

PROGETTO ESECUTIVO

**ID 240 - INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA E PROGRAMMATA RETI.
POTENZIAMENTO DELLA RETE FOGNARIA COMUNALE DI DORNO CAPOLUOGO AREA SUD
OVEST. VIA CAIROLI - VIA SCALDASOLE.**



RELAZIONE GENERALE E TECNICA – QUADRO ECONOMICO

CUP	H68B23000030005	Elaborato n°1
PRIMA STESURA	18/04/2023	
REVISIONE 1	31/10/2023	
REVISIONE 2		
REVISIONE 3		
REVISIONE 4		Progettisti:
		Dott. Ing. Davide Maffei
		Dott. Ing. Giovanna Ponzinibio
		Dott. Ing. Carlo Mascheroni

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	1
2	ANALISI DELLO STATO DI FATTO.....	2
2.1	Inquadramento geografico e territoriale.....	2
2.2	Inquadramento generale delle reti fognarie.....	4
2.2.1	La struttura del sistema fognario di Dorno.....	4
3	MODELLAZIONE IDRAULICA DELLO STATO DI FATTO DELLA RETE.....	12
3.1	Costruzione del modello matematico.....	12
3.2	Analisi del territorio.....	17
3.3	Analisi pluviometrica.....	18
3.4	Criticità.....	20
3.5	Modellazione ipotesi di progetto.....	23
4	INDIRIZZI DI PROGETTO.....	27
4.1	Valutazioni di fattibilità tecnico-economica (Allegato I.7 D. Lgs. n. 36/2023).....	27
4.2	Inquadramento degli interventi previsti.....	27
4.2.1	Valutazioni sui materiali delle condotte fognarie.....	27
5	DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE.....	27
5.1	Determinazione delle portate di progetto di origine civile e meteorica.....	27
5.2	Dimensionamento idraulico delle condotte a pelo libero.....	29
6	INDICAZIONI PRELIMINARI DI CARATTERE GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO.....	31
7	DISPONIBILITA' DELLE AREE.....	35
8	VALUTAZIONE DI INCIDENZA DELLA MANODOPERA SUI LAVORI.....	36
9	APPLICABILITA' NORMATIVA SULLA SICUREZZA D.LGS. 81/08 - TITOLO IV.....	36
10	ATTI DI PROGRAMMAZIONE DI RIFERIMENTO.....	38
10.1	Piano d'ambito della Provincia di Pavia.....	38
10.2	Prezzario utilizzato.....	38
11	CONFORMITA' DELL'INTERVENTO AGLI ATTI DI PIANIFICAZIONE URBANISTICA.....	38
12	QUADRO ECONOMICO DI PROGETTO.....	39

1 PREMESSA

Il progetto esecutivo per il potenziamento della rete fognaria comunale di Dorno area sud-ovest viene sviluppato per la risoluzione di una serie di criticità attualmente presenti, come la presenza di fenomeni di allagamento che in occasione di eventi temporaleschi particolarmente intensi interessano alcune porzioni del citato agglomerato urbano, eliminare la possibile presenza di acque parassite, e l'inaccessibilità del tratto di rete situato in via Scaldasole, situato a circa 6 metri di profondità dal piano campagna e quasi esclusivamente in proprietà privata.

Il rilievo plano-altimetrico, svolto nel 2021, e la modellazione idraulica della rete fognaria cittadina, sono stati condotti con l'obiettivo di evidenziare le criticità idrauliche a carico della stessa ed individuare i possibili interventi risolutivi.

In particolare, nello sviluppo del presente progetto si è fatto riferimento al *"Servizio di mappatura digitale e rilevamento delle infrastrutture di rete acquedotto e fognatura di Pavia Acque S.c.a r.l. – suddiviso in 5 lotti"* servizio svolto a partire dal 2019 e tutt'ora in corso da parte del R.T.I. Datek22 S.r.l., J+S S.r.l., Idragest S.r.l., Puglia Engineering S.r.l., le cui risultanze, per quanto riguarda il Comune di Dorno, sono state trasferite alla scrivente il 13/07/2021. Oltre alle suddette attività di rilievo, in particolare per il Comune di Dorno sono state svolte attività integrative, tra cui una prima modellazione idraulica, realizzata da Datek22, i cui risultati sono stati consegnati in data 15/09/2021.

A tale simulazione hanno fatto seguito verifiche condotte da Pavia Acque Area Servizi di Ingegneria nel corso del 2023; l'analisi delle simulazioni condotte ha permesso di evidenziare condizioni di sottodimensionamento delle dorsali fognarie esistenti nella zona sud ovest del comprensorio tali da riverberare gli effetti di ridotta convettanza sulla rete fognaria a monte del collettore che sarà oggetto di intervento.

La verifica del funzionamento della rete fognaria post intervento, condotta con medesimo tempo di ritorno utilizzato per la simulazione dello stato di fatto, ha permesso di evidenziare che la soluzione proposta, incrementando la convettanza propria della dorsale fognaria terminale, apporta effetti di riduzione dei tiranti idrici all'interno delle aree del centro cittadino, annullando di fatto i fenomeni di esondazione nelle aree a maggiore criticità.

L'intervento, oltre a garantire una maggiore adeguatezza del sistema fognario, permette inoltre di ridurre fenomeni di incremento delle portate drenate per presenza di acque parassite nello specifico associate a dorsali fognarie vetuste, non ispezionabili e realizzate con materiali e gradi di impermeabilizzazione e tenuta idraulica non adeguate.

2 ANALISI DELLO STATO DI FATTO

2.1 Inquadramento geografico e territoriale

Il territorio comunale di Dorno si trova al centro della area territoriale della “Lomellina”, nella Provincia di Pavia insieme a Oltrepò e Pavese; tale suddivisione territoriale si è consolidata nel tempo in funzione delle omogenee caratteristiche geografiche e idrogeologiche, della distribuzione degli insediamenti umani, delle attività antropiche e delle infrastrutture esistenti nelle predette tre aree.

La “Lomellina” risulta delimitata da “confini naturali” costituiti dal fiume Sesia ad ovest, dal fiume Po a sud e dal fiume Ticino ad est ed è attraversata da due torrenti principali, denominati Agogna e Terdoppio; lungo il confine nord si colloca la cosiddetta “linea dei fontanili”.



Figura 1: Rappresentazione cartografia dei comuni ubicati in Lomellina

Come già sottolineato, per natura questo territorio è caratterizzato da numerosi fontanili e risorgive; è stato per secoli un'impraticabile palude, successivamente bonificata nel corso del Medioevo e destinata alla coltivazione di riso e cereali in genere; al servizio di queste coltivazioni, è stato realizzato nel corso dei secoli un complesso sistema irriguo costituito da rogge, canali e colatori.

I principali corpi idrici superficiali che attraversano il territorio comunale e l'area urbana di Dorno sono: Torrente Terdoppio, lungo il limite territoriale Ovest, Cavo Cimitero, Cavo Massazza e Cavo Vallotti che attraversano l'area urbanizzata.

Il Torrente Terdoppio fa parte del Reticolo Idrico Principale di competenza regionale, costituisce il recapito principale di tutta la rete di drenaggio urbano comunale, gli altri cavi irrigui attraversano il tessuto urbano in vari punti procedendo da nord a sud e sono stati tombinati in diversi tratti nel corso del tempo.

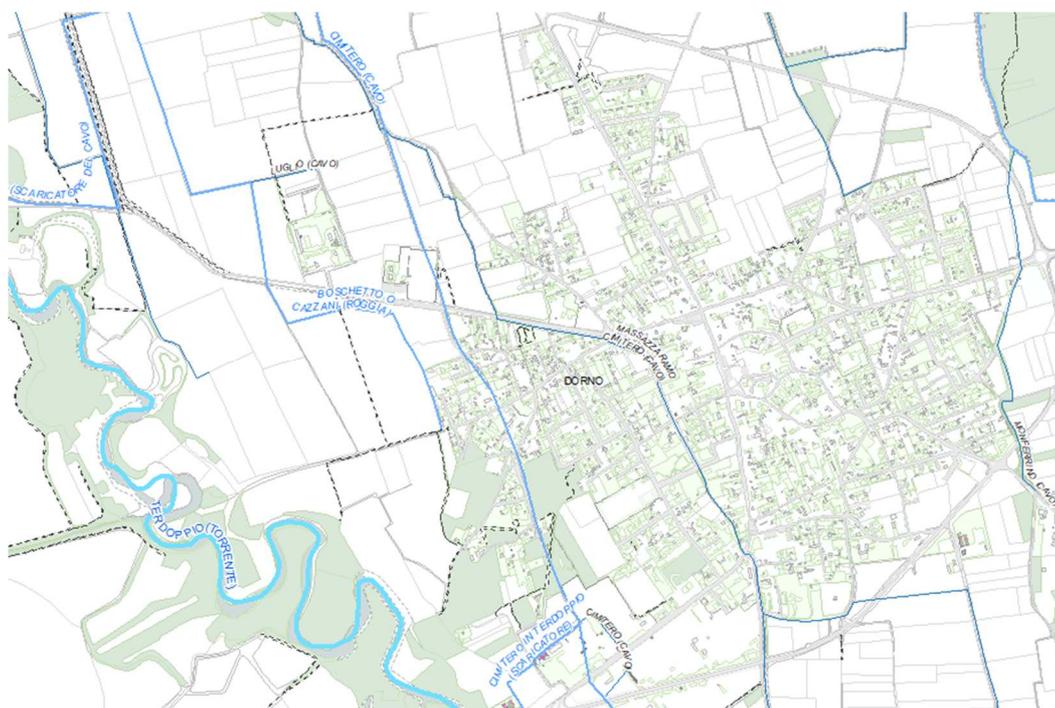


Figura 4: Estratto DBTR con evidenziati i corpi idrici superficiali principali

2.2 Inquadramento generale delle reti fognarie

2.2.1 La struttura del sistema fognario di Dorno

La rete di drenaggio urbano è stata recentemente rilevata nell'ambito del servizio di rilievo e mappatura delle reti acquedotto e fognatura. Il rilievo è stato svolto nel corso del 2021 dalla società DATEK22, capogruppo del R.T.I. La relazione di consegna del rilievo riporta i seguenti dati riassuntivi:

473 punti nodali (camerette di ispezione, sfioratori di piena, caditoie)

Lunghezza complessiva della rete: 22,985 km suddivisa in:

- Fognatura Mista, per il 97,53 % del totale
- Acque Sfiorate, per l' 0,04 % del totale
- Fogna Acque Meteoriche, per lo 1,98 % del totale
- Acque Depurate, per lo 0,10 % del totale

Si tratta tipicamente di una rete fognaria mista in cui non sono presenti sfiori lungo lo sviluppo della rete; le acque vengo tutte recapitate nella parte terminale presso il Depuratore comunale e nel Torrente Terdoppio.

Nella tabella seguente vengono riassunte le caratteristiche della rete per tipologie di materiali e diametri rilevati:

Sezioni	Materiali			Totale (m)
	CLS (m)	PVC (m)	PP Corr. (m)	
Circolare Ø125				2,22
Circolare Ø160		72,46		72,46
Circolare Ø200	5,96	745,58		782,76
Circolare Ø250	53,11	488,94	49,81	591,86
Circolare Ø300	2720,72			2720,72
Circolare Ø315		1323,40	67,64	1391,05
Circolare Ø400	2273,49	946,72	10,21	3230,42
Circolare Ø500	1887,47	971,41	222,44	3081,31
Circolare Ø600	2261,25			2261,25
Circolare Ø800	2219,14		124,21	2343,35
Circolare Ø1000	992,41			992,41
Circolare Ø1200	1899,77			1899,77
Circolare Ø1500	723,64			723,64
Ovoidale 400x600	607,64			607,64
Ovoidale 500x750	447,55			447,55
Ovoidale 700x1050	481,39			481,39
Ovoidale 900x1350	873,79			873,79
Ovoidale 1000x1500	672,04			672,04
Rett. 600x500	151,88			151,88
Rett. 1000x400	4,23			4,23
Rett. 1500x2200	3,67			3,67
Rett. 1500x3300	5,95			5,95
Sconosciuti	43,69			43,69
Totale rete (m)	18328,79	4548,51	474,31	23385,04

Dalla tabella si nota che oltre 18 km di rete (64%) è realizzata con tubazioni in calcestruzzo con diametri prevalentemente circolari. Una buona percentuale (24%) di rete è costituita da sezioni di grande diametro:

- Circolare > 100 cm 3,6 km
- Ovoidali > 70x105 cm 2,0 km
- Rettangolari > 100x40 cm 14 m

Complessivamente sono stati ispezionati 347 pozzetti, 86 pozzetti sono risultati non ispezionabili in quanto bloccati o coperti sottoasfalto.

Oltre alle attività di rilievo topografico e geometrico dei manufatti e delle reti, sono state svolte altre attività complementari di rimessa in quota chiusini, spurgo e videoispezione di alcune tratte particolarmente critiche e di difficile individuazione. In particolare, all'incrocio di Via Bonacossa con Via Lazzaretto è presente una camera interrata di discrete dimensioni.

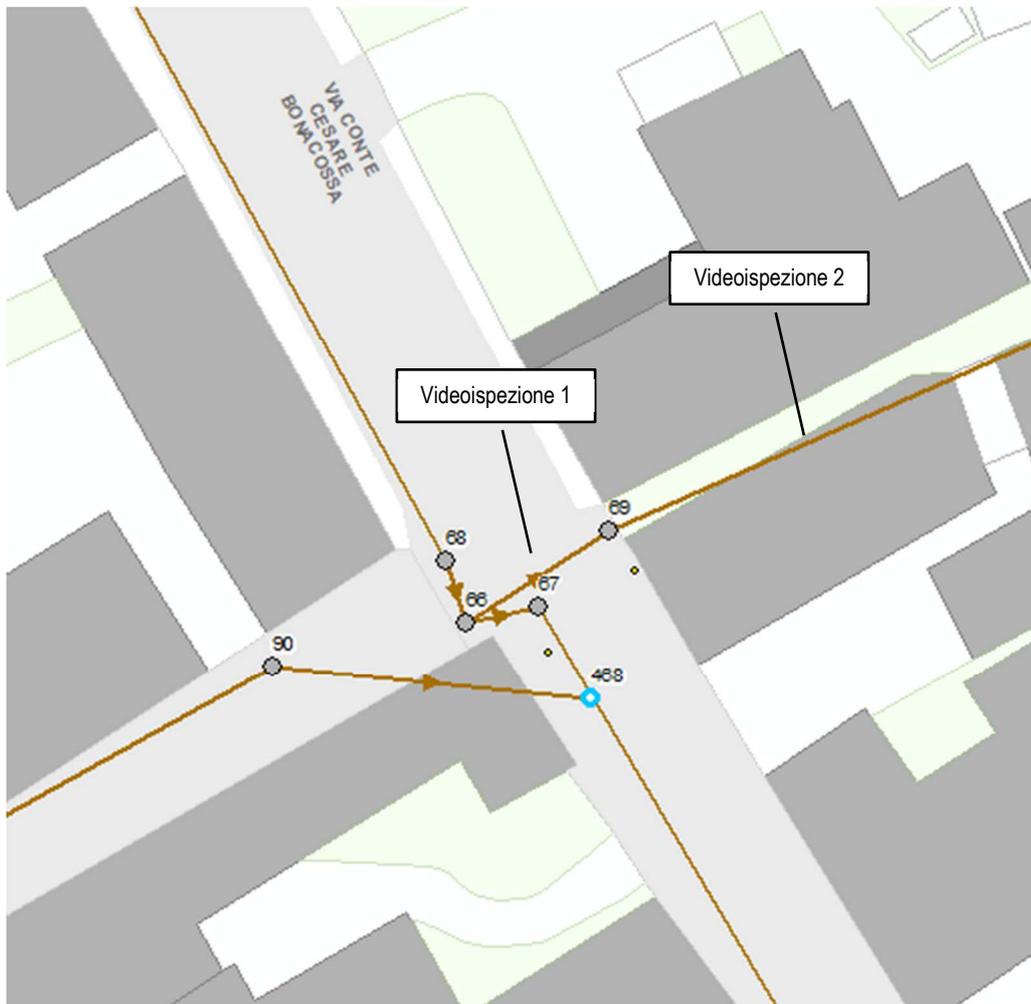


Figura 5: Punto critico in via Bonacossa indagato mediante videoispezioni

Videoispezione 1: dal pozzetto 66 al 69

1 : 100	POSIZIONE	CODICE	OSSERVAZIONE	POS VIDEO	FOTO
	0,00 m	BCDXP	Inizio tubo	00:00:03	0000
	3,46 m	BDB	Nota generale, pvc 250	00:03:52	0004
	3,46 m	BDB	Nota generale, apertura pozzetto cam. 66	00:03:15	0003
	3,46 m	BDB	Nota generale, apertura pozzetto cam. 67	00:02:27	0001, 0002
	3,46 m	BCEXP	Fine tubo	00:04:16	0005



File della Foto 66 - 69_0000.bmp
 Codice: BCDXP
 Valore Metrico: 0,00 m
 Testo: Inizio tubo



File della Foto 66 - 69_0002.bmp
 Codice: BDB
 Valore Metrico: 3,46 m
 Testo: Nota generale, apertura pozzetto cam. 67

Camera interrata dimensioni 270x450 cm con ispezioni nei punti 66, 67 e 68. Nel pozzetto 67 è presente una soglia di sfioro ad un'altezza di 55 cm dal fondo.

Videoispezione 2: dal pozzetto 69 per 30 metri lungo la condotta in proprietà privata

1 : 600	POSIZIONE	CODICE	OSSERVAZIONE	POS VIDEO	FOTO
	0,00 m	BCDXP	Inizio tubo	00:00:04	0000
	0,36 m	BCAEA	Allacciamento, semplice, scalpellato, aperto, 120 mm alto/a, 1 mm largo/a, a ore 1, pvc meteorica	00:00:27	0001
	12,98 m	BAN	Tubo poroso, da ore 4, a ore 7	00:04:04	0002
	19,16 m	BAFIE	Danno superficiale: parete mancante, causa non individuabile esattamente, a ore 5	00:05:41	0003
	20,66 m	BAFIE	Danno superficiale: parete mancante, causa non individuabile esattamente, a ore 5	00:06:58	0004
	24,78 m	BCADA	Allacciamento: semplice, forato, aperto, 120 mm alto/a, 1 mm largo/a, a ore 12, pvc reflua	00:08:41	0005
	33,09 m	BDA	Foto situazione generale, pozzetto di ispezione	00:13:53	0006
	33,09 m	BCEXP	Fine tubo, cameretta di ispezione	00:14:05	0007



File della Foto 69 - 69_1_0000.bmp

Codice: BCDXP

Valore Metrico: 0,00 m

Testo: Inizio tubo



File della Foto 69 - 69_1_0007.bmp

Codice: BCEXP

Valore Metrico: 33,09 m

Testo: Fine tubo, cameretta di ispezione

La camera funziona prevalentemente come partitore delle portate provenienti dalla zona nord di via Bonacossa e vie limitrofe: il flusso viene convogliato prevalentemente lungo la condotta verso il pozzetto; le portate in eccesso proseguono nella tratta collegata nel pozzetto 69 in direzione sud.

Dal punto di vista della morfologia della rete fognaria, risulta particolarmente evidente un collettore che percorre il perimetro urbano da est a sud-ovest seguendo parallelamente la circoscrizione provinciale SP206, fino a raggiungere il Depuratore Comunale. Il manufatto è stato posato nei primi anni '80 come opera pubblica comunale; ha una lunghezza complessiva di 2,5 km di tubazioni in calcestruzzo diam. 120 cm posate ad una profondità che va dai 4 ai 6 metri con una pendenza media pari a 1,2 per mille.

Vi è infine un secondo terminale, posato in tempi più remoti, localizzato sempre a sud del centro urbano. Questa condotta raccoglie le acque provenienti dal centro storico e zone limitrofe, ha sezione ovoidale dimensioni di 90x135 cm; si estende per 910 m passando quasi esclusivamente in proprietà private e aree agricole, anch'essa è stata posata ad una profondità considerevole: da un minimo di 3 metri fino a oltre 6 metri con una pendenza media è del 3 per mille.

Tale condotta, oltre ad essere non recente, risulta perciò non essere ispezionabile e mantenibile.

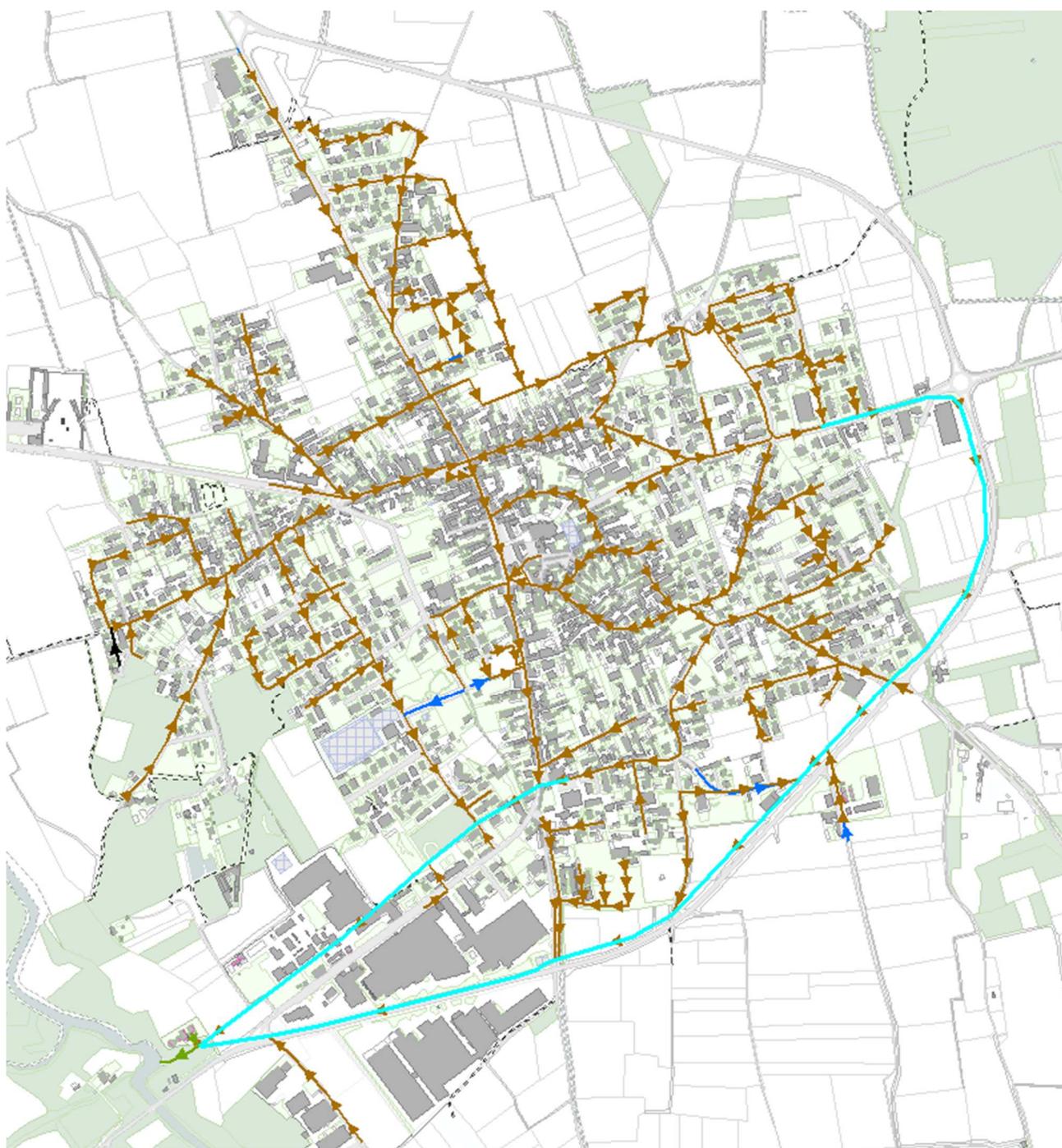


Figura 6: Corografia riportante la rete di drenaggio urbano esistente. Sono stati evidenziati i due collettori terminali principali

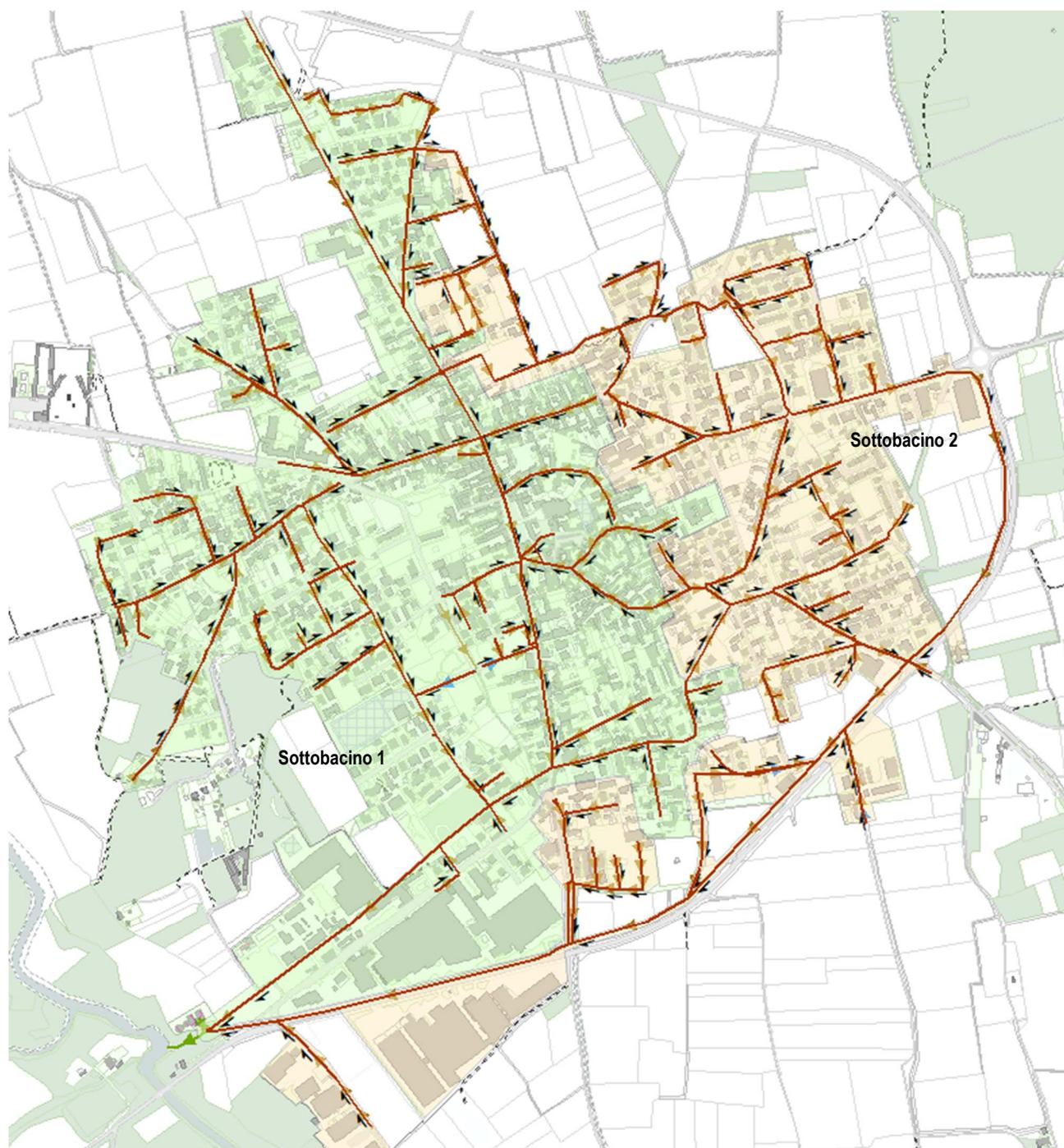


Figura 7: Corografia riportante i due sottobacini principali in cui è possibile suddividere la rete di drenaggio urbano.

Denomin. Bacino	Superficie (mq)	Denomin. sottorete	Dislivello (m)	Lunghezza (km)	Codice recapito
Sottobacino 1	1.131.014	Sottorete 1	8,97	10,65	PP01806101
Sottobacino 2	692.506	Sottorete 2	7,78	14,14	PP01806102



PP01806101		PP01806102	
			
Inquadramento della tubazione principale in entrata di mista. La condotta risulta CLS OVO 90x135 cm. Con la freccia si evidenzia la paratoia sulla tubazione in uscita.	Tubazione di mista in uscita dalla cameretta e diretta alla stazione di sollevamento N. 442. La condotta risulta CLS 100x40 cm ed è inoltre presente una paratoia in acciaio che ne regola il flusso.	Inquadramento generale ripreso dal torrino della cameretta di sfioro. Con la freccia viene indicata la soglia di sfioro.	Tubazione di mista in uscita dalla cameretta e diretta alla stazione di sollevamento N. 442. La tubazione risulta CLS 100x40 cm ed è presente una griglia
			
Ripresa della tubazione di acqua sfiorata dall'effluente N. 439. La tubazione risulta CLS 150x220 cm.	Inquadramento generale dell'effluente N. 439, avente il compito di raccogliere le acque sfiorate provenienti dal manufatto di sfioro N° 438. La tubazione risulta essere CLS 150x320 cm	Ripresa della tubazione di acqua sfiorata. La condotta risulta essere CLS 150x330 cm , ed è diretta all'effluente N. 441	Inquadramento generale dell'effluente N. 441, avente il compito di raccogliere le acque sfiorate provenienti dal manufatto di sfioro N° 440. La tubazione risulta essere CLS 150x330 cm
Sfioratore su terminale sottorete 1		Sfioratore su terminale sottorete 2	

3 MODELLAZIONE IDRAULICA DELLO STATO DI FATTO DELLA RETE

3.1 Costruzione del modello matematico

La modellazione è stata effettuata utilizzando il software Mike+, prodotto e commercializzato dalla società DHI, in particolare, tramite il modulo SWMM, basato sul modello Storm Water Management Model della Environmental Protection Agency (US-EPA).

SWMM è un modello di simulazione afflussi-deflussi distribuito, a moto vario che, risolvendo le equazioni di De Saint Venant, consente di verificare il comportamento delle condotte a seguito di un evento pluviometrico di progetto.

Il programma permette di compiere calcoli e simulazioni di tipo idraulico su una rete di canali o condotte sollecitata da fenomeni meteorici o da ingressi di natura diversa, sia per singoli eventi (durata di poche ore), sia per quelli in continuo (durata di diversi giorni o mesi).

Può rappresentare i vari processi idrologici che producono il deflusso delle aree urbane, quali: precipitazione ed evaporazione, accumulo, infiltrazione di pioggia negli strati insaturi del terreno, o scambi tra falda freatica e fognatura.

Attraverso il software, 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, indicando, dopo aver effettuato una simulazione, i collettori insufficienti, quelli rigurgitati e i nodi (pozzetti) dai quali è prevedibile una fuoriuscita di acqua.

E' possibile tenere traccia di tutte le simulazioni 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.

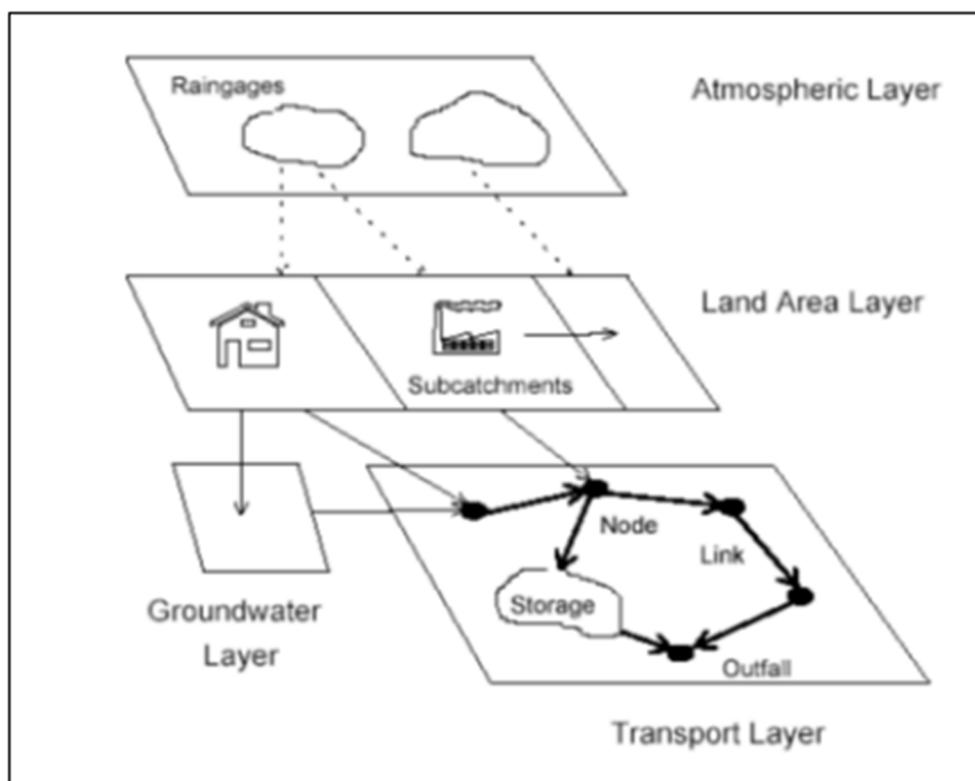


Figura 8: Livelli utilizzati in SWMM

Per la simulazione, la rete deve essere schematizzata come un grafo di nodi (junction) e tronchi (link).

Ogni tronco ha delle proprietà costanti come lunghezza, tipo di sezione, dimensioni, quote di scorrimento e scabrezza.

Ai nodi vengono associate quota di fondo e dei tronchi in ingresso e in uscita.

Queste caratteristiche vengono impostate tramite l'importazione delle reti presenti nel Sistema Informativo Territoriale aziendale.

Il territorio viene, quindi, suddiviso in sottobacini (catchments), ognuno dei quali avente opportune caratteristiche di permeabilità.

Per ciascun evento meteorico, ogni sottobacino genera una determinata portata Q_s , che dipende da diverse proprietà del sottobacino:

$$Q_s = B \cdot C \cdot n \cdot S \cdot \frac{1}{2} \cdot (y - y_d)^{5/3}$$

dove: **B** è la larghezza equivalente,

C è il coefficiente correttivo,

n è il coefficiente di scabrezza di Manning,

S è la pendenza del sottobacino,

y è il livello dell'acqua sul sottobacino e

y_d è il volume specifico di immagazzinamento del bacino.

Le proprietà costanti associate ai collegamenti sono: il tipo di sezione, la lunghezza, la pendenza e la scabrezza. Quelle ottenute ad ogni passo di calcolo sono invece: la portata, la velocità, l'area bagnata, il raggio idraulico e la larghezza del pelo libero. Le ultime tre sono in funzione del livello idrico istantaneo.

La variabile indipendente fondamentale nei collegamenti, che si assume costante in ogni passo di calcolo, è la portata Q . La velocità e l'area bagnata del flusso, o il livello sono, invece, grandezze variabili nello stesso. Le proprietà costanti e associate ai nodi sono: la quota di scorrimento e la quota di immissione (o emissione) del collegamento rispetto al fondo. Quelle ottenute ad ogni passo di calcolo e funzione del livello idrico nel nodo sono: il volume, l'area superficiale libera e il carico idraulico totale H .

La variabile indipendente fondamentale nei nodi, variabile nel tempo ma costante nel singolo nodo durante un passo di calcolo, è il carico idraulico totale. La variazione di volume nel nodo durante un certo passo di calcolo costituisce la base per i calcoli seguenti di portata e di carico idraulico totale

I principali parametri di input per definire un nodo sono: la quota dal fondo (Invert Elevation), la quota del terreno, gli eventuali afflussi in ingresso dall'esterno (Inflows) e l'area inondata durante l'allagamento (Ponded Area). Gli elementi che fanno parte della voce "nodi" sono i seguenti: giunzioni (Junctions), ovvero i punti in cui i "links" (tubazioni, condotte e canali) si uniscono tra loro con un volume di stoccaggio trascurabile, bocche di scarico (Outfalls) che rappresentano i nodi terminali della rete dai quali l'acqua viene scaricata e convogliata in un corpo recettore con elevazione della superficie dell'acqua nota e che al contrario delle giunzioni gli Outfalls possono essere collegati ad una sola condotta, e deviatori di flusso (Dividers), elementi, del sistema di trasporto, che consentono di dividere la portata in due condotti distinti e che possono avere al massimo due elementi collegati sul lato di scarico.

Questi particolari nodi vengono considerati tali solo nel caso del modello dell'onda cinematica con flusso costante, mentre vengono ridotti a delle semplici giunzioni nel caso del modello dell'onda dinamica. In base a come vengono deviati gli afflussi, esistono quattro diversi tipi di deviatori di flusso: Cutoff Divider, Tabular Divider, Overflow Divider e Weir Divider. La portata che viene deviata attraverso i deviatori di flusso è calcolata con la seguente relazione:

$$Q_{div} = C_w \cdot \left(\frac{Q_{in} - Q_{min}}{Q_{max} - Q_{min}} \cdot H_w \right)^{1,5}$$

dove:

C_w è il coefficiente di sbarramento,

Q_{in} è la portata entrante nel deviatore,

Q_{min} è il valore di portata per cui inizia la separazione,

H_w è l'altezza di sbarramento

Q_{max} è il valore di portata massima, calcolata come:

$$Q_{max} = 1,5 \cdot C_w \cdot H_w$$

Le Unità di Stoccaggio (Storage Units) sono nodi del sistema di drenaggio che garantiscono un volume di accumulo (stagni, laghi, ecc.). Possono riprodurre sia delle strutture di stoccaggio molto piccole che molto grandi. Oltre a consentire

l'entrata e lo scarico dell'acqua, essi considerano anche l'evaporazione superficiale e l'infiltrazione nel suolo.

I Collegamenti (Links) sono elementi che permettono il transito dell'acqua da un nodo all'altro del sistema. Ogni ramo è schematizzato come un condotto con caratteristiche costanti di forma, lunghezza, pendenza, scabrezza, ecc.. Inoltre, sono da specificare il nodo di entrata (Inlet Offset) e di uscita (Outlet Offset) della condotta.

Gli elementi che fanno parte della voce "collegamenti" sono i seguenti:

➤ Condotte (Conduits): sono tubi o canali che trasportano l'acqua da un nodo a un altro del sistema di trasporto. Possono avere forme diverse: rettangolare, trapezoidale, triangolare, circolare, ellittica, ad arco, parabolica, a ferro di cavallo, irregolare, ecc.. Solitamente, la maggior parte dei tubi di drenaggio sono di forma circolare e i canali di scolo hanno tradizionalmente geometrie ellittiche o ad arco. Per il calcolo della portata nei condotti, il programma SWMM si serve dell'equazione di Manning:

$$Q = \frac{1,49}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

dove: **Q** è la portata che circola nella condotta,

A è l'area della sezione trasversale,

R è il raggio idraulico,

S è la pendenza,

n è il coefficiente di Manning.

La pendenza **S**, a seconda del modello di flusso utilizzato, viene considerata come pendenza della condotta o pendenza della perdita di carico dovuta all'attrito

➤ Pompe (Pumps): sono adottati per sollevare l'acqua a quote più elevate. Il software SWMM supporta diversi tipi di funzionamento della pompa.

➤ Stramazzi (Orifices): sono sistemi che hanno il compito di modellare le strutture di scarico e di deviazione nei sistemi di drenaggio, dirigendo e regolando il flusso tra due nodi del sistema di trasporto. Nel programma, fungono da collegamento tra due nodi e possono avere forma rettangolare o circolare ed essere posizionati in basso o a lato del nodo a monte. La portata attraverso uno stramazzo completamente aperto viene calcolata come:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

con: **Q** è la portata,

C è il coefficiente di scarico,

A è la sezione dell'apertura dell'stramazzo,

g è l'accelerazione di gravità,

h è la differenza di carico tra il nodo di valle e quello di monte.

➤ Sbarramenti (Weirs): sono sistemi che permettono di modellare gli scolmatori posizionati all'interno della rete di drenaggio o nei serbatoi. Allo stesso modo degli stramazzi, rappresentano un collegamento per incanalare e regolare il flusso tra due nodi del sistema di trasporto. Talvolta si possono verificare delle inversioni di flusso per cui può essere

necessario inserire una valvola di non ritorno. Nel software esistono differenti tipologie di sbarramenti, ognuno dei quali ha una relazione differente per il calcolo della portata.

➤ Uscite (Outlets): sono dispositivi che controllano la portata uscente dai serbatoi di accumulo, dotati in alcuni casi di una valvola di non ritorno, per confinare il flusso in una sola direzione. Nel software vengono rappresentati come collegamenti tra due nodi

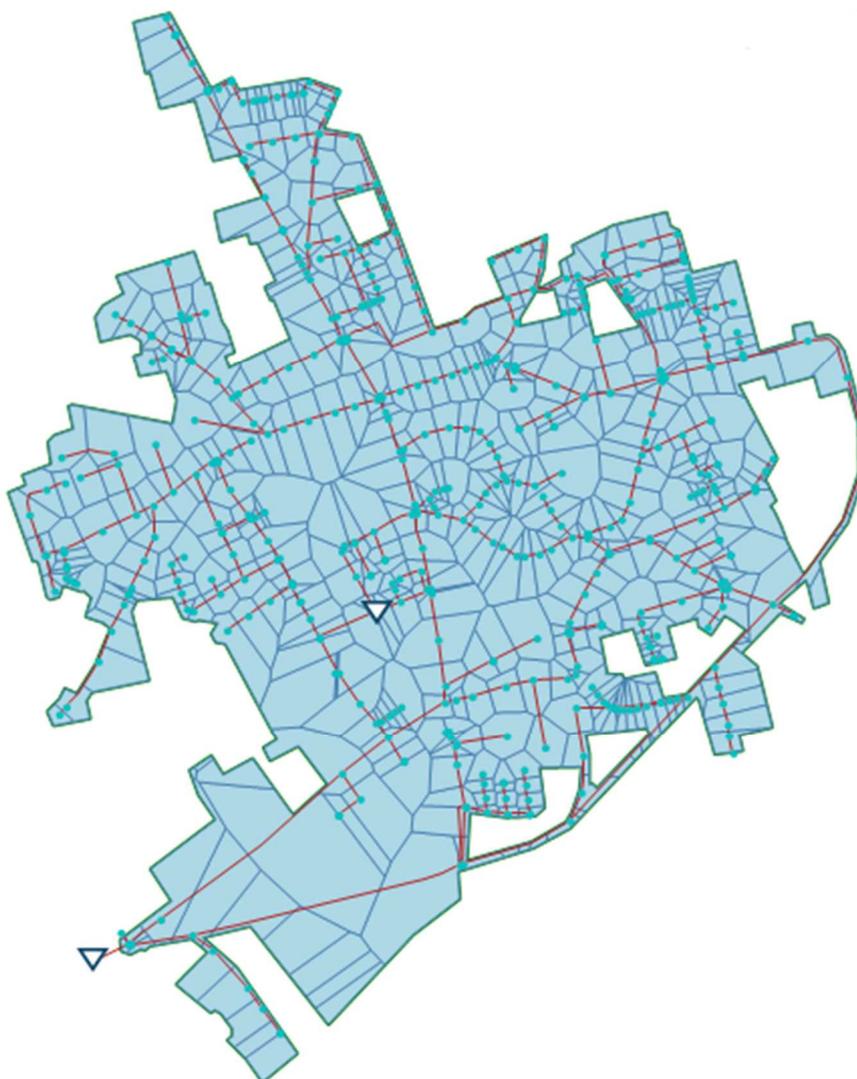


Figura 9: Suddivisione del territorio in bacini

Per la simulazione della rete di fognatura in esame, sono stati utilizzati i dati provenienti dal rilievo eseguito nel 2021, e successive integrazioni presenti nel GIS di Pavia Acque.

Si è proceduto, quindi, alla schematizzazione della trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi nella sezione di chiusura del bacino fognario considerato.

L'area comunale è stata suddivisa in sottobacini, scomponendo l'intera area scolante secondo la regola di Thyessen e associando ciascuna area al nodo di riferimento.

3.2 Analisi del territorio

Dall'analisi dell'urbanizzazione, utilizzando i poligoni relativi all'uso del suolo, ottenuti dai dati del progetto DUSAF di Regione Lombardia, sono state ricavate le aree permeabili e impermeabili alle quali sono stati assegnati differenti coefficienti di afflusso:

- Aree verdi permeabili: 0,1
- Aree totalmente impermeabili (strade): 0,7
- Aree semipermeabili: 0,3

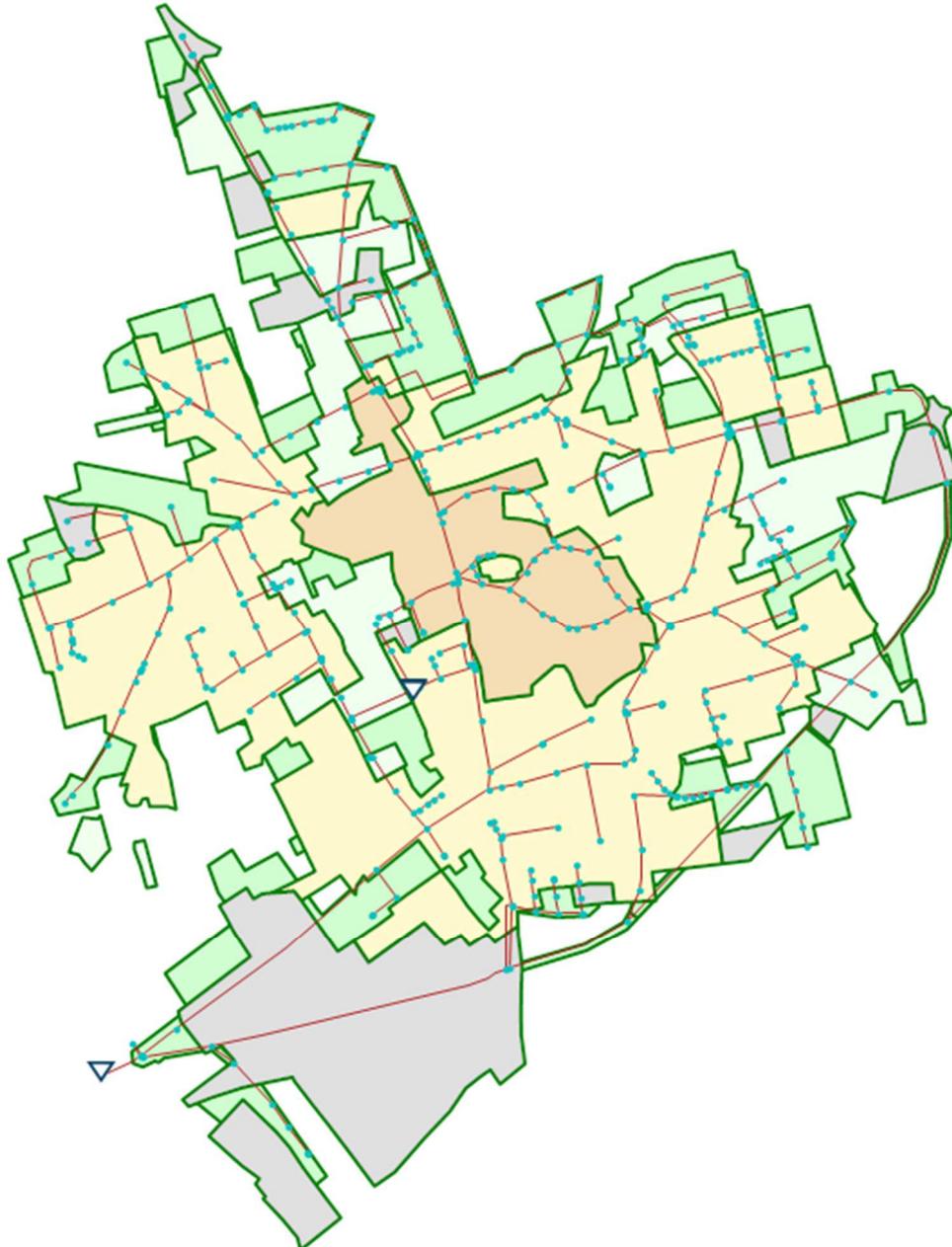


Figura 10: Uso del suolo (DUSAF v.6.2)

Come si vede in figura, l'urbanizzazione è prevalentemente residenziale in tutto il Comune.

Nella zona centrale, si ha tessuto residenziale continuo, mediamente denso (arancione), mentre le zone circostanti sono formate da tessuto residenziale discontinuo (giallo) o rado (verde) con alcune zone industriali/artigianali (grigio).

La zona Centro-Nord gravita su un collettore principale rettangolare in via Bonacossa.

All'estremità nord di tale collettore era presente una derivazione da un fosso che recapitava parte delle acque irrigue in fognatura.

Dal rilievo effettuato nel marzo 2022, tale ingresso è stato chiuso. Perciò, tale flusso non è stato considerato nella modellazione.

Il collettore prosegue nella camera (identificata dai chiusini 64-66-67), all'incrocio fra via Lazzaretto e via Bonacossa.

Tale camera ha larghezza 2,7 metri, lunghezza 4,5 metri ed è dotata di soglia di sfioro di 55cm di altezza.

Qui il flusso viene ripartito proseguendo verso est, mentre la parte in eccesso verso sud.

Le altre zone sono caratterizzate da densità piuttosto blande; ognuna delle reti su cui gravitano è costituita da un collettore principale in cui recapitano, direttamente o indirettamente, tutti i tronchi secondari.

Le condotte fognarie risultano caratterizzate, per la maggior parte, da sezioni circolari aventi diametri compresi tra 25 cm e 100 cm; per le reti più vecchie le sezioni sono ovoidali o rettangolari, con dimensioni trasversali che non superano i 70 cm.

3.3 **Analisi pluviometrica**

La caratterizzazione degli eventi piovosi è legata alla possibilità di descrivere gli stessi in termini di probabilità. Sulla base di osservazioni dirette dei massimi annui di pioggia, con riferimento a durate assegnate, si stimano, dunque, per via statistica, le relative distribuzioni di probabilità.

L'analisi pluviometrica qui adottata è stata estrapolata da uno studio su scala regionale dell'ARPA Lombardia pubblicato nel 2013, denominato «STRADA» (STRategie Di Adeguamento ai cambiamenti climatici per la gestione dei rischi naturali nel territorio trasformato).

I dati di partenza impiegati all'interno del progetto STRADA sono le osservazioni delle piogge massime orarie (da 1 a 24 ore), misurate dai pluviometri sparsi su tutto il territorio regionale.

L'analisi pluviometrica consente di definire una serie di eventi meteorici sintetici, che si distinguono per durata, altezza totale di pioggia e distribuzione temporale. L'altezza di pioggia è legata alla probabilità di accadimento, che si identifica attraverso il tempo di ritorno T dell'evento. Fissata una posizione di riferimento all'interno del territorio regionale, l'altezza di pioggia può essere calcolata per mezzo della curva di possibilità pluviometrica:

$$h_T(D) = a_1 \cdot W_T \cdot D^n$$

dove: $h_T(D)$ = altezza di precipitazione per un evento meteorico di durata D e tempo di ritorno T

a_1 = media delle massime altezze di pioggia di durata pari ad un'ora

W_T = coefficiente di crescita

n = coefficiente di scala

Il coefficiente di crescita viene stimato in riferimento ad una particolare distribuzione statistica, attraverso la seguente

equazione:

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

I parametri statistici α , ε , n , k dipendono dalla sola posizione geografica; ARPA Lombardia rende disponibile la loro distribuzione spaziale discretizzandola planimetricamente in celle quadrate di lato pari a circa 1.4 km.

Per bacini con tempo di corrivazione sensibilmente inferiore a un'ora, il valore dell'altezza di pioggia può essere calcolata con la formula di Bell:

$$\frac{h_{(t,T)}}{h_{(60,T)}} = 0,54 \cdot t^{0,25} - 0,50$$

Curva di Possibilità Pluviometrica del luogo di interesse:

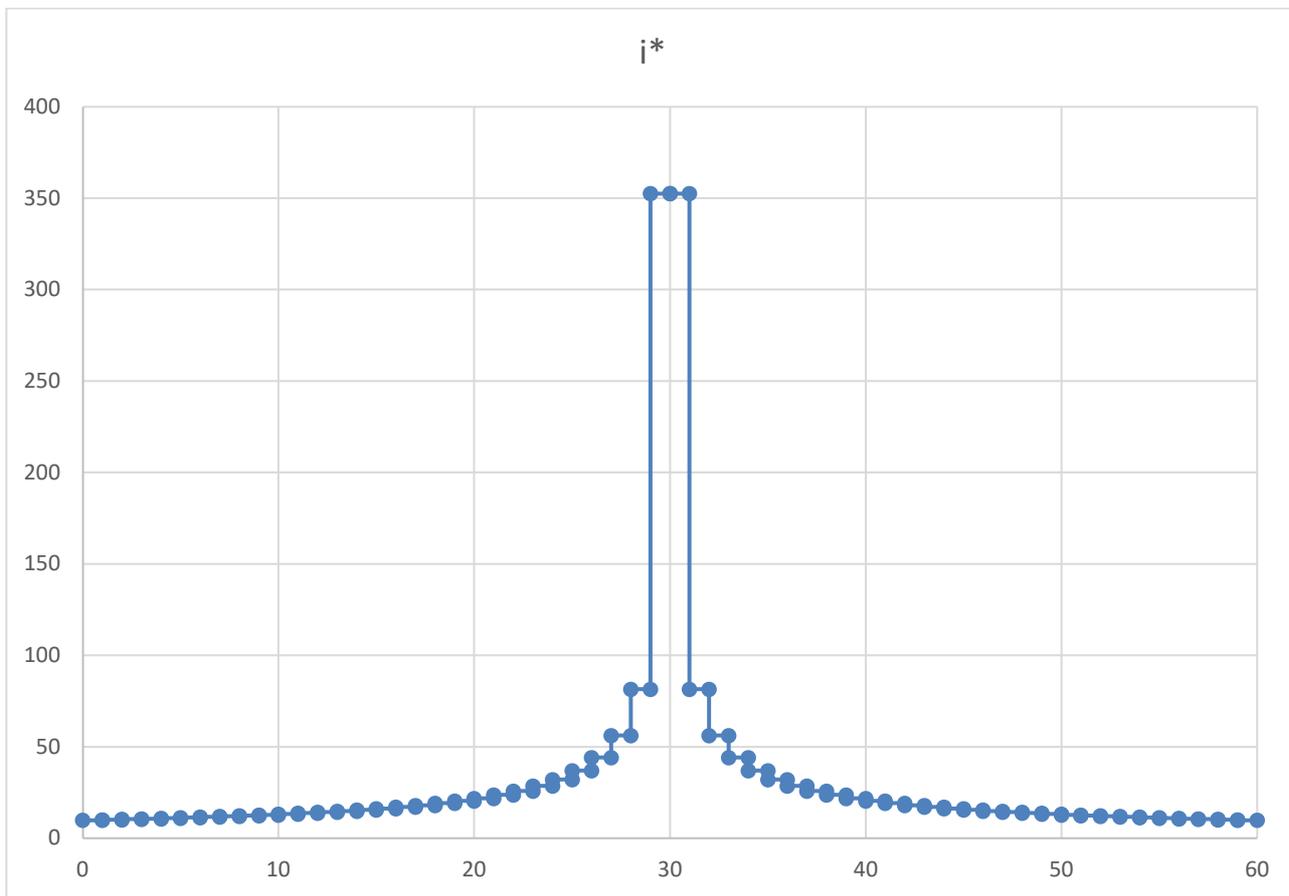
A	25,750000
N	0,29999
A	0,2851
K	-0,1022
E	0,8035

Si è quindi proceduto al calcolo della linea segnalatrice di probabilità pluviometrica per un tempo di ritorno T=10 anni:

Tr	2	5	10	20	50	100	200
wT	0,90997	1,26565	1,52485	1,79288	2,17043	2,47786	2,80679
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni
1	23,4	32,6	39,3	46,2	55,9	63,8	72,3
2	28,8	40,1	48,3	56,8	68,8	78,6	89,0
3	32,6	45,3	54,6	64,2	77,7	88,7	100,5
4	35,5	49,4	59,5	70,0	84,7	96,7	109,5
5	38,0	52,8	63,6	74,8	90,6	103,4	117,1
6	40,1	55,8	67,2	79,0	95,7	109,2	123,7
7	42,0	58,4	70,4	82,8	100,2	114,4	129,6
8	43,7	60,8	73,3	86,1	104,3	119,1	134,9
9	45,3	63,0	75,9	89,2	108,0	123,3	139,7
10	46,8	65,0	78,3	92,1	111,5	127,3	144,2
11	48,1	66,9	80,6	94,8	114,7	131,0	148,4
12	49,4	68,7	82,7	97,3	117,8	134,5	152,3
13	50,6	70,3	84,8	99,7	120,6	137,7	156,0
14	51,7	71,9	86,7	101,9	123,4	140,8	159,5
15	52,8	73,4	88,5	104,0	125,9	143,8	162,9
16	53,8	74,9	90,2	106,1	128,4	146,6	166,0
17	54,8	76,2	91,9	108,0	130,8	149,3	169,1
18	55,8	77,6	93,4	109,9	133,0	151,9	172,0
19	56,7	78,8	95,0	111,7	135,2	154,3	174,8
20	57,6	80,1	96,4	113,4	137,3	156,7	177,5
21	58,4	81,2	97,9	115,1	139,3	159,0	180,2

22	59,2	82,4	99,2	116,7	141,3	161,3	182,7
23	60,0	83,5	100,6	118,3	143,2	163,4	185,1
24	60,8	84,6	101,9	119,8	145,0	165,5	187,5

Per la determinazione dello ietogramma di progetto è stato utilizzato il metodo Chicago:



Ietogramma per pioggia con tempo di ritorno T=2 anni

3.4 Criticità

Dagli studi condotti sulla rete fognaria cittadina, per eventi con tempo di ritorno T=10 anni, è emerso che la rete in alcune tratte risulta insufficiente, con la formazione di allagamenti diffusi. In particolare, si evidenziano criticità soprattutto nelle zone poste a Nord-Est e nelle zone poste a Sud e a Sud-Est del territorio comunale.

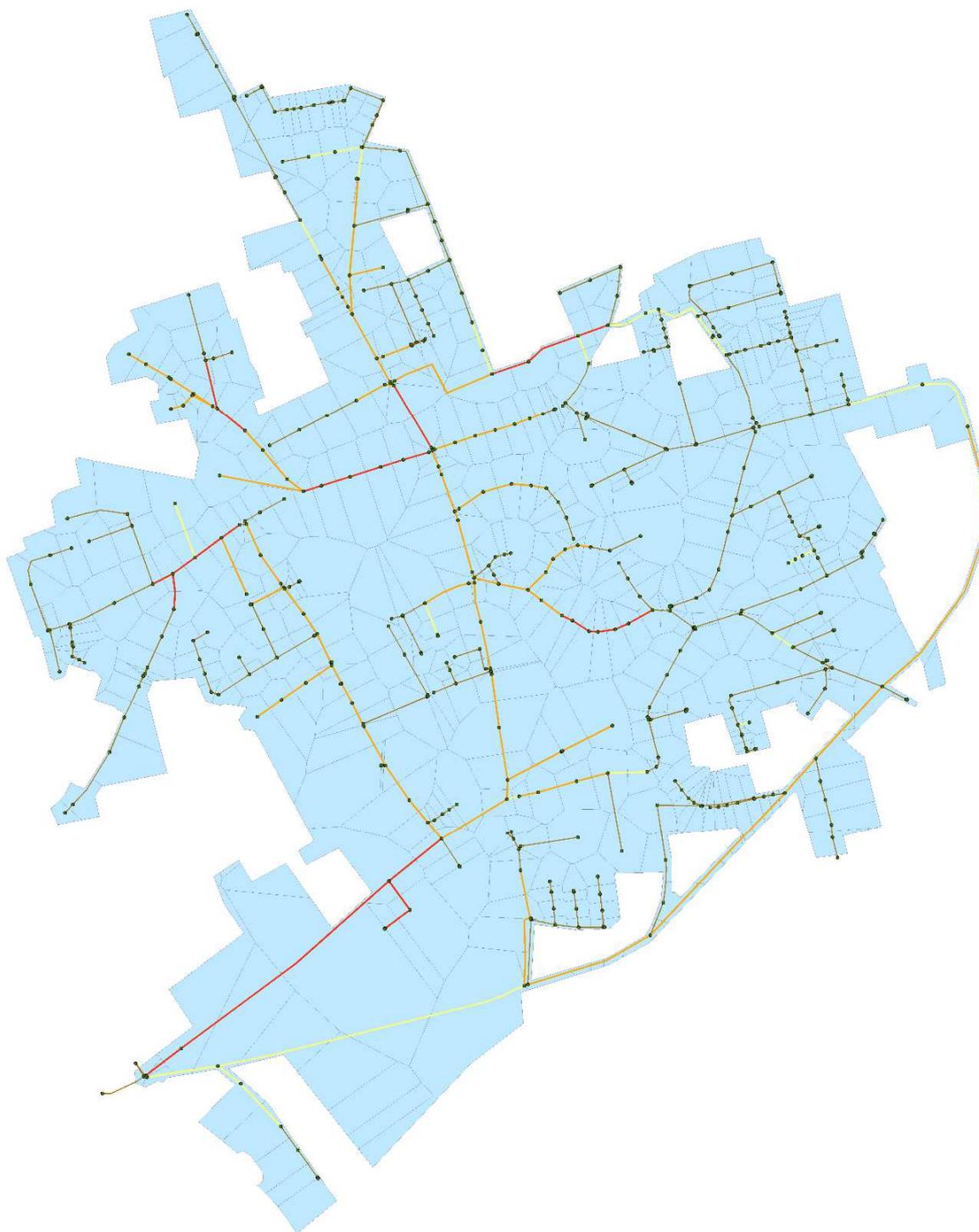


Figura 11: Risultati modellazione stato di fatto: riempimento massimo condotte.

(I risultati vengono rappresentati con una scala crescente di colori dal giallo, all'arancio, al rosso in base al riempimento massimo)

Le fuoriuscite sono causate, in particolare, dall'insufficienza dei collettori fognari principali dovuta alle loro caratteristiche geometriche. Nella maggior parte dei casi, infatti, le condotte dispongono di un'efficienza idraulica insufficiente per far defluire le portate meteoriche in arrivo dai bacini scolanti ad esse collegati.

Con specifico riferimento alla Zona Centro-Nord, dagli studi condotti si evidenzia la presenza di tratte, che, sollecitate dall'evento di progetto, presentano un funzionamento in pressione lungo tutto il loro sviluppo; e questa condizione di

deflusso determina allagamenti in corrispondenza delle aree direttamente tributarie caratterizzate da quote più basse. Un elemento che riveste particolare importanza sulle condizioni di deflusso nei collettori principali è il manufatto adibito alla loro confluenza (pozzetti 64-66-69): esso è caratterizzato da una quota di fondo superiore di oltre 30 cm a quella dei due tratti in uscita. L'innalzamento dell'acqua necessario per superare questo "punto alto" determina un corrispondente innalzamento delle quote piezometriche in tutti i tratti a monte del manufatto.

Il livello elevato raggiunto dalle quote piezometriche nei collettori principali determina, a sua volta, un funzionamento in pressione delle reti interne, anche nei casi in cui queste siano adeguatamente dimensionate.

Nei casi in cui, poi, le reti interne presentino insufficienze dimensionali proprie, la condizione al contorno legata al funzionamento in pressione dei collettori peggiora sensibilmente la situazione, prolungando anche la durata delle situazioni di allagamento.

Le simulazioni evidenziano situazioni di esondazione che riguardano alcune aree direttamente tributarie dei collettori principali e che per i due sistemi (Nord e Sud) sono determinate da differenti criticità:

Seguendo il flusso delle acque, da nord verso sud, si riscontrano:

"Zona Nord"

L'allagamento interessa una zona, posta a valle di Via Bonacossa, caratterizzata da una sensibile depressione altimetrica; poiché la linea piezometrica è caratterizzata da una inclinazione molto lieve verso monte, che risulta comandata dal livello idrico nel manufatto di confluenza. Il funzionamento in pressione e le esondazioni non sono dovute, quindi, ad un significativo sottodimensionamento del collettore Nord, ma piuttosto alla concomitanza di un tratto terminale caratterizzato da una riduzione della sezione, dall'andamento in contropendenza e dall'altimetria sfavorevole della zona interessata.

"Zona Sud"

La simulazione evidenzia una sostanziale sufficienza dimensionale del tratto terminale, caratterizzato da un funzionamento a pelo libero, mentre il tratto di monte risulta dimensionalmente non adeguato, determinando il funzionamento in pressione ed una crescita significativa della piezometrica verso monte. Questo funzionamento idraulico, unito alla sfavorevole altimetria del piano campagna, determina una esondazione nel tratto a monte di Via Vittorio Veneto ed un livello idrico prossimo all'allagamento per l'intero tratto centrale compreso tra Via Vittorio Veneto e Via Scaldasole.

È importante sottolineare che, per entrambi i collettori principali, le aree interessate da allagamenti o per le quali il margine rispetto all'esondazione è minimo, sono caratterizzate da una quota del piano campagna che è pari o di poco superiore a quella del manufatto di confluenza. In buona sostanza, l'andamento altimetrico delle condotte rispetto al terreno è tale da non determinare alcun margine rispetto all'esondazione, nel caso di funzionamento in pressione dei collettori.

Discorso analogo vale per le aree depresse del centro storico che sono collegate ai collettori attraverso le reti interne e che sono caratterizzate da quote del piano campagna di poco superiori alle condotte dei collettori principali.

Per quanto riguarda gli affluenti dei collettori principali, l'analisi dei risultati delle simulazioni porta a riconoscere due diversi comportamenti idraulici, differenziati in base alla conformità dimensionale propria, i cui effetti negativi, in caso di

insufficienza, si sommano a quelli determinati dalle criticità del ricettore.

Gli effetti di tali comportamenti sono diversi a seconda delle condizioni specifiche legate all'altimetria del terreno e al livello idrico che caratterizza il recapito nei collettori.

3.5 Modellazione ipotesi di progetto

A seguito della chiusura del fosso a Nord, che limita le criticità nella parte settentrionale e centrale del Comune, si è determinato di intervenire nella sola area sud/ovest.

Ai fini della modellazione di progetto, si è quindi andato ad inserire il nuovo tratto di rete che sostituirà integralmente il tratto di via Cairoli/via Scaldasole, determinandone diametri e pendenze adeguate (vedi cap. 5 – dimensionamento delle opere).



01/0

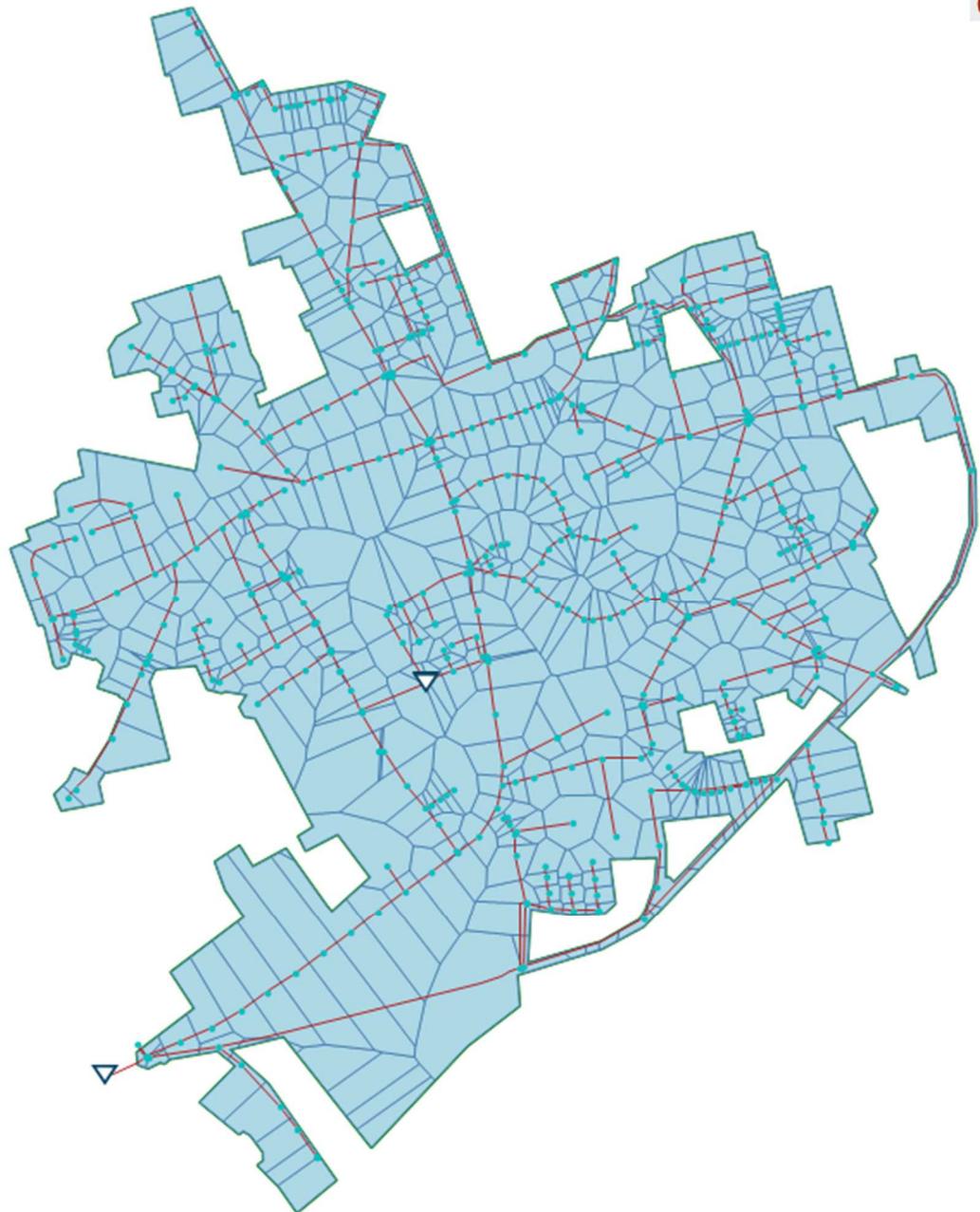


Figura 12: Ipotesi di progetto, con relativa suddivisione dell'area in bacini scolanti

Applicando le medesime condizioni al contorno utilizzate nella modellazione dello stato di fatto, si vede una riduzione delle criticità

In particolare, la modellazione della nuova configurazione di rete, mostra l'assenza degli innalzamenti della quota piezometrica che portavano all'allagamento della zona Centro-Sud.

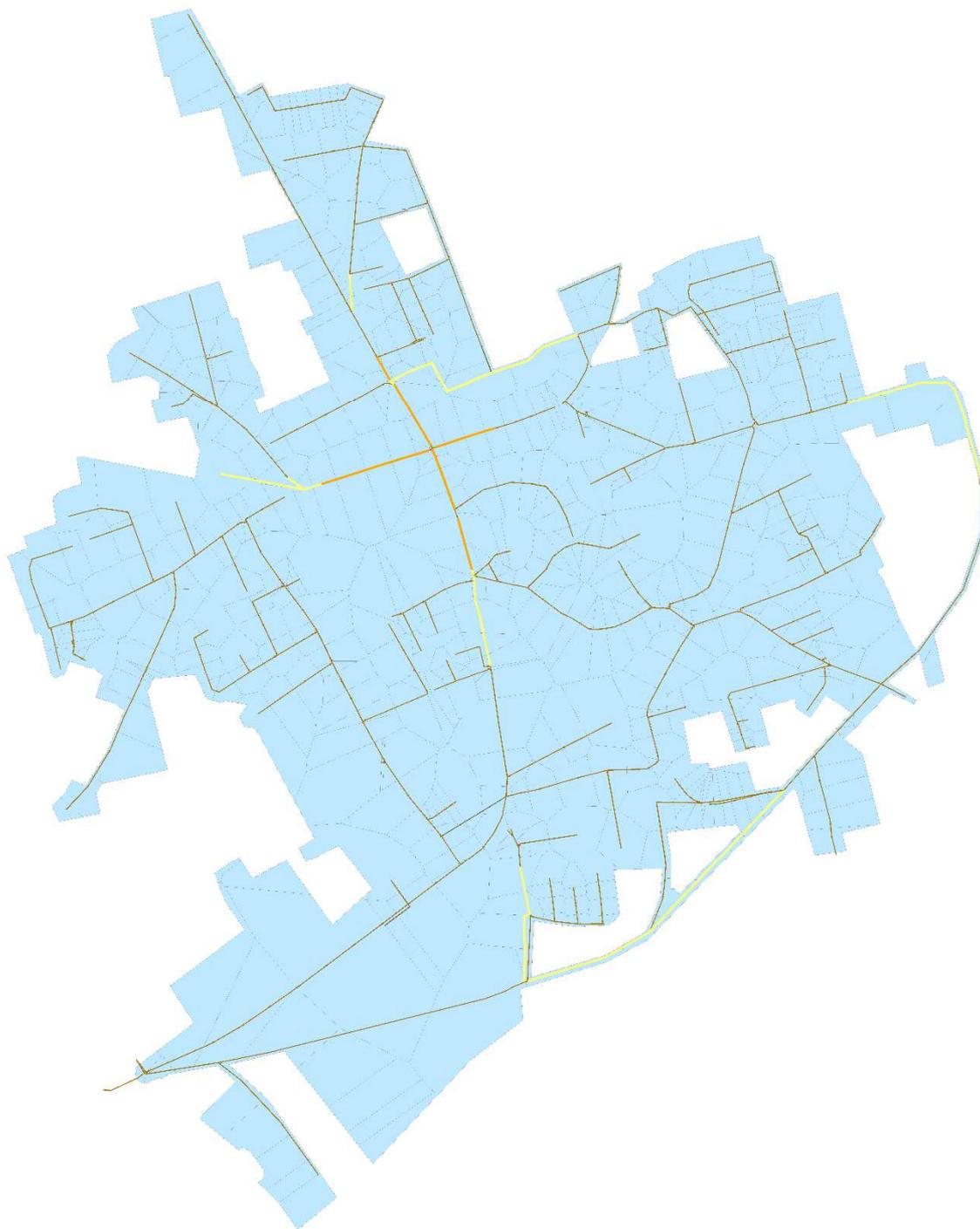


Figura 13: Risultato modellazione ipotesi di progetto: Riempimento massimo condotte

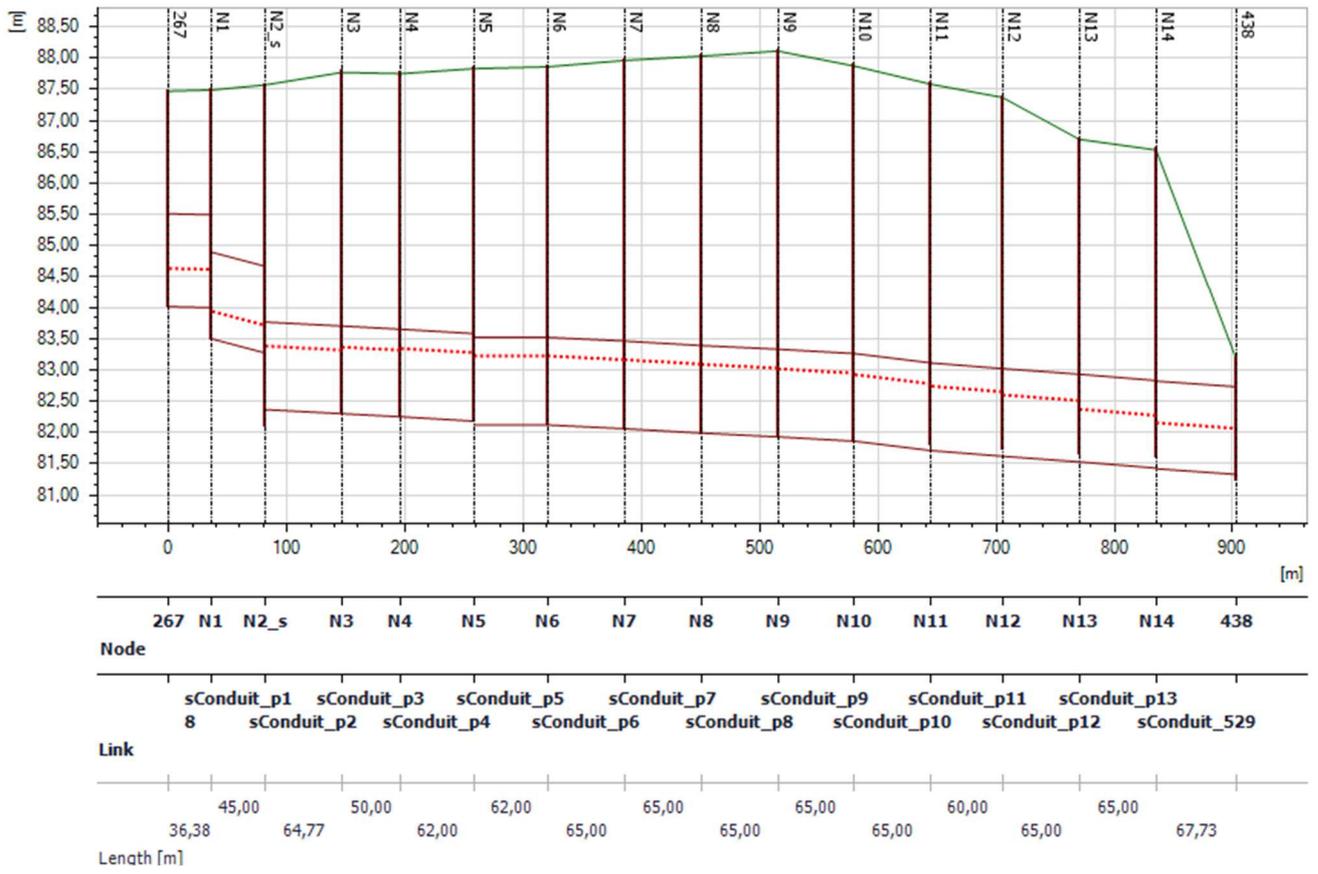


Figura 14: Profilo tratto in progetto. Massimi riempimenti attesi

4 INDIRIZZI DI PROGETTO

4.1 *Valutazioni di fattibilità tecnico-economica (Allegato I.7 D. Lgs. n. 36/2023)*

Trattandosi di un intervento di rifacimento e nuova realizzazione di condotte fognarie (abbandono di condotte esistenti che insistono su proprietà private), con riallacciamento delle tratte confluenti preesistenti e di tutti gli allacciamenti privati e caditoie stradali, si ritiene non vi siano alternative convenienti rispetto alla previsione di posa delle nuove condotte in sostituzione alle esistenti che quindi saranno scollegate e abbandonate al termine dei lavori. Si rimanda a eventuali valutazioni dell'Amministrazione Comunale la possibilità di riutilizzo delle vecchie condotte fognarie, anche se le condizioni di conservazione appaiono tali da sconsigliare tale possibilità. Si ritiene infine impraticabile la rimozione delle condotte dismesse dall'originaria sede di posa, in quanto tale attività presupporrebbe costi elevati di sezionamento, scavo e ripristino con il significativo allungamento dei tempi di lavoro e dell'impatto sulla cittadinanza, ed esporrebbe a significativi rischi di danneggiamento di proprietà private e di eventuali altri sottoservizi esistenti (es. linee elettriche, telefoniche, gas, fibra ottica) senza che da ciò ne derivi un reale beneficio ambientale.

4.2 *Inquadramento degli interventi previsti*

Ai fini del raggiungimento degli obiettivi illustrati, si ritiene necessario provvedere alla sostituzione con potenziamento di 910 m di un terminale fognario, localizzato a sud del centro urbano, che attraversa una serie di proprietà private e aree agricole parallelamente a via Scaldasole. Questa condotta ha sezione ovoidale di 90x135 cm; è posata con scorrimenti da un minimo di 3 metri fino a oltre 6 metri con una pendenza media è del 3 per mille.

La nuova condotta sarà posata per lo più al centro della carreggiata stradale di via Scaldasole partendo dall'incrocio tra via Cairoli e via Rossi, fino a ricollegarsi al terminale esistente all'interno dell'area del depuratore comunale. Verranno ricollegate le reti esistenti in via De Gasperi e quella proveniente da strada privata presso il civico 8 di via Scaldasole.

4.2.1 *Valutazioni sui materiali delle condotte fognarie*

Trattandosi di un terminale fognario principale di diametro considerevole, non vi sono molte alternative sulla scelta dei materiali adeguati in quanto le caratteristiche statiche, riferite soprattutto alla portanza della tubazione sono particolarmente stringenti sono limitate a: calcestruzzo o gres. Tra questi, il materiale che presenta il migliore compromesso tecnico-economico è il calcestruzzo, in elementi a sezione circolare da 2 metri, con giunzione a bicchiere provvisto di guarnizione di tenuta.

5 DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE

5.1 *Determinazione delle portate di progetto di origine civile e meteorica*

Il calcolo delle portate di origine civile viene effettuato con riferimento al carico generato dalle aree urbane in oggetto e alla dotazione idrica media annua (espressa in litri per abitante al giorno) della risorsa idropotabile immessa nel sistema acquedottistico a servizio del comune, calcolata sulla base dei dati storici del bilancio idrico di Pavia Acque al tempo disponibili.

Nel caso specifico, il carico del bacino in esame viene determinato sulla scorta della popolazione residente nel sottobacino 2 (alla stessa viene applicato un coefficiente incrementale di popolazione pari al 20% per considerare eventuali futuri sviluppi urbanistici) mentre il valore della dotazione idrica di progetto è stato calcolato come media del quadriennio 2016-2019, a partire dai dati consuntivati dei volumi di acqua immessa nella rete acquedottistica (valore cautelativamente superiore rispetto ai volumi rilevati dai contatori dell'utenza finale); si veda al riguardo la tabella seguente:

Anno	Acquedotto di Dorno		
	Volume immesso in rete [m ³]	Popolazione [ab.]	Dotazione idrica [l/(ab·d)]
2019	594 675	4632	352
2020	603 128	4556	363
2021	604 181	4522	366
2022	549 140	4528	332
Media periodo 2019-2022	587 781	4560	353

Calcolo della dotazione idrica di progetto

Per il calcolo della **portata nera media (Q_{nm})** si impiega la seguente relazione, assumendo la dotazione idrica sopra riportata:

$$Q_{nm} = \frac{dm \cdot P \cdot \phi}{86400} (l/s)$$

dove:

dm = dotazione idrica media annua (l/ab·d)

P = popolazione (ab)

ϕ = coefficiente di afflusso in fognatura, assunto pari a 0,8

Q_{nm} = portata nera media (l/s)

Il calcolo della **portata nera di punta (Q_{np})** viene effettuato applicando alla portata nera media un coefficiente di punta C_p calcolato mediante la formula di Koch di seguito riportata, dove Q_0 è la portata nera media in l/s mentre a e b sono due parametri che assumono il valore 1,5 e 2,5.

$$C_p = a + \frac{b}{Q_0^{0,5}}$$

Si specifica che il coefficiente di punta così calcolato può essere applicato, con risultati attendibili, per bacini di una certa entità (superiori a 200-300 a.e.), come quello in questione.

Essendo presente nell'area oggetto di intervento l'insediamento industriale della ditta Disano Illuminazione S.p.a., di dimensioni significative, il carico industriale viene stimato pari a circa 1/3 del carico industriale complessivo dell'agglomerato di Dorno (2506 AE – da fonte ATO "Individuazione e classificazione degli agglomerati", aggiornamento dicembre 2020).

Pertanto, la popolazione di progetto è pari a:

$$\text{Popolazione residente} + 1/3 \text{ AE Industriali Agglomerato} = 2943 + 1/3 \times 2506 = 3778 \text{ AE}$$

Nella tabella che segue sono illustrati i risultati dei calcoli inerenti le portate di origine civile:

Bacino di riferimento	Popolazione (a.e.)	Popolazione di progetto (a.e.)	Portate di progetto			
			Q _{nm} (l/s)	C _p	C _p applicato	Q _{np} (l/s)
Sottobacino 1	2943	3778	12,35	2,21	2,21	27,31

Calcolo delle portate generate nei bacini e sottobacini urbani

La stima delle portate di pioggia per l'area urbana ed in particolare il sottobacino1 è stata descritta in dettaglio nei capitoli 3 e 4 precedenti.

5.2 Dimensionamento idraulico delle condotte a pelo libero

Il dimensionamento idraulico delle condotte a pelo libero viene effettuato, secondo la normale prassi progettuale, ipotizzando condizioni di moto uniforme ed utilizzando la formula di Gauckler – Strickler:

$$Q = K_s \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

dove:

Q = portata di dimensionamento [m³/s]

K_s = parametro di scabrezza di Gauckler-Strickler tipico del materiale [m^{1/3}/s]

R = raggio idraulico [m]

A = area bagnata [m²]

i = pendenza del tronco in esame [m/m]

Le condotte vengono inoltre dimensionate nel rispetto di un grado di riempimento limite variabile in dipendenza delle dimensioni delle sezioni, ovvero:

$$d \leq 400 \text{ mm}, h/d \leq 0,5$$

$$d > 400 \text{ mm}, h/d \leq 0,7$$

Prevedendo l'utilizzo di tubazioni in calcestruzzo armato rivestite internamente, il valore di calcolo del coefficiente di conduttanza K_s (Strickler-Manning) viene posto pari a 80; la pendenza attribuita alle condotte tiene conto, da un lato, della necessità di dare pendenze sufficienti a garantire l'autolavaggio delle tubazioni in condizioni di tempo secco, dall'altro dai vincoli fisici rappresentati da quote di partenza e di arrivo prestabilite.

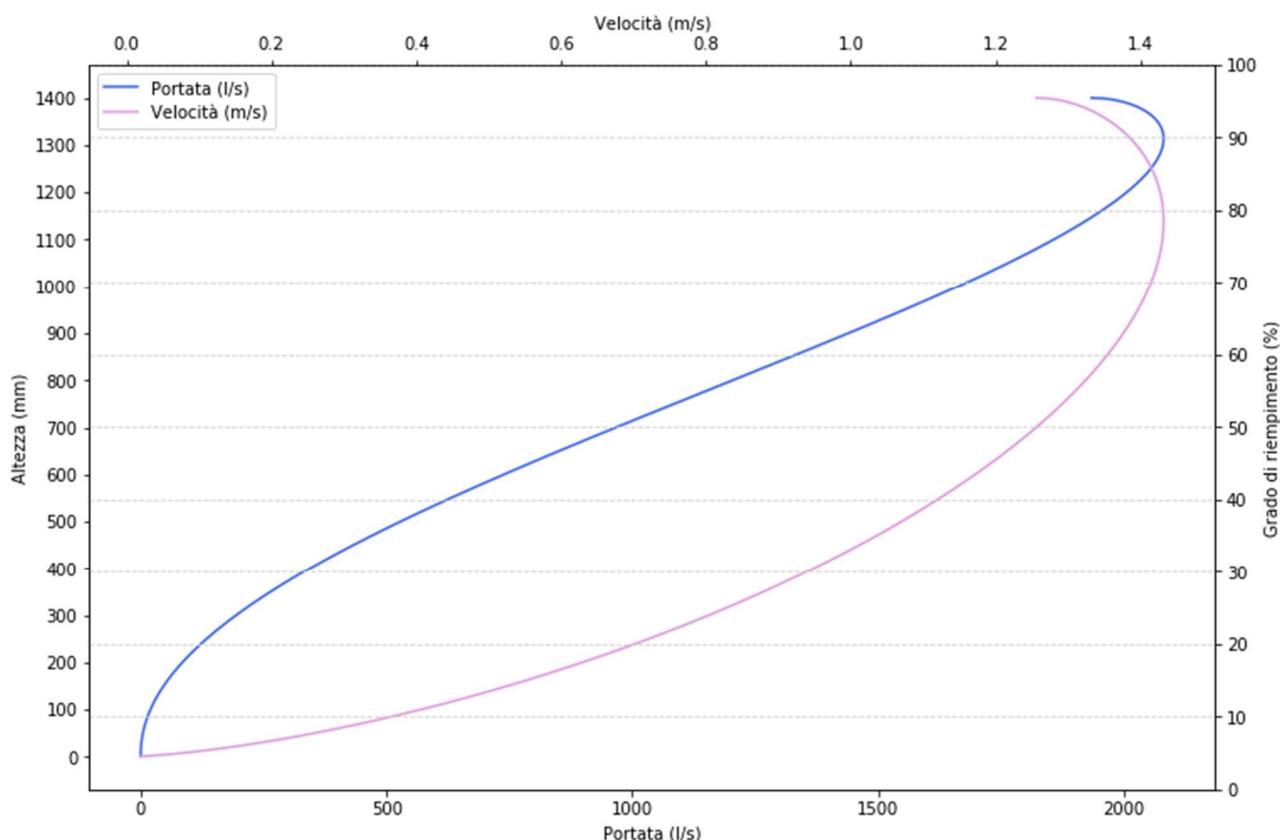
Il calcolo delle velocità di scorrimento in presenza della sola portata nera (cioè in tempo asciutto) viene effettuato, secondo la normale prassi progettuale, sulla base dei valori delle portate nere di punta Q_{np} (il calcolo ha infatti lo scopo di verificare se, almeno una volta al giorno in occasione delle portate nere di punta, le velocità di scorrimento sono tali da garantire l'autolavaggio delle tubazioni, ovvero la ripresa in sospensione ed il trascinarsi verso valle del materiale sedimentato

nei momenti in cui le portate, e quindi le velocità, sono molto basse); ai fini della verifica del corretto dimensionamento si prevede il rispetto di una velocità minima in condizioni di tempo asciutto indicativamente pari a 0,50 m/s.

Di seguito è riportata la scala di deflusso utilizzata e la tabella contenente i calcoli di dimensionamento della condotta in calcestruzzo armato.

Descrizione		Param.	UM	Valore	
Diametro della condotta (sez. circolare)		Di	mm	1400	
			m	1,4	
Superficie		A	m ²	1,54	
Perimetro		P	m	8,80	
Pendenza piano di scorrimento		i	per mille	0,001	
Coefficiente di scabrezza		K(s)		80	
Velocità massima di deflusso		v	m/s	1,432	
Portata massima teorica di deflusso		Q	l/s	2 080,188	
Altezza pelo libero m	Grado riempimento %	Raggio idraulico m	Velocità m/s	Portata l/s	
0,0100	1%	0,0066	0,089	0,141	
0,0300	2%	0,0198	0,185	1,508	
0,0800	6%	0,0519	0,352	12,348	
0,1000	7%	0,0644	0,407	19,843	
0,1163	8%	0,0745	0,448	27,317	
0,2000	14%	0,1243	0,630	84,995	
0,3000	21%	0,1795	0,805	194,693	
0,4800	34%	0,2665	1,048	489,129	
0,5000	36%	0,2752	1,070	528,255	
0,5200	37%	0,2836	1,092	568,448	
0,5400	39%	0,2919	1,113	609,642	
0,5600	40%	0,2999	1,134	651,772	
0,5800	41%	0,3077	1,153	694,770	
0,6000	43%	0,3153	1,172	738,569	
0,6200	44%	0,3227	1,190	783,098	
0,6400	46%	0,3299	1,208	828,286	
0,6600	47%	0,3368	1,225	874,058	
0,6800	49%	0,3435	1,241	920,340	
0,7000	50%	0,3500	1,256	967,055	
0,7200	51%	0,3562	1,271	1 014,126	
0,7400	53%	0,3623	1,286	1 061,473	
0,7600	54%	0,3680	1,299	1.109,013	
0,7800	56%	0,3736	1,312	1.156,664	
0,8000	57%	0,3789	1,325	1.204,339	
0,8200	59%	0,3839	1,336	1.251,952	
0,8400	60%	0,3887	1,347	1.299,413	
0,8600	61%	0,3932	1,358	1.346,630	
0,8800	63%	0,3975	1,368	1.393,508	
0,9000	64%	0,4015	1,377	1.439,951	
0,9200	66%	0,4052	1,385	1.485,857	
0,9400	67%	0,4087	1,393	1.531,125	
0,9600	69%	0,4119	1,400	1.575,646	
0,9800	70%	0,4147	1,407	1.619,310	
1,0000	71%	0,4173	1,413	1.662,002	
1,0200	73%	0,4196	1,418	1.703,601	
1,0400	74%	0,4215	1,422	1.743,981	
1,0600	76%	0,4231	1,426	1.783,009	
1,0800	77%	0,4244	1,429	1.820,544	
1,1000	79%	0,4253	1,431	1.856,438	
1,1200	80%	0,4259	1,432	1 890,529	

1,1800	84%	0,4251	1,430	1 980,164
1,2000	86%	0,4239	1,428	2 005,123
1,2200	87%	0,4223	1,424	2 027,198
1,2400	89%	0,4201	1,419	2 046,074
1,2600	90%	0,4173	1,413	2 061,370
1,2800	91%	0,4137	1,405	2 072,610
1,3000	93%	0,4094	1,395	2 079,172
1,3200	94%	0,4041	1,383	2 080,188
1,3400	96%	0,3976	1,368	2 074,329
1,3600	97%	0,3892	1,349	2 059,233
1,3800	99%	0,3778	1,322	2 029,364
1,4000	100%	0,3500	1,256	1 934,111



6 INDICAZIONI PRELIMINARI DI CARATTERE GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO

La disamina degli aspetti geologici, idrogeologici e sismici di interesse viene effettuata richiamando i documenti di pianificazione territoriale e relativi studi geologici del comune di Dorno, con particolare riferimento alla “Componente geologica – adeguamento sismico” della Variante Generale al PGT pubblicato il 10/09/2019.

Il territorio comunale di Dorno si colloca entro il contesto sedimentologico della pianura padana, caratterizzato dalla presenza di elevati spessori di depositi continentali; entro tale ambito di inquadramento locale, la presenza ad Ovest dei limiti amministrativi della valle del torrente Terdoppio, consente di differenziare la morfologia e sedimentologia principalmente evidenziando un dislivello altimetrico areale che delimita la paleovalle, senza che siano presenti significativi orli di terrazzo riconducibili alle fasi alluvionali.

L’ambito del livello fondamentale della pianura è impostato sui cicli fluvioglaciali; tali cicli, di cui il Wurm rappresenta l’ultima

fase, corrispondono al periodo quaternario di alluvionamento successivo al Villafranchiano e coincidono con l'alternarsi di pulsazioni climatiche calde e fredde, correlabili direttamente con le azioni di avanzamento ed arretramento delle fronti glaciali con apporto ed accumulo di sedimenti durante i cicli freddi (glaciali o stadiali) e terrazzamento erosivo durante i periodi caldi (interglaciale o interstadiale).

Nel tratto di pianura oggetto del presente progetto, il reticolo idrografico superficiale ha uno sviluppo regolare, con predominanza dei corsi d'acqua a regime fluviale (acque defluenti tutto l'anno) sia di origine artificiale che naturale. Nella medesima zona è inoltre in funzione un fitto sistema di canali secondari artificiali non rivestiti, la cui alimentazione è strettamente dipendente dai periodici apporti dei succitati corpi idrici, per l'irrigazione delle locali colture agricole, risicole in particolare.

Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici, nell'ambito comunale esistono depositi continentali quaternari di spessore variabile che sono sede di acquiferi più o meno liberi o confinati, secondo un sistema acquifero multifalda.

Il primo tipo di deposito è essenzialmente sabbioso e presenta rari livelli argillosi e limosi, il secondo è caratterizzato da più livelli sabbiosi, non continui, intercalati in un complesso prevalente a carattere limoso-argilloso semipermeabile.

Il primo tipo di deposito risulta in generale ad elevata permeabilità e consente una cospicua alimentazione superficiale favorendo una ingente circolazione sotterranea, il secondo tipo di deposito risulta idrologicamente comunicante con il primo, tuttavia il tipo di regime idrodinamico appare a differenti modalità.

Più in dettaglio il deflusso delle acque sotterranee del corpo alluvionale superiore appare parallelo ed assimilabile a quello dell'idrografia superficiale (vergenza generale verso il Po) mentre le direzioni degli acquiferi sottostanti appaiono molto variabili fino ad essere quasi oblique rispetto all'idrografia.

Nell'area comunale situata a quote inferiori del piano generale terrazzato, si rinvengono superficialmente i sedimenti fluviali Olocenici; essi sono rappresentati da litotipi molto eterogenei (sabbie e ghiaie ed argille) che si alternano e sia in senso verticale che orizzontale.

Lo studio Idrogeologico evidenzia una soggiacenza media della falda freatica: a-5-7 m sotto il p.c. per i terreni posti al di sopra del Piano Generale Terrazzato e 1-3 m sotto il p.c. nei terreni della vallata del Torrente Terdoppio; comunque è importante far notare che queste profondità risentono di oscillazioni stagionali anche di alcuni metri, tali oscillazioni dipendono sia dalle precipitazioni che dalle perdite dei canali artificiali e dal notevole apporto derivato dall'irrigazione delle colture risicole.

Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica dei terreni, nell'ambito del territorio comunale, sono state eseguite in passato una serie di prove geotecniche. I dati provenienti dalle prove, reperiti in parte da pubblicazioni esistenti e in parte da studi condotti per edifici privati, hanno consentito una ricostruzione geologico tecnica di una fascia di sottosuolo compresa tra 10-15 m a partire dal piano campagna attuale.

Dall'incrocio delle varie carte tematiche elaborate ed illustrate nella presente relazione è stata prodotta una carta di sintesi che raccoglie in gruppi ed analiticamente le porzioni di territorio aventi caratteristiche assimilabili dal punto di vista delle proprietà geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche.

In tale ottica sono state individuate le classi principali di fattibilità geologica, e che comprende porzioni di territorio aventi caratteristiche geologiche assimilabili.

LEGENDA

CLASSI DI FATTIBILITA'



Classe II - fattibilità con modeste limitazioni



Classe III - fattibilità con consistenti limitazioni

IIIa - Fascia rispetto pari a 200 m di raggio
dal punto di captazione dei pozzi acquedottistici

IIIb - Dossi, aree di consolidamento dei caratteri naturalistici (PTCP),
aree di elevato contenuto naturalistico (PTCP),
emergenze naturalistiche (PTCP)

IIIc - Aree di cava



Classe IV - fattibilità con gravi limitazioni

IVa - Zona di tutela assoluta pari a 10 m di raggio dal punto di
captazione dei pozzi acquedottistici

IVb - Aree potenzialmente inondabili

IVc -  Rete idrografica minore naturale ed artificiale
Fascia di rispetto 5 m dal ciglio superiore

In particolare, per le aree interessate dall'intervento, la **classe II** comprende le aree poste al disopra del Piano Generale Terrazzato ed interessano i terreni appartenenti al Fluviale Wurm, non esistono particolari controindicazioni di carattere geologico all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione d'uso delle parcelle, ma limitate richieste di indagine. L'acquisizione di dati geologico-tecnici di maggior dettaglio dovranno permettere la definizione della situazione idrogeologica locale e la caratterizzazione geotecnica dei terreni destinati a nuove fondazioni per insediamenti abitativi.

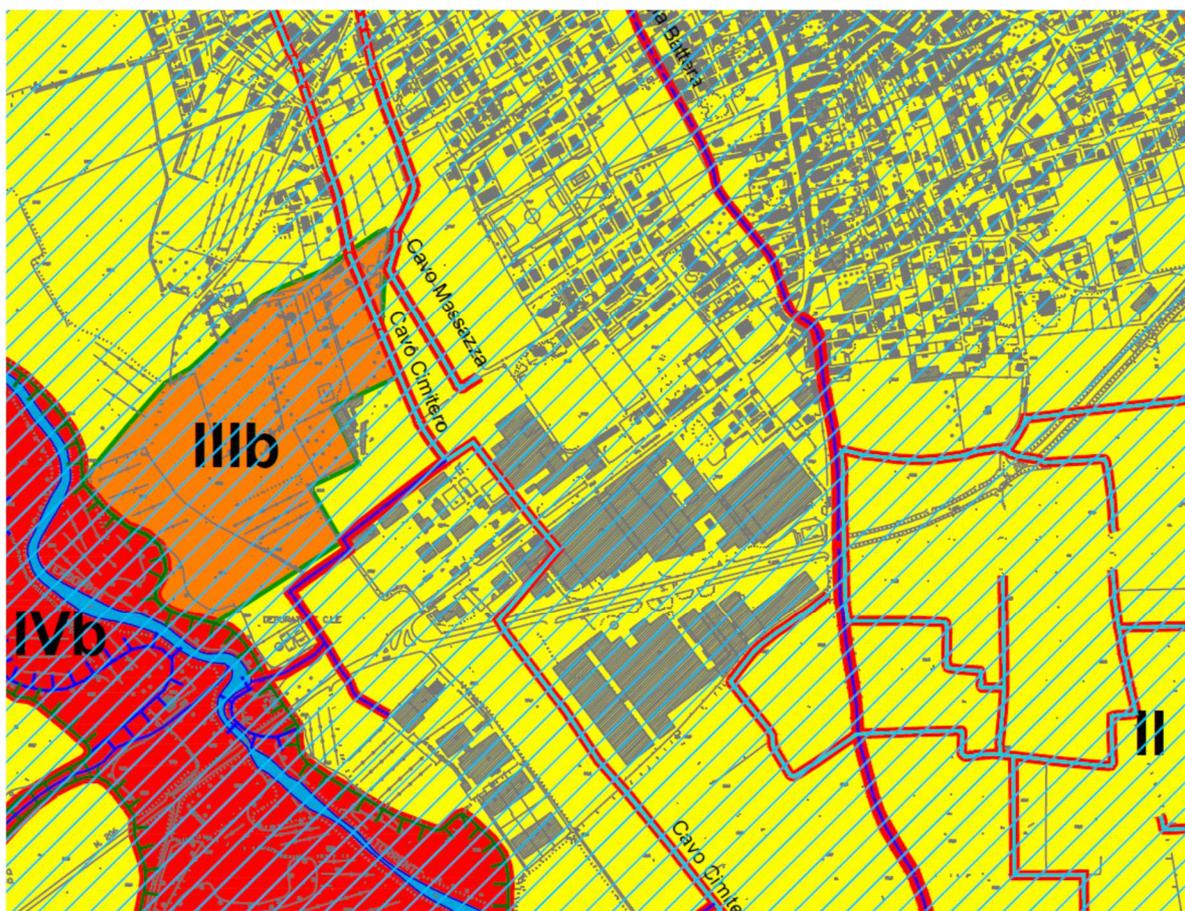


Figura 15 Individuazione delle classi di fattibilità intorno alle aree oggetto di intervento

Per le aree poste i fregio alle rogge presenti sul territorio comunale, prima di qualunque intervento si dovranno valutare le seguenti problematiche:

- Problemi di esondazione delle rogge stesse;
- Problemi di stabilità delle sponde;
- Problemi relativi alle scadenti proprietà geotecniche dei terreni di fondazione;
- Problemi di ristagno delle acque nonché della bassa soggiacenza;
- Problemi relativi alla vulnerabilità degli acquiferi.

Relativamente alla componente sismica, è stata realizzata una “Carta della sismicità” del Comune di Dorno, nella quale sono individuate le aree passibili di amplificazione sismica, sulla base di osservazioni geologiche e di dati esistenti.

Gli effetti di sito o di amplificazione sismica locale interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall’insieme delle modifiche di ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l’attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell’interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Nella "Carta della pericolosità sismica locale", secondo le direttive della "Deliberazione della Giunta Regione Lombardia 28 maggio 2008 n. 8/7374", deve essere riportata la perimetrazione areale (e lineare per gli scenari Z3a, Z3b e Z5) delle diverse situazioni tipo in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree di Pericolosità Sismica Locale - PSL).

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco ad-densati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite -arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide del-tizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Figura 16 Scenari di pericolosità sismica locale individuati dalla D.G.R. 8/1566 del 22/12/2005 (Regione Lombardia)

Nell'area Comune di Dorno è presente solo:

* **Z4a**: zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi.

In quanto il fondo valle del torrente Terdoppio ha un'altezza minore di 10m dal piano generale terrazzato

7 DISPONIBILITA' DELLE AREE

Gli interventi in progetto insistono prevalentemente su aree pubbliche destinate a viabilità locale (Via Scaldasole, Via De Gasperi e vie laterali); sarà cura di Pavia Acque richiedere ed ottenere per tempo dagli enti pubblici coinvolti le necessarie autorizzazioni.

Essendo interessate anche aree agricole di proprietà privata su cui sono già presenti terminali fognari, al presente fascicolo progettuale viene comunque allegato uno specifico Piano Particellare di Esproprio e Asservimento.

8 VALUTAZIONE DI INCIDENZA DELLA MANODOPERA SUI LAVORI

Si riporta la seguente tabella per la valutazione dell'incidenza della manodopera sui lavori oggetto del presente progetto:

Lavorazioni	Importi	Percentuale	Incidenza % manodopera	Importo manodopera	% Incidenza manodopera sui lavori
	(euro)			(euro)	
Demolizioni e scavi	403 784,67	34,04%	42,85%	173 014,69	14,58%
Sottofondi, rinfianchi, riempimenti e rinterrì	220 014,62	18,55%	18,49%	40 680,84	3,43%
Fornitura e posa in opera di tubazioni e relativi pezzi speciali	452 774,13	38,16%	17,38%	78 675,58	6,63%
Ripristini stradali	73 006,74	6,15%	19,84%	14 484,67	1,22%
Opere in economia	36 784,00	3,10%	55,85%	20 542,63	1,73%
Importo dei lavori	1 186 364,16	100,00%		327 398,41	27,60%

Incidenza della manodopera sui lavori - categoria OG6 27,60%

9 APPLICABILITA' NORMATIVA SULLA SICUREZZA D.LGS. 81/08 - TITOLO IV

Le opere oggetto del presente progetto rientrano nel campo di applicazione del Capo I, Titolo IV del Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in quanto comprese tra le tipologie di lavoro previste dall'allegato X Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 - Elenco dei lavori edili o di ingegneria civile di cui all'articolo 89 comma 1, lettera a). Data la presumibile presenza in cantiere di più imprese esecutrici ai sensi dell'art. 90 comma 2 del Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 è stato predisposto il Piano di Sicurezza e Coordinamento, presente tra gli allegati alla presente progettazione e sarà necessaria la nomina di Coordinatore per l'esecuzione dei lavori, in possesso dei requisiti di cui all'articolo 98.

Prima dell'inizio dei lavori si prevede la trasmissione della Notifica Preliminare all'Agenzia di Tutela della Salute (ATS) e alla Direzione Provinciale del Lavoro territorialmente competenti in quanto i lavori in oggetto rientrano tra i cantieri di cui all'articolo 90, comma 3 del Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81.

La stima dei costi di cui al punto 4 dell'allegato XV del Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 è riportata nel quadro economico di progetto e, suddivisa per singola voce, nel computo metrico estimativo.

Prima dell'inizio dei rispettivi lavori ciascuna impresa esecutrice dovrà trasmettere il proprio piano operativo di sicurezza all'impresa affidataria, la quale, previa verifica della congruenza rispetto al proprio, lo trasmetterà al coordinatore per l'esecuzione. I lavori hanno inizio dopo l'esito positivo delle suddette verifiche.

La determinazione dell'incidenza percentuale della manodopera è stata predisposta attraverso specifica analisi prezzi basata sul prezzario Regione Lombardia per il quale l'incidenza media percentuale della manodopera per la realizzazione delle opere in progetto può essere posta pari al 27,60% delle somme totali di appalto.

Sulla base di tali indicazioni le somme connesse alla manodopera possono essere poste pari ad euro 327.398,41

Al fine di verificare la necessità di trasmissione della notifica preliminare anche in presenza di una sola impresa (richiesta se il numero degli uomini-giorno è superiore o pari a 200) è stata computata la durata in uomini-giorno dell'intervento.

Elem.	Specifica dell'elemento considerato
A	Costo complessivo dell'opera
B	Incidenza presunta in % dei costi della mano d'opera sul costo complessivo dell'opera
C	Costo medio di un uomo - giorno

Il costo medio di un uomo - giorno è la media di costo tra l'operaio specializzato, l'operaio qualificato e l'operaio comune (manovale).

Operaio	Costo orario
Operaio specializzato, carpentiere, muratore, ferraiolo, autista	39,15 €
Operaio qualificato, aiuto carpentiere, aiuto muratore	36,42 €
Manovale specializzato, operaio comune	32,81 €
Valore Medio	36,13 €

Calcolo di un uomo – giorno	Calcolo
Ore di lavoro medie previste dal CCNL	8
Paga oraria media	36,13
Costo medio di un uomo – giorno (paga oraria media x 8 ore)	289,01
Costo medio di un uomo – giorno arrotondato per eccesso	290,00

In via convenzionale possiamo stabilire che il rapporto U-G è dato dalla seguente formula: rapporto U-G = (A x B)/C.

Importo lavori presunto	1 186 364,16	Valore (A)
Stima dell'incidenza della mano d'opera in %	27,60%	Valore (B)
Costo medio di un uomo – giorno	290,00	Valore (C)

Rapporto U-G = (A x B)/C = (€ 1.186.364,16 x 27,60%) / € 290,00 ≈ 1.129 uomini - giorno.

10 ATTI DI PROGRAMMAZIONE DI RIFERIMENTO

10.1 Piano d'ambito della Provincia di Pavia

Il presente progetto è sviluppato in conformità al Piano d'Ambito della Provincia di Pavia versione 2020, redatto ai sensi dell'art. 149 del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., approvato con Deliberazione del Consiglio Provinciale n. 4 del 28/01/2021 e approvato dalla Provincia di Pavia, quale ente di Governo d'Ambito (EGA), con Deliberazione di Consiglio Provinciale n. 7 del 11/02/2022.

L'investimento trova copertura principale nel Programma degli interventi 2020-2023 di Pavia Acque s.c.a r.l. all'interno della voce di investimento ID 240 R "Interventi di manutenzione straordinaria e programmata - prevalenza reti".

L'intervento è finanziato con risorse acquisite da Pavia Acque s.c.a r.l. e non gode di alcun tipo di finanziamento pubblico diverso dai ricavi di tariffa.

10.2 Prezzario utilizzato

Le voci relative all'Elenco Prezzi Unitari e al Computo Metrico Estimativo si riferiscono al prezzario di Regione Lombardia, come integrato e coordinato con il prezzario precedentemente in uso a Pavia Acque s.c.a r.l. per le voci nello stesso non presenti, approvato dal C.d.A. in data 08/03/2023, ed in subordine a specifiche analisi dei prezzi e/o a indagini di mercato svolte e concordate con la Direzione Generale Pavia Acque.

11 CONFORMITA' DELL'INTERVENTO AGLI ATTI DI PIANIFICAZIONE URBANISTICA

Il presente progetto è redatto in conformità alle indicazioni di pianificazione urbanistica attualmente vigenti nei territori comunali coinvolti.

Nello specifico l'intervento si configura come rinnovazione e potenziamento con dismissione di manufatti esistenti. Dal punto di vista prettamente urbanistico, l'intervento non comporta modifiche alle aree, pubbliche o private, rispetto alla condizione preesistente all'intervento.

Le opere previste in realizzazione non rientrano tra quelle sottoposte ad autorizzazione paesaggistica ai sensi del DPR 31/2017.

12 QUADRO ECONOMICO DI PROGETTO

Lavori	
A corpo	€ 0,00
A misura	€ 858 965,75

Manodopera	
A corpo	€ 0,00
A misura	€ 327 398,41

Sicurezza	
A corpo	€ 0,00
A misura	€ 123 635,84

Totale Lavori, Manodopera e Sicurezza € 1 310 000,00

Somme a disposizione	
Lavori e forniture previsti in progetto ed esclusi dall'appalto	€ 0,00
Rilievi, accertamenti e indagini	€ 1 181,79
Spese per pratiche autorizzative, manomissione suolo pubblico e copertura cauzioni	€ 2 000,00
Allacciamenti ai pubblici servizi	€ 0,00
Imprevisti (max 5%)	€ 36 058,21
Acquisizione aree/immobili e pertinenti indennizzi	€ 2 000,00
Spese tecniche esterne all'Amministrazione per progettazione, esecuzione e collaudo	€ 0,00
Spese per commissioni giudicatrici	€ 0,00
IVA 10%	€ 135 124,00
IVA 22%	€ 0,00

Riepilogo	
Lavori	€ 858 965,75
Manodopera	€ 327 398,41
Sicurezza	€ 123 635,84
Somme a disposizione	€ 176 364,00
Totale (IVA esclusa)	€ 1 351 240,00
Totale (IVA inclusa)	€ 1 486 364,00