



Università degli Studi di
Napoli Federico II



Università degli
Studi di Palermo



Università degli
Studi di Salerno



Corso di Aggiornamento

BioMAc 2013

Bioreattori a Membrane (MBR) per la depurazione delle Acque

MODALITÀ DI START-UP DEGLI IMPIANTI MBR

Gaetano Di Bella (Università degli Studi di Enna)

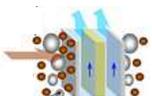
Palermo, 4-5 Luglio 2013

Sommario

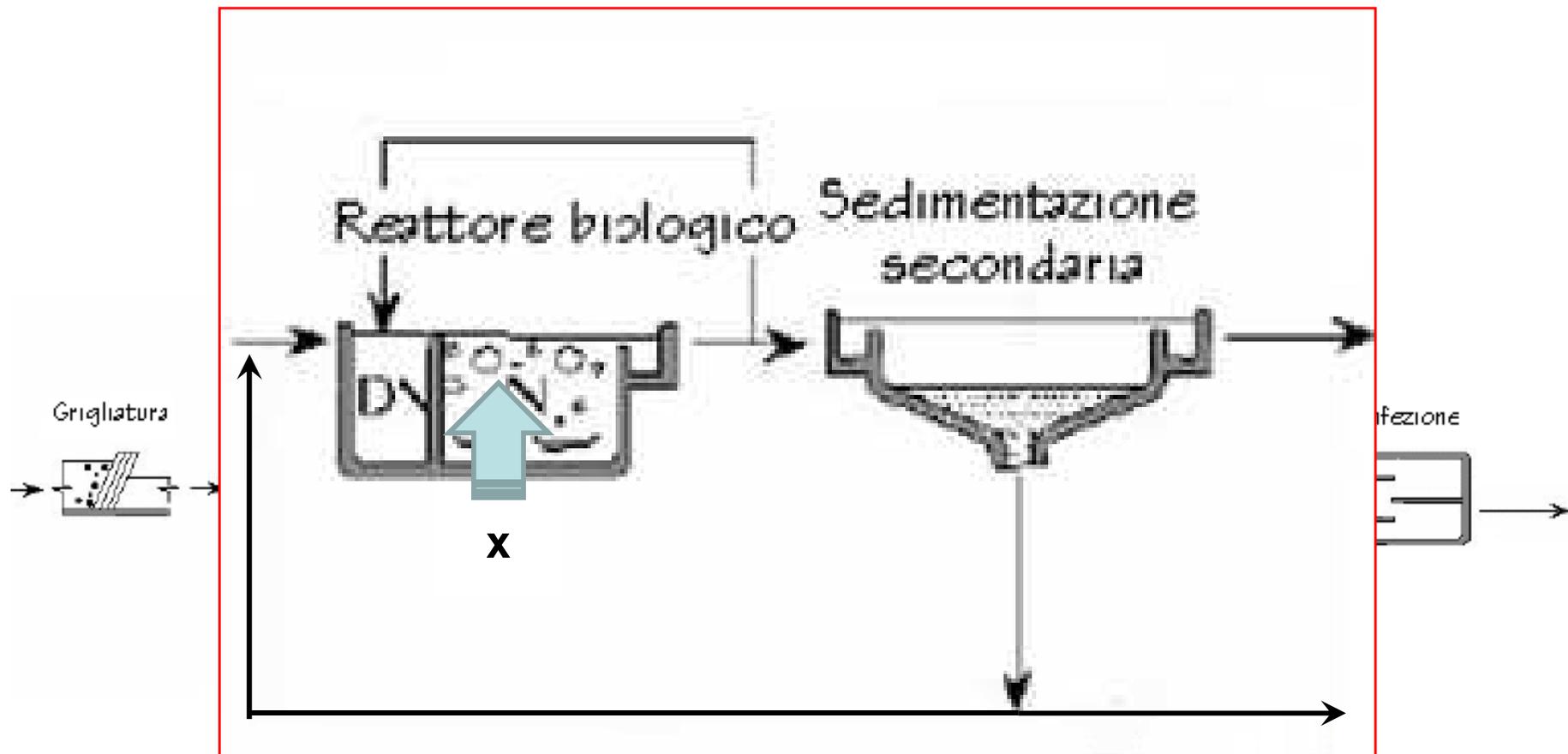
■ Introduzione

- L'avviamento dei Sistemi a Fanghi attivi Convenzionali.
 - L'avviamento dei Sistemi MBR: stato dell'arte.
1. **La crescita batterica e la produzione di fango.**
 2. **Performance di rimozione.**
 3. **Caratteristiche cinetiche e produzione di EPS**
 4. **Deflocculazione biologica**
 5. **Fouling and fouling rate**
 6. **Lo start-up nell'avviamento di MBR per reflui speciali**

■ Considerazioni conclusive



Introduzione: l'avviamento dei CAS



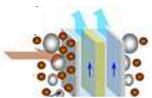
*Al fine di ridurre il tempo di avviamento, e accelerare il raggiungimento degli standard di rendimento richiesti, si procede all'**inoculo di fango attivo** iniziale di fango attivo proveniente da altri impianti già in esercizio.*

Avviamento dei sistemi MBR: stato dell'arte

L'effetto filtrante della membrana è in grado di garantire la completa ritenzione dei solidi sospesi (SS), e parte del materiale disciolto, con una conseguente accelerazione dell'incremento di biomassa nel reattore (crescita ed accumulo) (Ferraris et al., 2003)

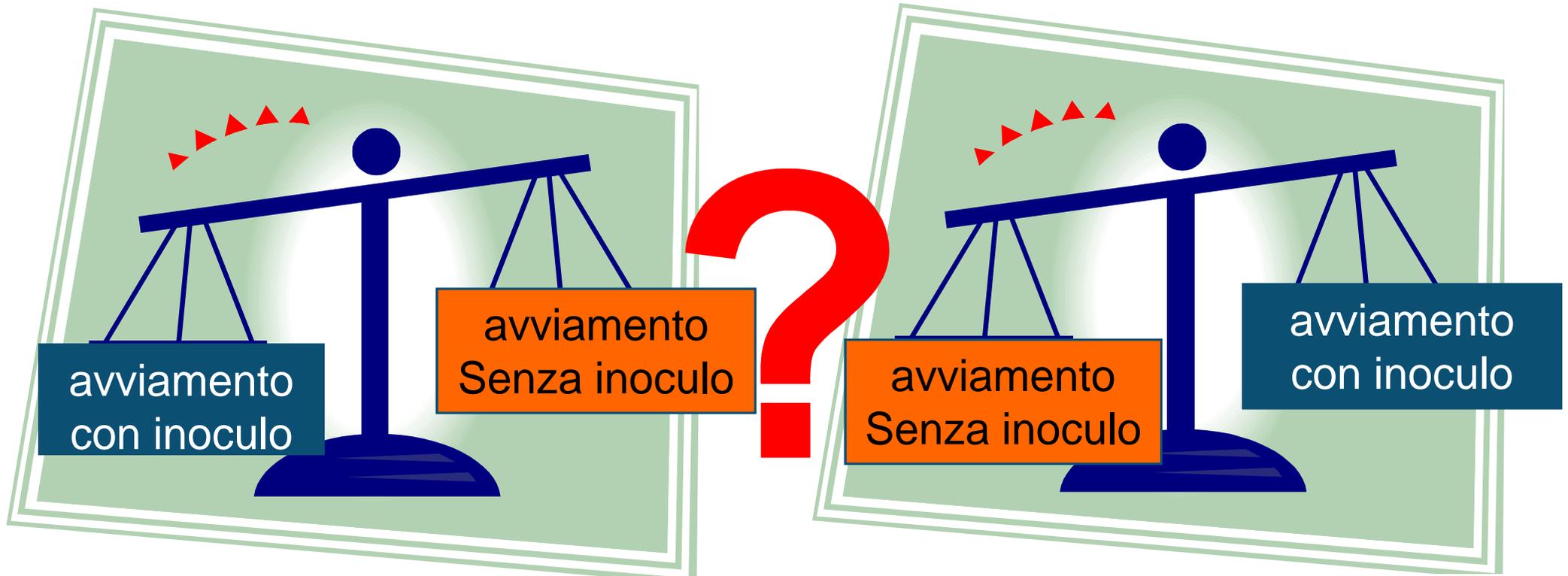
Non è necessario adottare procedure mirate a favorire lo sviluppo di una particolare comunità microbica in qualunque modo sia avviato il sistema MBR, la biomassa nel bioreattore tende a raggiungere, a regime, condizioni fisico-biologiche simili..... (Judd, 2008)

La membrana garantisce rendimenti di rimozione soddisfacenti già dai primi giorni: le dimensioni dei pori delle membrane di norma utilizzate nel trattamento dei reflui permettono di rimuovere buona parte delle sostanze organiche in forma colloidale o disciolta..... (Ferraris et al., 2003 e 2009)



Avviamento dei sistemi MBR stato dell'arte

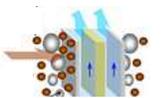
Tuttavia, le condizioni iniziali influenzano le prestazioni biologiche e idrauliche



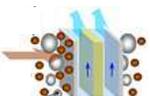
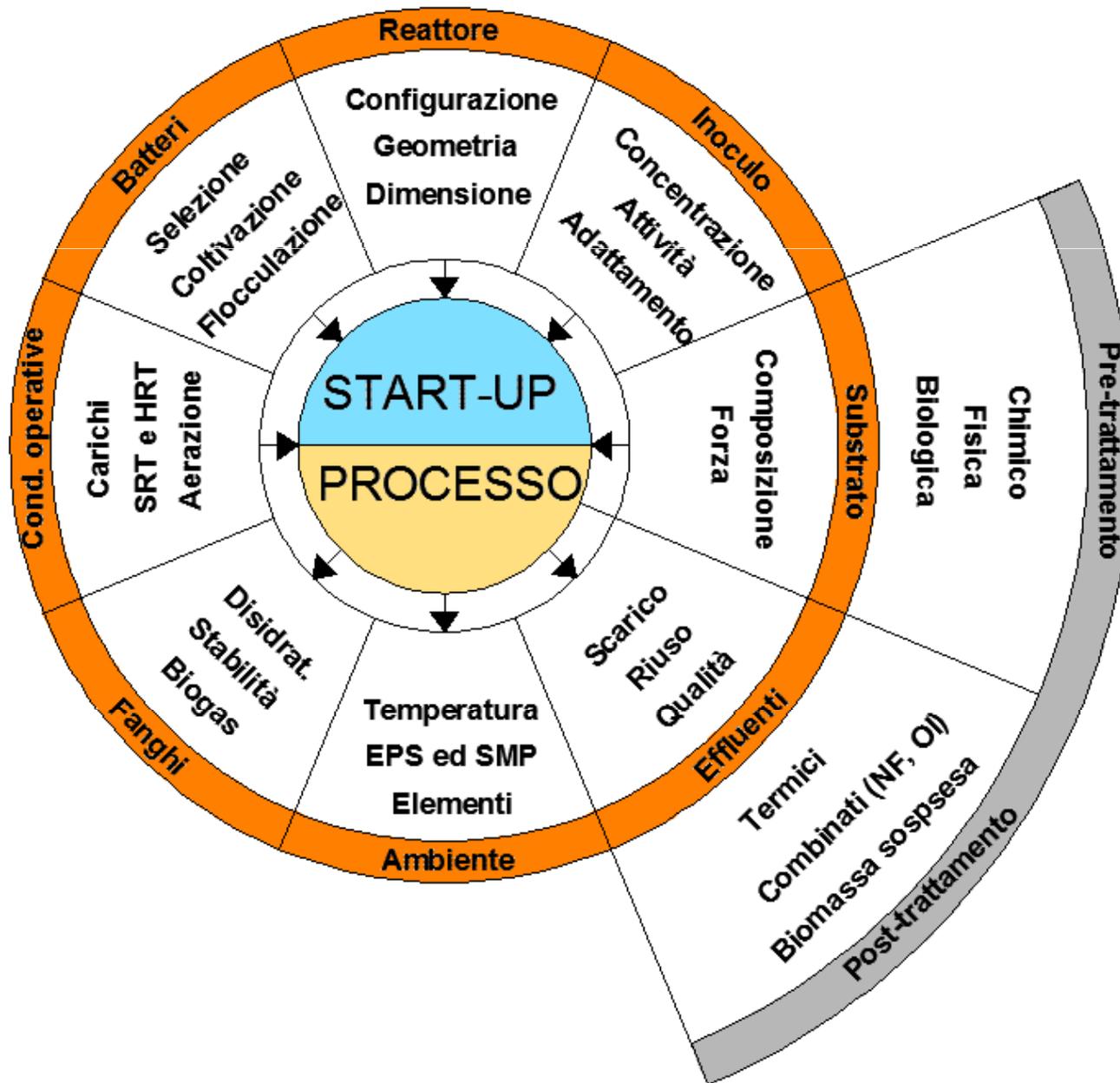
Tendenzialmente si potrebbe ritenere inutile provvedere all'inoculo, ...
ma cosa succede in relazione al fouling?

Comportamento biocinetico?

Flocculazione

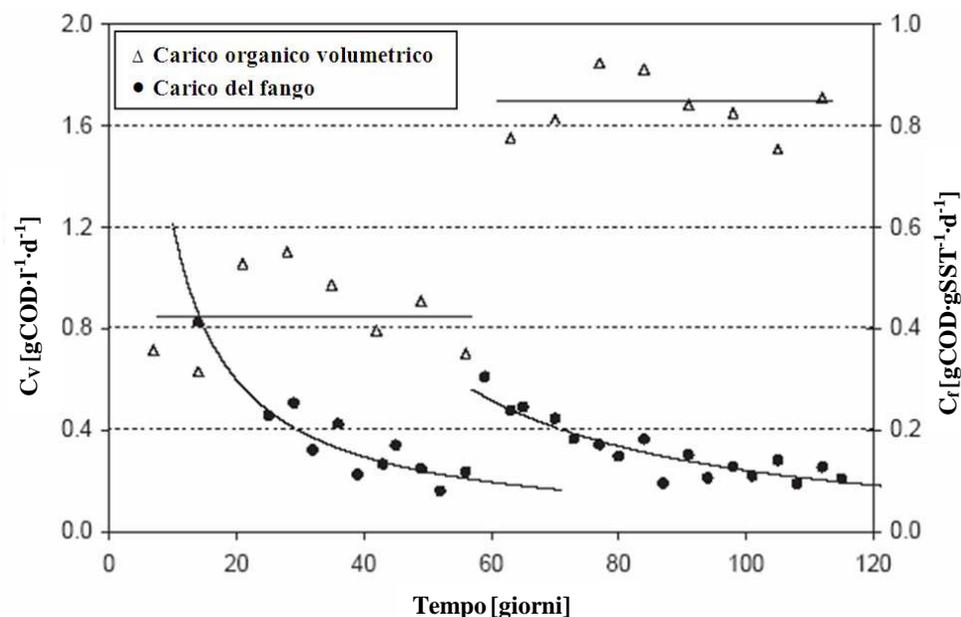
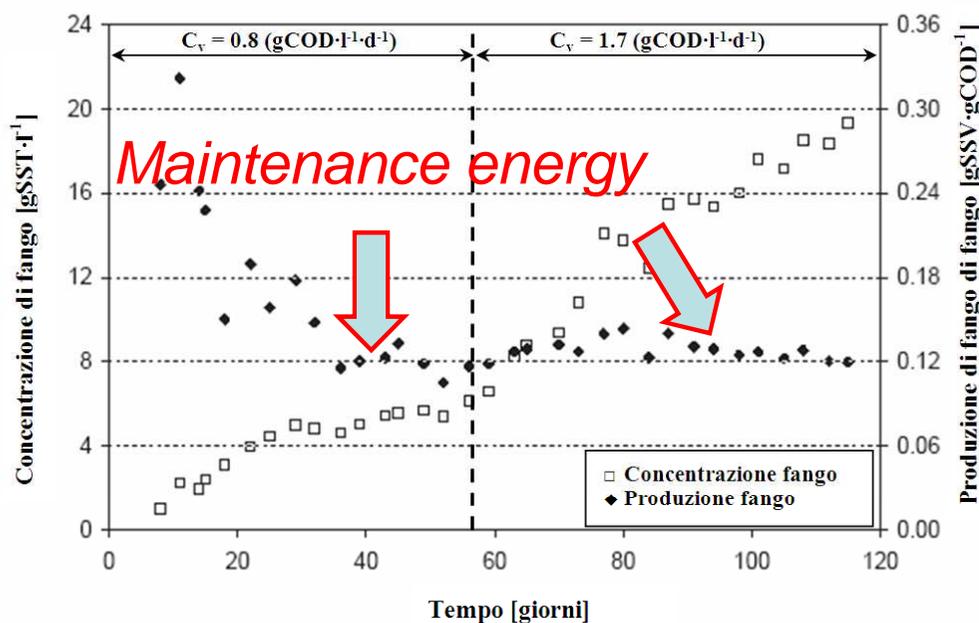


Avviamento dei sistemi MBR stato dell'arte



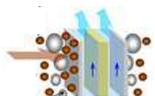
La crescita batterica e la produzione di fango

L'analisi della **produzione di fango** è stata una delle prime valutazioni su cui i ricercatori hanno basato l'analisi e l'ottimizzazione dello start-up degli impianti biologici



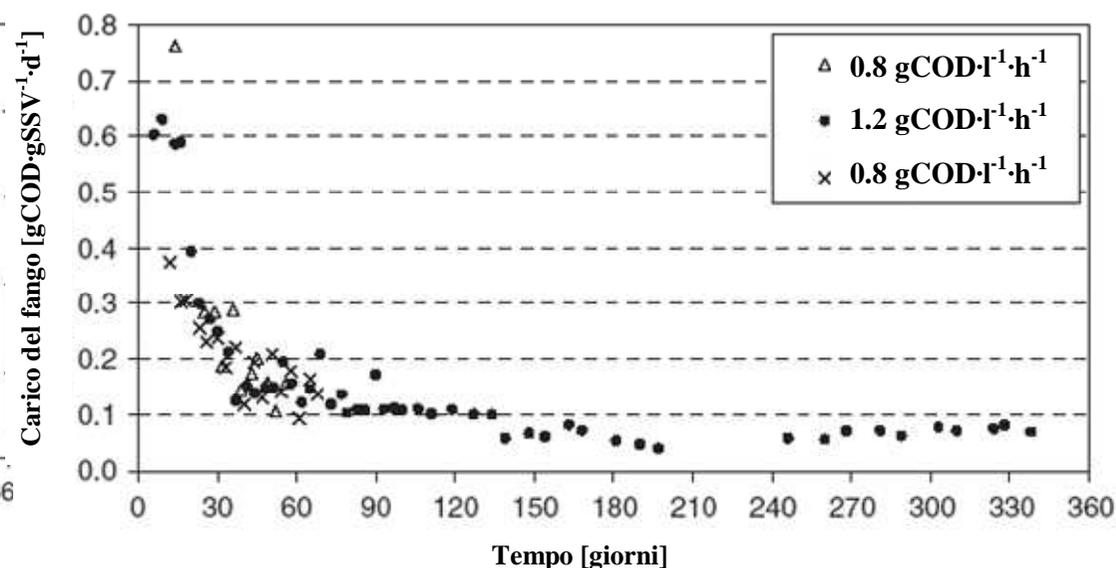
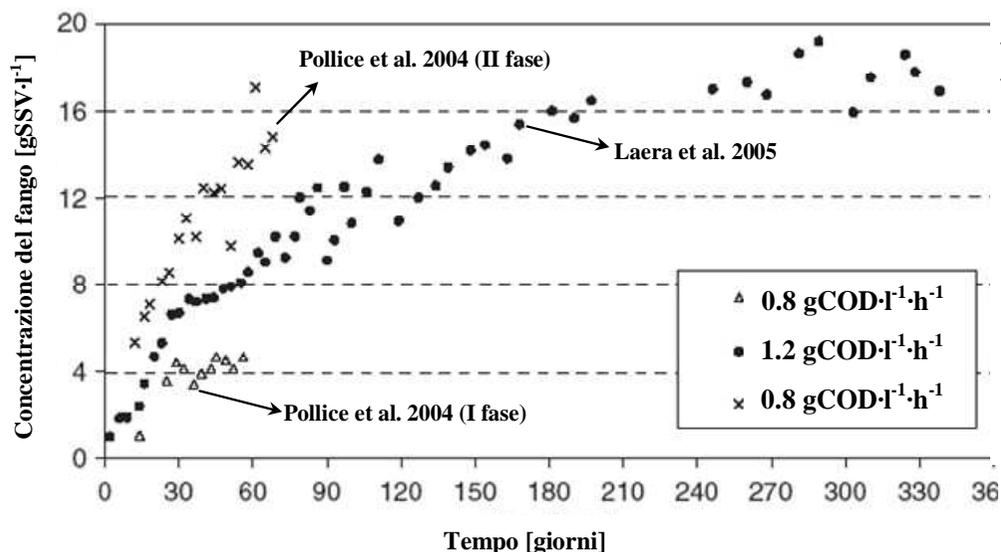
Pollice et al. (2004)

Senza inoculo



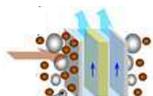
La crescita batterica e la produzione di fango

..... per qualsiasi C_v , a parità di biodegradabilità dell'influente, il sistema MBR (condotto ad elevati **SRT** o **completa ritenzione**), raggiunge a lungo termine uno stadio in cui si manifesta una crescita netta trascurabile ...



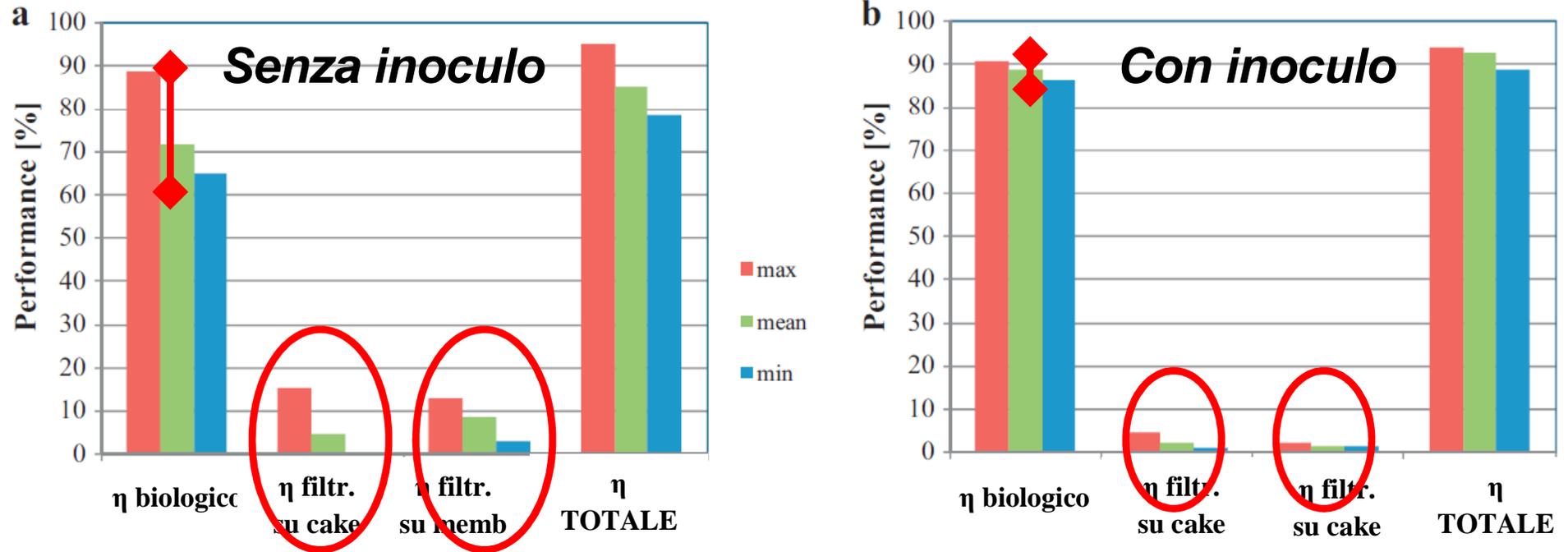
Laera et al. (2005)

Senza inoculo



Influenza dello start-up sulle performance

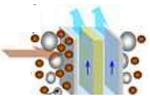
Performance COD



Di Bella et al. 2010

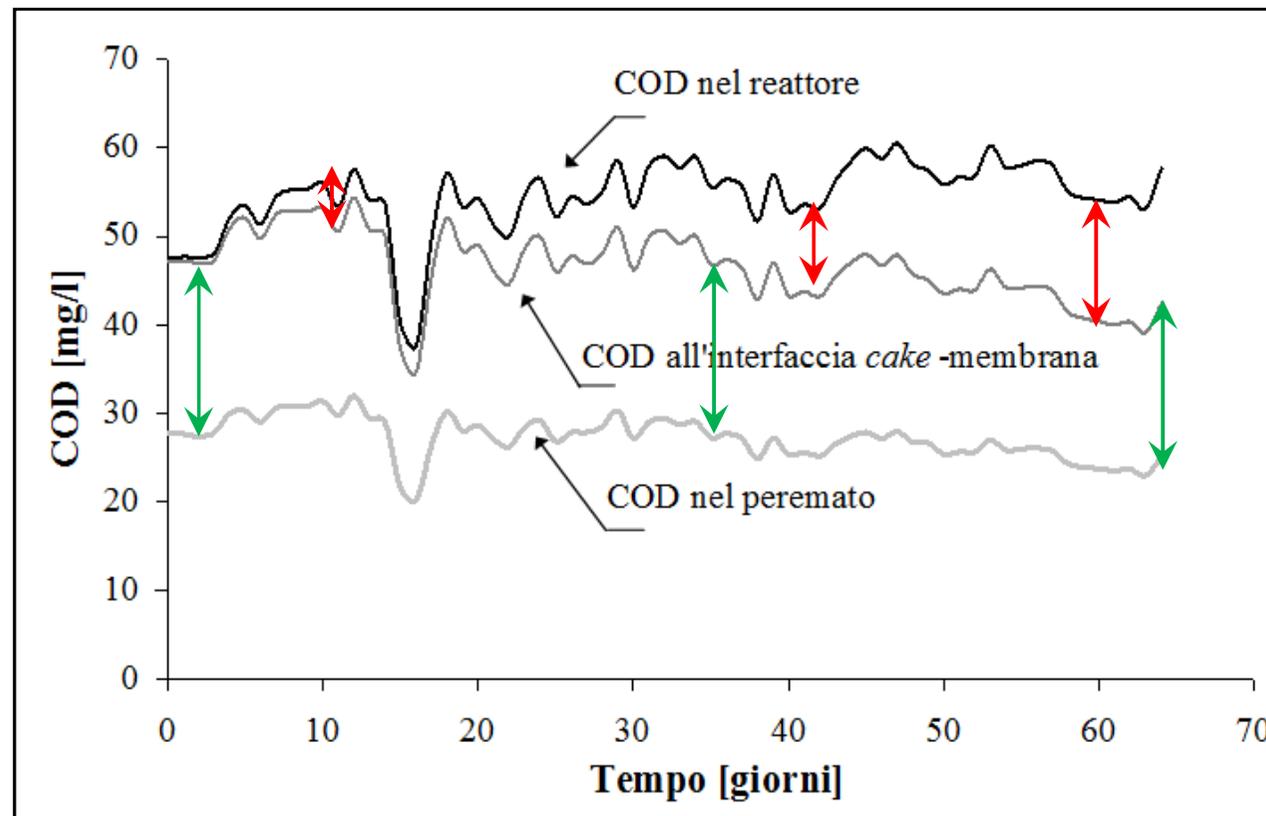
Mannina and Di Bella, 2012

Ferraris et al. 2003 e 2009

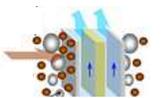


Influenza dello start-up sulle performance

Le prestazioni possono migliorare ulteriormente, una volta accresciutasi la biomassa e stabilizzatesi le cinetiche di reazione, raggiungendo una rimozione del COD superiore al 90%

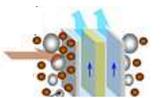


Mannina et al., 2011



Ma cosa succede al fouling e ad altri aspetti caratterizzanti (flocculazione/deflocculazione, cinetiche biologiche, produzione di EPS ...) ???

.... Qualche esperienza diretta



CASO STUDIO: obiettivi

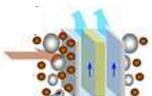
L'obiettivo di questo studio è stato quello di analizzare l'evoluzione del fouling e la sua influenza sul processo di filtrazione; a tale scopo, è stata analizzata la **fase di avviamento dell'impianto, con e senza inoculo** iniziale di fango.

Sperimentazione su impianto pilota MBR

Prima fase: studio dell'avviamento dell'impianto **senza** inoculo di fango
Seconda fase: avviamento dell'impianto **con** inoculo di fango

1. Avviamento dell'impianto e analisi delle prestazioni del sistema, attivo ed in condizioni di carico volumetrico costante.
2. Studio dei meccanismi di sporcamento; attivo ed in condizioni di carico volumetrico costante.
3. Monitoraggio delle modifiche della biomassa.

**Rapida fase di avviamento
comportamento idraulico del sistema**



CASO STUDIO: condizioni operative

Dimensione dei pori: 0,04 μm , superficie nominale: 0,93 m^2

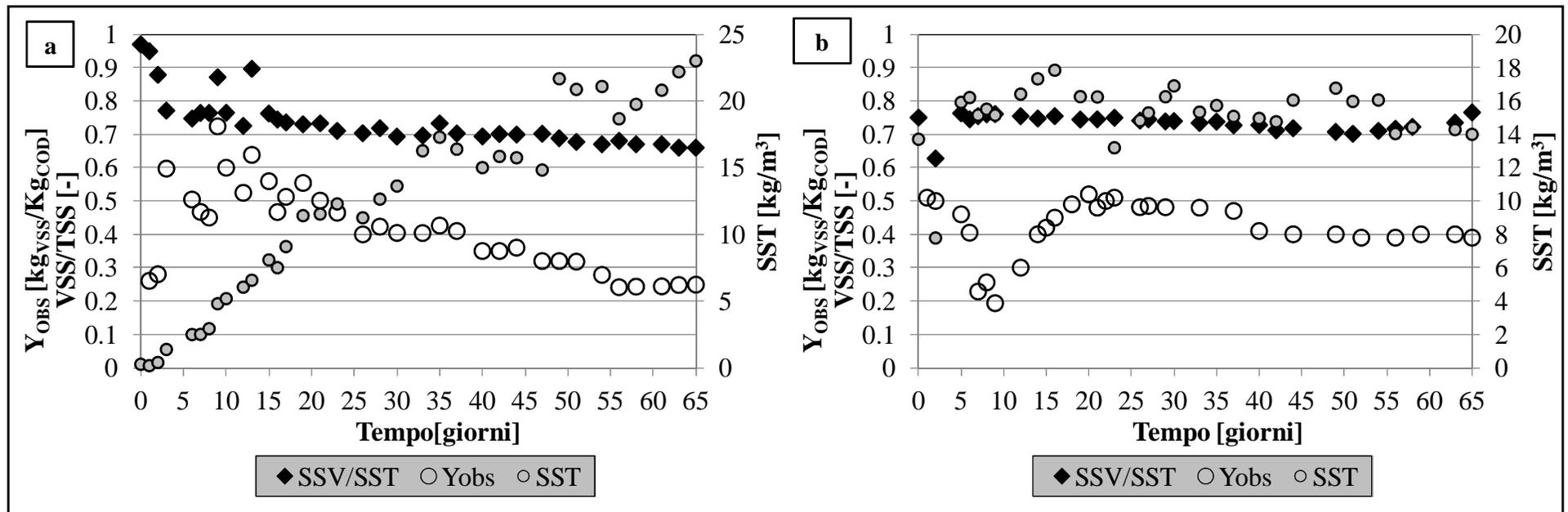


CONDIZIONI OPERATIVE

- Portata in ingresso: 16 l/h
- Portata di permeato estratta: 19 l/h
- Portata di controlavaggio: 3 l/h
- COD_{in} : 500-550 mg/l
- C_v : 1-1.1 kgCOD/ m^3gg
- Tempo di suzione: 9 minuti
- Tempo di controlavaggio: 1 minuto

Crescita della biomassa

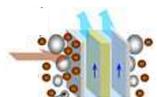
La storia della biomassa a seguito di un differente avviamento, unitamente alla concentrazione della biomassa e del tempo di residenza cellulare, ha sicuramente un profondo impatto sul metabolismo batterico (**Suwa et al., 1992; Arnot et al, 2001**).



Caratteristiche cinetiche

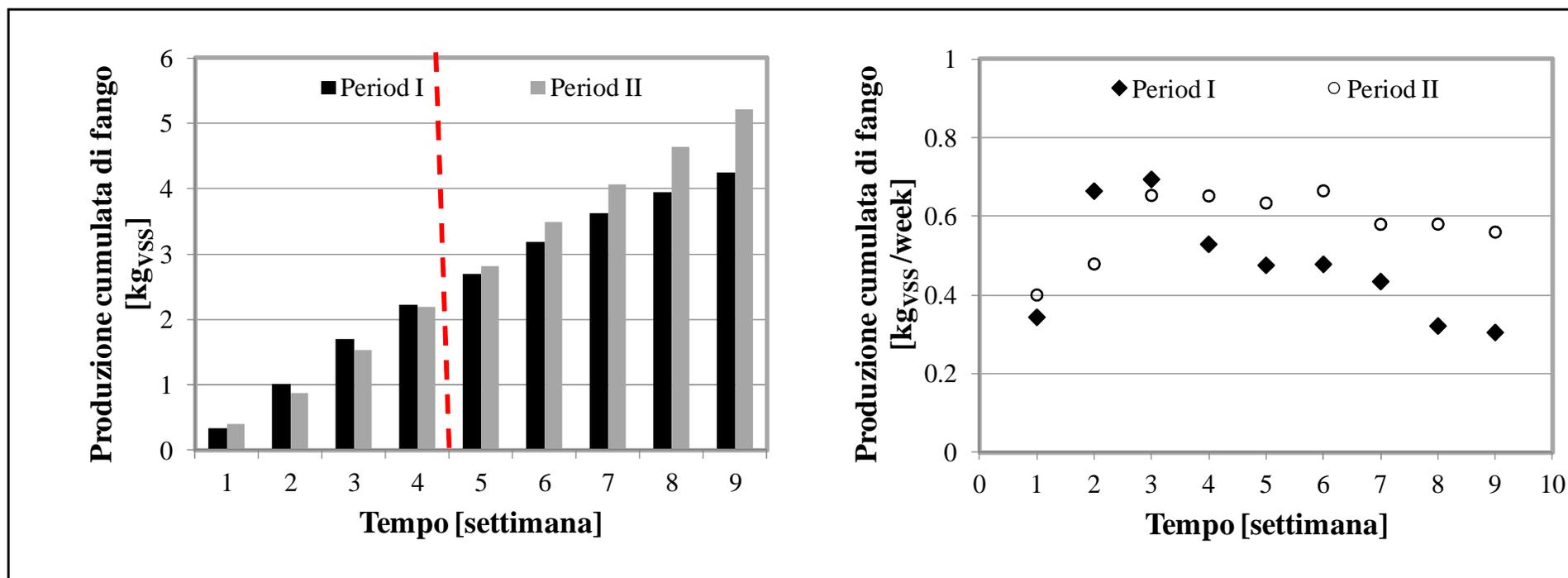
Giorno	Y_H mg _{SSV} mg _{COD} ⁻¹	$\mu_{H,max}$ d ⁻¹	K_S mg _{COD} L ⁻¹	b_H d ⁻¹	F_A g _{XH} g _{SSV} ⁻¹	OUR_{max} mgO ₂ L ⁻¹ h ⁻¹	OUR_{min} mgO ₂ L ⁻¹ h ⁻¹
Start-up senza inoculo							
11	0,52	4,81	7,67	0,51	29,32	55,95	8,66
18	0,50	4,65	8,81	0,53	23,24	51,27	7,98
23				0,49	18,00		
25	0,48	4,19	9,32			34,56	5,87
30				0,42	15,25		
36	0,44	4,28	5,50			22,33	1,63
42	0,48	2,90	9,21			29,24	3,04
44	0,49	2,64	11,38			26,85	2,29
51	0,43	1,93	6,41	0,23	13,47	37,95	4,54
52							
53				0,25	11,65		
56	0,44	2,34	12,00			33,90	4,51
58	0,51	2,10	11,96			22,41	3,44
59				0,23	9,48		
62	0,45	3,24	10,20			31,87	5,91
65	0,49	3,87	6,50			31,35	4,32
66	0,39	2,73	6,33			27,20	4,50

Giorno	Y_H mg _{SSV} mg _{COD} ⁻¹	$\mu_{H,max}$ d ⁻¹	K_S mg _{COD} L ⁻¹	b_H d ⁻¹	F_A g _{XH} g _{SSV} ⁻¹	OUR_{max} mgO ₂ L ⁻¹ h ⁻¹	OUR_{min} mgO ₂ L ⁻¹ h ⁻¹
Start-up con inoculo							
7	0,49	4,33	4,26			55,83	7,79
10	0,45	4,54	9,58	0,25	12,45	63,42	6,56
13	0,47	3,82	5,00	0,32	9,91	66,57	9,73
17	0,49	4,21	4,75	0,31	11,20	64,80	9,58
20	0,43	4,43	4,39			68,18	6,66
25	0,48	5,12	9,33	0,38	11,86	57,17	5,34
30	0,50	4,49	5,57			63,15	5,98
36	0,49	4,87	6,20	0,39	11,17	65,35	6,43
42	0,47	4,52	6,65			58,27	5,73
50	0,48	4,67	7,22	0,38	10,77	65,17	6,84
55	0,48	4,33	6,47	0,35	11,42	63,77	6,85
62	0,47	5,04	5,66	0,36	12,05	66,52	6,99
65	0,50	4,26	6,35			64,76	6,45

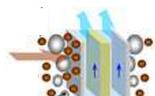


Produzione di fango

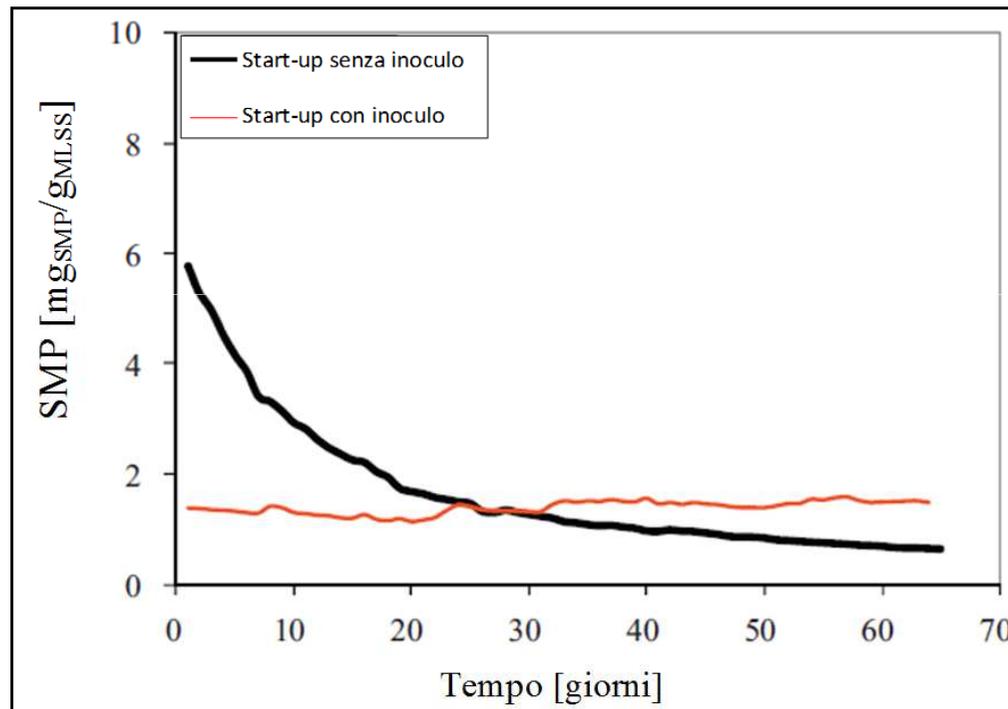
L'impianto pilota gestito senza spurgo di fanghi ha mostrato, dopo lo start-up, una minore produzione di fanghi e caratteristiche diverse rispetto al pilota operato con un SRT = 35 giorni.



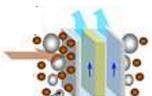
In questo contesto, è importante notare che durante lo start-up senza inoculo, nonostante la condizione di "completa residenza cellulare", la produzione di fanghi era superiore.



Produzione di EPS

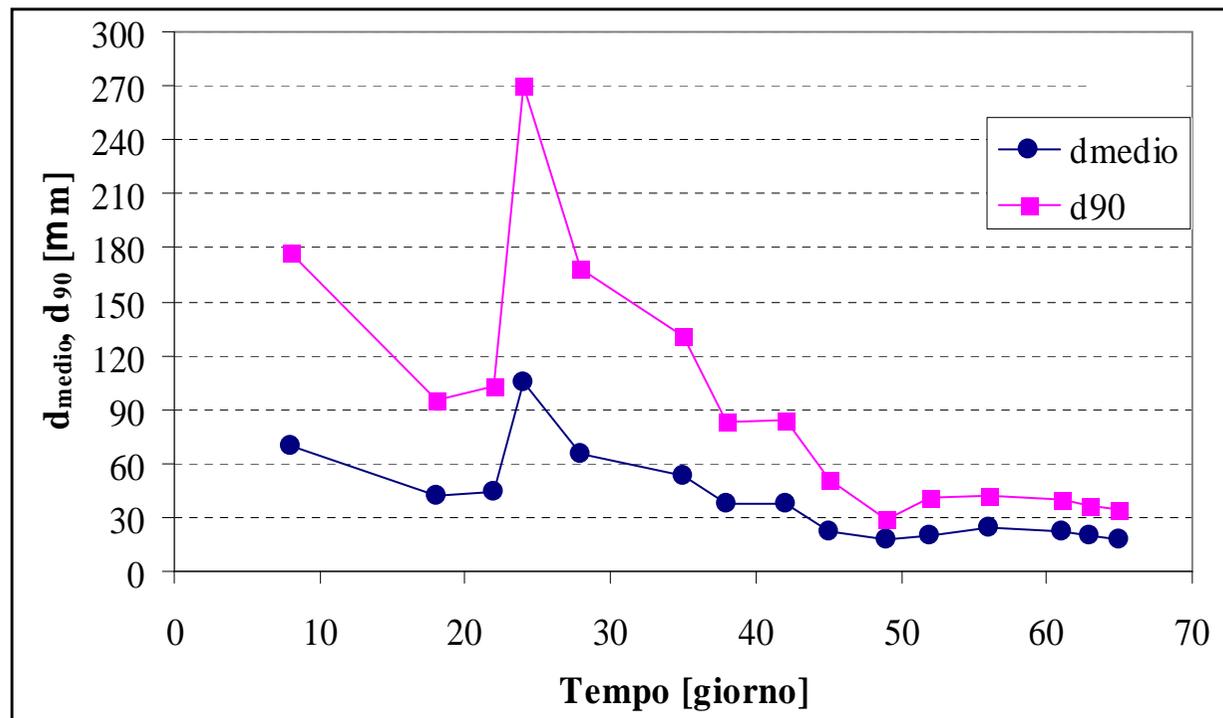


- L'impianto MBR avviato con inoculo e gestito con SRT costante (35 giorni) è risultato più regolare.
- L'impianto MBR avviato senza inoculo, invece, ha mostrato un andamento decrescente della produzione di SMP (medio – alto carico iniziale, bassissimo carico in fase “pseudo”-stazionaria).



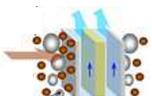
Defloccolazione biologica

La principale causa della variazione della dimensione dei fiocchi è lo **stress idraulico dovuto all'intensa aerazione**; a questo si aggiunge certamente la diminuzione del tasso F/M a causa della crescita di biomassa (senza spurghi) a pari C_v applicato (1.1 Kg COD/m³ giorno)

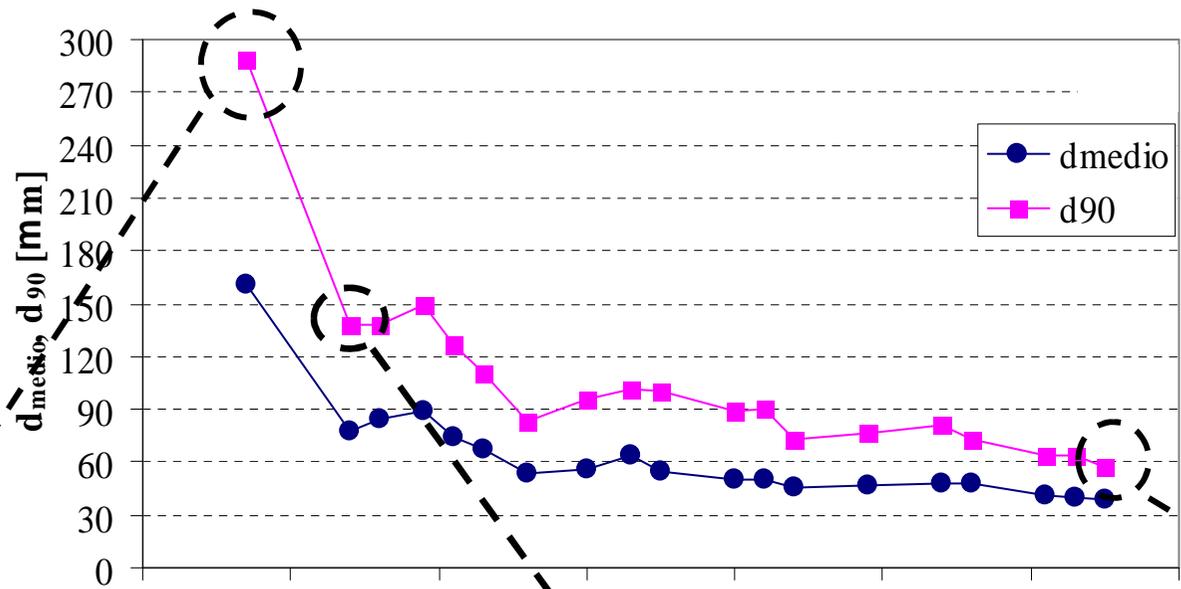


Avviamento

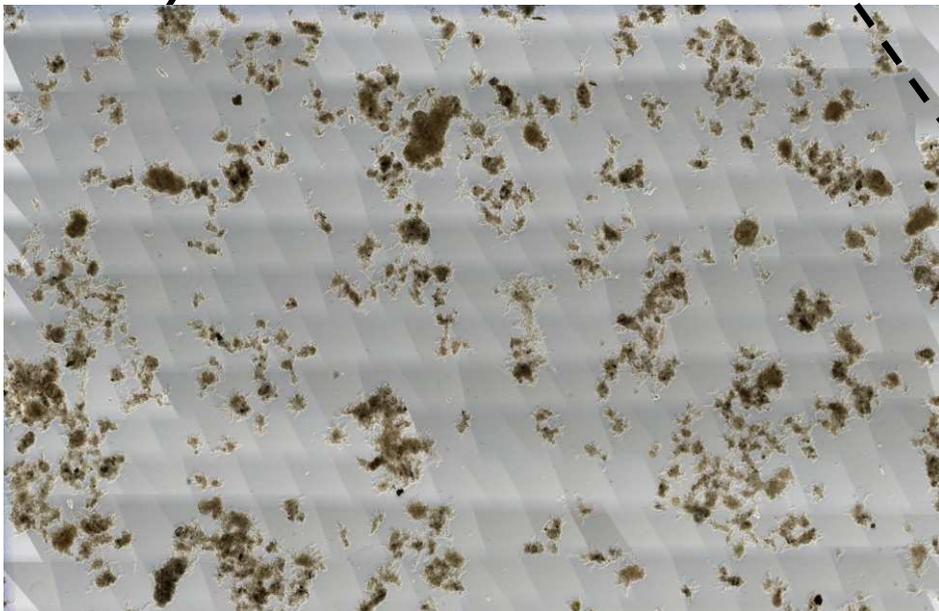
Senza inoculo



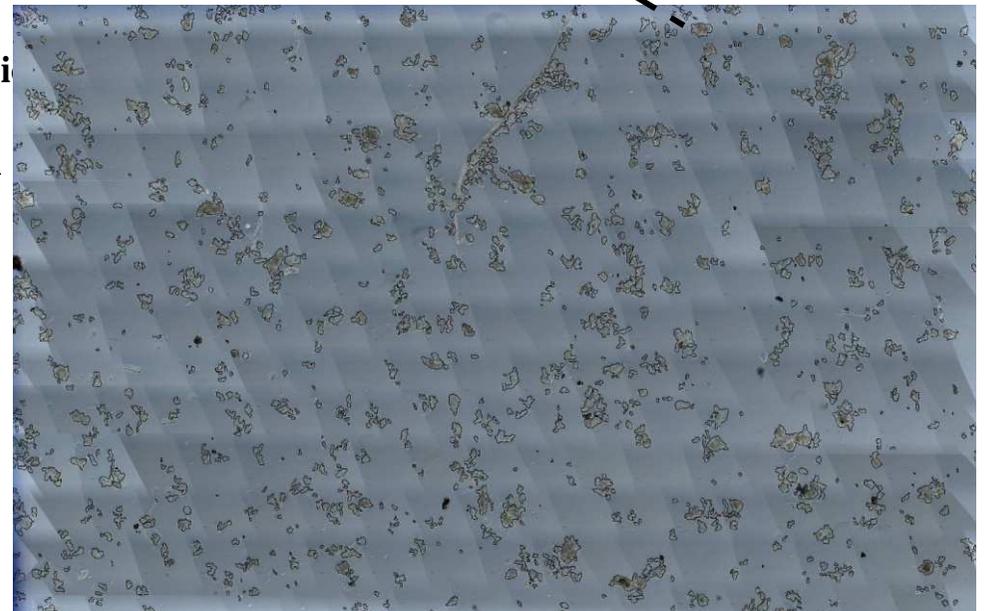
Defloccolazione biologica



Avviamento
Con inoculo

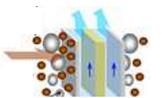


[g]

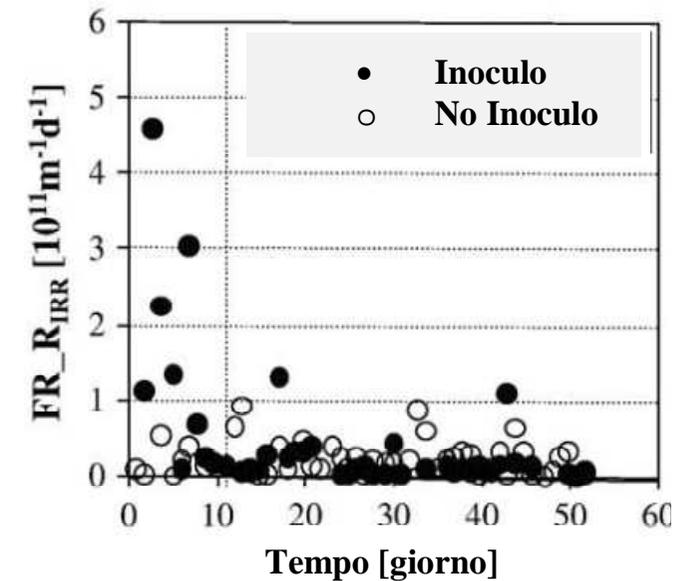
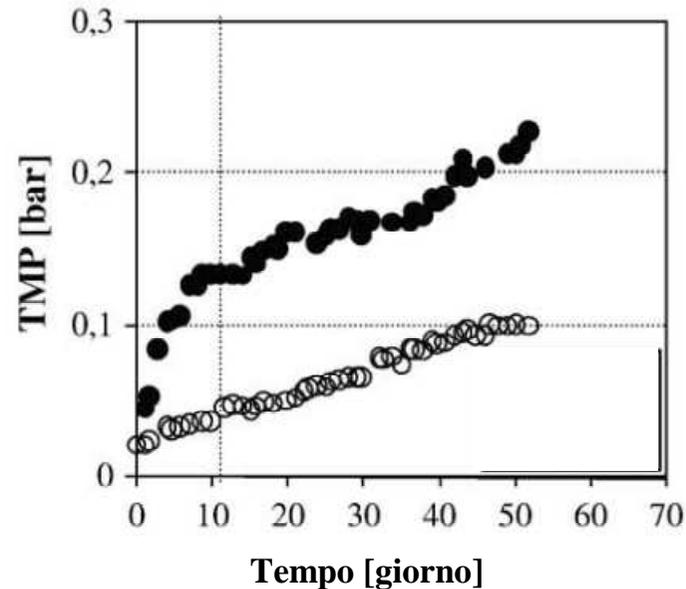
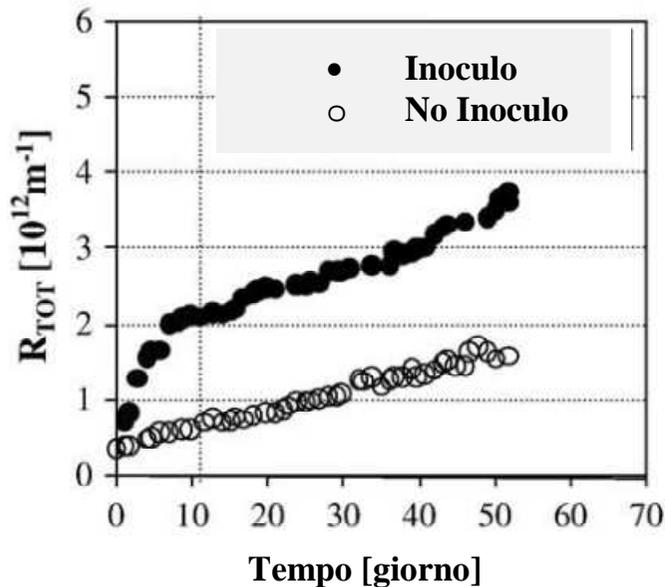


Deflocculazione biologica

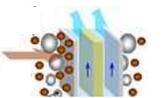
- durante l'avviamento senza inoculo a causa dell'aumento progressivo del tasso di aerazione, inevitabile per soddisfare i fabbisogni di una biomassa comunque crescente, i fiocchi tendono a defloccularsi con un **meccanismo di rottura per erosione superficiale**, che tende a peggiorare con la diminuzione del carico del fango. *La flocculazione-deflocculazione iniziale è quindi regolata dalle due azioni opposte: una di formazione di nuovi fiocchi, favorita dalla rapida crescita microbica iniziale, l'altra di rottura, operata dalle condizioni operative (aria e diminuzione del carico del fango).*
- Nel caso dello start-up eseguito con inoculo, invece, è stato osservato un generale **aumento dei fiocchi di piccole dimensioni ed una netta riduzione delle dimensioni massime dei fiocchi**. Da ciò è possibile dedurre che la rottura dei fiocchi, nonostante sia anch'essa interessata da un **fenomeno di erosione superficiale**, è condizionata anche da un **fenomeno di rottura di tipo a frammentazione a larga scala**



Fouling



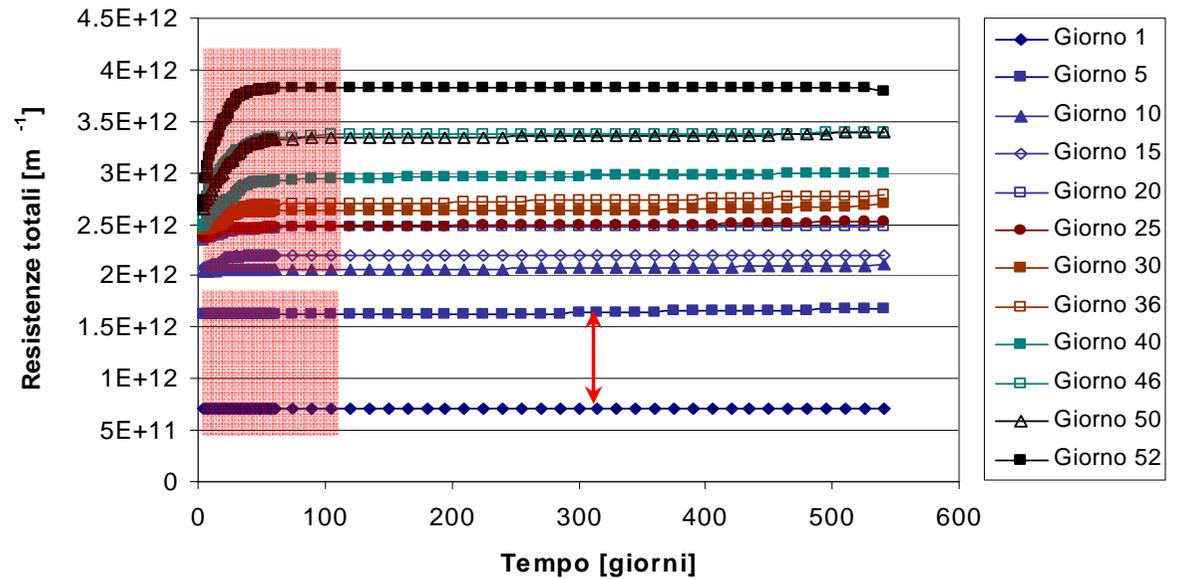
- la combinazione dell'effetto depurativo della biomassa inoculata e dell'**azione protettiva svolta dal cake layer** permette di contenere l'aumento iniziale di deposito irreversibile che risulta, soprattutto nei primissimi giorni, minore di quello che si verifica durante la fase di start-up senza inoculo
- L'evoluzione del deposito reversibile, invece, non evidenzia particolari differenze nei due avviamenti che, a parità di concentrazione di SST, risulta essere condizionato dalla granulometria dei fiocchi e dalla loro evoluzione.



Fouling

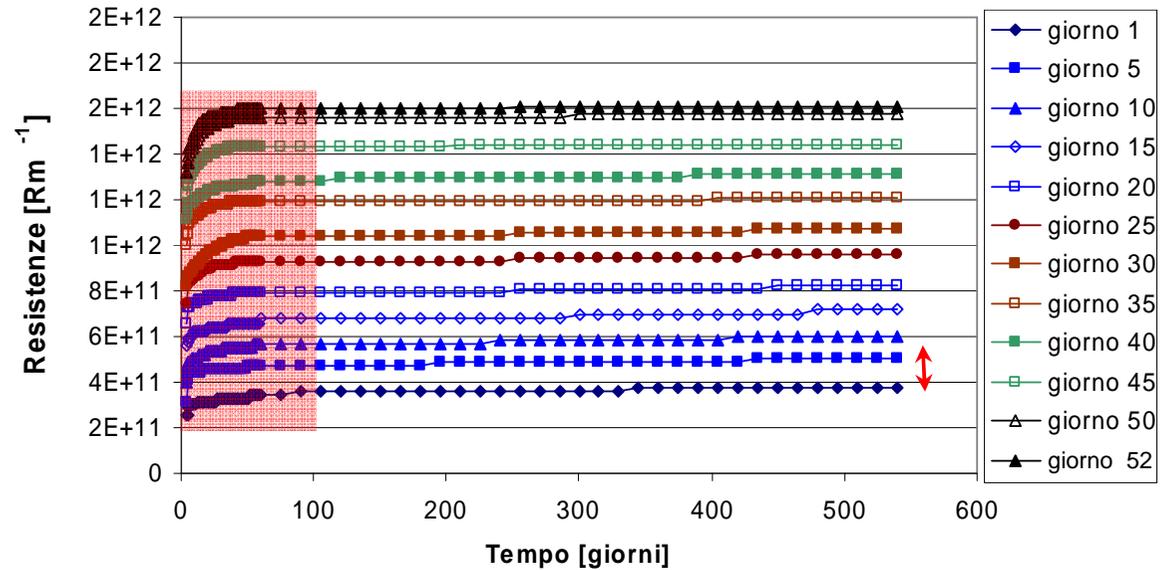
Avviamento senza inoculo

In questo caso la biomassa aumenta continuamente per accumulo e crescita microbica, non ci sono stati spurghi

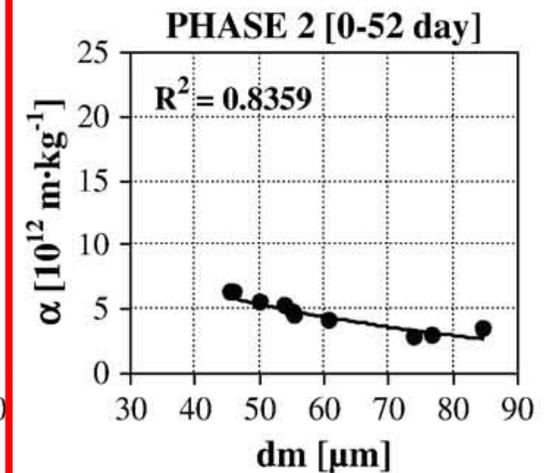
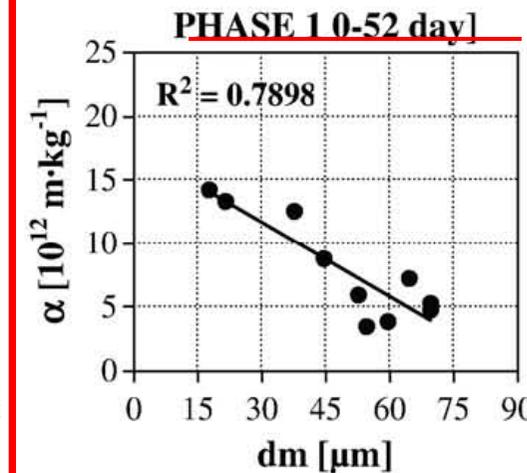
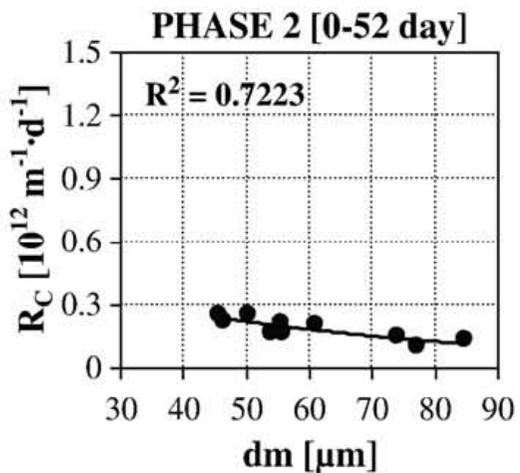
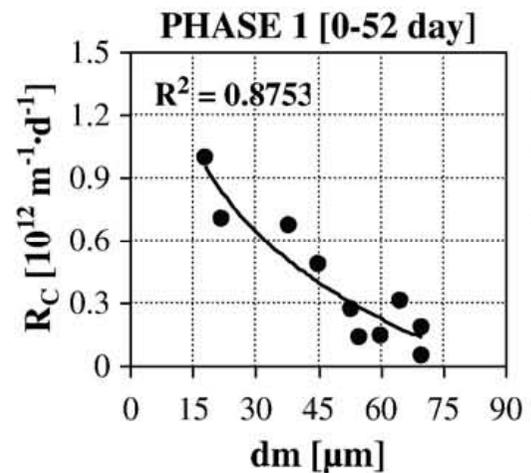
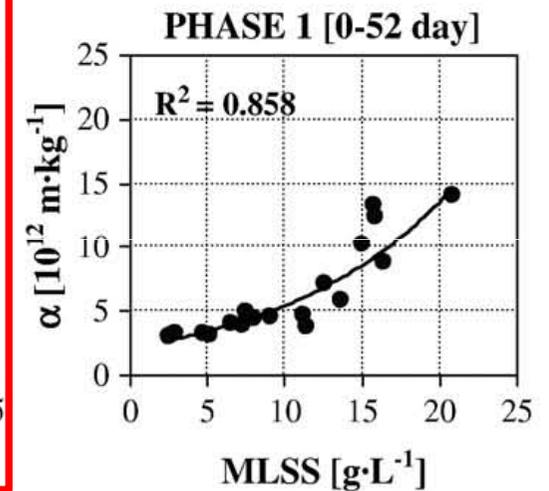
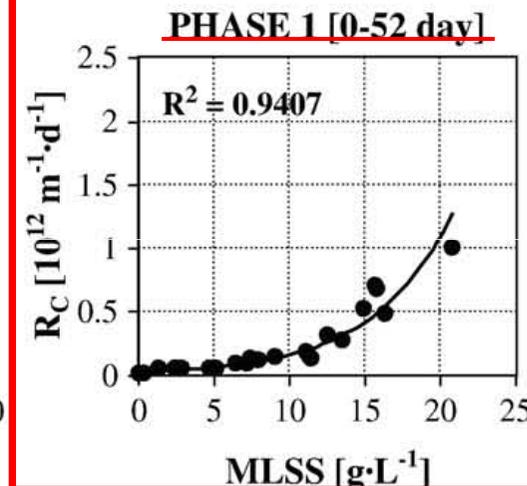
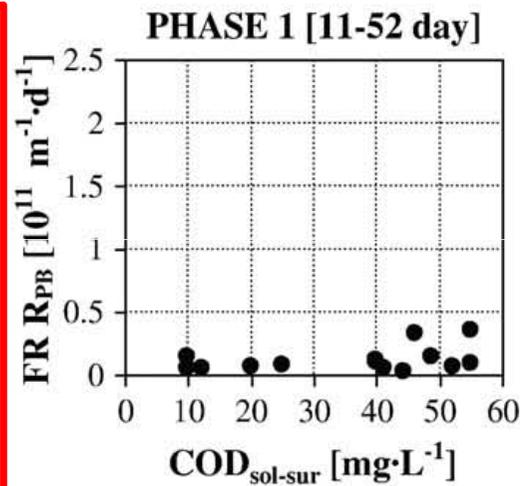
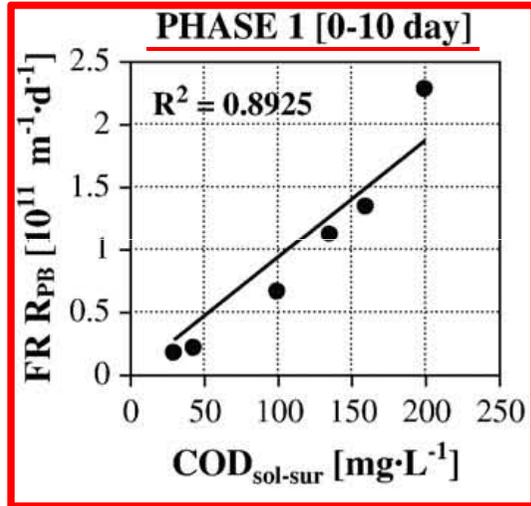


Avviamento con inoculo

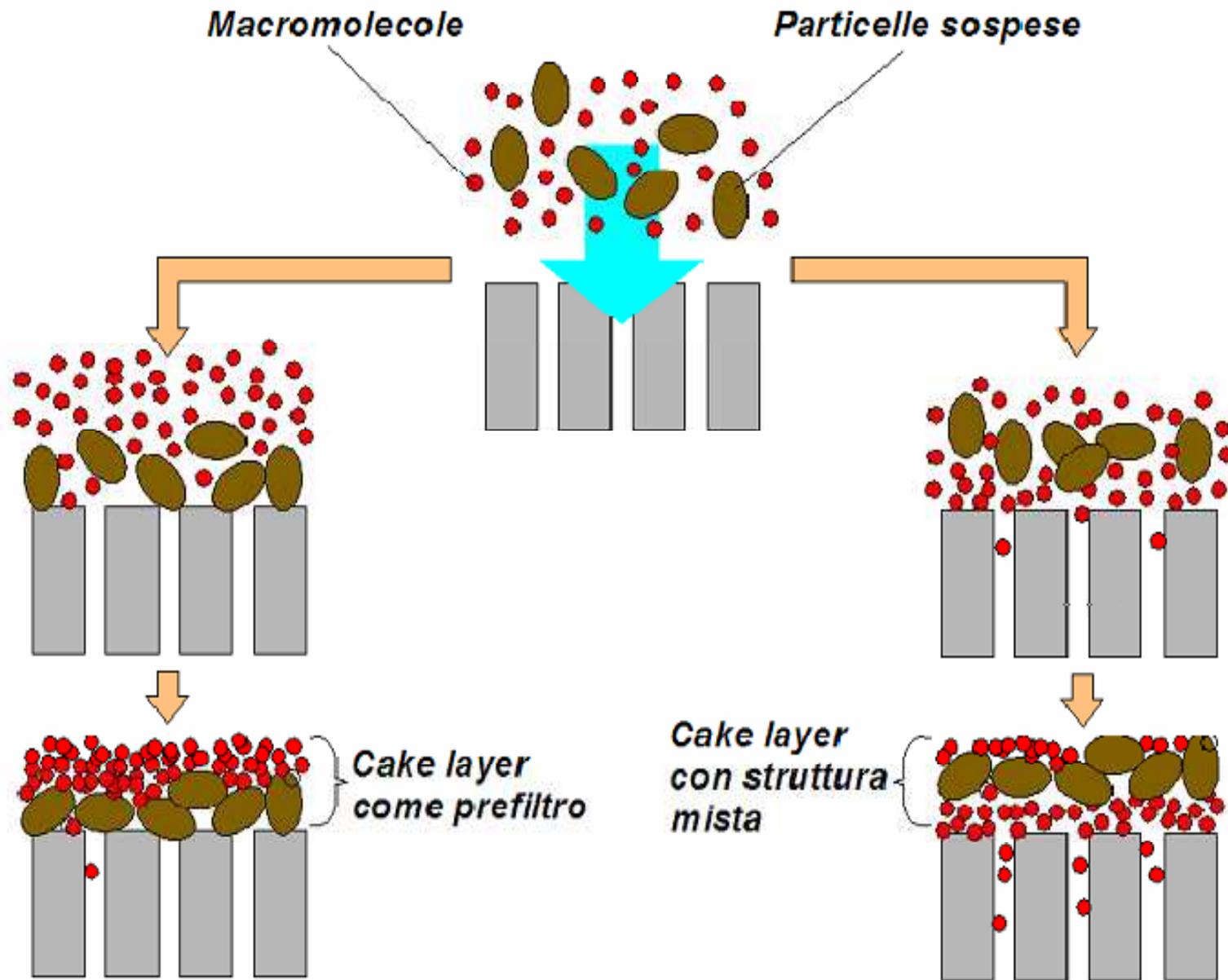
In questo caso la biomassa è stata mantenuta costante con opportuni spurghi



Fouling

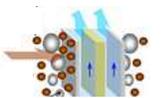
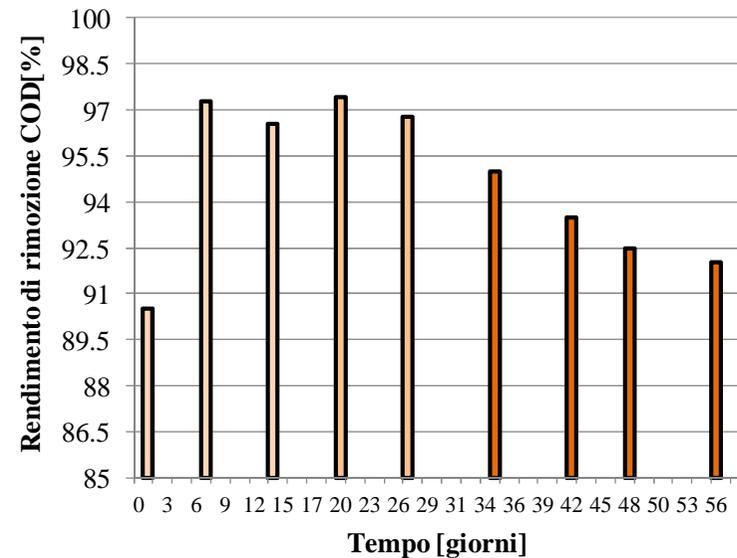
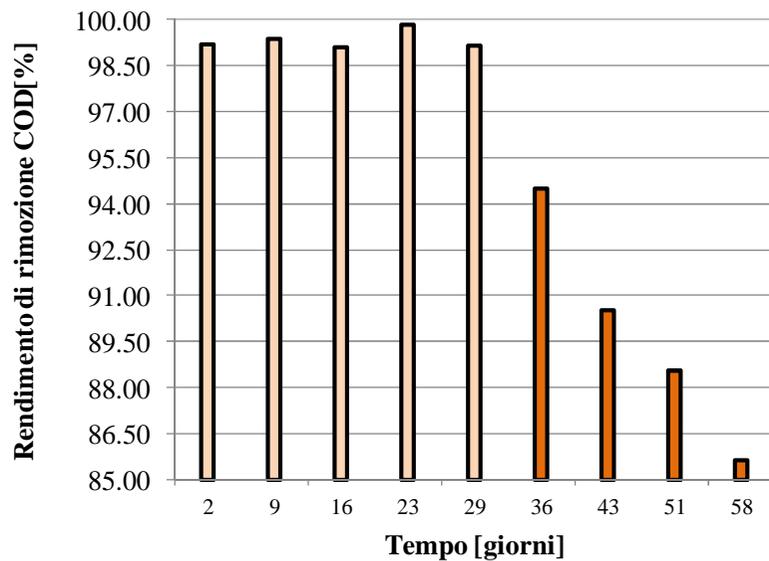
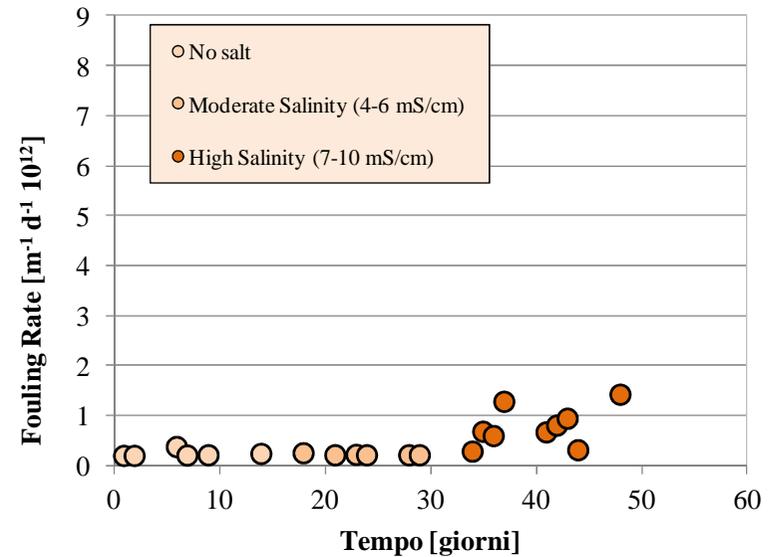
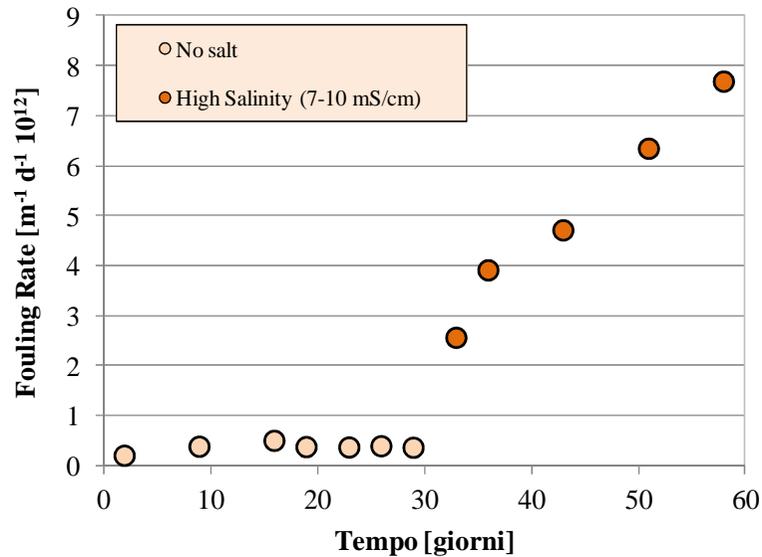


Fouling



Coltivazione della biomassa durante l'avviamento

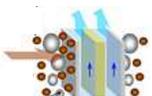
- BATTERI ALO-TOLLERANTI**



Coltivazione della biomassa durante l'avviamento

- ANAMMOX

- l'attività **anammox** accelera notevolmente durante lo start-up di impianti MBR rispetto ad altri processi come, ad esempio, gli SBR (anche di 20 volte), probabilmente grazie all'elevata proprietà di ritenzione dei fanghi di configurazione del MBR (**Tao et al, 2012**);
- in particolare, l'avviamento condotto con gli MBR può ridursi del 50% rispetto a quello condotto con sistemi SBR, e raggiunge condizioni a regime caratterizzata da una maggiore biodiversità degli anammox (**Wang et al. 2012**).



CONCLUSIONI

avviamento
senza inoculo
di fango

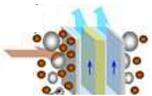
- Performance Totali
- Attività iniziale biomassa
- Flocculazione-deflocculazione

avviamento
con inoculo
di fango

- Performance Biologiche
- Fouling – effetto pre-filtro
- Deflocculazione
- Adattamento “biomasse speciali”

Bio-cinetiche - in fase stazionaria $f(SRT)$

Produzione di fango in fase stazionaria $f(Cv)$



*In ogni caso l'avviamento condiziona
seriamente il comportamento a regime*

**GRAZIE PER LA VOSTRA
ATTENZIONE**



Gaetano Di Bella

Università degli Studi di Enna "Kore"

E-mail – gaetano.dibella@unikore.it

