

CITTA' DI CASTEL MAGGIORE

(Città metropolitana di Bologna)



SISTEMAZIONE E ADEGUAMENTO DELLE RETI FOGNARIE ESISTENTI IN LOCALITA' CASTELLO

Committente:
COMUNE DI CASTEL MAGGIORE
Indirizzo: Via Matteotti 10 e Piazza Amendola 1 - Castel Maggiore (BO))
CF e P.Iva: 00819880378 PI 00524081205

PROGETTISTA
Dott. Ing. CARLO BAIETTI
Via G.Pilati 13
40068 S. Lazzaro di Savena (Bo)



Redatto :
Ing. R. Montefusco

Controllato :
Ing. C. Baietti

Approvato :
Ing. C. Baietti

Revisione :
01

Data emissione:
aprile 2024

RELAZIONE TECNICA CALCOLI IDRAULICI PRELIMINARI

Elaborato :

003

L305

PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

INDICE

1	PREMESSA	2
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	3
2.1	ANALISI DELLE MAPPE DEL P.G.R.A.	4
3	DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI RACCOLTA DELLE ACQUE MISTE ESISTENTI.....	5
4	ANALISI DELLA PLUVIOMETRIA	12
4.1	CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA.....	14
5	IL CODICE DI CALCOLO SWMM 5.1.....	20
6	SIMULAZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO ATTUALE ATTRAVERSO IL CODICE DI CALCOLO SWMM	24
6.1	RISULTATI SIMULAZIONE SDF ZONA OVEST TORRENTE NAVILE	28
6.2	RISULTATI SIMULAZIONE SDF ZONA EST TORRENTE NAVILE	29
7	SIMULAZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DI PROGETTO ATTRAVERSO IL CODICE DI CALCOLO SWMM.....	33
7.1	SIMULAZIONE SDP CON SISTEMA DI POMPAGGIO	36
7.1.1	DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI POMPAGGIO	37
7.1.2	CALCOLO DEL BACINO DI CARICO	43
8	CONCLUSIONI	47

1 PREMESSA

La presente relazione idraulica viene redatta con lo scopo di individuare, illustrare e superare le problematiche di carattere idraulico della rete fognaria e del canale Navile in Castel Maggiore – Zona Castello.

Tale area presente nel territorio di Castel Maggiore, in occasione di condizioni meteo avverse, legate ad abbondanti precipitazioni, ciclicamente subisce danneggiamenti alle strutture pubbliche e private, con problematiche legate sia all'innalzamento del livello idrometrico del corso d'acqua che al corretto funzionamento del sistema di drenaggio.

Le analisi pluviometriche ed idrologiche hanno riguardato eventi pluviometrici di carattere ordinario ed "eccezionale"; in particolare sono state costruite le curve di possibilità pluviometrica per eventi di intensità medio (con tempi di ritorno di 10 anni) e per eventi di notevole intensità e bassa frequenza (con tempi di ritorno di 25 e 50).

Al termine delle analisi vengono esaminati i relativi risultati e vengono illustrate le criticità idrauliche

riscontrate nel tratto fognario oggetto di studio. Per quanto riguarda l'inquadramento territoriale generale, la descrizione dei luoghi e la documentazione fotografica derivano dai sopralluoghi effettuati mentre le geometrie delle condotte sulla base del rilievo e della cartografia richieste all'Ente gestore del servizio idrico.

I dati territoriali necessari per gli studi idrologici sono stati tratti dalla cartografia tecnica regionale, dal "Modello digitale del terreno" dalla "Carta dell'uso del suolo di dettaglio edizione 2014" e dalla "Carta dei gruppi idrogeologici del suolo" della Regione Emilia-Romagna.

I dati di base per le analisi pluviometriche sono infine stati tratti dagli Annali Idrologici redatti e diffusi da ARPAE – Servizio Idro Meteo Clima per la stazione di Bologna.

Nelle pagine seguenti si descrivono in dettaglio gli studi e le analisi effettuate, le relative risultanze e le considerazioni finali.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La zona Castello, oggetto dello studio si estende ad Est del centro abitato di Castel Maggiore, ove passa il Navile, provincia di Bologna.

La località divenne a partire dall'800 un importante centro di attività manifatturiere. La borgata Molini Novi, ora "Castello", ha infatti subito notevoli trasformazioni nel corso degli ultimi tre secoli: da territorio agricolo con la presenza dei mulini, si è modificata in nucleo industriale importante all'inizio dell'800. Nell'arco di alcuni decenni divenne il centro della vita civile con l'edificazione del municipio e della scuola elementare e anni più tardi si ravvisa la presenza della stazione dei carabinieri. L'antica farmacia e a metà dell'800 la creazione della nuova officina meccanica e fusoria, fecero di Molini Novi il cuore della vita moderna di Castagnolo Maggiore, antico nome dell'odierna Castel Maggiore.

La località ha perso progressivamente centralità con lo sviluppo del paese intorno alla ferrovia Bologna-Padova, ma dalla metà del '900 l'Amministrazione comunale ha dato il via a una campagna di recupero degli edifici sorti sul Navile che ha portato vigore e rilancio dell'attività commerciale e abitativa di Castello.



Figura 1: Ubicazione area di interesse - Inquadramento generale da immagine satellitare Google Satellite

Le coordinate geografiche baricentriche dell'area in oggetto sono le seguenti:

Sistema di Riferimento	Latitudine	Longitudine
WGS84	44° 34' 20.45" N	11° 22' 32.77" E

2.1 ANALISI DELLE MAPPE DEL P.G.R.A.

Si analizzano le mappe del PGRA relative al reticolo primario caratterizzato dal torrente Navile e secondario al fine di evidenziare e determinare eventuali aree a pericolosità differenziata.

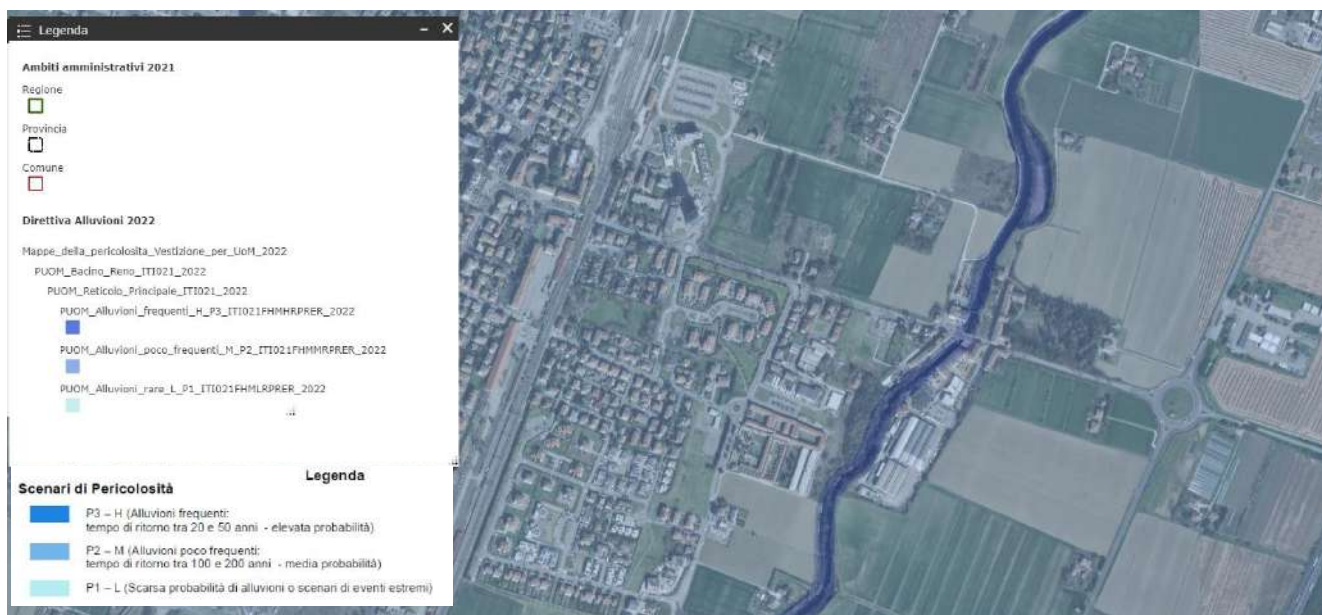


Figura 2- Stralcio PGRA: classi di pericolosità reticolo primario

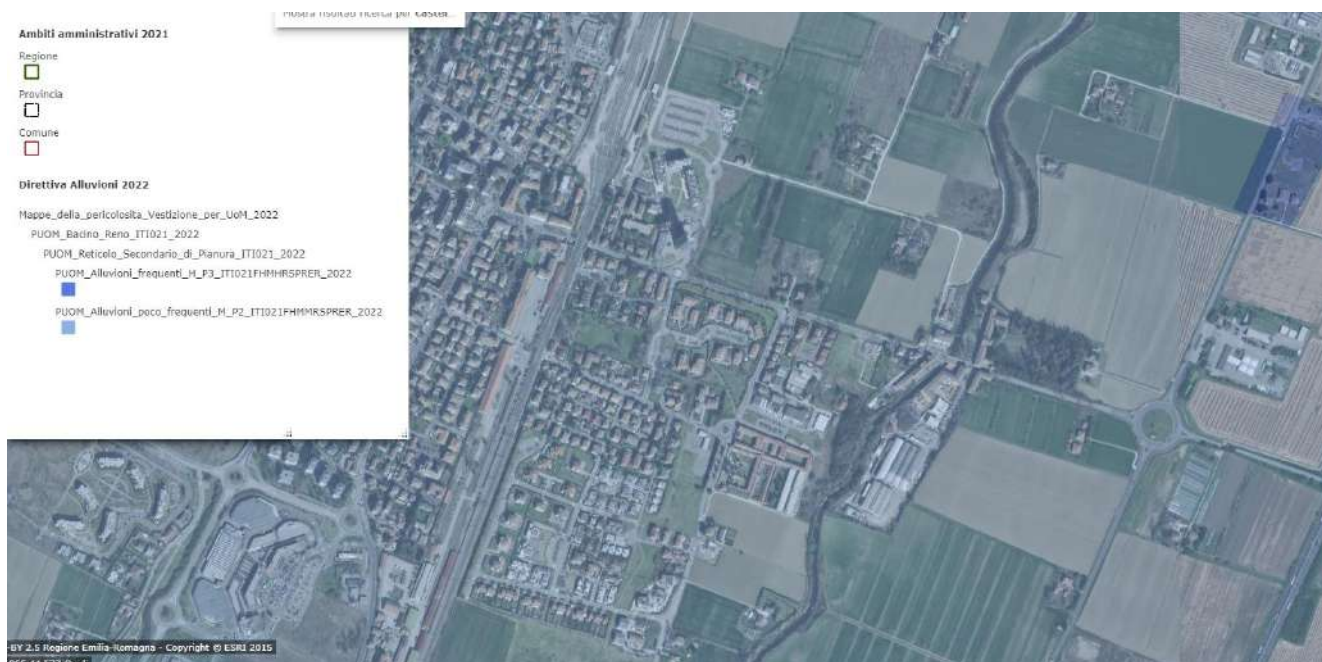


Figura 3- Stralcio PGRA: classi di pericolosità reticolo secondario

L'area di studio risulta a **pericolosità P2**, sia per quanto riguarda il reticolo primario caratterizzato dal torrente Navile sia per il reticolo secondario.

3 DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI RACCOLTA DELLE ACQUE MISTE ESISTENTI

Si è determinato il quadro conoscitivo dello stato di fatto della rete mista presente nella zona denominata Castello, da rilievi fatti sul posto, dall'apertura dei pozzetti presenti e non asfaltati e dai dati cartografici richiesti al gestore del servizio idrico integrato.

Di seguito si distinguono due zone oggetto dello studio, la prima è la zona presente ad est del torrente Navile, la seconda è quella presente ad Ovest dello stesso corso d'acqua.

La zona ad Est del corso d'acqua è servita da condotte con materiale differente, per lo più PVC e CLS, i diametri principali sono DN 500 per il cls e DN 315 PVC. La rete mista presente a est del Navile scarica nel torrente attraverso due scarichi DN 500 come indicato nella seguente immagine

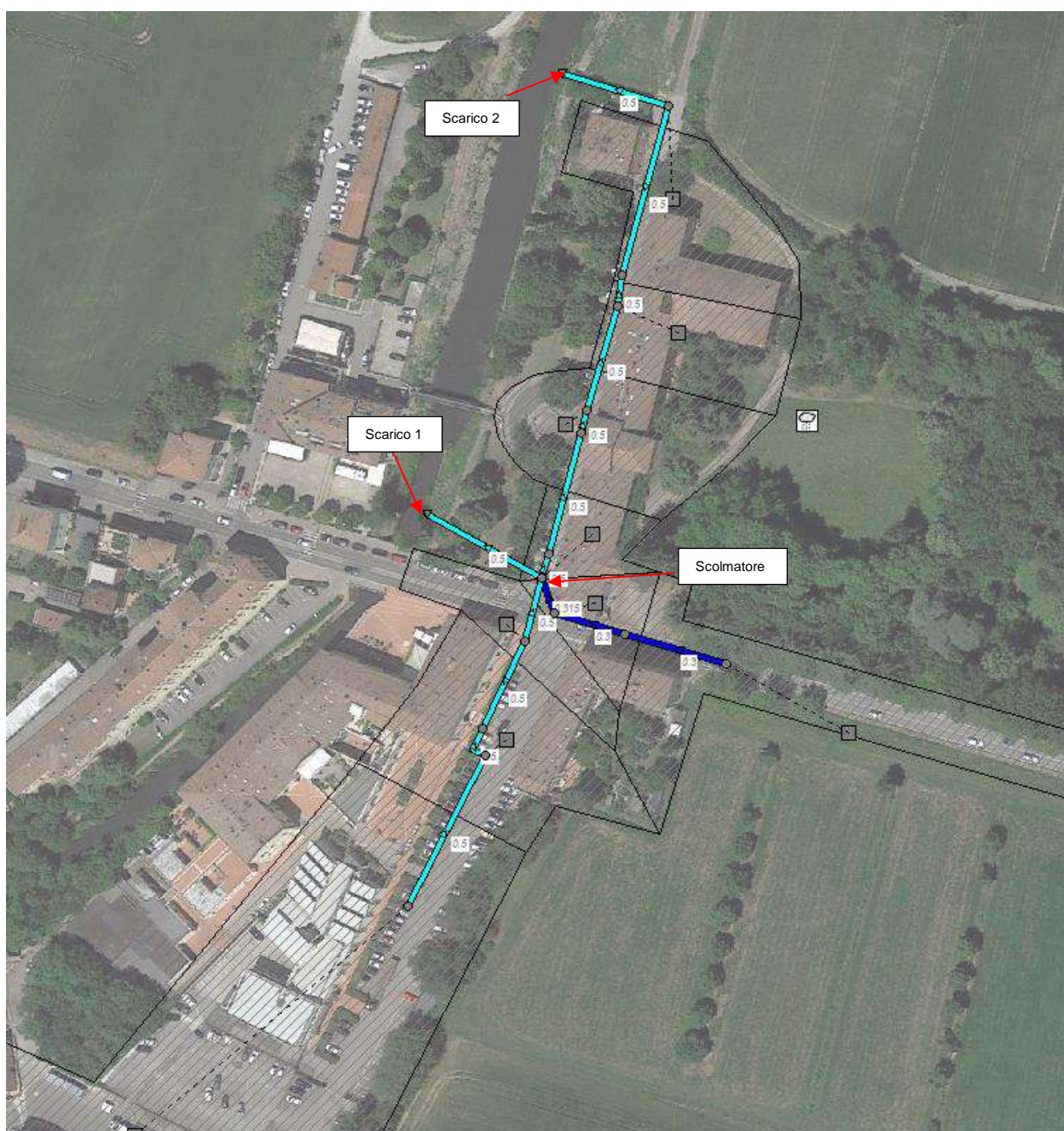


Figura 4: Ubicazione area di interesse – SDF rete zona ad Est del Navile

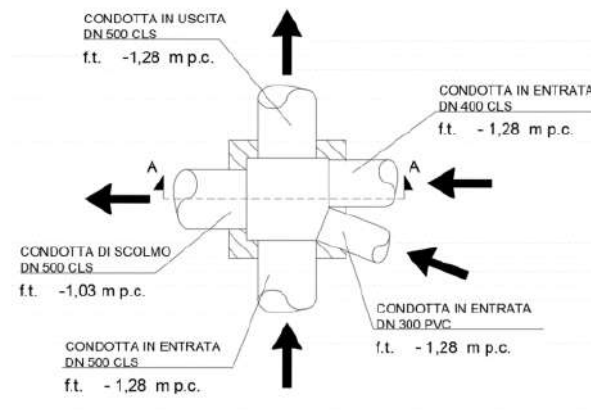
A monte dello scarico 1 è presente uno scolmatore con le seguenti caratteristiche:

1. RILIEVO DEL POZZETTO SCOLMATORE 1052897

Via Albertina

GPS Scolmatore - 4938191,285 NORD; 688681,061 EST - H= 18,895 m s.l.m.

PIANTA SCOLMATORE



Tale scolmatore permette di scaricare le acque di pioggia verso lo scarico 1, mentre in tempo secco le acque nere proseguono nella tubazione dn 500 giungono ad un sollevamento che le invia verso la sponda ovest del Navile in un collettore che le fa defluire verso il Depuratore di Bologna..

La rete mista continua dopo lo scolmatore per altri 160 metri e termina nello scarico 2, costituito da una tubazione DN 500 in cls, sempre nel Navile. Entrambi gli scarichi presentano un Clapet. Di seguito si riportano alcune foto dei manufatti che caratterizzano la rete mista a servizio della località Castello Castel Maggiore (BO).







Tale condotta deriva dallo studio condotto dallo Studio Prisma, che ha ottenuto l'incarico del "Rilievo e verifica del sistema fognario del Capoluogo alla luce delle previsioni del vigente P.R.G." e la redazione di un primo progetto di adeguamento della rete fognaria con determinazione n. 378 del 27/07/2000 e successivo disciplinare n. 4176 di Rep. in data 14/11/2000, dall'Amministrazione Comunale di Castel Maggiore.

La parte Ovest della rete verrà che serve un bacino di 21.73 ha, nei prossimi capitoli simulata al fine di verificarne la sua capacità al deflusso della acque meteoriche con tempi di ritorno $TR=25$ e livelli del Torrente Navile con tempi di ritorno $TR=10$ anni e $TR=50$ anni.

La Zona denominata Castello presente nel territorio di Castel Maggiore, in occasione di condizioni meteo avverse, legate ad abbondanti precipitazioni, ciclicamente subisce danneggiamenti alle strutture pubbliche e private, con problematiche legate sia all'innalzamento del livello idrometrico del corso d'acqua che al corretto funzionamento del sistema di drenaggio. Per tale motivo le simulazioni dello stato di fatto e di progetto sono state effettuate tenendo conto delle condizioni di piena del Navile, prese dal Piano Stralcio per il Sistema Idraulico "Navile – Savena abbandonato" di seguito riportate:

TRONCHI				EVENTO PIOGGIA TR=10 anni			VALUTAZIONE PERICOLOSITA' TRONCHI																	
Denom.	Nodi Inizio e Fine	Zona	Sezione			Livelli			Nodi Inizio e Fine	Tratto "pericoloso"	Coef.sicurezza		Nodi Inizio e Fine	Tratto "pericoloso"	Coef.sicurezza		Nodi Inizio e Fine	Tratto "pericoloso"	Coef.sicurezza		Nodi Inizio e Fine	Tratto "pericoloso"	Coef.sicurezza	
			Arg	H [m]	H max [m]	Tirante [m]	Quota s.l.m. [m]	Portata [m3/sec]			Tirante Liv. max 0	Tirante Liv. max 0.1			Tirante Liv. max 0.1	Tirante Liv. max 0.1			Tirante Liv. max 0.2	Tirante Liv. max 0.1			Tirante Liv. max 0.2	Tirante Liv. max 0.2
NAV1	92 91	Bova	0	7.4	7.4	2.5	34.2	52.8	92 91	no	2.51	6.64	92 91	no	2.76	6.64	92 91	no	3.01	6.64	92 91	no	3.01	5.90
NAV2	91 90	ponte via Carracci	0	7.4	7.4	1.8	32.2	52.2	91 90	no	1.79	6.64	91 90	no	1.97	6.64	91 90	no	2.15	6.64	91 90	no	2.15	5.90
NAV3	90 89	parco Comunale	0	4.9	4.9	2.8	32.2	50.5	90 89	no	3.02	4.41	90 89	no	3.32	4.41	90 89	no	3.62	4.41	90 89	no	3.62	3.92
NAV4	89 88		0	4.9	4.9	2.7	32.7	52.6	89 88	no	2.68	4.41	89 88	no	2.95	4.41	89 88	no	3.22	4.41	89 88	no	3.22	3.92
NAV5	88 87	ponte via Gagarin	0	3.8	3.8	2.1	32.1	52.7	88 87	no	2.10	3.40	88 87	no	2.31	3.40	88 87	no	2.52	3.40	88 87	no	2.52	3.02
NAV6	87 86	via del Navile	0	4.3	4.3	1.5	30.9	52.7	87 86	no	1.50	3.86	87 86	no	1.65	3.86	87 86	no	1.80	3.86	87 86	no	1.80	3.43
NAV7	86 85	Sostegno Battifoglio	0	4.2	4.2	2.9	28.6	50.8	86 85	no	2.88	3.76	86 85	no	3.17	3.76	86 85	no	3.46	3.76	86 85	si	3.46	3.34
NAV8	85 84	Fomace Gallotti	0	4.2	4.2	2.5	28.2	52.6	85 84	no	2.49	3.76	85 84	no	2.74	3.76	85 84	no	2.99	3.76	85 84	no	2.99	3.34
NAV9	84 83	via del Pellegrino	0	4.2	4.2	3.2	28.1	52.2	84 83	no	3.18	3.74	84 83	no	3.50	3.74	84 83	si	3.82	3.74	84 83	si	3.82	3.33
NAV10	83 82	ponte ferrovia	0	4.2	4.2	2.9	27.9	52.5	83 82	no	2.92	3.74	83 82	no	3.21	3.74	83 82	no	3.50	3.74	83 82	si	3.50	3.33
NAV11	82 81	Sostegno Torreggiani	0	3.4	3.1	2.6	26.7	52.3	82 81	no	2.62	2.81	82 81	si	2.88	2.81	82 81	si	3.14	2.81	82 81	si	3.14	2.50
NAV12	81 80	ponte tangenziale	0	3.5	3.0	2.6	25.8	52.3	81 80	no	2.56	2.66	81 80	si	2.82	2.66	81 80	si	3.07	2.66	81 80	si	3.07	2.37
NAV13	80 79	Sostegno Landi	0	3.9	2.9	2.1	25.4	52.1	80 79	si	3.12	2.57	80 79	si	3.43	2.57	80 79	si	3.74	2.57	80 79	si	3.74	2.29
NAV14	79 78	Sostegno Grassi	0	3.9	2.9	2.8	25.2	50.6	79 78	si	2.83	2.57	79 78	si	3.11	2.57	79 78	si	3.40	2.57	79 78	si	3.40	2.29
NAV15	78 77	ponte della Bionda	0	4.3	3.0	2.8	24.9	50.5	78 77	si	2.79	2.69	78 77	si	3.07	2.69	78 77	si	3.35	2.69	78 77	si	3.35	2.39
NAV16	77 76	Fomace	0	3.9	3.9	2.7	24.6	50.8	77 76	no	2.74	3.52	77 76	no	3.01	3.52	77 76	no	3.29	3.52	77 76	si	3.29	3.13
NAV17	76 75		0	4.5	4.5	1.6	22.1	50.8	76 75	no	1.59	4.05	76 75	no	1.75	4.05	76 75	no	1.91	4.05	76 75	no	1.91	3.60
NAV18	75 74	Sostegno Corticella	0	4.8	3.7	2.9	22.4	49.4	75 74	si	3.92	3.31	75 74	si	4.31	3.31	75 74	si	4.70	3.31	75 74	si	4.70	2.94
NAV19	74 73		0	4.1	3.5	2.1	22.3	49.4	74 73	si	3.14	3.12	74 73	si	3.45	3.12	74 73	si	3.77	3.12	74 73	si	3.77	2.78
NAV20	73 72	ponte canale	0	4.5	3.8	2.5	22.4	49.8	73 72	si	3.54	3.38	73 72	si	3.89	3.38	73 72	si	4.25	3.38	73 72	si	4.25	3.00
NAV21	72 71		0	5.3	5.3	2.2	22.1	52.4	72 71	no	3.23	4.78	72 71	no	3.55	4.78	72 71	no	3.88	4.78	72 71	no	3.88	4.25
NAV22	71 70	Ponte via di Corticella	0	7.7	7.7	2.7	21.8	52.3	71 70	no	2.67	6.93	71 70	no	2.94	6.93	71 70	no	3.20	6.93	71 70	no	3.20	6.16
NAV23	70 69	ponte strada Prov.	0	6.6	6.6	2.8	21.5	50.9	70 69	no	2.78	5.92	70 69	no	3.06	5.92	70 69	no	3.34	5.92	70 69	no	3.34	5.26
NAV24	69 68	Depuratore	0	8.5	8.5	2.9	21.1	52.3	69 68	no	2.89	7.64	69 68	no	3.18	7.64	69 68	no	3.47	7.64	69 68	no	3.47	6.79
NAV25	68 67	ponte via Di Vittorio	0	8.8	8.8	2.7	20.6	52.6	68 67	no	2.72	7.89	68 67	no	2.99	7.89	68 67	no	3.26	7.89	68 67	no	3.26	7.02
NAV26	67 66	Castelmaggiore	0	8.4	8.4	3.3	20.5	52.6	67 66	no	3.33	7.54	67 66	no	3.66	7.54	67 66	no	4.00	7.54	67 66	no	4.00	6.70
NAV27	66 65		0	8.4	8.4	3.2	20.4	52.2	66 65	no	3.21	7.54	66 65	no	3.53	7.54	66 65	no	3.85	7.54	66 65	no	3.85	6.70
NAV28	65 64	Castelmaggiore	0	4.7	3.5	2.1	20.2	52.1	65 64	no	3.11	3.15	65 64	si	3.42	3.15	65 64	si	3.73	3.15	65 64	si	3.73	2.80
NAV29	64 63	sostegno Castelmag.	0	3.5	3.4	2.5	19.5	50.8	64 63	no	2.50	3.02	64 63	no	2.75	3.02	64 63	no	3.00	3.02	64 63	si	3.00	2.69
NAV30	63 62		0	7.5	7.5	2.2	19.2	50.7	63 62	no	3.18	6.77	63 62	no	3.50	6.77	63 62	no	3.82	6.77	63 62	no	3.82	6.02
NAV31	62 61		0	7.5	7.5	2.2	19.1	50.4	62 61	no	3.09	6.77	62 61	no	3.40	6.77	62 61	no	3.71	6.77	62 61	no	3.71	6.02
NAV32	61 60		0	4.7	4.7	2.9	18.9	50.3	61 60	no	2.89	4.22	61 60	no	3.18	4.22	61 60	no	3.47	4.22	61 60	no	3.47	3.75
NAV33	60 59	Centergross	0	6.3	6.3	3.4	18.8	50.8	60 59	no	3.38	5.65	60 59	no	3.72	5.65	60 59	no	4.06	5.65	60 59	no	4.06	5.02
NAV34	59 58	Centergross	0	6.3	6.3	3.2	18.7	49.8	59 58	no	3.34	5.65	59 58	no	3.67	5.65	59 58	no	4.01	5.65	59 58	no	4.01	5.02
NAV35	58 57	Centergross	0	8.9	8.9	2.2	18.6	49.8	58 57	no	3.21	8.02	58 57	no	3.53	8.02	58 57	no	3.85	8.02	58 57	no	3.85	7.13
NAV36	57 56	Immissione Cansè	0	8.9	8.9	2.1	18.5	49.4	57 56	no	3.10	8.02	57 56	no	3.41	8.02	57 56	no	3.72	8.02	57 56	no	3.72	7.13
NAV37	56 55	Centergross	0	7.7	7.7	2.3	18.4	50.2	56 55	no	3.25	6.94	56 55	no	3.58	6.94	56 55	no	3.90	6.94	56 55	no	3.90	6.17
NAV38	55 54	Loc. Ploppeda	0	7.1	7.1	2.5	18.2	49.8	55 54	no	3.53	6.35	55 54	no	3.88	6.35	55 54	no	4.24	6.35	55 54	no	4.24	5.65
NAV39	54 53		0	6.8	6.8	2.5	18.0	49.8	54 53	no	3.51	6.15	54 53	no	3.86	6.15	54 53	no	4.21	6.15	54 53	no	4.21	5.46
NAV40	53 52	Loc. Conserva	0	5.3	5.3	2.8	17.9	49.4	53 52	no	3.04	4.76	53 52	no	3.34	4.76	53 52	no	3.65	4.76	53 52	no	3.65	4.23
NAV41	52 51	Immis. Castagnolino	0	5.3	5.3	2.9	17.8	49.5	52 51	no	2.93	4.76	52 51	no	3.22	4.76	52 51	no	3.52	4.76	52 51	no	3.52	4.23
NAV42	51 50	Ponte La Ringhiera	0	4.7	4.5	2.5	17.6	50.5	51 50	no	3.46	4.06	51 50	no	3.81	4.06	51 50	si	4.15	4.06	51 50	si	4.15	3.61
NAV43	50 49	Loc. Santa Croce	0	4.7	4.7	2.8	17.5	50.8	50 49	no	3.04	4.19	50 49	no	3.34	4.19	50 49	no	3.65	4.19	50 49	no	3.65	3.72
NAV44	49 48	ponte Paleotto	1	4.8	4.8	3.3	17.3	54.1	49 48	no	3.31	4.32	49 48	no	3.64	4.32	49 48	no	3.97	4.32	49 48	si	3.97	3.84
NAV45	48 47	località Paleotto	1	4.4	4.4	3.6	17.2	52.1	48 47	no	3.55	3.96	48 47	no	3.91	3.96	48 47	si	4.26	3.96	48 47	si	4.26	3.52
NAV46	47 46	botte C.E.R.	1	4.6	4.6	3.9	17.2	52.8	47 46	no	3.87	4.14	47 46	si	4.26	4.14	47 46	si	4.64	4.14	47 46	si	4.64	3.68
NAV47	46 45	Marposs	1	4.5	4.5	4.1	17.2	52.9	46 45	no	4.06	4.09	46 45	si	4.47	4.09	46 45	si	4.87	4.09	46 45	si	4.87	3.63
NAV48	45 44	Immis. Diversivo	1	4.4	4.4	4.8	16.9	52.9	45 44	si	4.01	4.00	45 44	si	4.41	4.00	45 44	si	4.81	4.00	45 44	si	4.81	3.55
DIV1	44 184	Canale Diversivo	1	4.9	4.9	4.3	17.1	52.3	44 184	no	4.27	4.39	44 184	si	4.70	4.39	44 184	si	5.12	4.39	44 184	si	5.12	3.90
DIV2	184 185	Canale Diversivo	1	5.4	5.4	4.4	17.1	52.2	184 185	no	4.36	4.87	184 185	no	4.80	4.87	184 185	si	5.23	4.87	184 185	si	5.23	4.33
DIV3	185 186	Canale Diversivo	1	5.4	5.4	4.5	17.1	50.8	185 186	no	4.46	4.84	185 186	si	4.91	4.84	185 186	si	5.35	4.84	185 186	si	5.35	4.30
DIV4	186 161	Immissione Savena	1	4.7	4.7	4.4	16.9	50.8	186 161	si	4.37	4.23	186 161	si	4.81	4.23	186 161	si	5.24	4.23	186 161	si	5.24	3.76

6.1 - Pericolosità tronchi Navile e Diversivo per Tr=10 anni

Figura 6: Livello idrico nel Navile con TR=10 sezione63-62: 19,2 m.s.l.m

TRONCHI			EVENTO PIOGGIA TR=50 anni						VALUTAZIONE PERICOLOSITA' TRONCHI															
Denom.	Nodi Inizio e Fine	Zona	Sezione			Livelli		Portata [m3/sec]	Nodi Inizio e Fine	Tratto "pericoloso"	Coeff.sicurezza Tirante Liv. max		Nodi Inizio e Fine	Tratto "pericoloso"	Coeff.sicurezza Tirante Liv. max		Nodi Inizio e Fine	Tratto "pericoloso"	Coeff.sicurezza Tirante Liv. max		Nodi Inizio e Fine	Tratto "pericoloso"	Coeff.sicurezza Tirante Liv. max	
			Arg	H [m]	H max [m]	Tirante [m]	Quota s.l.m. [m]				0.1	0.1			0.1	0.1			0.2	0.1			0.2	0.2
NAV1	92 91	Bova	0	7.4	7.4	2.9	34.4	63.9	92 91	no	2.85	6.64	92 91	no	3.14	6.64	92 91	no	3.42	6.64	92 91	no	3.42	5.90
NAV2	91 90	ponte via Carraoli	0	7.4	7.4	2.1	33.6	63.2	91 90	no	2.06	6.64	91 90	no	2.27	6.64	91 90	no	2.47	6.64	91 90	no	2.47	5.90
NAV3	90 89	parco Comunale	0	4.9	4.9	3.3	33.4	64.4	90 89	no	3.34	4.41	90 89	no	3.67	4.41	90 89	no	4.01	4.41	90 89	si	4.01	3.92
NAV4	89 88		0	4.9	4.9	3.0	33.0	66.8	89 88	no	2.98	4.41	89 88	no	3.28	4.41	89 88	no	3.58	4.41	89 88	no	3.58	3.92
NAV5	88 87	ponte via Gagarin	0	3.8	3.8	2.4	22.2	63.7	88 87	no	2.36	3.40	88 87	no	2.60	3.40	88 87	no	2.83	3.40	88 87	no	2.83	3.02
NAV6	87 86	via del Navile	0	4.3	4.3	1.7	31.1	63.5	87 86	no	1.71	3.86	87 86	no	1.88	3.86	87 86	no	2.05	3.86	87 86	no	2.05	3.43
NAV7	86 85	Sostegno Battifoglio	0	4.2	4.2	3.3	29.0	64.5	86 85	no	3.28	3.76	86 85	no	3.61	3.76	86 85	si	3.94	3.76	86 85	si	3.94	3.34
NAV8	85 84	Fornace Giallioti	0	4.2	4.2	2.9	28.6	63.2	85 84	no	2.90	3.76	85 84	no	3.19	3.76	85 84	no	3.48	3.76	85 84	si	3.48	3.34
NAV9	84 83	via del Pellegrino	0	4.2	4.2	3.6	28.6	64.6	84 83	no	3.62	3.74	84 83	si	3.98	3.74	84 83	si	4.34	3.74	84 83	si	4.34	3.33
NAV10	83 82	ponte ferrovia	0	4.2	4.2	3.4	28.3	63.1	83 82	no	3.35	3.74	83 82	no	3.69	3.74	83 82	si	4.02	3.74	83 82	si	4.02	3.33
NAV11	82 81	Sostegno Torreggiani	0	3.4	3.1	3.0	27.0	64.5	82 81	si	2.99	2.81	82 81	si	3.29	2.81	82 81	si	3.59	2.81	82 81	si	3.59	2.50
NAV12	81 80	ponte tangenziale	0	3.5	3.0	2.9	26.2	64.9	81 80	si	2.93	2.66	81 80	si	3.22	2.66	81 80	si	3.52	2.66	81 80	si	3.52	2.37
NAV13	80 79	Sostegno Landi	0	3.9	2.9	2.5	25.8	64.5	80 79	si	3.49	2.57	80 79	si	3.84	2.57	80 79	si	4.19	2.57	80 79	si	4.19	2.29
NAV14	79 78	Sostegno Grassi	0	3.9	2.9	2.3	25.5	64.0	79 78	si	3.19	2.57	79 78	si	3.51	2.57	79 78	si	3.83	2.57	79 78	si	3.83	2.29
NAV15	78 77	ponte della Bianca	0	4.3	3.0	2.1	25.2	62.7	78 77	si	3.14	2.69	78 77	si	3.45	2.69	78 77	si	3.77	2.69	78 77	si	3.77	2.39
NAV16	77 76	Fornace	0	3.9	3.9	2.1	24.9	62.7	77 76	no	3.05	3.52	77 76	no	3.36	3.52	77 76	si	3.66	3.52	77 76	si	3.66	3.13
NAV17	76 75		0	4.5	4.5	1.8	23.2	62.0	76 75	no	1.81	4.05	76 75	no	1.99	4.05	76 75	no	2.17	4.05	76 75	no	2.17	3.60
NAV18	75 74	Sostegno Corticella	0	4.8	3.7	4.3	22.8	62.4	75 74	si	4.29	3.31	75 74	si	4.72	3.31	75 74	si	5.15	3.31	75 74	si	5.15	2.94
NAV19	74 73		0	4.1	3.5	3.5	22.7	62.2	74 73	si	3.51	3.12	74 73	si	3.86	3.12	74 73	si	4.21	3.12	74 73	si	4.21	2.78
NAV20	73 72	ponte canale	0	4.5	3.8	2.9	22.8	62.7	73 72	si	3.91	3.38	73 72	si	4.30	3.38	73 72	si	4.69	3.38	73 72	si	4.69	3.00
NAV21	72 71		0	5.3	5.3	3.4	22.4	63.2	72 71	no	3.59	4.78	72 71	no	3.95	4.78	72 71	no	4.31	4.78	72 71	si	4.31	4.25
NAV22	71 70	Ponte via di Corticella	0	7.7	7.7	2.0	22.1	63.1	71 70	no	3.00	6.93	71 70	no	3.30	6.93	71 70	no	3.60	6.93	71 70	no	3.60	6.16
NAV23	70 69	ponte strada Prov.	0	6.6	6.6	2.3	21.9	64.6	70 69	no	3.12	5.92	70 69	no	3.43	5.92	70 69	no	3.74	5.92	70 69	no	3.74	5.26
NAV24	69 68	Depuratore	0	8.5	8.5	2.3	21.4	66.1	69 68	no	3.21	7.64	69 68	no	3.53	7.64	69 68	no	3.85	7.64	69 68	no	3.85	6.79
NAV25	68 67	ponte via Di Vittorio	0	8.8	8.8	2.1	20.9	63.6	68 67	no	3.06	7.89	68 67	no	3.37	7.89	68 67	no	3.67	7.89	68 67	no	3.67	7.02
NAV26	67 66	Castelmaggiore	0	8.4	8.4	2.7	20.9	63.5	67 66	no	3.68	7.54	67 66	no	4.05	7.54	67 66	no	4.42	7.54	67 66	no	4.42	6.70
NAV27	66 65		0	8.4	8.4	3.4	20.7	64.9	66 65	no	3.55	7.54	66 65	no	3.91	7.54	66 65	no	4.26	7.54	66 65	no	4.26	6.70
NAV28	65 64	Castelmaggiore	0	4.7	3.5	3.5	20.5	64.9	65 64	si	3.46	3.15	65 64	si	3.81	3.15	65 64	si	4.15	3.15	65 64	si	4.15	2.80
NAV29	64 63	sostegno Castelmag.	0	3.5	3.4	2.9	19.8	64.3	64 63	no	2.86	3.02	64 63	si	3.15	3.02	64 63	si	3.43	3.02	64 63	si	3.43	2.65
NAV30	63 62		0	7.5	7.5	3.4	19.3	64.3	63 62	no	3.56	6.77	63 62	no	3.92	6.77	63 62	no	4.27	6.77	63 62	no	4.27	6.02
NAV31	62 61		0	7.5	7.5	3.3	19.3	63.7	62 61	no	3.45	6.77	62 61	no	3.85	6.77	62 61	no	4.18	6.77	62 61	no	4.18	6.02
NAV32	61 60		0	4.7	4.7	3.3	19.3	63.8	61 60	no	3.29	4.22	61 60	no	3.62	4.22	61 60	no	3.95	4.22	61 60	si	3.95	3.75
NAV33	60 59	Centergross	0	6.3	6.3	3.8	19.2	63.3	60 59	no	3.79	5.65	60 59	no	4.17	5.65	60 59	no	4.55	5.65	60 59	no	4.55	5.02
NAV34	59 58	Centergross	0	6.3	6.3	3.8	19.2	63.2	59 58	no	3.75	5.65	59 58	no	4.13	5.65	59 58	no	4.50	5.65	59 58	no	4.50	5.02
NAV35	58 57	Centergross	0	8.9	8.9	3.6	19.1	62.8	58 57	no	3.62	8.02	58 57	no	3.98	8.02	58 57	no	4.34	8.02	58 57	no	4.34	7.13
NAV36	57 56	Immissione Casse	0	8.9	8.9	3.5	18.9	62.7	57 56	no	3.50	8.02	57 56	no	3.85	8.02	57 56	no	4.20	8.02	57 56	no	4.20	7.13
NAV37	56 55	Centergross	0	7.7	7.7	3.7	18.8	64.1	56 55	no	3.65	6.94	56 55	no	4.02	6.94	56 55	no	4.38	6.94	56 55	no	4.38	6.17
NAV38	55 54	Loc. Pioppeda	0	7.1	7.1	3.9	18.6	63.9	55 54	no	3.94	6.35	55 54	no	4.33	6.35	55 54	no	4.73	6.35	55 54	no	4.73	5.65
NAV39	54 53		0	6.8	6.8	3.9	18.4	63.6	54 53	no	3.90	6.15	54 53	no	4.29	6.15	54 53	no	4.68	6.15	54 53	no	4.68	5.46
NAV40	53 52	Loc. Conserva	0	5.3	5.3	3.4	18.3	63.4	53 52	no	3.43	4.76	53 52	no	3.77	4.76	53 52	no	4.12	4.76	53 52	no	4.12	4.23
NAV41	52 51	Immis. Castagnolino	0	5.3	5.3	3.2	18.2	63.2	52 51	no	3.32	4.76	52 51	no	3.65	4.76	52 51	no	3.98	4.76	52 51	no	3.98	4.23
NAV42	51 50	Ponte La Ringhiera	0	4.7	4.5	2.9	18.1	64.6	51 50	no	3.90	4.06	51 50	si	4.29	4.06	51 50	si	4.68	4.06	51 50	si	4.68	3.61
NAV43	50 49	Loc. Santa Croce	0	4.7	4.7	3.4	17.9	67.3	50 49	no	3.43	4.19	50 49	no	3.77	4.19	50 49	no	4.12	4.19	50 49	si	4.12	3.72
NAV44	49 48	ponte Paleotto	1	4.8	4.8	2.9	18.0	68.2	49 48	no	3.92	4.32	49 48	no	4.31	4.32	49 48	si	4.70	4.32	49 48	si	4.70	3.84
NAV45	48 47	località Paleotto	1	4.4	4.4	4.2	17.9	66.7	48 47	si	4.17	3.96	48 47	si	4.59	3.96	48 47	si	5.00	3.96	48 47	si	5.00	3.52
NAV46	47 46	botte C.E.R.	1	4.6	4.6	4.5	17.9	66.7	47 46	si	4.51	4.14	47 46	si	4.96	4.14	47 46	si	5.41	4.14	47 46	si	5.41	3.68
NAV47	46 45	Marposse	1	4.5	4.5	4.7	17.8	63.9	46 45	si	4.70	4.09	46 45	si	5.17	4.09	46 45	si	5.64	4.09	46 45	si	5.64	3.63
NAV48	45 44	Immis. Diversivo	1	4.4	4.4	4.7	17.6	63.5	45 44	si	4.67	4.00	45 44	si	5.14	4.00	45 44	si	5.60	4.00	45 44	si	5.60	3.55
DIV1	44 184	Canale Diversivo	1	4.9	4.9	4.9	17.8	63.1	44 184	si	4.94	4.39	44 184	si	5.43	4.39	44 184	si	5.93	4.39	44 184	si	5.93	3.90
DIV2	184 185	Canale Diversivo	1	5.4	5.4	3.0	17.7	64.6	184 185	si	5.02	4.87	184 185	si	5.52	4.87	184 185	si	6.02	4.87	184 185	si	6.02	4.33
DIV3	185 186	Canale Diversivo	1	5.4	5.4	3.1	17.7	64.4	185 186	si	5.06	4.84	185 186	si	5.57	4.84	185 186	si	6.07	4.84	185 186	si	6.07	4.30
DIV4	186 161	Immissione Savena	1	4.7	4.7	3.1	17.7	62.5	186 161	si	5.08	4.23	186 161	si	5.59	4.23	186 161	si	6.10	4.23	186 161	si	6.10	3.76

Denominazione	NAD521VRE	Quota metri	
<u>CASTEL MAGGIORE</u>		21,5272	
Castello Ercolani		Anno 1995	
Descrizione e riferimenti			
CSV - Targhetta in metallo sulla facciata ovest, presso lo spigolo sud del castello.			
Distanza da 5_186IGM Km. 17,214			

Figura 9: Caposaldo di riferimento dello studio e del rilievo

4 ANALISI DELLA PLUVIOMETRIA

Per individuare le piogge di progetto, di assegnato Tempo di Ritorno, è stata sviluppata una specifica ed approfondita analisi delle precipitazioni di forte intensità e breve durata, responsabili dei massimi deflussi, per l'area di studio e si è poi provveduto a definire la curva di possibilità pluviometrica. Lo studio della pluviometria viene svolto facendo riferimento ai dati degli Annali Idrologici relativi alle precipitazioni registrate al pluviometro di Bologna. Complessivamente erano disponibili 88 anni di dati, dal 1934 al 2022, da cui si sono selezionati gli eventi di breve durata e forte intensità di durata 10, 15, 20, 30, 45 minuti, e gli eventi di durata 1, 3, 6, 12 e 24 ore. Nella Tabella seguente si sono riportati i dati raccolti e oggetto di analisi.

Anno	Breve durata e notevole intensità (mm)				Massima intensità			
	15min	30min	45min	1ora	3ore	6ore	12 ore	24 ore
Anno	15 min	30 min	45 min	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1934				47.8	61.4	79.6	80.2	81.6
1935		33		35	35.8	37.6	57	64.8
1936				61	64.4	64.4	64.4	64.4
1937				18.2	21.8	36.6	43	68.2
1938	10			27	27.2	28.2	35.6	48.8
1939	18.8			27	27.2	28.2	35.6	48.8
1940		20.2		30.8	39.4	46.2	74.6	110
1941	14.2			18.2	20.6	24.6	32.4	52.8
1942		18		21	21	23.6	23.6	36.4
1943		14.2		14.8	21.4	27.4	44	58.4
1944		21.2		21.2	25	26.4	34.2	68.5
1945		17.2		17.8	20.4	20.4	30.4	32.2
1946		14.4		19.6	27.2	44.2	53.4	57.2
1947		17		17.2	18.2	31	43.8	54.4

1948		11.6		13.6	30	49.2	71.9	101.2
1949		24.8		28.2	35	50	57.8	69.4
1950		9.8		11.6	15.4	19.6	26.2	29.6
1951	9.4			25	28.6	33.4	47.2	73
1952				18.6	31	32.4	39.6	58.8
1953	21			28.8	28.8	28.8	43	55.8
1954			29	32.2	39.8	40.6	48.6	70.2
1955				44.4	46.6	46.6	49.8	49.8
1956				26.6	28.2	29.4	43.8	50
1957				12	17	22	40.6	49.8
1958	12.8	18		18.2	22.6	33.6	50.6	79.4
1959				24.6	30	39.6	47	63.2
1960				27.6	47.4	53.4	55.8	55.8
1961	14	30		30	40	48.4	49.2	68
1962				18.2	19.6	30.8	40.4	64
1963	17.4	16		48.2	48.2	53.2	71.8	77.2
1964		21.8		22.6	27.2	30.6	36.8	50.8
1965				11	16.6	33	39.2	54.4
1966	18.4	19.4		20.6	25.9	35.2	61	92.3
1967	12.2			15	27.5	34.6	48.2	70
1968	16.6			18	24	27.4	49.8	57.2
1969				16	25.4	33.8	40.4	42.6
1970				22.2	22.2	22.2	30.2	34
1971				13.4	21.4	36.2	46.8	48.4
1972	13.4			20	34	50.2	84.8	105.8
1973	17.2	15		25.6	39	57.6	64	96.2
1974		32		38.8	39.8	39.8	44.6	58
1975				22	32	53	68	101.6
1976	12.2	13.6		15.6	23.4	26.8	40.8	54
1977		19.8		22.8	40.4	43.4	48	78.8
1978			18.2	18.6	19	23.4	33.2	48.8
1979				27.8	30	43.6	71.4	86
1980				10.4	27	29.4	38.8	59.6
1981				25	33.4	33.4	59	80.8
1982		32		44	64.8	64.8	65.5	71
1983				27	74	79.8	79.8	86.6
1984	19	24.2		40	58.8	58.8	60.2	62.2
1985				22.6	26.6	28.4	40.6	50.6
1986		17.4		24	48	62	92.4	102.8
1987		12.6		14	20.2	32	54.2	62.4
1988	13.8	20.6		23.2	27.8	28.2	29.8	31.8
1989		19.8		25	43.6	54.4	80.2	98.8
1990	16.6	19	31.4	34	73.2	99	119	134.6
1991	11.4	17.4	22.4	26.8	29	37.6	59.2	85
1992	14.4	19.6	23.4	27.2	38.8	39.6	49	68.4
1993	8.8	16.4	24	29.8	42	42.6	42.6	51.4
1994	9.4	17	20.6	23.4	33.6	47.6	54.8	88.8
1995	14.4	19.6	24.6	28.6	48.4	70.4	89.2	119.8
1996	9.8	16.2	21.4	26	43.6	49.4	58.8	91.6
1997	11	12.2	13.4	14.8	24.6	31.8	35.4	49.8

1998	11.4	13.4	15.6	17.8	25.4	35.2	39.4	39.4
1999	12.8	17.6	21.2	22.8	31.2	38.6	45.4	51.4
2000	13.4	17.2	23.6	26.4	37.4	37.4	37.4	37.4
2001	22.2	24	26	26.8	36	36.4	43	56
2002	22.6	37.6	41.6	42.4	42.4	42.4	45.4	59.4
2003	5.8	9.2	12.6	14.6	31.4	38.4	55.2	66.6
2004	11	15	17.6	18.2	29	44	58.6	61.2
2005	7.4	11.8	16.2	17.6	43	76	105.6	114.2
2006	10	11.8	15	17.2	29.6	41.4	53.2	59.8
2007	18.6	24.4	28.8	31.6	35.2	46.4	64.2	90.6
2008	14.2	19.8	22	24.2	27.4	34	43.2	72
2009	16.2	19.4	22.2	23.6	23.6	25.6	37.6	47.6
2010	14.6	18.2	19.2	20.4	22.4	26.4	36.2	48.6
2011	25.2	47.2	50.4	51.8	52.2	52.2	54.8	55
2012	13.2	25.4	27.8	28.2	28.2	29.4	36.2	43
2013	10.4	13.6	17	20.2	24	30.6	45.8	57.8
2014	13.6	22.2	25.8	28.4	35.8	38.6	41	45.6
2015	21	28.2	30.2	30.4	31.4	42.6	48.2	60.8
2016	22.4	24	25	25	25	31.8	38.6	61.6
2017	14.2	18.2	18.6	18.6	23.2	44.6	65.8	84.2
2018	20.3	32.3	37	40.8	49	51.2	51.6	58.8
2019	24.2	25.4	25.6	30.1	30.1	44.4	69.6	79
2020	10.1	11.7	12.1	13.1	19.4	28	34.4	47.4
2021	26.6	29.2	30	30	38.4	65.4	65.6	65.6
2022	9.8	19.4	21	25.8	30.6	36	62.4	83.8

Tabella I

4.1 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Lo studio delle precipitazioni intense di durata inferiore alle 24 ore è di fondamentale importanza per la progettazione delle opere idrauliche, in quanto da esso dipende direttamente il valore della portata di piena di un corso d'acqua naturale o di una fognatura bianca e quindi il dimensionamento delle canalizzazioni e delle tubature.

Per il calcolo della portata di progetto è importante cercare la massima precipitazione h_{max} (mm) che può avvenire per un determinato tempo di ritorno T_r in anni. La ricerca di h_{max} si effettua ricavando le curve di possibilità pluviometrica, dette anche linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, cioè le curve che correlano, per vari determinati tempi di ritorno T_r , l'altezza di pioggia h con la durata della precipitazione T mediante una relazione del tipo: $h = a * d^n$

La distribuzione di Gumbel è la più utilizzata per costruire le curve di possibilità pluviometrica.

$$P(h \leq \bar{h}) = e^{-e^{-\alpha(\bar{h}-u)}} \quad (1)$$

I parametri della distribuzione α e u sono legati alla media ed allo scarto quadratico medio della variabile h dalle relazioni:

$$\hat{\alpha} = \frac{1.285}{s}$$

(2)

$$\hat{u} = \bar{H} - 0.46 * s$$

(3)

Dove:

$$\bar{H} = \sum \frac{h_i}{N} \quad \text{è la media}$$

(4)

$$s = \sqrt{\sum \frac{(h_i - \bar{H})^2}{N-1}} \quad \text{è lo scarto quadratico medio}$$

(5)

Per ogni durata d di pioggia si considerano tutti i valori e se ne calcolano s e H, poi si calcolano i parametri della Gumbel con le formule appena riportate.

Stimiamo l'altezza di pioggia con l'inverso della Gumbel

$$h_{T_r} = u - \left(\frac{1}{\alpha} \ln \left[\ln \left(\frac{1}{P(h \leq h_{T_r})} \right) \right] \right)$$

(6)

e ricordando la relazione fra probabilità di non superamento e tempo di ritorno, riusciremo a ricavare il valore dell'altezza di pioggia per un determinato Tr per ogni durata di pioggia.

$$P(h \leq \bar{h}) = \frac{T_r - 1}{T_r}$$

(7)

$$\ln \left[\ln \left(\frac{1}{P(h \leq h_{T_r})} \right) \right] = -1.870$$

(8)

$$h_{T_r} = u + \frac{1.870}{\alpha}$$

(9)

Ora possiamo ricavare la curva di possibilità pluviometrica che lega l'altezza di pioggia h e la sua durata, per un tempo di ritorno assegnato.

T (o re) m s	0.25	0.5	0.75	1	3	6	12	24
α_t	14.8	20.1	23.7	25.0	33.1	40.7	52.0	66.1
u_t	4	2	3	1	0	5	2	1
	4.89	7.23	8.03	9.57	12.4	14.6	17.3	21.1
	5324	1661	2272	5682	3665	9993	2225	1952
	0.26	0.17	0.15	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06
	2087	7414	9731	3985	3163	7279	4067	0749
	12.6	16.8	20.1	20.7	27.5	34.1	44.2	56.6
	42	6779	1405	0443	0126	311	2296	0184

Tabella II

Applicando l'equazione (6) si calcolano le altezze di pioggia per le varie durate e il tempo di ritorno prefissati:

T_r (anni)	$h(0.25)$ mm	$h(0.5)$ mm	$h(0.75)$ mm	$h(1)$ m m	$h(3)$ Mm	$h(6)$ m m	$h(12)$ mm	$h(24)$ mm
2	14.04	18.93	22.41	23. 44	31. 05	38. 33	49.1 7	62.6 4
5	18.37	25.32	29.50	31. 90	42. 04	51. 32	64.4 7	81.2 9
10	21.23	29.55	34.20	37. 50	49. 32	59. 91	74.6 1	93.6 5
25	24.85	34.90	40.14	44. 58	58. 51	70. 78	87.4 1	109. 25
30	25.55	35.94	41.30	45. 96	60. 31	72. 91	89.9 2	112. 31
50	27.53	38.86	44.54	49. 83	65. 32	78. 84	96.9 0	120. 83
100	30.19	42.80	48.91	55. 04	72. 09	86. 84	106. 33	132. 33
200	32.85	46.72	53.27	60. 23	78. 84	94. 81	115. 72	143. 78

Con tali valori si ottiene la curva di possibilità pluviometrica per le durate d'interesse con il Tempo di ritorno di progetto.

La curva è descritta da una legge monomia esponenziale:

$$h = a * d^n$$

(10)

Note le coppie di valori (h,t) per il prefissato tempo di ritorno T_r , per la stima dei parametri statistici a e n dell'espressione (10) conviene utilizzare la trasformata logaritmica dei valori delle precipitazioni e delle durate ed applicare il metodo dei minimi quadrati.

$$\ln(h_{T_r}) = \ln(a) + n \ln(d) \quad (11)$$

Una volta stimati i parametri è possibile ottenere le curve di possibilità pluviometrica per le durate d'interesse con dato tempo di ritorno, si può quindi ricavare altezze di pioggia corrispondenti a durate differenti da quelle considerate dal servizio idrografico.

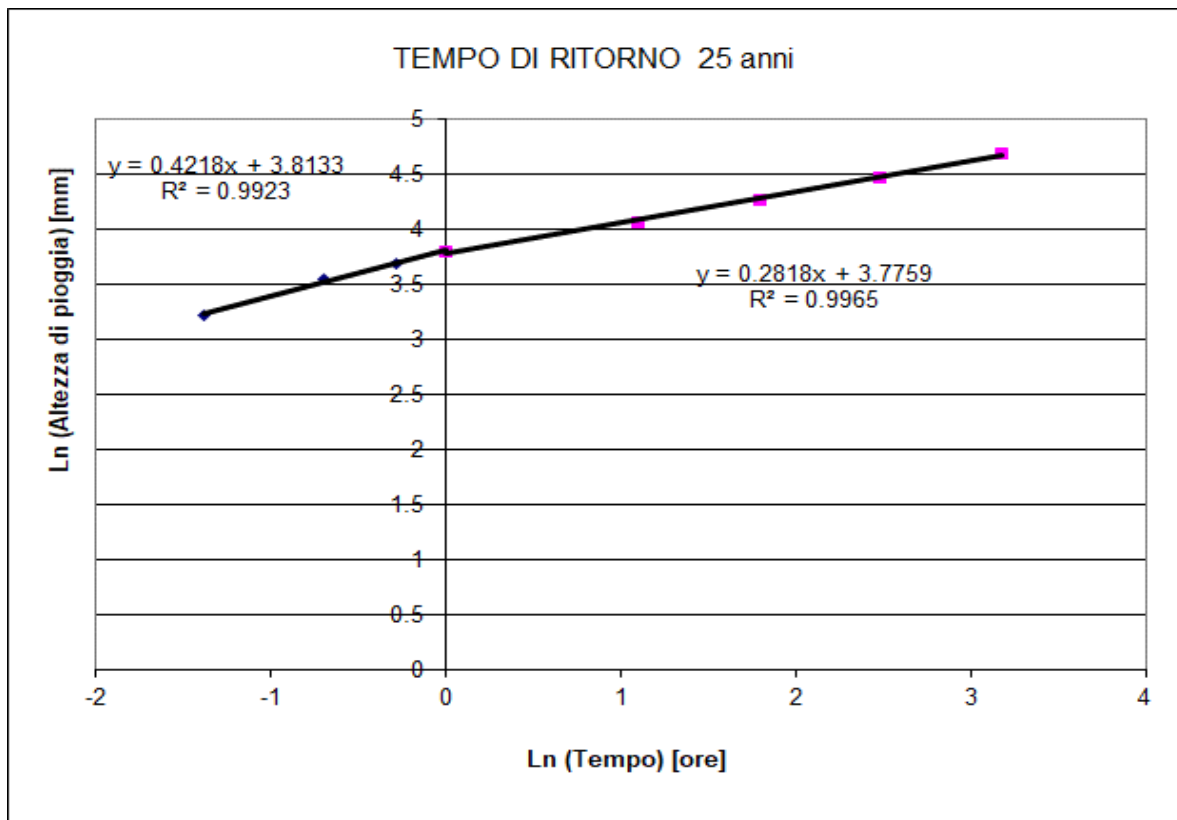


Figura 10: CPP in scala bilogaritmica, ricavate con il metodo dei minimi quadrati in base al modello prob. di Gumbel

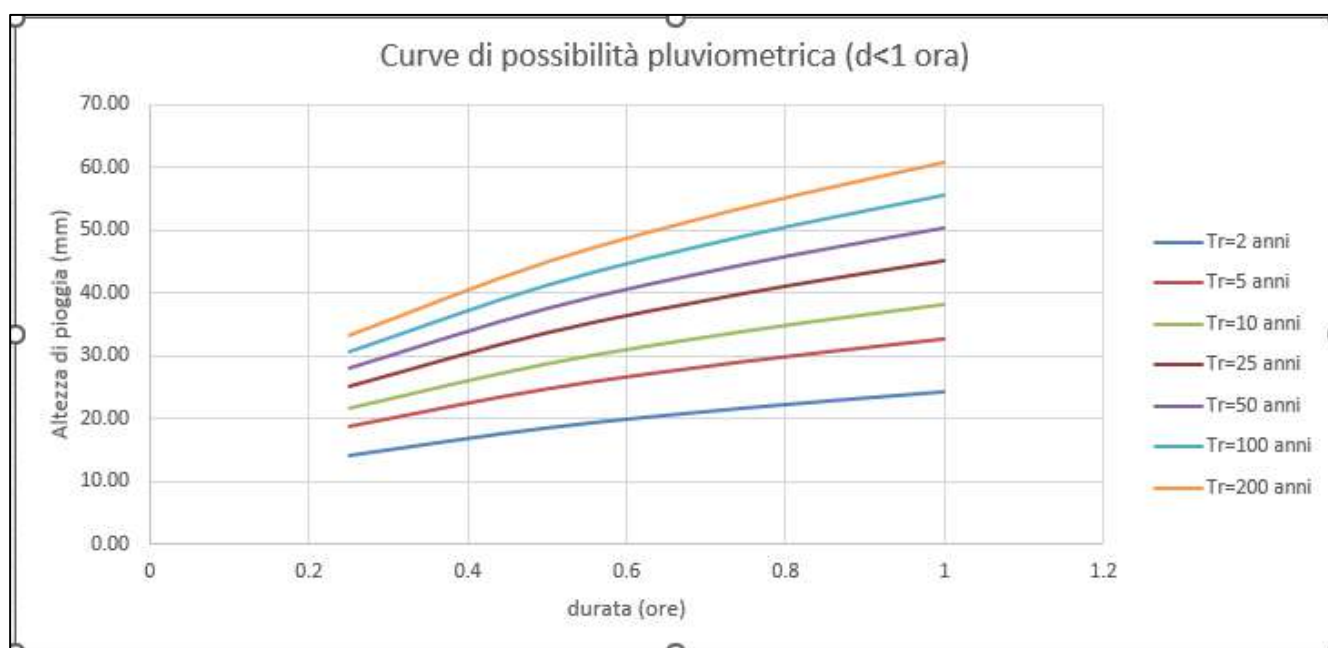


Figura 11: Curve CPP con durata inferiore all'ora

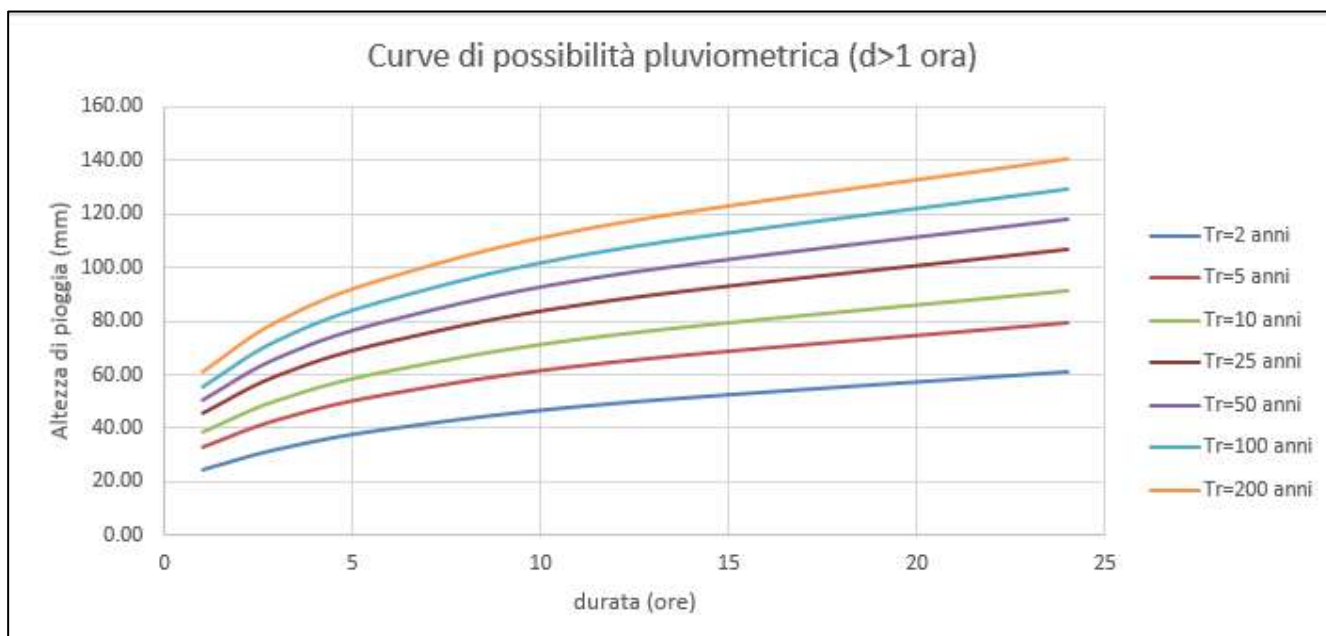


Figura 12: Curve CPP con durata superiore all'ora

TR	fino all'ora		sopra l'ora	
	a	n	a	n
2	24.24717	0.382902	22.694	0.311
5	32.67466	0.404304	31.072	0.295
10	38.25216	0.413424	36.620	0.288
25	45.29968	0.421808	43.637	0.282
30	46.67926	0.42316	45.015	0.281
50	50.5266	0.426548	48.847	0.278
100	55.71225	0.43039	54.017	0.275
200	60.8858	0.433578	59.169	0.273

Figura 13: Coef "a" e "n" con vari tempi di ritorno

Partendo dai parametri della Curva di Possibilità Pluviometriche, di assegnato Tempo di Ritorno, è possibile ottenere degli ietogrammi sintetici di progetto con cui sollecitare il sistema fognario. Lo ietogramma sintetico più utilizzato per questo tipo di studi è lo ietogramma tipo Chicago. Tale ietogramma ha la proprietà che, ad ogni durata θ , il volume sotteso è pari alla relativa ordinata h_d della curva di possibilità pluviometrica (CPP). Lo ietogramma risulta caratterizzato dalla posizione del picco (che normalmente non corrisponde all'istante iniziale dell'evento) individuabile attraverso una frazione $\tau_p = r \times \tau_p$ della durata complessiva di τ_p della pioggia. Le equazioni che descrivono la variazione dell'intensità di pioggia risultano essere:

$$i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{\tau_p - t}{r} \right)^{n-1} \quad \text{per } t < \tau_p$$

$$i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{t - \tau_p}{r} \right)^{n-1} \quad \text{per } t > \tau_p$$

Lo ietogramma Chicago tende a sovrastimare le intensità, dal momento che tutte le intensità critiche sono raggruppate in un unico evento pluviometrico, quando invece nella realtà esse solitamente derivano da eventi diversi. Occorre poi evidenziare che il volume complessivo di pioggia generato da uno ietogramma tipo Chicago non è compatibile con il volume con il medesimo tempo di ritorno con cui è stato calcolato. Pertanto sebbene sia utilizzato frequentemente anche per questo tipo di verifiche occorre sottolineare che può anche sovrastimare il volume in relazione al Tempo di Ritorno dello ietogramma stesso.

La durata dell'evento pluviometrico si assume usualmente pari ad una durata che determina una intensità tale da massimizzare la portata per la rete in esame. Per analizzare le criticità dei collettori e quindi individuare le portate massime che caratterizzano i singoli collettori si fa riferimento ad una durata di pioggia pari al doppio del Tempo di Corrivazione del sistema fognario oggetto di studio.

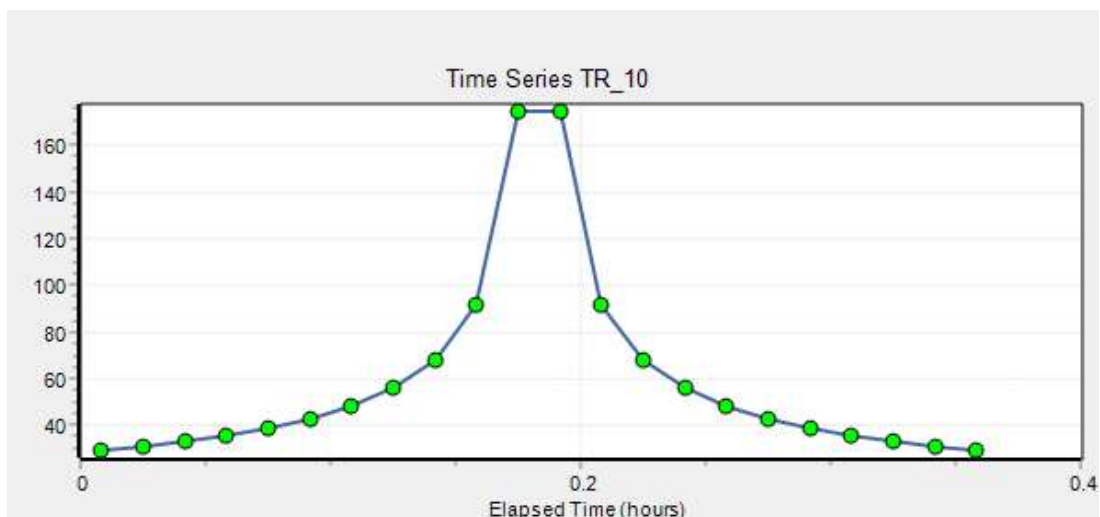


Figura 14: Ietogramma tipo Chicago con TR=10 e durata il doppio del tempo di corrivazione

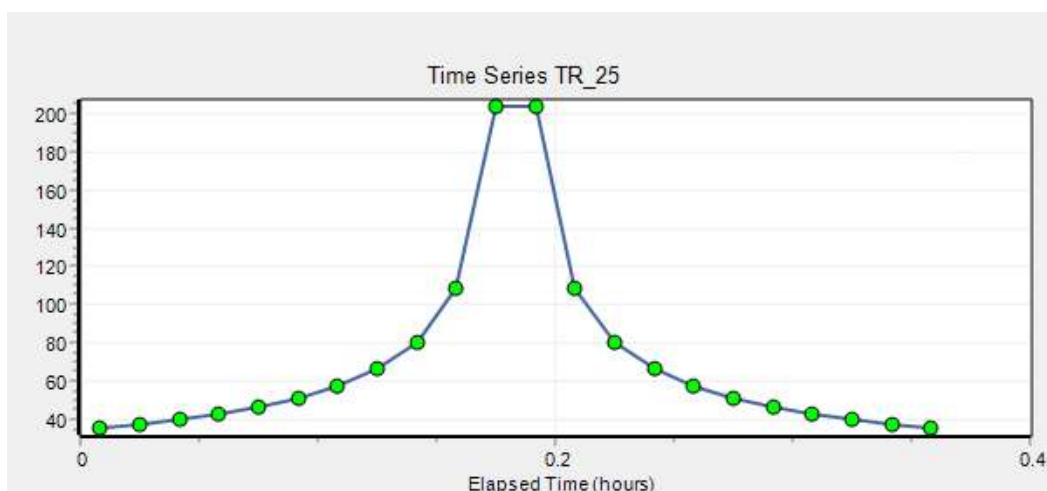


Figura 15: Ietogramma tipo Chicago con TR25 e durata il doppio del tempo di corrivazione

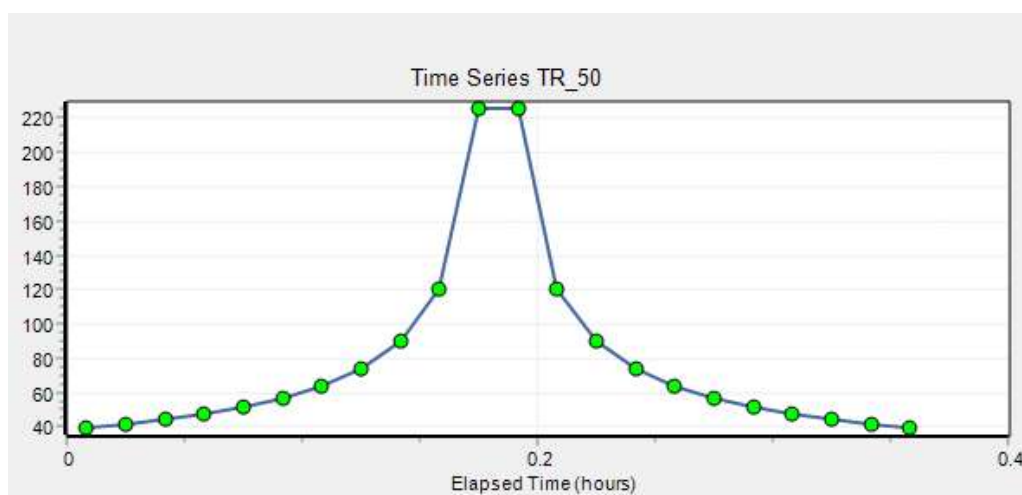


Figura 16: Ietogramma tipo Chicago con TR=50 e durata il doppio del tempo di corrivazione

5 IL CODICE DI CALCOLO SWMM 5.1

Il software utilizzato per lo studio idraulico è EPA Storm Water Management Model (SWMM), prodotto e sviluppato dal Water Supply and Water Resources Division dell'Environmental Protection Agency (US-EPA). SWMM fu concepito nel 1971 e ha subito diversi aggiornamenti. L'attuale edizione, utilizzata per il presente studio, è la versione 5.1. Il codice di calcolo SWMM è in grado di simulare la propagazione della portata sia con il metodo dell'onda cinematica (Kinematic Wave) sia con le equazioni di De Saint Venant complete (Dynamic Wave). Quest'ultima configurazione è di fatto quella adottata per il presente studio al fine di tener conto della complessità della rete e della sua struttura parzialmente magliata.

SWMM è in grado di rappresentare i vari processi idrologici che producono il deflusso sulle varie superfici includendo:

- precipitazione lorda;
- evaporazione;
- infiltrazione della pioggia terreno;
- scambio fra l'acqua di falda e la rete di fognatura;

La variabilità spaziale di questi processi è realizzata dividendo la zona di studio in sottobacini (subcatchment) ognuno dei quali sarà diviso sulla base dell'area permeabile ed impermeabile o sulla base di forti variazioni geometriche come ad esempio la pendenza. Il deflusso superficiale può essere diretto fra i subcatchments, o nei punti di entrata della rete fognaria (Nodes). Le precipitazioni in SWMM sono assegnate attraverso la definizione dei Rain Gages i quali forniscono i dati di pioggia sui bacini. Si tratta fondamentalmente dell'assegnazione di uno ietogramma sia esso sintetico o reale. Questi possono essere inseriti manualmente in SWMM attraverso appositi editor, oppure possono essere caricati da un file di testo esterno. I principali

parametri di input dei rain gages comprendono informazioni relative all'intensità o al volume della pioggia e l'intervallo di registrazione dei dati (ogni ora, 30 minuti, 15 minuti, ecc..).

Per quanto riguarda i vari sottobacini è necessario immettere in SWMM i valori delle rispettive aree, le pendenze medie, la width o larghezza equivalente del bacino, la percentuale delle aree impermeabili, l'altezza delle depressioni superficiali nelle aree permeabili ed impermeabili, il coefficiente di Manning per le superfici permeabili ed impermeabili, ed infine i dati per il calcolo dell'infiltrazione.

Il deflusso superficiale è costituito da quella parte di precipitazione che scorre sulla superficie del terreno e si immette successivamente nella rete di scolo; i fenomeni idrologici di infiltrazione, intercettazione e di accumulo nelle depressioni superficiali costituiscono di fatto delle perdite che vengono sottratte all'afflusso meteorico totale, rappresentato dalla pioggia lorda, fornendo così la pioggia netta, ossia quella quota di precipitazione che contribuisce al deflusso superficiale. Il deflusso superficiale, schematizzato dal programma SWMM, può essere concettualmente raffigurato dalla seguente immagine.

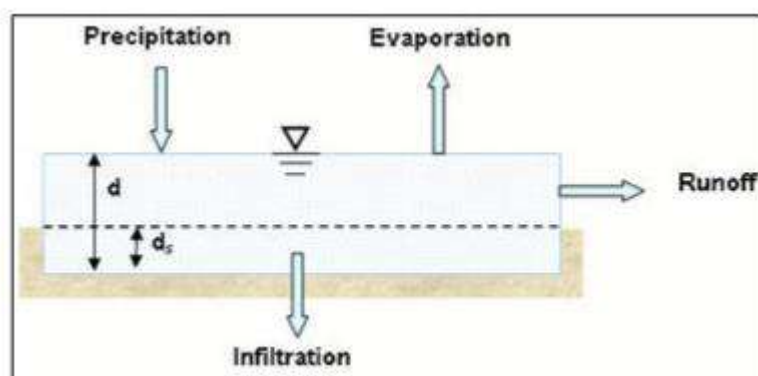


Figura 17: Deflusso in SWMM

Ogni superficie dei sottobacini è trattata come un serbatoio non-lineare. Gli ingressi derivano dalle precipitazioni, dalle piogge e/o scioglimento delle nevi, le uscite sono diverse e sono rappresentate dall'evaporazione, dall'infiltrazione e dal deflusso superficiale. Il deflusso superficiale per unità di area, Q , è maggiore di zero ogniqualvolta l'altezza d'acqua nel serbatoio supera il valore delle depressioni d_s , ed in questo caso il flusso che fuoriesce è dato dall'equazione:

$$Q = W \frac{1,49}{n} (d - d_p)^{\frac{5}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

dove:

- Q = deflusso superficiale;
- W = "larghezza" del sottobacino (width);
- n = coefficiente di scabrezza di Manning;
- d = altezza dell'acqua;
- d_p = altezza delle depressioni superficiali;
- S = pendenza del sottobacino.

L'altezza dell'acqua dei sottobacini è continuamente aggiornata nel corso del calcolo, risolvendo numericamente il bilancio dell'acqua presente nel sottobacino.

L'acqua in uscita dai sottobacini entra nei nodi della rete. La rete di drenaggio è schematizzata come una serie di rami, ciascuno associabile ad una forma geometrica, collegati tra loro in corrispondenza dei nodi. Le proprietà costanti associate ai rami sono il tipo di sezione, la lunghezza, la pendenza e la scabrezza; quelle determinate ad ogni passo di calcolo sono invece la portata, la velocità, l'area bagnata, il raggio idraulico e la larghezza del pelo libero. Le proprietà costanti associate ai nodi sono la quota di scorrimento e la quota di immissione (o emissione) del ramo rispetto al fondo; quelle determinate ad ogni passo di calcolo e funzione del livello idrico nel nodo sono il volume, l'area superficiale libera e il carico idraulico H . La variazione di volume nel nodo durante un dato passo di calcolo costituisce la base per i calcoli di portata e carico idraulico.

Un caso che richiede una trattazione particolare è la condizione di funzionamento in pressione della rete e nei casi di allagamento. Si ha sovraccarico quando tutti i condotti che convergono in un nodo sono pieni, oppure quando la superficie dell'acqua nel nodo si trova tra la sommità del più alto condotto entrante nel nodo in questione e la superficie del terreno. L'allagamento è un caso particolare di sovraccarico che si verifica quando la piezometrica interseca la superficie del terreno e l'acqua fuoriesce dal nodo disperdendosi nel sistema superficiale sovrastante. In queste condizioni l'algoritmo di calcolo adotta delle semplificazioni al fine di garantire la convergenza del sistema di equazioni.

I principali parametri di simulazione idraulica utilizzati sono i seguenti:

- Scabrezza tubazioni: $0.015 \text{ s/m}^{\frac{1}{3}}$
- Sottobacino:

Ogni sottobacino viene considerato come una superficie inclinata divisa in zone permeabili, equamente distribuite.

La larghezza, la pendenza e il coefficiente di Manning delle superfici di scolo sono parametri importanti ai fini del calcolo del tempo di corrivazione e della determinazione del deflusso superficiale.

Nella simulazione sono stati adoperati i seguenti valori:

- Coeff. Manning terreno impermeabile : $0.01 \text{ s/m}^{(1/3)}$
- Coeff. Manning terreno permeabile : $0.1 \text{ s/m}^{(1/3)}$
- Invasi superficiali aree pavimentate: 1.5 mm
- Invasi superficiali aree permeabili: 3.5 mm

Per la determinazione del fattore di forma del bacino (W) si è adoperata la seguente formula per la trattazione di bacini con forma irregolare:

$$W = (2 - S_k) * l \quad (34)$$

dove:

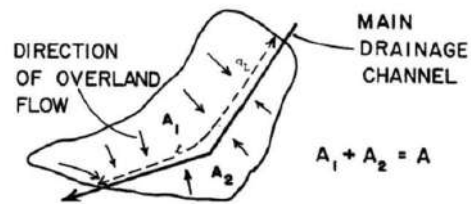
- W = width o fattore di forma del bacino
- S_k = skew factor o fattore di obliquità

- l = lunghezza del canale di drenaggio

Il valore S_k , compreso tra $0 \leq S_k \leq 1$ si calcola nel seguente modo:

$$S_k = \frac{A_2 - A_1}{A_{tot}} \quad (35)$$

con:



- A_1 = porzione di area su di un lato del canale
- A_2 = porzione di area dall'altro lato del canale
- A_{tot} = area totale

Il valore di W e della pendenza del bacino rimane lo stesso sia per le aree impermeabili che per quelle permeabili.

6 SIMULAZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO ATTUALE ATTRAVERSO IL CODICE DI CALCOLO SWMM

Le informazioni e i dati raccolti inerenti la struttura del sistema di drenaggio sono quindi stati implementati all'interno del codice di calcolo SWMM 5.1. Seguendo le convenzioni che adotta il codice di calcolo per la simulazione dei sistemi fognari si sono inseriti i nodi del sistema, che nella realtà rappresentano i pozzetti di ispezione e di confluenza, e i rami della rete stessa. Laddove erano presenti delle canaline grigliate queste sono state considerate come elementi puntuali che sversavano le acque nel nodo più vicino. La struttura del sistema fognario modellato la si può ritrovare nella figura seguente.



Figura 18: Schema della rete fognaria, con evidenziati i rami e i nodi, all'interno del codice di calcolo SWMM.

Una volta ricostruita la struttura della rete è stato necessario individuare i bacini afferenti a ciascun nodo. Come già evidenziato in precedenza i bacini rappresentano il luogo in cui cade la pioggia e si genera il deflusso superficiale una volta sottratte le perdite idrologiche. La conformazione dei bacini è stata delineata sulla base della cartografia e delle pendenze delle aree. Sono state inserite tutte

le aree che rappresentano la superficie aeroportuale avendo poi cura di variarne il contributo assegnando in modo adeguato la percentuale di aree permeabili ed impermeabili.

Nella figura seguente si sono rappresentati i bacini schematizzati nel modello.



Figura 19: Schema della rete fognaria e dei bacini idrografici in cui è stata suddivisa la superficie della zona oggetto di studio

Per ogni elemento inserito occorre definire, oltre agli aspetti geometrici, anche dei parametri che ne condizionano il funzionamento. Tali parametri rappresentano gli elementi che consentono al modello di eseguire il calcolo delle perdite idrologiche e definire la capacità di propagazione dell'acqua all'interno dei collettori. I parametri più significativi si ritrovano proprio nella descrizione dei subcatchment. Tali parametri dovrebbero essere frutto di una calibrazione del modello, ossia note delle piogge reali e degli idrogrammi corrispondenti misurati nella rete si potrebbe calibrare in modo ottimale il software in modo da riprodurre nel modo più fedele possibile i dati misurati. Al momento non sono disponibili tali dati e pertanto il valore a tali parametri viene assegnato sulla base di dati di letteratura e in funzioni di precedenti studi nei quali tali parametri furono effettivamente calibrati. I parametri assegnati sono stati pertanto l'accumulo nelle depressioni superficiali impermeabili, fissato in 1 mm, l'accumulo nelle depressioni superficiali permeabili,

fissato in 5 mm, la scabrezza delle superfici scolanti impermeabili assunta pari a 0.015 e quella delle superfici permeabili fissata in 0.1. Tali valori di scabrezza seguono la legge di Manning. Analogamente per l'infiltrazione dell'acqua nelle superfici permeabili è stata adottata la legge di Horton assegnando una infiltrazione massima di 120 mm/ora, una infiltrazione minima di 20 mm/ora e una costante di decadimento della curva pari a 4 l/ora. Per quanto riguarda i condotti è stata assunta una scabrezza secondo Manning pari a 0.015 s/m^{1/3}. Una volta ricostruita la geometria del sistema fognario con tutti gli elementi noti e assegnati i parametri necessari al modello si è provveduto a simularne il comportamento idraulico sottoponendolo ad una pioggia sintetica di progetto con Tempo di Ritorno pari a 10, 25, 50 anni. Tali eventi, come già descritto nel paragrafo precedente, sono ietogrammi sintetico tipo Chicago di durata pari al doppio del tempo di corrivazione e intensità massima, durante il picco centrale, come le seguenti:

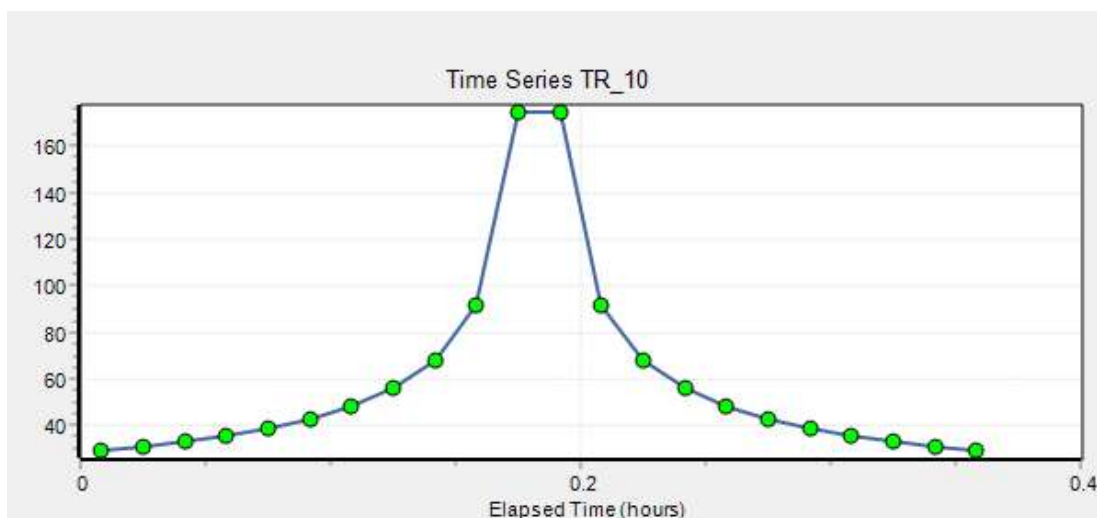


Figura 20: Ietogramma tipo Chicago con TR=10 e durata il doppio del tempo di corrivazione

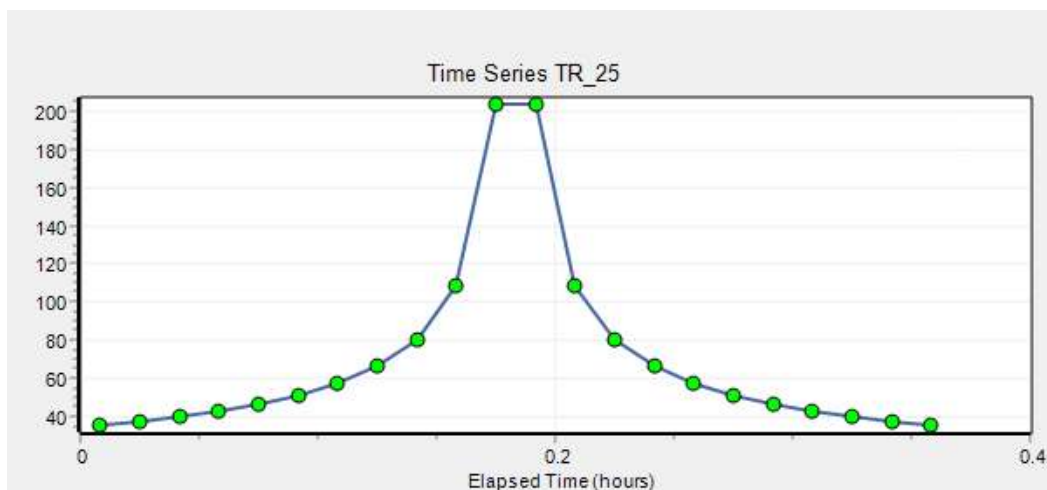


Figura 21: Ietogramma tipo Chicago con TR25 e durata il doppio del tempo di corrivazione

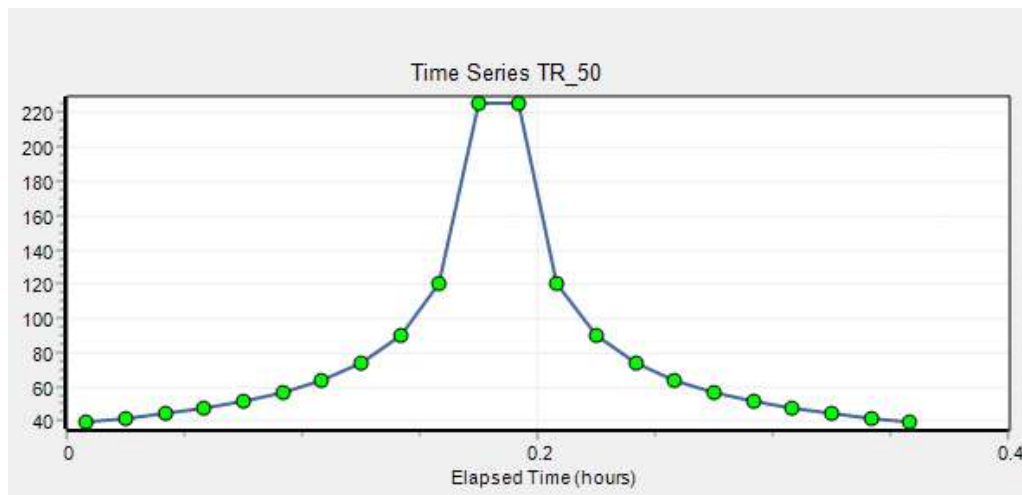


Figura 22: Ietogramma tipo Chicago con TR=50 e durata il doppio del tempo di corrivazione

I risultati di tale simulazione possono essere rappresentati planimetricamente sia come portata che transita nei rami sia come grado di riempimento. Nelle figure seguenti si riporta il grado di riempimento (indicato nel codice di calcolo come Capacity) che di fatto indica un numero compreso tra 0 e 1 nel quale 1 indica il condotto completamente pieno senza capacità residua e Total flooding che indica l'allagamento dei punti.

6.1 RISULTATI SIMULAZIONE SDF ZONA OVEST TORRENTE NAVILE

La rete mista di Castel Maggiore presente a Ovest del Torrente Navile, che dall'incrocio tra vie Gramsci e Bondanello fino allo sbocco nel canale Navile è costituita da una tubazione DN 900 in cls è a servizio di un bacino di 21.73 Ha ed è stata dimensionata come le normative prevedono per un TR= 25 anni.

Di seguito si riportano i risultati della simulazione di tale tratto fognario. Come si vede dalla Figura 23 di seguito riportata, la condotta simulata per una pioggia con TR= 25 anni, e tirante idrico nel Navile pari ad un TR= 50 anni, non presenta problematiche idrauliche, non va in pressione e non presenta allagamenti lungo il proprio percorso, questo anche grazie al dislivello che si ha tra la zona di Castel Maggiore servita e la zona Castello che nel punto massimo risulta 9 m.s.l.m al di sopra della zona Castello.

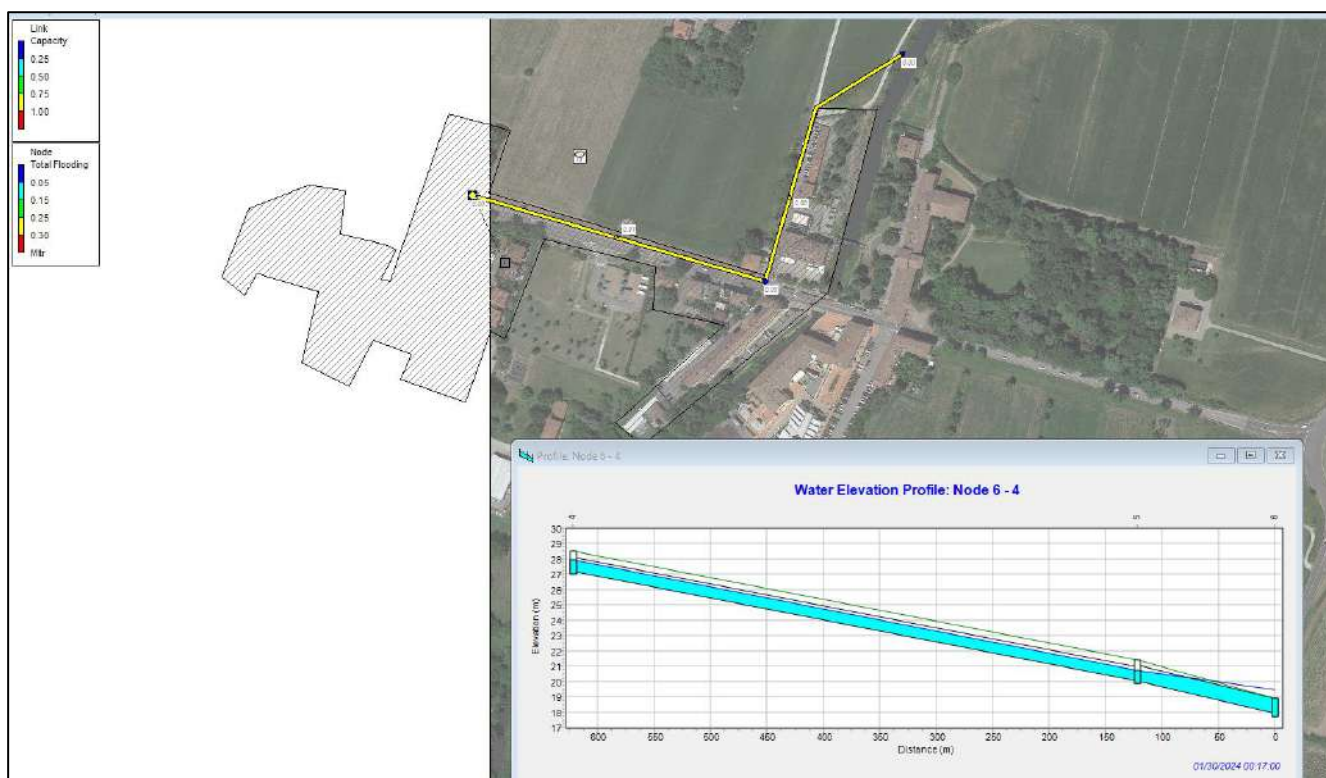


Figura 23: SDF lato Ovest Navile TR=25 e livello nel Navile TR=50

Il dimensionamento dello scatolare in funzione dell'area servita risulta sufficiente. Allo stato attuale risulta che la zona sia soggetta a fenomeni di run off superficiali su via Giacomo Matteotti. Tale problematica è da riscontrare nella pendenza della via e da un sistema di caditoie idraulicamente insufficienti ed ostruite che non riescono ad intercettare l'acqua che dilava la superficie stradale. Si prevede in progetto di infittire la rete di caditoie e pulire quelle già presenti lungo via Matteotti.

6.2 RISULTATI SIMULAZIONE SDF ZONA EST TORRENTE NAVILE

Per la zona ad Est del Navile sono state condotte più simulazioni al fine di determinare le cause che, in occasione di condizioni meteo avverse, legate ad abbondanti precipitazioni, ciclicamente determinano danneggiamenti alle strutture pubbliche e private, con problematiche legate sia all'innalzamento del livello idrometrico del corso d'acqua che al corretto funzionamento del sistema di drenaggio.

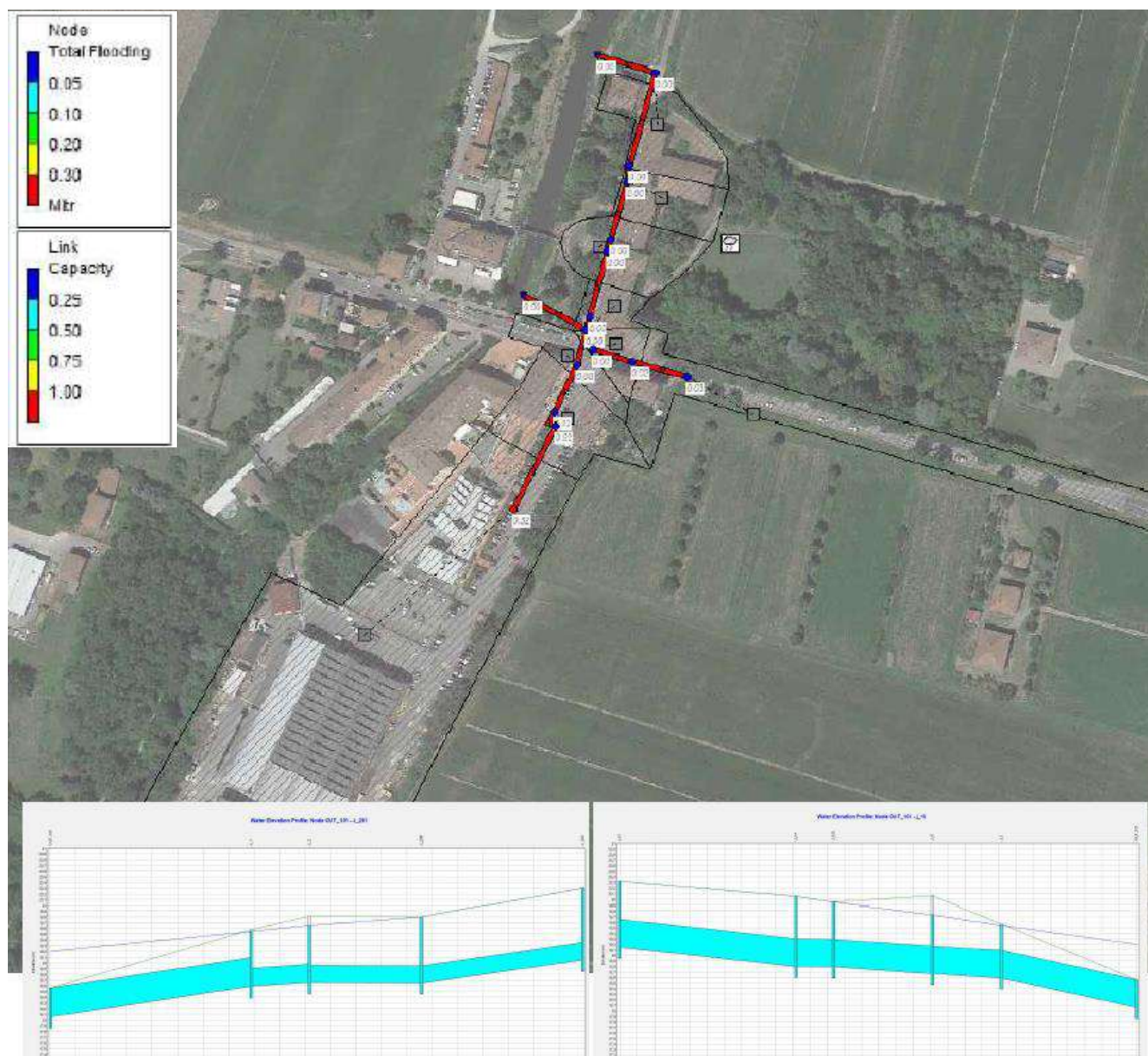


Figura 24: SDF lato Est Navile TR=10 e livello nel Navile TR=10

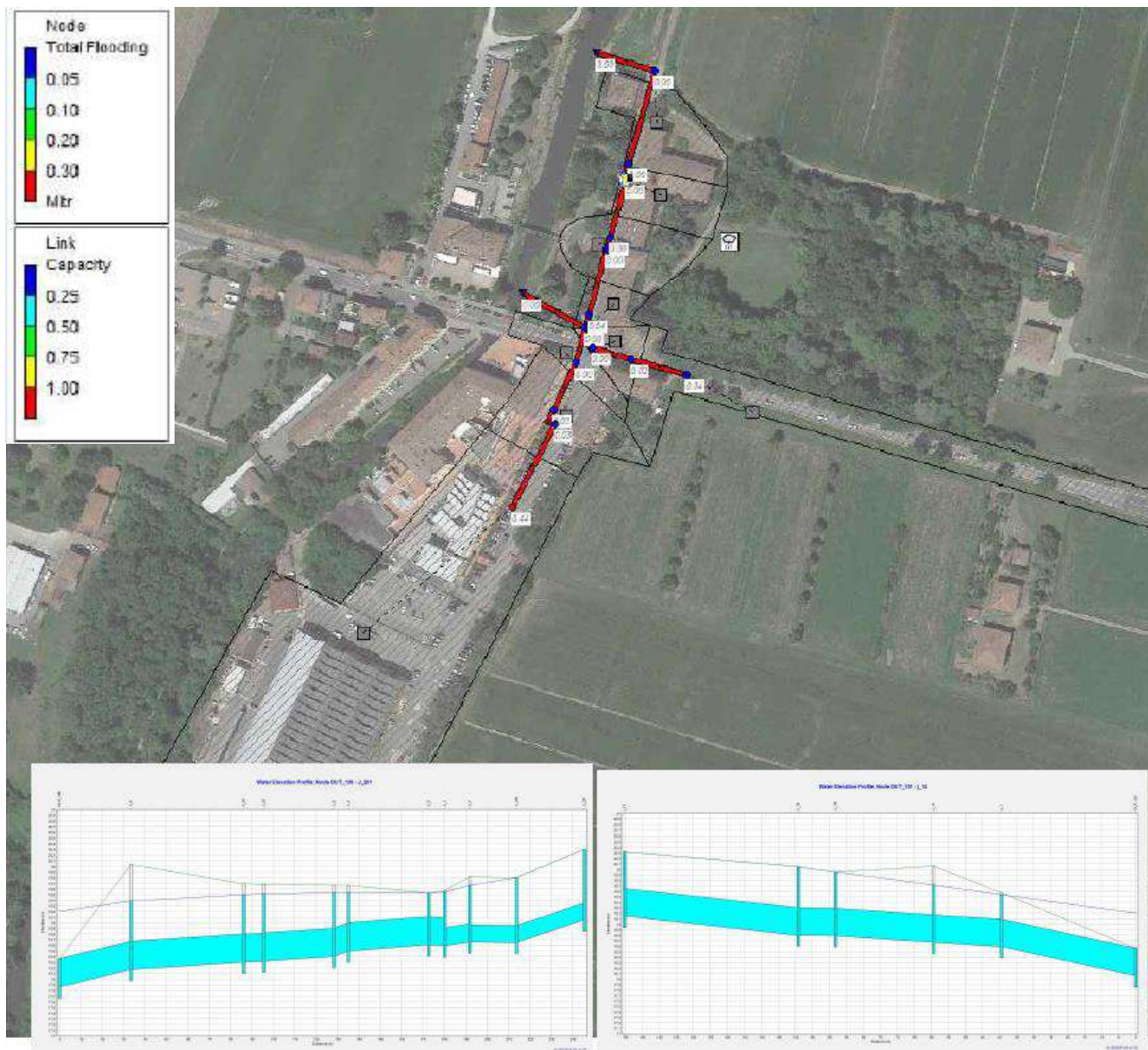


Figura 25: SDF lato Est Navile TR=25 e livello nel Navile TR=10

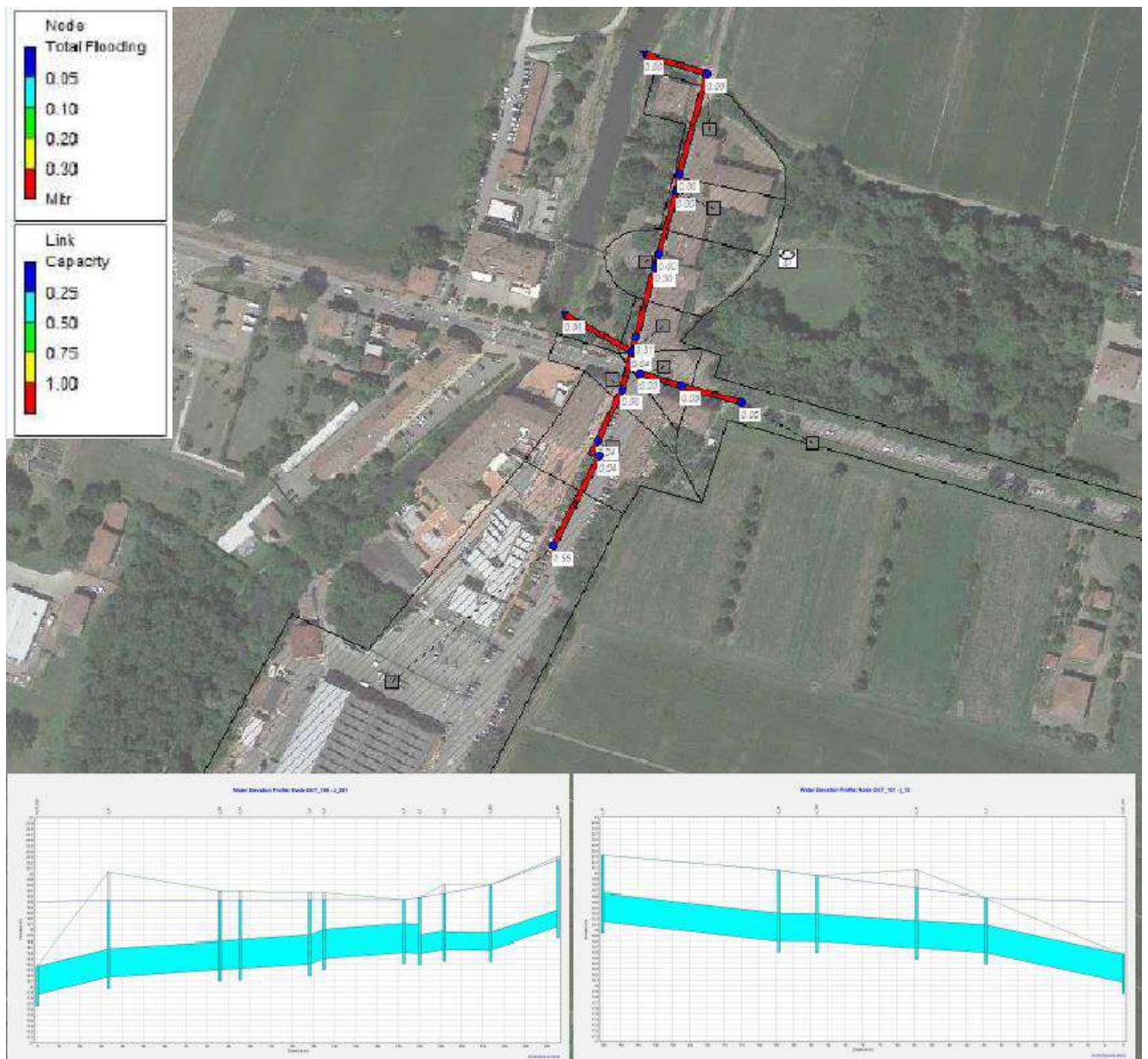


Figura 26: SDF lato Est Navile TR=50 e livello nel Navile TR=50

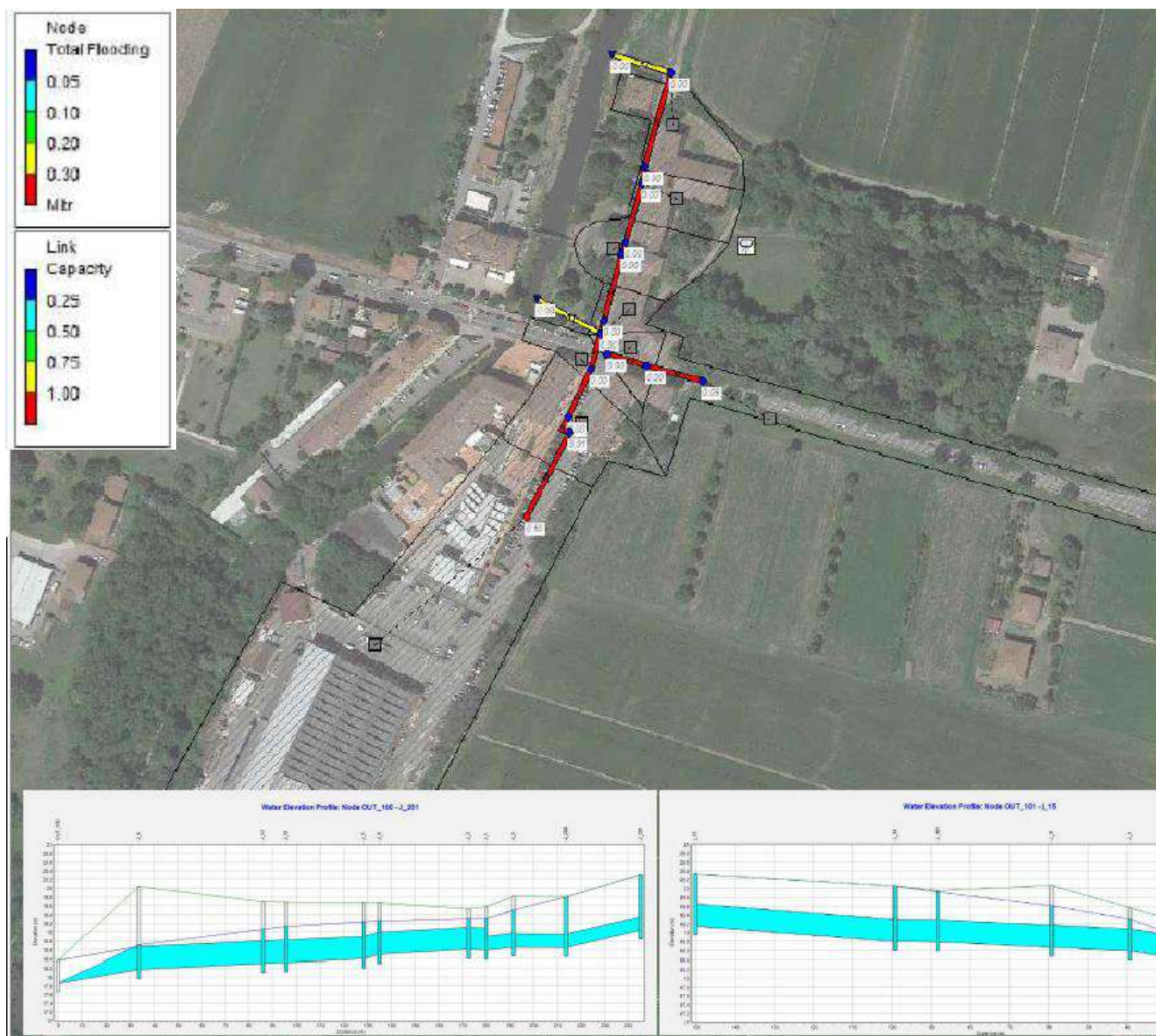


Figura 26: SDF lato Est Navile TR=25 e livello nel Navile con scarichi liberi

Analizzando i risultati delle simulazioni dello SDF, sopra riportate, si nota che le condotte sono sempre in pressione, e dai pozzetti, già in presenza di piogge con TR= 10 anni e tiranti del Navile di 19,20 m (TR=10) si hanno allagamenti in vari punti della rete stessa. Tale situazione si aggrava all'aumentare del livello idrici all'interno del Navile.

Infine, nell'ultima simulazione dello SDF, si è simulata la rete con TR= 25 anni e tiranti del Navile pari ai tiranti in magra. Anche questa volta i risultati determinano condotte in pressione. Si deduce che le reti fognarie miste presenti nel lato Est del Navile risultano insufficienti indipendentemente dai livelli all'interno del Navile.

7 SIMULAZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGIO DI PROGETTO ATTRAVERSO IL CODICE DI CALCOLO SWMM

Dai risultati dello SDF della rete mista presente in località di Castello nel comune di Castel Maggiore, la zona est, quella a sinistra idraulica del Torrente Navile presenta problematiche idrauliche sia dovute ai livelli all'interno del torrente Navile che determina problematiche di deflusso dai due scarichi presenti, sia problematiche dovute all'insufficienza dei collettori idraulici presenti.

Altra problematica è dovuta alle quote della strada via Albertina, soprattutto nel tratto iniziale che presenta tratti in cui la quota risulta 19.64m, 19.53 m e 19.66 m, e quindi pochi centimetri al di sopra del livello idrico del Navile con TR=50 che risulta essere di 19.50 m.

In fase di progetto sono stati ridimensionate le tubazioni di via Albertina, Piazza Martiri della Libertà ed in parte in via Giacomo Matteotti sostituendo tutte le tubazioni con scatolari 1m x 0.8 m poiché risulta impossibile l'installazione di tubazioni in cls circolari superiori a DN 800 a causa dell'insufficienza del ricoprimento.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti:

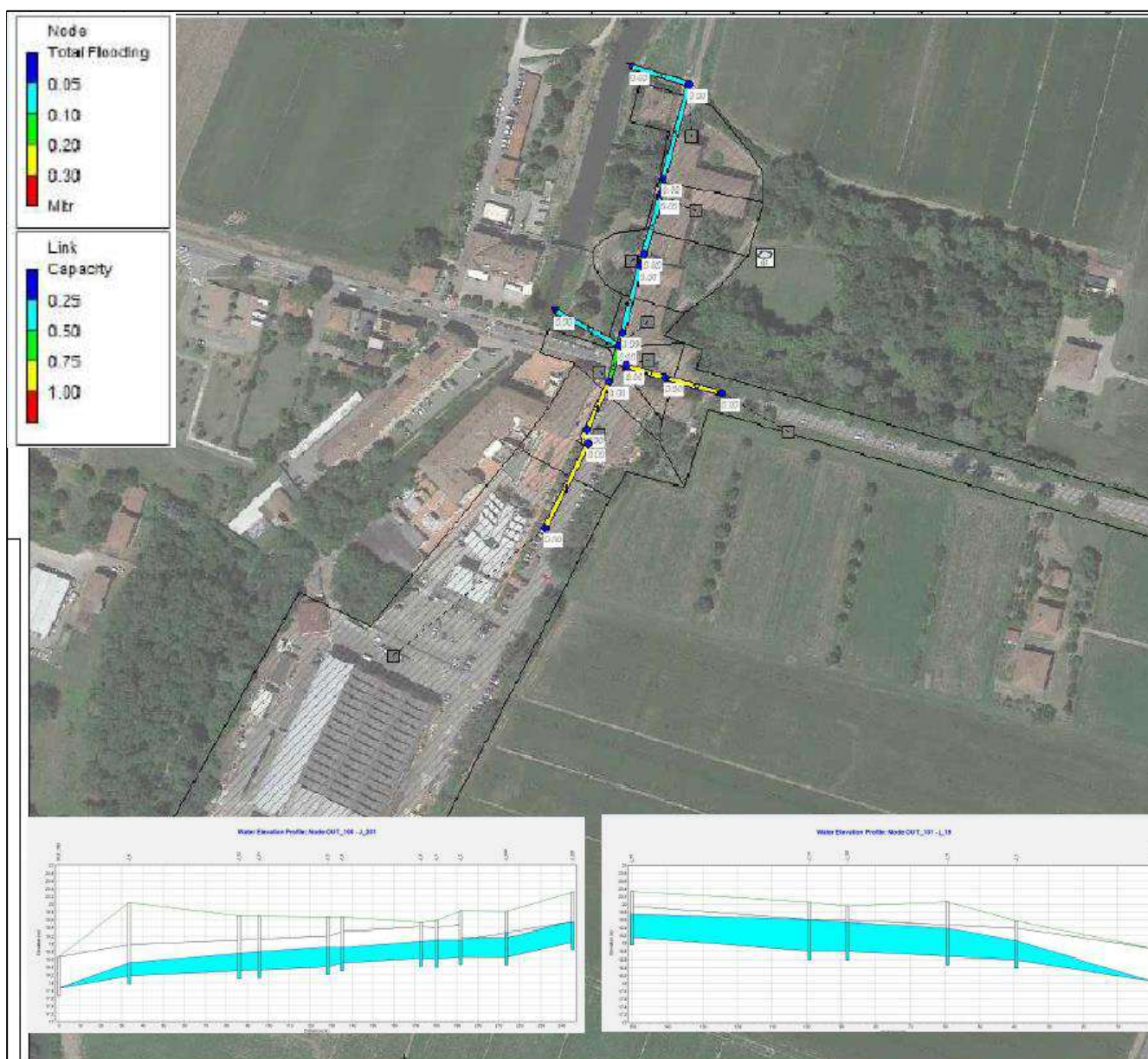


Figura 27: SDP lato Est Navile TR=50 e livello nel Navile con scarichi liberi

Dalla figura 27, si nota subito che rispetto allo SDP le condotte sono in grado di far defluire le portate anche con TR=50 senza andare in pressione, in caso in cui il Navile non risulti in piena. Non si hanno allagamenti dovuti a fuoriuscite di acqua dai pozzetti.

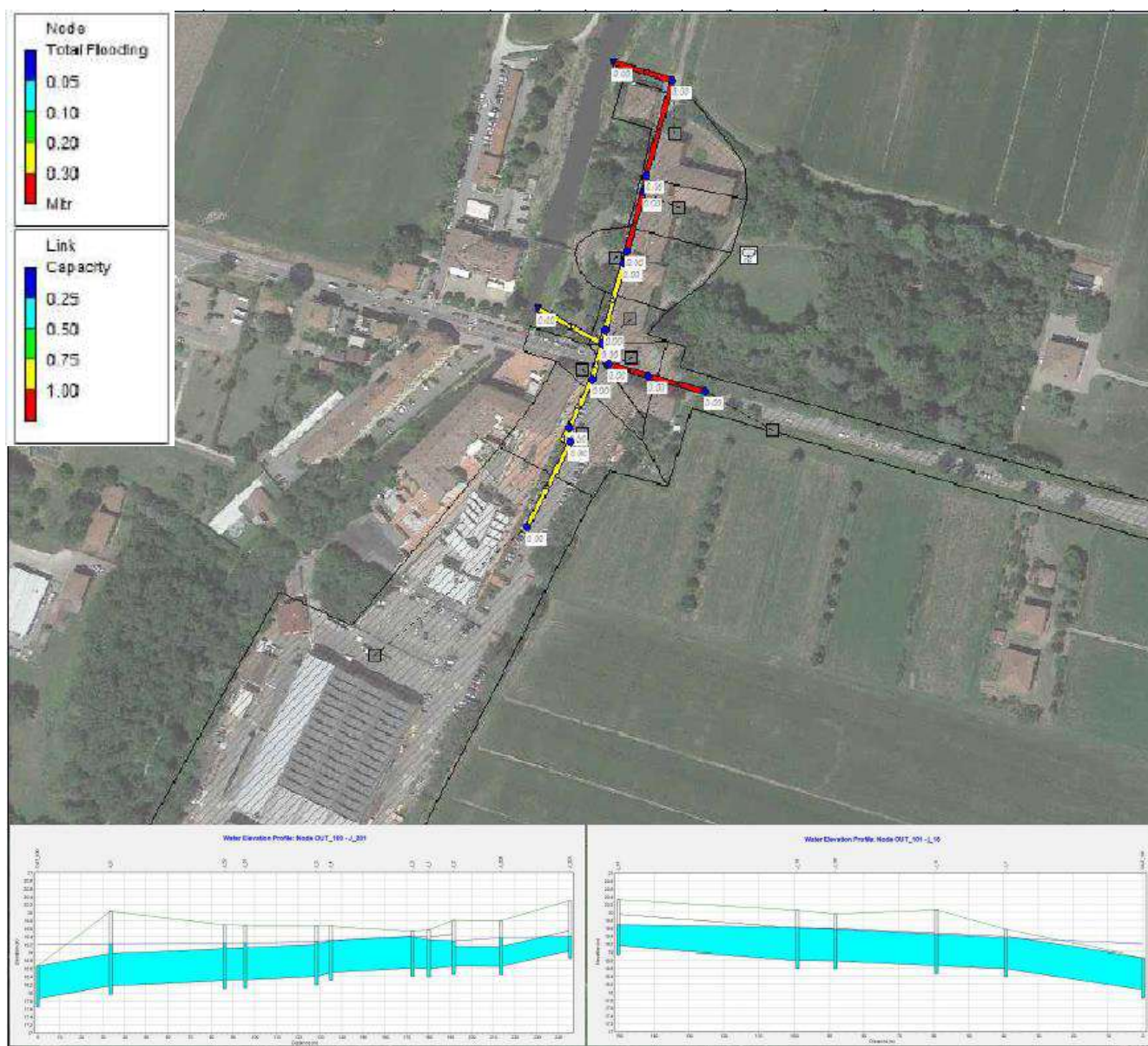


Figura 28: SDP lato Est Navile TR=10 e livello nel Navile TR=10 anni

Dalla figura 27, si nota subito che rispetto allo SDP le condotte sono in grado di far defluire le portate anche con TR=50 senza andare in pressione, in caso in cui il Navile non risulti in piena. Non si hanno allagamenti dovuti a fuoriuscite di acqua dai pozzetti.

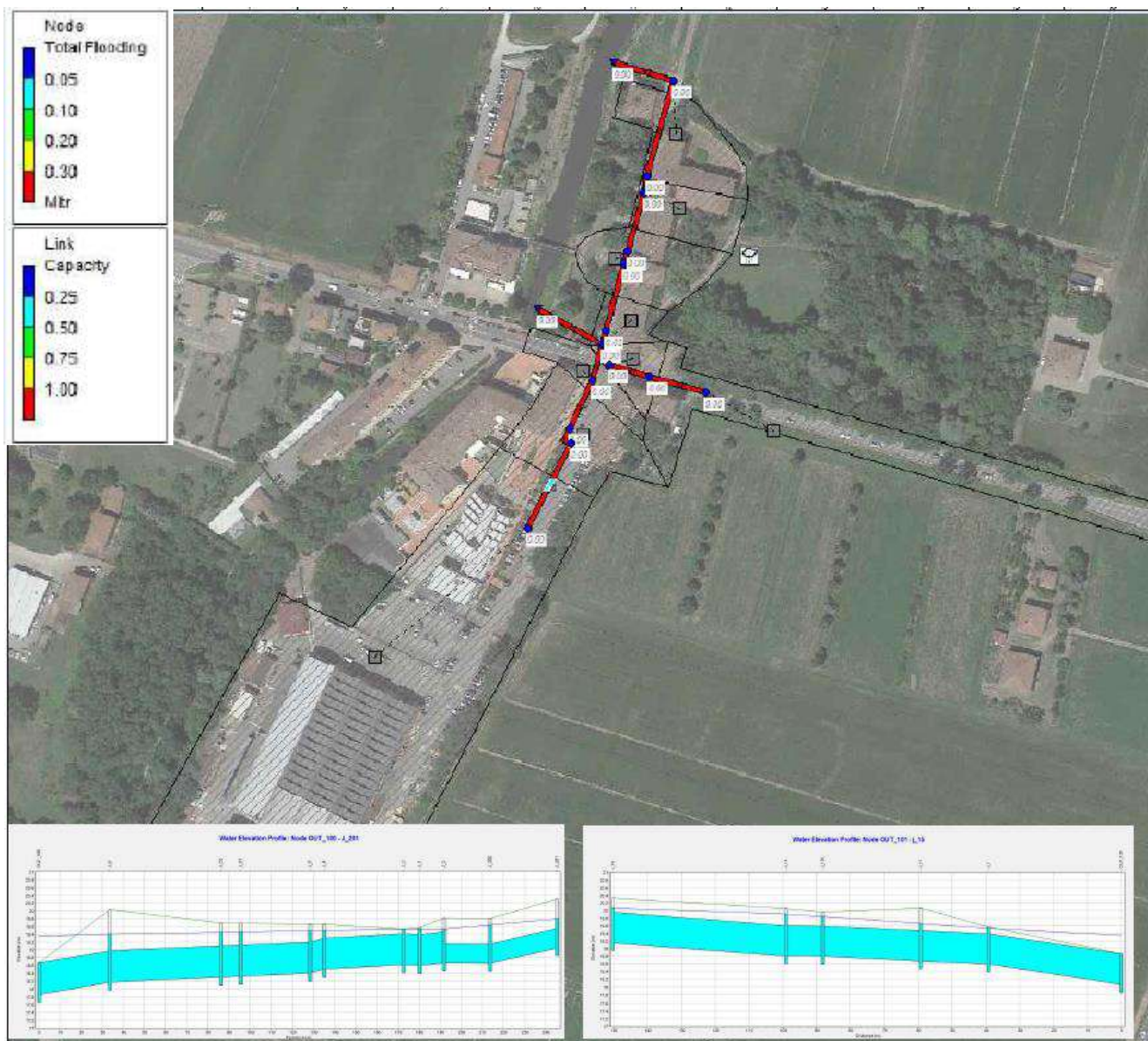


Figura 29: SDP lato Est Navile TR=25 e livello nel Navile TR=10

Con livelli del Navile a crescita fino alla quota 19.20 m, e con la pioggia con TR=25 l'intera rete funzionerà in pressione, ma non ci sono ancora zone allagate.

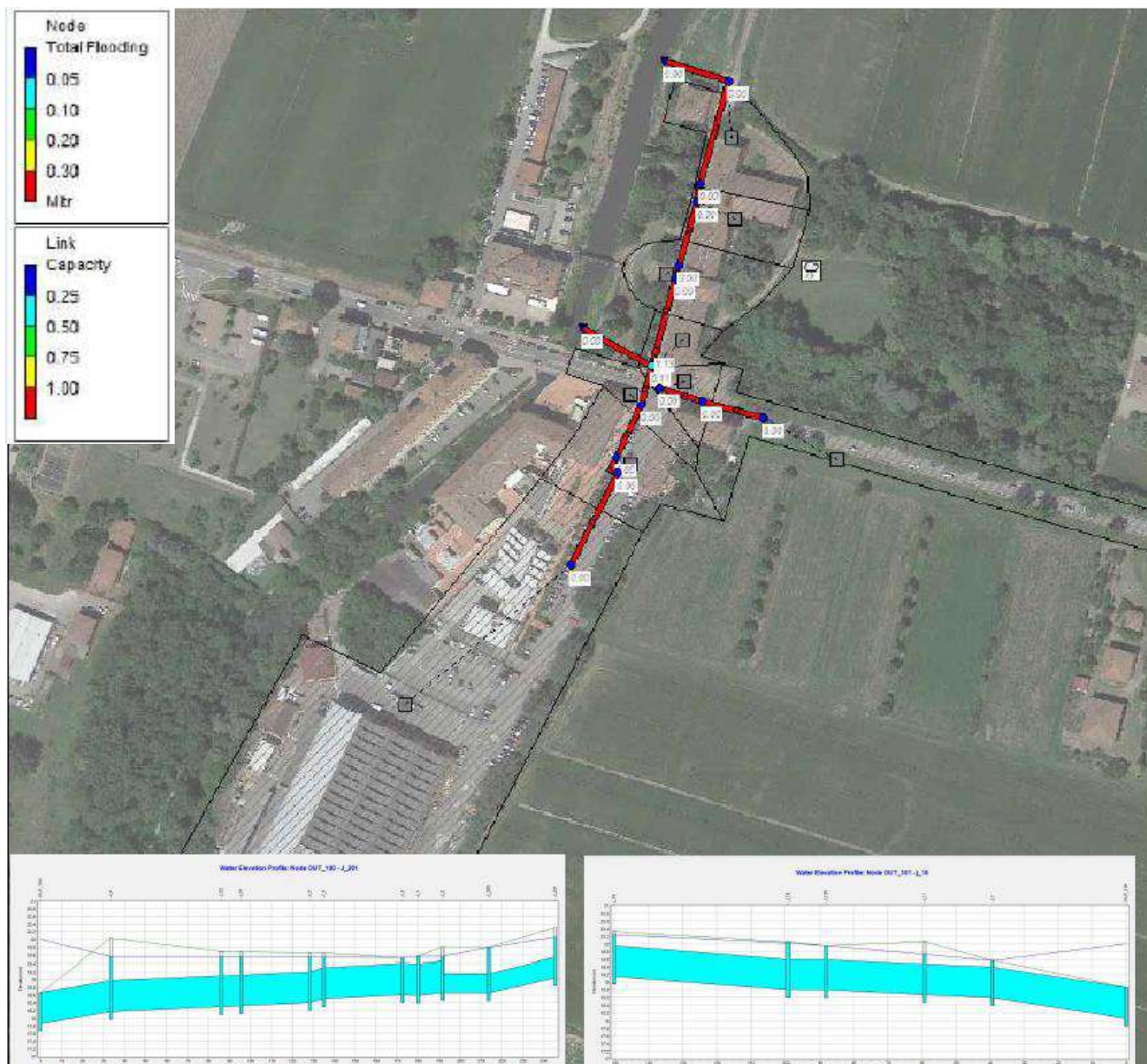


Figura 30: SDP lato Est Navile TR=50 e livello nel Navile TR=50

Infine, al crescere dei livelli del Navile fino alla quota 19.50 m, e con la pioggia con TR=55 l'intera rete funzionerà in pressione, e vi sono alcune aree che risultano allagate, in particolare l'inizio di via Albertina, che presenta tratti in cui la quota risulta 19.64m, 19.53 m e 19.66 m, e quindi pochi centimetri al di sopra del livello idrico del Navile con TR=50 che risulta essere di 19.50 m.

7.1 SIMULAZIONE SDP CON SISTEMA DI POMPAGGIO

Come descritto nei capitoli precedenti, la problematica principale, oltre al sistema fognario misto idraulicamente sottodimensionato, è la presenza all'interno del Navile di livelli idrici che risultano pochi centimetri superiori al livello della via Albertina.

Al fine di limitare al minimo la problematica dell'allagamento di tale tratto di strada e quindi degli edifici limitrofi, si è pensato di creare un sistema fognario atto a permettere lo scarico di parte della portata nel Navile anche in caso di piene superiori al TR=50 e quindi al livello idrico nel torrente di 19.50, attraverso un sistema di sollevamento.

7.1.1 DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI POMPAGGIO

Dal nuovo impianto di pompaggio con n.4+1 pompe funzionante (+1R) viene inviata al Torrente Navile la portata massima circa Qmax= 583.23 l/s, nel caso in cui il livello idrico del Navile superi tra la sezione 62-63 19.50 m.s.l.m, in modo da impedire la fuoriuscita dell'acqua dai pozzetti.

SEZIONE 1 - Dati generali					
Comparto:		Tubazione: Di acciaio nel sollevamento SL1			
moto:		pressione	con	PORTATA CON UNA POMPA	
tipo di fluido:					
provenienza:		SL1			
arrivo		Tavernelle			
scheda n°:		1 A		Rif. Tav.	
SEZIONE 2 - Input idraulici - Natura del fluido - Calcoli ΔH					
Portata Q (mc/s)	0.1460		Densità ρ (kg/m3)	998.23	
Tipo tubazione 1	AISI 304	400.0	Spessore tubazione 1 (mm)	3.0	
Tipo tubazione 2	-	400.0	Spessore tubazione 2 (mm)	3.0	
Tipo tubazione 3	-	400.0	Spessore tubazione 3 (mm)	3.0	
Diam. Interno 1 (mm)	394		Viscosità cinematica (ν=μ/ρ) (m²/s)	1.01E-06	
Diam. Interno 2 (mm)	394		Coefficiente di William Hazen C - 1	95.0	
Diam. Interno 3 (mm)	394		Coefficiente di William Hazen C - 2	95.0	
Velocità 1 (m/s)	1.20		Coefficiente di William Hazen C - 3	95.0	
Velocità 2 (m/s)	1.20		Scabrezza ε (mm) - 1	0.040	
Velocità 3 (m/s)	1.20		Scabrezza ε (mm) - 2	0.040	
Lunghezza 1 (m)	5.0		Scabrezza ε (mm) - 3	0.040	
Lunghezza 2 (m)	0.0		Scabrezza relativa ε/D - 1	1.0E-04	
Lunghezza 3 (m)	0.0		Scabrezza relativa ε/D - 3	1.0E-04	
			Scabrezza relativa ε/D -3	1.0E-04	
			n° Reynolds (uxD)/ν	4.7E+05	
Temperatura °c	20		Fattore di resistenza λ (moto turbolento) - 1	0.0120	
1) Calcolo ΔH concentrate:		$\Delta H = \xi \cdot \frac{u^2}{2g}$	Fattore di resistenza λ (moto turbolento) - 2	0.0120	
			Fattore di resistenza λ (moto turbolento) - 3	0.0120	
			K	n°	AH (m)
Imbocco di una condotta da un serbatoio			0.500	0	0.00
Sbocco di una condotta in un serbatoio			1.000	0	0.00
Allargamento brusco di sezione			0.300	0	0.00
Aspirazione			1.000	1	0.07
Restringimento di sezione			2.095	0	0.00
Allargamento conico			0.080	0	0.00
Restringimento Conico			0.110	0	0.00
Piede di accoppiamento			0.300	1	0.02
Innesto a T			0.400	1	0.03
Misuratore di portata (effetto venturi)			2.000	0	0.00
Valvola di ritegno			0.900	1	0.07
saracinesche a corpo piatto			0.300	1	0.02
gomiti		90°	0.300	1	0.02
		60°	0.325	0	0.00
		45°	0.240	1	0.02
		30°	0.070	0	0.00
		15°	0.030	0	0.00
			3.440	Ahconcentrate	0.25
2) Calcolo ΔH distribuite					
$\Delta H_{distrib} = \left(\frac{u}{0.00457 \cdot D^{0.63} \cdot C} \right)^{1.85185} \cdot L$			Ahdistribuite		0.031
SEZIONE 3					
Ahconcentrate	0.25				
Ahdistribuite	0.03				
totale	0.28				

SEZIONE 1 - Dati generali+H1:M60

Comparto:	Tubazione:	mandata acciaio comune alle 4 pompe		
moto:	pressione	con		
tipo di fluido:	0			
provenienza:	SL1			
arrivo	Tavernelle			
scheda n°:	1 B		Rif. Tav.	

SEZIONE 2 - Input idraulici - Natura del fluido - Calcoli ΔH

Portata Q (mc/s)		0.5840	Densità ρ (kg/m ³)		998.23
Tipo tubazione 1		PEAD	711.1	Spessore tubazione 1 (mm)	
Tipo tubazione 2		-	700.0	Spessore tubazione 2 (mm)	
Tipo tubazione 3		-	700.0	Spessore tubazione 3 (mm)	
Diam. Interno 1 (mm)		698.52	Viscosità cinematica ($\nu = \mu / \rho$) (m ² /s)		1.01E-06
Diam. Interno 2 (mm)		700	Coefficiente di William Hazen C - 1		110
Diam. Interno 3 (mm)		700	Coefficiente di William Hazen C - 2		110
Velocità 1 (m/s)		1.52	Coefficiente di William Hazen C - 3		110
Velocità 2 (m/s)		1.52	Scabrezza ϵ (mm) - 1		0.040
Velocità 3 (m/s)		1.52	Scabrezza ϵ (mm) - 2		0.040
Lunghezza 1 (m)		10.0	Scabrezza ϵ (mm) - 3		0.040
Lunghezza 2 (m)		0.0	Scabrezza relativa ϵ / D - 1		5.7E-05
Lunghezza 3 (m)		0.0	Scabrezza relativa ϵ / D - 3		5.7E-05
			Scabrezza relativa ϵ / D - 3		5.7E-05
			n° Reynolds (uD)/ ν		1.1E+06
Temperatura °C		20	Fattore di resistenza λ (moto turbolento) - 1		0.0108
1) Calcolo ΔH concentrate:		$\Delta H = \xi \cdot \frac{u^2}{2g}$	Fattore di resistenza λ (moto turbolento) - 2		0.0108
			Fattore di resistenza λ (moto turbolento) - 3		0.0108
			K	n°	AH (m)
Imbocco di una condotta da un serbatoio			0.500	0	0.00
Sbocco di una condotta in un serbatoio			1.000	1	0.12
Allargamento brusco di sezione			0.300	0	0.00
Aspirazione			1.000	0	0.00
Restringimento di sezione			2.095	0	0.00
Allargamento conico			0.080	0	0.00
Restringimento Conico			0.110	0	0.00
Piede di accoppiamento			0.300	0	0.00
Innesto a T			0.910	1	0.11
Misuratore di portata (effetto venturi)			2.000	1	0.24
Valvola di ritegno			0.900	0	0.00
saracinesche a corpo piatto			0.300	0	0.00
gomiti		90°	0.300	2	0.07
		60°	0.325	0	0.00
		45°	0.240	1	0.03
		30°	0.070	0	0.00
		15°	0.030	0	0.00
			4.750	Ah concentrate	0.56

2) Calcolo ΔH distribuite

$$\Delta H_{distr} = \left(\frac{u}{0.00457 \cdot D^{0.63} \cdot C} \right)^{1.85185} \cdot L$$

$\Delta H_{distr} = \left(\frac{n}{0.00457 \cdot D^{0.63} \cdot C} \right) \cdot L$	Ah distribuite	0.038
--	----------------	-------

SEZIONE 3

SEZIONE 6	
Ahconcentrate	0.56
Ahdistribuite	0.04
totale	0.60

In totale si hanno le seguenti perdite:

Ahconcentrate	0.86
Ahdistribuite	0.07
Ahgeodetiche	5.00
totale	5.93

Si installerà la seguente pompa NP 3171 LT 3 613 15.5 Kw o similare (4 pompe +1 di riserva)

Girante brevettata a canale autopulente semiaperto, ideale per la maggior parte delle applicazioni di pompaggio di acque Progettazione modulare con elevato grado di adattamento.



Specifiche tecniche



Curves according to: Acqua, pulitaAcqua, pulita [100%], 4 °C, 1000 kg/m³, 1,569 mm²



Nominal (mean) data shown. Under- and over-performance from this data should be expected due to standard manufacturing tolerances. Please consult your local Flygt representative for performance guarantees.

Configurazione

Motore	Installazione
N3171.820 25-32-6IE-W IE3	P - Installazione
15.5KW	semipermanete sommersa
Diametro girante	Diametro mandata
292 mm	250 mm

Informazioni pompa

Diametro girante
292 mm
Diametro mandata
250 mm
Diametro di ingresso
250 mm
Velocità di operazione massima
980 rpm
Numero di lame
2

Materiale

Girante
Hard-Iron™

Max. temperatura fluido
40 °C

Offerta	Xylect-22180832	Creato da	
Blocco	0	Creato il	4/22/2024 Ultimo aggiornamento 4/22/2024

NP 3171 LT 3~ 613

Specifiche tecniche



Motore - Dati generali

Motore N3171.820 25-32-61E-W IE3 15.5KW	Fasi 3~	Velocità nominale 980 rpm	Potenza nominale 15,5 kW
Approvato ATEX No	Numero di poli 6	Corrente nominale 24 A	Variante statore 6
Frequenza 50 Hz	Tensione nominale 500 V	Classe di isolamento H	Tipo di servizio S1
Version code 820			

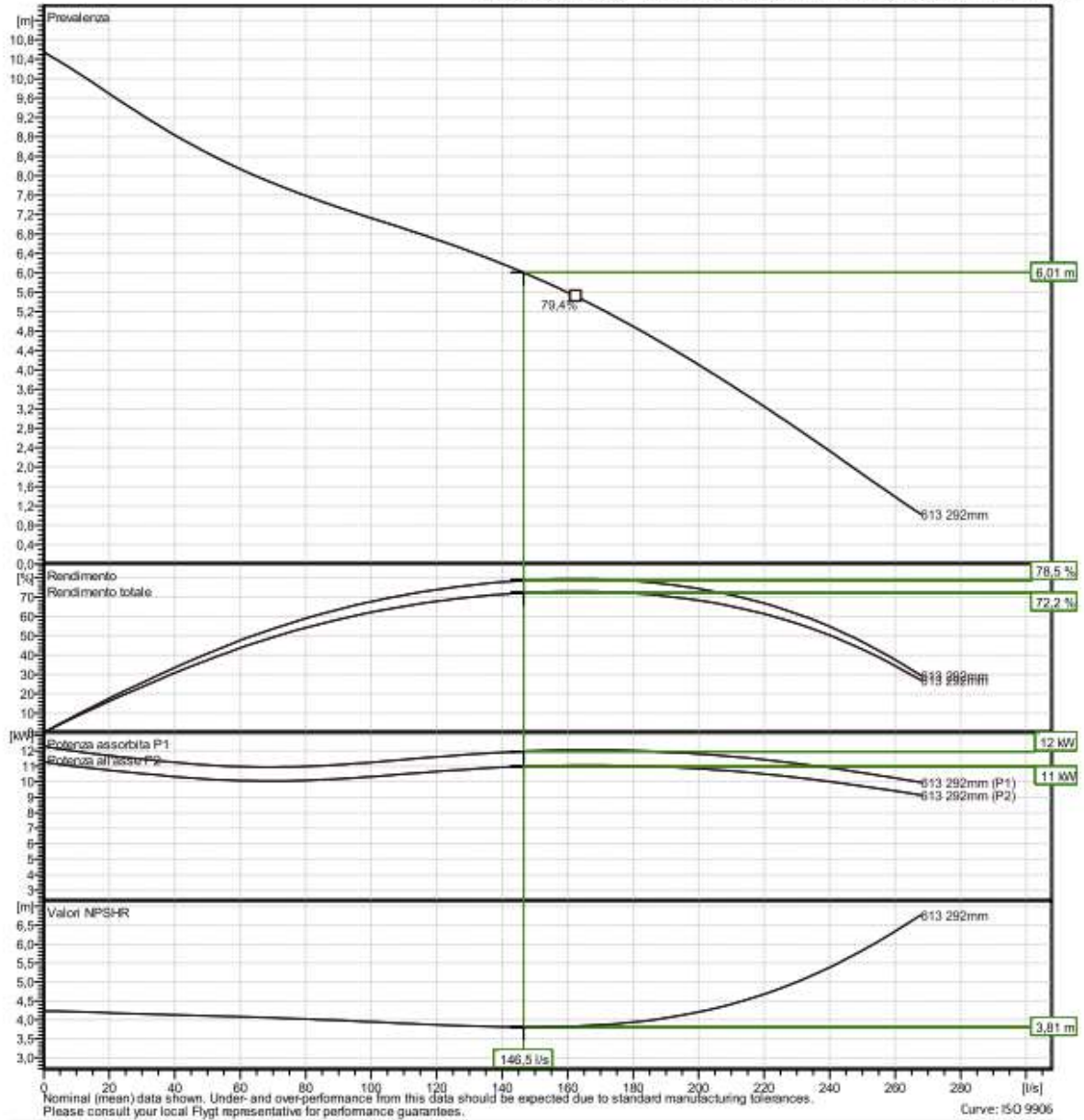
Motore - Dati tecnici

Fattore di potenza - 1/1 Load 0,83	Rendimento motore - 1/1 Load 91,3 %	Momento d'inerzia totale 0,354 kg m ²	Avviamenti/h max. 30
Fattore di potenza - 3/4 Load 0,77	Rendimento motore - 3/4 Load 91,9 %	Corrente di spunto , diretta avviante 156 A	
Fattore di potenza - 1/2 Load 0,65	Rendimento motore - 1/2 Load 91,5 %	Corrente di spunto, stella-triangolo 52 A	

Portata
147 l/s

Prevalenza
6,01 m

Curves according to: Acqua, pulita [100%], 4 °C, 1000 kg/m³, 1,569 mm²/s

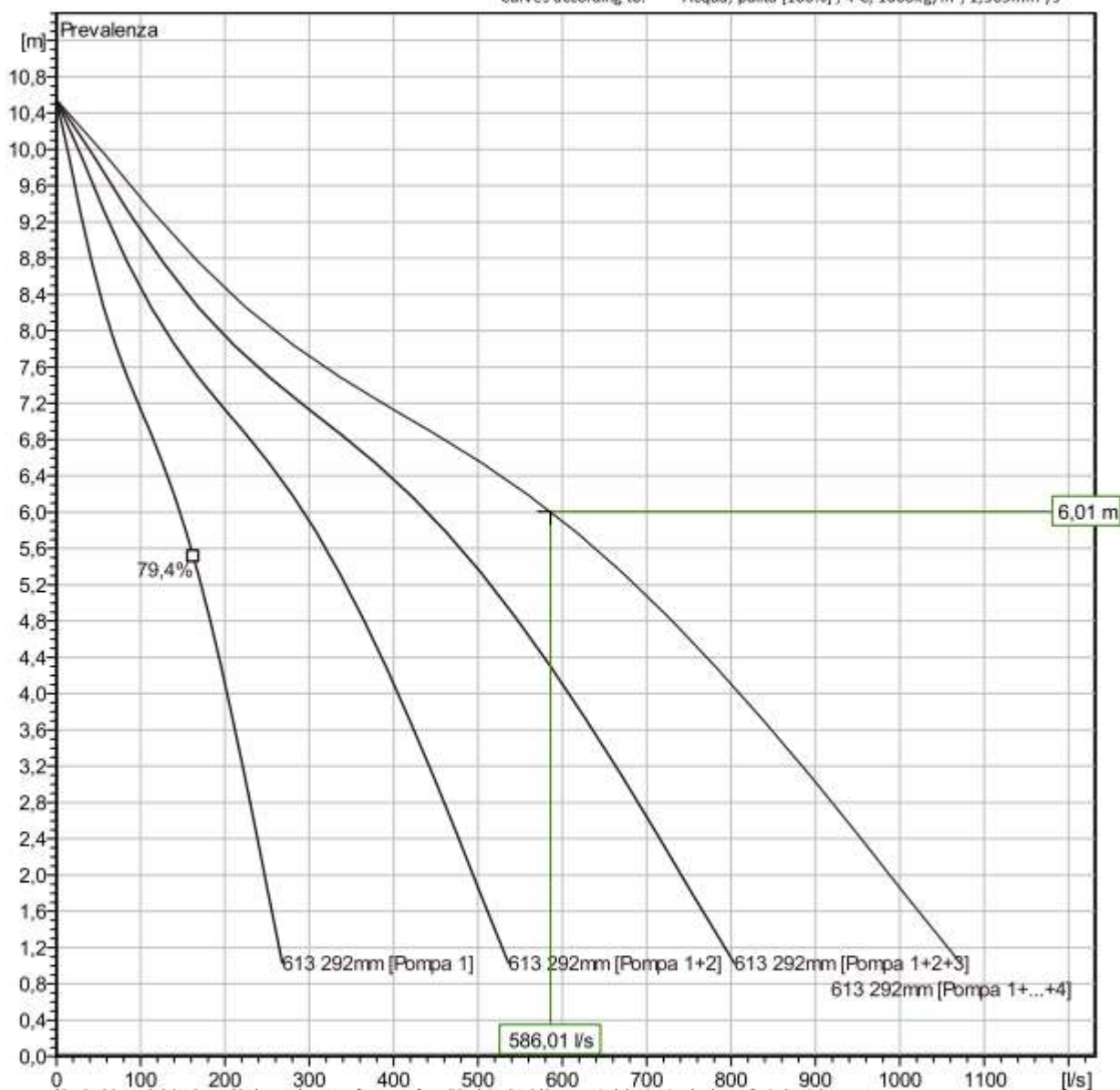


NP 3171 LT 3~ 613

Analisi punto di lavoro



Curves according to: Acqua, pulita [100%] ; 4°C; 1000kg/m³; 1,569mm²/s



Nominal (mean) data shown. Under- and over-performance from this data should be expected due to standard manufacturing tolerances.
Please consult your local Flygt representative for performance guarantees.

Caratteristiche operative

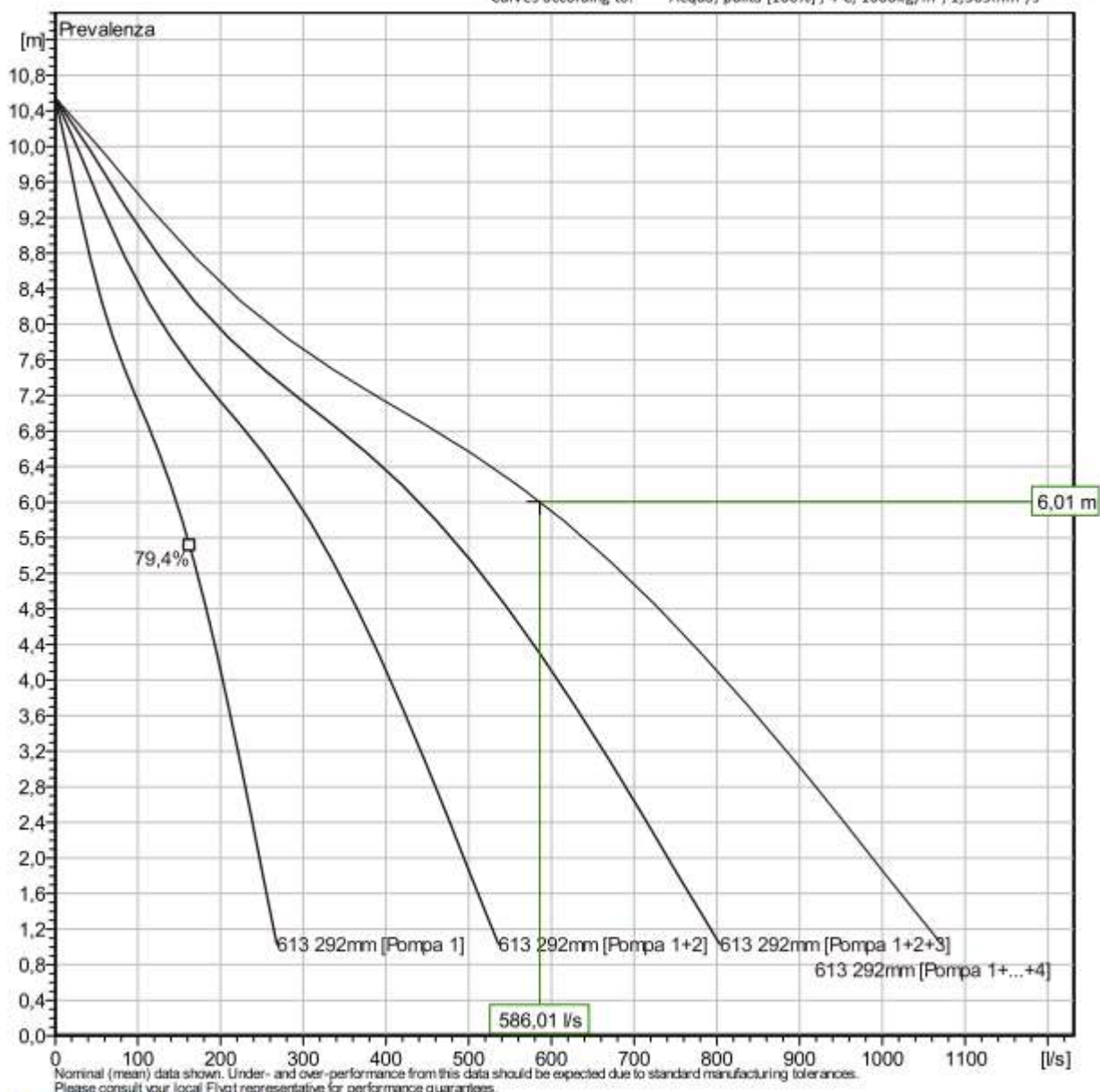
Pumps / Systems	Portata l/s	Prevalenza m	Potenza assorbita kW	Portata l/s	Prevalenza m	Potenza assorbita kW	Rend. idr.	Energia Specifica kWh/m ³	NPSHr m
4 / 1	147	6,01	11	586	6,01	44	78,5 %	0,0227	3,81
3 / 1	158	5,66	11,1	474	5,66	33,2	79,3 %	0,0212	3,82
2 / 1	168	5,33	11,1	336	5,33	22,1	79,3 %	0,0199	3,85

NP 3171 LT 3~ 613

Analisi punto di lavoro



Curves according to: Acqua, pulita [100%]; 4°C; 1000kg/m³; 1,569mm²/s



Caratteristiche operative

Pumps / Systems	Portata l/s	Prevalenza m	Potenza assorbita kW	Portata l/s	Prevalenza m	Potenza assorbita kW	Rend. idr.	Energia Specifica kWh/m³	NPSH _{re} m
1 / 1	175	5,09	11,1	175	5,09	11,1	78,9 %	0,0191	3,89

7.1.2 CALCOLO DEL BACINO DI CARICO

Bisogna verificare che il numero di cicli attacco/stacco delle pompe non eccedano il massimo consentito, provocando potenziali danni al motore.

Per pompe fino a 30 kW con installazione sommersa, in letteratura è prescritto un massimo di 24 avviamenti orari;

In input vengono forniti i valori relativi ai seguenti parametri:

- Superficie di base del bacino di sollevamento, A;
- Tempo di ciclo delle pompe, Tc;
- Portate effettive delle singole pompe, Qpi;

Sulla base dei dati forniti in input, è possibile valutare il numero di avviamenti delle pompe per ora secondo la formula:

$$N_{avv}/h [1/h] = 60 / T_c.$$

Il tempo massimo di riempimento del bacino di carico risulta invece dalla relazione:

$$TR_{max} [min] = V_{tot} / Q_{min}.$$

dove:

V_{tot} = volume totale del bacino di carico [m³].

Q_{min} = portata minima notturna [m³/h].

Nota la portata elaborata da ciascuna pompa (calcolata considerando le curve caratteristiche di funzionamento delle pompe e del circuito) e noto il tempo di ciclo delle pompe Tc, è possibile stabilire le frazioni di volume del bacino da attribuire a ciascuna di esse.

Detta Vpi la frazione del volume del bacino di carico compreso tra la quota d'attacco della pompa (i-1)-esima e la quota d'attacco della pompa i-esima, si ha:

$$V_{pi} [m^3] = Q_{pi} \times T_c \times 60 / 4000$$

dove:

Q_{pi} = portata sollevata dalla pompa i-esima.

Sommando le Vpi, si ottiene il volume totale delle pompe:

$$V_p [m^3] = \sum V_{pi}$$

Consequentemente, il livello massimo di azione di ciascuna pompa è dato da:

$$L_1 [m] = V_{p1} / A + h_{min}$$

Con $h_{min} \approx 0,4$ m livello di aspirazione minima della pompa

$$L_i [m] = L_{i-1} + V_{pi} / A \quad \text{con } i = 1$$

$$L_{tot} = \sum L_i$$

STAZIONE DI SOLLEVAMENTO SL1	
Q_{max} [l/s]	Pompa singola 146/ 4 pompe 584
Area	7x7=49,00
Tempo di ciclo [min]	15
Navv[1/h]	4
Vp1 [m³]	32.85
Hmin [m]-Arresto P1	0.47
L1 [m] Avvio P1	1.13
L2 [m] Avvio P2	1.78
L3 [m] Avvio P3	2.44
L4 [m] Avvio P4	3.09

Di seguito si riportano i risultati ottenuti con SWMM 5.1 della simulazione di progetto con gli scatolari 1,00 x 0.8 m e il sistema di pompaggio.

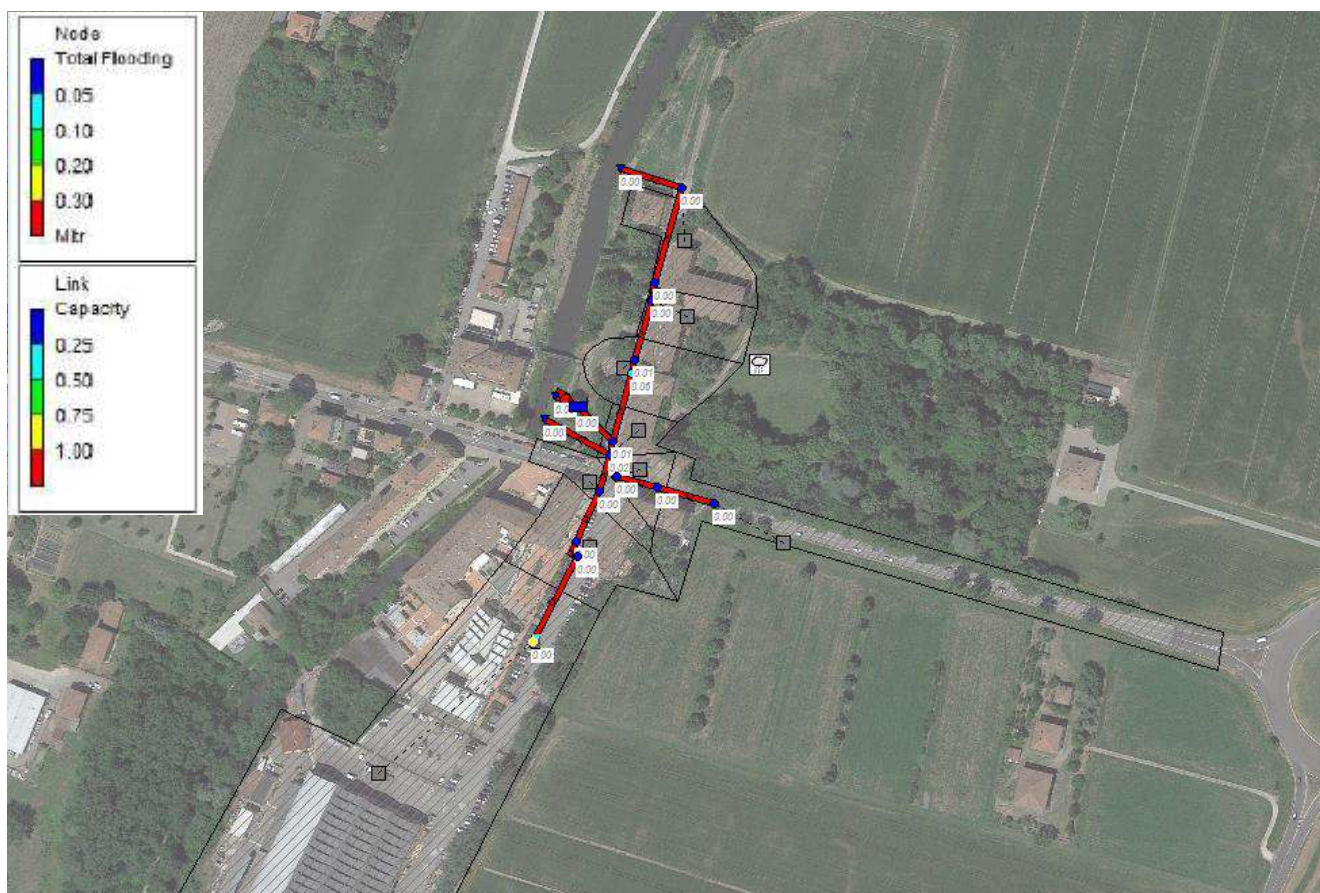


Figura 31: SDP lato Est Navile TR=50 e livello nel Navile TR=50 con sistema di sollevamento

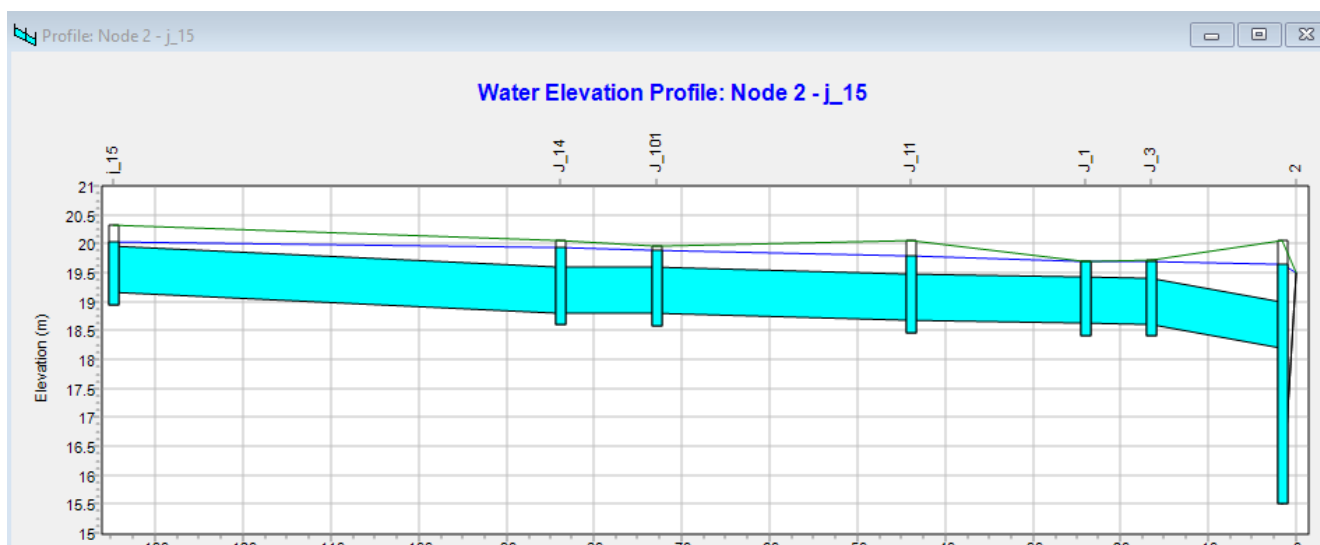


Figura 32: SDP lato Est Navile TR=50 e livello nel Navile TR=50 con sistema di sollevamento: profilo tubazioni

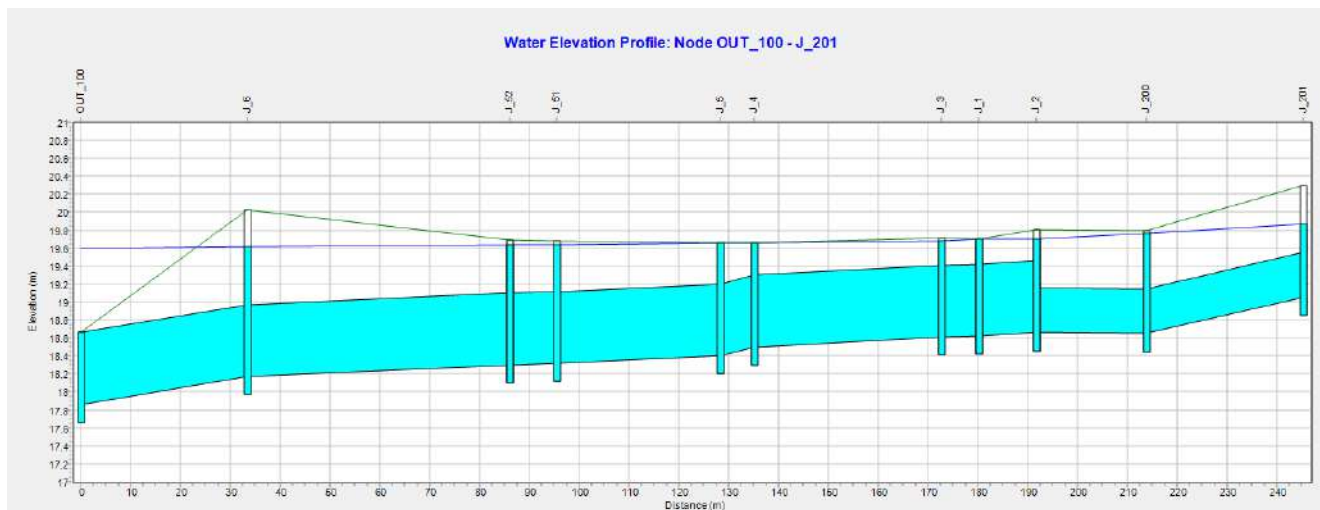


Figura 33: SDP lato Est Navile TR=50 e livello nel Navile TR=50 con sistema di sollevamento: profilo tubazioni

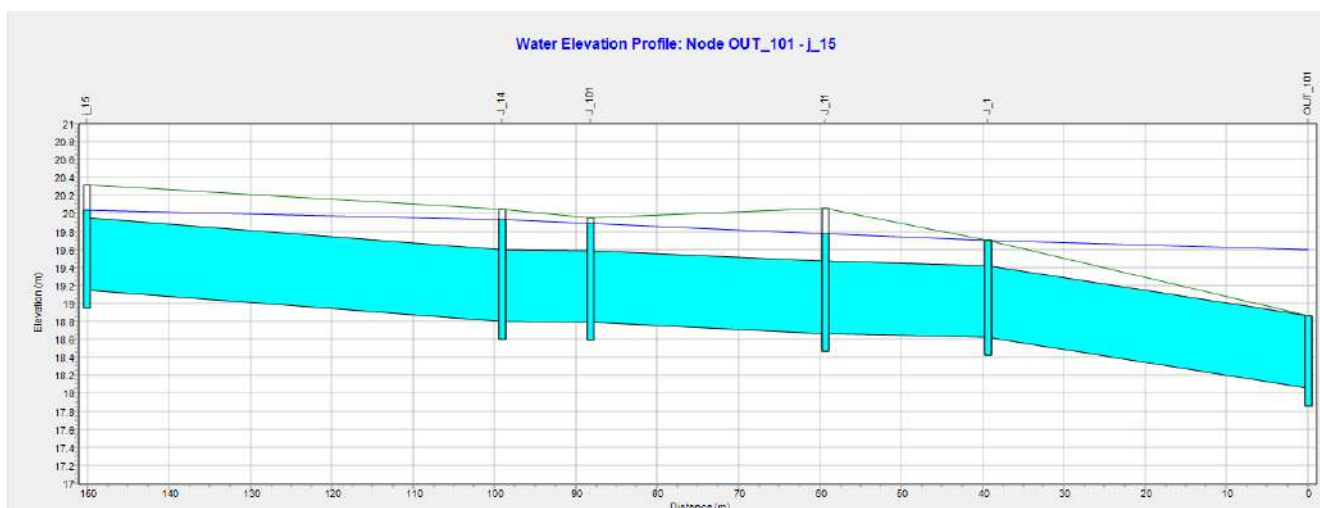


Figura 34: SDP lato Est Navile TR=50 e livello nel Navile TR=50 con sistema di sollevamento: profilo tubazioni

Dalle figure sopra riportate, le condotte dell'area di studio risultano sempre con funzionamento in pressione, ma il sollevamento aiuta a far defluire le acque con tempi di pioggia TR=50 anni e livelli idrici del Navile di 19.50-60 che riguardano TR>50 anni.

8 CONCLUSIONI

Lo studio idraulico del sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche della zona denominata Castello nel comune di Castel Maggiore è stato svolto con l'obiettivo di analizzarne lo stato di fatto, determinarne le problematiche e valutare la migliore risoluzione progettuale possibile e simularla con SWMM 5.1.

Il sistema idraulico è stato ricostruito all'interno del codice di calcolo SWMM 5.1 sviluppato da US-EPA e reso disponibile in forma di open source. Tale attività si è articolata in una prima fase nella quale sono stati inseriti all'interno del modello tutti i collettori noti attraverso rilievi e progetti, successivamente, attraverso rilievi topografici integrativi è stato ricostruito l'intero tracciato della rete.

La zona ad Ovest del Navile è caratterizzata da un punto di scarico, mentre quella ad est da punti di scarico che immettono le acque a sinistra idraulica del torrente Navile.

Lo studio idraulico si è inizialmente incentrato nel comprendere lo stato attuale in relazione ad eventi pluviometrici con Tempo di Ritorno di 10, 25 e 50 anni e tenendo conto del variare del livello idrico all'interno del Navile.

Pertanto, attraverso tre ietogrammi sintetici tipo Chicago, si sono evidenziate le criticità del sistema fognario e il comportamento complessivo del sistema.

Nella zona Ovest, il dimensionamento dello scatolare in funzione dell'area servita risulta sufficiente, ma allo stato attuale risulta che la zona sia soggetta a fenomeni di run off superficiali su via Giacomo Matteotti. Tale problematica è da riscontrare nella pendenza della via e da un sistema di caditoie idraulicamente insufficienti ed ostruite che non riescono ad intercettare l'acqua che dilava la superficie stradale.

Si prevede in progetto di infittire la rete di caditoie e pulire quelle già presenti lungo via Matteotti. Per la zona ad Est del Navile sono state condotte più simulazioni al fine di determinare le cause che, in occasione di condizioni meteo avverse, legate ad abbondanti precipitazioni, ciclicamente determinano danneggiamenti alle strutture pubbliche e private, con problematiche legate sia all'innalzamento del livello idrometrico del corso d'acqua che al corretto funzionamento del sistema di drenaggio.

Analizzando i risultati delle simulazioni dello SDF si nota:

- Il funzionamento delle condotte risulta sempre in pressione anche con livello idrico nel Navile di magra (indica insufficienza idraulica delle condotte)
- Già in presenza di piogge con TR= 10 anni e tiranti del Navile di 19,20 m (TR=10) si hanno allagamenti in vari punti della rete stessa. Tale situazione si aggrava all'aumentare del livello idrici all'interno del Navile.

Dai risultati dello SDF, la zona est, quella a sinistra idraulica del Torrente Navile presenta problematiche idrauliche sia dovute ai livelli all'interno del torrente Navile che determina

problematiche di deflusso dai due scarichi presenti, sia problematiche dovute all'insufficienza dei collettori idraulici presenti.

Altra problematica è dovuta alle quote della strada via Albertina, soprattutto nel tratto iniziale che presenta tratti in cui la quota risulta 19.64m, 19.53 m e 19.66 m, e quindi pochi centimetri al di sopra del livello idrico del Navile con TR=50 che risulta essere di 19.50 m.

In fase di progetto sono state dimensionate le tubazioni di via Albertina, Piazza Martiri della Libertà ed in parte in via Giacomo Matteotti sostituendo tutte le tubazioni con scatolari 1m x 0.8 m poiché risulta impossibile l'installazione di tubazioni in cls circolari superiori a DN 800 a causa dell'insufficienza del ricoprimento.

Dalle simulazioni dello SDP, gli scatolari sono in grado di far defluire le portate anche con TR=50 senza andare in pressione, in caso in cui il Navile non risulti in piena. Non si hanno allagamenti dovuti a fuoriuscite di acqua dai pozzetti.

Con livelli del Navile in crescita fino alla quota 19.20 m (TR=10), e con la pioggia con TR=25 l'intera rete funzionerà in pressione, ma non ci sono ancora zone allagate.

Infine, al crescere dei livelli del Navile fino alla quota 19.50 m, e con la pioggia con TR=50 l'intera rete funzionerà in pressione, e vi sono alcune aree che risultano allagate, in particolare l'inizio di via Albertina, che presenta tratti in cui la quota risulta pochi centimetri al di sopra del livello idrico del Navile con TR=50.

Al fine di limitare al minimo la problematica dell'allagamento di tale tratto di strada e quindi degli edifici limitrofi, si è pensato di creare un sistema fognario atto a permettere lo scarico di parte della portata nel Navile anche in caso di piene superiori al TR=50 e quindi al livello idrico nel torrente di 19.50, attraverso un sistema di sollevamento.

La simulazione con SWMM 5.1 dello stato di progetto con il sollevamento dimostra che le condotte dell'area di studio risultano sempre con funzionamento in pressione, ma il sollevamento aiuta a far defluire le acque con tempi di pioggia TR=50 anni e livelli idrici del Navile di 19.50-60m che riguardano TR>50 anni.

In conclusione, le opere in progetto permettono di risolvere i problemi idraulici e gli allagamenti con piogge di TR=50 anni e livelli idrici nel Navile nelle sezioni 62-63 di 19.50 m s. l. m.