

CONDUZIONE DEGLI IMPIANTI A FANGHI ATTIVI

Quarta parte - La sorveglianza

Relatore: Fulvio Borrino

Le verifiche in campo

Parametro	Punto di controllo	Strumento
portata	ingresso del refluo	canale Parshall, misuratore in linea o portatile a ultrasuoni
pH	ingresso del refluo	pHmetro portatile
ORP	vasca anaerobica	sonda portatile
ossigeno disciolto	vasca di denitrificazione	ossimetro portatile o kit
ossigeno disciolto	vasca di aerazione	ossimetro portatile o kit
pH	vasca di aerazione	pHmetro portatile
temperatura	vasca di aerazione	termocoppia portatile
volume del fango	miscela aerata	cono Imhoff o cilindro
portata	riciclo di miscela aerata	misuratore in linea o portatile a ultrasuoni
livello del fango	sedimentatore	sonda portatile o "sludge judge"
portata	fango di ricircolo	misuratore in linea o portatile a ultrasuoni
portata	fango di supero	misuratore in linea o portatile a ultrasuoni
volume del fango	fango di supero	cono Imhoff o cilindro

Le verifiche in campo

*sonda
multiparametrica*



<https://eco-rentalsolutions.com>

*misuratore di portata
a ultrasuoni*



<https://www.mitchellinstrument.com>

*sia tubi metallici
sia tubi di plastica*

"sludge judge"



<http://www.brwtp.org>

Misurazione dell'ossigeno

La determinazione dell'ossigeno può essere eseguita anche in laboratorio con il metodo di Winkler: in tal caso, è necessario stabilizzare in campo il campione

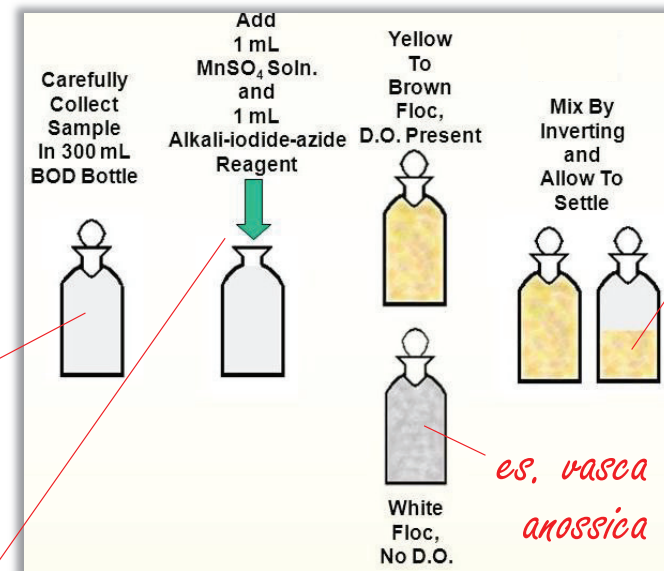


<https://laboratorysales.com>

la bottiglia per BOD₅ permette di raccogliere il liquido in eccesso

riempire togliendo il tappo con la bottiglia completamente immersa

aggiungere reattivi sotto il pelo dell'acqua



precipitato di MnO₂

es. vasca anossica

<https://gbu-hamovniki.ru>

Le analisi di laboratorio

Programma minimo settimanale in assenza di malfunzionamenti

Parametro	Ingresso	Scarico	Miscela aerata	Fango di ricircolo
COD	x	x		
azoto totale	x			
fosforo totale	x	x		
azoto nitrico		x		
azoto nitroso		x		
azoto ammoniacale		x		
solidi sospesi totali		x	x	x
solidi sospesi volatili			x	x

← periodicamente, occorre verificare il rapporto BOD_5/COD sia sul refluo in ingresso, sia sullo scarico

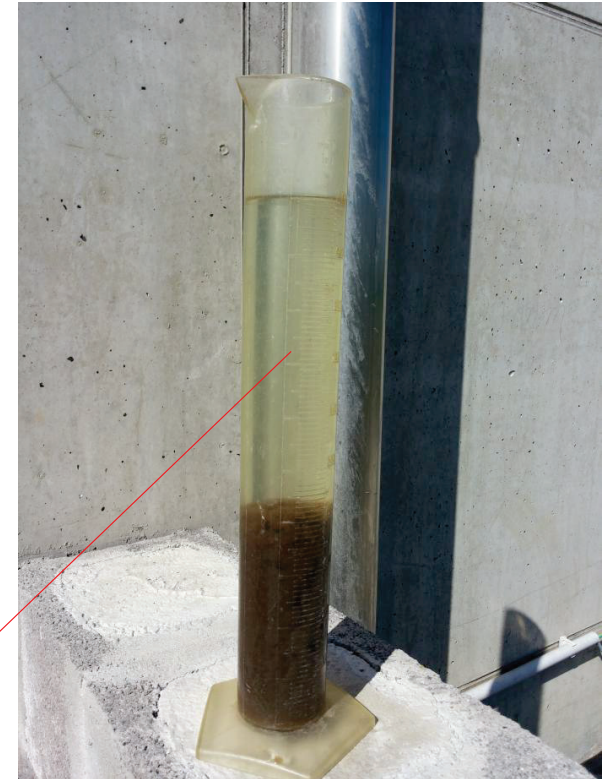
Il programma si riferisce alla depurazione di reflui urbani: per reflui industriali potrebbe essere necessario il controllo di altri parametri critici

Le analisi di laboratorio

Nel caso di malfunzionamenti, le indagini di laboratorio sono naturalmente uno strumento importante per identificare le cause

In particolare, di fronte a problemi di denitrificazione o defosforazione è utile determinare la concentrazione delle diverse forme di azoto o dei fosfati nella **fase liquida** dei diversi stadi del processo

se è torbida, va filtrata



Il laboratorio in campo

Per molti parametri, sono disponibili kit commerciali non strumentali che permettono di eseguire in campo determinazioni colorimetriche rapide

Sono di facile impiego e possono essere usati anche da operatori privi di competenze analitiche



<https://www.chemetrics.com>

L'osservazione microscopica

Le osservazioni microscopiche condotte durante l'inverno 1920 hanno indicato l'esistenza di un qualche tipo di relazione tra la quantità di aria, il carico organico del liquame, la velocità di sedimentazione del fango e la natura degli organismi che compongono il fango. Quando in primavera, dopo una fermata per riparazioni, l'impianto è stato avviato senza fango attivato quale "innesco", sono state condotte osservazioni microscopiche giornaliere per seguire i cambiamenti della vita microbica durante la formazione del fango

(A. M. Buswell and H. L. Long, *Microbiology and the Theory of Activated Sludge*, Journal American Water Works Association, 1923, Vol. 10, No. 2, pp. 309-321)



L'osservazione microscopica

Summary of microscopic observations May 3-17, 1921

May 3	Plant started operation.	May 9	<ul style="list-style-type: none"> I. First appearance of Peritrichs in I. One filament of <i>Spyrogyra</i>, gelatinous masses of filamentous bacteria. II. Increase in Peritrichs.
May 4	<ul style="list-style-type: none"> I. A few <i>Paramecium</i>, paper fibers and miscellaneous vegetable cells. 	May 10	<ul style="list-style-type: none"> I. Few ciliates, 80 per cent of field consists of gelatinous masses. II. Many Peritrichs.
May 5	<ul style="list-style-type: none"> I. <i>Paramecium</i>, paper fibers and miscellaneous vegetable cells. II. Gelatinous masses of fine bacterial filaments beginning to form. 	May 11	<ul style="list-style-type: none"> I. Largely gelatinous masses of filamentous bacteria; some Hypotrichs and Peritrichs. II. Largely gelatinous masses of filamentous bacteria; fewer Peritrichs.
May 6	<ul style="list-style-type: none"> I. Large flocs of gelatinous masses of fine bacterial filaments. II. Zooglea, <i>Paramecium</i>, <i>Colpidium</i>. 	May 12	No change in character.
May 7	<ul style="list-style-type: none"> I. Branching gelatinous-masses of fine bacterial filaments, <i>Paramecium</i>, <i>Spyrogyra</i>. II. Paper fibers with much attached zooglea. Many <i>Paramecium</i>, few Peritrichs (<i>Vorticellidae</i>), branched gelatinous masses of fine filaments. 	May 13	Increase in Peritrichs.
May 8	<ul style="list-style-type: none"> I. Branched gelatinous masses of fine filaments, <i>Paramecium</i>, <i>Colpidium</i>, 1 filament of <i>Spyrogyra</i>. II. Branched gelatinous masses of fine bacterial filaments few Holotrichs, mould hyphae and paper fibers. 	May 15, 16, 17	No changes in character.

(A. M. Buswell and H. L. Long, *Microbiology and the Theory of Activated Sludge*, Journal American Water Works Association, 1923, Vol. 10, No. 2, pp. 309-321)

L'osservazione microscopica

Nella descrizione di Buswell e Long sono citati *parameci*, *colpidium*, *ciliati*, *peritrichi*, *olotrichi* e *ipotrichi*: oggi tutti questi termini sono riferiti a un unico phylum di protozoi, quello dei **ciliati**

Con i termini *ciliati* e *olotrichi* sono da intendersi altri ciliati **natanti** diversi dai parameci e da colpidium

Il termine *peritrichi* descrive invece i ciliati **sessili**, cioè ancorati ai fiocchi

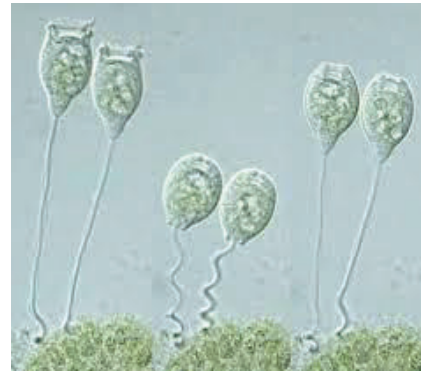
Il termine *ipotrichi* descrive infine i ciliati **mobili di fondo**, che si muovono sulla superficie e all'interno dei fiocchi



L'osservazione microscopica



rotifero
(*Colpidium campylum*)



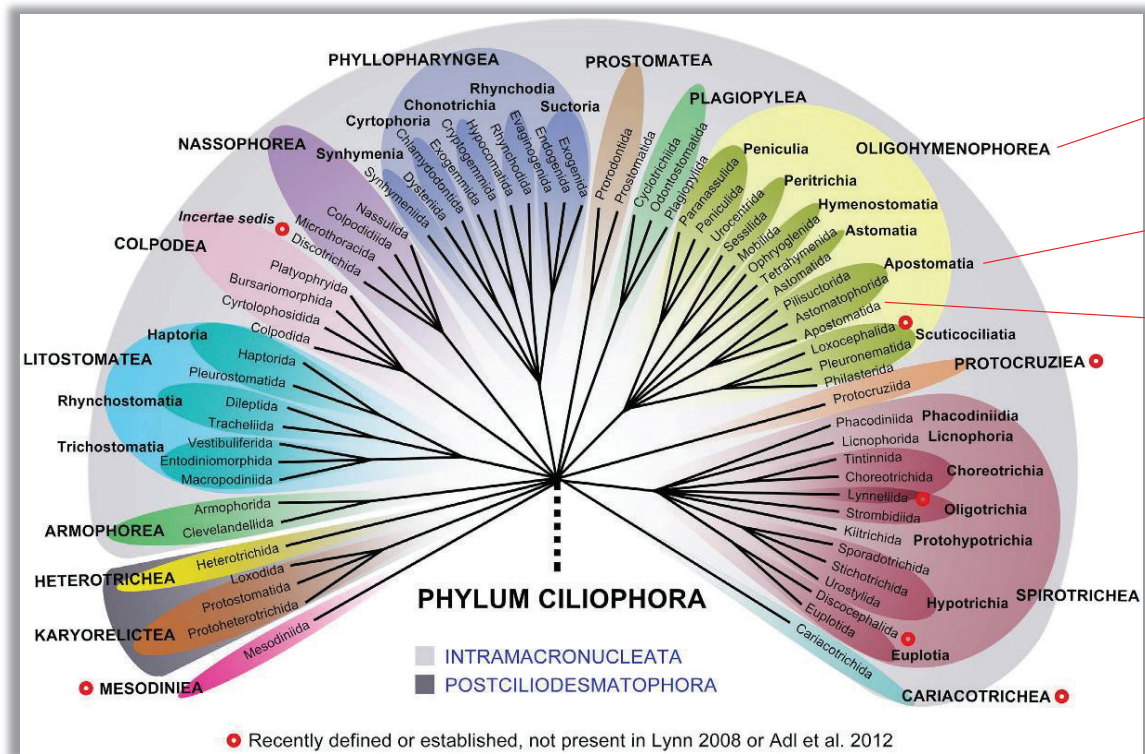
peritrichi
(*Vorticella convallaria*)



ipotrichi
(*Aspidisca cicada*)

immagini da <http://protist.i.hosei.ac.jp>

I ciliati – classificazione recente



classe

sottoclasse

ordine

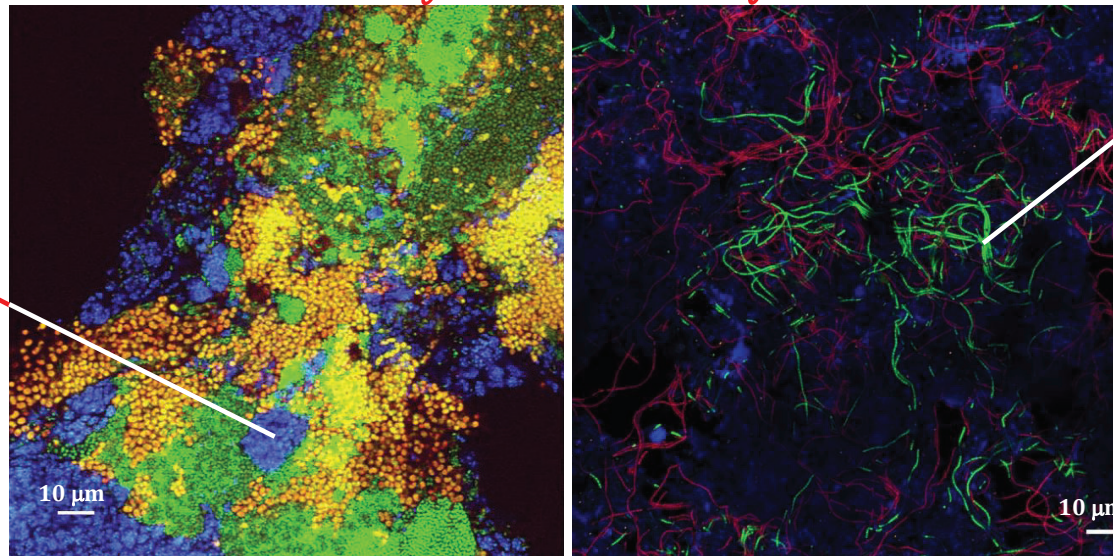
Gao, F. et al. *The All-Data-Based Evolutionary Hypothesis of Ciliated Protists with a Revised Classification of the Phylum Ciliophora (Eukaryota, Alveolata)*. Sci. Rep. 6, 24874; (2016).

L'osservazione microscopica

Le "masse gelatinose di batteri filamentosi" sono in realtà un ecosistema batterico complesso: la maggior parte degli organismi forma colonie globulari, ma l'1-3% della biomassa forma colonie filamentose

due immagini dello stesso fiocco

*blu: cellule di
Accumulibacter*



*verde:
filamenti di
Microthrix
subdominans*

<https://midasfieldguide.org>

L'osservazione microscopica

Morfologia dei fiocchi

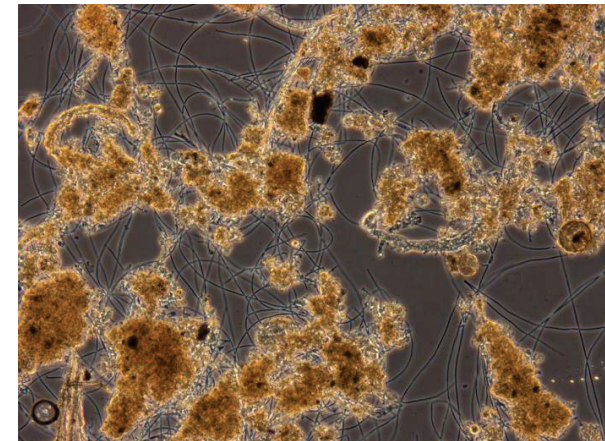
Carichi $< 0,2 d^{-1}$ e aeratori sommersi
fiocchi compatti e $> 250 \mu m$ (anche $500 \mu m$)

Carichi $< 0,2 d^{-1}$ e aeratori superficiali
fiocchi uniti in blocchi da $25-250 \mu m$

Carichi $> 0,3 d^{-1}$ e aeratori sommersi
fiocchi $> 250 \mu m$ non compatti e di forma irregolare; cellule libere

Carichi $> 0,3 d^{-1}$ e aeratori superficiali
fiocchi non compatti, molti $< 25 \mu m$, nei più grandi sono osservabili vuoti; cellule libere

100 ingrandimenti



<https://www.epa.gov>

L'osservazione microscopica

Importante è inoltre la valutazione a basso ingrandimento (100) dell'abbondanza dei microrganismi filamentosi mediante il *Filament Index* (FI) definito da Eikelboom per confronto con foto di riferimento

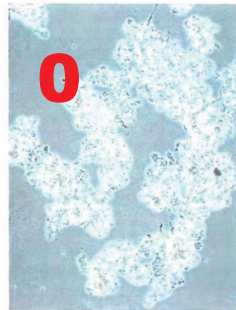


Figure 29 FI = 0 (150x).



Figure 30 FI = 1 (150x).

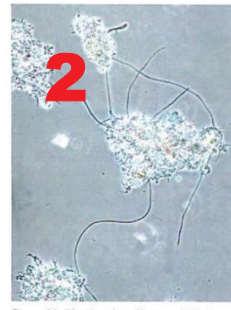


Figure 31 FI = 2; robust filaments (150x).

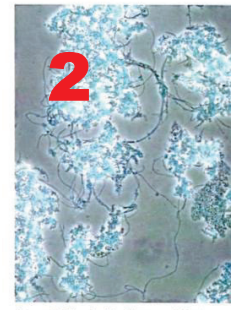


Figure 32 FI = 2; thin filaments (300x).

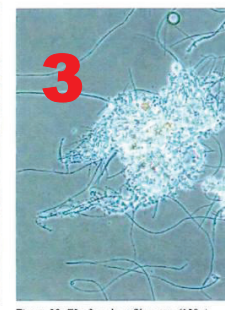


Figure 33 FI = 3; robust filaments (150x).

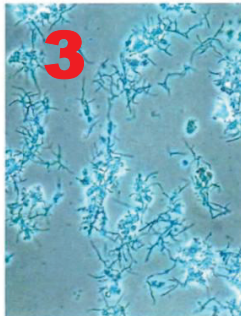


Figure 34 FI = 3; thin filaments (300x).



Figure 35 FI = 4; robust filaments (150x).



Figure 36 FI = 4; thin filaments (300x).

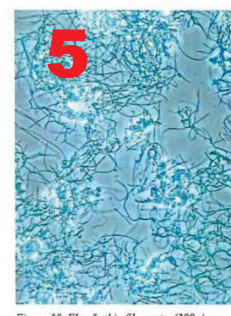


Figure 38 FI = 5; thin filaments (300x).

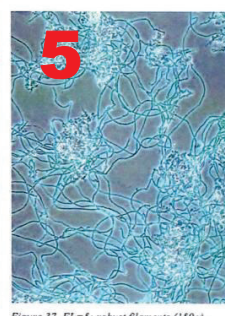


Figure 37 FI = 5; robust filaments (150x).

<https://www.alloway.com>

Relatore: Fulvio Borrino

Il microscopio

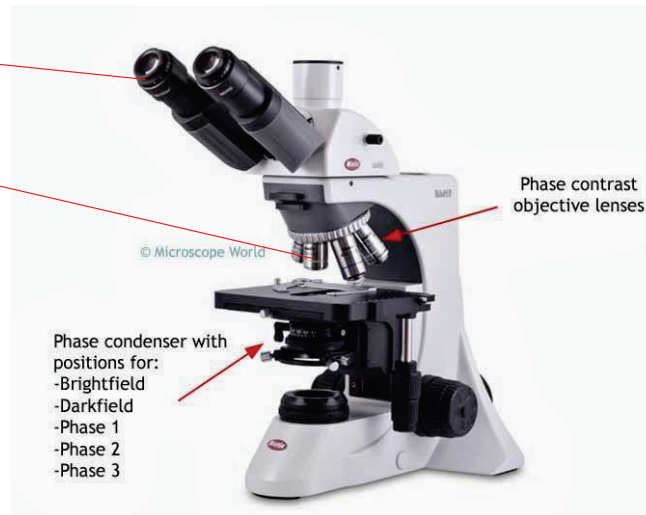
Per la sorveglianza dell'impianto è sufficiente un microscopio binoculare a campo chiaro che permetta 400 ingrandimenti

Esami approfonditi richiedono invece un microscopio a contrasto di fase con ingrandimenti fino a 1000 (obiettivo immerso in olio)

oculare 10x

obiettivo 20x

*10 x 20 = 200
ingrandimenti*



<https://cn-microscope.com>

L'osservazione microscopica

Le osservazioni di Buswell e Long sono state ripetute e confermate da autori più recenti

È stato mostrato alcuni anni fa (Curds, 1966) che quando si avvia un impianto a fanghi attivi senza aggiunta di inoculo di fango, si osserva nel tempo una successione di protozoi. Inizialmente sono dominanti i flagellati e questo picco è seguito in successione da quelli dei ciliati natanti, dei ciliati striscianti e dei ciliati sessili. Allo stesso tempo, il fango si accumula e la qualità dell'effluente aumenta (Curds, 1973)

Anche Curds rileva la presenza sistematica di amebe

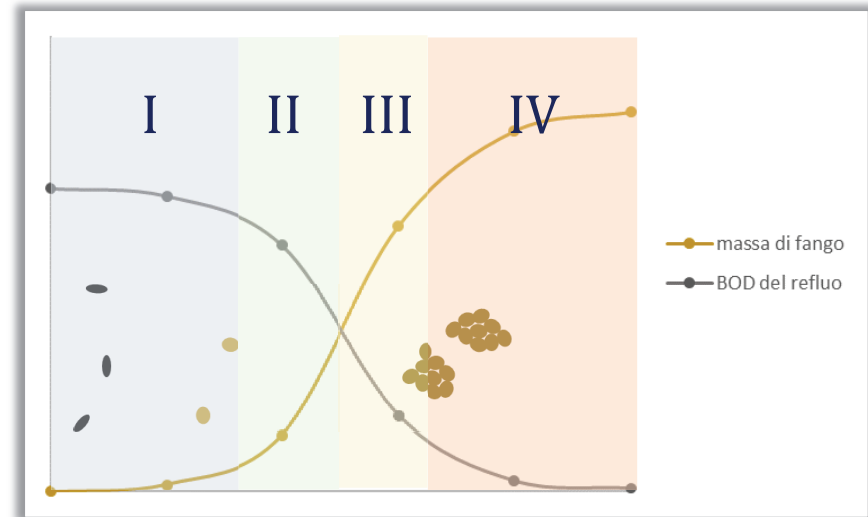
L'osservazione microscopica

Fase I: flagellati e batteri dispersi competono per il BOD solubile

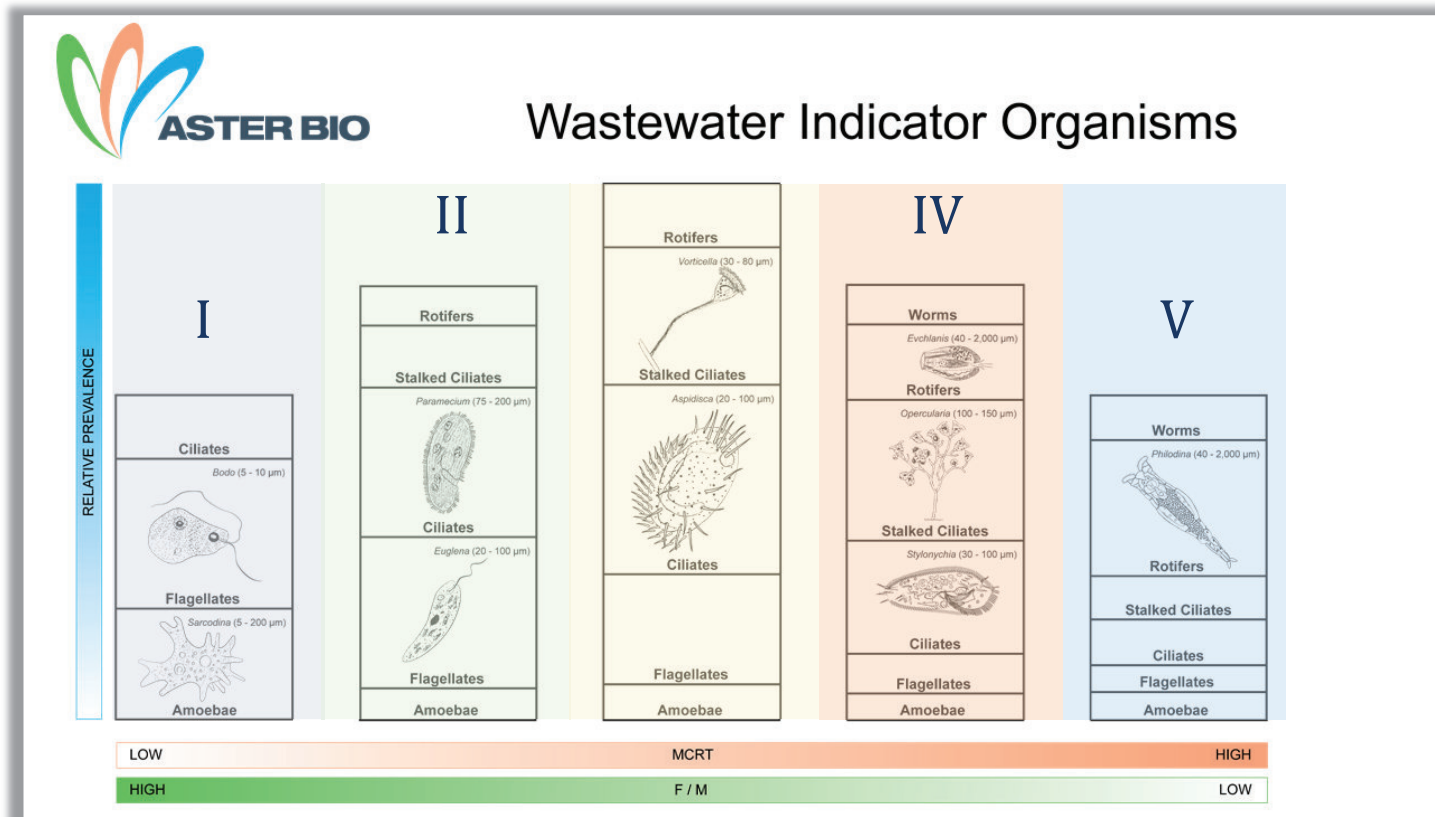
Fase II: picco dei ciliati natanti, che si nutrono di batteri dispersi

Fase III: declino dei batteri dispersi e dei ciliati natanti; lento declino dei flagellati per riduzione del BOD solubile

Fasi III e IV: con l'accumulo dei fiocchi di fango, i ciliati mobili di fondo e quelli sessili diventano i protozoi dominanti



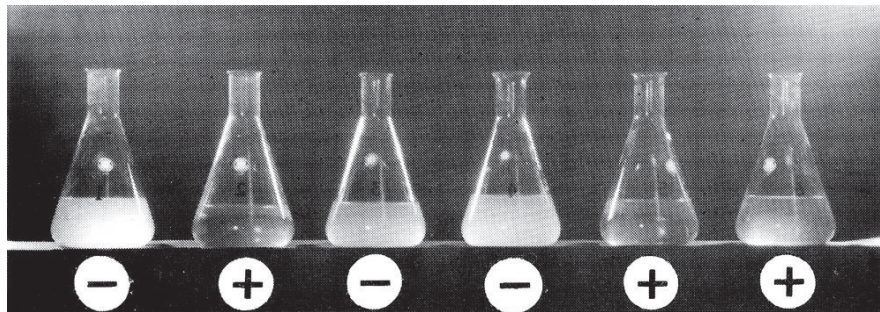
L'osservazione microscopica



<https://www.biologicalwasteexpert.com>

Esperimento di Curds

Al di là dell'utilità come bioindicatori e nonostante costituiscano meno del 5% della biomassa, i protozoi sono indispensabili per produrre un effluente **limpido**



W. Foissner, *Protists as bioindicators in activated sludge: Identification, ecology and future needs*, European Journal of Protistology 55 (2016) 75–94

Qualità dell'effluente (valori medi)		
Parametro	Senza ciliati	Con ciliati
BOD (mg/l)	62	16
COD (mg/l)	224	133
Valore di permanganato (mg/l)	95	61
Azoto organico (mg/l)	18	8,5
Solidi sospesi (mg/l)	102	30
Assorbanza a 620 nm	1,19	0,29
Batteri vitali (milioni/ml)	133	5

L'osservazione microscopica

Ciliati **predatori** di protozoi: non sono mai numerosi, ma sono indice di abbondanza delle loro prede

immagini da
<http://protist.i.hosei.ac.jp>
(200x / 400x)



genere → Amphileptus
100-400 μm



Spathidium
70-300 μm



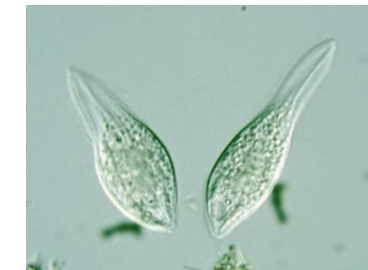
molto veloce
Plagiocampa
40 μm



*suttori
(tutti sessili)*
Tokophrya
50-200 μm



Prorodon
50-400 μm



Litonotus
100 μm

L'osservazione microscopica

Ciliati **batteriofagi natanti**: se numerosi, indicano presenza di batteri dispersi (alti carichi, scarso ossigeno o shock recenti)



immagini da <http://protist.i.hosei.ac.jp>

L'osservazione microscopica

Ciliati batteriofagi mobili di fondo

normalmente dominante



Aspidisca
25-40 μm

ex Tracheophyllum



Acineria
30-50 μm



Oxytricha
100 μm



Euplotes
40-150 μm

associati a filamentosi



Chilodonella
40-70 μm



Stylonychia
100-150 μm



Trochilia minuta
25-40 μm



Trithigmostoma
75-300 μm

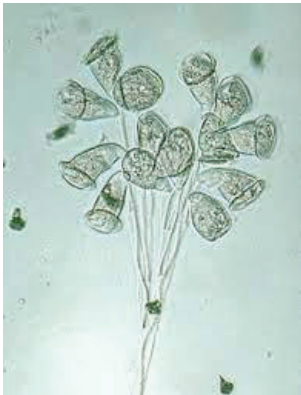
immagini da <http://protist.i.hosei.ac.jp>

L'osservazione microscopica

Ciliati batteriofagi sessili

immagini da <http://protist.i.hosei.ac.jp>

*gambi
contrattili (in
Carchesium
indipendenti)*



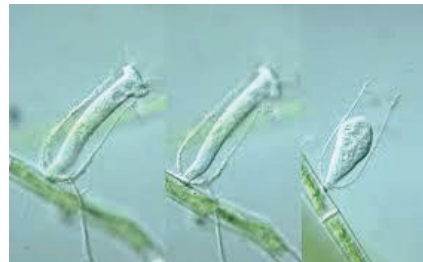
Carchesium e
Zoothamnium

corpo contrattile



Epistylis

DO > 5 mg/l



Vaginicola

non contrattile



Opercularia

fino a 1 mm



Stentor

gambo contrattile



Vorticella microstoma

normalmente dominante



Vorticella convallaria

L'osservazione microscopica

Microorganismi non ciliati

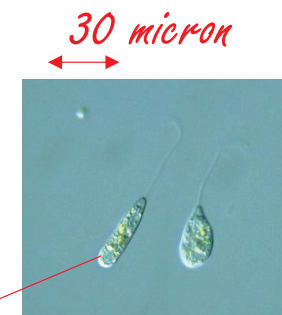


<https://www.hitchcockcenter.org>

le amebe tecate (50-100 micron) sono spesso dominanti in fanghi molto vecchi

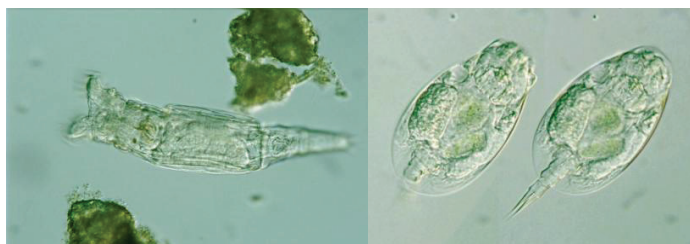


<https://www.tpomag.com>



<http://protist.i.hosei.ac.jp>

Paramecium è un flagellato che non è indice di alti carichi organici



<http://protist.i.hosei.ac.jp>

i rotiferi (50-500 micron, pluricellulari) segnalano alte età del fango; possono diventare abbondanti in impianti a basso carico che trattano liquami agroindustriali

L'osservazione microscopica

Altri organismi pluricellulari



<http://protist.i.hosei.ac.jp>

come i rotiferi, i gastrotrichi (0,1-0,4 mm) segnalano alte età del fango e reflui diluiti, ma sono meno frequenti



<https://www.pcwracolorado.org>

i nematodi (0,5-5 mm) sono indice di età del fango elevate, ma non sono mai abbondanti

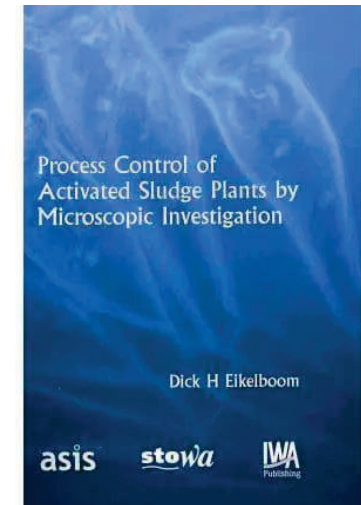


<https://teamaquafix.com>

gli anellidi (Aeleosoma, 0,3-10 mm) si nutrono dei fiocchi e segnalano età del fango molto elevate

L'osservazione microscopica

In un articolo del 1975, Eikelboom ha descritto 26 diversi morfotipi di microrganismi **filamentosi** osservati in depuratori municipali olandesi e differenziati sulla base di caratteristiche valutabili con un microscopio ottico: mobilità, lunghezza e forma dei filamenti, colorazione di Gram e di Neisser, adesione di batteri non filamentosi, dimensione e forma delle cellule, visibilità di setti, guaina o granuli di zolfo



Le osservazioni condotte su impianti industriali hanno portato all'identificazione di una quarantina di altri morfotipi, gran parte dei quali non coltivabili e indicati con sigle numeriche

Gli organismi filamentosi

Le tecniche della genomica hanno messo in luce i limiti del metodo di Eikelboom:

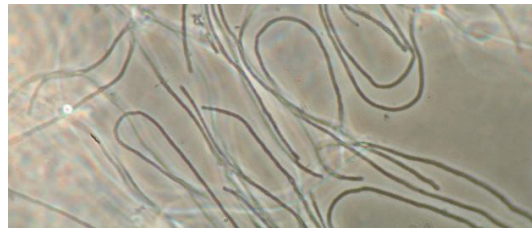
- molti morfotipi comprendono batteri appartenenti a phylum distinti (es. morfotipo Nostocoida limicola II)
- morfotipi distinti sono risultati riferibili allo stesso genere di batteri (es. genere Microthrix)
- esistono specie che cambiano morfologia in risposta a fattori ambientali (es. genere Tetrasphaera, che può formare colonie filamentose di tipo Nostocoida limicola II o colonie non filamentose)

L'osservazione microscopica

I filamentosi più pericolosi

(Dueholm et al. (2021) *MiDAS 4: A global catalogue of full-length 16S rRNA gene sequences and taxonomy for studies of bacterial communities in wastewater treatment plants*. bioRxiv)

Immagini da <https://www.epa.gov>



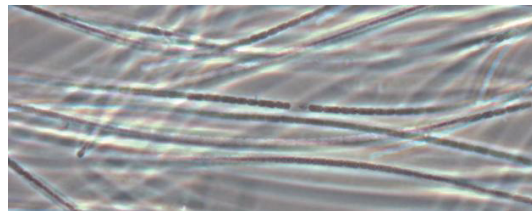
MICROTHRIX



NOCARDIA



NOSTOCOIDA



SPAEROTILUS

CANDIDATUS VILLIGRACILIS

identificabile solo con tecniche genomiche, sempre interno al fiocco e non compreso tra i morfotipi di Eikelboom

Nota sul campionamento

Se le osservazioni non possono essere eseguite in impianto, i campioni devono essere raccolti in bottiglie riempite a metà in modo da garantire una riserva di ossigeno al fango

Le osservazioni dovrebbero essere effettuate entro 5 ore dalla raccolta del campione

bottiglia con riserva di aria per il fango



<https://www.vodacz.com>

L'indice biotico del fango

Un approccio semi-quantitativo ideato nel 1994

(Madoni P. (2004). *Applicazione dell'indice biotico del fango (S.B.I.) nel processo di depurazione a fanghi attivi*, Università degli Studi di Parma)

Gruppi della microfauna e sua densità che determinano l'ingresso orizzontale in tabella		Numero totale di specie che costituiscono la microfauna (esclusi i flagellati) del fango e densità dei flagellati (F) contati nella diagonale della camera di Fuchs-Rosenthal (A= F< 10; B= 10<F<100)							
GRUPPO DOMINANTE O PREVALENTE	DENSITA' (ind./l)	> 10		8 - 10		5 - 7		< 5	
		A	B	A	B	A	B	A	B
CILIATI MOBILI +SESSILI * e/o AMEBE CON TECA	≥ 10 ⁶	10	8	9	7	8	6	7	5
	< 10 ⁶	9	7	8	6	7	5	6	4
CILIATI SESSILI * > 80 %	≥ 10 ⁶	9	7	8	6	7	5	6	4
	< 10 ⁶	8	6	7	5	6	4	5	3
<i>Opercularia</i> spp	≥ 10 ⁶	7	5	6	4	5	3	4	2
	< 10 ⁶	6	4	5	3	4	2	3	1
<i>Vorticella microstoma</i> e/o <i>V. infusioformis</i>	≥ 10 ⁶	6	4	5	3	4	2	3	1
	< 10 ⁶	5	3	4	2	3	1	2	0
CILIATI NATANTI	≥ 10 ⁶	5	3	4	2	3	1	2	0
	< 10 ⁶	4	2	3	1	2	0	1	0
PICCOLI FLAGELLATI (> 100) ¥	≥ 10 ⁶	4		3		2		1	
	< 10 ⁶	3		2		1		0	

* *Opercularia* e *Vorticella microstoma* non abbondanti ; ¥ numero di flagellati nella diagonale della camera di Fuchs-Rosenthal

Valore SBI	Classe	Giudizio
8 - 10	I	Fango ben colonizzato e stabile, ottima attività biologica; alta efficienza depurativa.
6 - 7	II	Fango ben colonizzato e stabile, attività biologica sub-ottima; discreta efficienza depurativa.
4 - 5	III	Insufficiente depurazione biologica dell'impianto; mediocre efficienza depurativa.
0 - 3	IV	Cattiva depurazione biologica dell'impianto; bassa efficienza depurativa.

Taxa	n° in 25 µl	n° /ml	%	Taxa	n° in 25 µl	n° /ml	%
Ciliati natanti				Amebe con teca			
<i>Paramecium caudatum</i>	1	40	<1	<i>Arcella</i>	3	120	<1
Ciliati mobili				<i>Euglypha</i>	-	1	-
<i>Aspidisca cicada</i>	312	12.480	45	Grandi flagellati	1	40	<1
<i>Aspidisca lynceus</i>	23	920	3	Rotiferi	3	120	<1
<i>Chilodonella uncinata</i>	16	640	2	TOTALE MICROFAUNA	697	27.882	100
<i>Euplotes affinis</i>	-	1	-	PICCOLI FLAGELLATI*	<10		
<i>Trochilia minuta</i>	24	960	3	Ciliati natanti	1	40	<1
Ciliati sessili				Ciliati mobili	375	15.001	54
<i>Vorticella corvularia</i>	203	8.120	29	Ciliati sessili	304	12.160	44
<i>Vorticella microstoma</i>	3	120	<1	Amebe con teca	3	121	<1
<i>Vorticella octava</i>	71	2.840	10				
<i>Epistylis plicatilis</i>	9	360	1	Gruppo dominante: ciliati sessili + mobili			
<i>Opercularia coarctata</i>	18	720	3	Densità della microfauna: > 10 ⁶ l ⁻¹			
<i>Litonotus fasciola</i>	8	320	1	Numero totale di taxa: 17			
<i>Podophrya</i> sp.	2	80	<1	Piccoli flagellati: < 10			
				SBI: 10			
				Classe di qualità: I			

I problemi comuni del processo

INVENTARIO DELLE IDEE SBAGLIATE

Ministère de l'Agriculture et de la Pêche – ISBN 2-11-092860-3; © Cemagref 2004, Cemagref Éditions – ISBN 2-85362-657-1

Interrompere l'aerazione elimina i filamentosi

Aumentare la concentrazione dei fanghi riduce il rigonfiamento dei fanghi

Raccogliere i solidi flottanti in qualche punto dell'impianto è una buona soluzione

Introdurre un inoculo in un impianto con fanghi vecchi risolve ogni problema

Il letame è un buon inoculo batterico

La presenza di filamentosi non è compatibile con un fango «normale»

I problemi comuni del processo

L'uso di antischiuma o di bio-additivi è parte del trattamento

L'uso di sali metallici permette di appesantire i fanghi filamentosi e di eliminarli

La presenza permanente di filamentosi e di schiume è una situazione operativa normale

È meglio raccogliere i fanghi prima dell'ispessimento

La raccolta del fango nel chiarificatore consente un migliore ispessimento durante il processo di disidratazione

Tempi di permanenza nell'ispessitore superiori alle 24 ore permettono una maggiore disidratazione

Le acque “chiare” provenienti dall'ispessitore sono poco cariche

I problemi comuni del processo

Formazione di schiume

La presenza **limitata** e/o **saltuaria** di schiuma è normale: diventa un problema quando si accumula al punto da fuoriuscire dalle vasche, ridurre l'efficienza degli aeratori superficiali o superare i separatori di schiuma dei sedimentatori secondari, sporcando lo scarico

*schiuma grigia,
tipica delle fasi di
avviamento
(carico > 1,5)*



*schiuma ocra,
tipica delle
vasche di
aerazione*



I problemi comuni del processo

Formazione di schiume

L'accumulo di schiuma nelle vasche di trattamento è dovuto perlopiù a tre morfotipi filamentosi:

- Microthrix, osservabile al microscopio come “spaghetti” Gram positivi (viola)
- Nocardia, osservabile al microscopio come ramificazioni Gram positive (viola)
- morfotipo 1863, osservabile al microscopio come linee tratteggiate Gram negative (rosa)

questi organismi sono dominanti nella schiuma, non nei fanghi

I problemi comuni del processo

Formazione di schiume

Tutti e tre i morfotipi sono favoriti dall'abbondanza di acidi grassi nel refluo e da **bassi** valori di carico organico

Le schiume da *Microthrix* (specie *parvicella* e *calida*) sono inoltre favorite da bassi valori di temperatura e di ossigeno disciolto

Le schiume da *Nocardia* (diversi generi di Actinobacteria) e da tipo 1863 (Gammaproteobacteria e Bacteroidetes) sono invece favorite da alti di pH e dalla presenza di accumuli di schiuma in impianto



I problemi comuni del processo

Formazione di schiume

Se non rimossi, gli accumuli si disidratano progressivamente, inscurendosi e assumendo una consistenza che rende inefficaci i trattamenti chimici antischiumanti o l'abbattimento con getti d'acqua



sedimentatore primario privo di schiumatore

I problemi comuni del processo

Rigonfiamento da filamentosi (*filamentous bulking*)

Si parla di *bulking* quando i valori di SVI superano i 200 ml/g: quello da filamentosi è il principale problema del processo a fanghi attivi con sedimentazione secondaria e si manifesta quando la presenza di batteri filamentosi nel fango supera i valori fisiologici (1-3% della biomassa)

Da un esame effettuato su più di 700 depuratori nel mondo risulta che la maggior parte dei casi è dovuta allo sviluppo incontrollato di *Sphaerotilus*, *Microthrix*, *Nostocoida*, *Nocardioformis/Mycolata* e *Candidatus Villigracilis*



I problemi comuni del processo

Rigonfiamento da filamentosi (*filamentous bulking*)

Microthrix è favorito dall'abbondanza di acidi grassi nel refluo e da bassi valori di carico organico, temperatura e ossigeno disciolto

Anche Nocardia è favorito dall'abbondanza di acidi grassi nel refluo e da bassi valori di carico organico, oltre che da cali di pH e dalla permanenza di accumuli locali di schiuma

La proliferazione di Sphaerotilus è invece correlabile a bassi livelli di ossigeno all'interno dei fiocchi

I problemi comuni del processo

Rigonfiamento da filamentosi (*filamentous bulking*)

Nostocoida è favorito da setticità (presenza di acido solfidrico) e da carenza di nutrienti (bassi valori di azoto e fosforo rispetto al BOD₅ del refluo)

Candidatus Villigracilis sembra essere favorito dalla presenza di carboidrati nei reflui, ma le osservazioni in campo non possono essere confermate da studi su monoculture

I selettori

Poiché *Microthrix* e *Nocardia* sono favoriti da bassi carichi organici, alcuni impianti prevedono come prima fase del trattamento secondario il così detto **selettore**: una piccola vasca non aerata dove il liquame in ingresso entra in contatto con il fango di ricircolo



*agitatore meccanico per
mantenere in sospensione
il fango*

<https://www.wateronline.com>

I selettori

Il volume del selettore dovrebbe garantire 15-30 minuti di permanenza e un carico volumetrico di 10-40 kg/d di BOD₅ per m³: il carico sul fango che si realizza è molto elevato (15-25 d⁻¹) favorendo l'assorbimento del BOD solubile e colloidale da parte dei batteri non filamentosi dei fiocchi



<https://eu.telegram.com>

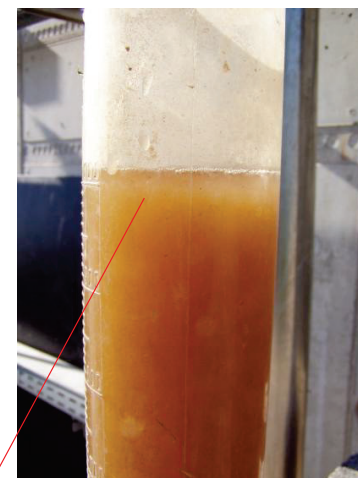
Alcuni impianti realizzano un selettore "alla buona" introducendo il fango di ricircolo in testa al canale d'ingresso del liquame

I problemi comuni del processo

Rigonfiamento da filamentosi (*filamentous bulking*)

Se il fenomeno non è momentaneo, il sedimentatore secondario può risultare insufficiente a realizzare la separazione dei solidi sospesi, rendendo necessaria l'interruzione dello scarico

Il mancato ispessimento del fango nel sedimentatore determina la riduzione dei valori di MLVSS, con riduzione della capacità depurativa e delle prestazioni della linea di disidratazione del fango di supero



caso estremo di rigonfiamento da filamentosi: concentrazione di solidi < 0,2 g/l e sedimentazione in 30' trascurabile

I problemi comuni del processo

Rigonfiamento da filamentosi (*filamentous bulking*)

Nel caso di problemi **acuti**, dovuti a forti e improvvise variazioni dell'ingresso, si può applicare uno dei seguenti trattamenti di recupero:

- dosaggio di polielettrolita cationico in ingresso al sedimentatore secondario (1-2 g/m³)
- clorazione del fango di ricircolo per una settimana (1-10 g/d di Cl₂ per kg di MLSS, ma senza superare i 20 mg/l nel flusso di ricircolo)
- dosaggio di H₂O₂ in ingresso alla vasca di aerazione per 2-3 giorni (10-15 g/m³)
- interruzione dell'aerazione per 24 ore (accumulo di BOD)

I problemi comuni del processo

Rigonfiamento viscoso (*viscous bulking*)

Si parla di rigonfiamento viscoso quando i valori di SVI superano i 200 ml/g ma l'osservazione microscopica non mostra alcuna presenza anomala di batteri filamentosi

Il fenomeno si manifesta quando l'impianto riceve reflui ricchi di sostanze organiche degradabili e poveri di azoto e fosforo: non potendo accrescersi per mancanza di elementi essenziali, i batteri del fiocco accumulano le preziose fonti di carbonio sintetizzando grandi quantità di polisaccaridi extracellulari, sostanze voluminose e gelatinose, che assorbono grandi quantità di acqua e sono difficilmente disidratabili

I problemi comuni del processo

Rigonfiamento viscoso (*viscous bulking*)

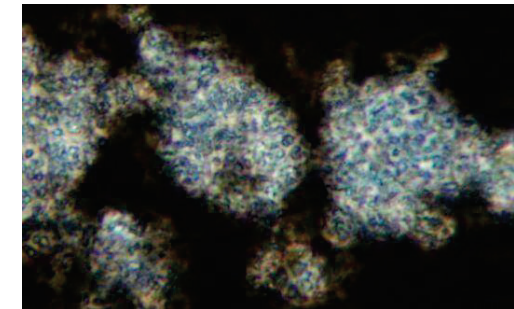
Il fenomeno rende la miscela aerata viscosa e appiccicosa



*schiuma grigiastria in aerazione
dovuta a bulking viscoso*



*schiuma da bulking
viscoso che aderisce
alle superfici*



<https://www.biologicalwasteexpert.com>

*con inchiostro di china, i
polimeri risaltano come
masse chiare*

I problemi comuni del processo

Fango flottante (*rising*)

Il fenomeno si presenta nel sedimentatore secondario, in condizioni di quiete idraulica, ed è dovuto alla presenza di gas all'interno del fango

Il gas può essere:

- aria
- ossigeno
- biogas (metano e anidride carbonica)
- azoto



blocchi di fango flottanti

I problemi comuni del processo

Fango flottante (*rising*)

Bolle di aria: si producono in impianti con aeratori sommersi a più di 7 metri di profondità e privi di degasatore (la solubilità dell'aria diminuisce insieme alla pressione idrostatica)

Bolle di ossigeno: si producono per analoghe ragioni nel caso di impianti a ossigeno puro privi di degasatore

Bolle di biogas: si producono nei punti sommersi del sedimentatore nei quali il fango permane per tempi prolungati e fermenta (punti morti)

in questi casi, i blocchi flottanti sono scuri e maleodoranti



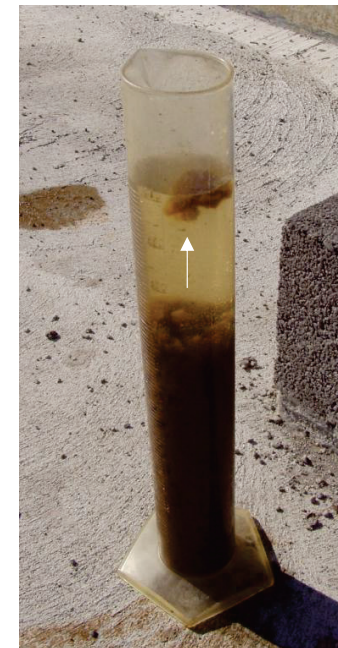
I problemi comuni del processo

Fango flottante (*rising*)

Bolle di azoto: si producono se nel fango sommerso si innesca un processo di denitrificazione

La verifica consiste nel prolungare la prova di sedimentazione della miscela aerata (almeno un'ora) verificando la formazione di bolle o la risalita del fango

Negli impianti privi di denitrificazione, l'unica misura consiste nella riduzione del livello di fango nel sedimentatore secondario e nell'aumento del DO in vasca di aerazione



Esempio di rising da azoto massivo



rompendo meccanicamente gli ammassi di fango, l'azoto si libera e i "fiocchi" iniziano ad affondare

I problemi comuni del processo

Fiocchi leggeri (*pin-point flocc*)

Il fenomeno si manifesta per carichi troppo bassi ($< 0,05 \text{ d}^{-1}$): una parte consistente dei fiocchi mostra dimensioni inferiori a $25 \mu\text{m}$ e sedimenta pertanto molto lentamente

*fiocchi pin-point:
aspetto del surnatante
dopo 30 minuti di
sedimentazione*



I problemi comuni del processo

Esempio (impianto a doppio stadio di aerazione)



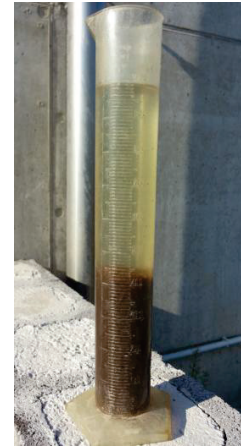
*ingresso alla
prima vasca
di aerazione*

*COD =
3400 mg/l*

*COD =
4500 mg/l*

*primo stadio
MLSS = 2,8 g/l
O₂ = 6,0 mg/l*

*primo stadio
MLSS = 2,9 g/l
O₂ < 0,2 mg/l*



*secondo stadio
MLSS = 3,1 g/l
O₂ = 8,9 mg/l*

fiocchi leggeri

*secondo stadio
MLSS = 4,1 g/l
O₂ = 5,1 mg/l*



I problemi comuni del processo

Deflocculazione

Nel fenomeno dei fiocchi leggeri, l'osservazione microscopica mostra una fauna protozoale normale, eventualmente non molto varia

Se la fauna protozoale è **fortemente** ridotta, si è invece di fronte a una vera e propria deflocculazione prodotta da repentine variazioni di salinità o pH, oppure dall'effetto di sostanze tossiche per i batteri (i fiocchi permangono per qualche ora anche se costituiti da cellule inattive o morte)

Data la particolare sensibilità dei batteri nitrificanti, in tali casi si possono osservare anche aumenti repentini di ammoniaca e/o di nitriti nello scarico

I problemi comuni del processo

Tutti i problemi descritti, a parte la formazione di schiume, si manifestano nella fase di sedimentazione

Tuttavia è bene notare che i fenomeni di rigonfiamento viscoso, dei fiocchi leggeri o della deflocculazione massiva comportano anche uno sporcamento irreversibile (*fouling*) delle membrane filtranti

... e problemi che in impianti convenzionali causerebbero momentanei funzionamenti sub-ottimali; negli impianti MBR comportano invece interruzioni del processo e costosi interventi di manutenzione straordinaria

**GRAZIE
PER
L'ATTENZIONE**