



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

Corso di Laurea «Ingegneria per l'Ambiente ed il
Territorio»

PRESENTAZIONE TESI DI LAUREA

«Configurazioni impiantistiche e caratteristiche del fango dei sistemi di trattamento biologici a membrana»

Relatore:

Ch.mo Prof. Ing. Francesco Pirozzi

Candidati:

Salvatore Delle Cave

Matr. N49/603

Luigi De Simone

Matr. N49/602



Diffusione del processo depurativo MBR (Membrane Bio-Reactor)

Nell'ultimo decennio c'è stata una forte diffusione degli impianti MBR aerobici



I motivi principali sono stati:

1. Basso ingombro volumetrico;
2. Elevata qualità dell'effluente depurato.

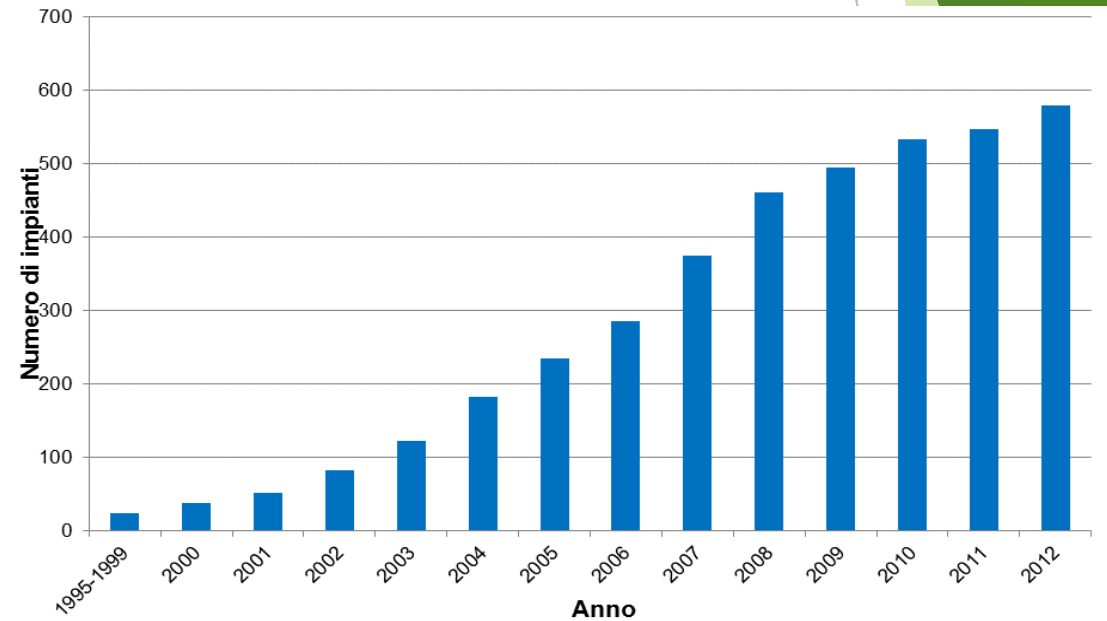
MBR aerobici



AnMBR

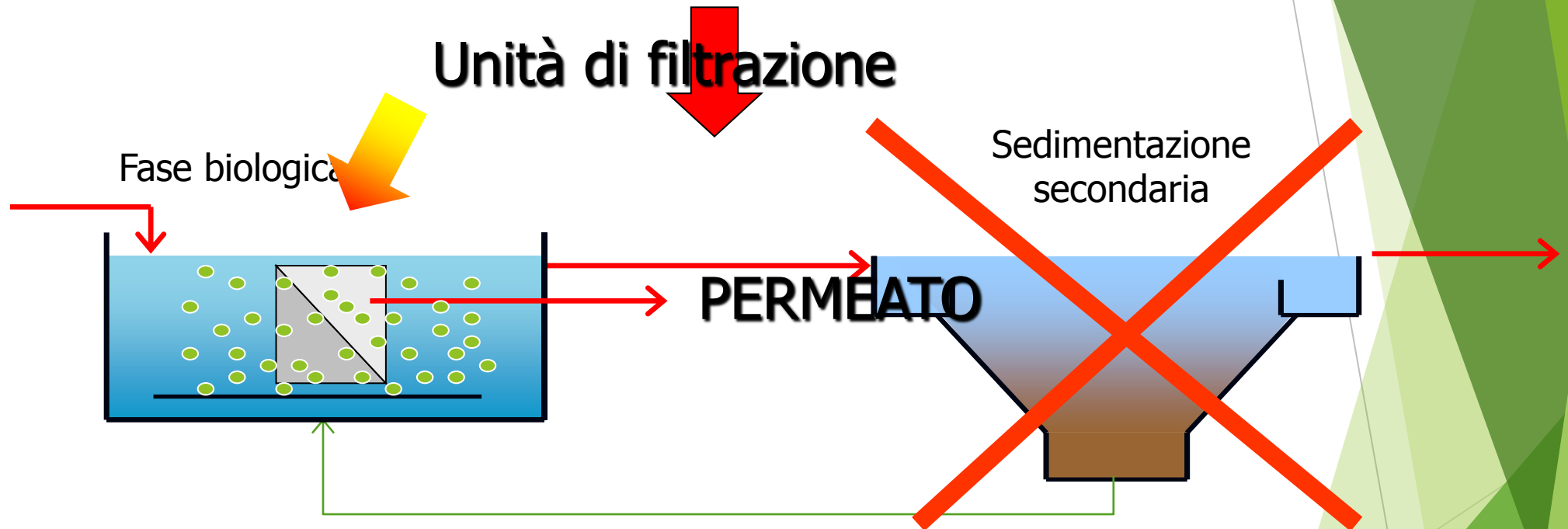


Coniuga i vantaggi dei reattori MBR e delle reazioni biologiche in ambiente anaerobico



Ciclo di trattamento degli MBR

IMPIANTO TRADIZIONALE A FANGHI ATTIVI



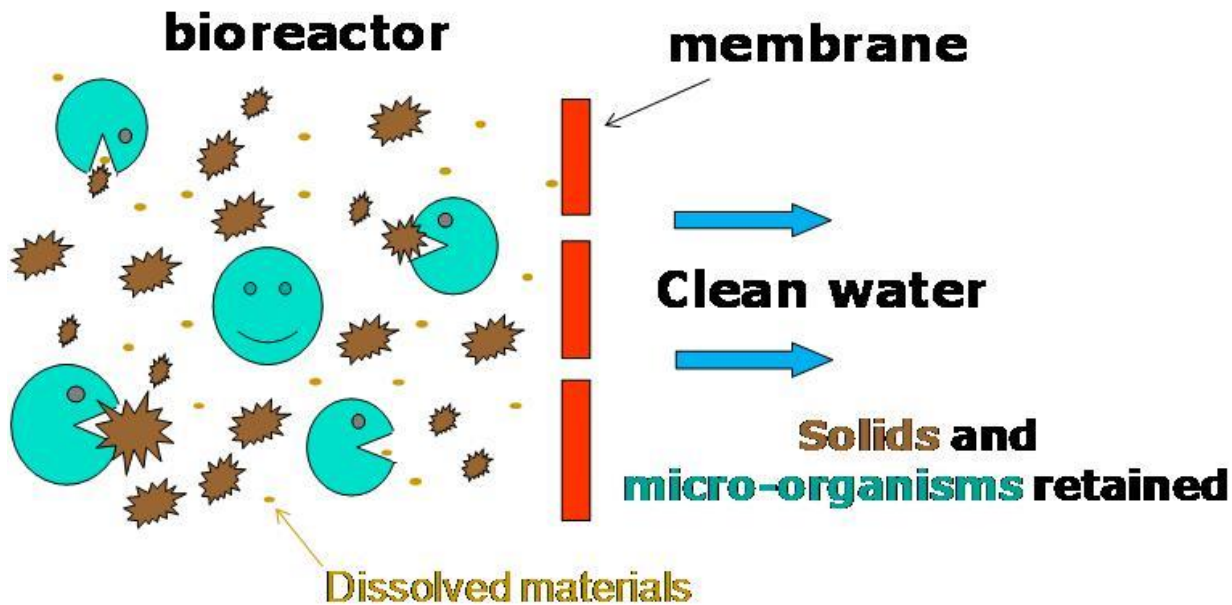
La miscela aerata subisce un'azione di filtrazione nelle unità biologiche, che consente di migliorare le caratteristiche dell'effluente e di assicurare una più elevata concentrazione della biomassa. La biomassa è separata dalla corrente idrica nella fase di sedimentazione, sfruttando l'azione della gravità, ed è in parte ricircolata nella fase biologica.

Ciclo di trattamento degli MBR

Processi **biologici** di trasformazione di sostanze biodegradabili



Processo **fisico** di filtrazione attraverso membrane



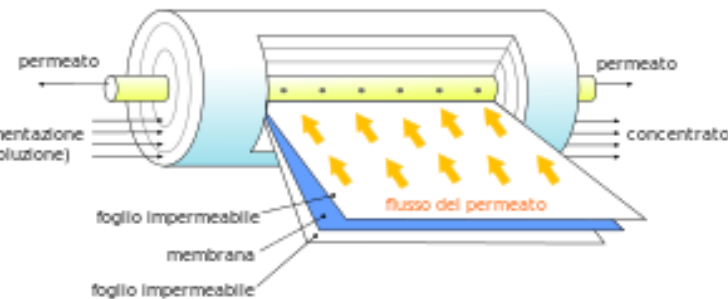
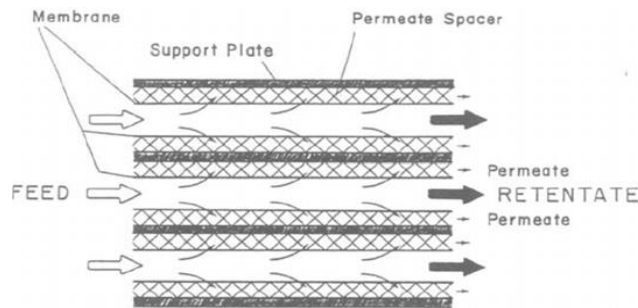
Membrana

mezzo poroso che separa selettivamente da un fluido sostanze contenute in forma sospesa o disciolta, nel caso specifico fiocchi di fango, tramite una forza motrice.

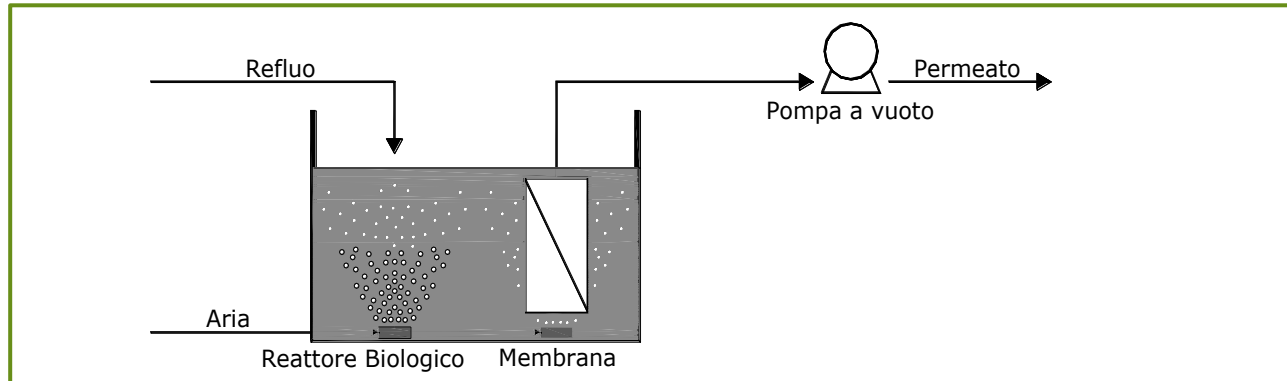
Tipologie di membrane

Si possono differenziare in base a:

- Materiale costituente ➡ organico (plastica) o inorganico (ceramica, metallo)
- Dimensione dei pori ➡ tipologia di processo
- Tipologia dei moduli ➡ a lastre, a spirale, a fibre cave



Configurazioni impiantistiche



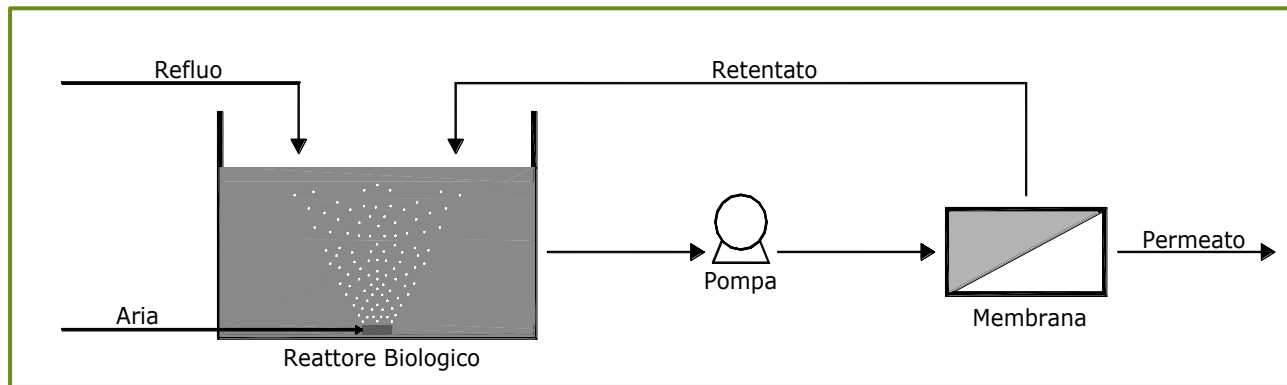
Configurazione *sommersa*

Vantaggi:

- Basse volumetrie
- Risparmio energetico

Svantaggi:

- Complessità operazioni gestionali



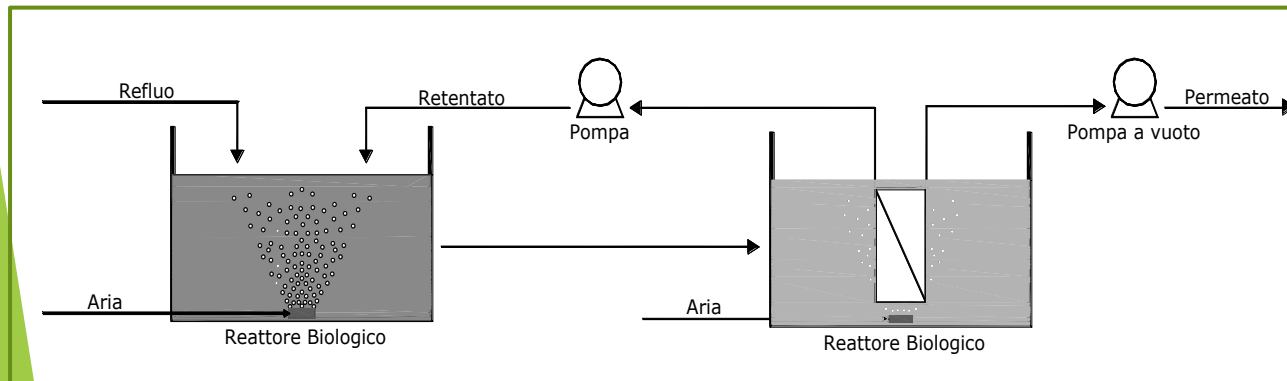
Configurazione *side-stream*

Vantaggi:

- Alta elasticità
- Operazioni di pulizia più semplici

Svantaggi:

- Maggiori costi d'investimento e di esercizio



Configurazione di tipo *misto*

Vantaggi:

- Pulizia facilitata
- Alta elasticità

Svantaggi:

- Costi elevati

Vantaggi e svantaggi dei sistemi MBR

Rispetto al tradizionale processo di depurazione a fanghi attivi (CAS), i sistemi MBR presentano:

Vantaggi:

- ❖ Riduzione della superficie e dei volumi;
- ❖ Migliore qualità dell'effluente finale;
- ❖ Minore produzione di fango.

Svantaggi:

- ❖ Sporramento e intasamento (fouling) delle membrane;
- ❖ Costo d'investimento ed energetico rilevante.



Non sono del tutto noti gli effetti sulle caratteristiche di ***disidratabilità*** e ***stabilità*** del fango in uscita dall'impianto.

Caso studio: disidratabilità e stabilità di fanghi MBR/CAS

I fanghi oggetto dello studio sono provenienti dai seguenti impianti:

- ▶ Capri, denominato “MBR 1”;
- ▶ Marina del Cantone, denominato “MBR 2”;
- ▶ Nola, denominato “CAS 1”;
- ▶ Massa Lubrense, denominato “CAS 2”.

	HRT [h]	Portata [m³/h]	SRT [d]	COD [mg/L]	N-NH ₄ ⁺ [mg/l]	Membrane
MBR1	20	12	30	450	40	Fibra cava
MBR2	24	65	35	350	35	Piane
CAS1	7	3300	40	310	22	-
CAS2	18	100	15	350	35	-

Obiettivo dello studio

Valutazione della stabilità e della disidratabilità del fango, sia prima che dopo il processo di digestione anaerobica.

Il fango subisce i seguenti trattamenti:

1. Ispessimento
2. Caratterizzazione in termini di ST e SV
3. Estrazione dell'EPS espressa in termini di CH,UA,PR,HA.

Disidratabilità di fanghi MBR rispetto a fanghi CAS



È dipendente da vari fattori e può essere valutata attraverso due parametri:

SRF
(Resistenza specifica
alla filtrazione)

Resistenza di un fango ad essere
disidratato per filtrazione;

CST
(Tempo di suzione
capillare)

Capacità di un fango di ritenere
acqua.

Ma anche attraverso misure di EPS (sostanze polimeriche extracellulari).

Componenti della struttura del
fiocco di fango attivo. Sono
l'essenza della particella
batterica stessa.

Prove di disidratabilità: risultati

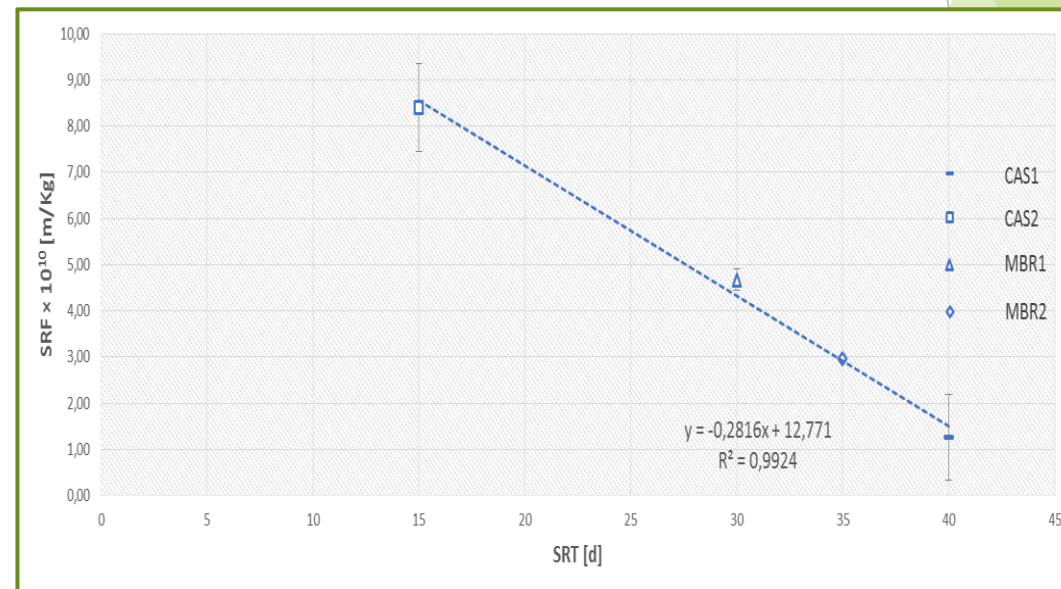
La tabella seguente mette in evidenza i parametri di disidratabilità del fango prima e dopo il processo di digestione anaerobica.

	Fango fresco		Fango digerito	
	SRF [m/kg]	CST [s·L/g]	SRF [m/kg]	CST [s·L/g]
MBR1	4.67×10^{10}	0.91	5.55×10^{10}	1.05
MBR2	2.96×10^{10}	0.96	2.55×10^{10}	1.29
CAS1	1.25×10^{10}	0.27	1.31×10^{10}	0.63
CAS2	8.40×10^{10}	1.23	8.11×10^{10}	1.29

Discordanza dai dati presenti in letteratura.

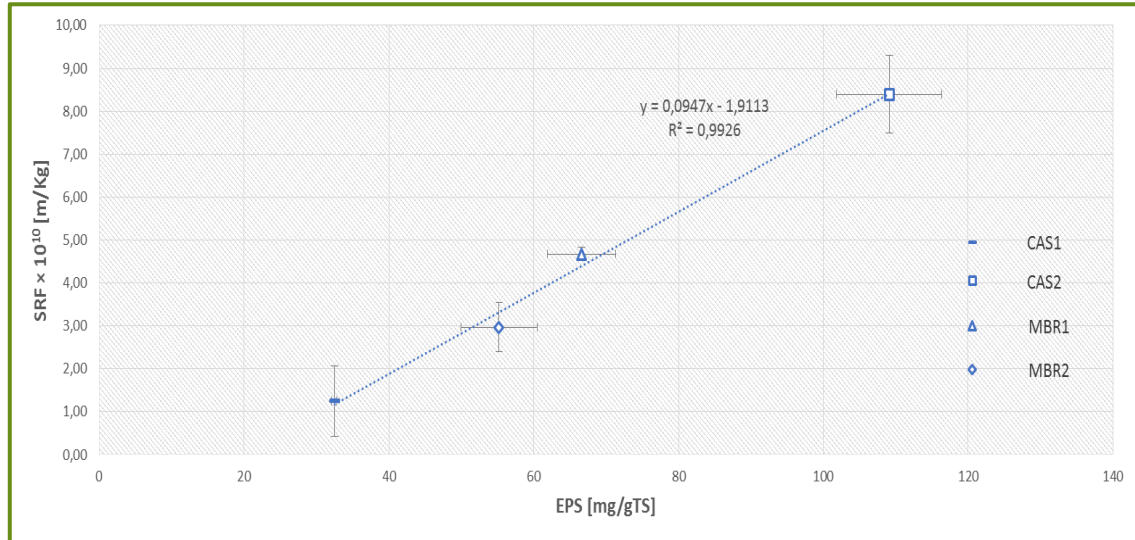


Relazione tra *SRF* e *SRT*
(età del fango)

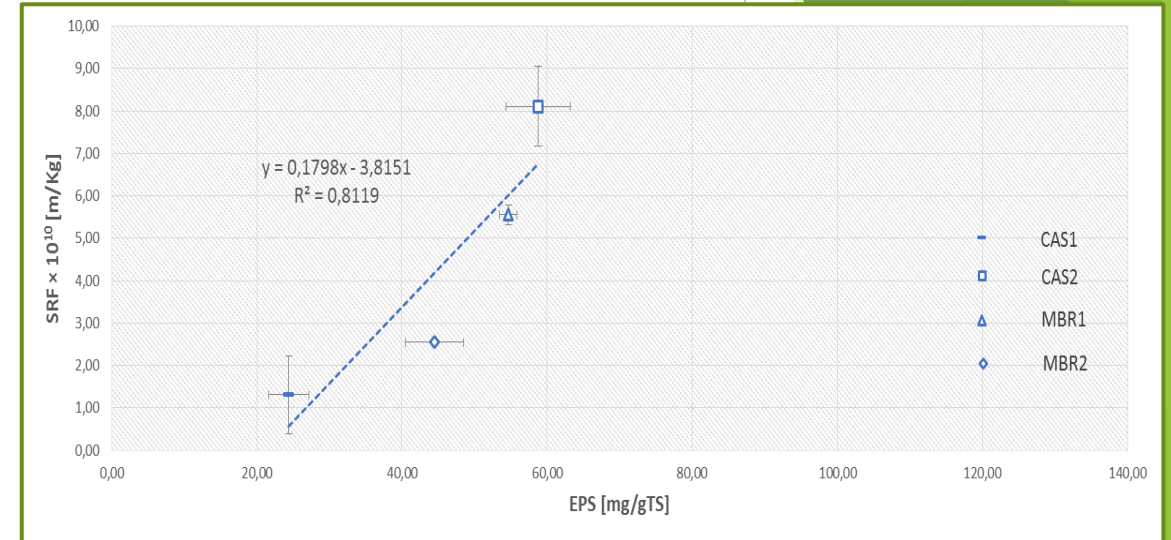


Prove di disidratabilità: risultati

Esiste una buona correlazione tra i valori della **SRF** e quelli della **EPS**:



↗ Fango fresco



↗ Fango digerito

Elevata concentrazione di EPS



Maggiore resistenza alla disidratabilità



NECESSITA' DI EFFETTUARE ULTERIORI PROVE SPERIMENTALI

Stabilità di fanghi MBR rispetto a fanghi CAS

Tra i vantaggi dei sistemi MBR rispetto ai sistemi CAS, è spesso presente una maggiore stabilità del fango MBR, dovuta ad una maggiore età del fango (SRT). Questo vantaggio è evidente nel caso di impianti CAS trasformati in MBR

Per gli impianti MBR ex novo non vale questa considerazione; per questi, infatti, la riduzione di volumetrie, che è considerata uno dei principali vantaggi, compensa l'aumento della concentrazione di microrganismi.



Prove di biometanazione: risultati

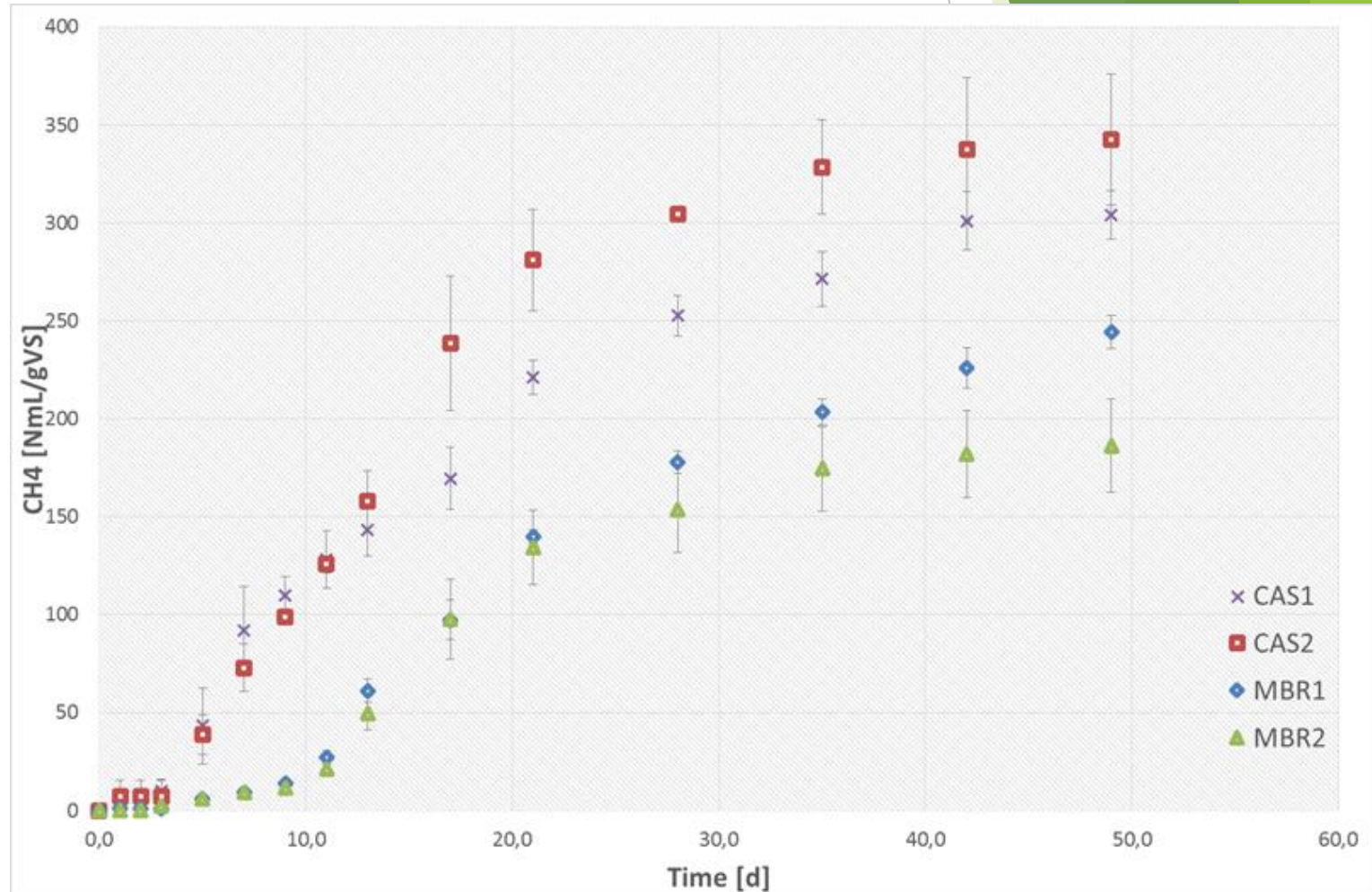
L'effetto del processo di digestione anaerobica sul fango MBR viene analizzato in termini di potenziale di biometanazione (BMP).

La produzione di metano è:

CAS1>CAS2>MBR1>MBR2

Risultati:

- La differente produzione tra i fanghi MBR1 e MBR2 è da attribuirsi alla diversa età del fango
- Il più alto SRT del fango MBR causa una minore produzione di metano
- il fango MBR presenta bassissima produzione di metano per tempi prossimi all'origine che implica una più lunga fase di ambientamento della biomassa
- BMP comunque non è trascurabile



Prove di biometanazione: risultati

	ST [g/L]	SV [g/L]	SV/ST
MBR1	13,2	9,45	0,72
MBR2	12,0	9,71	0,80
CAS1	51,2	20,7	0,40
CAS2	13,7	11,7	0,85



*Caratterizzazione dei fanghi ispessiti
a monte del processo di digestione
anaerobica.*

	ST [g/L]	SV [g/L]	SV/ST
MBR1	11,2	5,12	0,60
MBR2	9,14	4,80	0,52
CAS1	33,0	9,54	0,29
CAS2	10,2	6,32	0,62



*Caratterizzazione dei fanghi ispessiti
a valle del processo di digestione
anaerobica.*



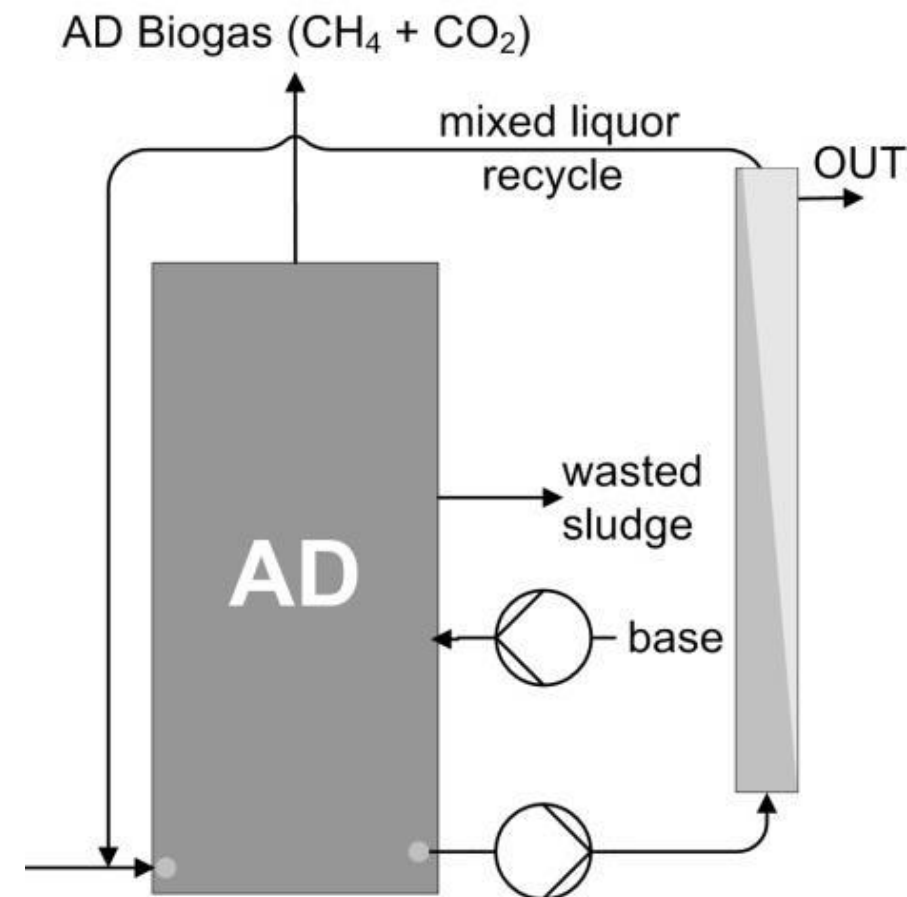
La riduzione del rapporto SV/ST è stata in tutti i casi all'incirca di venti punti percentuali, avallando la tesi che anche i fanghi provenienti da sistemi MBR necessitano di una fase “ad hoc” di stabilizzazione a monte della disidratazione.

Anaerobic Membrane Bioreactors (AnMBRs)

- I sistemi biologici AnMBR operano la degradazione della sostanza organica biodegradabile in assenza di ossigeno e utilizzano una membrana per separare la fase liquida da quella sospesa in regime di micro o ultrafiltrazione.

Garantiscono:

- Start-up più rapido
- Netta separazione tra tempo di detenzione idraulica e di ritenzione della biomassa
- Elevata qualità effluente depurato



Fouling: caratteristiche e problematiche

La formazione del fouling comporta un aumento della resistenza complessiva alla filtrazione (R_m), con conseguente diminuzione del flusso di permeato J

$$J = \frac{TMP}{\mu \cdot R_m}$$

Natura:

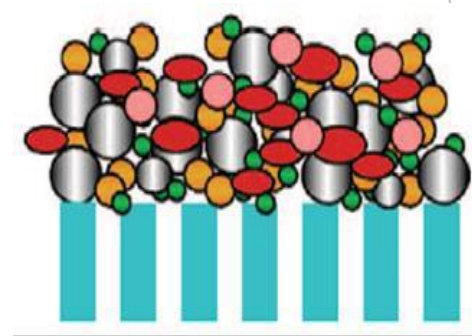
- Reversibile removibile
- Reversibile irremovibile
- Irreversibile

Fouling

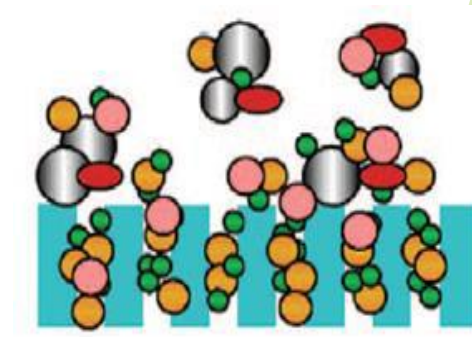
Biologico

Organico

Inorganico

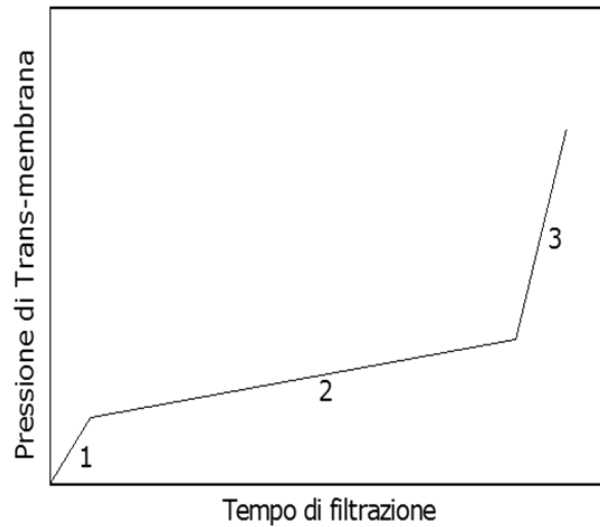


Cake layer

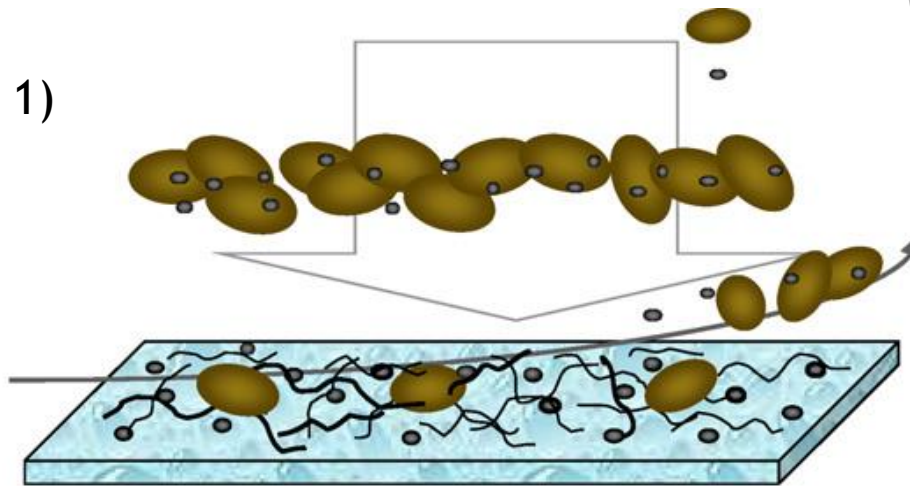


Pore blocking

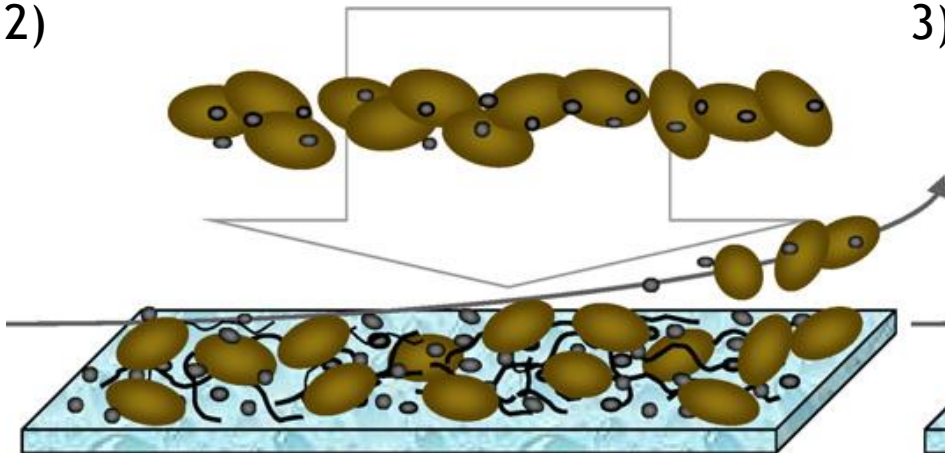
Fouling: caratteristiche e problematiche



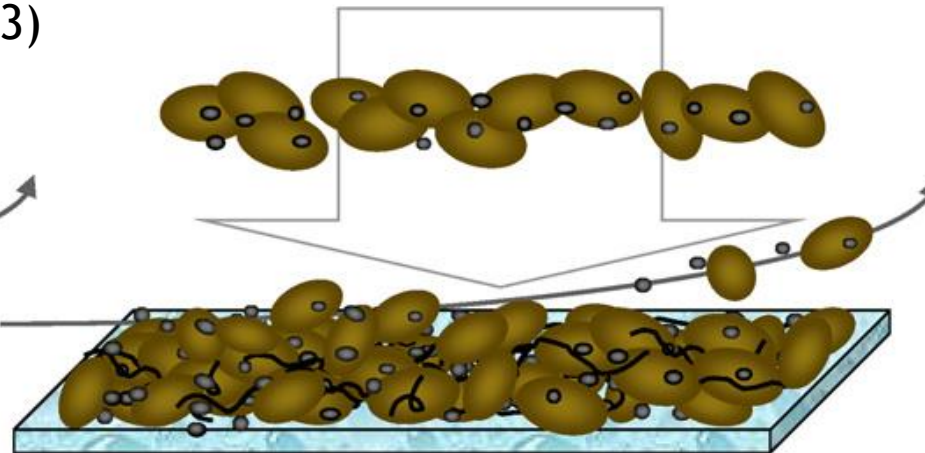
1)



2)



3)



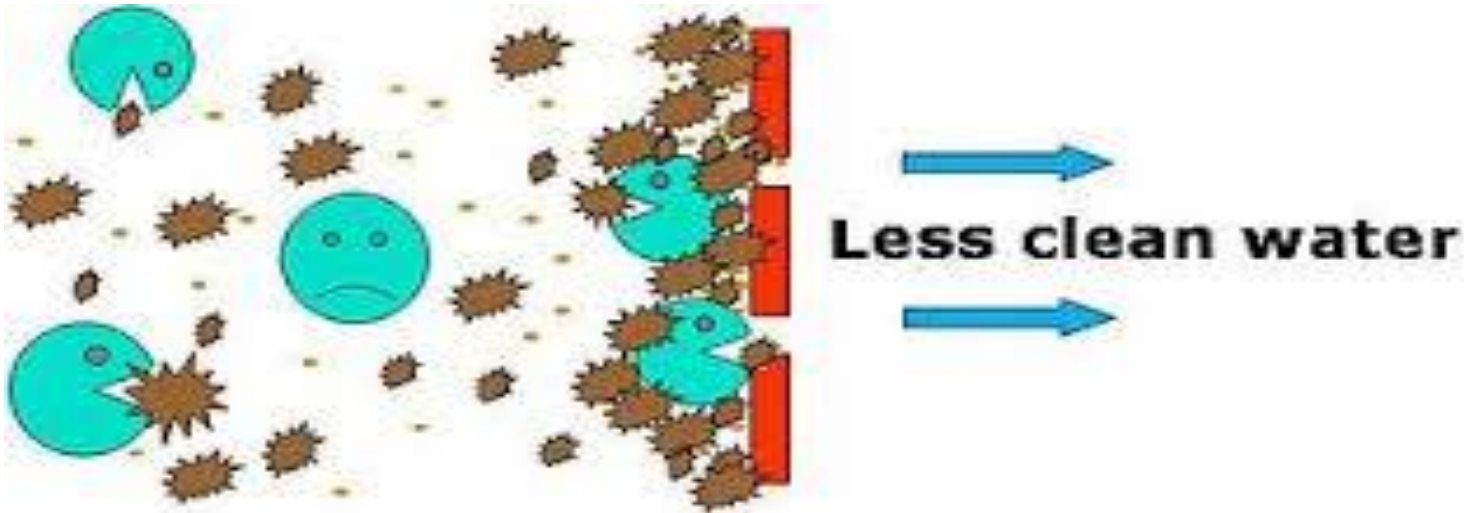
Variazione della TMP durante il processo del fouling

Fouling per gli AnMBR

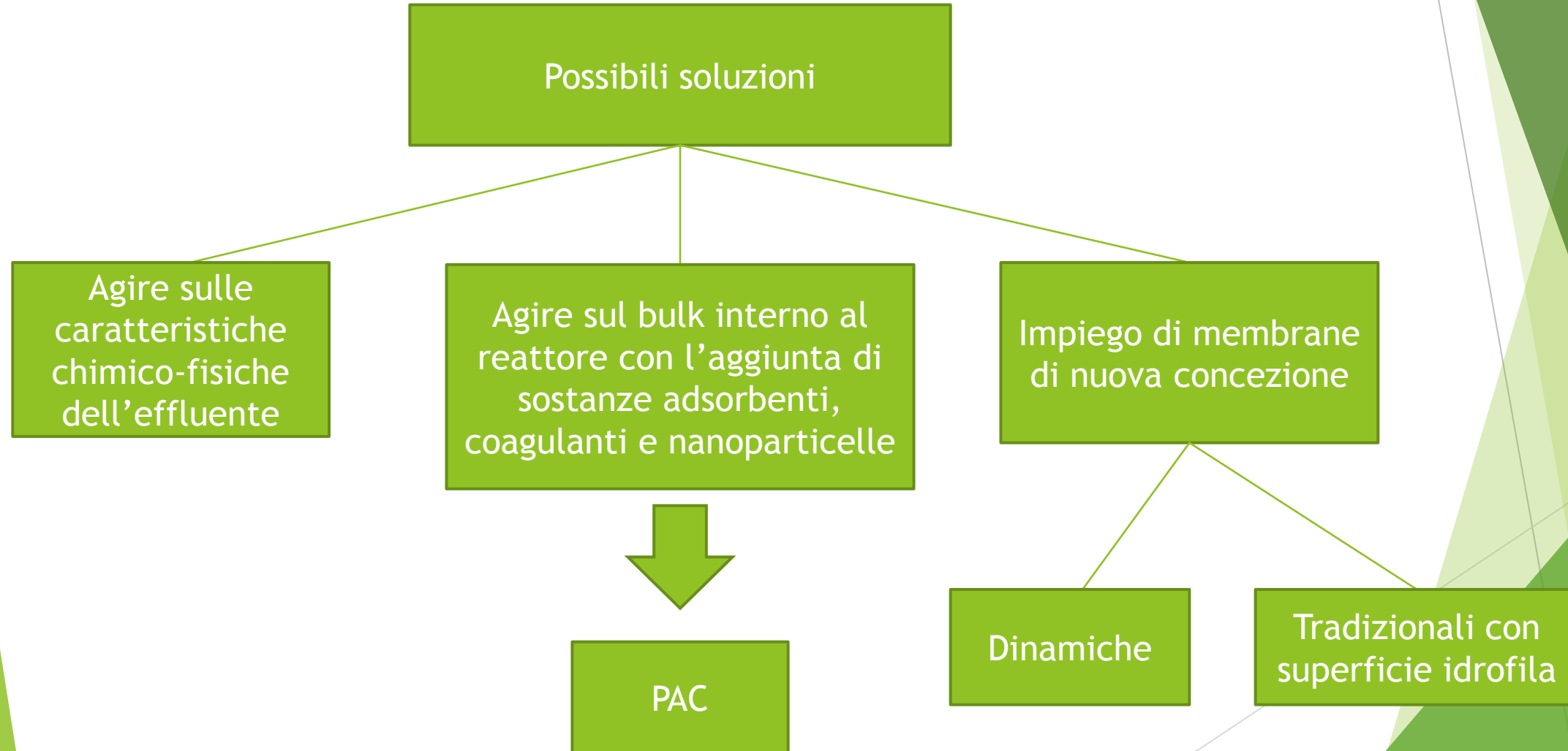
- Concentrazioni di solidi più elevate rispetto ai processi in ambiente aerobico
- Condizioni estreme di pH e Temperatura



Il fouling è particolarmente critico e penalizzante, al punto tale da rappresentare il principale ostacolo alla loro diffusione.



Soluzioni al fouling



Applicazione dei sistemi AnMBR

Efficaci

- Depurazione di reflui provenienti da attività produttive (COD rimosso superiore al 90%)
- Depurazione di reflui contenenti contaminanti emergenti
- Trattamento di reflui ad elevato contenuto di solidi organici (scarti zootecnici)

Poco idonei

- Depurazione reflui urbani, poiché gli AnMBR sono scarsamente efficaci a causa dei bassi contenuti di sostanza organica e ai fini della rimozione di composti azotati e fosforo

Vantaggi sistema AnMBR

- Minore produzione di fango;
- Minor consumo di energia (no aerazione);
- Recupero di energia;
- Start-up più rapido e maggiore qualità dell'effluente depurato;

Svantaggi sistema AnMBR

- Problema del fouling delle membrane.

Conclusione

Confronto con le tecniche tradizionali e con gli MBR

Parametri	Trattamento convenzionale aerobico	Trattamento convenzionale anaerobico	MBR aerobici	AnMBR
Efficienza di rimozione della sostanza organica	Alta	Alta	Alta	Alta
Qualità effluente	Alta	Medio-Bassa	Eccellente	Alta
ORL	Medio	Alta	Medio-Alta	Alta
Produzione di fango	Alta	Bassa	Medio-Alta	Bassa
Volumetria	Alta	Medio-Alta	Bassa	Bassa
Ritenuta della Biomassa	Medio-Bassa	Bassa	Totale	Totale
Richiesta di nutrienti	Alta	Bassa	Alta	Bassa
Richiesta di energia	Alta	Bassa	Alta	Bassa
Sensibilità alla temperatura	Bassa	Medio-Bassa	Bassa	Medio-Bassa
Tempo di avvio	2-4 Settimane	2-4 Mesi	Meno di 1 Settimana	Meno di 2 Settimane
Recupero Bioenergetico	NO	SI	NO	SI
Modalità d'uso	Totale	Pretrattamento	Totale	Totale o pretrattamento