

## **Short-Term Mobility 2016 - Relazione scientifica finale**

**Fruitore:** Pompilio Vergine (IRSA, Istituto di Ricerca Sulle Acque, sede di Bari)

**Titolo del programma:** Modelling Membrane BioReactor processes for wastewater treatment - Modellazione dei Bioreattori a Membrane (MBR) per il trattamento delle acque reflue.

### **Obiettivi**

Il programma di ricerca si proponeva di:

- analizzare l'applicabilità dei modelli esistenti in letteratura per descrivere il funzionamento degli MBR ed eventualmente individuare nuove possibili modifiche per l'ottimizzazione degli stessi. In particolare, si vuole valutare l'idoneità dei modelli sviluppati per il processo a fanghi attivi convenzionale (ASM, Activated Sludge Model), che sono ampiamente usati e di semplice applicazione.
- pianificare una sperimentazione che permetta l'acquisizione dei dati necessari allo sviluppo di un modello valido per il Self-Forming Dynamic Membrane BioReactor (SFD-MBR), che è una tipologia di MBR innovativa, basata sulla formazione di uno strato biologico su un supporto costituito da materiale inerte (rete in nylon, ad esempio). I SFD-MBR, grazie all'economicità dei supporti e alla possibilità di lavorare per gravità, rappresentano l'evoluzione degli MBR verso sistemi di filtrazione aventi minori costi di produzione e di gestione.

### **Attività svolta e risultati ottenuti**

E' stata condotta una breve ricerca bibliografica sullo stato dell'arte dei modelli disponibili per gli MBR. Questi ultimi si possono dividere in due categorie, i modelli ASM applicati tal quali (come sono applicati per il processo a fanghi attivi convenzionale) e i modelli ASM modificati per cercare di tenere conto delle specificità degli MBR, quali l'elevata età del fango e la presenza rilevante di sostanze polimeriche extra-cellulari (Fenu et al., 2010). Un'analisi critica dei risultati riportati in letteratura, condotta da Pompilio Vergine in collaborazione con un membro del BIOMATH (Wouter Naessens), ha evidenziato che entrambi gli approcci possono efficacemente prevedere le performance di trattamento degli MBR, ma allo stesso tempo entrambi hanno dei limiti in determinate condizioni operative. Per la prosecuzione della ricerca, tra i due approcci è stato scelto il primo, a causa del più esiguo numero di dati di input necessari per il modello.

L'IRSA non ha un'ampia esperienza nel campo della modellizzazione dei trattamenti delle acque reflue, mentre l'attività di ricerca di BIOMATH consiste principalmente nello sviluppo di tecniche avanzate per la modellizzazione dei processi biologici. In particolare, il software attualmente in uso presso l'IRSA per questa tematica (WEST, DHI), è stato originariamente sviluppato proprio presso BIOMATH. Perciò, Pompilio Vergine è stato affiancato per alcuni giorni da un ricercatore del BIOMATH che ha un'ampia esperienza nell'utilizzo di WEST (Youri Amerlink), al fine di acquisire le nozioni per un utilizzo avanzato del software, ovvero per effettuare simulazioni di scenari, modifica dei parametri di default, modifica dei modelli esistenti, etc. (Vanhooren et al., 2003).

Prima della permanenza al BIOMATH, Pompilio Vergine ha selezionato delle sperimentazioni recentemente effettuate all'IRSA con la tecnologia MBR che avessero dati sufficienti per permetterne una modellazione. Per un caso studio, con dati in parte già pubblicati per aspetti non inerenti alla modellazione (Vergine et al., 2015), è stato realizzato un modello in WEST ed effettuate alcune simulazioni con il modello ASM1. I risultati di questa prima simulazione sono stati discussi con i membri del BIOMATH. Dal confronto è emersa l'importanza dell'idrodinamica del reattore sulle performance dello stesso e, di conseguenza, sul modello da usare. Si è discusso sulle possibili disomogeneità nel reattore, in particolare in termini di concentrazione di ossigeno, su come queste disomogeneità potessero essere misurate e su come rappresentarle in un modello. La non completa miscelazione può aver creato zone anossiche nel reattore MBR, che possono essere stimate con un tracer test che Pompilio Vergine potrà effettuare, al ritorno all'IRSA, sullo stesso reattore e con le stesse condizioni idrodinamiche della sperimentazione effettuata (riportate in Figura 1). In alternativa, si potrebbe stimare l'effettiva miscelazione del reattore tramite un'analisi di scenario effettuata ipotizzando varie condizioni idrodinamiche, ma quest'ipotesi avrebbe aggiunto un'incertezza che si ritiene possa inficiare il risultato finale delle simulazioni.

Infine, nella parte finale della permanenza al BIOMATH, l'attenzione è stata rivolta alla definizione dei parametri da misurare per poter sviluppare un modello che permetta di stimare le performance di un SFD-MBR. Questa tipologia di reattore biologico utilizza un materiale inerte sul quale si forma uno strato biologico che ha una capacità filtrante molto maggiore del supporto stesso, perciò costituisce la membrana che effettua la filtrazione. Al contrario di quanto avviene per le membrane di ultrafiltrazione convenzionali, le caratteristiche della membrana e la sua capacità filtrante cambiano nel tempo (da qui la definizione *dynamic*), soprattutto nei periodi immediatamente prima e dopo di ogni lavaggio. Non esiste ancora un modello che permetta di stimare la capacità filtrante in questa tipologia di reattori. L'IRSA sta conducendo dei test alla scala di laboratorio/pilota su questa tecnologia (Salerno et al., 2016), però non ha ancora affrontato gli aspetti modellistici. Assieme ai membri del BIOMATH (Wouter Naessens e Ingmar Noepens) si è stabilito la tipologia di dati di input ed output che sarebbe opportuno acquisire in una futura sperimentazione al fine di poter sviluppare un modello che possa descrivere l'evoluzione delle membrane dinamiche. Si possono suddividere in: 1) caratteristiche influente e condizioni operative (tempo di ritenzione idraulica, età del fango, condizioni idrodinamiche); 2) caratteristiche fisiche e biologiche della biomassa nel reattore (Extracellular Polymeric Substances, Particle Size Distribution); 3) distribuzione della membrana dinamica sul supporto inerte (acquisibile tramite microscopio elettronico a scansione); 4) informazioni indirette sull'evoluzione della membrana (torbidità dell'effluente prodotto e pressione transmembrana).

## **Sviluppi futuri**

L'approccio applicato per la prima simulazione con WEST effettuata presso il BIOMATH con i dati di una sperimentazione condotto dall'IRSA sarà ripetuto per altre serie di dati sperimentali ottenute in condizioni operative differenti (MBR ad uno stadio o MBR sidestream, solo nitrificazione o presenza anche di denitrificazione, funzionamento in continuo o in batch, refluo sintetico o reale). La valutazione congiunta dei risultati ottenuti in condizioni operative differenti sarà descritta in un manoscritto scientifico, nel quale si potrà indicare l'applicabilità dei modelli ASM per reattori a membrane e suggerire proposte di modifica degli stessi.

L'IRSA ha in programma di applicare a breve il protocollo sperimentale sopra indicato per i reattori SFD-MBR. Sottoporrà questo tipo di sperimentazione nei prossimi bandi per il finanziamento delle attività di ricerca. Con i risultati ottenuti dalla sperimentazione, si preparerà un manoscritto in cui si propone un modello per descrivere l'evoluzione delle caratteristiche delle membrane dinamiche nei reattori SFD-MBR.

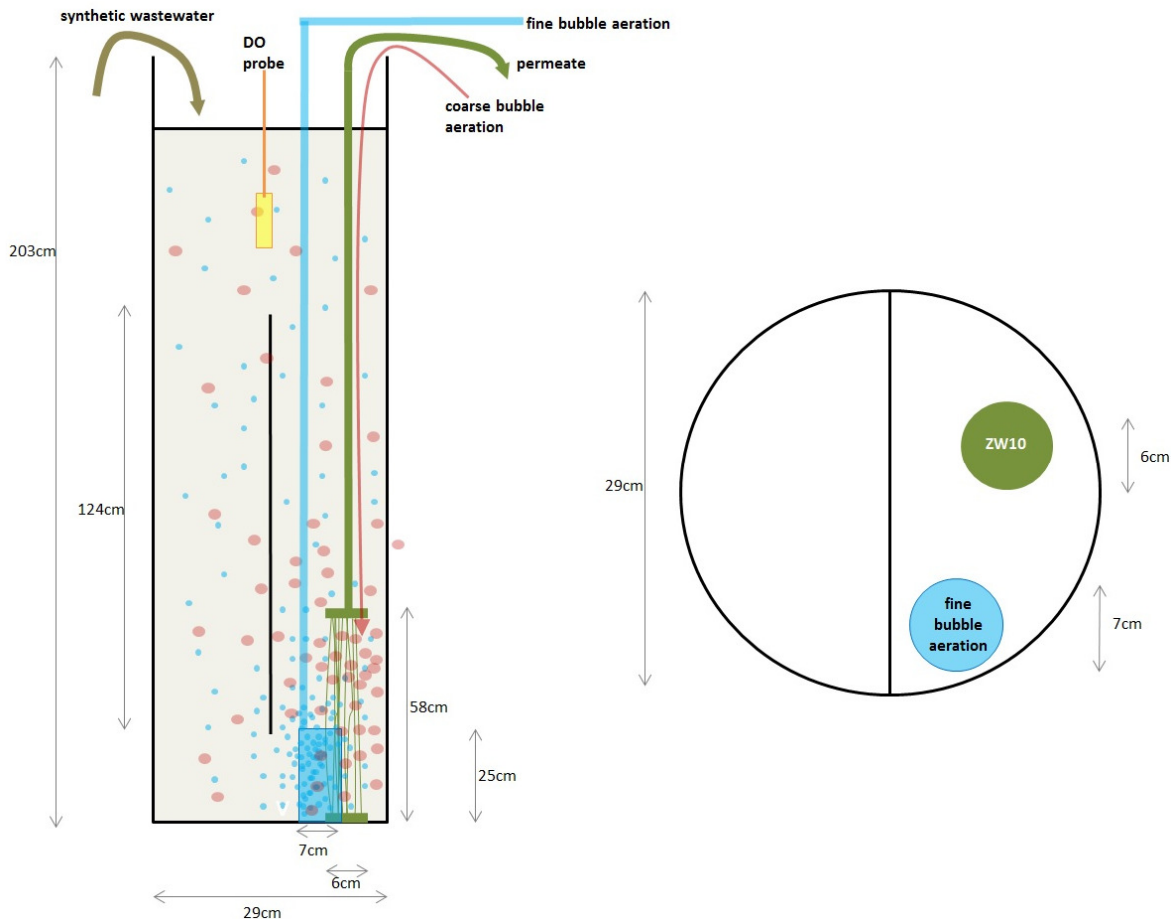


Figura 1. Schema delle condizioni idrodinamiche di una delle sperimentazioni con MBR effettuate all'IRSA ed i cui dati sono stati utilizzati per effettuare una simulazione con WEST.

## Bibliografia

Fenu A., Guglielmi G., Jimenez J., Sperandio M., Saroj D., Lesjean B., Brepols C., Thoeye C., Nopens I., 2010. Activated sludge model (ASM) based modelling of membrane bioreactor (MBR) processes: a critical review with special regard to MBR specificities. *Water Research* 44, 4272–4294.

Salerno C, Vergine P, Berardi G, Pollice A, 2017. Influence of air scouring on the performance of a Self Forming Dynamic Membrane BioReactor (SFD MBR) for municipal wastewater treatment. *Bioresource Technology* 223, 301-306.

Vanhooren H, Meirlaen J, Amerlinck Y, Claeys F, Vangheluwe H, Vanrolleghem PA, 2003. WEST: Modelling biological wastewater treatment. *Journal of Hydroinformatics* 5(1), 27-50.

Vergine P, Saliba R, Salerno C, Laera G, Berardi G, Pollice A. Fate of the fecal indicator *Escherichia coli* in irrigation with partially treated wastewater. *Water Research* 85, 66-73.