

Studio di Impatto Ambientale

sul Programma Integrato di Intervento Post Expo

Artt. 23 e 27-bis del D.Lgs 152/2006 e s.m.i.

Artt. 4 e 5 della L.R. 5/2010 e s.m.i.

MIND: Progetto di rigenerazione per uno sviluppo urbano sostenibile

Allegato 4 - Verifica e adeguamento delle opere infrastrutturali di servizio – invarianza idraulica

Gennaio 2019

**Valorizzare
Trasformare
Innovare**

INDICE

1.	PREMESSA	4
2.	RETE ACQUA POTABILE	7
2.1	Premessa	7
2.2	Caratteristiche della rete esistente.....	7
2.3	Fabbisogno idrico	9
2.3.1	<i>Premessa</i>	9
2.3.2	<i>Dotazioni idriche</i>	10
2.3.3	<i>Stima degli abitanti equivalenti e calcolo del fabbisogno idrico</i>	11
2.4	Descrizione dell’approccio alla modellazione idraulica	14
2.4.1	<i>Modello matematico Infoworks WS</i>	15
2.4.2	<i>Schematizzazione della rete idrica e costruzione del modello</i>	16
2.4.3	<i>Modalità di costruzione della domanda</i>	16
2.4.4	<i>Modalità di simulazione degli impianti</i>	18
2.5	Il modello Infoworks WS della rete.....	19
2.6	Analisi funzionale della rete a seguito dell’attuazione del PII.....	20
2.6.1	<i>Risultati delle analisi</i>	20
2.6.2	<i>Resilienza della rete</i>	51
2.6.3	<i>Critical Link Analysis (CLA)</i>	52
2.6.4	<i>Interventi di massima di adeguamento funzionale rete</i>	53
2.7	Conclusioni	54
3.	RETE ACQUE METEORICHE E CANALE PERIMETRALE	55
3.1	Premessa	55
3.2	Descrizione rete esistente.....	55
3.3	Descrizione canale perimetrale e relativo funzionamento in tempo di pioggia	57
3.4	Regolamento Regionale 23 novembre 2017 – n.7 relativo all’invarianza idraulica	58
3.5	Descrizione del modello idraulico	60
3.5.1	<i>Modello matematico Infoworks ICM</i>	60
3.5.2	<i>Schematizzazione della rete e del canale perimetrale e costruzione del modello</i> ..	63
3.6	Analisi idrologica.....	66
3.6.1	<i>Dati pluviometrici e curve di possibilità climatica</i>	66
3.6.2	<i>Ietogrammi di progetto</i>	70
3.7	Analisi funzionale della rete a seguito di attuazione del PII.....	72
3.7.1	<i>Tempi di ritorno e criteri di verifica</i>	72
3.7.2	<i>Interventi di massima di adeguamento funzionale della rete</i>	72
3.7.3	<i>Verifica idraulica rete acque bianche</i>	73
3.7.4	<i>Resilienza della rete di drenaggio</i>	94
3.8	Analisi funzionale del canale perimetrale e verifica dell’invarianza idraulica	95
3.8.1	<i>Premessa alle verifiche idrauliche</i>	95
3.8.2	<i>Tempi di ritorno e criteri di verifica</i>	95
3.8.3	<i>Verifica idraulica canale perimetrale</i>	98
3.9	Conclusioni	102
4.	RETE ACQUE REFLUE	103
4.1	Premessa	103
4.2	Descrizione rete esistente.....	103

4.3	Descrizione del modello idraulico	104
4.3.1	<i>Modello matematico Infoworks CS</i>	104
4.3.2	<i>Schematizzazione della rete fognaria e costruzione del modello</i>	104
4.4	Portata nera	109
4.4.1	<i>Criteri adottati</i>	109
4.4.2	<i>Calcolo della portata</i>	109
4.5	Analisi funzionale della rete a seguito dell'attuazione del PII	112
4.5.1	<i>Criteri di verifica</i>	112
4.5.2	<i>Verifica idraulica rete</i>	113
4.5.3	<i>Analisi dei risultati</i>	121
4.5.4	<i>Interventi di massima di adeguamento funzionale della rete</i>	124
4.5.5	<i>Resilienza della rete</i>	125
4.6	Conclusioni	125
5.	RETE ANTINCENDIO	126
5.1	Premessa	126
5.2	Inquadramento normativo	126
5.3	La rete antincendio comprensoriale	126
5.4	Analisi funzionale della rete a seguito dell'attuazione del PII	132
5.4.1	<i>Il software Infoworks</i>	133
5.4.2	<i>Modellazione antincendio</i>	135
5.4.3	<i>Simulazioni</i>	135
5.4.4	<i>Resilienza della rete</i>	157
5.5	Conclusioni	158
6.	ALTRE RETI	159
6.1	Premessa	159
6.2	Rete acqua da pozzo	159
6.2.1	<i>Caratteristiche rete esistente</i>	159
6.2.2	<i>Verifica funzionale e interventi di adeguamento della rete</i>	161
6.3	Rete acqua igienico-sanitaria	161
6.3.1	<i>Caratteristiche rete esistente</i>	161
6.3.2	<i>Verifica funzionale e interventi di adeguamento della rete</i>	163
6.4	Rete acqua condensazione	164
6.4.1	<i>Caratteristiche rete esistente</i>	164
6.4.2	<i>Verifica funzionale e interventi di adeguamento della rete</i>	166

1. PREMESSA

Il presente documento approfondisce il tema delle opere infrastrutturali di servizio nell'ambito dello sviluppo urbanistico del Programma Integrato di Intervento previsto.

Il Programma in esame (MIND, Milano Innovation District) rappresenta uno dei più importanti progetti di rigenerazione urbana a livello internazionale con l'obiettivo di trasformazione l'intera area occupata dall'Esposizione universale nel futuro "Parco della Scienza, del Sapere e dell'Innovazione".



Figura 1 PII proposto (MIND)

Un progetto che in generale fonda le sue basi su un'importante infrastrutturazione preesistente, lasciato tangibile dell'Esposizione Universale; tra queste infrastrutture merita una specifica analisi il complesso sistema dei sottoservizi realizzati a suo tempo per Expo.

La presente relazione illustra le verifiche condotte sullo stato funzionale delle reti esistenti finalizzate alla valutazione di massima di un possibile riutilizzo delle stesse nell'ambito dello sviluppo urbanistico del PII previsto.

Le reti presenti sul sito oggetto di analisi sono:

- Rete acqua potabile;
- Rete acque meteoriche e canale perimetrale;
- Rete acque reflue;
- Rete acqua antincendio;
- Rete acqua di pozzo;
- Rete acqua igienico-sanitaria e irrigazione
- Rete acqua di condensazione;
- Rete distribuzione elettrica,

Per ciascuna rete è stata condotta uno studio di fattibilità degli impatti funzionali del PII, nonché uno studio preliminare di larga massa degli eventuali interventi da prevedere per l'adeguamento funzionale delle reti.

Le reti esistenti erano state progettate e realizzate per l'esposizione universale Expo del 2015 secondo i più avanzati criteri dimensionali e utilizzando materiali di qualità che garantiscono le migliori condizioni per un ottimale funzionamento delle reti stesse.

Lo stato manutentivo delle reti, sulla base delle informazioni raccolte e sulla base dei rilievi svolti direttamente in campo, risulta molto buono e non si segnalano problematiche lungo l'intero sviluppo delle reti.

Per i motivi sopra esposti come criterio progettuale si è valutata la possibilità di massimo riutilizzo delle stesse reti nell'ambito dello sviluppo urbanistico del PII previsto.

In questa fase, non potendo prevedere con certezza la configurazione finale delle funzioni presenti sul sito, sono comunque stati ipotizzati diversi scenari alternativi, ognuno caratterizzato dalla predominanza di specifiche funzioni sulle altre (Residenziale, Terziario, Culturale/Infrastrutturale, Produttivo) con valutazione dei relativi fabbisogni.

Per le verifiche di impatto si è considerato come scenario di riferimento quello proposto per il PII (col. C della tabella seguente), assumendolo a riferimento a seguito dei numerosi scenari alternativi analizzati e caratterizzati da un diverso rapporto tra le varie funzioni presenti sul sito (col. D ed E) pur mantenendo inalterata la somma totale prevista di slp (960.000).

Funzioni		Col. C	Col. D	Col. E
		Superfici complessive (scenario di riferimento indicativo PII)	Superfici complessive (scenario alternativo funzionale - Min)	Superfici complessive (scenario alternativo funzionale - Max)
		[m ²]	[m ²]	[m ²]
Funzioni private	TERZIARIO	305,000	215,000	350,000
	RESIDENZIALE	90,000	45,000	180,000
	COMMERCIALE	35,000	20,000	60,000
	RICETTIVO	15,000	10,000	30,000
	PRODUTTIVO	35,000	20,000	55,000
Funzioni pubbliche	HOUSING SOCIALE/ RESIDENZE PER STUDENTI	30,000	-	-
	ALTRI SERVIZI DI INTERESSE GENERALE	102,000	-	-
	CULTURALE/INTRATTENIMENTO	40,000	-	-
Ancore pubbliche	OSPEDALE GALEAZZI	86,000	-	-
	HUMAN TECHNOPOLE	35,000	-	-
	UNIVERSITA'	187,000	-	-
Totale Superfici		960,000.00	-	-

Tabella 1 – Funzioni previste PII - slp

Ogni scenario analizzato impatta ovviamente in modo diverso su ciascuna singola rete ma, rispetto allo scenario di riferimento utilizzato, le variazioni degli impatti sulle reti risultano non significative per cui si può sicuramente affermare che le verifiche ed i risultati riportati valgono in generale per qualsiasi scenario possibile nei *range* sopra riportati per le funzioni private.

Le reti esistenti, come meglio illustrato nei paragrafi successivi, hanno infatti una notevole capacità residua rispetto ai carichi previsti dal nuovo PII e quindi sono in grado di assorbire senza alcun problema eventuali variazioni, seppur contenute, dovute alla diversa composizione dei possibili futuri scenari garantendo quindi la massima flessibilità funzionale della rete.

A titolo di esempio, con riferimento alla fognatura nera e al condotto Ø500 mm di scarico finale del sito alla fognatura comunale, tra lo scenario di riferimento del PII e quello che massimizza la portata scaricata (parametro di riferimento per il dimensionamento della rete) si ha una variazione del massimo riempimento nella tubazione pari a 1,3 cm del tutto influente rispetto al dimensionamento e quindi al corretto funzionamento della rete.

Analogamente le stesse considerazioni valgono per le altre reti analizzate.

La verifica delle reti di acqua potabile, acque bianche, acque reflue e antincendio è stata sviluppata mediante l'utilizzo di avanzati modelli di simulazione idraulica, permettendo di schematizzare in modo dettagliato la rete analizzata utilizzando procedure che descrivono la realtà fisica di fenomeni idraulici consentendo quindi una analisi approfondita anche in presenza di condizioni della rete particolarmente complesse.

Di seguito si riportano le verifiche ed i risultati dello studio effettuato suddivisi per ciascuna rete.

2. RETE ACQUA POTABILE

2.1 Premessa

La seguente sezione tratta le analisi effettuate sulla rete di acqua potabile finalizzate a verificare la capacità del sistema di soddisfare le future utenze previste dal nuovo Masterplan.

In particolare, l'obiettivo delle seguenti analisi è quello di avanzare soluzioni progettuali atte a potenziare e/o adeguare la rete di acquedotto esistente garantendo adeguate pressioni fino ad ogni punto di recapito.

Il problema di progetto in esame prevede una serie di adeguamenti topologici e potenziamenti mantenendo il più possibile inalterata la rete principale esistente compatibilmente con le pressioni minime richieste per garantire l'erogazione del servizio.

Il processo di simulazione della rete è stato effettuato considerando diversi scenari di pressione in ingresso in rete, tenendo conto delle effettive capacità funzionali degli organi di sollevamento attualmente in esercizio.

Lo strumento informatico adottato è il software di modellazione idraulica Infoworks WS Pro, ultima release del software prodotto dalla Innovyze, leader mondiale nel campo della modellazione numerica di acquedotti e fognatura.

2.2 Caratteristiche della rete esistente

La rete di acqua potabile è caratterizzata da uno schema topologico prettamente ramificato, caratterizzato da una condotta principale DN300 che attraversa l'intero Decumano e da cui dipartono le condotte secondarie e distributrici a servizio delle zone estreme. La condotta principale è a sua volta servita da una condotta di alimentazione che immette in rete le portate sollevate dalla stazione di pompaggio.

Si riporta di seguito lo schema del sistema dell'impianto acqua potabile in funzione durante Expo.

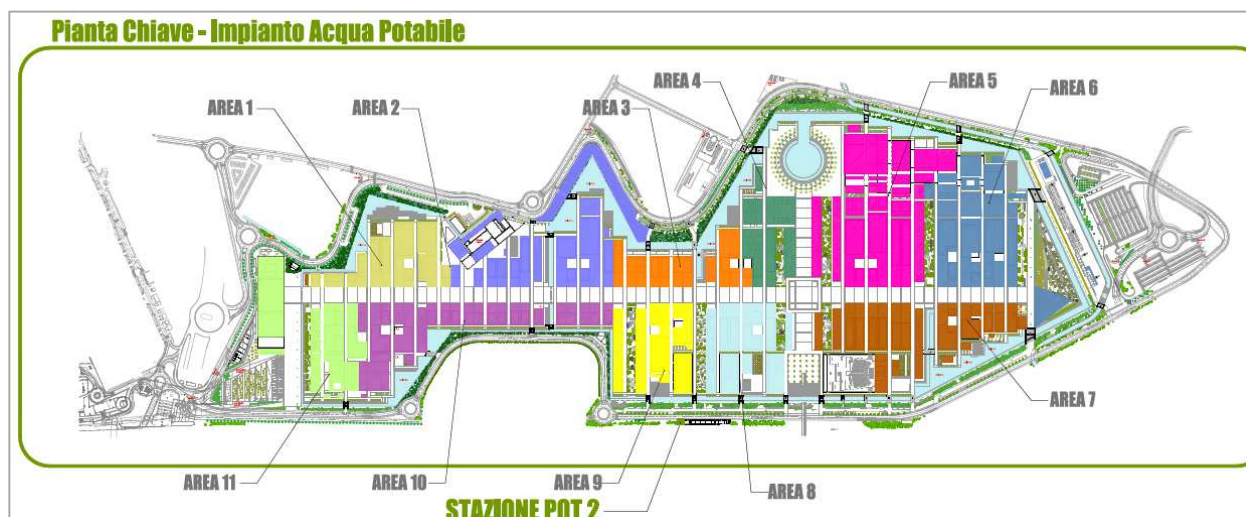


Figura 2 Schema impianto acqua potabile Expo

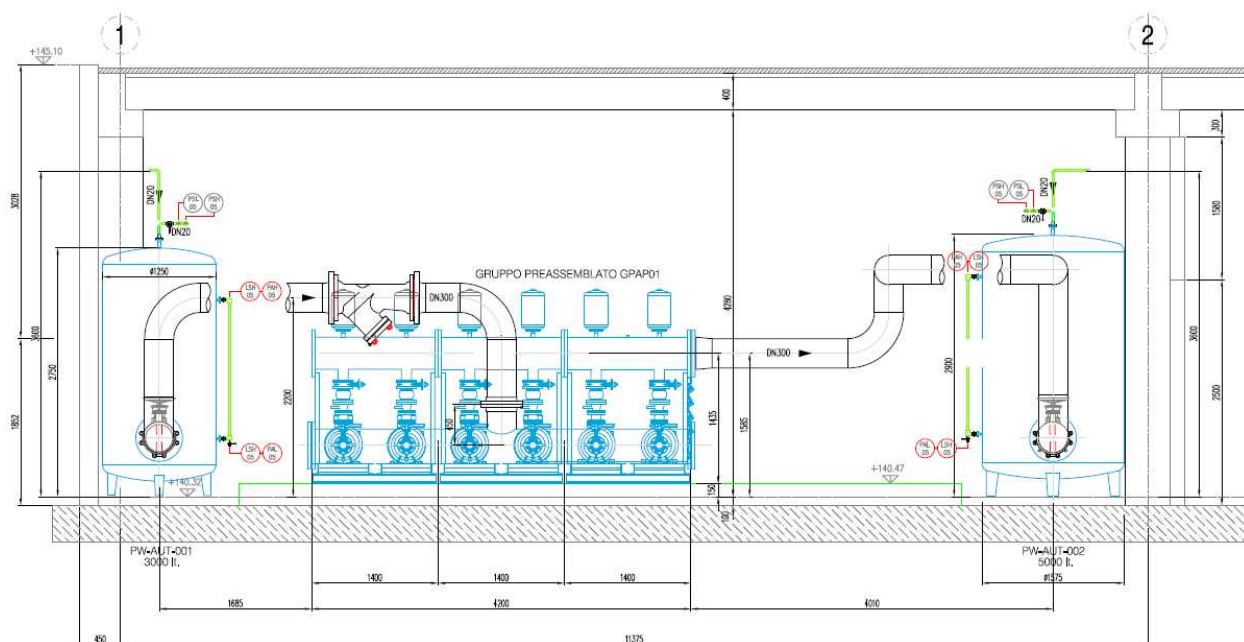


Figura 4 sezione stazione esistente POT 2

All'interno del sito è presente anche una rete dedicata, durante l'evento EXPO, alle acque sanitarie, in particolare per lo scarico dei wc.

Per il calcolo idraulico, si è ipotizzato, a favore di sicurezza, di utilizzare un'unica rete (rete acque potabile) per l'approvvigionamento del sito sia per acqua potabile sia per acqua sanitaria in modo da massimizzare il carico sulla rete.

Se nel sito verrà mantenuto invece l'attuale assetto con rete duale, di fatto la rete acque potabile sarà sgravata della parte sanitaria risultando quindi verificata. In questo caso, mentre l'approvvigionamento idrico per acqua potabile avverrà tramite l'attuale allaccio all'acquedotto comunale utilizzato durante l'EXPO, per quanto riguarda l'acqua igienico-sanitaria e usi diversi saranno riutilizzate le disponibilità già presenti sul sito (acqua da pozzo e da canale perimetrale).

2.3 Fabbisogno idrico

2.3.1 Premessa

Il Sito presenta una buona disponibilità di acqua sia dalla falda sia dal Canale perimetrale esistente, già utilizzata durante Expo 2015, per usi diversi tra cui: acqua sanitaria, acqua per l'irrigazione e l'alimentazione della rete antincendio, acqua per lo scambio termico per la climatizzazione degli edifici.

Il programma di intervento si pone come obiettivo specifico la tutela della risorsa idrica: verranno adottati criteri progettuali finalizzati alla minimizzazione dei consumi idrici e al riciclo delle acque reflue e meteoriche sia all'interno degli stessi edifici sia per scopi di annaffiamento aree verdi.

Verrà tutelata la disponibilità e l'equilibrio idrogeologico delle risorse idriche al fine di non pregiudicare il sistema idrico superficiale e sotterraneo nel suo complesso.

Per quanto concerne il fabbisogno idrico del sito, lo sviluppo futuro non potrà prescindere dalle opere di infrastrutturazione oggi già presenti che verranno pertanto riutilizzate e, solo se necessario, adeguate in ragione delle funzioni previste per ciascun ambito di attuazione.

Di seguito viene proposta una stima parametrica del fabbisogno idrico (litri/giorno) relativo delle utenze/abitanti previsti in via preliminare dal piano di rigenerazione urbana.

È stato necessario quindi quantificare il numero degli abitanti equivalenti per determinare i fabbisogni idrici (e i conseguenti scarichi). Tale quantificazione è sviluppata sia in base alle informazioni disponibili circa gli insediamenti in avanzato stato progettuale (IRCCS Galeazzi, Campus Università Studi Milano, Polo di ricerca scientifica Human Technopole) sia in funzione dei metri quadri di slp disponibili per ciascun tipo di destinazione previste.

2.3.2 Dotazioni idriche

Per quanto riguarda i fabbisogni idrici, si sono utilizzati i criteri utilizzati in Regione Lombardia a supporto del PTUA (Piano di Tutela e Uso delle acque) per ciascun tipo di destinazione d'uso, utilizzando i parametri maggiormente conservativi, con particolare riferimento alle "Direttive in ordine alla programmazione e progettazione dei sistemi di acquedotto".

Il fabbisogno potabile e sanitario è stato calcolato per la popolazione residente sulla base della dotazione idrica di riferimento, pari alla dotazione idrica di base (200 l/ab.d) incrementata del fabbisogno base per l'incidenza dei consumi urbani e collettivi, secondo la seguente tabella:

<i>Classe demografica (riferita agli abitanti residenti)</i>	<i>Dotazione (l/ab.d)</i>
< 5.000	60
5.000 - 10.000	80
10.000 - 50.000	100
50.000 - 100.000	120
> 100.000	140

Figura 5 Incremento Dotazione di base in funzione della classe demografica (fonte PTUA)

Di conseguenza la Dotazione utilizzata per la popolazione residente risulta pari a 340 l/ab.d; per quanto riguarda la dotazione degli addetti dei futuri insediamenti commerciali e/o ad uso uffici, si sono utilizzati, in particolare:

d. popolazione senza pernottamento, compresi gli addetti ad attività lavorative:	80 l/ab.d
e. addetti dei futuri insediamenti ad uso lavorativo:	20 mc/d.ha

Figura 6 Dotazione idrica per addetti ad attività lavorative (fonte PTUA)

Sono inoltre stati adottati valori consueti di letteratura per gli insediamenti ricettivi (dotazione pari a 150 l/giorno per posto letto), per gli insediamenti ospedalieri (dotazione pari a 800 l/giorno per posto letto), e per gli insediamenti di tipo industriale/artigianale (dotazione pari a 100 l/giorno per addetto).

Per quanto riguarda la popolazione residente, si assume infine un coefficiente moltiplicativo C24 pari a 1,25 per tenere in considerazione dei fabbisogni del giorno di massimo consumo, secondo quanto indicato nella tabella seguente.

<i>Classe demografica ²</i>	<i>C24</i>
< 50.000	1,50
50.000-100.000	1,40
100.000-300.000	1,30
> 300.000	1,25

Figura 7 Coefficiente C24 giorno massimo consumo (fonte PTUA)

2.3.3 Stima degli abitanti equivalenti e calcolo del fabbisogno idrico

La stima della popolazione a partire dalla superficie SLP o superficie complessiva, è stata effettuata con stime di dettaglio con suddivisione tra addetti, visitatori e residenti per ciascuna funzione prevista all'interno dell'area.

Sulla base dei precedenti criteri, di seguito si riporta la tabella riassuntiva del calcolo degli Abitanti Equivalenti e del conseguente fabbisogno idrico.

Funzione	Superficie	Popolazione giornaliera					Abitanti Equivalenti	
	SLP (sqm)	Addetti	Visitatori	Residenti	Posti letto	Totale	Residenti + posti letto strutture osp./ricettive	Addetti, studenti, popolazione senza pernottamento
		(a)	(b)	(c)	(d)	a+b+c+d	c+d	a+b
RESIDENZIALE	90,000	61	303	3,791	0	4,155	3791	364
HOUSING SOCIALE/STUDENTI	30,000	15	76	757	0	847	757	91
TERZIARIO - Grade A Office	275,000	14,740	1,843	0	0	16,583	0	16583
TERZIARIO - Co-Working and Incubators	30,000	1,610	201	0	0	1,812	0	1812
COMMERCIALE	35,000	1,448	6,300	0	0	7,748	0	7748
PRODUTTIVO	35,000	1,257	42	0	0	1,299	0	1299
RICETTIVO	15,000	151	0	0	377	527	377	151
CULTURALE/INTRATTENIMENTO	70,000	840	8,403	0	0	9,243	0	9243
Totale	580,000	20,122	17,167	4,548	377	42,214	4,924	37,290
Università statale	187,000	1,924	12,151	0	0	14,074	0	14074
Human Technopole	35,000	1,514	100	0	0	1,614	0	1614
Struttura Sanitaria	86,000		8,000	0	600	8,000	600	8000
Altre funzioni pubbliche	72,000	-	-	0	0	-	0	0
Totale	380,000	3,438	20,251	0	600	23,688	600	23,688
TOTALE COMPLESSIVO	960,000	23,560	37,418	4,548	977	65,903	5,524	60,978

Figura 8 Stima abitanti equivalenti

Con riferimento all'Università Statale, il numero di visitatori (studenti) indicato in tabella rappresenta il numero degli studenti presenti contemporaneamente nel Campus, non il totale degli iscritti che in futuro dovrebbe attestarsi a circa 20.000 unità. Il valore riportato è in linea con le stesse previsioni dell'Università (sfr. "Requisiti di progetto del Campus Statale in Expo2015", dove nel paragrafo inerente all'analisi degli utenti si indicano 12.000-13.000 studenti al giorno presenti nel campus e circa 2.312 addetti da contratto).

Per quanto riguarda il Polo di ricerca scientifica Human Technopole è prevista una dotazione idrica pari a circa 10.000 mc/mese.

Funzione	Superficie	Dotazione idrica		Fabbisogno idrico				
	SLP (sqm)	Residenti + posti letto strutture osp./ricettive	Addetti, studenti, popolazione senza pernottamento	Residenti + posti letto strutture osp./ricettive	Addetti, studenti, popolazione senza pernottamento	Totale	Totale giorno max consumo	fabb idrico max consumo
		l/ab*giorno	l/ab*giorno	mc/giorno	mc/giorno	mc/giorno	mc/giorno	l/s
RESIDENZIALE	90,000	340	80	1289	29	1,318	1,640	19.0
HOUSING SOCIALE/STUDENTI	30,000	340	80	257	7	264	329	3.8
TERZIARIO - Grade A Office	275,000	-	80	-	1,327	1,327	1,327	15.4
TERZIARIO - Co-Working and Incubators	30,000	-	80	-	145	145	145	1.7
COMMERCIALE	35,000	-	80	-	620	620	620	7.2
PRODUTTIVO	35,000	-	100	-	130	130	130	1.5
RICETTIVO	15,000	150	80	57	12	69	83	1.0
CULTURALE/INTRATTENIMENTO	70,000	-	80	-	739	739	739	8.6
Totale	580,000			1,603	3,009	4,612	5,013	58.0
Università statale	187,000	-	80	-	1126	1126	1126	13.0
Human Technopole	35,000	-	dato fornito da HT	-	330	330	330	3.8
Struttura Sanitaria	86,000	800	80	480	640	1120	1240	14.4
Altre funzioni pubbliche	72,000	-	-	-	-	-	-	-
Totale	380,000			480	2,096	2,576	2,696	31.2
TOTALE COMPLESSIVO	960,000			2,083	5,105	7,188	7,709	89.2

Figura 9 tabella riepilogativa Fabbisogno idrico

L'approvvigionamento idrico per acqua potabile avverrà tramite l'attuale allaccio all'acquedotto comunale utilizzato durante l'EXPO, mentre per quanto riguarda l'acqua per usi diversi saranno riutilizzate le disponibilità già presenti sul sito (acqua da pozzo e da canale perimetrale).

La successiva fase di verifica ha riguardato l'analisi funzionale della rete di distribuzione dell'acqua potabile presente sul sito, utilizzata a suo tempo durante l'evento EXPO, in modo da poter verificare l'adeguatezza della stessa ed individuare eventuali interventi di adeguamento funzionale.

È risultato quindi indispensabile definire per ciascun lotto di intervento previsto la dotazione idrica richiesta; lo schema seguente individua con relativo codice i lotti previsti dal Masterplan.

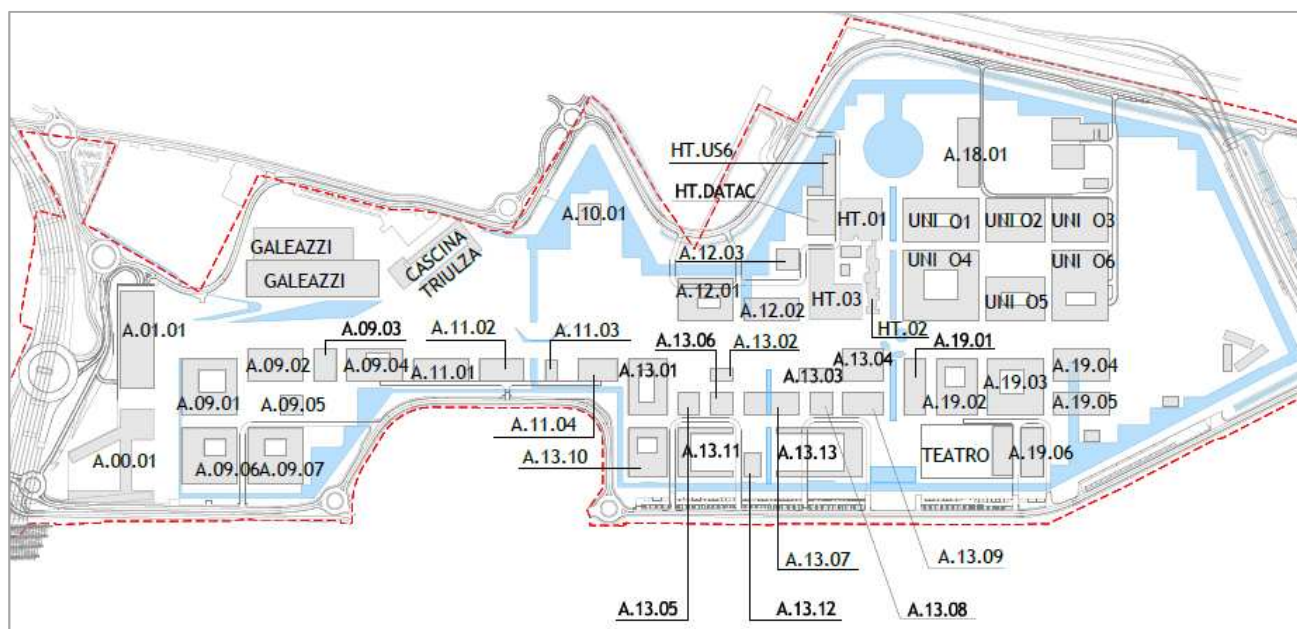


Figura 10 schema planimetrico con indicazione codice lotti

Di seguito sono riportate le tabelle di dettaglio degli abitanti equivalenti e delle relative dotazioni idriche calcolate per ciascun "lotto", assunte per la verifica funzionale della rete di acqua potabile. Le tabelle si riferiscono al dettaglio del solo sviluppo privato, mentre per il polo Universitario, il polo di ricerca scientifica Human Technopole e il polo Ospedaliero valgono i valori già indicati nelle precedenti tabelle (figura 8 per la stima degli abitanti equivalenti e figura 9 per il calcolo del fabbisogno idrico).

ABITANTI EQUIVALENTI	A00.01 AE	A01.1 AE	A09.01 AE	A09.02 AE	A09.03 AE	A09.04 AE	A09.05 AE	A09.06 AE	A09.07 AE	A11.01 AE	A11.02 AE	A11.03 AE	A11.04 AE
Terziario - Grade A Office	1521	0	1834	0	1224	0	0	3064	1529	0	0	0	0
Terziario - Co-Working and Incubators	0	0	0	207	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Residenziale	0	0	0	0	0	481	0	0	0	854	651	0	605
Student/Social housing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Commerciale	369	221	236	367	121	92	52	433	262	157	91	59	124
Ricettivo	0	0	0	317	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Culturale/Svago	356	482	0	414	272	780	271	0	0	0	0	936	0
Industriale	0	0	0	0	0	0	0	0	341	0	0	0	0
Totale AE	2,246	704	2,070	1,306	1,617	1,352	322	3,497	2,132	1,012	742	995	729
ABITANTI EQUIVALENTI	A12.01 AE	A12.02 AE	A12.03 AE	A13.01 AE	A13.02 AE	A13.03 AE	A13.04 AE	A13.05 AE	A13.06 AE	A13.07 AE	A13.08 AE	A13.09 AE	A13.10 AE
Terziario - Grade A Office	0	961	0	0	0	0	940	0	0	0	0	0	0
Terziario - Co-Working and Incubators	0	346	0	474	0	0	194	0	0	0	0	357	0
Residenziale	907	0	0	0	178	0	0	237	242	0	0	0	0
Student/Social housing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	366
Commerciale	236	149	236	236	118	118	177	105	105	389	105	155	183
Ricettivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Culturale/Svago	0	0	0	1147	63	570	0	0	0	754	666	0	0
Industriale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	152	0
Totale AE	1,144	1,456	236	1,857	359	688	1,311	342	347	1,143	771	664	549
ABITANTI EQUIVALENTI	A13.11 AE	A13.12 AE	A13.13 AE	A18.01 AE	A19.01 AE	A19.02 AE	A19.03 AE	A19.04 AE	A19.05 AE	A19.06 AE	Dc/Crdo AE	A.10.01 AE	Totale AE
Terziario - Grade A Office	0	0	1812	0	905	0	1538	1253	0	0	0	0	16,583
Terziario - Co-Working and Incubators	0	0	0	0	0	0	0	233	0	0	0	0	1,812
Residenziale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,155
Student/Social housing	240	0	0	0	0	242	0	0	0	0	0	0	847
Commerciale	203	84	718	389	183	228	168	177	119	0	584	0	7,749
Ricettivo	0	0	0	0	0	210	0	0	0	0	0	0	527
Culturale/Svago	0	288	391	1016	0	0	0	0	459	0	264	112	9,243
Industriale	266	0	0	0	264	0	0	0	276	0	0	0	1,299
Totale AE	709	371	2,921	1,406	1,353	680	1,706	1,663	854	0	848	112	42,214

Figura 11 dettaglio calcolo abitanti equivalenti – sviluppo privato

DOTAZIONE IDRICA	A00.01 mc/giorno	A01.1 mc/giorno	A09.01 mc/giorno	A09.02 mc/giorno	A09.03 mc/giorno	A09.04 mc/giorno	A09.05 mc/giorno	A09.06 mc/giorno	A09.07 mc/giorno	A11.01 mc/giorno	A11.02 mc/giorno	A11.03 mc/giorno	A11.04 mc/giorno
Terziario - Grade A Office	122	0	147	0	98	0	0	245	122	0	0	0	0
Terziario - Co-Working and Incubators	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Residenziale	0	0	0	0	0	190	0	0	0	337	257	0	239
Student/Social housing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Commerciale	30	18	19	29	10	7	4	35	21	13	7	5	10
Ricettivo	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Culturale/Svago	28	39	0	33	22	62	22	0	0	0	0	75	0
Industriale	0	0	0	0	0	0	0	0	34	0	0	0	0
Totale mc/giorno	180	56	166	129	129	260	26	280	177	350	264	80	249
DOTAZIONE IDRICA	A12.01 mc/giorno	A12.02 mc/giorno	A12.03 mc/giorno	A13.01 mc/giorno	A13.02 mc/giorno	A13.03 mc/giorno	A13.04 mc/giorno	A13.05 mc/giorno	A13.06 mc/giorno	A13.07 mc/giorno	A13.08 mc/giorno	A13.09 mc/giorno	A13.10 mc/giorno
Terziario - Grade A Office	0	77	0	0	0	0	75	0	0	0	0	0	0
Terziario - Co-Working and Incubators	0	28	0	38	0	0	16	0	0	0	0	29	0
Residenziale	358	0	0	0	70	0	0	94	96	0	0	0	0
Student/Social housing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	142
Commerciale	19	12	19	19	9	9	14	8	8	31	8	12	15
Ricettivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Culturale/Svago	0	0	0	92	5	46	0	0	0	60	53	0	0
Industriale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0
Totale mc/giorno	377	116	19	149	85	55	105	102	104	91	62	56	157
DOTAZIONE IDRICA	A13.11 mc/giorno	A13.12 mc/giorno	A13.13 mc/giorno	A18.01 mc/giorno	A19.01 mc/giorno	A19.02 mc/giorno	A19.03 mc/giorno	A19.04 mc/giorno	A19.05 mc/giorno	A19.06 mc/giorno	Dc/Crdo mc/giorno	A.10.01 mc/giorno	Totale mc/giorno
Terziario - Grade A Office	0	0	145	0	72	0	123	100	0	0	0	0	1,327
Terziario - Co-Working and Incubators	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	145
Residenziale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,640
Student/Social housing	93	0	0	0	0	94	0	0	0	0	0	0	329
Commerciale	16	7	57	31	15	18	13	14	10	0	47	0	620
Ricettivo	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0	83
Culturale/Svago	0	23	31	81	0	0	0	0	37	0	21	9	739
Industriale	27	0	0	0	26	0	0	0	28	0	0	0	130
Totale mc/giorno	136	30	234	112	114	145	137	133	74	0	68	9	5,013

Figura 12 dettaglio calcolo dotazione idrica (mc/giorno) – sviluppo privato

Funzione	Superficie	Dotazione idrica		Fabbisogno idrico				
	SLP (sqm)	Residenti + posti letto strutture osp./ricettive	Addetti, studenti, popolazione senza pernottamento	Residenti + posti letto strutture osp./ricettive	Addetti, studenti, popolazione senza pernottamento	Totale	Totale giorno max consumo	fabb idrico max consumo
		l/ab*giorno	l/ab*giorno	mc/giorno	mc/giorno	mc/giorno	mc/giorno	l/s
RESIDENZIALE	90,000	340	80	1289	29	1,318	1,640	19.0
HOUSING SOCIALE/STUDENTI	30,000	340	80	257	7	264	329	3.8
TERZIARIO - Grade A Office	275,000	-	80	-	1,327	1,327	1,327	15.4
TERZIARIO - Co-Working and Incubators	30,000	-	80	-	145	145	145	1.7
COMMERCIALE	35,000	-	80	-	620	620	620	7.2
PRODUTTIVO	35,000	-	100	-	130	130	130	1.5
RICETTIVO	15,000	150	80	57	12	69	83	1.0
CULTURALE/INTRATTENIMENTO	70,000	-	80	-	739	739	739	8.6
Totale	580,000			1,603	3,009	4,612	5,013	58.0
Università statale	187,000	-	80	-	1126	1126	1126	13.0
Human Technopole	35,000	-	dato fornito da HT	-	330	330	330	3.8
Struttura Sanitaria	86,000	800	80	480	640	1120	1240	14.4
Altre funzioni pubbliche	72,000	-	-	-	-	-	-	-
Totale	380,000			480	2,096	2,576	2,696	31.2
TOTALE COMPLESSIVO	960,000			2,083	5,105	7,188	7,709	89.2

Figura 9 tabella riepilogativa Fabbisogno idrico

L'approvvigionamento idrico per acqua potabile avverrà tramite l'attuale allaccio all'acquedotto comunale utilizzato durante l'EXPO, mentre per quanto riguarda l'acqua per usi diversi saranno riutilizzate le disponibilità già presenti sul sito (acqua da pozzo e da canale perimetrale).

La successiva fase di verifica ha riguardato l'analisi funzionale della rete di distribuzione dell'acqua potabile presente sul sito, utilizzata a suo tempo durante l'evento EXPO, in modo da poter verificare l'adeguatezza della stessa ed individuare eventuali interventi di adeguamento funzionale.

È risultato quindi indispensabile definire per ciascun lotto di intervento previsto la dotazione idrica richiesta; lo schema seguente individua con relativo codice i lotti previsti dal Masterplan.

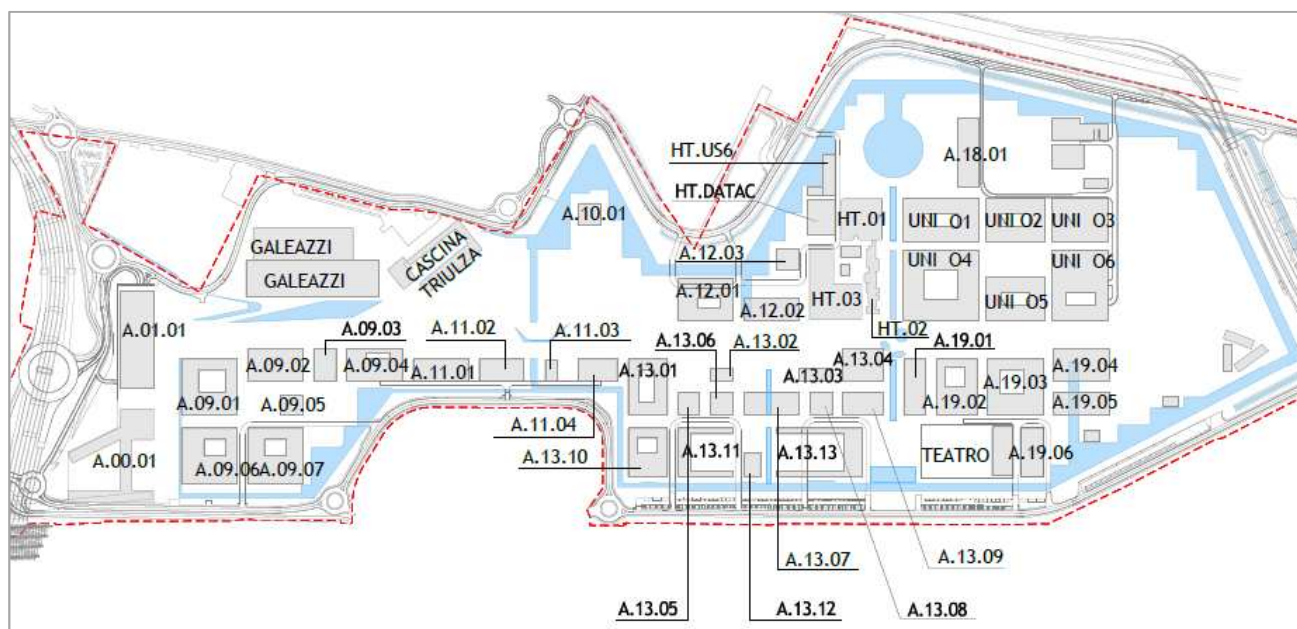


Figura 10 schema planimetrico con indicazione codice lotti

Di seguito sono riportate le tabelle di dettaglio degli abitanti equivalenti e delle relative dotazioni idriche calcolate per ciascun "lotto", assunte per la verifica funzionale della rete di acqua potabile. Le tabelle si riferiscono al dettaglio del solo sviluppo privato, mentre per il polo Universitario, il polo di ricerca scientifica Human Technopole e il polo Ospedaliero valgono i valori già indicati nelle precedenti tabelle (figura 8 per la stima degli abitanti equivalenti e figura 9 per il calcolo del fabbisogno idrico).

2.4 Descrizione dell'approccio alla modellazione idraulica

Generalmente, la modellazione idraulica delle reti può essere condotta attraverso due vie: l'analisi diretta e l'analisi inversa.

L'analisi diretta mira a risolvere il cosiddetto "problema diretto" e consiste nella determinazione dello "stato" del sistema, vale a dire portate nei tronchi e i carichi ai nodi. Nell'analisi diretta della rete, d'altra parte, è necessaria una preliminare parametrizzazione del modello. È opportuno, infatti, definire le scabrezze, i diametri, le lunghezze dei tronchi, la domanda e le eventuali condizioni operative di organi di sollevamento e regolazione.

Lo svantaggio dell'analisi diretta è legato alla difficile capacità di parametrizzare il modello, data l'incertezza inerente alla stima di ogni parametro. Per questo motivo nasce la necessità di risolvere il cosiddetto "problema inverso".

L'analisi inversa consiste nello stimare i parametri del modello sulla base di misure di portata e pressione in determinati punti della rete. In questo caso, gli input al modello non sono più rappresentati dai parametri, come avviene nel problema diretto, ma dai dati misurati in punti limitati della rete mentre i parametri stessi rappresentano le incognite del sistema.

L'analisi diretta è associata al concetto di *simulazione* della rete mentre l'analisi inversa al concetto di *calibrazione* del modello e, in quanto tale, necessita di opportune campagne di misura.

I concetti di analisi diretta e inversa sono validi sia per i cosiddetti problemi di verifica delle reti che di dimensionamento. La differenza consiste nella definizione della funzione obiettivo.

In questa sede, il problema di adeguamento e potenziamento della rete è affrontato mediante analisi diretta e consiste nel determinare il set di diametri incogniti tali da garantire una pressione adeguata in ogni punto di recapito finale.

L'insieme delle variabili incognite racchiude i diametri dei tratti in progetto (nuova realizzazione) e l'insieme dei diametri appartenenti alle tratte da potenziare.

La determinazione della soluzione ottimale è stata effettuata secondo un approccio *trial-and-error* che consiste nel *simulare* iterativamente il comportamento della rete fino al raggiungimento del valore obiettivo (*pressione > pressione minima di servizio*) in ogni nodo della rete.

Nelle analisi si è ipotizzata un'altezza massima delle utenze per i nuovi edifici da servire pari a circa di 30 metri (corrispondente in linea di massima agli edifici evidenziati in verde nell'estratto planimetrico seguente, che riporta le altezze previste per gli edifici) e una perdita di carico totale in rete di 15 metri; di conseguenza è stata fissata la pressione minima di esercizio pari a $30 + 15 = 45$ m.

Ovviamente si tratta di una ipotesi teorica ai fini del calcolo che sarà approfondita nelle successive fasi di sviluppo del PII, quando per tutti gli edifici (e in particolare quelli con altezze significative) saranno noti i dati di progetto di eventuali vasche di rilancio dotate dei necessari sistemi di pressurizzazione in funzione delle altezze da raggiungere.



Figura 13 estratto planimetrico con indicazione massime altezze edifici

Un ulteriore obiettivo da conseguire riguarda il contenimento delle velocità in condotta, generalmente da limitare tra 0.5 m/s e 2.5 m/s. Tale vincolo risulta, tuttavia, correlato al mantenimento delle caratteristiche organolettiche della risorsa e sugli effetti corrosivi sui materiali e pertanto meno stringente rispetto al valore di pressione minima da garantire.

Le simulazioni della rete sono state effettuate con l'ausilio del software Infoworks WS Pro di cui si riporta una descrizione.

2.4.1 *Modello matematico Infoworks WS*

Per poter analizzare in modo completo e puntuale la rete di acquedotto in esame, è necessario l'ausilio di un software di modellazione idraulica: in questa sede viene utilizzato INFOWORKS WS PRO distribuito dalla Innovyze.

Il software Infoworks è uno strumento informatico completo e dotato di algoritmi di calcolo sofisticati, basati su ipotesi di analisi idrauliche verificate sia a livello teorico in sedi universitarie, sia in numerose applicazioni pratiche in tutto il mondo.

Il pacchetto Infoworks appartiene alla categoria dei modelli di simulazione "distribuiti" e "fisicamente basati" permettendo la schematizzazione in modo dettagliato della rete utilizzando procedure che descrivono la realtà fisica di fenomeni idraulici.

In particolare, il software Infoworks Water System simula il funzionamento idraulico di reti di distribuzione in pressione attraverso la risoluzione iterativa delle equazioni che governano la fisica del problema (l'equazione di bilancio di massa e di continuità dell'energia).

Previo parametrizzazione del sistema, il software è in grado di effettuare analisi dirette della rete e dunque di determinare le perdite di carico lungo tutte le tubazioni con differenti formule di resistenza. Una di queste è la formula di Darcy-Weisbach:

$$\Delta H = H_j - H_i = \left\{ \lambda \frac{L}{D} + \sum \zeta \right\} \frac{|Q|Q}{2gA^2}$$

Dove:

λ	Coefficiente di scabrezza
L	Lunghezza della condotta tra due nodi
D	Diametro interno della tubazione
Q	Portata transitante
ζ	Perdita localizzata
A	Area della sezione della tubazione

Attraverso il coscienzioso inserimento dei dati geometrici e di funzionamento della rete è possibile calcolare in ogni punto della rete in esame, le portate e le pressioni utili al fine indicato.

2.4.2 Schematizzazione della rete idrica e costruzione del modello

La simulazione idraulica ha inizio con l'inserimento del reticolo di distribuzione e delle seguenti caratteristiche:

- Lunghezze e diametri delle tubazioni
- Materiale delle tubazioni (scabrezza)
- Caratteristiche dei pozzi e delle stazioni di sollevamento
- Caratteristiche degli eventuali serbatoi di accumulo
- Diametri e posizione delle valvole
- Idranti

Il software ha la capacità di leggere i dati digitalizzati in diversi formati, ricostruendo le tabelle relative alle caratteristiche di ogni elemento di rete. L'interfaccia tabellare permette, inoltre, di esportare, modificare e re-importare dati da fogli di calcolo Excel in maniera immediata.

2.4.3 Modalità di costruzione della domanda

Il software Infoworks WS pone particolare attenzione alla costruzione della domanda mettendo a disposizione particolari procedure utili soprattutto per i problemi di calibrazione della rete.

Benché nel caso in esame la costruzione della domanda risulta particolarmente semplificata (dotazioni di progetto), il programma consente la costruzione della domanda associando ad ogni utenza le coordinate Gauss-Boaga del rispettivo contatore, se disponibili, in modo tale da poter garantire una corretta aggregazione spaziale dei punti di prelievo.

Il software Infoworks WS è in grado di leggere anche le portate immesse in rete da dati misurati, i confini della rete e la domanda media annua ricavata dai dati di fatturazione. Attraverso questi dati ed in base all'analisi del minimo notturno sui consumi di tipo "domestico" (in realtà tutti quei consumi che tendono fortemente ad affievolirsi durante il periodo compreso tra le 02:00 e le 04:00 del mattino) è possibile stabilire la variazione percentuale della domanda rispetto al valore medio totale.

L'importazione dei dati di consumo avviene mediante un'interfaccia grafica ben aderente ai formati di dati contenenti le fatturazioni e i relativi consumi medi per ogni utente e tipologia di utenza. In particolare, è possibile assegnare ad ogni utenza un proprio pattern di domanda, associato alla rispettiva tipologia di contratto, discretizzando spazialmente i consumi in maniera molto precisa.

Ad esempio, le approssimazioni delle utenze industriali ed irrigue sono necessarie per poter quantificare portate difficilmente discretizzabili nel tempo, e per meglio ottimizzare il consumo di agglomerati con insediamenti omogenei (come per quanto concerne le aree commerciali).

Dall'analisi dei consumi ed il "riprofilamento" della domanda di tipo domestico, è possibile modellare le diverse tipologie di consumo volontario, aggregate temporalmente e spazialmente, nonché la perdita distribuita a livello di distretto.

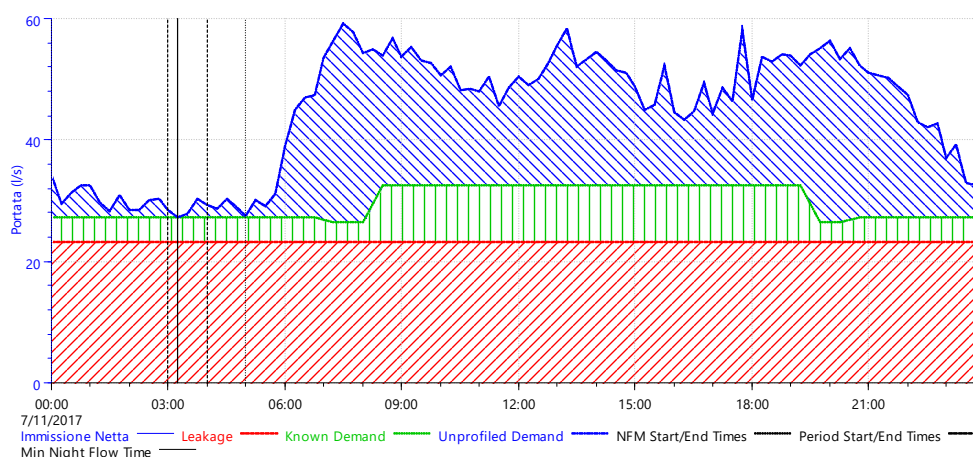


Figura 14 – Esempio di curva di domanda costruita in ambiente Infoworks WS
(blu: consumo domestico; verde: consumo di tipo industriale; rosso: perdita distribuita).

Tale semplificazione risulta necessaria data l'impossibilità di conoscere a priori le aree di maggior perdita e, anche laddove si hanno dati certi, non è possibile quantificarle in modo corretto se non con analisi più approfondite e specifiche.

Per la rete in esame, l'analisi sui fabbisogni idrici al §2.3 ha restituito i valori di domanda corrispondenti all'istante di massimo consumo e riportati nella tabella seguente.

ID Utenza	D _{media} (l/s)	ID Utenza	D _{media} (l/s)	ID Utenza	D _{media} (l/s)
A.00.01	2.05	A.13.05	1.17	HT.03	1.65
A.01.01	0.63	A.13.06	1.19	HT.DATAC (HT.04)	0.19
A.09.01	1.9	A.13.07	1.02	HT.US6	0
A.09.02	1.46	A.13.08	0.7	UNIMI.01	2.12
A.09.03	1.49	A.13.09	0.64	UNIMI.02	1.66
A.09.04	3	A.13.10	1.79	UNIMI.03	1.57
A.09.05	0.29	A.13.11	1.55	UNIMI.04	3.48
A.09.06	3.2	A.13.12	0.34	UNIMI.05	1.66
A.09.07	2.03	A.13.13	2.64	UNIMI.06	2.54
A.10.01	0.1	A.18.01	1.27		
A.11.01	4.03	A.19.01	1.3		
A.11.02	3.05	A.19.02	1.66		
A.11.03	0.92	A.19.03	1.56		
A.11.04	2.87	A.19.04	1.52		
A.12.01	4.34	A.19.05	0.84		
A.12.02	1.33	A.19.06	0		
A.12.03	0.2	Cardo/Decumano	0.73		
A.13.01	1.7	CASCINA TRIULZA	0		
A.13.02	0.97	GALEAZZI	14.4		
A.13.03	0.63	HT.01	1.56		
A.13.04	1.2	HT.02	0.42		

Tabella 2 - Domande di punta per le singole utenze ottenute dall'analisi del fabbisogno idrico.

Tali valori sono inseriti all'interno del modello come consumi di tipo *average* secondo la notazione Infoworks utilizzata per descrivere il consumo effettivo medio associato ad ogni punto di utenza. Operando con valori medi di punta, nel seguente problema di progetto, il diagramma di domanda associato ad ogni utenza risulterà di tipo costante definendo così un time step di calcolo di tipo istantaneo.

2.4.4 Modalità di simulazione degli impianti

Una delle caratteristiche principali di Infoworks WS è la sua capacità di riprodurre fedelmente il comportamento dei singoli elementi costituenti un impianto di alimentazione e di una vasta gamma di organi di regolazione.

Per quanto riguarda gli impianti di alimentazione, Infoworks WS permette di modellare il funzionamento di:

- **Serbatoi**, elementi puntuali che rappresentano accumuli in rete. I serbatoi vengono controllati assegnando un livello iniziale e attraverso parametri avanzati di controllo.
- **Pozzi**, elementi puntuali che rappresentano emungimenti seguendo la naturale variazione del livello di falda (depressione in fase di emungimento e viceversa).
- **Stazioni di sollevamento**, elementi lineari che possono rappresentare una o più pompe in parallelo. All'interno di questi elementi possono essere inseriti tutti i dettagli relativi agli automatismi d'impianto (livelli o agende di accensione e spegnimento) a seconda del modo di funzionamento.

Infoworks WS dà inoltre la possibilità di sostituire l'insieme di elementi costituenti un "impianto" con nodi fittizi equivalenti, vale a dire:

- **Piezometriche**, rappresentano punti della rete da cui avviene un prelievo di acqua e di cui si conosce il livello, fisso o variabile nel tempo. Con un elemento piezometrica Infoworks ipotizza una sorgente a capacità illimitata. Il livello della piezometrica non dipende quindi dalla portata estratta ma solo dalla variazione di livello del punto di prelievo.

- **Nodi di trasferimento**, rappresentano punti della rete in cui si conosce (perché misurata) una portata in ingresso o in uscita, costante o variabile nel tempo. Talvolta si utilizza per rappresentare una condizione al contorno che sta al limite del modello come ad esempio una connessione intercomunale.

2.5 Il modello Infoworks WS della rete

Il modello Infoworks WS della rete di acqua potabile è caratterizzato da elementi nodi (intersezioni di due o più tratti) e tronchi rappresentanti le tubazioni.

In assenza di dati caratterizzanti i singoli elementi d'impianto, il sistema di alimentazione è modellato attraverso un elemento *piezometrica* sulla base della conoscenza delle caratteristiche tecniche di prevalenza statica delle pompe. La rete risulta pertanto pressurizzata con un carico costante di circa 700 kPa corrispondenti quindi a circa 72 m in colonna d'acqua.

La rete presenta caratteristiche altimetriche uniformi; ogni nodo interno è situato a quota 138 m s.l.m. mentre il nodo di immissione è situato a quota 168 m s.l.m.

Le tubazioni sono interrate e sono state ipotizzate ad una profondità media di circa 2 m dal piano campagna e sono caratterizzate da materiale plastico (PEAD) con coefficiente di scabrezza di Hazen-Williams imposto pari a 130.

Per quanto riguarda la domanda, le analisi sul fabbisogno idrico hanno restituito i valori di domanda di progetto, riportati in Tabella 2, già maggiorati di un coefficiente di punta pari a 1.25.

I diametri noti sono stati inseriti nel modello come input sulla base delle condizioni di stato di fatto attuale lasciando incogniti i diametri dei tratti di rete di nuova realizzazione e di potenziamento.

La durata della simulazione, come accennato, è dettata dal passo temporale di discretizzazione della domanda e pertanto, operando con valori medi, la simulazione risulta istantanea.

L'inserimento di un elemento piezometrica sostitutivo dell'impianto ha permesso inoltre di analizzare la soluzione progettuale adottata per differenti scenari di pressurizzazione della rete.

A tal proposito sono state condotte diverse simulazioni per livelli variabili del carico in ingresso rispetto ai 700 kPa (denominate con lettere alfabetiche dalla A alla D) in modo tale da mettere in risalto le zone di rete più sensibili alle variazioni di pressione. C'è da sottolineare che tale analisi è da considerarsi preliminare e conoscitiva della rete in quanto, per un maggior grado di approfondimento, è necessaria una conoscenza dettagliata dello schema d'impianto e dei suoi automatismi.

Per una maggior comprensione degli interventi proposti, si riporta nella figura seguente la planimetria della rete nello stato di fatto.

In aggiunta, è stata condotta un'analisi alla rottura effettuando Nt simulazioni (con Nt numero di tronchi della rete) in cui si suppone che venga chiuso un tratto di rete alla volta, simulando Nt situazioni di fallanza. Tale analisi, legata al concetto di *resilienza* della rete è discussa nel paragrafo successivo ed è stata effettuata in Infoworks WS attraverso una *Critical Link Analysis*.



Figura 15 – Planimetria di stato di fatto della rete.

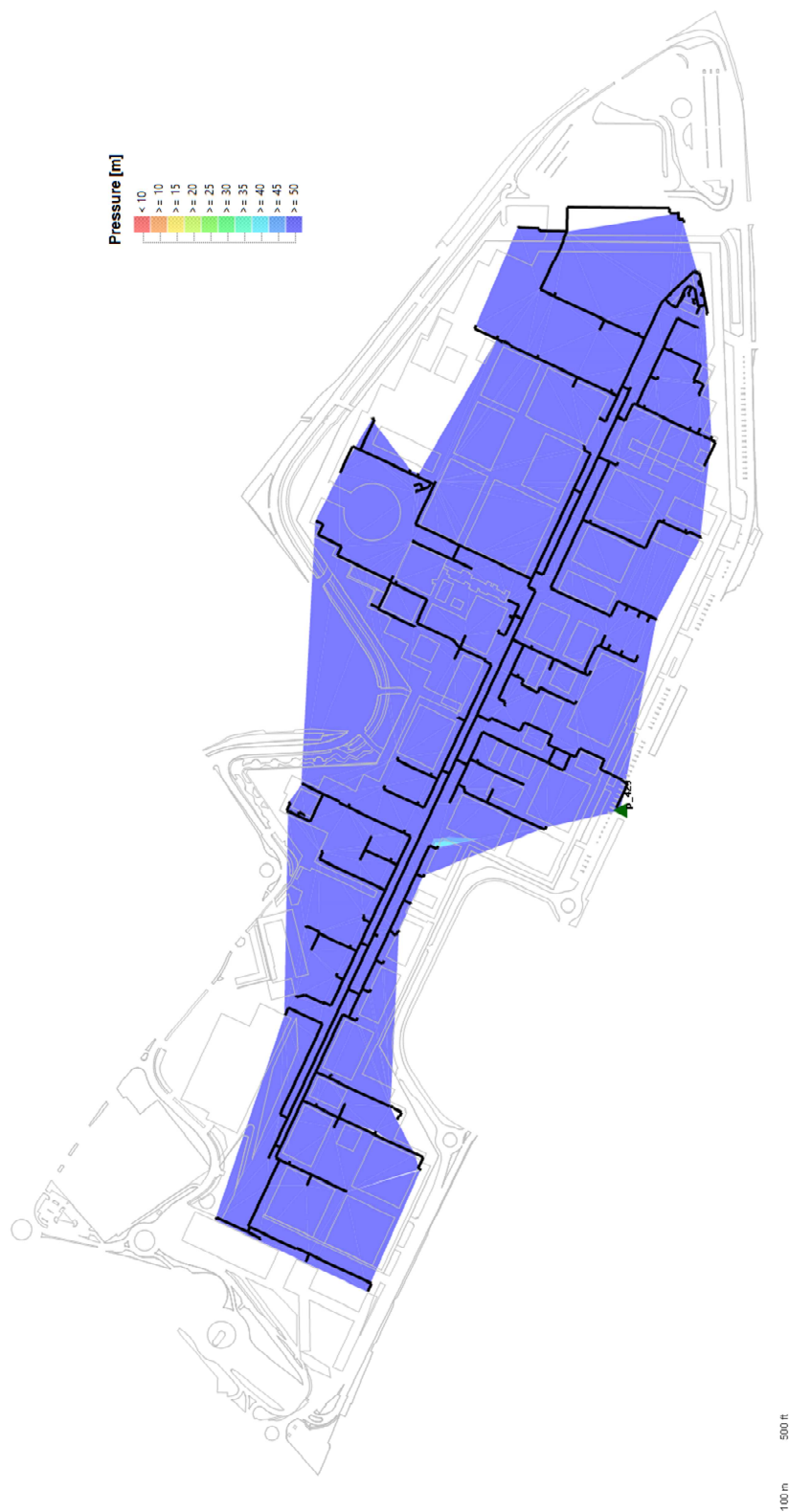
2.6 Analisi funzionale della rete a seguito dell'attuazione del PII

2.6.1 Risultati delle analisi

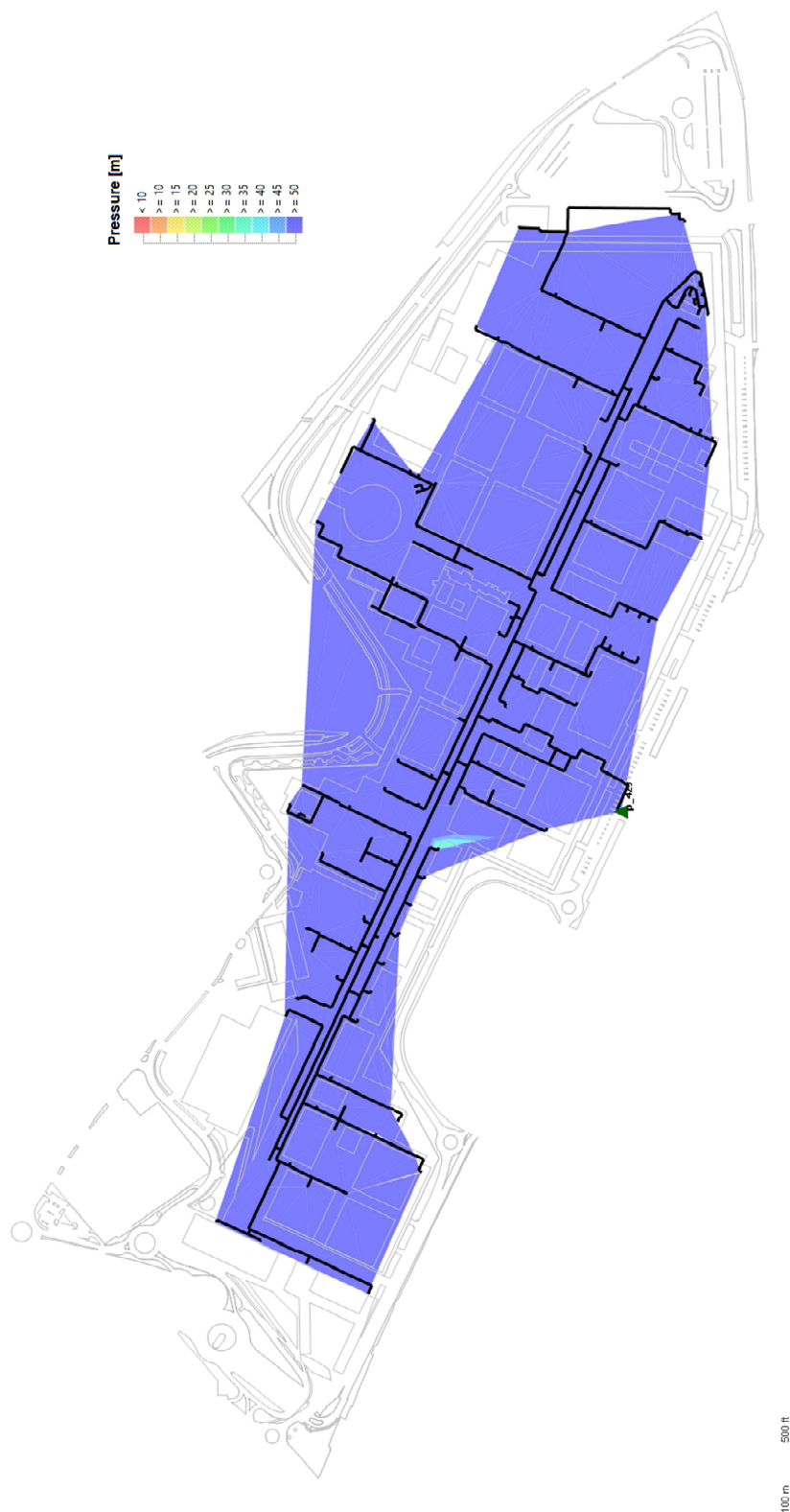
I risultati delle analisi sono riportati nelle pagine seguenti, in particolare:

- EL 1** Planimetria della rete e campi di pressione per la soluzione progettuale adottata
 - 1a** Pressurizzazione di livello A (700 kPa)
 - 1b** Pressurizzazione di livello B (676 kPa)
 - 1c** Pressurizzazione di livello C (520 kPa)
 - 1d** Pressurizzazione di livello D (362 kPa)
- EL 2** Planimetria della rete e distribuzione delle velocità in condotta per la soluzione progettuale adottata (P = 700 kPa)
- EL 3** Tabulati di calcolo delle variabili in output ai nodi della rete (P = 700 kPa)
- EL 4** Tabulati di calcolo delle variabili in output ai tronchi della rete (P = 700 kPa) (*)
- EL 5** Tabulati di calcolo delle pressioni calcolate in corrispondenza dei punti di utenza (P = 700 kPa)
- EL 6** Tabulati di calcolo relativi alla Critical Link Analysis
- EL 7** Planimetria della rete – ID nodi
- EL 8** Planimetria della rete – ID tronchi

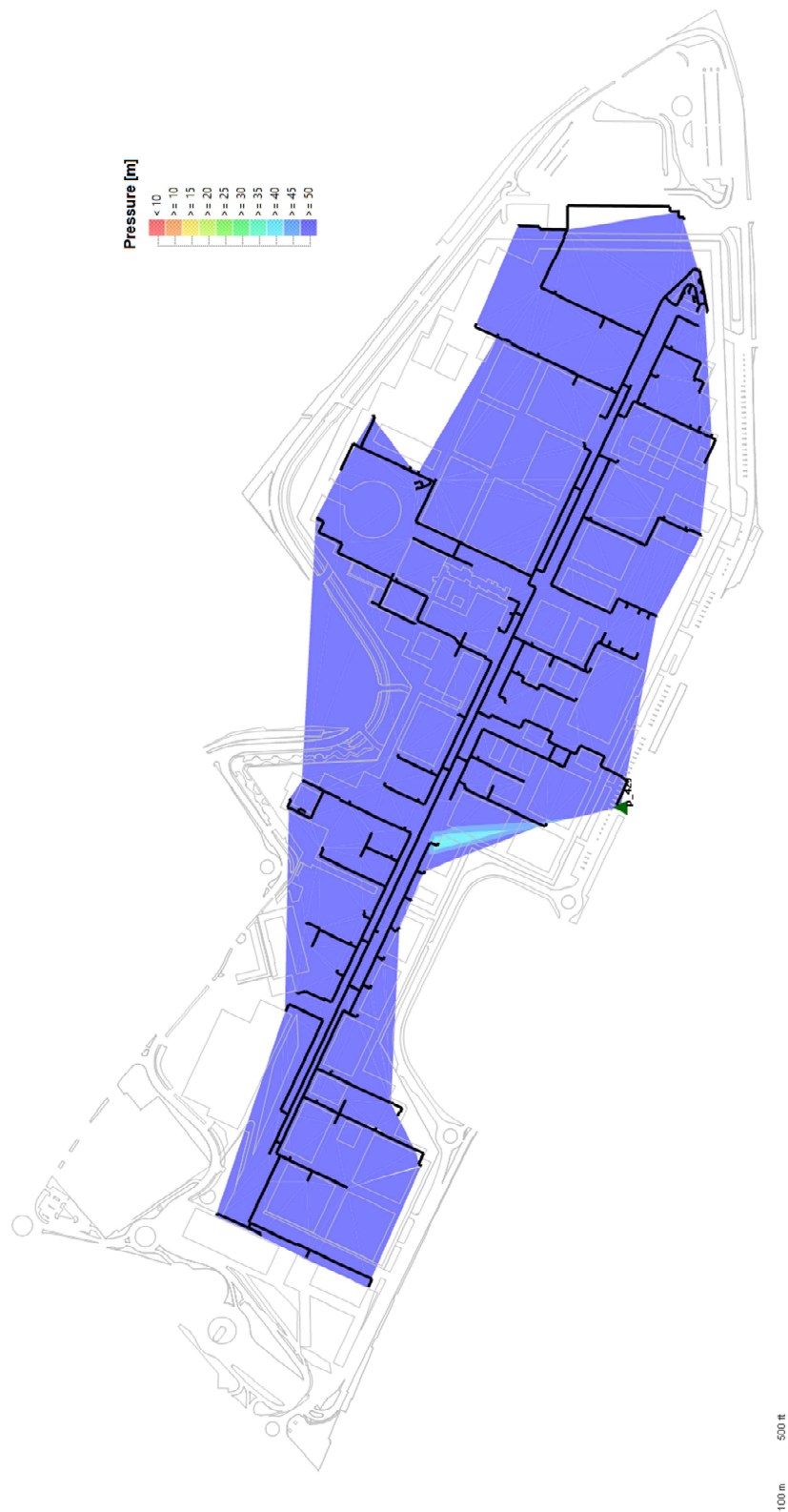
(*) Si sottolinea che le righe evidenziate in colore blu nell'**EL 4** individuano i tratti potenziati e di nuova realizzazione.



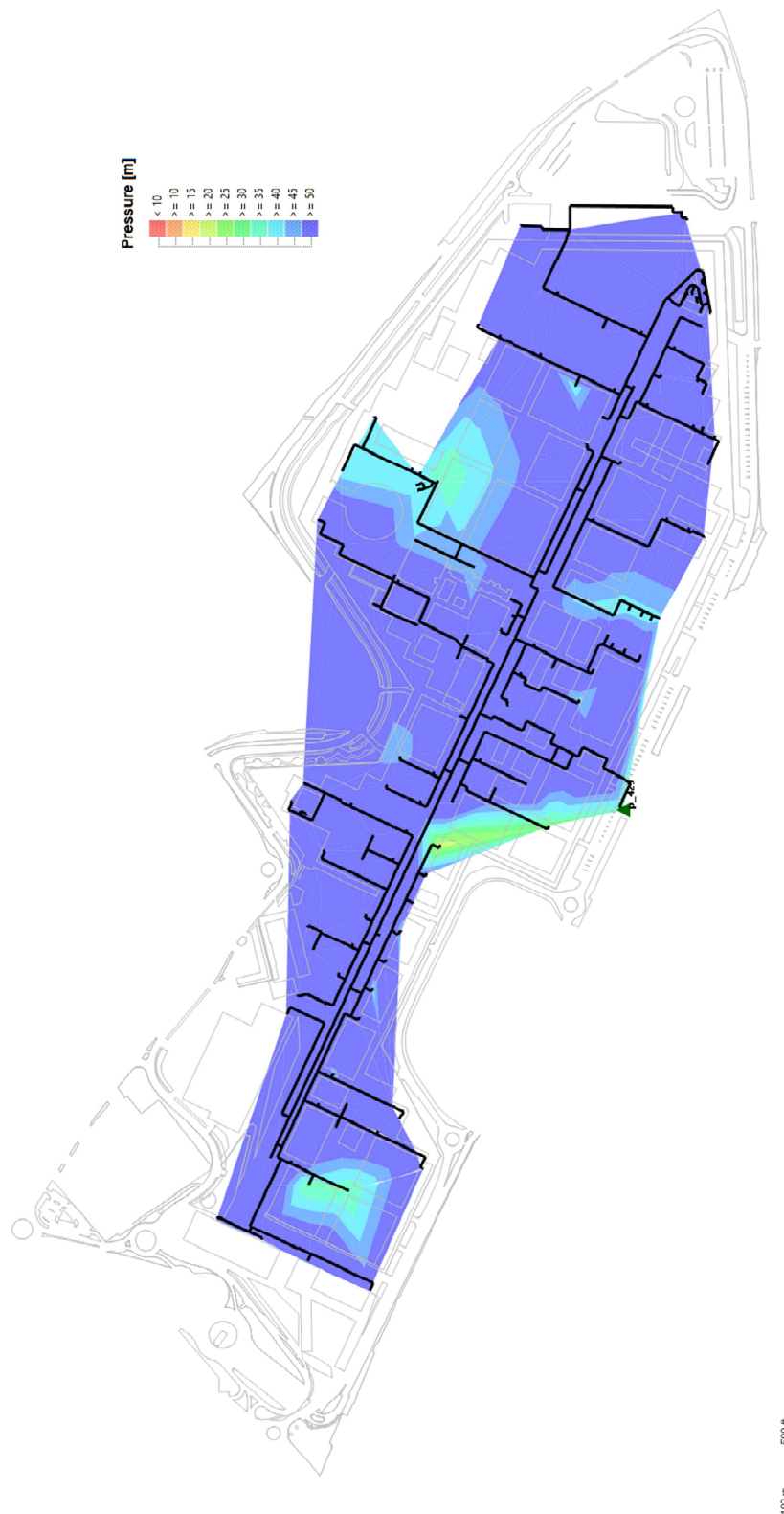
EL 1a - Pressurizzazione di livello A (700 kPa)



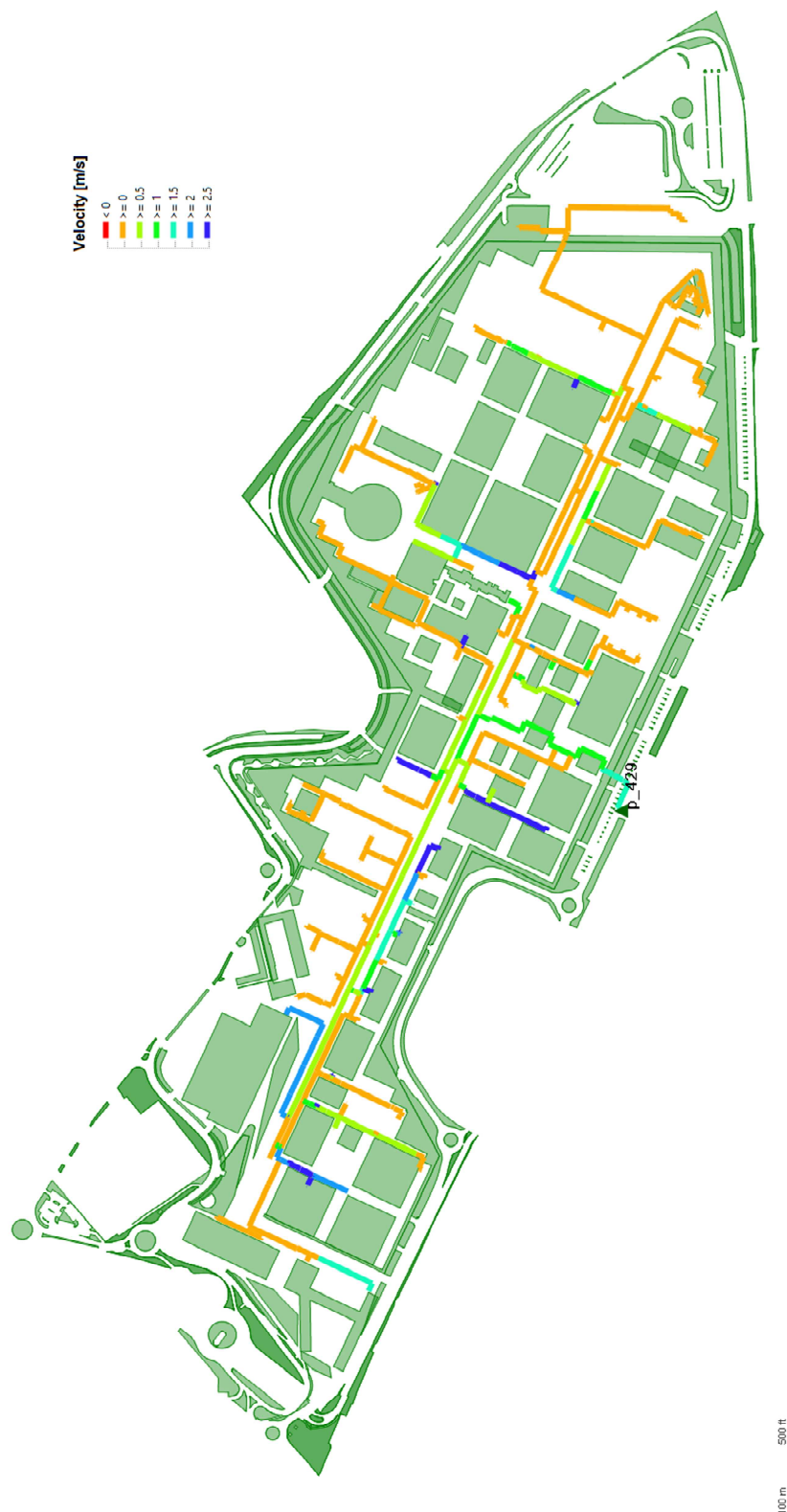
EL 1b – Pressurizzazione di livello B (676 kPa)



EL 1c – Pressurizzazione di livello C (520 kPa)



EL 1d – Pressurizzazione di livello D (362 kPa)



EL 2 - Planimetria della rete e distribuzione delle velocità in condotta
per la soluzione progettuale adottata ($P = 700 \text{ kPa}$)

ID Nodo	Domanda (l/s)	Carico (m)	Pressione (m)	z (m s.l.m.)
p_512	2.87	174.96	38.96	136
p_484	0	197.09	61.09	136
p_104	3.34	204	68	136
p_26	1.9	206.44	70.44	136
p_130	1.66	206.55	70.55	136
p_469	3.2	206.68	70.68	136
p_429 (IN)	0	241	73	168
p_85	2.54	213.22	77.22	136
p_233	4.03	214.39	78.39	136
p_634	1.27	215.15	79.15	136
p_143	0	215.16	79.16	136
p_144	0	215.16	79.16	136
p_145	0	215.16	79.16	136
p_146	0	215.16	79.16	136
p_617	0	215.16	79.16	136
p_621	0	215.16	79.16	136
p_629	0	215.16	79.16	136
p_128	0	215.17	79.17	136
p_129	0	215.17	79.17	136
p_131	0	215.19	79.19	136
p_142	0	215.19	79.19	136
p_147	0	215.19	79.19	136
p_419	0	215.19	79.19	136
p_420	0	215.19	79.19	136
p_421	0	215.19	79.19	136
p_422	0	215.19	79.19	136
p_423	0	215.19	79.19	136
p_424	0	215.19	79.19	136
p_425	0	215.19	79.19	136
p_426	0	215.19	79.19	136
p_573	0	215.19	79.19	136
p_269	2.64	215.52	79.52	136
kjk	0	215.74	79.74	136
p_275	0	215.74	79.74	136
p_276	0	215.74	79.74	136
p_277	0	215.74	79.74	136
p_278	0	215.74	79.74	136
p_279	0	215.74	79.74	136
p_280	0	215.74	79.74	136
p_530	0	215.74	79.74	136
p_651	0	215.74	79.74	136
p_652	0	215.74	79.74	136
p_653	1.3	215.74	79.74	136
p_24	0	216.65	80.65	136
p_25	0	216.65	80.65	136
p_534	0	216.78	80.78	136
b	1.56	217.1	81.1	136
p_27	0	217.46	81.46	136
p_658	2.12	217.46	81.46	136
c	0.42	217.53	81.53	136
p_309	0	217.55	81.55	136
p_631	4.34	217.78	81.78	136
p_12	3.05	218.13	82.13	136

EL 3 - Tabulati di calcolo delle variabili in output ai nodi della rete (P = 700 kPa) (1/9)

ID Nodo	Domanda (l/s)	Carico (m)	Pressione (m)	z (m s.l.m.)
p_308	0	219.38	83.38	136
p_657	0	219.38	83.38	136
p_230	3	220.42	84.42	136
p_656	0	222.69	86.69	136
p_579	14.4	222.72	86.72	136
p_31	1.17	223.62	87.62	136
p_235	0	223.71	87.71	136
p_441	0	223.71	87.71	136
p_495	0	223.71	87.71	136
p_29	0	224.07	88.07	136
p_30	0	224.07	88.07	136
p_28	0	224.28	88.28	136
p_650	0	224.68	88.68	136
p_655	3.48	226.32	90.32	136
p_598	1.65	226.62	90.62	136
aa	2.05	226.75	90.75	136
p_480	0	227.13	91.13	136
p_260	0	227.89	91.89	136
p_38	0.92	228.1	92.1	136
v	0	228.42	92.42	136
p_153	0	229.75	93.75	136
p_154	1.57	229.75	93.75	136
p_155	0	229.75	93.75	136
p_156	0	229.75	93.75	136
p_158	0	229.75	93.75	136
p_37	0	230.25	94.25	136
p_167	0	230.36	94.36	136
p_332	0.84	230.36	94.36	136
p_333	0	230.36	94.36	136
p_334	0	230.36	94.36	136
p_335	0	230.36	94.36	136
p_470	0	230.36	94.36	136
p_558	0	230.36	94.36	136
p_560	0	230.36	94.36	136
p_564	0	230.36	94.36	136
p_83	0	230.71	94.71	136
p_84	0	230.71	94.71	136
p_619	0	231.1	95.1	136
p_78	1.52	231.21	95.21	136
p_203	0	231.41	95.41	136
p_61	0	231.54	95.54	136
xxx	0	231.56	95.56	136
p_324	0	231.65	95.65	136
p_325	0	231.65	95.65	136
p_86	0	232.1	96.1	136
p_584	1.46	232.18	96.18	136
p_225	0	232.69	96.69	136
p_361	0	232.69	96.69	136
p_577	2.03	232.69	96.69	136
p_581	0	232.69	96.69	136
p_124	1.56	232.71	96.71	136
p_13	0	232.93	96.93	136
p_528	1.66	233.1	97.1	136

EL 3 - Tabulati di calcolo delle variabili in output ai nodi della rete (P = 700 kPa) (2/9)

ID Nodo	Domanda (l/s)	Carico (m)	Pressione (m)	z (m s.l.m.)
p_654	0	233.1	97.1	136
p_451	0	233.38	97.38	136
p_606	0	233.38	97.38	136
p_125	0	233.44	97.44	136
p_337	0	233.44	97.44	136
p_338	0	233.44	97.44	136
p_339	0	233.44	97.44	136
p_340	0	233.44	97.44	136
p_341	0	233.44	97.44	136
i	0	233.44	97.44	136
p_549	0	233.47	97.47	136
p_166	0	234.01	98.01	136
p_452	0	234.16	98.16	136
p_93	0	234.3	98.3	136
p_94	0	234.3	98.3	136
p_591	0	234.31	98.31	136
p_204	0	234.41	98.41	136
p_544	0	234.41	98.41	136
p_473	0	234.43	98.43	136
p_645	0	234.43	98.43	136
p_485	1.49	234.44	98.44	136
p_49	0	234.48	98.48	136
p_50	0	234.48	98.48	136
p_157	0	234.49	98.49	136
p_56	0	234.49	98.49	136
p_163	0	234.58	98.58	136
p_179	0	234.58	98.58	136
p_190	0	234.58	98.58	136
p_191	0	234.58	98.58	136
p_326	0	234.58	98.58	136
p_327	0	234.58	98.58	136
p_328	0	234.58	98.58	136
p_358	0	234.58	98.58	136
p_378	0	234.58	98.58	136
p_379	0	234.58	98.58	136
p_380	0	234.58	98.58	136
p_381	0	234.58	98.58	136
p_382	0	234.58	98.58	136
p_383	0	234.58	98.58	136
p_384	0	234.58	98.58	136
p_385	0	234.58	98.58	136
p_386	0	234.58	98.58	136
p_387	0	234.58	98.58	136
p_388	0	234.58	98.58	136
p_389	0	234.58	98.58	136
p_390	0	234.58	98.58	136
p_391	0	234.58	98.58	136
p_392	0	234.58	98.58	136
p_393	0	234.58	98.58	136
p_394	0	234.58	98.58	136
p_395	0	234.58	98.58	136
p_396	0	234.58	98.58	136
p_397	0	234.58	98.58	136

EL 3 - Tabulati di calcolo delle variabili in output ai nodi della rete (P = 700 kPa) (3/9)

ID Nodo	Domanda (l/s)	Carico (m)	Pressione (m)	z (m s.l.m.)
p_398	0	234.58	98.58	136
p_399	0	234.58	98.58	136
p_400	0	234.58	98.58	136
p_401	0	234.58	98.58	136
p_402	0	234.58	98.58	136
p_403	0	234.58	98.58	136
p_404	0	234.58	98.58	136
p_405	0	234.58	98.58	136
p_406	0	234.58	98.58	136
p_407	0	234.58	98.58	136
p_408	0	234.58	98.58	136
p_409	0	234.58	98.58	136
p_410	0	234.58	98.58	136
p_411	0	234.58	98.58	136
p_412	0	234.58	98.58	136
p_413	0	234.58	98.58	136
p_415	0	234.58	98.58	136
p_416	0	234.58	98.58	136
p_417	0	234.58	98.58	136
p_418	0	234.58	98.58	136
p_443	0	234.58	98.58	136
p_444	0	234.58	98.58	136
p_445	0	234.58	98.58	136
p_569	0	234.58	98.58	136
p_571	0	234.58	98.58	136
p_576	0	234.58	98.58	136
p_578	0	234.58	98.58	136
p_580	0	234.58	98.58	136
p_65	0	234.58	98.58	136
p_73	0	234.58	98.58	136
p_74	0	234.58	98.58	136
p_87	0	234.58	98.58	136
p_88	0	234.58	98.58	136
p_89	0	234.58	98.58	136
p_90	0	234.58	98.58	136
p_97	0	234.58	98.58	136
p_98	0	234.58	98.58	136
x	0	234.58	98.58	136
p_330	0	234.59	98.59	136
p_331	0	234.59	98.59	136
p_347	0	234.59	98.59	136
p_442	0	234.59	98.59	136
p_547	0	234.59	98.59	136
p_548	0	234.59	98.59	136
p_550	0	234.59	98.59	136
p_553	0	234.59	98.59	136
p_563	0	234.59	98.59	136
p_75	0	234.59	98.59	136
p_76	0	234.59	98.59	136
p_91	0	234.59	98.59	136
p_92	0	234.59	98.59	136
a	0	234.59	98.59	136
p_345	0	234.6	98.6	136

EL 3 - Tabulati di calcolo delle variabili in output ai nodi della rete (P = 700 kPa) (4/9)

ID Nodo	Domanda (l/s)	Carico (m)	Pressione (m)	z (m s.l.m.)
p_427	0	234.6	98.6	136
p_432	0	234.6	98.6	136
p_545	0	234.6	98.6	136
p_559	0	234.6	98.6	136
p_566	0	234.6	98.6	136
p_604	0	234.6	98.6	136
p_126	0	234.61	98.61	136
p_316	0	234.61	98.61	136
p_317	0	234.61	98.61	136
p_475	1.66	234.61	98.61	136
p_540	0	234.61	98.61	136
h	0	234.61	98.61	136
p_314	0	234.62	98.62	136
p_455	0	234.62	98.62	136
p_541	0	234.62	98.62	136
p_570	0	234.62	98.62	136
p_600	0	234.62	98.62	136
p_301	0	234.66	98.66	136
e	0	234.66	98.66	136
g	0	234.66	98.66	136
p_468	0	234.98	98.98	136
p_448	0	235.05	99.05	136
p_635	0	235.05	99.05	136
p_476	0.73	235.08	99.08	136
p_554	0.63	235.48	99.48	136
p_194	0	235.5	99.5	136
p_221	0	235.5	99.5	136
p_639	0	235.5	99.5	136
p_217	0	235.56	99.56	136
p_220	0	235.6	99.6	136
p_19	0.29	235.62	99.62	136
p_17	0	235.94	99.94	136
p_18	0	235.94	99.94	136
p_14	0	235.96	99.96	136
p_15	0	235.96	99.96	136
p_16	0	235.96	99.96	136
p_589	0	235.96	99.96	136
p_117	0.19	236.18	100.18	136
p_234	0	236.39	100.39	136
p_437	0	236.39	100.39	136
p_483	0	236.39	100.39	136
p_447	0	236.49	100.49	136
p_223	0	236.51	100.51	136
p_270	0	236.51	100.51	136
p_595	0.2	236.61	100.61	136
p_168	0.64	236.76	100.76	136
p_271	0	236.76	100.76	136
p_272	0	236.76	100.76	136
p_273	0	236.76	100.76	136
p_274	0	236.76	100.76	136
p_375	0	236.76	100.76	136
p_376	0	236.76	100.76	136
p_52	0	236.76	100.76	136

EL 3 - Tabulati di calcolo delle variabili in output ai nodi della rete (P = 700 kPa) (5/9)

ID Nodo	Domanda (l/s)	Carico (m)	Pressione (m)	z (m s.l.m.)
p_529	0	236.76	100.76	136
p_53	0	236.76	100.76	136
p_532	0	236.76	100.76	136
p_48	0	236.77	100.77	136
p_51	0	236.77	100.77	136
p_116	0	236.8	100.8	136
p_184	0	236.8	100.8	136
p_185	0	236.8	100.8	136
p_186	0	236.8	100.8	136
p_187	0	236.8	100.8	136
p_188	0	236.8	100.8	136
p_189	0	236.8	100.8	136
p_296	0	236.8	100.8	136
p_297	0	236.8	100.8	136
p_298	0	236.8	100.8	136
p_299	0	236.8	100.8	136
p_458	0	236.8	100.8	136
p_462	0	236.8	100.8	136
p_539	0	236.8	100.8	136
p_542	0	236.8	100.8	136
p_623	0	236.8	100.8	136
p_115	0	236.81	100.81	136
p_489	0	236.91	100.91	136
p_114	0	237	101	136
p_615	0	237	101	136
p_612	0	237.01	101.01	136
p_10	0.7	237.06	101.06	136
p_231	0	237.13	101.13	136
p_438	0	237.15	101.15	136
p_226	0	237.18	101.18	136
p_463	0	237.18	101.18	136
p_505	0	237.18	101.18	136
xxxxx	0	237.18	101.18	136
p_222	0	237.21	101.21	136
p_459	0	237.22	101.22	136
p_460	1.33	237.25	101.25	136
y	0	237.25	101.25	136
z	0	237.26	101.26	136
w	0	237.33	101.33	136
p_607	0	237.34	101.34	136
p_611	0	237.34	101.34	136
p_630	0	237.38	101.38	136
p_232	0	237.44	101.44	136
p_439	0	237.44	101.44	136
p_481	0	237.44	101.44	136
p_575	0	237.46	101.46	136
p_586	0	237.46	101.46	136
p_593	0	237.47	101.47	136
p_228	0	237.5	101.5	136
p_472	1.2	237.53	101.53	136
k	0	237.53	101.53	136
p_508	0	237.57	101.57	136
p_108	0.97	237.71	101.71	136

EL 3 - Tabulati di calcolo delle variabili in output ai nodi della rete (P = 700 kPa) (6/9)

ID Nodo	Domanda (l/s)	Carico (m)	Pressione (m)	z (m s.l.m.)
p_436	0	237.72	101.72	136
p_257	0	237.83	101.83	136
p_258	0	237.83	101.83	136
p_183	0	237.87	101.87	136
p_256	0	237.87	101.87	136
p_608	0	237.87	101.87	136
p_613	0	237.87	101.87	136
p_603	0.1	237.89	101.89	136
p	0	237.9	101.9	136
p_172	0	237.9	101.9	136
p_173	0	237.9	101.9	136
p_254	0	237.9	101.9	136
p_255	0	237.9	101.9	136
p_365	0	237.9	101.9	136
p_366	0	237.9	101.9	136
p_661	0	237.9	101.9	136
p_662	0	237.9	101.9	136
p_1	0	237.91	101.91	136
p_170	0	237.91	101.91	136
p_171	0	237.91	101.91	136
p_174	0	237.91	101.91	136
p_175	0	237.91	101.91	136
p_181	0	237.91	101.91	136
p_182	0	237.91	101.91	136
p_250	0	237.91	101.91	136
p_251	0	237.91	101.91	136
p_252	0	237.91	101.91	136
p_253	0	237.91	101.91	136
p_356	0	237.91	101.91	136
p_357	0	237.91	101.91	136
p_43	0	237.91	101.91	136
p_435	0	237.91	101.91	136
p_44	0	237.91	101.91	136
p_45	0	237.91	101.91	136
p_453	0	237.91	101.91	136
p_457	0	237.91	101.91	136
p_46	0	237.91	101.91	136
p_461	0	237.91	101.91	136
p_467	0	237.91	101.91	136
p_47	0	237.91	101.91	136
p_474	0	237.91	101.91	136
p_486	0	237.91	101.91	136
p_494	0	237.91	101.91	136
p_498	0	237.91	101.91	136
p_501	0	237.91	101.91	136
p_502	0	237.91	101.91	136
p_503	0	237.91	101.91	136
p_513	0	237.91	101.91	136
p_514	0	237.91	101.91	136
p_518	0	237.91	101.91	136
p_525	0	237.91	101.91	136
p_556	0	237.91	101.91	136
p_557	0	237.91	101.91	136

EL 3 - Tabulati di calcolo delle variabili in output ai nodi della rete (P = 700 kPa) (7/9)

ID Nodo	Domanda (l/s)	Carico (m)	Pressione (m)	z (m s.l.m.)
p_583	0	237.91	101.91	136
p_597	0	237.91	101.91	136
p_433	0	237.96	101.96	136
p_434	0	237.96	101.96	136
t	0	238.05	102.05	136
p_105	0	238.21	102.21	136
p_106	0	238.21	102.21	136
p_107	0	238.21	102.21	136
u	0	238.22	102.22	136
p_244	0	238.29	102.29	136
j	0.63	238.3	102.3	136
p_519	0	238.4	102.4	136
p_510	1.7	238.42	102.42	136
p_493	0	238.52	102.52	136
p_516	0	238.54	102.54	136
s	1.19	238.56	102.56	136
p_449	0	238.57	102.57	136
p_567	0	238.57	102.57	136
p_585	0	238.6	102.6	136
p_109	0	238.61	102.61	136
p_446	0	238.64	102.64	136
ze	0	238.64	102.64	136
zf	0	238.64	102.64	136
zg	0	238.64	102.64	136
zh	0	238.64	102.64	136
p_478	0	238.65	102.65	136
p_509	0	238.65	102.65	136
p_594	0	238.67	102.67	136
p_8	0	238.67	102.67	136
p_9	0	238.67	102.67	136
p_504	0	238.69	102.69	136
p_602	0	238.75	102.75	136
p_169	0	238.77	102.77	136
p_224	0	238.77	102.77	136
p_11	0	238.79	102.79	136
f	0	238.84	102.84	136
d	0	238.86	102.86	136
p_261	0	238.87	102.87	136
p_262	0	238.87	102.87	136
p_450	0	238.87	102.87	136
p_477	0	238.87	102.87	136
p_517	0	238.87	102.87	136
p_293	0	238.9	102.9	136
p_294	0	238.9	102.9	136
p_456	0	238.9	102.9	136
p_538	0	238.9	102.9	136
p_543	0	238.9	102.9	136
p_552	0	238.9	102.9	136
xsxs	0	238.9	102.9	136
p_295	0	238.91	102.91	136
p_291	0	238.92	102.92	136
l	0	238.94	102.94	136
p_428	0	239.12	103.12	136

EL 3 - Tabulati di calcolo delle variabili in output ai nodi della rete (P = 700 kPa) (8/9)

ID Nodo	Domanda (l/s)	Carico (m)	Pressione (m)	z (m s.l.m.)
<i>zd</i>	0	239.18	103.18	136
<i>q</i>	0	239.36	103.36	136
<i>za</i>	0	239.56	103.56	136
<i>n</i>	0	239.61	103.61	136
<i>zc</i>	0	239.76	103.76	136
<i>zb</i>	0	239.81	103.81	136
<i>m</i>	0.34	240	104	136

EL 3 - Tabulati di calcolo delle variabili in output ai nodi della rete (P = 700 kPa) (9/9)

Nodo 1	Nodo 2	$\Delta H/L$ (m/km)	Velocità (m/s)	Di (mm)	Dext (mm)	Portata (l/s)	ΔH (m)	Velocità (m/s)
p_452	p_27	430.92	3.9	40.8	50	5.1	16.7	3.9
p_654	p_655	224.62	3.55	61.4	75	10.51	6.78	3.55
f	p_654	224.62	3.55	61.4	75	10.51	5.74	3.55
p_593	p_222	166.49	3.38	73.6	90	14.4	0.26	3.38
p_611	p_631	319.6	3.32	40.8	50	4.34	19.56	3.32
p_27	p_469	181.77	2.45	40.8	50	3.2	10.78	2.45
p_650	p_653	307.66	2.45	26	32	1.3	8.95	2.45
p_655	p_656	106.66	2.37	61.4	75	7.03	3.64	2.37
p_656	p_657	106.66	2.37	61.4	75	7.03	3.3	2.37
p_203	v	62.5	2.26	90	110	14.4	2.99	2.26
p_204	p_203	62.5	2.26	90	110	14.4	2.99	2.26
p_222	p_223	62.5	2.26	90	110	14.4	0.7	2.26
p_223	p_204	62.5	2.26	90	110	14.4	2.1	2.26
v	p_579	62.5	2.26	90	110	14.4	5.7	2.26
p_451	p_78	103.42	1.81	40.8	50	2.36	2.17	1.81
p_37	p_38	162.18	1.73	26	32	0.92	2.14	1.73
p_657	p_658	57.8	1.71	61.4	75	5.05	1.92	1.71
p_260	p_650	102.23	1.56	32.6	40	1.3	3.21	1.56
p_528	p_260	102.23	1.56	32.6	40	1.3	5.21	1.56
p_657	p_309	74.71	1.51	40.8	50	1.98	1.84	1.51
p_516	p_256	43.66	1.47	61.4	75	4.34	0.67	1.47
p_436	p_508	20.09	1.43	114.6	140	14.73	0.16	1.45
p_94	p_86	39.47	1.39	61.4	75	4.11	2.2	1.39
p_61	p_154	48.62	1.2	40.8	50	1.57	1.79	1.2
p_630	w	14.15	1.18	114.6	140	12.19	0.04	1.2
p_428	p_602	4.83	1.1	257.8	315	57.5	0.36	1.12
p_244	p_105	19.39	1.06	73.6	90	4.51	0.08	1.06
p_544	p_549	19.47	1.06	73.6	90	4.52	0.93	1.06
m	zb	3.26	1.04	327.4	400	87.2	0.18	1.05
za	q	3.26	1.04	327.4	400	87.2	0.2	1.05
zb	zc	3.26	1.04	327.4	400	87.2	0.05	1.05
zc	n	3.26	1.04	327.4	400	87.2	0.15	1.05
p_658	p_534	21.09	0.99	61.4	75	2.93	0.69	0.99
p_589	p_473	25.41	0.98	51.4	63	2.03	1.53	0.98
p_157	p_94	16.33	0.97	73.6	90	4.11	0.19	0.97
p_602	p_594	3.61	0.94	257.8	315	49.13	0.08	0.95
p_509	p_516	10.58	0.94	102.2	125	7.71	0.12	0.94
p_594	p_509	10.58	0.94	102.2	125	7.71	0.02	0.94
j	k	17.39	0.89	61.4	75	2.64	0.77	0.89
p_508	p_228	5.93	0.87	147.2	180	14.73	0.07	0.88
p_602	p_504	7.05	0.81	114.6	140	8.37	0.06	0.81
p_434	p_435	2.63	0.79	257.8	315	41.42	0.05	0.8
p_435	p_436	2.62	0.79	257.8	315	41.32	0.19	0.8
p_594	u	2.63	0.79	257.8	315	41.42	0.45	0.8
t	p_434	2.63	0.79	257.8	315	41.42	0.08	0.8
p_519	p_258	11.3	0.79	73.6	90	3.37	0.57	0.79
p_447	p_589	13.69	0.78	61.4	75	2.32	0.53	0.78
p_463	p_231	9.11	0.71	73.6	90	3	0.05	0.71
p_549	p_528	8.89	0.7	73.6	90	2.96	0.38	0.7
p_619	p_332	15.27	0.64	40.8	50	0.84	0.74	0.64
p_78	p_619	15.27	0.64	40.8	50	0.84	0.12	0.64
p_504	p_478	3.7	0.62	130.8	160	8.37	0.04	0.62

EL 4 - Tabulati di calcolo delle variabili in output ai tronchi della rete (P = 700 kPa) (1/9)

Nodo 1	Nodo 2	$\Delta H/L$ (m/km)	Velocità (m/s)	Di (mm)	Dext (mm)	Portata (l/s)	ΔH (m)	Velocità (m/s)
p_478	p_493	4.06	0.6	114.6	140	6.21	0.13	0.6
p_545	p_544	3.94	0.55	102.2	125	4.52	0.19	0.55
p_325	xxx	6.64	0.53	61.4	75	1.57	0.09	0.53
p_516	p_519	4.24	0.53	90	110	3.37	0.14	0.53
p_86	p_325	6.64	0.53	61.4	75	1.57	0.45	0.53
xxx	p_61	6.64	0.53	61.4	75	1.57	0.02	0.53
p_436	p_593	1.16	0.51	257.8	315	26.59	0.25	0.52
p_114	p_115	4.46	0.48	73.6	75	2.04	0.19	0.48
p_221	p_448	4.5	0.48	73.6	90	2.05	0.45	0.48
p_448	p_468	4.5	0.48	73.6	90	2.05	0.06	0.48
d	f	0.9	0.44	257.8	315	23.16	0.02	0.45
p_427	p_559	1.89	0.4	114.6	140	4.11	0	0.4
p_493	p_510	3.18	0.4	73.6	90	1.7	0.1	0.4
p_115	p_48	9.61	0.38	26	32	0.2	0.04	0.38
p_228	p_439	1.68	0.37	114.6	140	3.86	0.06	0.38
p_53	p_117	8.74	0.36	26	32	0.19	0.58	0.36
p_446	p_109	1.86	0.34	90	110	2.16	0.02	0.34
p_559	p_358	0.99	0.31	130.8	160	4.11	0.01	0.31
w	y	1.02	0.29	114.6	140	2.95	0.08	0.29
p_217	p_221	0.86	0.26	114.6	140	2.68	0.06	0.26
p_220	p_217	0.86	0.26	114.6	140	2.68	0.04	0.26
p_552	p_477	0.65	0.24	130.8	160	3.27	0.03	0.24
p_593	p_586	0.27	0.23	257.8	315	12.19	0.01	0.24
p_432	p_550	0.68	0.23	114.6	140	2.36	0.01	0.23
h	p_545	0.4	0.22	163.6	250	4.52	0.01	0.22
p_129	p_617	0.7	0.2	90	110	1.27	0.01	0.2
p_131	p_142	0.7	0.2	90	110	1.27	0	0.2
p_142	p_129	0.7	0.2	90	110	1.27	0.02	0.2
p_109	p_585	0.62	0.19	90	110	1.19	0.01	0.19
p_585	s	0.62	0.19	90	110	1.19	0.03	0.19
p_295	xsxs	0.67	0.17	73.6	90	0.73	0	0.17
p_455	p_475	0.35	0.16	114.6	140	1.66	0	0.16
p_116	p_53	0.97	0.15	40.8	50	0.19	0.04	0.15
p_194	p_554	0.51	0.15	73.6	90	0.63	0.01	0.15
p_550	a	0.2	0.14	147.2	180	2.36	0	0.14
a	p_548	0.2	0.14	147.2	180	2.36	0.01	0.14
p_309	c	0.58	0.14	61.4	75	0.42	0.02	0.14
xsxs	p_456	0.25	0.11	90	110	0.73	0	0.11
p_173	p_603	0.3	0.08	40.8	50	0.1	0.01	0.08
p_541	p_455	0.05	0.07	163.6	200	1.5	0	0.07
p_600	p_541	0.05	0.07	163.6	200	1.5	0	0.07
p_221	p_194	0.06	0.06	114.6	140	0.63	0	0.06
p_297	p_116	0.05	0.04	73.6	90	0.19	0	0.04
p_542	p_297	0.05	0.04	73.6	90	0.19	0	0.04
p_115	p_542	0.05	0.04	73.6	75	0.19	0.01	0.04
p_174	p_255	0.04	0.03	61.4	75	0.1	0	0.03
p_255	p_173	0.04	0.03	61.4	75	0.1	0	0.03
p_461	p_174	0.04	0.03	61.4	75	0.1	0	0.03
p_252	p_502	0	0.01	130.8	160	0.1	0	0.01
p_435	p_252	0	0.01	114.6	140	0.1	0	0.01
kjk	p_279	0	0	26	32	0	0	0
p	p_366	0	0	61.4	75	0	0	0
p_105	p_107	0	0	73.6	90	0	0	0

EL 4 - Tabulati di calcolo delle variabili in output ai tronchi della rete (P = 700 kPa) (2/9)

Nodo 1	Nodo 2	$\Delta H/L$ (m/km)	Velocità (m/s)	Di (mm)	Dext (mm)	Portata (l/s)	ΔH (m)	Velocità (m/s)
p_106	p_107	0	0	20,4	25	0	0	0
p_116	p_299	0	0	73.6	90	0	0	0
p_126	p_317	0	0	73.6	90	0	0	0
p_128	p_129	0	0	20.4	25	0	0	0
p_14	p_16	0	0	26	32	0	0	0
p_142	p_147	0	0	20.4	25	0	0	0
p_143	p_144	0	0	20.4	25	0	0	0
p_144	p_145	0	0	61.4	75	0	0	0
p_144	p_621	0	0	61.4	75	0	0	0
p_145	p_146	0	0	20.4	25	0	0	0
p_145	p_617	0	0	61.4	75	0	0	0
p_15	p_16	0	0	26	32	0	0	0
p_153	p_154	0	0	20.4	25	0	0	0
p_154	p_156	0	0	40.8	50	0	0	0
p_155	p_156	0	0	20.4	25	0	0	0
p_156	p_158	0	0	26	32	0	0	0
p_16	p_589	0	0	26	32	0	0	0
p_163	p_191	0	0	61.4	75	0	0	0
p_163	p_571	0	0	32.6	40	0	0	0
p_163	p_576	0	0	26	32	0	0	0
p_167	p_334	0	0	32.6	40	0	0	0
p_17	p_18	0	0	26	32	0	0	0
p_170	p_171	0	0	20.4	25	0	0	0
p_170	p_525	0	0	32.6	40	0	0	0
p_172	p_173	0	0	61.4	75	0	0	0
p_174	p_175	0	0	20.4	25	0	0	0
p_179	p_397	0	0	40.8	50	0	0	0
p_181	p_182	0	0	32.6	40	0	0	0
p_182	p_518	0	0	20.4	25	0	0	0
p_184	p_185	0	0	26	32	0	0	0
p_185	p_462	0	0	73.6	90	0	0	0
p_186	p_187	0	0	26	32	0	0	0
p_187	p_189	0	0	73.6	90	0	0	0
p_188	p_189	0	0	40.8	50	0	0	0
p_189	p_185	0	0	73.6	90	0	0	0
p_190	p_191	0	0	61.4	75	0	0	0
p_191	p_74	0	0	61.4	75	0	0	0
p_224	p_169	0	0	73.6	90	0	0	0
p_225	p_577	0	0	51.4	63	0	0	0
p_226	p_505	0	0	20.4	25	0	0	0
p_226	xxxxx	0	0	32.6	40	0	0	0
p_232	p_439	0	0	32.6	40	0	0	0
p_234	p_437	0	0	32.6	40	0	0	0
p_235	p_441	0	0	32.6	40	0	0	0
p_24	p_25	0	0	26	32	0	0	0
p_250	p_494	0	0	20.4	25	0	0	0
p_251	p_583	0	0	40.8	50	0	0	0
p_254	p_662	0	0	20.4	25	0	0	0
p_256	p_608	0	0	51.4	63	0	0	0
p_257	p_258	0	0	26	32	0	0	0
p_261	p_262	0	0	20.4	25	0	0	0

EL 4 - Tabulati di calcolo delle variabili in output ai tronchi della rete (P = 700 kPa) (3/9)

Nodo 1	Nodo 2	$\Delta H/L$ (m/km)	Velocità (m/s)	Di (mm)	Dext (mm)	Portata (l/s)	ΔH (m)	Velocità (m/s)
p_262	p_517	0	0	73.6	90	0	0	0
p_271	p_272	0	0	20.4	25	0	0	0
p_272	p_168	0	0	26	32	0	0	0
p_273	p_272	0	0	26	32	0	0	0
p_274	p_273	0	0	20.4	25	0	0	0
p_275	p_276	0	0	20.4	25	0	0	0
p_275	p_530	0	0	26	32	0	0	0
p_277	p_275	0	0	26	32	0	0	0
p_277	p_278	0	0	20.4	25	0	0	0
p_279	p_277	0	0	26	32	0	0	0
p_279	p_280	0	0	20.4	25	0	0	0
p_29	p_30	0	0	40.8	50	0	0	0
p_293	p_294	0	0	26	32	0	0	0
p_294	p_456	0	0	90	110	0	0	0
p_296	p_297	0	0	40.8	50	0	0	0
p_298	p_299	0	0	20.4	25	0	0	0
p_299	p_187	0	0	73.6	90	0	0	0
p_308	p_657	0	0	20.4	25	0	0	0
p_316	p_317	0	0	20.4	25	0	0	0
p_317	p_540	0	0	73.6	90	0	0	0
p_324	p_325	0	0	20.4	25	0	0	0
p_326	p_327	0	0	20.4	25	0	0	0
p_327	p_74	0	0	73.6	90	0	0	0
p_328	p_73	0	0	90	110	0	0	0
p_330	p_331	0	0	26	32	0	0	0
p_330	p_547	0	0	26	32	0	0	0
p_332	p_167	0	0	40.8	50	0	0	0
p_332	p_333	0	0	40.8	50	0	0	0
p_334	p_335	0	0	20.4	25	0	0	0
p_334	p_470	0	0	32.6	40	0	0	0
p_338	p_337	0	0	40.8	50	0	0	0
p_338	p_339	0	0	40.8	50	0	0	0
p_340	p_338	0	0	61.4	75	0	0	0
p_340	p_341	0	0	40.8	50	0	0	0
p_347	p_553	0	0	26	32	0	0	0
p_356	p_357	0	0	20.4	25	0	0	0
p_357	p_457	0	0	40.8	50	0	0	0
p_358	p_328	0	0	90	110	0	0	0
p_361	p_581	0	0	26	32	0	0	0
p_365	p_366	0	0	26	32	0	0	0
p_366	p_662	0	0	61.4	75	0	0	0
p_375	p_376	0	0	20.4	25	0	0	0
p_375	p_529	0	0	26	32	0	0	0
p_378	p_379	0	0	20.4	25	0	0	0
p_379	p_396	0	0	40.8	50	0	0	0
p_380	p_381	0	0	20.4	25	0	0	0
p_381	p_580	0	0	40.8	50	0	0	0
p_382	p_383	0	0	20.4	25	0	0	0
p_383	p_381	0	0	40.8	50	0	0	0
p_384	p_385	0	0	20.4	25	0	0	0
p_385	p_383	0	0	40.8	50	0	0	0
p_386	p_387	0	0	20.4	25	0	0	0
p_387	p_385	0	0	40.8	50	0	0	0

EL 4 - Tabulati di calcolo delle variabili in output ai tronchi della rete (P = 700 kPa) (4/9)

Nodo 1	Nodo 2	$\Delta H/L$ (m/km)	Velocità (m/s)	Di (mm)	Dext (mm)	Portata (l/s)	ΔH (m)	Velocità (m/s)
p_388	p_389	0	0	20.4	25	0	0	0
p_389	p_387	0	0	40.8	50	0	0	0
p_390	p_391	0	0	20.4	25	0	0	0
p_390	p_403	0	0	20.4	25	0	0	0
p_392	p_394	0	0	20.4	25	0	0	0
p_393	p_394	0	0	20.4	25	0	0	0
p_394	p_445	0	0	20.4	25	0	0	0
p_395	p_443	0	0	20.4	25	0	0	0
p_396	p_415	0	0	40.8	50	0	0	0
p_396	p_65	0	0	20.4	25	0	0	0
p_397	p_389	0	0	40.8	50	0	0	0
p_398	p_404	0	0	20.4	25	0	0	0
p_399	p_403	0	0	40.8	50	0	0	0
p_400	p_401	0	0	40.8	50	0	0	0
p_401	p_578	0	0	40.8	50	0	0	0
p_402	p_390	0	0	20.4	25	0	0	0
p_403	p_397	0	0	40.8	50	0	0	0
p_404	p_399	0	0	20.4	25	0	0	0
p_404	p_405	0	0	20.4	25	0	0	0
p_406	p_401	0	0	40.8	50	0	0	0
p_406	p_410	0	0	20.4	25	0	0	0
p_408	p_409	0	0	20.4	25	0	0	0
p_409	p_407	0	0	20.4	25	0	0	0
p_410	p_409	0	0	20.4	25	0	0	0
p_410	p_411	0	0	20.4	25	0	0	0
p_412	p_413	0	0	20.4	25	0	0	0
p_413	p_444	0	0	20.4	25	0	0	0
p_415	p_406	0	0	40.8	50	0	0	0
p_415	p_418	0	0	20.4	25	0	0	0
p_417	p_418	0	0	20.4	25	0	0	0
p_418	p_416	0	0	20.4	25	0	0	0
p_419	p_420	0	0	20.4	25	0	0	0
p_420	p_422	0	0	20.4	25	0	0	0
p_421	p_422	0	0	20.4	25	0	0	0
p_422	p_423	0	0	20.4	25	0	0	0
p_423	p_147	0	0	20.4	25	0	0	0
p_423	p_426	0	0	20.4	25	0	0	0
p_425	p_426	0	0	20.4	25	0	0	0
p_426	p_424	0	0	20.4	25	0	0	0
p_43	p_45	0	0	26	32	0	0	0
p_433	p_434	0	0	257.8	315	0	0	0
p_44	p_45	0	0	26	32	0	0	0
p_442	p_548	0	0	61.4	75	0	0	0
p_45	p_474	0	0	26	32	0	0	0
p_453	p_474	0	0	26	32	0	0	0
p_453	p_513	0	0	32.6	40	0	0	0
p_457	p_182	0	0	40.8	50	0	0	0
p_458	p_462	0	0	26	32	0	0	0
p_458	p_539	0	0	20.4	25	0	0	0
p_46	p_47	0	0	26	32	0	0	0
p_463	p_226	0	0	40.8	50	0	0	0
p_467	p_251	0	0	40.8	50	0	0	0
p_467	p_357	0	0	40.8	50	0	0	0

EL 4 - Tabulati di calcolo delle variabili in output ai tronchi della rete (P = 700 kPa) (5/9)

Nodo 1	Nodo 2	$\Delta H/L$ (m/km)	Velocità (m/s)	Di (mm)	Dext (mm)	Portata (l/s)	ΔH (m)	Velocità (m/s)
p_47	p_474	0	0	26	32	0	0	0
p_470	p_560	0	0	20.4	25	0	0	0
p_470	p_564	0	0	20.4	25	0	0	0
p_475	p_126	0	0	90	110	0	0	0
p_481	p_232	0	0	26	32	0	0	0
p_483	p_234	0	0	26	32	0	0	0
p_486	p_583	0	0	20.4	25	0	0	0
p_49	p_50	0	0	26	32	0	0	0
p_494	p_251	0	0	26	32	0	0	0
p_495	p_235	0	0	26	32	0	0	0
p_501	p_457	0	0	20.4	25	0	0	0
p_502	p_467	0	0	61.4	75	0	0	0
p_503	p_253	0	0	20.4	25	0	0	0
p_51	p_48	0	0	26	32	0	0	0
p_514	p_253	0	0	73.6	90	0	0	0
p_514	p_498	0	0	73.6	90	0	0	0
p_517	p_477	0	0	114.6	140	0	0	0
p_52	p_53	0	0	20.4	25	0	0	0
p_529	p_273	0	0	26	32	0	0	0
p_532	p_529	0	0	20.4	25	0	0	0
p_538	p_543	0	0	26	32	0	0	0
p_543	p_294	0	0	90	110	0	0	0
p_553	p_442	0	0	26	32	0	0	0
p_556	p_461	0	0	26	32	0	0	0
p_557	p_453	0	0	20.4	25	0	0	0
p_558	p_167	0	0	26	32	0	0	0
p_56	p_157	0	0	61.4	75	0	0	0
p_563	p_442	0	0	61.4	75	0	0	0
p_563	p_75	0	0	40.8	50	0	0	0
p_566	p_345	0	0	61.4	75	0	0	0
p_566	p_545	0	0	90	110	0	0	0
p_567	p_449	0	0	26	32	0	0	0
p_569	p_379	0	0	40.8	50	0	0	0
p_569	p_395	0	0	20.4	25	0	0	0
p_573	p_420	0	0	20.4	25	0	0	0
p_577	p_361	0	0	32.6	40	0	0	0
p_578	p_399	0	0	40.8	50	0	0	0
p_578	p_412	0	0	20.4	25	0	0	0
p_580	p_392	0	0	20.4	25	0	0	0
p_580	p_569	0	0	40.8	50	0	0	0
p_583	p_1	0	0	32.6	40	0	0	0
p_586	p_575	0	0	257.8	315	0	0	0
p_597	p_47	0	0	26	32	0	0	0
p_604	p_427	0	0	257.8	315	0	0	0
p_606	p_451	0	0	26	32	0	0	0
p_607	p_611	0	0	26	32	0	0	0
p_608	p_183	0	0	20.4	25	0	0	0
p_613	p_608	0	0	26	32	0	0	0
p_615	p_114	0	0	20.4	25	0	0	0
p_623	p_462	0	0	32.6	40	0	0	0
p_629	p_617	0	0	20.4	25	0	0	0
p_635	p_448	0	0	40.8	50	0	0	0
p_639	p_194	0	0	61.4	75	0	0	0

EL 4 - Tabulati di calcolo delle variabili in output ai tronchi della rete (P = 700 kPa) (6/9)

Nodo 1	Nodo 2	$\Delta H/L$ (m/km)	Velocità (m/s)	Di (mm)	Dext (mm)	Portata (l/s)	ΔH (m)	Velocità (m/s)
p_645	p_473	0	0	20.4	25	0	0	0
p_651	kjk	0	0	26	32	0	0	0
p_652	p_651	0	0	26	32	0	0	0
p_653	p_652	0	0	26	32	0	0	0
p_661	p	0	0	20.4	25	0	0	0
p_662	p_255	0	0	61.4	75	0	0	0
p_73	p_179	0	0	40.8	50	0	0	0
p_73	p_98	0	0	90	110	0	0	0
p_75	p_76	0	0	40.8	50	0	0	0
p_8	p_9	0	0	26	32	0	0	0
p_83	p_84	0	0	26	32	0	0	0
p_87	p_88	0	0	26	32	0	0	0
p_87	p_90	0	0	26	32	0	0	0
p_89	p_87	0	0	26	32	0	0	0
p_90	p_327	0	0	90	110	0	0	0
p_91	p_92	0	0	32.6	40	0	0	0
p_92	p_330	0	0	26	32	0	0	0
p_92	p_563	0	0	32.6	40	0	0	0
p_93	p_94	0	0	32.6	40	0	0	0
p_97	p_98	0	0	32.6	40	0	0	0
p_98	p_90	0	0	90	110	0	0	0
p_98	x	0	0	32.6	40	0	0	0
i	p_340	0	0	61.4	90	0	0	0
p_125	i	0	0	73.6	90	0	0	0
p_446	ze	0	0	90	110	0	0	0
ze	zh	0	0	90	110	0	0	0
zh	zf	0	0	90	110	0	0	0
zh	zg	0	0	90	110	0	0	0
p_455	p_570	0	-0.01	130.8	160	-0.16	0	-0.01
p_498	p_502	0	-0.01	102.2	125	-0.1	0	-0.01
p_570	p_314	0	-0.01	130.8	160	-0.16	0	-0.01
p_461	p_513	0.01	-0.02	90	110	-0.1	0	-0.02
p_513	p_525	0.01	-0.02	90	110	-0.1	0	-0.02
p_525	p_498	0.01	-0.02	90	110	-0.1	0	-0.02
p_427	p_432	0.04	-0.08	257.8	315	-4.11	0	-0.08
y	z	0.1	-0.08	114.6	140	-0.86	0	-0.08
p_301	g	0.73	-0.12	40.8	50	-0.16	0.01	-0.13
p_314	p_301	0.73	-0.12	40.8	50	-0.16	0.04	-0.13
p_432	h	0.08	-0.12	257.8	315	-6.47	0.01	-0.13
p_169	p_11	0.52	-0.15	73.6	90	-0.64	0.03	-0.15
h	p_600	0.23	-0.21	257.8	315	-10.99	0.01	-0.21
p_600	e	0.29	-0.24	257.8	315	-12.49	0.04	-0.24
e	g	0.29	-0.24	257.8	315	-12.49	0	-0.24
p_634	p_617	1.85	-0.3	73.6	90	-1.27	0.01	-0.3
p_11	p_450	2.05	-0.31	73.6	90	-1.34	0.08	-0.31
p_446	p_478	1.86	-0.34	90	110	-2.16	0.02	-0.34
p_125	p_549	2.71	-0.37	73.6	90	-1.56	0.03	-0.37
p_595	p_48	9.61	-0.38	26	32	-0.2	0.16	-0.38
z	p_439	1.68	-0.37	114.6	140	-3.86	0.18	-0.38
p_450	p_552	2.51	-0.4	90	110	-2.54	0.03	-0.4
p_552	l	1.88	-0.43	130.8	250	-5.81	0.04	-0.43
d	p_295	0.9	-0.44	257.8	315	-23.16	0.04	-0.45
p_291	l	0.95	-0.46	257.8	315	-23.89	0.02	-0.46

EL 4 - Tabulati di calcolo delle variabili in output ai tronchi della rete (P = 700 kPa) (7/9)

Nodo 1	Nodo 2	$\Delta H/L$ (m/km)	Velocità (m/s)	Di (mm)	Dext (mm)	Portata (l/s)	ΔH (m)	Velocità (m/s)
p_295	p_291	0.95	-0.46	257.8	315	-23.89	0.01	-0.46
p_463	p_459	3.42	-0.47	90	110	-3	0.04	-0.47
p_459	z	3.42	-0.47	90	110	-3	0.03	-0.47
p_114	p_612	4.46	-0.48	73.6	32	-2.04	0.01	-0.48
p_612	p_460	4.46	-0.48	73.6	50	-2.04	0.24	-0.48
b	p_309	6.56	-0.53	61.4	75	-1.56	0.45	-0.53
p_18	p_589	19.12	-0.55	26	32	-0.29	0.03	-0.55
p_19	p_18	19.12	-0.55	26	32	-0.29	0.31	-0.55
l	p_428	1.42	-0.57	257.8	315	-29.7	0.18	-0.58
p_157	p_358	6.13	-0.65	90	110	-4.11	0.1	-0.65
p_460	p_258	11.3	-0.79	73.6	75	-3.37	0.58	-0.79
t	u	2.63	-0.79	257.8	300	-41.42	0.17	-0.8
p_270	k	17.39	-0.89	61.4	75	-2.64	1.03	-0.89
p_30	p_28	28.2	-0.89	40.8	50	-1.17	0.21	-0.89
p_31	p_30	28.2	-0.89	40.8	50	-1.17	0.45	-0.89
p_577	p_473	25.41	-0.98	51.4	63	-2.03	1.74	-0.98
p_131	p_534	21.09	-0.99	61.4	75	-2.93	1.59	-0.99
p_166	p_591	22.72	-1.03	61.4	75	-3.05	0.3	-1.03
p_428	zd	3.26	-1.04	327.4	400	-87.2	0.06	-1.05
za	n	3.26	-1.04	327.4	400	-87.2	0.05	-1.05
zd	q	3.26	-1.04	327.4	400	-87.2	0.18	-1.05
p_244	p_493	19.39	-1.06	73.6	90	-4.51	0.23	-1.06
p_437	p_438	15.74	-1.08	90	110	-6.84	0.76	-1.08
p_449	p_477	25.85	-1.1	61.4	75	-3.27	0.3	-1.1
j	p_449	25.85	-1.1	61.4	75	-3.27	0.27	-1.1
p_630	p_586	14.15	-1.18	114.6	140	-12.19	0.08	-1.2
p_168	p_169	82.81	-1.21	26	32	-0.64	2.01	-1.21
p_447	p_489	34.3	-1.29	61.4	75	-3.81	0.41	-1.29
p_489	y	34.3	-1.29	61.4	75	-3.81	0.34	-1.29
p_10	p_9	97.76	-1.32	26	32	-0.7	1.61	-1.32
p_9	p_11	97.76	-1.32	26	32	-0.7	0.13	-1.32
p_476	p_456	105.66	-1.37	26	32	-0.73	3.82	-1.37
p_611	p_256	43.66	-1.47	61.4	50	-4.34	0.53	-1.47
aa	p_468	79.68	-1.57	40.8	50	-2.05	8.23	-1.57
p_591	p_437	41.94	-1.61	73.6	90	-6.84	2.08	-1.61
m	p_429	10.38	-1.68	257.8	315	-87.68	1	-1.68
p_438	p_228	37.13	-1.71	90	110	-10.87	0.35	-1.71
p_451	p_548	103.42	-1.81	40.8	50	-2.36	1.2	-1.81
p_108	p_109	178.88	-1.83	26	32	-0.97	0.91	-1.83
p_37	p_591	80.74	-1.83	51.4	63	-3.79	4.06	-1.83
p_124	p_125	143.29	-1.87	32.6	40	-1.56	0.73	-1.87
p_220	w	73.2	-2.17	73.6	90	-9.24	1.73	-2.17
p_441	p_37	148.59	-2.2	40.8	50	-2.87	6.54	-2.2
p_452	p_220	93.83	-2.22	61.4	75	-6.56	1.44	-2.22
p_472	p_450	265.27	-2.26	26	32	-1.2	1.34	-2.26
p_13	p_166	166.3	-2.33	40.8	50	-3.05	1.09	-2.33
p_104	p_28	196.77	-2.55	40.8	50	-3.34	20.27	-2.55
p_584	p_452	381.45	-2.75	26	32	-1.46	1.98	-2.75
p_485	p_447	396.09	-2.81	26	32	-1.49	2.06	-2.81
p_50	p_115	478.45	-3.11	26	32	-1.65	2.33	-3.11
p_598	p_50	478.45	-3.11	26	32	-1.65	7.87	-3.11
p_484	p_441	443.16	-3.44	32.6	40	-2.87	26.61	-3.44
p_28	p_105	343.17	-3.45	40.8	50	-4.51	13.94	-3.45

EL 4 - Tabulati di calcolo delle variabili in output ai tronchi della rete (P = 700 kPa) (8/9)

Nodo 1	Nodo 2	$\Delta H/L$ (m/km)	Velocità (m/s)	Di (mm)	Dext (mm)	Portata (l/s)	ΔH (m)	Velocità (m/s)
p_25	p_27	621.3	-3.58	26	32	-1.9	0.81	-3.58
p_26	p_25	621.3	-3.58	26	32	-1.9	10.22	-3.58
g	f	316.6	-4.27	61.4	75	-12.65	4.18	-4.33
p_84	p_86	1063.66	-4.78	26	32	-2.54	1.39	-4.78
p_85	p_84	1063.66	-4.78	26	32	-2.54	17.49	-4.78
p_480	p_438	830.98	-4.83	32.6	40	-4.03	10.02	-4.83
p_130	p_131	1576.72	-5.08	20.4	25	-1.66	8.64	-5.08
p_233	p_480	2500.79	-7.59	26	32	-4.03	12.74	-7.59
p_269	p_270	3723.28	-8.08	20.4	25	-2.64	20.99	-8.08
p_512	p_484	4346.23	-8.78	20.4	25	-2.87	22.14	-8.78
p_230	p_231	4717.85	-9.18	20.4	25	-3	16.71	-9.18
p_12	p_13	4864.51	-9.33	20.4	25	-3.05	14.8	-9.33

EL 4 - Tabulati di calcolo delle variabili in output ai tronchi della rete (P = 700 kPa) (9/9)

Pressione in ingresso (m)	37.00	53.00	69.00	73.00
ID Utenza	Pressione calcolata (m)			
A.00.01	54.75	70.75	86.75	90.75
A.01.01	63.48	79.48	95.48	99.48
A.09.01	34.44	50.44	66.44	70.44
A.09.02	60.18	76.18	92.18	96.18
A.09.03	62.44	78.44	94.44	98.44
A.09.04	48.42	64.42	80.42	84.42
A.09.05	63.62	79.62	95.62	99.62
A.09.06	34.68	50.68	66.68	70.68
A.09.07	60.69	76.69	92.69	96.69
Cardo/Decumano	63.08	79.08	95.08	99.08
A.11.01	42.39	58.39	74.39	78.39
A.11.02	46.13	62.13	78.13	82.13
A.11.03	56.1	72.1	88.1	92.1
A.11.04	2.96	18.96	34.96	38.96
A.10.01	65.89	81.89	97.89	101.89
A.12.01	45.78	61.78	77.78	81.78
A.12.02	65.25	81.25	97.25	101.25
A.13.01	66.42	82.42	98.42	102.42
A.13.02	65.71	81.71	97.71	101.71
A.13.08	65.06	81.06	97.06	101.06
A.19.01	43.74	59.74	75.74	79.74
A.13.05	51.62	67.62	83.62	87.62
A.13.06	66.56	82.56	98.56	102.56
A.13.12	68	84	100	104
A.13.09	64.76	80.76	96.76	100.76
A.13.04	65.53	81.53	97.53	101.53
A.13.10	32	48	64	68
A.13.11	32	48	64	68
A.13.13	43.52	59.52	75.52	79.52
A.13.03	66.3	82.3	98.3	102.3
A.19.06	61.44	77.44	93.44	97.44
A.19.02	61.1	77.1	93.1	97.1
A.19.03	60.71	76.71	92.71	96.71
A.19.05	58.36	74.36	90.36	94.36
UNIMI.06	41.22	57.22	73.22	77.22
A.19.04	59.21	75.21	91.21	95.21
HT.02	45.53	61.53	77.53	81.53
CASCINA TRIULZA	65.91	81.91	97.91	101.91
GALEAZZI	50.72	66.72	82.72	86.72
HT.US6	64.8	80.8	96.8	100.8
HT.01	45.1	61.1	77.1	81.1
A.12.03	64.61	80.61	96.61	100.61
HT.03	54.62	70.62	86.62	90.62
HT.DATAC (HT.04)	64.18	80.18	96.18	100.18
UNIMI.02	34.55	50.55	66.55	70.55
UNIMI.03	57.75	73.75	89.75	93.75
A.18.01	43.15	59.15	75.15	79.15
UNIMI.01	45.46	61.46	77.46	81.46
UNIMI.04	54.32	70.32	86.32	90.32
UNIMI.05	62.61	78.61	94.61	98.61

EL 5 - Tabulati di calcolo delle pressioni calcolate in corrispondenza dei punti di utenza (P = 700 kPa)

ID ramo di chiusura	Utenze isolate dalla chiusura	Utenze in cui $P < P_{ser}$
<i>m-p_429-1</i>	50	44
<i>zc-n-1</i>	49	43
<i>zd-q-1</i>	49	43
<i>zb-zc-1</i>	49	43
<i>m-zb-1</i>	49	43
<i>za-q-1</i>	49	43
<i>za-n-1</i>	49	43
<i>p_428-zd-1</i>	49	43
<i>p_428-p_602-1</i>	28	23
<i>p_602-p_594-1</i>	22	19
<i>p_434-p_435-1</i>	16	13
<i>p_594-u-1</i>	16	13
<i>t-u-2</i>	16	13
<i>t-p_434-1</i>	16	13
<i>p_435-p_436-1</i>	14	11
<i>l-p_428-1</i>	21	20
<i>p_295-p_291-1</i>	16	15
<i>p_291-l-1</i>	16	15
<i>d-f-1</i>	15	14
<i>d-p_295-1</i>	15	14
<i>p_222-p_223-1</i>	1	1
<i>p_223-p_204-1</i>	1	1
<i>p_593-p_222-1</i>	1	1
<i>p_203-v-1</i>	1	1
<i>v-p_579-1</i>	1	1
<i>p_204-p_203-1</i>	1	1
<i>g-f-1</i>	9	9
<i>h-p_600-1</i>	8	8
<i>p_438-p_228-1</i>	4	3
<i>f-p_654-1</i>	6	5
<i>p_654-p_655-1</i>	6	5
<i>p_220-w-1</i>	5	3
<i>p_602-p_504-1</i>	6	4
<i>p_504-p_478-1</i>	6	4
<i>p_594-p_509-1</i>	6	6
<i>p_509-p_516-1</i>	6	6
<i>p_655-p_656-1</i>	5	4
<i>p_656-p_657-1</i>	5	4
<i>p_591-p_437-1</i>	3	2
<i>p_437-p_438-1</i>	3	2
<i>p_452-p_220-1</i>	3	1
<i>p_432-h-1</i>	4	4
<i>p_478-p_493-1</i>	4	2
<i>p_552-l-1</i>	5	5
<i>p_452-p_27-1</i>	2	0
<i>p_657-p_658-1</i>	3	2
<i>h-p_545-1</i>	4	4
<i>p_544-p_549-1</i>	4	4
<i>p_545-p_544-1</i>	4	4
<i>p_244-p_105-1</i>	3	1
<i>p_28-p_105-1</i>	3	1

EL 6 - Tabulati di calcolo relativi alla Critical Link Analysis (1/4)

ID ramo di chiusura	Utenze isolate dalla chiusura	Utenze in cui $P < P_{ser}$
<i>p_244-p_493-1</i>	3	1
<i>p_611-p_256-1</i>	1	1
<i>p_611-p_631-1</i>	1	1
<i>p_516-p_256-1</i>	1	1
<i>p_94-p_86-1</i>	2	2
<i>p_157-p_358-1</i>	2	2
<i>p_157-p_94-1</i>	2	2
<i>p_559-p_358-1</i>	2	2
<i>p_427-p_432-1</i>	2	2
<i>p_427-p_559-1</i>	2	2
<i>p_233-p_480-1</i>	1	1
<i>p_480-p_438-1</i>	1	1
<i>p_489-y-1</i>	3	3
<i>p_447-p_489-1</i>	3	3
<i>p_37-p_591-1</i>	2	1
<i>p_519-p_258-1</i>	5	5
<i>p_516-p_519-1</i>	5	5
<i>p_460-p_258-1</i>	5	5
<i>p_104-p_28-1</i>	2	0
<i>p_552-p_477-1</i>	2	2
<i>j-p_449-1</i>	2	2
<i>p_449-p_477-1</i>	2	2
<i>p_27-p_469-1</i>	1	0
<i>p_13-p_166-1</i>	1	1
<i>p_12-p_13-1</i>	1	1
<i>p_166-p_591-1</i>	1	1
<i>p_230-p_231-1</i>	1	1
<i>p_463-p_459-1</i>	1	1
<i>p_463-p_231-1</i>	1	1
<i>p_459-z-1</i>	1	1
<i>p_549-p_528-1</i>	2	2
<i>p_131-p_534-1</i>	2	1
<i>p_658-p_534-1</i>	2	1
<i>p_512-p_484-1</i>	1	0
<i>p_441-p_37-1</i>	1	0
<i>p_484-p_441-1</i>	1	0
<i>p_217-p_221-1</i>	2	2
<i>p_220-p_217-1</i>	2	2
<i>p_269-p_270-1</i>	1	1
<i>p_270-k-1</i>	1	1
<i>j-k-1</i>	1	1
<i>p_450-p_552-1</i>	3	3
<i>p_84-p_86-1</i>	1	1
<i>p_85-p_84-1</i>	1	1
<i>a-p_548-1</i>	2	2
<i>p_451-p_548-1</i>	2	2
<i>p_432-p_550-1</i>	2	2
<i>p_451-p_78-1</i>	2	2
<i>p_550-a-1</i>	2	2
<i>p_447-p_589-1</i>	2	2
<i>p_446-p_109-1</i>	2	2
<i>p_446-p_478-1</i>	2	2
<i>aa-p_468-1</i>	1	1

EL 6 - Tabulati di calcolo relativi alla Critical Link Analysis (2/4)

ID ramo di chiusura	Utenze isolate dalla chiusura	Utenze in cui $P < P_{ser}$
<i>p_448-p_468-1</i>	1	1
<i>p_114-p_115-1</i>	4	4
<i>p_114-p_612-1</i>	4	4
<i>p_612-p_460-1</i>	4	4
<i>p_589-p_473-1</i>	1	1
<i>p_577-p_473-1</i>	1	1
<i>p_657-p_309-1</i>	2	2
<i>p_26-p_25-1</i>	1	0
<i>p_25-p_27-1</i>	1	0
<i>p_493-p_510-1</i>	1	1
<i>p_130-p_131-1</i>	1	0
<i>p_455-p_475-1</i>	1	1
<i>p_598-p_50-1</i>	1	1
<i>p_50-p_115-1</i>	1	1
<i>p_325-xxx-1</i>	1	1
<i>p_86-p_325-1</i>	1	1
<i>p_61-p_154-1</i>	1	1
<i>xxx-p_61-1</i>	1	1
<i>b-p_309-1</i>	1	1
<i>p_124-p_125-1</i>	1	1
<i>p_125-p_549-1</i>	2	2
<i>p_485-p_447-1</i>	1	1
<i>p_584-p_452-1</i>	1	1
<i>p_11-p_450-1</i>	2	2
<i>p_528-p_260-1</i>	1	1
<i>p_260-p_650-1</i>	1	1
<i>p_650-p_653-1</i>	1	1
<i>p_142-p_129-1</i>	1	1
<i>p_131-p_142-1</i>	1	1
<i>p_129-p_617-1</i>	1	1
<i>p_634-p_617-1</i>	1	1
<i>p_472-p_450-1</i>	1	1
<i>p_585-s-1</i>	1	1
<i>p_109-p_585-1</i>	1	1
<i>p_31-p_30-1</i>	1	1
<i>p_30-p_28-1</i>	1	1
<i>p_108-p_109-1</i>	1	1
<i>p_37-p_38-1</i>	1	1
<i>p_619-p_332-1</i>	1	1
<i>p_78-p_619-1</i>	1	1
<i>p_476-p_456-1</i>	1	1
<i>xsxs-p_456-1</i>	1	1
<i>p_295-xsxs-1</i>	1	1
<i>p_9-p_11-1</i>	1	1
<i>p_10-p_9-1</i>	1	1
<i>p_169-p_11-1</i>	1	1
<i>p_168-p_169-1</i>	1	1
<i>p_194-p_554-1</i>	1	1
<i>p_221-p_194-1</i>	1	1
<i>p_309-c-1</i>	1	1
<i>p_19-p_18-1</i>	1	1

EL 6 - Tabulati di calcolo relativi alla Critical Link Analysis (3/4)

ID ramo di chiusura	Utenze isolate dalla chiusura	Utenze in cui $P < P_{ser}$
<i>p_18-p_589-1</i>	1	1
<i>p_115-p_48-1</i>	1	1
<i>p_595-p_48-1</i>	1	1
<i>p_542-p_297-1</i>	2	2
<i>p_116-p_53-1</i>	1	1
<i>p_53-p_117-1</i>	1	1
<i>p_115-p_542-1</i>	2	2
<i>p_297-p_116-1</i>	2	2
<i>p_435-p_252-1</i>	2	2
<i>p_525-p_498-1</i>	1	1
<i>p_498-p_502-1</i>	1	1
<i>p_252-p_502-1</i>	2	2
<i>p_255-p_173-1</i>	1	1
<i>p_173-p_603-1</i>	1	1
<i>p_513-p_525-1</i>	1	1
<i>p_461-p_513-1</i>	1	1
<i>p_174-p_255-1</i>	1	1
<i>p_461-p_174-1</i>	1	1
<i>p_125-i-1</i>	1	1
<i>p_251-p_583-1</i>	1	1
<i>p_467-p_251-1</i>	1	1
<i>p_187-p_189-1</i>	1	1
<i>p_299-p_187-1</i>	1	1
<i>p_189-p_185-1</i>	1	1
<i>p_583-p_1-1</i>	1	1
<i>p_184-p_185-1</i>	1	1
<i>p_338-p_339-1</i>	1	1
<i>p_116-p_299-1</i>	1	1
<i>i-p_340-1</i>	1	1
<i>p_502-p_467-1</i>	1	1
<i>p_340-p_338-1</i>	1	1

EL 6 - Tabulati di calcolo relativi alla Critical Link Analysis (4/4)



EL 7 - Planimetria della rete – ID nodi



EL 8 - Planimetria della rete – ID utenze

A valle della soluzione ottimale proposta, la rete schematizzata risulta costituita dai seguenti diametri esterni:

Dext SP [mm]	L [m]
25	841.56
32	1039.4
40	376.18
50	1587.04
63	239.33
75	1970.62
90	865.71
110	1258.63
125	94.56
140	533.37
160	157.83
180	50
200	12.77
250	38.03
300	66.41
315	1342.29
400	269.65
L_{tot} rete [m]	10'743.38

Tabella 3 – Tipologie di diametri in stato di fatto (SP) e lunghezze totali associate.

2.6.2 Resilienza della rete

Il concetto di resilienza è stato introdotto da Todini (2000) e rappresenta un'indicazione della robustezza di una rete.

L'indice rappresenta il rapporto tra la potenza totale residua, che non è dissipata dalla rete, e la potenza disponibile per erogare le portate di progetto Q_j^* , sotto i carichi minimi di progetto H_j^* .

$$I_r = \frac{P_{OUT}^* - P_{OUT}^{min}}{P_{IN} - P_{OUT}^{min}} = \frac{\sum_{j=1}^N Q_j^* H_j - \sum_{j=1}^N Q_j^* H_j^*}{\sum_{j=1}^{N_R} Q_{R,i}^* H_{R,i} - \sum_{j=1}^N Q_j^* H_j^*}$$

Nell'equazione:

- P_{OUT}^* rappresenta la potenza associata con l'erogazione delle portate calcolate ai nodi N della rete sotto i carichi calcolati H_j
- P_{OUT}^{min} è il valore assoluto della stessa quantità considerando che le domande di progetto siano erogate sotto un carico ai nodi esattamente uguale a quello di progetto H_j^*
- P_{IN} è la potenza totale immessa nella rete associata alle portate $Q_{R,i}^*$ fornite da N_R serbatoi con carico $H_{R,i}$.

L'indice di resilienza è compreso nell'intervallo $[0,1]$, se le condizioni di progetto sono soddisfatte, l'indice rappresenta l'ammontare residuo di potenza nominale disponibile che può consentire alla rete di funzionare adeguatamente anche in condizioni di stress, come la rottura di una o più tubazioni oppure il presentarsi di picchi imprevisti di domanda ai nodi.

L'indice di resilienza può essere calcolato anche per le situazioni in cui le condizioni di progetto non sono soddisfatte: in questi casi l'indice di resilienza può assumere valori negativi.

L'indice di resilienza della rete in esame è pari a $I_r = 0.66$ e pertanto presenta un buon grado di robustezza.

2.6.3 Critical Link Analysis (CLA)

Il software Infoworks WS permette di effettuare in maniera automatica la verifica alla rottura della rete, simulando la rottura (chiusura) di uno o più tronchi in successione e salvare i risultati in un file di report.

La simulazione può essere effettuata selezionando un tronco per volta o un gruppo di tronchi per volta (*Isolation Area*). Lanciando una simulazione CLA, le variabili nodali di interesse sono confrontate con dei valori di soglia (*Criteria*) relativi ad uno specifico livello di servizio. Tali criteri possono essere definiti direttamente dalla finestra di simulazione prima di lanciare l'analisi.

I casi in cui non è soddisfatto un livello di servizio possono essere così riassunti:

- La pressione scende al di sotto di un valore limite inferiore per una certa durata
- La pressione sale al di sopra di un valore limite superiore per una certa durata
- Il rapporto domanda nominale/attuale scende al di sotto del medesimo rapporto specificato nel campo Demand Efficiency
- La riduzione della domanda supera una prefissata percentuale
- L'incremento e il decremento di pressione superano una certa soglia.

Inserendo la pressione minima richiesta ad erogare il servizio (450 kPa) e la pressione massima di 700 kPa è stato possibile determinare il numero di utenze non servite per effetto della chiusura di un tratto di rete per volta. Come si evince, infatti, dall' **EL 6**, trascurando la situazione peggiore corrispondente alla rottura di uno dei tratti di rete appartenenti alla condotta alimentatrice, è possibile osservare l'intera risposta del sistema nelle condizioni di fallanza ipotizzate.

2.6.4 Interventi di massima di adeguamento funzionale rete

Gli elaborati grafici in **EL 1** mostrano il comportamento della rete in stato di progetto per diversi livelli di pressurizzazione partendo dalla condizione di esercizio attuale (700 kPa) e procedendo verso n.3 livelli di pressione in ingresso decrescenti con lo scopo di evidenziare le zone critiche della rete.

Dall'elaborato grafico in **EL 1a**, riguardante la condizione di pressurizzazione attualmente in esercizio, la pressione minima registrata ai nodi della rete risulta essere 61.09 m, dunque maggiore di 45 m e pertanto ritenuta sufficiente ad erogare il servizio.

Dagli elaborati grafici in **EL 1b-1d** è possibile constatare che le aree più sensibili sono molto limitate e si concentrano in porzioni ridotte della rete localizzate ad Ovest, al Centro e a Nord-Est.

Dai risultati in **EL 5**, è tuttavia possibile riscontrare una pressione minima calcolata di 38.96 m in corrispondenza dell'utenza A.11.04 (zona centrale della rete). Sebbene tale valore di pressione possa essere ritenuto sufficiente al raggiungimento dell'obiettivo, è opportuno tenere conto della quota effettiva del piano di gronda del futuro edificio.

Tale criticità risulta essenzialmente associata al diametro della tubazione a servizio dell'utenza A.11.04 (De25 di lunghezza pari a 5 m). Essendo una tubazione di allaccio, di lunghezza limitata e non significativa ai fini del comportamento globale della rete, è stata ricalcolata la pressione nel medesimo nodo potenziando la condotta originaria con un De40 ottenendo un valore di circa 58.8 m.

ID Utenza	Diametro allaccio [mm]	Pressione calcolata [m]
A.11.04	25	38.96
	40	58.84

Tabella 4 – Soluzione proposta per potenziamento della tubazione di allaccio all'utenza A.11.04.

Per completezza, si riporta in Tabella 5 un'indicazione sul campo di velocità in rete e sui vincoli in condotta. Come accennato, l'obiettivo principale è garantire un'adeguata pressione su ogni piano di gronda degli edifici affinché anche l'utenza più sfavorita possa usufruire dell'adeguata quantità di acqua con erogazione "a getto vivo".

Il rispetto dei limiti di velocità è, pertanto, un obiettivo secondario in quanto dipende da numerosi fattori. In questo caso, ad esempio, la presenza di una rete principale esistente e l'esigenza di uniformare il più possibile i diametri sulla base dell'esistente consentono di soddisfare i vincoli sulle velocità solamente su una parte dei tratti costituenti la rete.

Per una visione globale dei campi di velocità in rete si faccia riferimento all' **EL 2**.

	V (m/s) > 2.5	V (m/s) < 0.5	0.5 < V (m/s) < 2.5
N° elementi	23	314	96
% sul totale	5%	73%	22%

Tabella 5 – Soddisfacimento dei vincoli di velocità sugli elementi lineari.

2.7 Conclusioni

La rete di acqua potabile esistente risulta per la maggior parte adeguata a soddisfare i futuri consumi richiesti a seguito dell'attuazione del PII.

Sono comunque necessari alcuni minimi interventi finalizzati al potenziamento di alcune tratte esistenti, mentre la maggior parte dei nuovi interventi risulta necessaria per garantire il collegamento funzionale dei tratti interferiti dalla nuova disposizione planimetrica dei Lotti prevista dal PII.

Sulla base delle analisi di larga massima condotte, risulta necessario infatti intervenire su una minima parte della rete, per una lunghezza totale inferiore al 15% della estensione complessiva della rete esistente.

Di seguito si riporta un estratto planimetrico con indicazione in rosso degli interventi individuati.



Figura 16 – Planimetria di stato di progetto della rete.

3. RETE ACQUE METEORICHE E CANALE PERIMETRALE

3.1 Premessa

Il nuovo piano di intervento prevede di riutilizzare per quanto possibile la rete bianca esistente utilizzata durante l'evento EXPO per la raccolta e lo smaltimento delle acque di pioggia, costituita da una rete di tubazioni ed un canale di recapito perimetrale con funzione di invaso.

Le acque meteoriche saranno convogliate attraverso rete dedicata nel Canale perimetrale: le acque di prima pioggia provenienti da strade e piazzali saranno sottoposte ad un trattamento di disoleazione preventivamente allo scarico.

La strategia prevista dal piano di rigenerazione urbana per la minimizzazione dei volumi di acque meteoriche prevede la diminuzione delle quantità di deflusso superficiale mediante lo sviluppo di un piano attento di gestione della risorsa stessa, mediante il riutilizzo per fini di annaffiamento delle aree verdi, il riutilizzo all'interno degli edifici in accordo ai requisiti LEED e l'inserimento di tetti verdi sulle coperture degli edifici.

In generale il piano di intervento garantirà che le acque reflue non determinino riduzioni della qualità delle acque superficiali tali da compromettere gli usi e l'idoneità ecologica dei recettori e che le portate in uscita dal sito espositivo non determinino criticità di ordine idraulico a carico dei corpi recettori.

Per la verifica e il dimensionamento della rete, data la particolare complessità sia della rete sia del "sistema canale" di recapito, è risultato necessario ricostruire la rete ed il canale tramite un sofisticato modello di simulazione idraulica.

Le verifiche idrauliche delle opere da progettare si sono basate sulla definizione preliminare delle portate caratteristiche del bacino; a favore di sicurezza nel calcolo non sono state considerate le strategie previste per la minimizzazione dei volumi, in particolare il riutilizzo ai fini di annaffiamento aree verdi e il riutilizzo all'interno degli edifici.

3.2 Descrizione rete esistente

Di seguito è sinteticamente descritta la rete delle acque bianche ed il relativo funzionamento.

La rete per le acque bianche raccoglie tutti i contributi di pioggia provenienti dalle superfici impermeabili interne al sito (strade, piazzali e coperture) ed ha come unico recapito il canale perimetrale del sito che svolge anche l'importante funzione di vasca di laminazione.

In base alla configurazione plano-altimetrica del sito, la rete di drenaggio delle acque meteoriche è stata costruita come un reticolo di tubazioni disposte a pettine lungo i percorsi secondari con pendenza pari a quella del terreno di progetto.

Poiché le quote di progetto del piano stradale della Piastra degradano, concordemente col terreno, lungo il Decumano con una pendenza media dello 0.4% in direzione NW - SE, mentre i percorsi secondari discendono verso il canale a partire dall'asse del boulevard centrale con pendenza uniforme pari allo 0.2%, le livellette delle tubazioni per le acque meteoriche sono state per quanto possibile mantenute parallele al piano campagna.

Questo ha permesso di avere profondità di posa ridotte che assicurano lo scarico a gravità nel canale.

Al fine di garantire un'elevata qualità delle acque scaricate, a monte di ogni immissione nel canale è previsto uno scolmatore in grado di separare le acque di prima pioggia che verranno trattate in continuo tramite manufatti disoleatori/dissabbiatori dotati di filtri a coalescenza in grado di trattenere eventuali oli sversati.

Le acque di prima pioggia, dopo il trattamento di disoleazione, sono inviate alle vasche di fitodepurazione per ottenere un ulteriore miglioramento qualitativo delle acque scaricate.

Il progetto prevede di riutilizzare il canale che si sviluppa lungo il perimetro dell'area che a sua volta deriva l'approvvigionamento dell'acqua dal sistema irriguo alimentato dal canale Villoresi, alimentato dalle acque del fiume Ticino. Il canale del Sito è parte integrante del più generale sistema del Consorzio Villoresi diventando un tratto di collegamento secondario che costituisce la spina dorsale del progetto della Via d'Acqua nel suo tratto nord a riconnessione con il Parco delle Groane con il sistema ciclabile lungo il Canale Villoresi.

Sfruttando la morfologia altimetrica del Sito, il canale è costituito da una sequenza di bacini poco profondi regolati da briglie; le briglie sono costituite da sbarramenti in c.a. con aperture di opportuna larghezza regolate da paratoie manuali per regolarne il flusso anche in eventuali situazioni di emergenza che ne richiedano la compartimentazione.

L'adacquamento pari a $2 \text{ m}^3/\text{s}$ avviene nella parte nord-ovest del Sito espositivo, immettendo l'acqua in due rami, quello a Nord (il secondario) che convoglia circa $1,5 \text{ mc/s}$ e quello a Sud che convoglia circa $0,5 \text{ mc/s}$.

Mentre quest'ultimo si riconnette al primo più a valle in corrispondenza dell'edificio delle Poste Italiane, il primo prosegue verso Sud distaccando un nuovo ramo e attraversando il Decumano, fino ad arrivare al punto di recapito delle acque posto a Sud-Est, dove tramite un canale di scarico sotterraneo collega il sito al recapito finale.

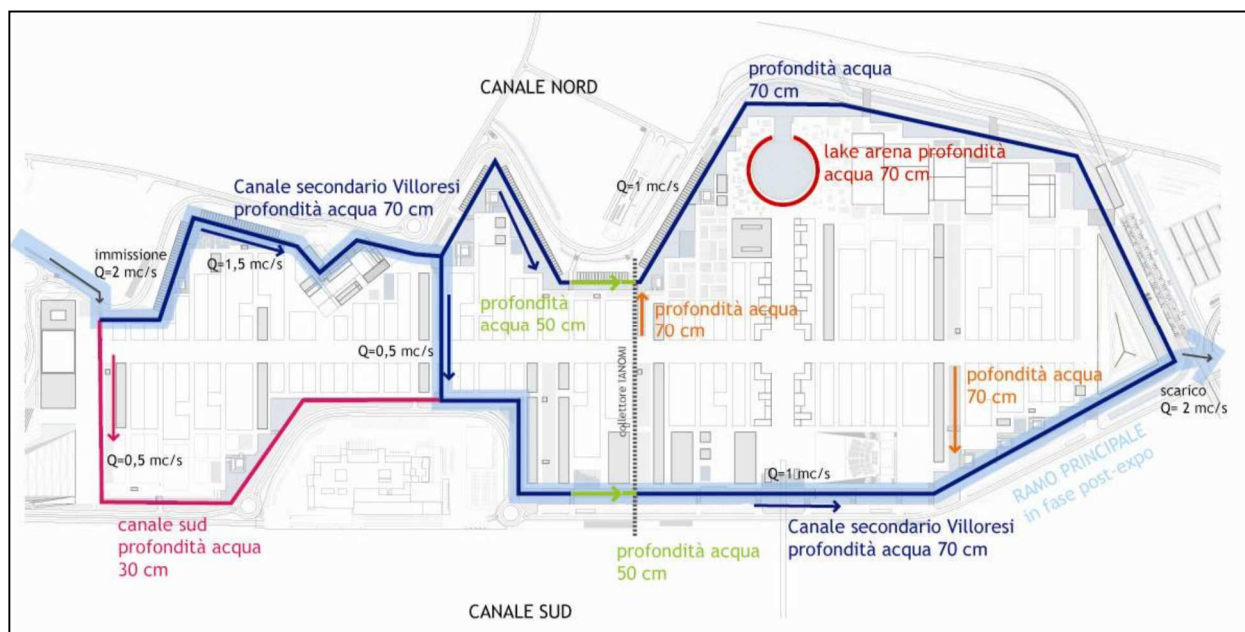


Figura 17 Schema planimetrico del funzionamento del canale perimetrale durante EXPO

3.3 Descrizione canale perimetrale e relativo funzionamento in tempo di pioggia

Il canale perimetrale del sito è caratterizzato da sezioni, di larghezza estremamente variabile, classificabili sostanzialmente tramite tre tipologie:

- Rettangolari con muri verticali in c.a. gettato in opera;
- Trapezie con una parete verticale in c.a. ed una inclinata con pendenza 3/1 in terra;
- Trapezie con sponde inclinate 1/1 in c.a. gettato in opera.

In più punti la geometria appena descritta è di fatto variata da scalinate o rampe di accesso all'acqua, anch'esse realizzate in c.a.

La lunghezza complessiva del canale perimetrale è di circa 4.4 km a cui si aggiungono le "darsene" interne che portano ad uno sviluppo complessivo di circa 5,0 km, con una superficie complessiva dello specchio liquido pari a circa 79.000 mq.

I dati riportati sono comprensivi delle future modifiche al sistema attuale in seguito sia all'intervento previsto per la realizzazione della struttura sanitaria Galeazzi, come meglio illustrato di seguito, sia dei nuovi tratti di canale/darsene previsti dal PII.

Il progetto del nuovo Ospedale prevede infatti la realizzazione di un edificio composto da differenti corpi fabbrica con coperture ad altezze differenti, le centrali impiantistiche in prossimità della Cascina Triulza, un parcheggio a due piani (di cui uno a raso ed uno interrato) a Nord rispetto al fabbricato dell'Ospedale.

Il layout di progetto prevede l'occupazione della zona perimetrale con la conseguente interferenza con il canale, comportando quindi la modifica del tracciato del canale perimetrale nel tratto compreso tra l'ingresso Ovest e cascina Triulza, con la ricostruzione del canale, in parte tombinato, a sud dell'edificio.

Il canale funziona idraulicamente come una serie di bacini a cascata regolati da paratoie manuali e soglie di fondo rimovibili, che s'influenzano vicendevolmente: ogni bacino, scaricando in quello che gli sta a valle, ne determina in gran parte la portata defluente (sia in tempo di magra che in tempo di pioggia), ma nello stesso tempo, poiché in molti casi i salti di fondo sono contenuti in poche decine di centimetri, il livello del bacino di valle può influenzare il battente in corrispondenza della paratoia di monte e quindi limitarne la portata defluente.

A tutto questo va aggiunta, in tempo di pioggia, l'immissione di portate provenienti dalla rete per le acque bianche, variabili nel tempo e differenti per ogni singolo bacino (dipendenti ovviamente della superficie drenata da ogni singolo terminale di fognatura bianca).

In tempo di pioggia la rete EXPO era stata verificata in modo tale che l'innalzamento del pelo libero del canale, come conseguenza degli apporti meteorici, rimanesse contenuto nel franco disponibile tra la quota dell'acqua in tempo di magra e il piano stradale e che il valore della portata scaricata nella "Via d'acqua" non eccedesse il limite di 2.700 l/s imposto dalle condizioni di valle.

Il recapito terminale di tutte le acque del canale è il canale secondario Villoresi esistente e ad oggi sottopassante l'autostrada A4 parallelamente al cavalcavia di via Stephenson con un manufatto scatolare di sezione 150x150 cm.

La portata massima di circa 2.700 l/s è risultata la massima compatibile con le condizioni al contorno di valle ed in particolare con la capacità del manufatto di sottopasso della linea ferroviaria Milano – Torino.

Per le motivazioni sopra esposte il progetto della rete bianca a servizio del nuovo piano di intervento prevede il rispetto dell'attuale limite di scarico in tempo di pioggia. Si tenga inoltre presente che le simulazioni idrauliche effettuate per il dimensionamento della rete sopra citata sono state effettuate in accordo con i criteri di invarianza idrologica ed idraulica del nuovo Regolamento regionale 23 novembre

2017 - n. 7, ipotizzando lo scenario più gravoso quindi senza possibilità di infiltrare le portate nel sottosuolo.

3.4 Regolamento Regionale 23 novembre 2017 – n.7 relativo all'invarianza idraulica

I criteri adottati per il dimensionamento del sistema di drenaggio delle acque meteoriche sono conformi al nuovo Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7 “Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)”.

Il citato regolamento definisce criteri e metodi al fine di perseguire l’invarianza idraulica e idrologica delle trasformazioni d’uso del suolo e di conseguire, tramite la separazione e gestione locale delle acque meteoriche a monte dei ricettori, la riduzione quantitativa dei deflussi, il progressivo riequilibrio del regime idrologico e idraulico e la conseguente attenuazione del rischio idraulico, nonché la riduzione dell’impatto inquinante sui corpi idrici ricettori.

Il terzo articolo del Regolamento Regionale definisce quali progetti sono oggetto delle norme prescritte come segue:

- Gli interventi tenuti al rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica sono quelli di cui all’articolo 58 bis, comma 2, della l.r. 12/2005, come meglio specificato all’allegato A del R.R 7/17;
- Nell’ambito degli interventi edilizi di cui all’articolo 3, comma 1, lettere d), e) ed f), del decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 (Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia) sono soggetti ai requisiti di invarianza idraulica e idrologica ai sensi del presente regolamento gli interventi di:
 - a) nuova costruzione, compresi gli ampliamenti;
 - b) demolizione, totale o parziale fino al piano terra, e ricostruzione indipendentemente dalla modifica o dal mantenimento della superficie edificata preesistente;
 - c) ristrutturazione urbanistica comportanti un ampliamento della superficie edificata o una variazione della permeabilità rispetto alla condizione preesistente all’urbanizzazione.

L’intervento in esame trattandosi di una rigenerazione urbanistica rientra nell’ambito di applicazione del Regolamento.

La gestione pluviale deve essere effettuata dove possibile mediante sistemi che garantiscono l’infiltrazione, l’evapotraspirazione e il riuso. L’ordine di priorità di smaltimento dei volumi infatti si articola come:

1. Riuso dei volumi stoccati in funzione dei vincoli di qualità e delle effettive possibilità;
2. Infiltrazione nel sottosuolo compatibilmente con le indicazioni contenute nel PGT;
3. Scarico in corpo idrico superficiale (rispettando i limiti di portata art.8);
4. Scarico in fognatura (rispettando i limiti di portata art.8).

Il nuovo piano di intervento prevede il riutilizzo della rete esistente e quindi manterrà la medesima soluzione individuata durante EXPO e utilizzando il medesimo recapito al canale gestito dal Consorzio di Bonifica Est Ticino Villoresi.

Tutto ciò in considerazione del fatto che il PII non può assumere oggi uno schema definitivo, bensì contiene un certo grado di flessibilità e pertanto le disposizioni del RR7/2017 verranno indagate con maggior dettaglio al momento della progettazione definitiva vera propria dei sistemi di smaltimento delle acque meteoriche.

Tali sistemi dovranno quindi ottemperare alla normativa vigente regionale preferendo sistemi di infiltrazione, ad oggi perciò lo scenario senza possibilità di infiltrare le portate nel sottosuolo sopra descritto ha solo la finalità di verificare la sostenibilità a livello globale del PII”

All'interno del Regolamento Regionale i comuni regionali sono stati suddivisi in tre fasce a differente livello di criticità idraulica (Area A, Area B e Area C), in base cioè al livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori.

- Area A, ad alta criticità idraulica;
- Area B, a media criticità idraulica;
- Area C, a bassa criticità idraulica.

L'area considerata nel caso in esame (comune di Milano, comune di Rho) ricade all'interno della zona A ad alta criticità idraulica (vedi stralcio dell'Allegato C al R.R. 7/17, Figura seguente).

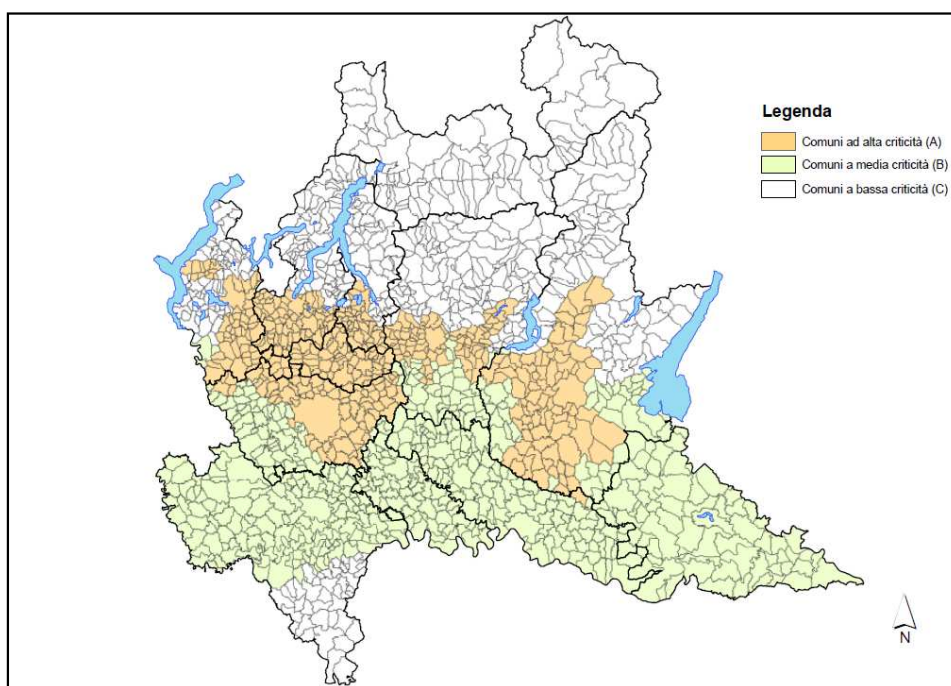


Figura 18 – Classificazione criticità comuni Lombardia

Gli scarichi nel ricettore sono limitati mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore stesso e comunque entro i seguenti valori massimi ammissibili (ulim):

- per le aree A, ad alta criticità idraulica: 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;

L'area oggetto di intervento, soggetta a verifica di invarianza, è di fatto tutta l'area compresa all'interno del canale perimetrale del sito MIND lungo i lati nord, est e sud mentre sul lato ovest coincide con il confine interno della viabilità del Loop.

Per quanto riguarda le aree esterne al canale perimetrale, in particolare per il Loop, il PII prevede unicamente alcuni minimi adeguamenti che non comportano alcuna modifica sostanziale delle aree esistenti.

Per la stima della superficie scolante impermeabile interessata dall'intervento, si adottano i seguenti valori del coefficiente di deflusso:

- pari a 1 per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture, tetti verdi e giardini pensili sovrapposti a solette comunque costituite e pavimentazioni continue quali strade, vialetti, parcheggi;
- pari a 0,7 per le pavimentazioni drenanti o semipermeabili, quali strade, vialetti, parcheggi;
- pari a 0,3 per le sotto-aree permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo.

Per quanto riguarda la definizione delle piogge di progetto che andranno a sollecitare la rete, il Regolamento, nel suo allegato G, suggerisce di fare riferimento ai dati idrologici disponibili sul sito di ARPA Lombardia. Per una trattazione specifica di tale argomento, si rimanda al capitolo 3.6 della presente relazione.

3.5 Descrizione del modello idraulico

3.5.1 Modello matematico Infoworks ICM

Il modello idraulico della rete in progetto (rete bianca e canali perimetrali esterni) è stato realizzato tramite l'utilizzo del programma Infoworks ICM, prodotto e commercializzato dalla società Innovyze.

Il programma Infoworks è uno strumento completo per la verifica e la simulazione delle reti fognarie, che permette di esaminare in modo approfondito sistemi di drenaggio comunque complessi, utilizzando algoritmi di calcolo, basati su ipotesi di analisi idrauliche verificate sia a livello teorico in sedi universitarie, sia in numerose applicazioni pratiche in tutto il mondo.

Attraverso di esso, è possibile esaminare la planimetria dell'intera rete, ricavando in modo istantaneo le caratteristiche delle tubazioni quali lunghezza, pendenza e capacità di smaltimento.

Dopo aver effettuato una simulazione di funzionamento idraulico, è possibile individuare le zone con allagamenti, visualizzare i profili longitudinali con i livelli reali, avere indicazione delle portate transitanti in un certo istante.

In pratica, quindi, è possibile visualizzare ogni aspetto del fenomeno idraulico, esaminandolo sia da un punto di vista matematico che da un punto di vista essenzialmente pratico e gestionale.

Il programma permette la visualizzazione a vista, la stampa e l'esportazione in diversi formati della planimetria della rete fognaria e dei tratti fluviali, indicando, dopo aver effettuato una simulazione, gli eventuali collettori insufficienti, quelli rigurgitati e i nodi (pozzetti) dai quali è prevedibile una fuoriuscita di acqua. Per quanto riguarda i tratti fluviali, è possibile invece valutare i livelli idrici all'interno del corso d'acqua, effettuando dei confronti con le quote arginali e quindi valutare i franchi idraulici ed eventuali fenomeni di allagamento.

Di tutte le simulazioni e i tentativi effettuati, è possibile tenere traccia tramite un elenco di dati che si possono richiedere e valutare in ogni momento, permettendo di scegliere di volta in volta le condizioni operative più adatte al caso reale e di effettuare confronti.

Il programma Infoworks appartiene alla categoria dei modelli di simulazione "distribuiti" e "fisicamente basati" ossia permette la schematizzazione in modo dettagliato della rete utilizzando procedure che descrivono la realtà fisica di fenomeni idraulici.

La schematizzazione del fenomeno idraulico di trasformazione da afflussi meteorici a deflussi nella sezione di chiusura del bacino fognario considerato, è generalmente suddivisa nelle seguenti tre fasi distinte: depurazione delle piogge dalle perdite idrologiche, trasformazione della pioggia netta in deflusso in fognatura ("runoff"), propagazione delle portate in rete.

Nella applicazione concreta del programma, per le suddette tre fasi si sono seguiti i seguenti criteri operativi:

- a. *depurazione delle piogge dalle perdite idrologiche*: la trasformazione da piogge lorde a piogge nette, può essere effettuata con diversi modelli, a seconda della tipologia del bacino e del grado di conoscenza dei parametri che influenzano tale fenomeno.

In questa sede si è optato per l'utilizzo del metodo "percentuale" che, pur non essendo complesso come i metodi di Horton o dell'SCS - CN, permette una buona rappresentazione del fenomeno stesso semplificando la successiva fase di taratura;

- b. *trasformazione della pioggia netta in deflusso in fognatura*: Le superfici contribuenti vengono tipicamente divise dal programma in "superfici pavimentate" (strade e piazzali lastricati), "superfici coperte" (tetti e coperture degli edifici) e "superfici permeabili" (aree a verde).

Ad ognuna di tali superfici è possibile associare un coefficiente di impermeabilità IMP.

Inoltre, ciascuna superficie viene schematizzata come una serie di serbatoi in cascata (lineari o non lineari), ai quali è possibile assegnare differenti costanti di invaso k ; il deflusso su ciascuna superficie può quindi essere calcolato dal programma in quattro diversi modi, che differiscono tra loro per la tipologia ed il numero di serbatoi e per le procedure di definizione delle costanti di invaso, permettendo all'operatore di scegliere, di volta in volta, il metodo più idoneo.

Nel caso in studio, il metodo che si è utilizzato è quello consigliato dalla "Wallingford procedure" per bacini urbani di piccola estensione, quali sono appunto quelli del caso in analisi; il metodo schematizza le superfici suddette ciascuna come due serbatoi lineari in cascata, aventi costante di invaso dipendente dalle caratteristiche del bacino e della pioggia.

I due serbatoi sono applicati in serie per ogni superficie individuata tramite una relazione equivalente in uscita da ciascun serbatoio.

La relazione è data da:

$$s = k q$$

con q portata in uscita ed s sollecitazione in ingresso al serbatoio con $k = C i^{*-0.39}$ nella quale $i^* = 0.5 (1 + i_{10})$ con i_{10} intensità media di pioggia nei 10 minuti precedenti di precipitazione.

La combinazione delle due relazioni valide per i due serbatoi schematizzati unite all'equazione di continuità ha come risultato un'equazione differenziale del secondo ordine del tipo:

$$k^2 (d^2 q / dt^2) + 2k (dq / dt) + q = i_n$$

proposta per la prima volta da Sarginson e Nussey per i bacini urbani dell'Inghilterra, poi adattata per i bacini urbani francesi e tedeschi.

La relazione che lega il parametro C alle caratteristiche dei bacini considerati è data da:

$$C = 0,117 \times S^{-0.13} \times A^{0.24}$$

dove:

$$I = 0,5 \times (1 + i_{10})$$

S è la pendenza del bacino, in [m/m]; A è l'area del bacino, in [m²]; i è l'intensità media di pioggia nei 10 minuti precedenti l'istante considerato.

- c. *propagazione delle portate in rete*: il programma utilizza la schematizzazione dinamica delle equazioni differenziali di De Saint Venant che, richiedendo le condizioni al contorno sia a monte che a valle, permette, tra l'altro, di considerare anche gli "effetti di rigurgito".

Il moto idraulico all'interno degli elementi monodimensionali che lavorano a pelo libero (sia le tratte fluviali aperte o tubazioni) viene risolto con l'integrazione delle equazioni di De Saint Venant (conservazione del momento e della massa).

Le equazioni sono le seguenti:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

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

ove:

- A area bagnata del condotto;
- Q portata;
- x distanza lungo l'asse del condotto;
- t tempo;
- g costante gravitazionale;
- H carico idraulico totale dato da $z+h$;
- z quota dello scorrimento;
- h livello idrico;
- S_f cadente piezometrica.

In particolare, la (1) è l'equazione di continuità in moto vario in assenza di afflussi e deflussi laterali, la (2) è l'equazione del momento della quantità di moto; quest'ultima può essere scritta in più forme, in funzione della scelta delle variabili dipendenti. La cadente piezometrica viene computata con varie possibili metodologie (a scelta dell'utente): in InfoWorks sono infatti disponibili le equazioni di Colebrook-White, Manning e Strickler.

Per poter essere integrate queste equazioni devono essere opportunamente semplificate e linearizzate in modo tale che il sistema di equazioni possa essere risolto con la teoria delle matrici. Lo schema di linearizzazione usato da InfoWorks ICM è quello dei 4 punti di Priessmann mentre il risolutore adottato è quello di Newton-Raphson.

Si noti che la metodologia di calcolo a moto vario è in grado di tener conto anche dei volumi in gioco e quindi di tener conto delle attenuazioni dell'onda di piena quando questa riempie dei volumi disponibili in alveo, nelle condotte di qualsiasi diametro o in vere e proprie vasche di espansione opportunamente rappresentate nel modello.

3.5.2 Schematizzazione della rete e del canale perimetrale e costruzione del modello

La costruzione del modello matematico è stata effettuata a partire dai dati geometrici disponibili della rete, relativi alle camerette, ai condotti e ai manufatti speciali realizzati; in particolare:

PSR_AB_IMP_M_PL_0003 – Planimetria rete acque meteoriche.

Si specifica che i dati riportati sugli elaborati si riferiscono al progetto approvato e non agli elaborati “*as built*” della rete e pertanto gli stessi potrebbero non trovare esatta corrispondenza con quanto effettivamente realizzato.

Più in dettaglio, per costruire il modello, sono state condotte le seguenti quattro fasi operative:

1. Inserimento nel modello delle informazioni relative alla rete di drenaggio e al canale perimetrale

Per quanto riguarda la rete di drenaggio, le informazioni di interesse inserite nel modello sono: coordinate geografiche assolute delle camerette, quota assoluta del chiusino, dimensioni della cameretta e geometria dei condotti allacciati alla stessa cameretta, oltre ovviamente ai punti di connessione fra la rete stessa e i canali di drenaggio esterni.

I canali perimetrali, invece, sono stati modellati inserendo opportunamente una serie di sezioni idrauliche, al fine di individuare correttamente l’andamento planimetrico del canale stesso, oltre alle variazioni di sezione di deflusso e quota del fondo alveo (in corrispondenza ad esempio di paratoie regolabili o salti di fondo).

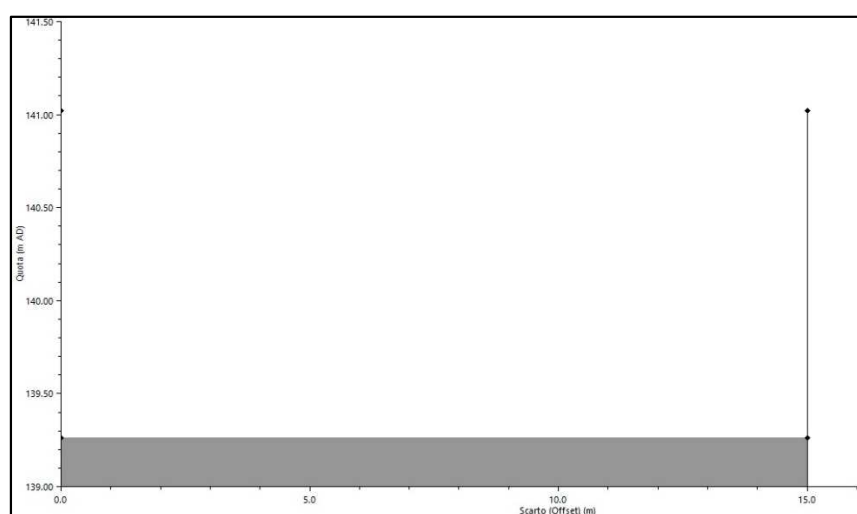


Figura 19 - Esempio sezione rettangolare inserita nel modello, relativa al canale perimetrale nord

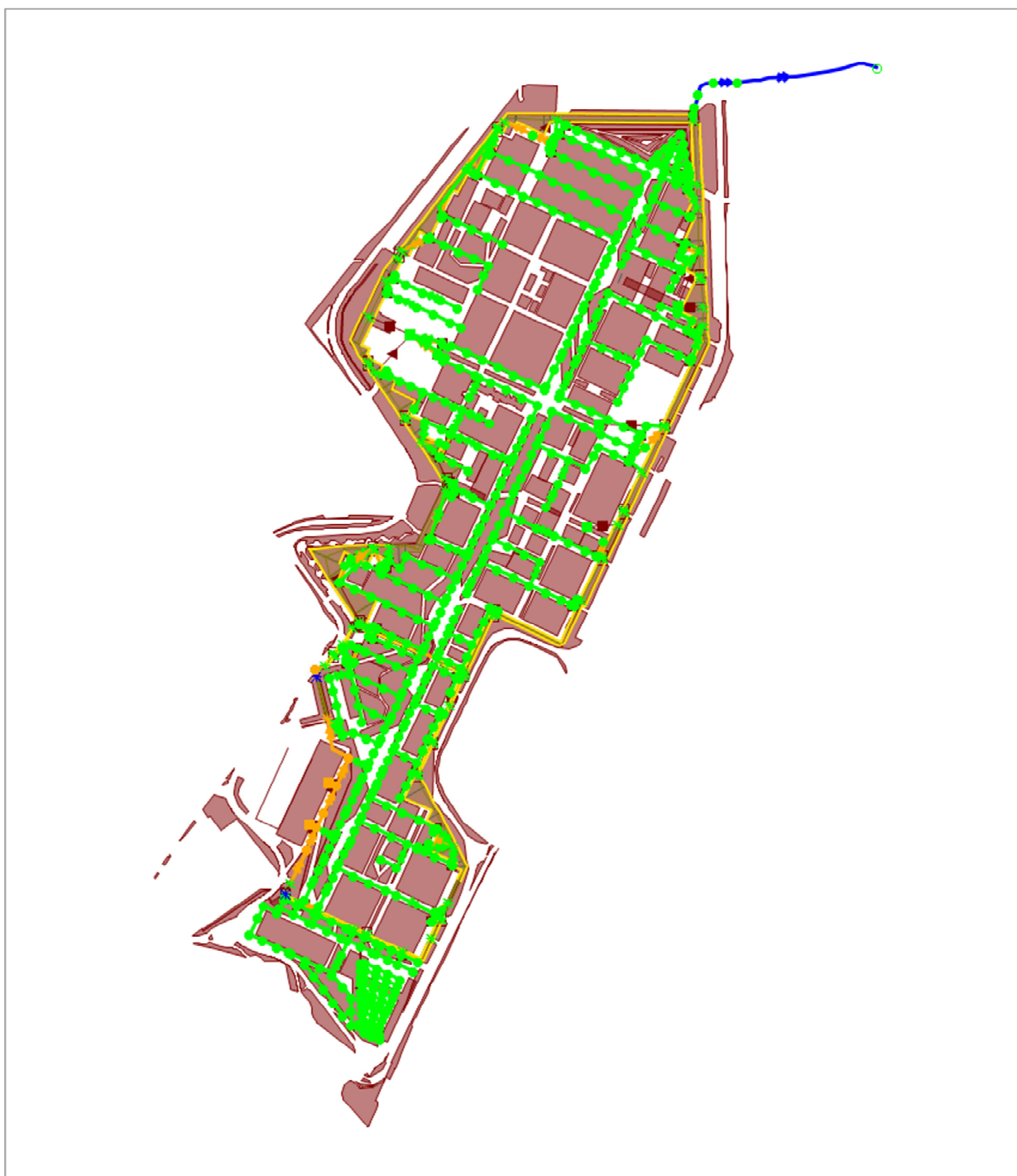


Figura 20 – Planimetria di progetto rete acque bianche implementata in Infoworks.

2. Inserimento nel modello delle informazioni relative i manufatti particolari (stazioni di sollevamento, paratoie, vasche, ecc.)

In questa fase si è provveduto ad inserire nel modello della rete le informazioni relative ai manufatti particolari presenti lungo la rete, completando così la definizione infrastrutturale della rete di drenaggio.

In particolare, sono stati inseriti i dati delle stazioni di sollevamento, con indicate le quote assolute di accensione e spegnimento e le portate sollevate dalle stesse, e delle paratoie (con indicate le dimensioni delle aperture, i livelli di scorrimento e i coefficienti di deflusso).

3. Inserimento nel modello delle informazioni relative ai bacini scolanti

L'ultima operazione da eseguire prima di effettuare le simulazioni riguarda l'inserimento nel modello dei bacini scolanti, all'interno dei quali verrà implementato l'evento di pioggia di progetto che andrà a sollecitare la rete di drenaggio e quindi i canali perimetrali.

Come detto, il metodo utilizzato per la definizione della trasformazione afflussi-deflussi è quello percentuale.

All'interno di ogni bacino, quindi, si sono definite diverse superfici omogenee caratterizzate da differenti coefficienti di afflusso j , determinati in accordo al nuovo Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7. In particolare, è stato assunto un coefficiente pari a 1 per le strade, coperture e tetti a verde, e 0,3 per aree a verde. Tali tipologie di aree sono state ricavate basandosi direttamente sul nuovo piano di intervento.

Tramite il modello matematico è stato così possibile fissare per ciascun sottobacino la percentuale di superficie coperta da strade, tetti e aree a verde, migliorando sensibilmente il calcolo del coefficiente di afflusso.

Come già detto in premessa sono stati analizzati diversi scenari riportando le verifiche ed i relativi risultati per lo scenario più significativo, fermo restando che eventuali varianti interne agli ambiti di intervento non comportano significative differenze sul comportamento generale della rete se non eventualmente una modifica locale degli eventuali interventi di adeguamento funzionale.

Nella seguente tabella sono infine riassunti tutti i coefficienti utilizzati per il calcolo delle perdite idrologiche, relativi a tutte le differenti tipologie di aree inserite nel modello:

1	collina	0.3
2	tetti	1
3	verde	0.3
4	strade	1

Tabella 6 – Superfici scolanti e coefficienti di afflusso.

3.6 Analisi idrologica

3.6.1 Dati pluviometrici e curve di possibilità climatica

Per procedere con le simulazioni numeriche inerenti il comportamento della rete sia nella configurazione dello stato di fatto sia in quella relativa ai differenti possibili scenari di progetto, è fondamentale la definizione delle piogge sintetiche (ietogrammi) da applicare.

La verifica della rete di drenaggio necessita come dato di partenza la conoscenza della distribuzione spaziale e temporale delle piogge di progetto che determineranno la generazione delle onde di piena all'interno dei collettori.

Il regime pluviometrico di una determinata zona viene di norma caratterizzato tramite una serie di curve di probabilità pluviometrica; la curva di probabilità pluviometrica rappresenta il legame tra l'altezza di precipitazione h e la sua durata t per un assegnato tempo di ritorno Tr .

Per le curve si sono utilizzati i dati pluviometrici elaborati da ARPA Lombardia, in accordo al nuovo Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7 "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12.

Lo studio sviluppato da ARPA ha definito la parametrizzazione della LSPP (linea segnalatrice di probabilità pluviometrica) per ogni sito stazione e per ogni punto griglia del territorio della Lombardia secondo il modello probabilistico GEV (Generalized Extreme Value) scala invariante.

Elemento principe per la determinazione degli ietogrammi è quindi la determinazione della curva di possibilità pluviometrica: tali parametri sono stati ricavati dalle curve estrapolate dal portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia.

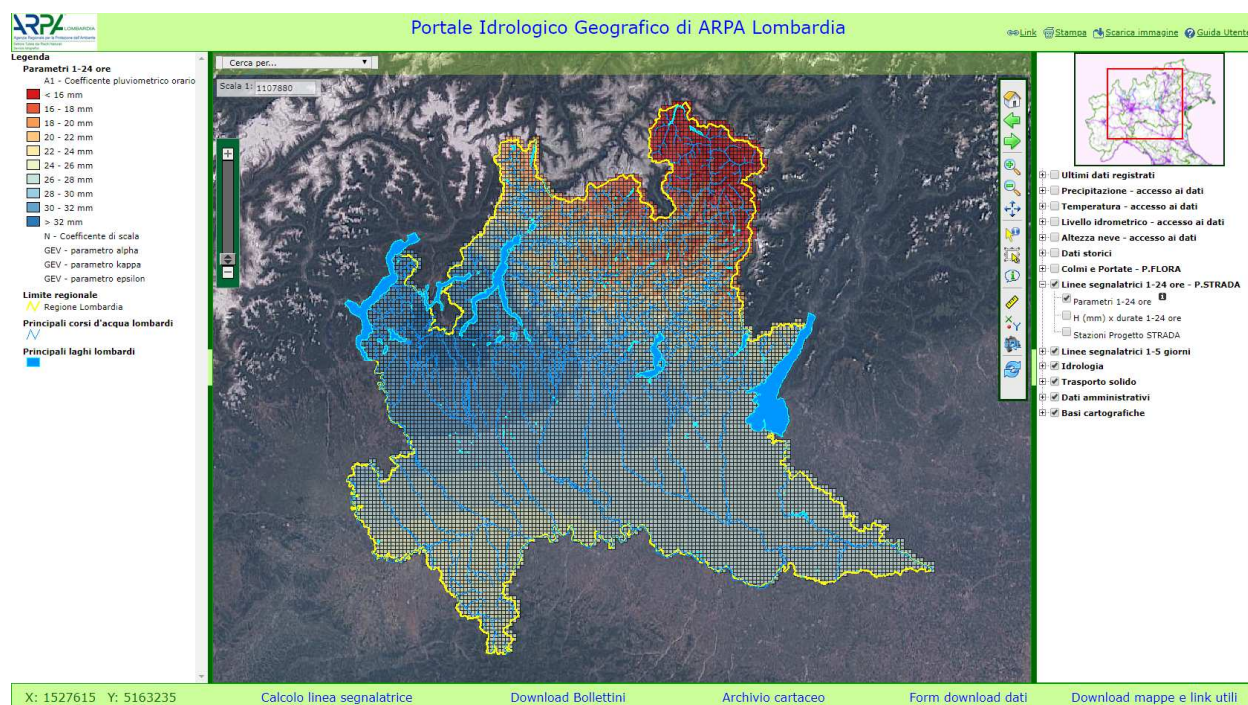


Figura 21 – Schermata del Portale Geografico di ARPA Lombardia

Il portale di ARPA Lombardia fornisce i parametri della curva di possibilità pluviometrica valida per ogni località della Lombardia espressa nella forma:

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

sapendo che:

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

in cui h è l'altezza di pioggia, D è la durata, a1 è il coefficiente pluviometrico orario, wT è il coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T, n è l'esponente della curva (parametro di scala), α, ε, k sono i parametri delle leggi probabilistiche GEV adottate.

Per il sito in cui è ubicato l'intervento (coordinate y: 1508258, x: 5040578), il portale fornisce i parametri riassunti nella seguente tabella:

Parametri ARPA Lombardia	
a1	30.72
n	0.3072
a	0.2956
k	-0.0242
e	0.8217

Tabella 7 – Parametri CPP ricavati dal portale ARPA Lombardia.

Inserendo tali parametri nella formulazione sopra riportata, si ottengono le curve di possibilità pluviometrica, per i tempi di ritorno di interesse, esposte nel seguente grafico:

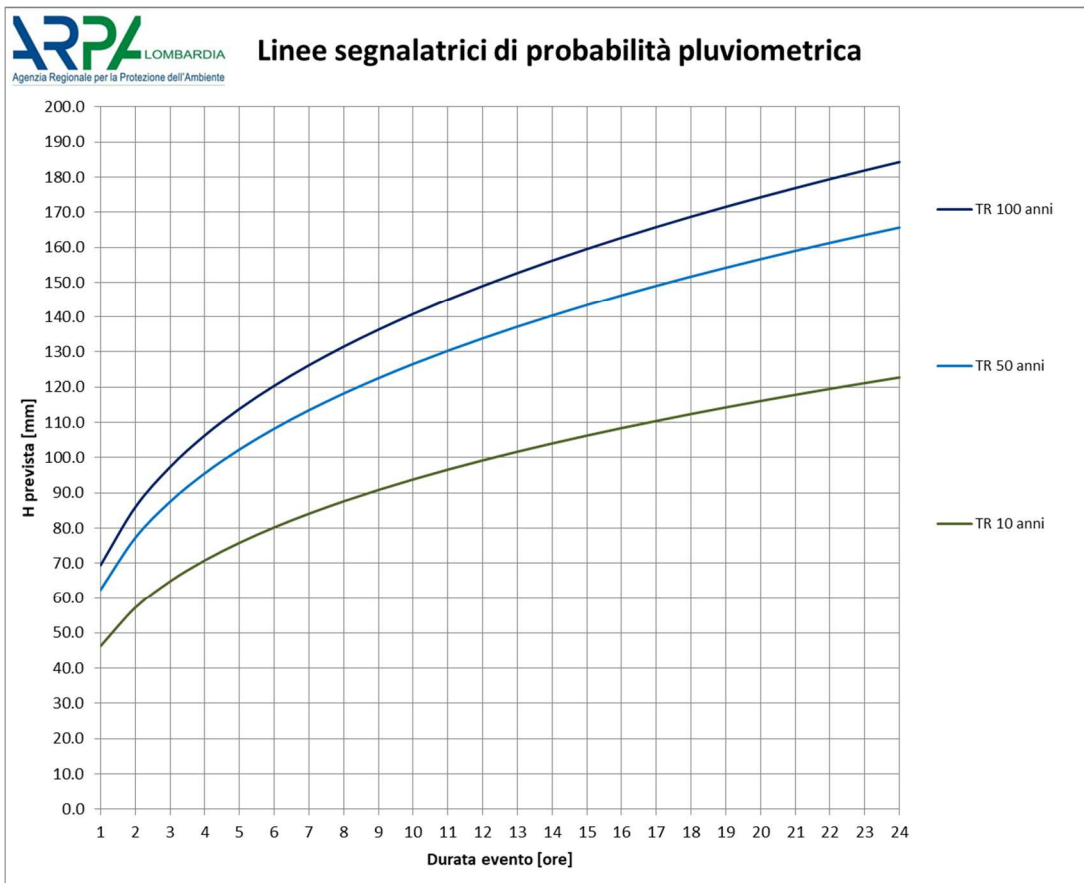


Figura 22 – Curve di possibilità pluviometrica del comune di Rho

Poiché tali parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica riportati da ARPA Lombardia si riferiscono a durate di pioggia maggiori di un'ora, il regolamento regionale n.7, per durate inferiori all'ora, suggerisce di utilizzare, in carenza di dati specifici, tutti i parametri indicati da ARPA tranne il parametro n per il quale si indica il valore $n = 0,5$ in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica idrologica.

Nella tabella seguente si riportano quindi i parametri delle CPP calcolate per il comune di Rho/Milano:

CPP	Tempo di ritorno (anni)		
	10	50	100
a	46.24	62.402	69.43
$n (\geq 1h)$	0.307	0.307	0.307
$n (< 1h)$	0.5	0.5	0.5

Tabella 8 – Parametri CPP del comune di Rho/Milano

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

Questa circostanza indica la necessità di ragguagliare all'area di interesse il valore dell'altezza di pioggia calcolato nel centro di scroscio per un assegnato periodo di ritorno.

Il problema viene usualmente affrontato in modo empirico, come dimostrano molte delle metodologie proposte e, soprattutto, le tecniche di usuale impiego pratico.

In generale, la soluzione del problema viene condotta introducendo un fattore di riduzione, con cui viene riscalato il quantile $h_T(D)$ stimato a scala locale. In base alla dimensione del bacino ed alla forma delle isoiete, nonché alla durata presa in considerazione ed alla frequenza o al periodo di ritorno di progetto, viene stimato il valore del seguente rapporto:

$$ARF = \frac{h_T(D, A)}{h_T(D)}$$

ed il volume di pioggia sul bacino viene calcolato come prodotto $Ah_T(D, A)$, dove A indica la superficie del bacino e $h_T(D, A)$ il quantile T-ennale della pioggia ragguagliata su tale area.

Per lo sviluppo del presente studio si è utilizzato l'antico metodo italiano, che prevede la definizione dell'ARF nel seguente modo:

$$ARF = (1 + \alpha_1 A^{b_1} + \alpha_2 A^{b_2}) D^{a_3 A^{b_3}}$$

Dove i parametri a_i e b_i sono definiti empiricamente per l'area milanese (vedi Columbo e Puppini 1964). In particolare, per aree di estensione inferiore a 15 kmq (come nel caso in analisi), si avrà che:

a1	-0.052
b1	1
a2	0.002
b2	2
a3	0.0175
b3	1

Tabella 9 – Parametri empirici per il calcolo del coefficiente di ragguaglio ARF

Per i dimensionamenti di progetto, considerando un'area totale di estensione di circa 63 ha (relativi alla sommatoria delle aree delle coperture, pavimentazioni e aree verdi), si sono quindi considerati i seguenti parametri ragguagliati:

CPP	Tempo di ritorno (anni)		
	10	50	100
a	44.77	60.42	67.22
n ($\geq 1h$)	0.318	0.318	0.318
n ($< 1h$)	0.511	0.511	0.511

Tabella 10 – Parametri CPP del comune di Rho ragguagliati all'area

3.6.2 Ietogrammi di progetto

Dal ragguaglio delle altezze di pioggia di progetto, è possibile ricostruire l'evento atmosferico di riferimento (evento sintetico tipo Chicago, che simula uno scroscio di forte intensità come un classico temporale di tipo primaverile-estivo, ricavato dalle altezze di pioggia delle CPP) ricostruito attraverso la sua determinazione matematica (vedi la numerosa letteratura di riferimento), con picco posizionato 0,4 volte il tempo di base dello ietogramma di progetto.

La costruzione matematica dello ietogramma Chicago, non altera l'intensità e la durata del picco di pioggia con il variare della durata dell'intero evento misurato (eventi con durate differenti possiedono quindi lo stesso picco di intensità di pioggia a parità di tempo di ritorno), mentre il volume totale piovuto per un preciso tempo di pioggia sarà il medesimo ricavato dalla CPP di riferimento. Pertanto all'aumentare della durata totale dell'evento, aumenterà il volume totale piovuto, mentre l'intensità massima rimarrà invariata.

Questo tipo di ietogramma permette di approssciare la determinazione della durata critica in modo più semplificato, in quanto l'evento che massimizza i riempimenti delle tubazioni (scorrimenti) sarà quello con durata superiore al tempo di corrvazione della rete stessa (in questo caso calcolata a favore di sicurezza pari a circa 30 minuti).

Nel presente studio quindi, in accordo con le indicazioni del Regolamento Regionale n.7 si è deciso di utilizzare per il dimensionamento della rete e le simulazioni di verifica del canale lo ietogramma Chicago per durate pari a un'ora, in quanto ben rappresenta lo scroscio temporalesco tipico delle aree in oggetto.

Per durate superiori all'ora, la discretizzazione dell'evento sintetico di tipo Chicago risulta avere dei picchi di pioggia molto intensi rispetto ai millimetri di pioggia caduti durante tutto l'evento considerato: questo approccio determina una sovrastima irrealistica sia delle portate convogliate in rete, sia dei volumi piovuti negli step temporali considerati.

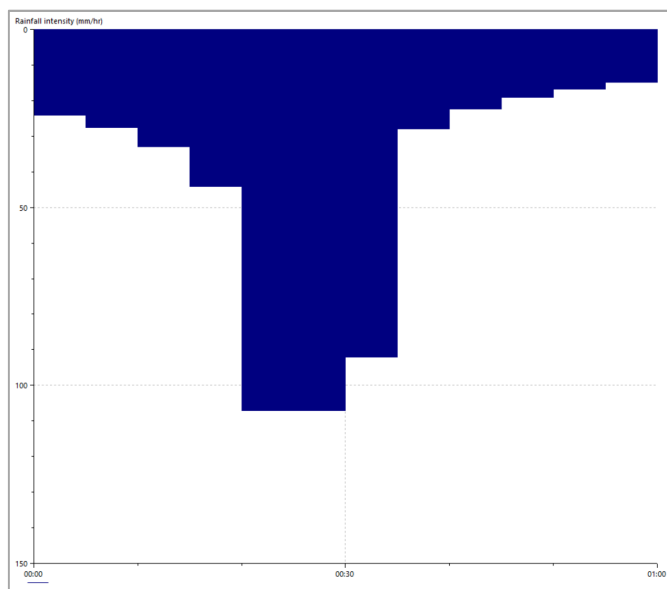


Figura 23 Ietogramma Chicago T=10 anni

Considerando quindi un tempo di corrivazione della rete pari a circa 30 minuti, e considerando che lo ietogramma Chicago massimizza i riempimenti ed i volumi (considerando di utilizzare tale tipo di ietogramma in quanto la rete è sottoposta a maggior criticità per eventi brevi ed intensi ben rappresentati da questo tipo di pioggia sintetica di progetto) è quello di maggior durata, si opta per uno ietogramma con durata di 1 ora.

Per quanto riguarda le simulazioni di verifica del canale perimetrale, in accordo al nuovo Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7, per la verifica si sono utilizzati eventi con tempo di ritorno $T=50$ anni.

Sempre in accordo con il Regolamento regionale, si è infine eseguita una simulazione con tempo di ritorno $T=100$ anni, per verificare i franchi di sicurezza delle opere sul canale perimetrale.

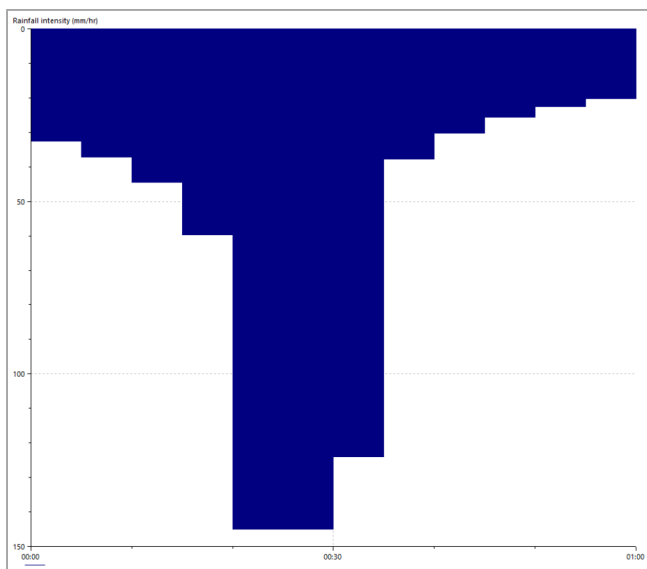


Figura 24 Ietogramma Chicago $T=50$ anni

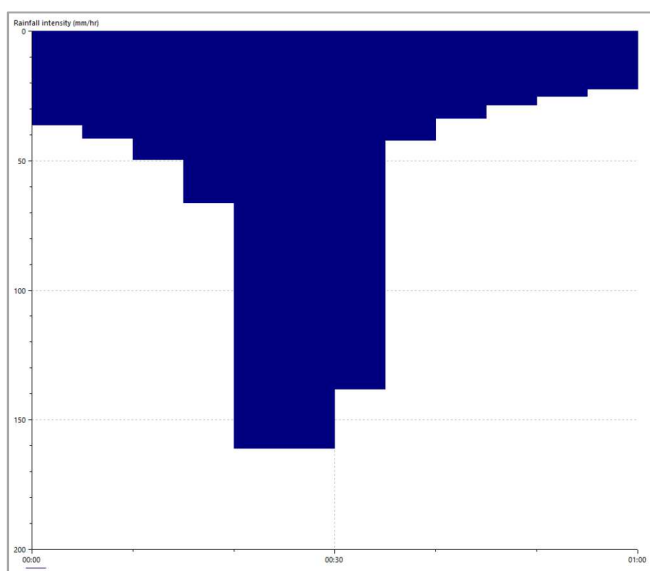


Figura 25 Ietogramma Chicago $T=100$ anni

3.7 Analisi funzionale della rete a seguito di attuazione del PII

3.7.1 Tempi di ritorno e criteri di verifica

In seguito all'attuazione del masterplan, la rete di drenaggio delle acque meteoriche esistente dovrà essere adattata e modificata in funzione del nuovo layout degli edifici.

È stato quindi necessario prevedere la demolizione di alcune tratte e il potenziamento di altre, in modo da convogliare correttamente le portate di progetto verso il canale perimetrale.

A valle dell'analisi pluviometrica, è stato quindi possibile dimensionare le nuove tratte sollecitando la rete di progetto con un evento sintetico di tipo Chicago (durata pari a 1 ora, sicuramente maggiore del tempo di corrivazione della rete) con tempo di ritorno $T=10$ anni, usualmente adottato per la verifica delle reti bianche.

Si sottolinea che il medesimo criterio era stato adottato anche per il dimensionamento della rete esistente (paragrafo 3.1.6.2 Verifica di massima piena della relazione idrologico idraulica).

Si tenga presente che la rete di progetto risulta verificata anche per $T=50$ anni.

Il criterio adottato per la verifica prevede il prevalente funzionamento a gravità della rete, ammettendo comunque qualche breve tratto con funzionamento a bocca piena dovuto prevalentemente a condizioni di rigurgito di valle e non ad insufficienza propria della tratta (ad esempio rigurgiti indotti dai livelli di riempimento del canale perimetrale).

Nella definizione delle portate circolanti in rete si è tenuto conto delle seguenti ipotesi:

- IRCCS Galeazzi: lo scarico delle acque della rete di competenza, come previsto dal progetto idraulico Galeazzi, avviene direttamente nel canale previa opportuna laminazione mediante vasche di laminazione; di conseguenza non è previsto alcun impatto sulla rete esistente al di fuori dell'area di competenza.
- Polo Universitario: non essendo ancora disponibile il progetto idraulico di dettaglio, si è comunque ipotizzato che il nuovo polo recapiti alla rete bianca esterna al Lotto una portata laminata (tramite vasche o sistemi equivalenti) conforme ai limiti imposti dal Regolamento regionale di invarianza idraulica.
- Coperture nuovi Lotti: per i Lotti previsti in adiacenza al canale perimetrale, gli scarichi provenienti dalle coperture sono state ipotizzati recapitare direttamente al canale perimetrale senza aggravare la rete di acque bianche esistente.

Le verifiche idrauliche effettuate sulla rete di acque bianche, hanno confermato il riutilizzo del canale per la volanizzazione delle acque scaricate dal PII nel rispetto dei criteri individuati per la verifica dell'invarianza idraulica indicati dal Regolamento Regionale n.7.

Nei calcoli si è ipotizzato quindi, a favore di sicurezza, la condizione idraulicamente peggiorativa in cui le acque meteoriche scaricate dalla rete di drenaggio confluiscano interamente nel canale perimetrale esterno, senza alcun sistema preventivo di volanizzazione o dispersione nel terreno nei vari lotti di intervento previsti dal PII.

3.7.2 Interventi di massima di adeguamento funzionale della rete

Come detto, il layout della rete di acque bianche è stato modificato rispetto allo stato di fatto in relazione al nuovo layout degli edifici.

Si riporta in seguito uno stralcio di esempio della tavola di progetto, in cui le condotte di acque bianche sono state indicate con colori diversi, seguendo i criteri sotto esposti:

- **i tratti in colore rosso** rappresentano i condotti esistenti che sono sufficienti e sono stati mantenuti nella nuova configurazione di progetto;
- **i tratti in colore blu** rappresentano i nuovi collegamenti e i potenziamenti delle reti esistenti;
- **i tratti in colore verde** rappresentano i tratti che invece andranno dismessi, in relazione alle interferenze riscontrate con il nuovo layout del PII.

Le principali dismissioni interesseranno le aree relative all'IRCCS Galeazzi e al Campus dell'Università degli Studi di Milano, i cui scarichi di acque meteoriche, previa volanizzazione e successivo sollevamento, verranno convogliati nel canale perimetrale esterno (rispettando la normativa di invarianza idraulica, che prevede un massimo scarico di 10 l/s su ettaro impermeabile).

Le dismissioni sopra citate hanno portato alla riprogettazione di parte della tratta di rete relativa al Decumano, che è stata potenziata per far fronte agli afflussi idrici convogliati in stato di progetto.



Figura 26 Stralcio tavola di progetto, in rosso i condotti esistenti mantenuti, in verde quelli demoliti e in blu i nuovi collegamenti/potenziamenti

3.7.3 Verifica idraulica rete acque bianche

In seguito si mostrano i risultati ottenuti dalle simulazioni, in cui si evidenzia il corretto dimensionamento delle condotte esistenti e dei tratti in progetto.

Sono riportati, in particolare, alcuni esempi di profili idraulici delle condotte e di grafici relativi ai punti di immissione della rete nel canale perimetrale (anche per evidenziare gli effetti di rigurgito del canale perimetrale nella rete di drenaggio interna), oltre alla tabella completa dei risultati del dimensionamento.



Figura 27 Ubicazione profilo di progetto 1 modello Infoworks

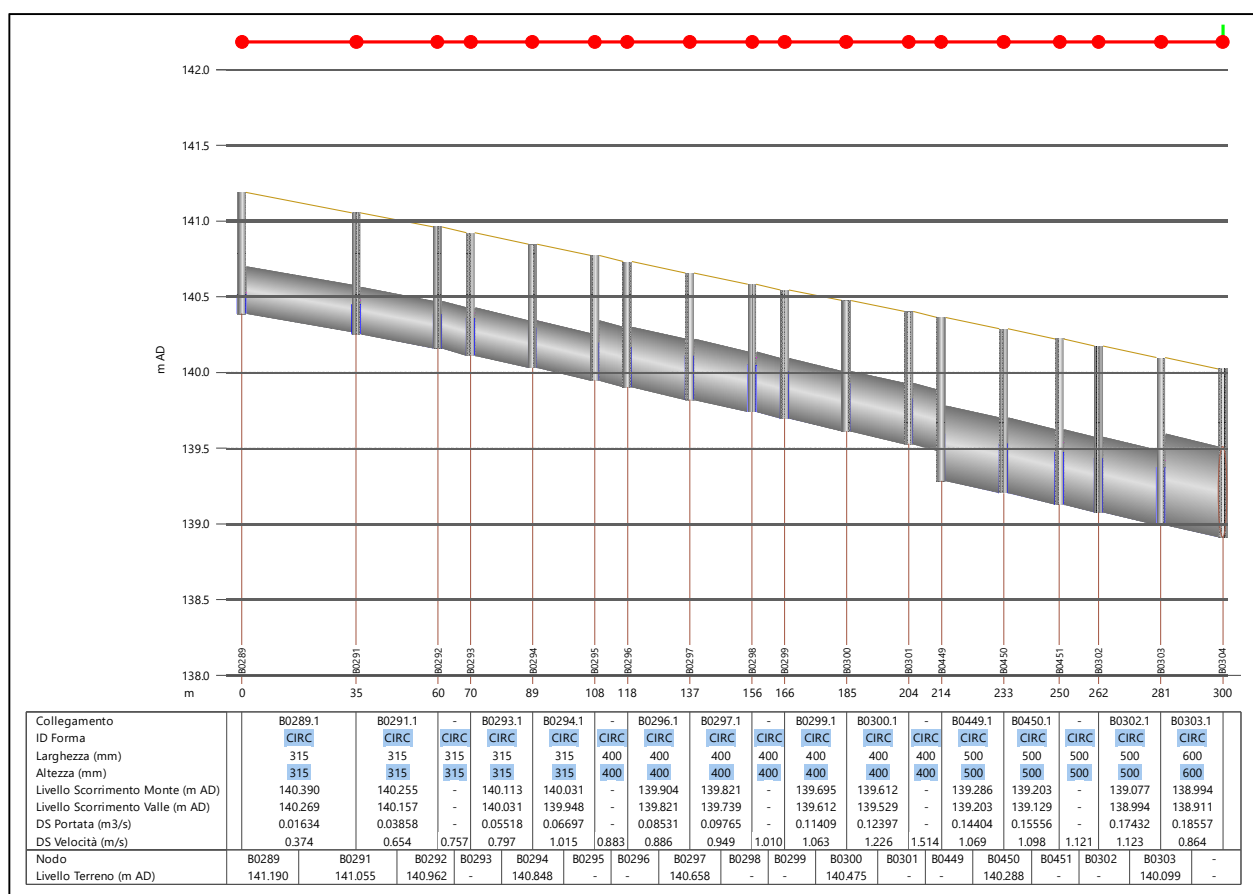


Figura 28 Profilo di progetto 1



Figura 29 Ubicazione profilo di progetto 2 modello Infoworks

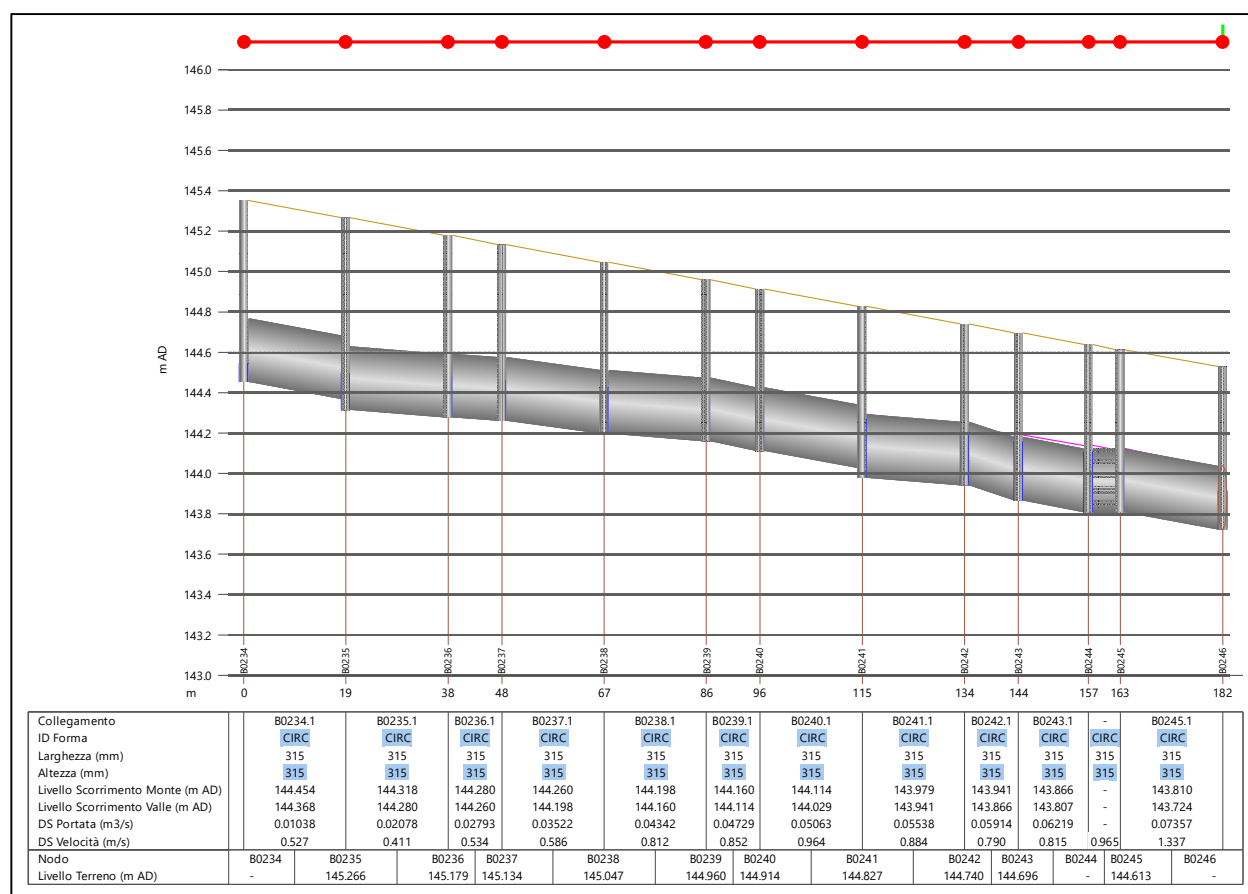


Figura 30 Profilo di progetto 2



Figura 31 Ubicazione profilo di progetto 3 modello Infoworks

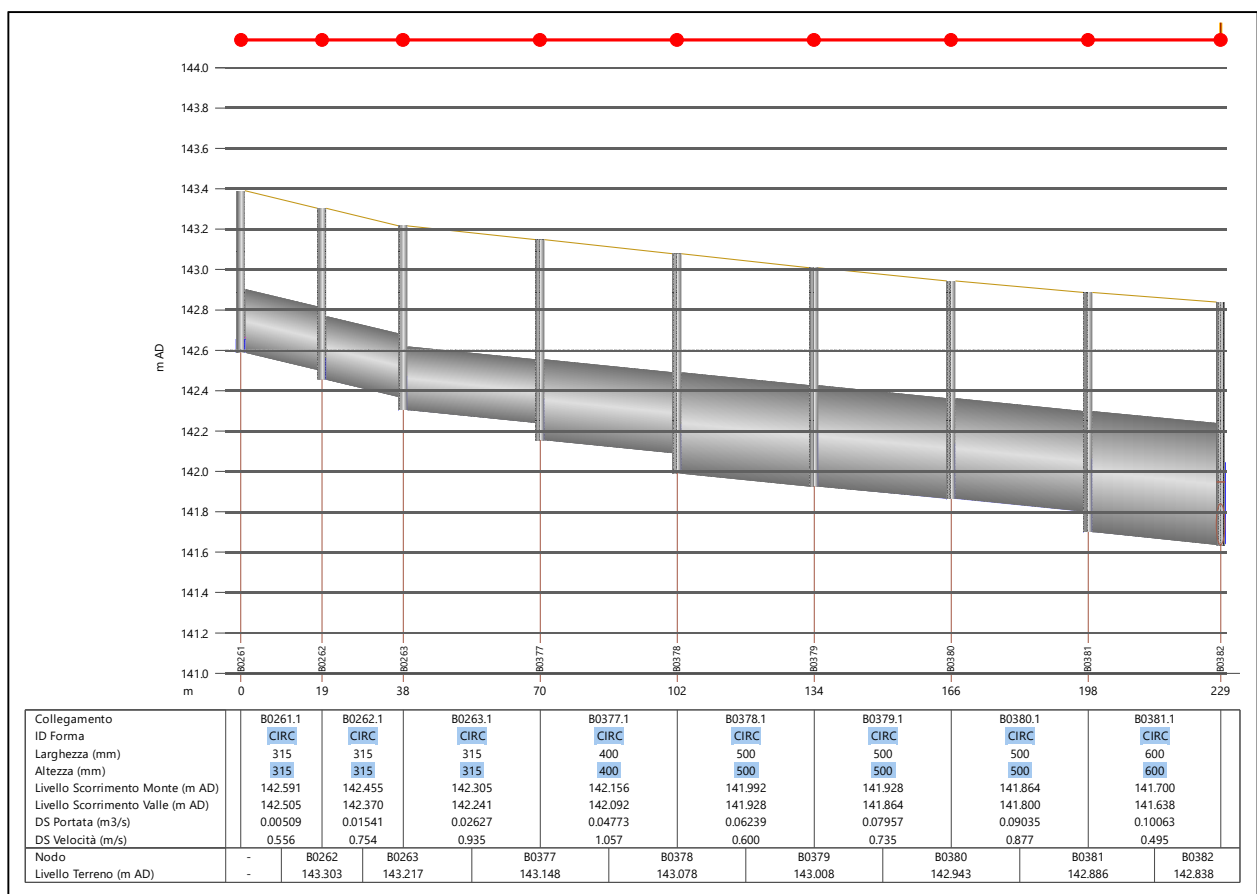


Figura 32 Profilo di progetto 3



Figura 33 Ubicazione profilo di progetto 4 modello Infoworks

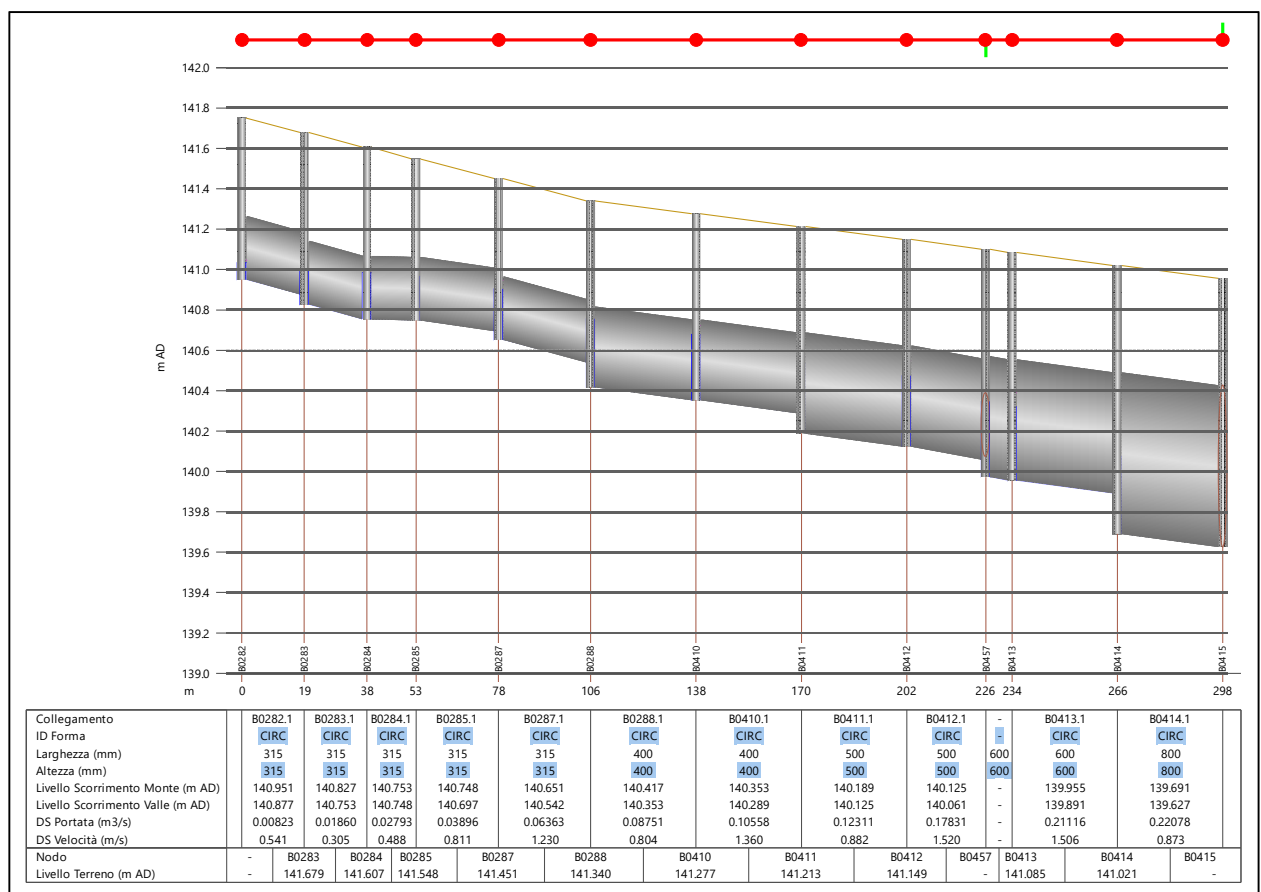


Figura 34 Profilo di progetto 4



Figura 35 Ubicazione profilo di progetto 5 modello Infoworks

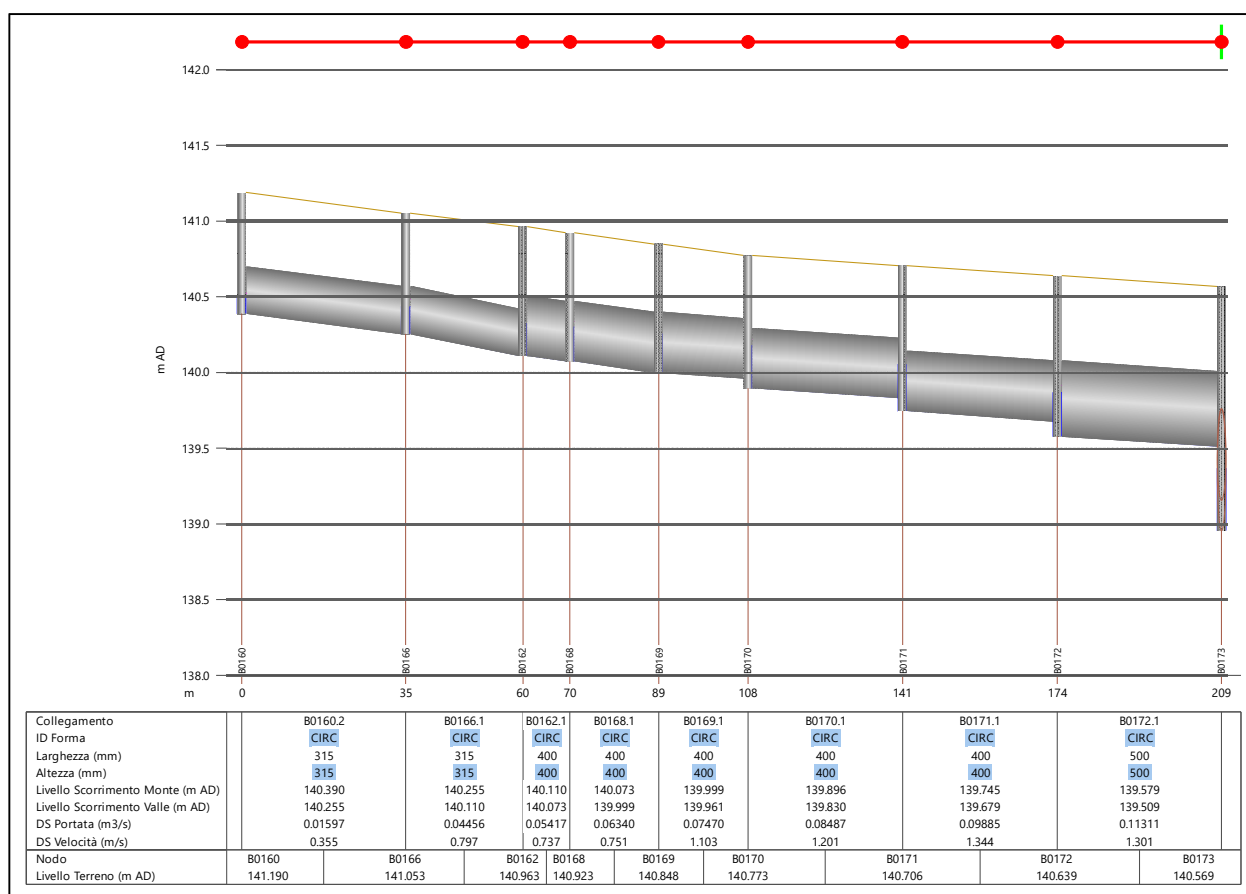


Figura 36 Profilo di progetto 5



Figura 37 Ubicazione scarico in canale perimetrale modello Infoworks

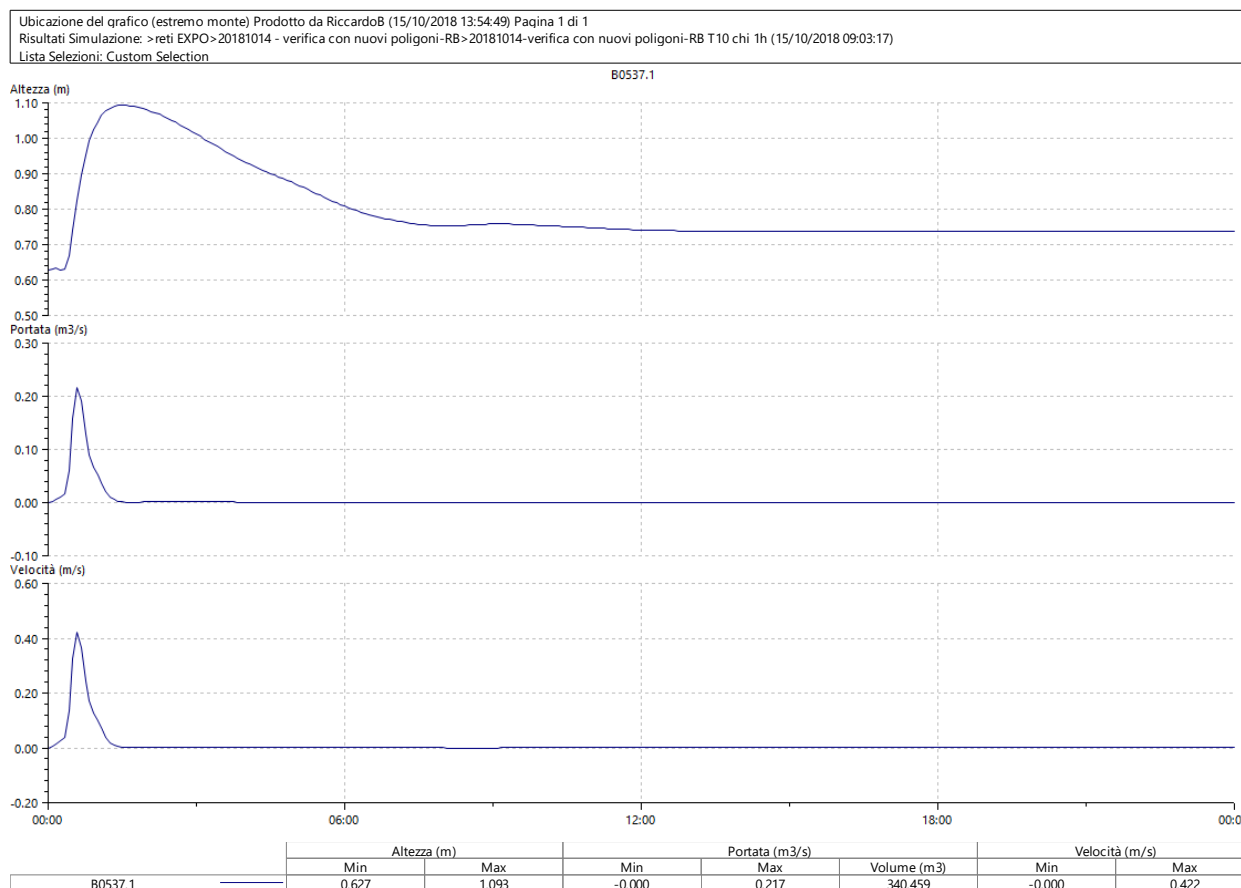


Figura 38 Altezze, portate e velocità idriche in corrispondenza dello scarico



Figura 39 Ubicazione scarico in canale perimetrale modello Infoworks

Ubicazione del grafico (estremo monte) Prodotto da RiccardoB (15/10/2018 13:55:37) Pagina 1 di 1

Risultati Simulazione: >reti EXPO>20181014 - verifica con nuovi poligoni-RB>20181014-verifica con nuovi poligoni-RB T10 chi 1h (15/10/2018 09:03:17)

Lista Selezioni: Custom Selection

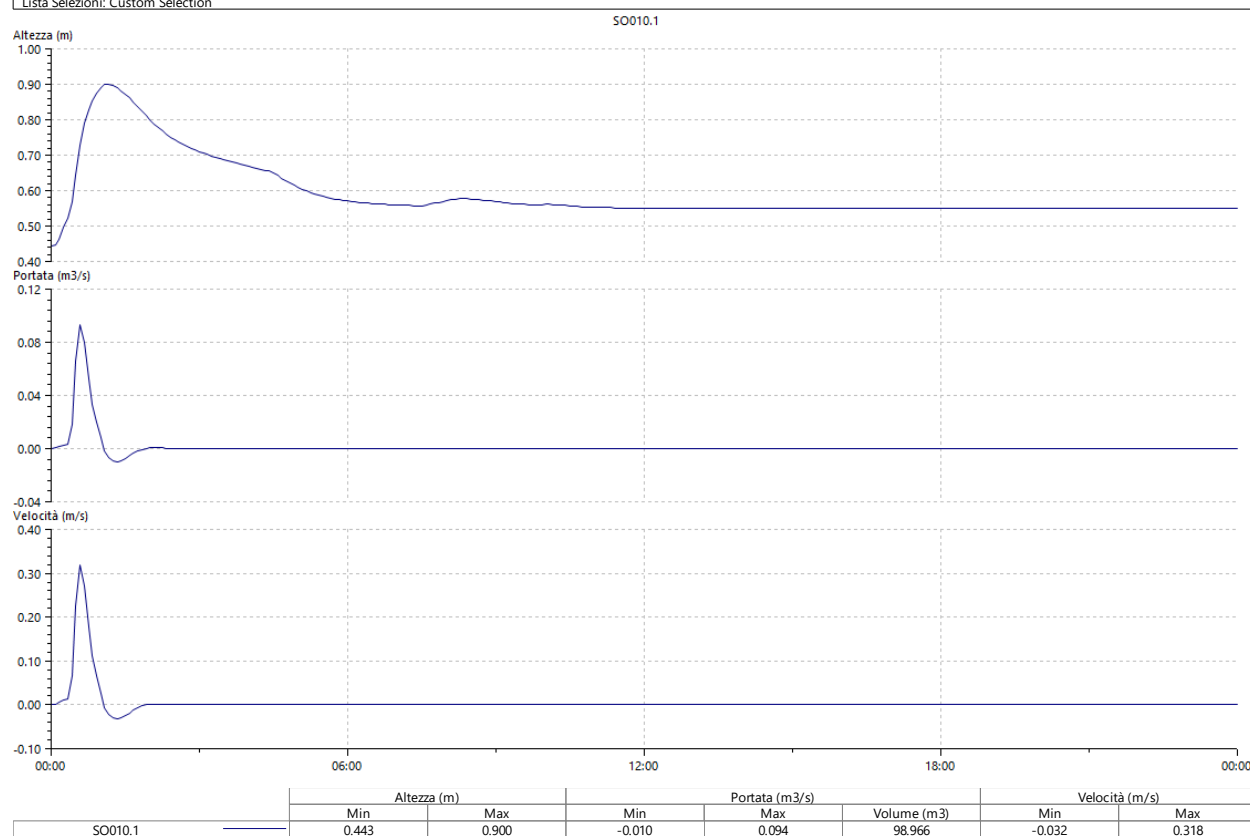


Figura 40 Altezze, portate e velocità idriche in corrispondenza dello scarico



Figura 41 Ubicazione scarico in canale perimetrale modello Infoworks

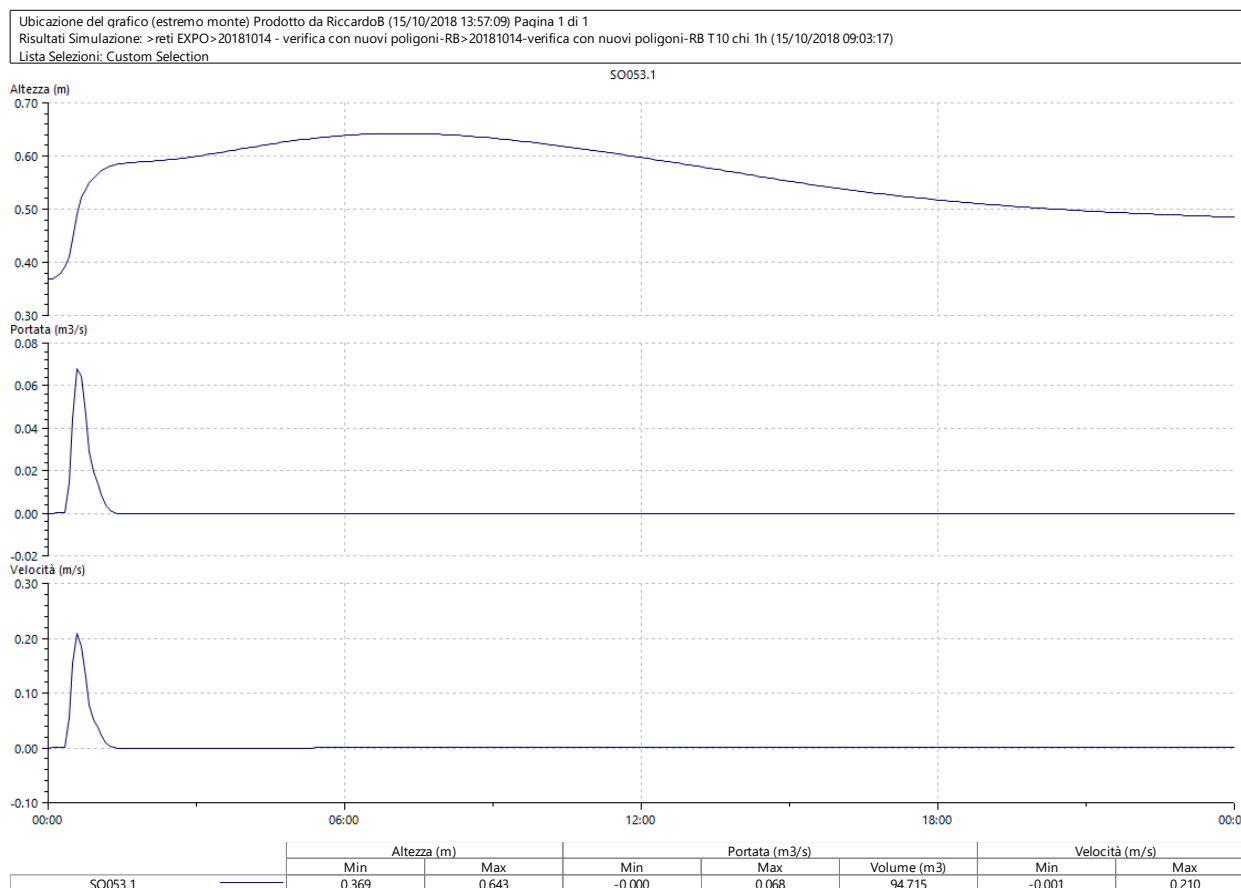


Figura 42 Altezze, portate e velocità idriche in corrispondenza dello scarico

Di seguito si riporta la tabella dei risultati relativi alla verifica di ogni singola condotta:

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE									VERIFICA			
US Node ID	DS Node ID	Length (m)	Shape ID	Height (mm)	US Invert Level (m AD)	DS Invert Level (m AD)	Gradient (m/m)	Conduit full capacity (m3/s)	Max Depth (m)	Max Flow (m3/s)	Width/max depth %	Velocity (m/s)
B0001	B0002	30.0	CIRC	315	144.88	144.74	0.005	0.067	0.1140	0.0181	46.0%	0.71
B0009	B0010	19.0	CIRC	315	144.66	144.58	0.005	0.067	0.1800	0.0395	63.0%	0.87
B0010	B0011	19.0	CIRC	315	144.53	144.49	0.002	0.045	0.2470	0.0502	78.0%	0.77
B0011	B0012	33.0	CIRC	315	144.43	144.36	0.002	0.045	0.2870	0.0499	91.0%	0.71
B0012	B0013	33.0	CIRC	600	144.28	144.21	0.002	0.250	0.3470	0.1795	58.0%	1.08
B0013	B0014	33.0	CIRC	600	144.11	144.04	0.002	0.250	0.4140	0.1974	70.0%	0.99
B0014	B0431	21.3	CIRC	600	144.04	143.99	0.002	0.279	0.4170	0.2421	70.0%	1.18
B0018	B0019	19.0	CIRC	315	144.55	144.47	0.005	0.067	0.1300	0.0237	41.0%	0.78
B0019	B0020	19.0	CIRC	315	144.42	144.38	0.002	0.045	0.1540	0.0236	49.0%	0.63
B0022	B0023	33.0	CIRC	500	144.00	143.93	0.002	0.154	0.2260	0.0323	57.0%	0.54
B0024	B0025	34.2	CIRC	600	143.60	143.54	0.002	0.234	0.2760	0.0023	56.0%	0.17
B0025	B0026	32.9	CIRC	600	143.54	143.47	0.002	0.258	0.3360	0.0087	68.0%	0.27
B0026	B0501	4.0	CIRC	315	143.47	143.46	0.002	0.050	0.4060	0.0330	100.0%	0.69
B0027	B0028	19.0	CIRC	315	144.33	144.25	0.005	0.067	0.1330	0.0235	51.0%	0.76
B0028	B0029	19.0	CIRC	315	144.20	144.16	0.002	0.045	0.2110	0.0229	75.0%	0.49
B0029	B0030	33.0	CIRC	315	144.10	144.03	0.002	0.045	0.2980	0.0608	95.0%	0.82
B0030	B0031	33.0	CIRC	400	143.94	143.88	0.002	0.085	0.3110	0.0593	86.0%	0.69
B0031	B0032	33.0	CIRC	500	143.78	143.71	0.002	0.154	0.4430	0.0904	97.0%	0.51
B0032	B0032A	19.3	CIRC	500	143.71	143.67	0.002	0.160	0.4820	0.1899	96.0%	0.98
B0033	B0551	6.2	CIRC	600	143.64	143.62	0.003	0.318	0.4060	0.2047	69.0%	1.01
B0035	B0036	19.0	CIRC	315	144.12	144.03	0.005	0.067	0.0200	0.0000	9.0%	0.00
B0036	B0037	19.0	CIRC	315	143.98	143.94	0.002	0.045	0.0800	-0.0002	37.0%	-0.03
B0037	B0038	33.0	CIRC	315	143.88	143.81	0.002	0.045	0.1820	0.0252	65.0%	0.56
B0038	B0039	33.0	CIRC	400	143.73	143.66	0.002	0.085	0.2880	0.0856	72.0%	0.90
B0039	B0040	33.0	CIRC	500	143.56	143.49	0.002	0.154	0.3430	0.0983	77.0%	0.72
B0040	B0041	33.0	CIRC	500	143.49	143.43	0.002	0.154	0.3830	0.1275	90.0%	0.83
B0042	B0043	13.0	CIRC	315	143.90	143.84	0.004	0.067	0.0200	0.0000	6.0%	0.00
B0044	B0045	19.0	CIRC	315	143.81	143.73	0.005	0.067	0.0200	0.0000	6.0%	0.00
B0046	B0047	19.0	CIRC	315	143.68	143.60	0.004	0.067	0.0200	0.0000	6.0%	0.00
B0047	B0048	19.0	CIRC	315	143.55	143.51	0.002	0.045	0.0630	-0.0001	32.0%	-0.03
B0048	B0070	25.0	CIRC	315	143.45	143.40	0.002	0.045	0.1660	0.0278	53.0%	0.67
B0049	B0050	19.0	CIRC	315	143.46	143.38	0.004	0.067	0.0880	0.0102	38.0%	0.58
B0050	B0051	19.0	CIRC	315	143.33	143.29	0.002	0.045	0.1680	0.0234	56.0%	0.57
B0052	B0053	19.0	CIRC	315	143.24	143.16	0.004	0.067	0.1990	0.0417	76.0%	0.86
B0053	B0054	19.0	CIRC	315	143.11	143.07	0.002	0.045	0.2860	0.0530	91.0%	0.77
B0055	B0056	19.0	CIRC	315	142.93	142.84	0.005	0.067	0.0930	0.0078	53.0%	0.45
B0056	B0057	19.0	CIRC	315	142.84	142.76	0.004	0.067	0.1660	0.0185	77.0%	0.44
B0058	B0059	19.0	CIRC	315	142.81	142.73	0.004	0.067	0.1650	0.0352	55.0%	0.86
B0059	B0368	25.0	CIRC	315	142.68	142.63	0.002	0.045	0.2230	0.0456	71.0%	0.77
B0060	B0061	19.0	CIRC	315	142.59	142.51	0.004	0.067	0.0860	0.0082	47.0%	0.52
B0061	B0062	19.0	CIRC	315	142.46	142.42	0.002	0.045	0.1990	0.0206	72.0%	0.49
B0062	B0081	25.0	CIRC	315	142.36	142.31	0.002	0.045	0.2870	0.0651	91.0%	0.88
B0064	B0063	19.0	CIRC	315	142.40	142.37	0.001	0.037	0.2770	0.0287	91.0%	0.41
B0065	B0064	19.0	CIRC	315	142.45	142.40	0.003	0.051	0.2340	0.0179	88.0%	0.38
B0066	B0067	13.0	CIRC	315	142.04	141.98	0.005	0.067	0.1490	0.0193	62.0%	0.60
B0069	B0497	24.0	CIRC	400	143.43	143.32	0.005	0.127	0.1040	0.0177	31.0%	0.68
B0070	B0071	25.0	CIRC	400	143.31	143.26	0.002	0.085	0.1760	0.0387	44.0%	0.72
B0071	B0498	24.0	CIRC	500	143.11	143.05	0.002	0.169	0.2420	0.0751	50.0%	0.81
B0073	B0523	24.0	CIRC	500	142.95	142.84	0.005	0.231	0.3280	0.0908	84.0%	0.78
B0074	B0075	25.0	CIRC	400	142.87	142.82	0.002	0.085	0.3630	0.0715	94.0%	0.62
B0078	B0079	25.0	CIRC	315	142.64	142.59	0.002	0.045	0.0720	0.0049	23.0%	0.37

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE									VERIFICA			
US Node ID	DS Node ID	Length (m)	Shape ID	Height (mm)	US Invert Level (m AD)	DS Invert Level (m AD)	Gradient (m/m)	Conduit full capacity (m3/s)	Max Depth (m)	Max Flow (m3/s)	Width/max depth %	Velocity (m/s)
B0079	B0080	25.0	CIRC	315	142.54	142.49	0.002	0.045	0.1210	0.0128	42.0%	0.47
B0080	B0505	24.0	CIRC	250	142.49	142.38	0.005	0.036	0.1340	0.0188	67.0%	0.71
B0081	B0082	25.0	CIRC	400	142.22	142.17	0.002	0.085	0.2890	0.0770	72.0%	0.79
B0082	B0502	24.0	CIRC	400	142.16	142.05	0.005	0.127	0.2910	0.1129	73.0%	1.15
B0084	B0090	28.0	CIRC	500	141.84	141.72	0.005	0.231	0.2570	0.1246	51.0%	1.23
B0086	B0069	25.0	CIRC	315	143.62	143.51	0.004	0.067	0.0880	0.0107	28.0%	0.60
B0090	B0543	10.0	CIRC	600	141.62	141.60	0.002	0.250	0.3120	0.1384	52.0%	0.93
B0097	B0098	19.0	CIRC	315	141.94	141.85	0.005	0.067	0.1540	0.0316	49.0%	0.83
B0098	B0099	19.0	CIRC	315	141.80	141.76	0.002	0.045	0.2040	0.0405	65.0%	0.76
B0099	B0100	33.0	CIRC	315	141.70	141.63	0.002	0.045	0.2320	0.0478	74.0%	0.78
B0100	B0101	33.0	CIRC	400	141.55	141.48	0.002	0.085	0.2360	0.0649	59.0%	0.84
B0101	B0102	33.0	CIRC	500	141.38	141.32	0.002	0.154	0.2440	0.0791	49.0%	0.83
B0102	B0103	33.0	CIRC	600	141.32	141.25	0.002	0.250	0.2150	0.0752	36.0%	0.83
B0103	B0104	33.0	CIRC	600	141.15	141.08	0.002	0.250	0.3060	0.0894	62.0%	0.76
B0104	B0105	18.0	CIRC	600	141.08	141.05	0.002	0.250	0.3730	0.0981	68.0%	0.78
B0106	B0107	19.0	CIRC	315	141.72	141.64	0.004	0.067	0.0720	0.0071	27.0%	0.53
B0107	B0108	19.0	CIRC	315	141.59	141.55	0.002	0.045	0.1350	0.0194	43.0%	0.61
B0108	B0109	33.0	CIRC	315	141.49	141.42	0.002	0.045	0.1690	0.0266	54.0%	0.62
B0109	B0110	33.0	CIRC	400	141.34	141.27	0.002	0.085	0.2300	0.0537	57.0%	0.72
B0110	B0111	33.0	CIRC	500	141.17	141.10	0.002	0.154	0.3270	0.0979	71.0%	0.74
B0114	B0115	19.0	CIRC	315	141.51	141.42	0.004	0.067	0.0590	0.0046	20.0%	0.45
B0115	B0116	25.0	CIRC	315	141.37	141.32	0.002	0.047	0.1130	0.0126	37.0%	0.50
B0116	B0117	33.0	CIRC	315	141.27	141.21	0.002	0.045	0.1640	0.0160	67.0%	0.47
B0117	B0118	33.0	CIRC	400	141.12	141.05	0.002	0.087	0.2950	0.0552	84.0%	0.66
B0118	B0119	35.0	CIRC	400	141.05	140.98	0.002	0.085	0.3360	0.0732	88.0%	0.70
B0119	B0120	31.0	CIRC	600	140.88	140.82	0.002	0.246	0.4510	0.1989	78.0%	0.88
B0120	B0121	33.0	CIRC	600	140.82	140.75	0.002	0.257	0.4630	0.2311	78.0%	0.99
B0121	B0530	22.9	CIRC	600	140.66	140.61	0.002	0.261	0.5550	0.2441	93.0%	0.89
B0122	B0123	19.0	CIRC	315	141.32	141.25	0.004	0.062	0.0610	0.0037	36.0%	0.36
B0123	B0124	19.0	CIRC	315	141.20	141.16	0.002	0.045	0.1640	0.0165	60.0%	0.40
B0130	B0131	19.0	CIRC	315	141.14	141.07	0.004	0.063	0.1830	0.0407	58.0%	0.87
B0131	B0132	19.0	CIRC	400	141.02	140.98	0.002	0.085	0.2250	0.0507	57.0%	0.70
B0139	B0140	19.0	CIRC	400	140.95	140.88	0.004	0.118	0.2220	0.0704	56.0%	0.98
B0140	B0141	19.0	CIRC	400	140.83	140.79	0.002	0.085	0.2640	0.0806	66.0%	0.91
B0141	B0142	33.0	CIRC	500	140.72	140.66	0.002	0.154	0.2940	0.0894	63.0%	0.74
B0142	B0143	33.0	CIRC	500	140.66	140.59	0.002	0.154	0.3130	0.1332	63.0%	1.03
B0143	B0144	35.0	CIRC	600	140.41	140.34	0.002	0.250	0.4260	0.2176	71.0%	1.02
B0148	B0153	25.0	CIRC	315	140.65	140.62	0.001	0.032	0.0200	0.0000	6.0%	0.00
B0153	B0154	29.0	CIRC	315	140.52	140.44	0.003	0.055	0.0600	-0.0002	46.0%	-0.04
B0154	B0650	33.0	CIRC	500	140.32	140.26	0.002	0.154	0.2600	0.0279	64.0%	0.34
B0155	B0156	33.0	CIRC	315	140.42	140.35	0.002	0.045	0.1250	0.0154	40.0%	0.54
B0156	B0157	33.0	CIRC	315	140.24	140.17	0.002	0.045	0.1250	0.0153	40.0%	0.53
B0157	B0158	33.0	CIRC	400	140.09	140.02	0.002	0.085	0.1370	0.0151	45.0%	0.41
B0158	B0159	33.0	CIRC	400	140.02	139.95	0.002	0.085	0.1820	0.0371	58.0%	0.67
B0159	B0713	33.0	CIRC	500	139.85	139.79	0.002	0.154	0.3300	0.0717	79.0%	0.70
B0160	B0166	35.0	CIRC	315	140.39	140.26	0.004	0.062	0.1140	0.0161	57.0%	0.63
B0165	B0177	24.0	CIRC	600	139.35	139.25	0.004	0.350	0.1520	0.0457	28.0%	0.81
B0166	B0162	25.0	CIRC	315	140.26	140.11	0.006	0.076	0.1790	0.0448	67.0%	0.98
B0167	B0165	30.0	CIRC	315	139.95	139.84	0.004	0.072	0.1570	0.0354	50.0%	0.91
B0168	B0169	19.0	CIRC	400	140.07	140.00	0.004	0.118	0.2260	0.0637	64.0%	0.87
B0169	B0170	19.0	CIRC	400	140.00	139.96	0.002	0.085	0.2540	0.0751	63.0%	0.89

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE									VERIFICA			
US Node ID	DS Node ID	Length (m)	Shape ID	Height (mm)	US Invert Level (m AD)	DS Invert Level (m AD)	Gradient (m/m)	Conduit full capacity (m3/s)	Max Depth (m)	Max Flow (m3/s)	Width/max depth %	Velocity (m/s)
B0170	B0171	33.0	CIRC	400	139.90	139.83	0.002	0.085	0.2820	0.0855	71.0%	0.90
B0171	B0172	33.0	CIRC	400	139.75	139.68	0.002	0.085	0.3050	0.0993	76.0%	0.97
B0172	B0173	35.0	CIRC	500	139.58	139.51	0.002	0.154	0.2870	0.1135	57.0%	0.97
B0173	B0181	24.0	CIRC	800	138.96	138.86	0.004	0.753	0.4070	0.3139	57.0%	1.25
B0174	B0175	19.0	CIRC	315	139.93	139.86	0.004	0.063	0.0900	0.0102	37.0%	0.55
B0175	B0176	19.0	CIRC	315	139.81	139.77	0.002	0.045	0.1680	0.0222	57.0%	0.53
B0177	B0173	24.0	CIRC	600	139.25	139.16	0.004	0.350	0.1700	0.0547	35.0%	0.83
B0180	B0182	33.0	CIRC	800	138.77	138.70	0.002	0.538	0.5230	0.3411	69.0%	0.99
B0181	B0180	24.0	CIRC	800	138.86	138.77	0.004	0.753	0.4570	0.3222	66.0%	1.11
B0182	B0183	33.0	CIRC	800	138.70	138.64	0.002	0.538	0.5490	0.3500	74.0%	0.96
B0183	B0184	23.0	CIRC	800	138.64	138.59	0.002	0.538	0.5880	0.3571	79.0%	0.93
B0184	B0561	7.0	CIRC	400	138.59	138.57	0.003	0.103	0.6350	0.0981	100.0%	0.75
B0185	B0186	19.0	CIRC	315	139.75	139.67	0.004	0.063	0.1790	0.0376	59.0%	0.82
B0186	B0187	19.0	CIRC	315	139.62	139.58	0.002	0.045	0.2350	0.0494	75.0%	0.79
B0187	B0188	33.0	CIRC	400	139.52	139.45	0.002	0.085	0.2660	0.0701	67.0%	0.79
B0188	B0189	33.0	CIRC	600	139.37	139.30	0.002	0.250	0.3390	0.0861	65.0%	0.63
B0189	B0190	33.0	CIRC	600	139.30	139.24	0.002	0.250	0.3900	0.1104	73.0%	0.72
B0190	B0191	33.0	CIRC	600	139.14	139.07	0.002	0.250	0.5330	0.3168	89.0%	1.20
B0191	B0192	30.0	CIRC	600	139.07	139.01	0.002	0.250	0.4690	0.3316	78.0%	1.40
B0192	B0700	10.0	CIRC	800	138.76	138.74	0.002	0.538	0.5790	0.3699	74.0%	0.95
B0195	B0196	19.0	CIRC	250	139.32	139.25	0.004	0.034	0.0200	0.0000	8.0%	0.00
B0196	B0197	19.0	CIRC	315	139.18	139.11	0.004	0.063	0.0510	-0.0001	40.0%	-0.02
B0197	B0198	33.0	CIRC	315	139.11	138.97	0.004	0.063	0.1270	0.0211	40.0%	0.72
B0198	B0199	33.0	CIRC	400	138.89	138.76	0.004	0.120	0.1530	0.0373	38.0%	0.85
B0199	B0200	35.0	CIRC	500	138.66	138.52	0.004	0.217	0.2090	0.0609	61.0%	0.78
B0200	B0541	22.5	CIRC	250	138.52	138.40	0.005	0.040	0.3040	0.0315	100.0%	0.78
B0201	B0202	19.0	CIRC	315	139.07	138.99	0.004	0.064	0.1280	0.0190	52.0%	0.64
B0202	B0200	19.0	CIRC	315	138.99	138.92	0.004	0.063	0.1650	0.0357	52.0%	0.87
B0206	B0207	19.0	CIRC	200	139.19	139.11	0.004	0.019	0.1000	0.0088	52.0%	0.56
B0207	B0208	19.0	CIRC	250	139.06	139.02	0.002	0.024	0.1530	0.0200	61.0%	0.63
B0208	B0209	30.0	CIRC	315	138.96	138.90	0.002	0.045	0.1730	0.0288	55.0%	0.66
B0209	B0210	30.0	CIRC	400	138.81	138.75	0.002	0.085	0.1800	0.0392	45.0%	0.72
B0210	B0211	30.0	CIRC	500	138.65	138.59	0.002	0.154	0.2060	0.0553	41.0%	0.72
B0211	FT07	12.6	CIRC	200	138.59	138.47	0.009	0.029	0.1970	0.0325	98.0%	1.06
B0213	B0214	19.0	CIRC	200	139.01	138.93	0.004	0.019	0.1080	0.0100	57.0%	0.58
B0214	B0215	19.0	CIRC	250	138.88	138.84	0.002	0.024	0.1630	0.0223	65.0%	0.66
B0215	B0216	26.0	CIRC	315	138.78	138.73	0.002	0.045	0.1620	0.0266	52.0%	0.66
B0216	B0217	26.0	CIRC	400	138.64	138.59	0.002	0.085	0.1920	0.0356	52.0%	0.60
B0217	B0218	25.0	CIRC	400	138.59	138.54	0.002	0.085	0.2060	0.0463	52.0%	0.71
B0149	B0221	30.7	CIRC	250	138.72	138.66	0.002	0.024	0.1630	0.0202	65.0%	0.60
B0221	B0222	20.1	CIRC	315	138.59	138.53	0.003	0.055	0.1600	0.0281	51.0%	0.71
B0222	IM011	38.5	CIRC	200	138.53	138.50	0.001	0.008	0.1580	0.0110	79.0%	0.41
B0223	B0220	17.0	CIRC	200	138.84	138.77	0.004	0.019	0.0860	0.0037	72.0%	0.34
B0225	B0226	24.0	CIRC	200	138.85	138.80	0.002	0.013	0.0940	0.0061	47.0%	0.42
B0226	B0759	7.3	CIRC	250	138.75	138.73	0.002	0.024	0.1050	0.0112	42.0%	0.58
B0229	B0230	30.0	CIRC	315	144.85	144.71	0.004	0.067	0.1200	0.0188	59.0%	0.70
B0231	B0232	19.0	CIRC	315	144.67	144.58	0.004	0.067	0.2070	0.0484	72.0%	0.89
B0232	B0233	19.0	CIRC	315	144.58	144.50	0.004	0.067	0.2240	0.0614	71.0%	1.04
B0247	B0248	19.0	CIRC	315	143.68	143.60	0.004	0.067	0.1180	0.0174	51.0%	0.65
B0248	B0249	19.0	CIRC	315	143.60	143.51	0.004	0.067	0.1610	0.0358	51.0%	0.89
B0249	B0334	25.0	CIRC	500	143.40	143.35	0.002	0.154	0.1710	0.0401	34.0%	0.68

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE									VERIFICA			
US Node ID	DS Node ID	Length (m)	Shape ID	Height (mm)	US Invert Level (m AD)	DS Invert Level (m AD)	Gradient (m/m)	Conduit full capacity (m3/s)	Max Depth (m)	Max Flow (m3/s)	Width/max depth %	Velocity (m/s)
B0250	B0251	19.0	CIRC	315	143.33	143.25	0.005	0.067	0.1150	0.0178	45.0%	0.69
B0251	B0252	19.0	CIRC	315	143.25	143.16	0.005	0.067	0.1430	0.0289	45.0%	0.84
B0252	B0355	32.0	CIRC	315	143.05	142.98	0.002	0.045	0.1890	0.0339	60.0%	0.69
B0253	B0254	19.0	CIRC	315	143.19	143.10	0.005	0.067	0.0640	0.0054	22.0%	0.48
B0254	B0255	19.0	CIRC	315	143.05	142.97	0.004	0.067	0.1190	0.0120	61.0%	0.46
B0255	B0357	34.0	CIRC	315	143.02	142.95	0.002	0.045	0.1420	0.0157	55.0%	0.46
B0256	B0257	19.0	CIRC	315	143.08	143.00	0.005	0.067	0.0620	0.0050	20.0%	0.46
B0257	B0258	19.0	CIRC	315	142.95	142.86	0.004	0.067	0.1140	0.0186	36.0%	0.73
B0258	B0362	31.0	CIRC	315	142.80	142.74	0.002	0.045	0.1710	0.0283	54.0%	0.65
B0259	B0260	19.0	CIRC	315	142.81	142.73	0.005	0.067	0.0830	0.0096	28.0%	0.58
B0260	B0370	31.0	CIRC	315	142.68	142.61	0.002	0.045	0.1380	0.0183	44.0%	0.56
B0261	B0262	19.0	CIRC	315	142.59	142.51	0.005	0.067	0.0620	0.0051	20.0%	0.47
B0262	B0263	19.0	CIRC	315	142.46	142.37	0.004	0.067	0.1050	0.0155	33.0%	0.68
B0263	B0377	32.0	CIRC	315	142.31	142.24	0.002	0.045	0.1650	0.0264	52.0%	0.64
B0264	B0265	19.0	CIRC	315	142.37	142.29	0.005	0.067	0.1000	0.0134	41.0%	0.63
B0265	B0266	19.0	CIRC	315	142.24	142.20	0.002	0.045	0.1790	0.0313	57.0%	0.68
B0266	B0383	32.0	CIRC	315	142.14	142.07	0.002	0.045	0.2180	0.0431	69.0%	0.75
B0267	B0268	19.0	CIRC	315	141.93	141.85	0.004	0.067	0.0680	0.0063	22.0%	0.52
B0268	B0269	19.0	CIRC	315	141.80	141.71	0.004	0.067	0.1060	0.0159	34.0%	0.69
B0269	B0392	35.0	CIRC	315	141.65	141.58	0.002	0.045	0.1570	0.0236	50.0%	0.61
B0270	B0271	19.0	CIRC	315	141.72	141.64	0.005	0.067	0.0820	0.0085	40.0%	0.55
B0271	B0272	19.0	CIRC	315	141.59	141.50	0.004	0.067	0.1760	0.0184	80.0%	0.53
B0273	B0274	19.0	CIRC	315	141.51	141.42	0.005	0.067	0.1580	0.0333	52.0%	0.85
B0274	B0275	25.0	CIRC	315	141.37	141.29	0.003	0.058	0.2120	0.0445	72.0%	0.82
B0275	B0486	35.0	CIRC	315	141.22	141.15	0.002	0.045	0.2900	0.0521	92.0%	0.72
B0276	B0277	19.0	CIRC	315	141.32	141.25	0.004	0.063	0.0770	0.0050	45.0%	0.41
B0277	B0278	19.0	CIRC	315	141.20	141.12	0.004	0.063	0.1910	0.0177	82.0%	0.46
B0279	B0280	19.0	CIRC	315	141.14	141.06	0.004	0.063	0.1590	0.0327	50.0%	0.83
B0280	B0281	19.0	CIRC	315	141.01	140.94	0.004	0.063	0.1890	0.0426	60.0%	0.87
B0281	B0398	35.0	CIRC	315	140.87	140.80	0.002	0.045	0.2460	0.0512	78.0%	0.78
B0282	B0283	19.0	CIRC	315	140.95	140.88	0.004	0.062	0.0840	0.0084	37.0%	0.51
B0283	B0284	19.0	CIRC	315	140.83	140.75	0.004	0.063	0.1680	0.0189	73.0%	0.50
B0285	B0287	25.0	CIRC	315	140.75	140.70	0.002	0.045	0.2170	0.0392	69.0%	0.69
B0287	B0288	28.0	CIRC	315	140.65	140.54	0.004	0.063	0.2490	0.0643	79.0%	0.98
B0288	B0410	32.0	CIRC	400	140.42	140.35	0.002	0.085	0.3360	0.0883	84.0%	0.79
B0289	B0291	35.0	CIRC	315	140.39	140.27	0.003	0.059	0.1200	0.0166	57.0%	0.62
B0291	B0292	25.0	CIRC	315	140.26	140.16	0.004	0.063	0.1930	0.0390	72.0%	0.80
B0293	B0294	19.0	CIRC	315	140.11	140.03	0.004	0.066	0.2420	0.0556	84.0%	0.89
B0294	B0295	19.0	CIRC	315	140.03	139.95	0.004	0.066	0.2610	0.0673	83.0%	0.99
B0296	B0297	19.0	CIRC	400	139.90	139.82	0.004	0.125	0.2610	0.0858	72.0%	1.00
B0297	B0298	19.0	CIRC	400	139.82	139.74	0.004	0.125	0.2860	0.0982	77.0%	1.03
B0299	B0300	19.0	CIRC	400	139.70	139.61	0.004	0.125	0.3110	0.1145	80.0%	1.10
B0300	B0301	19.0	CIRC	400	139.61	139.53	0.004	0.125	0.3140	0.1242	79.0%	1.17
B0302	B0303	19.0	CIRC	500	139.08	138.99	0.004	0.227	0.3540	0.1745	76.0%	1.21
B0303	B0304	19.0	CIRC	600	138.99	138.91	0.004	0.369	0.3770	0.1860	72.0%	1.05
B0304	B0444	32.0	CIRC	600	138.91	138.85	0.002	0.244	0.4320	0.1947	75.0%	0.91
B0305	B0306	19.0	CIRC	200	139.19	139.11	0.004	0.019	0.0840	0.0066	42.0%	0.52
B0306	B0307	19.0	CIRC	250	139.06	138.99	0.004	0.034	0.1190	0.0156	48.0%	0.67
B0307	B0458	30.0	CIRC	315	138.92	138.86	0.002	0.045	0.1490	0.0218	47.0%	0.60
B0308	B0309	19.0	CIRC	200	139.01	138.93	0.004	0.019	0.0880	0.0073	44.0%	0.55
B0309	B0310	19.0	CIRC	250	138.88	138.81	0.004	0.034	0.1260	0.0173	50.0%	0.70

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE									VERIFICA			
US Node ID	DS Node ID	Length (m)	Shape ID	Height (mm)	US Invert Level (m AD)	DS Invert Level (m AD)	Gradient (m/m)	Conduit full capacity (m3/s)	Max Depth (m)	Max Flow (m3/s)	Width/max depth %	Velocity (m/s)
B0310	B0464	30.0	CIRC	315	138.74	138.68	0.002	0.045	0.1540	0.0231	49.0%	0.61
B0311	B0312	30.0	CIRC	200	138.84	138.77	0.002	0.014	0.1130	0.0081	63.0%	0.45
B0312	B0470	30.0	CIRC	250	138.72	138.66	0.002	0.024	0.1750	0.0215	70.0%	0.59
B0334	B0335	25.0	CIRC	500	143.26	143.21	0.002	0.154	0.2410	0.0607	52.0%	0.65
B0335	B0350	20.0	CIRC	500	143.21	143.17	0.002	0.154	0.2610	0.0795	53.0%	0.77
B0346	B0673	18.0	CIRC	800	142.16	142.13	0.002	0.538	0.5770	0.3233	75.0%	0.94
B0347	B0348	25.0	CIRC	315	143.39	143.26	0.005	0.071	0.1060	0.0160	48.0%	0.70
B0348	B0349	28.0	CIRC	315	143.21	143.07	0.005	0.071	0.1990	0.0492	73.0%	0.97
B0349	B0671	28.0	CIRC	315	143.01	142.87	0.005	0.071	0.2890	0.0799	92.0%	1.10
B0350	valle	43.0	CIRC	500	143.17	143.10	0.002	0.139	0.2650	0.0901	53.0%	0.85
B0355	B0356	32.0	CIRC	400	142.90	142.83	0.002	0.085	0.2000	0.0440	50.0%	0.70
B0356	B0360	30.0	CIRC	500	142.73	142.67	0.002	0.154	0.2820	0.0903	57.0%	0.79
B0357	B0358	34.0	CIRC	400	142.95	142.88	0.002	0.085	0.1740	0.0330	45.0%	0.63
B0358	B0361	34.0	CIRC	500	142.88	142.81	0.002	0.154	0.1780	0.0449	36.0%	0.72
B0359	B0356	30.0	CIRC	315	143.23	143.04	0.006	0.080	0.1130	0.0212	36.0%	0.85
B0360	B0361	30.0	CIRC	500	142.67	142.61	0.002	0.154	0.2860	0.1148	57.0%	0.99
B0361	B0346	2.8	CIRC	600	142.51	142.51	0.002	0.258	0.2770	0.1719	46.0%	1.35
B0362	B0363	31.0	CIRC	400	142.65	142.59	0.002	0.085	0.2050	0.0410	55.0%	0.63
B0363	B0364	31.0	CIRC	400	142.59	142.53	0.002	0.085	0.2200	0.0570	55.0%	0.81
B0364	B0365	16.0	CIRC	500	142.43	142.39	0.002	0.154	0.2580	0.0654	55.0%	0.66
B0365	B0675	29.0	CIRC	200	142.39	142.24	0.005	0.022	0.2730	0.0217	100.0%	0.79
B0366	IM021	14.7	CIRC	500	142.04	142.00	0.003	0.179	0.5100	0.0948	100.0%	0.50
B0368	B0369	25.0	CIRC	315	142.56	142.51	0.002	0.045	0.2380	0.0524	75.0%	0.83
B0077	B0369	29.0	CIRC	400	142.44	142.38	0.002	0.086	0.2160	0.0127	68.0%	0.33
B0370	B0371	31.0	CIRC	315	142.55	142.49	0.002	0.045	0.1790	0.0306	57.0%	0.67
B0371	B0372	31.0	CIRC	400	142.40	142.34	0.002	0.085	0.2160	0.0434	59.0%	0.63
B0372	B0677	7.0	CIRC	200	142.34	142.33	0.002	0.013	0.2370	0.0103	100.0%	0.39
B0373	B0374	31.0	CIRC	315	142.64	142.57	0.002	0.045	0.0620	0.0033	21.0%	0.31
B0374	B0375	31.0	CIRC	315	142.52	142.46	0.002	0.045	0.1170	0.0132	37.0%	0.50
B0375	B0376	31.0	CIRC	315	142.40	142.34	0.002	0.045	0.1780	0.0227	69.0%	0.50
B0376	B0678	7.0	CIRC	200	142.35	142.34	0.002	0.013	0.2020	0.0069	100.0%	0.30
B0377	B0378	32.0	CIRC	400	142.16	142.09	0.002	0.085	0.2010	0.0480	50.0%	0.76
B0378	B0379	32.0	CIRC	500	141.99	141.93	0.002	0.154	0.2400	0.0633	52.0%	0.68
B0379	B0380	32.0	CIRC	500	141.93	141.86	0.002	0.154	0.2620	0.0805	54.0%	0.78
B0380	B0381	32.0	CIRC	500	141.86	141.80	0.002	0.154	0.2700	0.0908	54.0%	0.84
B0381	B0382	31.0	CIRC	600	141.70	141.64	0.002	0.250	0.3600	0.1008	68.0%	0.57
B0383	B0384	32.0	CIRC	400	141.99	141.92	0.002	0.085	0.2330	0.0632	58.0%	0.83
B0384	B0385	32.0	CIRC	500	141.82	141.76	0.002	0.154	0.2590	0.0784	54.0%	0.77
B0385	B0386	31.0	CIRC	500	141.76	141.70	0.002	0.154	0.2680	0.0902	54.0%	0.84
B0386	B0583	13.0	CIRC	500	141.70	141.67	0.002	0.154	0.2570	0.0958	51.0%	0.94
B0387	B0388	19.0	CIRC	315	142.15	142.07	0.005	0.067	0.0890	0.0112	28.0%	0.62
B0388	B0389	19.0	CIRC	315	142.02	141.93	0.004	0.067	0.1300	0.0237	41.0%	0.78
B0389	B0390	34.0	CIRC	315	141.87	141.80	0.002	0.045	0.1820	0.0309	58.0%	0.66
B0390	B0391	34.0	CIRC	400	141.72	141.65	0.002	0.085	0.2240	0.0509	56.0%	0.71
B0391	B0476	34.0	CIRC	500	141.55	141.48	0.002	0.154	0.3220	0.0667	75.0%	0.50
B0392	B0393	35.0	CIRC	400	141.49	141.42	0.002	0.085	0.1950	0.0447	49.0%	0.73
B0395	B0396	32.0	CIRC	500	140.74	140.68	0.002	0.154	0.1700	0.0355	36.0%	0.61
B0396	B0577	26.0	CIRC	500	140.68	140.63	0.002	0.154	0.1810	0.0433	36.0%	0.68
B0398	B0399	32.0	CIRC	400	140.72	140.65	0.002	0.085	0.2410	0.0657	60.0%	0.83
B0399	B0400	38.0	CIRC	500	140.55	140.48	0.002	0.154	0.2970	0.0929	64.0%	0.78
B0400	B0578	17.0	CIRC	500	140.47	140.44	0.002	0.154	0.3240	0.1027	67.0%	0.77

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE									VERIFICA			
US Node ID	DS Node ID	Length (m)	Shape ID	Height (mm)	US Invert Level (m AD)	DS Invert Level (m AD)	Gradient (m/m)	Conduit full capacity (m3/s)	Max Depth (m)	Max Flow (m3/s)	Width/max depth %	Velocity (m/s)
B0401	B0402	35.0	CIRC	400	140.41	140.34	0.002	0.085	0.3050	0.0779	76.0%	0.77
B0402	IM017	38.9	CIRC	400	140.34	140.29	0.001	0.064	0.3030	0.0844	76.0%	0.83
B0405	B0600	22.0	CIRC	500	140.37	140.33	0.002	0.154	0.3720	0.0196	83.0%	0.19
B0409	B0457	40.0	CIRC	315	140.16	140.08	0.002	0.051	0.1960	0.0157	85.0%	0.53
B0410	B0411	32.0	CIRC	400	140.35	140.29	0.002	0.085	0.3220	0.1057	81.0%	0.98
B0411	B0412	32.0	CIRC	500	140.19	140.13	0.002	0.154	0.3460	0.1223	70.0%	0.86
B0412	B0457	24.0	CIRC	500	140.13	140.06	0.003	0.177	0.3460	0.1786	69.0%	1.23
B0413	B0414	32.0	CIRC	600	139.96	139.89	0.002	0.250	0.3640	0.2117	61.0%	1.18
B0414	B0415	32.0	CIRC	800	139.69	139.63	0.002	0.538	0.3840	0.2221	50.0%	0.95
B0415	B0733	5.5	CIRC	800	139.63	139.62	0.001	0.428	0.4020	0.2390	50.0%	0.95
B0421	B0422	35.0	CIRC	800	139.24	139.17	0.002	0.538	0.2830	0.0308	44.0%	0.41
B0422	B0423	35.0	CIRC	800	139.17	139.10	0.002	0.538	0.3530	0.0524	53.0%	0.43
B0423	B0424	35.0	CIRC	800	139.00	138.93	0.002	0.538	0.5230	0.0734	74.0%	0.29
B0424	B0425	25.0	CIRC	800	138.93	138.88	0.002	0.538	0.5930	0.1053	80.0%	0.34
B0425	B0658	7.0	CIRC	400	138.88	138.86	0.002	0.085	0.6430	0.0459	100.0%	0.35
B0444	B0445	32.0	CIRC	600	138.85	138.80	0.002	0.225	0.4450	0.2092	74.0%	0.95
B0445	B0446	32.0	CIRC	600	138.80	138.73	0.002	0.250	0.4410	0.2238	74.0%	1.03
B0446	B0447	32.0	CIRC	600	138.73	138.67	0.002	0.250	0.4400	0.2380	73.0%	1.12
B0447	B0448	32.0	CIRC	600	138.57	138.51	0.002	0.250	0.5250	0.2521	88.0%	0.99
B0448	B0432	28.2	CIRC	600	138.51	138.44	0.002	0.266	0.5160	0.2658	86.0%	1.04
B0449	B0450	19.0	CIRC	500	139.29	139.20	0.004	0.227	0.3060	0.1446	65.0%	1.16
B0450	B0451	17.0	CIRC	500	139.20	139.13	0.004	0.227	0.3240	0.1559	69.0%	1.17
B0457	B0413	8.0	CIRC	600	139.97	139.96	0.002	0.250	0.3740	0.2028	62.0%	1.10
B0458	B0459	30.0	CIRC	400	138.78	138.72	0.002	0.085	0.1630	0.0322	41.0%	0.67
B0459	B0460	30.0	CIRC	500	138.62	138.56	0.002	0.154	0.1950	0.0435	44.0%	0.62
B0460	B0461	30.0	CIRC	500	138.56	138.50	0.002	0.154	0.2190	0.0541	52.0%	0.67
B0461	B0462	30.0	CIRC	500	138.50	138.44	0.002	0.154	0.2610	0.0641	64.0%	0.72
B0462	B0463	27.0	CIRC	600	138.34	138.28	0.002	0.250	0.4210	0.0736	79.0%	0.42
B0464	B0465	30.0	CIRC	400	138.60	138.54	0.002	0.085	0.1770	0.0327	47.0%	0.61
B0465	B0466	30.0	CIRC	400	138.54	138.48	0.002	0.085	0.1880	0.0426	47.0%	0.74
B0466	B0467	30.0	CIRC	500	138.38	138.32	0.002	0.154	0.2220	0.0526	56.0%	0.63
B0467	B0468	30.0	CIRC	500	138.32	138.26	0.002	0.154	0.2790	0.0619	68.0%	0.64
B0468	B0469	27.0	CIRC	500	138.26	138.18	0.003	0.188	0.3390	0.0710	84.0%	0.63
B0469	B0641	7.5	CIRC	250	138.18	138.06	0.015	0.067	0.4200	-0.0225	100.0%	-0.44
B0470	B0471	30.0	CIRC	315	138.59	138.53	0.002	0.045	0.2210	0.0323	77.0%	0.60
B0471	B0472	30.0	CIRC	400	138.45	138.39	0.002	0.085	0.3270	0.0429	93.0%	0.48
B0472	B0473	30.0	CIRC	400	138.39	138.33	0.002	0.085	0.371	0.054	100.0%	0.442
B0473	B0474	30.0	CIRC	500	138.23	138.17	0.002	0.154	0.507	0.065	100.0%	0.325
B0474	B0475	27.0	CIRC	500	138.17	138.12	0.002	0.154	0.555	0.075	100.0%	0.368
B0475	B0643	1.8	CIRC	250	137.71	137.70	0.007	0.047	0.994	0.032	100.0%	0.591
B0476	B0490	24.0	CIRC	500	141.48	141.43	0.002	0.154	0.373	0.072	82.0%	0.461
B0477	B0478	32.0	CIRC	315	140.42	140.35	0.002	0.045	0.126	0.016	40.0%	0.538
B0478	B0479	32.0	CIRC	315	140.24	140.17	0.002	0.045	0.171	0.028	54.0%	0.652
B0479	B0480	32.0	CIRC	400	140.09	140.02	0.002	0.085	0.184	0.041	46.0%	0.721
B0480	B0481	32.0	CIRC	500	139.92	139.86	0.002	0.154	0.207	0.053	43.0%	0.690
B0481	B0482	32.0	CIRC	800	139.86	139.80	0.002	0.538	0.213	0.066	31.0%	0.616
B0482	B0483	32.0	CIRC	800	139.80	139.73	0.002	0.538	0.246	0.078	36.0%	0.595
B0483	B0734	5.7	CIRC	800	139.63	139.62	0.002	0.551	0.387	0.088	50.0%	0.367
B0486	B0486A	37.0	CIRC	400	141.07	141.00	0.002	0.081	0.341	0.063	100.0%	0.553
B0490	B0491	24.0	CIRC	500	141.43	141.38	0.002	0.154	0.410	0.081	89.0%	0.468

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE									VERIFICA			
US Node ID	DS Node ID	Length (m)	Shape ID	Height (mm)	US Invert Level (m AD)	DS Invert Level (m AD)	Gradient (m/m)	Conduit full capacity (m3/s)	Max Depth (m)	Max Flow (m3/s)	Width/max depth %	Velocity (m/s)
B0491	B0586	11.4	CIRC	250	141.37	141.16	0.018	0.074	0.460	-0.045	100.0%	-0.874
B0497	B0071	24.0	CIRC	400	143.32	143.21	0.005	0.127	0.122	0.025	35.0%	0.770
B0498	B0073	24.0	CIRC	500	143.05	142.95	0.005	0.231	0.250	0.083	66.0%	0.908
B0501	IM003	30.2	CIRC	315	143.46	143.34	0.004	0.063	0.416	0.033	100.0%	0.689
B0502	B0084	24.0	CIRC	400	142.05	141.95	0.005	0.127	0.287	0.119	72.0%	1.229
B0505	B0082	24.0	CIRC	250	142.38	142.27	0.005	0.036	0.166	0.027	72.0%	0.794
B0506	B0507	30.0	CIRC	200	141.93	141.87	0.002	0.013	0.091	0.006	45.0%	0.403
B0507	B0508	31.0	CIRC	315	141.76	141.70	0.002	0.045	0.175	0.021	75.0%	0.520
B0508	FT03	16.6	CIRC	200	141.69	141.57	0.007	0.025	0.242	0.018	100.0%	0.657
B0511	B0512	25.0	CIRC	500	139.24	139.19	0.002	0.154	0.329	0.127	66.0%	0.927
B0513	B0511	35.0	CIRC	400	139.41	139.34	0.002	0.085	0.287	0.087	72.0%	0.896
B0514	B0513	35.0	CIRC	400	139.48	139.41	0.002	0.085	0.271	0.061	72.0%	0.683
B0515	B0514	35.0	CIRC	400	139.65	139.58	0.002	0.085	0.178	0.036	45.0%	0.658
B0516	B0515	21.6	CIRC	315	139.82	139.75	0.003	0.065	0.022	0.000	25.0%	-0.003
B0523	B0075	24.0	CIRC	500	142.84	142.73	0.005	0.231	0.417	0.170	94.0%	0.991
B0528	B0526	7.0	CIRC	250	141.04	140.93	0.016	0.068	0.419	0.048	100.0%	1.285
B0551	B0552	9.5	CIRC	250	143.62	143.49	0.014	0.063	0.409	0.037	100.0%	0.931
B0565	B0566	33.0	CIRC	400	139.13	139.06	0.002	0.085	0.223	0.010	72.0%	0.334
B0566	B0567	30.0	CIRC	400	139.06	139.00	0.002	0.085	0.287	0.022	86.0%	0.380
B0567	B0192	20.0	CIRC	500	139.00	138.96	0.002	0.154	0.343	0.033	76.0%	0.304
B0577	B0503	25.0	CIRC	315	140.63	140.55	0.003	0.055	0.176	0.032	60.0%	0.757
B0578	B0503	23.0	CIRC	315	140.44	140.37	0.003	0.055	0.333	0.038	100.0%	0.745
B0590	B0592	23.0	CIRC	600	140.04	140.00	0.002	0.250	0.413	0.281	69.0%	1.354
B0592	B0603	23.0	CIRC	800	139.50	139.45	0.002	0.538	0.804	0.325	100.0%	0.641
B0594	B0590	23.0	CIRC	600	140.09	140.04	0.002	0.250	0.449	0.273	75.0%	1.205
B0596	B0602	17.0	CIRC	500	140.26	140.22	0.002	0.154	0.460	0.262	92.0%	1.392
B0597	B0596	36.0	CIRC	315	140.59	140.52	0.002	0.045	0.147	0.011	65.0%	0.418
B0598	B0596	18.0	CIRC	500	140.29	140.26	0.002	0.154	0.441	0.072	94.0%	0.484
B0600	B0598	16.0	CIRC	500	140.33	140.29	0.002	0.154	0.414	0.063	88.0%	0.460
B0602	B0594	17.0	CIRC	600	140.12	140.09	0.002	0.250	0.468	0.269	78.0%	1.138
B0603	B0604	23.0	CIRC	800	139.45	139.41	0.002	0.538	0.831	0.351	100.0%	0.683
B0604	B0605	23.0	CIRC	800	139.41	139.36	0.002	0.538	0.854	0.379	100.0%	0.731
B0642	B0644	24.0	CIRC	600	138.07	138.02	0.002	0.250	0.525	0.105	95.0%	0.572
B0650	B0651	33.0	CIRC	500	140.26	140.19	0.002	0.154	0.320	0.133	64.0%	1.012
B0651	B0652	33.0	CIRC	600	140.09	140.04	0.002	0.220	0.372	0.157	62.0%	0.873
B0652	B0653	33.0	CIRC	600	140.04	139.97	0.002	0.250	0.369	0.173	61.0%	0.972
B0653	B0709	33.0	CIRC	600	139.97	139.91	0.002	0.250	0.366	0.196	61.0%	1.104
B0660	B0719	18.0	CIRC	600	140.21	140.18	0.002	0.250	0.446	0.287	74.0%	1.282
B0671	B0672	25.0	CIRC	400	142.78	142.66	0.005	0.134	0.310	0.109	88.0%	1.101
B0672	B0346	38.8	CIRC	400	142.66	142.46	0.005	0.134	0.346	0.145	86.0%	1.269
B0673	B0675	7.7	CIRC	315	142.13	142.00	0.016	0.127	0.594	0.089	100.0%	1.140
B0684	P042	62.6	CIRC	315	139.70	139.67	0.000	0.022	0.315	0.046	100.0%	0.586
B0689	B0690	30.0	CIRC	315	138.74	138.68	0.002	0.045	0.106	0.009	42.0%	0.434
B0690	B0691	30.0	CIRC	315	138.63	138.57	0.002	0.045	0.183	0.019	72.0%	0.488
B0691	B0692	30.0	CIRC	315	138.50	138.44	0.002	0.045	0.291	0.028	100.0%	0.466
B0719	B0720	31.0	CIRC	600	140.08	140.02	0.002	0.250	0.507	0.301	84.0%	1.186
B0720	B0721	31.0	CIRC	600	140.02	139.95	0.002	0.250	0.458	0.316	76.0%	1.368
B0721	B0722	7.0	CIRC	250	139.95	139.84	0.016	0.069	0.336	0.035	100.0%	0.961

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE									VERIFICA			
US Node ID	DS Node ID	Length (m)	Shape ID	Height (mm)	US Invert Level (m AD)	DS Invert Level (m AD)	Gradient (m/m)	Conduit full capacity (m3/s)	Max Depth (m)	Max Flow (m3/s)	Width/max depth %	Velocity (m/s)
CM02	CM03	34.5	RECT	2000	141.38	141.35	0.001	3.518	0.909	0.659	62.0%	0.516
CS01	CS02	35.0	RECT	1500	144.21	144.19	0.001	1.125	0.824	0.558	84.0%	0.975
SO002	IM002	45.1	CIRC	600	143.58	143.55	0.001	0.144	0.489	0.281	81.0%	1.140
SO003	IM003	35.3	CIRC	600	143.47	143.45	0.001	0.133	0.406	0.008	71.0%	0.080
SO004	IM003	46.0	CIRC	600	143.62	143.60	0.000	0.117	0.378	0.170	63.0%	0.909
SO005	IM003	43.4	CIRC	500	143.43	143.39	0.001	0.096	0.449	0.120	97.0%	0.855
SO006	FT11a	8.7	CIRC	315	142.72	142.50	0.025	0.159	0.384	0.083	100.0%	1.025
SO008	IM005	6.9	CIRC	500	141.59	141.59	0.001	0.119	0.245	0.104	49.0%	1.093
SO010	IM006	16.5	CIRC	600	140.56	140.55	0.001	0.126	0.900	0.094	100.0%	0.318
SO012	BR20v	7.8	CIRC	500	140.59	140.58	0.002	0.143	0.367	0.228	73.0%	1.475
SO019	IM009	69.3	CIRC	800	138.24	138.22	0.000	0.183	0.990	0.266	200.0%	0.530
SO020	IM009	23.4	CIRC	600	138.75	138.74	0.001	0.127	0.479	0.320	82.0%	1.333
SO021	IM010	46.6	CIRC	500	138.52	138.38	0.003	0.185	0.241	0.089	48.0%	0.952
SO022	IM010	27.7	CIRC	400	138.59	138.54	0.002	0.080	0.172	0.035	43.0%	0.676
SO023	IM011	20.9	CIRC	400	138.54	138.50	0.002	0.079	0.167	0.034	42.0%	0.690
SO025	IM012	12.9	CIRC	400	138.46	138.44	0.002	0.082	0.203	0.056	51.0%	0.876
SO026	IM013	18.0	CIRC	400	138.11	138.09	0.001	0.047	0.488	0.055	100.0%	0.533
SO028	B0642	4.0	CIRC	500	138.18	138.17	0.002	0.153	0.417	0.093	85.0%	0.844
SO039	B0366	12.2	CIRC	500	142.39	142.36	0.002	0.154	0.223	0.083	45.0%	0.976
SO040	BR06m	35.3	CIRC	400	142.34	142.32	0.001	0.045	0.223	0.042	56.0%	0.611
SO041	BR06m	33.7	CIRC	315	142.33	142.33	0.000	0.015	0.209	0.024	66.0%	0.485
SO042	BR07m	88.1	CIRC	500	141.64	141.60	0.000	0.068	0.333	0.087	67.0%	0.631
SO043	BR07m	43.3	CIRC	315	141.69	141.65	0.001	0.029	0.242	0.015	87.0%	0.430
SO044	IM019	35.2	CIRC	400	141.67	141.63	0.001	0.063	0.221	0.049	55.0%	0.687
SO045	IM019	25.6	CIRC	400	141.38	141.35	0.001	0.061	0.274	0.079	69.0%	0.855
SO046	IM018	15.5	CIRC	600	140.78	140.75	0.001	0.211	0.632	0.028	100.0%	0.107
SO047	IM017	43.4	CIRC	400	140.63	140.61	0.000	0.038	0.145	0.016	36.0%	0.403
SO048	B0401	16.7	CIRC	400	140.44	140.41	0.002	0.079	0.306	0.072	77.0%	0.712
SO049	IM016	18.2	CIRC	800	139.34	139.32	0.001	0.399	0.660	0.361	85.0%	0.863
SO050	P042	61.2	CIRC	600	139.51	139.45	0.001	0.175	0.412	0.201	69.0%	0.972
SO051	P042	60.9	CIRC	800	139.60	139.47	0.002	0.556	0.183	0.064	23.0%	0.744
SO052	IM015	21.3	CIRC	400	139.19	139.17	0.001	0.054	0.333	0.079	88.0%	0.875
SO053	IM015	14.5	CIRC	800	138.88	138.86	0.001	0.424	0.643	0.068	83.0%	0.210
SO058	B0203	6.6	CIRC	800	142.13	142.11	0.003	0.660	0.527	0.269	68.0%	1.082
SO060	IM008	30.4	CIRC	600	139.39	139.30	0.003	0.311	0.789	0.311	100.0%	1.086
SO27	B0644	9.7	CIRC	500	138.11	138.10	0.001	0.132	0.481	0.048	99.0%	0.365
VA01	VA02	15.2	RECT	2000	137.32	137.31	0.001	3.063	0.787	2.345	52.0%	1.491
VA02	VA03	24.2	RECT	2000	134.70	134.50	0.008	10.843	3.327	2.345	100.0%	0.738
VA03	VA04	42.6	RECT	2000	137.25	137.21	0.001	3.656	0.711	2.345	47.0%	1.650
VA04	VA05	43.7	RECT	1500	137.21	136.94	0.006	4.546	0.645	2.345	61.0%	2.424
B0557	B0138	27.0	CIRC	315	145.02	144.96	0.002	0.045	0.084	0.007	32.0%	0.409
B0138	IM026	7.1	CIRC	315	144.51	144.49	0.002	0.051	0.551	0.113	200.0%	1.426
B0212	B0138	33.0	CIRC	315	145.06	144.99	0.002	0.045	0.072	0.005	23.0%	0.368
B0219	B0224	33.4	CIRC	400	144.97	144.90	0.002	0.085	0.257	0.045	75.0%	0.629
B0224	B0228	25.0	CIRC	500	144.82	144.77	0.002	0.154	0.377	0.072	83.0%	0.506
B0314	B0138	18.0	CIRC	600	144.54	144.51	0.002	0.250	0.550	0.261	93.0%	1.205
B0228	B0316	28.5	CIRC	500	144.77	144.72	0.002	0.154	0.415	0.131	87.0%	0.873
B0343	B0314	28.5	CIRC	500	144.70	144.64	0.002	0.154	0.438	0.137	91.0%	0.911

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE									VERIFICA			
US Node ID	DS Node ID	Length (m)	Shape ID	Height (mm)	US Invert Level (m AD)	DS Invert Level (m AD)	Gradient (m/m)	Conduit full capacity (m3/s)	Max Depth (m)	Max Flow (m3/s)	Width/max depth %	Velocity (m/s)
B0354	B0314	33.0	CIRC	315	145.14	145.07	0.002	0.045	0.174	0.029	55.0%	0.655
B0367	B0397	33.0	CIRC	315	144.72	144.66	0.002	0.045	0.134	0.014	54.0%	0.439
B0403	B0488	30.0	CIRC	315	145.06	145.00	0.002	0.045	0.103	0.007	47.0%	0.344
B0488	B0492	30.0	CIRC	315	145.00	144.94	0.002	0.045	0.149	0.017	58.0%	0.525
B0493	B0494	33.0	CIRC	315	144.81	144.74	0.002	0.045	0.150	0.018	56.0%	0.505
B0494	B0397	18.0	CIRC	315	144.68	144.64	0.002	0.045	0.241	0.056	76.0%	0.871
B0397	IM028	6.3	CIRC	315	144.64	144.63	0.002	0.040	0.188	0.044	60.0%	0.913
B0492	B0496	12.0	CIRC	315	144.94	144.91	0.002	0.045	0.182	0.023	62.0%	0.663
B0499	B0509	30.0	CIRC	315	145.14	145.08	0.002	0.045	0.194	0.027	69.0%	0.564
B0509	B0521	30.0	CIRC	400	144.99	144.93	0.002	0.085	0.301	0.084	75.0%	0.832
B0521	B0524	12.0	CIRC	400	144.93	144.91	0.002	0.085	0.282	0.106	70.0%	1.123
B0525	B0524	30.0	CIRC	600	144.73	144.67	0.002	0.250	0.457	0.248	76.0%	1.177
B0524	B0496	18.0	CIRC	800	144.47	144.44	0.002	0.538	0.645	0.382	83.0%	1.005
B0533	B0525	36.9	CIRC	600	144.81	144.75	0.002	0.236	0.428	0.193	73.0%	0.940
B0316	B0343	9.0	CIRC	500	144.72	144.70	0.002	0.154	0.435	0.134	88.0%	0.887
B0540	B0496	25.0	CIRC	315	144.93	144.88	0.002	0.045	0.180	0.013	70.0%	0.505
B0545	B0524	25.0	CIRC	315	145.09	145.04	0.002	0.045	0.158	0.025	50.0%	0.644
B0546	B0540	25.0	CIRC	315	144.98	144.93	0.002	0.045	0.133	0.006	57.0%	0.341
B0548	B0545	25.0	CIRC	315	145.14	145.09	0.002	0.045	0.123	0.010	50.0%	0.344
B0549	B0397	20.0	CIRC	315	144.92	144.88	0.002	0.045	0.103	0.011	33.0%	0.497
B0550	B0494	20.0	CIRC	315	145.09	145.05	0.002	0.045	0.140	0.021	44.0%	0.620
B0553	B0549	23.0	CIRC	315	144.97	144.92	0.002	0.045	0.078	0.005	33.0%	0.308
B0555	B0550	23.0	CIRC	315	145.13	145.09	0.002	0.045	0.110	0.008	45.0%	0.342
SO063	IM026	6.1	CIRC	600	144.51	144.49	0.002	0.244	0.535	0.200	90.0%	1.080
SO062	IM027	6.4	CIRC	800	144.44	144.43	0.001	0.425	0.598	0.300	75.0%	0.972
SO061	IM028	5.9	CIRC	400	144.64	144.63	0.002	0.078	0.169	0.044	42.0%	0.873
VA05	VA06	263.1	OT1:1	2000	136.94	136.24	0.003	4.507	0.698	2.345	70.0%	1.245
B0369	FT11b	5.1	CIRC	315	142.37	142.26	0.022	0.150	0.279	0.058	100.0%	1.112
SO495	IM0495	11.2	CIRC	500	141.72	141.69	0.003	0.178	0.566	0.040	100.0%	0.208
SO016	B0535	1.9	CIRC	500	139.91	139.90	0.003	0.192	0.291	0.118	58.0%	0.998
B0535	B0536	30.1	CIRC	500	139.90	139.81	0.003	0.188	0.291	0.126	74.0%	1.062
SO017	B0536	2.7	CIRC	500	139.79	139.78	0.003	0.186	0.396	0.056	81.0%	0.479
B0536	B0537	19.1	CIRC	600	139.77	139.72	0.003	0.305	0.411	0.188	78.0%	1.262
B0537	BR22m	33.2	CIRC	800	139.09	138.99	0.003	0.661	1.093	0.217	100.0%	0.422
B0220	B0149	20.2	CIRC	200	138.77	138.72	0.002	0.015	0.143	0.010	82.0%	0.436
B0151	B0152	15.2	CIRC	400	141.80	141.70	0.006	0.152	0.874	0.112	100.0%	0.855
B0486A	B0576	6.0	CIRC	400	141.00	140.98	0.003	0.110	0.408	0.064	100.0%	0.535
B0733	B0683	15.6	CIRC	800	139.62	139.59	0.002	0.520	0.401	0.244	51.0%	0.969
B0734	B0684	10.8	CIRC	800	139.62	139.60	0.002	0.517	0.398	0.093	52.0%	0.371
SO006	FT11a	9.4	CIRC	315	142.72	142.50	0.023	0.153	0.384	0.080	100.0%	0.992
B0150	B0204	30.0	CIRC	600	139.04	138.98	0.002	0.248	0.144	0.029	25.0%	0.567
B0204	B0286	18.0	CIRC	600	138.98	138.94	0.002	0.250	0.151	0.039	25.0%	0.693
B0286	B0290	30.0	CIRC	800	138.74	138.68	0.002	0.538	0.189	0.053	28.0%	0.596
B0290	B0406	30.0	CIRC	800	138.68	138.62	0.002	0.538	0.220	0.071	32.0%	0.633
B0406	B0407	30.0	CIRC	800	138.62	138.56	0.002	0.538	0.252	0.101	34.0%	0.750
B0407	B0408	30.0	CIRC	800	138.56	138.50	0.002	0.538	0.274	0.135	34.0%	0.895
B0615	B0504	31.8	CIRC	600	138.82	138.76	0.002	0.243	0.148	0.000	35.0%	-0.011
B0504	B0510	30.0	CIRC	600	138.76	138.70	0.002	0.250	0.208	0.061	36.0%	0.704

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE									VERIFICA			
US Node ID	DS Node ID	Length (m)	Shape ID	Height (mm)	US Invert Level (m AD)	DS Invert Level (m AD)	Gradient (m/m)	Conduit full capacity (m3/s)	Max Depth (m)	Max Flow (m3/s)	Width/max depth %	Velocity (m/s)
B0510	B0517	30.0	CIRC	600	138.70	138.64	0.002	0.250	0.214	0.076	36.0%	0.836
B0517	B0518	30.0	CIRC	800	138.44	138.38	0.002	0.538	0.317	0.100	47.0%	0.628
B0432	B0527	25.8	CIRC	600	138.44	138.38	0.002	0.267	0.506	0.298	84.0%	1.172
B0527	B0539	30.0	CIRC	800	138.28	138.22	0.002	0.538	0.585	0.330	78.0%	0.845
B0539	B0556	40.0	CIRC	800	138.22	138.14	0.002	0.538	0.620	0.365	83.0%	0.882
B0463	B0489	28.6	CIRC	600	138.28	138.23	0.002	0.245	0.475	0.095	88.0%	0.470
B0408	B0800	1.6	CIRC	500	138.50	138.35	0.094	1.053	0.272	0.139	83.0%	1.410
B0518	B0801	2.3	CIRC	500	138.38	138.25	0.056	0.816	0.377	0.082	100.0%	0.663
SO080	BR11v	55.3	CIRC	600	138.50	138.39	0.002	0.250	0.259	0.022	62.0%	0.463
B0800	BR11v	58.3	CIRC	500	138.35	138.34	0.000	0.045	0.414	0.139	84.0%	0.805
B0556	B0802	3.9	CIRC	500	138.14	138.03	0.028	0.573	0.660	0.147	100.0%	0.718
B0560	B0803	4.2	CIRC	500	138.09	137.98	0.026	0.554	0.670	0.091	100.0%	0.449
SO082	BR12m	89.8	CIRC	1000	138.13	138.10	0.000	0.418	0.625	0.243	66.0%	0.590
B0801	BR12m	191.8	CIRC	500	138.25	138.24	0.000	0.025	0.508	0.081	100.0%	0.448
SO081	BR12m	200.4	CIRC	600	138.38	138.36	0.000	0.050	0.382	0.032	66.0%	0.255
B0433	B0219	25.0	CIRC	400	145.02	144.97	0.002	0.085	0.218	0.029	64.0%	0.503
B0519	B0433	30.0	CIRC	400	145.08	145.02	0.002	0.085	0.167	0.017	55.0%	0.421
B0532	B0519	25.0	CIRC	315	145.34	145.29	0.002	0.045	0.075	0.006	24.0%	0.387
B0559	B0562	30.0	CIRC	315	145.16	145.10	0.002	0.045	0.191	0.006	79.0%	0.296
B0562	B0568	30.0	CIRC	400	145.02	144.96	0.002	0.085	0.328	0.076	85.0%	0.721
B0568	B0533	25.0	CIRC	400	144.96	144.91	0.002	0.085	0.336	0.087	84.0%	0.823
B0570	B0573	25.0	CIRC	315	145.43	145.38	0.002	0.045	0.135	0.015	48.0%	0.498
B0573	B0575	25.0	CIRC	315	145.33	145.28	0.002	0.045	0.201	0.031	66.0%	0.626
B0575	B0580	25.0	CIRC	315	145.21	145.16	0.002	0.045	0.270	0.055	86.0%	0.773
B0582	B0533	5.0	CIRC	400	145.02	145.01	0.002	0.085	0.259	0.106	65.0%	1.232
B0580	B0582	29.8	CIRC	400	145.08	145.02	0.002	0.085	0.314	0.099	79.0%	0.936
B0584	B0562	7.0	CIRC	400	145.04	145.02	0.002	0.085	0.324	0.066	82.0%	0.649
B0585	B0584	30.0	CIRC	315	145.18	145.12	0.002	0.045	0.291	0.057	92.0%	0.785
B0587	B0585	30.0	CIRC	315	145.24	145.18	0.002	0.045	0.291	0.044	93.0%	0.633
B0588	B0587	30.0	CIRC	315	145.30	145.24	0.002	0.045	0.257	0.029	93.0%	0.519
B0589	B0588	30.0	CIRC	315	145.42	145.36	0.002	0.045	0.147	0.014	61.0%	0.477
SO083	BR12m	43.5	CIRC	600	138.09	138.00	0.002	0.251	0.670	0.064	100.0%	0.238
B0569	B0560	38.1	CIRC	600	138.16	138.09	0.002	0.234	0.604	0.137	100.0%	0.534
B0489	B0569	35.1	CIRC	600	138.23	138.16	0.002	0.256	0.530	0.093	100.0%	0.407
B0032A	B0032B	3.0	CIRC	500	143.67	143.66	0.003	0.198	0.457	0.194	91.0%	1.034
B0032B	B0033	15.7	CIRC	500	143.66	143.64	0.001	0.123	0.452	0.200	90.0%	1.071
B0759	B0227	16.7	CIRC	400	138.49	138.46	0.002	0.080	0.297	0.106	74.0%	1.063
B0760	B0761	18.4	CIRC	315	138.90	138.86	0.002	0.047	0.050	0.002	25.0%	0.203
B0761	B0762	18.5	CIRC	315	138.86	138.82	0.002	0.047	0.078	0.005	31.0%	0.330
B0762	B0763	18.4	CIRC	315	138.82	138.78	0.002	0.047	0.098	0.008	38.0%	0.380
B0763	B0764	13.6	CIRC	315	138.78	138.76	0.001	0.038	0.119	0.011	38.0%	0.437
B0764	B0765	7.9	CIRC	315	138.76	138.75	0.001	0.036	0.119	0.013	38.0%	0.531
B0765	B0766	14.4	CIRC	400	138.65	138.61	0.003	0.100	0.209	0.017	62.0%	0.329
B0768	B0769	15.1	CIRC	315	138.90	138.87	0.002	0.045	0.097	0.005	38.0%	0.255
B0769	B0770	14.9	CIRC	315	138.87	138.84	0.002	0.045	0.120	0.013	40.0%	0.463
B0770	B0766	9.1	CIRC	315	138.84	138.82	0.002	0.047	0.127	0.020	40.0%	0.668
B0766	B0767	26.4	CIRC	400	138.61	138.55	0.002	0.090	0.247	0.042	72.0%	0.549
B0771	B0772	15.0	CIRC	315	138.90	138.87	0.002	0.045	0.100	0.005	39.0%	0.282

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE									VERIFICA			
US Node ID	DS Node ID	Length (m)	Shape ID	Height (mm)	US Invert Level (m AD)	DS Invert Level (m AD)	Gradient (m/m)	Conduit full capacity (m3/s)	Max Depth (m)	Max Flow (m3/s)	Width/max depth %	Velocity (m/s)
B0772	B0773	15.0	CIRC	315	138.87	138.84	0.002	0.045	0.124	0.012	43.0%	0.429
B0773	B0767	12.2	CIRC	315	138.84	138.82	0.002	0.041	0.136	0.020	43.0%	0.627
B0750	B0751	18.3	CIRC	315	138.90	138.86	0.002	0.047	0.042	0.001	24.0%	0.128
B0751	B0752	18.5	CIRC	315	138.86	138.82	0.002	0.047	0.077	0.005	31.0%	0.322
B0752	B0753	18.7	CIRC	315	138.82	138.78	0.002	0.046	0.099	0.008	38.0%	0.371
B0753	B0754	10.8	CIRC	315	138.78	138.76	0.002	0.043	0.121	0.012	40.0%	0.436
B0754	B0755	8.1	CIRC	315	138.76	138.74	0.002	0.050	0.127	0.014	43.0%	0.480
B0755	B0756	5.4	CIRC	315	138.74	138.73	0.002	0.043	0.135	0.015	43.0%	0.483
B0756	B0757	6.5	CIRC	315	138.73	138.72	0.002	0.039	0.136	0.018	43.0%	0.544
B0757	B0758	7.5	CIRC	315	138.72	138.71	0.001	0.037	0.131	0.020	42.0%	0.655
B0767	B0758	12.2	CIRC	400	138.55	138.52	0.002	0.094	0.286	0.068	74.0%	0.717
B0758	B0759	8.9	CIRC	400	138.52	138.49	0.003	0.110	0.295	0.092	75.0%	0.934
B0800!	B0801!	23.6	CIRC	315	144.80	144.73	0.003	0.055	0.088	0.008	39.0%	0.449
B0801!	B0802!	23.6	CIRC	315	144.73	144.66	0.003	0.055	0.122	0.016	45.0%	0.576
B0802!	B0803!	23.6	CIRC	315	144.66	144.59	0.003	0.055	0.143	0.024	45.0%	0.706
B0804	B0805	22.2	CIRC	200	144.30	144.23	0.003	0.016	0.155	0.008	100.0%	0.421
B0805	B0806	22.2	CIRC	200	144.23	144.17	0.003	0.016	0.207	0.015	100.0%	0.522
B0806	B0807	22.2	CIRC	200	144.17	144.10	0.003	0.016	0.213	0.023	200.0%	0.701
B0808	B0809	20.8	CIRC	200	143.80	143.74	0.003	0.016	0.145	0.007	97.0%	0.415
B0809	B0810	20.8	CIRC	200	143.74	143.68	0.003	0.016	0.192	0.015	100.0%	0.517
B0812	B0813	19.4	CIRC	200	143.30	143.24	0.003	0.016	0.207	0.008	100.0%	0.423
B0816	B0817	17.7	CIRC	200	142.80	142.75	0.003	0.016	0.110	0.006	74.0%	0.383
B0817	B0818	17.7	CIRC	200	142.75	142.69	0.003	0.016	0.147	0.012	82.0%	0.508
B0818	B0819	17.7	CIRC	200	142.69	142.64	0.003	0.016	0.162	0.019	81.0%	0.684
B0820	B0821	16.3	CIRC	200	142.30	142.25	0.003	0.016	0.109	0.006	74.0%	0.370
B0821	B0822	16.3	CIRC	200	142.25	142.20	0.003	0.016	0.148	0.011	88.0%	0.502
B0822	B0823	16.3	CIRC	200	142.20	142.15	0.003	0.016	0.174	0.017	87.0%	0.660
B0824	B0825	19.9	CIRC	200	141.80	141.74	0.003	0.016	0.125	0.006	88.0%	0.410
B0825	B0826	19.9	CIRC	200	141.74	141.68	0.003	0.016	0.176	0.012	100.0%	0.561
B0827	B0828	18.0	CIRC	200	141.30	141.25	0.003	0.016	0.109	0.007	70.0%	0.415
B0828	B0829	18.0	CIRC	200	141.25	141.19	0.003	0.016	0.140	0.014	70.0%	0.617
B0830	B0831	14.5	CIRC	200	140.80	140.76	0.003	0.016	0.099	0.006	63.0%	0.384
B0831	B0832	14.5	CIRC	200	140.76	140.71	0.003	0.016	0.125	0.011	62.0%	0.547
B0833	B0834	16.0	CIRC	200	140.30	140.27	0.002	0.013	0.124	0.006	72.0%	0.325
B0834	B0835	16.0	CIRC	200	140.27	140.24	0.002	0.013	0.144	0.012	72.0%	0.476
B0836	B0837	15.4	CIRC	200	140.10	140.07	0.002	0.013	0.181	0.004	100.0%	0.293
B0837	B0838	15.4	CIRC	200	140.07	140.04	0.002	0.013	0.208	0.008	100.0%	0.367
B0803!	B0839	8.2	CIRC	315	144.59	144.34	0.030	0.174	0.097	0.033	31.0%	1.596
B0807	B0840	7.5	CIRC	200	144.10	143.87	0.030	0.052	0.114	0.031	57.0%	1.660
B0811	B0841	6.9	CIRC	200	143.61	143.41	0.030	0.052	0.111	0.029	55.0%	1.633
B0815	B0842	6.3	CIRC	200	143.13	142.94	0.030	0.052	0.119	0.034	60.0%	1.722
B0819	B0843	5.7	CIRC	200	142.64	142.47	0.030	0.052	0.102	0.025	66.0%	1.576
B0823	B0844	5.1	CIRC	200	142.15	142.00	0.030	0.051	0.168	0.024	100.0%	1.436
B0826	B0845	6.8	CIRC	200	141.68	141.53	0.023	0.045	0.203	0.022	100.0%	1.215
B0829	B0846	6.3	CIRC	200	141.19	141.05	0.022	0.044	0.112	0.023	87.0%	1.247
B0832	B0847	8.1	CIRC	200	140.71	140.57	0.018	0.040	0.123	0.018	100.0%	0.963
B0835	B0848	6.9	CIRC	200	140.24	140.22	0.002	0.013	0.143	0.017	71.0%	0.711
B0838	B0848	14.3	CIRC	200	140.04	140.01	0.002	0.013	0.226	0.012	100.0%	0.454

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE									VERIFICA			
US Node ID	DS Node ID	Length (m)	Shape ID	Height (mm)	US Invert Level (m AD)	DS Invert Level (m AD)	Gradient (m/m)	Conduit full capacity (m3/s)	Max Depth (m)	Max Flow (m3/s)	Width/max depth %	Velocity (m/s)
B0839	B0840	12.5	CIRC	315	144.04	143.63	0.033	0.182	0.095	0.033	42.0%	1.649
B0840	B0841	12.5	CIRC	315	143.63	143.22	0.033	0.182	0.133	0.063	52.0%	2.021
B0841	B0842	12.5	CIRC	315	143.22	142.81	0.033	0.182	0.162	0.092	66.0%	2.282
B0842	B0843	14.7	CIRC	315	142.81	142.32	0.033	0.182	0.197	0.123	89.0%	2.418
B0843	B0844	12.5	CIRC	315	142.32	141.91	0.033	0.182	0.262	0.148	100.0%	2.501
B0844	B0845	13.6	CIRC	315	141.91	141.46	0.033	0.182	0.341	0.168	100.0%	2.550
B0846	B0847	14.1	CIRC	400	140.99	140.52	0.033	0.344	0.231	0.210	68.0%	2.798
B0847	B0848	8.4	CIRC	400	140.52	140.30	0.027	0.312	0.258	0.227	64.0%	2.657
B0850	B0851	1.2	CIRC	400	139.65	139.64	0.009	0.177	0.534	0.078	100.0%	1.344
B0850	B0852	1.4	CIRC	400	139.79	139.78	0.007	0.159	0.372	0.254	93.0%	2.080
P032	P034	13.0	RECT	2000	141.91	141.90	0.001	3.538	1.171	1.955	79.0%	1.085
IM025-new	B0608	67.3	RECT	3000	143.40	143.40	0.000	0.000	0.497	1.946	22.0%	1.306
B0611	B0610	54.5	RECT	3000	142.50	142.50	0.000	0.000	0.676	2.000	24.0%	1.083
B0612	valle	92.5	RECT	3000	142.00	142.00	0.000	0.000	1.108	2.006	62.0%	0.732
B0608	B0609	47.0	RECT	3000	143.00	143.00	0.000	0.000	0.527	2.006	23.0%	1.269
B0609	B0611	30.4	RECT	3000	143.00	143.00	0.000	0.000	0.444	2.004	20.0%	1.503
B0610	B0612	57.2	RECT	3000	142.50	142.50	0.000	0.000	0.646	1.970	23.0%	1.223
P034	P033	19.0	RECT	2000	141.90	141.89	0.001	2.942	1.177	1.954	79.0%	1.083
B0002	B0009	10.0	CIRC	315	144.74	144.66	0.008	0.088	0.145	0.031	57.0%	0.894
B0431	B0034	90.1	CIRC	600	143.99	143.58	0.005	0.377	0.404	0.274	95.0%	1.389
B0020	B0027	10.0	CIRC	315	144.38	144.33	0.005	0.067	0.131	0.024	42.0%	0.764
B0023	B0032	48.0	CIRC	500	143.93	143.71	0.005	0.232	0.283	0.058	97.0%	0.785
B0043	B0044	6.0	CIRC	200	143.84	143.81	0.004	0.019	0.020	0.000	10.0%	0.000
B0045	B0046	10.0	CIRC	200	143.73	143.68	0.004	0.020	0.020	0.000	10.0%	0.000
B0051	B0052	10.0	CIRC	315	143.29	143.24	0.005	0.069	0.175	0.033	64.0%	0.777
B0057	B0058	10.0	CIRC	315	142.76	142.81	-0.006	-0.077	0.241	0.027	77.0%	0.418
B0063	B0062	10.0	CIRC	315	142.37	142.36	0.002	0.043	0.286	0.037	92.0%	0.504
B0067	B0097	10.0	CIRC	200	141.98	141.94	0.004	0.020	0.192	0.025	96.0%	0.797
B0111	B0102	48.0	CIRC	600	141.10	141.32	-0.004	-0.372	0.354	-0.084	59.0%	-0.632
B0124	B0130	10.0	CIRC	315	141.16	141.14	0.002	0.045	0.188	0.032	60.0%	0.652
B0132	B0139	10.0	CIRC	400	140.98	140.95	0.003	0.097	0.226	0.060	56.0%	0.824
B0126	B0134	48.0	CIRC	400	140.60	140.50	0.002	0.087	0.254	0.000	88.0%	-0.019
B0134	B0143	48.0	CIRC	500	140.50	140.41	0.002	0.151	0.352	0.063	86.0%	0.458
B0144	B0660	28.3	CIRC	600	140.34	140.21	0.004	0.369	0.415	0.276	75.0%	1.345
B0162	B0168	10.0	CIRC	400	140.11	140.07	0.004	0.115	0.212	0.054	57.0%	0.808
B0176	B0185	10.0	CIRC	315	139.77	139.75	0.003	0.051	0.178	0.030	57.0%	0.660
B0292	B0293	10.0	CIRC	315	140.16	140.11	0.004	0.066	0.226	0.048	78.0%	0.827
B0295	B0296	10.0	CIRC	400	139.95	139.90	0.004	0.125	0.247	0.077	66.0%	0.950
B0298	B0299	10.0	CIRC	400	139.74	139.70	0.004	0.125	0.306	0.107	79.0%	1.051
B0301	B0449	10.0	CIRC	400	139.53	139.49	0.004	0.125	0.295	0.135	74.0%	1.356
B0451	B0302	12.0	CIRC	500	139.13	139.08	0.004	0.227	0.343	0.165	71.0%	1.178
B0284	B0285	15.0	CIRC	315	140.75	140.75	0.000	0.018	0.230	0.028	73.0%	0.463
B0576!	B0574!	3.3	CIRC	315	140.77	140.75	0.006	0.080	0.636	0.030	100.0%	0.367
SO046!	IM018	90.9	CIRC	600	140.78	140.75	0.000	0.087	0.632	0.040	100.0%	0.154
B0393	B0576!	3.4	CIRC	400	141.42	140.98	0.130	0.684	0.090	0.056	100.0%	2.647
B0234	B0235	19.0	CIRC	315	144.45	144.37	0.005	0.067	0.089	0.010	40.0%	0.580
B0235	B0236	19.0	CIRC	315	144.32	144.28	0.002	0.045	0.177	0.021	62.0%	0.480
B0237	B0238	19.0	CIRC	315	144.26	144.20	0.003	0.057	0.201	0.035	72.0%	0.685

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE									VERIFICA			
US Node ID	DS Node ID	Length (m)	Shape ID	Height (mm)	US Invert Level (m AD)	DS Invert Level (m AD)	Gradient (m/m)	Conduit full capacity (m3/s)	Max Depth (m)	Max Flow (m3/s)	Width/max depth %	Velocity (m/s)
B0238	B0239	19.0	CIRC	315	144.20	144.16	0.002	0.045	0.226	0.044	72.0%	0.733
B0240	B0241	19.0	CIRC	315	144.11	144.03	0.004	0.067	0.218	0.051	76.0%	0.929
B0241	B0242	19.0	CIRC	315	143.98	143.94	0.002	0.045	0.286	0.056	91.0%	0.784
B0243	B0244	13.0	CIRC	315	143.87	143.81	0.005	0.068	0.290	0.062	95.0%	0.841
B0245	B0246	19.0	CIRC	315	143.81	143.72	0.005	0.067	0.254	0.074	81.0%	1.095
B0230	B0231	10.0	CIRC	315	144.71	144.67	0.005	0.069	0.186	0.038	66.0%	0.791
B0239	B0240	10.0	CIRC	315	144.16	144.11	0.005	0.068	0.206	0.048	70.0%	0.897
B0242	B0243	10.0	CIRC	315	143.94	143.87	0.008	0.087	0.256	0.059	93.0%	0.956
B0244	B0245	6.0	CIRC	315	143.81	143.81	-0.001	-0.022	0.294	0.066	93.0%	0.870
B0272	B0273	10.0	CIRC	200	141.50	141.51	-0.001	-0.007	0.247	0.026	100.0%	0.786
B0249	B0250	10.0	CIRC	315	143.51	143.33	0.018	0.135	0.056	0.006	37.0%	0.674
B0246	B0612	37.9	CIRC	315	143.72	143.00	0.019	0.139	0.184	0.087	58.0%	1.850
B0233	B0608	37.1	CIRC	315	144.50	143.40	0.030	0.172	0.146	0.072	46.0%	2.032
B0236	B0237	10.0	CIRC	315	144.28	144.26	0.002	0.045	0.196	0.028	64.0%	0.558
B0111	B0119	54.0	CIRC	600	141.10	140.88	0.004	0.359	0.353	0.210	76.0%	1.227
B0119	darsena-new	26.6	CIRC	400	140.98	140.90	0.003	0.104	0.348	0.133	87.0%	1.150

Tabella 11 – Tabella risultati verifica condotte rete di drenaggio acque bianche

3.7.4 Resilienza della rete di drenaggio

Il concetto di resilienza applicato a una rete di drenaggio urbano rappresenta un'indicazione della robustezza della rete stessa, nel momento in cui questa viene sollecitata da eventi meteorici con differenti tempi di ritorno.

Nel nostro caso, per la valutazione quantitativa della resilienza, si è fatto riferimento alla trattazione di Mugume, Gomez e Butler (2014), in cui è introdotto il concetto di 'utility performance value', definito dalla seguente formulazione:

$$u(x_i)_T = 1 - \frac{D_x}{D_{max}}$$

Dove D_x indica il tirante idrico in un pozzetto a un istante temporale i per un evento con un determinato tempo di ritorno T , mentre D_{max} indica il livello idrico massimo raggiunto nel pozzetto per un evento con T critico, ipotizzato in questo caso pari a 100 anni.

Il valore $u(x_i)_T$ verrà quindi utilizzato per stimare la funzionalità residua del sistema; un valore alto (vicino a 1) rappresenta una buona efficienza, mentre un valore basso (vicino a 0) indica una scarsa capacità residua.

Applicando la metodologia sopra descritta sarà poi possibile ricavare un valore medio di $u(x_i)_T$ per ogni pozzetto, considerando tutti i time step simulati dal modello idraulico (in questo caso si è considerato un valore di time step pari a 5 minuti).

Il valore finale della resilienza della rete, verrà infine calcolato applicando la seguente formula:

$$Res_i = \frac{1}{t_n} \int_{t_o}^{t_n} u(t) dt$$

Con t_o tempo iniziale della simulazione e t_n il tempo totale dell'evento meteorico considerato, pari nel nostro caso a 1 ora, durata dello ietogramma Chicago di progetto.

Di seguito vengono quindi riportati i risultati ottenuti, considerando eventi con tempi di ritorno pari a T=10, 50 e 100 anni.

TEMPO DI RITORNO	10	50	100
Res _i	0.58	0.47	0.41

Gli indici di resilienza ricavati confermano come la rete di progetto presenti una buona funzionalità anche per eventi con elevati tempi di ritorno.

3.8 Analisi funzionale del canale perimetrale e verifica dell'invarianza idraulica

3.8.1 Premessa alle verifiche idrauliche

Come specificato nei paragrafi precedenti, le verifiche idrauliche effettuate sulla rete di acque bianche ed il canale perimetrale tramite modello di simulazione matematica, hanno confermato il riutilizzo dello canale per la volanizzazione delle acque scaricate dal PII nel rispetto dei criteri individuati per la verifica dell'invarianza idraulica indicati dal Regolamento Regionale n.7.

Il canale stesso contribuisce a laminare le portate complessive in uscita al recapito finale, limitando le portate stesse secondo il valore limite indicato nel Regolamento pari a 10 l/s per ettaro impermeabile.

3.8.2 Tempi di ritorno e criteri di verifica

Sulla base delle indicazioni fornite dal Regolamento Regionale n.7, lo scarico delle acque meteoriche nel corpo idrico superficiale per le aree A, ad alta criticità idraulica è pari a 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

A partire dai dati utilizzati per il calcolo dell'EESA (*ecologically effective surface area*) per l'intero sito, sono stati definite le superfici di riferimento per il calcolo della superficie da considerare per la verifica di invarianza, che riguarda unicamente l'area soggetta a trasformazione ricadente all'interno del canale perimetrale.

La tabella è riportata di seguito.

Descrizione	Peso GSF	Superficie (mq)	EESA (mq)
Superfici totalmente permeabili	1	244,071.85	244,071.85
Cardo e Decumano: verde pensile	0.9	48,837.50	43,953.75
Asole pensili (sud Decumano)	0.9	28,581.00	25,722.90
Pavimentazioni drenanti	0.3	56,503.20	16,950.96
Tetti verdi	0.6	43,960.00	26,376.00
Pareti verdi e installazioni verdi lungo il Decumano	0.7	12,084.75	8,459.33
Superfici totalmente impermeabili	0	141,500.00	
Superfici impermeabili che raccolgono l'acqua piovana	0.2	382,680.45	76,536.09
Canale e vasche di fitodepurazione	1	93,990.00	93,990.00
Lame d'acqua sul Cardo e Decumano	1	6,000.00	6,000.00
Alberi Stato di Fatto_ CIRC. 16-20 cm	20	2,000.00	40,000.00
Alberi Stato di Fatto_ CIRC. 20-30 cm	15	3,500.00	52,500.00
Alberi Stato di Fatto_ CIRC. +30 cm	10	5,000.00	50,000.00
Alberi Progetto _ 30% Alberi circonferenza 16-20 cm	20	1,050.00	21,000.00
Alberi Progetto _ 40% Alberi circonferenza 20-30 cm	15	1,400.00	21,000.00
Alberi Progetto _ 30% Alberi circonferenza +30 cm	10	1,050.00	10,500.00
Arbusti Progetto > 3m	2	31,000.00	62,000.00
		1,046,124.00	799,060.88

Tabella 12 – Tabella di riferimento determinazione EESA intero sito

Il dettaglio delle superfici totalmente impermeabili (aree a verde) individuate all'interno al canale perimetrale sono evidenziate in giallo nella tabella seguente, da cui risulta una superficie a verde complessiva di circa 85.000 mq.

SUPERFICI PERMEABILI (AREE A VERDE)	<i>mq</i>
Parco dello Sport	28,142
Parco del Cibo e della Salute	32,802
Verde perimetrale	131,732
Collina mediterranea	6,002
Torrente Guisa	10,860
Cavo Viviani	5,710
Verde arredo stradale	7,477
Skate Park	4,035
Cascina Triulza	1,200
Asole verdi Decumano	4,884
Asole verdi a Sud del Decumano	11,228
Totale generale	244,072
Totale (interno al canale perimetrale)	84,258

Tabella 13 – Tabella di dettaglio aree permeabili (aree a verde)

Per quanto riguarda i tetti e le coperture in genere, si riporta la tabella di dettaglio per lo scenario di riferimento; la superficie totale risulta pari a circa 200.000 mq.

TETTI E COPERTURE	<i>mq</i>
Tetti privati	126,000.00
<i>di cui tetti a verde</i>	<i>37,800.00</i>
Tetti pubblici	49,000.00
<i>di cui tetti a verde</i>	<i>25,000.00</i>
Altre coperture	25,000.00
Totale	200,000.00
<i>di cui tetti a verde</i>	<i>62,800.00</i>

Tabella 14 – Tabella di dettaglio tetti e coperture

Infine sono state valutate tutte le restanti superfici impermeabili, quali strade, piazze, camminamenti, e tutte quelle superfici che presentano uno strato impermeabile anche se non superficiale (esempio corti degli edifici dove sono presenti fondazioni, strutture sotterranee, ecc...); tali aree risultano pari a circa 279.000 mq, di cui circa 56.000 mq di pavimentazioni drenanti.

Per la stima della superficie scolante impermeabile interessata dall'intervento, si adottano i seguenti valori del coefficiente di deflusso, come indicato dal Regolamento:

- pari a 1 per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture, tetti verdi e giardini pensili sovrapposti a solette comunque costituite e pavimentazioni continue quali strade, vialetti, parcheggi;
- pari a 0,7 per le pavimentazioni drenanti o semipermeabili, quali strade, vialetti, parcheggi;
- pari a 0,3 per le sotto-aree permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo.

SUPERFICIE SCOLANTE INVARIANZA			
Tipo	Superficie	Coeff. Afflusso	Superficie scolante
	mq	Ø	mq
AREE A VERDE	85,000	0.3	25,500
TETTI E COPERTURE	200,000	1	200,000
SUPERFICI IMPERMEABILI	279,000	1	279,000
PAVIMENTAZIONI DRENANTI	56,000	0.7	39,200
Totale	620,000		543,700

Tabella 15 – Tabella di calcolo superficie scolante invarianza

La superficie complessiva impermeabile, ai fini del calcolo dell'invarianza, risulta quindi pari a circa 544.000 mq, di conseguenza **la portata massima ammissibile allo scarico** in corpo idrico risulta pari a circa **540 l/s**, (considerata come differenza tra la portata immessa nel canale in tempo asciutto pari a circa 2,0 mc/s e la portata in uscita dal canale in tempo di pioggia pari a circa 2,54 mc/s).

Il volume minimo di invaso necessario, adottando il parametro indicato nel Regolamento pari a 800 mc per ettaro di superficie scolante, risulta pari a $V = 800 \text{ mc} \times 54,3 \text{ ha} = 43.500 \text{ mc}$; tale valore risulta di gran lunga inferiore all'attuale capacità di invaso del canale perimetrale prossima a circa 55-60.000 mc.

Di conseguenza, tramite modello di simulazione matematica, è stata regolata sia la paratoia sul collettore finale di scarico in modo da limitare la portata scaricata a circa 2540 l/s (valore compatibile con la massima portata scaricabile dal manufatto di valle, pari a 2700 l/s), sia le aperture sul fondo delle varie briglie del canale perimetrale al fine di ottimizzare l'invaso delle portate nei vari settori del canale, verificando che i livelli massimi di riempimento dei vari settori del canale fossero contenuti all'interno del canale senza rischio di esondazioni localizzate.

La verifica è stata condotta, in accordo a quanto previsto all'Articolo 11 del Regolamento, adottando un tempo di ritorno T pari a 50 anni ed utilizzando uno ietogramma di tipo Chicago con tempo base pari a 1 ora, sicuramente superiore al tempo di corruzione della rete.

Si è infine eseguita una simulazione per un tempo di ritorno pari a T=100 anni, sempre utilizzando uno ietogramma Chicago, in modo da verificare il rispetto dei franchi di sicurezza in corrispondenza soprattutto delle briglie e delle paratoie di regolazione ubicate lungo il canale.

3.8.3 Verifica idraulica canale perimetrale

Sulla base delle precedenti considerazioni idrologico-idrauliche, i risultati delle simulazioni effettuate confermano il corretto funzionamento del canale perimetrale, senza considerare che il nuovo piano prevede la realizzazione di nuovi tratti di canale interni all'area che di fatto rendono disponibili volumi aggiuntivi per la volanizzazione delle acque meteoriche rispetto al canale esistente.

Si può quindi affermare che la configurazione di progetto (compreso il canale perimetrale e lo scarico al ricettore finale) del nuovo piano di intervento rispetta il principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi del nuovo Regolamento regionale 23 novembre 2017 n.7.

Di seguito si riportano alcuni profili di esempio relativi ai risultati ottenuti, che dimostrano come il canale perimetrale sia in grado di ricevere e laminare i picchi di portata provenienti dalla rete di drenaggio delle acque bianche, sia per T=50 anni sia per T=100 anni.

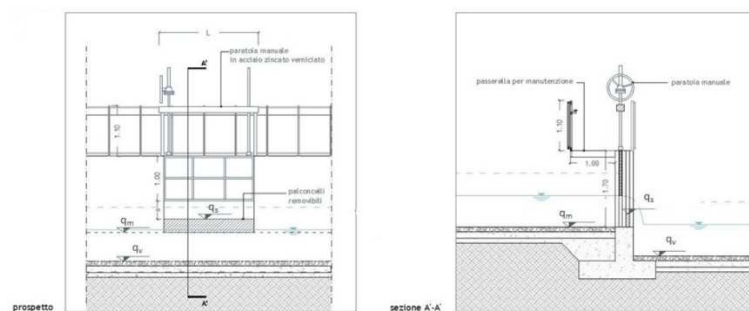


Figura 43 Prospetto e sezione briglia di regolazione canale perimetrale

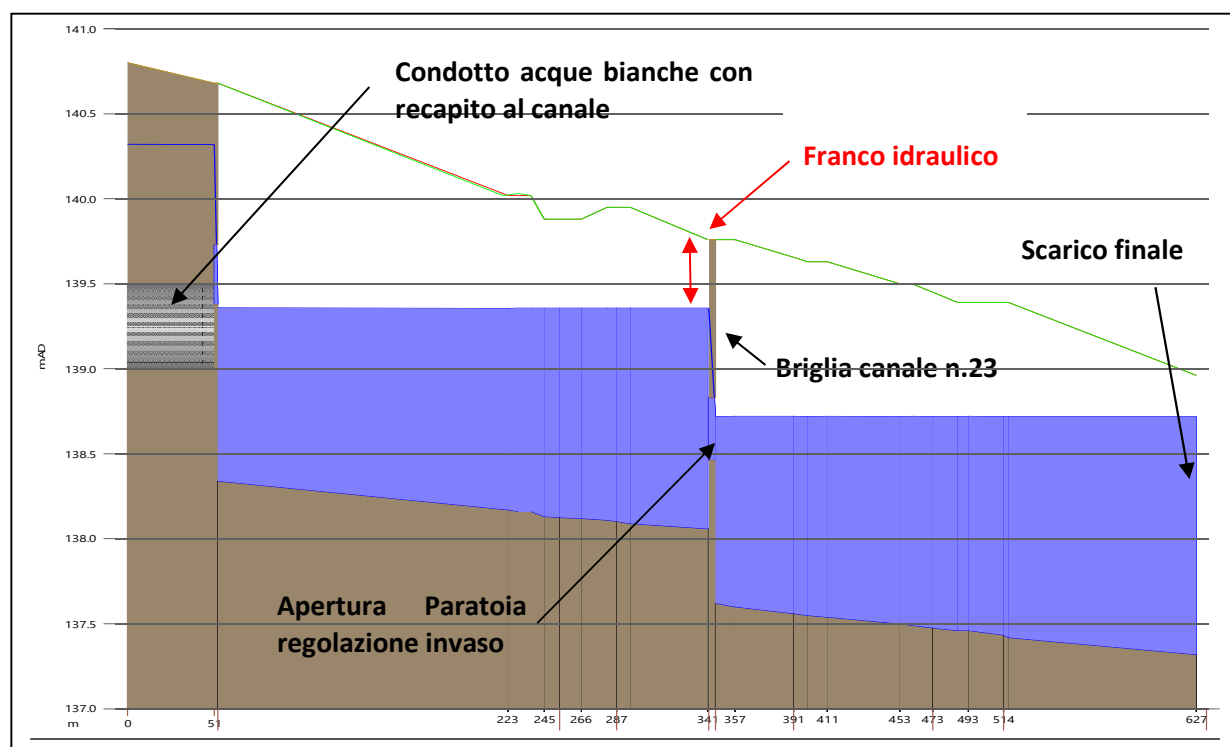


Figura 44 Tratto da briglia 23 a scarico finale, simulazione T=50 anni

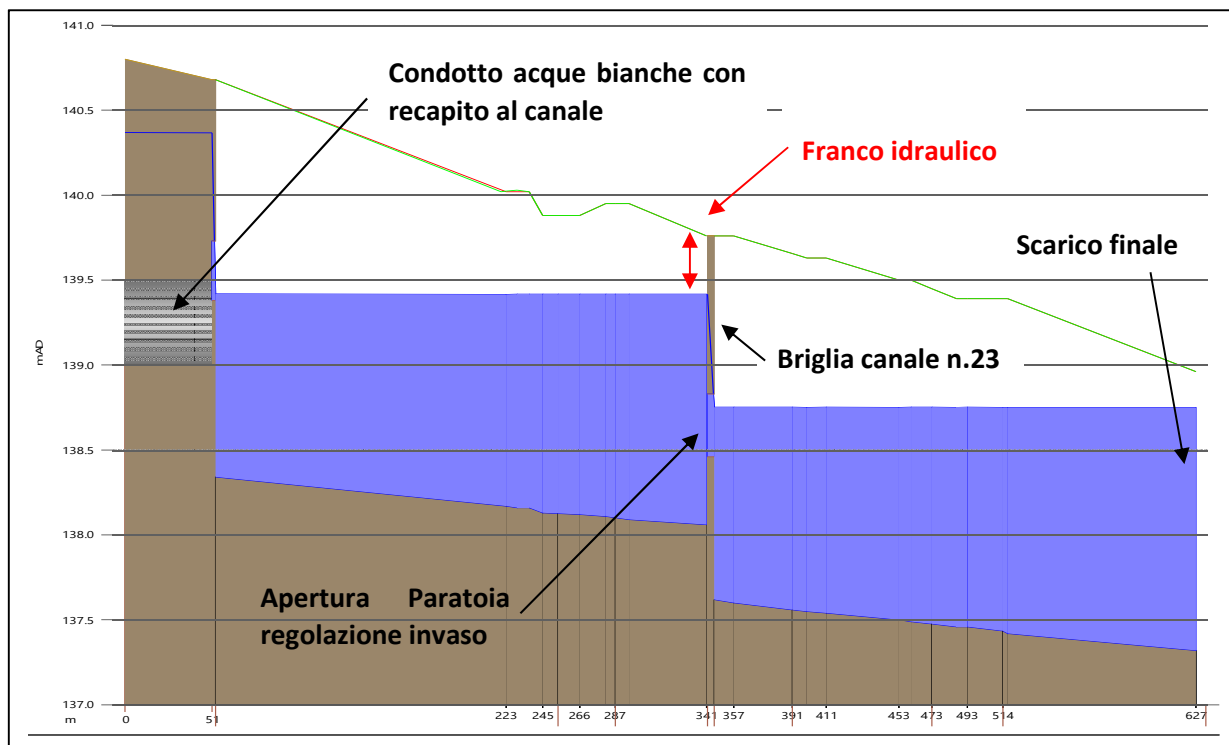


Figura 45 Tratto da briglia 23 a scarico finale, simulazione T=100 anni

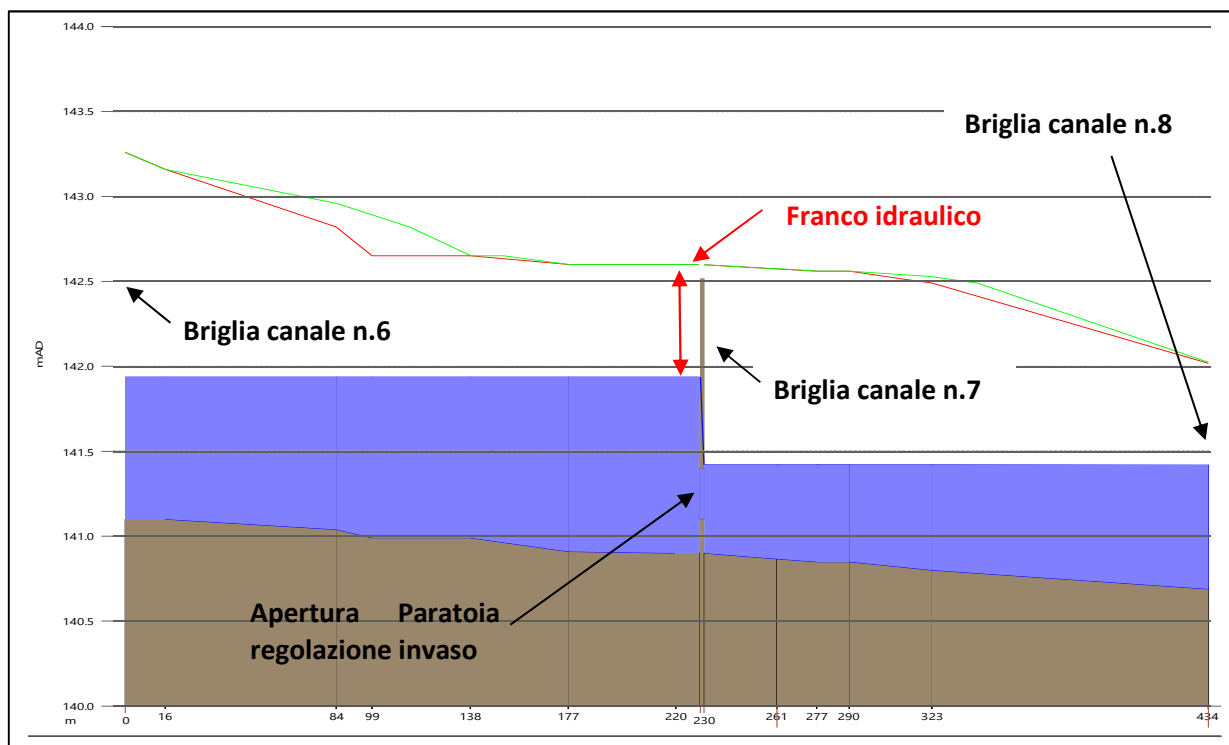


Figura 46 Tratto da briglia 6 a briglia 8, simulazione T=50 anni

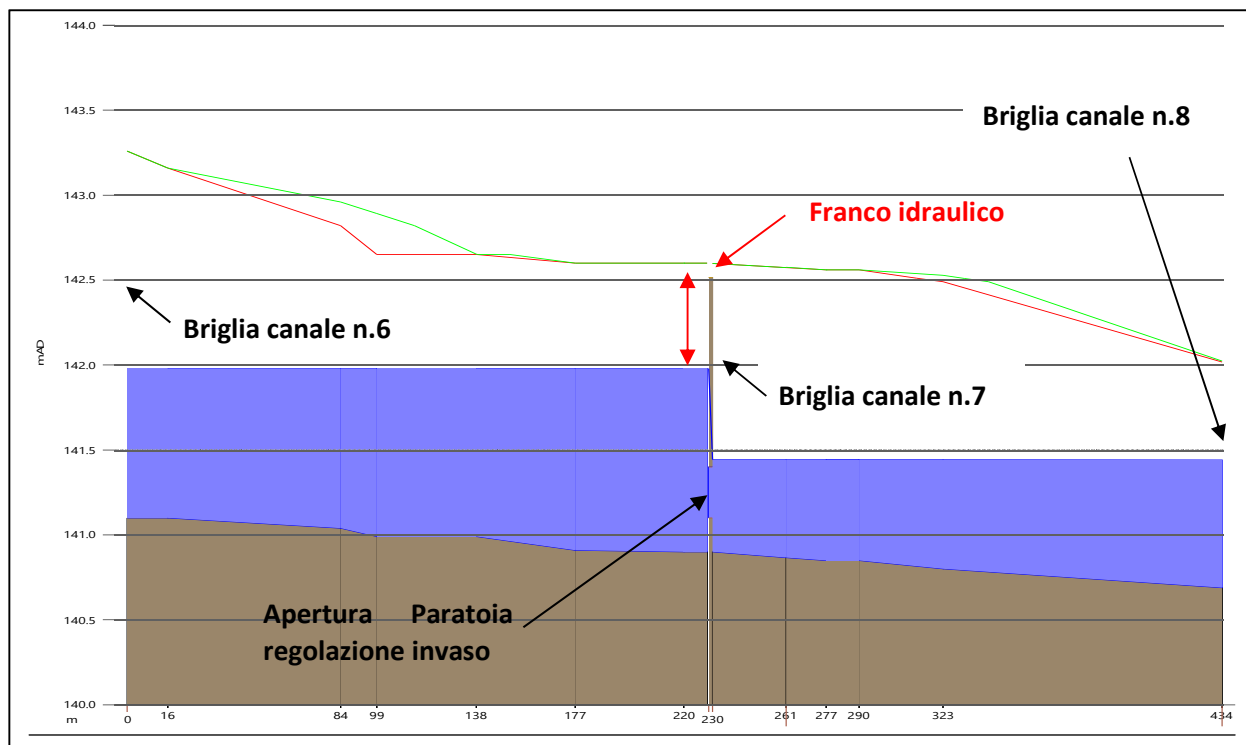


Figura 47 Tratto da briglia 6 a briglia 8, simulazione T=100 anni

Di seguito sono quindi esposte le tabelle riassuntive relative alla configurazione di progetto delle briglie del canale perimetrale (punto in cui i franchi idraulici risultano più critici rispetto agli altri tratti del canale, in modo da favorire la laminazione delle portate verso lo scarico di valle), per i tempi di ritorno T=50 anni e T=100 anni.

Tempo di ritorno T=50 anni					
ID Briglia	Larghezza apertura (m)	Altezza Apertura (m)	Quota spondale [m]	Quota tirante (m)	Franco idraulico (m)
BR04	2,9	0,35	143,56	142,90	0,66
BR06	2,5	0,35	143,26	142,57	0,69
BR07	2	0,3	142,6	141,64	0,96
BR08	2	0,35	141,98	141,27	0,71
BR09	1,8	0,35	141,36	140,59	0,77
BR10	1,8	0,3	140,89	139,78	1,11
BR11	1,8	0,25	140,09	139,05	1,04
BR12	1,9	0,5	139,29	138,40	0,89
BR14	1	0,5	145,38	145,25	0,13
BR15	1	0,35	144,99	144,89	0,10
BR16	1	0,35	144,45	144,28	0,17
BR17	1	0,35	143,97	143,84	0,13
BR18	1	0,35	143,41	142,86	0,55
BR19	2	0,35	142,88	141,93	0,95
BR20	2	0,35	141,76	141,23	0,53
BR21	2	0,35	141,39	140,49	0,90
BR22	2	0,35	140,68	139,95	0,74
BR23	2	0,37	139,76	139,02	0,74
ingresso 01	1	0,5	145,79	145,15	0,64
ingresso 02	3	0,5	145,61	144,27	1,33
Scarico finale	2,3	0,55	138,98	137,86	1,12

Tabella 16 – Risultati configurazione di progetto briglie, T=50 anni

Si tenga presente che il manufatto di regolazione dei canali nord e sud (indicato nelle tabelle sottostanti con il nome ingresso 01 e ingresso 02), è stato ipotizzato con una quota di fondo pari a 144.5 mslm, che potrà essere modificata in fase esecutiva a seconda delle esigenze relative alla regolazione dei canali nord e sud stessi.

Tempo di ritorno T=100 anni					
ID Briglia	Larghezza apertura (m)	Altezza Apertura (m)	Quota spondale [m]	Quota tirante (m)	Franco idraulico (m)
BR04	2,9	0,35	143,56	143,012	0,548
BR06	2,5	0,35	143,26	142,682	0,578
BR07	2	0,3	142,6	141,703	0,897
BR08	2	0,35	141,98	141,286	0,694
BR09	1,8	0,35	141,36	140,638	0,722
BR10	1,8	0,3	140,89	139,796	1,094
BR11	1,8	0,25	140,09	139,086	1,004
BR12	1,9	0,5	139,29	138,445	0,845
BR14	1	0,5	145,38	145,297	0,1
BR15	1	0,35	144,99	144,923	0,1
BR16	1	0,35	144,45	144,34	0,11
BR17	1	0,35	143,97	143,898	0,1
BR18	1	0,35	143,41	142,904	0,506
BR19	2	0,35	142,88	141,973	0,907
BR20	2	0,35	141,76	141,272	0,488
BR21	2	0,35	141,39	140,529	0,861
BR22	2	0,35	140,68	140,02	0,66
BR23	2	0,37	139,76	139,095	0,665
ingresso 01	1	0,5	145,79	145,199	0,59
ingresso 02	3	0,5	145,61	144,324	1,28
Scarico finale	2,3	0,55	138,98	137,881	1,099

Tabella 17 – Risultati configurazione di progetto briglie, T=100 anni

Si riporta infine l'idrogramma relativo allo scarico finale, in cui si registra per T=50 anni una portata massima pari a 2.47 m³/s, conforme a quella massima scaricabile definita dal Regolamento regionale n.7, come detto pari a 2.54 m³/s.

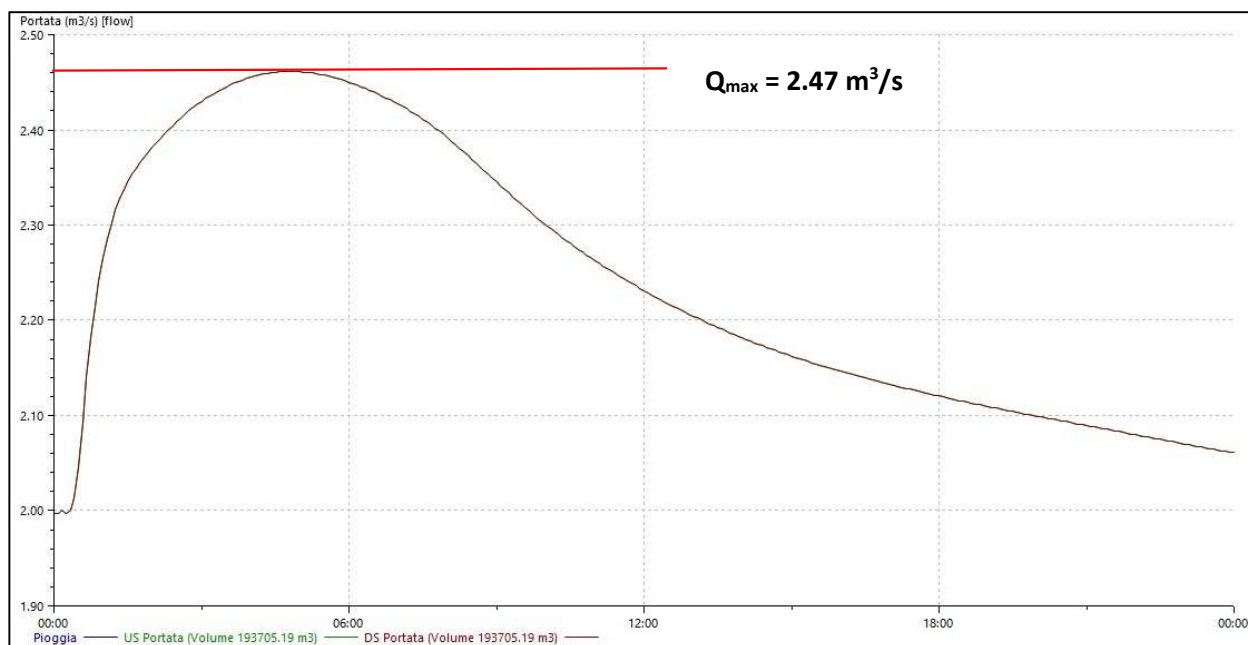


Figura 48 idrogramma in uscita T=50 anni

3.9 Conclusioni

La rete di acque bianche esistente risulta per la maggior parte adeguata a smaltire i contributi di portata in tempo di pioggia a seguito dell'attuazione del PII.

Sono comunque necessari alcuni interventi finalizzati sia al potenziamento di alcune tratte esistenti idraulicamente insufficienti, sia per garantire il collegamento funzionale dei tratti interferiti dalla nuova disposizione planimetrica dei Lotti prevista dal PII.

Sulla base delle analisi di larga massima condotte, risulta necessario infatti intervenire su una minima parte della rete, per una lunghezza totale inferiore al 10% della estensione complessiva della rete esistente.

Il sistema di drenaggio delle acque meteoriche (rete acque bianche e canale perimetrale) risultano inoltre conformi al nuovo Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7 "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)".

4. RETE ACQUE REFLUE

4.1 Premessa

La seguente sezione tratta le analisi effettuate sulla rete di acqua reflua finalizzate a verificare la capacità del sistema di soddisfare le future utenze previste dal nuovo PII.

In particolare, l'obiettivo delle seguenti analisi è quello di avanzare soluzioni progettuali atte a potenziare e/o adeguare la rete di acque reflue esistente garantendo adeguate condizioni di funzionamento a gravità della rete stessa, prevedendo una serie di adeguamenti e potenziamenti mantenendo il più possibile inalterata la rete principale esistente compatibilmente con la nuova configurazione di progetto.

Lo strumento informatico adottato per le verifiche è il software di modellazione idraulica Infoworks ICS, leader mondiale nel campo della modellazione numerica di acquedotti e fognatura.

4.2 Descrizione rete esistente

La rete per le acque nere raccoglierà tutti gli scarichi provenienti dai lotti previsti all'interno del perimetro del canale perimetrale ed ha come unico recapito la rete per le acque nere realizzata per Expo al di sotto della viabilità esterna del "Loop".

A causa della presenza di un collettore intercomunale interferente che attraversa il sito a margine della darsena Nord la rete era stata suddivisa in due sottoreti distinte con due punti di scarico nella rete esterna.

Al fine di assicurare un corretto deflusso delle acque anche in corrispondenza delle portate minime, il progetto idraulico Expo ha previsto la pendenza dei condotti pari allo 0.4%, ad esclusione del tratto terminale dal nodo N0229 allo scarico Sud dove è ridotta allo 0.3% per garantire un'immissione nella rete esterna con un corretto salto di fondo rispetto alla tubazione principale.

Per i nuovi tratti in progetto sarà mantenuta, ove possibile, la medesima pendenza minima pari allo 0,4%.

La rete per le acque nere esistente è costituita da tubazioni grés ceramico verniciate interamente ed esternamente, con giunti a bicchiere corredati da elementi di tenuta in poliuretano sia sul bicchiere che sulla punta; le tubazioni hanno diametri variabili da un minimo di Ø35 ad un massimo di Ø50 cm e sono state posate su di un letto in cls. magro (Rck25 kg 150 di cemento) con rinfiacco completo.

I tratti terminali di sottopasso del canale sono stati invece completamente incamiciati in cls leggermente armato.

Le camerette d'ispezione risultano posizionate in corrispondenza di ogni immissione, cambio di direzione e mediamente ogni 30 – 35 m lungo i tratti rettilinei.

Le camerette sono in c.a. prefabbricato, di tipo circolare di dimensioni interne pari a 1500 mm e passo d'uomo Ø80 cm; ogni pozzetto è dotato di scalette d'accesso alla "marinara" in ghisa rivestita in neoprene e chiusino di ispezione circolare in ghisa classe D400, aventi luce netta pari a 700 mm ed anello in gomma antiodore e antirumore.

I futuri allacciamenti ai condotti fognanti esistenti verranno previsti direttamente in cameretta o in secondo ordine mediante pezzi speciali (sghebbi e/o innesti a "T") o tramite foratura della condotta principale con frese a tazza e successiva inserzione della tubazione e sigillatura.

4.3 Descrizione del modello idraulico

4.3.1 *Modello matematico Infoworks CS*

Il modello è stato realizzato tramite l'utilizzo del programma Infoworks ICM, prodotto e commercializzato dalla società Innovyze.

Il programma Infoworks è uno strumento completo per la verifica e la simulazione delle reti fognarie, che permette di esaminare in modo approfondito sistemi di drenaggio comunque complessi, utilizzando algoritmi di calcolo, basati su ipotesi di analisi idrauliche verificate sia a livello teorico in sedi universitarie, sia in numerose applicazioni pratiche in tutto il mondo.

Dato che il modello utilizzato per la verifica delle acque reflue è il medesimo utilizzato per la verifica delle acque bianche si rimanda direttamente al capitolo delle acque bianche per ogni eventuale approfondimento tecnico.

Nella applicazione concreta del programma, si sono seguiti i criteri operativi di seguito descritti.

4.3.2 *Schematizzazione della rete fognaria e costruzione del modello*

La costruzione del modello matematico della rete fognaria è stata effettuata a partire dai dati geometrici disponibili della rete, relativi alle camerette e ai condotti realizzati; in particolare si è fatto riferimento al progetto definitivo ed esecutivo della Piastra Espositiva Expo del 2015 redatto da MM (Metropolitana Milanese S.p.A.), in particolare ai seguenti elaborati:

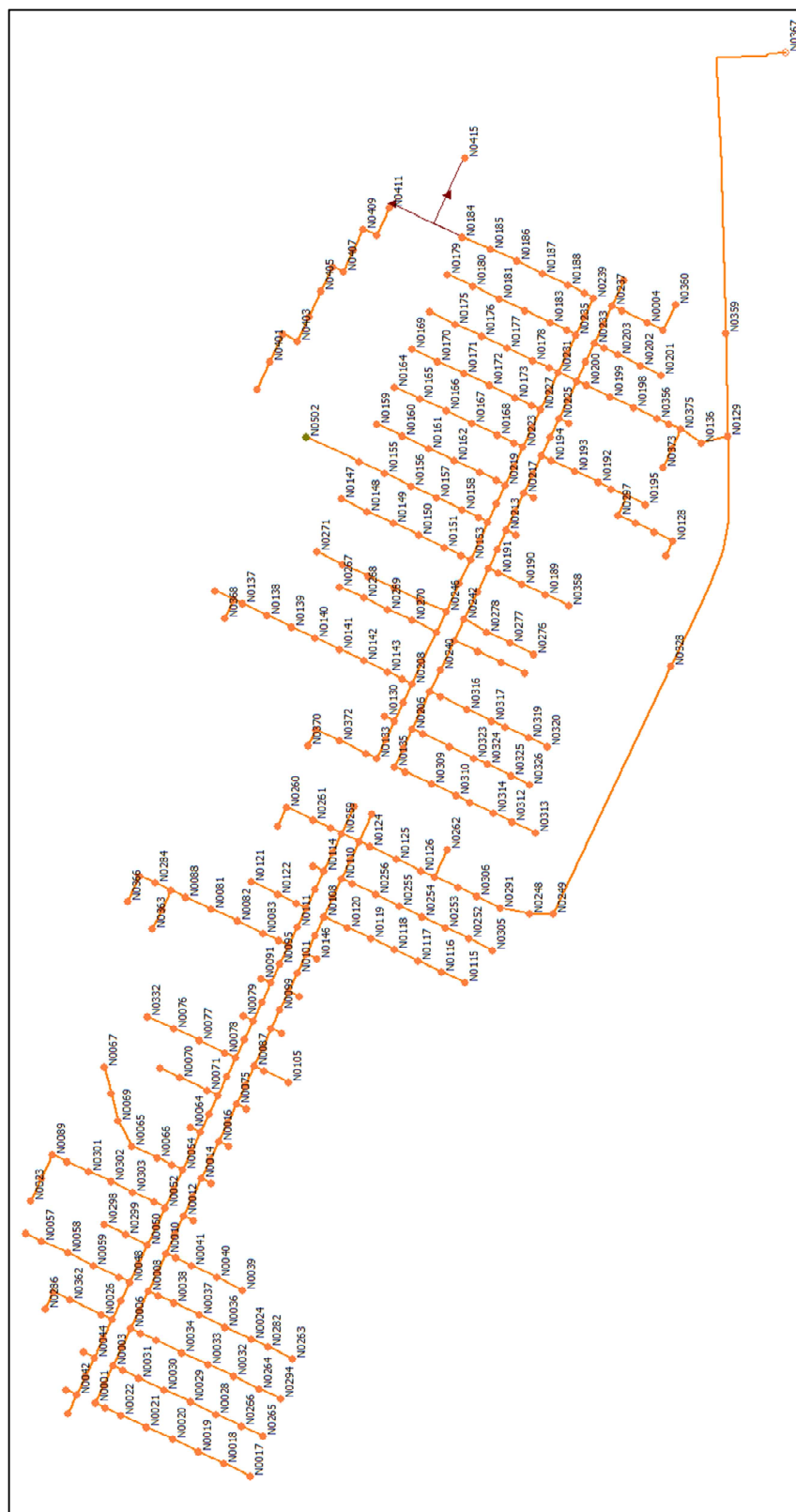
- PSR_AB_IMP_M_PL_0001 – Planimetria rete fognaria acque nere Est;
- PSR_AB_IMP_M_PL_0002 – Planimetria rete fognaria acque nere Ovest;
- PSR_AB_IMP_M_SZ_0002/31 (profili fognatura nera).

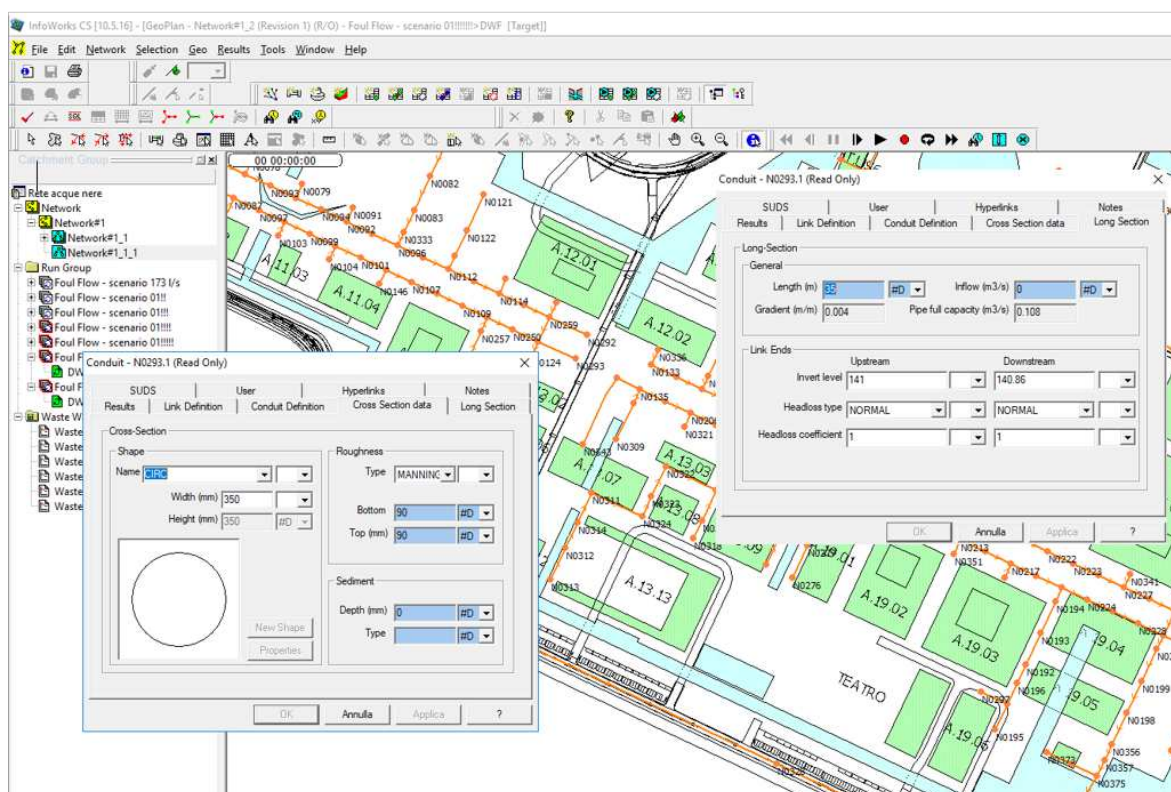
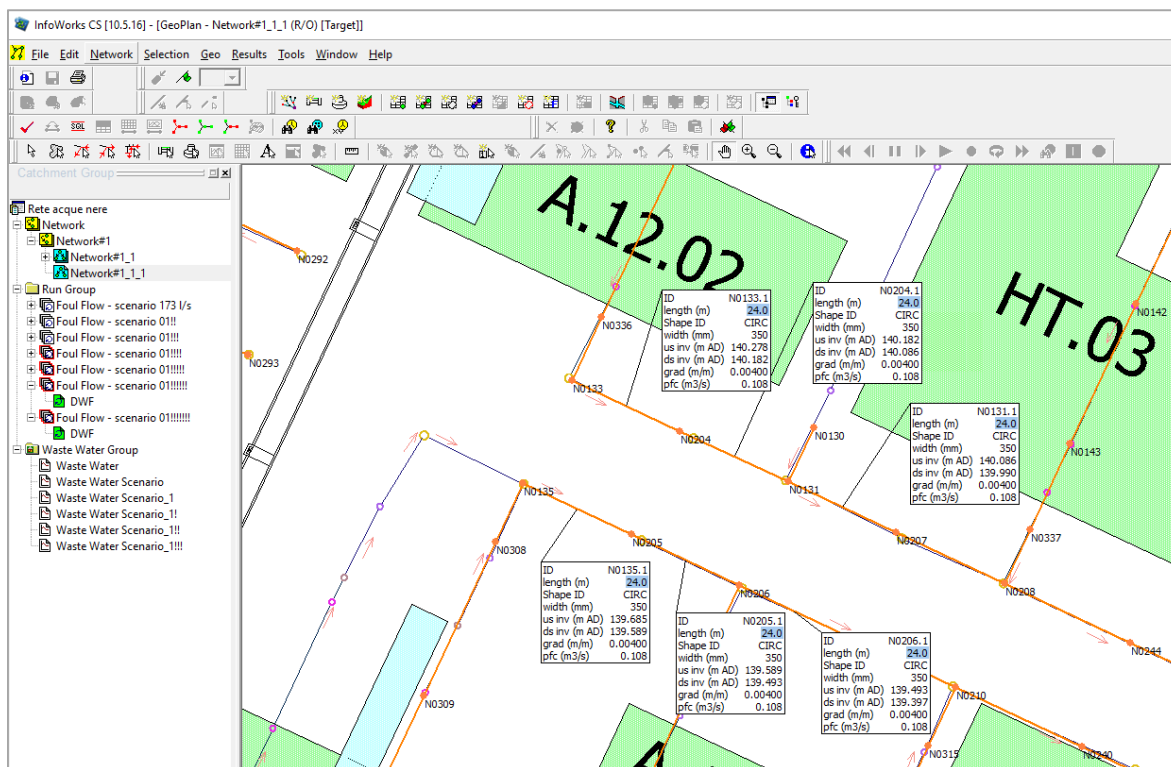
Più in dettaglio, per costruire il modello, sono state condotte le seguenti fasi operative:

Inserimento nel modello delle informazioni relative alle camerette ed ai condotti

Le informazioni di interesse per la modellazione sono: coordinate geografiche assolute delle camerette, quota assoluta del chiusino, geometria dei condotti allacciati alla stessa cameretta (forma, dimensioni, materiale e relativa scabrezza, pendenza, lunghezza, ecc.).

Dal punto di vista operativo, si sottolinea che tutte le precedenti informazioni sono state inserite nel database di Infoworks a partire dalle informazioni presenti nella documentazione sopra richiamata.





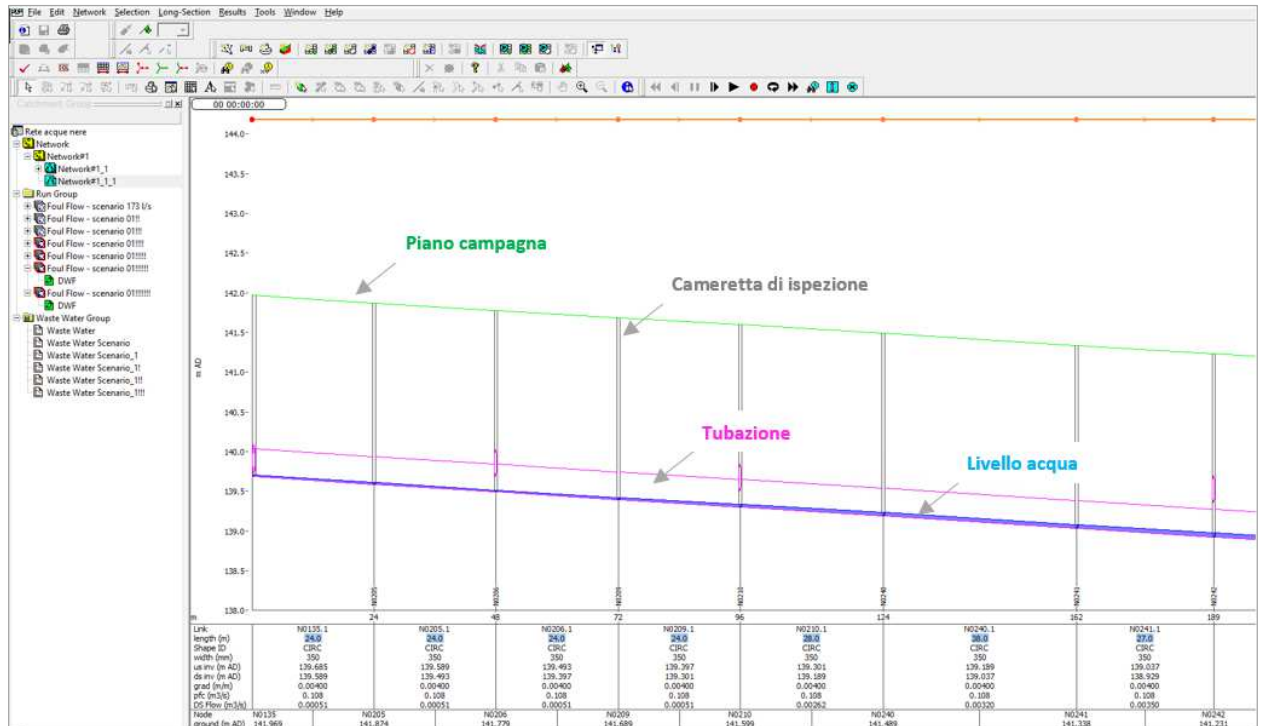


Figura 52 – profilo longitudinale tratto di rete estratto da modello matematico

Inserimento nel modello delle informazioni relative ai bacini scolanti

I vari sottobacini afferenti ai vari nodi della rete schematizzata a modello, sono stati ottenuti sulla base della disposizione planimetrica prevista dal PII per i nuovi lotti, mentre le caratteristiche di interesse al fine del calcolo delle stesse aree scolanti (abitanti equivalenti, dotazioni idriche, curve di consumo, ecc.), sono state definite utilizzando specifiche funzionalità interne al programma Infoworks, a partire dalle dotazioni idriche.

A questo riguarda si rimanda direttamente il paragrafo inerente il calcolo delle dotazioni idriche per ogni eventuale approfondimento.



Figura 53 – estratto planimetrico con disposizione nuovo PII

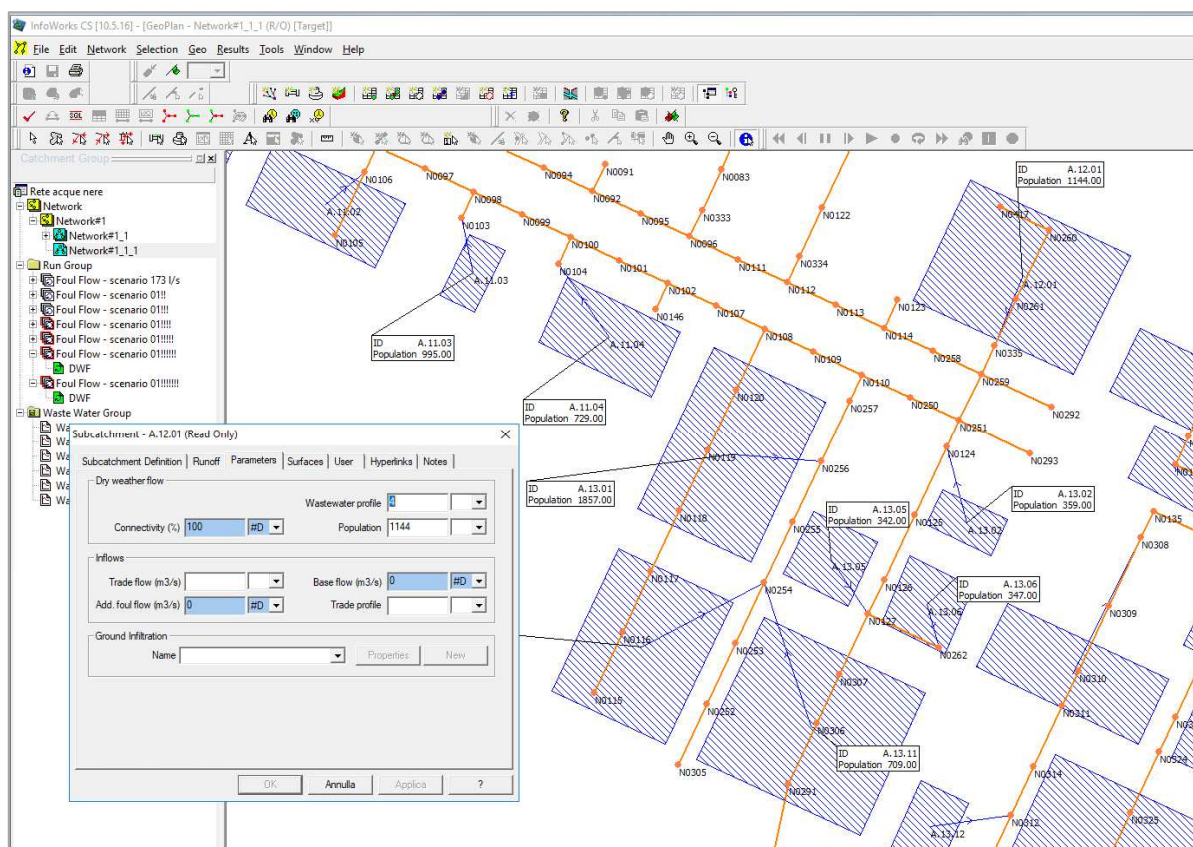


Figura 54 – dettaglio bacini scolanti

4.4 Portata nera

4.4.1 Criteri adottati

Le acque nere provenienti da tutte le funzioni saranno collettate nella rete fognaria di sito e convogliate nel collettore della rete fognaria della Città Metropolitana, gestito da Metropolitana Milanese.

Recapito finale del collettore sarà l'impianto di depurazione di San Rocco, ubicato nel settore sud del Comune di Milano.

In dettaglio il calcolo della portata reflua si basa sulle dotazioni idriche secondo i criteri esposti al paragrafo inerente le dotazioni idriche.

Definito il fabbisogno medio nel giorno di massimo consumo, per calcolare la portata media reflua nel giorno di massimo consumo si moltiplica il fabbisogno medio per il coefficiente di deflusso, cioè l'apporto in fognatura derivante dall'uso dell'acqua distribuita dall'acquedotto, posto usualmente pari a 0.8.

Per il dimensionamento delle tubazioni si utilizza la portata reflua di punta, pari alla portata nera media moltiplicata per un coefficiente pari a 1,5.

4.4.2 Calcolo della portata

A favore di sicurezza si è ipotizzato per la verifica ed il dimensionamento delle fognature che le portate medie giornaliere derivanti dalle attività presenti sul sito, siano distribuite in 12 ore (attività diurna) e non su 24 ore come usualmente adottato.

Funzione	Superficie	Popolazione giornaliera					Fabbisogno idrico	Portata nera				
	SLP (sqm)	Addetti	Visitatori	Residenti	Posti letto	Totale	Totale giorno max consumo	Coeff. Perdita	Carico medio giornaliero	Portata media	Coeff. Punta	Portata di punta
		(a)	(b)	(c)	(d)	a+b+c+d	mc/giorno		mc/giorno	l/s	Cp	l/s
RESIDENZIALE	90,000	61	303	3,791	0	4,155	1,640	0.80	1,312	15.2	1.50	22.8
HOUSING SOCIALE/STUDENTI	30,000	15	76	757	0	847	329	0.80	263	3.0	1.50	4.6
TERZIARIO - Grade A Office	275,000	14,740	1,843	0	0	16,583	1,327	0.80	1,061	24.6	1.50	36.9
TERZIARIO - Co-Working and Incubators	30,000	1,610	201	0	0	1,812	145	0.80	116	2.7	1.50	4.0
COMMERCIALE	35,000	1,448	6,300	0	0	7,748	620	0.80	496	11.5	1.50	17.2
PRODUTTIVO	35,000	1,257	42	0	0	1,299	130	0.80	104	2.4	1.50	3.6
RICETTIVO	15,000	151	0	0	377	527	83	0.80	66	0.8	1.50	1.1
CULTURALE/INTRATTENIMENTO	70,000	840	8,403	0	0	9,243	739	0.80	592	13.7	1.50	20.5
Totale	580,000	20,122	17,167	4,548	377	42,214	5,013		4,010	73.8		110.7
Università statale	187,000	1,924	12,151	0	0	14,074	1126	0.80	901	20.9	1.50	31.3
Human Technopole	35,000	1,514	100	0	0	1,614	330	0.80	264	6.1	1.50	9.2
Struttura Sanitaria	86,000		8,000	0	600	8,000	1240	0.80	992	23.0	1.50	34.4
Altre funzioni pubbliche	72,000	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-
Totale	380,000	3,438	20,251	0	600	23,688	2,696		2,157	49.9		74.9
TOTALE COMPLESSIVO	960,000	23,560	37,418	4,548	977	65,903	7,709		6,167	123.8		185.6

Figura 55 tabella riepilogativa acque nere

Il valore totale atteso della portata nera di punta, pari a circa 185 l/s, risulta di gran lunga inferiore alla portata nera massima scaricata durante EXPO, come risulta dalla relazione idrologico-idraulica allegata al progetto esecutivo della piastra EXPO redatto da MM (documento WA1EGRS2006 – Relazione idrologica e idraulica).

Nella relazione infatti “la portata massima scaricata nell’allaccio Nord ammonta a 143.35 l/s; la portata massima scaricata nell’allaccio Sud ammonta a 213.15 l/s”, per una portata complessiva di circa 350 l/s.

Di conseguenza si può affermare che la rete di recapito di valle delle portate nere risulta adeguata a smaltire le future portate, risultando un carico idraulico inferiore del 45% circa rispetto alla situazione autorizzata durante Expo.

La capacità di depurazione residua del depuratore di S.Rocco, dalle verifiche effettuate presso MM, Ente gestore del servizio depurativo, risulta adeguata a ricevere le future portate reflue.

Per quanto riguarda invece la verifica della rete interna all'area dove è previsto lo sviluppo delle nuove funzioni è stato costruito un modello matematico di simulazione idraulica a partire dai dati geometrici della rete esistente, in modo da poter verificare l'adeguatezza della stessa ed individuare eventuali interventi di adeguamento funzionale sulla base dei nuovi contributi di portata nera previsti dal piano.

Per ciascun lotto di intervento previsto è stata quindi calcolato il contributo di portata nera massima a partire dalla dotazione idrica richiesta; di seguito è riportata la tabella di dettaglio delle portate nere massime calcolate per ciascun "lotto", assunte per la verifica funzionale tramite modello matematico della rete di acque nere.

PORTATA NERA	A00.01 l/s	A01.1 l/s	A09.01 l/s	A09.02 l/s	A09.03 l/s	A09.04 l/s	A09.05 l/s	A09.06 l/s	A09.07 l/s	A11.01 l/s	A11.02 l/s	A11.03 l/s	A11.04 l/s
Terziario - Grade A Office	3.38	0.00	4.08	0.00	2.72	0.00	0.00	6.81	3.40	0.00	0.00	0.00	0.00
Terziario - Co-Working and Incubators	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Residenziale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.64	0.00	0.00	0.00	4.68	3.57	0.00	3.32
Student/Social housing	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Commerciale	0.82	0.49	0.52	0.82	0.27	0.20	0.11	0.96	0.58	0.35	0.20	0.13	0.28
Ricettivo	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Culturale/Svago	0.79	1.07	0.00	0.92	0.60	1.73	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	2.08	0.00
Industriale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00
Totale Qnera max l/s	4.99	1.56	4.60	2.89	3.59	4.57	0.72	7.77	4.93	5.03	3.77	2.21	3.59
PORTATA NERA	A12.01 l/s	A12.02 l/s	A12.03 l/s	A13.01 l/s	A13.02 l/s	A13.03 l/s	A13.04 l/s	A13.05 l/s	A13.06 l/s	A13.07 l/s	A13.08 l/s	A13.09 l/s	A13.10 l/s
Terziario - Grade A Office	0.00	2.14	0.00	0.00	0.00	0.00	2.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Terziario - Co-Working and Incubators	0.00	0.77	0.00	1.05	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.79	0.00
Residenziale	4.98	0.00	0.00	0.00	0.97	0.00	0.00	1.30	1.33	0.00	0.00	0.00	0.00
Student/Social housing	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.97
Commerciale	0.53	0.33	0.52	0.52	0.26	0.26	0.39	0.23	0.23	0.86	0.23	0.34	0.41
Ricettivo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Culturale/Svago	0.00	0.00	0.00	2.55	0.14	1.27	0.00	0.00	0.00	1.68	1.48	0.00	0.00
Industriale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00
Totale Qnera max l/s	5.50	3.24	0.52	4.13	1.38	1.53	2.91	1.53	1.56	2.54	1.71	1.56	2.38
PORTATA NERA	A13.11 l/s	A13.12 l/s	A13.13 l/s	A18.01 l/s	A19.01 l/s	A19.02 l/s	A19.03 l/s	A19.04 l/s	A19.05 l/s	A19.06 l/s	Dc/Crdo l/s	A.10.01 l/s	Totale l/s
Terziario - Grade A Office	0.00	0.00	4.03	0.00	2.01	0.00	3.42	2.79	0.00	0.00	0.00	0.00	36.9
Terziario - Co-Working and Incubators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	4.0
Residenziale	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.8
Student/Social housing	1.29	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.6
Commerciale	0.45	0.19	1.60	0.87	0.41	0.51	0.37	0.39	0.26	0.00	1.30	0.00	17.2
Ricettivo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.1
Culturale/Svago	0.00	0.64	0.87	2.26	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02	0.00	0.59	0.25	20.5
Industriale	0.74	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00	0.77	0.00	0.00	0.00	3.6
Totale Qnera max l/s	2.48	0.83	6.49	3.12	3.15	2.27	3.79	3.70	2.05	0.00	1.88	0.25	110.7

Figura 56 dettaglio calcolo portata nera massima (l/s)

Oltre ai contributi riassunti nella tabella precedente (totale circa 110 l/s), sono stati considerati anche i contributi afferenti da IRCCS Galeazzi, Campus Università Studi Milano e Polo di ricerca scientifica Human Technopole, di seguito riassunti:

– Università degli Studi Milano	31.3 l/s
– Human Technopole	9.2 l/s
– IRCCS Galeazzi	34.4 l/s
Totale	74.9 l/s

La rete per le acque nere esistente raccoglie tutti gli scarichi che provenivano dalle aree interne al perimetro del canale EXPO, secondo la configurazione attiva durante l'esposizione.

La rete esistente è stata opportunamente modificata per adattarla al nuovo piano previsto, riducendo al minimo gli interventi di adeguamento necessari per la risoluzione delle inevitabili interferenze di alcuni tratti di rete con l'ubicazione dei nuovi lotti previsti dal piano di intervento.

La rete per le acque nere ha come recapito la rete che è stata realizzata al di sotto della viabilità esterna al canale che a sua volta recapita al collettore intercomunale di raccolta e convogliamento all'impianto di depurazione.

A causa proprio della presenza del collettore intercomunale che attraversa il sito a margine della darsena Nord la rete è suddivisa in due sottoreti distinte con due punti di scarico nella rete esterna.

Nella nuova previsione di piano la portata massima attesa ai due allacci al collettore di recapito risulta pari a circa 100 l/s per l'allaccio Nord e circa 85 l/s per l'allaccio Sud.

Il dimensionamento dei collettori per le acque nere è stato effettuato sollecitando il modello matematico-idraulico con le portate nere medie di scarico da ciascuna unità immobiliare, assegnando per ciascuna unità gli abitanti equivalenti associati alla relativa dotazione idrica desunto il coefficiente di perdita in rete.

Per simulare il picco di portata giornaliero, si sono utilizzate curve di distribuzione nelle 24 ore per utenze residenziali e nelle 12 ore per utenze commerciali/terziario usualmente impiegate in letteratura, con picco massimo pari a 1,5 volte la portata media nera.

Di fatto risulta predominante la curva di consumo per utenze commerciali/terziario in base alle destinazioni d'uso previste nel PII, che prevede un limitato indirizzo residenziale, come meglio illustrato nel grafico seguente dove è riportato l'andamento delle presenze giornaliere sul sito nei giorni lavorativi suddiviso tra residenti, lavoratori, studenti, ricercatori e visitatori; in ascissa sono riportate le ore (1-24), in ordinata il n° di presenze sul sito.

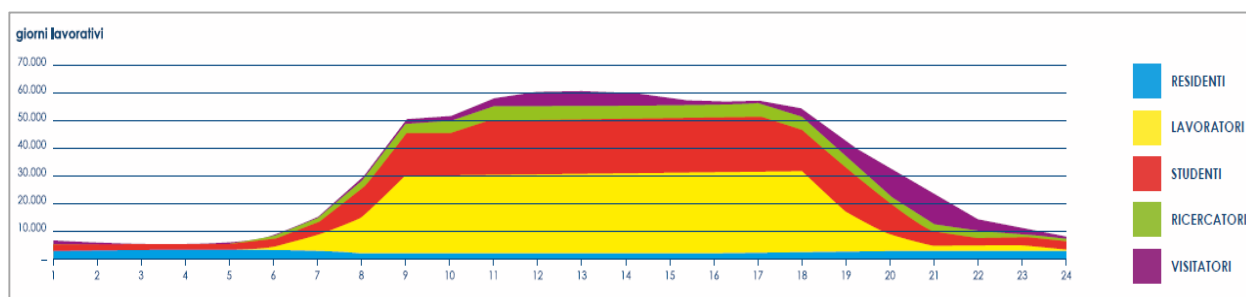


Figura 57 andamento presenze giornaliere sul sito (in ordinata presenze, in ascissa ore)

Di seguito si riportano invece le curve tipo utilizzate per schematizzare nel modello il consumo giornaliero.

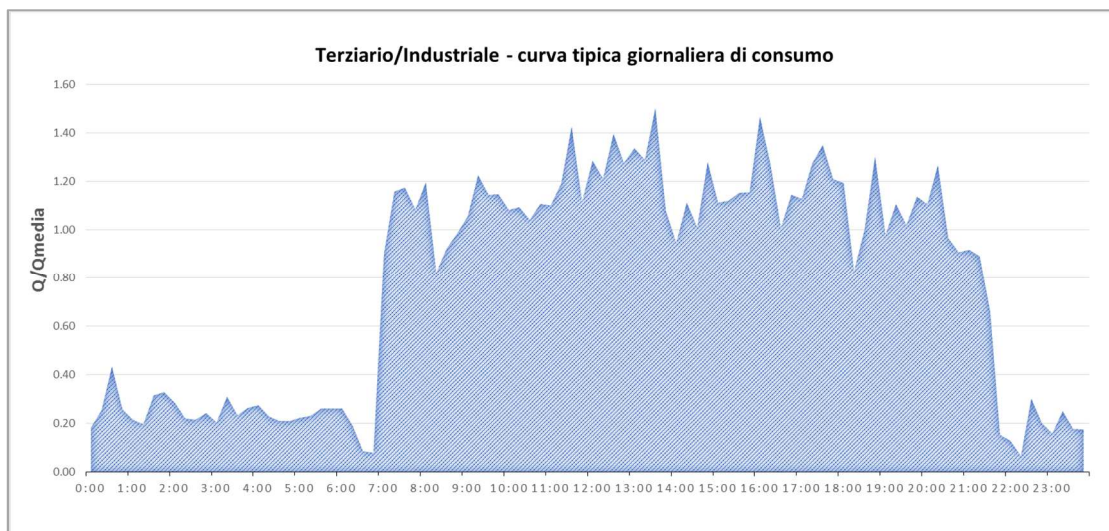


Figura 58 curva consumo giornaliero – commerciale/terziario

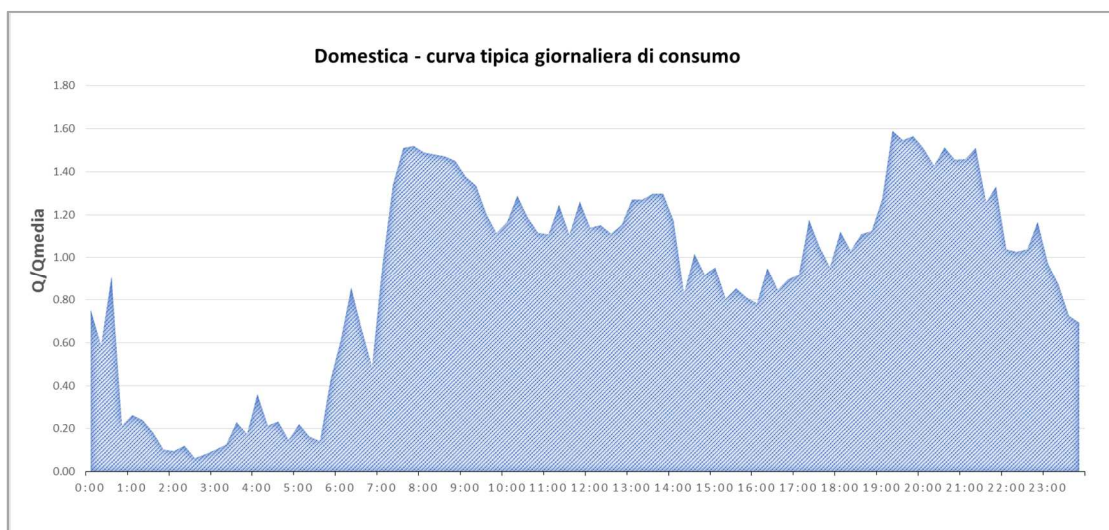


Figura 59 curva consumo giornaliero – residenziale

4.5 Analisi funzionale della rete a seguito dell'attuazione del PII

4.5.1 Criteri di verifica

La verifica ed il dimensionamento dei collettori per le acque nere è stato effettuato utilizzando il citato software di modellazione idraulica.

Il calcolo delle portate defluenti in rete si è basato sulla dotazione idrica assegnata ai diversi "lotti" distribuiti sull'area in funzione delle dotazioni specifiche determinate per le diverse funzioni previste.

Le sezioni adottate per i condotti di fognatura devono essere tali, per forma e dimensioni, da garantire sia un rapido deflusso delle acque e quindi impedire la sedimentazione delle sostanze sospese, sia una limitata abrasione dei materiali costituenti il condotto fognario per effetto di sostanze sospese che si muovono a velocità eccessivamente elevate.

Relativamente ai valori di velocità di scorrimento massimi e minimi, si ritiene accettabile un valore massimo di 4-5 m/s ed un valore minimo di 0,4-0,5 m/s in corrispondenza della portata nera massima.

In seguito si riportano i risultati ottenuti dalle simulazioni, che dimostrano il corretto dimensionamento delle tubazioni esistenti per convogliare i futuri apporti di acque nere previsti dal PII.

La capacità residua della rete garantisce la funzionalità della rete anche in caso di future modifiche o integrazioni delle funzioni previste sul sito, rendendo di fatto la rete adeguata anche in caso di diversi scenari futuri.

4.5.2 Verifica idraulica rete

Di seguito si riportano le verifiche effettuate con i profili di inviluppo dei massimi livelli idrici delle dorsali principali della rete acque nere, con indicazione dei tiranti massimi raggiunti all'interno delle tubazioni.

Come facilmente desumibile dai profili riportati, il funzionamento per tutta la rete risulta sempre a gravità con significativo margine di sicurezza in termini di riempimento della condotta.

Per quanto riguarda la verifica idraulica della rete di valle si riportano anche gli idrogrammi previsti in corrispondenza dei punti di scarico nel collettore principale del "Loop" e nella sezione finale della rete individuati nell'estratto planimetrico seguente.

Le simulazioni effettuate hanno confermato la portata massima attesa ai due allacci al collettore di recapito risulta pari a circa 101 l/s per l'allaccio Nord e circa 82 l/s per l'allaccio Sud, per un totale di circa 183 l/s.

I volumi giornalieri scaricati sono rispettivamente circa 5.600 mc per l'allaccio Nord e 4.500 per l'allaccio Sud, per un totale di circa 10.000 mc.

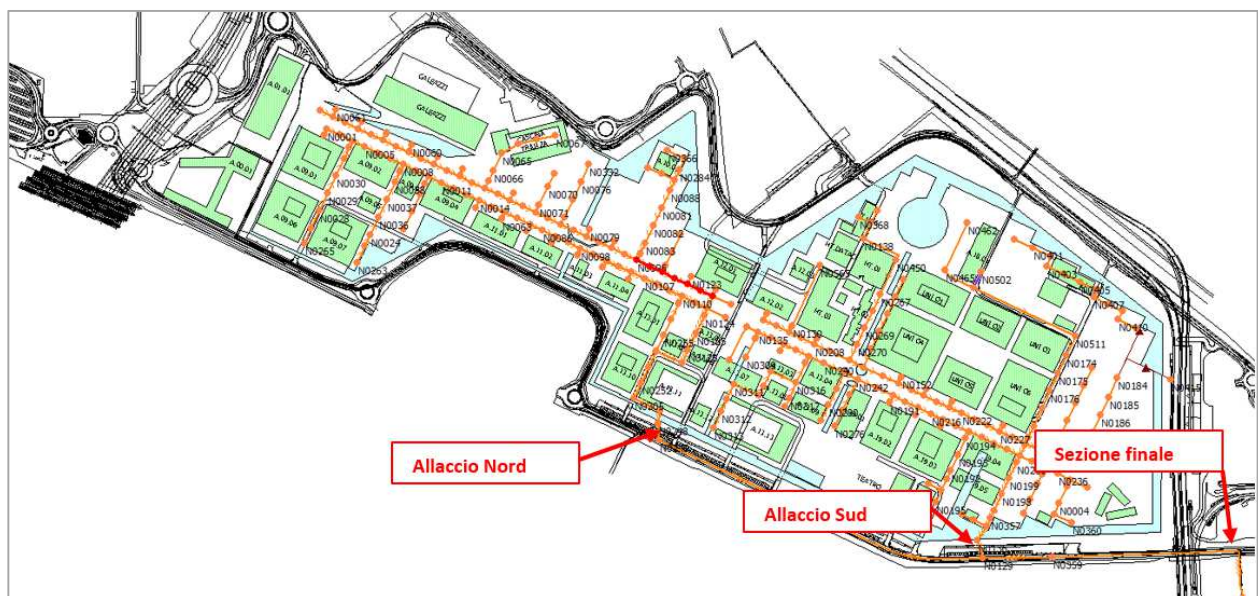


Figura 60 individuazione allacci rete acque nere al collettore di recapito del "Loop"

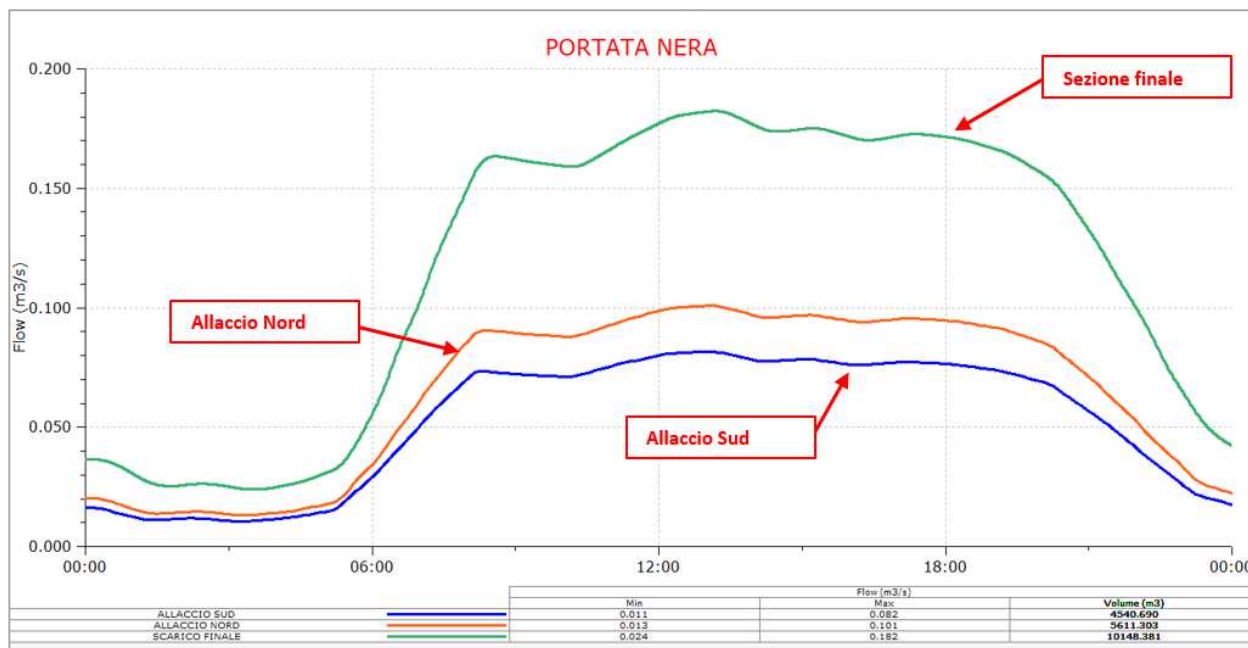
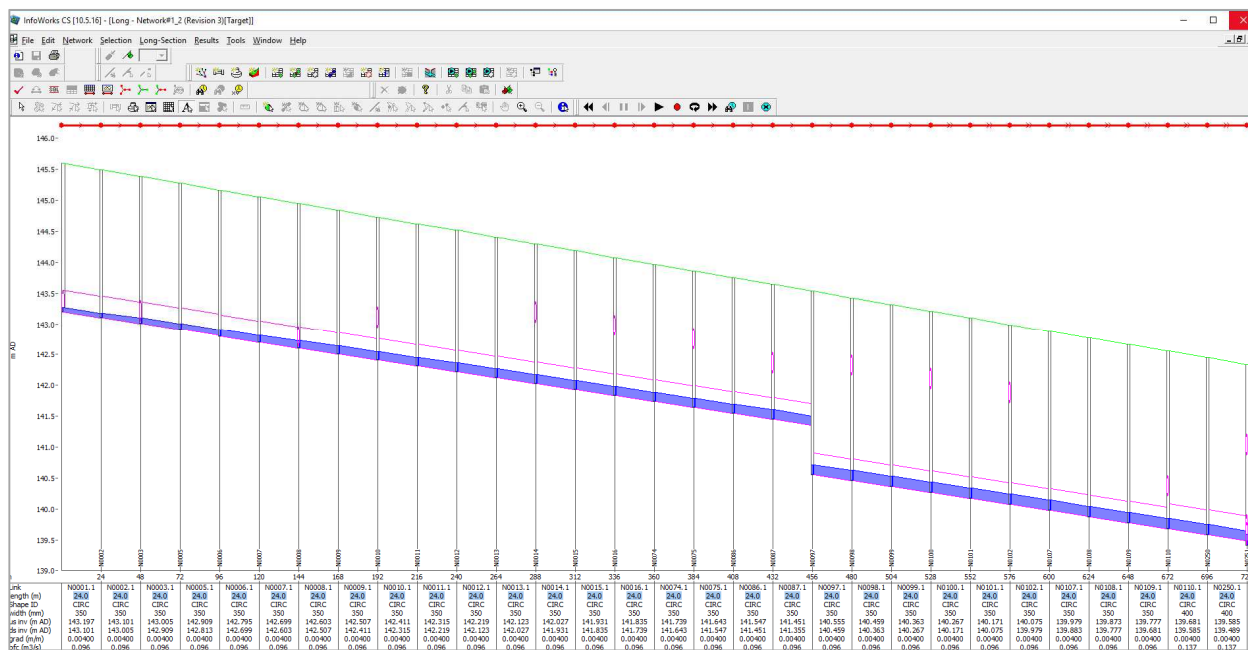


Figura 61 portata scaricata - allacci collettore "loop" e sezione finale



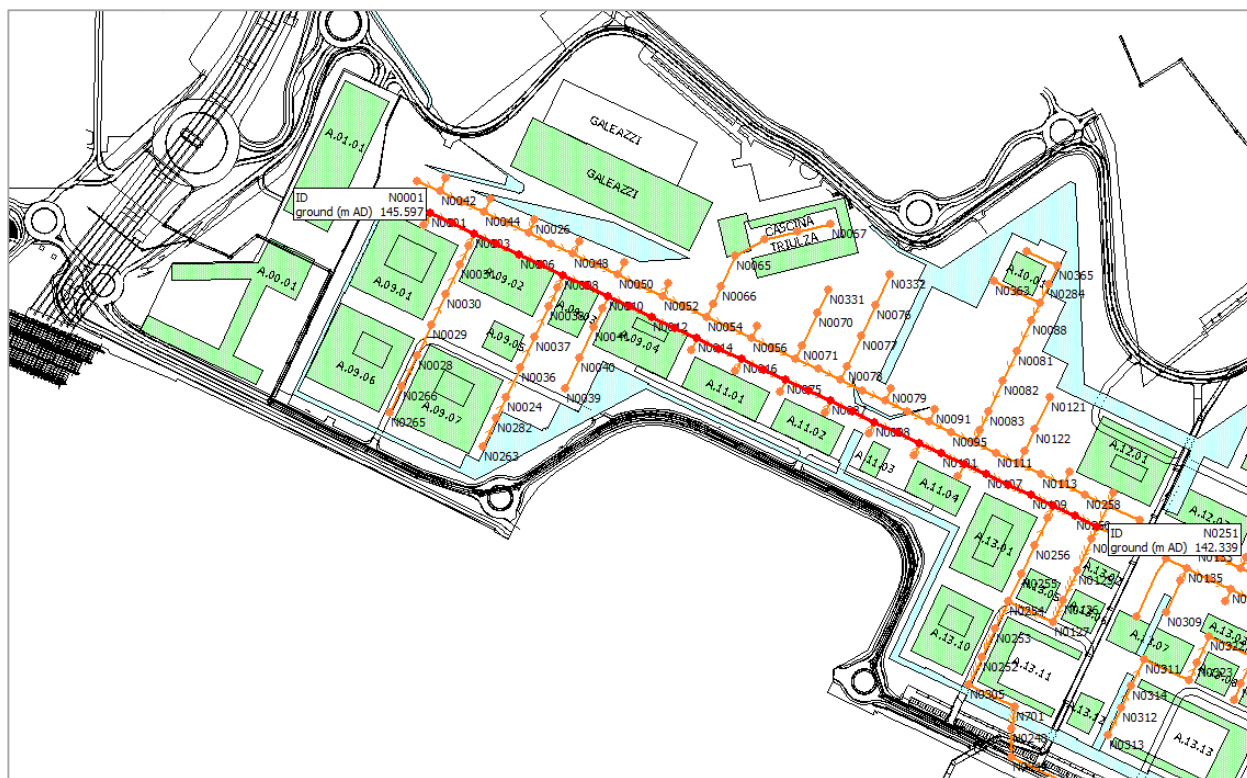


Figura 63 Stralcio planimetrico del tratto di profilo sopra riportato (in rosso i condotti selezionati)

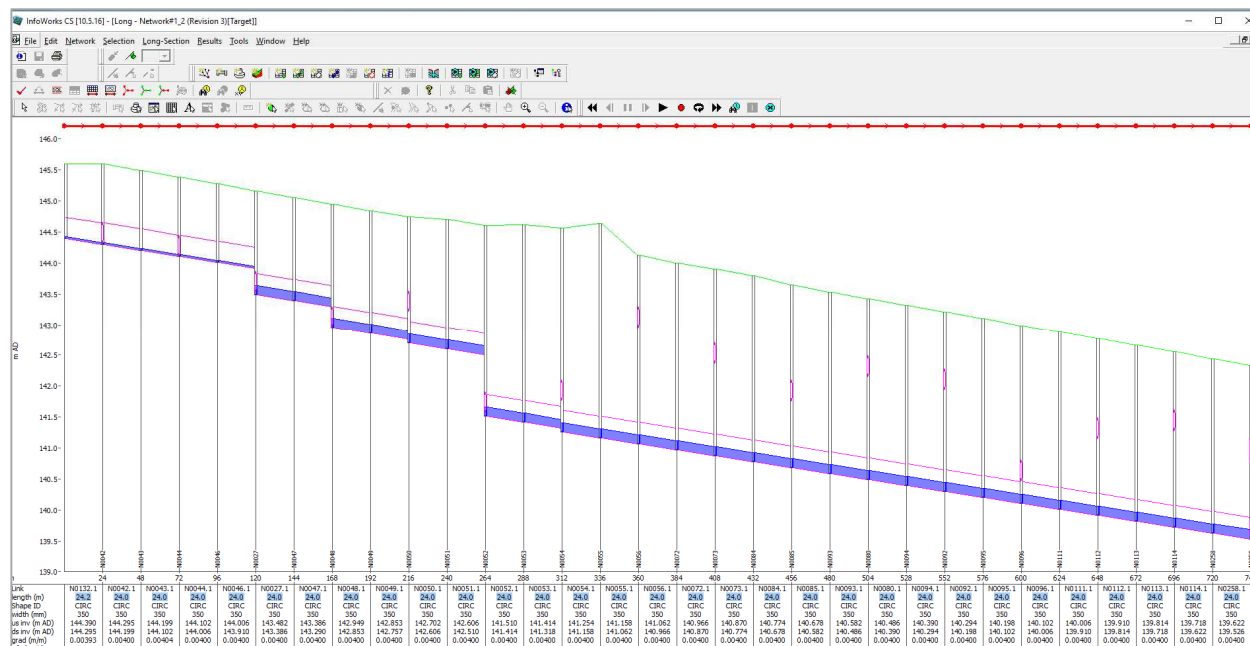


Figura 64 Profilo longitudinale tratto di rete Decumano

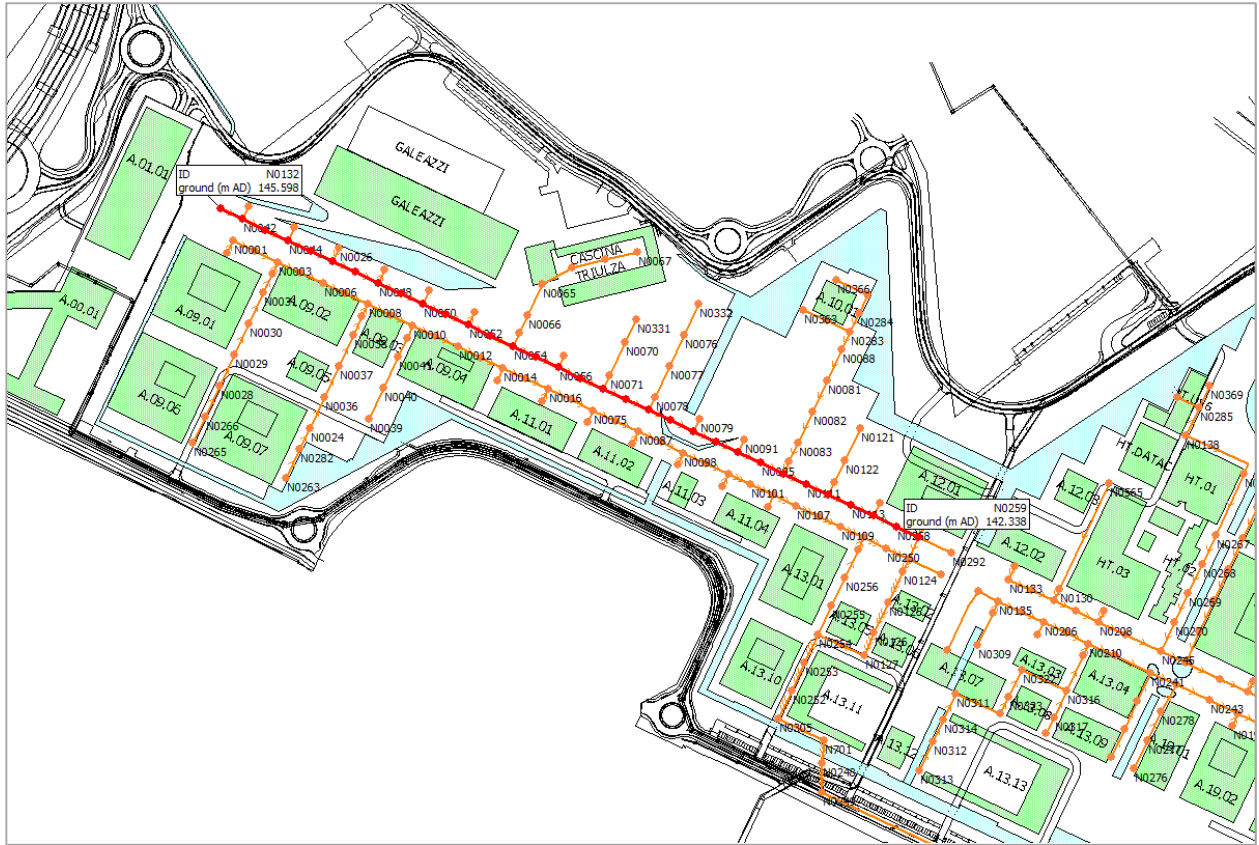


Figura 65 Stralcio planimetrico del tratto di profilo sopra riportato (in rosso i condotti selezionati)

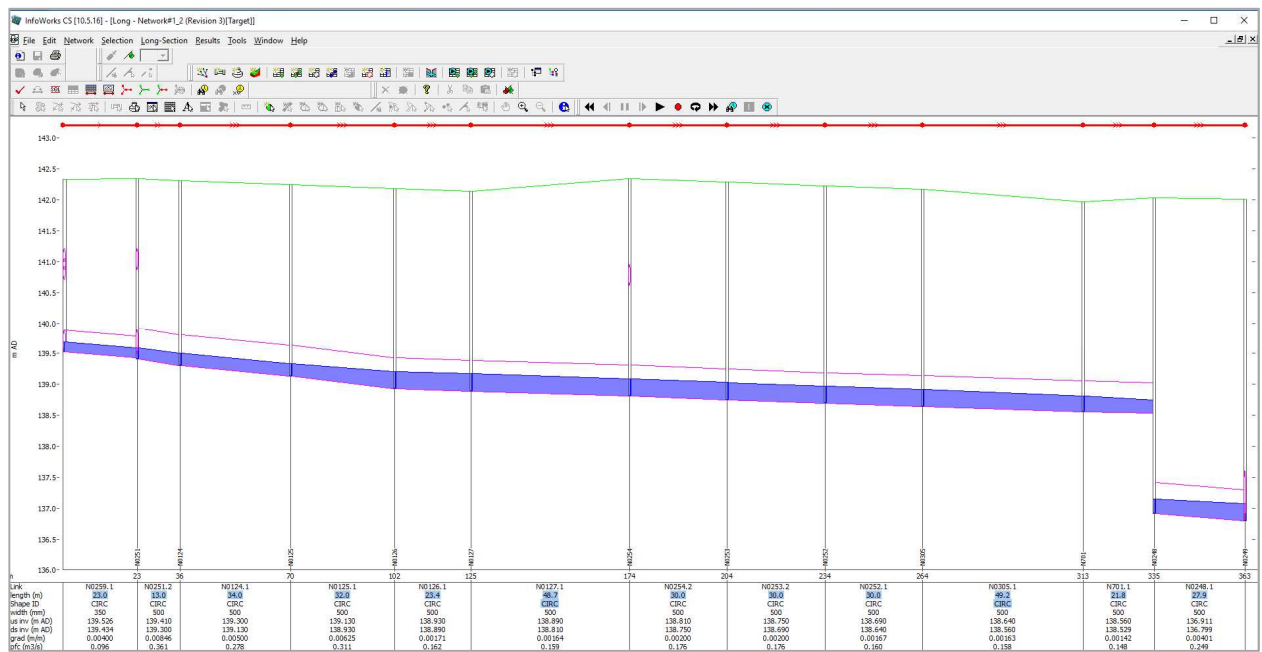


Figura 66 Profilo longitudinale tratto finale allaccio Nord

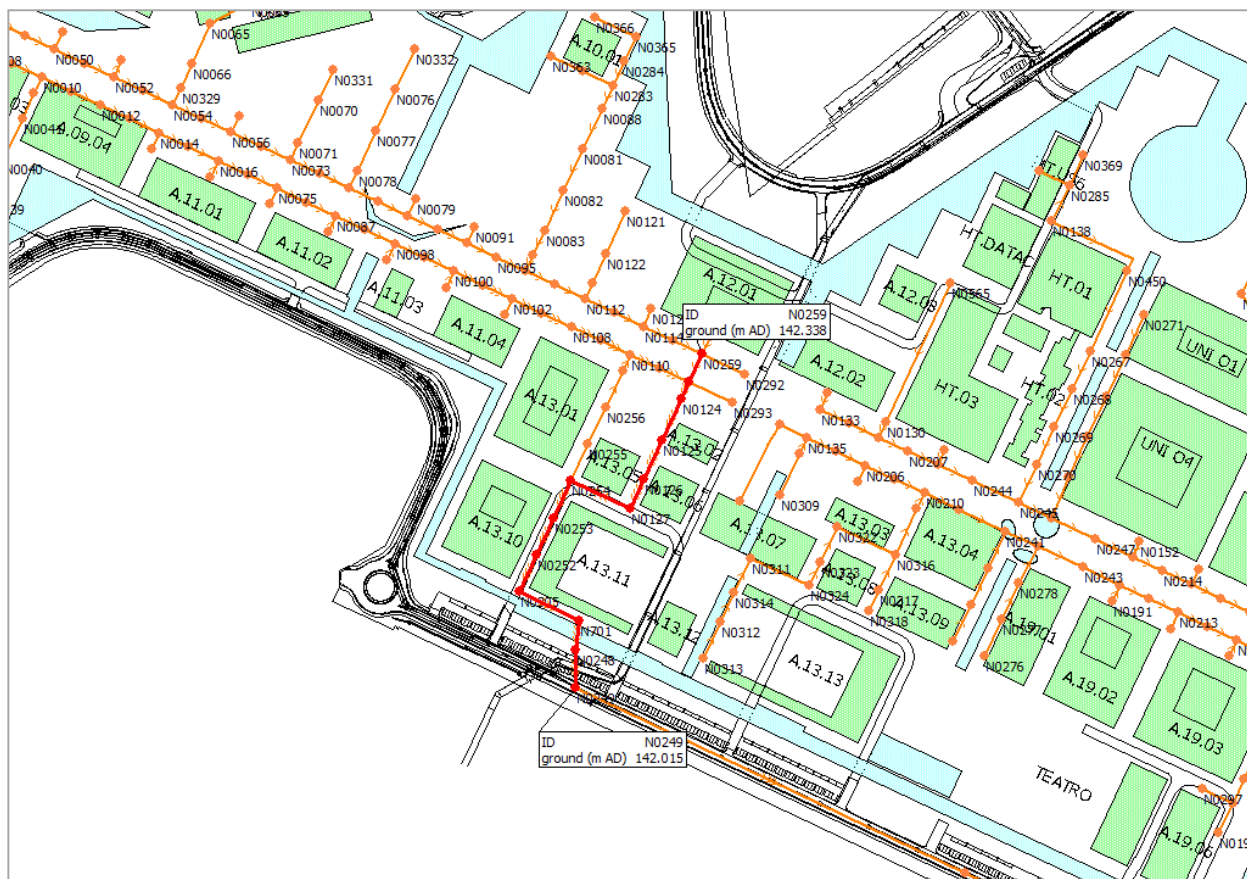


Figura 67 Stralcio planimetrico del tratto di profilo sopra riportato (in rosso i condotti selezionati)

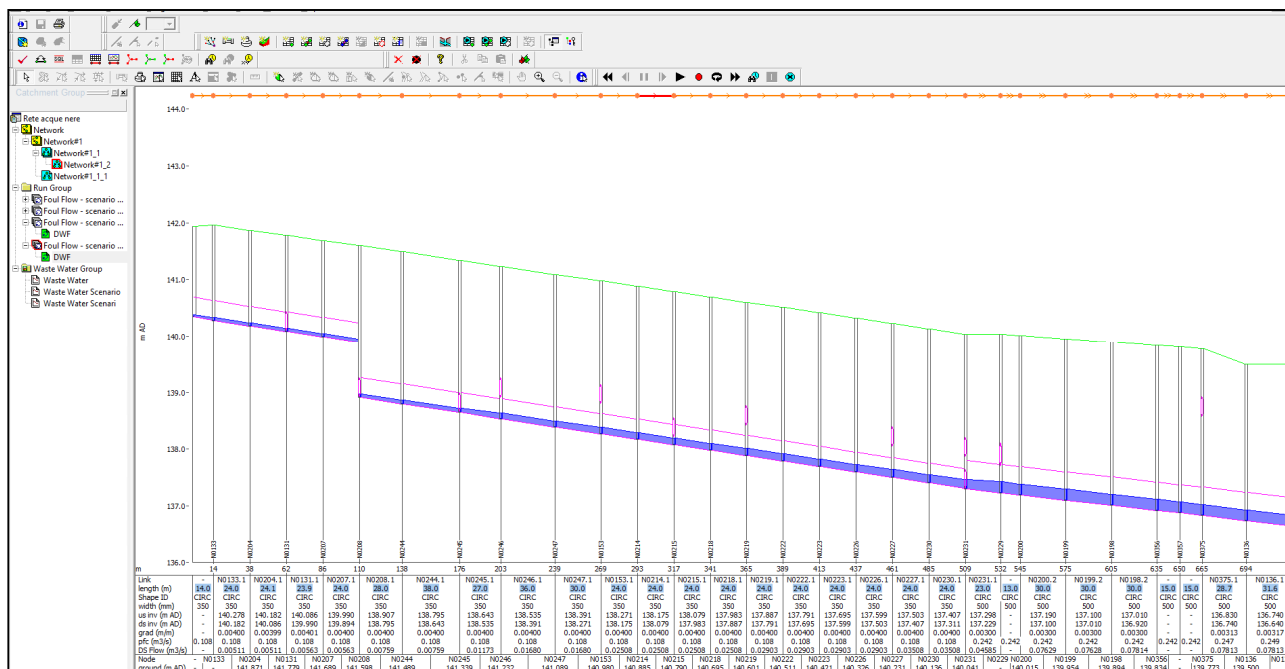


Figura 68 Profilo longitudinale tratto di rete Decumano sud

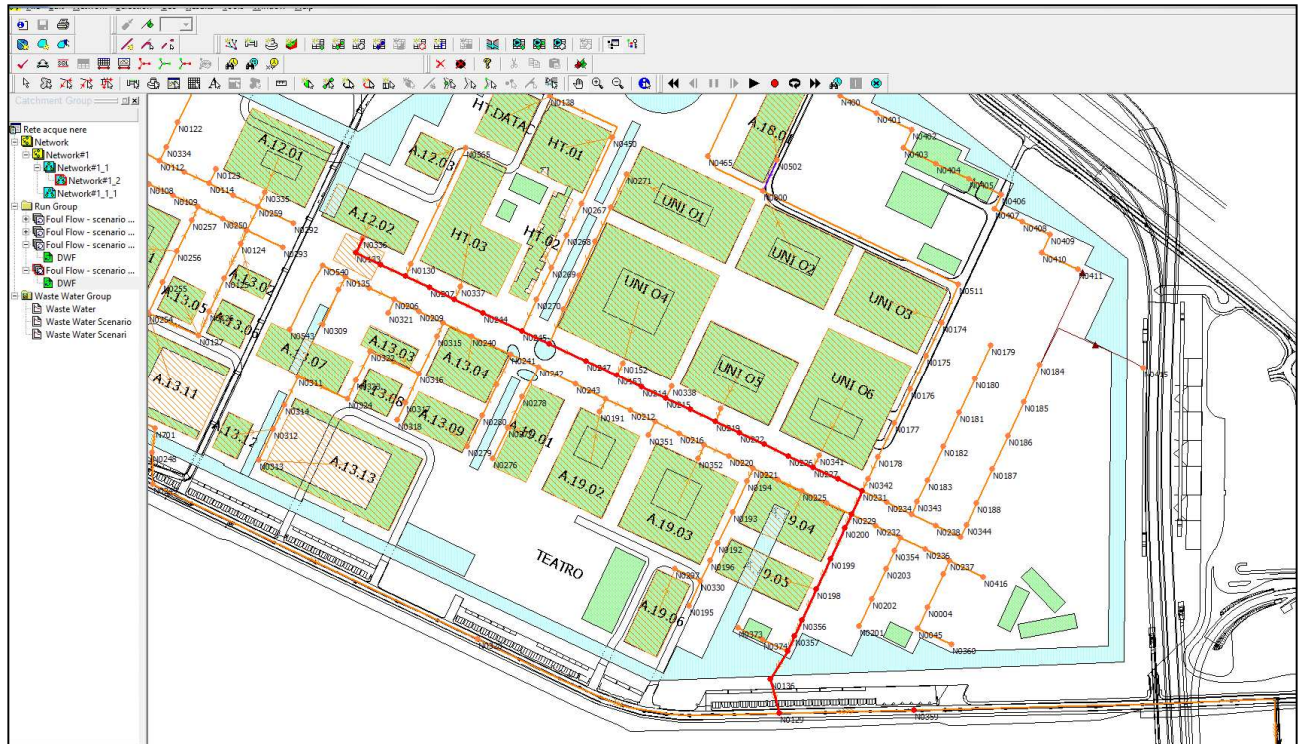


Figura 69 Stralcio planimetrico del tratto di profilo sopra riportato (in rosso i condotti selezionati)

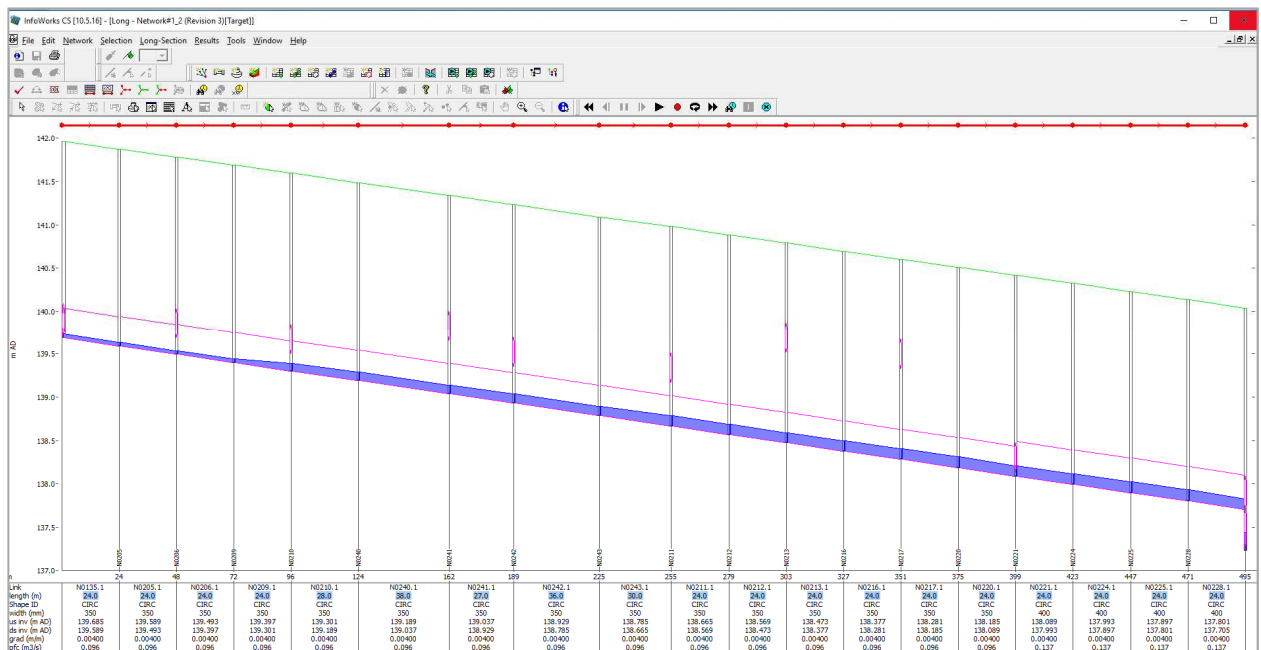


Figura 70 Profilo longitudinale tratto di rete Decumano sud



Figura 71 Stralcio planimetrico del tratto di profilo sopra riportato (in rosso i condotti selezionati)

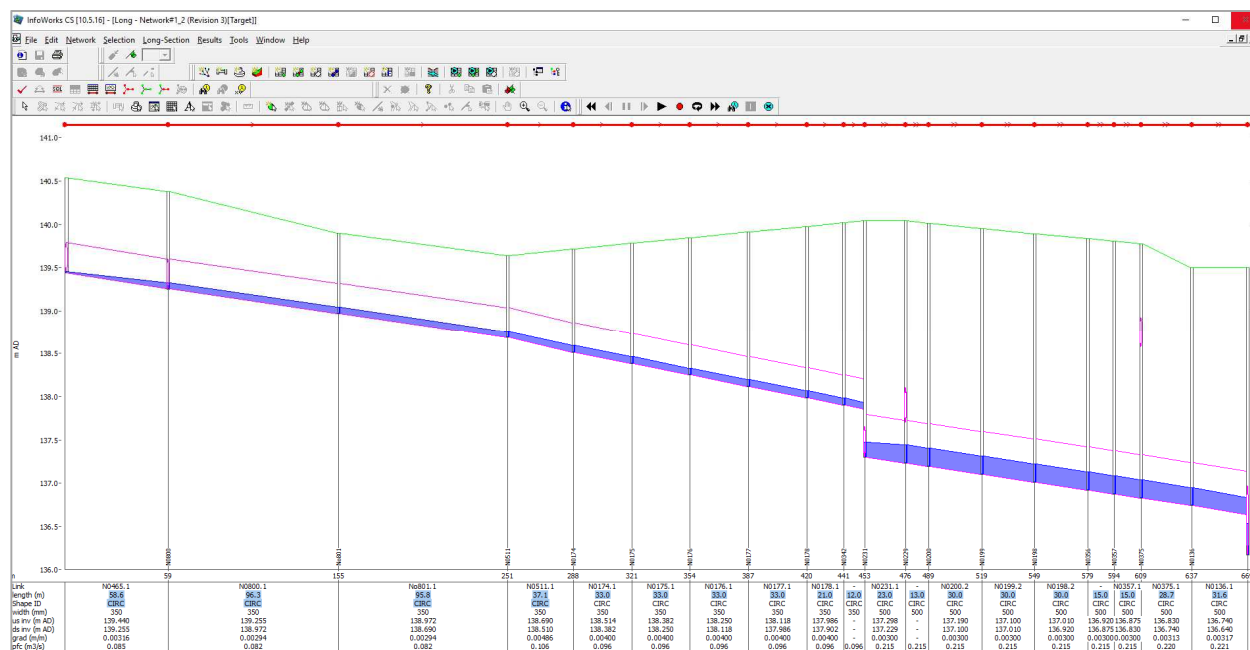
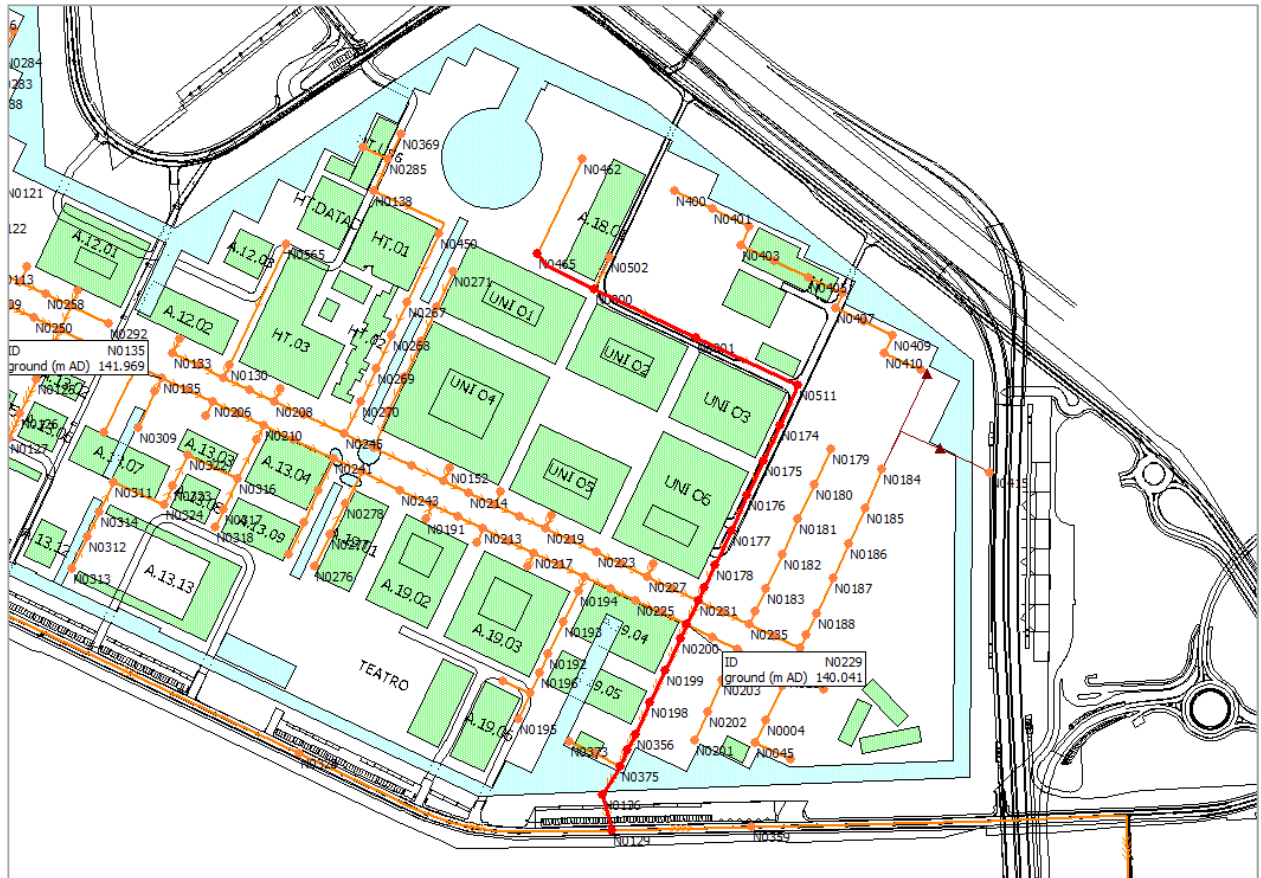


Figura 72 Profilo longitudinale tratto di rete zona polo universitario



4.5.3 Analisi dei risultati

In seguito si mostrano i risultati ottenuti dalle simulazioni, che dimostrano il corretto dimensionamento delle tubazioni per le acque nere, risultando il funzionamento sempre a gravità con significativo margine di sicurezza in termini di riempimento della condotta.

La capacità residua della rete garantisce la funzionalità della rete anche in caso di future modifiche o integrazioni delle funzioni previste sul sito, rendendo di fatto la rete adeguata anche in caso di diversi scenari futuri.

Vengono qui riportate le tabelle di dettaglio con tutte le caratteristiche geometriche dei condotti ed il confronto tra la massima portata nera e la massima portata smaltibile a gravità da ogni singolo condotto.

Nei modello il coefficiente di attrito Ks è stato assunto pari a $80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, usualmente adottato per tubazioni in gres.

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE									VERIFICA			
US Node ID	DS Node ID	Length (m)	Shape ID	Height (mm)	US Invert Level (m AD)	DS Invert Level (m AD)	Gradient (m/m)	Conduit full capacity (m3/s)	Max Depth (m)	Max Flow (m3/s)	Width/max depth %	Velocity (m/s)
N0365	N0284	20.0	CIRC	350	141.22	141.14	0.004	0.096	0.0220	0.0000	6.3%	0.00
N0366	N0365	33.0	CIRC	350	141.36	141.22	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0368	N0285	24.0	CIRC	350	140.32	140.22	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0369	N0285	24.0	CIRC	350	139.92	139.82	0.004	0.096	0.0920	0.0000	26.3%	0.00
N0373	N0374	24.0	CIRC	350	138.76	138.67	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0374	N0375	24.0	CIRC	350	138.67	138.57	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0375	N0136	28.7	CIRC	500	136.83	136.74	0.003	0.220	0.2100	0.0817	42.0%	1.05
N0401	N0402	35.0	CIRC	350	138.73	138.59	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0402	N0403	17.9	CIRC	350	138.59	138.52	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0403	N0404	32.0	CIRC	350	138.52	138.39	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0404	N0405	32.0	CIRC	350	138.39	138.26	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0405	N0406	32.0	CIRC	350	138.26	138.14	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0406	N0407	14.0	CIRC	350	138.14	138.08	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0407	N0408	27.0	CIRC	350	138.08	137.97	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0408	N0409	27.0	CIRC	350	137.97	137.86	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0409	N0410	17.0	CIRC	350	137.86	137.80	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0410	N0411	35.0	CIRC	350	137.80	137.66	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0416	N0237	33.0	CIRC	350	131.35	131.22	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0450	N0267	65.0	CIRC	350	139.77	139.52	0.004	0.094	0.0570	0.0044	16.3%	0.44
N0462	N0465	89.6	CIRC	350	139.81	139.44	0.004	0.098	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0465	N0800	58.6	CIRC	350	139.44	139.26	0.003	0.085	0.0720	0.0000	20.6%	0.00
N0502	N0800	30.2	CIRC	350	139.11	138.86	0.008	0.084	0.0410	0.0031	11.7%	0.03
N0511	N0174	37.1	CIRC	350	138.69	138.65	0.001	0.050	0.0620	0.0071	17.7%	0.62
N0543	N0540	63.9	CIRC	350	140.01	139.76	0.004	0.095	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0565	N0130	113.3	CIRC	350	140.53	140.12	0.004	0.091	0.0330	0.0005	9.4%	0.12
N0800	N0511	192.0	CIRC	350	139.26	138.65	0.003	0.085	0.1280	0.0071	36.6%	0.22
N400	N0401	35.0	CIRC	350	138.87	138.73	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N701	N0248	21.8	CIRC	500	138.56	138.53	0.001	0.148	0.2140	0.1009	42.8%	1.26
N0540	N0135	22.2	CIRC	350	139.76	139.74	0.001	0.046	0.0200	0.0000	5.7%	0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE									VERIFICA			
US Node ID	DS Node ID	Length (m)	Shape ID	Height (mm)	US Invert Level (m AD)	DS Invert Level (m AD)	Gradient (m/m)	Conduit full capacity (m3/s)	Max Depth (m)	Max Flow (m3/s)	Width/max depth %	Velocity (m/s)
N0196	N0192	17.0	CIRC	350	138.49	138.42	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0198	N0356	30.0	CIRC	500	137.01	136.92	0.003	0.215	0.2150	0.0817	43.0%	1.01
N0199	N0198	30.0	CIRC	500	137.10	137.01	0.003	0.215	0.2150	0.0798	43.0%	0.99
N0200	N0199	30.0	CIRC	500	137.19	137.10	0.003	0.215	0.2130	0.0798	42.6%	1.00
N0201	N0202	26.0	CIRC	350	138.49	138.38	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0202	N0203	30.0	CIRC	350	138.38	138.26	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0203	N0354	17.0	CIRC	350	138.26	138.20	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0204	N0131	24.1	CIRC	350	140.18	140.09	0.004	0.096	0.0600	0.0051	17.1%	0.46
N0205	N0206	24.0	CIRC	350	139.59	139.49	0.004	0.096	0.0440	0.0025	12.6%	0.36
N0206	N0209	24.0	CIRC	350	139.49	139.40	0.004	0.096	0.0450	0.0025	12.9%	0.36
N0207	N0208	24.0	CIRC	350	139.99	139.89	0.004	0.096	0.0560	0.0056	16.0%	0.56
N0208	N0244	28.0	CIRC	350	138.91	138.80	0.004	0.096	0.0730	0.0086	20.9%	0.59
N0209	N0210	24.0	CIRC	350	139.40	139.30	0.004	0.096	0.0900	0.0025	25.7%	0.13
N0210	N0240	28.0	CIRC	350	139.30	139.19	0.004	0.096	0.0990	0.0131	28.3%	0.59
N0211	N0212	24.0	CIRC	350	138.67	138.57	0.004	0.096	0.1200	0.0232	34.3%	0.80
N0212	N0213	24.0	CIRC	350	138.57	138.47	0.004	0.096	0.1200	0.0232	34.3%	0.80
N0213	N0216	24.0	CIRC	350	138.47	138.38	0.004	0.096	0.1200	0.0232	34.3%	0.79
N0214	N0215	24.0	CIRC	350	138.18	138.08	0.004	0.096	0.1310	0.0282	37.4%	0.86
N0215	N0218	24.0	CIRC	350	138.08	137.98	0.004	0.096	0.1320	0.0282	37.7%	0.85
N0216	N0217	24.0	CIRC	350	138.38	138.28	0.004	0.096	0.1280	0.0232	36.6%	0.73
N0217	N0220	24.0	CIRC	350	138.28	138.19	0.004	0.096	0.1270	0.0270	36.3%	0.85
N0218	N0219	24.0	CIRC	350	137.98	137.89	0.004	0.096	0.1420	0.0282	40.6%	0.77
N0219	N0222	24.0	CIRC	350	137.89	137.79	0.004	0.096	0.1420	0.0322	40.6%	0.88
N0220	N0221	24.0	CIRC	350	138.19	138.09	0.004	0.096	0.1210	0.0270	34.6%	0.91
N0221	N0224	24.0	CIRC	400	138.09	137.99	0.004	0.137	0.1220	0.0270	30.5%	0.83
N0222	N0223	24.0	CIRC	350	137.79	137.70	0.004	0.096	0.1420	0.0322	40.6%	0.88
N0223	N0226	24.0	CIRC	350	137.70	137.60	0.004	0.096	0.1440	0.0322	41.1%	0.87
N0224	N0225	24.0	CIRC	400	137.99	137.90	0.004	0.137	0.1310	0.0270	32.8%	0.76
N0225	N0228	24.0	CIRC	400	137.90	137.80	0.004	0.137	0.1300	0.0307	32.5%	0.87
N0226	N0227	24.0	CIRC	350	137.60	137.50	0.004	0.096	0.1540	0.0322	44.0%	0.79
N0227	N0230	24.0	CIRC	350	137.50	137.41	0.004	0.096	0.1560	0.0383	44.6%	0.93
N0228	N0229	24.0	CIRC	400	137.80	137.71	0.004	0.137	0.1240	0.0307	31.0%	0.92
N0229	N0200	13.0	CIRC	500	137.23	137.19	0.003	0.215	0.2130	0.0798	42.6%	1.00
N0230	N0231	24.0	CIRC	350	137.41	137.31	0.004	0.096	0.1650	0.0383	47.1%	0.86
N0231	N0229	23.0	CIRC	500	137.30	137.23	0.003	0.215	0.2130	0.0491	42.6%	0.62
N0232	N0229	24.0	CIRC	400	137.77	137.69	0.003	0.119	0.0200	0.0000	5.0%	0.00
N0233	N0232	24.0	CIRC	400	137.84	137.77	0.003	0.119	0.0200	0.0000	5.0%	0.00
N0234	N0231	24.0	CIRC	350	137.37	137.30	0.003	0.083	0.1780	-0.0001	50.9%	0.00
N0235	N0234	24.0	CIRC	350	137.44	137.37	0.003	0.083	0.1060	-0.0001	30.3%	0.00
N0236	N0233	24.0	CIRC	400	137.91	137.84	0.003	0.119	0.0200	0.0000	5.0%	0.00
N0237	N0236	24.0	CIRC	400	137.98	137.91	0.003	0.119	0.0200	0.0000	5.0%	0.00
N0238	N0235	24.0	CIRC	350	137.51	137.44	0.003	0.083	0.0350	0.0000	10.0%	0.00
N0239	N0238	24.0	CIRC	350	137.59	137.51	0.003	0.083	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0240	N0241	38.0	CIRC	350	139.19	139.04	0.004	0.096	0.1030	0.0160	29.4%	0.68
N0241	N0242	27.0	CIRC	350	139.04	138.93	0.004	0.096	0.1120	0.0175	32.0%	0.66
N0242	N0243	36.0	CIRC	350	138.93	138.79	0.004	0.096	0.1120	0.0205	32.0%	0.77
N0243	N0211	30.0	CIRC	350	138.79	138.67	0.004	0.096	0.1200	0.0205	34.3%	0.70
N0244	N0245	38.0	CIRC	350	138.80	138.64	0.004	0.096	0.0960	0.0086	27.4%	0.40
N0245	N0246	27.0	CIRC	350	138.64	138.54	0.004	0.096	0.1100	0.0148	31.4%	0.57
N0246	N0247	36.0	CIRC	350	138.54	138.39	0.004	0.096	0.1110	0.0199	31.7%	0.76
N0247	N0153	30.0	CIRC	350	138.39	138.27	0.004	0.096	0.1310	0.0199	37.4%	0.61
N0248	N0249	27.9	CIRC	500	136.91	136.80	0.004	0.249	0.2710	0.1009	54.2%	0.93
N0249	N0328	318.4	CIRC	800	136.81	136.46	0.001	0.455	0.2670	0.1009	33.4%	0.69
N0250	N0251	24.0	CIRC	400	139.59	139.49	0.004	0.137	0.1590	0.0498	39.8%	1.07
N0251	N0124	13.0	CIRC	500	139.41	139.30	0.008	0.361	0.2020	0.0911	40.4%	1.23
N0252	N0305	30.0	CIRC	500	138.69	138.64	0.002	0.160	0.2820	0.1009	56.4%	0.89
N0253	N0252	30.0	CIRC	500	138.75	138.69	0.002	0.176	0.2860	0.1009	57.2%	0.87
N0254	N0255	30.0	CIRC	350	140.61	140.49	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0254	N0253	30.0	CIRC	500	138.81	138.75	0.002	0.176	0.2810	0.1010	56.2%	0.89
N0255	N0256	30.0	CIRC	350	140.49	140.37	0.004	0.096	0.0520	0.0000	14.9%	0.00
N0256	N0257	30.0	CIRC	350	140.37	140.25	0.004	0.096	0.0520	0.0041	14.9%	0.46
N0257	N0110	13.0	CIRC	350	140.25	140.20	0.004	0.096	0.0490	0.0041	14.0%	0.51
N0258	N0259	24.0	CIRC	350	139.62	139.53	0.004	0.096	0.1600	0.0362	45.7%	0.84
N0259	N0251	23.0	CIRC	350	139.53	139.43	0.004	0.096	0.1540	0.0413	44.0%	1.01
N0263	N0282	31.0	CIRC	350	143.36	143.24	0.004	0.096	0.0560	0.0047	16.0%	0.48
N0265	N0266	28.0	CIRC	350	143.81	143.70	0.004	0.096	0.0700	0.0000	20.0%	0.00
N0266	N0028	33.0	CIRC	350	143.70	143.57	0.004	0.096	0.0700	0.0078	20.0%	0.56
N0267	N0268	31.0	CIRC	350	139.52	139.42	0.003	0.086	0.0510	0.0044	14.6%	0.52

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE									VERIFICA			
US Node ID	DS Node ID	Length (m)	Shape ID	Height (mm)	US Invert Level (m AD)	DS Invert Level (m AD)	Gradient (m/m)	Conduit full capacity (m3/s)	Max Depth (m)	Max Flow (m3/s)	Width/max depth %	Velocity (m/s)
N0268	N0269	31.0	CIRC	350	139.42	139.25	0.005	0.112	0.0630	0.0044	18.0%	0.38
N0269	N0270	31.0	CIRC	350	139.25	139.12	0.004	0.098	0.0590	0.0062	16.9%	0.62
N0270	N0245	31.0	CIRC	350	139.12	138.65	0.015	0.187	0.0890	0.0062	25.4%	0.32
N0271	N0272	33.0	CIRC	350	139.56	139.43	0.004	0.096	0.0570	0.0051	16.3%	0.49
N0272	N0273	33.0	CIRC	350	139.43	139.30	0.004	0.096	0.0570	0.0051	16.3%	0.49
N0273	N0274	33.0	CIRC	350	139.30	139.17	0.004	0.096	0.0570	0.0051	16.3%	0.49
N0274	N0275	33.0	CIRC	350	139.17	139.04	0.004	0.096	0.0570	0.0051	16.3%	0.49
N0275	N0246	33.1	CIRC	350	139.04	138.90	0.004	0.096	0.0540	0.0051	15.4%	0.54
N0276	N0277	30.0	CIRC	350	139.71	139.59	0.004	0.096	0.0470	0.0000	13.4%	0.00
N0277	N0278	30.0	CIRC	350	139.59	139.47	0.004	0.096	0.0470	0.0030	13.4%	0.39
N0278	N0242	30.1	CIRC	350	139.47	139.35	0.004	0.096	0.0430	0.0030	12.3%	0.45
N0279	N0280	30.0	CIRC	350	140.01	139.89	0.004	0.096	0.0360	0.0015	10.3%	0.29
N0280	N0281	30.0	CIRC	350	139.89	139.77	0.004	0.096	0.0360	0.0015	10.3%	0.29
N0281	N0241	30.0	CIRC	350	139.77	139.65	0.004	0.096	0.0330	0.0015	9.4%	0.32
N0282	N0024	22.0	CIRC	350	143.24	143.15	0.004	0.096	0.0560	0.0047	16.0%	0.48
N0283	N0088	19.0	CIRC	350	141.06	140.99	0.004	0.096	0.0220	0.0002	6.3%	0.06
N0284	N0283	20.0	CIRC	350	141.14	141.06	0.004	0.096	0.0220	0.0002	6.3%	0.06
N0285	N0138	29.7	CIRC	350	139.92	139.88	0.001	0.058	0.0460	0.0000	13.1%	0.00
N0292	N0259	35.0	CIRC	350	141.00	140.86	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0293	N0251	35.0	CIRC	350	141.00	140.86	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0297	N0330	25.0	CIRC	350	138.67	138.57	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0299	N0050	14.2	CIRC	350	143.32	143.21	0.008	0.135	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0304	N0052	14.0	CIRC	350	141.61	141.55	0.004	0.096	0.1070	0.0000	30.6%	0.00
N0305	N701	49.2	CIRC	500	138.64	138.56	0.002	0.158	0.2550	0.1009	51.0%	1.00
N0308	N0135	13.0	CIRC	350	139.74	139.69	0.004	0.096	0.0440	0.0025	12.6%	0.36
N0309	N0308	34.0	CIRC	350	139.87	139.74	0.004	0.096	0.0440	0.0000	12.6%	0.00
N0311	N0324	47.7	CIRC	350	140.07	140.06	0.000	0.020	0.0700	0.0073	20.0%	0.54
N0312	N0314	23.8	CIRC	350	140.28	140.19	0.004	0.096	0.0680	0.0073	19.4%	0.55
N0313	N0312	30.2	CIRC	350	140.41	140.28	0.004	0.096	0.0690	0.0065	19.7%	0.49
N0314	N0311	27.9	CIRC	350	140.19	140.07	0.004	0.099	0.1100	0.0073	31.4%	0.28
N0315	N0210	13.0	CIRC	350	139.55	139.50	0.004	0.096	0.0760	0.0106	21.7%	0.69
N0316	N0315	37.2	CIRC	350	139.69	139.55	0.004	0.092	0.0800	0.0106	22.9%	0.64
N0317	N0316	28.8	CIRC	350	139.81	139.69	0.004	0.101	0.0820	0.0017	23.4%	0.10
N0318	N0317	17.0	CIRC	350	139.88	139.81	0.004	0.096	0.0370	0.0000	10.6%	0.00
N0321	N0206	13.0	CIRC	350	139.73	139.68	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0322	N0316	47.7	CIRC	350	139.86	139.69	0.004	0.092	0.0820	0.0073	23.4%	0.43
N0323	N0322	28.7	CIRC	350	139.99	139.87	0.004	0.101	0.0650	0.0073	18.6%	0.59
N0324	N0323	18.4	CIRC	350	140.06	139.99	0.004	0.092	0.0670	0.0073	19.1%	0.57
N0328	N0129	280.7	CIRC	800	136.46	136.17	0.001	0.442	0.3670	0.1010	45.9%	0.45
N0329	N0054	14.0	CIRC	350	141.81	141.75	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0330	N0196	20.0	CIRC	350	138.57	138.49	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0331	N0070	25.0	CIRC	350	142.65	142.55	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0332	N0076	33.0	CIRC	350	142.20	142.07	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0333	N0096	13.0	CIRC	350	140.51	140.46	0.004	0.096	0.0220	0.0002	6.3%	0.06
N0334	N0112	13.0	CIRC	350	141.19	141.14	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0335	N0259	14.0	CIRC	350	140.76	140.70	0.004	0.096	0.0540	0.0052	15.4%	0.55
N0336	N0133	14.0	CIRC	350	140.34	140.29	0.004	0.096	0.0510	0.0032	14.6%	0.38
N0337	N0208	12.0	CIRC	350	138.96	138.91	0.004	0.096	0.0730	0.0029	20.9%	0.20
N0338	N0215	12.0	CIRC	350	138.25	138.20	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0339	N0219	12.0	CIRC	350	138.46	138.42	0.004	0.096	0.0480	0.0040	13.7%	0.50
N0341	N0227	12.0	CIRC	350	138.09	138.04	0.004	0.096	0.0580	0.0061	16.6%	0.58
N0342	N0231	12.0	CIRC	350	137.90	137.85	0.004	0.096	0.0770	0.0109	22.0%	0.69
N0343	N0235	12.0	CIRC	350	137.72	137.67	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0344	N0239	12.0	CIRC	350	137.63	137.59	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0346	N0010	13.0	CIRC	350	142.99	142.93	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0347	N0008	13.0	CIRC	350	142.67	142.62	0.004	0.096	0.1100	0.0055	31.4%	0.21
N0349	N0003	13.0	CIRC	350	143.09	143.04	0.004	0.096	0.0660	0.0078	18.9%	0.63
N0350	N0001	13.0	CIRC	350	143.25	143.20	0.004	0.096	0.0770	0.0046	22.0%	0.30
N0351	N0213	13.0	CIRC	350	139.56	139.51	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0352	N0217	13.0	CIRC	350	139.37	139.32	0.004	0.096	0.0470	0.0038	13.4%	0.49
N0354	N0233	13.0	CIRC	350	138.20	138.14	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0355	N0237	13.0	CIRC	350	138.02	137.98	0.003	0.083	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0356	N0357	15.0	CIRC	500	136.92	136.88	0.003	0.215	0.2140	0.0817	42.8%	1.02
N0357	N0375	15.0	CIRC	500	136.88	136.83	0.003	0.215	0.2130	0.0817	42.6%	1.03
N0359	N0367	401.0	CIRC	800	136.06	135.66	0.001	0.434	0.2540	0.1824	31.8%	1.33
N0360	N0045	33.0	CIRC	350	138.30	138.20	0.003	0.083	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0363	N0364	25.0	CIRC	350	141.30	141.20	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00
N0364	N0283	25.0	CIRC	350	141.20	141.10	0.004	0.096	0.0200	0.0000	5.7%	0.00

4.5.4 Interventi di massima di adeguamento funzionale della rete

Le verifiche condotte tramite modello di simulazione matematica hanno confermato l'adeguamento della rete esistente a smaltire le massime portate nere attese dopo la completa attuazione del PII.

Di conseguenza non sono necessari interventi di potenziamento delle tratte esistenti; gli unici interventi previsti riguardano quindi la risoluzione delle interferenze della rete esistente con la disposizione planimetrica prevista dal PII per i futuri lotti.

Si rimanda direttamente agli elaborati allegati alla presente relazione per la definizione di dettaglio degli interventi.

Si riporta in seguito uno stralcio di esempio della tavola di progetto, in cui le condotte di acque nere sono state indicate con colori diversi, seguendo i criteri sottoesposti:

- **i tratti in colore rosso** rappresentano i condotti esistenti che sono adeguati e sono quindi stati mantenuti nella nuova configurazione di progetto;
- **i tratti in colore blu** rappresentano i nuovi tratti;
- **i tratti in colore verde** rappresentano i tratti che invece potranno essere dismessi, in relazione alle interferenze riscontrate con il nuovo layout del PII.

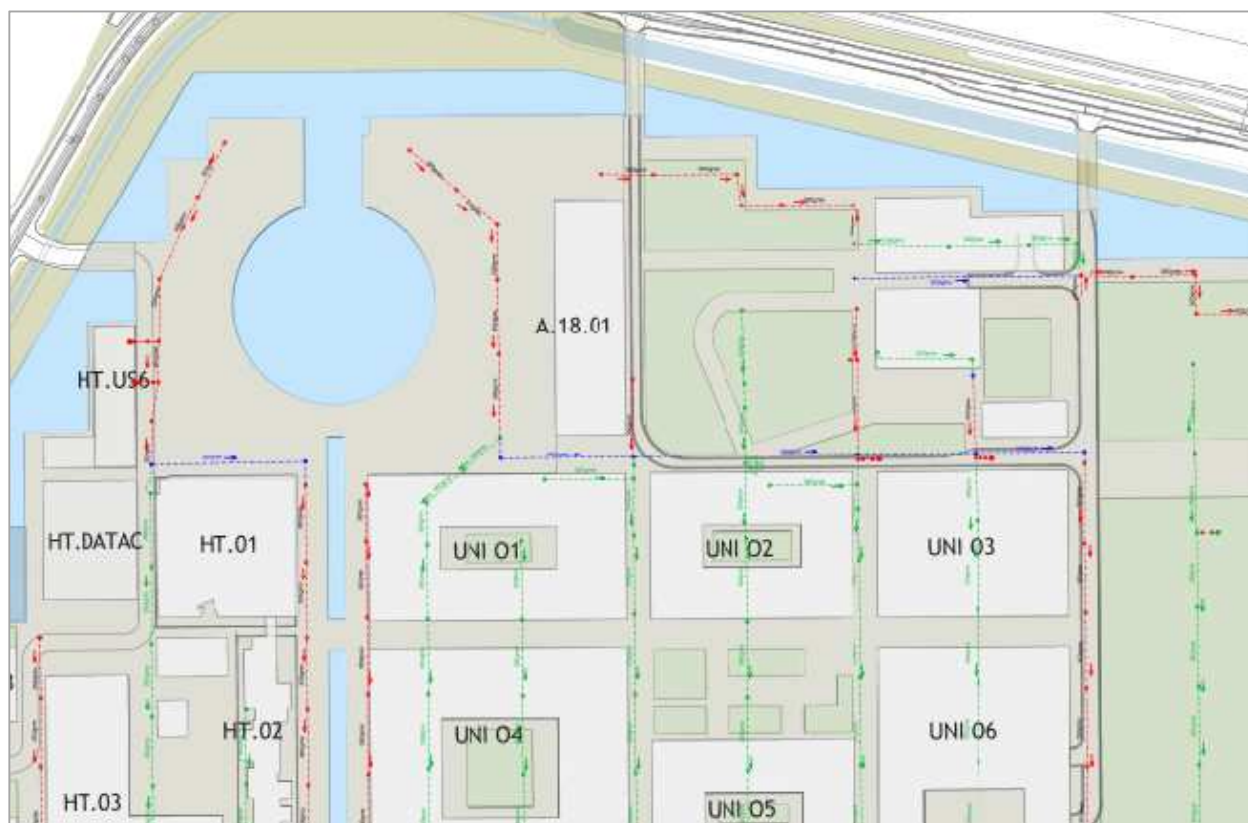


Figura 74 Estratto planimetrico con individuazione interventi

4.5.5 Resilienza della rete

Il concetto di resilienza applicato a una rete di fognatura rappresenta un'indicazione della robustezza della rete stessa, nel momento in cui questa viene sollecitata da portate diverse, e anche di molto superiori, rispetto a quella calcolata adottando i criteri sopra esposti.

Per la valutazione quantitativa della resilienza, si è fatto riferimento al concetto di 'utility performance value', definito dalla seguente formulazione:

$$u(x_i)_T = 1 - \frac{D_x}{D_{max}}$$

Dove D_x indica il tirante idrico in un pozzetto a un istante temporale i per la portata nera calcolata, mentre D_{max} indica il livello idrico massimo raggiunto nel pozzetto per la portata "critica", ipotizzata in questo caso pari a 1,25 e 1,5 volte la portata calcolata; si sottolinea che nel ciclo di vita della rete fognaria la variazione della portata potrebbe essere indotta sia da aspetti legati alle modifiche delle funzioni previste sul sito, sia da motivi indipendenti, quali ad esempio infiltrazioni in rete di acque di falda.

Il valore $u(x_i)_T$ verrà quindi utilizzato per stimare la funzionalità residua del sistema; un valore alto (vicino a 1) rappresenta una buona efficienza, mentre un valore basso (vicino a 0) indica una scarsa capacità residua.

Applicando la metodologia sopra descritta sarà poi possibile ricavare un valore medio di $u(x_i)_T$ per ogni pozzetto.

Gli indici di resilienza ricavati, superiori sempre a 0,50, confermano come la rete di progetto presenti una buona efficienza anche in caso di modifiche sostanziali alle portate circolanti.

4.6 Conclusioni

Come dimostrato nei paragrafi precedenti, la rete di acque nere esistente risulta adeguata a smaltire i contributi di portata nera a seguito dell'attuazione del PII.

Il funzionamento risulta sempre a gravità con significativo margine di sicurezza in termini di riempimento delle condotte; tale capacità residua garantisce inoltre la funzionalità della rete anche in caso di future modifiche o integrazioni delle funzioni previste sul sito, rendendo di fatto la rete flessibile anche in caso di diverse configurazioni planivolumetriche del PII.

Sulla base delle analisi di larga massima condotte, risulta necessario infatti intervenire su una minima parte della rete, per una lunghezza totale inferiore al 10% della estensione complessiva della rete esistente.

Per quanto riguarda il depuratore S.Rocco di recapito della rete nera la capacità depurativa residua dell'impianto risulta adeguata a ricevere le future portate reflue.

5. RETE ANTINCENDIO

5.1 Premessa

La seguente sezione tratta le analisi effettuate sulla rete antincendio finalizzate a verificare la capacità del sistema di soddisfare le future utenze previste dal nuovo PII.

In particolare, l'obiettivo delle seguenti analisi è quello di avanzare soluzioni progettuali atte a potenziare e/o adeguare la rete antincendio esistente garantendo adeguate pressioni alla rete.

Il problema di progetto in esame prevede una serie di adeguamenti topologici e potenziamenti mantenendo il più possibile inalterata la rete principale esistente compatibilmente con le pressioni minime richieste per garantire l'erogazione del servizio.

La verifica idraulica di tale rete è stata effettuata mediante il software Infoworks WS PRO sulla base della normativa di riferimento UNI 10799 e sulla base delle condizioni al contorno preesistenti, in termini di impianti elettromeccanici, mentre terrà già conto delle ottimizzazioni e dei miglioramenti apportati alla stessa sia in termini topologici che infrastrutturali.

5.2 Inquadramento normativo

Considerando la tipologia di unità che si insedieranno nel sito MIND, tali da costituire attività soggette ai controlli di prevenzione incendi, come da allegato I al DPR 151/2011 (categorie A, B, C), se ne deduce l'obbligo, anche in relazione alle necessità gestionali, di garantire l'ottemperanza della rete idrica antincendio di area preesistente, alla norma UNI 10799, definente i requisiti minimi di esercizio degli impianti idrici permanentemente in pressione, destinati all'alimentazione di idranti e naspi antincendio. Nello specifico, detta rete andrà a costituire, per utilità e per riduzione degli impatti impiantistici, la protezione esterna degli edifici in questione e pertanto sarà costituita da una serie di idranti stradali UNI70 della tipologia sottosuolo o fuori terra. Tale protezione, secondo le previsioni di cui alla UNI 10799, si concretizzerà attraverso il posizionamento degli stessi ad una distanza dal fronte degli edifici compresa fra 6 e 10 metri e con protezione di un fronte degli edifici non superiore a 60 metri. In aggiunta a questa protezione, come introdotto, data la tipologia e l'estensione degli edifici presenti, si renderà necessario considerare una protezione interna aggiuntiva che si esplicherà sia attraverso la presenza di una rete di idranti UNI45 o naspi (UNI25) che attraverso la presenza di impianti automatici antincendio ad acqua nelle due possibili tipologie, sprinkler o acqua nebulizzata.

5.3 La rete antincendio compensoriale

Per quanto detto precedentemente, possono esseri ipotizzati due scenari differenti: il primo (**Scenario 1**) vedrà il proponente come gestore della rete idrica antincendio di compensorio, il quale garantirà l'affidabilità nel tempo e l'alimentazione dell'intero sistema, sia dal punto di vista degli impianti manuali interni che degli impianti di spegnimento; il secondo (**Scenario 2**) invece prevedrà il medesimo sistema ad anello, al quale ogni singolo utente si collegherà predisponendo a valle di ognuno degli allacciamenti specifiche e proprie riserve idriche collegate a sistemi di pressurizzazione antincendio dai quali si dirameranno le protezioni antincendio interne. In quest'ultima circostanza si potrà avere una sotto-configurazione secondo cui la rete di idranti interna sarà alimentata dalla rete di compensorio mentre l'impianto di spegnimento disporrà di una specifica riserva e gruppo di pompaggio dedicato. Anche in

questa configurazione nel caso in cui si decida di proteggere uno o più edifici ricorrendo all'impianto ad acqua nebulizzata la rete costituirà alimentazione della specifica riserva idrica necessaria al funzionamento del suddetto sistema.

Per quanto esposto, la rete idrica antincendio dovrà essere così definita:

- Due anelli distinti collegati fra di loro attraverso un bypass.
- Alimentazione di ogni singolo anello attraverso due gruppi antincendio (elettropompa, motopompa più pompa jockey) a sua volta ridondati ed in grado di alimentare per singolo gruppo il 100% della richiesta di portata e pressione in qualsiasi possibile circostanza.
- Dalla rete potranno essere staccati i collegamenti per l'alimentazione delle riserve idriche a servizio degli impianti ad acqua nebulizzata;

Si espongono di seguito gli interventi di ottimizzazione infrastrutturale apportati alla rete antincendio a partire dalla protezione esterna preesistente e a partire dalle osservazioni esposte precedentemente. Nello specifico in Figura 75 e Figura 76 è possibile visionare la rete al netto dei miglioramenti apportati e della predisposizione del bypass di collegamento tra i due rami dell'anello antincendio preesistente (tubazione in Gres 160 kN/mq, DN300, L= 0.5 m).

Per quanto riguarda le simulazioni effettuate, si precisa che nei calcoli non è stato considerato il nuovo Galeazzi. L'impianto antincendio previsto per il Nuovo Galeazzi infatti verrà alimentato direttamente da nuova fornitura idrica posta sul retro in via Belgioioso pertanto risulterà del tutto autonomo e non collegato a quanto presente attualmente in AREXPO. Nel dettaglio si comporrà di:

- vasca di accumulo interrata;
- centrale antincendio;
- sistema di spegnimento automatico a sprinkler per i parcheggi interrati;
- idranti soprassuolo UNI 70 per protezione esterna con relative cassette di contenimento per lance;
- impianto interno a punti concentrati con cassette da incasso UNI 45 per protezione interna.

Il nuovo impianto risulterà alimentato da un gruppo di spinta in grado di assicurare le prestazioni previste per il funzionamento contemporaneo di almeno 6 idranti UNI45 con portata unitaria di 120 litri/min a 2 bar di pressione residua; per la protezione esterna sarà rispettato quanto previsto dall'art. B.2.2.2 per reti di idranti a servizio di aree di livello 2.

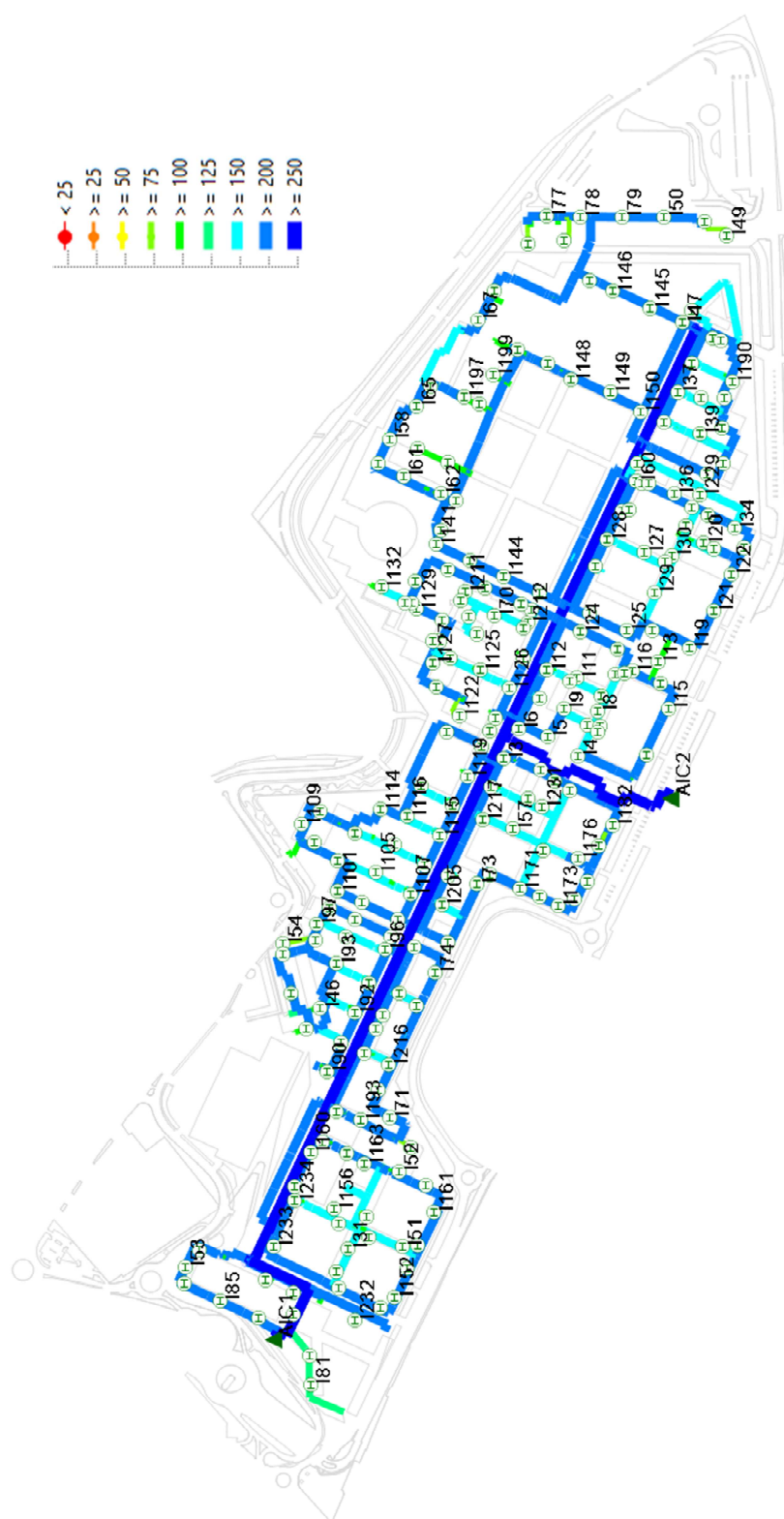


Figura 75 – Rete antincendio comprensoriale suddivisa per diametri nominali DN, al netto delle modifiche apportate.

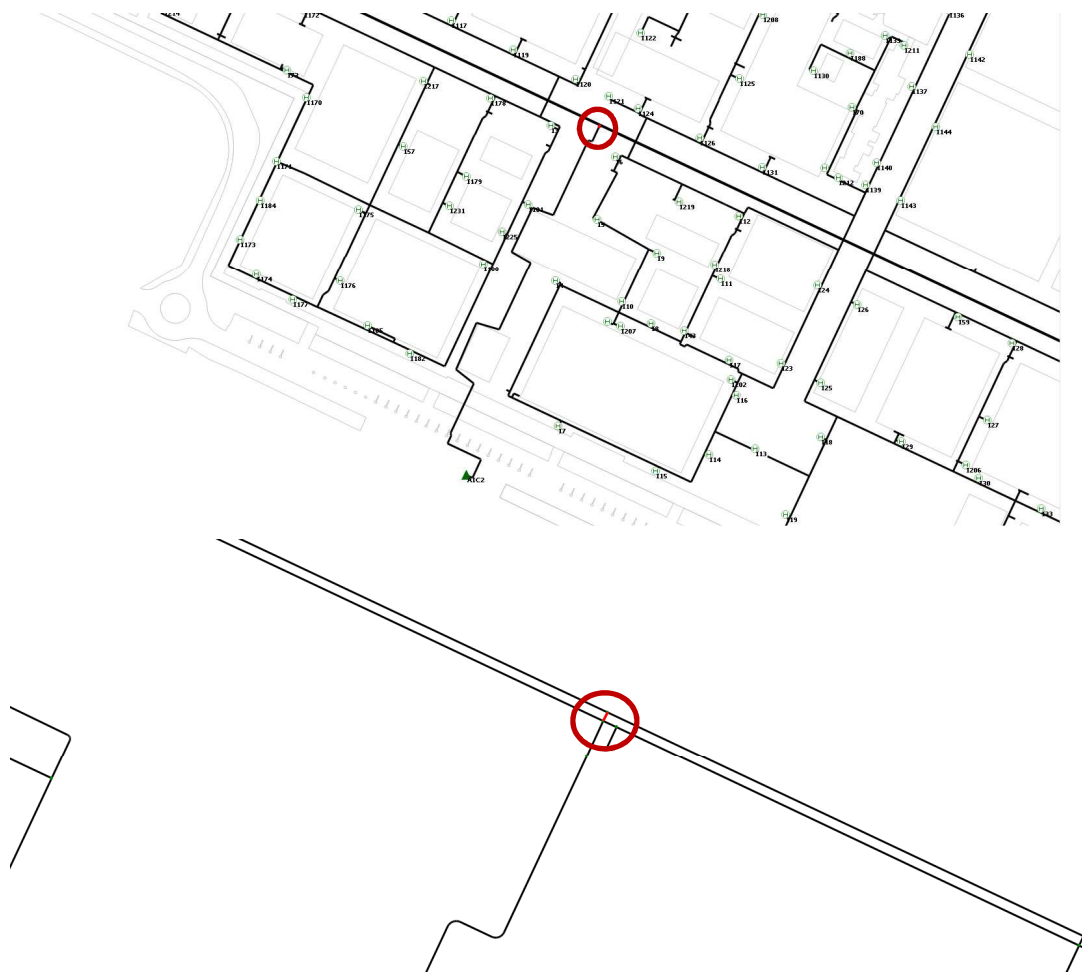


Figura 76 – Dettaglio bypass: tubazione DN300

In **Tabella 18** vengono invece riassunti i diametri al netto delle modifiche apportate.

Diametro commerciale [mm]	Nuova viabilità secondaria [m]	Nuovo Cardo/Decumano [m]
90	253	
110	169	32
125	119	
180	713	
225	939	290
315	133	
400		
Totale	2326	322

Tabella 18 – Diametri nominali DN riguardanti le tubazioni in PE100 PN16 soggette ad ottimizzazione.

Per quanto riguarda i due impianti di sollevamento preesistenti, denominati con le sigle AIC1 e AIC2, si è deciso di mantenere inalterati i sistemi elettromeccanici presenti e di agire esclusivamente sui volumi di accumulo delle due vasche appartenenti agli stessi, rispettivamente di 200 m³ di volume utile.

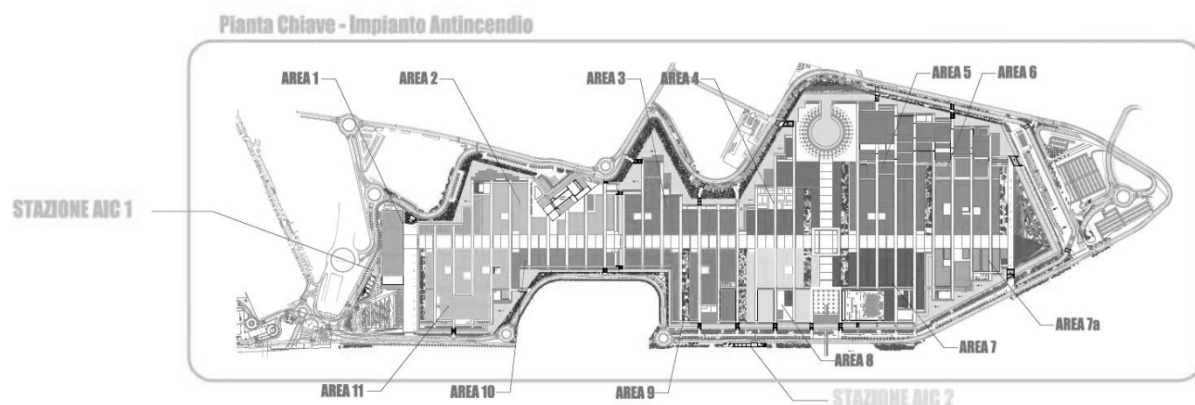


Figura 77 – Stazioni di sollevamento AIC1 e AIC2 nel prospetto antincendio preesistente.

Pertanto, le caratteristiche delle sei pompe appartenenti alle due stazioni che verranno successivamente considerate nella verifica antincendio della rete, saranno quelle riportate nelle tabelle sottostanti. I volumi utili saranno invece funzione del soddisfacimento delle condizioni al contorno imposte dalla norma UNI 10799 e conseguentemente varieranno al variare dello Scenario considerato.

Codice Pompa	Funzione	Portata Q [l/s]	Prevalenza statica res. [Kpa]
AI-PAI-001	Motopompa antincendio	52	850
AI-PAI-002	Motopompa antincendio	52	850
AI-PAI-003	Pompa pilota impianto antincendio	1.5	80

Tabella 19 – Gruppo antincendio stazione AIC1.

Codice Pompa	Funzione	Portata Q [l/s]	Prevalenza statica res. [Kpa]
AI-PAI-004	Motopompa antincendio	52	850
AI-PAI-005	Motopompa antincendio	52	850
AI-PAI-006	Pompa pilota impianto antincendio	1.5	80

Tabella 20 – Gruppo antincendio AIC2.

Di seguito si riporta a titolo di esempio lo schema idraulico e la sezione tipologica della stazione AIC1.

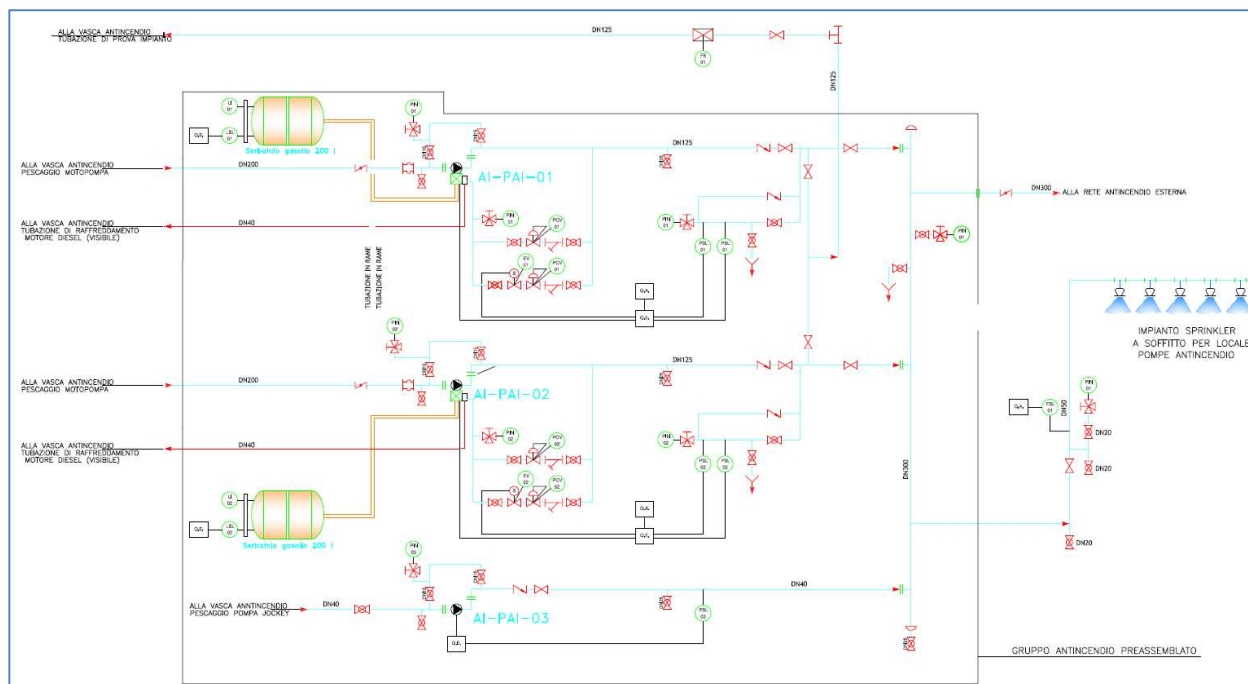


Figura 78 – schema stazione antincendio AIC1.

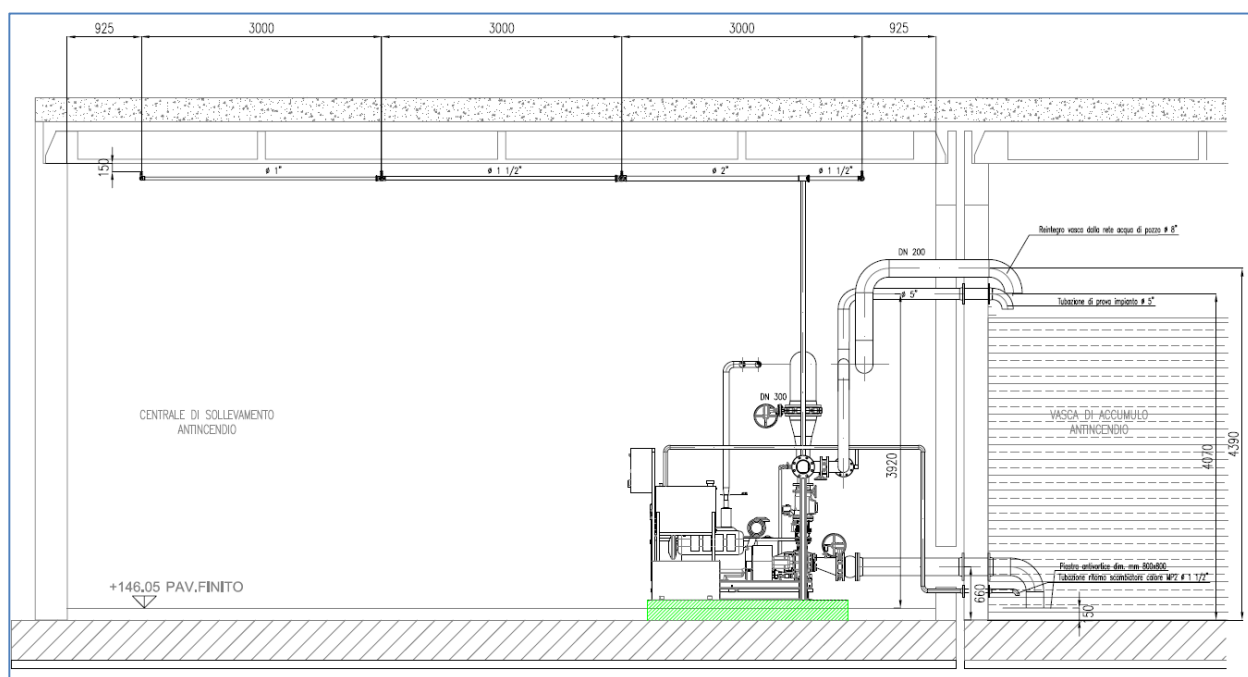


Figura 79 – schema stazione antincendio AIC1.

5.4 Analisi funzionale della rete a seguito dell'attuazione del PII

Per quanto esposto precedentemente, ai fini della verifica antincendio, risulta ovvio come la seconda configurazione (**Scenario 2**) sia meno gravosa rispetto alla prima, sia dal punto di vista idraulico che dal punto di vista economico. Ciò è dovuto sia al ridotto volume della riserva idrica complessiva, minimizzata dalla non contemporaneità degli eventi e dall'affidabilità e continuità di alimentazione in qualsiasi circostanza, sia ai minimi costi di manutenzione e gestione.

Lo **Scenario 1** infatti non potrà che tener conto di due riserve idriche antincendio dimensionate per il contemporaneo funzionamento della protezione esterna, interna e dell'impianto di spegnimento automatico. All'effetto di quest'ultimo, la cui condizione più gravosa è rappresentata dalla protezione di depositi della tipologia HHS con area operativa di 260 mq e densità di scarica 17.5 litri/min*mq, dovrà essere quindi sovrapposto quello contemporaneo derivante dal funzionamento sia della protezione esterna che della protezione interna per il livello III di prestazione secondo UNI10799, rispettivamente per durate di 120 minuti e di 90 minuti, come da calcoli seguenti:

$$Q_{sprinkler,max} = 17.5 \frac{l}{min\ mq} \cdot 260\ mq \cdot 90\ min = 409.5\ m^3$$

$$Q_{idranti,max} = 300 \frac{l}{min\ idrante} \cdot 6\ idranti\ (DN70) \cdot 120\ min + 120 \frac{l}{min\ idrante} \cdot 4\ idranti \cdot 120\ min = 273.6\ m^3$$

Pertanto, il valore della riserva idrica al netto del pozzetto di presa e della contemporaneità dei volumi precedentemente esposti, risulterà essere pari a:

Scenario	Capacità utile minima comprensoriale [m ³]
1	216 ÷ 273.6
2	409.5 + 273.6 = 683.1

Tabella 21 – Capacità minima comprensoriale per lo Scenario 1 e lo Scenario 2.

Per l'approvvigionamento dei serbatoi verrà mantenuta l'attuale schema che prevede la fornitura direttamente dalla rete di acqua emunta dai pozzi.

Tali valori rappresenteranno, insieme ai punti di lavoro delle due motopompe a carico base, la condizione al contorno del sistema antincendio di cui ci si propone di verificarne la conformità. Essendo lo Scenario 2 un sotto-caso dello Scenario 1, è chiaro come la verifica del primo (Scenario 2) sarà allo stesso tempo condizione sufficiente per la conformità dello Scenario 1. Per tale ragione di seguito ci si limiterà alla sola verifica della condizione più gravosa rappresentata, come già esposto, dalla prima configurazione (Scenario 1).

Una volta definite le condizioni al contorno, tale verifica consisterà nel rispetto delle pressioni minime in corrispondenza dello sbocco degli idranti e dei dispositivi di protezione interna, come da UNI 10799:

Apparecchi considerati contemporaneamente operativi			
Livello area di rischio	Protezione interna ^{3) 4)}	Protezione esterna ⁴⁾	Durata
1	2 idranti ¹⁾ con 120 l/min cadauno e pressione residua non minore di 0,2 MPa	Generalmente non prevista	≥30 min
	Oppure		
	4 naspi ¹⁾ con 35 l/min cadauno e pressione residua non minore di 0,2 MPa		
2	3 idranti ¹⁾ con 120 l/min cadauno e pressione residua non minore di 0,2 MPa	4 attacchi ¹⁾ DN 70 con 300 l/min cadauno e pressione residua non minore di 0,3 MPa	≥60 min
	Oppure		
	4 naspi ¹⁾ con 60 l/min cadauno e pressione residua non minore di 0,3 MPa		
3 ¹⁾	4 idranti ¹⁾ con 120 l/min cadauno e pressione residua non minore di 0,2 MPa	6 attacchi ^{1) 2)} DN 70 con 300 l/min cadauno e pressione residua non minore di 0,4 MPa	≥120 min
	Oppure		
	6 naspi ¹⁾ con 60 l/min cadauno e pressione residua non minore di 0,3 MPa		
<p>1) Oppure tutti gli apparecchi installati se inferiori al numero indicato.</p> <p>2) In presenza di impianti automatici di spegnimento il numero di bocche DN 70 può essere limitato a 4 e la durata a 90 min.</p> <p>3) Negli edifici a più piani, per compartimenti maggiori di 4 000 m², il numero di idranti o naspi contemporaneamente operativi deve essere doppio rispetto a quello indicato.</p> <p>4) Le prestazioni idrauliche richieste, si riferiscono a ciascun apparecchio in funzionamento contemporaneo con il numero di apparecchi previsti in tabella. Si deve considerare il contemporaneo funzionamento solo di una tipologia di protezione (interna o esterna).</p>			

Figura 80 – Tabella delle pressioni residue minime al variare del livello di rischio e del tipo di protezione secondo UNI 10799.

5.4.1 Il software Infoworks

La verifica idraulica precedentemente esposta è stata effettuata mediante il software di modellazione idraulica **Infoworks WS PRO**, ultima release del software prodotto dalla Innovyze, leader mondiale nel campo della modellazione numerica di acquedotti, fognatura e reti antincendio.

Tale software è uno strumento informatico completo e dotato di algoritmi di calcolo sofisticati, basati su ipotesi di analisi idrauliche verificate sia a livello teorico in sedi universitarie, sia in numerose applicazioni pratiche in tutto il mondo.

Il pacchetto utilizzato in questo caso simula il funzionamento idraulico di ogni singolo strumento di protezione esterna ed interna, a rotazione, calcolando non solo il rispetto della pressione residua e della portata effluente allo sbocco dell'apparecchio considerato, ma anche la distribuzione delle pressioni e delle portate nell'intera rete antincendio a seguito dell'attivazione del suddetto.

Inserite le condizioni al contorno note in termini di portata effluente e/o di pressione residua allo sbocco, attraverso la risoluzione iterativa delle equazioni che governano la fisica del problema (l'equazione di

bilancio di massa e di continuità dell'energia), il software è in grado di determinare le perdite di carico lungo tutte le tubazioni con differenti formule di resistenza. In questo caso le perdite di carico per attrito nelle tubazioni verranno calcolate mediante formula di Hazen-Williams:

$$p = \frac{6.05 Q^{1.85} 10^9}{C^{1.85} D^{4.87}}$$

dove:

- p è la perdita di carico unitaria, in millimetri di colonna d'acqua al metro di tubazione;
- Q è la portata, in litri al minuto;
- C è la costante dipendente dalla natura del tubo che deve essere assunta uguale a:
100 per tutte le tubazioni presenti, a favore di sicurezza.
- D è il diametro interno medio della tubazione, in millimetri.

Per quanto riguarda invece la portata effluente degli idranti/naspi attivati a rotazione, così come la pressione al punto di attacco, esse saranno univocamente definite dall'espressione:

$$Q = A C_q \sqrt{2g P}$$

dove:

- A è la sezione di apertura rispetto al diametro dell'idrante considerato: in questo caso pari al 100 %;
- g è l'accelerazione gravitazionale (9.81 m/s²);
- P è la pressione allo sbocco dell'idrante;
- C_q è il coefficiente di efflusso.

quest'ultimo definito come:

$$C_q = \frac{1}{\sqrt{1+f}}$$

dove:

- f è il coefficiente di perdita di carico localizzata ($f=1.5$)

Il processo di simulazione sarà istantaneo e si avvarrà dei criteri modellistici riportati di seguito.

5.4.2 Modellazione antincendio

Per quanto esposto precedentemente, data la necessità di dover sovrapporre gli effetti della protezione esterna simultaneamente alla protezione interna, come definito nel paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, si renderà indispensabile procedere secondo i seguenti punti:

- **Simulazione 1:** simulazione dell'apertura di ciascun idrante esterno del tipo UNI70 a rotazione, verifica che tutte le pressioni residue siano $P \geq 0.4 \text{ MPa} \cong 41 \text{ m}$ e che le portate effluenti siano $Q \geq 5 \text{ l/s}$ e successiva identificazione dei sei idranti più sfavorevoli, ovvero degli idranti con minore pressione residua disponibile.
- **Simulazione 2:** simulazione dell'apertura di ciascuna protezione interna di tipo UNI45 o naspo (UNI25), modellata come un idrante installato ad una quota dal p.c. pari a 20 m a partire da ciascun punto di allaccio, verifica che tutte le pressioni residue siano $P \geq 0.2 \text{ MPa} \cong 20 \text{ m}$ e che le portate effluenti siano $Q \geq 8 \text{ l/s}$ e successiva identificazione dei quattro idranti più sfavorevoli, ovvero dei dispositivi con minore pressione residua disponibile.
- **Simulazione 3:** simulazione dell'apertura di ciascun deposito di protezione della tipologia HHS con area operativa di 260 mq e densità di scarica 17.5 litri/min*mq, ipotizzati installati ad un'altezza dal p.c. pari a 10 m, in corrispondenza dei punti ad uso terziario individuati nell'area MIND, come da *Figura 82*
- **Simulazione 4:** Al fine di simulare la contemporaneità degli effetti specificati al punto 1, al punto 2 e al punto 3, si procederà imponendo una portata di efflusso pari a $Q = 5 \frac{\text{l}}{\text{s}}$ per i sei idranti peggiori individuati al punto 1 ed una portata $Q = 8 \frac{\text{l}}{\text{s}}$ per i quattro idranti peggiori individuati al punto 2. La condizione di verifica non solo sarà rappresentata dal rispetto delle pressioni minime definite ai punti precedenti in corrispondenza degli idranti più sfavorevoli, ma anche dal rispetto delle pressioni residue $P \geq 0.2 \text{ MPa} \cong 20 \text{ m}$ e delle portate effluenti $Q \geq 75.83 \text{ l/s}$, in corrispondenza della protezione di tipo sprinkler più sfavorita trovata al punto precedente.

5.4.3 Simulazioni

Si espongono di seguito i risultati ottenuti, procedendo consequenzialmente secondo i punti definiti fino ad arrivare al punto 4, rappresentante la condizione più gravosa per la rete antincendio, data la sovrapposizione di tutti gli effetti. Nello specifico, verranno presentati non solo i risultati tabulari relativi a ciascun idrante attivo, ma anche i grafici della distribuzione delle pressioni in tutta la rete comprensoriale.

Node	Min Portata Antincendio Richiesta (l/s)	Press. Residua con Min Portata Antincendio (m)	Pressione Minima Residua Desiderata (m)	Press. Residua con Portata Antincendio Disponib. (m)	Q Antincendio Disponibile (l/s)	Press. Residua con Max Portata Antincendio (m)	Press. Residua con Idrante Aperto (m)	Portata Idrante Aperto (l/s)	Pressione Pre- Test (m)
H47	5	92.68	41	40.98	48.99	91.16	26.8	55.81	93.46
H72	5	92.79	41	41.01	52.9	91.51	30.01	59.05	93.46
H51	5	92.81	41	41	54.18	91.57	30.66	59.68	93.46
H119	5	92.88	41	41.01	57.45	91.78	33.1	62.02	93.46
H184	5	92.98	41	41.04	63.5	92.07	37.35	65.88	93.46
H73	5	92.99	41	41.04	64.65	92.12	38.14	66.57	93.46
H118	5	93.07	41	42.23	70.05	92.33	42.23	70.05	93.46
H159	5	93.11	41	45.39	72.62	92.47	45.39	72.62	93.46
H178	5	93.12	41	45.52	72.72	92.48	45.52	72.72	93.46
H78	5	93.14	41	46.95	73.86	92.53	46.95	73.86	93.46
H180	5	93.22	41	54.3	79.43	92.78	54.3	79.43	93.46
H153	5	93.24	41	56.49	81.02	92.84	56.49	81.02	93.46
H216	5	93.24	41	56.09	80.73	92.83	56.09	80.73	93.46
H11	5	93.25	41	56.86	81.28	92.85	56.86	81.28	93.46
H154	5	93.26	41	57.86	81.99	92.88	57.86	81.99	93.46
H176	5	93.26	41	58.67	82.56	92.9	58.67	82.56	93.46
H210	5	93.26	41	58.58	82.5	92.9	58.58	82.5	93.46
H79	5	93.26	41	58.71	82.6	92.9	58.71	82.6	93.46
H162	5	93.28	41	60.89	84.11	92.95	60.89	84.11	93.46
H85	5	93.28	41	60.56	83.89	92.94	60.56	83.89	93.46
H86	5	93.28	41	61.25	84.36	92.96	61.25	84.36	93.46
H213	5	93.29	41	61.35	84.43	92.96	61.35	84.43	93.46
H127	5	93.3	41	63.57	85.95	93.01	63.57	85.95	93.46
H7	5	93.3	41	63.45	85.87	93.01	63.45	85.87	93.46
H131	5	93.31	41	64.14	86.33	93.03	64.14	86.33	93.46
H105	5	93.32	41	65.45	87.21	93.05	65.45	87.21	93.46
H130	5	93.32	41	65.34	87.14	93.05	65.34	87.14	93.46
H188	5	93.32	41	65.36	87.15	93.05	65.36	87.15	93.46
H109	5	93.33	41	68.03	88.91	93.1	68.03	88.91	93.46
H122	5	93.33	41	67.36	88.47	93.09	67.36	88.47	93.46
H172	5	93.33	41	67.37	88.48	93.09	67.37	88.48	93.46
H181	5	93.33	41	67.63	88.65	93.1	67.63	88.65	93.46
H240	5	93.33	41	68.01	88.89	93.11	68.01	88.89	93.46
H37	5	93.33	41	67.95	88.86	93.1	67.95	88.86	93.46
H44	5	93.33	41	67.22	88.38	93.09	67.22	88.38	93.46
H58	5	93.33	41	67.88	88.81	93.1	67.88	88.81	93.46
H9	5	93.33	41	68.1	88.95	93.11	68.1	88.95	93.46
H102	5	93.34	41	68.27	89.07	93.11	68.27	89.07	93.46

Node	Min Portata Antincendio Richiesta (l/s)	Press. Residua con Min Portata Antincendio (m)	Pressione Minima Residua Desiderata (m)	Press. Residua con Portata Antincendio Disponib. (m)	Q Antincendio Disponibile (l/s)	Press. Residua con Max Portata Antincendio (m)	Press. Residua con Idrante Aperto (m)	Portata Idrante Aperto (l/s)	Pressione Pre- Test (m)
H113	5	93.34	41	69.11	89.61	93.13	69.11	89.61	93.46
H115	5	93.34	41	69.46	89.84	93.13	69.46	89.84	93.46
H124	5	93.34	41	68.46	89.19	93.11	68.46	89.19	93.46
H129	5	93.34	41	68.66	89.32	93.12	68.66	89.32	93.46
H18	5	93.34	41	68.62	89.29	93.12	68.62	89.29	93.46
H25	5	93.34	41	68.81	89.41	93.12	68.81	89.41	93.46
H34	5	93.34	41	69.32	89.75	93.13	69.32	89.75	93.46
H43	5	93.34	41	68.96	89.51	93.12	68.96	89.51	93.46
H59	5	93.34	41	68.43	89.17	93.11	68.43	89.17	93.46
H77	5	93.34	41	68.75	89.38	93.12	68.75	89.38	93.46
H155	5	93.35	41	70.77	90.68	93.16	70.77	90.68	93.46
H90	5	93.35	41	69.88	90.11	93.14	69.88	90.11	93.46
H95	5	93.35	41	70.7	90.64	93.16	70.7	90.64	93.46
H135	5	93.36	41	72.91	92.04	93.2	72.91	92.04	93.46
H146	5	93.36	41	72.21	91.6	93.18	72.21	91.6	93.46
H168	5	93.36	41	72.63	91.87	93.19	72.63	91.87	93.46
H183	5	93.36	41	71.58	91.2	93.17	71.58	91.2	93.46
H185	5	93.36	41	72.28	91.64	93.19	72.28	91.64	93.46
H197	5	93.36	41	71.83	91.36	93.18	71.83	91.36	93.46
H2	5	93.36	41	72.85	92.01	93.19	72.85	92.01	93.46
H214	5	93.36	41	71.49	91.14	93.17	71.49	91.14	93.46
H220	5	93.36	41	72.19	91.58	93.18	72.19	91.58	93.46
H228	5	93.36	41	71.55	91.18	93.17	71.55	91.18	93.46
H236	5	93.36	41	71.31	91.02	93.17	71.31	91.02	93.46
H239	5	93.36	41	72.72	91.92	93.19	72.72	91.92	93.46
H27	5	93.36	41	72.83	91.99	93.19	72.83	91.99	93.46
H60	5	93.36	41	72.37	91.7	93.19	72.37	91.7	93.46
H66	5	93.36	41	72.04	91.49	93.18	72.04	91.49	93.46
H106	5	93.37	41	73.94	92.69	93.21	73.94	92.69	93.46
H13	5	93.37	41	73.99	92.72	93.21	73.99	92.72	93.46
H174	5	93.37	41	74.54	93.07	93.22	74.54	93.07	93.46
H219	5	93.37	41	73.75	92.57	93.21	73.75	92.57	93.46
H223	5	93.37	41	73.92	92.68	93.21	73.92	92.68	93.46
H226	5	93.37	41	73.97	92.71	93.21	73.97	92.71	93.46
H23	5	93.37	41	73	92.1	93.2	73	92.1	93.46
H230	5	93.37	41	74.68	93.15	93.23	74.68	93.15	93.46
H24	5	93.37	41	73.78	92.59	93.21	73.78	92.59	93.46
H5	5	93.37	41	73.08	92.15	93.2	73.08	92.15	93.46

Node	Min Portata Antincendio Richiesta (l/s)	Press. Residua con Min Portata Antincendio (m)	Pressione Minima Residua Desiderata (m)	Press. Residua con Portata Antincendio Disponib. (m)	Q Antincendio Disponibile (l/s)	Press. Residua con Max Portata Antincendio (m)	Press. Residua con Idrante Aperto (m)	Portata Idrante Aperto (l/s)	Pressione Pre-Test (m)
H67	5	93.37	41	72.99	92.09	93.2	72.99	92.09	93.46
H70	5	93.37	41	74.15	92.82	93.22	74.15	92.82	93.46
H107	5	93.38	41	75.68	93.77	93.24	75.68	93.77	93.46
H12	5	93.38	41	75.96	93.95	93.25	75.96	93.95	93.46
H152	5	93.38	41	75.71	93.79	93.24	75.71	93.79	93.46
H16	5	93.38	41	75.4	93.6	93.24	75.4	93.6	93.46
H160	5	93.38	41	74.83	93.25	93.23	74.83	93.25	93.46
H169	5	93.38	41	74.76	93.2	93.23	74.76	93.2	93.46
H187	5	93.38	41	76.34	94.18	93.25	76.34	94.18	93.46
H194	5	93.38	41	76.18	94.08	93.25	76.18	94.08	93.46
H217	5	93.38	41	75.45	93.63	93.24	75.45	93.63	93.46
H222	5	93.38	41	75.47	93.64	93.24	75.47	93.64	93.46
H227	5	93.38	41	75.48	93.65	93.24	75.48	93.65	93.46
H246	5	93.38	41	74.82	93.24	93.23	74.82	93.24	93.46
H247	5	93.38	41	75.61	93.73	93.24	75.61	93.73	93.46
H28	5	93.38	41	76.44	94.24	93.25	76.44	94.24	93.46
H48	5	93.38	41	75.35	93.57	93.24	75.35	93.57	93.46
H49	5	93.38	41	75.05	93.39	93.23	75.05	93.39	93.46
H54	5	93.38	41	74.9	93.29	93.23	74.9	93.29	93.46
H71	5	93.38	41	75.37	93.58	93.24	75.37	93.58	93.46
H74	5	93.38	41	75.92	93.92	93.25	75.92	93.92	93.46
H76	5	93.38	41	76.48	94.27	93.25	76.48	94.27	93.46
H83	5	93.38	41	75.62	93.74	93.24	75.62	93.74	93.46
H120	5	93.39	41	76.63	94.36	93.26	76.63	94.36	93.46
H132	5	93.39	41	76.55	94.31	93.26	76.55	94.31	93.46
H14	5	93.39	41	77.63	94.97	93.27	77.63	94.97	93.46
H145	5	93.39	41	77.96	95.17	93.28	77.96	95.17	93.46
H148	5	93.39	41	77.2	94.71	93.27	77.2	94.71	93.46
H149	5	93.39	41	77.37	94.81	93.27	77.37	94.81	93.46
H15	5	93.39	41	78.02	95.21	93.28	78.02	95.21	93.46
H17	5	93.39	41	76.67	94.39	93.26	76.67	94.39	93.46
H179	5	93.39	41	77.08	94.64	93.26	77.08	94.64	93.46
H193	5	93.39	41	77.72	95.03	93.27	77.72	95.03	93.46
H212	5	93.39	41	77.36	94.81	93.27	77.36	94.81	93.46
H229	5	93.39	41	77.89	95.13	93.28	77.89	95.13	93.46
H241	5	93.39	41	76.68	94.39	93.26	76.68	94.39	93.46
H248	5	93.39	41	77.18	94.7	93.27	77.18	94.7	93.46
H55	5	93.39	41	76.92	94.54	93.26	76.92	94.54	93.46

Node	Min Portata Antincendio Richiesta (l/s)	Press. Residua con Min Portata Antincendio (m)	Pressione Minima Residua Desiderata (m)	Press. Residua con Portata Antincendio Disponib. (m)	Q Antincendio Disponibile (l/s)	Press. Residua con Max Portata Antincendio (m)	Press. Residua con Idrante Aperto (m)	Portata Idrante Aperto (l/s)	Pressione Pre-Test (m)
H56	5	93.39	41	78.2	95.32	93.28	78.2	95.32	93.46
H6	5	93.39	41	77.29	94.76	93.27	77.29	94.76	93.46
H62	5	93.39	41	78.3	95.38	93.28	78.3	95.38	93.46
H63	5	93.39	41	76.67	94.38	93.26	76.67	94.38	93.46
H64	5	93.39	41	77.01	94.59	93.26	77.01	94.59	93.46
H75	5	93.39	41	77.77	95.06	93.27	77.77	95.06	93.46
H84	5	93.39	41	77.15	94.68	93.26	77.15	94.68	93.46
H93	5	93.39	41	77.23	94.73	93.27	77.23	94.73	93.46
H117	5	93.4	41	79.77	96.28	93.3	79.77	96.28	93.46
H151	5	93.4	41	79.54	96.13	93.3	79.54	96.13	93.46
H156	5	93.4	41	79.11	95.88	93.29	79.11	95.88	93.46
H161	5	93.4	41	79.98	96.4	93.31	79.98	96.4	93.46
H167	5	93.4	41	80.2	96.53	93.31	80.2	96.53	93.46
H170	5	93.4	41	80.01	96.42	93.31	80.01	96.42	93.46
H173	5	93.4	41	78.94	95.77	93.29	78.94	95.77	93.46
H175	5	93.4	41	79.98	96.4	93.31	79.98	96.4	93.46
H192	5	93.4	41	79.36	96.03	93.3	79.36	96.03	93.46
H200	5	93.4	41	78.97	95.79	93.29	78.97	95.79	93.46
H204	5	93.4	41	80.4	96.66	93.31	80.4	96.66	93.46
H221	5	93.4	41	79.2	95.93	93.3	79.2	95.93	93.46
H225	5	93.4	41	79.92	96.36	93.31	79.92	96.36	93.46
H235	5	93.4	41	80.37	96.64	93.31	80.37	96.64	93.46
H244	5	93.4	41	79.72	96.24	93.3	79.72	96.24	93.46
H245	5	93.4	41	79.66	96.21	93.3	79.66	96.21	93.46
H29	5	93.4	41	78.53	95.52	93.29	78.53	95.52	93.46
H31	5	93.4	41	78.79	95.68	93.29	78.79	95.68	93.46
H4	5	93.4	41	79.32	96	93.3	79.32	96	93.46
H42	5	93.4	41	80.35	96.63	93.31	80.35	96.63	93.46
H61	5	93.4	41	78.61	95.57	93.29	78.61	95.57	93.46
H65	5	93.4	41	78.95	95.78	93.29	78.95	95.78	93.46
H69	5	93.4	41	79.91	96.36	93.31	79.91	96.36	93.46
H8	5	93.4	41	80.41	96.66	93.31	80.41	96.66	93.46
H80	5	93.4	41	78.62	95.58	93.29	78.62	95.58	93.46
H81	5	93.4	41	80.21	96.54	93.31	80.21	96.54	93.46
H82	5	93.4	41	80.06	96.45	93.31	80.06	96.45	93.46
H1	5	93.41	41	82.44	97.87	93.32	82.44	97.87	93.46
H10	5	93.41	41	80.47	96.7	93.31	80.47	96.7	93.46
H100	5	93.41	41	80.55	96.74	93.31	80.55	96.74	93.46

Node	Min Portata Antincendio Richiesta (l/s)	Press. Residua con Min Portata Antincendio (m)	Pressione Minima Residua Desiderata (m)	Press. Residua con Portata Antincendio Disponib. (m)	Q Antincendio Disponibile (l/s)	Press. Residua con Max Portata Antincendio (m)	Press. Residua con Idrante Aperto (m)	Portata Idrante Aperto (l/s)	Pressione Pre-Test (m)
H108	5	93.41	41	82.46	97.89	93.32	82.46	97.89	93.46
H112	5	93.41	41	82.39	97.84	93.32	82.39	97.84	93.46
H114	5	93.41	41	82.4	97.85	93.32	82.4	97.85	93.46
H116	5	93.41	41	82.24	97.75	93.32	82.24	97.75	93.46
H121	5	93.41	41	81.59	97.37	93.33	81.59	97.37	93.46
H123	5	93.41	41	82.18	97.72	93.32	82.18	97.72	93.46
H128	5	93.41	41	81.82	97.5	93.33	81.82	97.5	93.46
H133	5	93.41	41	82.22	97.74	93.32	82.22	97.74	93.46
H134	5	93.41	41	81.83	97.51	93.33	81.83	97.51	93.46
H139	5	93.41	41	81.67	97.41	93.33	81.67	97.41	93.46
H141	5	93.41	41	82.45	97.88	93.32	82.45	97.88	93.46
H143	5	93.41	41	81.36	97.23	93.33	81.36	97.23	93.46
H147	5	93.41	41	82.07	97.65	93.32	82.07	97.65	93.46
H150	5	93.41	41	81.99	97.61	93.31	81.99	97.61	93.46
H165	5	93.41	41	81.25	97.16	93.32	81.25	97.16	93.46
H182	5	93.41	41	81.42	97.26	93.33	81.42	97.26	93.46
H19	5	93.41	41	81.43	97.27	93.33	81.43	97.27	93.46
H190	5	93.41	41	81.14	97.09	93.32	81.14	97.09	93.46
H195	5	93.41	41	80.86	96.93	93.32	80.86	96.93	93.46
H196	5	93.41	41	82.41	97.86	93.32	82.41	97.86	93.46
H20	5	93.41	41	81.22	97.15	93.32	81.22	97.15	93.46
H215	5	93.41	41	81.09	97.06	93.32	81.09	97.06	93.46
H22	5	93.41	41	81.51	97.32	93.33	81.51	97.32	93.46
H231	5	93.41	41	81.72	97.45	93.33	81.72	97.45	93.46
H232	5	93.41	41	81.85	97.52	93.33	81.85	97.52	93.46
H233	5	93.41	41	80.85	96.92	93.32	80.85	96.92	93.46
H234	5	93.41	41	81	97.01	93.32	81	97.01	93.46
H26	5	93.41	41	81.99	97.6	93.31	81.99	97.6	93.46
H30	5	93.41	41	81.52	97.32	93.33	81.52	97.32	93.46
H35	5	93.41	41	81.02	97.03	93.32	81.02	97.03	93.46
H36	5	93.41	41	81.46	97.29	93.33	81.46	97.29	93.46
H40	5	93.41	41	81.86	97.53	93.33	81.86	97.53	93.46
H57	5	93.41	41	82.18	97.72	93.32	82.18	97.72	93.46
H88	5	93.41	41	82.07	97.65	93.32	82.07	97.65	93.46
H94	5	93.41	41	80.86	96.93	93.32	80.86	96.93	93.46
H98	5	93.41	41	82.07	97.65	93.32	82.07	97.65	93.46
H101	5	93.42	41	82.61	97.97	93.33	82.61	97.97	93.46
H104	5	93.42	41	82.55	97.94	93.33	82.55	97.94	93.46

Node	Min Portata Antincendio Richiesta (l/s)	Press. Residua con Min Portata Antincendio (m)	Pressione Minima Residua Desiderata (m)	Press. Residua con Portata Antincendio Disponib. (m)	Q Antincendio Disponibile (l/s)	Press. Residua con Max Portata Antincendio (m)	Press. Residua con Idrante Aperto (m)	Portata Idrante Aperto (l/s)	Pressione Pre-Test (m)
H110	5	93.42	41	84.53	99.1	93.36	84.53	99.1	93.46
H125	5	93.42	41	83.24	98.35	93.34	83.24	98.35	93.46
H126	5	93.42	41	84.4	99.03	93.36	84.4	99.03	93.46
H136	5	93.42	41	83.17	98.3	93.34	83.17	98.3	93.46
H137	5	93.42	41	83.38	98.43	93.34	83.38	98.43	93.46
H140	5	93.42	41	82.94	98.17	93.33	82.94	98.17	93.46
H142	5	93.42	41	83.22	98.33	93.34	83.22	98.33	93.46
H144	5	93.42	41	83.29	98.38	93.34	83.29	98.38	93.46
H157	5	93.42	41	83.7	98.62	93.35	83.7	98.62	93.46
H158	5	93.42	41	82.98	98.19	93.33	82.98	98.19	93.46
H171	5	93.42	41	82.6	97.97	93.33	82.6	97.97	93.46
H186	5	93.42	41	84.12	98.87	93.35	84.12	98.87	93.46
H203	5	93.42	41	82.72	98.04	93.33	82.72	98.04	93.46
H206	5	93.42	41	82.79	98.08	93.33	82.79	98.08	93.46
H208	5	93.42	41	83.25	98.35	93.34	83.25	98.35	93.46
H209	5	93.42	41	84.68	99.19	93.36	84.68	99.19	93.46
H218	5	93.42	41	82.9	98.15	93.33	82.9	98.15	93.46
H224	5	93.42	41	84.69	99.2	93.36	84.69	99.2	93.46
H238	5	93.42	41	84.28	98.96	93.36	84.28	98.96	93.46
H32	5	93.42	41	84.02	98.81	93.35	84.02	98.81	93.46
H33	5	93.42	41	82.93	98.16	93.33	82.93	98.16	93.46
H38	5	93.42	41	82.97	98.18	93.33	82.97	98.18	93.46
H41	5	93.42	41	82.74	98.05	93.33	82.74	98.05	93.46
H45	5	93.42	41	83.17	98.31	93.34	83.17	98.31	93.46
H46	5	93.42	41	82.65	98	93.33	82.65	98	93.46
H52	5	93.42	41	82.84	98.11	93.33	82.84	98.11	93.46
H53	5	93.42	41	84.38	99.02	93.36	84.38	99.02	93.46
H87	5	93.42	41	84.72	99.22	93.37	84.72	99.22	93.46
H89	5	93.42	41	83.97	98.78	93.35	83.97	98.78	93.46
H91	5	93.42	41	84	98.79	93.35	84	98.79	93.46
H92	5	93.42	41	84	98.79	93.35	84	98.79	93.46
H138	5	93.43	41	85.05	99.41	93.37	85.05	99.41	93.46
H177	5	93.43	41	85.24	99.52	93.37	85.24	99.52	93.46
H191	5	93.43	41	84.94	99.35	93.37	84.94	99.35	93.46
H198	5	93.43	41	84.84	99.28	93.37	84.84	99.28	93.46
H201	5	93.43	41	85.77	99.83	93.38	85.77	99.83	93.46
H202	5	93.43	41	85.19	99.49	93.37	85.19	99.49	93.46
H205	5	93.43	41	86.05	99.99	93.39	86.05	99.99	93.46

Node	Min Portata Antincendio Richiesta (l/s)	Press. Residua con Min Portata Antincendio (m)	Pressione Minima Residua Desiderata (m)	Press. Residua con Portata Antincendio Disponib. (m)	Q Antincendio Disponibile (l/s)	Press. Residua con Max Portata Antincendio (m)	Press. Residua con Idrante Aperto (m)	Portata Idrante Aperto (l/s)	Pressione Pre-Test (m)
H207	5	93.43	41	85.53	99.69	93.38	85.53	99.69	93.46
H21	5	93.43	41	85.01	99.39	93.37	85.01	99.39	93.46
H237	5	93.43	41	85.74	99.81	93.38	85.74	99.81	93.46
H242	5	93.43	41	85.57	99.71	93.38	85.57	99.71	93.46
H39	5	93.43	41	85.45	99.64	93.38	85.45	99.64	93.46
H50	5	93.43	41	85.66	99.76	93.38	85.66	99.76	93.46
H96	5	93.43	41	86.58	100.3	93.39	86.58	100.3	93.46
H103	5	93.44	41	87.9	101.06	93.41	87.9	101.06	93.46
H111	5	93.44	41	87.11	100.61	93.4	87.11	100.61	93.46
H163	5	93.44	41	87.91	101.06	93.41	87.91	101.06	93.46
H164	5	93.44	41	87.92	101.07	93.41	87.92	101.07	93.46
H166	5	93.44	41	87.66	100.92	93.41	87.66	100.92	93.46
H189	5	93.44	41	87.16	100.63	93.4	87.16	100.63	93.46
H199	5	93.44	41	87.9	101.06	93.41	87.9	101.06	93.46
H211	5	93.44	41	87.55	100.86	93.41	87.55	100.86	93.46
H243	5	93.44	41	87.56	100.86	93.41	87.56	100.86	93.46
H3	5	93.44	41	87.15	100.63	93.4	87.15	100.63	93.46
H68	5	93.44	41	87.79	101	93.41	87.79	101	93.46
H97	5	93.44	41	88.6	101.46	93.42	88.6	101.46	93.46
H99	5	93.44	41	88.24	101.25	93.41	88.24	101.25	93.46

Tabella 22 – Risultati della simulazione riordinati per ordine crescente di pressioni residue (Q=5 l/s).

Dalla tabella precedente si può osservare come tutti gli idranti presenti nella rete presentata precedentemente siano conformi alla verifica tale per cui $P \geq 0.4 \text{ MPa} \cong 41 \text{ m}$ per portate effluenti di $Q \geq 5 \text{ l/s}$. Nello specifico, sotto queste condizioni, i sei idranti caratterizzati dalla pressione residua minima risultano essere rispettivamente: H47, H72, H51, H119, H184 e H73. Le localizzazioni geo-spaziali degli stessi possono essere visionate in *Figura 81*.

5.4.3.2 Simulazione 2

In questa seconda simulazione si è assunta l'ipotesi che la geolocalizzazione degli idranti esterni coincida con quella degli interni, a patto di una modifica dell'altezza di installazione dal p.c. (20 m). Concordemente a quanto trovato nella prima simulazione, per le condizioni al contorno $P \geq 0.2 \text{ MPa} \cong 20 \text{ m}$ e $Q \geq 8 \text{ l/s}$, i quattro idranti più sfavoriti risultano essere quelli riscontrati precedentemente: H47, H72, H51 e H119.

Anche in questo caso tutti gli idranti della rete possono essere considerati conformi essendo caratterizzati da una pressione residua sempre superiore a 20 m. Data la corrispondenza dei primi quattro idranti tra la simulazione 1 e la simulazione 2, al fine di procedere con la successiva simulazione e con la sovrapposizione degli effetti, si procederà di seguito introducendo quattro ulteriori idranti che avranno come nomenclatura H47b, H72b, H51b e H119b e che andranno a rappresentare i suddetti idranti interni.

Node	Min Portata Antincendio Richiesta (l/s)	Press. Residua con Min Portata Antincendio (m)	Pressione Minima Residua Desiderata (m)	Press. Residua con Portata Antincendio Disponib. (m)	Q Antincendio Disponibile (l/s)	Press. Residua con Max Portata Antincendio (m)	Press. Residua con Idrante Aperto (m)	Portata Idrante Aperto (l/s)	Pressione Pre-Test (m)
H47	8	71.63	20	20.79	49.14	64.23	20.79	49.14	73.46
H72	8	71.89	20	23.29	52.02	65.6	23.29	52.02	73.46
H51	8	71.95	20	23.79	52.58	65.24	23.79	52.58	73.46
H119	8	72.11	20	25.7	54.65	66.15	25.7	54.65	73.46
H184	8	72.33	20	29.03	58.08	67.46	29.03	58.08	73.46
H73	8	72.37	20	29.65	58.69	67.67	29.65	58.69	73.46
H118	8	72.54	20	32.86	61.79	68.63	32.86	61.79	73.46
H159	8	72.65	20	35.34	64.08	69.25	35.34	64.08	73.46
H178	8	72.66	20	35.44	64.17	69.28	35.44	64.17	73.46
H78	8	72.7	20	36.57	65.18	69.53	36.57	65.18	73.46
H180	8	72.9	20	42.35	70.15	70.62	42.35	70.15	73.46
H216	8	72.94	20	43.76	71.31	70.84	43.76	71.31	73.46
H153	8	72.95	20	44.08	71.57	70.89	44.08	71.57	73.46
H11	8	72.96	20	44.37	71.8	70.93	44.37	71.8	73.46
H154	8	72.98	20	45.16	72.44	71.04	45.16	72.44	73.46
H176	8	73	20	45.8	72.95	71.13	45.8	72.95	73.46
H210	8	73	20	45.73	72.89	71.12	45.73	72.89	73.46
H79	8	73	20	45.83	72.98	71.14	45.83	72.98	73.46
H162	8	73.04	20	47.55	74.33	71.36	47.55	74.33	73.46
H85	8	73.04	20	47.29	74.13	71.33	47.29	74.13	73.46
H213	8	73.05	20	47.92	74.62	71.41	47.92	74.62	73.46
H86	8	73.05	20	47.84	74.55	71.4	47.84	74.55	73.46
H127	8	73.09	20	49.68	75.97	71.62	49.68	75.97	73.46
H7	8	73.09	20	49.57	75.89	71.61	49.57	75.89	73.46
H131	8	73.1	20	50.13	76.32	71.68	50.13	76.32	73.46

Node	Min Portata Antincendio Richiesta (l/s)	Press. Residua con Min Portata Antincendio (m)	Pressione Minima Residua Desiderata (m)	Press. Residua con Portata Antincendio Disponib. (m)	Q Antincendio Disponibile (l/s)	Press. Residua con Max Portata Antincendio (m)	Press. Residua con Idrante Aperto (m)	Portata Idrante Aperto (l/s)	Pressione Pre-Test (m)
H105	8	73.12	20	51.16	77.1	71.79	51.16	77.1	73.46
H130	8	73.12	20	51.08	77.04	71.78	51.08	77.04	73.46
H188	8	73.12	20	51.12	77.07	71.78	51.12	77.07	73.46
H44	8	73.15	20	52.57	78.15	71.94	52.57	78.15	73.46
H109	8	73.16	20	53.15	78.59	72	53.15	78.59	73.46
H122	8	73.16	20	52.66	78.23	71.95	52.66	78.23	73.46
H172	8	73.16	20	52.72	78.27	71.95	52.72	78.27	73.46
H181	8	73.16	20	52.89	78.39	71.97	52.89	78.39	73.46
H37	8	73.16	20	53.15	78.58	72	53.15	78.58	73.46
H58	8	73.16	20	53.06	78.52	71.99	53.06	78.52	73.46
H102	8	73.17	20	53.4	78.77	72.02	53.4	78.77	73.46
H124	8	73.17	20	53.52	78.86	72.04	53.52	78.86	73.46
H18	8	73.17	20	53.65	78.95	72.05	53.65	78.95	73.46
H240	8	73.17	20	53.19	78.61	72	53.19	78.61	73.46
H59	8	73.17	20	53.52	78.86	72.03	53.52	78.86	73.46
H9	8	73.17	20	53.26	78.66	72.01	53.26	78.66	73.46
H113	8	73.18	20	54.05	79.25	72.09	54.05	79.25	73.46
H129	8	73.18	20	53.7	78.99	72.06	53.7	78.99	73.46
H25	8	73.18	20	53.79	79.06	72.07	53.79	79.06	73.46
H43	8	73.18	20	53.91	79.15	72.08	53.91	79.15	73.46
H77	8	73.18	20	53.77	79.05	72.06	53.77	79.05	73.46
H115	8	73.19	20	54.33	79.46	72.12	54.33	79.46	73.46
H34	8	73.19	20	54.23	79.38	72.11	54.23	79.38	73.46
H90	8	73.19	20	54.67	79.7	72.15	54.67	79.7	73.46
H155	8	73.21	20	55.36	80.2	72.21	55.36	80.2	73.46
H236	8	73.21	20	55.83	80.54	72.26	55.83	80.54	73.46
H95	8	73.21	20	55.32	80.18	72.21	55.32	80.18	73.46
H183	8	73.22	20	56.02	80.68	72.28	56.02	80.68	73.46
H197	8	73.22	20	56.22	80.83	72.29	56.22	80.83	73.46
H214	8	73.22	20	55.98	80.65	72.27	55.98	80.65	73.46
H228	8	73.22	20	55.98	80.65	72.27	55.98	80.65	73.46
H146	8	73.23	20	56.52	81.04	72.32	56.52	81.04	73.46
H168	8	73.23	20	56.86	81.28	72.35	56.86	81.28	73.46
H185	8	73.23	20	56.58	81.08	72.32	56.58	81.08	73.46
H220	8	73.23	20	56.53	81.05	72.32	56.53	81.05	73.46
H239	8	73.23	20	56.92	81.33	72.35	56.92	81.33	73.46
H60	8	73.23	20	56.65	81.13	72.33	56.65	81.13	73.46
H66	8	73.23	20	56.39	80.94	72.31	56.39	80.94	73.46

Node	Min Portata Antincendio Richiesta (l/s)	Press. Residua con Min Portata Antincendio (m)	Pressione Minima Residua Desiderata (m)	Press. Residua con Portata Antincendio Disponib. (m)	Q Antincendio Disponibile (l/s)	Press. Residua con Max Portata Antincendio (m)	Press. Residua con Idrante Aperto (m)	Portata Idrante Aperto (l/s)	Pressione Pre-Test (m)
H135	8	73.24	20	57.07	81.44	72.37	57.07	81.44	73.46
H2	8	73.24	20	57.03	81.41	72.36	57.03	81.41	73.46
H23	8	73.24	20	57.15	81.49	72.37	57.15	81.49	73.46
H27	8	73.24	20	57.01	81.39	72.36	57.01	81.39	73.46
H5	8	73.24	20	57.21	81.53	72.38	57.21	81.53	73.46
H67	8	73.24	20	57.15	81.49	72.37	57.15	81.49	73.46
H106	8	73.25	20	57.89	82.02	72.44	57.89	82.02	73.46
H13	8	73.25	20	57.94	82.05	72.44	57.94	82.05	73.46
H219	8	73.25	20	57.75	81.91	72.43	57.75	81.91	73.46
H223	8	73.25	20	57.88	82.01	72.44	57.88	82.01	73.46
H226	8	73.25	20	57.92	82.03	72.44	57.92	82.03	73.46
H24	8	73.25	20	57.77	81.93	72.43	57.77	81.93	73.46
H70	8	73.25	20	58.06	82.14	72.45	58.06	82.14	73.46
H160	8	73.26	20	58.6	82.52	72.5	58.6	82.52	73.46
H169	8	73.26	20	58.55	82.48	72.49	58.55	82.48	73.46
H174	8	73.26	20	58.37	82.36	72.48	58.37	82.36	73.46
H230	8	73.26	20	58.49	82.44	72.49	58.49	82.44	73.46
H246	8	73.26	20	58.6	82.52	72.5	58.6	82.52	73.46
H54	8	73.26	20	58.66	82.56	72.5	58.66	82.56	73.46
H107	8	73.27	20	59.28	82.99	72.55	59.28	82.99	73.46
H152	8	73.27	20	59.3	83.01	72.55	59.3	83.01	73.46
H16	8	73.27	20	59.06	82.84	72.53	59.06	82.84	73.46
H217	8	73.27	20	59.1	82.87	72.54	59.1	82.87	73.46
H222	8	73.27	20	59.11	82.88	72.54	59.11	82.88	73.46
H227	8	73.27	20	59.12	82.88	72.54	59.12	82.88	73.46
H247	8	73.27	20	59.22	82.95	72.55	59.22	82.95	73.46
H48	8	73.27	20	59.01	82.81	72.53	59.01	82.81	73.46
H49	8	73.27	20	58.78	82.64	72.51	58.78	82.64	73.46
H71	8	73.27	20	59.04	82.82	72.53	59.04	82.82	73.46
H83	8	73.27	20	59.23	82.96	72.55	59.23	82.96	73.46
H12	8	73.28	20	59.5	83.15	72.57	59.5	83.15	73.46
H132	8	73.28	20	59.97	83.48	72.61	59.97	83.48	73.46
H187	8	73.28	20	59.81	83.36	72.59	59.81	83.36	73.46
H194	8	73.28	20	59.67	83.27	72.58	59.67	83.27	73.46
H28	8	73.28	20	59.88	83.41	72.6	59.88	83.41	73.46
H74	8	73.28	20	59.47	83.12	72.57	59.47	83.12	73.46
H76	8	73.28	20	59.91	83.44	72.6	59.91	83.44	73.46
H120	8	73.29	20	60.03	83.52	72.61	60.03	83.52	73.46

Node	Min Portata Antincendio Richiesta (l/s)	Press. Residua con Min Portata Antincendio (m)	Pressione Minima Residua Desiderata (m)	Press. Residua con Portata Antincendio Disponib. (m)	Q Antincendio Disponibile (l/s)	Press. Residua con Max Portata Antincendio (m)	Press. Residua con Idrante Aperto (m)	Portata Idrante Aperto (l/s)	Pressione Pre-Test (m)
H148	8	73.29	20	60.49	83.83	72.65	60.49	83.83	73.46
H149	8	73.29	20	60.62	83.93	72.66	60.62	83.93	73.46
H17	8	73.29	20	60.07	83.54	72.61	60.07	83.54	73.46
H179	8	73.29	20	60.39	83.77	72.64	60.39	83.77	73.46
H212	8	73.29	20	60.61	83.92	72.66	60.61	83.92	73.46
H241	8	73.29	20	60.08	83.55	72.62	60.08	83.55	73.46
H248	8	73.29	20	60.48	83.83	72.65	60.48	83.83	73.46
H55	8	73.29	20	60.26	83.68	72.63	60.26	83.68	73.46
H6	8	73.29	20	60.56	83.88	72.65	60.56	83.88	73.46
H63	8	73.29	20	60.06	83.54	72.61	60.06	83.54	73.46
H64	8	73.29	20	60.33	83.73	72.64	60.33	83.73	73.46
H84	8	73.29	20	60.45	83.81	72.64	60.45	83.81	73.46
H93	8	73.29	20	60.51	83.85	72.65	60.51	83.85	73.46
H14	8	73.3	20	60.83	84.07	72.67	60.83	84.07	73.46
H145	8	73.3	20	61.09	84.25	72.69	61.09	84.25	73.46
H15	8	73.3	20	61.14	84.28	72.7	61.14	84.28	73.46
H193	8	73.3	20	60.9	84.12	72.68	60.9	84.12	73.46
H229	8	73.3	20	61.04	84.21	72.69	61.04	84.21	73.46
H56	8	73.3	20	61.28	84.38	72.71	61.28	84.38	73.46
H75	8	73.3	20	60.94	84.15	72.68	60.94	84.15	73.46
H173	8	73.31	20	61.87	84.79	72.75	61.87	84.79	73.46
H200	8	73.31	20	61.9	84.81	72.75	61.9	84.81	73.46
H29	8	73.31	20	61.55	84.57	72.73	61.55	84.57	73.46
H31	8	73.31	20	61.75	84.71	72.74	61.75	84.71	73.46
H61	8	73.31	20	61.61	84.61	72.73	61.61	84.61	73.46
H62	8	73.31	20	61.36	84.44	72.71	61.36	84.44	73.46
H65	8	73.31	20	61.88	84.8	72.75	61.88	84.8	73.46
H80	8	73.31	20	61.62	84.62	72.73	61.62	84.62	73.46
H117	8	73.32	20	62.54	85.24	72.8	62.54	85.24	73.46
H151	8	73.32	20	62.35	85.11	72.79	62.35	85.11	73.46
H156	8	73.32	20	62.01	84.88	72.76	62.01	84.88	73.46
H192	8	73.32	20	62.21	85.02	72.78	62.21	85.02	73.46
H221	8	73.32	20	62.08	84.93	72.77	62.08	84.93	73.46
H244	8	73.32	20	62.49	85.21	72.8	62.49	85.21	73.46
H245	8	73.32	20	62.45	85.18	72.79	62.45	85.18	73.46
H4	8	73.32	20	62.17	85	72.77	62.17	85	73.46
H69	8	73.32	20	62.64	85.32	72.81	62.64	85.32	73.46
H10	8	73.33	20	63.09	85.62	72.84	63.09	85.62	73.46

Node	Min Portata Antincendio Richiesta (l/s)	Press. Residua con Min Portata Antincendio (m)	Pressione Minima Residua Desiderata (m)	Press. Residua con Portata Antincendio Disponib. (m)	Q Antincendio Disponibile (l/s)	Press. Residua con Max Portata Antincendio (m)	Press. Residua con Idrante Aperto (m)	Portata Idrante Aperto (l/s)	Pressione Pre-Test (m)
H100	8	73.33	20	63.16	85.66	72.84	63.16	85.66	73.46
H161	8	73.33	20	62.7	85.35	72.81	62.7	85.35	73.46
H167	8	73.33	20	62.87	85.47	72.82	62.87	85.47	73.46
H170	8	73.33	20	62.73	85.37	72.81	62.73	85.37	73.46
H175	8	73.33	20	62.7	85.36	72.81	62.7	85.36	73.46
H204	8	73.33	20	63.04	85.58	72.83	63.04	85.58	73.46
H225	8	73.33	20	62.65	85.32	72.81	62.65	85.32	73.46
H235	8	73.33	20	63.01	85.57	72.83	63.01	85.57	73.46
H42	8	73.33	20	63	85.56	72.83	63	85.56	73.46
H8	8	73.33	20	63.04	85.59	72.83	63.04	85.59	73.46
H81	8	73.33	20	62.89	85.48	72.82	62.89	85.48	73.46
H82	8	73.33	20	62.76	85.4	72.82	62.76	85.4	73.46
H121	8	73.34	20	63.98	86.22	72.9	63.98	86.22	73.46
H139	8	73.34	20	64.05	86.27	72.9	64.05	86.27	73.46
H143	8	73.34	20	63.8	86.1	72.89	63.8	86.1	73.46
H165	8	73.34	20	63.71	86.04	72.88	63.71	86.04	73.46
H182	8	73.34	20	63.84	86.13	72.89	63.84	86.13	73.46
H19	8	73.34	20	63.86	86.14	72.89	63.86	86.14	73.46
H190	8	73.34	20	63.62	85.98	72.88	63.62	85.98	73.46
H195	8	73.34	20	63.4	85.83	72.86	63.4	85.83	73.46
H20	8	73.34	20	63.69	86.02	72.88	63.69	86.02	73.46
H215	8	73.34	20	63.58	85.95	72.87	63.58	85.95	73.46
H22	8	73.34	20	63.92	86.18	72.9	63.92	86.18	73.46
H233	8	73.34	20	63.39	85.82	72.86	63.39	85.82	73.46
H234	8	73.34	20	63.51	85.91	72.87	63.51	85.91	73.46
H30	8	73.34	20	63.93	86.18	72.9	63.93	86.18	73.46
H35	8	73.34	20	63.53	85.92	72.87	63.53	85.92	73.46
H36	8	73.34	20	63.88	86.15	72.89	63.88	86.15	73.46
H94	8	73.34	20	63.4	85.83	72.86	63.4	85.83	73.46
H1	8	73.35	20	64.66	86.68	72.95	64.66	86.68	73.46
H104	8	73.35	20	64.75	86.74	72.95	64.75	86.74	73.46
H108	8	73.35	20	64.68	86.69	72.95	64.68	86.69	73.46
H112	8	73.35	20	64.62	86.65	72.94	64.62	86.65	73.46
H114	8	73.35	20	64.62	86.65	72.94	64.62	86.65	73.46
H116	8	73.35	20	64.5	86.57	72.94	64.5	86.57	73.46
H123	8	73.35	20	64.45	86.54	72.93	64.45	86.54	73.46
H128	8	73.35	20	64.16	86.35	72.91	64.16	86.35	73.46
H133	8	73.35	20	64.49	86.56	72.93	64.49	86.56	73.46

Node	Min Portata Antincendio Richiesta (l/s)	Press. Residua con Min Portata Antincendio (m)	Pressione Minima Residua Desiderata (m)	Press. Residua con Portata Antincendio Disponib. (m)	Q Antincendio Disponibile (l/s)	Press. Residua con Max Portata Antincendio (m)	Press. Residua con Idrante Aperto (m)	Portata Idrante Aperto (l/s)	Pressione Pre-Test (m)
H134	8	73.35	20	64.17	86.35	72.91	64.17	86.35	73.46
H141	8	73.35	20	64.67	86.69	72.95	64.67	86.69	73.46
H147	8	73.35	20	64.37	86.48	72.93	64.37	86.48	73.46
H150	8	73.35	20	64.3	86.44	72.92	64.3	86.44	73.46
H196	8	73.35	20	64.64	86.66	72.94	64.64	86.66	73.46
H231	8	73.35	20	64.09	86.29	72.91	64.09	86.29	73.46
H232	8	73.35	20	64.19	86.36	72.91	64.19	86.36	73.46
H26	8	73.35	20	64.3	86.43	72.92	64.3	86.43	73.46
H40	8	73.35	20	64.2	86.37	72.92	64.2	86.37	73.46
H57	8	73.35	20	64.45	86.54	72.93	64.45	86.54	73.46
H88	8	73.35	20	64.36	86.48	72.93	64.36	86.48	73.46
H98	8	73.35	20	64.37	86.48	72.93	64.37	86.48	73.46
H101	8	73.36	20	64.8	86.77	72.96	64.8	86.77	73.46
H125	8	73.36	20	65.3	87.1	72.99	65.3	87.1	73.46
H136	8	73.36	20	65.24	87.07	72.98	65.24	87.07	73.46
H137	8	73.36	20	65.41	87.18	73	65.41	87.18	73.46
H140	8	73.36	20	65.06	86.94	72.97	65.06	86.94	73.46
H142	8	73.36	20	65.28	87.09	72.99	65.28	87.09	73.46
H144	8	73.36	20	65.34	87.13	72.99	65.34	87.13	73.46
H158	8	73.36	20	65.09	86.96	72.97	65.09	86.96	73.46
H171	8	73.36	20	64.79	86.77	72.95	64.79	86.77	73.46
H203	8	73.36	20	64.88	86.83	72.96	64.88	86.83	73.46
H206	8	73.36	20	64.94	86.87	72.96	64.94	86.87	73.46
H208	8	73.36	20	65.3	87.11	72.99	65.3	87.11	73.46
H218	8	73.36	20	65.03	86.92	72.97	65.03	86.92	73.46
H33	8	73.36	20	65.05	86.94	72.97	65.05	86.94	73.46
H38	8	73.36	20	65.08	86.96	72.97	65.08	86.96	73.46
H41	8	73.36	20	64.9	86.84	72.96	64.9	86.84	73.46
H45	8	73.36	20	65.24	87.07	72.98	65.24	87.07	73.46
H46	8	73.36	20	64.83	86.79	72.96	64.83	86.79	73.46
H52	8	73.36	20	64.98	86.89	72.97	64.98	86.89	73.46
H126	8	73.37	20	66.23	87.72	73.05	66.23	87.72	73.46
H157	8	73.37	20	65.67	87.35	73.01	65.67	87.35	73.46
H186	8	73.37	20	66	87.57	73.03	66	87.57	73.46
H238	8	73.37	20	66.13	87.65	73.04	66.13	87.65	73.46
H32	8	73.37	20	65.92	87.52	73.03	65.92	87.52	73.46
H53	8	73.37	20	66.2	87.71	73.05	66.2	87.71	73.46
H89	8	73.37	20	65.88	87.49	73.03	65.88	87.49	73.46

Node	Min Portata Antincendio Richiesta (l/s)	Press. Residua con Min Portata Antincendio (m)	Pressione Minima Residua Desiderata (m)	Press. Residua con Portata Antincendio Disponib. (m)	Q Antincendio Disponibile (l/s)	Press. Residua con Max Portata Antincendio (m)	Press. Residua con Idrante Aperto (m)	Portata Idrante Aperto (l/s)	Pressione Pre-Test (m)
H91	8	73.37	20	65.9	87.51	73.03	65.9	87.51	73.46
H92	8	73.37	20	65.9	87.51	73.03	65.9	87.51	73.46
H110	8	73.38	20	66.32	87.79	73.05	66.32	87.79	73.46
H138	8	73.38	20	66.74	88.06	73.08	66.74	88.06	73.46
H177	8	73.38	20	66.89	88.16	73.09	66.89	88.16	73.46
H191	8	73.38	20	66.65	88	73.08	66.65	88	73.46
H198	8	73.38	20	66.57	87.95	73.07	66.57	87.95	73.46
H202	8	73.38	20	66.85	88.13	73.09	66.85	88.13	73.46
H209	8	73.38	20	66.45	87.87	73.06	66.45	87.87	73.46
H21	8	73.38	20	66.71	88.04	73.08	66.71	88.04	73.46
H224	8	73.38	20	66.46	87.87	73.06	66.46	87.87	73.46
H39	8	73.38	20	67.06	88.27	73.1	67.06	88.27	73.46
H87	8	73.38	20	66.48	87.89	73.06	66.48	87.89	73.46
H201	8	73.39	20	67.31	88.44	73.12	67.31	88.44	73.46
H205	8	73.39	20	67.54	88.59	73.13	67.54	88.59	73.46
H207	8	73.39	20	67.12	88.31	73.1	67.12	88.31	73.46
H237	8	73.39	20	67.29	88.42	73.11	67.29	88.42	73.46
H242	8	73.39	20	67.16	88.34	73.11	67.16	88.34	73.46
H50	8	73.39	20	67.22	88.38	73.11	67.22	88.38	73.46
H111	8	73.4	20	68.38	89.14	73.18	68.38	89.14	73.46
H189	8	73.4	20	68.42	89.16	73.18	68.42	89.16	73.46
H3	8	73.4	20	68.42	89.16	73.18	68.42	89.16	73.46
H96	8	73.4	20	67.96	88.86	73.16	67.96	88.86	73.46
H103	8	73.41	20	69.02	89.55	73.22	69.02	89.55	73.46
H163	8	73.41	20	69.02	89.55	73.22	69.02	89.55	73.46
H164	8	73.41	20	69.03	89.56	73.22	69.03	89.56	73.46
H166	8	73.41	20	68.83	89.43	73.21	68.83	89.43	73.46
H199	8	73.41	20	69.02	89.55	73.22	69.02	89.55	73.46
H211	8	73.41	20	68.73	89.37	73.2	68.73	89.37	73.46
H243	8	73.41	20	68.74	89.37	73.2	68.74	89.37	73.46
H68	8	73.41	20	68.93	89.49	73.21	68.93	89.49	73.46
H99	8	73.41	20	69.28	89.72	73.23	69.28	89.72	73.46
H97	8	73.42	20	69.58	89.91	73.25	69.58	89.91	73.46

Tabella 23 – Risultato della simulazione riordinati per ordine crescente di pressioni residue (Q=8 l/s).

5.4.3.3 Simulazione 3

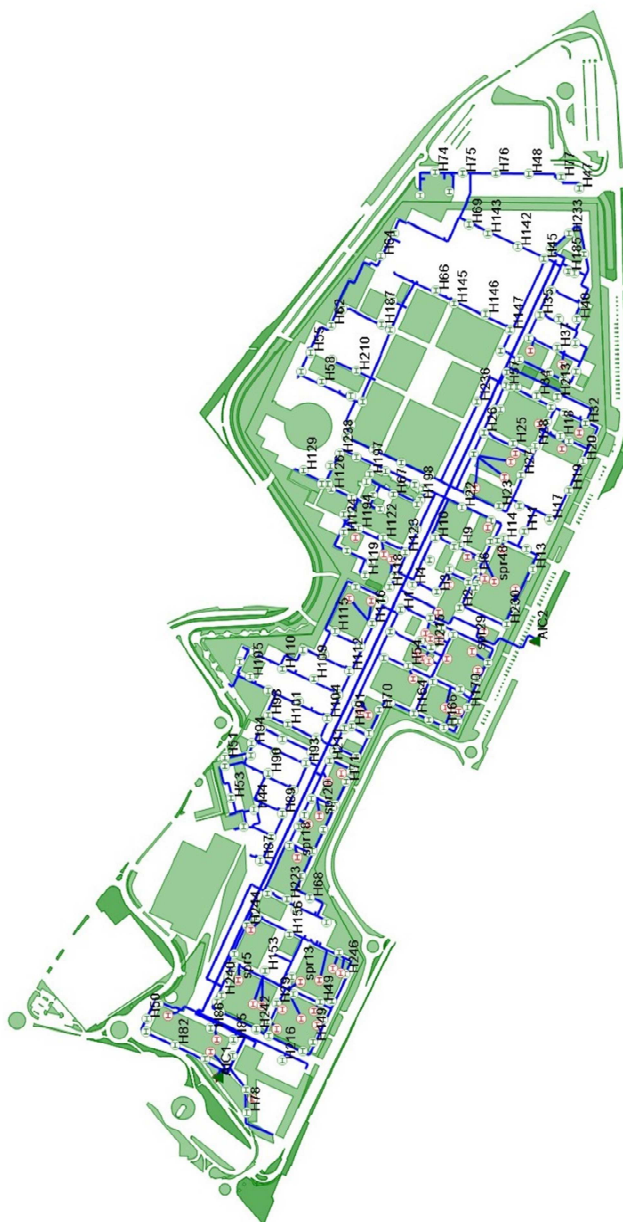


Figura 82 – Localizzazione degli sprinkler considerati (colorazione rossa).

In questo caso si procederà simulando una portata effluente $Q=75.8$ l/s ed il rispetto di una pressione minima allo sbocco pari a $P \geq 0.2$ MPa, per tutti gli sprinkler illustrati in Figura 82.

Come per i casi precedenti si procederà attivando a rotazione ciascuno dei dispositivi e analizzando la situazione più sfavorevole dal punto di vista della pressione residua. Tale situazione sarà rappresentata dallo sprinkler spr4, come da Tabella sottostante.

Node	Min Portata Antincendio Richiesta (l/s)	Press. Residua con Min Portata Antincendio (m)	Press. Residua con Portata Antincendio Disponib. (m)	Q Antincendio Disponibile (l/s)	Press. Residua con Idrante Aperto (m)	Portata Idrante Aperto (l/s)	Pressione Pre-Test (m)
spr4	75.83	49.05	29.2	96.28	29.2	96.28	83.46
spr2	75.83	68.27	46.18	121.08	46.18	121.08	83.46
spr54	75.83	68.92	47.09	122.28	47.09	122.28	83.46
spr53	75.83	68.95	47.14	122.34	47.14	122.34	83.46
spr3	75.83	69.83	48.43	124	48.43	124	83.46
spr52	75.83	70.16	48.94	124.65	48.94	124.65	83.46
spr10	75.83	70.36	49.24	125.04	49.24	125.04	83.46
spr33	75.83	70.6	49.62	125.52	49.62	125.52	83.46
spr14	75.83	71.12	41.8	142.68	41.8	142.68	83.46
spr51	75.83	71.16	50.52	126.66	50.52	126.66	83.46
spr50	75.83	71.71	51.44	127.8	51.44	127.8	83.46
spr8	75.83	71.78	51.57	127.96	51.57	127.96	83.46
spr7	75.83	71.79	51.58	127.97	51.58	127.97	83.46
spr48	75.83	72	51.94	128.42	51.94	128.42	83.46
spr1	75.83	72.35	52.55	129.17	52.55	129.17	83.46
spr56	75.83	72.96	53.65	130.52	53.65	130.52	83.46
spr36	75.83	73.14	53.98	130.92	53.98	130.92	83.46
ffa32	75.83	73.83	65	143.66	65	143.66	77.73
spr26	75.83	74.09	55.82	133.13	55.82	133.13	83.46
spr20	75.83	74.25	56.14	133.51	56.14	133.51	83.46
spr39	75.83	74.3	56.24	133.63	56.24	133.63	83.46
spr16	75.83	74.48	56.6	134.05	56.6	134.05	83.46
spr34	75.83	74.63	56.91	134.42	56.91	134.42	83.46
spr41	75.83	74.67	56.99	134.52	56.99	134.52	83.46
spr29	75.83	74.82	57.31	134.9	57.31	134.9	83.46
spr40	75.83	74.83	57.33	134.92	57.33	134.92	83.46
spr35	75.83	75.6	58.99	136.85	58.99	136.85	83.46
spr5	75.83	75.63	59.06	136.93	59.06	136.93	83.46
spr18	75.83	75.82	59.47	137.42	59.47	137.42	83.46
spr60	75.83	75.88	59.61	137.57	59.61	137.57	83.46
spr58	75.83	75.95	59.76	137.75	59.76	137.75	83.46
spr59	75.83	75.95	60.27	138.34	60.27	138.34	83.46
spr49	75.83	75.99	60.36	138.44	60.36	138.44	83.46
spr37	75.83	76.01	60.71	138.84	60.71	138.84	83.46
spr17	75.83	76.03	59.94	137.96	59.94	137.96	83.46
spr25	75.83	76.14	60.2	138.25	60.2	138.25	83.46
spr24	75.83	76.17	60.27	138.33	60.27	138.33	83.46
spr13	75.83	76.48	61	139.17	61	139.17	83.46
spr15	75.83	76.49	61.01	139.19	61.01	139.19	83.46

Node	Min Portata Antincendio Richiesta (l/s)	Press. Residua con Min Portata Antincendio (m)	Press. Residua con Portata Antincendio Disponib. (m)	Q Antincendio Disponibile (l/s)	Press. Residua con Idrante Aperto (m)	Portata Idrante Aperto (l/s)	Pressione Pre-Test (m)
spr45	75.83	76.62	61.33	139.55	61.33	139.55	83.46
spr38	75.83	76.68	62.36	140.71	62.36	140.71	83.46
spr23	75.83	76.74	61.62	139.87	61.62	139.87	83.46
spr55	75.83	76.8	62.68	141.08	62.68	141.08	83.46
spr57	75.83	76.8	62.68	141.08	62.68	141.08	83.46
spr46	75.83	76.85	61.9	140.19	61.9	140.19	83.46
spr30	75.83	76.9	62	140.3	62	140.3	83.46
spr43	75.83	77.14	62.61	141	62.61	141	83.46
spr42	75.83	77.27	62.91	141.34	62.91	141.34	83.46
spr47	75.83	77.56	63.66	142.17	63.66	142.17	83.46
spr11	75.83	77.6	63.77	142.29	63.77	142.29	83.46
spr9	75.83	77.65	63.9	142.44	63.9	142.44	83.46
spr44	75.83	77.8	64.29	142.88	64.29	142.88	83.46
spr22	75.83	77.82	64.33	142.92	64.33	142.92	83.46
spr27	75.83	78.08	65.04	143.7	65.04	143.7	83.46
spr21	75.83	78.2	65.35	144.04	65.35	144.04	83.46
spr31	75.83	78.35	70.3	149.41	70.3	149.41	83.46
spr19	75.83	78.45	66.04	144.8	66.04	144.8	83.46
spr6	75.83	78.57	66.37	145.17	66.37	145.17	83.46
spr12	75.83	78.63	66.55	145.36	66.55	145.36	83.46
spr28	75.83	78.7	67.5	146.4	67.5	146.4	83.46
spr32	75.83	79.26	70.95	150.09	70.95	150.09	83.46

Tabella 24 - Risultati della simulazione riordinati per ordine crescente di pressioni residue (Q=75.83 l/s)

5.4.3.4 Simulazione 4

Dalla sovrapposizione dei dispositivi più sfavoriti di simulazione 1, 2 e 3 sarà possibile determinare il rispetto della condizione più gravosa come da norma UNI 10799. Nella tabella sottostante vengono riassunti i risultati ottenuti per i dispositivi rappresentati nella figura seguente, dove si osserva una conformità delle pressioni allo sbocco essendo quest'ultime tutte superiori a 0.2 MPa.



Figura 83 - Localizzazione dei dispositivi più sfavoriti (colorazione rossa).

data	H119	H119b	H184	H184b	H47	H47b	H51	H51b	H72	H72b	H73	H73b	spr4
Portata effluente [l/s]	5	8	5	8	5	8	5	8	5	8	5	8	75.83
Pressione [m]	84.62	64.54	84.87	64.81	82.06	62.01	84.8	64.78	83.17	63.11	83.98	63.87	47.19
Verifica	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok

Tabella 25 – Pressioni residue in corrispondenza degli idranti più sfavoriti.

Infine, nelle figure seguenti viene rappresentata rispettivamente la distribuzione delle pressioni in corrispondenza di ciascun idrante e di ciascuna tubazione della rete compresoriale.

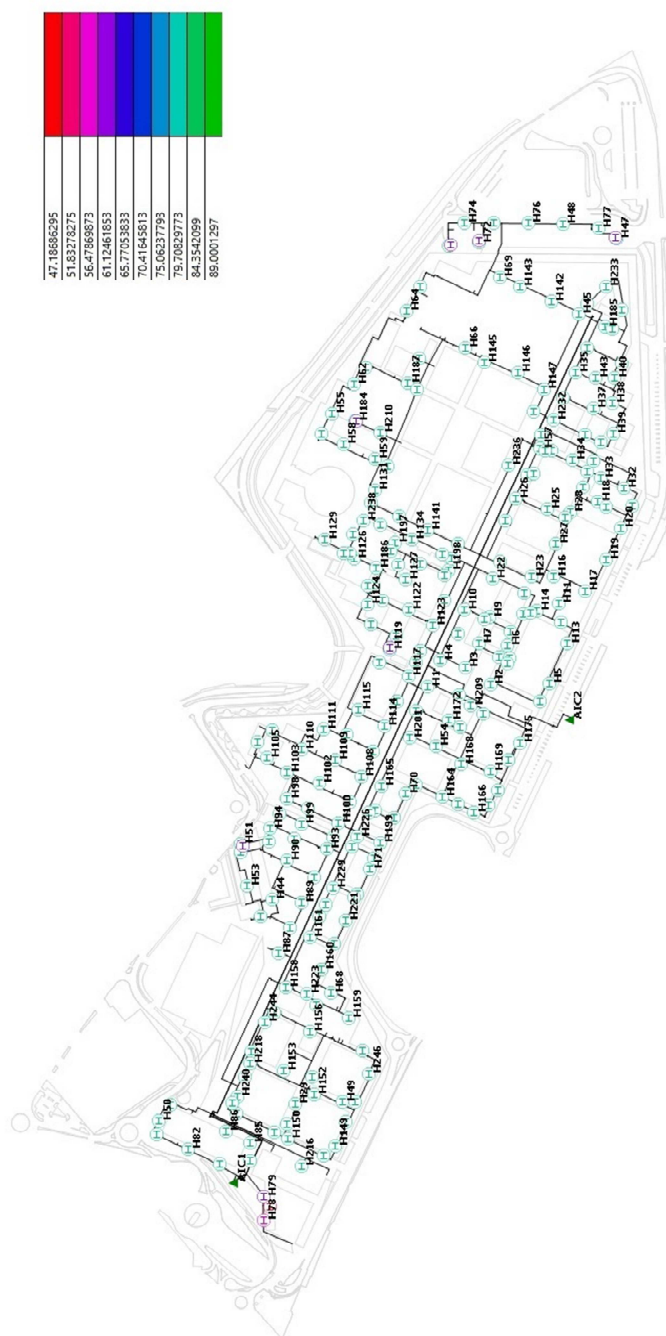


Figura 84 – Distribuzione delle pressioni (m) agli idranti della rete compresoriale per sovrapposizione degli effetti.

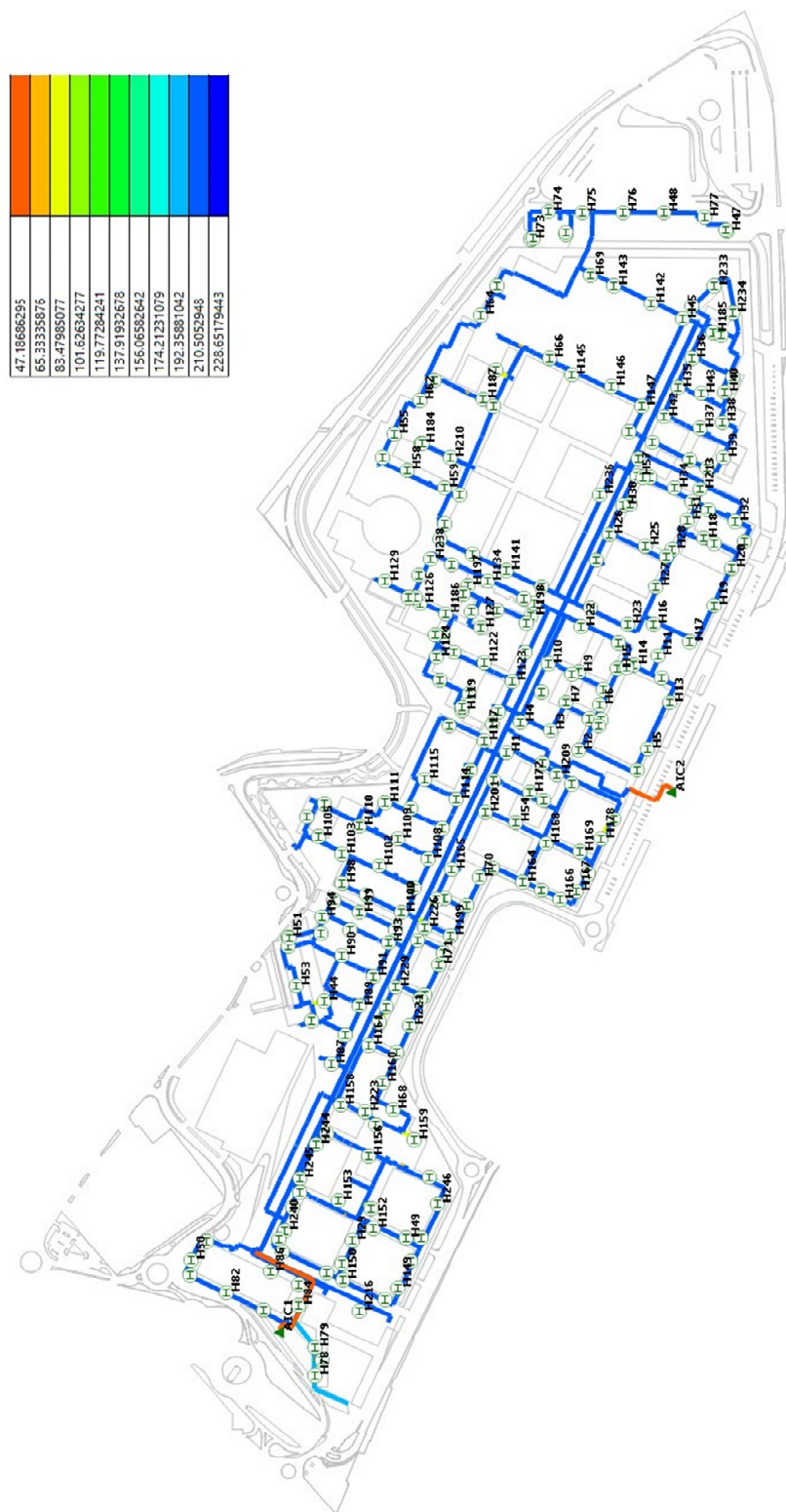


Figura 85 - Distribuzione delle pressioni (m) lungo la rete compensoriale per sovrapposizione degli effetti.

5.4.4 Resilienza della rete

Come introdotto nel paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, anche in questo caso verrà calcolato l'indice di resilienza del sistema antincendio tramite il rapporto tra la potenza totale residua, che non è dissipata dalla rete, e la potenza disponibile per erogare le portate di progetto Q_j^* , sotto i carichi minimi di progetto H_j^* , di cui si rimanda alle Tabella 22, **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**. Nello specifico, data la natura del problema in considerazione, si è proceduto a valutare mediamente dapprima tale indice sotto le condizioni delle simulazioni 1, 2 e 3, secondo la seguente relazione:

$$I_r^s = \frac{\sum_{j=1}^{N_s} Q_j^{*s} H_j^s - \sum_{j=1}^{N_s} Q_j^{*s} H_j^{*s}}{N \sum_{j=1}^{N_R} Q_{R,i}^{*s} H_{R,i} - \sum_{j=1}^{N_s} Q_j^{*s} H_j^{*s}} \quad \text{con } 1 \leq s \leq 3$$

dove:

- H_j^s sono i carichi calcolati relativi alla simulazione s-esima associati alle portate calcolate Q_j^{*s} in corrispondenza degli N^s erogatori antincendio della rete relativi alla medesima simulazione.
- H_j^{*s} sono i carichi di progetto relativi alla simulazione s-esima associati alle portate calcolate Q_j^{*s} in corrispondenza degli N^s erogatori antincendio della rete.
- $Q_{R,i}^{*s}$ sono P_{IN} le portate fornite da N_R serbatoi con carico $H_{R,i}$.
- N è il numero di erogatori totali sia esterni che interni.

Gli indici di resilienza risultano essere $I_r^1 = 0.18$, $I_r^2 = 0.18$ e $I_r^3 = 0.17$ rispettivamente per la simulazione 1, 2 e 3. Si evidenzia quindi come il sistema sia in grado di assorbire il 20% in più rispetto alla condizione minima di verifica sia nel caso di attivazione di un qualsiasi erogatore esterno UNI70 (I_r^1), che nel caso di attivazione di un qualsiasi erogatore interno UNI45 (I_r^2), che infine nel caso di attivazione di un qualsiasi dispositivo di protezione della tipologia HHS (I_r^3).

Per quanto riguarda la verifica di resilienza del sistema antincendio nella condizione più gravosa, rappresentata dalla simulazione 4, con riferimento alla simbologia utilizzata precedentemente, sarà possibile valutare l'adattamento del sistema alla sovrapposizione degli effetti mediante la seguente relazione:

$$I_r^s = \frac{\sum_{j=1}^{N_s} Q_j^{*s} H_j^s - \sum_{j=1}^{N_s} Q_j^{*s} H_j^{*s}}{\sum_{j=1}^{N_R} Q_{R,i}^{*s} H_{R,i} - \sum_{j=1}^{N_s} Q_j^{*s} H_j^{*s}} \quad \text{con } s = 4$$

L'indice di resilienza della rete in esame, in questo caso, risulta essere pari a $I_r = 0.46$ e pertanto si evidenzia una buona capacità di resistere all'usura a garanzia della disponibilità e fruibilità del servizio antincendio.

5.5 Conclusioni

Dalle simulazioni esposte nel paragrafo 5.4.3 è evidente come la rete definita al paragrafo 5.3, sia conforme ad un livello III di protezione antincendio, dato il soddisfacimento dei requisiti minimi presenti nella norma UNI 10799.

I vincoli di pressione residua allo sbocco dei dispositivi di protezione e di portata effluente minima, risultano rispettati nel caso di contemporaneità degli eventi più gravosi, definenti la configurazione 1 (Scenario 1) e pertanto possono essere considerati tali anche per il sotto-caso rappresentato dalla configurazione 2 (Scenario 2).

In quest'ultimo caso non si renderà necessario un adeguamento della capacità utile minima comprensoriale, mentre per lo Scenario 1 si dovrà provvedere in tal senso predisponendo un volume di 683 m³, da ripartire su entrambe le vasche di accumulo facenti parte delle due stazioni di sollevamento AIC1 e AIC2.

Per entrambi gli scenari non risultano necessari interventi sostanziali di potenziamento delle tratte esistenti, se non per brevi tratti localizzati; gli interventi previsti riguardano principalmente quindi la risoluzione delle interferenze della rete esistente con la disposizione planimetrica prevista dal PII per i futuri lotti e la necessità di chiudere gli anelli antincendio proprio in corrispondenza dei nuovi lotti.

Sulla base delle analisi di larga massima condotte, risulta necessario infatti intervenire su una minima parte della rete, per una lunghezza totale inferiore al 15% della estensione complessiva della rete esistente.

6. ALTRE RETI

6.1 Premessa

Di seguito sono riportate le valutazioni inerenti le reti per le quali non risulta necessario un approfondimento mediante simulazioni con modello matematico per i motivi che verranno meglio illustrati nel seguito.

Per tutte le reti sono stati comunque individuati gli interventi finalizzati alla risoluzione delle inevitabili interferenze con il PII proposto per garantire la corretta funzionalità delle reti stesse nella futura configurazione prevista.

6.2 Rete acqua da pozzo

6.2.1 Caratteristiche rete esistente

La rete acqua di pozzo consente di distribuire acqua di falda ad alcune utenze della Piastra dell'ex sito EXPO, al fine di consentire lo scambio termico delle pompe di calore a servizio degli impianti di climatizzazione.

L'acqua di falda viene prelevata attraverso quattro pozzi di emungimento, ubicati lungo il cosiddetto Loop a sud della Piastra, come indicato nell'estratto planimetrico seguente; ogni pozzo era dotato in origine di due canne le quali prelevano acqua rispettivamente dalla falda superficiale (quota di posa pompa: -34 m rispetto al piano di campagna) e profonda (quota di posa pompa: -64 m rispetto al piano di campagna).



Figura 86 – Ubicazione pozzi

Attualmente il prelievo di acqua è stato autorizzato per la falda superficiale, mediante elettropompe verticali sommerse con portata di 30 l/s per ciascun pozzo.

L'acqua prelevata dalla falda viene utilizzata per molteplici usi, in particolare:

- alimentazione dei gruppi di climatizzazione delle utenze servite dalla rete acqua di pozzo;
- alimentazione delle vasche di accumulo dell'acqua sanitaria e irrigazione;
- alimentazione delle vasche di accumulo dell'antincendio.

In particolare, l'acqua prelevata dalla falda viene inviata nella rete acqua di pozzo attraverso la quale vengono alimentati gli scambiatori di calore a servizio delle unità di climatizzazione di alcuni manufatti. Dopo essere passata attraverso gli scambiatori di calore, l'acqua di falda viene convogliata verso le vasche di accumulo (acqua sanitaria e antincendio), attraverso la rete di ritorno del circuito di pozzo.

La rete è dotata anche di due punti di bypass che consentono lo scarico verso il Canale perimetrale dell'acqua di ritorno dalla rete di pozzo. Tale scarico viene utilizzato solo in condizioni di emergenza qualora la portata sulla rete di ritorno non possa essere deviata verso le vasche di accumulo dell'acqua sanitaria e antincendio.

La rete acqua di pozzo è realizzata con tubazioni interrate in PEAD, la consegna alle utenze avviene tramite dei pozzetti/camerette in calcestruzzo, all'interno dei quali sono ubicate le valvole di intercettazione, i contatori di misura dei consumi, una idrovalvola di controllo della portata e le valvole automatiche di intercettazione e di regolazione.

I pozzetti di consegna sono di dimensioni variabili, di profondità pari a circa due metri e sono dotati di scaletta metallica per l'accesso.

La rete acqua di pozzo è inoltre dotata una serie di pozzetti di area che consentono il sezionamento di porzioni estese della rete.

La rete acqua di pozzo consente di distribuire acqua di falda per uso geotermico ai seguenti manufatti:

- Expo Centre;
- Palazzo Italia;
- Cascina Triulza;
- Open Air Theater;
- Cluster;

Per i soli fabbricati serviti dalla rete di pozzo, l'acqua per usi sanitari (scarichi WC) viene derivata all'intero del fabbricato tramite uno spillamento sulla tubazione di ritorno effettuato a valle dello scambiatore di calore.

6.2.2 Verifica funzionale e interventi di adeguamento della rete

Il PII prevede di mantenere i quattro pozzi esistenti di conseguenza, da un punto di vista idraulico, la rete ovviamente risulta adeguata mantenendo lo stesso funzionamento attuale.

La strategia energetica del PII prevede l'utilizzo delle sottocentrali di pompaggio sia dell'acqua di canale, ove considerata disponibile, sia dell'acqua di pozzo, con un'integrazione dovuta alla necessità di creare nuovi pozzi per aumentare la portata di acqua disponibile (con nuove reti dedicate).

Di conseguenza non risultano necessari interventi di potenziamento delle tratte esistenti; gli unici interventi previsti riguardano quindi la risoluzione delle interferenze della rete esistente con la disposizione planimetrica prevista dal PII per i futuri lotti.

Sulla base delle analisi di larga massima condotte, risulta necessario infatti intervenire su una minima parte della rete, per una lunghezza totale inferiore al 10% della estensione complessiva della rete esistente.

Si rimanda direttamente agli elaborati allegati alla presente relazione per la definizione di dettaglio degli interventi.

6.3 Rete acqua igienico-sanitaria

6.3.1 Caratteristiche rete esistente

La rete acqua sanitaria consentiva durante Expo di distribuire alle varie utenze di Piastra l'acqua non potabile che può essere utilizzata per i seguenti usi:

- utilizzo per utenze igienico sanitarie non potabili quali ad esempio gli scarichi WC;
- utilizzo per annaffiamento delle aree a verde.

La rete acqua sanitaria e annaffiamento viene alimentata tramite l'acqua di falda precedentemente utilizzata per lo scambio termico delle unità di climatizzazione, consentendo quindi un riutilizzo della risorsa idrica.

La rete acqua sanitaria viene alimentata tramite due centrali di pressurizzazione poste nelle stazioni di sollevamento SAN1 e SAN2.

La stazione di sollevamento SAN1 è situata all'interno della centrale CSA1 ubicata in prossimità dell'Accesso Triulza, mentre la stazione di sollevamento SAN2 è situata all'interno della centrale CSA2 ubicata sul Loop Sud a lato della Passerella Expo-Merlata (PEM).

Ogni gruppo di pompaggio risulta costituito da:

- N. 3 pompe primarie a giri fissi, portata 45 l/s;
- N. 2 pompe pilote regolate tramite inverter, portata 22,5 l/s.

Ogni gruppo di pressurizzazione è dotato di una batteria di vasi di espansione a membrana.

Le centrali sono dotate di proprie vasche di accumulo dell'acqua sanitaria di capacità pari a circa 1.000 m³ ed alimentate in via prioritaria tramite la linea di ritorno della rete acqua di pozzo.

In ogni vasca è presente anche una linea di carico diretta dalla tubazione di mandata della rete pozzi, da utilizzarsi solo in caso di carenza di portata sulla linea di ritorno.

A titolo di esempio si riporta lo schema idraulico della stazione esistente SAN2 e la relativa sezione tipologica.

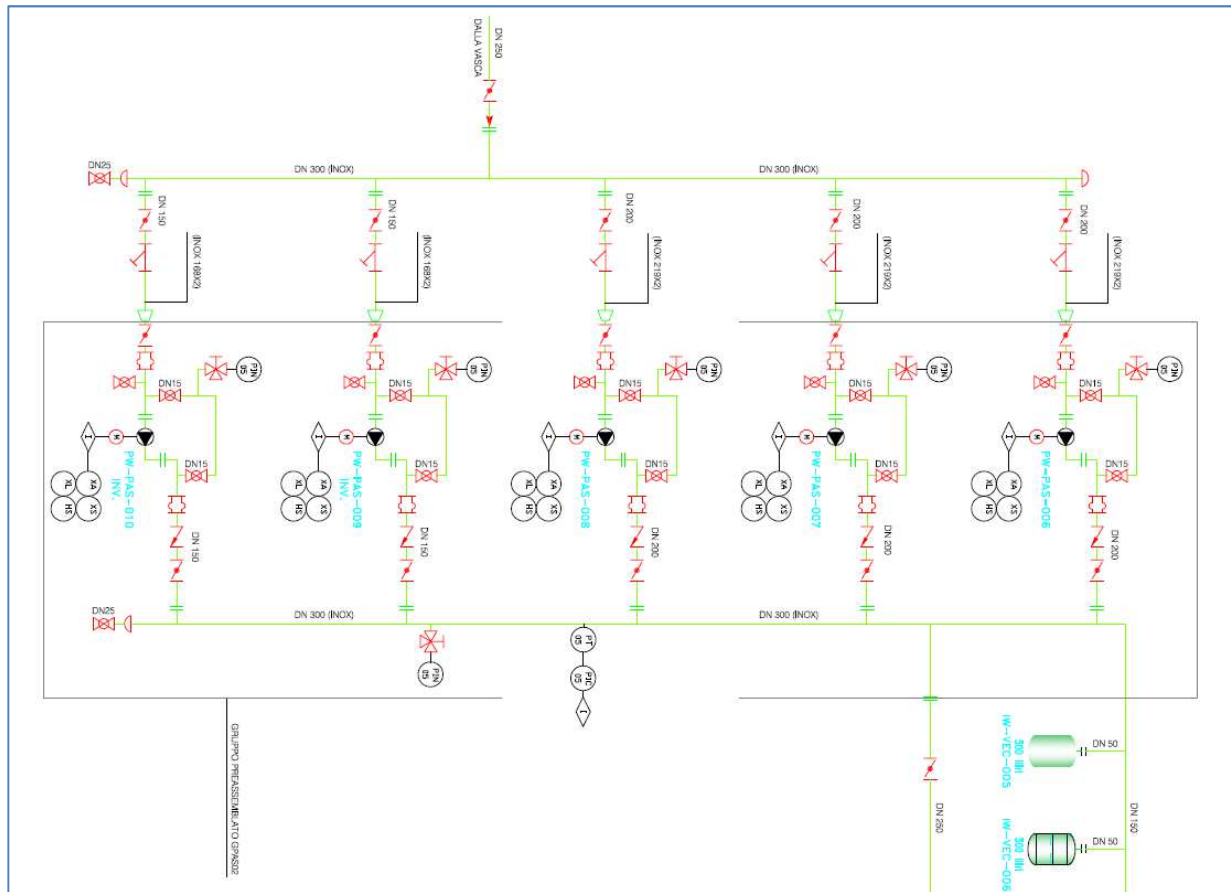


Figura 87 Schema idraulico stazione esistente SAN 2

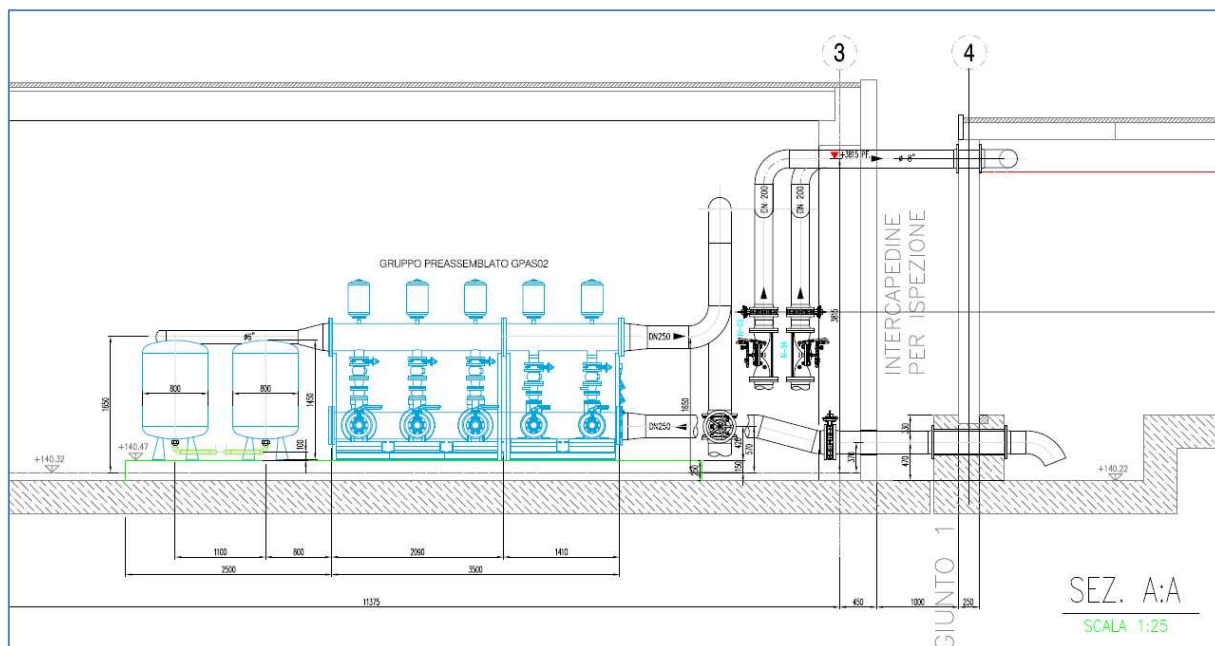


Figura 88 sezione stazione esistente SAN 2

Per la sola stazione SAN2 è presente anche una linea di carico diretto della vasca tramite acqua potabile.

La rete acqua sanitaria è realizzata con tubazioni interrato in PEAD, la consegna alle utenze avviene tramite degli appositi pozzetti/camerette in calcestruzzo, all'interno dei quali sono ubicate tutte le valvole di intercettazione, i contatori di misura dei consumi e le valvole di intercettazione automatiche.

I pozzetti di consegna, ad altezza variabile e di profondità circa due metri, sono dotati di scaletta metallica per l'accesso.

La rete acqua sanitaria è inoltre dotata di una serie di pozzetti di area che consentono il sezionamento di porzioni estese della rete.

6.3.2 Verifica funzionale e interventi di adeguamento della rete

Come già ripetuto, per la verifica della rete di acqua potabile si è ipotizzato, a favore di sicurezza, di utilizzare un'unica rete per l'approvvigionamento del sito sia per acqua potabile sia per acqua sanitaria in modo da massimizzare il carico sulla rete.

Se invece nello sviluppo del PII verrà mantenuto una strategia con rete duale, di fatto la rete di acqua potabile sarà sgravata di una quota parte dovuta agli usi sanitari, risultando a maggior ragione verificata.

Per quanto riguarda la rete esistente sanitaria si può affermare che la stessa, da un punto di vista strettamente idraulico, è adeguata al carico igienico-sanitario previsto dal PII.

La rete esistente infatti era stata progettata per servire durante Expo tutti i blocchi dei bagni presenti sul sito espositivo, dimensionata con una portata massima notevole di oltre 200 l/s, dovuta alla presenza contemporanea sul sito di oltre 250.000 presenze.

Come riportato nel capitolo relativo alle dotazioni idriche, il nuovo PII prevede un fabbisogno idrico nel giorno di massimo consumo inferiore a 100 l/s; ipotizzando che circa il 65%-70% del fabbisogno sia dovuto

per usi igienico-sanitari, risulta un fabbisogno sanitario giornaliero pari a circa 65-70 l/s, che corrisponde al 35% della portata di riferimento utilizzata per il dimensionamento della rete durante Expo.

La rete esistente si sviluppa in maniera capillare all'interno del sito affiancando la rete di acqua potabile, con dimensioni delle tubazioni mediamente maggiori rispetto alla rete di acqua potabile dati i maggiori carichi per cui era stata dimensionata.

Di conseguenza non risultano necessari interventi di potenziamento delle tratte esistenti anche nel caso di futuro utilizzo duale delle reti; gli unici interventi previsti riguardano quindi la risoluzione delle interferenze della rete esistente con la disposizione planimetrica prevista dal PII per i futuri lotti, che di fatto seguono i medesimi interventi previsti per la rete di acqua potabile.

Sulla base delle analisi di larga massima condotte, risulta necessario infatti intervenire su una minima parte della rete, per una lunghezza totale inferiore al 10% della estensione complessiva della rete esistente.

Si rimanda direttamente agli elaborati allegati alla presente relazione per la definizione di dettaglio degli interventi.

6.4 Rete acqua condensazione

6.4.1 Caratteristiche rete esistente

La rete di acqua di condensazione da canale durante Expo era a servizio di tutti i Padiglioni (edifici temporanei) presenti all'interno di Piastra ed utilizzata per consentire lo scambio termico dei gruppi a pompa di calore a servizio degli impianti di climatizzazione dei fabbricati.

L'acqua di condensazione viene prelevata dal Canale perimetrale, alimentato a sua volta dal Consorzio Villoresi e confluisce all'interno della Centrale di Filtraggio (CFS), ubicata a lato di Expo Centre; di seguito sono riportate planimetria e sezione tipo della centrale.

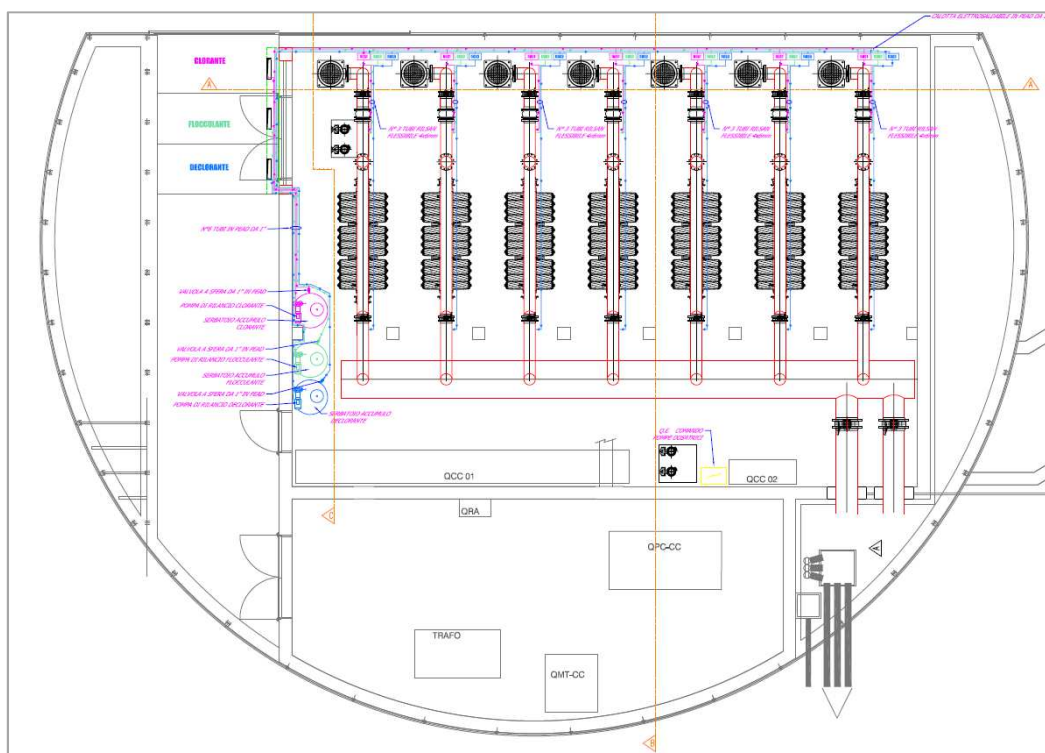


Figura 89 planimetria centrale CFS

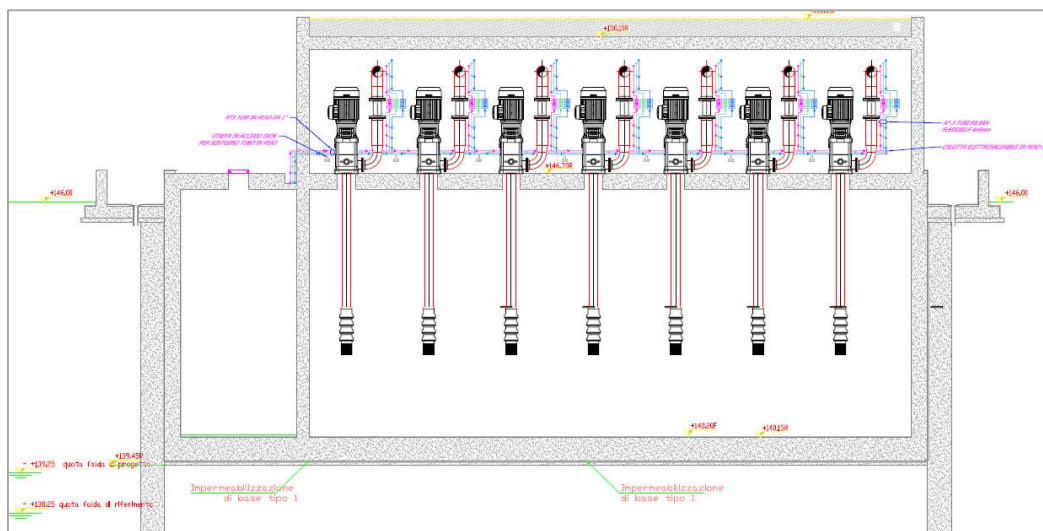


Figura 90 sezione centrale CFS

Dalla centrale, dopo il passaggio in vasche di laminazione e decantazione, viene immessa nella rete di condensazione attraverso la quale vengono alimentati gli scambiatori di calore a servizio delle unità di climatizzazione dei manufatti.

Dopo essere passata attraverso gli scambiatori di calore, l'acqua di condensazione viene convogliata verso il Canale perimetrale.

La centrale di condensazione CFS è costituita da 7 pompe verticali con motore esterno che aspirano direttamente dalla vasca di decantazione. Le pompe hanno portata pari a circa 117 l/s e sono regolate tramite inverter. Prima di essere inviata alla rete l'acqua di canale passa attraverso 7 gruppi di filtrazione costituiti da una batteria di filtri autopulenti automatici a dischi; l'acqua viene trattata mediante il dosaggio dei seguenti prodotti:

- sostanza clorante;
- sostanza flocculante;
- sostanza dechlorante.

La rete di distribuzione è realizzata con tubazioni interrate in PEAD ed è dotata di pozzetti di area per consentire il sezionamento di porzioni estese della rete.

La consegna alle utenze dell'acqua di condensazione avviene tramite degli appositi pozzetti/camerette in calcestruzzo all'interno dei quali sono ubicate le valvole di intercettazione, i contatori di misura dei consumi, una idrovalvola di controllo della portata e le valvole automatiche di intercettazione e di regolazione.

6.4.2 Verifica funzionale e interventi di adeguamento della rete

La verifica funzionale della rete esistente e gli interventi previsti per l'eventuale adeguamento della rete di condensazione (unitamente all'uso della rete da pozzo) sono strettamente legati ai possibili scenari di approvvigionamento energetico proposti nel PII, che mirano a due obiettivi principali: la massima sostenibilità ambientale e la massima flessibilità nella gestione energetica del sito.

La sostenibilità del progetto è quindi ricercata tramite la riduzione dei fabbisogni energetici, attraverso la definizione di performance elevate per gli edifici, la massimizzazione dell'efficienza energetica dei sistemi di generazione per il relativo soddisfacimento di tali fabbisogni, nonché tramite l'utilizzo delle risorse presenti sul sito e delle infrastrutture già esistenti.

Si rimanda direttamente ai documenti specifici inerenti la strategia energetica per ogni eventuale approfondimento.



arexpo

in collaborazione con:



lendlease

in collaborazione con:

AECOM

LAND

LANDSCAPE ARCHITECTURE NATURE DEVELOPMENT

 Systematica