

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

Scuola Politecnica e delle Scienze di Base



Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

**CORSO DI STUDIO IN
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

CLASSE DELLE LAUREE DI INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE - (L - 7)

TESI DI LAUREA

MECCANISMO DI FOULING NEI BIOREATTORI A MEMBRANA

Relatore
Ch.mo Prof.Ing. Francesco Pirozzi

Correlatore
Ing.Dott. Antonio Panico

Candidato
Martina Siano
Matr.N49 /382

Anno Accademico 2015 - 2016

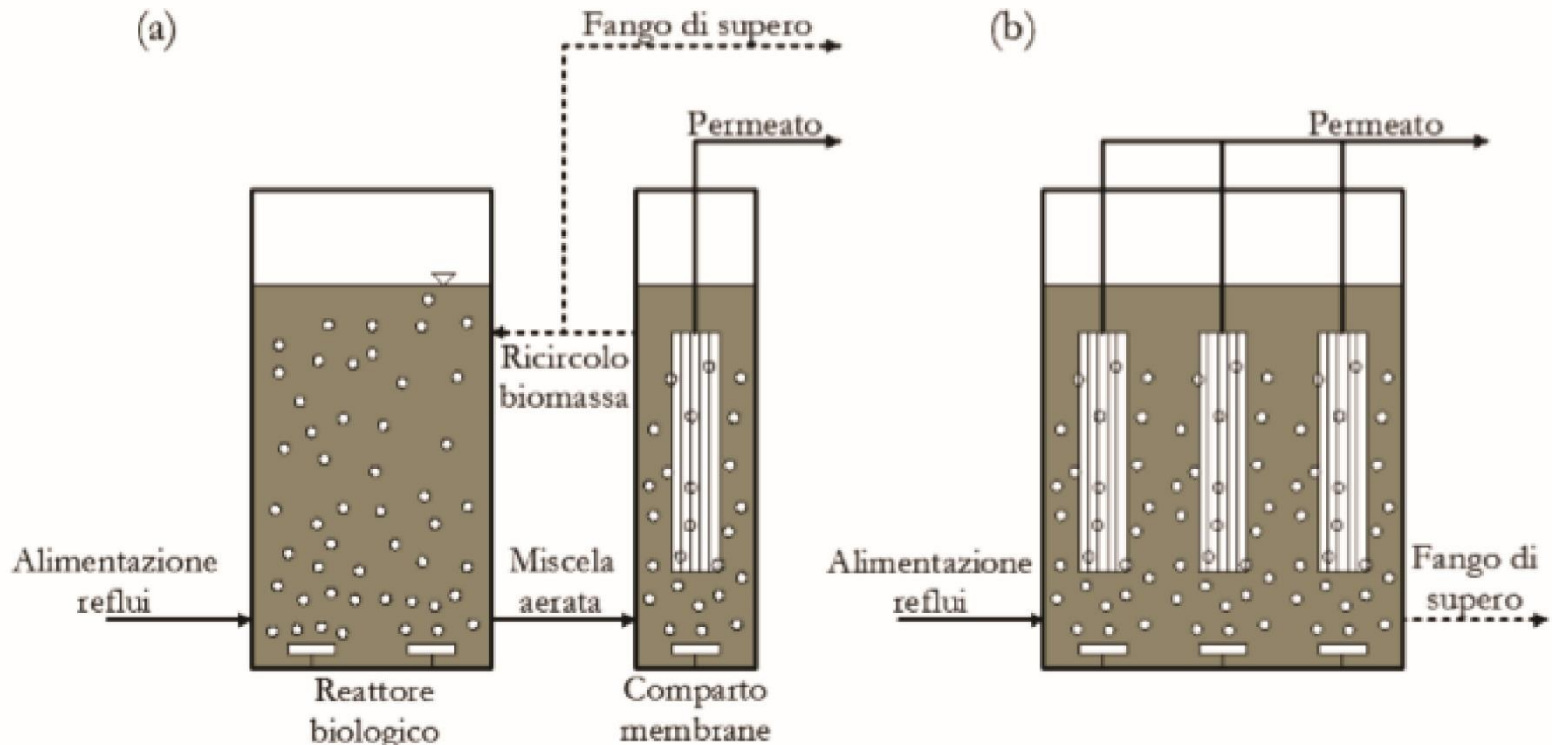
INTRODUZIONE

- D.Lgs. 152/2006 relativo allo scarico di reflui trattati e il loro riutilizzo per scopo irriguo ed industriale
D.Lgs. 185/2003.
- Tecnologia impiantistica moderna
MBR (Membrane Biological Reactor)
nell'ambito della depurazione dei reflui.

Caratterizzazione di un MBR

Nel campo del trattamento delle acque reflue, l' **MBR** è un sistema in cui vengono accoppiati :

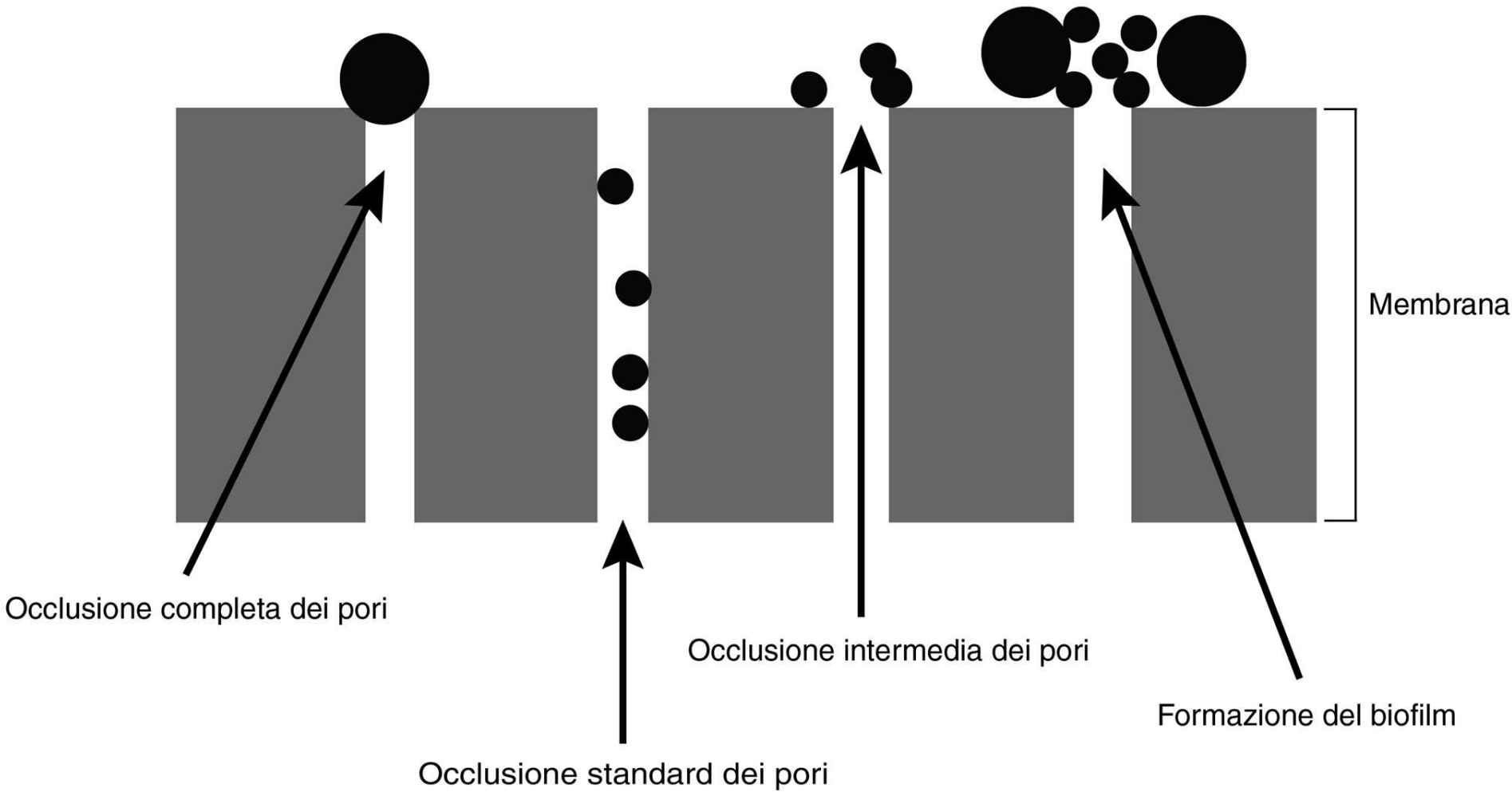
- trattamento biologico (aerobico a fanghi attivi)
- trattamento fisico (filtrazione su membrana).





IL FOULING

- Limite della tecnologia MBR: fouling.
- Il fouling rappresenta lo sporciamento della membrana esterna (Cake Formation) o interna (Pore Blocking).
- Riduzione della **permeabilità** della membrana stessa.



Il fouling può essere distinto in :

01 **Reversibile**

se connesso ad incrostazioni rimovibili fisicamente con controlavaggio o rilassamento della membrana in condizioni di crossflow;

02 **Irreversibile**

se relativo ad incrostazioni eliminabili solo con pulizia chimica.



**Per misurare il fouling ci si riferisce alla
RESISTENZA al FLUSSO di PERMEATO (R) :**

$$R = R_m + R_c + R_f = \Delta \text{TMP} / \eta J$$

R_m resistenza della membrana pulita

R_c resistenza offerta dal cake

R_f resistenza all'interfaccia soluzione - membrana

J flusso di permeato (l m⁻² h⁻¹).



Relativamente alla caratterizzazione dello sviluppo del meccanismo di fouling, è possibile distinguere tre fasi :

- 01 Prima fase (fouling di condizionamento)**
causata dall'occlusione iniziale dei pori e dell'adsorbimento di soluti sulla superficie filtrante.
- 02 Seconda fase (fouling stazionario)**
legata alla formazione di biofilm e ulteriore occlusione dei pori; durante questa fase la deposizione delle particelle è casuale in quanto il flusso applicato ha un valore inferiore al flusso critico necessario alla deposizione delle particelle.
- 03 Terza fase (TMP jump)**
il flusso locale supera un valore critico per cui le particelle cominciano a depositarsi sempre più velocemente; i colloidi tendono a riempire i vuoti del cake al punto che tutti i passaggi risultano occlusi.

I FATTORI PRINCIPALI INCIDENTI SULLA FORMAZIONE DEL FOULING

1 - TIPOLOGIA DI MEMBRANA

CONFIGURAZIONE

MATERIALE

IDROFOBICITA'

POROSITA'

2 - BIOMASSA

SSML

EPS

STRUTTURA DEI
FIOCCHI

SOSTANZE DISCIOLTE

DIMENSIONE DEI
FIOCCHI

3 - MODALITA' OPERATIVE

CONFIGURAZIONE

VELOCITA' DI
CROSSFLOW

AERAZIONE

HRT/SRT

TMP/J


INFLUENZA DELLE CARATTERISTICHE DELLA BIOMASSA SUL FOULING

I principali responsabili dello sviluppo del fouling sono:

Sostanze Polimeriche Extracellulari (**EPS**)

Prodotti Microbici Solubili (**SMP**)

Biopolimeri e Cluster Biopolimerici (**BPC**).




- Le **EPS**, **SMP** e **BPC** sono di natura microbica, cioè prodotti ed escreti da microorganismi, ma possono essere anche di natura terrestre e artificiale.

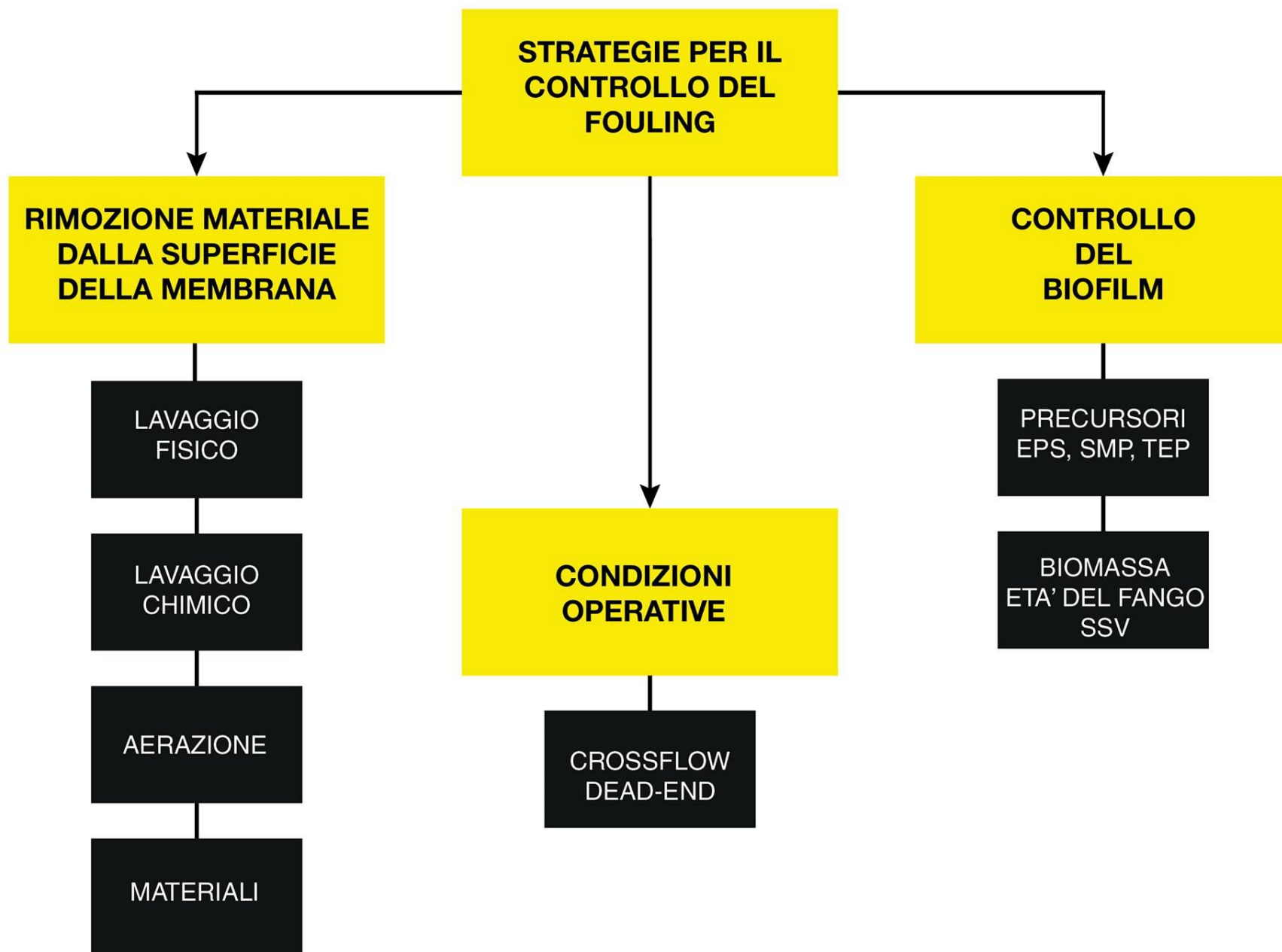
- Le **EPS** e le **SMP** si compongono di polisaccaridi, proteine, lipidi, acidi nucleici, ecc.

- Le proteine e i polisaccaridi sono le principali frazioni responsabili della formazione del fouling.

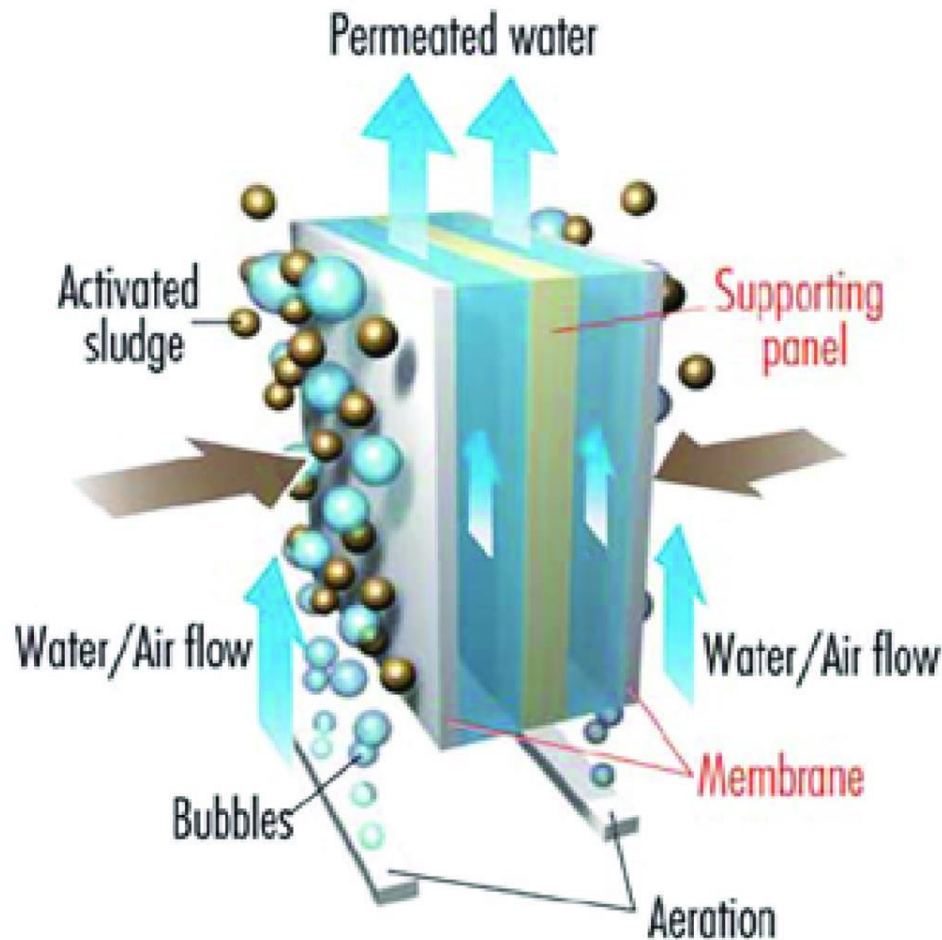
- Nel corso delle ricerche si è scoperta una dipendenza lineare tra la velocità di fouling e la concentrazione di polisaccaridi nel surnatante.



STRATEGIE PER IL CONTROLLO DEL FOULING



Flusso bi - fasico gas/liquido



- La richiesta di aerazione è espressa in SAD (portata d'aria per unità di superficie della membrana m^3 / m^2h o volume di aria per unità di volume di permeato prodotto).
- Spesso viene promossa anche l'immissione intermittente di aria (air cycling).
- Per un fissato tasso di aerazione la permeabilità raggiunge un valore massimo.

- **LAVAGGIO FISICO**

Per rimuovere lo strato di fouling più esterno si interrompe la filtrazione e si esegue il controlavaggio o il rilassamento della membrana (per 15 - 60 secondi ogni 3 - 12 minuti di filtrazione).

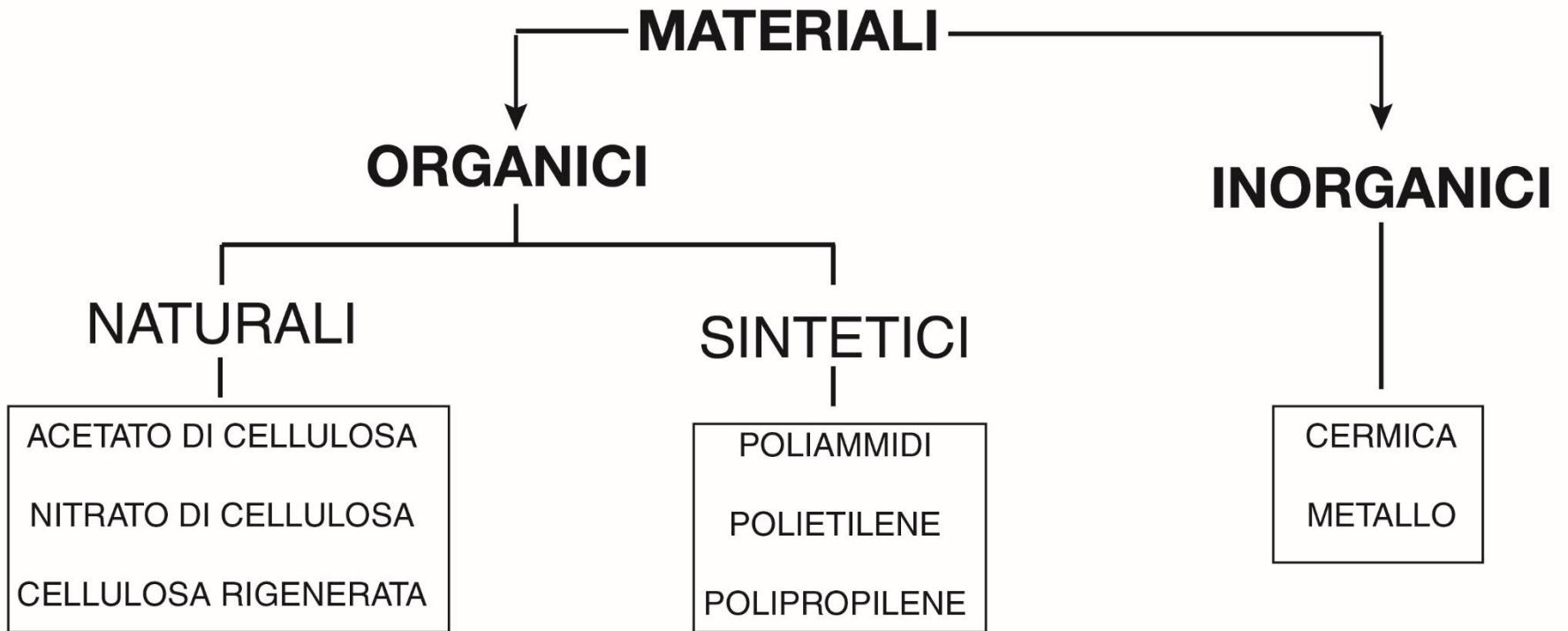
- **LAVAGGIO CHIMICO**

Ordinario (ogni 2 - 7 giorni)

Più approfondito (1 - 2 volte l'anno).

Non vanno sottovalutati i rischi ambientali connessi alla formazione di sottoprodotti della pulizia chimica quali: composti alogenati adsorbibili (**AOX**).

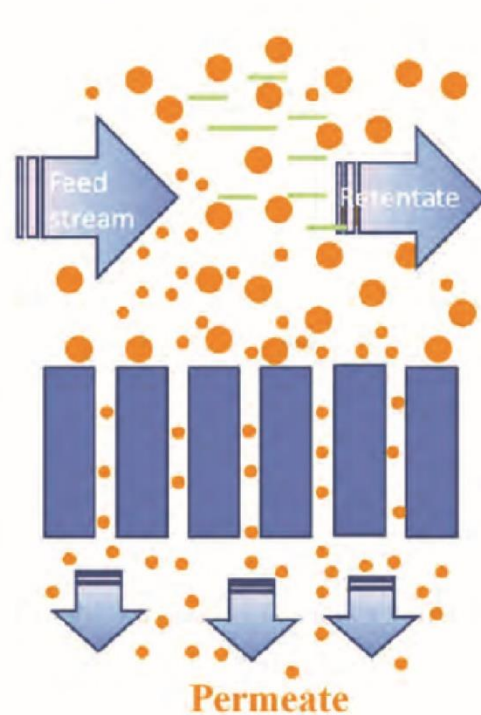
SCELTA DEL TIPO DI MEMBRANE



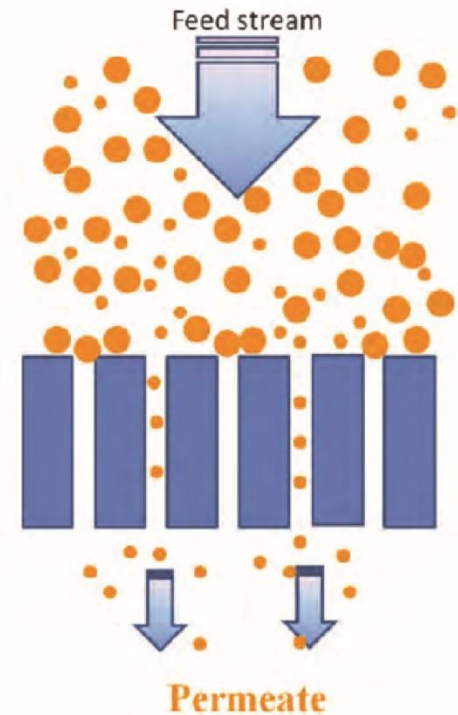
SCELTA DELLE CONDIZIONI OPERATIVE

Modalità di alimentazione della membrana:

- **crossflow;**
- **dead-end.**



(a) Cross flow filtration



(b) Dead-end filtration

Controllo del biofilm

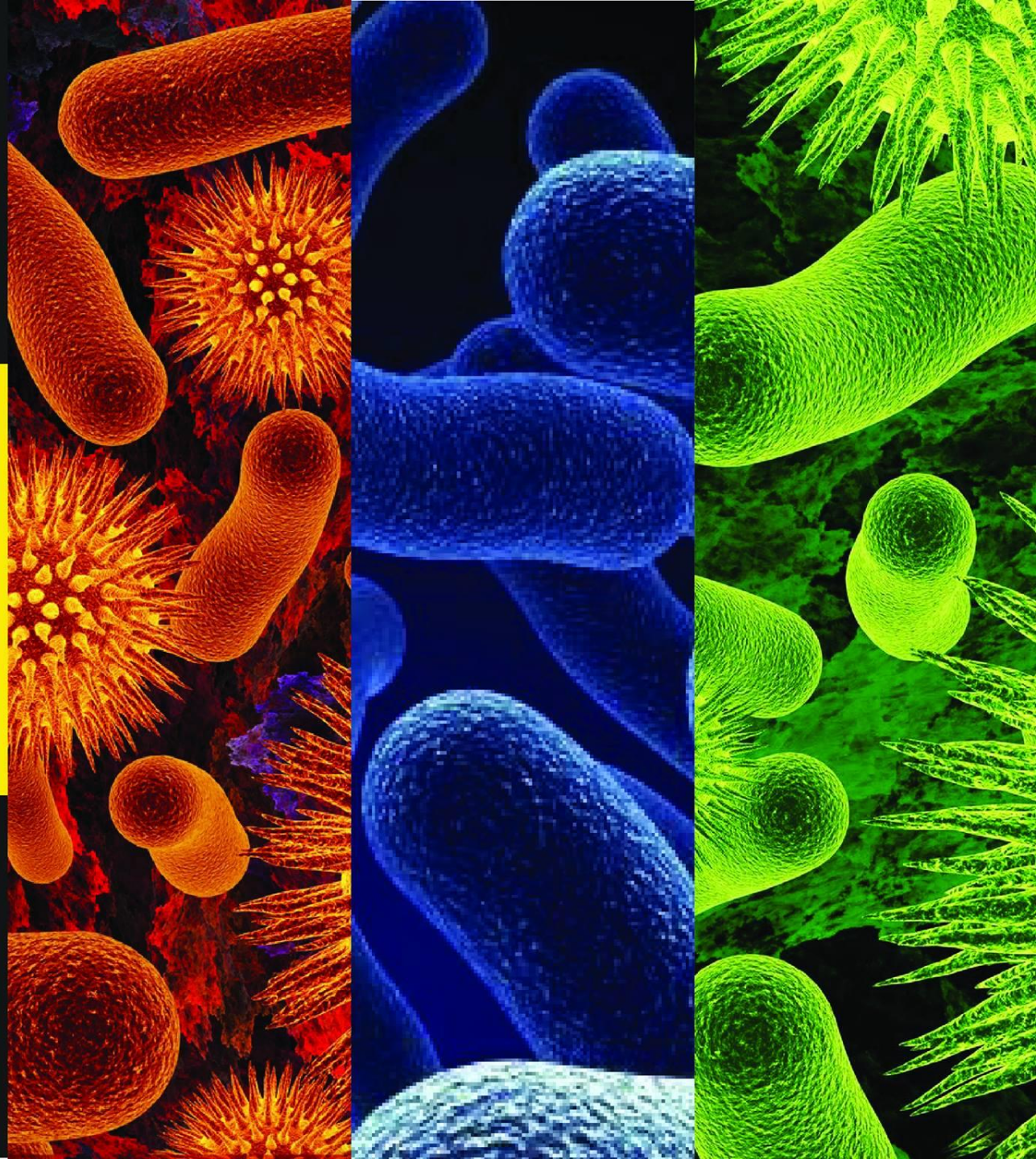
- Aggiunta di additivi che favoriscono l'adsorbimento degli **SMP**, coagulazione o creazione di reticoli tra i fiocchi o gli **SMP**; possono essere organici o inorganici.

Carbone Attivo in Polvere (**PAC**),
Poli alluminio Cloruro (**PACI**).

- Età del fango (**SRT**) avanzata riduce la concentrazione degli **SMP**, essendo la categoria di questi composti maggiormente correlata al fouling.

QUORUM SENSING

- La formazione del biofilm è promossa dalle molecole segnale come l' N-acil omoserina lattone (AHL), che mettono in comunicazione tra loro i batteri.
- Aggiunta Acilasi che inattiva l'AHL.



CONCLUSIONI

Gli MBR rappresentano una promettente tecnologia per il trattamento ed il riutilizzo delle acque reflue in quanto garantiscono elevati rendimenti di rimozione a fronte di ridotte superfici di ingombro.

Nonostante i relativi vantaggi che caratterizzano tale tecnologia, il fouling delle membrane inibisce ancora oggi l'efficienza operativa dei reattori MBR, aumentando significativamente il consumo di energia e i costi di gestione.

Malgrado il costante impegno della comunità scientifica nella ricerca delle possibili cause del fouling la complessità di alcuni processi, come quelli biologici, porta a risultati spesso contraddittori rendendo difficile l'interpretazione del fenomeno ancora oggi.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

