

10

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI "FEDERICO II"  
FACOLTA' DI INGEGNERIA



CORSO DI LAUREA IN  
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

**SINTESI TESI**

Relatore

PROF. ING. M. FABBRICINO  
ING G. DE SIMONE

Correlatore

DOT. R. ZICCARDI

Candidato

RAFFAELE AGATI  
MATR.324/116

**ANNO ACCADEMICO 2008/2009**

## SINTESI TESI

Il trattamento delle acque reflue è diventato indispensabile al fine di proteggere l'ambiente e in particolare le risorse idriche del pianeta. La crescente industrializzazione e l'aumento demografico hanno causato una notevole contaminazione delle acque superficiali, specialmente negli ultimi decenni. Di conseguenza, numerosi paesi hanno varato leggi sulla protezione ambientale molto più restrittive.

Per far fronte a questi nuovi limiti, si deve aumentare il numero di impianti di trattamento e potenziare l'efficienza di quelli già esistenti.

I depuratori di acque reflue rappresentano dei sistemi complessi, la cui gestione è di fondamentale importanza per la funzionalità degli stessi. In passato, gli impianti erano gestiti in maniera frammentaria dalle amministrazioni comunali e spesso non garantivano il rispetto dei limiti normativi.

Nel 1994, con l'emanazione del Dlg 36/94 (Legge Galli), è stata avviata una riforma che prevede la riduzione della frammentazione delle gestioni tramite la realizzazione di Ambiti Territoriali Ottimali (ATO) nei quali la gestione del S.I.I. è affidata ad un unico gestore. Nell'ottobre del 2002, in seguito all'attuazione di tale legge, l'ente gestore (GORI S.p.A.) dell'ATO 3 Sarnese - Vesuviano della Regione Campania ha organizzato la gestione di piccoli impianti, in forma consortile.

In tale contesto, il presente lavoro di tesi ha avuto quale obiettivo quello di proporre e tarare un sistema innovativo, mai affrontato in precedenza, di "manutenzione" degli impianti di depurazione che garantisca il rispetto delle prescrizioni normative in materia di protezione ambientale.

Per la giurisdizione italiana, gli scarichi provenienti da impianti di trattamento delle acque reflue urbane devono conformarsi, secondo precise cadenze temporali, ai valori limiti di concentrazione degli inquinanti definiti dal decreto legislativo n. 152 del 2006 (Testo Unico in materia ambientale). Se questa condizione non viene verificata scatta immediatamente il sistema sanzionatorio, amministrativo e penale, a carico del gestore dell'impianto di depurazione, a meno che non venga verificata l'eccezionalità e l'imprevedibilità dell'evento che ha determinato il superamento dei limiti normativi.

Le casistiche che escludono la colpevolezza del titolare dell'impianto di depurazione sono quelle definite dalla corte di cassazione con la sentenza dell'8 aprile 1998 n.4522 .

Affinchè si ricada all'interno di queste casistiche e l'impianto sia caratterizzato da un'adeguata efficienza depurativa, sia in termini di percentuale di rimozione che di non superamento delle concentrazioni limite degli inquinanti, è necessaria, però, una manutenzione efficace.

In questo elaborato di tesi, ciò è ottenuto integrando, a valle di un piano di manutenzione programmata, un piano di manutenzione predittiva che si basa sulla valutazione statistica della vulnerabilità di un generico impianto di depurazione da guasti ad apparecchiature elettromeccaniche, in esso operanti, che potrebbero verificarne un'inaccettabile riduzione dell'efficienza depurativa.

Se da un lato, con una buona manutenzione programmata è possibile mantenere costanti le prestazioni delle singole macchine operanti nell'impianto nell'arco della loro vita utile, dall'altro, questa strategia d'intervento non esclude che si verifichino guasti legati a fattori non prevedibili deterministicamente ma che comunque il sistema giuridico considera effetti diretti di una cattiva gestione dell'impianto e quindi evitabili.

Una manutenzione predittiva, invece, considerando la possibilità che eventi di natura non deterministica possano verificarsi con una certa probabilità d'accadimento, permette, in caso di superamento dei limiti normativi, di mettere al riparo il titolare della gestione dell'impianto da procedimenti sanzionatori. In questo caso gli eventi che li verificano sono definiti eccezionali o non prevedibili, svincolandosi automaticamente da sanzioni amministrative e/o penali.

Il modello di vulnerabilità dell'impianto viene valutato attraverso l'analisi del rischio, ossia il prodotto della probabilità di accadimento di un certo evento per la sua magnitudo, ossia la pericolosità ad esso associata.

Approcci predittivi simili, per un impianto di depurazione, sono stati realizzati solo considerando eventi esterni ad esso, ad esempio precipitazioni meteoriche eccezionali, sversamenti accidentali di metalli pesanti e sostanze pericolose in fognatura, ma mai in relazione a fattori interni ad esso.

Si è scelto come impianto di riferimento, al quale applicare i risultati dello studio effettuato, un piccolo impianto di depurazione gestito dalla GORI sito nel comune di Massa Lubrense, l'impianto di Massa Centro.

I risultati ottenuti sono però generali ed il modello applicabile a qualsiasi impianto di depurazione.

Il lavoro di tesi è stato strutturato in 5 capitoli:

- **Nel Capitolo 1** viene riportata una sintesi delle principali normative che rendono necessaria la realizzazione del piano di manutenzione programmata e che sono alla base del modello utilizzato per la scelta della migliore manutenzione predittiva;
- **Nel Capitolo 2** viene descritto l'impianto di depurazione di Massa Centro, a servizio del comune di Massa Lubrense e al quale si è fatto riferimento in questo elaborato di tesi, illustrando in dettaglio ogni fase di trattamento;
- **Nel Capitolo 3** viene descritto il piano di manutenzione programmata realizzato per l'impianto oggetto di studio partendo dalle indagini preliminari, necessarie per la sua pianificazione, fino ad arrivare alla struttura fisica;
- **Nel Capitolo 4** viene descritto il modello di vulnerabilità utilizzato per la determinazione del piano di manutenzione predittivo.
- **Nel Capitolo 5** vengono riportate le conclusioni tratte a valle dello studio effettuato con particolare attenzione al modello predittivo sviluppato nel capitolo 4. In particolare, sulla base dei risultati ottenuti si gettano le basi per ulteriori studi ed approfondimenti e si espongono le possibili soluzioni per massimizzare l'efficienza impiantistica.

Vale la pena ricordare che la realizzazione di questo lavoro è stata possibile mediante una prima fase di ricognizione in campo e reperimento dati che ha permesso di evidenziare le problematiche gestionali e i fattori produttivi del ciclo aziendale della depurazione. Infatti, il primo periodo di studio ha consentito di discriminare le variabili sui cui modulare il modello sperimentale sviluppato in questo lavoro di tesi.

Questo modello come già detto, mira ad identificare gli eventi di guasto a cui è legato un rischio maggiore al fine di ottimizzare la gestione degli impianti di depurazione e rispettare le prescrizioni normative.

Riuscire ad individuare precocemente le anomalie incipienti consente una migliore gestione dell'esercizio e delle manutenzioni, evitando importanti ripercussioni di tipo economico ed ambientale.

D'altra parte, le nuove modalità di esercizio degli impianti dovute al nuovo regime di borsa rendono indispensabile garantire sempre la massima efficienza e flessibilità.

Per tale motivo, è necessario associare alle tradizionali pratiche manutentive nuove e più innovative strategie basate su azioni predittive.

L'analisi dello stato di salute del macchinario consente, infatti, non solo di anticipare il verificarsi di un guasto, ma anche di indirizzare efficacemente le risorse di manutenzione là dove il macchinario lo richiede.

Se da un lato, attraverso una manutenzione programmata si riesce a mantenere, per ogni componente operante nel processo produttivo, un'efficienza costante nel tempo, evitando fenomeni di guasto legati al particolare utilizzo delle macchine nel loro periodo di vita utile, dall'altro, attraverso una manutenzione predittiva, è possibile mettersi a riparo dal verificarsi di possibili eventi non prevedibili deterministicamente.

Questa previsione è fondamentale onde evitare che la riduzione dell'efficienza depurativa causata dal verificarsi di un evento imprevisto, ma comunque non tollerato dall'ordinamento giuridico, determini uno scarico fuori norma.

Con la manutenzione programmata si garantisce, nel tempo di buon funzionamento di ogni macchina, il massimo rendimento e quindi la massima efficienza globale depurativa. La manutenzione predittiva evidenzia gli eventi di guasto per cui l'impianto è più vulnerabile e che potrebbero verificarsi permettendo di arginare i danni da essi causati al sistema depurativo.

Un approccio predittivo, come quello basato sull'analisi del rischio, potrebbe ad esempio essere utilizzato per allestire un magazzino scorte che permetta di ripristinare il corretto funzionamento dell'impianto qualora si verificassero guasti improvvisi e non prevedibili deterministicamente.

Non occorre cioè avere un ricambio per ogni apparecchiatura, cosa che richiederebbe grossi spazi e una spesa economica non sostenibile, ma solo di quelle al cui funzionamento sono collegate le fasi critiche dell'impianto, cioè con un rischio maggiore.

Nel caso specifico dell'impianto di Massa Centro, analizzando i risultati del modello, si ritiene opportuno allestire un magazzino scorte con almeno 2 compressori ROBUSCHI modello S85/3P SEN. (utilizzati in fase di ossidazione biologica), 2 pompe di estrazione fanghi di tipo FLYGHT modello N/P 3127.181 (utilizzate per il ricircolo della miscela aerata), 2 pompe di estrazione per le sabbie sempre di tipo FLYGHT modello D/P 3068.180 (utilizzate nella fase di Dissabbiatura-disoleatura), un motore per carroponte in di tipo NERI MOTORI modello 80B-4 (utilizzato in fase di sedimentazione secondaria).

Operando in questo modo ci si mette al riparo da possibili sanzioni, amministrative e penali, contro il titolare della gestione dell'impianto di depurazione qualora vengano superati i limiti normativi di scarico, dipendendo il loro superamento da cause assolutamente eccezionali ed imprevedibili così come descritto nella sentenza della corte di cassazione n.4522 del 1999.

Guardando al futuro, un applicazione di questo tipo potrebbe portare all'allestimento di un magazzino scorte unico per tutti gli impianti presi in gestione da un singolo ATO.

Questo obiettivo, se pure ambizioso, porterebbe ad una gestione centralizzata dei diversi impianti garantendo l'ottimizzazione delle risorse economiche ed il miglioramento dell'indice di efficienza complessiva economica (Overall Economic Efficiency, OEE) .

Per quanto riguarda la linea fanghi, il calcolo delle probabilità di guasto delle apparecchiature elettromeccaniche può essere utile al fine di minimizzare i costi di gestione dell'impianto, ma non per il calcolo del rischio. Infatti, il T.U. in materia ambientale 152/2006 non pone alcun limite circa le caratteristiche dei fanghi prodotti da un impianto di depurazione.

In particolare, il cattivo funzionamento della linea di trattamento fanghi provoca danni economici importanti poiché lo smaltimento rappresenta, insieme ai costi energetici, la voce di spesa più importante.

Quindi, la stima in termini probabilistici dei possibili guasti verificabili nella linea fanghi, unitamente alla determinazione degli aggravii economici da essi causati, permetterebbe di completare l'allestimento del magazzino scorte garantendo una maggiore flessibilità nella gestione degli imprevisti anche economica, oltre che funzionale (rispetto dei limiti normativi).

In quest'ottica, sarebbe interessante effettuare studi più approfonditi per realizzare un modello di ottimizzazione globale dell'efficienza di un impianto, economico e funzionale insieme.

Questo risultato potrebbe essere ottenuto attraverso l'applicazione di un modello previsionale simile a quello già realizzato per la valutazione del rischio ma che faccia riferimento al budget economico a disposizione per la gestione dell'impianto invece che ai limiti normativi.