

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO E DEL LAZIO
MERIDIONALE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E MECCANICA



CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA
CIVILE

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

SIMULAZIONE DI SISTEMI IDRICI REALI – IL CASO DI
STUDIO DELLA RETE FOGNARIA DI MASSA LUBRENSE

RELATORE

Prof. Ing. Angelo Leopardi

CANDIDATO

Roberto Colavecchio

MATR. 0034252

CORRELATORE

Ing. Marianna Panico (AGS SCARL)

ANNO ACCADEMICO 2012/2013

INDICE

INTRODUZIONE	1
--------------------	---

CAPITOLO 1

MODELLI DI SIMULAZIONE DELLE RETI FOGNARIE: SWMM

1.1 Premessa	3
1.2 Il software SWMM.....	5
1.3 Descrizione matematica del modello di calcolo (Dinamic Wave Routing)	5
1.4 Soluzioni generali per le condotte.....	7
1.5 Calcolo delle caratteristiche medie delle condotte	9
1.6 Calcolo dell'area di superficie	10
1.7 Condizioni di sovraccarico.....	10
1.8 Condizioni normali di flusso.....	12
1.9 Onda cinematica (Kinematic Wave).....	12
1.10 Deflusso stazionario (Steady Flow).....	12

CAPITOLO 2

DESCRIZIONE DEL DOMINIO DEL SISTEMA IDRICO

2.1 Premessa	14
2.2 Modellazione dei componenti fisici di una rete fognaria in SWMM.....	14

CAPITOLO 3

IL CASO DI STUDIO : LA RETE FOGNARIA DI MASSA LUBRENSE (NA)

3.1 Gli Ambiti Territoriali Ottimali della regione Campania	20
3.2 Struttura dell'ATO3 Sarnese-Vesuviano	21
3.3 Inquadramento del Comune di Massa Lubrense	23
3.4 Descrizione della rete fognaria di Massa Lubrense	25
3.5 Caratteristiche dei collettori fognari	27
3.6 Impianti di sollevamento	28
3.7 Sfiatori o scolmatori	30
3.8 Pozzetti	31

CAPITOLO 4

ANALISI DELLA BASE DATI

4.1 Premessa	33
4.2 Modalità di organizzazione e acquisizione dei dati aziendali.....	34
4.3 Analisi delle criticità riscontrate e proposta di eventuali soluzioni	36
4.4 Contenuti dell'allegato in formato digitale	42

CAPITOLO 5

ELABORAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO

5.1 Premessa.....	43
-------------------	----

5.2 Schematizzazione della rete fognaria in SWMM	43
5.3 Determinazione delle portate richieste ai nodi 50.....	44
5.4 Assegnazione del Pattern.....	54
5.5 Risultati della simulazione.....	55
 CONCLUSIONI.....	 69
 BIBLIOGRAFIA.....	 71
 SITOGRAFIA	 72
 ALLEGATO A	 73
 ALLEGATO B.....	 76

INTRODUZIONE

In questo lavoro di tesi si vogliono esaminare e valutare i problemi che si riscontrano nella realizzazione di un modello di simulazione idraulica di un sistema reale, partendo dall'analisi dei dati effettivamente disponibili presso un gestore del SII. La modellazione di una rete di drenaggio urbano consiste nella creazione di un modello matematico il cui fine è quello di rappresentare, nella maniera più attendibile possibile, il funzionamento reale della rete. A tale scopo, si è scelto di analizzare la rete fognaria di Massa Lubrense (NA) facendo riferimento ai dati contenuti nei diversi database aziendali dell' AceaGori Servizi s.c.a.r.l. di Pomigliano d'Arco, società che svolge compiti di ingegneria e servizi per conto del Gestore del SII dell'ATO3 Campania, GORI spa. Per la simulazione idraulica si è utilizzato il software SWMM (Storm Water Management Model) che consente la simulazione dinamica della trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi nella rete di drenaggio nonché quella del deflusso attraverso lo stesso. SWMM è utilizzabile sia per un singolo evento che per simulazioni di lungo periodo della quantità e della qualità dei deflussi urbani. La realizzazione di un modello di simulazione idraulica prevede la conoscenza di alcuni parametri fondamentali necessari per la ricostruzione della rete, in particolare la struttura topologica, la posizione di tutti gli elementi fisici presenti sul territorio, le caratteristiche funzionali e geometriche dei medesimi; inoltre è necessario conoscere anche la componente idrologica (caratteristiche delle precipitazioni e caratteristiche dei bacini idrografici) dell'area considerata. La maggior parte dei dati aziendali del Gestore dell'ATO3 Campania, sono contenuti all'interno del database del GIS (Geographic Information System) che racchiude le informazioni necessarie alla ricostruzione della rete fognaria in SWMM (la geometria dei collettori, la profondità rispetto al piano campagna, la posizione dei manufatti con le relative caratteristiche funzionali), ma anche

all'interno del database del SIU (Sistema informativo Utenze), in cui sono presenti i consumi delle utenze; altri dati sono disponibili anche dal telecontrollo il quale permette di avere informazioni in tempo reale ed aggiornate attraverso il monitoraggio delle diverse componenti impiantistiche. Per poter realizzare il modello è stato necessario elaborare le informazioni estratte dai database poiché, il formato esistente, non consentiva un agevole inserimento all'interno del software. Il lavoro è stato quindi suddiviso in diverse fasi: una prima fase di descrizione matematica del modello idraulico, delle equazioni che sono alla base e di come sono stati modellati tutti i componenti fisici presenti nella rete fognaria(CAP.1 e CAP.2); una seconda fase di esposizione dell' organizzazione dell' ATO ed in particolare dell' ATO 3 Sarnese-Vesuviano e della rete fognaria di Massa Lubrense(CAP.3); un'ultima fase relativa alla descrizione dei database aziendali, alle modalità di acquisizione dati e le relative criticità riscontrate nel loro reperimento terminando con la simulazione della rete fognaria ed i relativi risultati(CAP.4 e CAP.5).

CAPITOLO 1

MODELLI DI SIMULAZIONE DELLE RETI FOGNARIE: SWMM

1.1 Premessa

I modelli matematici vengono utilizzati per l'interpretazione di fenomeni fisici ed in particolare, nel caso delle reti di drenaggio urbano, per la valutazione delle portate nel tempo, dei tiranti idrici e di eventuali inquinanti trasportati. Possono essere utilizzati sia in fase di progettazione che per la verifica di reti esistenti e presentano un diverso grado di dettaglio a seconda dei processi idrologici esaminati e del tipo di approccio utilizzato.

1.2 Il software SWMM

L'Epa Storm Water Management Model (SWMM) è un modello per la simulazione dinamica delle trasformazioni afflussi deflussi utilizzabile sia per il singolo evento che per simulazioni di lungo periodo della quantità e qualità dei deflussi urbani; viene utilizzato sia in fase di progettazione sia per l'analisi di eventi di precipitazione eccezionali, fognature miste, fognature sanitarie e altre reti di fognatura nelle aree urbane; esso rappresenta i vari processi idrologici che producono il deflusso delle aree urbane. Questi includono:

- precipitazioni;
- evaporazione d'acqua;
- accumulo e scioglimento della neve;
- infiltrazione di pioggia negli strati insaturi del terreno;
- percolazione di acqua infiltrata negli strati dell'acqua freatica;
- interflow tra acqua freatica e la rete di fognatura.

Esso implementa i principi di conservazione della massa, energia e quantità di moto e permette di effettuare calcoli e simulazioni di tipo idraulico, grazie all'integrazione e alla risoluzione delle equazioni di De Saint Venant , su una rete di canali o condotte sollecitata da fenomeni meteorici; inoltre concettualizza un sistema di drenaggio come una serie di flussi di acqua e materiale tra i diversi comparti ambientali:

Comparto “*atmosfera*”: in cui vengono definiti i valori di pioggia che la simulazione utilizza per le precipitazioni sul bacino.

Comparto “*territorio*”: può essere rappresentato attraverso uno o più sottobacini; esso riceve le precipitazioni dal comparto atmosfera, sotto forma di pioggia o neve; invia il deflusso sotto forma di infiltrazione al comparto groundwater.

Comparto “*groundwater*”: il quale riceve infiltrazione dal Territorio e trasferisce porzione degli efflussi al comparto trasporto.

Comparto “*trasporto*”: contiene una rete di elementi di convogliamento (canali, tubi, pompe e regolatori) e unità di archiviazione/trattamento che trasporta l'acqua ai nodi di uscita o all'impianto di trattamento. I componenti del comparto trasporto sono modellati con nodi e rami.

Nel software SWMM, il deflusso che si instaura all'interno di una condotta è governato dalle equazioni di conservazione della massa e del momento per moto gradualmente variato, portata variabile. Altra caratteristica importante è che SWMM è in grado di simulare la propagazione di piena con diversi metodi a seconda del grado di raffinatezza del calcolo che si vuole ottenere; le opzioni disponibili sono:

- *Dynamic Wave*
- *Kinematic Wave*
- *Steady Flow*

Il modello di propagazione della Dynamic Wave, considera le equazioni di Saint Venant complete consentendo di ottenere risultati più accurati da un punto di vista teorico senza introdurre alcuna approssimazione, cosa che invece accade utilizzando il metodo Steady Flow (moto uniforme) o il metodo della Kinematic Wave (onda cinematica). Per tutti i metodi elencati, il software utilizza l'equazione di Manning per rappresentare il legame tra portata, livello e pendenza.

1.3 Descrizione matematica del modello di calcolo (Dinamic Wave Routing)

SWMM è in grado di risolvere l'equazione di conservazione di massa e momento che governano il moto vario attraverso una rete di drenaggio e tubazioni. Queste equazioni, conosciute come le equazioni di Saint Venant possono essere espresse nel seguente modo per il flusso lungo una condotta individuale:

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

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

dove x è la distanza lungo la condotta, t il tempo, A è l'area della sezione trasversale, Q è la portata, H è il carico idraulico nella condotta, S_f è la perdita di carico per unità di lunghezza, h_L è la perdita di energia locale per unità di lunghezza del condotto e g è l'accelerazione di gravità. Per una sezione trasversale, nota la geometria, l'area A è funzione nota della profondità che a sua volta può essere ottenuta dal carico idraulico H . Le variabili dipendenti di queste equazioni sono la portata Q e il carico idraulico H che sono funzioni dello spazio x e del tempo t ; la perdita di carico per unità di lunghezza S_f può essere espressa in termini di equazioni di Manning mediante la seguente relazione:

$$S_f = \frac{n^2 V |V|}{k^2 R^{\frac{4}{3}}}$$

dove n è il coefficiente di scabrezza di Manning, V è la velocità del flusso (pari al rapporto tra la portata Q e l'area della sezione trasversale A), R è il raggio idraulico della sezione trasversale del flusso e k è pari a 1,49 per le unità americane o pari ad 1 per le unità metriche. Il termine h_L può essere espresso come:

$$h_l = \frac{KV^2}{2gL}$$

Dove K è un coefficiente di perdita locale alla posizione x ed L è lunghezza del canale. Per poter risolvere le equazioni 1 e 2 relativamente ad un unico canale, è necessario conoscere le condizioni iniziali per H e Q al tempo 0, così come le condizioni al contorno in $x=0$ e $x=L$ per tutti i tempi t . Quando si analizza una rete di canali, è necessario inserire una relazione di continuità supplementare per i nodi di giunzione che collegano due o più condotte:

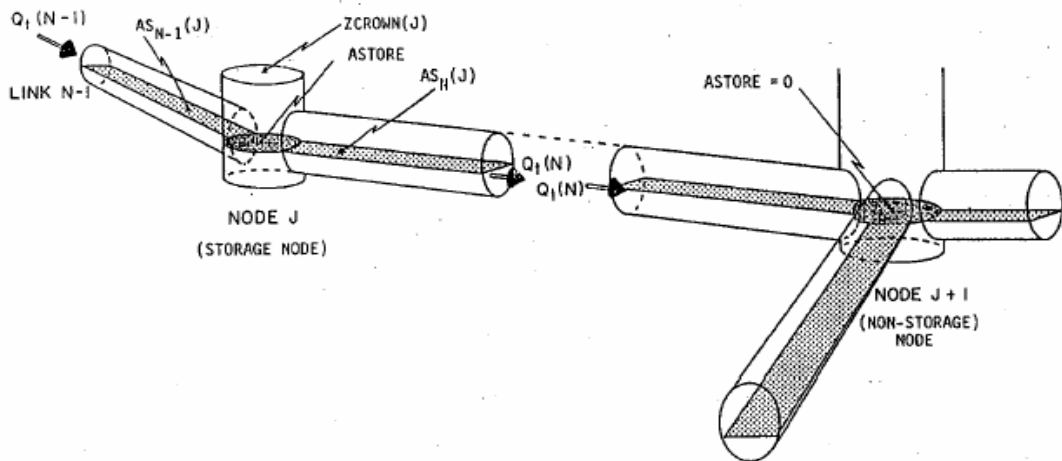


Figura 1: Node-Link Representation of a Drainage System in SWMM (from Roesner et al, 1992)

In SWMM la continuità del pelo libero si presuppone che esista tra il tirante al nodo e quello corrispondente alla condotta in uscita (si escludono i nodi a caduta libera). Il cambiamento nel pelo libero H al nodo al variare del tempo può essere espresso mediante la relazione:

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\sum Q}{A_{store} + \sum A_s} \quad (3)$$

Dove A_{store} è l'area liquida al nodo, $\sum A_s$ è la somma delle superfici liquide delle condotte connesse al nodo e $\sum Q$ è la portata netta all'interno del nodo (portate in arrivo e portate rilasciate), contributo di tutte le condotte connesse al nodo ed eventuali contributi esterni imposti.

1.4 Soluzioni generali per le condotte

Le equazioni (1) (2) e (3) sono risolte in SWMM trasformandole in una serie esplicita alle differenze finite che calcolano il flusso in ogni condotta ed il livello in ogni nodo al tempo $t+\Delta t$ come funzioni di valori noti nel tempo. L'equazione risolta per il flusso in ogni condotta è la seguente:

$$Q_{t+\Delta t} = \frac{Q_t + \Delta Q_{gravity} + \Delta Q_{internal}}{1 + \Delta Q_{friction} + \Delta Q_{losses}} \quad (4)$$

I singoli ΔQ sono stati così chiamati in tale modo in base al tipo di forze che rappresentano e sono dati dalle seguenti relazioni:

$$\begin{aligned} \Delta Q_{gravity} &= g \bar{A} \cdot (H_1 - H_2) \cdot \Delta t / L \\ \Delta Q_{inertial} &= 2 \bar{V} \cdot (\bar{A} - A_t) + V^2 \cdot (A_2 - A_1) \cdot \Delta t / L \end{aligned}$$

$$\Delta Q_{friction} = \frac{g \cdot n^2 \cdot |\bar{V}| \cdot \Delta t}{k^2 \cdot \bar{R}^{\frac{4}{3}}}$$

$$\Delta Q_{losses} = \frac{\sum_i K_i |V_i| \cdot \Delta t}{2L}$$

in cui:

\bar{A} = area liquida media nella condotta;

R = Raggio idraulico medio nella condotta;

\bar{V} = Velocità di flusso medio all'interno della condotta;

V_i = Velocità di flusso locale alla posizione i lungo la condotta;

K_i = Coefficiente di perdita locale alla posizione i lungo la condotta;

H_1 = Livello al nodo di monte della condotta;

H_2 = Livello al nodo di valle della condotta;

A_1 = Area trasversale all'estremità della condotta di monte;

A_2 = Area trasversale all'estremità della condotta di valle;

L'equazione risolta per il livello in ogni nodo è :

$$H_{t+\Delta t} = H_t + \frac{\Delta Vol}{(A_{store} + \sum A_s)_{t+\Delta t}} \quad (5)$$

dove ΔVol rappresenta il volume netto defluito attraverso il nodo dato dalla relazione:

$$\Delta Vol = 0,5 \cdot [(\sum Q)_t + (\sum Q)_{t+\Delta t}] \cdot \Delta t$$

Il modello SWMM risolve l'equazioni (4) e (5) con un metodo di approssimazioni successive, con la seguente procedura:

1. Una prima stima del flusso in ciascuna condotta al tempo $t+\Delta t$ è stata fatta risolvendo l'equazione (4) usando i livelli, le aree e le velocità trovate al tempo corrente t . In seguito lo stesso avviene per livelli mediante la valutazione dell'equazione (5) utilizzando i flussi appena calcolati. Queste soluzioni sono indicate come Q^{last} e H^{last} .

2. L'espressione (4) viene risolta nuovamente, inserendo i livelli, le aree e le velocità che appartengono ai valori Q^{last} e H^{last} appena calcolati. Un fattore Ω è impiegato per combinare il nuovo flusso stimato Q^{new} , con la stima precedente Q^{last} secondo l'equazione $Q^{new} = (1 - \Omega) \cdot Q^{last} + \Omega \cdot Q^{new}$ per produrre un valore aggiornato di Q^{new} ;
3. L'equazione (5) è risolta nuovamente per livelli impiegati per la stima di Q^{new} . Come per le portate, questa nuova soluzione per il livello, H^{new} è pesata con H^{last} per produrre una stima aggiornata per i livelli $H^{new} = (1 - \Omega) \cdot H^{last} + \Omega \cdot H^{new}$.
4. Se H^{new} è abbastanza vicino a H^{last} il processo si arresta con Q^{new} e H^{new} come soluzioni al tempo $t+\Delta t$. In caso contrario, H^{last} e Q^{last} vengono sostituiti rispettivamente con Q^{new} e H^{new} , ed il procedimento torna al punto 2.

Nell'implementare questa procedura, il programma impiega un fattore di relazione costante Ω di 0,5, una tolleranza di convergenza di 0,005 ai nodi, e limite il numero di iterazioni a quattro.

1.5 Calcolo delle caratteristiche medie delle condotte

La valutazione della portata, aggiornata mediante l'equazione (4), richiede valori per l'area media (\bar{A}), raggio idraulico (\bar{R}), e velocità (\bar{V}) in tutta la condotta in questione. Il programma calcola questi valori utilizzando i livelli $H1$ e $H2$ alle due estremità della condotta, da cui derivano i valori corrispondenti dei tiranti idrici $y1$ e $y2$. La profondità media (\bar{y}) è dunque calcolata facendo la media di questi valori ed è utilizzata nella sezione trasversale della condotta per calcolare il valore medio di (\bar{A}) e il raggio idraulico (\bar{R}). Il valore medio della velocità (\bar{V}) è determinato dal rapporto tra il flusso corrente e l'area media. Il programma limita questa velocità a valori non superiori a 15.25 m/s in valore assoluto, tale da non permettere alla frazione di flusso contenuta nell'eq.(4) di diventare illimitata. Quando la condotta è a caduta libera all'interno di uno dei nodi (cioè

quando il livello dell'acqua nel nodo è sotto la quota di fondo della condotta), la profondità alla fine della condotta è posta uguale al valore più piccolo tra la profondità critica e la profondità in condizioni di moto uniforme per la corrente attraverso la condotta.

1.6 Calcolo dell'area di superficie

L'area di superficie A_s che porta un contributo ai nodi, dipende dalle condizioni di flusso all'interno della condotta. In condizioni normali, è uguale alla media dell'ampiezza massima nei punti finali e centrali della condotta. Queste larghezze sono valutate prima che venga calcolato l'aggiornamento del flusso, impiegando i livelli y_1 e y_2 e (\bar{y}) discussi in precedenza. Se l'immissione in un nodo della condotta è a caduta libera (cioè se lo scorrimento della condotta è sopra il livello dell'acqua del nodo), allora la condotta non contribuisce. Per le condotte con sezioni trasversali chiuse (come ad esempio le condotte circolari) con gradi di riempimento maggiori del 96%, il programma utilizza un'ampiezza massima costante corrispondente ad un grado di riempimento del 96%. Inoltre, assegna un'area di superficie minima $A_{storemin}$ a tutti i nodi, comprese le giunzioni che normalmente non hanno volumi di invaso, in modo tale che l'eq.(5) non diventi illimitata. Il valore di default per quest'area minima è 1.156 m^2 .

1.7 Condizioni di sovraccarico

Il modello definisce il nodo in condizione di sovraccarico quando il livello dell'acqua supera la sommità dell'estradosso della condotta ad esso collegata. Sotto questa condizione la superficie liquida per condotte chiuse dovrebbe essere zero e l'equazione (3) non sarebbe più applicabile. Per risolvere questa situazione SWMM, impiega un'alternativa condizione di continuità al nodo, in modo tale che la parte di flusso fuoriuscito dal nodo sovraccarico deve essere equivalente al flusso in ingresso:

$$\sum Q = 0$$

Questa equazione risulta insufficiente per aggiornare i livelli ai nodi nel nuovo passo temporale, in quanto sono note le portate. In aggiunta, poiché le equazioni aggiornate delle portate e dei livelli per il sistema non sono risolte simultaneamente non c'è garanzia che questa condizione di sovraccarico venga mantenuta ai nodi dopo che è stata raggiunta la condizione di flusso. Per implementare la condizione di continuità, questa può essere espressa nella forma di equazione di perturbazione:

$$\sum \left[Q + \frac{\partial Q}{\partial H} \cdot \Delta H \right] = 0$$

in cui ΔH è l'aggiustamento al livello del nodo che deve essere effettuato per raggiungere la continuità di flusso. Soluzione per ΔH :

$$\Delta H = \frac{-\sum Q}{\sum \partial Q / \partial H} \quad (6)$$

dove dall'equazione (4) :

$$\frac{\partial Q}{\partial H} = \frac{-g \cdot \bar{A} \cdot \Delta t / L}{1 + \Delta Q_{friction} + \Delta Q_{losses}}$$

$\partial Q / \partial H$ ha segno negativo in testa poiché quando viene valutata la relazione $\sum Q = 0$, direzione di flusso in uscita dal nodo è considerato negativo mentre il flusso è considerato positivo se in entrata al nodo. Ogni volta che l'eq.(6) è applicata per aggiornare il livello in un nodo di sovraccarico, l'eq. (4) è rivalutata per fornire i flussi aggiornati per le condotte connesse al nodo. Questo processo continua finché non si raggiungono le condizioni di convergenza. Queste iterazioni di sovraccarico sono racchiuse in una serie di iterazioni delineate precedentemente. Ogni volta che i livelli devono essere calcolati per

approssimazioni successive l'eq.(6) è usata al posto dell'eq.(5) se un nodo è sovraccarico e non vengono eseguite le altre equazioni.

1.8 Condizioni normali di flusso

Il programma limita il flusso a valori non maggiori dell'equivalente valore calcolato con la relazione di Manning, per il tirante d'acqua a monte della condotta ogni qualvolta sussiste una delle seguenti condizioni:

- La pendenza della superficie dell'acqua è minore della pendenza della condotta;
- Il numero di Froude, basato sulla profondità dell'acqua su una delle due condotte è maggiore di uno.

Ogni condizione indica un regime di flusso supercritico. L'utente specifica quale dei due criteri applicare.

1.9 Onda cinematica (Kinematic Wave):

Nell'ipotesi in cui siano trascurabili sia i termini inerziali che il termine legato alle forze di pressione e nell'ipotesi di assenza di influssi laterali si ottiene una relazione semplificata dell'equazioni di De Saint Venant denominata "Onda Cinematica":

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

$$S_f = S_0$$

1.10 Deflusso stazionario (Steady Flow):

Il moto stazionario rappresenta la tipologia più semplice di deflusso. In tale situazione si ipotizza che, all'interno di ciascun passo temporale di calcolo, il

flusso sia uniforme e costante. In questo modo si ha una traduzione istantanea di un idrogramma dall'estremità di una condotta verso valle senza ritardo o cambiamento di forma; viene utilizzata l'equazione di Manning per rapportare la portata all'area o alla profondità. Risulta pertanto:

$$S_f = S_0$$

CAPITOLO 2

DESCRIZIONE DEL DOMINIO DEL SISTEMA FOGNARIO

2.1 Premessa

Una rete fognaria è definita come l'insieme delle canalizzazioni generalmente sotterranee atte a raccogliere ed allontanare da un complesso urbano le acque superficiali e quelle che provengono dalle attività umane in genere. Una rete fognaria si dice a sistema misto quando raccoglie nella stessa canalizzazione sia le acque di tempo asciutto sia quelle di pioggia; si dice a sistema separato se le acque di uso domestico (acque nere) vengono raccolte in un apposita rete distinta da quelle che raccoglie le acque di scorrimento superficiale (acque bianche). Il software SWMM (Storm Water Managment Model) rappresenta un modello di simulazione dinamica afflussi-deflussi utilizzato per un singolo evento e per simulazioni di lungo periodo relative alla quantità e alla qualità del deflusso di aree prevalentemente urbane. Il corretto funzionamento prevede la conoscenza di alcuni parametri fondamentali per la ricostruzione della rete, in particolare la struttura topologica, la posizione di tutti gli elementi fisici presenti sul territorio, le caratteristiche funzionali e geometriche dei medesimi; inoltre è necessario conoscere anche la componente idrologica (caratteristiche delle precipitazioni e caratteristiche dei bacini idrografici) dell'area considerata.

2.2 Modellazione dei componenti fisici di una rete fognaria in SWMM

Per la modellazione di una rete di drenaggio urbano è necessario definire gli elementi costituenti. All'interno di SWMM, una rete fognaria è rappresentata da una serie di rami collegati tra loro da nodi; in particolare , ad ogni elemento in

SWMM corrisponde un elemento rappresentativo del sistema fognario quale un pozzetto, uno scarico, uno sfioratore, un impianto di sollevamento; ognuno di essi è caratterizzato da parametri di input che devono essere definiti per poter rappresentare uno schema di rete fognaria reale. Gli elementi che caratterizzano una rete fognaria all'interno di SWMM possono essere puntuali o che necessitano di almeno due nodi (iniziale e finale) per poter essere definiti; gli elementi puntuali possono essere:

- Nodo (JUNCTION): costituiscono la connessione tra due o più collettori; ognuno di esso può descrivere una variazione di pendenza o la variazione della sezione di un canale, un pozzetto, un punto di immissione di portata; inoltre, se essi sono rappresentativi della connessione tra due o più collettori, i principali parametri di input necessari a caratterizzarli sono: la quota del fondo, la profondità rispetto alla superficie, eventuali portate immesse.
- Scarico (OUTFALL): se i nodi rappresentano i punti terminali della rete di drenaggio come ad esempio gli scarichi tra i parametri di input devono essere inseriti: la quota fondo del nodo, la presenza di un'eventuale paratoia che impedisca l'inversione del flusso e le condizioni al contorno (bisogna specificare se lo scarico è libero, a portata costante o variabile); a questa tipologia di nodi può essere collegato soltanto un tratto.
- Separatore di portata (DIVIDER): sono nodi in grado di descrivere come avviene la divisione o separazione di portata; Tra i principali parametri di input si hanno: la quota del fondo, la profondità rispetto alla superficie, eventuali portate immesse e le condizioni al contorno (cioè se la portata viene separata quando oltrepassa un certo valore, oppure se vengono deviate le portate eccedenti la capacità del canale; la separazione di portata può essere anche rappresentata anche con un'assegnata funzione

tabellare; inoltre è possibile utilizzare l'equazione di uno stramazzo per calcolare la portata deviata).

- Vasca di accumulo (STORAGE UNIT): è rappresentata da un elemento nodale con capacità di accumulo; può rappresentare ad esempio una vasca volano o un bacino di raccolta; i principali parametri di input necessari a descrivere una vasca di accumulo sono: la quota di fondo, il massimo riempimento, il legame tra area e tirante idrico, l'evaporazione potenziale.

Per quanto riguarda invece gli elementi non puntuali, per poterli definire, è necessario avere un nodo d'ingresso e un nodo di uscita; in particolare si possono avere:

- Canale (CONDUIT): è rappresentativo di un canale che permette il transito di portata da un nodo all'altro; ogni canale è costituito da caratteristiche costanti quali ad esempio la sezione, la pendenza, la scabrezza; inoltre è possibile scegliere diverse forme di sezione trasversale: aperte, chiuse o di forma irregolare. Inoltre SWMM utilizza l'equazione di Manning per esprimere la relazione tra portata, sezione trasversale, raggio idraulico e pendenza:

$$Q = \frac{1.49}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{S}$$

dove:

Q è la portata;

A è la sezione trasversale;

R è il raggio idraulico;

S è la pendenza;

n è il coefficiente di scabrezza di Manning.

Tra i principali parametri di input si hanno: nodo iniziale, nodo finale, le quote di estremità delle sezioni del condotto, lunghezza, geometria della sezione trasversale, scabrezza di Manning, perdite di carico in ingresso e uscita, presenza di una paratoia per prevenire l'inversione del flusso.

- Impianti di sollevamento (PUMP): vengono utilizzati per poter convogliare una certa portata da una quota minore ad una quota maggiore; i principali parametri richiesti per poter definire una pompa sono: nodo d'ingresso e di uscita, il suo stato iniziale (accesa o spenta), e la curva caratteristica; per quanto concerne quest'ultimo aspetto è possibile definirla con diverse funzioni, come ad esempio carico-portata, volume-portata, riempimento-portata.

I Regolatori di portata (FLOW REGULETOR) sono strutture o dispositivi utilizzati per controllare e deviare le portate all'interno di un sistema di drenaggio. SWMM è in grado di modellare diverse tipologie di regolatori di portata:

- ORIFICES: è in grado di far uscire da una condotta o da un serbatoio una certa portata calcolata con la relazione delle luci a battente:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2gh}$$

in cui Q è la portata uscente, C è il coefficiente d'efflusso, A l'area della sezione di sbocco, g è l'accelerazione di gravità e h rappresenta il carico. I principali parametri di input sono: nodo d'ingresso e d'uscita, configurazione (sul fondo o laterale), forma (circolare o rettangolare), altezza al di sopra del fondo del nodo, coefficiente di portata.

- WEIRS: permettono di rappresentare gli sfioratori o scolmatori; possono assumere diverse configurazioni come ad esempio: laterale, frontale o trapezoidale. I principali parametri di input sono: nodo d'ingresso e

d'uscita, forma e geometria, altezza della soglia al di sopra del fondo del nodo e il coefficiente di portata.

- OUTLET: sono tipicamente utilizzati per controllare gli efflussi dalle vasche di accumulo; sono utilizzati anche per modellare particolari relazioni carico-portata che non possono essere caratterizzate da pompe, orifices o weirs. I principali parametri di input sono: nodo d'ingresso e d'uscita, altezza al di sopra del fondo del nodo, funzione o tabella rappresentativa della relazione carico-portata.

In SWMM inoltre, c'è la possibilità di definire e modellare le legge di pioggia:

- Pluviometri (RAIN GAGES): mediante il quale è possibile simulare l'evento piovoso; i dati di pioggia possono essere introdotti come una serie temporale direttamente nel programma, oppure mediante un file esterno. Tra i principali parametri necessari per definire la legge di pioggia si hanno: tipologia dei dati (intensità, volume o volume cumulato), registrazione dell'intervallo temporale (ad esempio di quindici minuti), fonte dei dati di pioggia (serie temporale o file esterno).
- Sottobacini (SUBCATCHMENTS): sono delle unità idrologiche che delimitano le superfici drenanti a ciascun nodo; per poterli definire è necessario dividere la zona di studio in sottobacini e identificare il punto di sbocco di ciascuno di essi; inoltre possono essere suddivisi in aree permeabili e impermeabili e ad ogni bacino può essere associata una legge di pioggia con diverse caratteristiche. Lo scorrimento superficiale è studiato secondo l'equazione di Manning e quella di continuità, mentre l'infiltrazione delle precipitazioni dalla zona permeabile può essere descritta utilizzando tre modelli principali: Horton, Curve number, Green Ampt. I principali parametri di input necessari per definire un sottobacino sono: legge di pioggia assegnata, nodo o sottobacino di uscita, assegnato uso del suolo, area del bacino, impermeabilità, larghezza caratteristica del

deflusso superficiale, coefficiente n di Manning per il deflusso superficiale.

CAPITOLO 3

IL CASO DI STUDIO : LA RETE FOGNARIA DI MASSA LUBRENSE (NA)

3.1 Gli Ambiti Territoriali Ottimali della Regione Campania

Il Servizio Idrico Integrato (SII) è stato istituito in Italia con la legge 5 gennaio 1994, n.36 (comunemente nota come legge Galli) in attuazione dei principi in materia di salvaguardia delle risorse idriche dettati dalle Direttive Europee. Esso ha lo scopo di razionalizzare la conduzione dei servizi idrici di acquedotto, fognatura e depurazione, già esercitati in forma diretta o in appalto dai singoli comuni nel quadro delle funzioni loro attribuite dalle relative leggi di settore, riducendo il frazionamento delle gestioni mediante il perseguimento di gestioni unitarie a livello di Ambito. Tutto ciò allo scopo di tutelare l'uso delle risorse idriche nell'interesse degli utenti e dell'ambiente creando le condizioni per la programmazione, la realizzazione e la gestione di fondamentali interventi di estensione, miglioramento e manutenzione delle reti acquedottistiche e fognarie nonché degli impianti depurativi, sulla base di sistemi gestionali improntati a criteri di economicità ed efficienza allo scopo di ridurre gli sprechi e le cause di inquinamento ambientale. Il Sistema Idrico Integrato è oggi organizzato per ambiti territoriali ottimali la cui delimitazione è stabilita dalle Regioni e dalle Province autonome sulla base di alcuni principi fondamentali:

- Rispetto della unità del bacino idrografico o di sub bacino;
- Superamento della frammentazione delle gestioni;
- Conseguimento di adeguate dimensioni gestionale.

Nella regione Campania sono stati istituiti con la legge regionale 21 maggio 1997 n.14, 4 ATO nella forma di consorzio obbligatorio fra i comuni e le province compresi nel territorio dei rispettivi ambiti con la denominazione di Enti d'ambito. Attualmente risultano costituiti ed operanti nella Regione Campania i seguenti ATO:

- ATO 1 denominato Calore-Irpino;
- ATO 2 denominato Napoli-Volturno;
- ATO 3 denominato Sarnese-Vesuviano;
- ATO 4 denominato Sele.

Successivamente, è stato istituito un quinto ambito denominato “Terra di Lavoro” che prevedeva il passaggio di 104 comuni della Provincia di Caserta ma non è mai divenuto operativo.

3.2 Struttura dell’ATO 3 Sarnese-Vesuviano

Il territorio dell’ATO Sarnese-Vesuviano ricade in due diversi bacini regionali, il Nord-Occidentale (29 comuni su 76) e il Sarno (45 comuni, dei quali 15 in provincia di Salerno); i due comuni che non rientrano nei bacini menzionati sono ricompresi nell’Autorità di Bacino destra del Sele. I confini del territorio sono costituiti a Nord-Ovest dalla Piana del Volturno, a Nord e a Nord-Est dai monti di Avella e Sarno, ad Est dai Monti Picentini, a sud dai monti Lattari, ad Ovest e a Sud-Ovest dal mare. Nella parte centrale domina l’apparato vulcanico del Somma-Vesuvio. In funzione degli aspetti geografici, geologici e geomorfologici e anche per quelli idrogeologici possono distinguersi complessivamente quattro comprensori caratterizzati da sistemi di circolazione idrica, sia superficiale che sotterranea riconducibili alle seguenti unità territoriali di riferimento:

- Area Nolana, rappresentata dalla parte iniziale del bacino dei Regi Lagni;
- Il comprensorio vulcanico del Somma Vesuvio;
- Il bacino idrografico del Fiume Sarno;

- La Penisola Sorrentina e l'isola di Capri.

La popolazione residente nel comprensorio dell'ATO 3 è composta da circa 1.450.000 (secondo i dati ISTAT 2010) ; risulta essere inoltre un territorio con una elevata densità abitativa: circa 1600 ab/Kmq. La conseguenza di tale concentrazione abitativa nei comuni è la presenza di grossi centri e nuclei abitativi e un numero estremamente ridotto di abitanti in case sparse a volte quasi prossime a zero. L'economia locale, tradizionalmente di tipo agricolo, è ora legata prevalentemente all'industria, anche se in gran parte delle attività del settore resta legata all'attività agricola.

Le determinazioni dell'Autorità d'ambito prevedono che l'esercizio del servizio idrico integrato avvenga mediante un ente gestore costituito da una società per azioni a prevalente capitale pubblico nella quale i soci di minoranza siano individuati nelle Aziende Speciali operanti nel territorio dell'ambito, le quali possiedono le capacità manageriali per la gestione del servizio idrico integrato. L'ente d'ambito Sarnese Vesuviano nel 2002 ha individuato in GORI s.p.a. il soggetto gestore del Servizio Idrico Integrato nell'ATO 3. GORI è una società mista a prevalente capitale pubblico la cui maggioranza (51%) è detenuta dall'Ente d'Ambito che è il consorzio obbligatorio dei 76 comuni ricadenti nell'ATO 3. Si riporta di seguito una tabella riassuntiva generale relativa all'ATO Sarnese Vesuviano:

AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE SARNESE VESUVIANO	
COMUNI	76
ABITANTI (ISTAT 2010)	1.450.225
UTENTI	508.000
RETE IDRICA	4.021
RETE FOGNARIA	2.212

Tabella 1: Fonte www.goriacqua.com

Per quanto riguarda invece l'approvvigionamento idrico dell'Ambito (come riportato nel piano d'Ambito del 1997) esso è in parte garantito da fonti di

produzione interne all'Ambito stesso, in particolare da sorgenti e acque sotterranee e dall'adduzione di risorsa esterna all'Ambito (sistemi Torano-Biferno e Serino gestiti dalla regione Campania) e dall'Acquedotto dell'Ausino, gestito dal relativo consorzio acquedottistico.

3.3 Inquadramento del Comune di Massa Lubrense

La Penisola Sorrentina divide il golfo di Napoli e il golfo di Salerno sviluppandosi per una superficie di circa 190 km² con un totale di quasi 200.000 abitanti. Essa comprende i comuni di Vico Equense, Positano, Meta, Piano di Sorrento, Sant'Agnello, Sorrento e Massa Lubrense. Il comune di Massa Lubrense è situato sulla punta estrema della Penisola Sorrentina, di fronte all'isola di Capri e si affaccia sia sul Golfo di Napoli che su quello di Salerno. Il territorio comunale è costituito da diciassette frazioni collegate tra loro anche da una rete di sentieri molto sviluppata (circa 100 km): Acquara, Annunziata, Casa, Marciano, Marina della Lobra, Marina del Cantone, Pastena, Monticchio, Nerano, Puolo, Sant'Agata, San Francesco, Santa Maria, Santa Maria della Neve, Schiazzano, Torca e Termini. Il territorio è prevalentemente di tipo collinare con una altitudine media di 121 metri s.l.m. mare e si sviluppa per 19.71 kmq con una popolazione costituita da circa 14.087 abitanti.

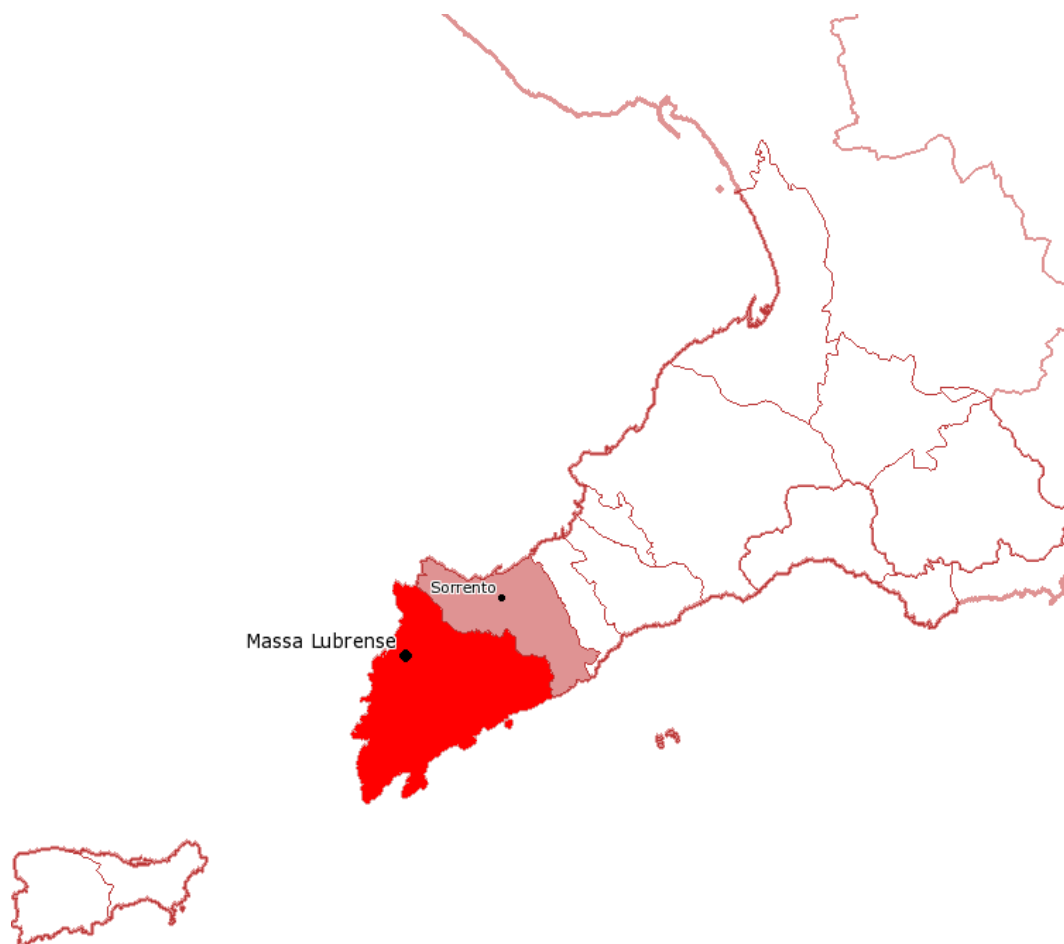


Figura 2: Localizzazione del comune di Massa Lubrense. Fonte: www.comuniverso.it

Il comune di Massa Lubrense è costituito da una rete idrica di circa 100 km e da una rete fognaria che si estende per circa 70 km. Il numero di utenze aggiornate al 2014 è di 7452.

COMUNE DI MASSA LUBRENSE		
UTENZE	7.452	
RETE IDRICA	99	km
RETE FOGNARIA	72	km

Tabella 2: Rete idrica e fognaria

3.4 Descrizione della rete fognaria di Massa Lubrense

Il sistema fognario del comune di Massa Lubrense, che si estende per lunghezza di circa 70 km, è prevalentemente di tipo misto cioè in grado di raccogliere nella stessa canalizzazione sia le acque di tempo asciutto che quelle di pioggia. Le canalizzazioni funzionano a pelo libero e soltanto in tratti particolari (condotte di mandata da stazioni di sollevamento) il loro funzionamento è in pressione. Il recapito finale dell'intero comune avviene nel depuratore di Massa Centro e nel depuratore di Marina del Cantone. Inoltre, è stata ricostruita l'intera rete fognaria dalla GORI s.p.a. posizionando secondo un sistema di coordinate georiferite i manufatti in essa presenti quali pozzetti di ispezione, scaricatori di piena, impianti di sollevamento e impianti di depurazione.

RETE FOGNARIA DI MASSA LUBRENSE		
FOGNATURA MISTA	61.60	km
FOGNATURA NERA	4.10	km
CONDOTTE DI RILANCIO	6.64	km

Tabella 3: Sistema fognario di Massa Lubrense



Figura 3: Depuratori di Massa Centro e Marina del Cantone

In particolare, il depuratore di Massa Centro raccoglie i reflui provenienti dalle zone di Termini, Schiazzano, Torca, Sant'Agata, Pastena, San Francesco, Marina della Lobra, Marciano, Santa Maria Annunziata, Monticchio, Massa Centro, Acquara mentre il depuratore di Marina del Cantone quelli provenienti dalla zona di Nerano. Per quanto riguarda il funzionamento dell'intero sistema si può distinguere un funzionamento a gravità, in cui il refluo recapita direttamente all'interno dell'impianto di depurazione e un funzionamento non a gravità in cui si necessita di impianti di sollevamento per portare il refluo da una quota minore ad una quota maggiore:

3.5 Caratteristiche dei collettori fognari

I collettori fognari che caratterizzano la rete di drenaggio urbano del caso di studio sono di diversa forma, materiale e diametro; la principale tipologia di sezione utilizzata è quella di forma circolare seguita da quella ovoidale. Si riportano le principali caratteristiche geometriche e le tipologie di sezione riscontrate:

FORMA SEZIONE	m	km	%
CIRCOLARE	64691.33	64.69	79.94
OVOIDALE	2821.65	2.82	3.49
CIRCOLARE CON CUNETTA	56.04	0.06	0.07
SCATOLARE	64.79	0.06	0.08
NON RILEVATO O NON IN ESERCIZIO	13344.36	13.34	16.49
<i>totale</i>	80922	80.92	100.00

Tabella 4: Forma delle sezioni dei collettori fognari

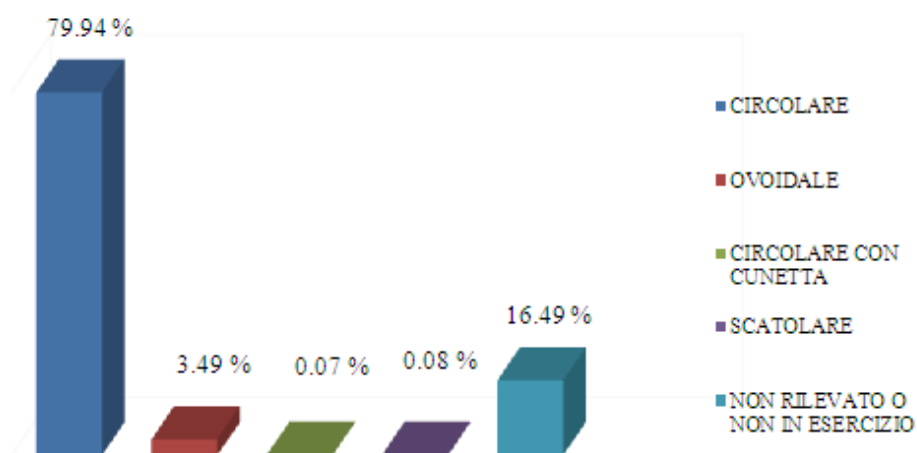


Figura 4: Forma delle sezioni dei collettori fognari

Per la sezione circolare si riscontra una variazione di diametro tra 80 millimetri e un metro; la sezione ovoidale si sviluppa in altezza piuttosto che in larghezza; in particolare la larghezza risulta variabile tra i 200 millimetri e i 533.3 millimetri, mentre l'altezza tra 300 millimetri e un metro; per la sezione scatolare le

dimensioni sono 400 mm per la base e 400 mm per l'altezza; per la sezione circolare con cunetta si riscontra un diametro di 200 mm. I collettori sono inoltre costituiti da diverso materiale:

MATERIALE	m	km	%
ACCIAIO	845.43	0.85	1.04
CEMENTO	7315.05	7.32	9.03
POLIETILENE	1629.22	1.63	2.01
PVC	12220.04	12.22	15.09
VETRORESINA	187.64	0.19	0.23
GRES	47096.55	47.10	58.16
NON RILEVATO O NON IN ESERCIZIO	11684.25	11.68	14.43
<i>totale</i>	80978	80.98	100.00

Tabella 5: Materiali dei collettori fognari

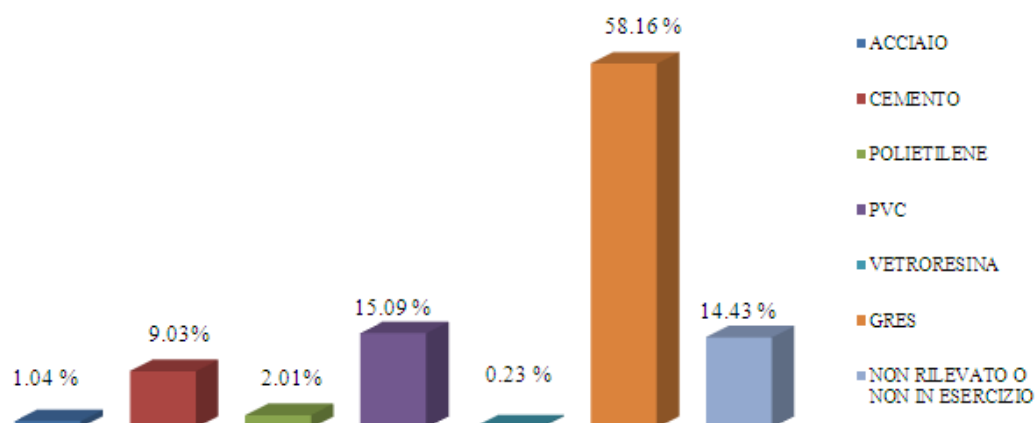


Figura 5: Materiali dei collettori fognari

3.6 Impianti di sollevamento

Gli impianti di sollevamento vengono utilizzati per trasferire la portata da un collettore all'impianto di depurazione o ad esempio ad un canale di scarico il cui livello sia posto ad una quota più elevata di quella del collettore; per quanto

riguarda gli impianti presenti nel comune di Massa Lubrense, il sollevamento delle acque reflue viene effettuato mediante elettropompe inserite, singolarmente o accoppiate, all'interno o all'esterno di vasche di raccolta. Possono essere individuate due tipologie principali:

- *Impianti con pompe sommergibili:* con il corpo della pompa completamente immerso;
- *Impianti con pompe di superficie:* con il corpo fuori dalla vasca.

Gli impianti di sollevamento presenti nel territorio oggetto di studio sono 15; ogni impianto di sollevamento presenta diverse caratteristiche di funzionamento dovute al tipo di modello, al numero di pompe utilizzato, e alla potenza delle stesse.

IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO			
DENOMINAZIONE	N° POMPE	TIPOLOGIA	POTENZA
MARINA DI PUOLO	2	SOMMERGIBILI	2 × 45 kW
	2	SOMMERGIBILI	2 × 5.9 kW
RIVOLO PATIERNO	2	SOMMERGIBILI	2 × 7.4 kW
GESIGLIONE	4	SOMMERGIBILI	4 × 22 kW
MARINA DELLA LOBRA BASSO	2	SOMMERGIBILI	2 × 7.4 kW
MARINA DELLA LOBRA ALTO	3	SUPERFICIE	3 × 3.7 kW
MURAT / SANTA MARIA ANNUNZIATA	3	SOMMERGIBILI	3 × 7.4 kW
PAGLIAIO DI SANDOLO	DISMESSO		
SANTA MARIA SCHIAZZANO	3	SOMMERGIBILI	3 × 7.4 kW
RIVOLO TORCA	3	SOMMERGIBILI	3 × 7.4 kW
PUNTA CAMPANELLA	2	SOMMERGIBILI	2 × 18.5 kW
MARINA DEL CANTONE (NERANO)	2	SOMMERGIBILI	2 × 25 kW
VIA PIGNA	2	SOMMERGIBILI	2 × 15 kW
VIA MITIGLIANO	2	SOMMERGIBILI	2 × 15 kW
PONTESCURO	2	SOMMERGIBILI	2 × 7.4 kW
DISCESA VICO	2	SOMMERGIBILI	2 × 7.4 kW
SANT'AGATA A TORCA	ND		
SAN LIBERATORE	3	SOMMERGIBILI	3 × 22 kW
SAN MONTANO	ND		

Tabella 6: Caratteristiche degli impianti di sollevamento

L'impianto di depurazione di Torca è stato riconvertito dal 2006 in sollevamento fognario, inviando i reflui per il trattamento completo presso il depuratore di Massa Centro mentre l'impianto di Pagliaio di Sandolo è attualmente dismesso;

la maggior parte degli impianti serve per inviare il refluo da quota minore a quota maggiore per un successivo funzionamento a gravità fino all'impianto di depurazione mentre, per gli impianti di Marina della Lobra Alto, San Montano e Rivolo Patierno, il sollevamento avviene direttamente all'interno dell'impianto di depurazione. Si riporta di seguito la localizzazione degli impianti di sollevamento:



Figura 6: Impianti di sollevamento nella rete fognaria di Massa Lubrense

3.7 Sfioratori o scolmatori

Le reti miste sono caratterizzate dal fatto che, una volta superato un certo grado di diluizione delle portate, non siano da inviare all'impianto di depurazione ma

possono essere sfiorate direttamente in ambiente. Quindi all'interno di un sistema di drenaggio urbano devono essere presenti diversi manufatti che permettano di indirizzare il refluo nei recapiti finali o di sfiorare le portate sufficientemente diluite. I principali tipi di scolmatori riscontrati nel comune oggetto di studio sono a *luce di fondo* e a *stramazzo laterale*:

- *Scolmatore a stramazzo laterale*: la condotta in arrivo presenta, a partire da una assegnata sezione, uno stramazzo laterale la cui soglia è posta a una quota tale che possa transitare senza sfiorare la portata in transito; quando la portata diventa sufficientemente diluita, la parte eccedente sfiora in un collettore parallelo per essere inviata al recapito finale;
- *Scolmatore a luce di fondo*: è realizzato con una luce posta sul fondo della condotta attraverso la quale si scarica in una condotta sottostante la parte della portata destinata all'impianto di depurazione.

Nella rete fognaria di Massa Lubrense essi sono distinti in:

- *N°10 scaricatori di piena con recapito in ambiente*: sono in grado di sfiorare la portata sufficientemente diluita nei corpi idrici ricettori;
- *N°5 scaricatori di piena con recapito in altra condotta*: entrano in funzione al verificarsi di un aumento di portata ripartendo la stessa in uno o più condotte.

Per ogni tipologia di sfioratore sono note le caratteristiche geometriche e la tipologia di materiale.

3.8 Pozzetti

I pozzetti sono manufatti, per lo più prefabbricati che vengono inseriti nella rete fognaria per rendere l'accesso ad essa per ispezioni e manutenzione. Nella rete di Massa Lubrense la principale tipologia che si può riscontrare è il pozzetto d'ispezione, necessario appunto all'ispezione e alla pulizia della rete mediante

delle camerette di accesso alle condotte; inoltre sono posti in corrispondenza degli incroci tra più tubazioni (pozzetti di confluenza) e in corrispondenza di deviazioni altimetriche o planimetriche (pozzetti di deviazione); può verificarsi inoltre che le tubazioni in arrivo e in partenza da un pozzetto abbiano quote differenti per cui si genera un salto all'interno di tali pozzetti (pozzetti di salto). Tali manufatti per le condotte non praticabili inoltre sono posti ad una distanza compresa tra i 20 e i 50 metri; nel sito in esame si riscontra un numero di pozzetti pari a 2341 di cui 85% circa risulta essere effettivamente rilevato e di cui sono note le caratteristiche geometriche (quali ad esempio la quota fondo, la quota cielo tubo delle tubazioni in arrivo e in uscita , l'altezza dei pozzetti) mentre un 15% circa è attualmente non ispezionabile.

CAPITOLO 4

ANALISI DELLA BASE DATI

4.1 Premessa

Una volta definiti i parametri di input richiesti da SWMM per la modellazione idraulica di una rete fognaria realmente esistente, obiettivo del presente capitolo è l'individuazione delle criticità riscontrabili nel loro reperimento all'interno dei database aziendali e l'analisi della qualità delle informazioni disponibili. A tal fine, gli argomenti analizzati e sviluppati sono di seguito riportati:

- Verifica della disponibilità dei dati necessari presso gli uffici dell'Ente Gestore del servizio idrico (AceaGori Servizi);
- Definizione della fonte e della modalità di organizzazione dei dati aziendali;
- Individuazione del formato di estrazione dei dati, per verificare la loro compatibilità con quelli richiesti per il funzionamento del software;

L'organizzazione e la gestione dei dati aziendali dell'AceaGori Servizi avviene mediante l'utilizzo di database che permettono la raccolta di dati strutturati e organizzati, facilitando l'accesso alle informazioni in essi contenuti, le modifiche e gli eventuali aggiornamenti.

4.2 Modalità di organizzazione ed acquisizione dei dati aziendali

La maggior parte dei dati necessari alla modellazione della rete fognaria sono contenuti all'interno di un GIS (Geographic Information System) il quale è in grado di rappresentare, organizzare, acquisire, visualizzare, informazioni derivanti da dati geografici georeferenziati. In un GIS, l'informazione territoriale può essere distinta in formato vettoriale o raster; il dato vettoriale è costituito da tre caratteristiche:

- Geometria: rappresentazione cartografica degli oggetti come la forma e la posizione mediante punti, linee, poligoni.
- Topologia: relazione reciproca tra gli oggetti come la connessione.
- Informazioni: riguardanti i dati associati ad ogni oggetto.

Il formato raster è in grado di rappresentare il dato reale attraverso una matrice di celle dette pixel; ad ogni pixel corrisponde l'informazione che esso rappresenta. Nel caso in esame il formato è di tipo vettoriale per cui ad ogni elemento corrispondono coordinate planimetriche, quote, diametri, lunghezze ecc. Dal GIS i dati possono essere estratti in diverso formato tra cui "shapefile", che indica un insieme di file con estensione .shp, .dbf, .shx. Gli shapefile descrivono spazialmente punti, polilinee, poligoni e, ognuno di essi, può rappresentare un elemento fisico quale ad esempio un collettore, un pozzetto, un impianto di sollevamento, uno sfioratore, così come altri manufatti utilizzati all'interno di un sistema fognario. Nel GIS aziendale sono contenute la maggior parte delle informazioni necessarie a ricostruire la topologia della rete fognaria e definire il posizionamento dei manufatti in essa presenti; si riporta di seguito un elenco delle principali informazioni reperibili dal GIS che risultano essere fondamentali al fine di ricostruire in SWMM l'intera rete fognaria :

NODI: ogni nodo è caratterizzato da: un valore identificativo che lo contraddistingue, dalle coordinate planimetriche e dalla quota (s.l.m.);

COLLETTORI: tra i principali parametri che definiscono un collettore fognario si hanno: il nodo iniziale e finale, la lunghezza (espressa in metri), la profondità del fondo tubo e cielo tubo (espressa in metri), la geometria della sezione (dimensioni) la tipologia (aperta o chiusa) e la forma (circolare, ovoidale, scatolare), il tipo di materiale e la pendenza;

POZZETTI: per quanto riguarda i pozzetti, oltre all'identificativo sono note le coordinate planimetriche, la tipologia (ad esempio se si tratta di un pozzetto di salto, di confluenza, di ispezione), le dimensioni geometriche del manufatto, il materiale;

SFIORATORI: sono presenti oltre all'identificativo e alle coordinate planimetriche anche la tipologia;

SCARICHI: per quanto riguarda gli scarichi, sono note la localizzazione ed il relativo recapito finale (impianto di depurazione);

IMPIANTO DI DEPURAZIONE: per l'impianto di depurazione sono riportate la tipologia di impianto e le condizioni di esercizio;

IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO: sono presenti la denominazione, le coordinate relative alla posizione dell'impianto, lo stato (in esercizio o non in esercizio);

Come precedentemente menzionato, la maggior parte dei dati è contenuta all'interno del GIS ma esistono altri database aziendali che contengono informazioni utili per poter realizzare un modello di simulazione idraulica. Per i pozzetti ad esempio, esistono delle schede tecniche di rilievo nelle quali vengono indicate, oltre alle caratteristiche geometriche e al materiale, anche il numero di tubazioni che in essi confluiscono, con in allegato il materiale fotografico che meglio identifica il manufatto; stesso discorso vale per gli sfioratori e per gli impianti di sollevamento in cui vengono riportate all'interno di schede tecniche le caratteristiche geometriche e funzionali degli stessi. Per gli impianti di

sollevamento i dati principali sono presenti in AQU SNAP (software di gestione dati) e forniti dal Centro Operativo GORI nel formato xls; in particolare sono noti: la tipologia di pompa, il modello, la potenza, la prevalenza e la portata riferita al massimo rendimento (attraverso i quali è possibile ricostruire la curva caratteristica della pompa, dato di input necessario all'interno di SWMM), il numero di giri, la posizione nell'impianto (all'interno o all'esterno di una vasca), i volumi delle vasche all'interno delle quali sono inserite le pompe;

Informazioni fondamentali sono contenute anche all'interno del telecontrollo che garantisce un monitoraggio in tempo reale delle condizioni di funzionamento delle pompe (accese o spente) e il livello minimo e massimo all'interno delle vasche; ulteriori informazioni disponibili sono i volumi di ingresso all'impianto di depurazione. È possibile inoltre, estrarre delle serie temporali di un periodo prestabilito (settimanale, mensile, annuale) in formato xls e pdf. Esiste poi un altro database, il SIU (Sistema informativo Utenze), in cui sono racchiuse informazioni relative ai consumi dell'utenza (previsti o effettivi) da cui sono ricavabili le portate immesse all'interno del sistema fognario; attualmente tali consumi si riferiscono all'intervallo temporale 2006 – 2010 e sono espressi in metri cubi; tali dati possono essere estratti nel formato xls. Risulta inoltre disponibile in formato dwg, la cartografia dei comuni presenti nell'ATO3 Sarnese-Vesuviano e i profili longitudinali dei collettori fognari.

4.3 Analisi delle criticità riscontrate e proposta di eventuali soluzioni

Nella fase di reperimento dati sono state riscontrate diverse criticità inerenti sia la quantità che la qualità dei dati necessari ad una corretta modellazione; una prima criticità si riscontra nel fatto che tutti i dati disponibili sono presenti in database diversi e indipendenti che non comunicano tra loro per cui è necessario consultarli singolarmente; per poter ottenere un'ottimizzazione dell'intera gestione dati si potrebbe pensare di creare un unico database che consenta una

rapida interrogazione e disponibilità di informazioni con una elevata frequenza di aggiornamento. All'interno del database del GIS, non tutti i campi risultano riempiti o completi per cui è stato necessario classificare la tipologia di dati in funzione della disponibilità attuale o di quella futura. A tale proposito sono state create due tabelle in formato xls attraverso cui è possibile analizzare i dati effettivamente disponibili: una prima tabella (**TABELLA A**) creata in riferimento al GIS (poiché in tale database sono racchiuse la maggior parte delle informazioni presenti) rispetto alla quale è stato evidenziato, mediante un'alternanza di colori, se il dato è disponibile o meno (in particolare con il verde se risulta disponibile, con il giallo se è disponibile in un altro database, con il rosso se non è disponibile, con una "x" se il dato è presente in una fonte alternativa); una seconda tabella (**TABELLA B**) è stata realizzata indicando, per ogni elemento considerato, se il dato è disponibile (D), previsto e disponibile (PD), previsto ma non disponibile (PND) o non previsto (NP) specificando inoltre anche la tipologia di formato estraibile ed il database all'interno del quale il parametro è presente. Si riportano di seguito uno stralcio delle tabelle su menzionate a titolo esemplificativo che sono riportate in allegato:

LEGENDA:

DISPONIBILITA' NEL GIS	
	Disponibile
	Disponibile in altro database
	Non disponibile
X	Fonte alternativa

FONTE	
GIS	Geographic Information System
AS	Aqu Snap
SIU	Sistema Informativo Utente
COG	Centro Operativo Gori
TEL	Telecontrollo

Parametri necessari alla modellazione di una rete di drenaggio urbano								
DATI INPUT SWMM				INFORMAZIONI ENTE GESTORE DEL SERVIZIO IDRICO				
				FONTE				
				GIS	AS	SIU	COG	TEL
Idraulica	NODI	NODI	ID nodo					
			Coordinate planimetriche (x,y)					
			Immissioni di portata			X		
			Quota del fondo					
			Profondità rispetto al piano campagna					
		SCARICHI	ID nodo					
			Coordinate planimetriche (x,y)					
			Quota del fondo					
			Presenza paratoia per prevenire il riflusso attraverso lo scarico					
			Tipo di condizione al contorno					
		SEPARATORI DI PORTATA	ID nodo					
			Coordinate planimetriche (x,y)					
			Immissioni di portata			X		
			Quota del fondo					
			Profondità rispetto al piano campagna					
			Tipologia					
		VASCA DI ACCUMULO	ID nodo					
			Coordinate planimetriche (x,y)					
			Immissioni di portata					
			Quota del fondo					
			Funzione o tabella area -tirante					
			Tirante massimo					
			Evaporazione potenziale					

TABELLA A: Stralcio della tabella riassuntiva della disponibilità dei dati e della fonte relativa.

LEGENDA:

DISPONIBILITA'	
D	Disponibile
PD	Previsto e disponibile
PND	Previsto ma non disponibile
NP	Non previsto

FONTE	
GIS	Geographic Information System
AS	Aqu Snap
SIU	Sistema Informativo Utenze
COG	Centro Operativo Gori
TEL	Telecontrollo

FORMATO	
SHP	shape file
DWG	/
PDF	/
XLS	excel

Parametri necessari alla modellazione di una rete di drenaggio urbano											
DATI INPUT SWMM			INFORMAZIONI ENTE GESTORE DEL SERVIZIO IDRICO								
Componente	Tipo di dato	FONTE									
		GIS					ALTRO				
		Disp	Formato	U.M.	Note	Nome	Disp	Formato	U.M.	Note	
JUNCTION	ID nodo	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-	-	
	Coordinate planimetriche (x,y)	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-	-	
	Inmissioni di portata	NP	-	-		SIU	D	SHP:XLS	-	-	
	Quota del fondo	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-	-	
	Profondità rispetto al piano campagna	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-	-	
SCARICHI	ID nodo	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-	-	
	Coordinate planimetriche (x,y)	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-	-	
	Quota del fondo	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-	-	
	Presenza paratoia per prevenire il riflusso attraverso lo scarico	NP	-	-		-	-	-	-	-	
	Tipo di condizione al contorno	NP	-	-	Scarico libero, portata costante o variabile ecc.	-	-	-	-	-	
SEPARATORI DI PORTATA	ID nodo	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-	-	
	Coordinate planimetriche (x,y)	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-	-	
	Inmissioni di portata	NP	-	-		SIU	D	PDF:XLS	-	-	
	Quota del fondo	NP	-	-		-	-	-	-	-	
	Profondità rispetto al piano campagna	NP	-	-		-	-	-	-	-	
VASCA DI ACCUMULO	Tipologia	NP	-	-	Indica come la portata viene separata	-	-	-	-	-	
	ID nodo	NP	-	-		-	-	-	-	-	
	Coordinate planimetriche (x,y)	NP	-	-		-	-	-	-	-	
	Inmissioni di portata	NP	-	-		-	-	-	-	-	
	Quota del fondo	NP	-	-		-	-	-	-	-	
	Funzione o tabella area -tirante	NP	-	-		-	-	-	-	-	
	Tirante massimo	NP	-	-		-	-	-	-	-	
Evaporazione potenziale	NP	-	-		-	-	-	-	-		

TABELLA B: Stralcio della tabella riassuntiva dei dati presenti nei database aziendali e relativi formati di acquisizione.

Per poter creare un modello di simulazione idraulica è necessario conoscere alcune caratteristiche fondamentali dei collettori fognari come la scabrezza. Questo parametro è previsto ma non disponibile all'interno del GIS per cui è necessaria una stima dello stesso (poiché è richiesto come dato di input in SWMM) facendo riferimento alla tipologia di materiale ed al relativo anno di posa (anche se questo parametro è previsto ma non immediatamente disponibile); è possibile inoltre una valutazione della stessa facendo riferimento alle tabelle presenti in letteratura in base all'effettivo stato di usura delle pareti interne dei collettori ed in funzione della tipologia di materiale.

Per quanto riguarda invece i manufatti, come ad esempio i pozzetti, pur essendo note le coordinate planimetriche, non sono sempre presenti o lo sono in parte, la tipologia (se sono di salto, di confluenza o di ispezione) e le relative caratteristiche geometriche, per cui sarebbe necessario conoscerle in maniera dettagliata insieme al relativo funzionamento idraulico; anche per gli scolmatori non sono specificate sempre la tipologia, la configurazione (se sono sfioratori laterali, frontali o scaricatore a salto) e le relative portate sfiorate con tutte le caratteristiche geometriche; recentemente sono state effettuate ulteriori campagne di rilievo e raccolta dati al fine di integrare le informazioni mancanti. Inoltre, facendo riferimento ai dati presenti nel GIS, non tutte le opere risultano connesse alla rete fognaria; in particolare alcuni impianti di sollevamento sono sconnessi (il tratto di rete non è riportato) per cui bisognerebbe conoscere l'effettivo collegamento e tracciare il tratto mancante all'interno del GIS. In relazione a quest'ultima tipologia di manufatti, il software SWMM gestisce la modellazione degli impianti di sollevamento come collegamenti tra due nodi e non come elementi puntuali; pertanto sarebbe opportuno implementare il formato di tale informazione all'interno del database del GIS.

Altro problema significativo è stato riscontrato all'interno del SIU riguardo i consumi delle utenze e, di conseguenza, i volumi d'acqua ad esse associate. I dati presenti sono relativi ai consumi effettivi e presunti per cui risulta difficoltosa

una precisa stima degli stessi; inoltre esiste un problema di “corrispondenza” dei dati presenti all’interno del GIS e quelli del SIU poiché, in seguito ad una variazione di nome delle vie o dei numeri civici delle utenze servite, i database non sono stati aggiornati. Può accadere quindi che ad una stessa via siano associati nelle due banche dati nomi diversi, per cui è necessario provvedere “all’allineamento” dei codici del GIS con quelli del SIU al fine di associare correttamente le utenze (ed i relativi consumi) agli assi stradali, e di conseguenza ai collettori fognari.

Un’altra criticità riscontrata è relativa alla carenza di dati presenti all’interno del telecontrollo sul monitoraggio dei sistemi fognari poiché attualmente sono disponibili solamente informazioni sullo stato delle pompe (in funzione o spente), sui livelli delle vasche all’interno delle quali sono presenti e sulle portate in ingresso all’impianto di depurazione. Per poter realizzare una modellazione più dettagliata e precisa sarebbe necessario potenziare l’attività di telecontrollo mediante dispositivi di misura inseriti in nodi strategici che permettano di arricchire le informazioni attualmente presenti (misuratori di portata, pluviometri, ecc.).

Una delle problematiche principali consiste nel fatto che non sono presenti in alcun database informazioni relative alle altezze e all’intensità di pioggia che sono fondamentali per la corretta realizzazione del modello idraulico. Per la stima delle altezze di pioggia bisogna far quindi riferimento all’ente che gestisce la rete di pluviografi distribuiti sul territorio, che nel caso in esame è rappresentato dalla Protezione Civile; questo perché non sono presenti dispositivi (come pluviometri o pluviografi, che hanno il compito di fornire la distribuzione e la durata delle precipitazioni) di proprietà dell’ente gestore in grado di fornire una serie storica di dati.

Un’ulteriore criticità è relativa all’individuazione dei bacini imbriferi che rappresentano la porzione di territorio in grado di raccogliere le acque meteoriche che defluiscono e raggiungono una sezione di chiusura; per la corretta

rappresentazione in SWMM è necessario conoscere una serie di informazioni quali l'area, la pendenza, la copertura vegetale o l'uso del suolo, la percentuale di superficie permeabile o impermeabile. Attualmente nelle banche dati aziendali non è riportato il tracciamento dei bacini e non sono disponibili informazioni sufficienti alla loro individuazione e caratterizzazione. Per ovviare a tale problema tale attività può essere effettuata direttamente su cartografia digitale, presente in formato dwg, facendo riferimento alle curve di livello e all'orografia del terreno. Una soluzione potrebbe essere quella di creare un DTM (modello digitale del terreno) per facilitare l'individuazione dei bacini e le caratteristiche ad essi associate.

4.4 Contenuti dell'allegato in formato digitale

I dati fornite dal Gestore del Servizio Idrico Integrato e l'eccessiva le cartelle di lavoro utilizzate per la loro rielaborazione ai fini della realizzazione del modello di simulazione della rete fognaria del Comune di Massa Lubrense sono riportati nel CD/DVD e allegato alla tesi. Si riporta di seguito un elenco dei file in esso contenuti:

- Cartella "File QGIS": contiene gli shapefile relativi alla rete fognaria di Massa Lubrense;
- Cartella "File Excel": contiene i file .xlsx utilizzati per la ricostruzione del modello di simulazione e per la determinazione delle portate immesse in fognatura e quelli relativi ai dati degli impianti di sollevamento e le tabelle di decodifica degli shapefile;
- Cartella "File Word": contiene l'elaborato in formato .doc;
- Cartella "File .dwg": contiene lo schema della rete fognaria di Massa Lubrense;
- Cartella "File .inp": contiene i file di input in SWMM in condizioni di tempo asciutto e considerando un evento di pioggia medio.

CAPITOLO 5

ELABORAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO

5.1 Premessa

Obiettivo del seguente capitolo è quello di descrivere la procedura applicata per l'implementazione dei dati in SWMM per la modellazione della rete fognaria di Massa Lubrense. A partire dalle informazioni disponibili nei database aziendali, gli stessi sono stati riorganizzati ed elaborati al fine di poterli inserire nelle modalità richieste dal programma. Per poter ricostruire l'intero schema fognario, è stato necessario in primo luogo inserire i dati mancanti laddove questi risultavano essere assenti e, in secondo luogo, correggere eventuali anomalie riscontrate all'interno del software.

5.2 Schematizzazione della rete fognaria in SWMM

Il primo passo che bisogna effettuare per poter implementare i dati all'interno del software SWMM consiste nell'estrazione dei dati dal database aziendale del GIS in un formato compatibile e riconosciuto dal programma. Il formato estraibile dal GIS è di tipo "shapefile", caratterizzato da un'estensione .shp, .dbf .shx; tale formato non è direttamente riconosciuto da SWMM che richiede, come dato di ingresso, un file con estensione .inp, visualizzabile e modificabile attraverso il software Blocco Note di Windows. L'estensione principalmente utilizzata è .dbf, compatibile con il software Excel il quale permette di modificare ed organizzare i dati in maniera tale da poter essere implementati come file di input in SWMM attraverso il software Blocco Note. L'inserimento dei dati può avvenire anche dall'interno del programma, ma dovendo gestire una mole significativa di dati, si

è preferito lavorare direttamente in Excel per poi inserire le modifiche apportate all'interno dei file .inp.

Gli “shapefile” sono organizzati in tabelle ciascuna delle quali contiene dei campi specifici relativi ai parametri caratterizzanti gli elementi del sistema fognario. Non tutti i campi sono però necessari a ricostruire l'intera rete, per cui bisogna effettuare una prima selezione degli stessi inserendo soltanto quelli effettivamente richiesti nel software. L'intero lavoro è stato suddiviso in due fasi: una prima fase di organizzazione delle tabelle in Excel con i dati effettivamente richiesti da SWMM ed una seconda fase di modifiche e correzioni all'interno del programma.

L'intero schema della rete fognaria di Massa Lubrense è costituito da un numero di nodi pari a 1928 e 1930 tratti; iniziando dai nodi (JUNCTIONS), i parametri richiesti sono l'identificativo e la quota rispetto al piano campagna (INVERT ELEVATION); quest'ultimo parametro non è direttamente disponibile nel GIS, ma è ricavabile conoscendo l'altezza del pozzetto ad esso associato e quindi il massimo riempimento (MAXIMUM DEPTH). Uno dei principali problemi riscontrati nell'inserimento di tale dato deriva dal fatto che all'interno del GIS non è sempre nota l'altezza del pozzetto per cui, in molti casi, è stato necessario dedurre tale parametro sia dalle schede tecniche, sia dalla geometria dei pozzetti vicini. Il motivo dell'assenza di tale parametro è dovuto al fatto che molti dei pozzetti esistenti attualmente risultano essere non ispezionabili poiché asfaltati.

Per quanto riguarda invece i collettori fognari (CONDUITS) oltre al nodo iniziale, nodo finale, lunghezza e forma della sezione di ogni singolo tratto, è stato necessario definire la scabrezza equivalente in sabbia, necessaria per l'uso della relazione di Darcy-Weisbach. Tale valore non è di semplice stima poiché, per un collettore fognario, dipende più che dallo stato di usura delle pareti interne dei collettori, dai depositi di materiale solido che possono formarsi all'interno di essi. Data l'incertezza di tale parametro è stato assunto come coefficiente di scabrezza equivalente in sabbia un valore medio pari a:

$$\varepsilon = 0,5 \text{ mm}$$

per tutti materiali che costituiscono i collettori. In merito alla tipologia di sezione dei canali, si è riscontrata la mancanza di dati relativi alla forma della sezione di alcuni tratti e le relative dimensioni; per risolvere tale incertezza, come avvenuto per l'altezza dei pozzetti, è stata ipotizzata una dimensione dei canali e la relativa forma facendo riferimento ai tratti precedenti e successivi. Per quanto riguarda invece la profondità del fondo e del cielo collettore, all'interno del GIS è riportata la profondità rispetto al piano campagna mentre il dato richiesto in SWMM è relativo alla quota fondo dei collettori fognari (INLET e OUTLET OFFSET) rispettivamente all'ingresso e all'uscita del canale. Quest'ultime sono state quindi calcolate come differenza tra la quota del nodo iniziale e finale e le rispettive profondità del fondo tubo; laddove si è riscontrata la mancanza di uno dei dati menzionati, si è fatto riferimento ai profili longitudinali delle fognature o alla profondità dei collettori limitrofi per una loro attendibile ricostruzione; una volta effettuate le dovute correzioni sono state inseriti i dati all'interno di un file .inp ed è stato avviato il software SWMM. Le successive modifiche sono state eseguite direttamente all'interno del programma.

Una volta avviato il software sono stati riscontrati diverse problematiche relative alla presenza di nodi non effettivamente collegati allo schema fognario sono stati eliminati :

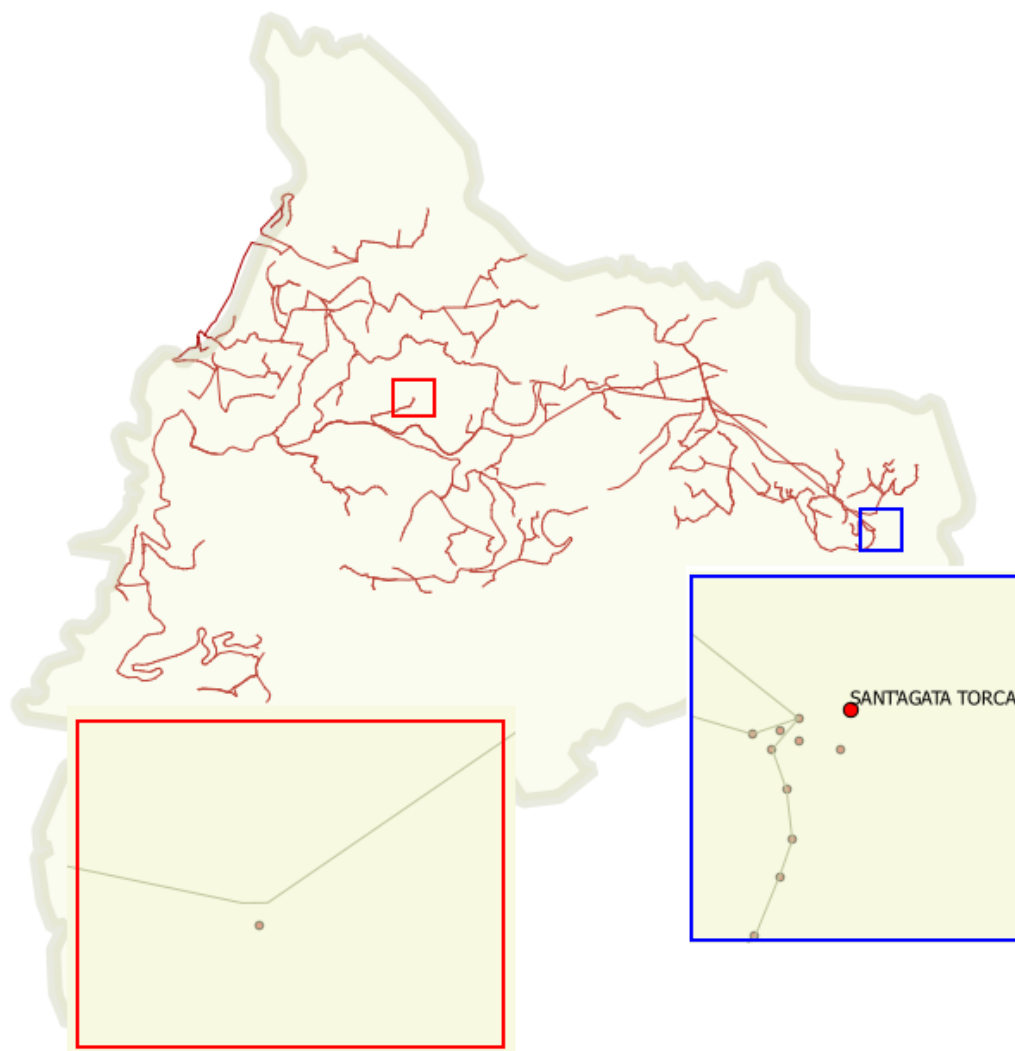


Figura 7: Nodi non collegati al sistema fognario. Fonte QGIS

e la presenza di tratti inesistenti (problema imputabile ad alcune delle coordinate dei vertici delle condotte che vengono inserite nel software per ricostruire l'andamento delle condotte) :

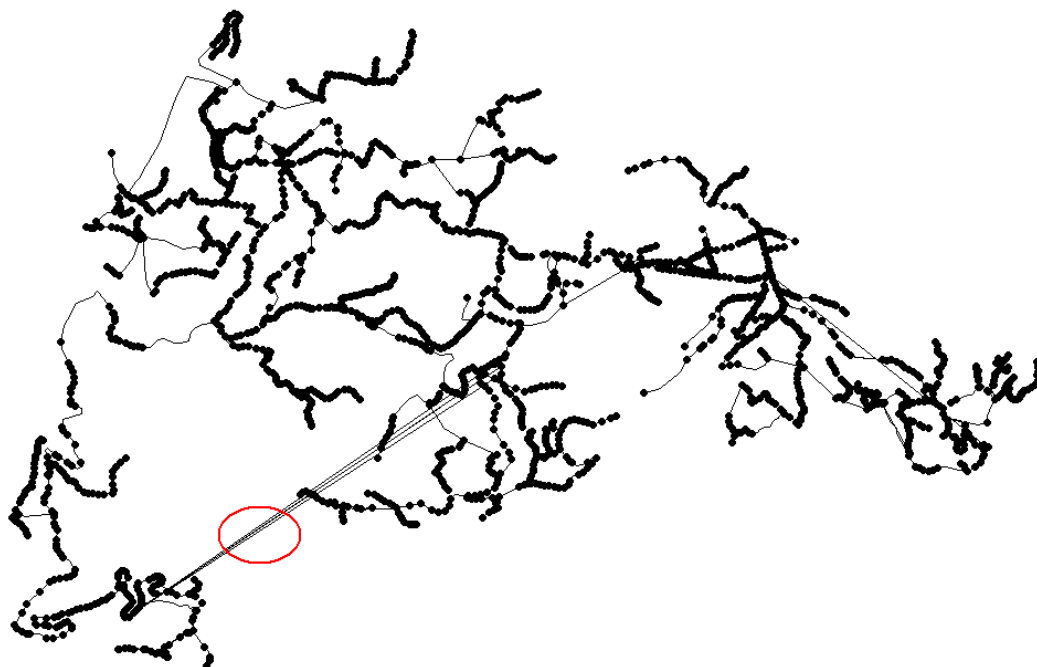


Figura 8 : Tratti inesistenti dovuti ad un problema di vertici.

Per tale motivo non sono stati inseriti i vertici dei nodi e quindi lo schema definitivo risulta essere il seguente:

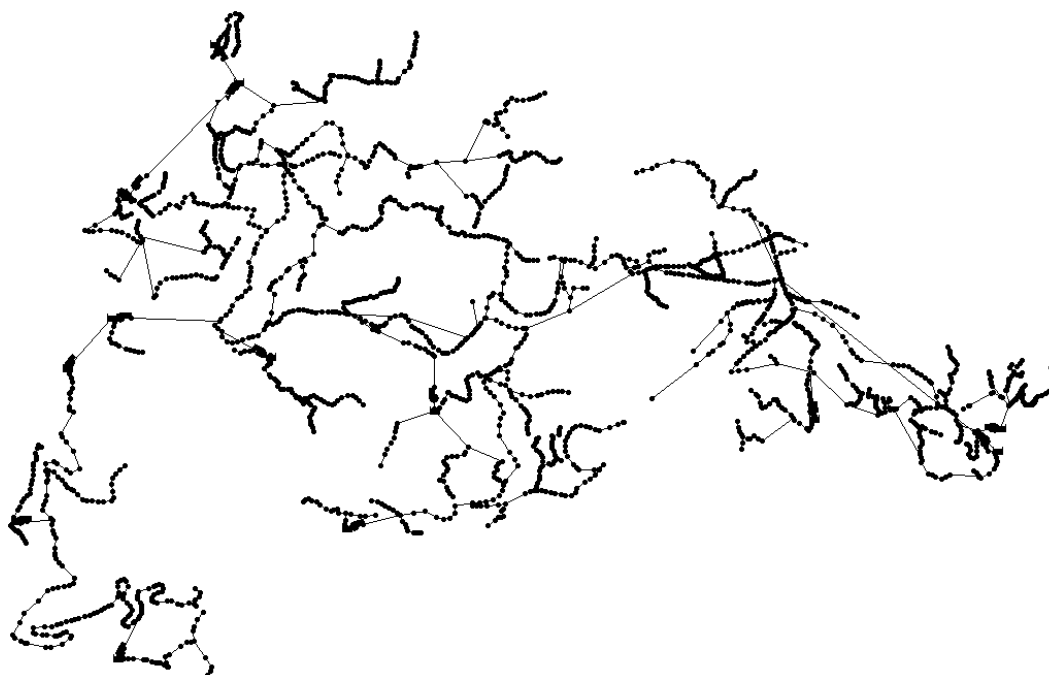


Figura 9: Schema fognario senza i vertici dei nodi.

Altra criticità riscontrata è legata al fatto che negli impianti di sollevamento, la premente era spezzata in più tratti e collegata da uno o più nodi:



Figura 10: Tratto di premente spezzata da un nodo. Fonte QGIS

tale situazione avrebbe potuto comportare dei malfunzionamenti del sistema per cui anche tali nodi sono stati eliminati in modo da avere un unico tratto di condotta la cui lunghezza totale è data dalla somma dei singoli tratti. In alcune situazioni inoltre, risultavano inseriti nella rete dei collettori con andamento in contropendenza rispetto all'andamento reale:

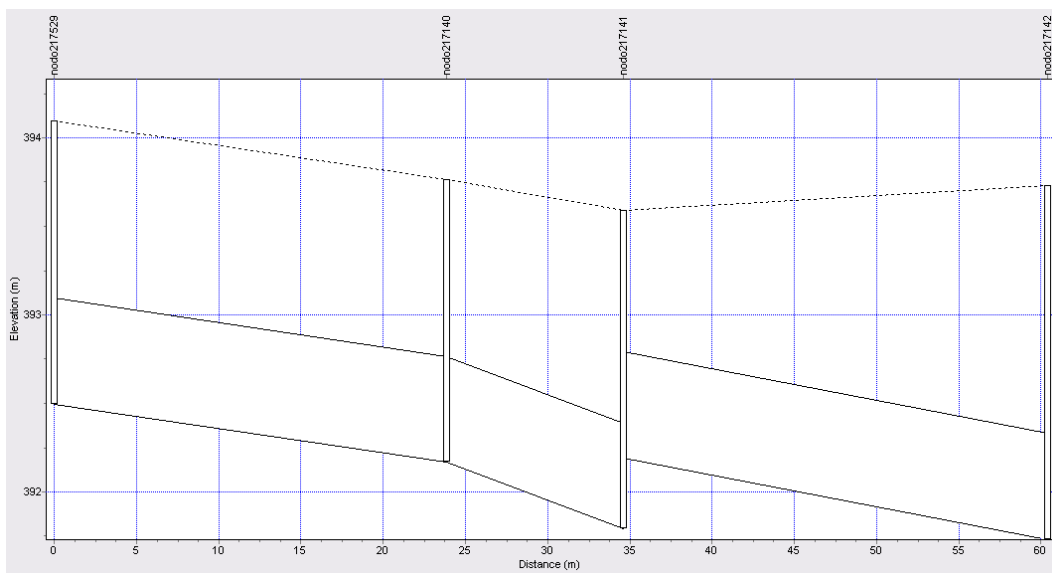


Figura 11: Tratti in contropendenza.

anche per tali situazioni sono state effettuate le dovute correzioni al fine di ripristinare il reale funzionamento:

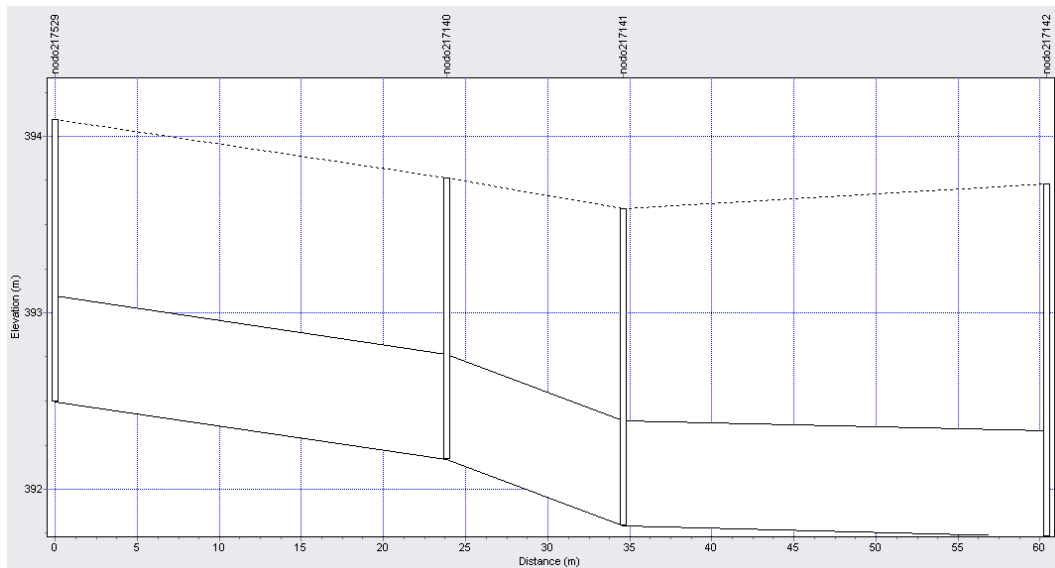


Figura 12: Tratti in contropendenza risolto.

La modellazione di Massa Lubrense è stata effettuata facendo riferimento soltanto al depuratore di Massa Centro per cui non sono state considerate la zona di Nerano (che convoglia all'interno dell'impianto di depurazione di Marina del

Cantone) e tratti esterni il cui recapito è diverso da Massa Centro. Tali modifiche sono state apportate direttamente in SWMM eliminando i tratti di rete non in esame. Una volta eliminate le criticità, sono stati inseriti i manufatti quali impianti di sollevamento (PUMPS) vasche di accumulo (STORAGE UNITS) e scarichi (OUTFALL). Per quanto riguarda gli impianti di sollevamento, l'unico dato disponibile utile come dato di input in SWMM è il numero delle pompe, il massimo rendimento e il valore di prevalenza massimo. Poiché non è noto l'effettivo funzionamento delle stesse (se disposte in serie o in parallelo) è stato ipotizzato che tutte le pompe fossero in parallelo, per cui la curva caratteristica a parità di prevalenza solleva una portata maggiore pari alla somma delle singole portate. Non per tutti gli impianti di sollevamento i valori di prevalenza e portata sono noti; dove il dato è mancante è stato ipotizzato un valore di portata e prevalenza ragionevole. Il volume delle vasche è un dato noto anche se non è conosciuto il valore dell'altezza che è stato ipotizzato pari a 1.5 metri. I livelli minimo e massimo delle vasche all'interno delle quali sono posizionate le pompe sono stati ipotizzati e posti pari rispettivamente a 0.5 metri e 1.5 metri. L'impianto di depurazione di Massa centro è stato modellato come OUTFALL ma poiché per SWMM a tale elemento può essere collegato un solo tratto, ne sono stati inseriti due. Per quanto riguarda gli altri manufatti presenti in fognatura quali sfioratori e separatori di portata, non sono stati considerati in questa fase della modellazione.

5.3 Determinazione delle portate richieste ai nodi

Per poter determinare le portate immesse all'interno del sistema fognario, è necessario calcolare la dotazione idrica che rappresenta il volume di acqua da assegnare a ciascun abitante per soddisfare il fabbisogno idrico-potabile. Una considerazione fondamentale consiste nel fatto che non tutta la portata che arriva alla rete di distribuzione idrica termina all'interno del sistema fognario; infatti, una parte di essa viene dispersa per vari motivi tra cui:

- Perdite di rete;
- Giardinaggio;
- Irrigazione;
- Usi di tipo artigianale e industriale.
- Evaporazione
- Dispersione nel suolo

Il valore di portata effettivamente immesso in rete sarà dato dal prodotto del numero di abitanti moltiplicato la dotazione idrica per un coefficiente di riduzione; la relazione è quindi:

$$Q = \frac{\varphi \cdot N \cdot d}{86400} \text{ [l/s]}$$

dove:

- φ è un coefficiente di riduzione o dispersione pari a 0,8 ;
- N è il numero di abitanti;
- d è la dotazione idrica media annua pro-capite [$l/(ab \cdot \text{giorno})$]

quindi il primo parametro fondamentale da determinare è rappresentato dalla dotazione idrica.

Il calcolo della dotazione idrica è stato effettuato facendo riferimento ai consumi effettivi disponibili all'interno del database del SIU in riferimento agli anni 2006-2010. Per ogni mese sono stati calcolati, in funzione della diversa tipologia di usi (domestico, agricolo, pubblico, antincendio ecc..), i volumi di acqua effettivamente consumati dall'utenza, fino ad ottenere il volume complessivo per ogni anno considerato:

		PORTATE (m ³ /anno)				
TIPOLOGIA DI UTENZA		ANNO				
		2006	2007	2008	2009	2010
USO DOMESTICO	D	663048	744453	797188	798655	732960
USO NON DOMESTICO	ND	1624	1680	1601	1911	6562
USI DIVERSI	103	353307	393384	409315	381506	357814
DOMESTICA NON RESIDENTE	A004	3142	9027	13361	17173	12918
USO PUBBLICO	UP	20308	13917	14964	15443	17755
USO FORNITURE TEMPORANEE	TM	200	2390	543	147	483
USO AGRICOLO	580	0	0	0	109	78
IDRANTI	800	0	0	0	0	0
USO ALLEVAMENTO ANIMALI	AL	0	97	243	107	98
BOCCHE ANTINCENDIO	BA	0	0	0	0	0
TOTALE		1041629	1164948	1237215	1215051	1128668
MEDIA		1157502.2				

Tabella 7: Volumi annuali in funzione della tipologia d'uso. Fonte SIU.

Poiché la tipologia di consumo è principalmente di tipo domestico e poiché non si hanno informazioni dettagliate per la caratterizzazione della voce definita nel SIU “usi diversi”, si è ipotizzato di avere un uso esclusivamente domestico. Dopo aver calcolato e messo a confronto i volumi annui, essendo questi mediamente dello stesso ordine di grandezza, si è deciso di fare riferimento all'anno più recente, il 2010, con un volume fatturato totale pari a 1.128.668 m³ /anno. Inoltre facendo riferimento ad un numero di 14087 abitanti e di 7442 utenze attive è stato calcolato il numero di abitanti medi per utenza attraverso la seguente relazione :

$$\frac{N^{\circ} \text{ abitanti}}{N^{\circ} \text{ utenze}}$$

ottenendo un valore pari a 1,89 abitanti per utenza.

N° ABITANTI	N° UTENZE	N° ABITANTI PER UTENZA
14087	7442	1.89

Tabella 8: Sintesi del calcolo relativo al numero di utenze

A questo punto è stato possibile calcolare la dotazione idrica mediante un processo iterativo ottenuto con la funzione ricerca obiettivo disponibile nel software Excel. In definitiva si riportano di seguito i risultati ottenuti:

DOTAZIONE IDRICA ($l/ab \cdot d$)	219.51
$m^3/anno \cdot utenza$	151.662
$l/d \cdot utenza$	415.51
$l/s \cdot utenza$	0.005
PORTATA EROGATA TOTALE ($m^3/anno$)	1128668

Tabella 9: Calcolo della dotazione idrica.

L'assegnazione della portata ai nodi della rete fognaria è stata possibile soltanto a valle di una procedura che consiste nell'andare ad associare il nome corretto delle vie all'asse stradale e, di conseguenza, ad ogni collettore fognario. Tale operazione, che è risultata essere molto laboriosa (in particolare ha richiesto un periodo di lavoro di circa un mese), è stata eseguita grazie all'ausilio di Google Maps e di HERE; durante tale fase non è stato possibile trovare riscontro per una serie di nomi via indicati nel SIU a causa della loro non corretta trascrizione o perché indicanti dei sentieri non riportati negli stradari. Poiché non si conosce la reale distribuzione delle utenze che scaricano all'interno della fognatura (assenza di una georeferenziazione degli utenti) si è deciso di distribuire in maniera omogenea le utenze di ogni via nei pozzetti ad essa appartenenti; in particolare, si è adottata l'ipotesi semplificativa di dividere il numero delle utenze di ciascuna via per il rispettivo numero di pozzetti e di calcolare, pertanto, la portata immessa in rete come prodotto della dotazione idrica per il numero di utenze assegnate al pozzetto. Dall'analisi della sovrapposizione dei canali fognari agli assi stradali, è stato possibile individuare quelli per i quali non vi è copertura del sistema

fognario ma si riscontra una modalità di smaltimento del refluo diversa; le utenze che nel SIU sono attribuite a tali vie e quelle per le quali non si è riusciti a trovare riscontro sono state escluse dal calcolo delle portate immesse nel modello di simulazione.

5.4 Assegnazione del Pattern

Una volta assegnata la portata ai nodi è stato inserito un “Time Pattern” che, attraverso appositi coefficienti moltiplicativi, permette di far variare l’andamento delle immissioni in fognatura nell’arco delle 24 ore. Avendo ipotizzato un consumo esclusivamente di tipo domestico, è stato assegnato lo stesso pattern a tutti i nodi della rete fognaria. Poiché non si hanno a disposizione misure di portata che permettano di ricavare l’andamento temporale delle portate immesse in rete nel caso del comune in esame, si è fatto riferimento al pattern di un comune con caratteristiche simili a quello analizzato (Meta (NA)), di cui si riporta l’andamento nella figura che segue:

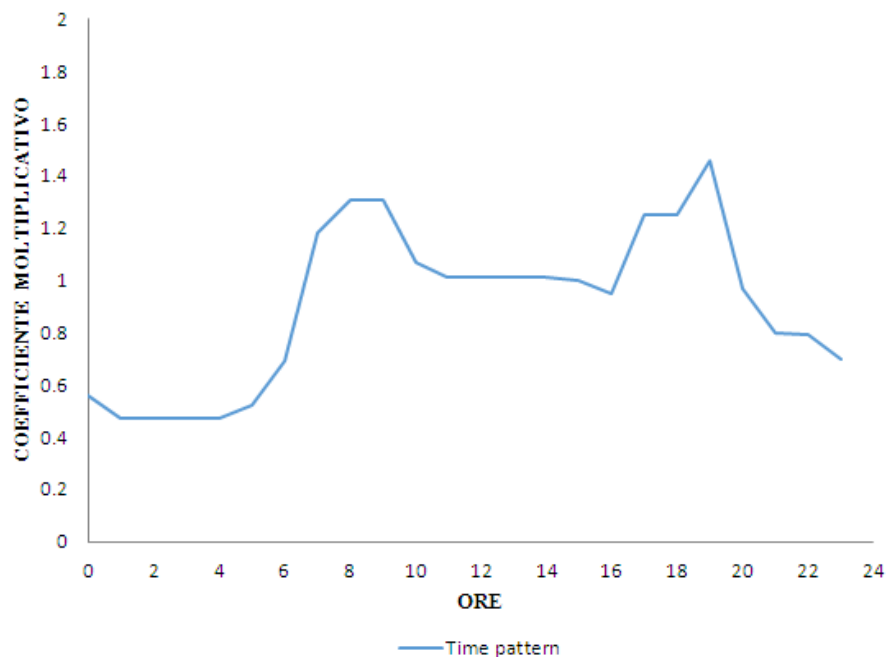


Figura 8: Time pattern assegnato al valore di portata in ogni nodo.

5.5 Risultati della simulazione

Una volta realizzato il modello ed assegnato un pattern è stato possibile avviare la simulazione al fine di verificare il funzionamento della rete fognaria. In particolare sono state effettuate due tipologie di simulazione:

- Simulazione di 48 ore in condizione di tempo asciutto: relativa soltanto alla porte nere immesse del sistema fognario;
- Simulazione di 72 ore considerando un evento di pioggia medio ricostruito mediante uno ietogramma tipo Chicago.

Entrambe le simulazioni sono state valutate facendo riferimento ad un periodo piuttosto lungo per fare in modo che il sistema vada a regime e ottenere risultati più attendibili: per tale motivo non si considerano i risultati delle prime 12 ore.

Condizioni di tempo asciutto: si riportano di seguito i risultati ottenuti mettendo in evidenza i valori di portata e le velocità:

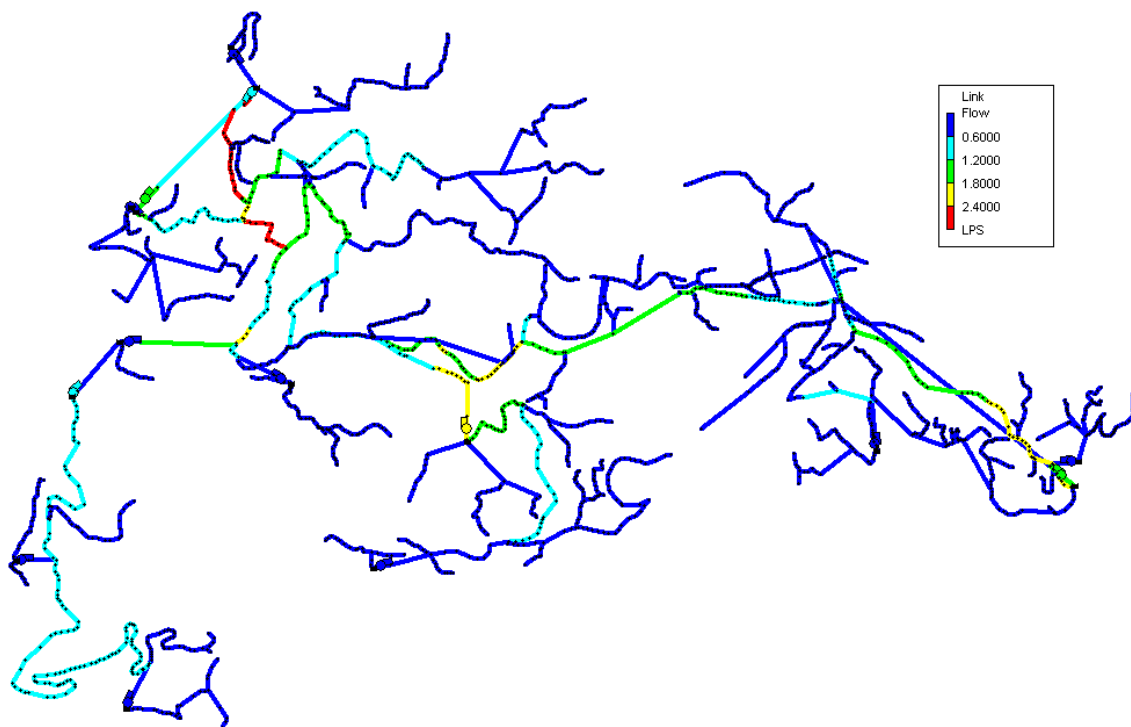


Figura 9: Risultati della simulazione dopo 12 ore in cui si evidenziano i valori di portata

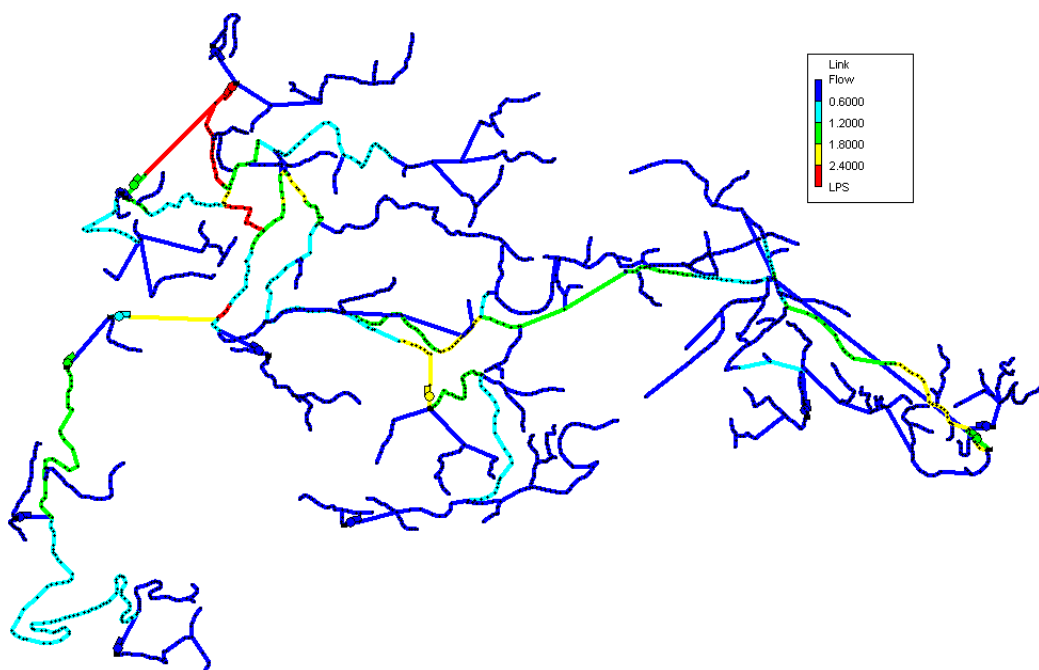


Figura 15: Risultati della simulazione dopo 48 ore in cui si evidenziano i valori di portata

Come evidenziato dai risultati della simulazione, si riscontra un incremento di portata in corrispondenza delle 48 ore soprattutto per quanto riguarda le zone

prossime all'impianto di depurazione di Massa Centro. Di seguito si riporta a titolo di esempio il diagramma delle portate nelle 48 ore in corrispondenza di un collettore prossimo all'impianto di depurazione:

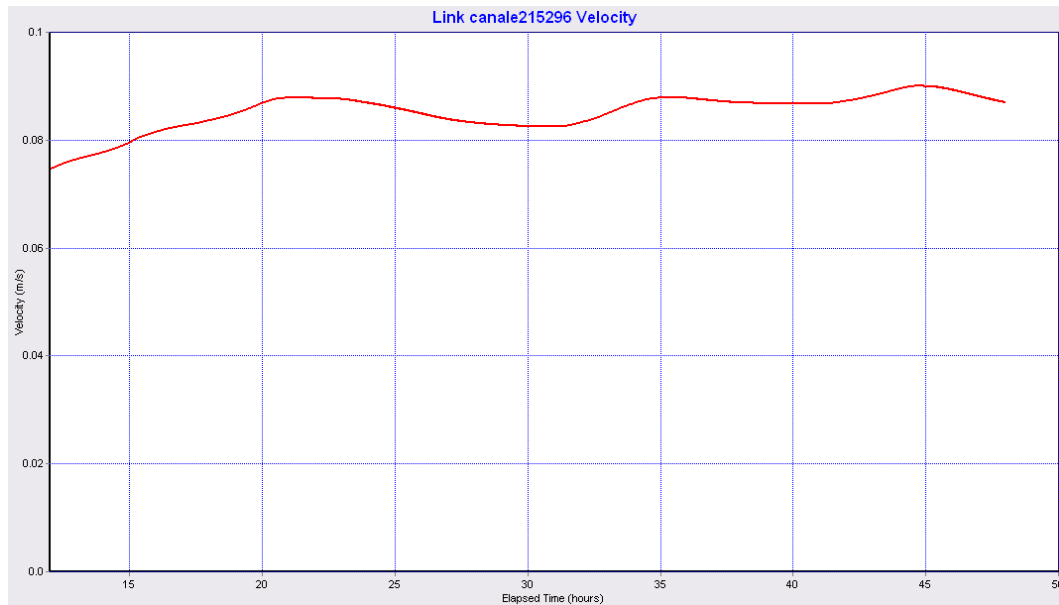


Figura 16: Andamento della portata nelle 48 ore di un collettore prossimo all'impianto di depurazione

. Si riporta inoltre il grado di riempimento del medesimo collettore:

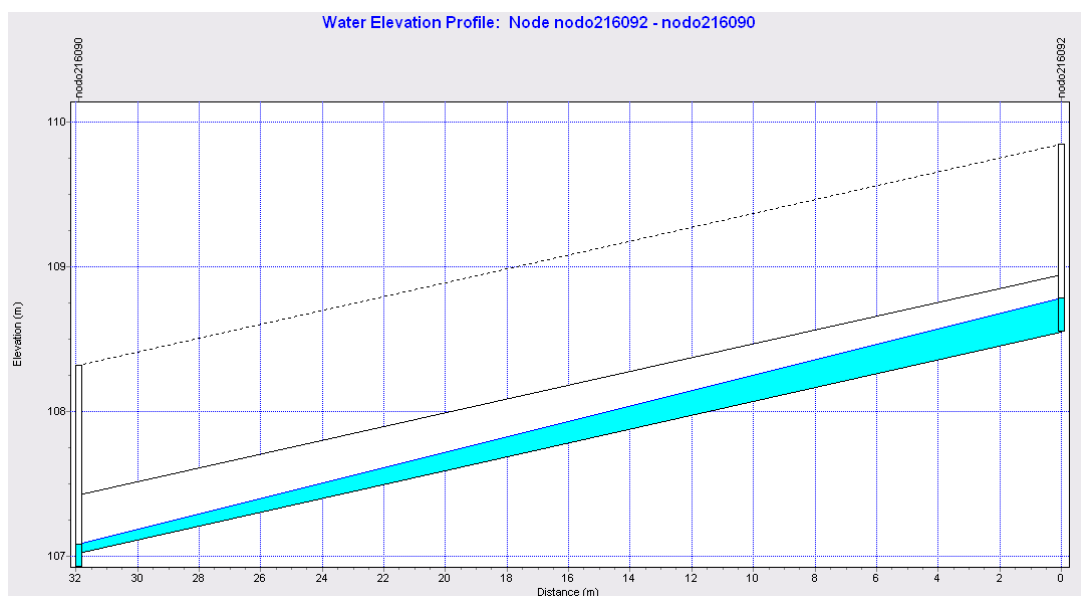


Figura 17: Grado di riempimento di un collettore prossimo all'impianto di depurazione

Una condizione per la quale si hanno delle portate eccessivamente elevate, può determinare situazioni di non corretto funzionamento, poiché a seguito di eventi piovosi, possono verificarsi delle situazioni per cui il sistema può andare in pressione. Si riporta di seguito l'individuazione di alcuni tratti critici che, in base alla simulazione, potrebbero andare in pressione o sono al limite del loro corretto funzionamento:

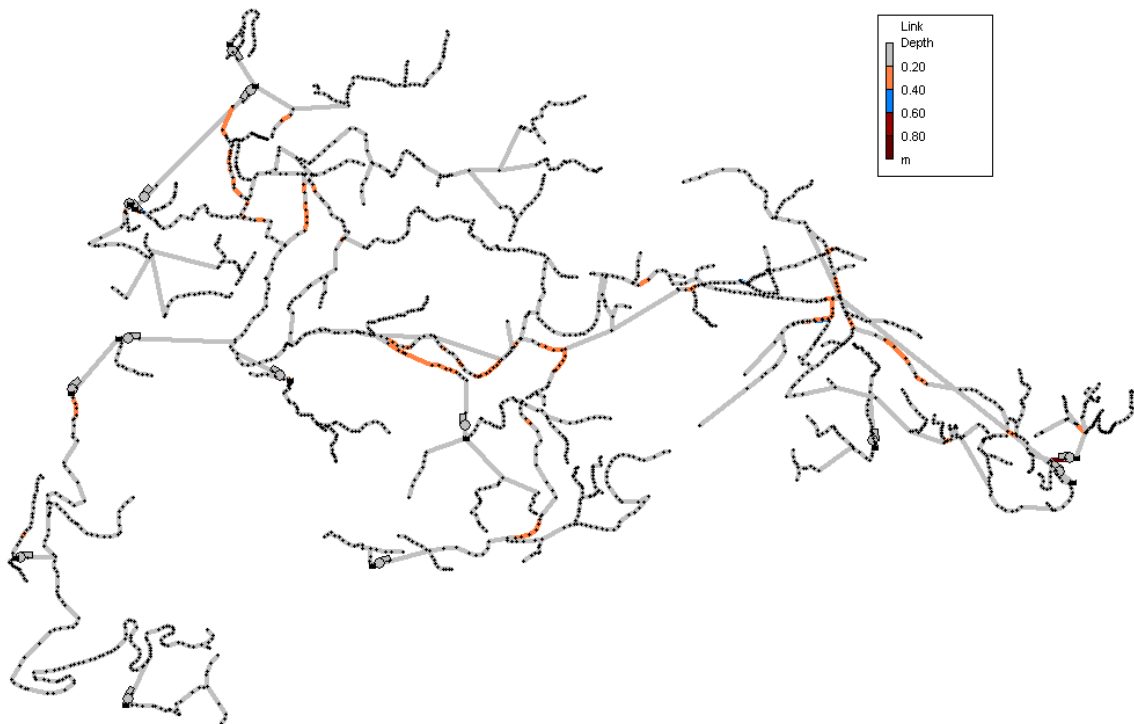


Figura 18: Individuazione di collettori che potrebbero andare in pressione.

Si riporta a titolo di esempio un collettore che presenta delle criticità:

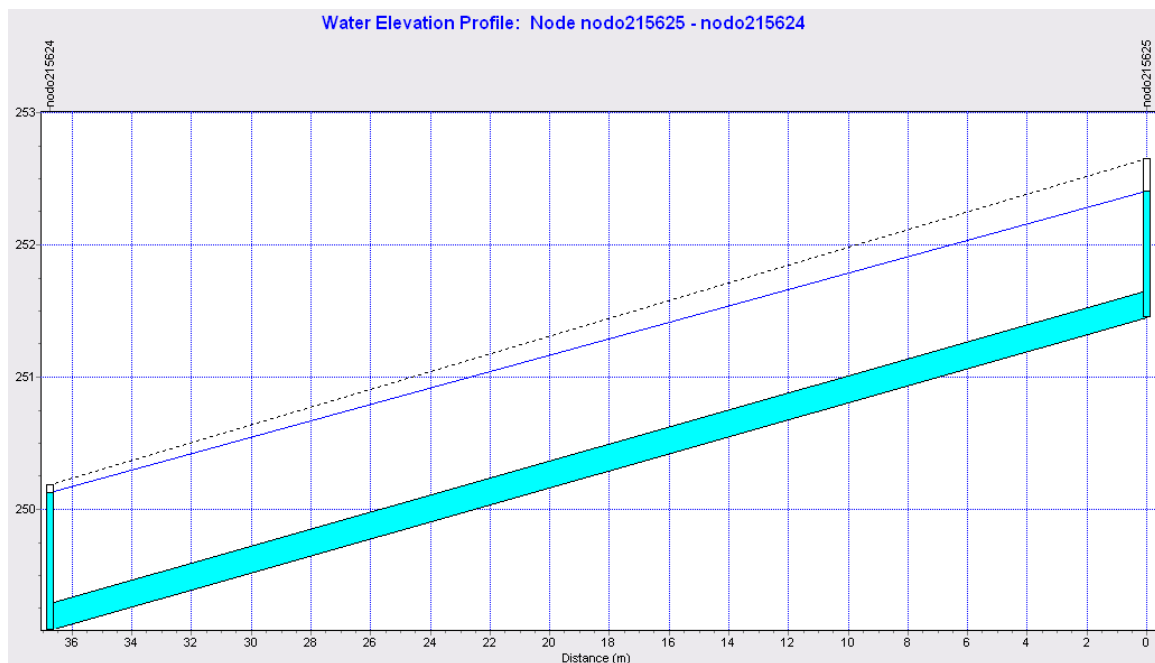


Figura 19: Individuazione di un collettore fognario in pressione.

Molto interessante risulta essere la panoramica delle velocità nell'intero sistema fognario nelle 24 e nelle 48 ore:

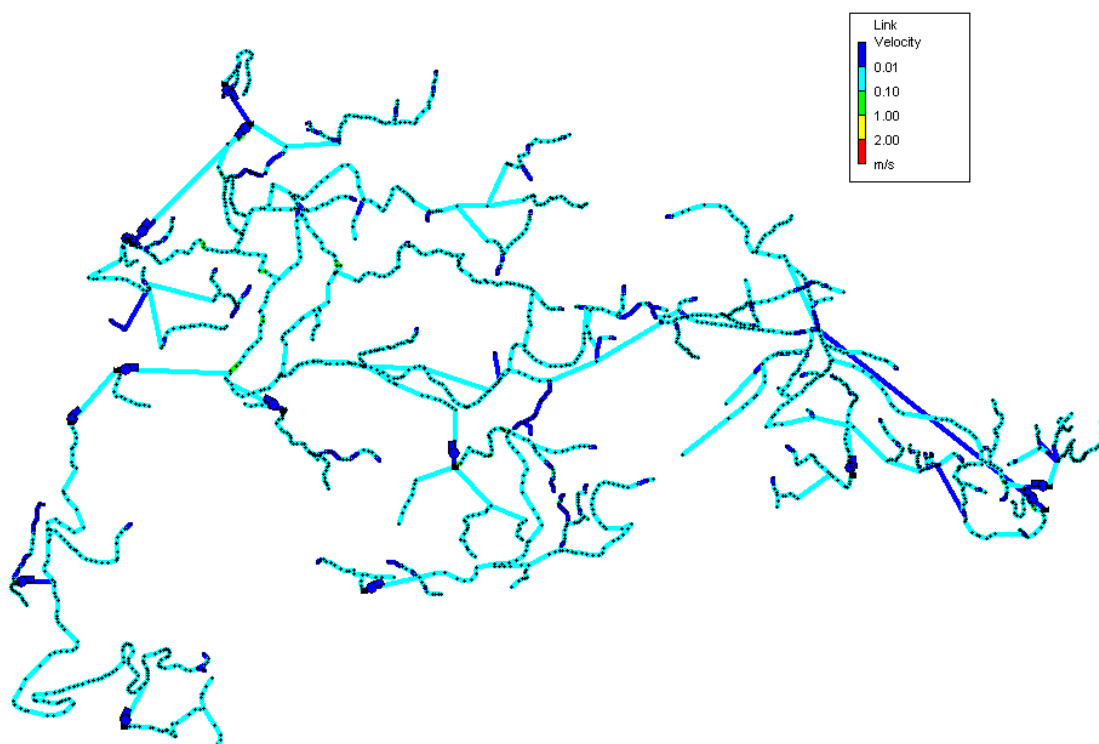


Figura 20: andamento delle velocità relativo alle 24 ore.

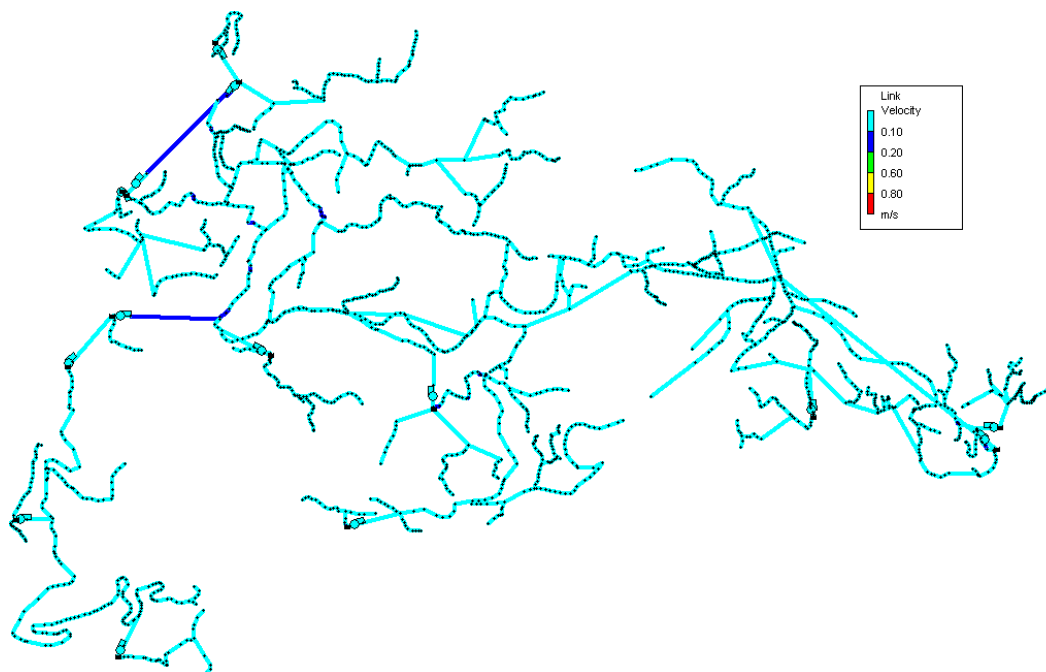


Figura 10: andamento delle velocità relativo alle 48 ore.

Dalle immagini riportate non si riscontrano problemi per quanto riguarda le velocità massime in fognatura che risultano essere abbastanza contenute; tuttavia le velocità minime sono piuttosto ridotte e in alcuni casi risultano essere inferiori alle velocità minime richieste per impedire la sedimentazione di materiale sospeso pari a 0.3 m/s . Si riporta a titolo di esempio l'andamento delle velocità in un collettore fognario:

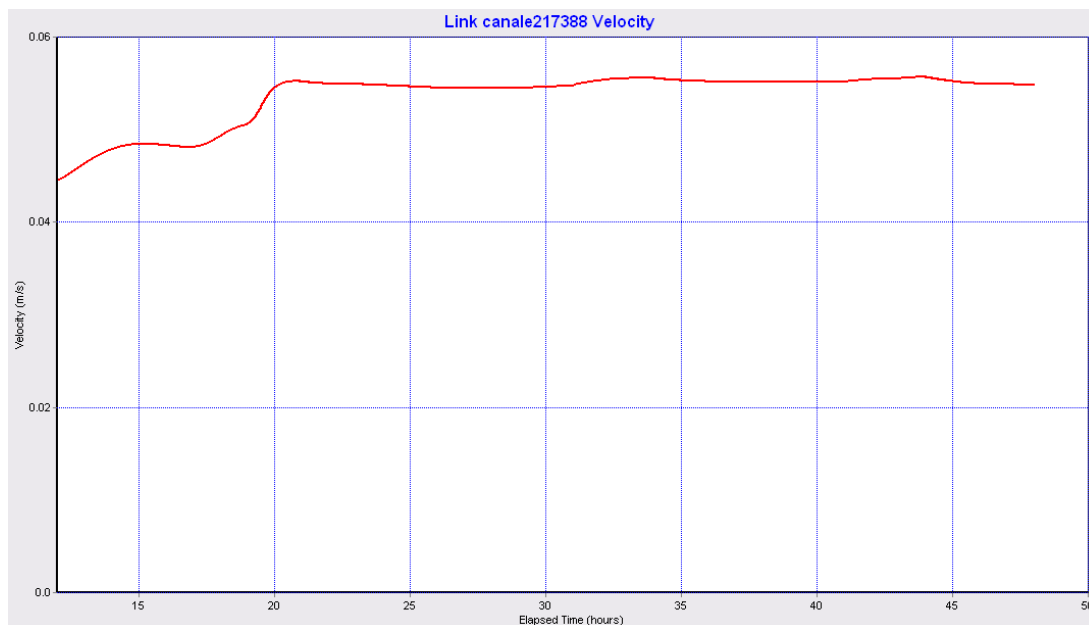


Figura 22: Andamento delle velocità tra le 12 e le 48 ore

Simulazione con evento di pioggia: per poter simulare un evento di pioggia è stato considerato uno ietogramma Chicago della durata di 6 ore avente caratteristiche analoghe a eventi di pioggia ordinari nel Comune di Massa Lubrense per un evento di pioggia medio il cui andamento è stato ricostruito nel diagramma che segue:

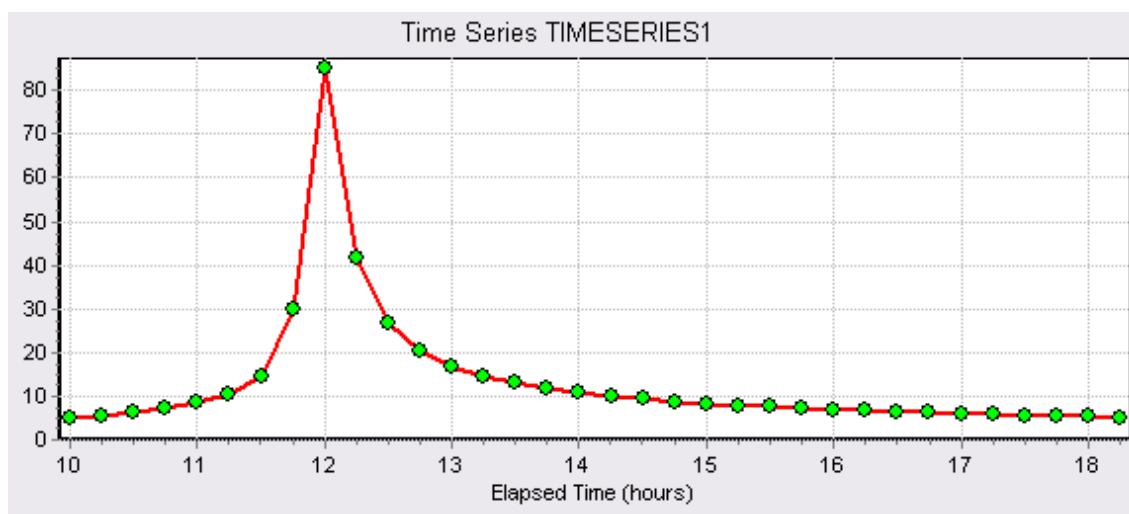


Figura 23: Ietogramma tipo Chicago dell'evento di pioggia simulato dopo 2 giorni e 10 ore.

Tale evento piovoso è stato considerato a partire dalle ore 10:00 del secondo giorno della simulazione ed il picco viene raggiunto dopo 2 ore. Per poter ricostruire tale andamento, si è fatto riferimento ad una curva di probabilità pluviometrica descritta dalla relazione seguente:

$$h_t = a \cdot t^n$$

In cui il parametro a è stato posto pari a 30 ed n pari 0,35. Si riportano di seguito a titolo di esempio alcune immagini relative alle diverse condizioni di funzionamento del sistema fognario nelle 72 ore, in cui si è simulato l'evento di pioggia dopo 2 giorni e 10 ore per una durata totale di 6 ore e 15 minuti; inoltre il picco dell'intensità di pioggia viene raggiunto dopo 2 giorni e 13 ore.

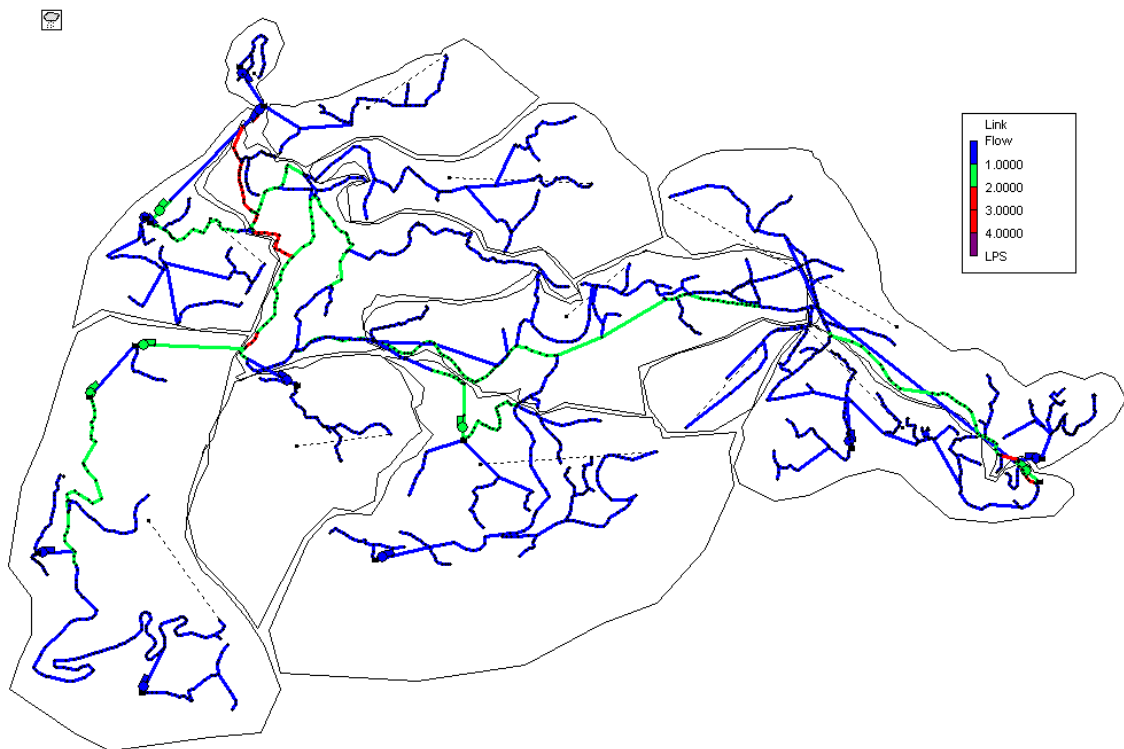


Figura 24: Valori di portata dopo 2 e giorni e 9 ore, precedenti all'evento di pioggia.

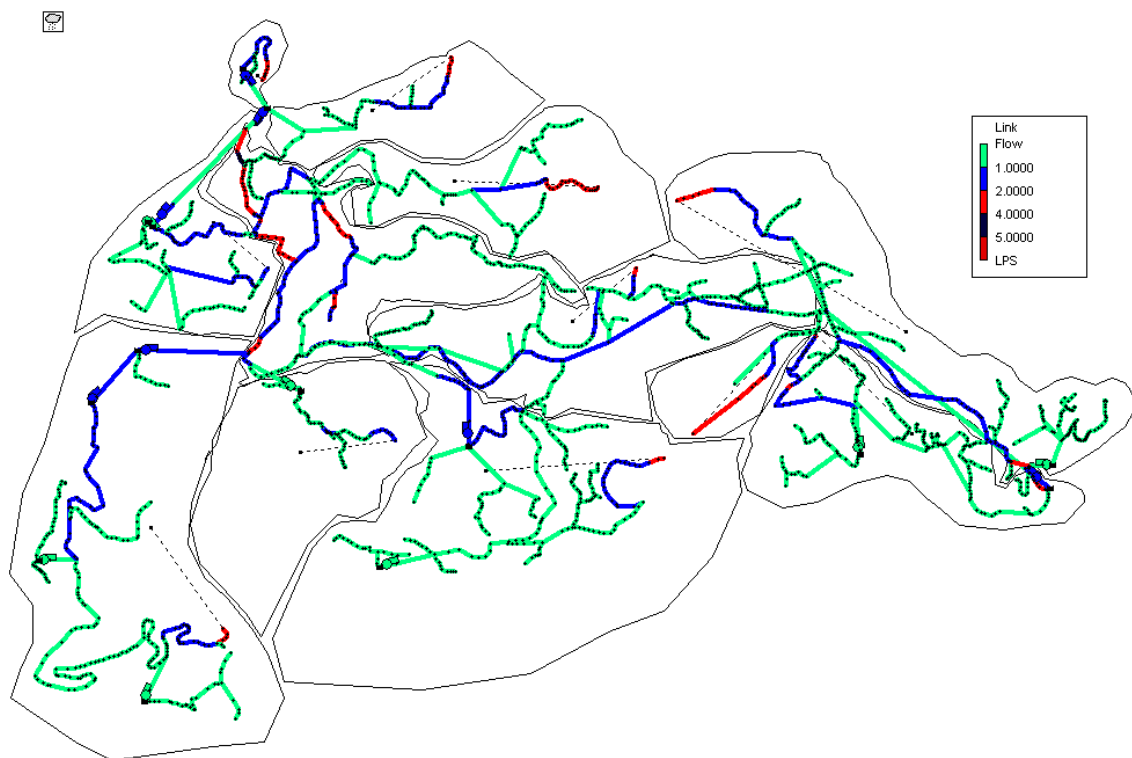


Figura 25: Valori di portata durante l'evento di pioggia (2 giorni e 13 ore).

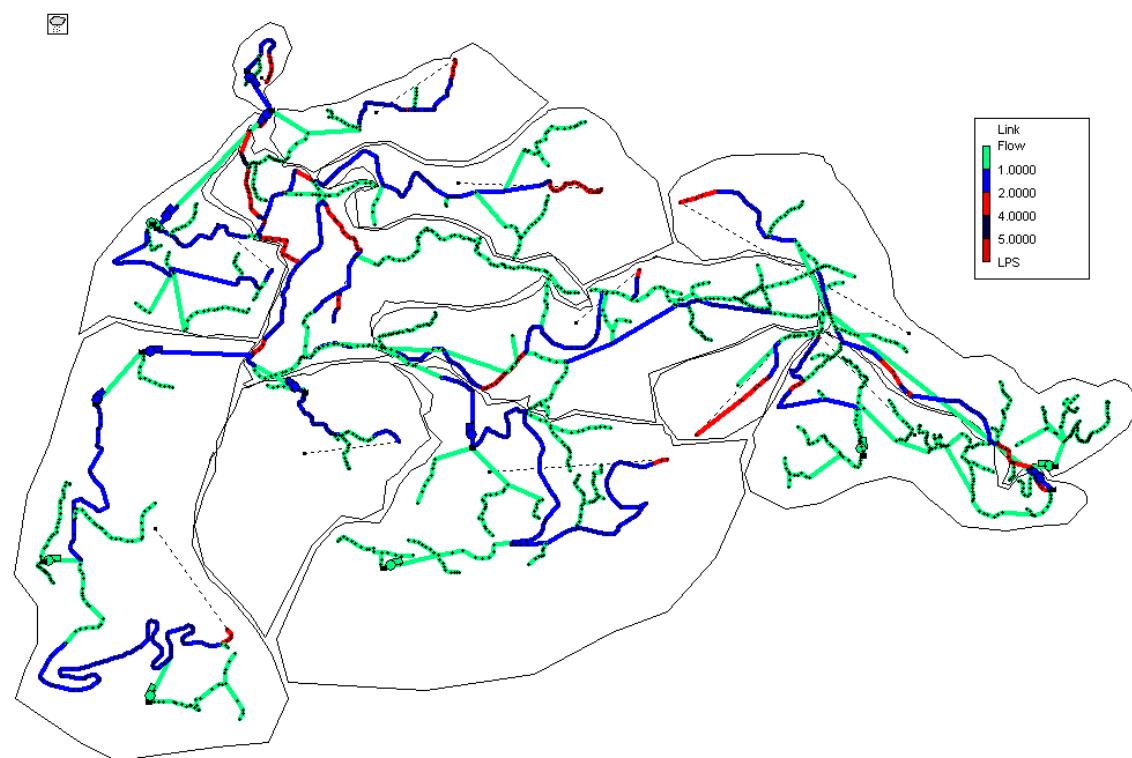


Figura 116: Valori di portata al termine dell'ora di pioggia (2 giorni e 18 ore).

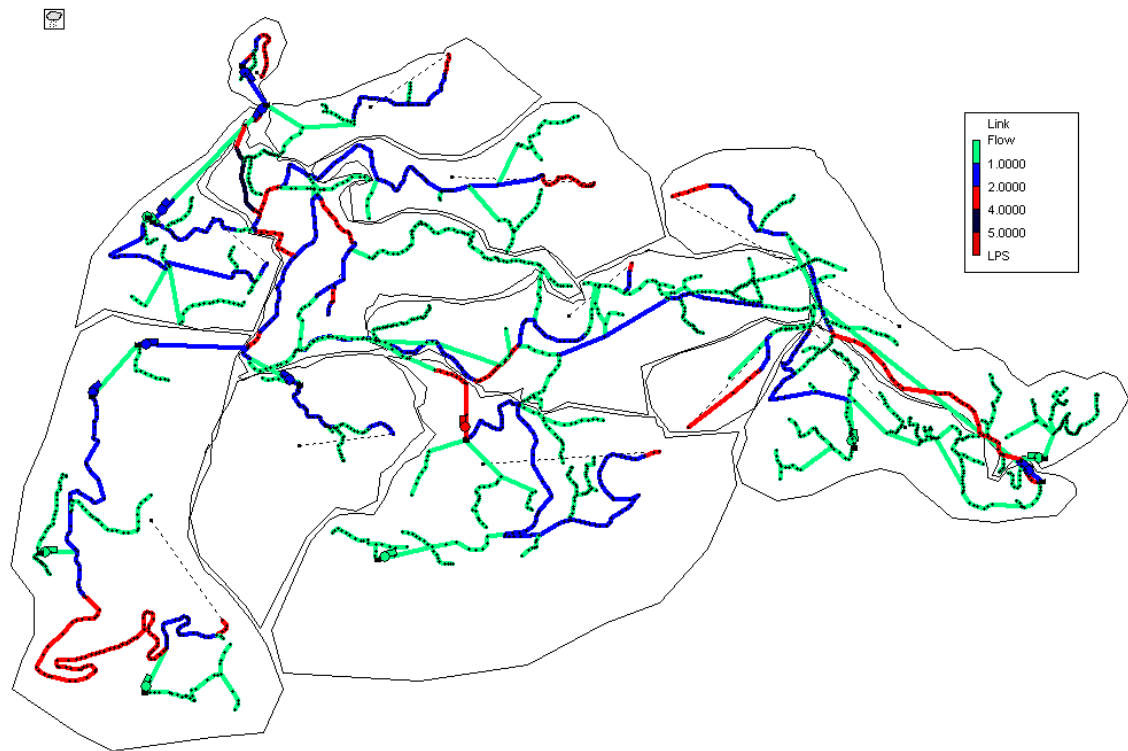


Figura 27: Valori di portata dopo 2 giorni e 22 ore.

dai risultati sopra evidenziati si evince che a seguito di un evento di pioggia si ha un incremento di portata nei collettori in cui essa confluisce. Si riporta inoltre di seguito l'andamento delle velocità prima, durante e dopo l'evento di pioggia:

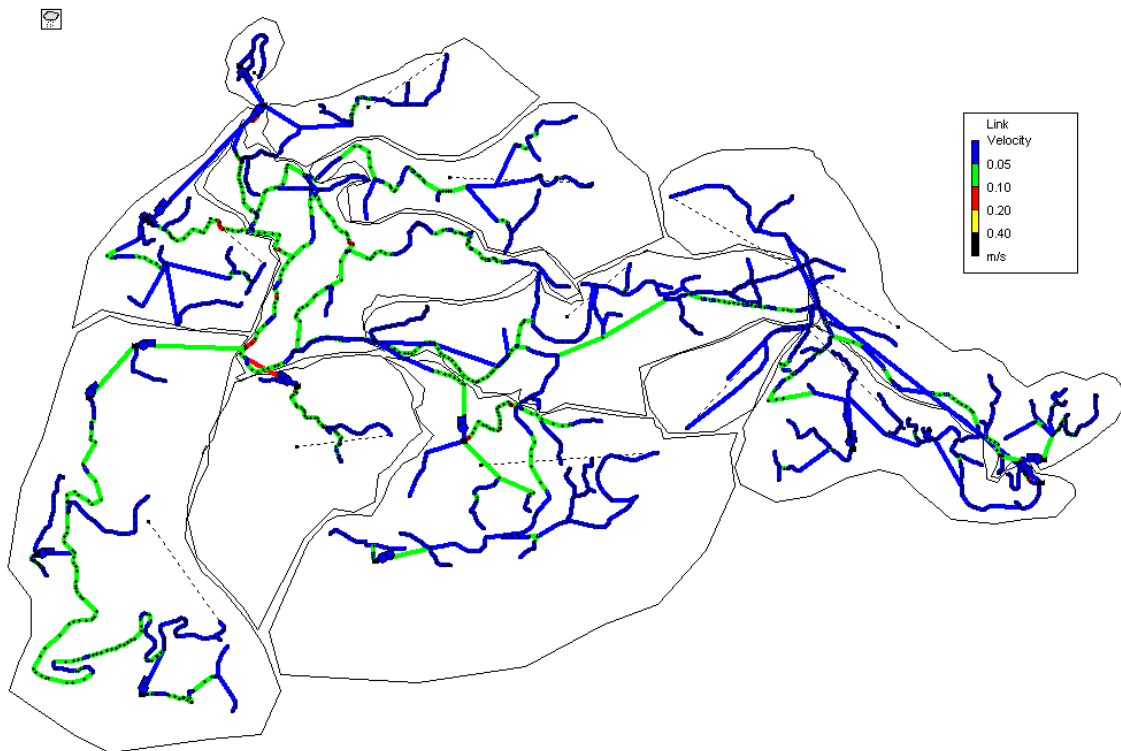


Figura 28: valori di velocità prima dell'evento di pioggia (2 giorni e 9 ore).

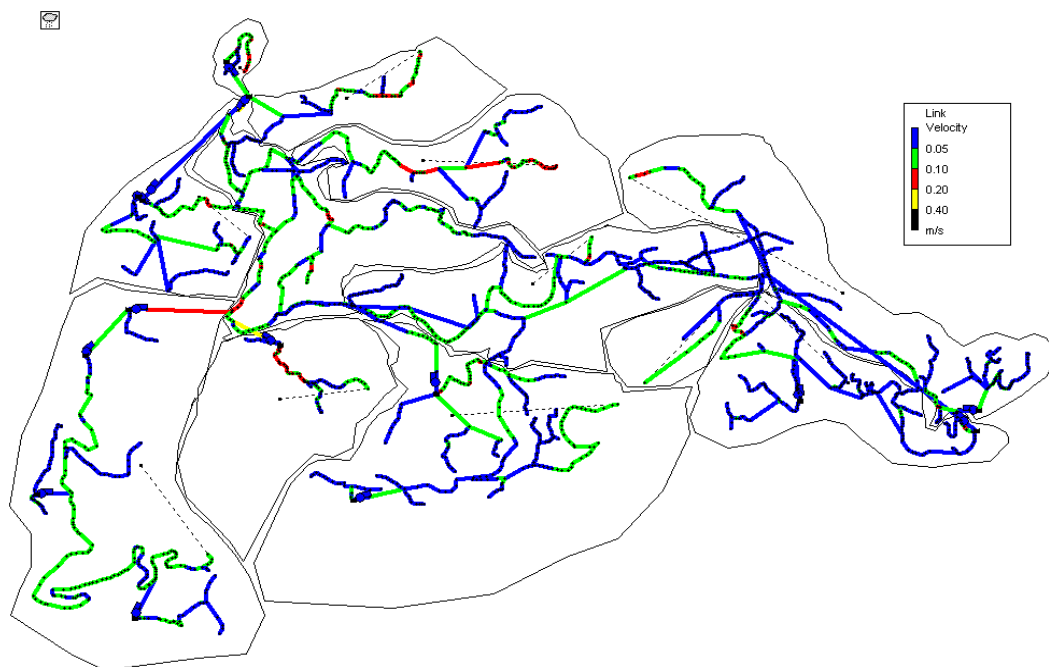


Figura 29: valori di velocità durante l'evento di pioggia (2 giorni e 14 ore).

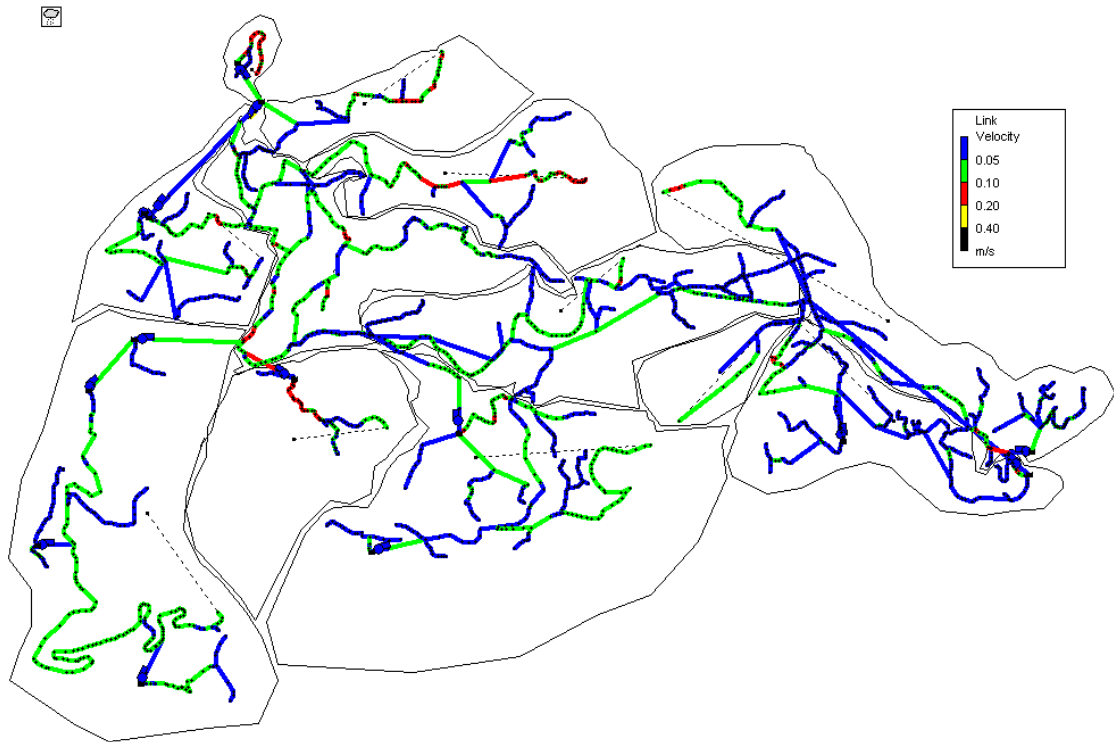


Figura 30: Valori di velocità dopo l'evento di pioggia (2 giorni e 20 ore).

Si riporta a titolo d'esempio l'andamento delle velocità, della portata e del grado di riempimento nelle 72 ore all'interno di un collettore fognario:

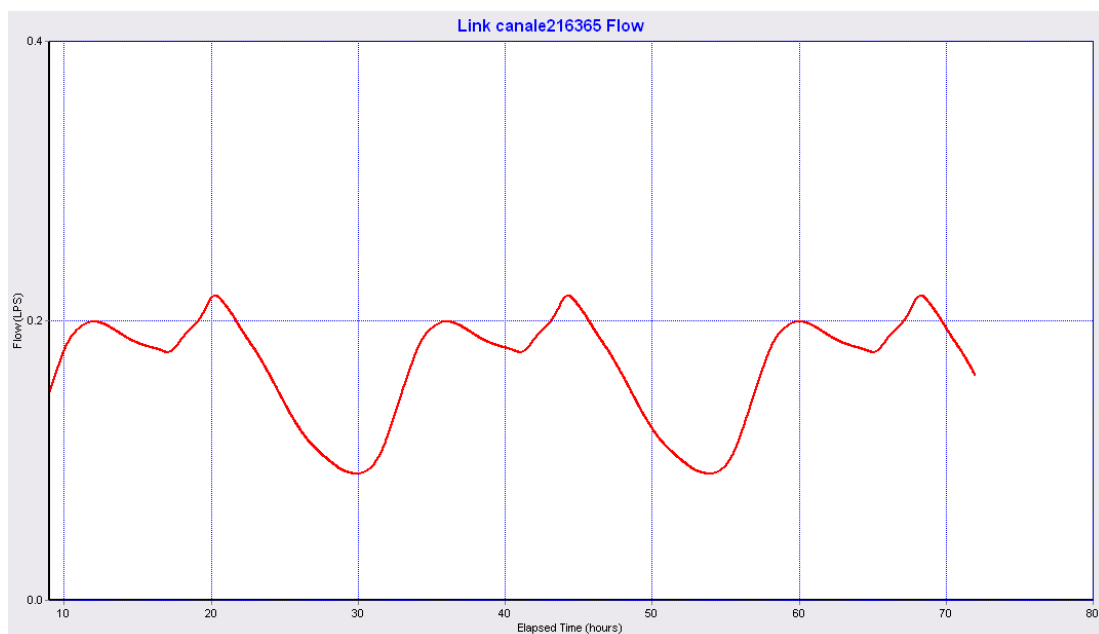


Figura 31: Andamento delle portate nelle 72 ore.

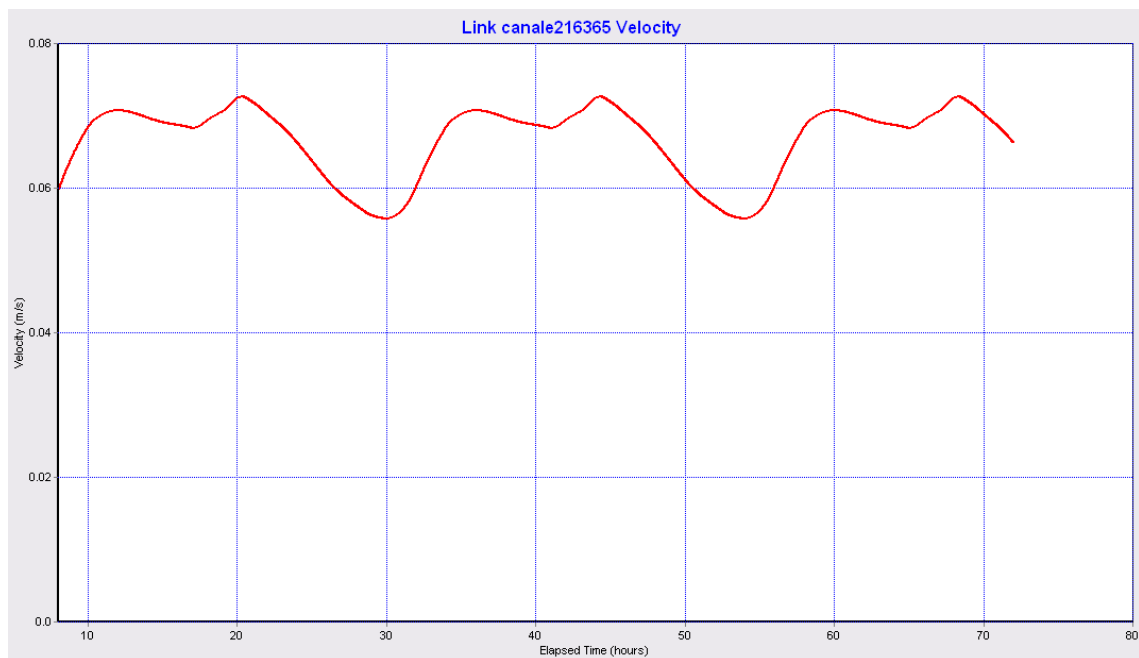


Figura 32: Andamento delle velocità nelle 72 ore.

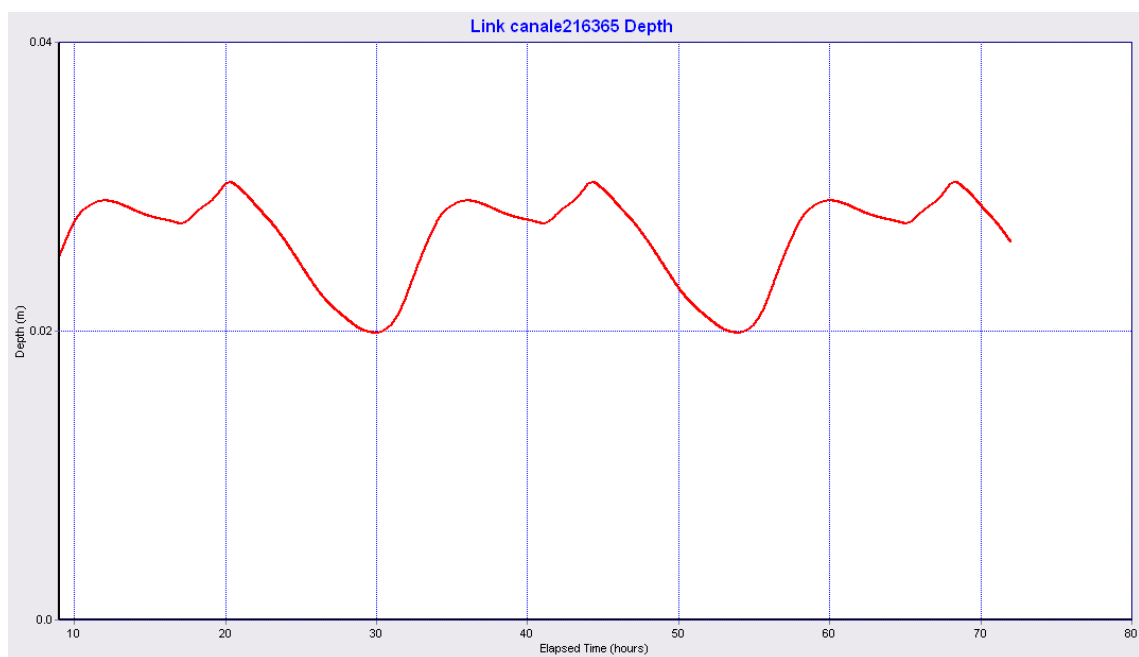


Figura 33: Variazione del grado di riempimento nelle 72 ore.

Per ottenere dei risultati più attendibili, il modello necessita di una calibrazione.

Si riporta inoltre a titolo di esempio il grado di riempimento di un collettore prima e durante l'evento meteorico:

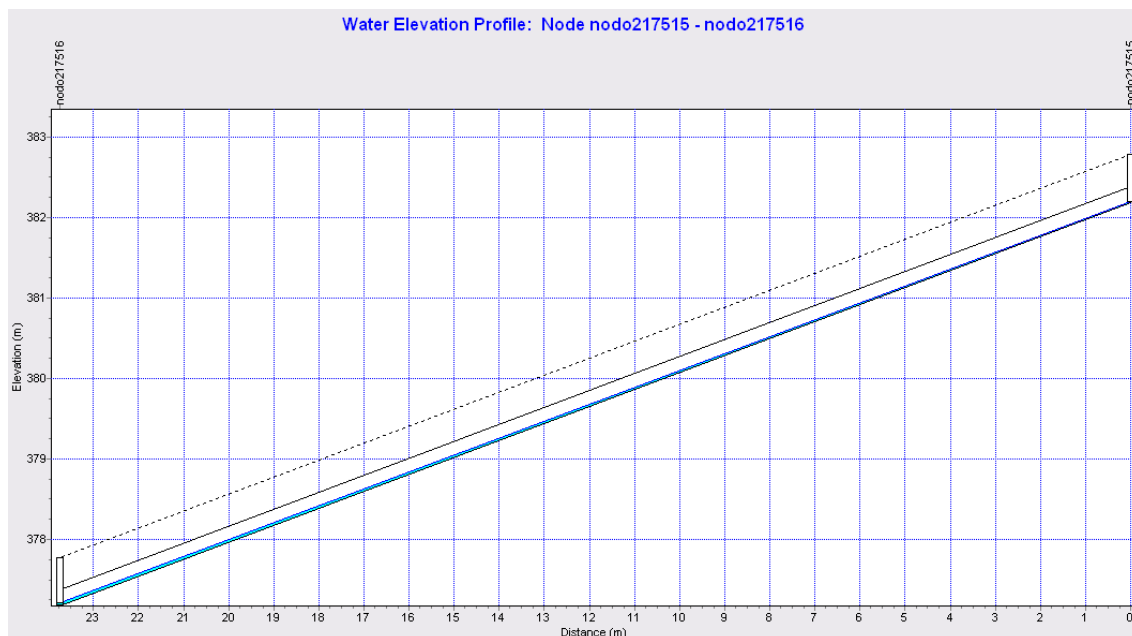


Figura 34: Variazione del grado di riempimento del collettore prima dell'evento di pioggia (2 giorni e 10 ore).

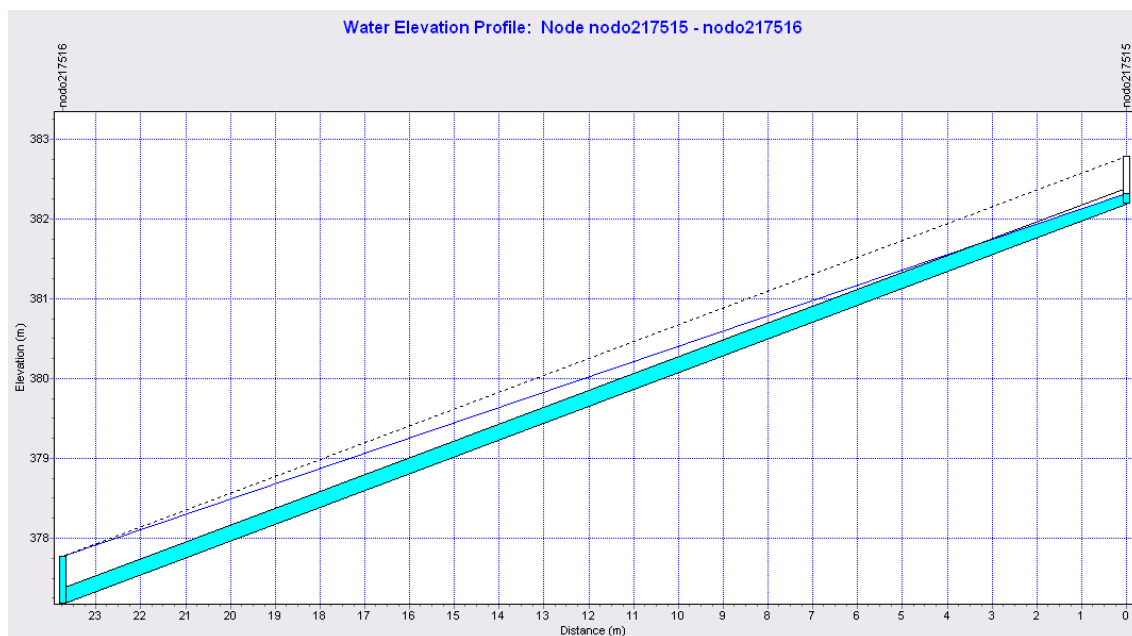


Figura 35: Variazione del grado di riempimento del collettore durante l'evento di pioggia (2 giorni e 14 ore).

Per poter ottenere dei risultati più accurati, il modello necessita di una calibrazione.

CONCLUSIONI

In questo lavoro di tesi sono state messe in evidenza le difficoltà riscontrate nella realizzazione di un modello di simulazione di una rete fognaria reale. L'organizzazione dei dati aziendali non permette infatti un diretto inserimento degli stessi all'interno del software di modellazione, ma richiede una prima fase di elaborazione e di riorganizzazione. Nella fase di reperimento dati sono state riscontrate diverse criticità inerenti sia la quantità sia la qualità dei dati necessari ad una corretta modellazione; una delle criticità principali si riscontra nel fatto che tutti i dati disponibili sono presenti in database diversi e indipendenti che non comunicano tra loro per cui è stato necessario consultarli singolarmente.

Per poter ottenere un'ottimizzazione dell'intera gestione dati si potrebbe pensare di creare un unico database che consenta una rapida interrogazione e disponibilità di informazioni con una elevata frequenza di aggiornamento. Inoltre il problema relativo al riallineamento dello stradario potrebbe essere risolto con una georeferenziazione delle utenze che permette di avere una loro precisa localizzazione. Sono inoltre state evidenziate alcune criticità relative alla mancanza di dati, per i quali è stato necessario ipotizzare dei valori plausibili al fine di poter ricostruire l'intero schema fognario. Per la simulazione idraulica, è stato utilizzato il software SWMM in cui si è fatto riferimento a due situazioni distinte: la prima in condizioni di tempo asciutto, in cui è stato valutata soltanto la portata immessa dalle utenze all'interno dei collettori fognari; la seconda simulando un evento di pioggia medio. A seguito di tali calcoli sono stati evidenziati le criticità emerse relative alle velocità massime e minime in fognatura, al massimo riempimento dei collettori fognari e quindi eventuali situazioni di funzionamento non corrette.

Un modello di simulazione idraulica può essere fondamentale per il Gestore Idrico poiché permette, per quanto riguarda il sistema fognario, di determinare ad esempio le zone ed i tratti dove si riscontrano le velocità maggiori; tale informazione risulta essere di fondamentale importanza perché nei punti in cui le velocità risultano essere maggiori, un eventuale immissione di sostanze non conformi, potrebbero mandare fuori esercizio l'impianto di depurazione. Tutto questo potrebbe essere realizzato ad esempio andando a posizionare nei punti dove le velocità risultano essere maggiori dei sistemi di monitoraggio che permettano di rilevare la presenza di sostanze non idonee in tempo reale in modo tale da intervenire tempestivamente per impedire che esse raggiungano l'impianto di depurazione.

BIBLIOGRAFIA

- [1] E.Baratti (2009). *Soluzioni tecniche per la realizzazione di casse di espansione nella rete di bonifica del Consorzio dell'Emilia Centrale*. Tesi di Laurea, Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, Università di Bologna.
- [2] E.Capuccini (2010). *Applicazione di tecnologie BMP ai sistemi di drenaggio urbano*. Tesi di Laurea, Ingegneria Civile, Università di Bologna.
- [3] R.Carlucci. *GIS – Sistemi Informativi Geografici: Introduzione e note preliminari*.
- [4] Circolare Min. LL. PP.N. 11633, 1974- *Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto*.
- [5] L. Da Deppo e C. Datei. *Fognature*, Libreria Internazionale Cortina Padova 2004.
- [6] Legge regionale n.14 del 21.05.1997 “*Direttive per l’attuazione del Servizio Idrico Integrato ai sensi della Legge n.36 del 5.01.1994*”.
- [7] *Relazione generale del Piano d’Ambito dell’ ATO3 Sarnese- Vesuviano*.
- [8] L.A. Rossman. *Storm Water Management Model User’s Manual Version 5.0*, November 2004.
- [9] L.A. Rossman. *Storm Water Management Quality Assurance Report: Dynamic Wave Flow Routing*, September 2006.
- [10] V. Milano. *Acquedotti- Guida alla progettazione* Hoepli, Milano 1996.

SITOGRAFIA

www.goriacqua.com

www.ato3campania.it

www.ato2campania.it

www.comuniverso.it

www.comunemassalubrense.gov.it

ALLEGATO A

LEGENDA:



DISPONIBILITA' NEL GIS	
	Disponibile
	Disponibile in altro database
	Non disponibile
X	Fonte alternativa

TABELLA A

FONTE	
GIS	Geographic Information System
AS	Aqu Snap
SIU	Sistema Informativo Utenze
COG	Centro Operativo Gori
TEL	Telecontrollo

Parametri necessari alla modellazione di una rete di drenaggio urbano

DATI INPUT SWMM				INFORMAZIONI ENTE GESTORE DEL SERVIZIO IDRICO				
				FONTE				
				GIS	AS	SIU	COG	TEL
Idraulica	NODI	NODI	ID nodo					
			Coordinate planimetriche (x,y)					
			Immissioni di portata			X		
			Quota del fondo					
			Profondità rispetto al piano campagna					
		SCARICHI	ID nodo					
			Coordinate planimetriche (x,y)					
			Quota del fondo					
			Presenza paratoia per prevenire il riflusso attraverso lo scarico					
			Tipo di condizione al contorno					
		SEPARATORI DI PORTATA	ID nodo					
			Coordinate planimetriche (x,y)					
			Immissioni di portata			X		
			Quota del fondo					
			Profondità rispetto al piano campagna					
			Tipologia					
		VASCA DI ACCUMULO	ID nodo					
			Coordinate planimetriche (x,y)					
			Immissioni di portata					
			Quota del fondo					
			Funzione o tabella area -tirante					
			Tirante massimo					
			Evaporazione potenziale					

Idraulica		COLLEGAMENTI		DATI INPUT SWMM		INFORMAZIONI ENTE GESTORE DEL SERVIZIO IDRICO				
						FONTE				
						GIS	AS	SIU	COG	TEL
		COLLETTORI		ID nodo						
				Nodo ingresso						
				Nodo uscita						
				Quote sezione di estremità della condotta						
				Lunghezza						
				Pendenza						
				Geometria della sezione						
				 Scabrezza						
					*Materiale					
					*Anno di posa					
					*Rivestimento interno					
		IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO		ID pompa						
				Nodo ingresso						
				Nodo uscita						
				Stato iniziale (on-off)						X
				 Curva caratteristica						
					*Potenza		X		X	
					**Portata e carico		X		X	
		REGOLATORI DI FLUSSO	ORIFICES	ID						
				Nodo ingresso						
				Nodo uscita						
				Configurazione (luce sul fondo o laterale)						
				Forma (circolare o rettangolare)						
				Altezza al di sopra del fondo del nodo d'ingresso						
				Coefficiente di efflusso						
			WEIRS	ID						
				Nodo ingresso						
				Nodo uscita						
				Forma e geometria						
				Altezza della soglia al di sopra del fondo del nodo d'ingresso						
				Coefficiente di efflusso						
			OUTLETS	ID						
				Nodo ingresso						
				Nodo uscita						
				Altezza della soglia al di sopra del fondo del nodo d'ingresso						
				Funzione o tabella carico - portata						

DATI INPUT SWMM			INFORMAZIONI ENTE GESTORE DEL SERVIZIO IDRICO				
			FONTE				
			GIS	AS	SIU	COG	TEL
Idrologia	LEGGE DI PIOGGIA	Tipologia di dati					
		Intervallo temporale					
		Fonte dei dati delle precipitazioni					
	SOTTOBACINI	Legge di pioggia assegnata					
		Nodo di uscita o sottobacino					
		Assegnato uso del suolo					
		Area del bacino					
		Impermeabilità					
		Pendenza					
		Larghezza caratteristica del deflusso superficiale					
		Coefficiente di Manning per area permeabile / impermeabile					
		Depression storage sia per le aree permeabili e impermeabile					
		Percentuale di superficie impermeabile senza "depression storage"					

ALLEGATO B

LEGENDA:

DISPONIBILITA'	
D	Disponibile
PD	Previsto e disponibile
PND	Previsto ma non disponibile
NP	Non previsto

TABELLA B

FONTE	
SHP	shape file
DWG	/
PDF	/
XLS	excel

FONTE	
GIS	Geographic Information System
AS	Aqu Snap
SIU	Sistema Informativo Utenze
COG	Centro Operativo Gori
TEL	Telecontrollo

Idraulica

NODI

DATI INPUT SWMM		INFORMAZIONI ENTE GESTORE DEL SERVIZIO IDRICO										
	Componente	Tipo di dato	FONTE									
			GIS				ALTRO					
			Disp	Formato	U.M.	Note	Nome	Disp	Formato	U.M.	Note	
JUNCTION		ID nodo	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-	-	
		Coordinate planimetriche (x,y)	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-	-	
		Immissioni di portata	NP	-	-		SIU	D	SHP:XLS	-		
		Quota del fondo	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-	-	
		Profondità rispetto al piano campagna	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-	-	
SCARICHI		ID nodo	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-	-	
		Coordinate planimetriche (x,y)	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-	-	
		Quota del fondo	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-	-	
		Presenza paratoia per prevenire il riflusso attraverso lo scarico	NP	-	-		-	-	-	-	-	
		Tipo di condizione al contorno	NP	-	-	Scarico libero, portata costante o variabile ecc.	-	-	-	-	-	
SEPARATORI DI PORTATA		ID nodo	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-	-	
		Coordinate planimetriche (x,y)	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-	-	
		Immissioni di portata	NP	-	-		SIU	D	PDF:XLS	-		
		Quota del fondo	NP	-	-		-	-	-	-	-	
		Profondità rispetto al piano campagna	NP	-	-		-	-	-	-	-	
VASCA DI ACCUMULO		Tipologia	NP	-	-	Indica come la portata viene separata	-	-	-	-	-	
		ID nodo	NP	-	-		-	-	-	-	-	
		Coordinate planimetriche (x,y)	NP	-	-		-	-	-	-	-	
		Immissioni di portata	NP	-	-		-	-	-	-	-	
		Quota del fondo	NP	-	-		-	-	-	-	-	
		Funzione o tabella area -tirante	NP	-	-		-	-	-	-	-	
		Trante massimo	NP	-	-		-	-	-	-	-	
	Evaporazione potenziale	NP	-	-		-	-	-	-	-		

Parametri necessari alla modellazione di una rete di drenaggio urbano

DATI INPUT SWMM			INFORMAZIONI ENTE GESTORE DEL SERVIZIO IDRICO									
Componente	Tipo di dato	FONTE										
		GIS					ALTRO					
		Dimp	Formato	U.M.	Note	Nome	Dimp	Formato	U.M.	Note		
COLLETTORI	ID nodo	PD	SHP:XLS	-			-	-	-			
	Nodo ingresso	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-			
	Nodo uscita	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-			
	Quote sezione di entrata della condotta	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-			
	Lunghezza	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-			
	Pendenza	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-			
	Geometria della sezione	PD	SHP:XLS	-		-	-	-	-			
	Scabrezza	PND	-	-		-	-	-	-			
	<div><div></div><div></div></div>	*Materiale	PD	SHP:XLS	-	Non essendo disponibile il dato fare riferimento ai parametri *	-	-	-	-		
		*Auto di posa	PND	-	-		-	-	-	-		
		*Rivestimento interno	PND	-	-		-	-	-	-		
IMPIANTI DI SOLELEVAMENTO	ID pompa	PD	SHP:XLS	-			-	-	-			
	Nodo ingresso	NP	SHP:XLS	-	Deducibili dalla conoscenza delle coordinate planimetriche dell'impianto presenti nel GIS	-	-	-	-			
	Nodo uscita	NP	SHP:XLS	-		TEL	D	PDF:XLS	-			
	Stato iniziale (on-off)	NP	-	-								
	<div><div></div><div></div></div>	Curva caratteristica	NP	-	-	Se non è nota la curva caratteristica è necessario utilizzare il parametro **, se si conosce un solo punto è necessario inserire **	COC + AS	D	XLS	-		
		*Potenza	NP	-	-		COC + AS	D	XLS	-		
		**Portata e carico	NP	-	-		COC + AS	D	XLS	-		
	REGOLATORI DI FLUSSO	ID	NP	-	-		-	-	-	-		
		Nodo ingresso	NP	-	-		-	-	-	-		
		Nodo uscita	NP	-	-		-	-	-	-		
		Configurazione (base sul fondo o laterale)	NP	-	-		-	-	-	-		
Forma (circolare o rettangolare)		NP	-	-		-	-	-	-			
Altezza al di sopra del fondo del nodo d'ingresso		NP	-	-		-	-	-	-			
Coefficiente di afflusso		NP	-	-		-	-	-	-			
ID		NP	-	-		-	-	-	-			
Nodo ingresso		NP	-	-		-	-	-	-			
Nodo uscita		NP	-	-		-	-	-	-			
Forma e geometria		NP	-	-		-	-	-	-			
OUTLETS	Altezza della soglia al di sopra del fondo del nodo d'ingresso	NP	-	-		-	-	-	-			
	Coefficiente di afflusso	NP	-	-		-	-	-	-			
	ID	NP	-	-		-	-	-	-			
	Nodo ingresso	NP	-	-		-	-	-	-			
	Nodo uscita	NP	-	-		-	-	-	-			
Altezza della soglia al di sopra del fondo del nodo d'ingresso	NP	-	-		-	-	-	-				
Funzione o tabella carico - portata	NP	-	-		-	-	-	-				
Idraulica												

COLLEGAMENTI

Idraulica

