

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II
FACOLTÀ DI INGEGNERIA



Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria per l'Ambiente e il
Territorio
(Classe delle Lauree Specialistiche in Ingegneria Civile e Ambientale)

ABSTRACT

**Monitoraggio di un impianto di
depurazione in scala pilota finalizzato alla
gestione automatizzata di impianti a flusso
continuo**

Relatore:

Ch. mo prof. Massimiliano Fabbricino

Relatore esterno:

Ing. Luca Luccarini

Candidata:

Raffaella De Stefano

324/95

Anno Accademico 2009/2010

Il presente lavoro di tesi studia la possibilità di ottenere l'informazione necessaria per identificare lo stato dei processi partendo dal monitoraggio di segnali indiretti rispetto ai processi stessi, quali il pH, il potenziale di ossido-riduzione (ORP) e l'ossigeno disciolto (DO), ma con il vantaggio di essere misurabili con sonde economiche e robuste rispetto a quelle per la misura diretta degli inquinanti. Il fine dello studio è quello di verificare l'opportunità di utilizzare tali sonde nello sviluppo di sistemi per il controllo e la gestione intelligente degli impianti di depurazione, di piccole e medie dimensioni, dove l'utilizzo di sonde costose e bisognose di molta manutenzione non è sostenibile.

Nel corso di precedenti sperimentazioni è già stato dimostrato come sia possibile controllare i processi biologici di denitrificazione in vasca anossica e di nitrificazione e consumo di sostanza organica in vasca aerobica in un reattore SBR, attraverso l'individuazione di punti caratteristici nell'andamento dei segnali di pH, ORP e DO. Queste informazioni sono state utilizzate per valutare se esiste la possibilità di utilizzare i medesimi segnali anche per il controllo in un impianto a flusso continuo.

L'attività sperimentale è stata svolta presso la Sezione *UTVALAMB IDR – Gestione Risorse Idriche* della sede ENEA di Bologna, si inquadra nel più ampio progetto tra HERA S.p.A. e l'ENEA che ha come obiettivo l'automazione ed il controllo dei processi a fanghi attivi.

La sperimentazione è stata svolta su un impianto pilota con schema predenitro – nitro, alimentato con refluo reale proveniente dall'impianto municipale di Trebbo di Reno (Bologna), nel quale risulta installato l'impianto.

La prima parte della sperimentazione è stata dedicata all'avviamento dell'impianto e alla gestione dello stesso al fine di ottenere condizioni di stabilità dei processi favorevoli alla sperimentazione. Le condizioni del sistema sono state ricavate attraverso il monitoraggio dei processi, effettuato con attività di campionamento e di analisi ed attraverso l'osservazione dei segnali indiretti, misurati dalle sonde.

La sperimentazione, inoltre, ha inteso rilevare le variazioni dei processi determinate da variazioni di carico in ingresso, sia in composizione che in portata.

A tal fine è stata effettuata la caratterizzazione dell'influente lungo tutto l'arco della giornata; in termini di ammoniaca e di carbonio, utilizzando un campionatore automatico collegato al rubinetto di controllo sulla linea di carico dell'ingresso. Al termine del campionamento i campioni sono stati portati in laboratorio dove sono stati sottoposti alle analisi per la determinazione di $N_{NH_4^+}$, COD_T , COD_S e TKN. Sono state eseguite 4 caratterizzazioni complete.

Nonostante la variabilità delle concentrazioni della sostanza organica e dei composti azotati, dalle caratterizzazioni si è ricavato che i parametri analizzati presentano la ciclicità tipica dei reflui civili, ad eccezione di alcuni punti, dovuti ad anomalie del campione o a caratteristiche temporali specifiche. Ciò ha permesso, sovrapponendo i risultati delle caratterizzazioni alle analisi spot effettuate sull'influente di determinare un intervallo di confidenza per ogni parametro entro il quale si può ritenere che avvenga la loro variazione nell'arco delle 24 ore.

Per quanto riguarda il monitoraggio è stato condotto mediante campionamenti, eseguiti circa due volte a settimana nelle sezioni impiantistiche di interesse e le conseguenti determinazioni analitiche, nonché attraverso la contemporanea osservazione dei segnali.

Sono stati acquisiti in tempo reale e in continuo i segnali di pH e ORP in entrambe le vasche e di DO, SST, $N_{NH_4^+}$ e $N_{NO_3^-}$ nella vasca di ossidazione.

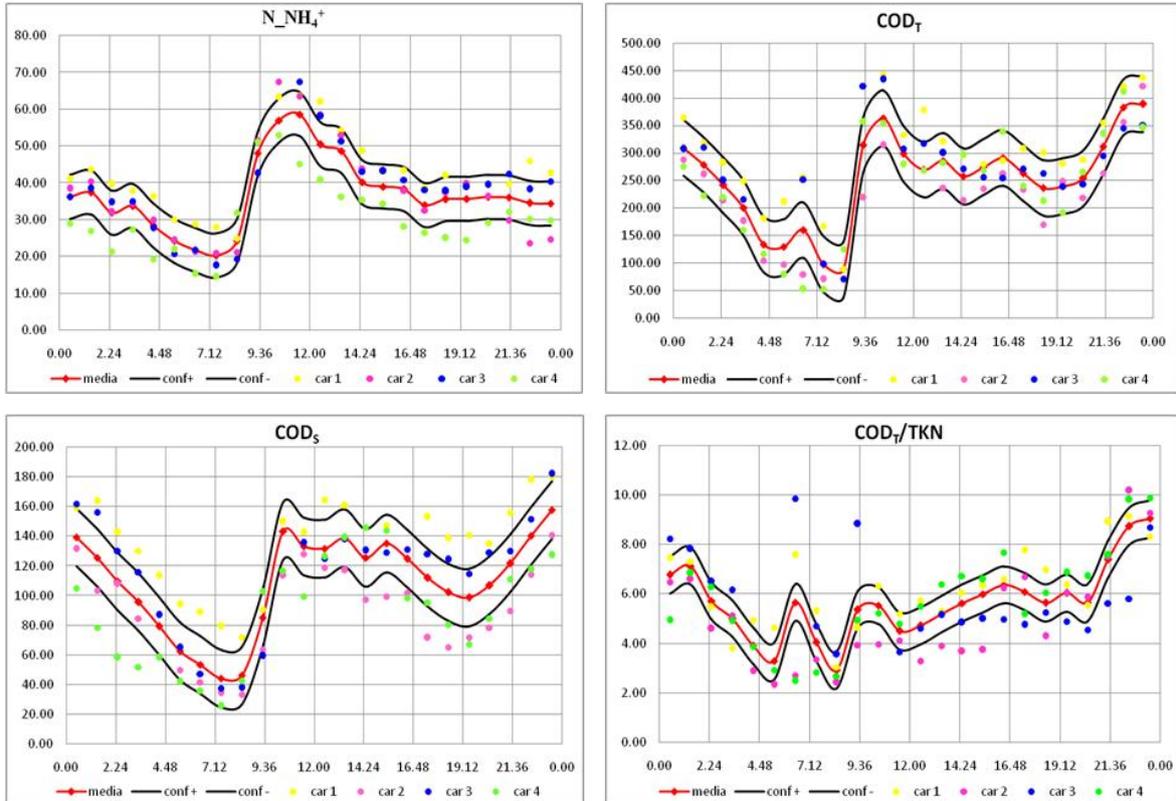


Figura 1: Intervalli di confidenza.

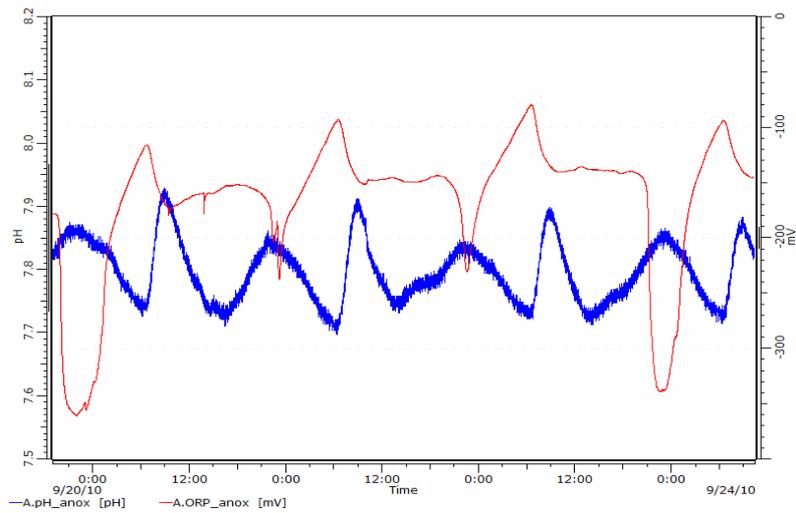


Figura 2: Andamento dei segnali in vasca anossica.

Per la vasca di denitrificazione dalle analisi è emerso che i nitrati e i nitriti si mantengono costantemente prossimi allo zero. Invece i segnali mostrano che pH_anox e ORP_anox presentano andamenti speculari: il pH aumenta laddove l'ORP diminuisce e viceversa. Inoltre si può individuare un punto di inizio della fase di denitrificazione quando si manifesta un minimo nel profilo del pH e contemporaneamente un massimo in quello dell'ORP e un punto di fine processo, caratterizzato dal completo esaurimento dei nitrati e dei nitriti, individuato da un massimo del pH e da un flesso nell'ORP.

Per la vasca di nitrificazione è emerso che l'ammoniaca si mantiene costantemente prossima allo zero, come confermato anche dalla sonda di ammoniaca presente. I segnali mostrano che l'andamento di pH, ORP e DO è analogo.

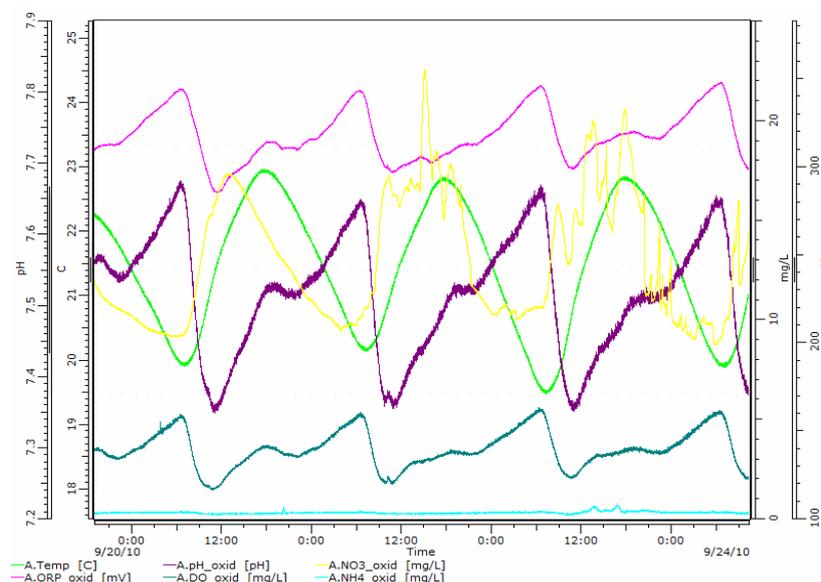


Figura 3: Andamento dei segnali in vasca aerobica.

L'inizio della fase di ossidazione è caratterizzato da una rapida decrescita dei segnali di pH, ORP e DO e contemporaneamente si verifica un aumento dei nitrati in vasca, mentre la fine del processo da un minimo di pH, ORP e DO e da un massimo dei nitrati.

Dall'acquisizione continua dei segnali è stato possibile individuare alcuni malfunzionamenti come la drastica diminuzione dei solidi in vasca a causa della diluizione dell'ingresso in seguito a piogge, o il repentino calo delle temperature che ha influenzato il corretto svolgimento dei processi.

L'ultima parte della sperimentazione ha riguardato l'aumento istantaneo della portata influente, per simulare le condizioni caratteristiche di un impianto reale in cui la portata in ingresso è soggetta a continue fluttuazioni e con l'obiettivo di verificare l'attività biologica in condizioni diverse da quelle stazionarie. Sono stati eseguiti 3 esperimenti. All'inizio di ognuno l'impianto si trovava in condizioni stazionarie. Il primo esperimento ha previsto in istanti diversi il raddoppio della portata in ingresso e il raddoppio della portata di ricircolo interno rispetto ai rispettivi valori nominali; analogamente nel secondo esperimento si è

raddoppiata la portata in ingresso, ma è stata triplicata la portata di ricircolo interno. Da questi primi esperimenti è emerso che il processo di denitrificazione è completo in entrambe le condizioni, ma l'impianto presenta difficoltà di nitrificazione, evidenziato dall'accumulo di ammoniaca in vasca aerobica. Si è quindi eseguito un terzo esperimento con le stesse modalità operative del secondo e in aggiunta è stata raddoppiata anche la portata di ricircolo fanghi. Esso analogamente ai precedenti ha mostrato che la denitrificazione era completa e la nitrificazione inibita, ma l'accumulo di ammoniaca era notevolmente più basso di quello riscontrato negli esperimenti precedenti.

La sperimentazione futura sarà rivolta a determinare politiche gestionali che permettano di abbattere ulteriormente i valori di ammoniaca in vasca aerobica, permettendo così il corretto svolgimento del processo di nitrificazione in condizioni diverse da quelle stazionarie.

In conclusione il lavoro svolto ha mostrato che attraverso il monitoraggio ed il controllo l'impianto ha raggiunto condizioni stazionarie rispondendo agli stimoli in ingresso in modo atteso e dall'osservazione dei segnali di pH, ORP e DO è stato possibile distinguere condizioni di normale funzionamento da anomalie e malfunzionamenti.

I risultati ottenuti sono da considerarsi validi per la ricerca in campo di automazione e controllo di impianti di depurazione, gli obiettivi raggiunti arricchiscono la conoscenza ed aprono nuovi orizzonti per sviluppi futuri.

Gli studi in questo settore potranno nel prossimo futuro gli impianti di depurazione ad essere in grado di fronteggiare in maniera autonoma le problematiche giornaliere mediante strumenti di intelligenza artificiale.