



COMUNE DI BAGNACAVALLO

Sede Legale: Piazza della Libertà, 12
48012 Bagnacavallo (RA)

INTERVENTI PER LA SICUREZZA IDRAULICA DELL'ABITATO DI GLORIE DI BAGNACAVALLO CUP C31B22000700001

PROGETTO ESECUTIVO

Relazioni tecniche:

Allegato:

1

Tavola:

3

RELAZIONE IDRAULICA

Scala:

Nome file

Codice commessa

Data Progetto:

1.3 – Relazione idraulica

MAGGIO 2024



AZIENDA CERTIFICATA ISO 9001

Via G. Oberdan n° 32 - 47121 Forlì (FC)

Tel. 0543/795295 - Email: info@rlingegneria.it - www.rlingegneria.com

Il Progettista:

Ing. RAFFAELLA LOMBARDI

Procedura di controllo interno

Rev.	DESCRIZIONE:	Redazione:	Verifica:	Validazione:	Data
00	EMISSIONE	LF	RL/LF	RL	MAGGIO 2024

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	4
3	METODOLOGIA DI STUDIO	6
4	ANALISI IDROLOGICA.....	7
4.1	DEFINIZIONE DELLE CURVE SEGNALETRICI DI POSSIBILITA' CLIMATICA	7
4.2	MODELLO IDROLOGICO	9
5	MODELLAZIONE IDRAULICA	11
5.1	DEFINIZIONE DELLA RETE	11
5.2	DEFINIZIONE DEI SOTTOBACINI E LORO PARAMETRI.....	12
5.3	DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DELLE CONDOTTE	14
6	ANALISI DELLA RETE ALLO STATO DI FATTO.....	15
6.1	RISULTATI CON TEMPO DI RITORNO (TR) 10 ANNI E DURATA DI PIOGGIA (tp) 15 MIN	16
6.2	RISULTATI CON TEMPO DI RITORNO (TR) 10 ANNI E DURATA DI PIOGGIA (tp) 60 MIN	19
6.3	CONSIDERAZIONI SULLO STATO DELLA RETE ATTUALE.....	22
7	INTERVENTI DI PROGETTO.....	24
7.1	INTERVENTO 1 – VIA II GIUGNO LATO SUD	24
7.2	INTERVENTO 2 – TRAVERSA DELLE SABBIONE	26
7.3	INTERVENTO 3 – VIA II GIUGNO LATO NORD E VIA ZOLI.....	26
7.4	INTERVENTO 4 – VIA II GIUGNO LATO NORD E VIA LUCCI	27
8	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI ALLO STATO DI PROGETTO	28
8.1	RISULTATI CON TEMPO DI RITORNO (TR) 10 ANNI E DURATA DI PIOGGIA (tp) 15MIN	28
8.2	RISULTATI CON TEMPO DI RITORNO (TR) 10 ANNI E DURATA DI PIOGGIA (tp) 60 MIN	34
9	CONCLUSIONI	38

1 PREMESSA

La presente relazione si configura come step di analisi successiva del progetto esecutivo rispetto alle considerazioni eseguite nel precedente progetto di fattibilità tecnico-economica. Il presente progetto esecutivo, denominato *“Interventi per la sicurezza idraulica dell’abitato di Glorie di Bagnacavallo”*, propone quindi nel dettaglio lo studio idraulico effettuato, ed affinato a seguito di ulteriori approfondimenti eseguiti in campo, sullo stato attuale della rete fognaria dell’abitato di Glorie e di presentare, alla luce della definizione del dettaglio degli interventi da eseguire, la prima serie di interventi da poter metter in campo per la risoluzione delle criticità che la rete stessa presenta.

La modellazione idraulica di seguito presentata si configura come uno step successivo ad un precedente studio idraulico, effettuato nel 2021, che, pur nascendo dalla richiesta di una singola proprietà privata (Foglio 13 mappali 556, 557 e 558 di superficie catastale 6.720 mq), era poi di fatto andato ad indagare lo stato dell’arte della fognatura mista a servizio dell’intero agglomerato urbano di Glorie, mettendone in luce le criticità presenti e proponendo anche eventuali opere da realizzarsi.

A tale studio sono seguiti diversi interventi ad opera di Hera S.p.A. che, seppur puntuali, hanno senza alcun dubbio alleviato il carico fognario preesistente, senza però arrivare del tutto a sanarlo.

Nei capitoli seguenti verrà quindi prima indagato lo stato di fatto della rete fognaria di tipo misto che scorre nell’abitato e, una volta evidenziate le criticità tramite i risultati di un modello idraulico appositamente costruito (modello che tiene conto degli interventi sulla rete fognaria intercorsi dal 2021), verranno proposte una serie di interventi da mettere in campo per poter arrivare alla risoluzione delle stesse; tali risultati verranno presentati attraverso i risultati del medesimo modello idraulico debitamente aggiornato.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area oggetto di intervento è localizzata nella frazione di Glorie del Comune di Bagnacavallo, in provincia di Ravenna (RA) e la modellazione idraulica ha interessato l'intero agglomerato urbano di Glorie, per un'area di estensione pari a circa 30,50 ha.



Figura 1: individuazione della frazione di Glorie all'interno del territorio del Comune di Bagnacavallo.



Figura 2: Inquadramento territoriale della frazione di Glorie oggetto di studio su base ortofoto.

A scala territoriale, l'abitato si colloca in una zona di pianura alluvionale, in sinistra idrografica del fiume Lamone. Tale fiume, che costituisce il corso d'acqua principale della zona, ha carattere pensile, ossia presenta un argine fluviale rialzato a protezione dell'abitato.

La rete idrografica secondaria è costituita dal reticolo idrografico minore e dai canali di bonifica (ente gestore Consorzio di Bonifica della Romagna Occidentale) che interessano le aree agricole contermini all'abitato.

L'agglomerato urbano è invece drenato da una rete fognaria di tipo misto, in gestione ad Hera S.p.A., che presenta una serie di scolmatori di piena.

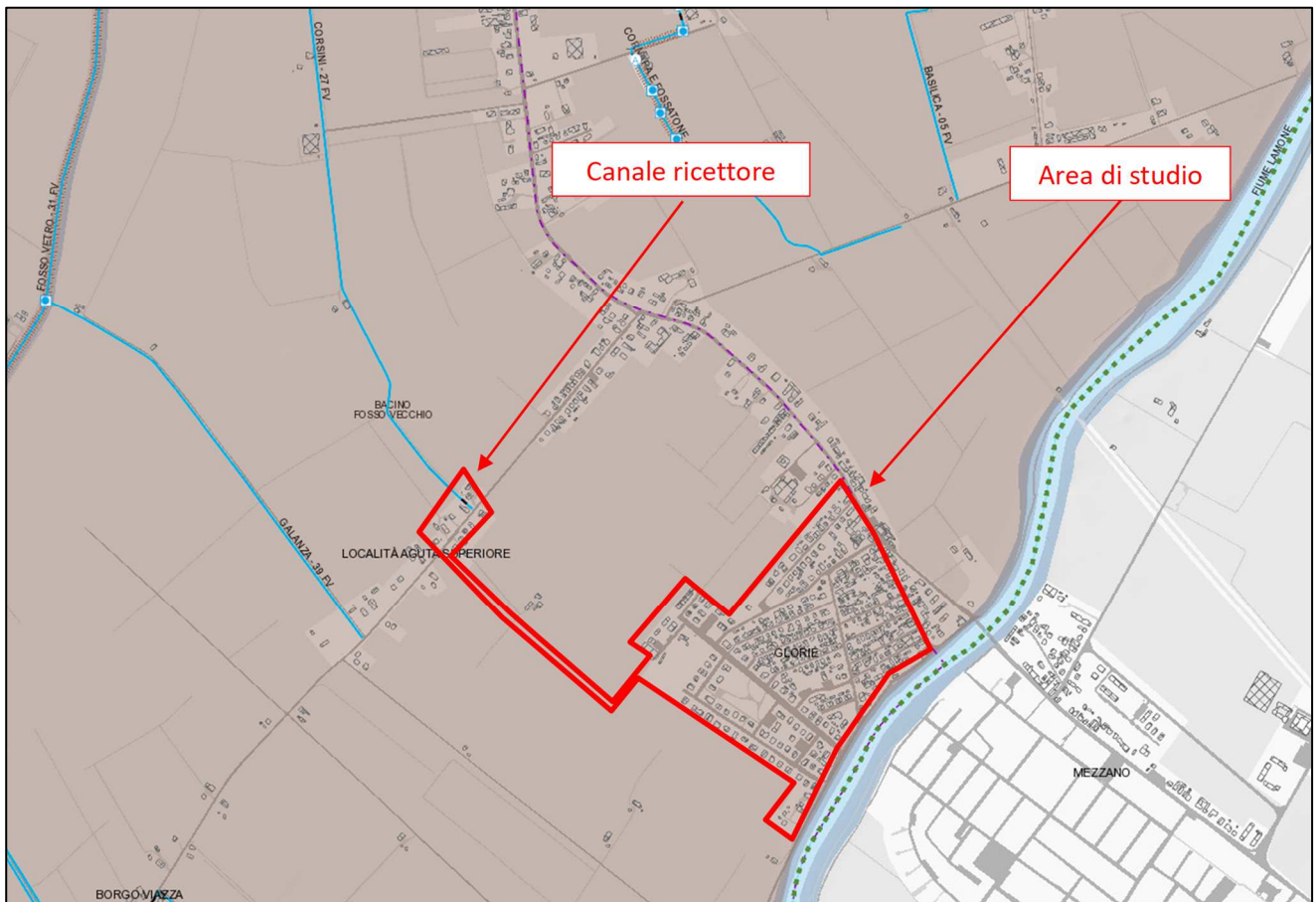


Figura 3: Inquadramento dell'area con reticolo idrografico consorziale (fonte: webgis Consorzio di Bonifica della Romagna Occidentale).

3 METODOLOGIA DI STUDIO

La modellazione idraulica alla base della presenta progettualità riguarda la rete fognaria di drenaggio meteorico dell'abitato di Glorie e si pone l'obiettivo di valutare lo stato dell'arte della rete fognaria dell'abitato, al fine di verificare le criticità idrauliche in essere, e valutare le eventuali opere atte a ridurre e mitigare il rischio idraulico esistente.

La metodologia di analisi ha previsto i seguenti passaggi:

1. Ricostruzione dello stato dell'arte del sistema di deflusso delle acque meteoriche dell'agglomerato di Glorie mediante studio delle planimetrie della rete fognaria e del reticolo idrografico superficiale, secondo le informazioni acquisite e messe a disposizione dagli enti gestori (nello specifico il gestore delle reti fognarie Hera S.p.A., il gestore del reticolo di bonifica Consorzio di Bonifica Occidentale ed il Comune di Bagnacavallo) ed anche mediante l'esecuzione di un rilievo topografico delle principali dorsali della rete;
2. Individuazione preliminare delle criticità idrauliche attuali e note della rete fognaria scolante e delle officiosità in capo al reticolo consorziale ricevente, mediante confronto con gli enti gestori delle reti sopradetti;
3. Individuazione delle curve di possibilità pluviometrica relative a tempi di ritorno di analisi e definizione degli eventi di pioggia critici che sollecitano l'agglomerato;
4. Ricostruzione del modello idraulico della rete, con riferimento allo stato di fatto, mediante modello numerico EPA – SWMM;
5. Analisi dei risultati ottenuti allo stato di fatto, confrontando i risultati con le risultanze delle criticità idrauliche attuali conclamate;
6. Identificazione e pre-dimensionamento di massima delle eventuali misure atte a mitigare il rischio idraulico.

4 ANALISI IDROLOGICA

Al fine di poter valutare lo stato attuale, in termini di officiosità della rete fognaria, si deve tener conto che:

- Per la verifica del sistema di invaso e drenaggio risulta importante individuare il tempo di pioggia che determina la massima entità dei volumi di pioggia netta generati dall'evento, analizzando quindi la risposta del bacino a seguito di precipitazioni di lunga durata;
- In termini di capacità di trasporto del sistema risulta invece importante determinare la durata di precipitazione che genera l'afflusso di portata in rete. Infatti tale durata della precipitazione determina l'intensità della pioggia ed il volume affluito e quindi la portata da smaltire generata dall'evento meteorico.

In linea di massima si può affermare che le precipitazioni più brevi assumono una maggiore intensità rispetto a quelle più prolungate; d'altra parte i volumi affluiti alla rete di bonifica a seguito di lunghi eventi meteorici risultano maggiori rispetto a quelli relativi a scrosci brevi ma intensi.

La precipitazione di progetto/verifica risulta definita pertanto una volta fissati:

- La durata della precipitazione (tp);
- Il tempo di ritorno (TR).

Il tempo di ritorno dell'evento di pioggia, per la presente modellazione, è stato assunto pari a 10 anni ($TR=10$);

La durata della precipitazione è stata scelta, per eventi brevi ma intensi pari a 15 min ($tp = 15 \text{ min} = 0,25 \text{ h}$) e per eventi di maggiore durata pari a 60 min ($tp = 15 \text{ min} = 1 \text{ h}$).

4.1 DEFINIZIONE DELLE CURVE SEGNALETRICI DI POSSIBILITA' CLIMATICA

Le Curve Segnaletrici di Possibilità Climatica sono particolari tipi di curve che esprimono la relazione tra le altezze massime e le durate di pioggia che si possono verificare in una determinata zona, per un assegnato valore del tempo di ritorno.

$$h_p(TR) = a(TR) \cdot d^{n(TR)}$$

$$i_p(TR) = h_p(TR) / d$$

Dove:

- h_p = altezza di precipitazione (mm);
- i_p = intensità di precipitazione (mm/h);
- d = durata della precipitazione (ore);
- $a - n$ = parametri desunti dall'interpolazione dei valori sperimentali;
- TR = tempo di ritorno.

I parametri a ed n quindi dipendono dalla zona geografica e dal tempo di ritorno scelto (in questo caso pari a 10 anni, come precedentemente affermato).

Il Comune di Bagnacavallo, in provincia di Ravenna, ricade all'interno dell'Autorità di Bacino distrettuale del Fiume Po, in cui è confluita l'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli. Il PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) individua i seguenti parametri delle curve segnalatrici di possibilità climatica per la Romagna:

per $T_p < 1h$

TR (anni)	a				n			
	Rimini	Cesena	Forlì	Ravenna	Rimini	Cesena	Forlì	Ravenna
10	43.23	37	37	37	0.67	0.48	0.48	0.48
30	54.64	47	47	47	0.73	0.48	0.48	0.48
50	59.86	53	53	53	0.75	0.48	0.48	0.48
200	73.95	68	68	68	0.79	0.48	0.48	0.48

per $T_p \geq 1h$

TR (anni)	a				n			
	Rimini	Cesena	Forlì	Ravenna	Rimini	Cesena	Forlì	Ravenna
10	40.86	35	35	35	0.28	0.33	0.33	0.33
30	51.09	51	48	51	0.27	0.29	0.30	0.28
50	55.76	58	54	58	0.27	0.29	0.28	0.30
200	76.63	74	72	74	0.26	0.29	0.28	0.30

Tabella 1: Dati dell'evento di progetto.

Pertanto, dalla ricostruzione delle curve di possibilità pluviometrica, è stato possibile ricavare per ogni evento di pioggia l'intensità di precipitazione (i):

TR=10 anni			
tp		h	i
min	h	mm	mm/h
15	0,25	19,0	76,08
60	1	35,0	35,00

Tabella 2: Dati di intensità di pioggia ricavati per differenti durate.

4.2 MODELLO IDROLOGICO

Il modello dinamico SWMM (Storm Water Management Model), sviluppato e aggiornato dall'agenzia federale statunitense per la protezione dell'ambiente U.S. E.P.A, descrive quantitativamente la trasformazione delle piogge in deflussi superficiali sulla superficie di un bacino imbrifero ed in correnti idriche che confluiscono e si propagano lungo i collettori.

Matematicamente il processo è rappresentato dalla soluzione di un sistema di equazioni differenziali che governano il bilancio della massa liquida (equazione di continuità) e della corrispondente energia meccanica (equazione del moto) tanto per il deflusso che si sviluppa come lama d'acqua fluente sulla superficie di una area elementare per effetto della saturazione del suolo e del superamento della sua capacità di infiltrazione, quanto del deflusso che si sviluppa come corrente essenzialmente monodimensionale in ciascuno dei tronchi elementari costituenti i collettori drenanti. Oltre tali equazioni differenziali, il modello impone contemporaneamente, attraverso ulteriori equazioni, le condizioni al contorno, ed in particolare l'identità del livello in tutti gli estremi di canali che connettono lo stesso nodo, il legame tra livello raggiunto nei nodi, dimensione fisica delle confluenze e livelli idrici nei canali riceventi.

Le condizioni iniziali nel reticolo vengono invece calcolate sulla base delle condizioni al contorno che riguardano i riceventi e della portata iniziale in ogni condotto.

Per quanto riguarda il deflusso di superficie, il programma considera ogni area elementare utilizzata per la schematizzazione dell'intero bacino come un serbatoio non lineare con un singolo ingresso che rappresenta le precipitazioni, e con più uscite che rappresentano rispettivamente l'infiltrazione, l'evaporazione ed il deflusso superficiale. È quest'ultima la componente maggiormente rappresentativa nel caso presente.

La capacità del serbatoio non lineare rappresenta la capacità massima d'accumulo sulle superfici del bacino, fornita principalmente dai micro e macro avvallamenti delle superfici e dal velo d'acqua presente sulle superfici bagnate, d'altezza variabile durante l'evento di pioggia.

Nella logica del modello il deflusso superficiale ha inizio solo quando il volume d'acqua nel serbatoio supera la capacità d'accumulo superficiale, mentre l'infiltrazione (solo nella porzione permeabile della superficie) e l'evaporazione riducono continuamente il volume d'acqua accumulato nel serbatoio. L'infiltrazione viene modellata secondo il metodo CN del Soil Conservation Service (USA). Nei casi in cui l'infiltrazione e l'evaporazione risultino potenzialmente superiori alla precipitazione, il deflusso risulta ovviamente nullo.

Il processo appena descritto, elaborato dal modulo RUNOFF del programma, viene ripetuto per ogni area elementare schematizzata, e per ogni passo temporale in cui è necessario discretizzare l'intervallo di tempo durante il quale interessa simulare la trasformazione afflussi-deflussi e la propagazione della conseguente piena lungo il sistema drenante, tenendo conto delle confluenze secondo la struttura topologica della rete di scolo.

Il modulo RUNOFF è stato sviluppato per simulare sia la quantità che la qualità dei flussi in un bacino di drenaggio ed il loro propagarsi nelle condotte della rete. Assegnato un idrogramma, il programma schematizza il bacino con una combinazione di sottobacini e di condotte e/o canali ideali, e procede a svolgere un'esaustiva analisi che permette di determinare gli idrogrammi ed i pollutogrammi nei vari nodi.

Si precisa che il presente progetto si è occupato della modellazione idraulica delle acque e non di quella relativa agli inquinanti.

5 MODELLAZIONE IDRAULICA

5.1 DEFINIZIONE DELLA RETE

Al fine di creare il modello numerico di SWMM per effettuare l'analisi, la rete è stata schematizzata come una sequenza di nodi (junctions) e tronchi (links).

Le caratteristiche geometriche degli elementi della rete (quote del suolo, profondità dei pozzetti, quote di scorrimento e diametri delle tubazioni) sono state ricavate dalla cartografia esistente fornita dal gestore (Hera S.p.A.) e dal rilievo topografico, eseguito in Aprile 2024, che ha rilevato quote, diametri e scorrimenti delle principali dorsali della rete.



Figura 4: Schematizzazione della rete di calcolo implementata su SWMM

5.2 DEFINIZIONE DEI SOTTOBACINI E LORO PARAMETRI

L'area oggetto di studio è stata suddivisa in sottobacini, ognuno dei quali recapita il suo contributo di acque di ruscellamento superficiale ad un nodo della rete.

A ciascuno di questi bacini è stato assegnato un grado di impermeabilità, dedotto dalla configurazione del territorio (percentuale di superficie asfaltata, di superficie a verde, etc.). Tali parametri sono stati definiti sulla base di ortofoto aeree e di informazioni desunte da sopralluoghi in sito.

In generale il territorio è in prevalenza urbanizzato e per buona parte impermeabile, fanno eccezione alcuni sottobacini periferici, a sud-ovest del centro abitato, in cui sono presenti campi agricoli, un parco ed un campo sportivo.

Il grado di impermeabilità pertanto risulta essere variabile da un minimo di 0,30 ad un massimo di 0,80.

Sono inoltre stati definiti i seguenti parametri per ogni sottobacino:

- pendenza media del bacino (in %);
- larghezza del bacino ("width"), definita come rapporto tra area e lunghezza media del percorso effettuato dal flusso d'acqua;
- scabrezza delle superfici permeabili ed impermeabili, mediante assegnazione del numero di Manning;
- parametri relativi al modello di calcolo di infiltrazione naturale.

Name	Outlet	Area	%Imperv	Width	%Slope
2	P_34	0,87	80	92	0,1
3	P_32	1,22	80	92	0,1
4	P_27	0,68	80	92	0,1
5	P_35	1,28	80	92	0,1
6	P_36	0,93	80	92	0,1
7	P_37	0,41	80	92	0,1
8	P_38	1,17	80	92	0,1
9	P_25	0,44	80	92	0,1
11	P_33	1,04	80	92	0,1
49	P_31	0,74	80	92	0,1
50	P_29	0,79	80	92	0,1
51	P_28	0,57	80	92	0,1
52	P_26	0,6	80	92	0,1
53	P_24	0,96	80	92	0,1
54	P_23	0,41	80	92	0,1
55	P_22	0,49	80	92	0,1
56	P_21	0,84	80	92	0,1
57	P_20	0,82	80	92	0,1
58	P_11	0,65	80	92	0,1
59	P_12	0,55	80	92	0,1
60	P_10	1,97	80	92	0,1
61	P_13	0,75	80	92	0,1
62	P_09	0,89	80	92	0,1
63	P_19	0,67	80	92	0,1
64	P_08	0,75	80	92	0,1
65	P_18	0,69	80	92	0,1
66	P_17	0,69	80	92	0,1
67	P_30	0,64	80	92	0,1
68	P_16	0,49	80	92	0,1
69	P_06	1,49	80	92	0,1
70	P_07	1,28	80	92	0,1
71	P_15	0,56	80	92	0,1
72	P_05	0,41	80	92	0,1
73	P_14	0,57	50	92	0,1
74	P_04	1,7	30	92	0,1
75	P_03	2,18	10	92	0,1
76	P_02	2,19	10	92	0,1
77	P_01	1,57	50	92	0,1

Tabella 3: Riepilogo delle principali caratteristiche dei sottobacini.

Per quanto concerne scabrezza e profondità delle depressioni superficiali, sono stati assegnati i valori riportati nella seguente tabella.

Parametro	Valore
N – imperv ($s / m^{1/3}$)	0.016
N – perv ($s / m^{1/3}$)	0.033
D – imperv (mm)	3
D – perv (mm)	20

Tabella 4: Parametri relativi alle aree impermeabili (imperv) e permeabili (perv).

5.3 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DELLE CONDOTTE

Le condotte della rete sono state modellate con elementi di sezioni circolare e rettangolare. I parametri relativi a tipologia di materiale, diametro e quote di scorrimento sono stati assegnati sulla base del rilievo topografico e con il supporto della cartografia dell'Ente Gestore.

Il canale a cielo aperto di recapito finale è stato modellato con una geometria a sezione trapezia rilevata durante la campagna topografica.

I coefficienti di scabrezza adottati tengono conto delle tipologie di materiale con cui sono realizzate le singole condotte. Nella seguente tabella si riassumono i valori di scabrezza assunti (Numero di Manning N_m e Coefficiente di Gaukler – Strikler k_s).

Elemento modellato	N_m	k_s
Condotte in cls	60,0	0,0167
Condotte in PVC	90,0	0,0111
Canale in terra	30,0	0,0333

Tabella 5: Coefficienti di scabrezza adottati

6 ANALISI DELLA RETE ALLO STATO DI FATTO

Le simulazioni matematiche eseguite con il modello SWMM permettono di osservare le direzioni di deflusso dell'acqua oltre che il grado di riempimento delle condotte e rami dei corpi idrici. Tale variabile permette di determinare le criticità del sistema di smaltimento. I modelli ottenuti mostrano tali variabili nel tempo, durante tutta la durata delle precipitazioni.

Per meglio mostrare i risultati ottenuti. Nella figura seguente vengono identificati i rami principali della rete fognaria esistente che sono stati analizzati e i cui risultati verranno descritti in seguito.

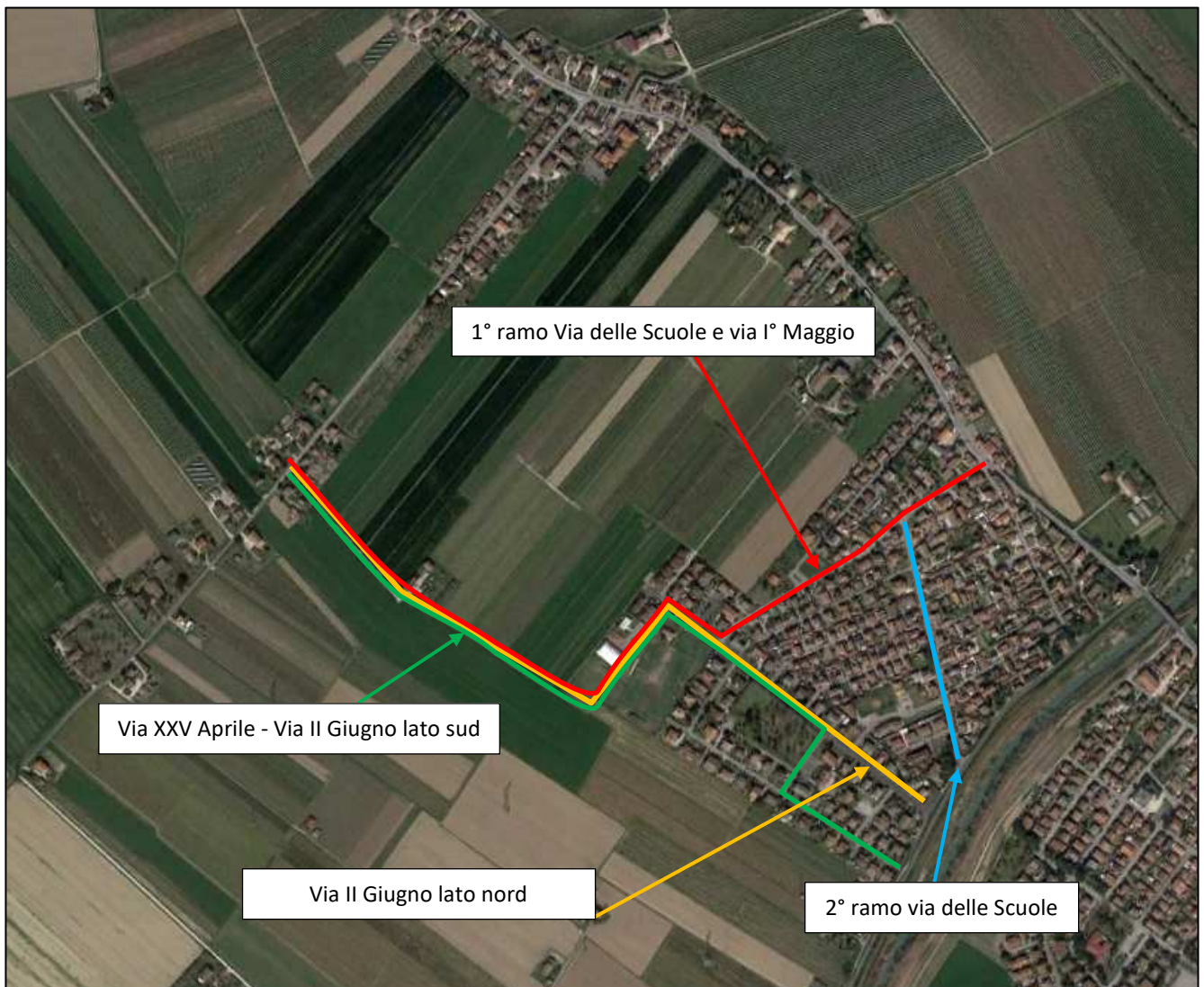


Figura 5: Individuazione dei principali profili studiati.

6.1 RISULTATI CON TEMPO DI RITORNO (TR) 10 ANNI E DURATA DI PIOGGIA (tp) 15 MIN

Per l'evento meteorico considerato, si riporta la planimetria che rappresenta lo stato della rete a fine evento (dopo 15 min). Si ricorda come questa tipologia di simulazione possa dar modo di valutare la risposta del sistema ad eventi piovosi di breve durata ma alta intensità che possono mettere in crisi anche solo singoli rami di rete.

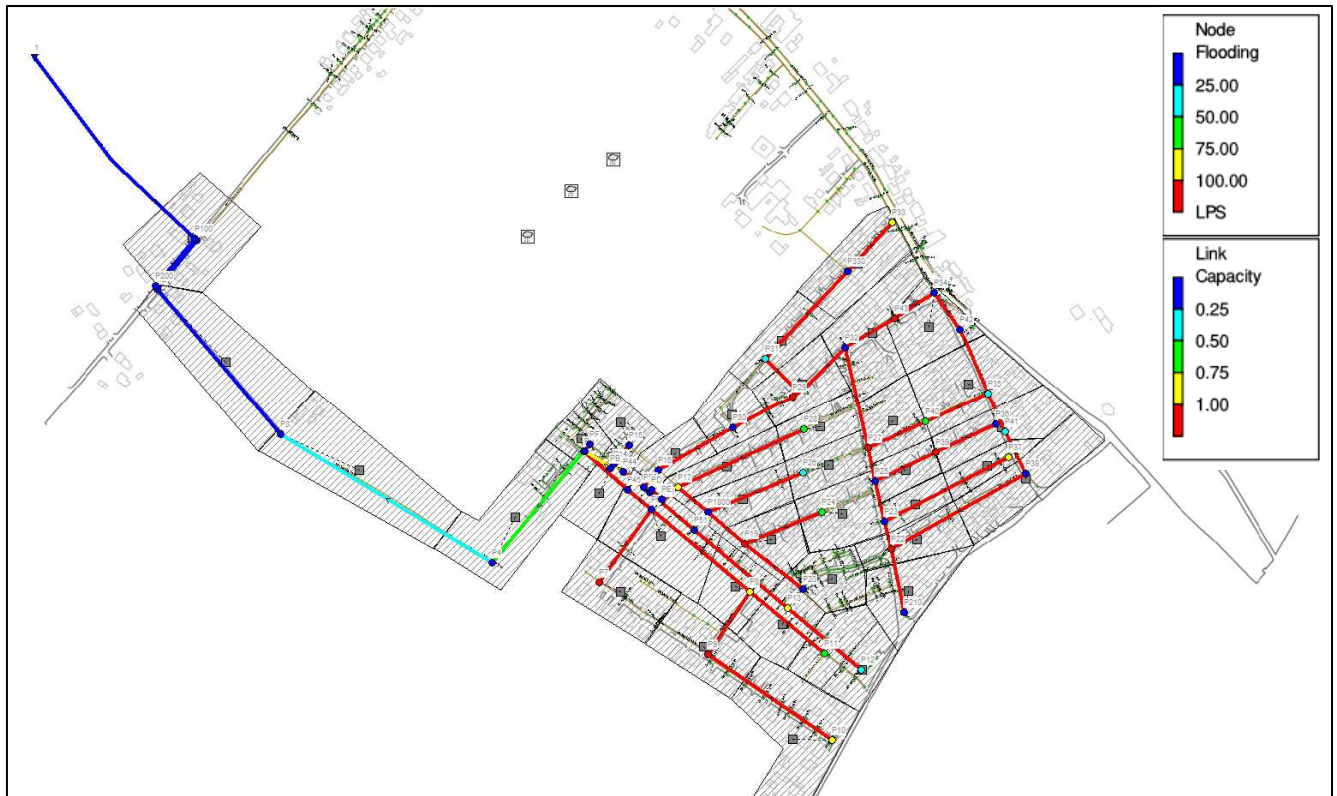


Figura 6: Planimetria che mostra la portata esondante dai nodi e la capacità delle condotte (TR=10 anni e tp=15 min).

Nelle seguenti figure si riportano i profili idraulici delle dorsali principali relativi all'evento meteorico di progetto, ossia con tempo di ritorno TR = 10 anni e durata di pioggia tp = 15min.

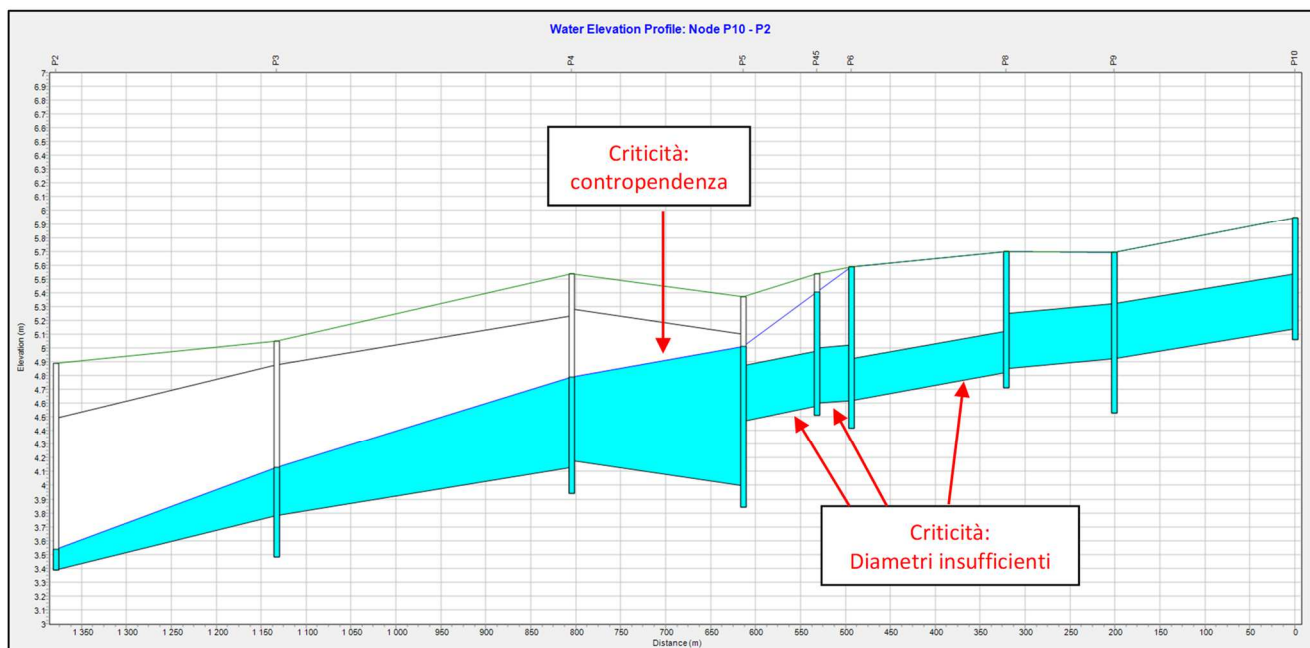


Figura 7: Profilo dorsale da via XXV Aprile, passando per via Il Giugno lato Sud, fino all'incrocio con via Aguta (profilo verde).

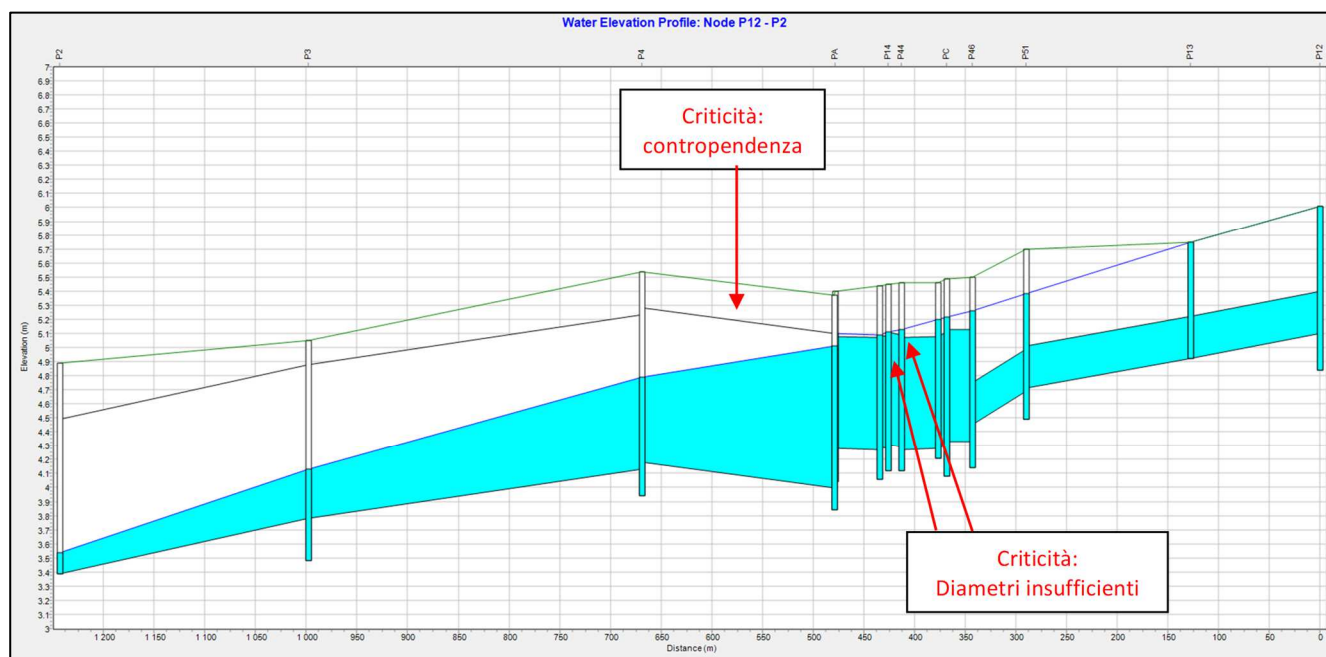


Figura 8: Profilo dorsale da via Il Giugno lato Nord, fino all'incrocio con via Aguta (profilo giallo).

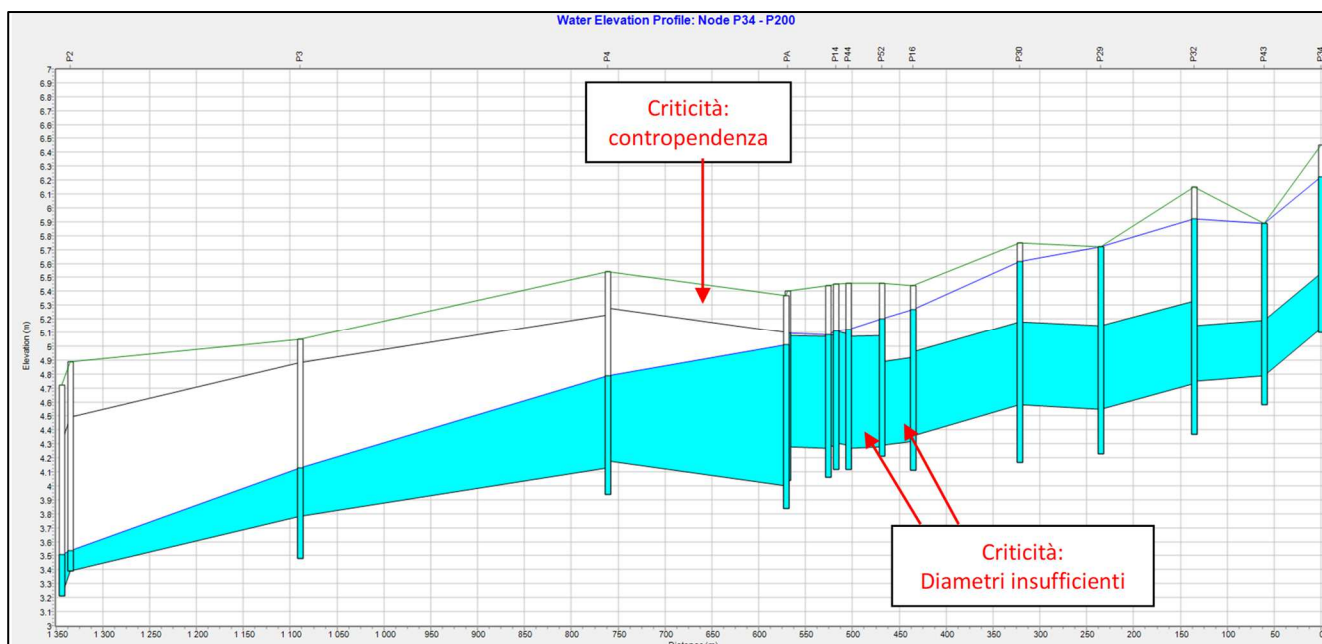


Figura 9: Profilo del 1° ramo di Via delle Scuole, lungo Via I Maggio sino ad intersezione con via Aguta (profilo rosso).

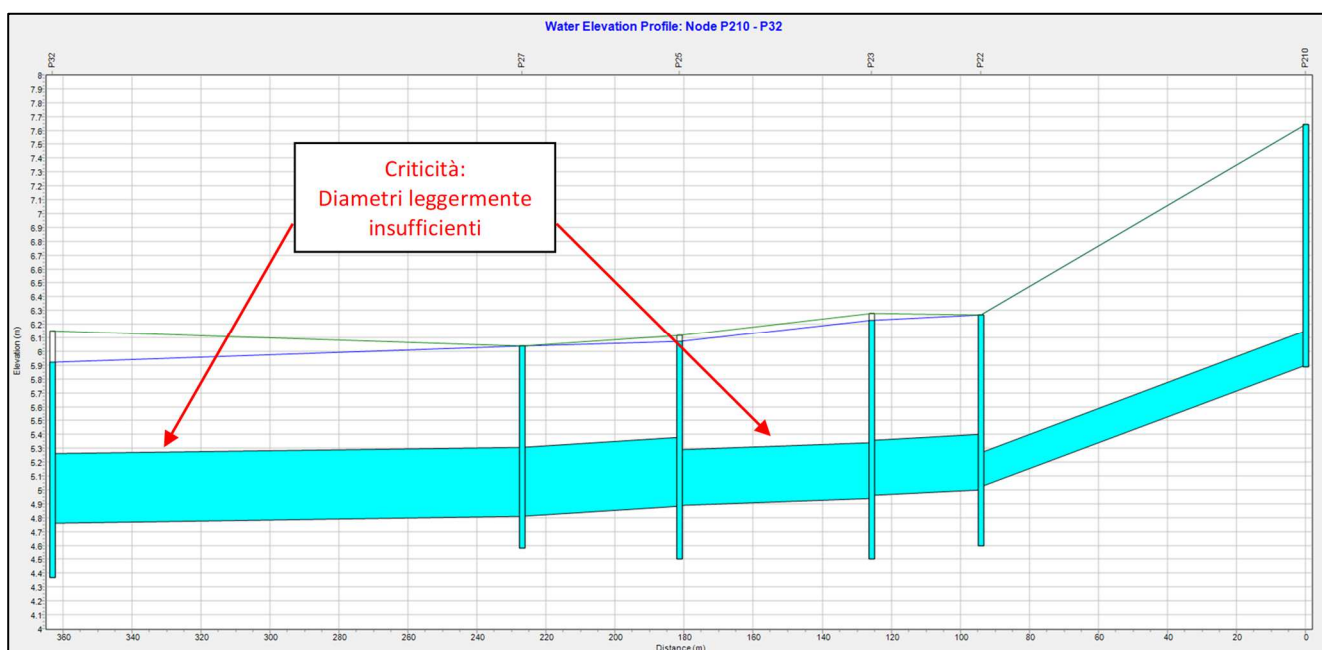


Figura 10: Profilo del 2° ramo di Via delle Scuole sino ad intersezione con Via I Maggio (profilo azzurro).

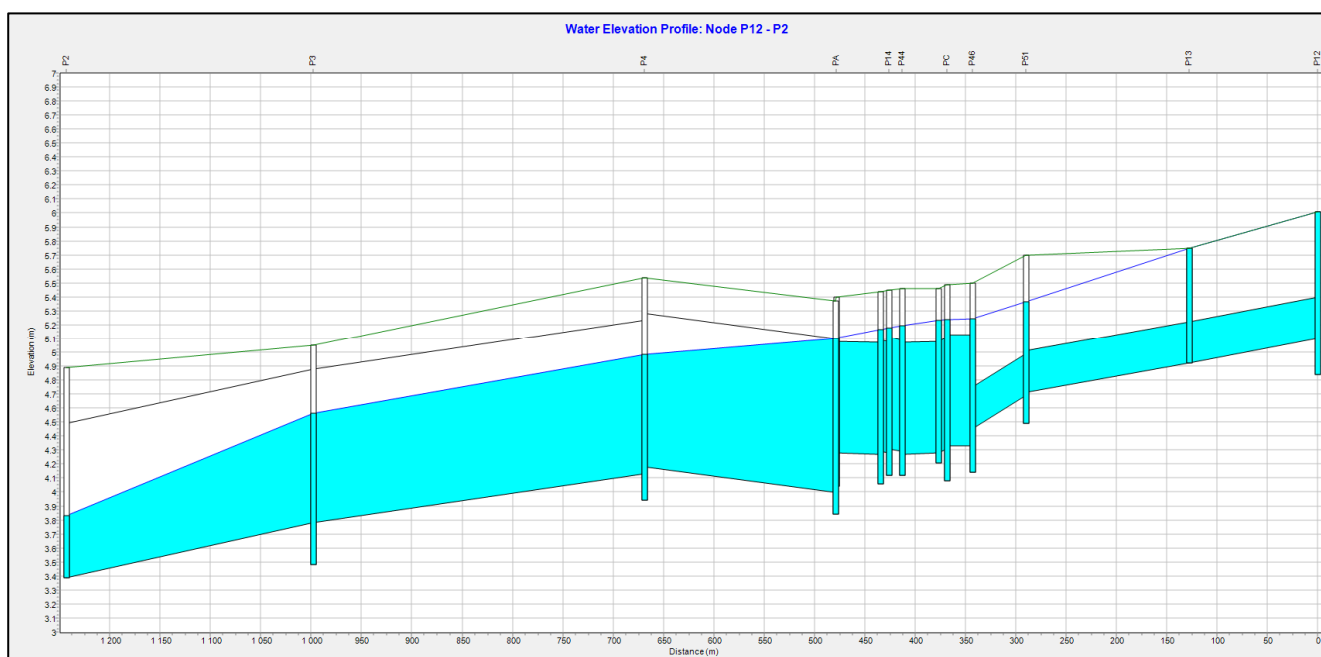
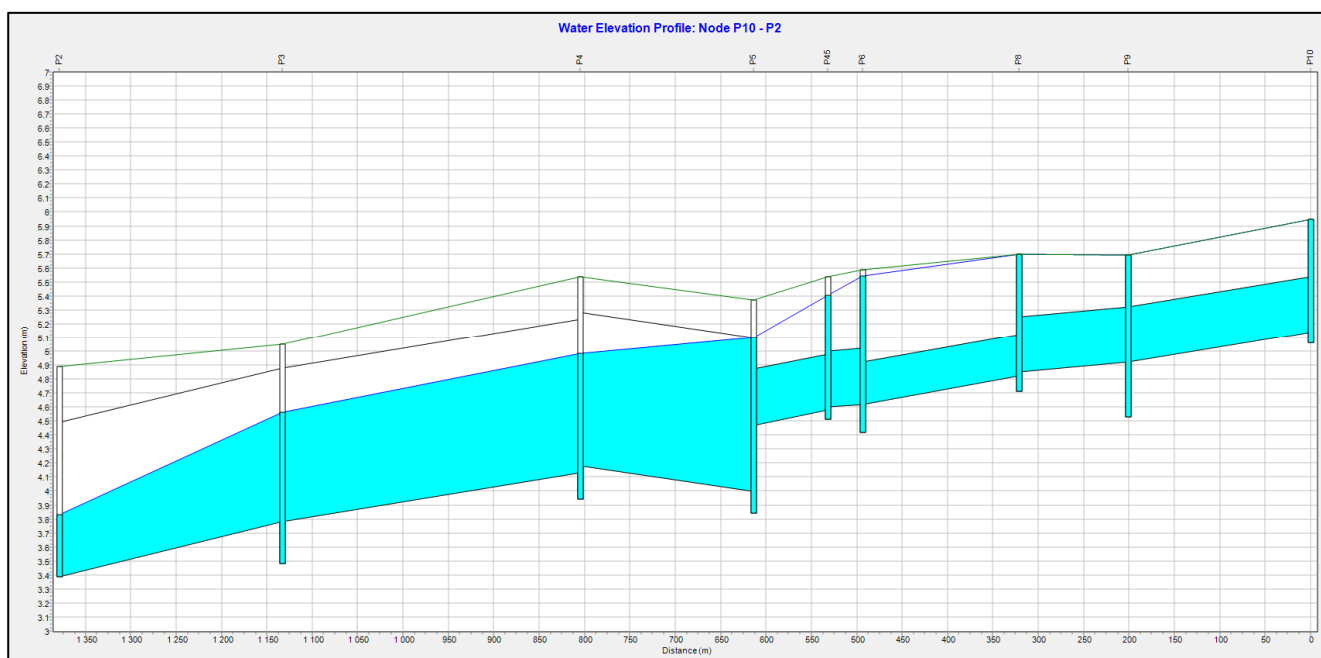
6.2 RISULTATI CON TEMPO DI RITORNO (TR) 10 ANNI E DURATA DI PIOGGIA (tp) 60 MIN

Vengono ora presentati i risultati ottenuti per un evento piovoso con durata 60 minuti e tempo di ritorno pari a 10 anni. Questa tipologia di evento si caratterizza per una minore intensità di pioggia ma complessivamente con un maggior volume di acqua che la rete dovrà poter smaltire.



Figura 11: Planimetria che mostra la portata esondante dai nodi e la capacità delle condotte (TR=10 anni e tp=60 min).

Nelle figure seguenti si riportano i profili idraulici delle dorsali principali, i medesimi analizzati per durata pari a 15 minuti, relativi all'evento meteorico di progetto, ossia con tempo di ritorno TR = 10 anni e durata di pioggia tp = 60 min.



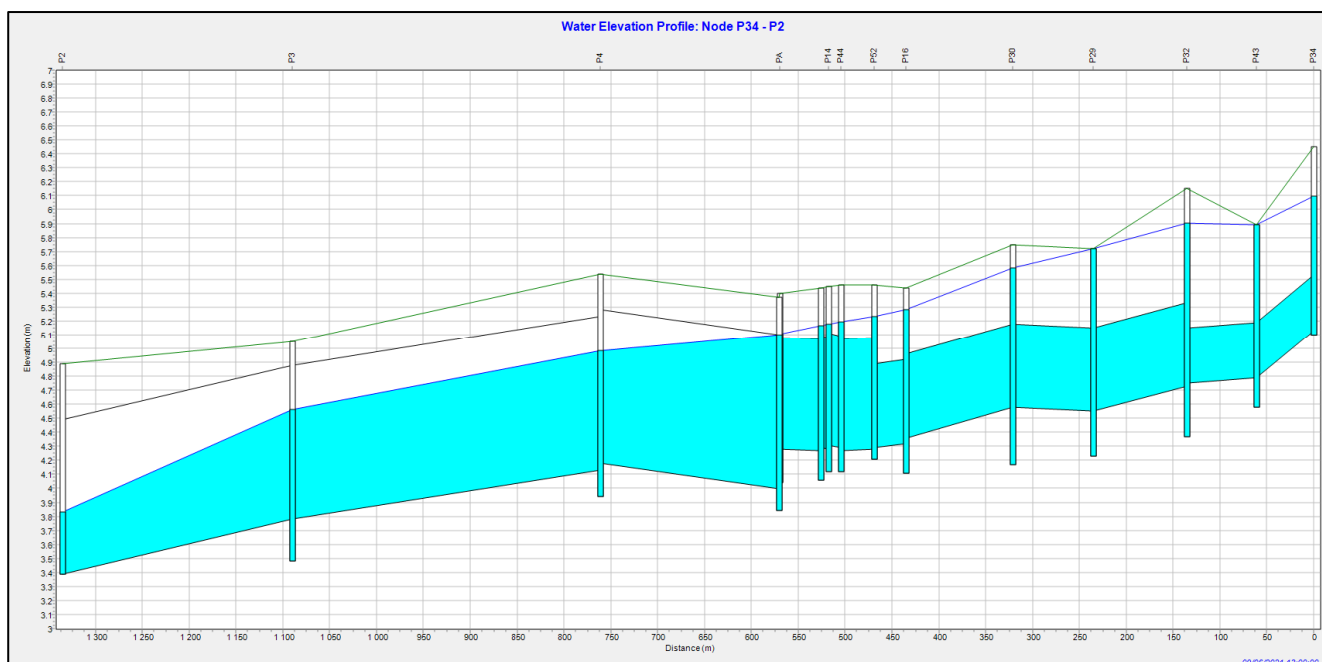


Figura 14: Profilo del 1° ramo di Via delle Scuole, lungo Via I Maggio sino ad intersezione con via Aguta (profilo rosso).

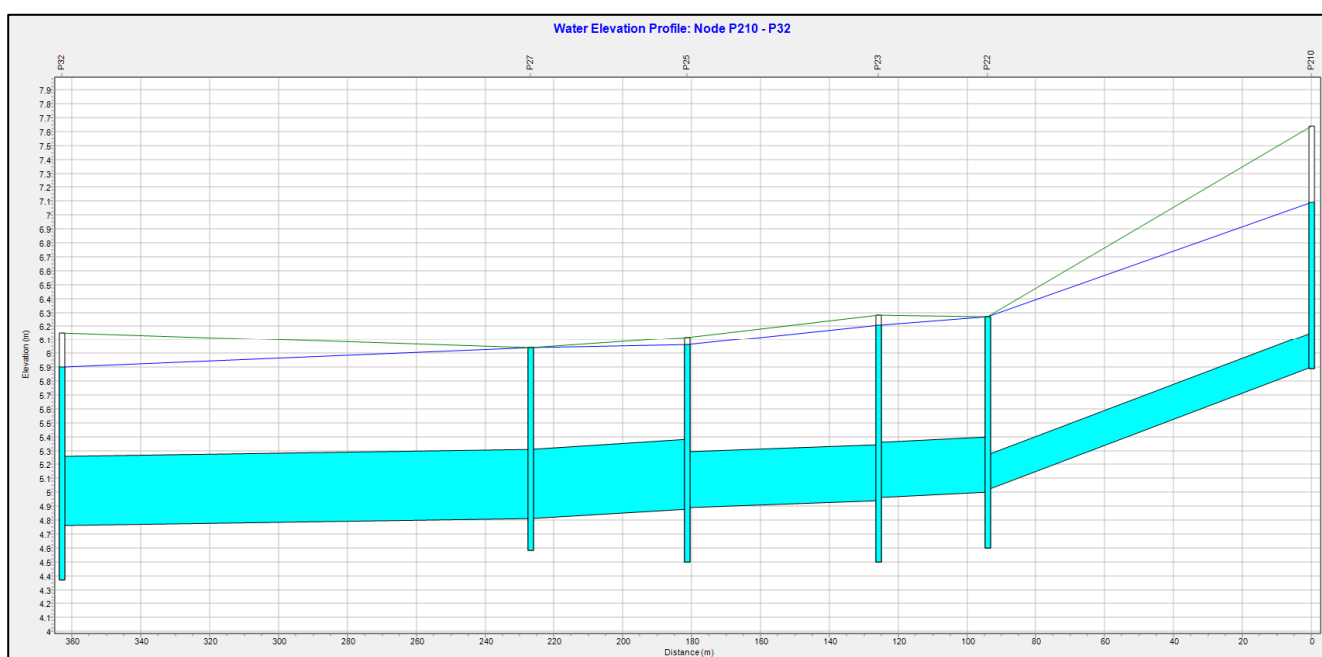


Figura 15: Profilo del 2° ramo di Via delle Scuole sino ad intersezione con Via I Maggio (profilo azzurro).

6.3 CONSIDERAZIONI SULLO STATO DELLA RETE ATTUALE

Dall'analisi delle simulazioni matematiche effettuate sono emerse diverse criticità, soprattutto nelle tratte a monte della rete. Il confronto dei risultati del modello con le aree effettivamente allagatesi (segnalate dal comune e dai residenti, tra cui il recente allagamento puntuale accaduto in Via delle Scuole, 98 il giorno 26/09/2021) ha permesso di evidenziare una buona corrispondenza tra i valori matematici del modello e gli eventi accaduti nel passato.

Il modello evidenzia come quasi tutta la rete a monte della traversa di via del Sabbione, nonostante già Hera sia intervenuta in alcuni punti di via Il Giugno, risulti sottodimensionata o comunque ai limiti della capacità di smaltimento.

Questa situazione è determinata in primo luogo dal fatto che la condotta (inizialmente Ø1200 in CLS poi a geometria parabolica con larghezza in sommità pari a 1200mm) che scorre da via Il Giugno lungo la Traversa delle Sabbione, sia in contropendenza di quasi 20cm, come evidenziano anche le immagini seguenti (la prima scattata nel pozzetto di testa di tale condotta – pozzetto P5) e la seconda nel pozzetto di valle (pozzetto P4). Ne deriva che tale condotta risulti sempre già in gran parte invasata e il deflusso verso valle viene limitato dalla contropendenza. Nella prima foto, scattata in tempo secco, si vede come la condotta in partenza sia colma già per circa il 30% (altezza acqua quindi circa 40cm) mentre a valle la portata in deflusso non supera qualche cm.



Figura 16: Immagine del punto di partenza della condotta Ø1200 dal pozzetto di via Il Giugno (Pozzetto P5).



Figura 17: Immagine del punto di partenza della canale 1200x1100 dal pozzetto di valle in cui termina la canale di Traversa delle Sabbione (Pozzetto P4).

Oltre a questa macro-criticità sono evidenti ulteriori molteplici situazioni in cui la rete presenta tratti con diametri insufficienti, come lungo via Il Giugno sul lato sud. Inoltre si verificano rigurgiti in diversi pozzetti con caditoia stradale anche per durate di pioggia ridotte ($t_p = 15$ min), coincidenti con le zone di cui si hanno notizie di allegamenti.

Dall'analisi effettuata emerge come sia necessario **prevedere un'adeguata campagna di pulizia della rete fognaria**, infatti alcune contropendenze presenti e la natura stessa della rete (rete mista) facilitano la sedimentazione all'interno delle condotte, riducendo la luce disponibile al corretto deflusso delle acque, così come pure **risulta necessario un generale riesame dei diametri delle condotte, da valutare e concordare come priorità di azione, di concerto con il Comune di Bagnacavallo ed il gestore Hera.**

Conclusa questa fase di analisi e modellazione dello stato attuale, nel capitolo seguente si andranno ad illustrare una prima serie di interventi che permetteranno di risolvere alcune criticità della rete e mitigarne le restanti.

7 INTERVENTI DI PROGETTO

Terminata l'analisi dello stato di fatto della rete fognaria, si è proceduto ad identificare una serie di interventi da poter attuare al fine di risolvere alcune criticità già note, mitigarne delle altre alleggerendo il carico della rete esistente.

Dato l'assetto della rete dell'abitato di Glorie, che convoglia in un unico punto all'incrocio tra via Il Giugno e la Traversa delle Sabbione, è necessario procedere con interventi che, agendo da valle, possano man mano andare verso monte, sgravando contemporaneamente tutta la rete.

I primi interventi proposti, in ordine prioritario, sono i seguenti:

7.1 INTERVENTO 1 – VIA IL GIUGNO LATO SUD

Questa dorsale esistente è caratterizzata, come possibile notare dal profilo verde dello stato di fatto (da pozzetto P10 a pozzetto P2), da diametri insufficienti e da un tratto Ø300 interposto tra due tratti Ø400.

L'intervento che si propone di realizzare è, mantenendo la dorsale esistente come volume di accumulo per eventi piovosi intensi, di posare una nuova condotta in parallelo all'esistente che dal pozzetto P5 (incrocio di via Il Giugno con Traversa delle Sabbione) risalga verso via Il Giugno sino all'incrocio con via XXVIII Brigata Garibaldi (nuovo pozzetto "P800").

L'intervento è meglio evidenziato graficamente nell'Elaborato grafico "2.10 – Planimetria - Intervento" e prevede di sostituire il primo tratto della dorsale esistente sino all'altezza del pozzetto esistente "PB" con una nuova tubazione Ø800mm in PVC SN8. Il pozzetto "PB" verrà sostituito da uno di dimensioni più generose che permetta di mettere in comunicazione le due tubazioni Ø800mm PVC SN8 (la prima, da poco realizzata da Hera che scorre da "PB" a "P5" passando per il pozzetto "PA" e la nuova di progetto) in modo da permettere di "scaricare" la condotta "PB-PA-P5" che riceve tutte le acque dell'abitato nord di Glorie.

Dal nuovo pozzetto "PB", in cui convoglierà anche la dorsale esistente di via Il Giugno lato sud, partirà verso monte anche la nuova tubazione, da realizzare in affiancamento all'esistente, in PVC SN8 con diametro Ø630mm.

Per i dettagli dell'intervento si faccia riferimento all'elaborato grafico di progetto "2.10 – Planimetria – Intervento 1".

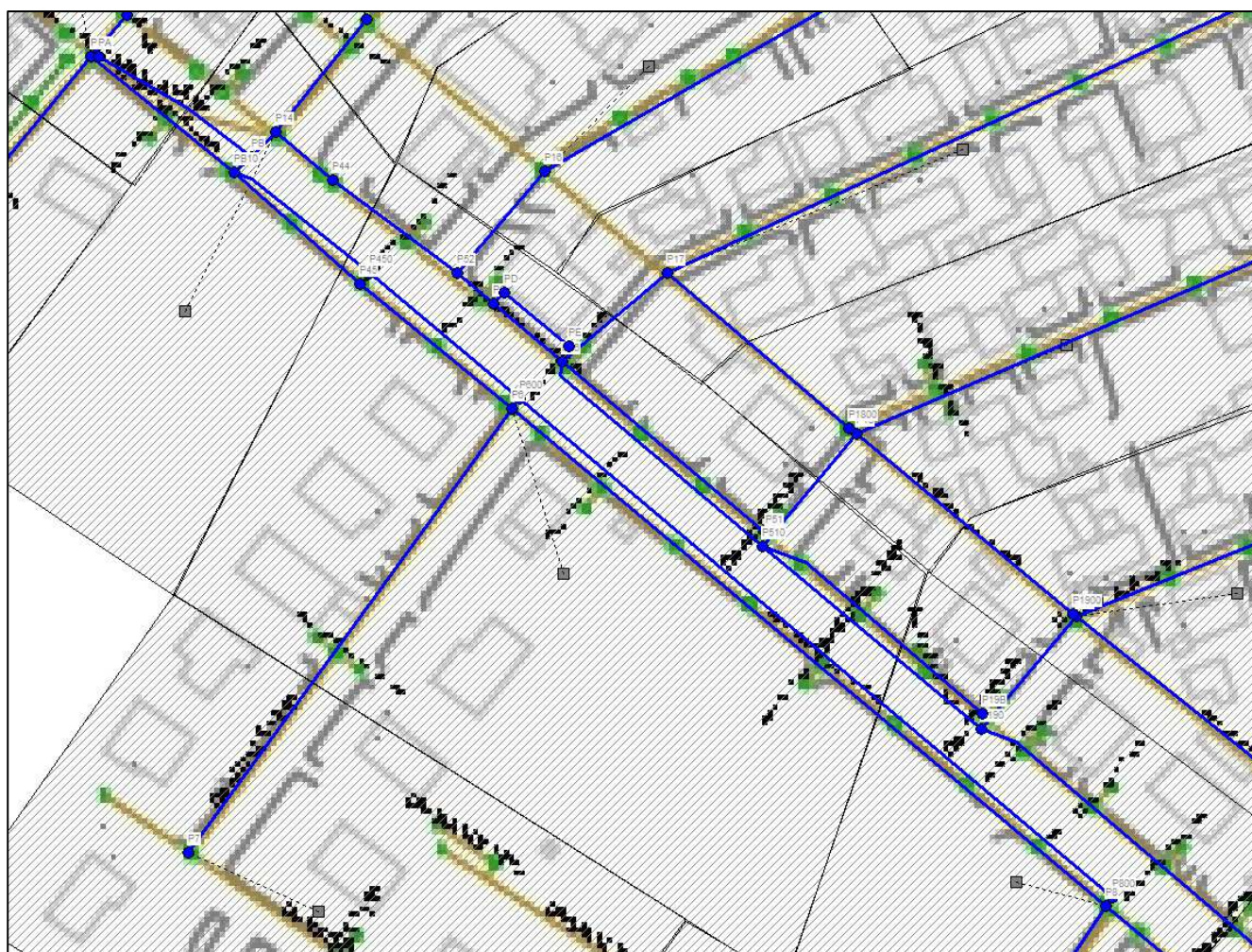


Figura 18: intervento di posa di nuova dorsale, in strada, lungo via Il giugno lato sud.

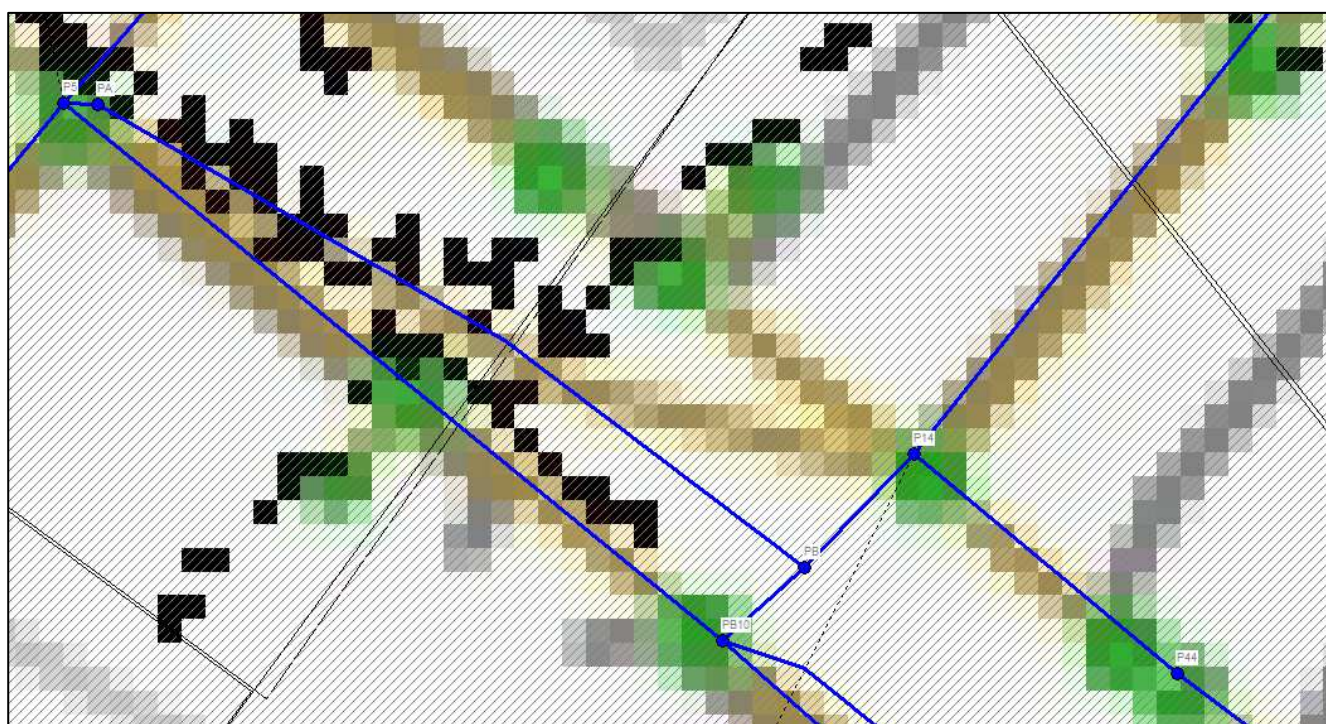


Figura 19: Dettaglio dell'intervento proposto lungo via Il Giugno in prossimità della Traversa delle Sabbione.

7.2 INTERVENTO 2 – TRAVERSA DELLE SABBIONE

Tale intervento si propone per risolvere la forte contropendenza (circa 20cm) con cui giace oggi la porzione di canale 1200x1100h (circa) in CLS che corre sotto la pista ciclopedonale della Traversa delle Sabbione sino al pozzetto “P402” sito in area verde dopo i campi sportivi. Tale contropendenza oggi limita la portata smaltibile dalla rete oltre che a creare accumulo costante di refluo nelle tubazioni. Così facendo sarà possibile facilitare il deflusso della rete verso valle durante gli eventi di pioggia, scaricando tutta la rete posta a monte ed evitare accumuli stagnanti di reflui, come accade oggi, a favore anche dell’aspetto igienico-ambientale.

L’intervento prevede quindi di eliminare la contropendenza esistente e dare quindi una livelletta corretta alla tratta dal pozzetto “P5” al pozzetto “P402”; l’intervento verrà così gestito:

- Dal pozzetto “P5” al nuovo pozzetto “P501”, la canale esistente verrà sostituita con uno scatolare con dimensioni interne 1,25m di altezza x 2,00m. Questa dimensione permetterà di realizzare una piccola vasca di laminazione interrata e di sfruttare la soletta degli elementi come nuova base del tracciato della pista ciclopedonale (come accade già ora con lastre in cls posate sopra la canale in cls). A tal proposito gli elementi scatolari saranno predisposti con uno “scasso” in sommità per contenere la pavimentazione in asfalto della pista ciclopedonale.
- Dal pozzetto “P501” al Pozzetto “P402bis” la canale esistente non verrà rimossa ma verrà sfruttata come ramo di accumulo e supporto per eventi di pioggia intensi, mentre al suo fianco verrà posata, con adeguata pendenza a favore di scorrimento verso valle, una nuova condotta Ø800mm in CLS che fungerà da tubazione di magra e di primo smaltimento delle acque piovane in quanto avrà una giacitura di scorrimento inferiore a quella della canale stessa.

Al fine di dare la massima pendenza agli elementi di nuova realizzazione si darà scorrimento nel pozzetto P5 a quota pari a quella del tubo più basso in arrivo, e nel pozzetto di valle P402, una quota di scorrimento pari a quella della condotta che dal pozzetto stesso parte verso valle.

Per i dettagli realizzativi si faccia riferimento all’elaborato grafico “2.11 – Planimetria e sezioni – Intervento 2”.

7.3 INTERVENTO 3 – VIA IL GIUGNO LATO NORD E VIA ZOLI

Questo terzo intervento, inserito tra le opere complementari di progetto, si propone come continuazione degli interventi già iniziati dal Gestore Hera S.P.A. lungo il lato nord di via Il Giugno.

Si prevede quindi di prolungare la condotta Ø800mm in PVC SN8 recentemente posata sino a pozzetto “P46” (posto all’incrocio tra via Il Giugno e Traversa Alberani) fino all’incrocio con via A. Zoli. Lungo via Zoli poi si propone di posare un nuovo ramo verso monte che vada ad intercettare la rete esistente che corre sotto area privata in parallelo a via Il Giugno. Questo tratto, dal nuovo pozzetto “P510” al pozzetto esistente “P18”, sarà

una tubazione $\varnothing 630\text{mm}$ PVC SN8.

Per il dettaglio si faccia riferimento all'elaborato grafico "2.12 – Planimetria – Intervento 3".

7.4 INTERVENTO 4 – VIA IL GIUGNO LATO NORD E VIA LUCCI

Questo intervento, sempre inserito tra le opere complementari e realizzabile solo a valle dell'esecuzione dell'intervento 3, si propone con la medesima filosofia: prolungare lungo via Il Giugno la condotta $\varnothing 800\text{mm}$ PVC SN8 e realizzare un collegamento $\varnothing 630\text{mm}$ PVC SN8 lungo via Lucci sino ad intercettare la rete esistente nel pozzetto esistente "P19".

Per il dettaglio si faccia riferimento all'elaborato grafico "2.13 – Planimetria – Intervento 4".



Figura 20: Dettaglio dell'intervento proposto lungo via Il Giugno lato nord e sulle trasversali via Zoli e via Lucci.

8 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI ALLO STATO DI PROGETTO

Gli interventi presentati sono stati inseriti, uno alla volta, nel modello di simulazione della rete per poterne valutare gli effetti sia nella singolarità che nel complessivo. La modellazione è quindi stata nuovamente eseguita con i due eventi di pioggia così come è accaduto per le simulazioni allo stato di fatto.

8.1 RISULTATI CON TEMPO DI RITORNO (TR) 10 ANNI E DURATA DI PIOGGIA (tp) 15MIN

Per l'evento meteorico considerato, si riporta la planimetria che rappresenta lo stato della rete a fine evento (dopo 15 min). Si ricorda come questa tipologia di simulazione possa dar modo di valutare la risposta del sistema ad eventi piovosi di breve durata ma alta intensità che possono mettere in crisi anche solo singoli rami di rete.

Come accadeva per la simulazione della rete allo stato di fatto, è possibile notare come la rete sia in generale sottodimensionata ma come, grazie ai primi interventi messi in campo, i punti di allagamento siano eliminati, specie lungo via Il Giugno.



Figura 21: Planimetria che mostra la portata esondante dai nodi e la capacità delle condotte (TR=10 anni e tp=15 min) ad interventi eseguiti.

Permane la criticità nella porzione di monte della rete, data da diametri insufficienti specie lungo via 1° Maggio e nei due rami di via delle Scuole. Gli interventi di progetto permettono di realizzare una rete a valle più adeguata a ricevere maggiori volumi di acqua così da permettere il deflusso necessario una volta che si procederà man mano con l'adeguamento dei diametri risalendo verso monte lungo la rete.

Nelle seguenti figure si riportano i profili idraulici delle dorsali principali relativi all'evento meteorico di progetto, ossia con tempo di ritorno $TR = 10$ anni e durata di pioggia $tp = 15$ min ad interventi effettuati.

In primo luogo vengono mostrati i profili delle condotte di via Il Giugno lato sud a seguito dell'intervento 1. Nella prima figura viene riportato il profilo della nuova dorsale che a valle (tratto pozzetti "PB-P5") ha diametro $\varnothing 800$ mm per poi assumere andando verso monte il diametro $\varnothing 630$ mm. Nella seconda invece il profilo della dorsale esistente che corre da "P10" a "P5" (profilo verde); si può notare come le tubazioni, sebbene completamente invase, non presentino più i punti di esondazione dello stato di fatto ad eccezione dei pozzetti "P9" e "P10". Il profilo mostra infatti come la tratta tra i pozzetti "P9"-"P8", via Alberani, appaia sottodimensionata. Tale situazione non era visibile allo stato di fatto in quanto i livelli erano già più elevati a valle, "nascondendo tale aspetto", tale tratta potrà esser oggetto di futuro adeguamento del diametro (non oggetto del presente appalto).

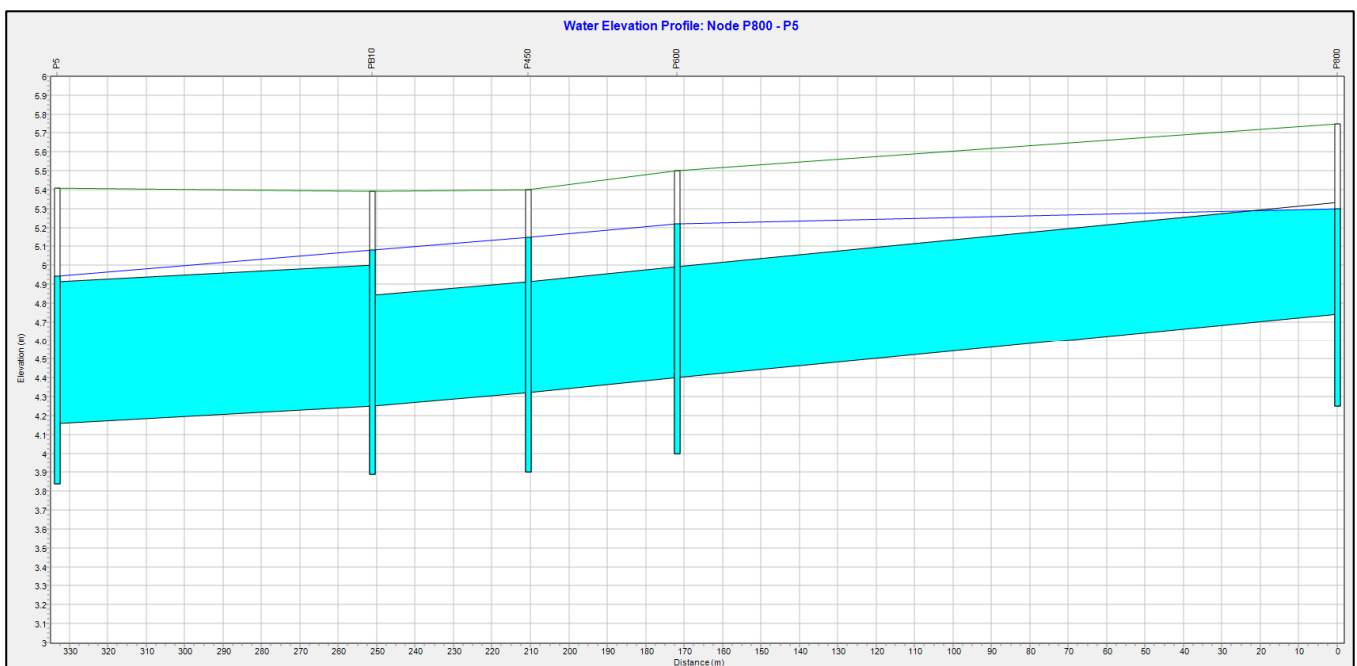


Figura 22: Profilo dorsale di progetto via Il Giugno lato Sud (da pozzetto P800 a pozzetto P5).

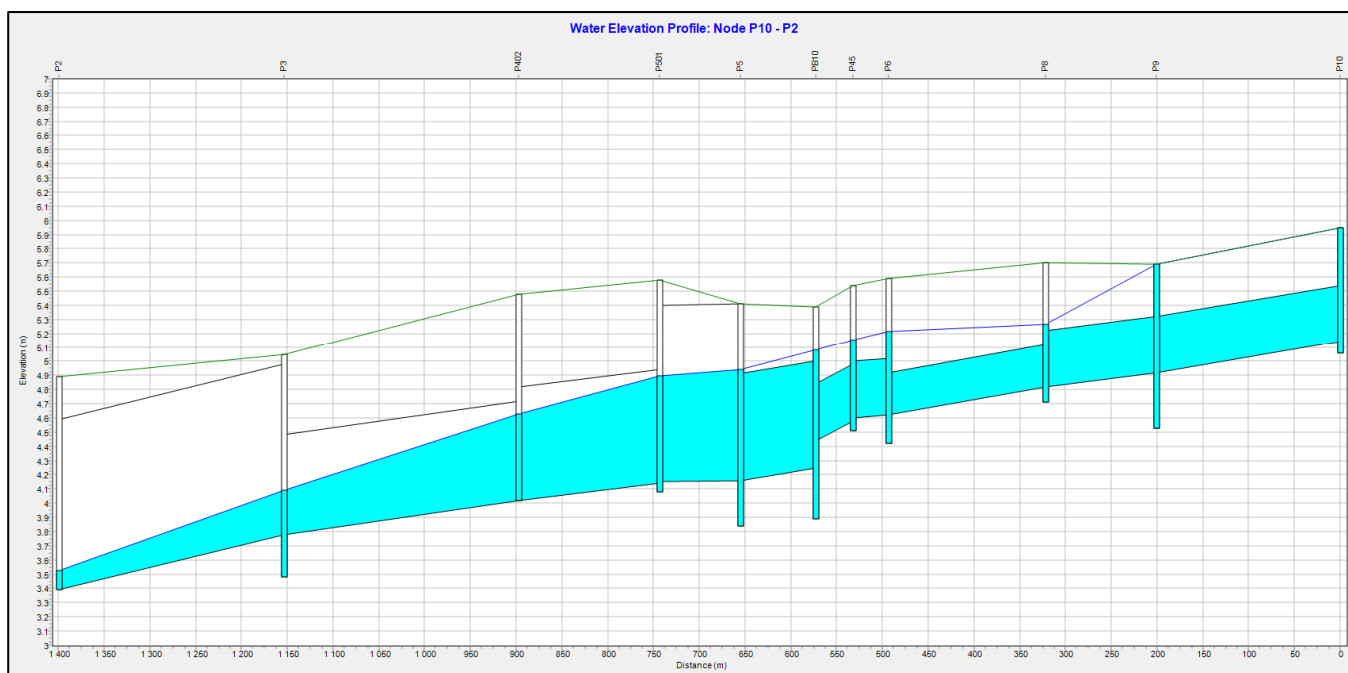


Figura 23: Profilo dorsale da via XXV Aprile, passando per via Il Giugno lato Sud, fino all'incrocio con via Aguta (profilo verde), a seguito degli interventi di progetto.

I seguenti profili invece confrontano lo stato di fatto con l'assetto di progetto e l'effetto della risoluzione della contropendenza del tratto "P5"- "P4" (Traversa delle Sabbione). Questo intervento permette un più rapido smaltimento delle portate in arrivo da monte evitando l'innalzamento del livello idrico nella rete afferente che determina le esondazioni.

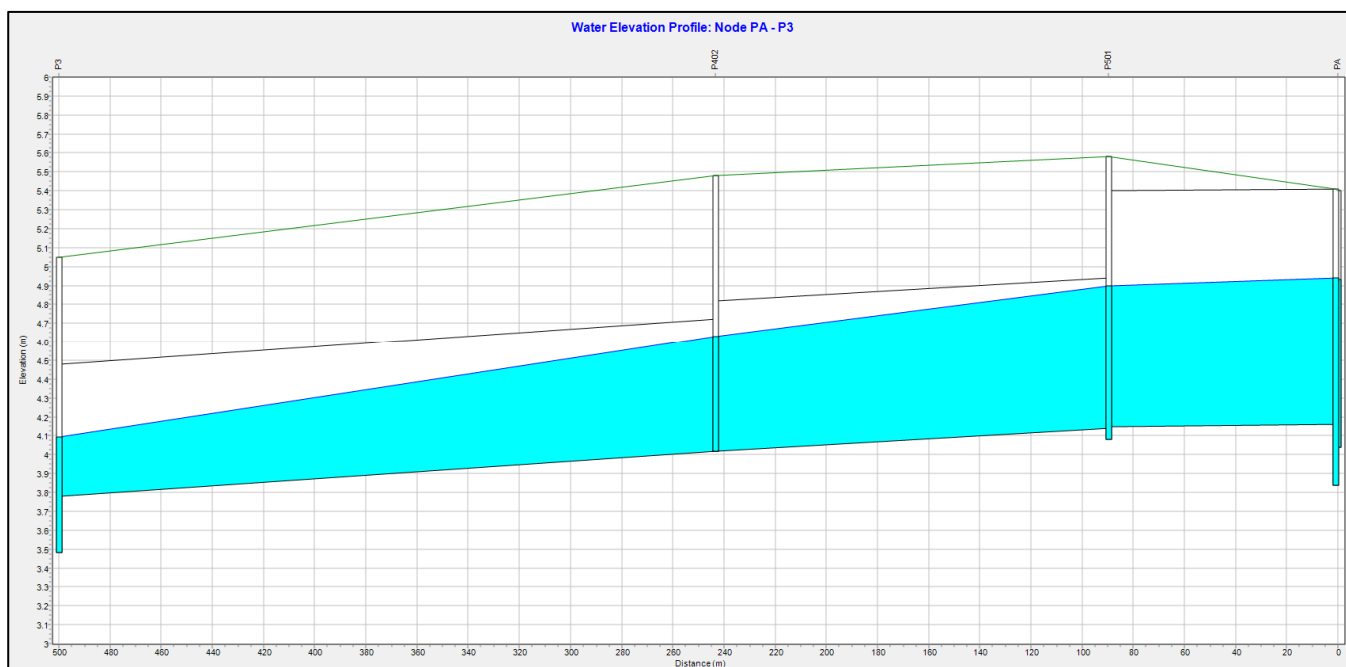
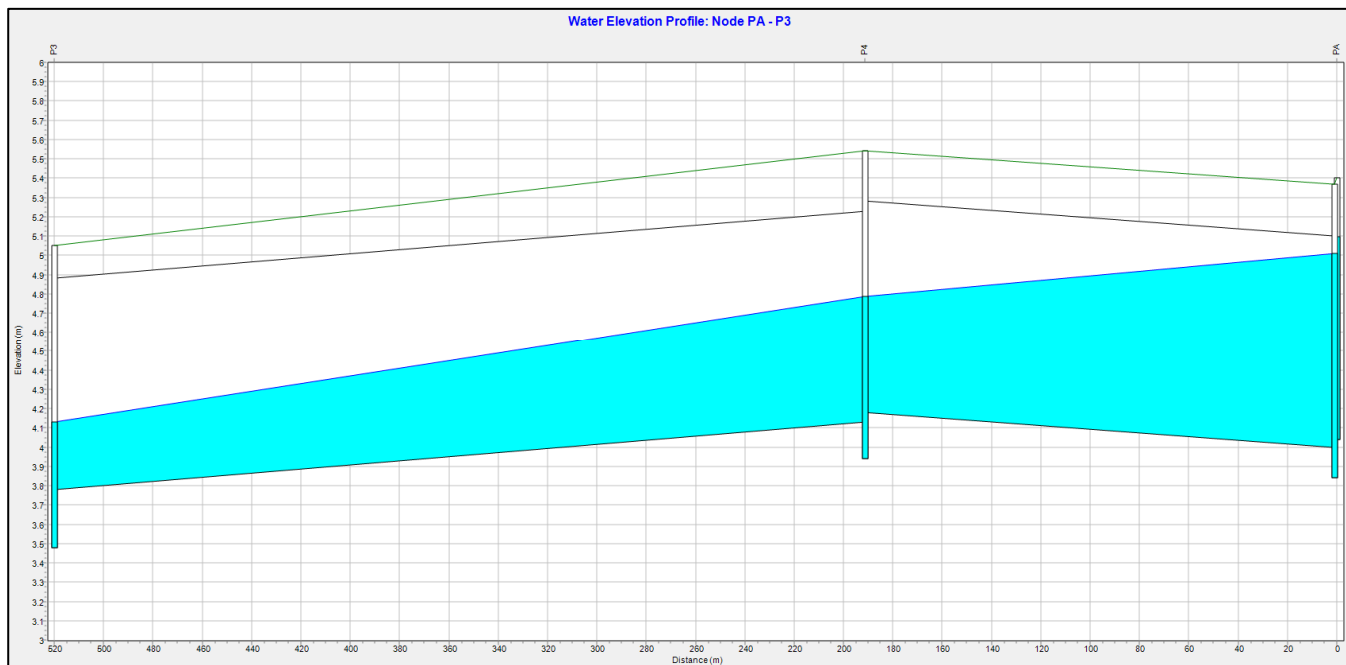


Figura 24: Confronto tra profilo stato di fatto (sopra) e stato di progetto (sotto) tra i pozzetti PA e P3 con sostituzione del tratto in contropendenza tra pozzetto P5 e pozzetto P4. Nota: il profilo di progetto mostra la nuova condotta Ø800mm in CLS.

Come è possibile notare dal confronto tra i due profili, la risoluzione della contropendenza permette di abbassare il livello idrico nel pozzetto "P5" (a beneficio della rete di monte) e contemporaneamente di aumentare la portata smaltibile.

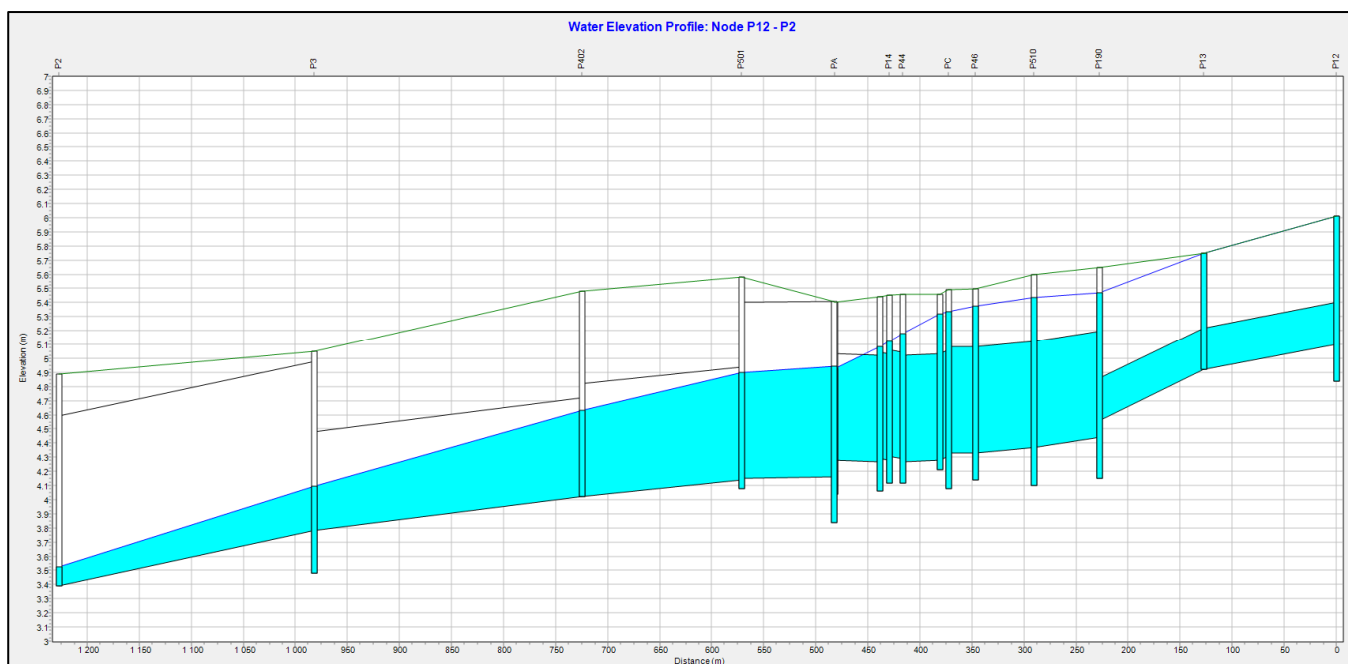


Figura 25: Profilo dorsale da via Il Giugno lato Nord, fino all'incrocio con via Aguta (profilo giallo) a seguito del prolungamento della condotta $\varnothing 800\text{mm}$ PVC SN8 a monte del pozzetto "P45" sino al nuovo pozzetto "P190".

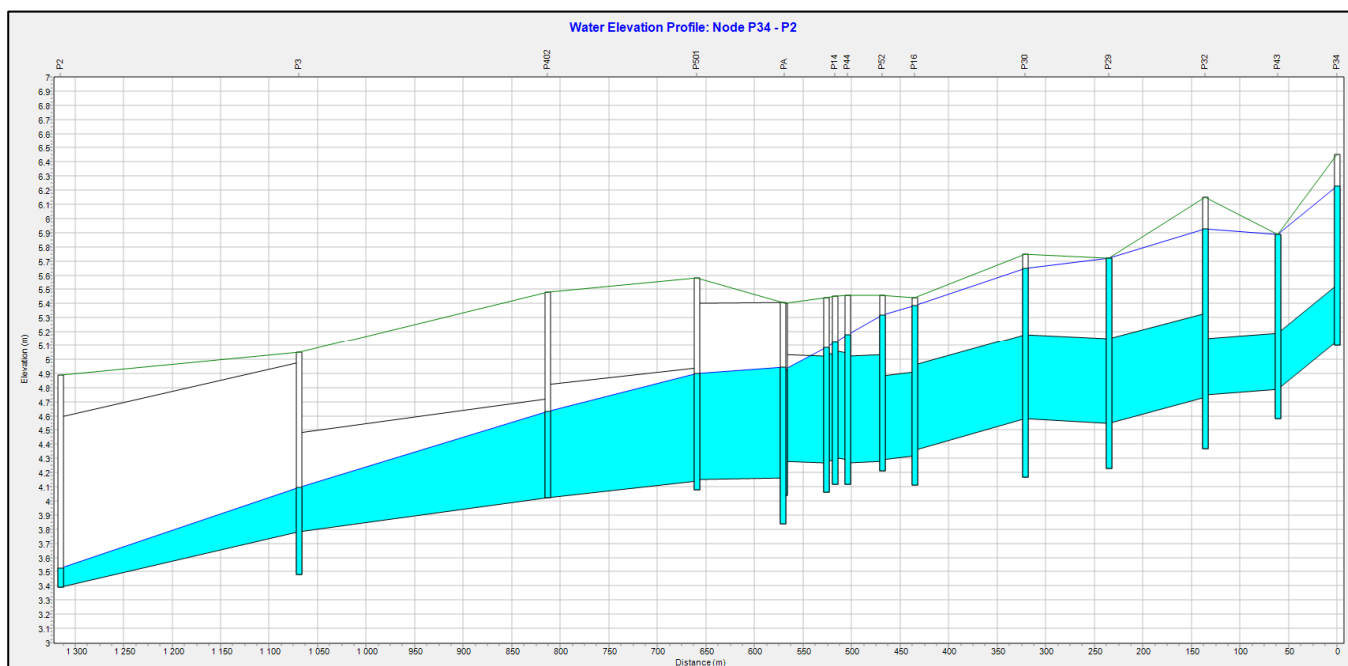


Figura 26: Profilo del 1° ramo di Via delle Scuole, lungo Via I Maggio sino ad intersezione con via Aguta (profilo rosso).

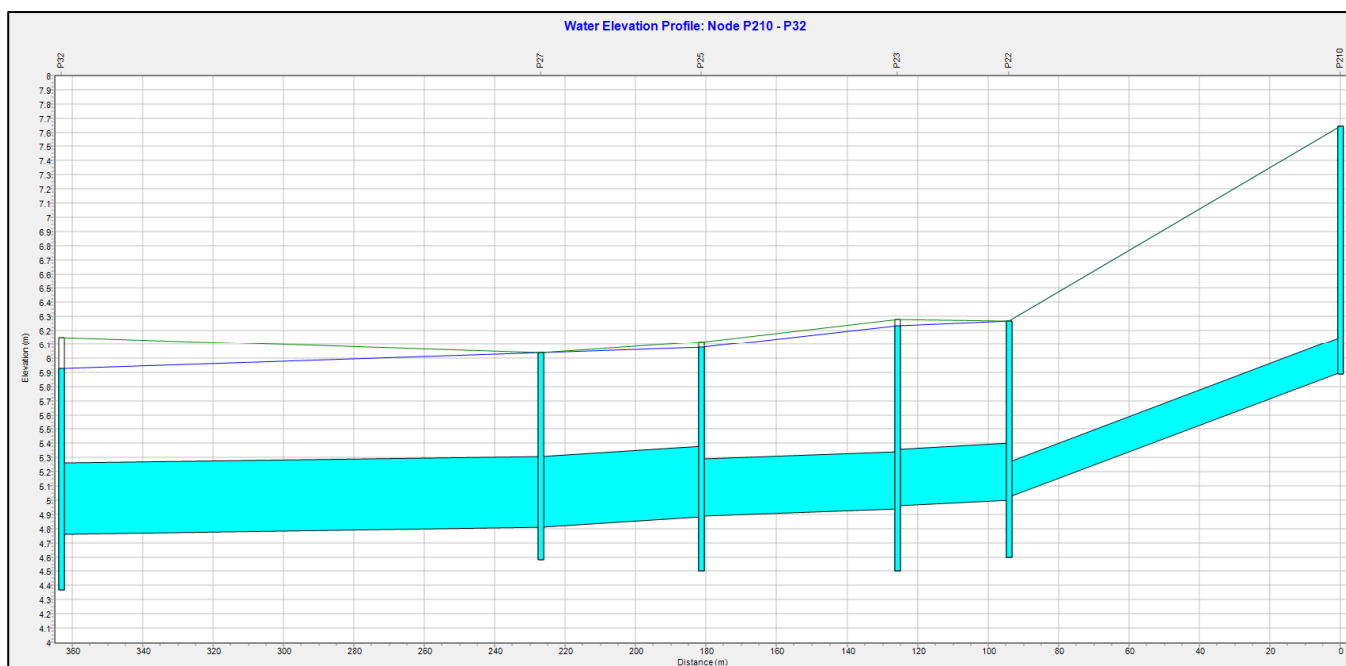


Figura 27: Profilo del 2° ramo di Via delle Scuole sino ad intersezione con Via I Maggio (profilo azzurro).

Nei profili di progetto soprastanti (1° ramo di via delle Scuole/via I Maggio e 2° ramo di via delle Scuole) è possibile vedere come la rete a valle venga “scaricata” dagli interventi di progetto ma come permangano criticità (sebbene il modello di progetto presenti una riduzione dei tempi e dei volumi esondati) a risalire verso monte da via I Maggio.

Rimane quindi da prevedere, non inclusi nella presente progettualità, una serie di interventi per l’adeguamento dei diametri (o la realizzazione di ulteriori collegamenti verso valle su strade parallele a via I Maggio) procedendo verso monte al fine di man mano risolvere le criticità presenti.

8.2 RISULTATI CON TEMPO DI RITORNO (TR) 10 ANNI E DURATA DI PIOGGIA (tp) 60 MIN

Di seguito vengono invece presentati i risultati delle simulazioni allo stato di progetto per un evento di pioggia con tempo di ritorno di 10 anni e tempo di pioggia pari a 60 minuti.



Figura 28: Planimetria che mostra gli effetti dell'evento di pioggia (TR=10 anni e tp=60 min) a seguito degli interventi di progetto.

Mettendo a confronto la mappa sopra presentata con quella del paritetico evento con rete allo stato di fatto è possibile notare come, sebbene le condotte lavorino al 100% di capacità, i punti di esondazione siano sensibilmente ridotti.

Nelle seguenti figure si riportano i profili idraulici delle dorsali principali relativi all'evento meteorico di progetto, ossia con tempo di ritorno TR = 10 anni e durata di pioggia tp = 60min ad interventi effettuati. Come per l'evento più intenso ma di minor durata, è possibile apprezzare gli effetti degli interventi di progetto che portano ad una riduzione dei punti di esondazione ad un "alleggerimento della rete".

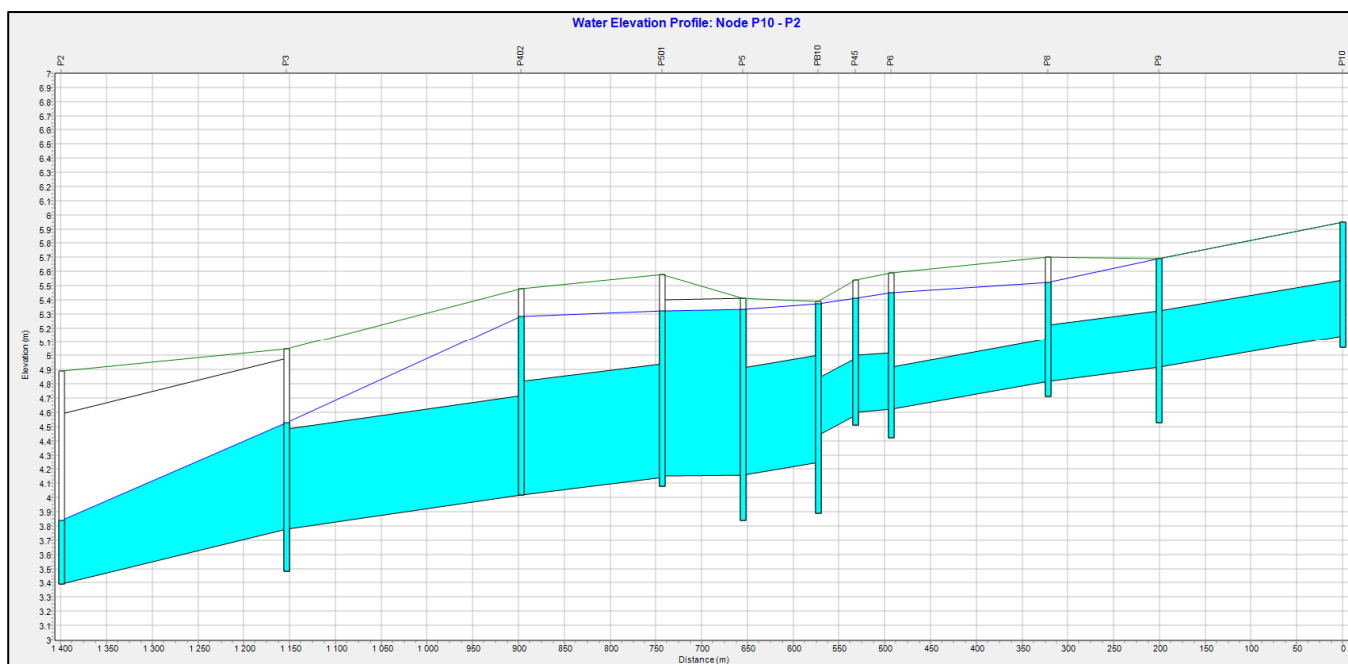


Figura 29: Profilo dorsale da via XXV Aprile, passando per via Il Giugno lato Sud, fino all'incrocio con via Aguta (profilo verde).

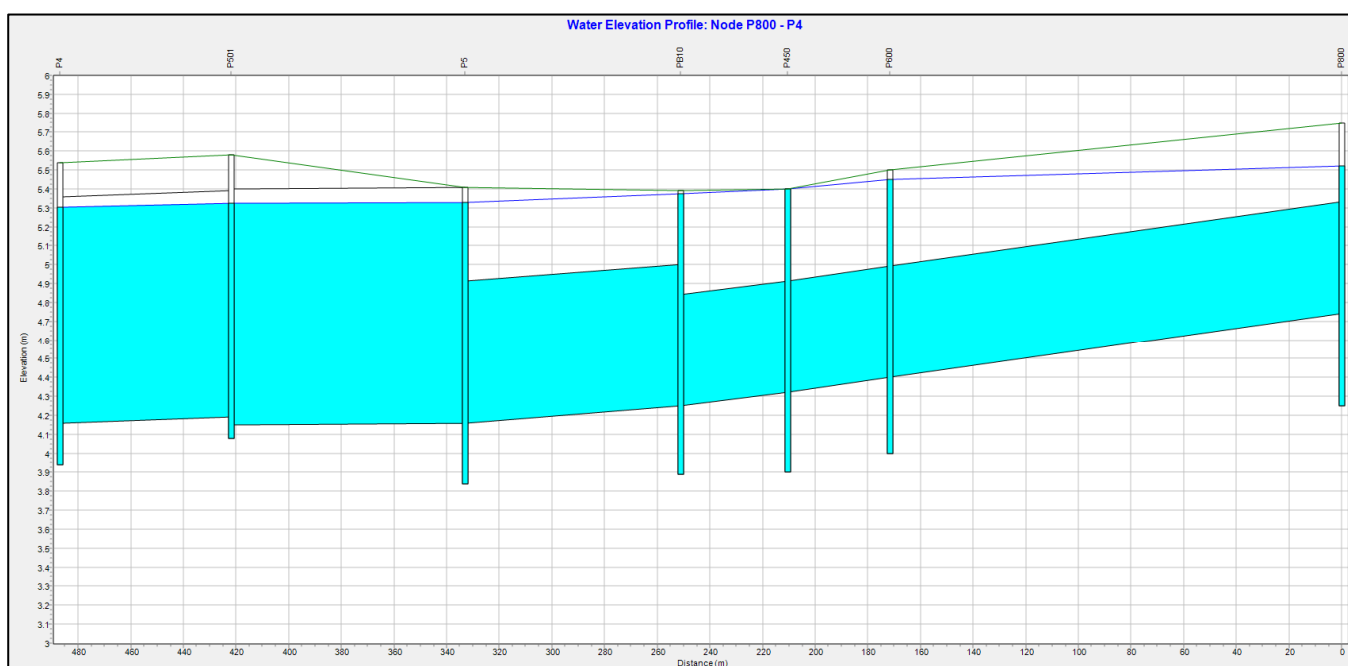


Figura 30: Profilo nuova dorsale da lungo via Il Giugno lato Sud, in parallelo all'esistente.

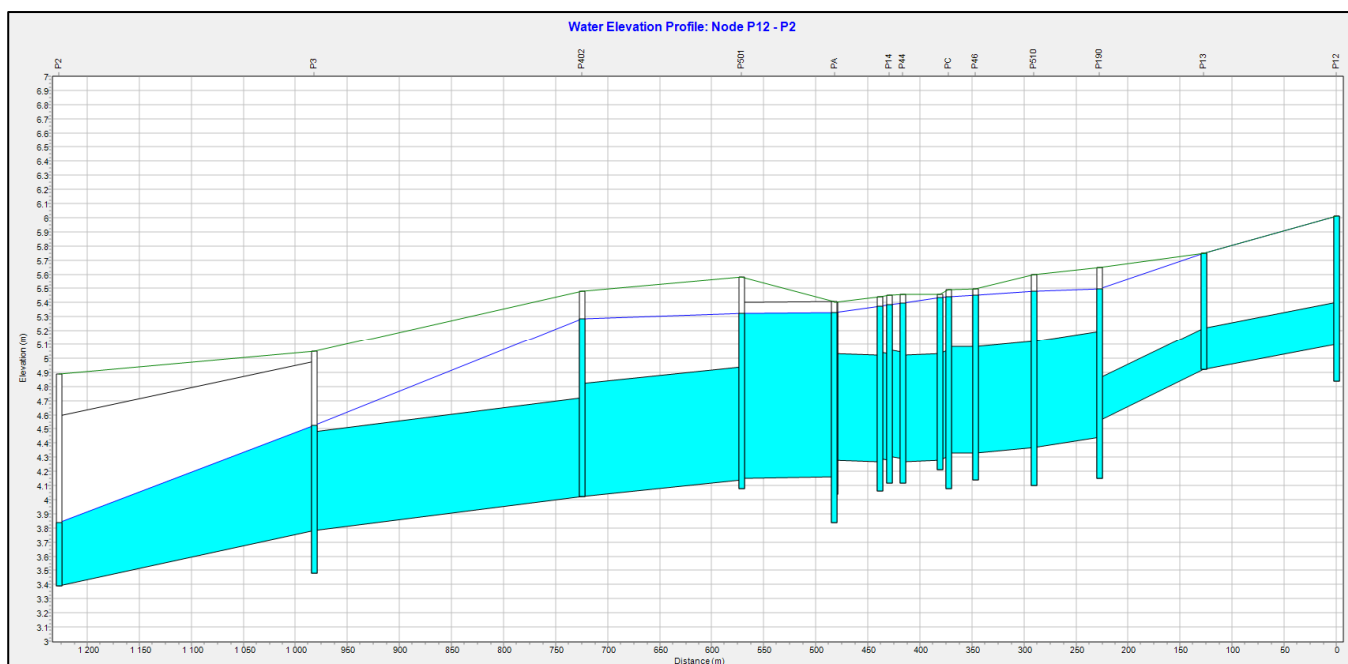


Figura 31: Profilo dorsale lungo via Il Giugno lato nord a seguito del prolungamento della tubazione Ø800 in PVC a monte del pozzetto P46 sino al nuovo pozzetto P190 (profilo giallo).

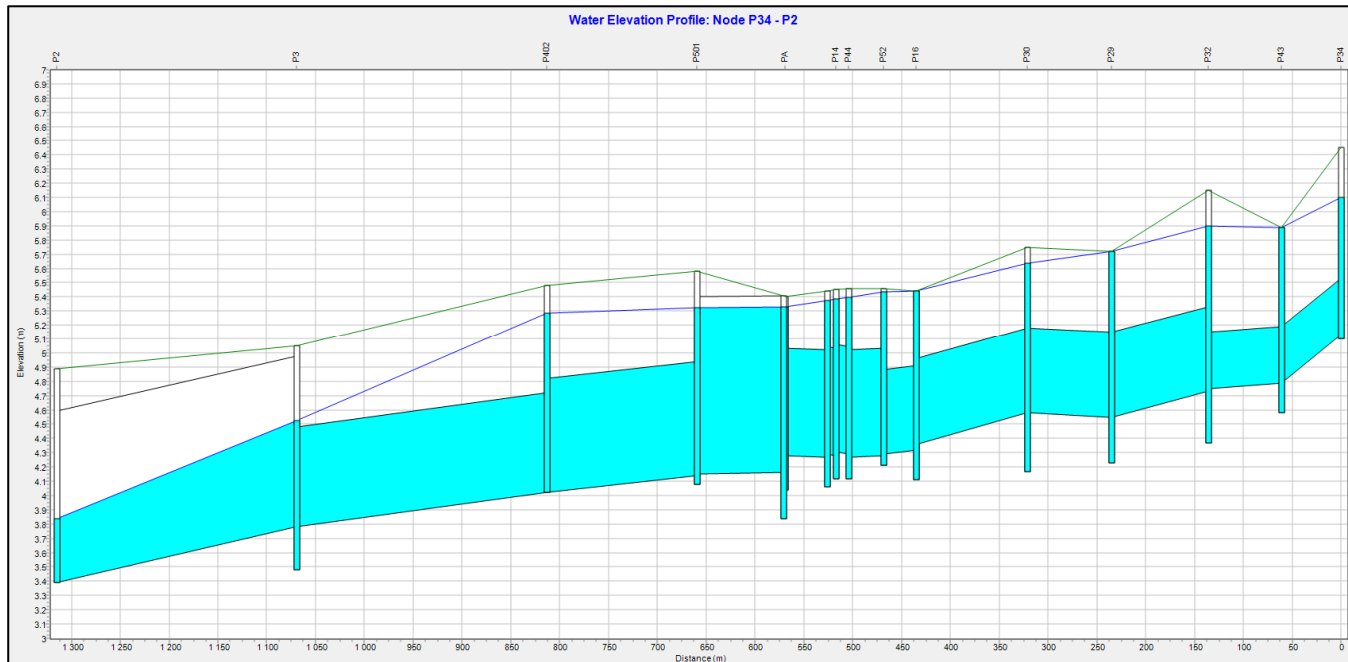


Figura 32: Profilo di progetto da via delle Scuole 1° ramo lungo via I Maggio sino al pozzetto P2 (profilo rosso).

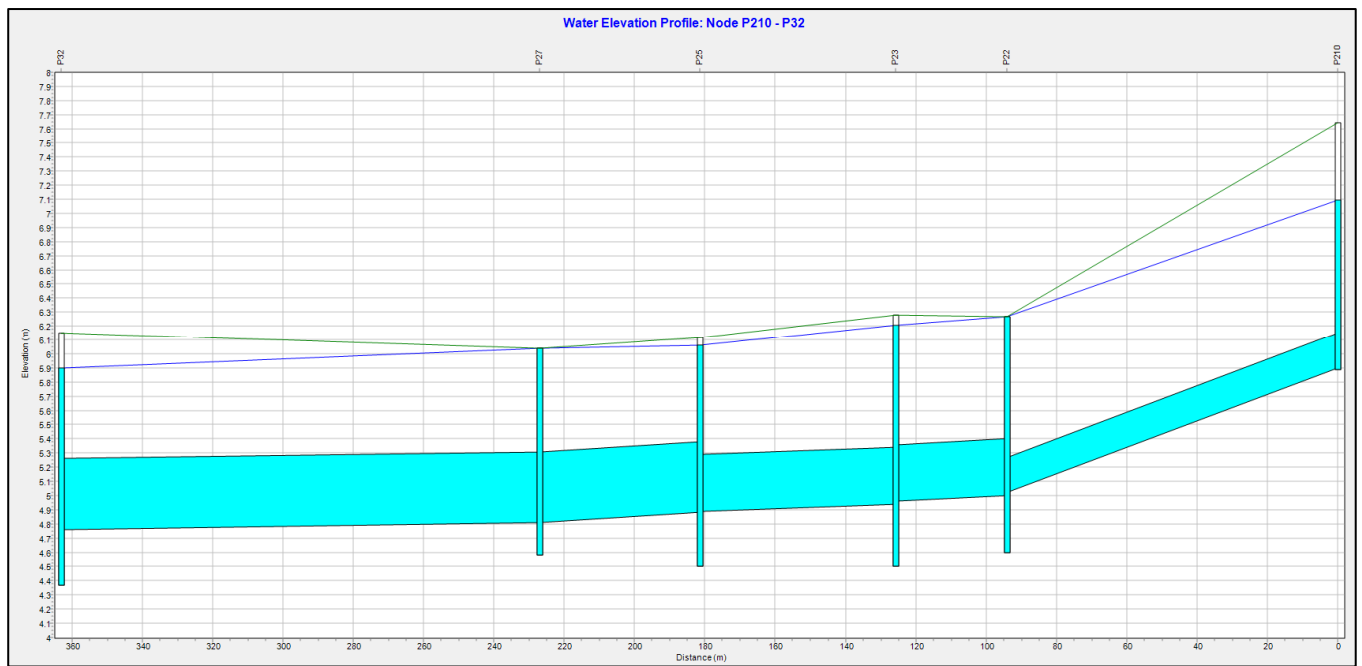


Figura 33: Profilo di progetto via delle Scuole 2° ramo sino ad incrocio con via I Maggio (profilo azzurro).

9 CONCLUSIONI

Come è possibile notare dai risultati delle simulazioni della rete allo stato di fatto, emerge una criticità diffusa su tutta la rete fognaria dell'abitato in termini di capacità di smaltimento delle acque meteoriche anche per eventi di breve durata.

Tale criticità è determinata da diffusi diametri insufficienti di condotte fognarie e dalla presenza di criticità localizzate come tratti in contropendenza o tratti di diametro inferiore interposti a tratti di diametri maggiore.

In ultimo sicuramente l'aspetto che tutta la rete dell'abitato nord di Glorie convogli in un unico collettore posto in contropendenza (collettore al di sotto della pista ciclabile di Traversa delle Sabbione) aumenta l'effetto di insufficienza generale della rete.

Gli interventi di progetto si propongono come una prima serie di azioni volte a "liberare" la rete partendo da valle a cominciare proprio dalla sostituzione della grande canala 1200x1100 (circa) posta in contropendenza con uno scatolare (dimensioni utili interne 2,00m x 1,25m) che, oltre ad avere corretta pendenza nei limiti imposti dai vincoli di monte e valle, fungerà da volume di invaso e laminazione.

La sistemazione di via Il Giugno con il prolungamento sul lato nord della condotta Ø800 in parte già posata da Hera nel 2022 e la posa di un collettore nuovo sul lato sud, permettono di aumentare il deflusso verso valle di tutti i rami secondari che verranno quindi sgravati.

Al fine di procedere alla risoluzione di tutte le criticità della rete si dovranno prevedere ulteriori interventi a partire da via I Maggio e via delle Scuole (entrambi i rami), come l'adeguamento dei diametri o la realizzazione di nuove dorsali lungo le vie parallele a via I Maggio e dirette verso via Il Giugno.