

## BioMac 2016

Bioreattori a Membrane (MBR) e  
trattamenti avanzati per la depurazione delle Acque



Palermo, 27/10/2016

Dott. Ing. Pietro Negro  
Via Gualderia, 11  
10023 Chieri (TO)  
+39 335 1817897  
pietro.negro.ing@gmail.com

## SCALETTA DELL'INTERVENTO

- Definizioni di Fouling e Clogging
- Il controllo della permeabilità
  - Metodi per mitigare la formazione dello strato di polarizzazione
    - Inversione del flusso o rilassamento
    - *Airscouring* (aerazione delle membrane)
  - Il controllo del(i) *fouling*
    - Lavaggi ossidativi
    - Lavaggi Acidi
    - I cicli di mantenimento (MC) e di ripristino.
- Ottimizzazione energetica degli impianti MBR

2

## DEFINIZIONI:

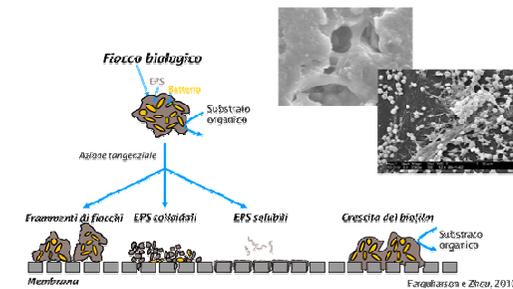
### Fouling e Clogging

3

## IL FOULING

La capacità di fouling della biomassa di un MBR è fortemente influenzata dalla presenza di colloidali e macromolecole (**EPS**) e altre sostanze organiche non biodegradate o inorganiche in concentrazioni tali da permettere la precipitazione dei relativi sali sulla superficie delle membrane.

L'EPS - Extracellular Polymere Sub-Stances - la cui quantità nella biomassa di un M.B.R. varia tra il 50% ed il 90% della materia organica totale, si compongono di polisaccaridi, proteine, acidi nucleici e lipidi (Bura et al., 1998; Negaresh et al., 2007).



4

Il fouling può generalmente essere eliminato mediante una pulizia chimica delle membrane invertendo la direzione del flusso all'interno delle stesse (cleaning in place - CIP).

Il reagente più comunemente utilizzato per questo intervento è l'ipoclorito di sodio, che restituisce permeabilità alla membrana, liberandola dalla contaminazione organica.

La pulizia con ipoclorito è talvolta seguita da un trattamento con un acido citrico per rimuovere i depositi salini (**scaling o incrostazione**).

5

## CLOGGING

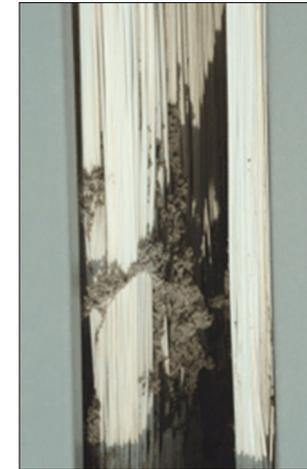
Il rischio di **Clogging** è direttamente proporzionale a:

- ✓ Assenza o **mancata/scarsa** aerazione membrane (airscouring).
- ✓ Mancata o scarsa gestione delle portate di punta o superamento dei flussi massimi consentiti.
- ✓ Bassa efficienza, suo bypass, mancata gestione grigliatura fine.
- ✓ Mancata o scarsa gestione dello scarico dei fanghi di supero che provocano un aumento della loro concentrazione al di sopra dei valori di progetto.

I primi tre aspetti sono caratteristici degli impianti MBR.

I primi due sono gestiti dai software e quindi non richiedono particolare attenzione.

Il quarto aspetto è comune alle altre tecnologie a fanghi attivi



6

## IL PROCESSO DI FILTRAZIONE NEGLI MBR

### Controllo della permeabilità

7

## Controllo formazione gradiente di concentrazione

La permeabilità delle membrane è ridotta dai fenomeni di

### **polarizzazione per concentrazione**

e di

### **fouling.**

I produttori di membrane hanno messo a punto protocolli standard atti a mitigare gli effetti di questi fenomeni che consentono di mitigare la naturale perdita della permeabilità in maniera efficace:

#### ➤ **Controllo formazione strato di polarizzazione:**

Processo di filtrazione composto da sequenza di cicli.

#### ➤ **Controllo del fouling:**

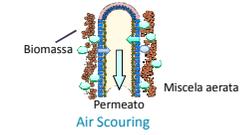
Procedure di pulizia delle membrane con soluzione ossidanti e acide.

8

### Controllo della Polarizzazione per concentrazione

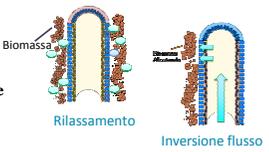
Negli MBR a membrane immerse il processo di filtrazione non è continuo ma da una sequenza di cicli atti a controllare la formazione del Gradiente di Concentrazione (GdC)

**Estrazione - si mitiga la formazione del GdC:**  
Durante il ciclo di estrazione acqua tratta (8-15 min) si eroga aria a bolle grosse alla base del dispositivo di filtrazione. Erogazione continua o discontinua in funzione delle specificità del dispositivo di filtrazione.



Che si alterna con rilassamento o inversione flusso:  
**Rilassamento - si distrugge il GdC formatosi durante l'estrazione:**

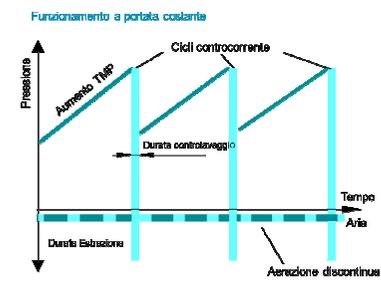
Si ferma Estrazione acqua trattata per un periodo di durata limitata (45-60s) mantenendo air scouring.



**Controllavaggio - si distrugge il GdC formatosi durante l'estrazione:**  
Si inverte (rispetto estrazione) il flusso di filtrazione per un periodo di durata limitata (30-60s) mantenendo air scouring.

La durata di ogni ciclo e la durata con cui si susseguono è caratteristica del tipo di dispositivo di filtrazione usato (definito dallo specifico produttore).

### Effetto Inversione di flusso e Aerazione su TMP



L'azione congiunta di inversione di flusso (o rilassamento) e aerazione riduce la velocità con cui la TMP aumenta.

Il recupero delle condizioni iniziali è pressoché totale al saldo delle perdite dovuto da fenomeni di *fouling*.

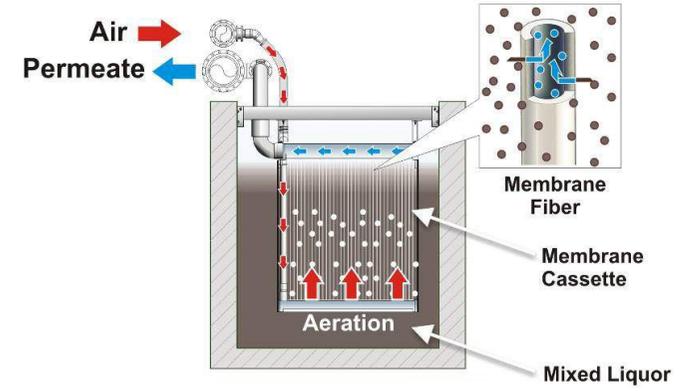
### Air scouring

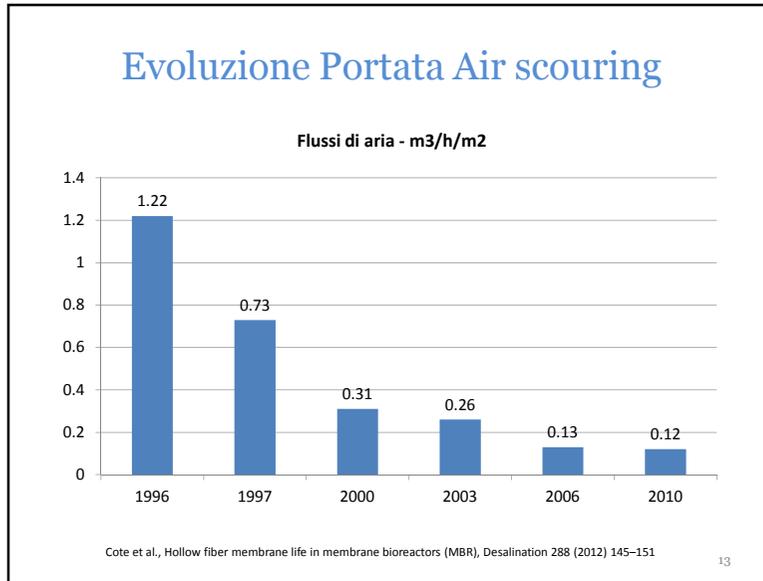
❖ Il principale obiettivo dell'aerazione è quello di contrastare la formazione dello strato di polarizzazione (controllo permeabilità e eliminazione rischi di disidratazione localizzata dei fanghi).



❖ L'aria che risale lungo le membrane genera una perturbazione che, contrasta la formazione del gradiente di concentrazione grazie alla miscelazione della sospensione e allo scuotimento delle membrane stesse.

### L'aerazione





### Richiesta di aria nel tempo

L'energia necessaria per lo scouring delle membrane è l'aspetto che incide maggiormente sui costi di filtrazione di un impianto MBR .

Richiesta d'aria per lo scouring delle membrane dai primordi ad oggi si è ridotta di circa 6 volte:

- Aerazione continua
- Aerazione ciclica sequenziale
- Ottimizzazione punto di erogazione aria
- Semplificazione circuito adduzione aria miglioramento efficacia scouring (bolle grosse) LEAPmbr®, MemPulse®, PULSION ®

**Ad oggi i consumi specifici di aria si aggirano attorno a 0,1 Nm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h**

### Controllo del Fouling

- Lavaggi con soluzioni ossidanti (organico microbiologico)  
 Tipicamente NaOCl, 150 – 2000 ppm (9<pH<12):
  - rimozione EPS, proteine, sostanze organiche sensibile all'ossidazione
  - Rimozione Microorganismi (funghi, alghe, batteri).
- Lavaggi con soluzione acide  
 Tipicamente acido Cidtrico 2000 ppm (2<pH<3)
  - rimozione sali, organici e inorganici, idrossidi, ossidi.

Alcuni produttori di membrane prevedo cicli di Mantenimento (2-5 volte/settimana) e cicli di ripristino (1-2 volte/anno), altri solo cicli di ripristino con cadenze mensile-bimensile.

### Sporcamento Organico -Biologico

Materiali aerobici e anaerobici quali batteri, funghi e alghe sono considerati foulants biologici.

Gli organismi possono colonizzare la superficie della membrana e crescere in quantità massiccia e riducono il flusso attraverso la superficie della membrana

Sezione trasversale di membrana con sporcamento biologico

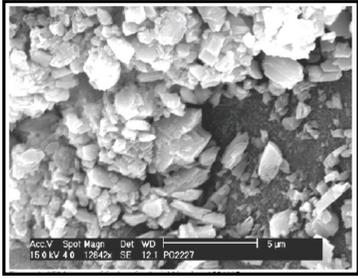
A = crescita biologica  
 B = superficie della membrana

### Sporcamento Inorganico

I fouling inorganici solitamente avvengono in forma di precipitati (Scaling) quando i composti nell'acqua o nella biologia si concentrano oltre la loro solubilità.

Foulants precipitativi comuni includono composti come:

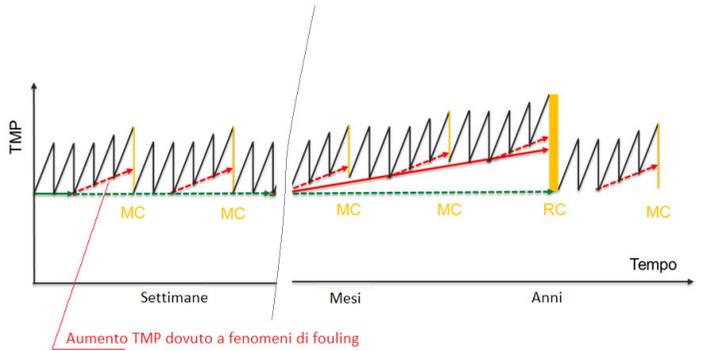
- ❖ Carbonato di calcio
- ❖ Solfato di magnesio



Acc.V 15.0 kV 4.0 Spot Magn 12842x Det SE 12.1 P02227 5um

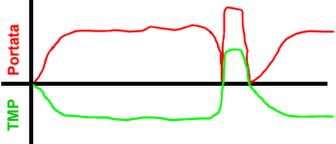
17

### Effetto combinato delle procedure di Mantenimento della permeabilità

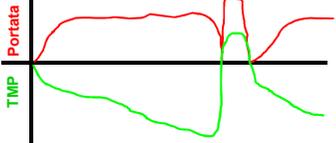


18

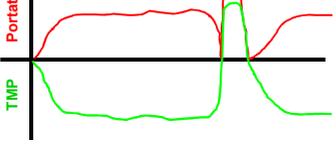
### Verifica su base oraria



**Andamento corretto**



**Sporco organico**



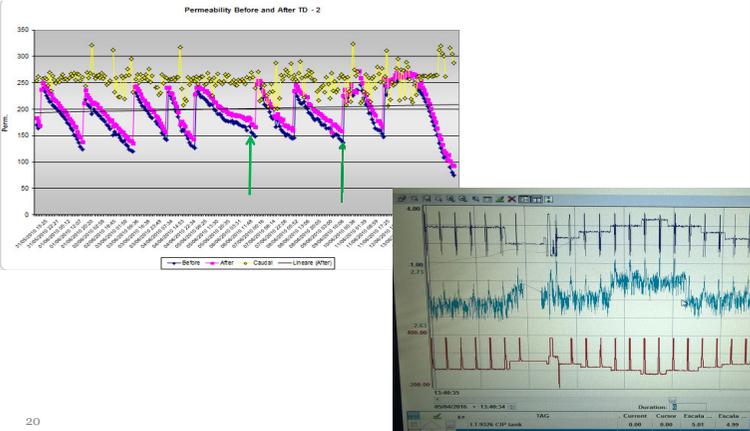
**Sporco inorganico**

19

### Dati BFB, DB e AFB

I software di gestione permettono la registrazione dei dati di processo predisponendo grafici multi chiari ed utili alla comprensione del tipo di sporco.

Le frecce verdi indicano uno sporco tendenzialmente organico.



20

## Efficacia dei lavaggi settimanali

Attraverso lo studio dei trend di funzionamento, il gestore può decidere il tipo di lavaggio o le sequenze di lavaggi da applicare al proprio impianto. Sempre restando dentro i parametri operativi della membrana.

Parametri	Limiti
Massima TMP operativa	600 mbar
Temperatura Massima	40°C
Range di pH in operazione	5.0-9.5
Range di pH durante i cleaning	2-10.5 a 35°C 2-10 a 35°C

21

## CONCLUSIONI - 1

Il problema del fouling e più in generale della perdita di permeabilità delle membrane, negli impianti su scala reale, è un **NON** problema. Infatti le case produttrici di membrane hanno da tempo messo a punto:

- ✓ Procedure di *airscouring* efficaci e a basso impatto energetico;
- ✓ Procedure di pulizia delle membrane perfettamente in grado di rimuovere dalle membrane in maniera quasi completa le sostanze sporcanti sia di origine organica e batteriologica (NaOCl) che di origine inorganica (Ac. Citrico o Ac. Cloridrico).

22

## CONCLUSIONI - 2

Ciò non toglie che per una gestione oculata dell'impianto siano richiesti :

- ✓ Corretto dimensionamento e relativa gestione del comparto biologico per eliminare matrici colloidali;
- ✓ Controllo continuo del titolo dei reagenti per la pulizia delle membrane;
- ✓ Corretta manutenzione ordinaria e straordinaria di tutte le apparecchiature di processo (membrane incluse).

23

Ottimizzazione energetica degli impianti

MBR

24





GRAZIE PER L'ATTENZIONE



**Dott. Ing. Pietro Negro**  
 Via Gualderia, 11  
 10023 Chieri (TO)  
 +39 335 1817897  
 pietro.negro.ing@gmail.com