

# La sostenibilità energetico-ambientale degli impianti di trattamento delle acque reflue urbane: strumenti di misura e controllo

Giovanna Sada<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Salerno

## Abstract

La ricerca presenta un approccio di valutazione integrato per la definizione della sostenibilità ambientale dei WWTPs, con l'obiettivo di fornire uno strumento utile per la caratterizzazione e l'aumento della sostenibilità, attraverso l'identificazione e la quantificazione degli elementi critici. La procedura si basa sul concetto di miglioramento continuo, che può essere implementato sulla filosofia del ciclo di deming il quale consente l'ottimizzazione dei processi e il miglioramento della qualità e dell'efficienza. L'approccio viene discusso considerando tre dimensioni di valutazione (aree tematiche): ubicazione, impianto e gestione.

## Introduzione

Il presente lavoro di ricerca si inserisce nel quadro delle attività di studio delle problematiche connesse alla identificazione e caratterizzazione, ai fini del controllo, dell'impronta energetico-ambientale degli impianti di depurazione delle acque reflue urbane (WWTPs) Fig. 1.

La mancanza di trattamento delle acque reflue rappresenta quindi un pericolo per la salute dell'ambiente e dell'uomo, pertanto, negli ultimi decenni sono stati compiuti sforzi significativi in tutto il mondo per implementare o migliorare i sistemi di depurazione e gli impianti di trattamento delle acque reflue (WWTP) <sup>1</sup>.

Tuttavia, nel mondo una persona su tre continua a soffrire uno scarso accesso all'acqua e ai servizi igienico-sanitari, circa 2,2 miliardi di abitanti del pianeta non dispongono di un accesso all'acqua potabile gestito in sicurezza, ben 4,2 miliardi non possiedono servizi igienici adeguati e complessivamente 3 miliardi non hanno gli strumenti basilari che occorrono per un semplice ma indispensabile comportamento igienico: lavarsi le mani <sup>2</sup>.

La realizzazione e la gestione di impianti di trattamento delle acque reflue, è una necessità che non può essere trascurata dalle autorità <sup>1</sup>.

Nonostante i predetti benefici e riconosciute necessità, i WWTPs comportano, nell'ambito del loro processo di funzionamento, pressioni ambientali che, ove non correttamente gestite, possono dar luogo ad una insostenibilità ambientale <sup>3 4 5 6 7</sup>

In un'era in cui crescono le preoccupazioni relative alla sostenibilità ambientale e sono evidenti le conseguenze dei fenomeni dei cambiamenti climatici, l'identificazione di strumenti per la misurazione ed il monitoraggio della sostenibilità energetico-ambientale degli impianti di depurazione delle acque reflue urbane risulta dunque un elemento importante al quale la società e la ricerca deve tendere.



Figure 1: Impianto di trattamento acque reflue

Pochi studi sono presenti nella letteratura tecnico-scientifica di settore che hanno proposto approcci generici per la valutazione della sostenibilità applicata agli impianti di trattamento delle acque reflue <sup>8, 1, 9, 10</sup>. Tali approcci, tra l'altro, riferiscono esclusivamente ad aspetti propri e specifici dell'impianto. Nessuno tiene conto di aspetti legati anche alle fasi di gestione e di localizzazione (sito). L'attività di ricerca ha, per l'appunto, voluto affrontare tali criticità, proponendo una procedura di valutazione della sostenibilità energetica ed ambientale per gli impianti di depurazione delle acque reflue, di tipo integrata, nell'ambito delle tre dimensioni (impianto, sito e gestione) applicando una metodologia multicriteriale e pesata, con indicatori di sostenibilità identificati sulla base dell'analisi della letteratura tecnico-scientifica di settore e di casi studio applicativi. Nello specifico, la metodologia proposta per la valutazione della sostenibilità degli impianti di WWTPs si compone di quattro fasi principali:

1. lo studio delle dimensioni, secondo una struttura gerarchica, in aree tematiche (sito, impianto e gestione), categorie e sub-categorie (in numero variabile in relazione agli specifici indicatori di valutazione identificati nella fase successiva);
2. l'identificazione, sulla base dell'analisi della letteratura tecnico-scientifica più accreditata del settore, per le varie sub-categorie identi-

- ficato, degli indicatori di sostenibilità e la loro quantificazione secondo una scala di normalizzazione;
3. la valutazione e conseguente attribuzione dei pesi con il metodo del confronto a coppie per ciascuna struttura gerarchica;
  4. la definizione del punteggio finale, variabile da -1 a 5, indicativo del livello di sostenibilità finale ottenuto come somma dei punteggi di sostenibilità delle diverse componenti strutturali.

La validazione della metodologia proposta ed elaborata è stata applicata su casi studio reali. L'attuazione ha consentito di ottimizzare alcuni aspetti, evidenziandone le potenzialità applicative.

## Approccio metodologico

La procedura per la valutazione della sostenibilità energetica-ambientale degli impianti di trattamento delle acque reflue urbane proposta prevede l'analisi del problema, secondo una struttura gerarchica, in 3 aree tematiche (A, B e C), 23 categorie 49 sub-categorie e 143 indicatori.

In Fig.2 sono mostrate le tre dimensioni di valutazione (aree tematiche): ubicazione, impianto e gestione.

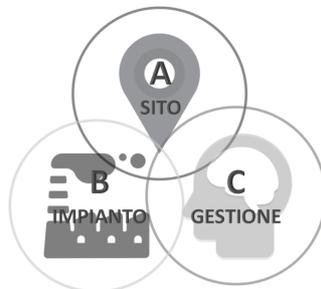


Figure 2: Aree tematiche

L'area tematica A consente la valutazione della sostenibilità del sito prescelto per la localizzazione dell'impianto tenendo conto di vari aspetti quali la vicinanza della rete di infrastrutture, la prossimità del sistema autostradale, le implicazioni della natura degli edifici urbani, la conformità dei vincoli preesistenti, la prossimità del corpo idrico.

L'area tematica B consente la valutazione della sostenibilità dell'impianto in termini di efficacia del trattamento (correlata al miglioramento della qualità delle acque trattate), sottoprodotti generati, utilizzo ottimale delle

risorse ed emissioni (consumo di acqua, consumo di energia, altezza dal suolo, grCO<sub>2</sub>eq) concentrazione di odore emesso e fattore emissivo OER.

L'area tematica C consente la valutazione della sostenibilità della gestione dell'impianto in termini di uso di energia da fonti rinnovabili, uso di materiali sostenibili, riutilizzo di acqua purificata nel processo, fornitura di servizi.

Ogni area tematica è a sua volta suddivisa in categorie (in numeri variabili a seconda dell'area selezionata), ognuna di queste analizza un aspetto di sostenibilità dell'area tematica.

Le categorie sono a loro volta suddivise in sottocategorie, ognuna delle quali si concentra sull'aspetto particolare della sostenibilità di categoria. Infine, attraverso gli indicatori, è possibile la valutazione della sostenibilità.

L'approccio integrato alla valutazione ha previsto 4 fasi principali:

1. Quantificazione: sulla base della letteratura tecnico-scientifica di settore più accreditata e dell'analisi di casi reali, è stato assegnato un valore numerico a ciascun indicatore di sostenibilità ambientale ed energetica (ISAE) identificato.
2. Normalizzazione: l'intervallo di sostenibilità è stato costruito e normalizzato nell'intervallo [-1; 5] (intervallo di normalizzazione). Il punteggio -1 è stato attribuito all'estremo del range che rappresenta un valore insostenibile, il punteggio 5 all'estremo opposto che rappresenta il più alto valore di sostenibilità.
3. Attribuzione del peso: aree tematiche, categorie, sottocategorie e indicatori sono stati confrontati in coppia al fine di valutare la loro importanza relativa rispetto all'obiettivo aspirato, la sostenibilità energetico-ambientale degli impianti di trattamento delle acque reflue urbane.
4. Punteggio finale: il punteggio finale, variabile da -1 a 5, è stato ottenuto come la somma dei tre punteggi di sostenibilità delle aree tematiche (SA, SB, SC). I tre punteggi di sostenibilità SA, SB, SC sono stati calcolati come successiva aggregazione degli indicatori, delle sottocategorie e delle categorie.

## Conclusioni

In conclusione, sulla base della letteratura e studi precedenti, è stata sviluppata e proposta una metodologia integrata per la valutazione della sostenibilità degli impianti di WWTPs basata sull'analisi e quantificazione delle tre dimensioni: sito, impianto e gestione.

La metodologia proposta è stata applicata e validata a un caso di studio reale, l'impianto di depurazione comprensoriale a servizio dell'area salernitana (grande WWTP).

L'applicazione sperimentale di campo ed il confronto con esperti del settore, ha consentito di ottimizzare certi aspetti, di evidenziare la difficoltà di reperimento di alcuni indicatori, ma soprattutto ha mostrato la reale e valida applicazione della procedura proposta con possibilità di rappresentare un utile strumento diagnostico di tipo dinamico per i gestori degli impianti e per la collettività intera nell'ottica dell'incremento della sostenibilità ambientale ed energetica e della tutela e controllo degli effetti negativi dei cambiamenti climatici di tipo antropici.

Il presente lavoro di ricerca si inserisce nel quadro delle attività di studio delle problematiche connesse alla identificazione e caratterizzazione, ai fini del controllo, dell'impronta energetico-ambientale degli impianti di depurazione delle acque reflue urbane (WWTPs).

È stato proposto lo sviluppo di un modello integrato per la valutazione della sostenibilità energetico-ambientale dei WWTPs.

## References

1. M.-Senante, M., Gómez, T., Caballero, R., Hernández-Sancho, F. & Sala-Garrido, R. Assessment of wastewater treatment alternatives for small communities: An analytic network process approach. *Sci Total Environ* **532**, 676–87 (2015).
2. UNICEF. Rapporto sull'intervento umanitario. (2019).
3. Zarra T., B. V., Naddeo V. Characterization of odours emitted by liquid waste treatment plants (LWTPs). *Issue 4* **18**, 721–727 (2016).
4. Zarra, T., Galang, M. G., Ballesteros, F., Belgiorno, V. & Naddeo, V. Environmental odour management by artificial neural network – A review. *Environment International* **133**, 105189 (2019).
5. Zarra, T., Giuliani, S., Naddeo, V. & Belgiorno, V. Control of odour emission in wastewater treatment plants by direct and undirected measurement of odour emission capacity. *Water Science and Technology* **66**, 1627–1633 (2012).
6. Naddeo, V., Belgiorno, V. & Zarra, T. Procedures for Odour Impact Assessment. in *Odour Impact Assessment Handbook* 187–203 (John Wiley & Sons Inc., 2012). doi:10.1002/9781118481264.ch7.
7. Zarra, T., Naddeo, V., Belgiorno, V., Reiser, M. & Kranert, M. Odour monitoring of small wastewater treatment plant located in sensitive environment. *Water Science and Technology* **58**, 89–94 (2008).
8. Plakas, K. V., Georgiadis, A. A. & Karabelas, A. J. Sustainability assessment of tertiary wastewater treatment technologies: a multi-criteria

analysis.. *Water Sci Technol* **73**, 1532–40 (2016).

9.Padilla-Rivera, A. & Güereca, L. P. A proposal metric for sustainability evaluations of wastewater treatment systems (SEWATS). *Ecological Indicators* **103**, 22–33 (2019).

10.Ren, J. & Liang, H. Multi-criteria group decision-making based sustainability measurement of wastewater treatment processes. *Environmental Impact Assessment Review* **65**, 91–99 (2017).