità pluviometrica e fissato un tempo di ritorno di progetto, la ricostruzione di uno ietogramma di progetto dalla cui convoluzione con l'idrogramma unitario di piena relativo al bacino scolante in oggetto, si ottiene l'onda di piena col desiderato tempo di ritorno.

Come ietogrammi di riferimento si è scelto di adottare quelli di tipo "Chicago" generati dalle c.p.p. con tempo di ritorno pari a 10, 50 e 100 anni ragguagliate all'area del bacino, come precedentemente descritto, grazie al metodo di Colombo.

I parametri che contraddistinguono questo tipo di ietogrammi sono il tempo di base  $\theta$ , ossia la durata complessiva dell'evento, ed il tempo  $t_r$  a cui si ha il picco di massima intensità.

Lo ietogramma "Chicago" ha la caratteristica, per il modo in cui è costruito, di contenere le piogge critiche per tutte le durate di pioggia inferiori al tempo di base; perciò, lo stesso ietogramma può essere utilizzato, nel dimensionamento di una rete di fognatura, per determinare la massima portata relativa ad ogni sottobacino a patto che si scelga un tempo di base superiore al tempo di corrivazione stimato del bacino.

Inoltre, lo ietogramma Chicago risulta essere poco sensibile alla variazione del tempo di base; infatti, la parte centrale dello ietogramma rimane costante, mentre al crescere della durata di pioggia complessiva si aggiungono due "ali" all'inizio ed alla fine dell'evento.

Il tempo di corrivazione del bacino in oggetto è stimabile in circa 49 min; pertanto, il tempo di base dello ietogramma

Chicago adottato per i calcoli idraulici è stato scelto pari a 55 min.

Per quel che riguarda il tempo di picco  $t_r$ , non avendo indicazioni più precise sulla distribuzione delle intensità di pioggia di brevissima durata, è stato scelto pari a 22 min imponendo, come consigliato dalla letteratura tecnica,  $t_r/\theta = 0.4$ .

Di seguito è riportato, a titolo di esempio, l'istogramma rappresentativo dello ietogramma Chicago per  $T = 10$  anni adottato con intervallo di integrazione pari a 1 minuto. A tal proposito va rilevato che per evitare intensità di pioggia irragionevoli, si è imposto che l'intensità di picco sia pari a quella di una pioggia di durata pari a 5 minuti, ritenendo non fisicamente basate piogge di durata inferiore.

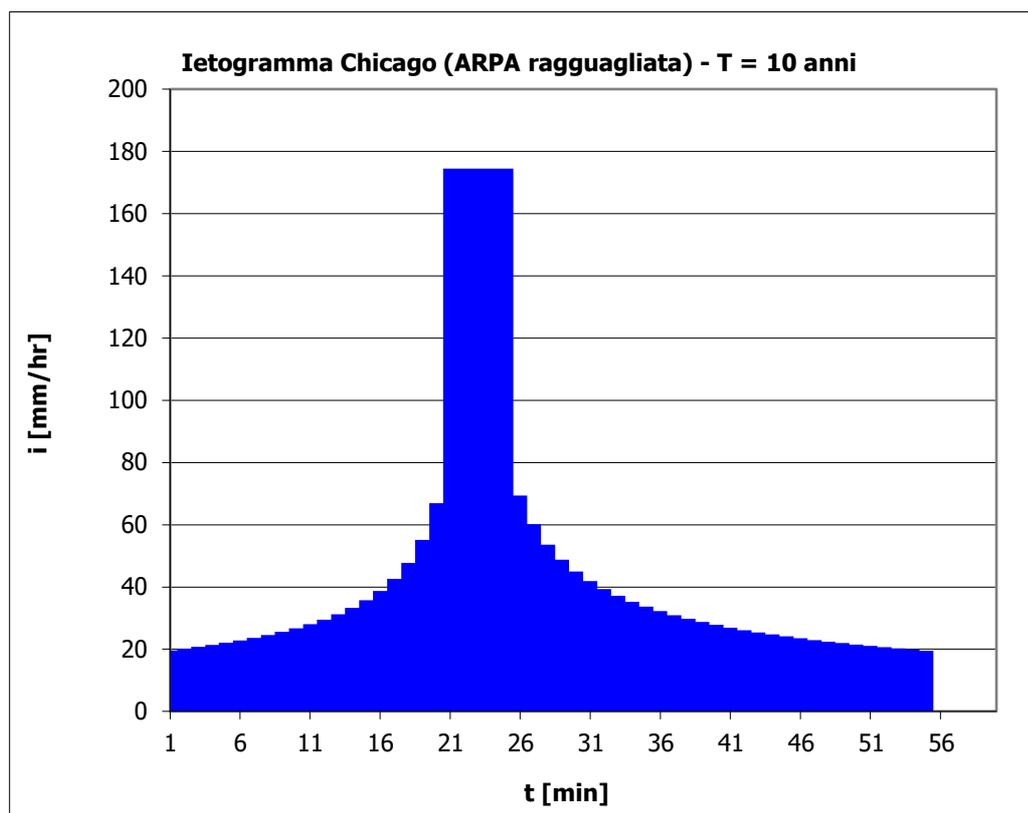


Figura 21 - Ietogramma Chicago - T=10 anni

Benché lo ietogramma di tipo Chicago sia il più adatto per la verifica ed il dimensionamento di reti di fognatura in quanto dà luogo alle massime portate di colmo, esso tende a non essere rappresentativo di problemi in cui il parametro principale da stimare sia il volume totale di pioggia.

Infatti, come detto, tale ietogramma rappresenta una pioggia critica per tutte le durate minori o uguali al tempo di base, ma poiché, nella realtà, un evento che è critico per una durata  $\theta$  non lo è necessariamente per tutte le altre durate, si ha che l'altezza complessiva di pioggia dello ietogramma Chicago è superiore a quella di ciascuno degli eventi reali che risultano critici per le diverse durate. In altre parole, per durate via via crescenti tale ietogramma porta alla determinazione di altezze complessive (e quindi volumi di pioggia) aventi tempi di ritorno crescenti; di conseguenza nel dimensionamento dei bacini di laminazione, dove è fondamentale il volume di pioggia in ingresso piuttosto che la portata, l'utilizzo di questo tipo di ietogramma può portare a pesanti sovradimensionamenti delle opere.

Pertanto, nel caso delle laminazioni (in linea o fuori linea), si è preferito adottare anche gli ietogrammi di tipo costante

sebbene meno rappresentativi dell'andamento temporale dell'evento piovoso reale (in quanto non presenta come il "Chicago" un picco di scroscio), ma comunque validi, determinando la durata critica di pioggia per tentativi.

### 3.8 Stima delle perdite idrologiche

Non tutta la pioggia caduta affluisce alla rete di drenaggio; esistono infatti delle perdite dovute a evapotraspirazione, infiltrazioni ed immagazzinamento dell'acqua nei naturali avvallamenti del terreno.

Il calcolo delle perdite idrologiche è stato effettuato tramite il **metodo percentuale**, assegnando alle diverse superfici omogenee (strade, tetti residenziali, tetti industriali, pertinenze e verde) il valore di coefficiente di afflusso.

La definizione dei coefficienti è stata effettuata mediante taratura del modello, confrontando le portate e livelli misurati dai misuratori installati e quelli ottenuti dal modello sollecitato con le piogge reali registrate dai pluviometri. Tale attività è descritta nel capitolo 4.

### 3.9 Generazione delle portate di piena

Per il calcolo degli idrogrammi di pioggia si è utilizzato il metodo di "Wallingford", che utilizza un modello con "due serbatoi lineari in cascata" per schematizzare la trasformazione in portata di deflusso in rete della pioggia netta depurata delle perdite idrologiche.

La pioggia cade sul bacino scolante e riempie un serbatoio immaginario, in ogni istante parte della pioggia si invasa nel serbatoio e parte esce dal serbatoio per andare nel serbatoio successivo o da questo in rete.

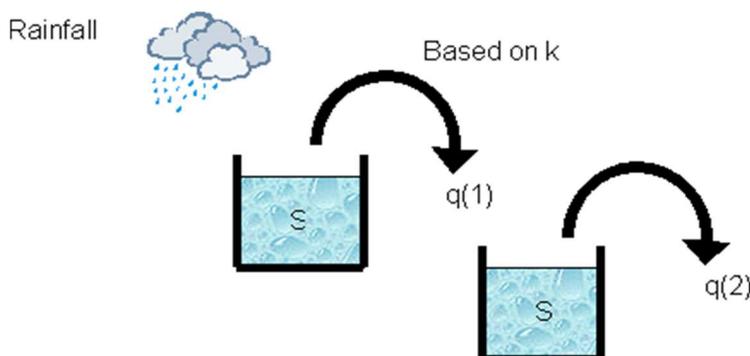


Figura 22 – Modello di "Wallingford"

La relazione che lega la pioggia in ingresso e la portata in uscita da ogni singolo serbatoio è la seguente:

$$S = kq$$

dove:

- S è il volume di pioggia ricadente sulla superficie del bacino
- q il volume che esce dal serbatoio immaginario
- k una costante che si calcola tramite la relazione:

$$k = C[0.5(1 + i_{10})]^{-0.39}$$

C è un parametro legato alle caratteristiche del bacino scolante e si calcola secondo la relazione:

$$C = 0.117 s^{-0.13} A^{0.24}$$

con  $s$  pendenza media del bacino e  $A$  superficie del bacino scolante in  $m^2$ .

Il parametro  $i_{10}$  è l'intensità media di pioggia nei 10 minuti precedenti di precipitazioni.

La combinazione delle due relazioni dei due serbatoi con l'equazione di continuità dà come risultato un'equazione differenziale di secondo grado proposta per la prima volta da Sarginson e Nussey del tipo:

$$k^2 \left( \frac{d^2 q}{dt^2} \right) + 2k \left( \frac{dq}{dt} \right) + q = i_n$$

### 3.10 Popolazione e dotazione idrica

Gli abitanti equivalenti totali sono pari a 10'774 e sono stati forniti assieme al modello da CAP Holding.

Al fine di considerare il massimo apporto proveniente dai contributi di acque reflue, nelle simulazioni idrauliche in tempo di pioggia si è adottata una portata idrica di acque reflue costante e pari al valore di picco, elaborata sulla base della letteratura tecnica, che a seconda della grandezza del centro abitato definisce la dotazione e i coefficienti del giorno di massimo consumo e di punta oraria.

In relazione alla popolazione, la dotazione idrica  $D$  è stata assunta pari a 280 l/abitante \* giorno.

Le perdite di afflusso in fognatura sono state valutate pari al 20%, il coefficiente di punta orario  $C_p$  è stato assunto pari a 1.5 e l'ulteriore coefficiente maggiorativo per il giorno di massimo consumo  $C_g$  pari a 1.5.

In base a tali criteri, indicando con  $P$  la popolazione allacciata ad ogni punto di recapito, le espressioni che conducono alla portata nera media e a quella di punta scaricate in rete sono:

$$Q_{nm} = D \times 0,8 \times \frac{P}{86.400} \quad (\text{lt/sec.})$$

$$Q_{np} = C_g \times C_p \times Q_{nm} \quad (\text{lt/sec.})$$

### 3.11 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno di un modello idrologico-idraulico sono costituite da tutte quelle informazioni ed impostazioni che definiscono lo stato del dominio di calcolo durante gli scenari oggetto delle simulazioni. Le condizioni al contorno possono essere grossolanamente divise in:

- geometriche;
- idrologiche;
- idrauliche.

#### 3.11.1 *Condizioni al contorno geometriche*

Le condizioni di tipo geometrico comprendono tutte le caratteristiche dimensionali della rete di drenaggio e delle opere accessorie oltre alle caratteristiche morfologiche del territorio sulla base del modello digitale del terreno.

#### 3.11.2 *Condizioni al contorno idrologiche*

Le condizioni al contorno di tipo idrologico includono sostanzialmente le grandezze regionalizzate caratterizzanti l'intensità delle piogge che sollecitano l'intero sistema di drenaggio, e in generale tutte le portate defluenti in esso.

### 3.11.3 Condizioni al contorno idrauliche

Le condizioni idrauliche al contorno includono invece le portate in arrivo da monte o le condizioni di livello idrico di valle. In particolare:

- il comune di Vignate risulta essere il comune più a monte fra quelli interconnessi per cui non riceve immissioni di portata dalla rete di altri comuni e/o dal collettore intercomunale;
- lo sfioratore 1254, localizzato a valle della intera rete a meno del bacino F, di fatto costituisce una disconnessione idraulica rispetto al collettore intercomunale in cui si immette la rete di Vignate; non è stata quindi inserita alcuna condizione al contorno;
- una piccola parte della rete, distaccata rispetto alla rete principale, localizzata a nord della strada provinciale 103, è influenzata dalla rete di Cassina de' Pecchi a cui è collegata; non avendo informazioni sui livelli, è stato considerato il moto uniforme;
- per i motivi descritti nel capitolo 2, sono state definite le condizioni al contorno in corrispondenza degli scarichi della rete fognaria nella roggia Violina, secondo la metodologia riportata di seguito.

La rete fognaria presenta n.2 scarichi nella roggia Violina, ai nodi 1293 e 1331, provenienti rispettivamente dagli sfioratori ai nodi 1254 e 1342.

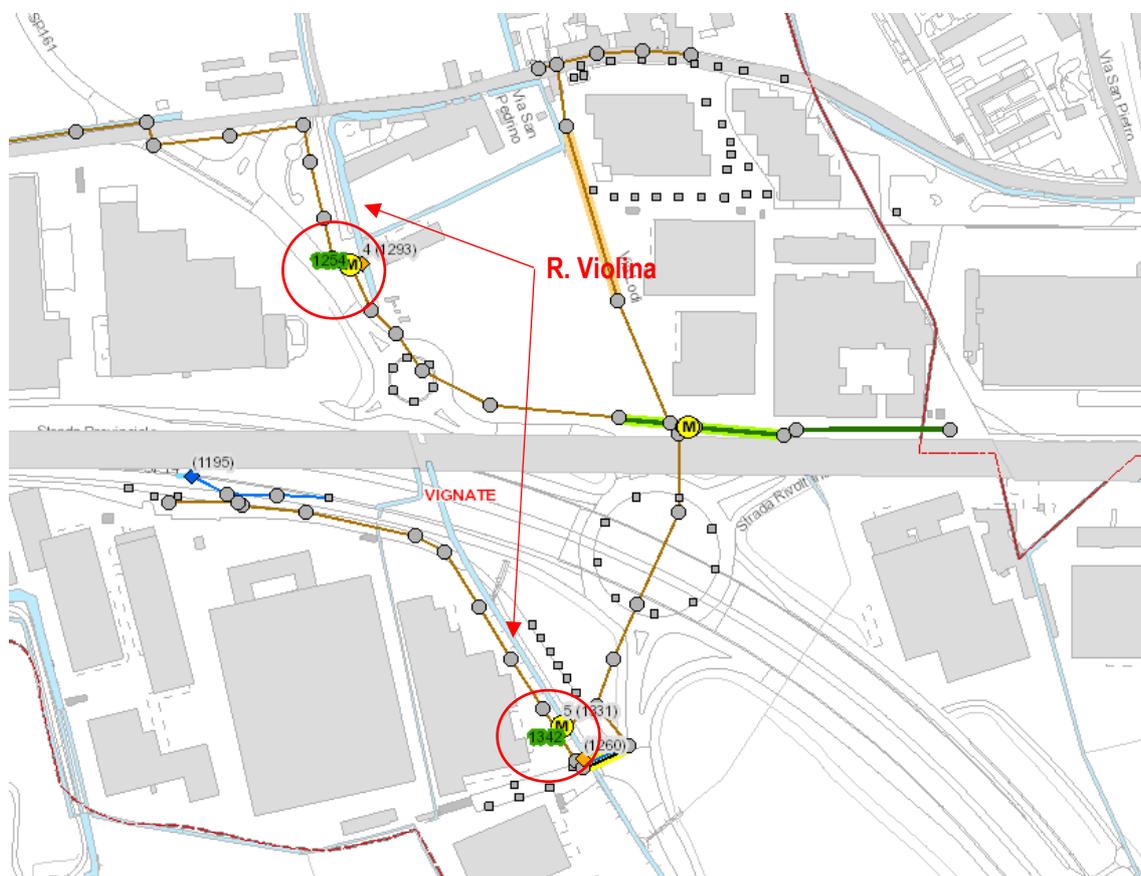


Figura 23 – Scarichi nella roggia Violina (evidenziati dai cerchi rossi)

La roggia Violina non è un corso d'acqua con un bacino naturale proprio ma deriva le acque dal Naviglio della Martesana, a circa un kilometro dal confine comunale; si può quindi presumere che la portata derivata sia sempre costante. Purtroppo, durante il rilievo, effettuato in data 29/09/2021, la roggia è risultata completamente asciutta non potendo quindi verificare l'altezza dell'acqua da utilizzare come condizione al contorno di valle nel modello idrodinamico sviluppato.

La ricostruzione delle condizioni idrauliche al contorno è stata quindi eseguita seguendo le indicazioni contenute nelle seguenti tabelle, estrapolate dalle "Linee guida" di Cap Holding.

Tabella 7 - Casistiche di valutazione della probabilità congiunta

Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
<p>Sono disponibili dati idrologici storici acquisiti contemporaneamente nel ricettore (livelli o portate) e nel sistema di drenaggio (piogge nel bacino, livelli o portate a monte dello scarico nel ricettore) per un periodo di almeno 20 anni o per un numero non inferiore a 30 eventi.</p> <p>I dati consentono di desumere una funzione univoca di probabilità condizionata (statisticamente significativa) tra la magnitudo dell'evento nel sistema drenante e quella del contemporaneo evento nel ricettore</p>	<p>Non sono disponibili dati idrologici utili all'applicazione del teorema della probabilità congiunta.</p> <p>Il corpo idrico ricettore e il sistema di drenaggio presentano tutte le seguenti caratteristiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• dimensioni comparabili;</li> <li>• adiacenza territoriale;</li> <li>• disponibile modelli idrologico-idraulici per il bacino del ricettore</li> </ul>	<p>Non sono disponibili dati idrologici utili all'applicazione del teorema della probabilità congiunta</p> <p>Il corpo idrico ricettore e il sistema di drenaggio <b>NON</b> presentano le caratteristiche del caso 2.</p>	<p>Non sono disponibili dati idrologici utili all'applicazione del teorema della probabilità congiunta</p> <p>Il rapporto tra l'area del bacino del corpo ricettore (calcolata in corrispondenza della sezione di immissione) e l'area del sistema di drenaggio è maggiore 1000</p>

Tabella 8 - Procedure per la definizione delle condizioni idrauliche al contorno associate agli scenari

Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. utilizzo della funzione di probabilità condizionata per ricostruire la probabilità di accadimento nel ricettore data quella nel sistema drenante;</li> <li>2. ricostruzione dell'evento nel ricettore con tale probabilità di accadimento;</li> <li>3. simulazione degli scenari nel sistema di drenaggio e il concomitante evento nel ricettore.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. applicazione dello stesso evento meteorico di scenario applicato al sistema di drenaggio anche al bacino del ricettore;</li> <li>2. utilizzo dei risultati (livelli) ottenuti dal modello, per ciascun scenario, nel ricettore come condizione al contorno di valle del modello</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. analisi delle sezioni trasversali disponibili sul corpo idrico ricettore nei pressi del punto di scarico</li> <li>2. stima della portata soglia che defluisce nel ricettore senza produrre allagamenti (<math>Q_{max}</math>)</li> <li>3. calcolo del livello nel ricettore associato ad una portata pari a <math>0,5 Q_{max}</math> (ipotesi moto uniforme)</li> <li>4. utilizzo del livello ottenuto come condizione al contorno di valle per tutti gli scenari condotti sul sistema di drenaggio</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. si assume perfetto asincronismo (equivalente alla indipendenza idrologica) tra l'accadimento dell'evento di piena nel ricettore e nel sistema di drenaggio</li> <li>2. stima della portata soglia che defluisce nel ricettore senza produrre allagamenti (<math>Q_{max}</math>)</li> <li>3. calcolo del livello nel ricettore associato ad una portata pari a <math>0,1 Q_{max}</math> (ipotesi moto uniforme)</li> <li>4. utilizzo del livello ottenuto come condizione al contorno di valle per tutti gli scenari condotti sul sistema di drenaggio</li> </ol>

Anche se non del tutto attinente, lo scenario in oggetto ricade nel caso 3, in cui:

- non sono disponibili dati idrologici storici nel ricettore;
- non sono disponibili modelli idrologici-idraulici per il bacino ricettore;
- il rapporto tra l'area del bacino del corpo ricettore, calcolata in corrispondenza della sezione di immissione, e l'area del sistema di drenaggio è inferiore a 1000;

È stato quindi eseguito un rilievo della roggia Violina in corrispondenza dei due scarichi, di cui si riporta la documentazione fotografica.



Figura 24 - Roggia Violina in corrispondenza dello scarico 1293



Figura 25 - Roggia Violina in corrispondenza dello scarico 1331

Si è poi proceduto al calcolo della portata massima  $Q_{max}$  di moto uniforme e all'altezza di moto uniforme  $h_0$  associata a  $0.5 Q_{max}$  nelle due sezioni di immissione, ottenendo i seguenti risultati:

- per la sezione in corrispondenza dello scarico 1293 avente le caratteristiche riportate nella Figura 26:
  - $Q_{max}=1011.22 \text{ l/s}$
  - $0.5 Q_{max} = 505.61 \text{ l/s}$
  - $h_0 = 0.883 \text{ m s.r} \rightarrow h_0= 113.773 \text{ m slm.}$

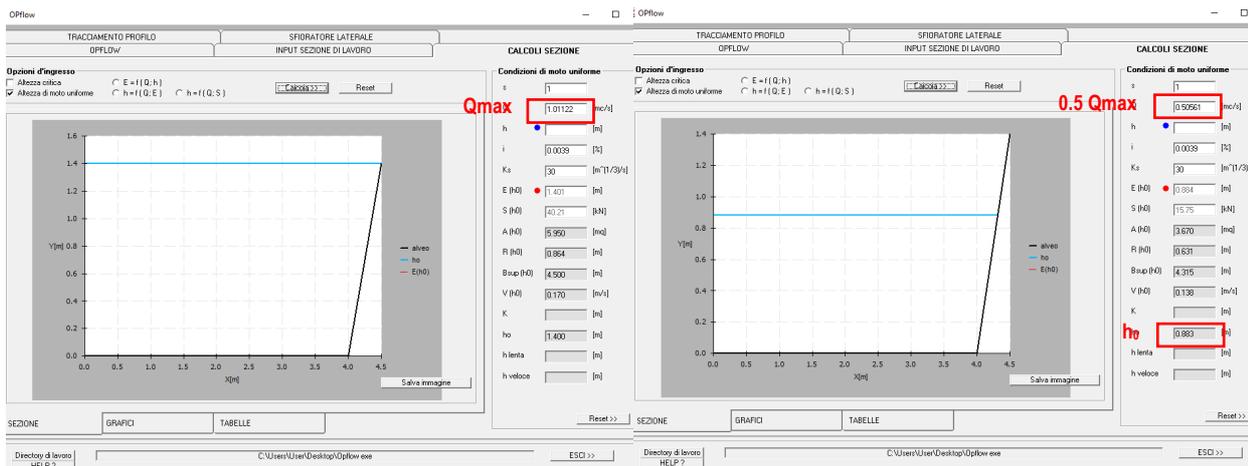


Figura 26 – Schermate di calcolo della sezione trasversale della roggia Violina in corrispondenza dello scarico 1293

- per la sezione in corrispondenza dello scarico 1331 avente le caratteristiche riportate nella Figura 26:
  - $Q_{max} = 1417.30 \text{ l/s}$
  - $0.5 Q_{max} = 708.6 \text{ l/s}$
  - $h_0 = 1.199 \text{ m s.r} \rightarrow h_0 = 112.019 \text{ m slm.}$

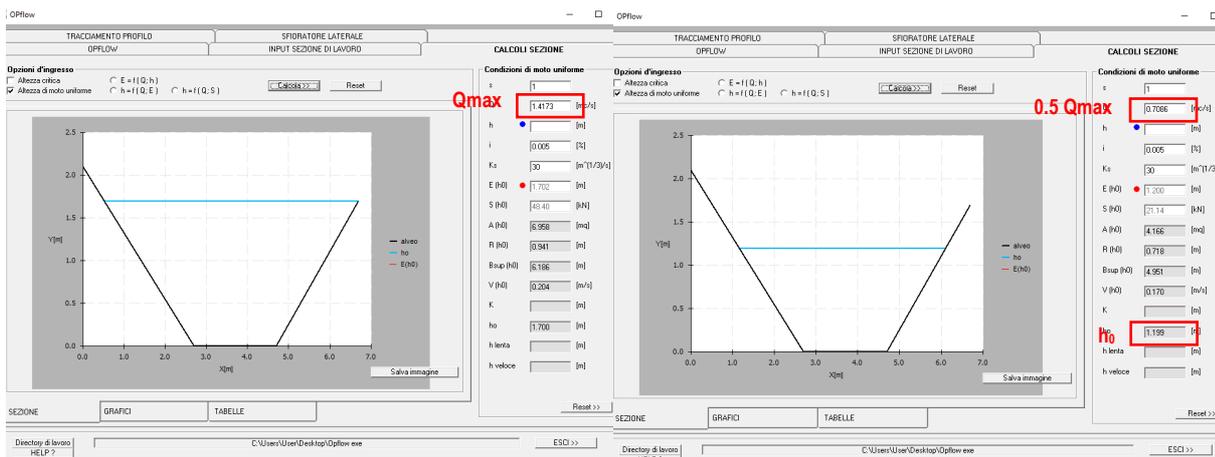


Figura 27 – Schermate di calcolo della sezione trasversale della roggia Violina in corrispondenza dello scarico 1331

I livelli di moto uniforme  $h_0$  sono stati utilizzati come condizione al contorno di valle per tutti gli scenari condotti sul sistema di drenaggio.

### 3.12 Condizioni iniziali

Nel modello non sono state imposte condizioni iniziali.

## 4 Procedure di taratura del modello

Le attività di taratura rivestono un ruolo fondamentale per la definizione dei parametri caratteristici di ogni sottobacino, di primaria importanza per l'analisi dello stato di fatto e la definizione degli interventi di sistemazione effettuati nell'ambito di questo studio. Di fatto, solo attraverso la conoscenza delle portate defluenti in determinate sezioni di chiusura in risposta ad eventi di pioggia reali registrati è possibile stimare, in modo sempre più preciso e puntuale all'aumentare del numero di punti di monitoraggio significativi, la risposta di un sistema fognario complesso come quello in oggetto.

Nel comune di Vignate sono presenti n.6 punti di monitoraggio delle portate e n.1 punti di monitoraggio delle piogge, installati per conto di CAP Holding nell'ambito del "Servizio di campagne di monitoraggio delle portate all'interno delle reti fognarie e dei collettori di proprietà del gruppo CAP 2019-2026.

Dall'analisi dei due report semestrali messi a disposizione da CAP Holding (report 1: novembre 2019-aprile 2020 e report 2: maggio 2020-ottobre2020) si evidenzia la presenza di un volume non trascurabile di acque parassite nel periodo estivo, motivo per cui si è preferito effettuare la taratura del modello utilizzando i dati contenuti nel report invernale.

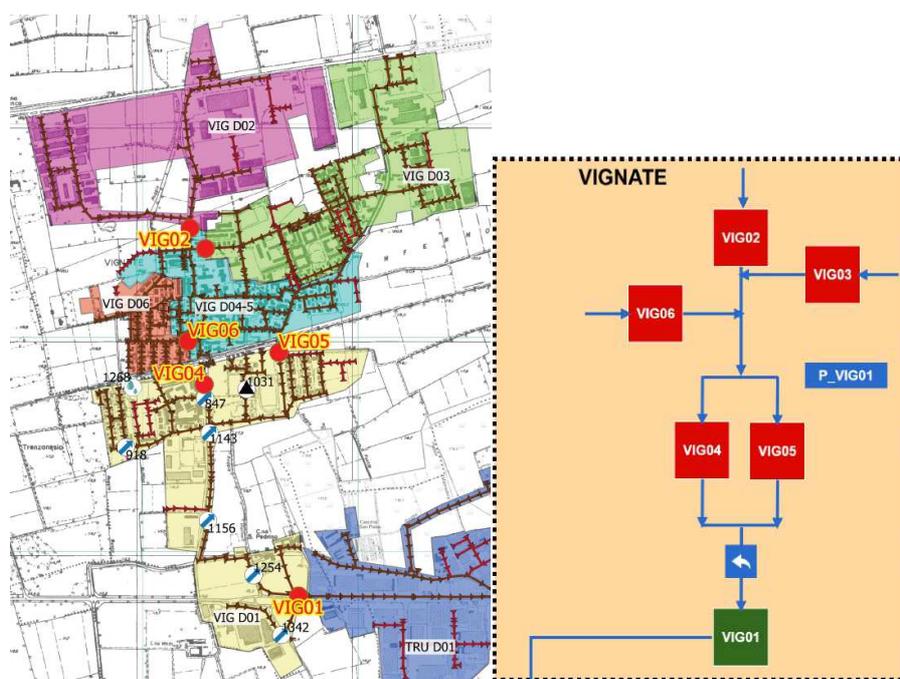


Figura 28 - Punti di misura e flowchart

Dei punti di monitoraggio presenti nel bacino di Vignate sono stati scartati:

- il punto di misura VIG03 perché la rete afferente ha una diramazione che collega il bacino direttamente a valle (VIG05); nelle figure sottostanti è riportato nuovamente il flowchart con evidenziato l'ulteriore collegamento esistente e il punto preciso di diramazione della rete;

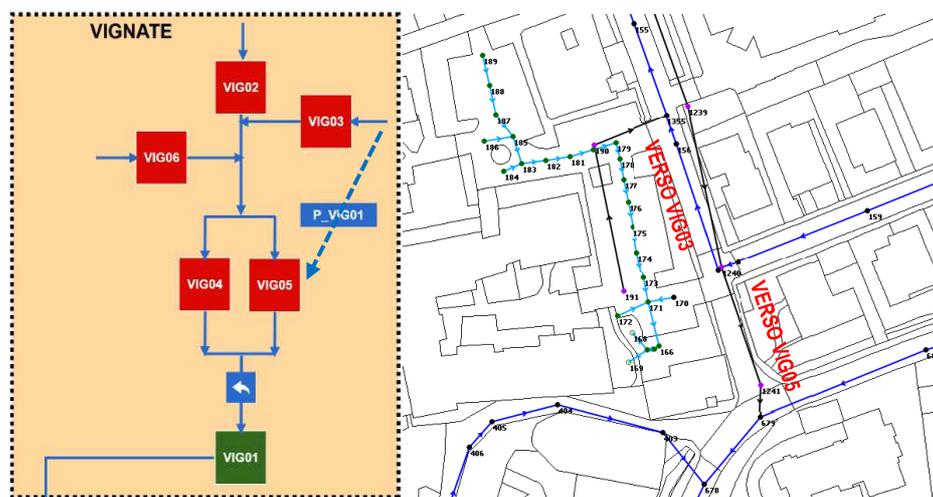


Figura 29 – Diramazione della rete afferente a VIG03 direttamente al bacino di valle (VIG05)

- il punto di misura VIG01 perché può risentire di eventuali attivazioni degli sfioratori presenti a monte.

Il processo di taratura effettuato è articolato come segue:

- calibrazione in condizioni di tempo piovoso dei principali parametri del modello, all'interno di un range di esistenza con senso fisico, che porta all'ottenimento della migliore corrispondenza tra gli eventi simulati e quelli osservati;
- validazione in condizione di tempo piovoso che verifica la corrispondenza tra l'osservazione di un evento meteorico, diverso da quello utilizzato per la calibrazione, e i corrispondenti valori simulati dal modello, in precedenza già calibrato.

Sono stati quindi isolati due eventi piovosi intensi significativi:

- 2-3 marzo 2020 per la calibrazione;
- 20–22 dicembre 2019 per la validazione.

Nella seguente figura sono riportate le zone omogenee in cui è stato scomposto il territorio comunale e nella tabella sono riportati i coefficienti corrispondenti, ottenuti tramite l'attività di taratura del modello.

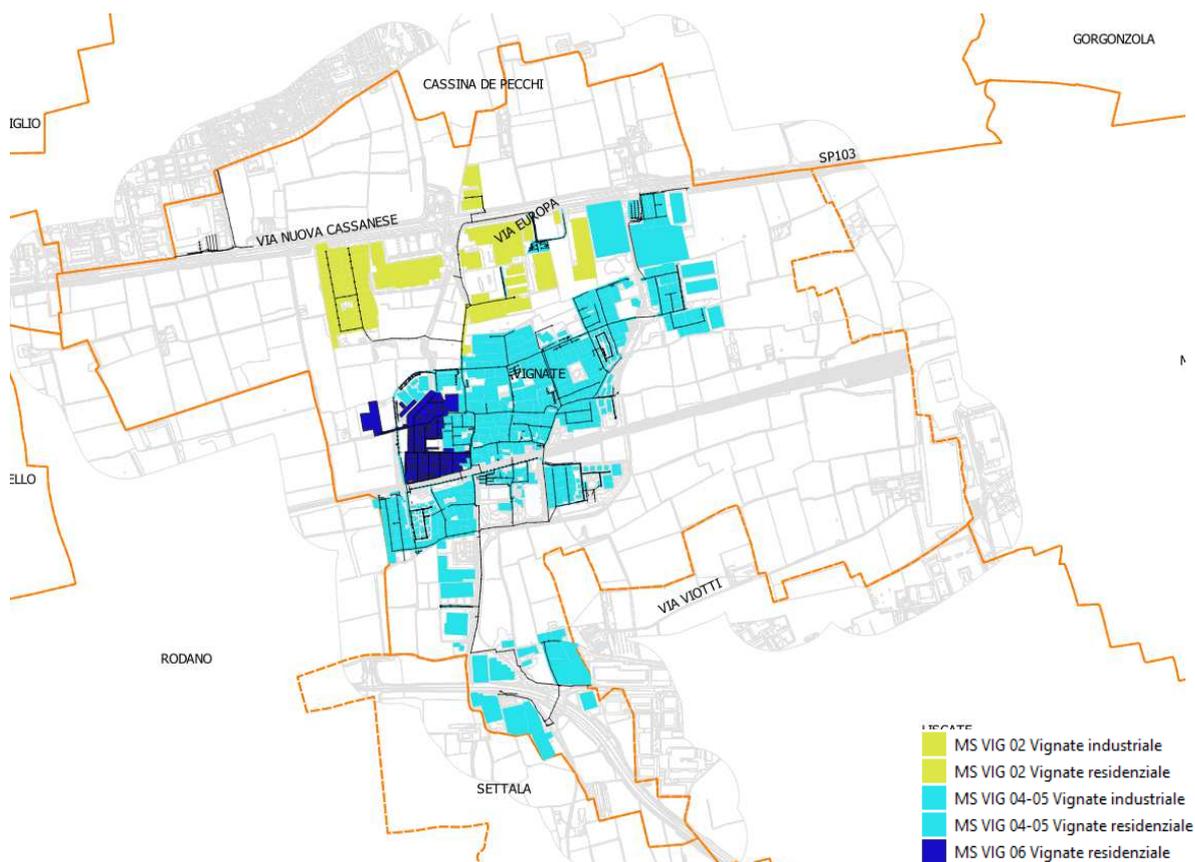


Figura 30 – Zone omogenee dei parametri idrologici

Tabella 9 – Parametri di perdita idrologica

Runoff surface ID	Description	Runoff routing value	Runoff volume type	Fixed runoff coefficient
9021	MS VIG 02 Strade	1	Fixed	0.77
9022	MS VIG 02 Tetti residenziali	1	Fixed	0.87
9023	MS VIG 02 Verde	4	Fixed	0.1
9024	MS VIG 02 Tetti industriali	1	Fixed	0.87
9025	MS VIG 02 Pertinenze	1	Fixed	0.1
9061	MS VIG 06 Strade	1	Fixed	0.65
9062	MS VIG 06 Tetti residenziali	1	Fixed	0.75
9063	MS VIG 06 Verde	4	Fixed	0.1
9064	MS VIG 06 Tetti industriali	1	Fixed	0.75
9065	MS VIG 06 Pertinenze	1	Fixed	0.1
9451	MS VIG 04-05 Strade	1	Fixed	0.73
9452	MS VIG 04-05 Tetti residenziali	1	Fixed	0.83
9453	MS VIG 04-05 Verde	4	Fixed	0.1
9454	MS VIG 04-05 Tetti industriali	1	Fixed	0.83
9455	MS VIG 04-05 Pertinenze	1	Fixed	0.1

Senza voler entrare in dettagli troppo tecnici e specialistici, il “Runoff routing value” riportato nella tabella precedente è un parametro che, nel software di modellazione, regola la velocità di risposta e quindi il tempo di corrivazione di ogni tipologia di area, più è alto più il tempo di risposta è lento e l’idrogramma generato da quel tipo superficie sarà lungo e schiacciato. Di seguito sono riportati gli andamenti delle grandezze caratteristiche registrate e riprodotte dal modello nei vari punti di monitoraggio (VIG02, VIG04, VIG05 e VIG06).

Come si osserva il modello costruito mostra un’ottima rispondenza con la situazione reale sollecitata da due diversi eventi, valutata tenendo conto di diversi fattori: forma degli idrogrammi, valori assoluti medi e di picco delle portate, sincronia temporale tra i picchi e tra i momenti di minimo relativo.

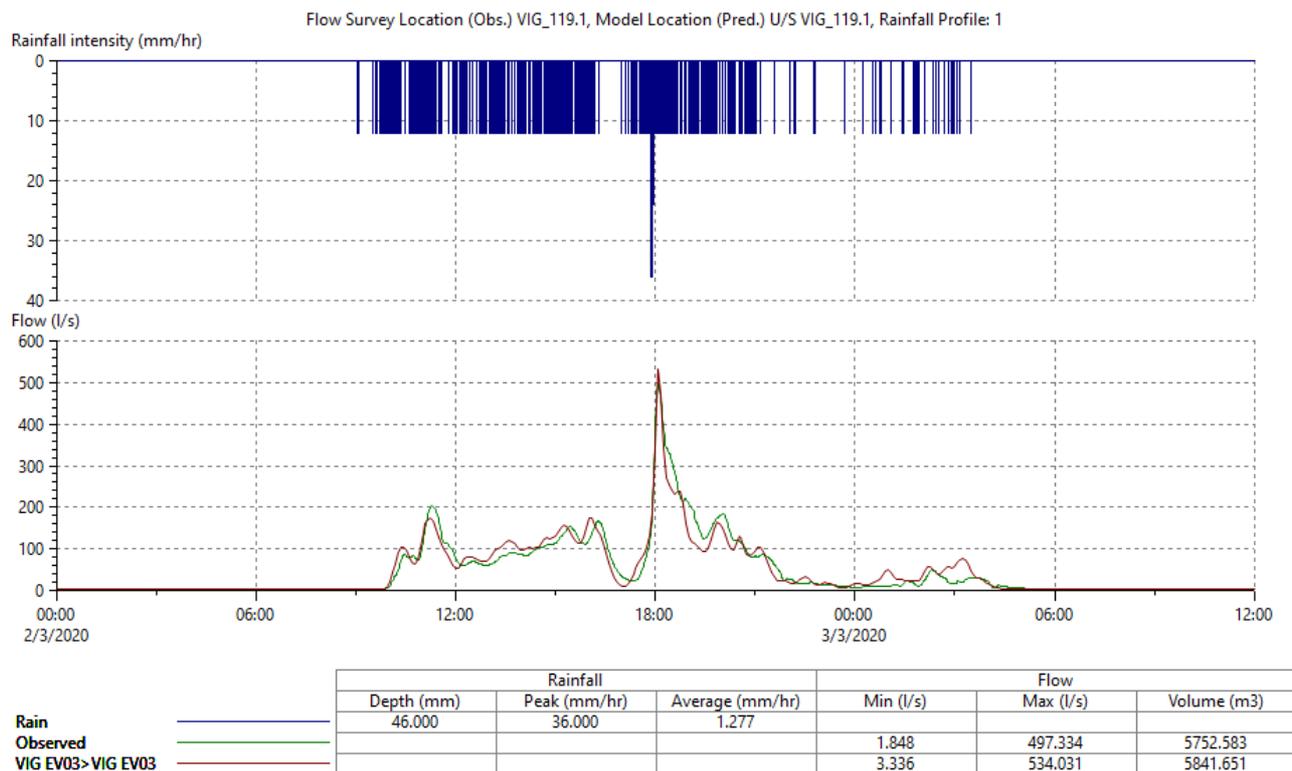


Figura 31 – Confronto idrogrammi misuratore VIG02 evento di calibrazione

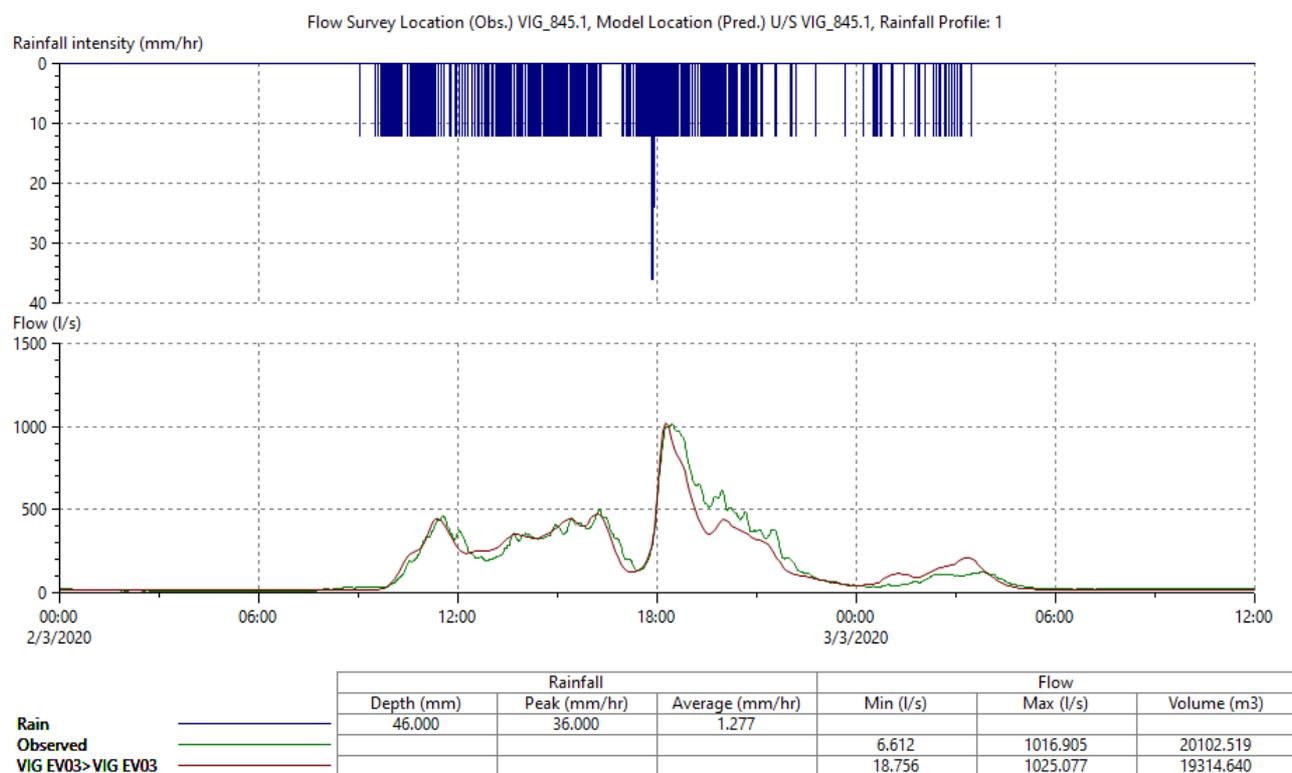


Figura 32 – Confronto idrogrammi misuratore VIG04 evento di calibrazione

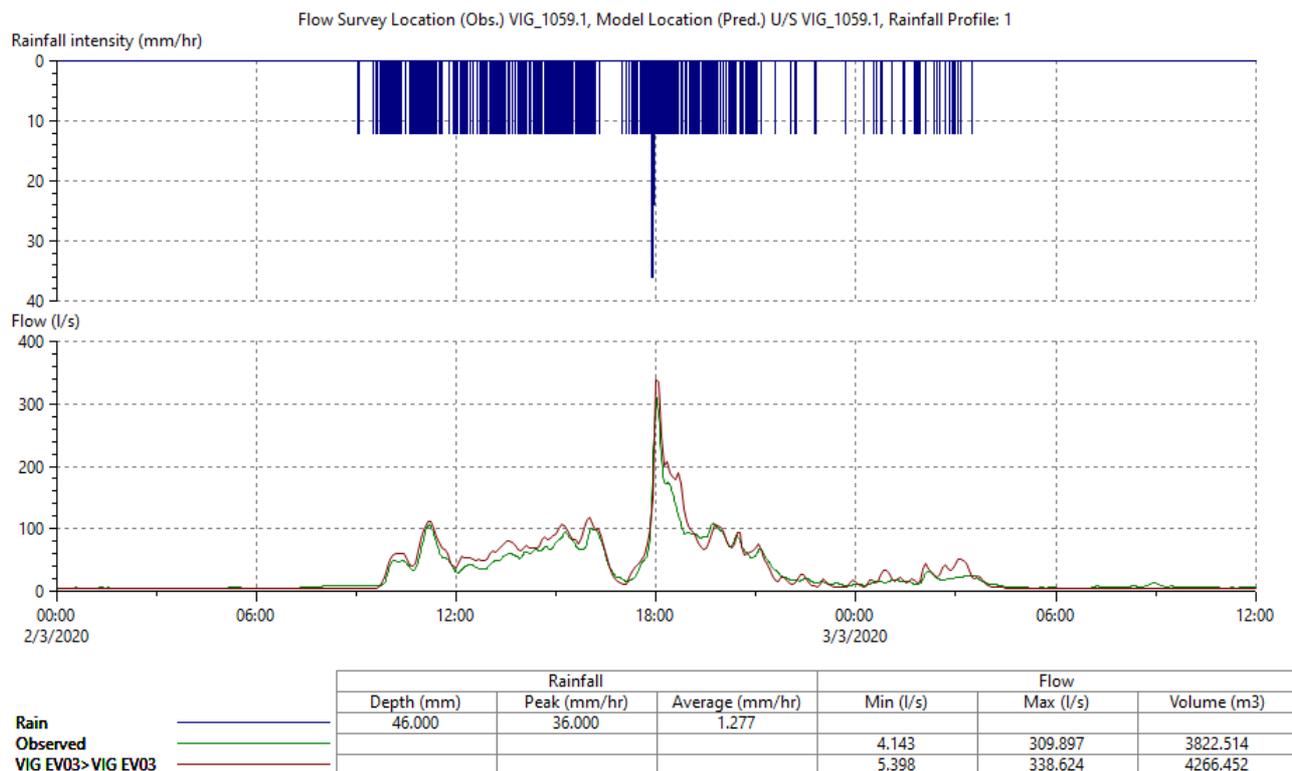


Figura 33 – Confronto idrogrammi misuratore VIG05 evento di calibrazione

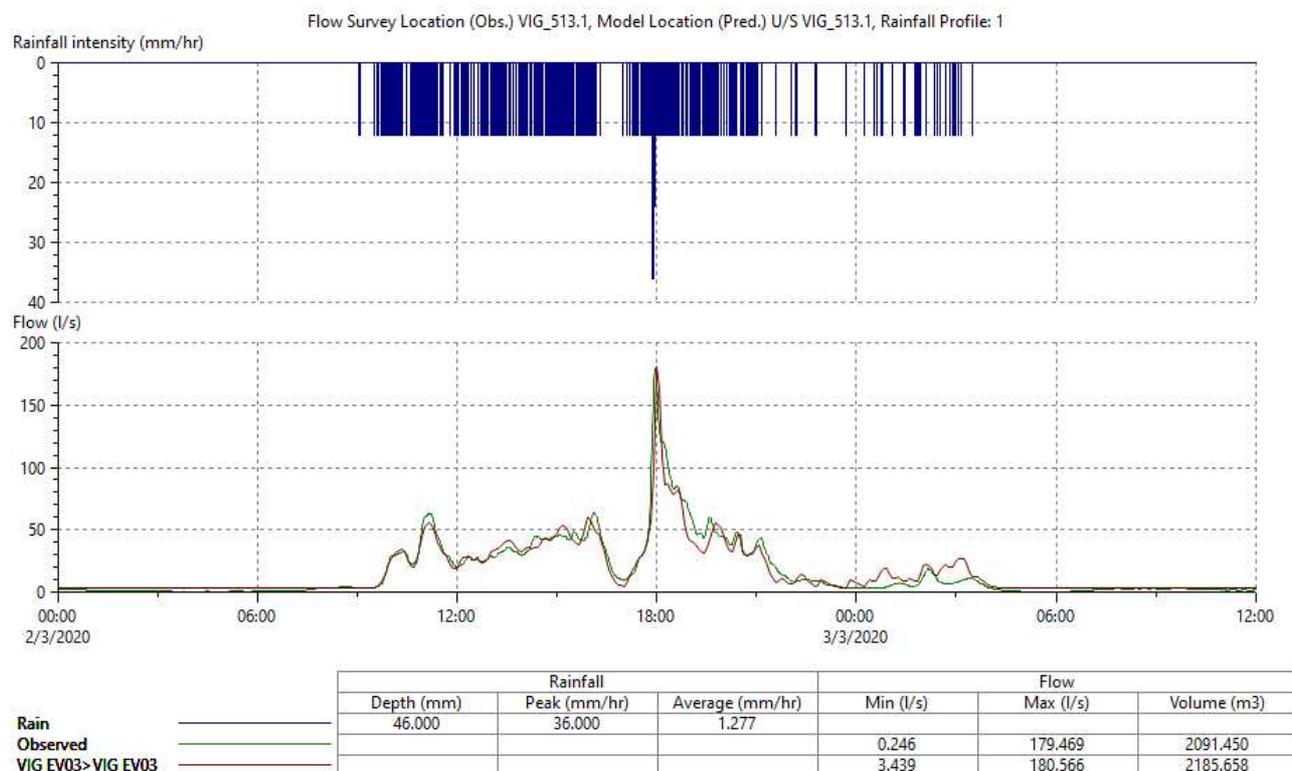


Figura 34 – Confronto idrogrammi misuratore VIG06 evento di calibrazione

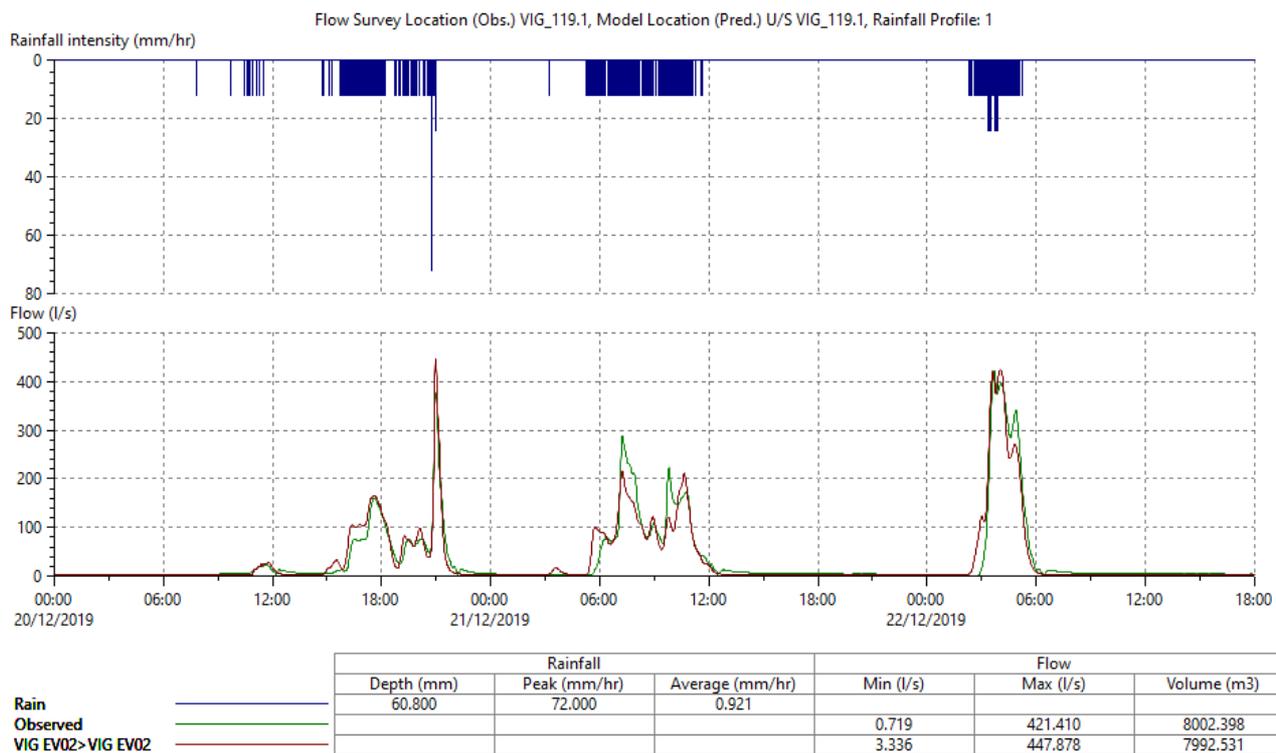


Figura 35 – Confronto idrogrammi misuratore VIG02 evento di validazione

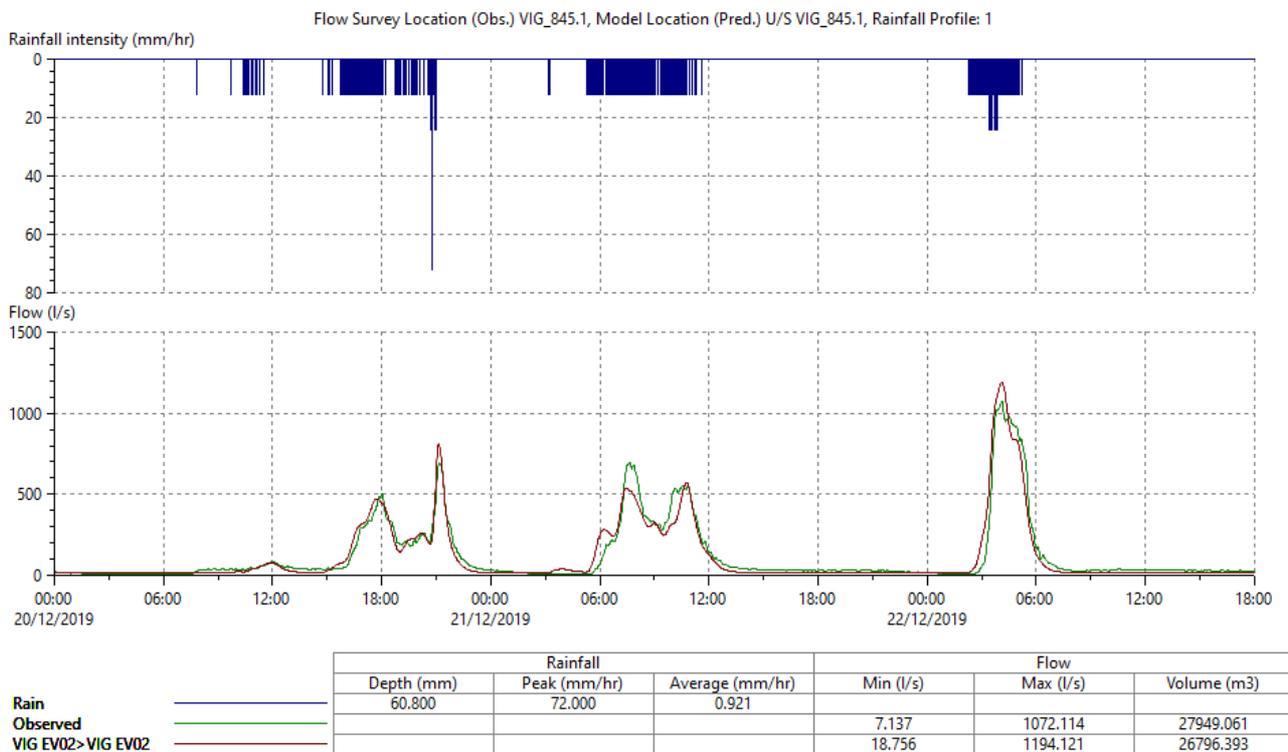


Figura 36 – Confronto idrogrammi misuratore VIG04 evento di validazione

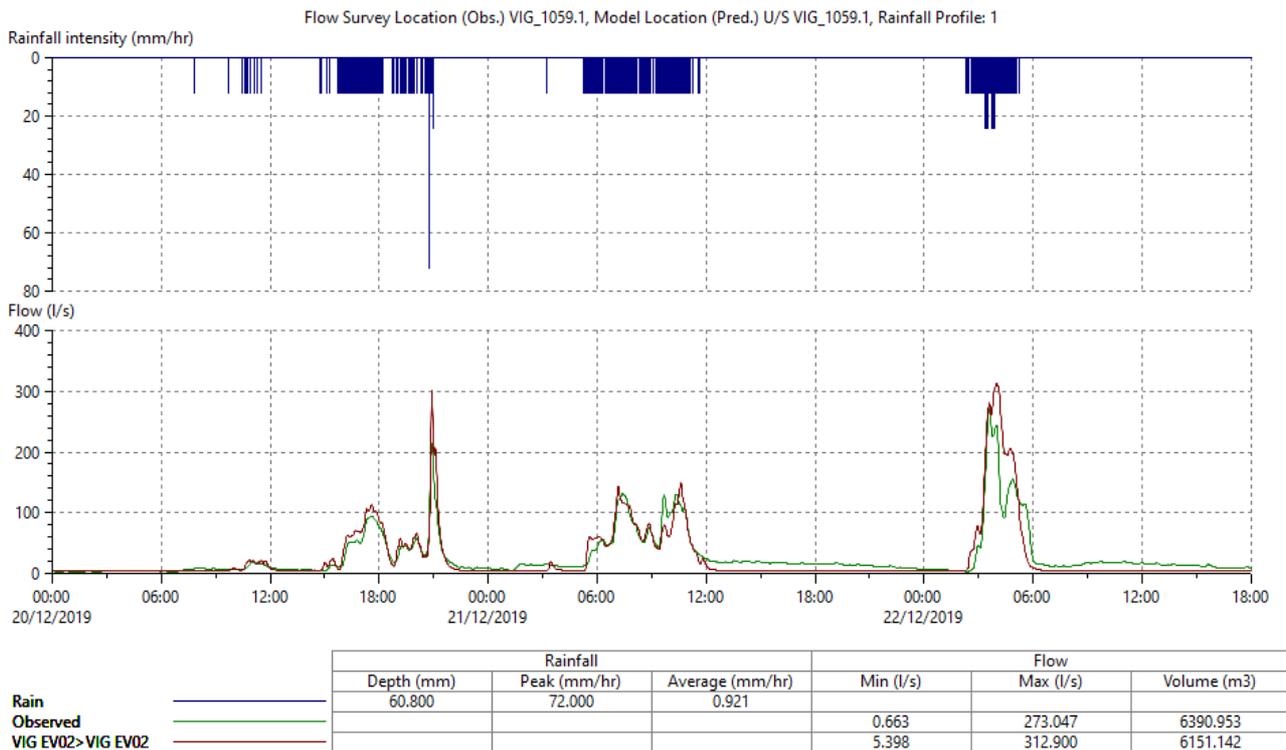


Figura 37 – Confronto idrogrammi misuratore VIG05 evento di validazione

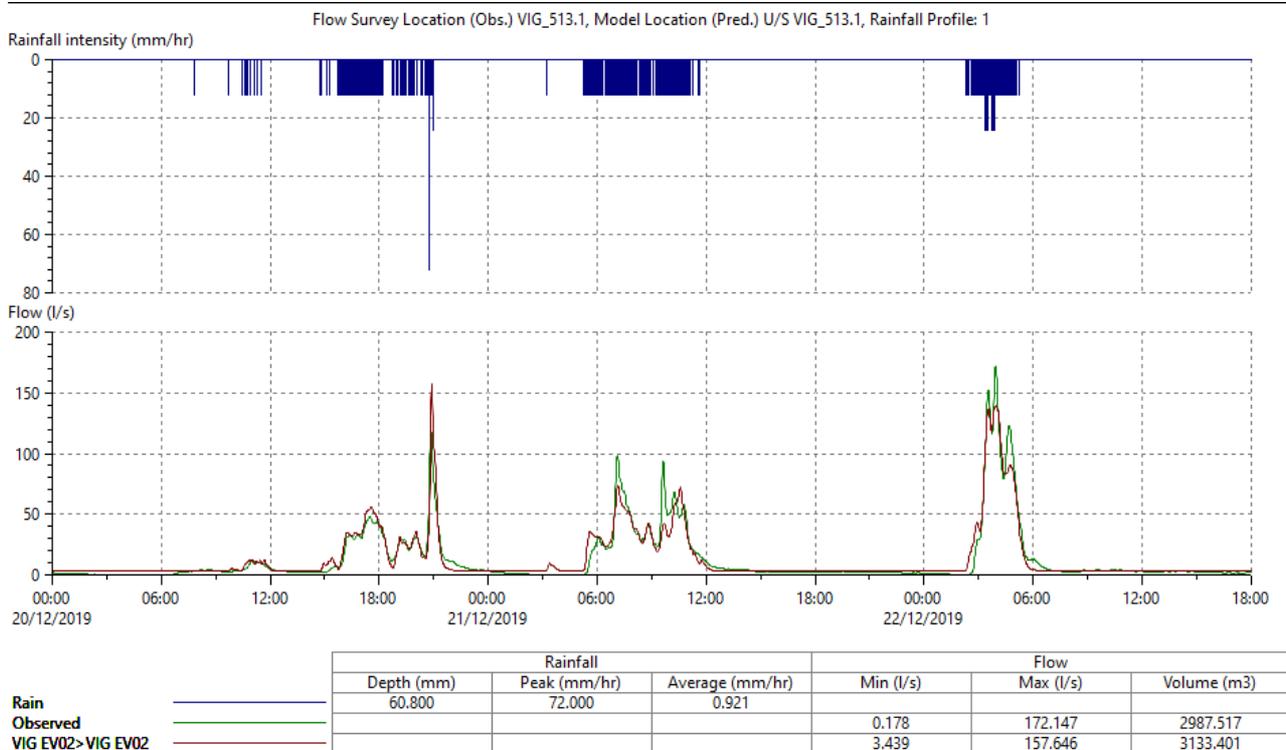


Figura 38 – Confronto idrogrammi misuratore VIG06 evento di validazione

## 5 Analisi di stato di fatto

### 5.1 Risultati delle simulazioni

Una volta costruito il modello idraulico 1D-2D del sistema di drenaggio e ricavati gli eventi meteorici di progetto per i tre tempi di ritorno, come descritto in precedenza, è stato possibile condurre le diverse simulazioni.

Per ciascuna simulazione è possibile estrapolare le aree di esondazione superficiale per le diverse durate e tempi di ritorno. Per una migliore leggibilità delle tavole, queste non riportano gli allagamenti con un tirante inferiore ai 5 cm, di minore impatto sul tessuto urbano.

In questo modo si ottengono mappature differenti, specifiche per ciascuno dei tre tempi di ritorno considerati, che vengono poi riportate nelle “Carte di pericolosità idraulica di stato di fatto”. Per una migliore leggibilità nelle tavole, oltre ai tiranti idrici degli allagamenti, sono altresì riportati i nodi sorgente di deflusso superficiale.

In estrema sintesi, analizzando le “Carte di pericolosità idraulica di stato di fatto”, per tempo di ritorno  $T=10$  anni le principali criticità riscontrate dalla modellazione idraulica risultano localizzate nella zona delle vie Strettone e via Circonvallazione, nella zona di via Molina e nella zona di via San Pedrino. Per tempo di ritorno  $T=50$  anni si aggiunge la criticità nella zona di via E. Fermi e diventano significative le criticità della zona Malpaga e della via Giuseppe di Vittorio. Mentre il sovraccarico diffuso della rete, in particolare nel caso di verifiche con tempo di ritorno per  $T=100$  anni, è un risultato prevedibile considerando che le buone pratiche di dimensionamento dei sistemi fognari considerano generalmente tempi di ritorno pari a 10 anni.

Nelle figure seguenti si riportano gli allagamenti per i vari tempi di ritorno nello scenario di stato di fatto; per un maggior dettaglio si rimanda alle “Carte di pericolosità idraulica di stato di fatto” allegate.



Figura 39 – Allagamenti stato di fatto T=10 anni

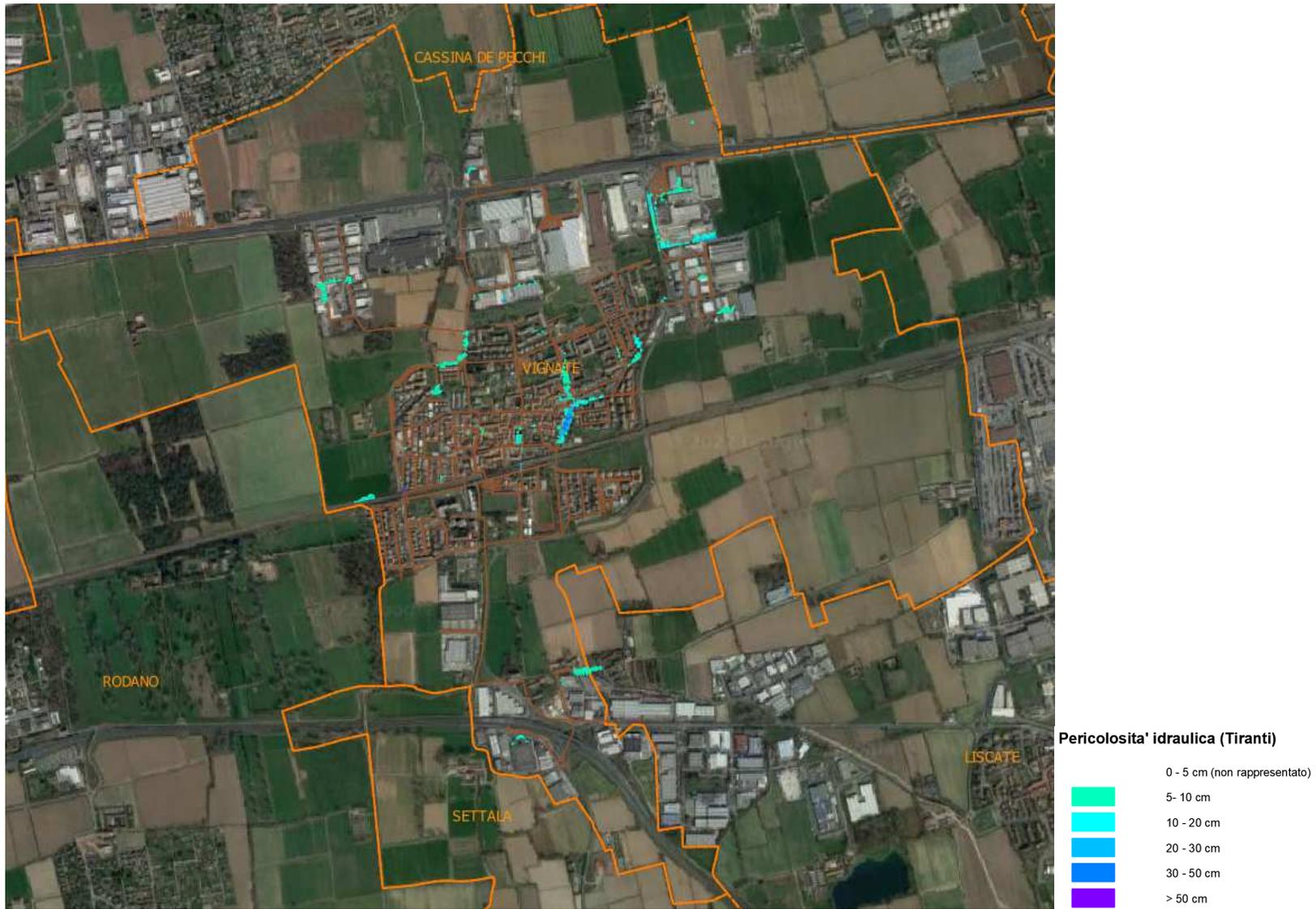


Figura 40 – Allagamenti stato di fatto T=50 anni



Figura 41 – Allagamenti stato di fatto T=100 anni

## 5.2 Sintesi delle criticità riscontrate (dal modello e/o segnalate)

Di seguito sono sintetizzate le principali criticità segnalate dai tecnici comunali e dal gestore e/o riscontrate dal modello idraulico. Per ognuna si riporta l'inquadramento, la relativa pericolosità a T=10 anni e a T=100 anni e il profilo longitudinale dei condotti con i livelli idrici a T=10 anni.

La numerazione delle criticità è stata modificata rispetto al Documento Semplificato per rispondere all'esigenza di suddividere le criticità in areali, lineari e puntuali, così come richiesto dalle Linee Guida del CAP; nonostante ciò, per una più facile lettura della relativa corrispondenza, è riportato nel titolo di ogni criticità anche la numerazione del DSRI.

La pericolosità idraulica nelle immagini sottostanti è indicata con le medesime colorazioni contenute nelle tavole grafiche allegate, qui di seguito riportate.

### Pericolosità idraulica (Tiranti)

	0 - 5 cm (non rappresentato)
	5- 10 cm
	10 - 20 cm
	20 - 30 cm
	30 - 50 cm
	> 50 cm



Circonvallazione, dove avvengono i maggiori fenomeni di allagamento dato che il piano campagna all'incrocio tra le due vie si abbassa oltre un metro.

5.2.2 Po02 – Via del Lavoro e via Molina- SP161 (criticità 2. nel DSRI)

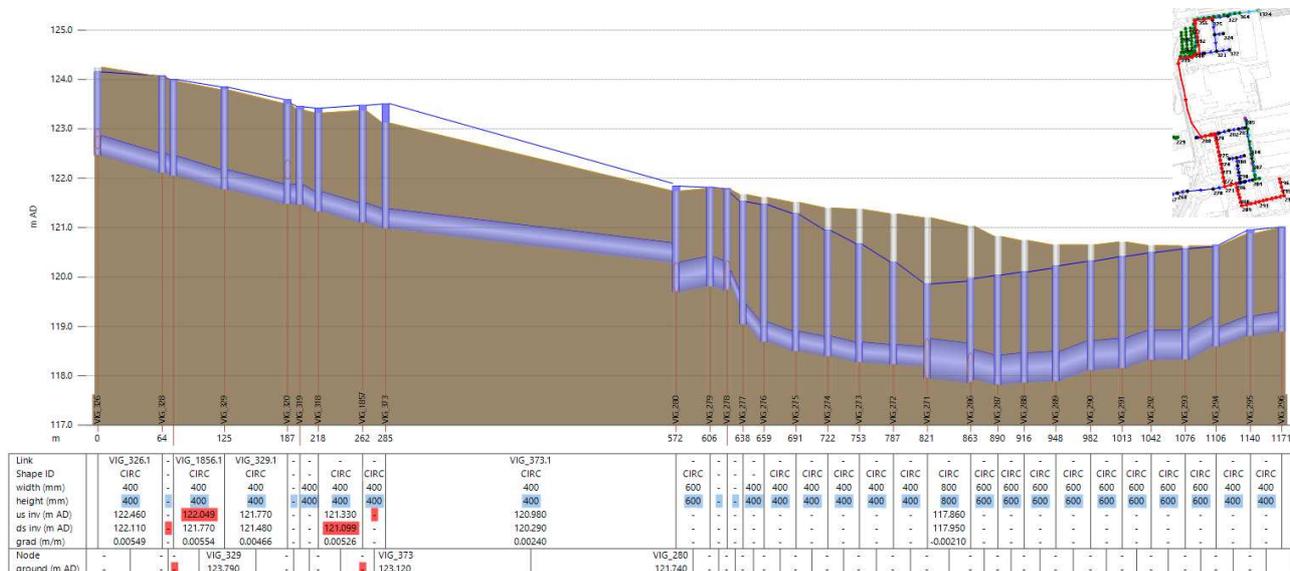


Figura 43 – Criticità in via del lavoro e via Molina (inquadramento, pericolosità T=10 anni, pericolosità T=100 anni, profilo longitudinale con livelli idrici T=10 anni)

La rete di drenaggio nei pressi di via del Lavoro e di via Molina è costituita da tratti di fognatura con sezione circolare con diametri variabili tra 40 e 80 cm, un tratto di fognatura nera in cls con sezione circolare e diametro 30 cm, un tratto di fognatura bianca con sezione circolare e diametro 60 cm. I problemi di allagamento lamentati dai tecnici comunali nei pressi di via del Lavoro si riscontrano nel modello, anzi interessano un'area più vasta comprendente anche la zona più a nord, dove l'abbondante fuoriuscita d'acqua ruscella lungo via Molina fino ad invadere la rotatoria tra via Molina e via del Lavoro. Tali fenomeni dipendono dall'insufficienza dei condotti nelle vie suddette ma anche dal rigurgito in arrivo da valle.



## 5.2.4 Po04 – via Cascina San Pedrino – via Lodi (criticità 4. nel DSRI)

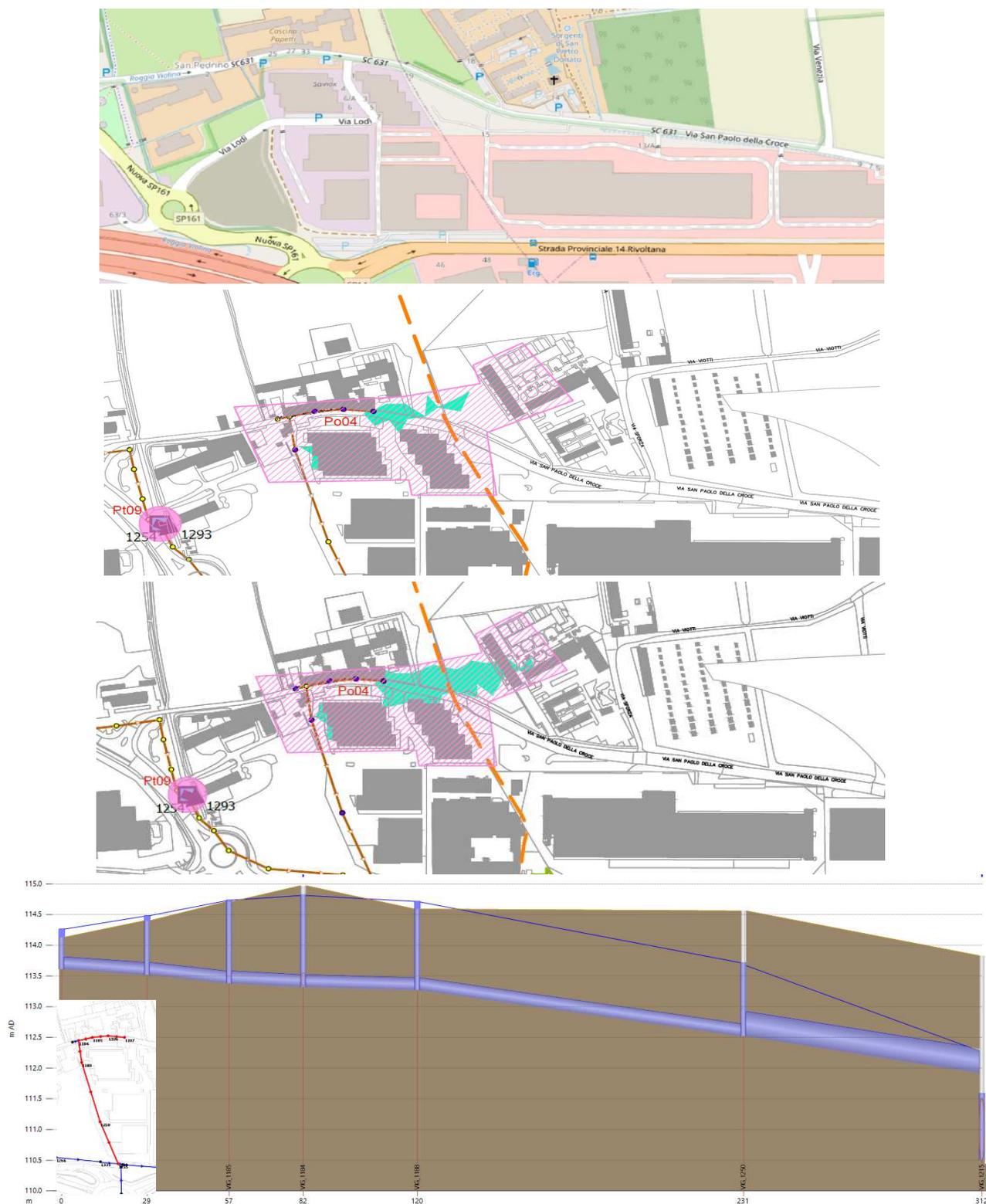


Figura 45 – via Cascina San Pedrino – via Lodi (inquadramento, pericolosità  $T=10$  anni, pericolosità  $T=100$  anni, profilo longitudinale con livelli idrici  $T=10$  anni)

La rete di drenaggio di via cascina San Pedrino, costituita da un condotto in PVC circolare DN200 mm, devia verso sud collegandosi al collettore intercomunale, passando in proprietà privata con un condotto in PVC circolare DN400 che raccoglie anche le acque della zona industriale. Come segnalato dai tecnici comunali, la modellazione evidenzia

allagamenti nella zona dovuti essenzialmente all'insufficienza dei condotti, non in grado di convogliare le acque meteoriche provenienti dalla zona residenziali ma soprattutto dai complessi industriali. Gli allagamenti riscontrati dai tecnici interessano particolarmente anche la via Lodi; si sottolinea che la rete di tale via non è mappata da Cap holding (e quindi non è ricompresa nella modellazione), per cui gli allagamenti, comunque riprodotti dal modello, potrebbero essere sottostimati rispetto alla realtà.

5.2.5 Po05 – Zona Malpaga (non contenuta nel DSRI)

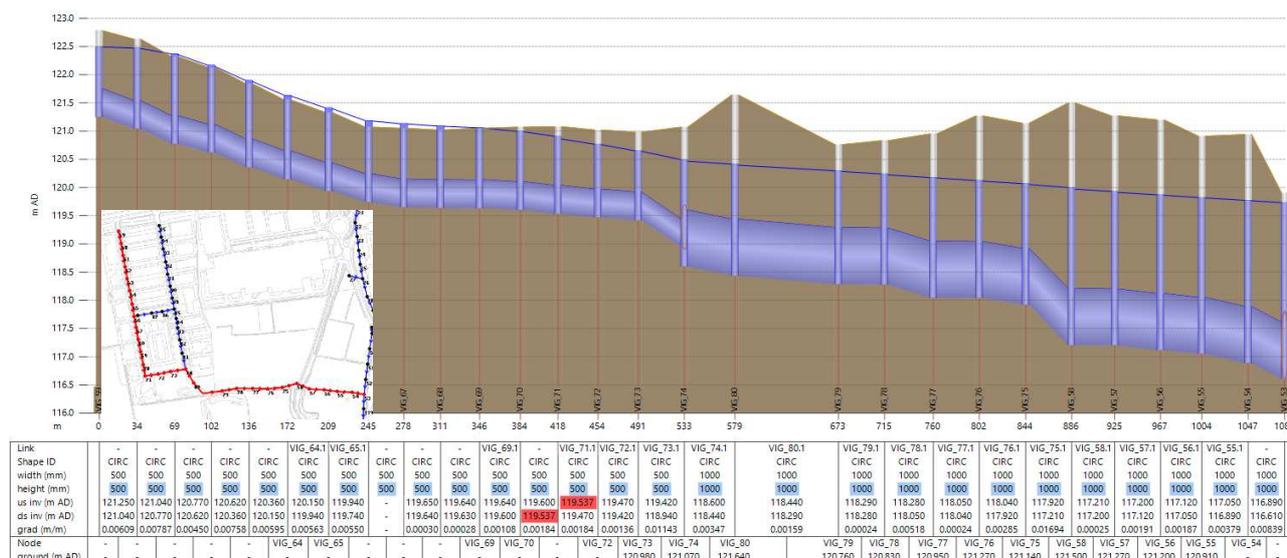


Figura 46 – Zona Malpaga (inquadramento, pericolosità T=10 anni, pericolosità T=100 anni, profilo longitudinale con livelli idrici T=10 anni)

La rete di drenaggio della zona Malpaga, costituita da tratti di fognatura con sezione circolare in calcestruzzo con diametri variabili tra 40 e 80 cm, presenta da modello allagamenti dovuti sia al rigurgito proveniente da valle, sia dall'insufficienza dei propri condotti a convogliare i cospicui contributi di acque meteoriche del complesso industriale.

5.2.6 Po06 – via Giuseppe di Vittorio (non contenuta nel DSRI)



Figura 47 – via Giuseppe di Vittorio (inquadramento, pericolosità T=10 anni, pericolosità T=100 anni, profilo longitudinale con livelli idrici T=10 anni)

La rete di drenaggio di via Giovanni di Vittorio, costituita da tratti di fognatura con sezione circolare in calcestruzzo di diametro pari a 30 cm, presenta da modello allagamenti dovuti all'insufficienza dei propri condotti a convogliare i cospicui contributi di acque meteoriche del complesso industriale.

Oltre alle suddette criticità areali di seguito si riportano le criticità di tipo puntuale.

### 5.2.7 Sottopassi (criticità 6. nel DSRI)

Tabella 10 – Sottopassi

Criticità	Via	Tipologia
Pt01	SP 161	Stradale-ferroviario
Pt02	F. Gervasoni	Stradale-ferroviario
Pt03	Lazzaretto	Stradale-ferroviario
Pt04	B. Buozzi	Ciclopedonale - ferroviario

In particolare, i tecnici comunali hanno evidenziato alcune criticità legate al funzionamento non ottimale della stazione di sollevamento del sottopasso della strada provinciale SP161. Non è stato, però, possibile modellare la rete di drenaggio nei pressi del sottopasso perché non è presente nel GIS di Cap Holding.

### 5.2.8 Manufatti della rete fognaria (criticità 5. nel DSRI)

Tabella 11 – Manufatti della rete fognaria

Criticità	ID manufatto	Tipologia
Pt05	847	sfioratore
Pt06	918	sfioratore
Pt07	1143	sfioratore
Pt08	1156	sfioratore
Pt09	1254	sfioratore
Pt10	1342	sfioratore
Pt11	1222	stazione di sollevamento
Pt12	1268	stazione di sollevamento

## 6 Scenario di intervento

Nel presente Capitolo sono descritte le opere e le misure che dovranno essere attuate ai fini della riduzione della pericolosità idraulica nel territorio comunale, così come individuata nel Capitolo precedente.

Gli interventi previsti vengono suddivisi in due macro-categorie:

- **Interventi di tipo “strutturale”**: che comprendono le opere che eliminano o attenuano le criticità idrauliche rinvenute dalla modellazione idraulica;
- **Interventi di tipo “non strutturale”**: misure e strumenti atti al controllo e possibilmente alla riduzione delle

suddette condizioni di pericolosità idraulica.

Lo scenario di progetto è stato definito con l'obiettivo di diminuire sensibilmente e ove possibile eliminare gli allagamenti per il tempo di ritorno di 10 anni, tempo usualmente utilizzato per il dimensionamento delle opere fognarie, e di verificarne l'assetto con tempi di ritorno cinquantennale e centennale.

La numerazione degli interventi è stata modificata rispetto al Documento Semplificato per rispondere all'esigenza di suddividere gli interventi tra strutturali e non strutturali; nonostante ciò, per una più facile lettura della relativa corrispondenza, è riportato nel titolo di ogni intervento anche la numerazione del DSRI.

#### 6.1 Interventi strutturali

L'assetto di progetto è strutturato a partire dagli interventi ipotizzati nel Documento Semplificato del rischio idraulico e dalle criticità riportate nel precedente paragrafo 5.2. Gli interventi strutturali proposti mirano a ridurre le condizioni di rischio dell'abitato connesse agli allagamenti fognari attraverso la realizzazione di varie tipologie di opere, tra cui potenziamenti e vasche volano.

I criteri posti alla base della progettazione generale hanno cercato, per quanto possibile, di privilegiare interventi volti a ridurre le portate circolanti o almeno a mantenere la cosiddetta "invarianza idraulica", così come perseguito ed incentivato dal R.R. 7/2017.

Di seguito sono descritti puntualmente gli interventi proposti. Oltre alla localizzazione planimetrica ed alla descrizione vengono riportati i profili longitudinali delle condotte con il massimo livello raggiunto dall'acqua in ogni tratto, nelle configurazioni di stato di fatto e di progetto. Si precisa che tali risultati rappresentano un involuppo dei massimi livelli in quanto il picco non è raggiunto simultaneamente in tutte le condotte.

Si vuole sottolineare che gli interventi qui previsti sono di carattere meramente pianificatorio e che derivano da un modello idraulico tarato tramite la conoscenza delle portate, delle velocità e dei tiranti in alcuni punti di misura. Una risposta attendibile del sistema, sollecitato con una pioggia di progetto, si avrà quindi esclusivamente in questi punti mentre nei restanti punti della rete si potrà avere inevitabilmente una sovrastima o una sottostima dei parametri. Prima di avviare l'iter progettuale del singolo intervento strutturale, si consiglia quindi di prevedere delle indagini di approfondimento che valutino le reali caratteristiche della rete a monte dell'intervento, la tipologia dei bacini scolanti e delle reti allacciate e di installare un punto di misura ad hoc, in modo da integrare il modello idraulico con le nuove informazioni disponibili e procedere con una rivalutazione delle caratteristiche dimensionali dell'intervento strutturale.

Da ultimo si consiglia di attivare precocemente le misure non strutturali per la riduzione degli apporti delle acque meteoriche (INS-1 e INS-2) e valutarne l'efficacia, l'applicabilità e le conseguenti ricadute positive in termini di riduzione delle misure strutturali previste per la risoluzione delle medesime problematiche di allagamento (ad esempio IS-01 e IS-02).

##### 6.1.1 *IS-01 – Vasca volano di via G. Galilei (intervento 1. nel DSRI)*

L'intervento è volto all'eliminazione della criticità idraulica Po01 in via E. Fermi e alla riduzione della criticità idraulica Po05 in zona Malpaga ed è articolato come segue:

- creazione di un partitore con soglia di sfioro in corrispondenza del pozzetto 124 all'incrocio tra via E. Fermi e via G. Galilei;
- creazione di collegamento alla vasca volano mediante condotti circolari in c.a.  $\varnothing 100$  cm, per una lunghezza complessiva di 30 m;
- realizzazione di vasca volano in c.a. completamente interrata localizzata in un terreno agricolo al mappale 50 foglio 4 di proprietà comunale, all'incrocio tra via G. Galilei e via A. Moro, di volume utile pari a 5000 m<sup>3</sup>.

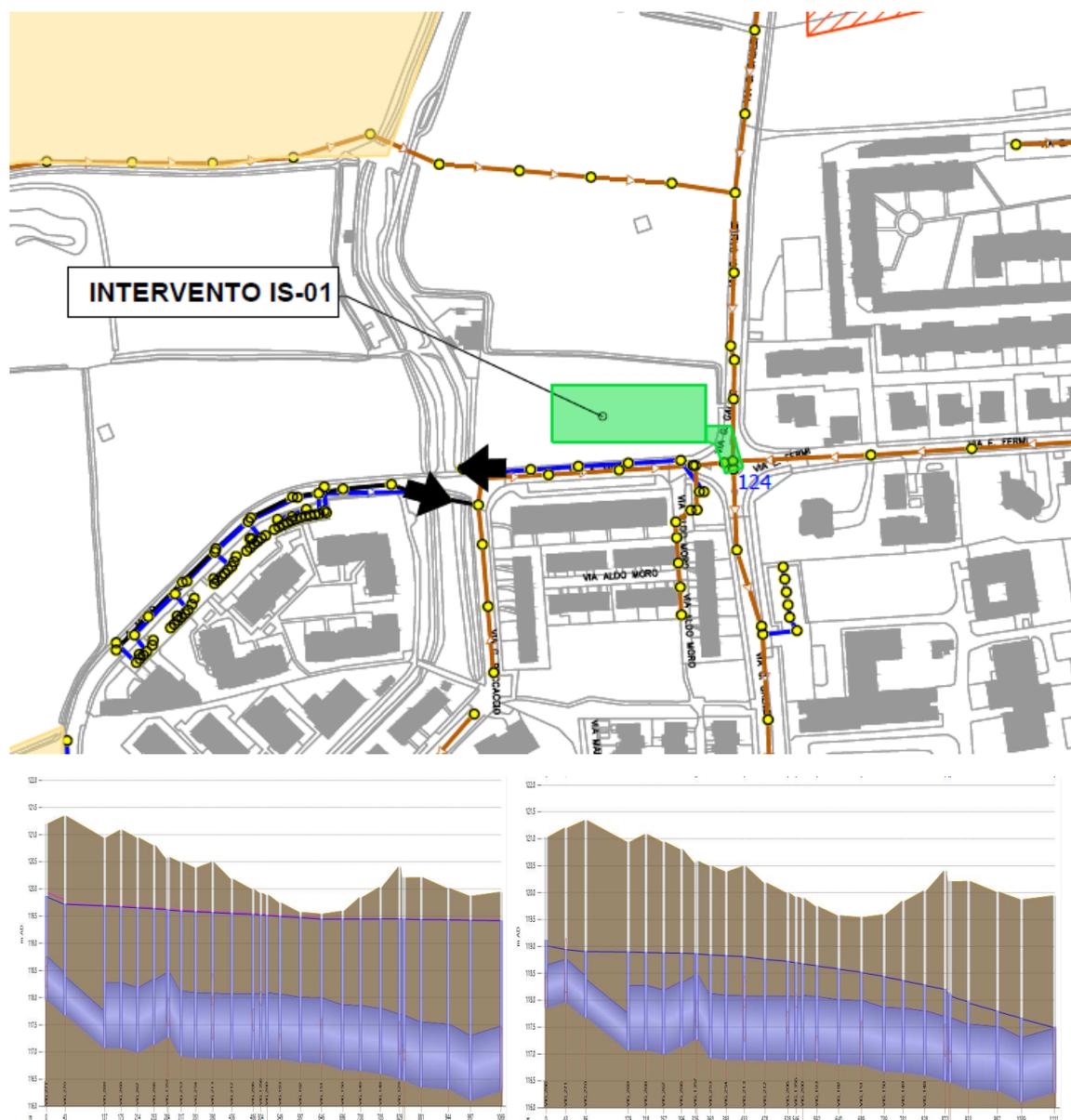


Figura 48 – Intervento IS01 - Vasca volano di via G. Galilei (inquadramento e profili longitudinali di stato di fatto e di progetto)

Nel DSRI il presente intervento prevedeva:

- la realizzazione di una nuova fognatura bianca in via Fermi con recapito in un bacino disperdente localizzato nello stesso terreno agricolo;
- la realizzazione di uno sfioratore nella cameretta 124 verso il nuovo bacino disperdente;

Questa soluzione è stata modificata nel presente SCRI in favore di una vasca volano in c.a. essenzialmente per due motivi:

- la realizzazione di una nuova fognatura bianca in via Fermi con recapito in un bacino disperdente andrebbe a sgravare la rete comunale dei soli apporti delle acque meteoriche decadenti sul sedime stradale della via Fermi e sulle proprietà private prospicienti (sempre che sia fattibile la separazione delle reti fognarie interne), non apportando quindi un cospicuo beneficio in termini di alleggerimento della rete, che risulta, da simulazione, particolarmente sovraccaricata;
- la realizzazione di uno sfioratore che invia le acque della rete meteorica mista, benché scolmate, in un bacino di infiltrazione in centro città avrebbe pesanti ricadute in termini igienico-sanitari e di accettazione da parte della cittadinanza.

#### 6.1.2 IS-02 – Potenziamento rete e vasca volano di via del Lavoro (intervento 2. nel DSRI)

L'intervento è volto all'eliminazione della criticità idraulica Po02 di Via del Lavoro e via Molina ed è articolato come segue:

- potenziamento in via Molina con condotti circolari in c.a. Ø100 cm, per una lunghezza complessiva di 380 m, fino all'incrocio con via Artigianato;
- potenziamento in via Artigianato e dell'Industria con condotti circolari in c.a. Ø120 cm, per una lunghezza complessiva di 266 m, fino all'incrocio con via del Lavoro;
- realizzazione di collegamento alla vasca volano con tubazione scatolare prefabbricato in c.a. 100x150 cm, per una lunghezza complessiva di 314 m, passante in parte all'interno dell'area ecologica comunale;
- realizzazione di collegamento di troppo pieno al pozzetto 296, localizzato nel parcheggio di via del Lavoro;
- realizzazione di vasca volano in c.a. completamente interrata localizzata in un terreno agricolo al mappale 20 foglio 4 di proprietà comunale, di volume utile pari a 1600 m<sup>3</sup>.

Nel DSRI il presente intervento prevedeva la realizzazione di una nuova fognatura bianca in via del lavoro con recapito in un bacino disperdente localizzato nello stesso terreno agricolo.

Questa soluzione è stata modificata nel presente SCRI perché la realizzazione della nuova fognatura bianca in via del lavoro non è sufficiente a sgravare la rete fognaria comunale ma, da simulazione idraulica, è necessario intervenire anche nella rete posta più a nord.

Si è scartata, inoltre, la possibilità di realizzare una rete duale meteorica per la lunghezza dei tratti da eseguire e visto che i contributi rimangono di mista è stata prevista una vasca in c.a. in luogo della vasca disperdente.

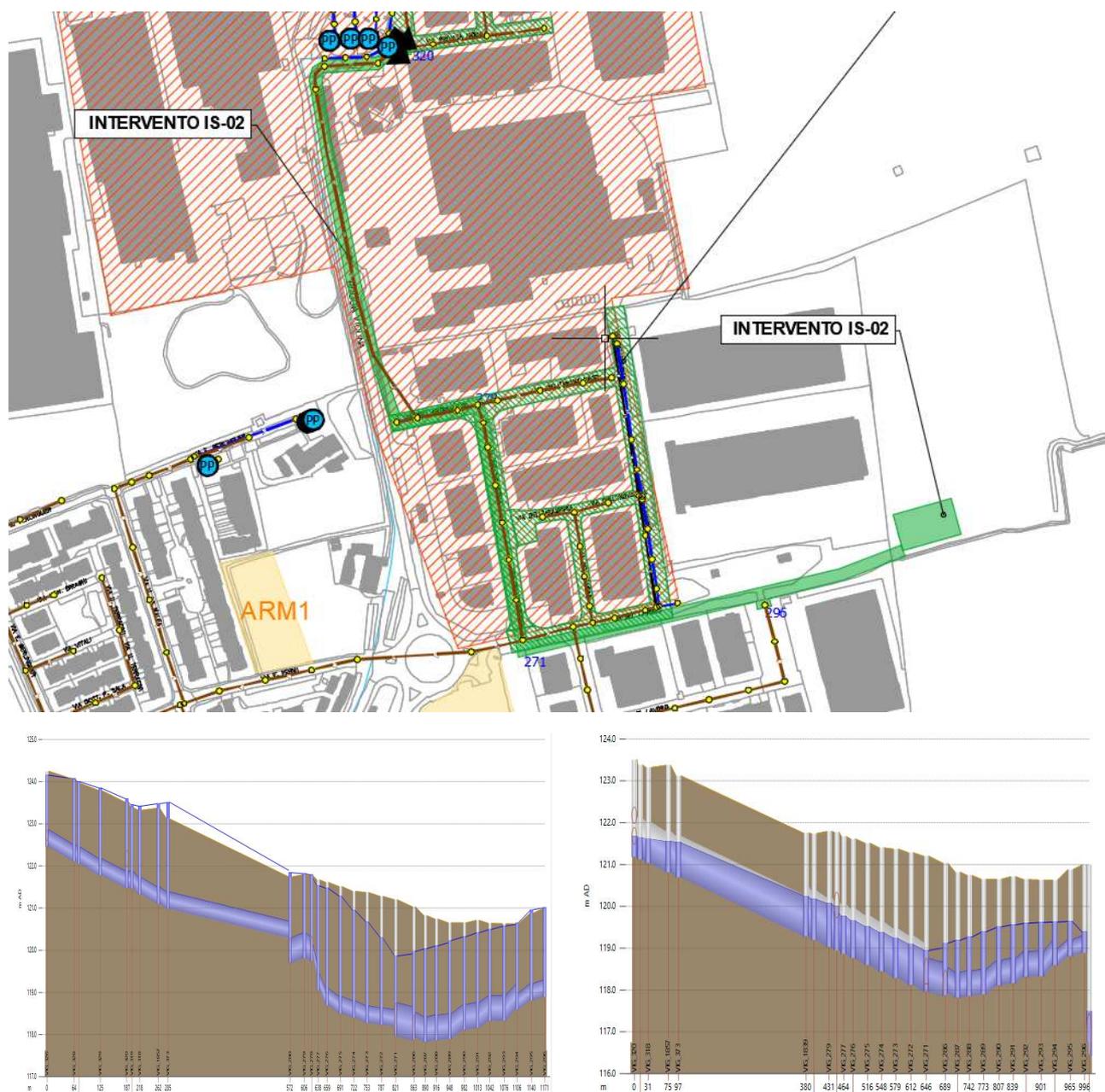


Figura 49 -Interventi IS02 - Potenziamento rete e vasca volano di via del Lavoro (inquadramento e profili longitudinali di stato di fatto e di progetto)

### 6.1.3 IS-03 – Potenziamento e nuovo collegamento zona San Pedrino (intervento 4. nel DSRI)

L'intervento è volto all'eliminazione della criticità idraulica Po04 nella via S. Pedrino e riduzione degli allagamenti in via Lodi ed è realizzato tramite:

- potenziamento in via S. Pedrino con condotti circolari in grès Ø 50m, per una lunghezza complessiva di 82 m;
- nuovo collegamento al pozzetto 1180 con condotti circolari in grès Ø 50m, per una lunghezza complessiva di 160 m;
- dismissione del tratto 1184-1188.

Il DSRI demandava ad approfondimenti successivi la definizione dell'intervento.

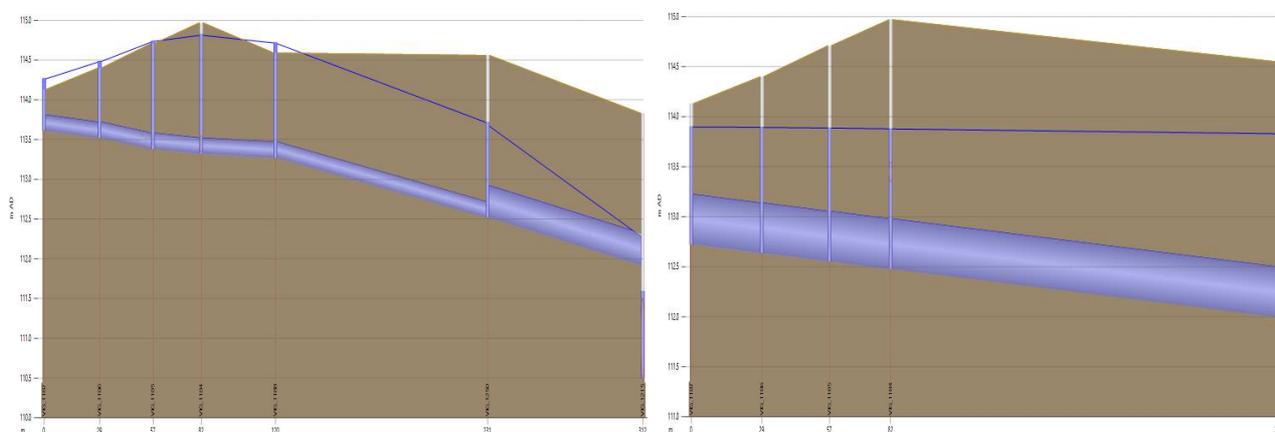
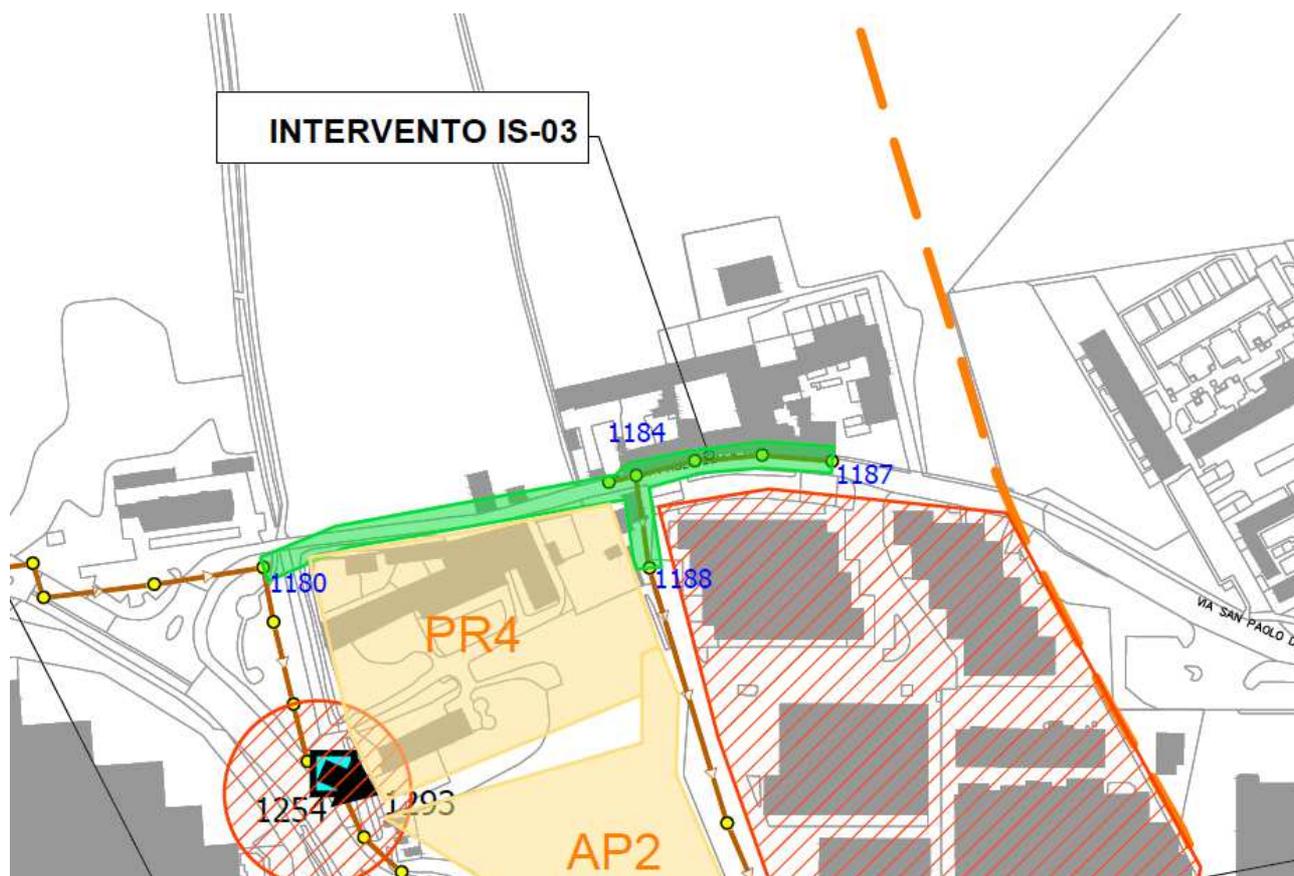


Figura 50 - Interventi IS03 - Potenziamento e nuovo collegamento zona San Pedrino (inquadramento e profili longitudinali di stato di fatto e di progetto)

#### 6.1.4 IS-04 – Adeguamento stazione di sollevamento del sottopasso SP161 (intervento 6. nel DSRI)

L'intervento è volto all'eliminazione della criticità idraulica Pt01 del sottopasso SP161 ed è realizzato tramite:

- adeguamento della stazione di sollevamento del sottopasso con identificazione del corretto punto di scarico della premente.



Figura 51 - Interventi IS04 - Adeguamento stazione di sollevamento del sottopasso SP161 (inquadramento)

#### 6.1.5 IS-05 – Gestione in loco acque meteoriche stradali con soluzioni di drenaggio sostenibile (intervento non previsto dal DSRI)

Su richiesta di CAP, è stato aggiunto il presente intervento che prevede la gestione in loco delle acque meteoriche stradali con soluzioni di drenaggio sostenibile nelle seguenti zone industriali:

- IS-05-01 – Via Lombardia, via Toscana, via Friuli e via Puglia (zona Malpaga);
- IS-05-02 – Via dell'Industria, via del Lavoro, via dell'Artigianato, via privata Molina e via privata Euro Industrie.

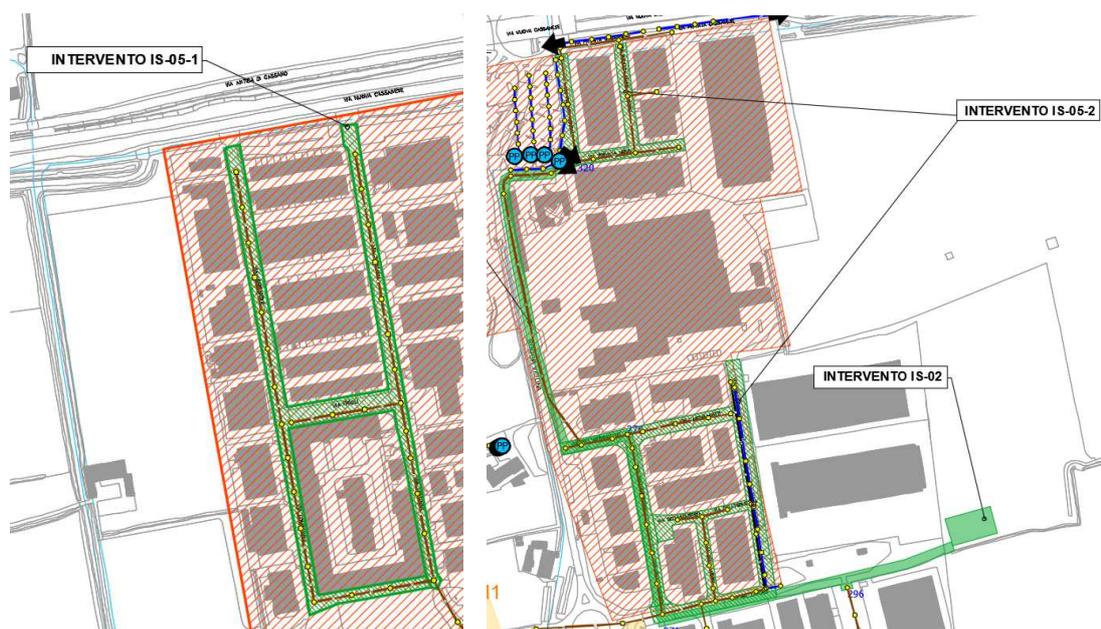


Figura 52 – IS-05 - Gestione in loco acque meteoriche stradali con soluzioni di drenaggio sostenibile



idraulicamente alla rete di Vignate.

Tabella 12 – Quadro riassuntivo piano investimenti CAP Holding

Id	Descrizione Commessa	Descrizione Commessa per Piano d'Ambito	Stato	Anno di riferimento	Comuni interessati	Criticità
7120_2	Piano di riassetto del sottobacino di Vignate/Liscate ai sensi del R.R. 6/2019	Opere di rifacimento collettori consortile ed adeguamento scarichi comunali per diminuzione infiltrazione acque parassite Intervento di disconnessione collettore di Liscate-Vignate	Eseguito	2019	Liscate, Vignate	

L'intervento riguarda la realizzazione delle opere necessarie alla disconnessione idraulica del collettore intercomunale a servizio dei comuni di Vignate e di Liscate dall'impianto di sollevamento a coclee posto in testa all'impianto di depurazione di Truccazzano.

Tale intervento si colloca all'interno delle opere inerenti il sub-agglomerato dei comuni di Liscate e Vignate volto ad una razionalizzazione del sistema idraulico con particolare riferimento alla gestione degli eventi di piena e ad una riduzione dell'apporto di acque parassite particolarmente elevato nel periodo irriguo.

Da un'analisi del sottobacino di Vignate/Liscate con riferimento al R.R. 6/2019 si è identificato il seguente schema:

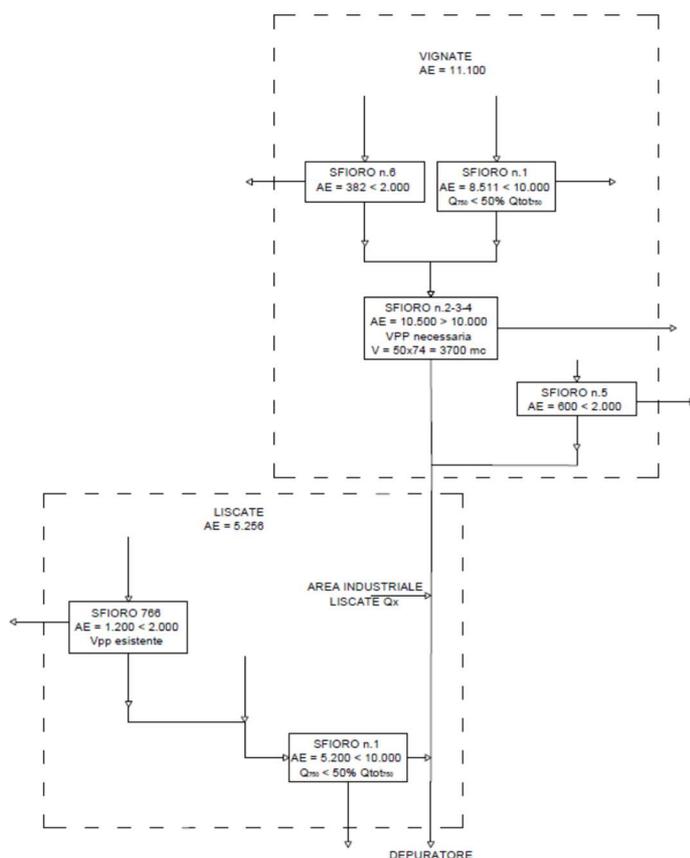


Figura 54 – Schema del sottobacino di Vignate/Liscate

Con questo schema di flusso del sottobacino è stata identificata la necessità di realizzare una vasca di prima pioggia in corrispondenza degli sfioratori posti appena a monte del recapito della rete di fognatura comunale di Vignate nel collettore

intercomunale, in quanto il bacino di monte ha un carico superiore ai 10.000 AE.

La vasca di prima pioggia in progetto avrà un volume utile di circa 1.700 m<sup>3</sup>, volume calcolato come 50 m<sup>3</sup> per ha di superficie impermeabile (33,8 ha) e svolgerà la funzione di trattenere e successivamente inviare al depuratore di Truccazzano le «acque meteoriche di dilavamento» raccolte dalla rete fognaria, ossia le acque di “prima pioggia” che in occasione di ogni evento meteorico, non assorbite o evaporate, dilavano le superfici scolanti arricchendosi d’inquinanti.

Assieme alla vasca di prima pioggia si realizzerà una vasca volano per limitare la portata sfiorata nel fontanile a quanto previsto nel PTUA (ripreso all’art. 8 comma 5 del Regolamento Regionale n. 7/2017), che definisce come limite di portata allo scarico 40 l/s per ettaro di superficie impermeabile.

#### 6.1.8 *Interventi sul reticolo idrico*

Per quanto attiene agli allagamenti contenuti nel PGRA prodotti dal Molgora si segnala che l’Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po, di concerto con Regione Lombardia ha previsto la realizzazione di vasche di laminazione: vasca di Carnate, vasca di Vimercate, vasca di Gorgonzola.

L’assetto di progetto del corso d’acqua, una volta realizzato, porterà ad una sensibile diminuzione del rischio idraulico associato al Molgora.

#### 6.2 Interventi non strutturali

I principali interventi non strutturali riportati nei prossimi paragrafi sono definiti a partire dagli interventi ipotizzati nel Documento Semplificato del rischio idraulico e dalle criticità riportate nel precedente paragrafo 5.2, per le quali non sono stati previsti interventi strutturali specifici perché le criticità segnalate possono essere evitate tramite incentivazione ad interventi privati o attività di verifica e monitoraggio.

##### 6.2.1 *INS-01 – Interventi privati sulle aree industriali settentrionali (intervento non previsto nel DSR)*

La modellazione idraulica ha evidenziato particolari criticità nelle zone industriali localizzate nella parte settentrionale del territorio comunale. Per eliminare le criticità Po5 e Po6 e ridurre la criticità residua Po02 che comunque permane in via Molina a seguito dell’intervento IS-02 previsto dal presente Studio, si consiglia di incentivare la riduzione degli apporti delle acque meteoriche delle zone commerciali/industriali, tramite interventi privati di dispersione e/o laminazione, magari in occasione del rinnovo all’autorizzazione allo scarico, ove previsto. A tal proposito, il gestore nell’ambito della stesura del Documento Semplificato ha trasmesso documentazione e corrispondenza relativa al drenaggio delle zone industriali “Via Toscana e C.C. Acquario”, “Galilei” e “Molina”, in cui auspica una forte riduzione degli apporti meteorici delle tre aree industriali indicate, al fine di migliorare le criticità in essere.

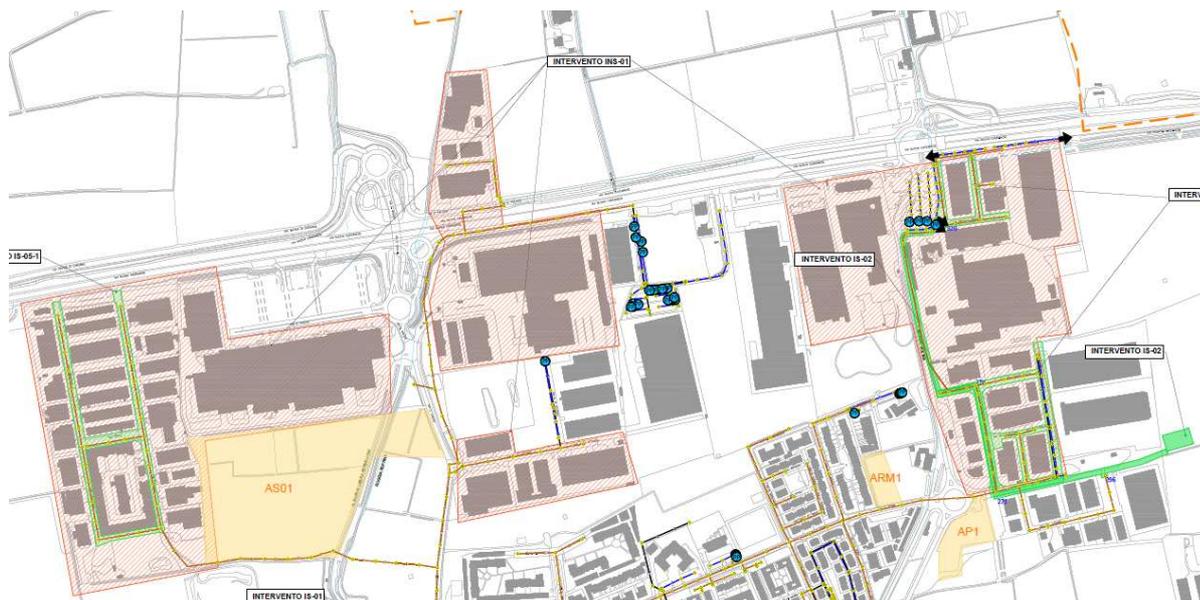


Figura 55 - Interventi privati sulle aree industriali settentrionali

### 6.2.2 INS-02 – Interventi privati sulle aree industriali meridionali (intervento non previsto nel DSRI)

La modellazione idraulica ha evidenziato particolari criticità anche nelle zone industriali localizzate nella parte meridionale del territorio comunale. Per ridurre la criticità residua Po04 che comunque permane nelle aree industriali a seguito dell'intervento IS-03 previsto dal presente Studio, si consiglia, come per le aree industriali settentrionali, di incentivare la riduzione degli apporti delle acque meteoriche delle zone commerciali/industriali tramite interventi privati di dispersione e/o laminazione, magari in occasione del rinnovo all'autorizzazione allo scarico, ove previsto.

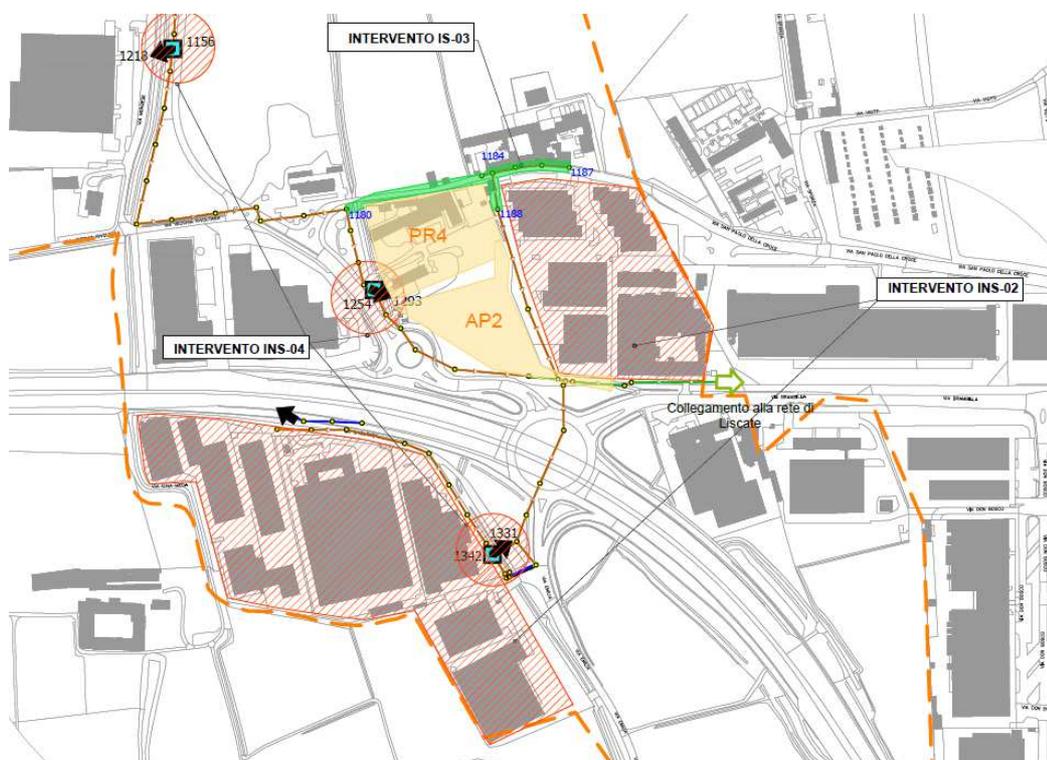


Figura 56 - Interventi privati sulle aree industriali meridionali

### 6.2.3 INS-03 – Interventi sui sottopassi (intervento 6. nel DSRI)

Per la risoluzione delle problematiche potenziali dei sottopassi (criticità da Pt01 a Pt04) si consiglia di:

- effettuare la verifica, il monitoraggio e la pulizia periodica del sistema di drenaggio;
- prevedere un impianto semaforico collegato a sensori di livello.

### 6.2.4 INS-04 – Interventi sui manufatti della rete fognaria (intervento 5. nel DSRI)

Per i manufatti particolari della rete fognaria si consiglia di effettuare le attività di verifica, monitoraggio (anche con sistemi di telecontrollo) e pulizia periodici (criticità da Pt05 a Pt12).

### 6.2.5 INS-05 - Drenaggio urbano sostenibile (generico nel DSRI)

Le misure non strutturali per la mitigazione del rischio idraulico comprendono, inoltre, una vasta 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). Tali 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;
- migliorare la qualità delle acque grazie alla separazione a monte delle acque meteoriche ed alla capacità di trattamento dei sistemi naturali di gestione, che portano ad una riduzione degli inquinanti prevalentemente provenienti dal dilavamento delle strade;
- 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;
- minimizzare i volumi di acqua non passibile di inquinamento scaricata in fognatura.

Nel concreto le misure di drenaggio urbano sostenibile comprendono:

- l'incentivazione dell'estensione delle misure di invarianza idraulica e idrologica anche sul tessuto edilizio esistente, anche mediante la monetizzazione prevista dal Regolamento di Invarianza;

- Incentivazione alla separazione delle acque meteoriche nelle zone densamente urbanizzate 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 rallentare il deflusso (ad. es. tetti verdi).
- la definizione di una corretta gestione delle aree agricole per l'ottimizzazione delle capacità di trattenuta delle acque da parte del terreno;
- Best Practices nella gestione delle aree agricole, al fine di regimare e trattenere in loco le acque, evitandone il deflusso sulle viabilità ed in fognatura.

#### 6.2.6 *INS-06 - Misure di protezione civile (generico nel DSRI)*

Il Piano/Regolamento Comunale di Protezione Civile dovrà essere integrato con gli Elaborati del presente Studio, così da disporre di un ulteriore strumento di controllo predittivo delle aree potenzialmente critiche e poter prevedere procedure specifiche in funzione dell'allerta meteo, comprendenti:

- 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 possano 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);
- Censire, presidiare e verificare con periodicità l'efficienza in loco dei recettori delle acque meteoriche (fossi di guardia, tombini, canalette per esempio);
- Prevedere sistemi di controllo specifico delle esondazioni tramite aste di misura o sistemi automatici, con la funzione di segnalare alla popolazione situazioni di rischio o che comunque possano inibire o ridurre la possibilità di interferenza delle esondazioni nelle zone più depresse nonché, ad esempio, per i sottopassi stradali;
- Attuare procedure di protezione civile quali, allerta della popolazione, presidio idraulico, installazione di barriere temporanee.

#### 6.2.7 *INS-07 - Comunicazione del rischio ai cittadini e pratiche di autoprotezione (generico nel DSRI)*

Un'importante misura non strutturale riguarda la comunicazione del rischio, delle procedure di emergenza già definite e delle misure di autoprotezione e prevenzione alla comunità interessate dagli allagamenti.

A tal fine possono essere organizzati specifici incontri di comunicazione e formazione alla cittadinanza, da parte di operatori specializzati e/o volontari. Gli incontri possono essere effettuati per gruppi omogenei di cittadini, che vivono le stesse situazioni di rischio o sono portatori di interessi analoghi (ad. es commercianti, residenti, industrie) e coinvolgendo

le scuole.

Un aspetto di assoluto rilievo riguarda l'effettiva taratura degli incontri sul territorio specifico, informando sia su concetti generali ma soprattutto sulla reale situazione in essere nei comuni coinvolti. Gli strumenti informativi e di formazione di base da utilizzare possono essere audiovisivi e materiale divulgativo cartaceo messi a disposizione dalle istituzioni, quali ad esempio la Protezione Civile Nazionale o l'Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica (CNR – IRPI).

Un'utile iniziativa di informazione e formazione è quella collegata alla campagna di comunicazione nazionale "Io non rischio" sulle buone pratiche di protezione civile. Il punto di partenza della campagna è la presa di coscienza che l'esposizione individuale ai rischi a cui è soggetto il territorio italiano (terremoto, maremoto, alluvione, frane, etc...) può essere sensibilmente ridotta attraverso la conoscenza del problema, la consapevolezza delle possibili conseguenze e l'adozione di alcuni semplici accorgimenti. Io non rischio è anche lo slogan della campagna, il cappello sotto il quale ogni rischio viene illustrato e raccontato ai cittadini insieme alle buone pratiche per minimizzarne l'impatto su persone e cose.

Nel weekend dedicato alla campagna vengono allestiti degli stand informativi nelle piazze dei comuni interessati. I volontari distribuiscono i materiali informativi e rispondono alle domande dei cittadini sulle possibili azioni da fare per ridurre il rischio alluvione.



Figura 57 – Pieghevole della campagna nazionale "Io non rischio- buone pratiche di protezione civile: alluvione"  
<http://iononrischio.protezionecivile.it/alluvione/materiali-informativi/>

### 6.2.8 INS-08 - Coinvolgimento delle comunità locali: iniziative di Citizen Science (generico nel DSRI)

La direttiva 2007/60/CE ed anche la direttiva quadro sulle acque 2000/60/UE promuovono il coinvolgimento dei cittadini, necessario per garantire il successo della direttiva stessa, che dipende da una stretta collaborazione e da un'azione

coerente a livello locale, della Comunità e degli Stati membri e dall'informazione, dalla consultazione e dalla partecipazione dell'opinione pubblica.

Per coinvolgere i cittadini, oltre alle iniziative di comunicazione descritte al paragrafo precedente, possono essere implementati progetti di Citizen Science applicati agli ambiti di interesse: riqualificazione fluviale, biodiversità, qualità delle acque e rischio idraulico.

Il termine Citizen Science (letteralmente, scienza dei cittadini) indica quel complesso di attività collegati ad una ricerca scientifica a cui partecipano semplici cittadini. È un modo per coinvolgere le comunità locali in attività che comportano una presa di coscienza ed un aumento della conoscenza e della competenza dei cittadini che vi partecipano ed al contempo consente a ricercatori ed istituzioni di ampliare i dati raccolti sulle variabili ambientali, da utilizzare per progetti di ricerca, ma anche per la pianificazione, progettazione e gestione delle emergenze.

L'aumentata conoscenza da parte dei cittadini consente anche scelte più consapevoli e partecipate e di innescare percorsi virtuosi di coinvolgimento, che nel contesto del presente progetto possono essere recepiti e valorizzati all'interno del Contratto di fiume ([www.contrattidifiume.it](http://www.contrattidifiume.it)).

L'ampia diffusione, anche tra i non addetti, di tecnologie e sensori utili per la raccolta dati (ad esempio tramite gli smartphone), rendono possibile attraverso iniziative di Citizen Science il coinvolgimento dei cittadini nella misurazione di grandezze legate ai fiumi, quali ad esempio i livelli idrici o anche le portate.

Nell'ambito delle misure dei livelli idrici si segnalano due progetti di Citizen Science, presentati all'European Geoscience Union 2017 e alla prima conferenza italiana sulla Citizen Science, tenutasi a Roma nel novembre 2017:

- **Crowd Water** (<http://www.crowdwater.ch>): progetto svizzero promosso dall'Università di Zurigo, per la misura relativa dei livelli tramite aste virtuali rispetto uno zero idrometrico fissato dagli utenti, tramite l'utilizzo di smartphone;
- **Cithyd** (Citizen Hydrology <http://cithyd.com>): progetto italiano promosso dalla società WISE, per la misura dei livelli tramite asta idrometrica fisica e l'utilizzo di smartphone.

Il progetto Crowd Water tramite l'App Spotteron, scaricabile gratuitamente sia per Android che per IOS, permette a volontari di inserire aste virtuali e quindi misure su qualsiasi fiume di interesse. All'interno della App è implementata anche la possibilità di indicare classi di umidità del suolo per aree di interesse.

L'immagine seguente mostra alcune schermate della App associata a Crowd Water, come si presenta su un comune smartphone.

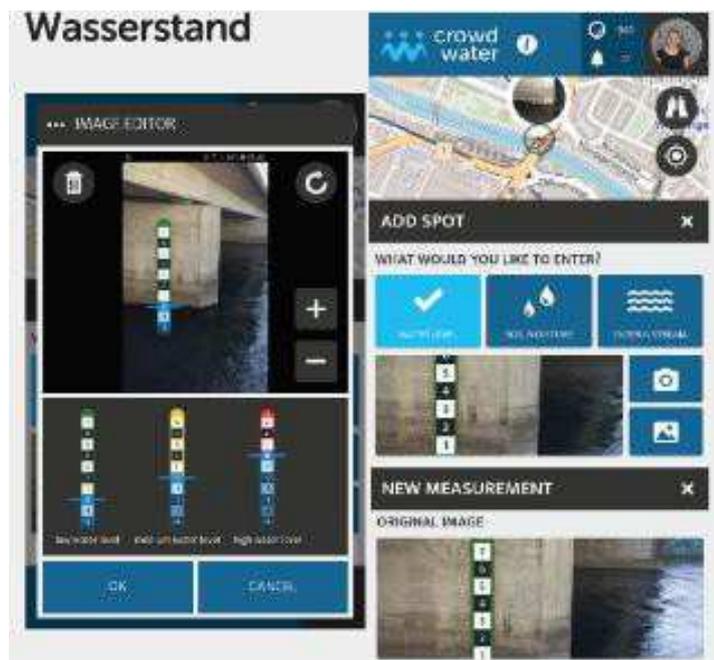


Figura 58 - Alcune schermate del progetto Crowd Water [da [www.crowdwater.ch](http://www.crowdwater.ch)]

Il progetto CITHYD (Citizen Hydrology) è sviluppato tramite una web-App, che riceve i dati di livello idrico misurati dai cittadini in sezioni fluviali dotate di asta idrometrica e di un cartello informativo, munito di codice QR, esegue delle semplici verifiche, memorizza i dati in un geodatabase e li pubblica per tutti (Open Data). L'applicazione è un utile strumento per il coinvolgimento delle persone nella raccolta dati in modo semplice e rapido ed anche per avvicinarle al fiume e al territorio perfluviiale, per la fruizione, l'accrescimento dell'identità territoriale e la cura delle risorse idriche e dell'ambiente. Cithyd è stata citata anche come esempio delle misure previste nel Progetto di sottobacino del Seveso nell'ambito dei Contratti di fiume.

L'immagine seguente mostra alcune schermate della web-App.

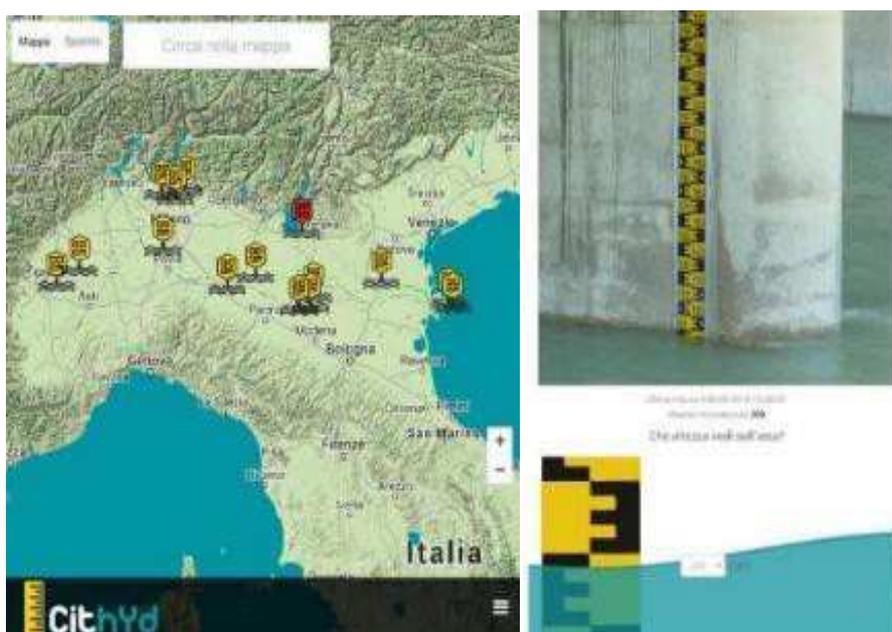


Figura 59- Alcune schermate della web App Cithyd [da [www.cithyd.com](http://www.cithyd.com)]

### 6.2.9 INS-09 - Piani e studi di approfondimento (generico nel DSRI)

Tra le misure non strutturali previste nel PGRA del bacino del Po sono indicati approfondimenti e studi per migliorare la conoscenza della pericolosità e dell'efficacia degli interventi, tramite analisi idrologiche e idrauliche degli scenari di rischio residuale, verifiche di compatibilità di ponti, infrastrutture ed impianti e studi e azioni per prescrivere o promuovere il principio dell'invarianza idraulica (e idrologica). Il presente documento costituisce pertanto già una prima misura non strutturale messa in atto.

### 6.2.10 INS-10 - Difese temporanee (generico nel DSRI)

Oltre alle difese permanenti, volte a diminuire la probabilità di accadimento di un prefissato evento di piena è possibile mettere in atto anche difese di tipo temporaneo, per proteggere il territorio per eventi di piena più gravosi o per diminuire i danni che quell'evento può produrre sul territorio.

Le difese temporanee possono essere adottate, nelle varie tipologie disponibili, sia dai soggetti istituzionali, sia dai cittadini per la difesa delle proprie proprietà private.

Le difese temporanee possono essere indicativamente raggruppate nelle seguenti classi (secondo lo statunitense US Army Corps of Engineers. National Nonstructural/Flood Proofing Committee - NFPC):

- barriere temporanee;
- dispositivi di chiusura;
- valvole antiriflusso;
- sistemi di pompaggio.

Le barriere temporanee sono dispositivi da posizionare in previsione di eventi di piena per gestire l'eventuale allagamento del territorio, si va dai classici sacchetti di sabbia, storicamente usati per questo scopo, a prodotti più tecnologici e recenti, quali barriere tubolari in materiale plastico, riempi- bili ad aria o ad acqua, o ancora a barriere metalliche provvisorie a montaggio manuale.

Nelle immagini seguenti sono mostrate alcuni modelli in commercio delle varie tipologie.



Figura 60 - Barriera temporanea antiesondazione in sacchi di sabbia



Figura 61 - Barriera temporanea in sacchi riempiti con materiale sintetico assorbente



Figura 62 - Barriera temporanea antiesondazione riempita ad aria



Figura 63 - Barriera temporanea antiesondazione riempita ad acqua



Figura 64 - Barriera temporanea antiesondazione autostabile modulare



*Figura 65 - Barriera temporanea modulare con pilastri e panconi manuali in alluminio*

I dispositivi di chiusura sono costituiti da paratoie e panconi a chiusura delle aperture nei muri o recinzioni, per evitare l'ingresso di acqua e sono solitamente utilizzate a protezione degli edifici. Possono essere dei cancelli a tenuta stagna, paratoie a sollevamento automatico o paratoie manuali, da montare in previsione di possibili allagamenti. In funzione dell'importanza dell'edificio o attività da proteggere, dell'evento temuto e dell'esistenza di vincoli di budget è possibile scegliere la tipologia più adatta. Nelle immagini seguenti sono mostrati alcuni dispositivi, sia manuali, che automatici.



*Figura 66 - Paratoia di chiusura a scorrimento orizzontale per un cancello a tenuta idraulica*



*Figura 67 - Paratoie manuali a protezione di porte di ingresso*

L'insufficienza della rete e l'impossibilità da parte del sistema fognario a scaricare le acque raccolte può far sì che le acque in eccesso nella rete fognaria possano trovare improprio sfogo nei terminali installati nelle abitazioni e quindi possano esserci allagamenti dovuti al rigurgito delle acque negli impianti.

Per evitare il verificarsi di tali situazioni e diminuire quindi il danno che le alluvioni possono produrre è consigliato installare

dei dispositivi anti-riflusso tra le tubazioni private e la rete pubblica di raccolta delle acque. L'immagine seguente mostra il funzionamento del sistema antiriflusso, che impedisce alle acque della rete fognaria di risalire la tubazione di scarico.



Figura 68 - Funzionamento del sistema antiriflusso

### 6.2.11 INS-11 Ambiti di trasformazione e misure di invarianza (generico nel DSR)

Nella tabella seguente sono riportati i piani attuativi e gli ambiti di trasformazione individuati nel Documento di Piano del PGT a cui si rimanda per maggiori informazioni.

Tabella 13 - Ambiti di trasformazione

N. Ambito di trasformazione	Sotto Ambito	ST [m <sup>2</sup> ]
1	ARm1	4'460
1	ARm2	12'480
1	ARm3	9'860
1	ARm4	6'766
2	Ap1	8'210
2	AP2	8'146
3	AS1	82'350
4	PR1	1'870
4	PR2	2'700
4	PR3	606
4	PR4	9'000

In particolare:

- gli ambiti ARm sono ambiti da trasformare prevalentemente residenziali a media densità;
- gli ambiti AP sono ambiti da trasformare prevalentemente produttivi e artigianali a media densità;
- gli ambiti AS sono ambiti da trasformare prevalentemente polifunzionali a media densità;
- gli ambiti PR sono ambiti da trasformare soggetti a piano di recupero

La valutazione della superficie impermeabile e quindi del volume di laminazione necessario per i suddetti ambiti di trasformazione può essere in prima battuta, in modo semplificato, condotta prendendo a riferimento i limiti indicati all'art. 12 del Regolamento Regionale 7/2017 e dell'aggiornamento RR 8/2019, che prevede per le aree ad alta criticità idraulica, come il comune suddetto, il soddisfacimento del requisito minimo rappresentato da 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile moltiplicato per il coefficiente P indicato nell'allegato C. Tale valore è da adottarsi quale volume minimo anche

nel caso in cui le metodologie di calcolo adottate, nel rispetto di quanto indicato dallo stesso regolamento, forniscano valori inferiori.

Il comune di Vignate è situato in ambito A (alta criticità idraulica), inoltre l'art. 7 indica che indipendentemente dall'ubicazione territoriale, sono assoggettati ai limiti allo scarico individuati nel medesimo articolo validi per l'ambito A anche le aree inserite nei PGT comunali come piani attuativi previsti nel piano delle regole (o come ambiti di trasformazione).

Di concerto con i tecnici comunali per la stima dei volumi di laminazione in prima battuta sono assunti i seguenti parametri:

- aree impermeabile ( $S_{imp}$ ): 70% della superficie totale ( $S_T$ ) dell'ambito;
- aree verdi ( $S_{av}$ ): 30% della superficie totale ( $S_T$ ) dell'ambito.

Nel calcolo della superficie impermeabile scolante, secondo l'Art.11, comma 2, lettera d), si è fatto riferimento ai seguenti valori dei coefficienti di deflusso  $\phi$ :

- pari a 1.00 per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture, tetti verdi e giardini pensili sovrapposti a solette comunque costituite e pavimentazioni continue quali strade, vialetti e parcheggi;
- pari a 0.30 = per le sottoaree permeabili di qualsiasi tipo.

Il calcolo della superficie impermeabile scolante equivalente ( $S_{eq}$ ), ovvero la superficie indicativa da valutare, è quindi espresso come:

$$S_{eq} = IMP [\%] \times S_T \times 1.00 + AV [\%] \times S_T \times 0.30$$

da cui un volume di laminazione minimo pari a:

$$V_{lam} = 800 [mc/ha_{IMP}] \times P \times S_{eq} [ha_{IMP}].$$

dove il coefficiente P è pari ad 1 per il comune di Vignate. Nella seguente tabella sono indicati i volumi minimi di laminazione per ogni intervento contenuto all'interno del Documento di Piano. Si ricorda che, il calcolo esatto del volume di laminazione, caso per caso, dovrà essere sviluppato all'interno del progetto delle singole opere di invarianza, previsto dall'art. 10 del RR 7/2017 e successivo aggiornamento del RR 8/2019.

Tabella 14 – Stima dei valori di laminazione per gli interventi contenuti nel Documento di Piano

N. Ambito di Trasformazione	Sottoambito	$S_T$	IMP	$S_{imp}$	AV	$S_{av}$	$S_{eq}$		$V_{lam}$
		[m <sup>2</sup> ]	[%]	[m <sup>2</sup> ]	[%]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[ha]	[m <sup>3</sup> ]
1	ARm1	4460	0.7	3122	0.3	1338	3523	0.35	282
1	ARm2	12480	0.7	8736	0.3	3744	9859	0.99	789
1	ARm3	9860	0.7	6902	0.3	2958	7789	0.78	623
1	ARm4	6766	0.7	4736.2	0.3	2030	5345	0.53	428
2	AP1	8210	0.7	5747	0.3	2463	6486	0.65	519
2	AP1	8146	0.7	5702.2	0.3	2444	6435	0.64	515
3	AS1	82350	0.7	57645	0.3	24705	65057	6.51	5205
4	PR1	1870	0.7	1309	0.3	561	1477	0.15	118
4	PR2	2700	0.7	1890	0.3	810	2133	0.21	171
4	PR3	606	0.7	424.2	0.3	182	479	0.05	38

N. Ambito di Trasformazione	Sottoambito	S <sub>T</sub>	IMP	S <sub>imp</sub>	AV	S <sub>av</sub>	S <sub>eq</sub>		V <sub>lam</sub>
		[m <sup>2</sup> ]	[%]	[m <sup>2</sup> ]	[%]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[ha]	[m <sup>3</sup> ]
4	PR4	9000	0.7	6300	0.3	2700	7110	0.71	569

**Volume totale di laminazione 9256**

Si vuole qui sottolineare che gli ambiti di trasformazione potrebbero essere un'ottima opportunità per realizzare soluzioni locali di riduzione dell'afflusso meteorico della rete comunale. Si potrebbe infatti, in concomitanza della variante del PGT, introdurre delle regole per gli ambiti di trasformazione che prevedano delle opere di invarianza al servizio anche dei territori limitrofi. In particolare, si potrebbe richiedere che l'ambito AS01 contenga misure atte a ridurre le problematiche Po05 della zona Malpaga.

#### 6.2.12 INS-12 – Opere di laminazione per ridurre le portate degli scarichi nel ricettore provenienti da sfioratori di piena (intervento non previsto dal DSRI)

La scarsa capacità ricettiva dei corpi idrici superficiali invita alla realizzazione di interventi di laminazione delle acque meteoriche raccolte, secondo le previsioni di legge, come già indicato dal gestore negli interventi a piano di investimento. L'art. 8 del Regolamento regionale 7/2017: «Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori», comma 5 prevede:

«Al fine di contribuire alla riduzione quantitativa dei deflussi di cui all'articolo 1, comma 1, le portate degli scarichi nel ricettore, provenienti da sfioratori di piena delle reti fognarie unitarie o da reti pubbliche di raccolta delle acque meteoriche di dilavamento, relativamente alle superfici scolanti, ricadenti nelle aree A e B di cui all'articolo 7, già edificate o urbanizzate e già dotate di reti fognarie, sono limitate mediante l'adozione di interventi atti a contenerne l'entità entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore e comunque entro il valore massimo ammissibile di 40 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile [...]»

Per una prima valutazione di massima dei volumi di laminazione che occorrerebbero su tutto il territorio comunale è stato utilizzato il metodo delle sole piogge, che mette a confronto il volume di pioggia netta caduto sul bacino ed il massimo volume smaltibile nel rispetto dei parametri sopra citati. In questo modo viene individuato il massimo volume di accumulo necessario per un evento con un dato tempo di ritorno.

Questo metodo, che generalmente fornisce una valutazione per eccesso molto cautelativa del volume  $W_0$  della vasca, si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante. In tali condizioni, applicando un ietogramma netto di pioggia a intensità costante, il volume entrante risulta pari a

$$W_e = S \cdot \phi \cdot a' \cdot \Theta_n$$

dove  $S$  è la superficie del bacino, mentre il volume uscente con evacuazione della vasca a portata costante  $Q_{u,max}$  risulta

$$W_u = Q_{u,max} \Theta$$

Il volume massimo da accumulare nella vasca è pari alla massima differenza tra le due curve e può essere individuato

graficamente riportando sul piano  $(h, \theta)$  la curva di possibilità pluviometrica netta:

$$h_{net} = \varphi \cdot a' \cdot \theta_{n'}$$

e la retta rappresentante il volume, riferito all'unità di area del bacino a monte uscente dalla vasca:

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo, ossia derivando la differenza  $\Delta W = W_e - W_u$ , si ricava la durata critica per la vasca:

$$\theta_w = \left( \frac{Q_{u,max}}{S \cdot \varphi \cdot a' \cdot n'} \right)^{\frac{1}{n'-1}}$$

e il volume di invaso

$$W_o = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a' \cdot \theta_w^n - Q_{u,max} \cdot \theta_w$$

La valutazione effettuata è quindi basata su parametri unicamente idrologici senza tener conto della conformazione della rete e dei meccanismi di trasferimento delle portate all'interno di essa e quindi dei processi di laminazione che già si attuano nelle condotte. Inoltre, viene valutato il massimo volume teorico afferente ai punti di scarico, indipendentemente da eventuali limitazioni dovute alla capacità idraulica della rete.

Con le dovute cautele, si ritiene comunque utile avere un'indicazione teorica approssimata, al fine di permettere una prima quantificazione degli interventi necessari al raggiungimento degli obiettivi del regolamento e consentire prime valutazioni e confronti parametrici.

In questo caso, facendo riferimento a studi condotti su reti fognarie in condizioni analoghe, sono stati considerati i dati per il bacino comunale di Vignate suddiviso nei bacini sottesi dai singoli sfioratori per complessivi 160 ha considerando un  $\varphi = 0.25$ .

I valori di  $\varphi$  considerati sono desunti dai risultati delle modellazioni condotte in territori simili e tengono conto in misura complessiva di tutti i complessi fenomeni che avvengono nella trasformazione afflussi – deflussi, nonché dell'accumulo temporaneo dell'acqua sul terreno e nelle tubazioni e degli allagamenti che di solito si producono localmente nei territori urbani già per tempi di ritorno di 5 – 10 anni.

Per i parametri della curva di possibilità pluviometrica sono stati adottati i valori stimati da ARPA nello studio STRADA per il tempo di ritorno 10 anni.

In base alla metodologia descritta si ottiene un volume di laminazione teorico complessivo pari a circa 12.200 mc suddiviso nei singoli sfioratori come da tabella seguente.

	Nr	Sfioro Codice ID Gis	Scarico	Bacino		Volume laminazione mc	Note
				kmq	ha		
VIGNATE	1	847	1044	1,09	109,10	8.387	
VIGNATE	2	1143	1144	0,29	29,30	2.252	
VIGNATE	3	1156	1218	0,06	6,21	478	
VIGNATE	4	1254	1293	0,04	3,76	289	
VIGNATE	5	1342	1331	0,08	7,60	584	
VIGNATE	6	918	920	0,04	3,58	275	
VIGNATE	N/D	1117	VL	-	-	-	Immissione vasca a tenuta
			<b>Totale</b>		<b>160</b>	<b>12.264</b>	

È da rilevare innanzitutto che la stima condotta è affetta da l'inevitabile approssimazione e semplificazione propria del metodo adottato. Schematizzazioni più complesse o, ancora di più, il ricorso a modelli numerici della rete fognaria sono ovviamente necessari per le successive fasi di approfondimento come quanto previsto dall'applicazione dell'art. 14 del regolamento regionale 7/2017 (Studio idraulico comunale) all'art. 14 del regolamento regionale 6/2019 (Programma di riassetto delle fognature e degli sfioratori).

Gli interventi di laminazione possono essere attuati attraverso la realizzazione di vasche di accumulo, interrate e non, sistemi in linea quali ad esempio supertubi, o sfruttando dove possibile la stessa capacità residua di invaso della rete.

Inoltre, possono essere ricavati volumi di laminazione anche in modo diffuso, individuando aree sulle quali può essere consentito un certo livello di allagamento in determinate condizioni.

Infine, si può intervenire riducendo l'area scolante impermeabile attraverso misure di de-impermeabilizzazione o riducendo le portate immesse nella rete di drenaggio.

Nelle zone agricole, il ruscellamento superficiale delle acque provenienti dai campi può essere trattato mediante l'impiego di fossi in grado di accumulare e laminare o trattenere le acque.

In funzione anche delle nuove aree di trasformazione è ipotizzabile il ricorso a pavimentazioni permeabili, da impiegare come volume di accumulo qualora non fosse possibile l'infiltrazione, previo inserimento di opportuni presidi per la qualità delle acque.

### 6.3 Priorità di intervento

Nel presente paragrafo viene proposta una priorità di intervento determinata di concerto con Comune e Gestore del S.I.I. in funzione della pericolosità idraulica, di quanto definito in sede di Documento Semplificato del rischio idraulico comunale e degli approfondimenti effettuati in questa fase

Nella tabella seguente sono riportati gli interventi proposti con il relativo livello di priorità.

Tabella 15 - Tabella interventi

INTERVENTI STRUTTURALI				
CODICE	UBICAZIONE	DESCRIZIONE	CRITICITA' RISOLTA	PRIORITA'
IS-01	Via G. Galilei	Vasca volano di via G. Galilei	Po01, riduzione Po05	ALTA
IS-02	Via del Lavoro	Potenziamento rete e vasca volano di via del Lavoro	Po02	ALTA
IS-03	Via San Pedrino	Potenziamento e nuovo collegamento zona San Pedrino	Po04	ALTA

IS-04	SP161	Adeguamento stazione di sollevamento del sottopasso SP161	Pt01	ALTA
IS-05-1	Via Lombardia, via Toscana, via Friuli, via Puglia	Gestione in loco acque meteoriche stradali con soluzioni di drenaggio urbano sostenibile	Riduzione Po05	BASSA
IS-05-2	Via dell'industria, via del lavoro, via dell'artigianato, via privata Molina, via privata Euro Industrie	Gestione in loco acque meteoriche stradali con soluzioni di drenaggio urbano sostenibile	Riduzione Po02	BASSA
<b>INTERVENTI PIANO INVESTIMENTI CAP</b>				
-		Piano di riassetto del sottobacino di Vignate/Liscate ai sensi del R.R. 6/2019		MEDIA
<b>INTERVENTI NON STRUTTURALI</b>				
INS-01	Zona settentrionale del territorio comunale	Interventi privati sulle aree industriali settentrionali	Po05, Po6 e residuo Po02	
INS-02	Zona meridionale del territorio comunale	Interventi privati sulle aree industriali meridionali	residuo Po04	
INS-03	Varie	Interventi sui sottopassi	Pt01, Pt02, Pt03, Pt04	
INS-04	Varie	Interventi sui manufatti della rete fognaria	Pt04, Pt05, Pt06, Pt07, Pt08, Pt09, Pt010, Pt11, Pt12	
INS-05	Tutto il territorio comunale	Drenaggio urbano sostenibile		
INS-06	Tutto il territorio comunale	Misure di protezione civile		
INS-07	Tutto il territorio comunale	Comunicazione del rischio ai cittadini e pratiche di autoprotezione		
INS-08	Tutto il territorio comunale	Coinvolgimento delle comunità locali: iniziative di Citizen Science		
INS-09	Tutto il territorio comunale	Piani e studi di approfondimento		
INS-10	Tutto il territorio comunale	Difese temporanee		
INS-11	Aree di trasformazione	Opere di laminazione in accordo con il RR7/17		
INS-12	Varie	Opere di laminazione per ridurre le portate degli scarichi nel ricettore provenienti da sfioratori di piena		

#### 6.4 Risultati delle simulazioni nello scenario di stato di progetto

In estrema sintesi, analizzando le “Carte di pericolosità idraulica di stato di progetto”, per tempo di ritorno T=10 anni le principali criticità riscontrate nello stato di fatto sono del tutto risolte. Gli allagamenti che permangono per T=50 anni e per T=100 anni, seppur ridotti, dipendono dal fatto che gli interventi strutturali sono stati dimensionati per T=10 anni.

Nelle figure seguenti si riportano gli allagamenti per i vari tempi di ritorno nello scenario di progetto; per un maggior dettaglio si rimanda alle tavole T03 “Carte di pericolosità idraulica di stato di progetto” allegate.



Figura 69 - Allagamenti stato di progetto T=10 anni



Figura 70 - Allagamenti stato di progetto T=50 anni



Figura 71 - Allagamenti stato di progetto T=100 anni

## 7 Documenti di riferimento utilizzati

- Regolamento Regionale 23 novembre 2017 – n. 7
- Regolamento Regionale 19 aprile 2019 – n. 8
- Piano Governo del Territorio di Vignate
- Documento semplificato del rischio idraulico di Vignate realizzato da Studio Maione
- WebGIS Acquedotto e fognatura, CAP Holding

## 8 Bibliografia

- Infoworks – Manuale d'uso – Wallingford Software
- Linee guida per la redazione degli studi comunali del rischio idraulico, Cap Holding, Luglio 2019
- Masseroni D., Massara F., Gandolfi C., and Bischetti G.B. 2018. Manuale sulle buone pratiche di utilizzo dei sistemi di drenaggio urbano sostenibile. Cap Holding, Università degli Studi di Milano
- Studio idraulico di gestione del rischio idraulico di Sesto San Giovanni realizzato da Studio Maione

## 9 Registro dati

Nella tabella seguente è riportato il registro dei dati.

## REGISTRO DEI DATI

NUM	CATEGORIA	TIPOLOGIA DATO	DESCRIZIONE DATO	LIVELLO DI AFFIDABILITA'	UTILIZZATO	CONTESTO UTILIZZO	FORTE	NOME FILE	LINK	NOTE
DT-CG-01	GEOMETRICI - RETE FOGNARIA	SHAPEFILE NODE	informazione sugli elementi puntuali della rete fognaria (pozzi, vasche, nodi fittizi, ecc.)	3 - elevata	si	modellazione della rete	CAP	SWS_SEWER_NODE.shp	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-02	GEOMETRICI - RETE FOGNARIA	SHAPEFILE LINK	informazioni sugli elementi lineari della rete fognaria (condotti, pompe, soglie di sfioro, ecc.)	3 - elevata	si	modellazione della rete	CAP	SWS_REACH.shp	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-03	GEOMETRICI - RETE FOGNARIA	MODELLO ICMT DELLA RETE	Modello della rete infoworks con riportati node, link, subcatchment, polygon	3 - elevata	si	modellazione della rete	CAP	Vignate.icmt	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-04	GEOMETRICI - RETE FOGNARIA	RELAZIONE ACCOMPAGNAMENTO MODELLO	Illustrazione dell'attività di modellazione	3 - elevata	si	modellazione della rete	CAP	20171110 - Vignate Relazione Stato fatto.pdf	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-05	GEOMETRICI - RETE FOGNARIA	GIS ACQUE DI LOMBARDIA	informazioni su tutti gli elementi della rete, monografie, foto, videoispezioni	3 - elevata	si	modellazione della rete	CAP	-	<a href="https://professionisti-sit.acquedilombardia.it/galleryprofessionisti/">https://professionisti-sit.acquedilombardia.it/galleryprofessionisti/</a>	
DT-CG-06	GEOMETRICI-RETICOLO IDRICO SUPERFICIALE	RETICOLO IDROGRAFICO REGIONALE UNIFICATO (RIRU)	informazioni sugli elementi lineari sui corsi d'acqua	3 - elevata	si	cartografia	REGIONE LOMBARDIA	VARI	<a href="https://www.geoportale.regione.lombardia.it/">https://www.geoportale.regione.lombardia.it/</a>	
DT-CG-07	DTM 5X5 m	FILE RASTER	Modello digitale del terreno con maglia 5x5 m	2 - sufficiente	si	Modellazione 2D	REGIONE LOMBARDIA	VARI	<a href="https://www.geoportale.regione.lombardia.it/">https://www.geoportale.regione.lombardia.it/</a>	
DT-CG-08	MONITORAGGIO	RELAZIONE	Report 1 - SERVIZIO DI CAMPAGNE DI MONITORAGGIO DI PORTATE NELLE RETI FOGNARIE E NEI COLLETTORI DI PROPRIETÀ CAP - Agglomerato di Trucazzano- periodo novembre 2019 - aprile 2020	3 - elevata	si	taratura del modello	CAP	1918.MIS.RPT01.TRUCCAZZANO.01.pdf	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-08	MONITORAGGIO	RELAZIONE	Report 2 - SERVIZIO DI CAMPAGNE DI MONITORAGGIO DI PORTATE NELLE RETI FOGNARIE E NEI COLLETTORI DI PROPRIETÀ CAP - Agglomerato di Trucazzano- periodo maggio 2020 - ottobre 2020	3 - elevata	no	taratura del modello	CAP	1918.MIS.RPT02.TRUCCAZZANO.00.pdf	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-09	MONITORAGGIO	TAVOLA GRAFICA	Punti di misura e Flowchart	3 - elevata	si		CAP	1918_TAV ESE_CAP_agg1 TRUCCAZZANO_03	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-09	MONITORAGGIO	DATI EXCEL	Dati piogge-portate	3 - elevata	si	taratura del modello	CAP	VARI	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-10	IDROLOGICI	LSPD	linee segnalatrici di possibilità pluviometrica definite da dati acquisiti negli ultimi 10-15 anni dall'attuale rete di monitoraggio idro-nivo-meteorologico	3 - elevata	si	condizione al contorno della modellazione	ARPA	-	<a href="http://ita.arpalombardia.it/ITA/servizi/richesta_dati/ldro_pluvio_termo.asp">http://ita.arpalombardia.it/ITA/servizi/richesta_dati/ldro_pluvio_termo.asp</a>	
DT-CG-11	INFORMAZIONE CRITICITA'	RELAZIONE	definizione delle criticità della fognatura	3 - elevata	si	taratura del modello/definizione interventi	CAP	relazione generale VIGNATE.pdf	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-12	INFORMAZIONE CRITICITA'	REPORT CRITICITA'	Report pronto intervento contenente l'estrazione degli ultimi anni delle segnalazioni/intervento del pronto intervento inerente problematiche di allagamento	3 - elevata	si	taratura del modello/definizione interventi	CAP	VIGNATE_ap.xlsx	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-13	INFORMAZIONE CRITICITA'	REPORT SINISTRI	registro dei sinistri verificatesi inerenti problematiche di allagamento	3 - elevata	si	taratura del modello/definizione interventi	CAP	Sinistri VIGNATE.xlsx	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-14	INFORMAZIONE FALDA	SOGGIACENZA	poligono all'estensione dei confini comunali che riporta la classe di soggiacenza e di criticità	2 - sufficiente	si	individuazione delle zone non adatte o poco adatte all'infiltrazione	CAP	Sogg_Vignate.shp	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-15	INFORMAZIONE FALDA	SOGGIACENZA	linee di separazione della soggiacenza	2 - sufficiente	si	individuazione delle zone non adatte o poco adatte all'infiltrazione	CAP	isolinee_sogg_Vignate.shp	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-16	INFORMAZIONE FALDA	OSCILLAZIONE FALDA	poligono all'estensione dei confini comunali che riporta la classe di oscillazione e di criticità	2 - sufficiente	si	individuazione delle zone non adatte o poco adatte all'infiltrazione	CAP	Osc_Vignate.shp	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-17	INFORMAZIONE FALDA	OSCILLAZIONE FALDA	linee di separazione dell'oscillazione della falda	2 - sufficiente	si	individuazione delle zone non adatte o poco adatte all'infiltrazione	CAP	isolinee_osc_Vignate.shp	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-18	INFORMAZIONE FALDA	CONDUCIBILITA' IDRAULICA DELLA ZONA VADOSA	permeabilità del terreno	2 - sufficiente	si	individuazione delle zone non adatte o poco adatte all'infiltrazione	CAP	uhc_VIGNATE.shp	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-19	INFORMAZIONE FALDA	RELAZIONE	Nota per lettura dati di falda	3 - elevata	si	individuazione delle zone non adatte o poco adatte all'infiltrazione	CAP	Note per la lettura dei dati di falda.docx	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-20	DOCUMENTO SEMPLIFICATO	RELAZIONE GENERALE	Il documento semplificato contiene la determinazione semplificata delle condizioni di pericolosità idraulica e l'individuazione delle misure strutturali e non strutturali	2 - sufficiente	si	taratura del modello/definizione interventi	CAP	relazione generale VIGNATE R12_RL.pdf	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-21	DOCUMENTO SEMPLIFICATO	TAV 1	Carta di sintesi delle caratteristiche idrogeologiche	2 - sufficiente	si	individuazione delle zone non adatte o poco adatte all'infiltrazione	CAP	VIGNATE_TAV_1_R02.pdf	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-22	DOCUMENTO SEMPLIFICATO	TAV 2	Carta delle problematiche	2 - sufficiente	si	taratura del modello	CAP	VIGNATE_TAV_2_R03.pdf	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-23	DOCUMENTO SEMPLIFICATO	TAV 3	Carta degli interventi -pin generale	2 - sufficiente	si	definizione degli interventi	CAP	VIGNATE_TAV_3_R04.pdf	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-24	DOCUMENTO SEMPLIFICATO	TAV 3A	Carta degli interventi - stralcio A	2 - sufficiente	si	definizione degli interventi	CAP	VIGNATE_TAV3A_R03.pdf	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-25	DOCUMENTO SEMPLIFICATO	TAV 3B	Carta degli interventi - stralcio B	2 - sufficiente	si	definizione degli interventi	CAP	VIGNATE_TAV3B_R03.pdf	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-26	DOCUMENTO SEMPLIFICATO	TAV 3C	Carta degli interventi - stralcio C	2 - sufficiente	si	definizione degli interventi	CAP	VIGNATE_TAV3C_R03.pdf	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-27	DOCUMENTO SEMPLIFICATO	SHAPEFILE PROBLEMATICHE PUNTUALI	Descrizione e localizzazione delle problematiche puntuali	2 - sufficiente	si	taratura del modello	CAP	Problematiche_point.shp	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-27	DOCUMENTO SEMPLIFICATO	SHAPEFILE PROBLEMATICHE PUNTUALI	Descrizione e localizzazione delle problematiche lineari	2 - sufficiente	si	taratura del modello	CAP	Problematiche_line.shp	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-28	DOCUMENTO SEMPLIFICATO	SHAPEFILE PROBLEMATICHE POLIGONALI	Descrizione e localizzazione delle problematiche estese	2 - sufficiente	si	taratura del modello	CAP	Problematiche_poly.shp	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-29	DOCUMENTO SEMPLIFICATO	SHAPEFILE INTERVENTI STRUTTURALI	Descrizione e localizzazione degli interventi strutturali	2 - sufficiente	si	definizione degli interventi	CAP	Interventi_strutturali.shp	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-30	DOCUMENTO SEMPLIFICATO	SHAPEFILE AREA INVARIANZA	Aree potenziali per l'attuazione di misure di invarianza	2 - sufficiente	si	definizione degli interventi	CAP	Aree_invarianza.shp	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-31	DOCUMENTO SEMPLIFICATO	SHAPEFILE INTERVENTI NON STRUTTURALI	Descrizione e localizzazione degli interventi non strutturali	2 - sufficiente	si	definizione degli interventi	CAP	Interventi_non_strutturali.shp	<a href="https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3">https://owncloud.capholdingtecnologie.it/index.php/s/D3c3LptneFq2Z3</a>	
DT-CG-32	PGT COMUNE DI VIGNATE	VARI	VARI	3 - elevata	si	analisi delle criticità	PGTWEB	vari	<a href="https://www.multiplan.serviziri.it/">https://www.multiplan.serviziri.it/</a>	