

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



Scuola Politecnica delle Scienze di Base

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

*Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria per l'Ambiente e il
Territorio, Classe LM-35*

Tesi di Laurea in Ingegneria Sanitaria

*Framework to Identify Optimal Configurations of
(De)Centralised Wastewater Systems,
in Abu Dis, West Bank*

Abstract

Relatore:

Ch.mo Prof. Ing. Francesco Pirozzi

Ch.mo Prof. Ing. Leonardo Alfonso

Ch.mo Prof. Ing. Peter van der Steen

Candidata:

Alessia Matano` M67/304

Anno Accademico 2016/2017

Abstract. Processi decisionali per una gestione integrata delle acque reflue necessitano il supporto di tecniche per un'analisi dei costi e della gestione. Tale processo si presenta particolarmente complicato nel bacino di Kidron - Wadi an-Nar, il cui fiume è attualmente usato come canale aperto per il raccoglimento delle acque reflue dai bacini circostanti. La complessa topografia, lo stress idrico e i conflitti sociopolitici del territorio rendono maggiormente complicato ogni intervento. In tale contesto, piani che suggeriscono l'uso di grandi impianti di trattamento centralizzati sono difficili da attuare. Una possibile soluzione che può parzialmente alleviare il problema è l'uso di una serie di piccoli impianti di trattamento decentralizzati. La domanda che sorge è, come configurare in modo ottimale le combinazioni di impianti di trattamento delle acque di scarico centralizzati e decentralizzati per ottenere una giusta copertura sanitaria nel bacino e un ottimale riutilizzo dell'acqua? Questo studio propone lo sviluppo di una struttura per un problema di ottimizzazione multi-obiettivo attraverso funzioni obiettivo basate su un'analisi costi-benefici. L'uso di un algoritmo permette di valutare diverse configurazioni di trattamento delle acque reflue, identificando tra soluzioni centralizzate e decentralizzate, quella ottimale per il caso in analisi. La valutazione e il confronto delle diverse configurazioni avviene attraverso una suddivisione ottimale dell'area e l'identificazione di potenziali riutilizzi dell'acqua trattata. Questa analisi è particolarmente essenziale nelle regioni aride in cui la scarsità di risorse idriche richiede un'allocazione idrica integrata ed efficiente.

Parole chiave: Ottimizzazione multiobiettivo, impianti di trattamento delle acque reflue, sistemi decentralizzati, funzioni cost-beneficio, Cisgiordania, Palestina

1 Introduzione

In tutto il mondo, nuovi piani integrati per la gestione delle acque reflue ricevono sempre più attenzione. Questo è particolarmente vero nei paesi in via di sviluppo, dove economia e ambiente sono questioni delicate. Tuttavia, strumenti atti a fornire una panoramica delle prestazioni delle diverse configurazioni di gestione delle acque reflue sono limitati. Pochi sono gli studi che presentano metodi per un'analisi dei costi di trattamento e di riutilizzo delle acque reflue attraverso tecniche di contabilità e di gestione [1].

Una buona pianificazione della gestione delle acque reflue non solo offre la possibilità di risolvere in modo efficiente il problema relativo all'inquinamento ambientale, ma offre anche l'opportunità di aggiungere valore all'area. Infatti, un quadro completo delle possibili combinazioni e l'individuazione di soluzioni per il riutilizzo delle acque trattate è essenziale in una progettazione preliminare. In particolare nelle regioni aride, l'interesse per il riutilizzo delle acque reflue è in aumento, per promuovere usi idrici sostenibili, efficienti e appropriati.

Attualmente, la mancanza di metodi in grado di analizzare efficientemente diverse opzioni di pianificazione, influisce negativamente sul processo decisionale: non sono disponibili adeguate strumenti preliminari per la selezione delle configurazioni più adatte. Questo può portare al trascurare potenziali soluzioni che, invece, possono ben adattarsi alla situazione in analisi. Questo è vero soprattutto in contesti particolari dove più variabili e vincoli giocano insieme, aumentando la complessità dell'analisi. La frammentazione politica e la scarsità di risorse idriche rendono la città di Abu Dis (Cisgiordania) un interessante caso di studio per lo sviluppo di un metodo atto all'ottimizzazione di una gestione delle acque reflue.

Questa città palestinese si trova a 3,8 km a sudest della città di Gerusalemme, separata da un muro di segregazione che corre lungo il suo confine a ovest [1]. L'area presenta una topografia complessa con una ripida pendenza di circa il 20%, determinando aree di drenaggio distinte. L'acqua potabile è fornita dal pozzo locale e da una risorsa non convenzionale (acqua acquistata da Gihoon, azienda israeliana). Attualmente, la città sperimenta una carenza idrica dovuta alla scarsa affidabilità delle risorse idriche

legate alla diminuzione della falda freatica e alle questioni tecnico-politiche. Inoltre, a causa di vincoli politici, lo sviluppo urbano può avvenire solo in aree limitate, il che porta ad una crescente densità urbana e al correlato aumento del fabbisogno idrico. Con una proiezione di un aumento della popolazione di circa il 40% nei prossimi cinque anni [2], la previsione è un aumento dei periodi di siccità. In questa situazione, il riutilizzo dell'acqua può essere l'unica possibilità per soddisfare esigenze attuali e future. Anche le acque reflue sono un argomento di grande preoccupazione per la città di Abu Dis. Nessun sistema fognario e impianto di trattamento delle acque reflue servono l'area, dove pozzi neri sono le uniche misure usate per la raccolta delle acque reflue. Questi vengono periodicamente svuotati da una società privata che scarica illegalmente le acque reflue raccolte nella valle Kidron / Wadi Al Nar.

Il presente elaborato suggerisce un quadro di ottimizzazione multi-obiettivo che utilizza funzioni obiettivo basate su un'analisi costi-benefici. Questo permette la valutazione di diverse configurazioni di trattamento delle acque reflue. A tal scopo, viene sviluppato un algoritmo in grado di valutare in modo efficiente tutte le variabili coinvolte e le loro possibili combinazioni

2 Materiale e metodi

Il problema di ottimizzazione viene formulato sulla base di un'analisi costi-benefici, prendendo in considerazione i vincoli di ciascuna configurazione. Una formulazione generale del problema di ottimizzazione è: trovare il numero ottimale e il tipo di impianti di trattamento delle acque reflue che massimizzano i benefici e riducono al minimo i costi, tenendo conto di una accettabile copertura sanitaria, della disponibilità di terreni e di un possibile riutilizzo dell'acqua.

In una prima fase le due funzioni obiettivo, che descrivono le prestazioni della configurazione, vengono identificate. La prima funzione obiettivo è il beneficio proveniente da una particolare configurazione, espresso come in Eq. 1.

$$B = \sum(bu_i + ba_i + cf_i + sf_i) \quad (1)$$

dove B è il beneficio totale della configurazione in analisi [ILS¹]; bu_i è il reddito derivante dalla vendita di acqua a scopo urbano in riferimento all'impianto i [ILS / giorno]; ba_i è il reddito derivante dall'acqua venduta per scopi agricoli in riferimento all'impianto i [ILS / giorno]. Infine, cf_i e sf_i sono rispettivamente i redditi derivanti dalle tariffe di connessione [ILS] e dalle tariffe sanitarie [ILS / giorno].

La seconda funzione obiettivo è il costo della configurazione (Eq. 2).

$$C = \sum(\$inv_i + \$o\&m_i + \$wnet_i + R_i) \quad (2)$$

dove C è il costo totale della configurazione nell'analisi [ILS]; $\$inv_i$ è il costo di investimento dell'impianto di trattamento i , con capacità Q_i [ILS]; $\$o\&m_i$ è il costo O&M dell'impianto di trattamento i , con capacità Q_i [ILS]; $\$wnet_i$ è il costo della rete fognaria [ILS] e R_i è il costo del serbatoio relativo all'impianto di trattamento i [ILS].

I vincoli, che emergono nella selezione delle posizioni ottimali degli impianti di trattamento, sono legati ai confini della giurisdizione, all'uso del suolo e alle possibilità di riutilizzo dell'acqua.

Le equazioni vengono risolte attraverso la conoscenza della dotazione idrica, della popolazione totale da servire e delle caratteristiche dei sotto bacini appartenenti ad ogni configurazione. Queste ultime vengono estrapolate da un algoritmo, attraverso un'analisi geografica del territorio. L'algoritmo successivamente effettua la computazione matematica delle funzioni obiettivo attraverso l'uso di

¹ ILS o Nuovo Shekel Israeliano è la valuta ufficiale di Israele ed è adottata anche nei territori palestinesi della Cisgiordania e della Striscia di Gaza. 1 ILS corrisponde a 0.24 euro.

programmi basilari della libreria Numpy. Il codice di programmazione è scritto usando il linguaggio di programmazione Python. La configurazione del modello è mostrata in Figura 1.

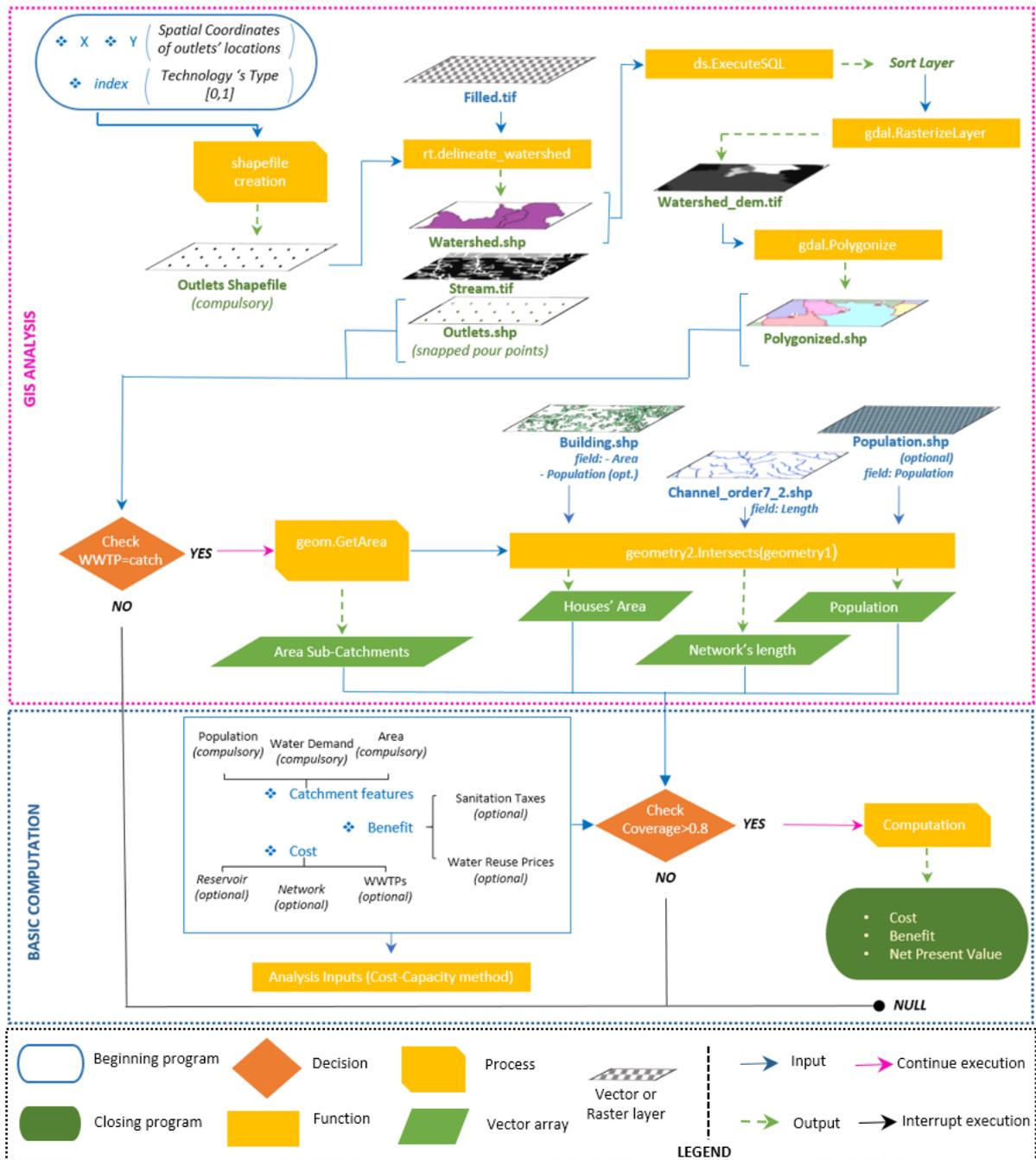


Figura 1. Schema dell'algoritmo AOKP

L'algoritmo è stato eseguito sviluppando configurazioni da 1, 3 e 6 impianti di trattamento, in modo da indagare l'ottimo grado di centralizzazione per l'area in analisi. In ogni configurazione, sono stati esplorati sia il processo di trattamento convenzionale a fanghi attivi che a membrana. Questo ha permesso sia di indagare una possibile influenza della tipologia di trattamento delle acque reflue sulla configurazione sanitaria ottimale sia di considerare diverse opzioni di riuso delle acque trattate, a seconda della qualità raggiunta.

3 Risultati e discussione

Le configurazioni ottimali per ogni elaborazione vengono riportate in Figura 2 e Figura 3. Queste sono state individuate attraverso l'identificazione del valore minimo del rapporto costo beneficio.

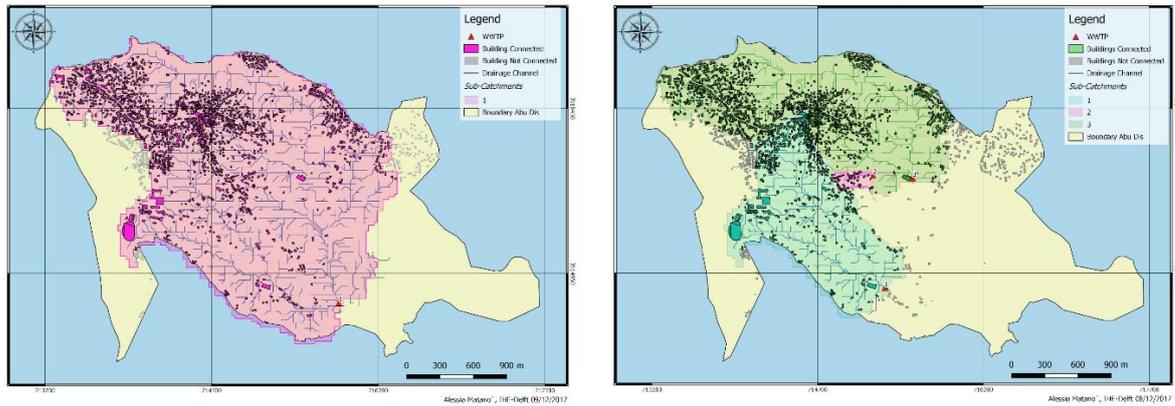


Figura 2. Configurazione ottimale per l'uso di 1 e 3 impianti di trattamento

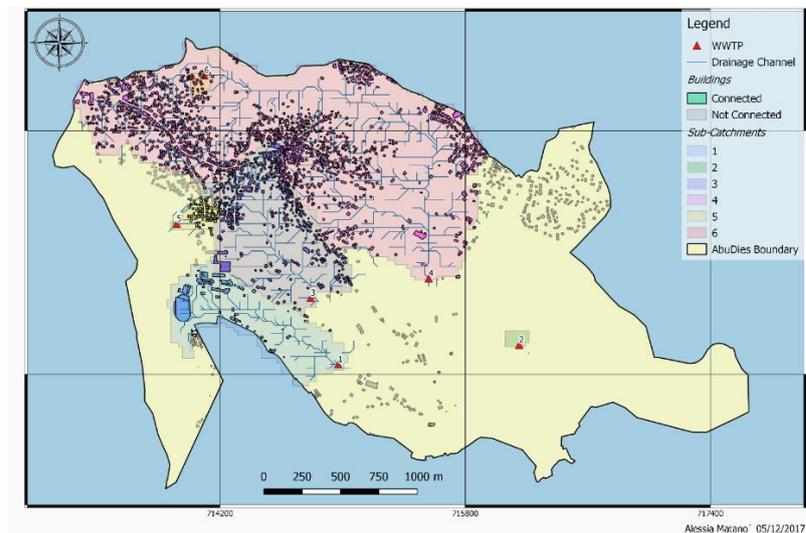


Figura 3. Configurazione ottimale per l'uso di 6 impianti di trattamento

Attraverso il confronto dei valori di costo e beneficio relativi ad ogni configurazione ottimale, la migliore opzione tra quelle esplorate viene individuata (Tabella 1).

Tabella 1. Riepilogo dell'analisi di efficienza delle combinazioni ottimali con 1, 3, 6 WWTPs

Combinations	Benefit [ILS]		Cost [ILS]		NPV [-]		Coverage [%]
	CAS	MBR	CAS	MBR	CAS	MBR	
6 WWTPs	42.6 M	46.9 M	23.7 M	37.9 M	- 18.91 M	- 9.05 M	81
3 WWTPs	23.5 M	37.7 M	43.9 M	48.3 M	- 20.4 M	- 10.6 M	82
1 WWTP	24.5 M	39.8 M	54.3 M	59.2 M	- 29.8 M	- 19.4 M	88

La configurazione con 6 impianti di trattamento presenta i valori di costo più basso sia per impianti di trattamento a fanghi attivo tradizionale che a membrana. All'aumentare del grado di centralizzazione, infatti, aumenta anche il costo, mostrando l'elevata influenza del costo della rete fognaria sul valore finale, rispetto al costo di investimento e operazione dell'impianto che diminuisce per unità all'aumentare della capacità dell'impianto.

4 Conclusione

La formulazione di un problema di ottimizzazione, con il relativo sviluppo di un algoritmo, ha mostrato come, per il caso in analisi, un sistema decentralizzato possa risultare più vantaggioso di uno centralizzato, se la disposizione degli impianti nell'area in analisi viene attentamente indagata. La metodologia proposta offre un supporto rilevante nel processo decisionale, specialmente nei Territori palestinesi occupati. Attualmente, manca una pianificazione che miri a trovare una configurazione ottimale della gestione delle acque reflue attraverso un'attenta analisi dei diversi componenti. Ciò porta all'adozione di progetti disconnessi, che mancano in una panoramica più generale del problema in esame. Un altro ostacolo al processo di pianificazione è la proibitiva topografia, che non consente di seguire i confini politici per l'identificazione dell'area servita da ciascun impianto di trattamento. Inoltre, la mancanza di comunicazione e condivisione delle informazioni tra le parti interessate e la divisione frammentaria dell'area a causa dell'occupazione israeliana rendono ancora più complicata la progettazione di un piano di gestione idrica integrato. Questo può essere superato attraverso le prestazioni del modello proposto, che è in grado di analizzare e valutare le possibili configurazioni, sempre tenendo conto delle esigenze dell'area in analisi.

Bibliografia

- [1] S. cooperation The applied research institute, Jerusalem and AECID, "Abu Dis Town Profile," 2012.
- [2] Abu Dis Local Council, 2017.