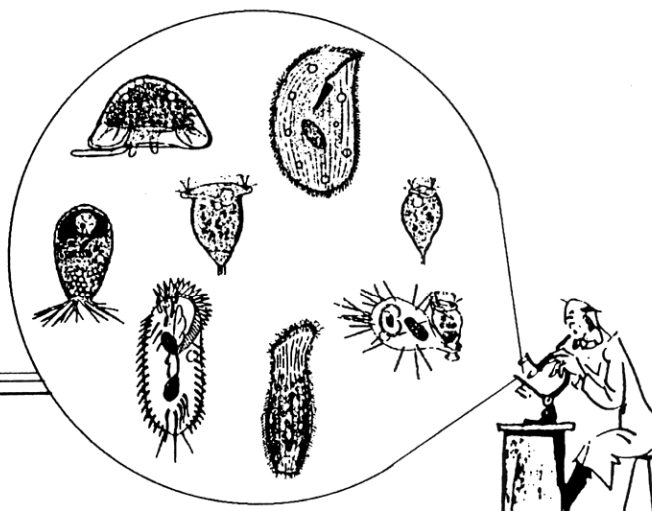


DEPURAZIONE



CONTRIBUTO ALLA CONOSCENZA DELLA MICROFAUNA CHE COLONIZZA IL FANGO ATTIVO

Rossella Azzoni*

In tempi recenti numerosi Autori hanno dedicato la loro attenzione all'individuazione delle relazioni esistenti fra la microfauna protozoaria che colonizza il fango attivo ed i parametri chimico-fisici e gestionali che caratterizzano l'impianto di depurazione. (ESTEBAN *et al.*, 1990; ESTEBAN *et al.*, 1991; AL-SHAHWANI, 1991; MADONI *et al.*, 1993).

La presente nota si propone di contribuire alla conoscenza dell'ecosistema artificiale "vasca di ossidazione" descrivendo quanto osservato durante un'indagine volta a valutare la funzionalità di alcuni depuratori del milanese.

MATERIALI E METODI

Ventitré impianti di depurazione a fanghi attivi, alimentati da acque reflue di tipo civile o misto, sono

stati oggetto di studio durante un'indagine che si è protratta dall'inizio del 1990 al primo trimestre del 1995. La classificazione di tali impianti secondo le categorie tipologiche individuate dal Piano di risanamento delle acque della Regione Lombardia (GIUNTA DELLA REGIONE LOMBARDIA, 1985) è riportata in figura 1, mentre la distribuzione di frequenza delle 149 analisi microscopiche effettuate sul fango attivo è illustrata in figura 2.

I campioni di fango attivo, trasportati e mantenuti in laboratorio in condizioni di aerazione, sono stati analizzati entro 3-4 ore dal prelievo; l'analisi microscopica è stata condotta secondo MADONI (1988), e le determinazioni quantitative sono state effettuate analizzando 50 µl di campione suddiviso in due repliche.

I campioni d'acqua utilizzati per il computo delle rese depurative sono stati prelevati l'uno nell'affluente, e l'altro nell'effluente dopo un numero di ore pari ad una stima del tempo medio di ritenzione dell'im-

* P.M.I.P., via Juvara 22, Milano

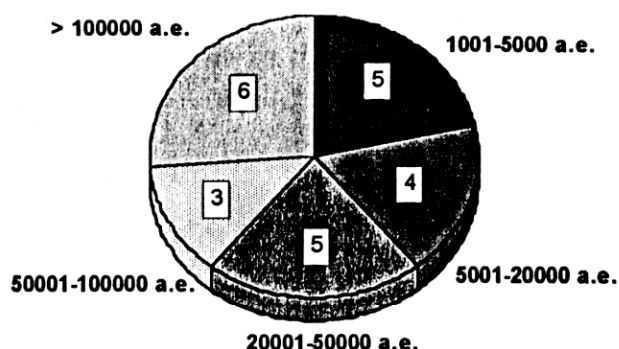


Fig. 1 - Impianti indagati: suddivisione per categorie tipologiche secondo il P.R.R.A. lombardo

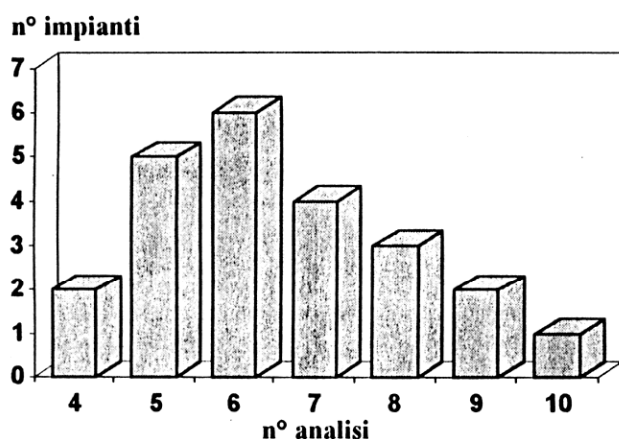


Fig. 2 - Distribuzione di frequenza delle analisi microscopiche effettuate

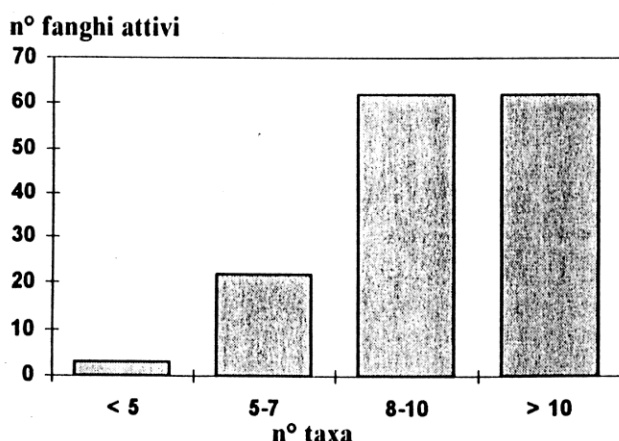


Fig. 3 - Ripartizione della ricchezza in taxa dei fanghi attivi analizzati

pianto; le determinazioni analitiche sono state svolte secondo i metodi I.R.S.A.-C.N.R. (1978).

Con il termine "frequenza relativa percentuale" di un taxon si intende il numero di presenze di quel taxon in un certo impianto rispetto alle analisi effettuate sul fango attivo di quell'impianto, espresso in percentuale (DALMIGLIO *et al.*, 1994); con il termine "frequenza totale percentuale" di un taxon si intende il numero di presenze di quel taxon rispetto alle analisi eseguite sui 149 campioni di fango attivo, espresso in percentuale.

Il termine "abbondanza percentuale" di un gruppo funzionale o di un taxon indica la presenza numerica percentuale di quel gruppo o taxon rispetto al numero totale di individui della microfauna conteggiato in ogni analisi microscopica.

Il rendimento depurativo è inteso come rapporto fra la differenza di concentrazione del parametro fra ingresso e uscita dell'impianto e la concentrazione all'ingresso (MASOTTI, 1987).

RISULTATI

Nel corso dell'indagine sono stati rinvenuti 43 taxa, di cui 39 appartenenti al phylum *Ciliophora*; le frequenze relative percentuali riscontrate nei ventitré impianti indagati sono state codificate attraverso un raggruppamento arbitrario in classi e riportate in tabella 1. Le frequenze totali percentuali, invece, sono riportate in tabella 2.

La figura 3 descrive la ricchezza in taxa dei fanghi attivi analizzati mentre la figura 4 illustra la ripartizione per classi del numero di individui della microfauna totale e del numero dei soli Protozoi Ciliati rinvenibili in 1 litro di mixed-liquor. La tabella 3 riporta l'efficienza depurativa, in termini di BOD₅, e la densità di Protozoi Ciliati registrate in 90 campionamenti appaiati di acqua e fango attivo.

La tabella 4 riporta le abbondanze percentuali minime, medie e massime dei principali gruppi funzionali registrate in ognuno dei ventitré impianti indagati.

La figura 5 propone la distribuzione in classi logaritmiche del rapporto d'abbondanza fra Ciliati mobili di fondo (MF) e Ciliati sessili (S) calcolato sui campioni di fango attivo analizzati.

La tabella 5 propone la distribuzione per classi dei valori medi di sostanze ammoniacali misurate nell'effluente, di abbattimento medio delle medesime e di abbondanza percentuale di tecamebe nel fango attivo.

Tab. 1 - Frequenze relative percentuali

B, C, D, E, F: categorie tipologiche P.R.R.A.

CLASSI: 0 - 20,0% = 1; 20,1 - 40,0% = 2;

40,1 - 60,0% = 3; 60,1 - 80,0% = 4;

80,1 - 100% = 5

TAXA \ IMPIANTO⇒	B					C					D					E		F							
	Cas	Bin	Gli	Cis	Mul	Mot	San	Ang	Mel	Abb	Pus	Par	Lod	Sal	Tru	Vim	Roz	Mon	Var	Ass	Pes	Rob	Bre		
NATA NTI											3	5				1		1	4		3				
	1																								
	3		2															3		1	4				
	1																	1		3					
	3																								
	2				2																				
	2																								
MOBILI	3									5	5	2	5	5	3	5	5	1	5	5	5	5	5	5	
	2	5	5	3	3	5	5	5	5	5	3	1													
	2					2	2	2	4	4	1	3	5	2	5	5	2	1	4	1	4	2	3	3	
	2	3	1	3	2	5	4	3	3	4	1	1		2	3	4	2	2	3	1	2	1	2	2	
	1	5	5	4	2	5	5	4	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	
	5	5				5	5	1	3	4				3	5			2				1	1	1	
SESSILI	1	3	1		4	2	3	1	2	4	5				4	5	5	3	5	1	1	5	3	3	
	2																								
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
PREDDATTORI	1	2	3	2		1				1	1		1	1				1						3	
	1		1							2	1		1					1	1					2	
	1									2								3	3	1				2	
	3	1	3		2					2	1				3		2	3						1	
																	1								
AMEBE AMEBE CON TECA METAZOI GRANDI FLAGELLATI	2	1	2	3		4	5	5	3	3	3	2	2	3	4	2	4	1	5					4	
	4	2																						4	
	4	3	5	3		5	1	2	5	4	4	3	3	3	4	2		3	4	5				5	
	5	5	5	4	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3		4	5	1	5			5	
	5	4	4	5		5	3	5	5	4	5	5	5	5	4	5		2	1	5				5	

Tab. 2 - Frequenze totali percentuali

taxa	%
<i>Vorticella</i> sp.	96,64
AMEBE CON TECA	86,58
<i>Aspidisca cicada</i>	86,58
<i>Trachelophyllum pusillum</i>	83,89
METAZOI	70,47
AMEBE	65,77
GRANDI FLAGELLATI	49,66
SUTTORI	48,99
<i>Vorticella microstoma</i>	46,98
<i>Opercularia coarctata</i>	44,97
<i>Epistylis urceolata</i>	39,60
<i>Euplotes patella</i>	38,93
<i>Chilodonella cucullulus</i>	32,21
<i>Trochilia minuta</i>	27,52
<i>Zoothamnium</i> sp.	23,49
<i>Epistylis plicatilis</i>	22,82
<i>Litonotus fasciola</i>	20,13
<i>Chilodonella uncinata</i>	17,45
<i>Aspidisca lynceus</i>	16,78
<i>Vorticella striata octava</i>	16,78
<i>Dexiotricha colpidiopsis</i>	12,08
<i>Carchesium polypinum</i>	11,41
<i>Hemiohrys pleurosigma</i>	10,07
<i>Opercularia microdiscum</i>	8,05
<i>Hemiohrys fusidens</i>	8,05
<i>Colpidium campylum</i>	5,37
<i>Vaginicola cristallina</i>	5,37
<i>Epistylis polenici</i>	5,37
<i>Tetrahymena pyriformis</i>	3,36
<i>Coleps hirtus</i>	3,36
<i>Glaucoma scintillans</i>	3,36
<i>Colpoda cucullus</i>	3,36
<i>Colpidium colpoda</i>	2,68
<i>Microthorax sulcatus</i>	2,68
<i>Aspidisca turrita</i>	2,68
<i>Trachelius ovum</i>	2,01
<i>Cinetochilum margaritaceum</i>	2,01
<i>Lionotus lamella</i>	2,01
<i>Spirostomum teres</i>	1,34
<i>Spathidium opimum</i>	1,34
<i>Dexiotrichides centralis</i>	0,67
<i>Paramecium caudatum</i>	0,67
<i>Loxophyllum meleagris</i>	0,67

DISCUSSIONE

L'osservazione della tabella 1 consente di effettuare alcune considerazioni di carattere descrittivo relative alla presenza dei vari taxa. Innanzitutto, si osserva come *Aspidisca cicada*, *Trachelophyllum pusillum*, *Vorticella* sp., le Tecamebe ed i Metazoi siano sostanzialmente risultati sempre presenti in tutti i fanghi

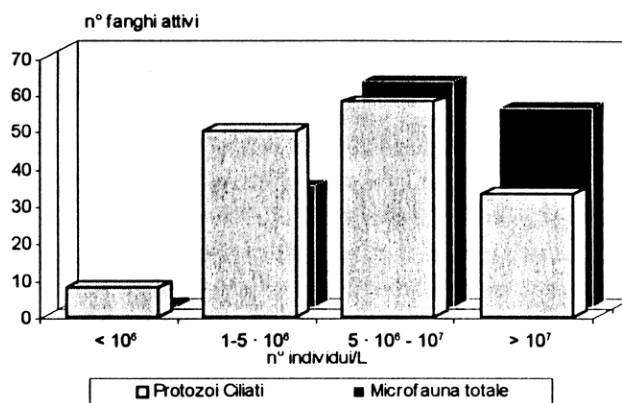


Fig. 4 - Densità della microfauna totale e dei soli Protozoi Ciliati: ripartizione per classi arbitrarie.

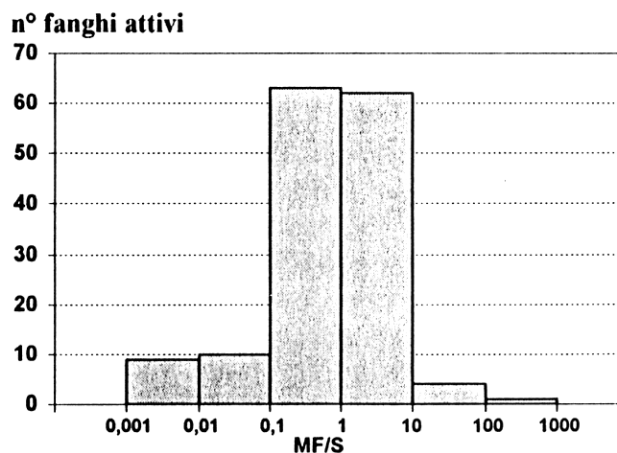


Fig. 5 - Ripartizione per classi logaritmiche del rapporto di abbondanza Mobili di Fondo/Sessili

Tab. 3 - Ripartizione della resa di rimozione del BOD₅ e della densità di Protozoi Ciliati

RESA BOD ₅	< 85%	85% - 90%	90% - 95%	> 95%
N = 90	29	22	21	18
DENSITÀ	< 10 ⁶	1-5 x 10 ⁶	5x10 ⁶ -10 ⁷	> 10 ⁷
N = 90	4	30	35	21

Tab. 4 - Abbondanze percentuali

ABBONDANZA PERCENTUALE										
Impianto		Ciliati Natanti	C. Mobili di fondo	Ciliati sessili	Ciliati predatori	Amebe nude	Amebe tecate	Grandi Flagellati	Metazoi	P.R.R.A.
CAS	min	2,3	0,4	6,6	2,6	9,4	6,1			
	media	9,3	2,3	28,6	9,9	27,7	21,9			
	max	14,7	5,1	38,3	16,9	42,9	76,6			
BIN	min		13,1	32,4	1,4	0,4	3,0		<0,1	
	media		33,6	52,6	2,2	0,8	11,7		0,4	
	max		57,8	83,1	3,1	1,0	29,0		0,9	
GLI	min	0,5	2,2	7,8	<0,1	<0,1	3,5	<0,1	<0,1	B
	media		25,3	36,3	1,6	11,0	21,6	0,3	4,6	
	max	5,0	53,7	67,6	2,5	43,9	37,7	0,6	19,3	
CIS	min		0,4	15,2	0,3	0,3	7,1	3,2	0,4	
	media		26,2	54,6	2,8		10,6	15,0	3,8	
	max		66,7	99,1	5,4	5,4	13,1	33,9	10,7	
MUL	min	1,1	<0,1	75,8				1,7		
	media		2,4	90,7	0,9		1,1			
	max	23,2	5,2	97,8				1,9		
MOT	min		42,99	1,22	0,13	1,17	11,40	2,05	0,12	
	media		49,38	13,77	0,51	6,43	19,27	10,02	0,61	
	max		59,88	34,21	0,93	21,78	26,83	19,43	1,75	
SAN	min		26,4	14,0	0,3		0,5		0,1	
	media		57,3	36,1	1,8	0,9	4,5		0,2	
	max		83,7	62,8	4,3		8,7		0,4	
ANG	min		1,3	14,7	<0,1	<0,1	27,0		0,4	C
	media		8,3	27,6	0,9		56,3	0,3	8,3	
	max		25,0	43,9	2,2	0,6	83,3		29,5	
MEL	min		20,0	12,3	0,6	0,7	1,1		0,7	
	media		47,2	28,5	1,3	5,7	16,5		2,4	
	max		77,3	75,0	2,3	15,4	61,2		7,0	
ABB	min		2,4	8,2	0,3	0,4	2,8	0,2	0,4	
	media		34,0	32,6	1,0	0,7	29,0	1,5	2,7	
	max		71,3	46,3	3,3	1,5	85,7	2,3	7,3	
PUS	min	0,3	32,4	8,8	0,2	0,8	0,4	0,2	1,5	
	media	0,7	48,3	37,5	2,5	1,6	3,6	1,7	5,7	
	max	0,9	68,1	62,7	6,2	2,8	10,3	3,7	17,5	
PAR	min	0,6	0,6	59,8	<0,1	0,6	<0,1	<0,1	0,6	D
	media	3,0	5,8	82,3	1,4	0,9	7,3	4,0	1,3	
	max	5,2	18,5	95,1	3,5	1,5	14,8	8,8	1,9	
LOD	min		21,2	36,4	0,1	0,6	1,2	0,4	0,3	
	media		34,5	56,5	0,9	2,5	4,1	3,1	1,1	
	max		58,8	73,9	1,5	5,7	12,5	8,0	3,4	
SAL	min		5,20	5,45	0,17	0,26	14,64	1,84	0,37	
	media		21,68	29,13	0,49	1,41	35,04	11,85	3,91	
	max		47,83	65,74	0,91	2,60	57,72	28,86	21,82	

(Tab. 4: segue)

Impianto		Ciliati Natanti	C. Mobili di fondo	Ciliati sessili	Ciliati predatori	Amebe nude	Amebe tecate	Grandi Flagellati	Metazol	P.R.R.A.
TRU	min		31,86	14,58	0,16	0,19	4,74	0,12	0,32	E
	media		48,08	40,34	0,91	5,63	7,13	0,54	0,70	
	max		75,89	68,14	2,31	23,87	9,12	0,97	1,37	
VIM	min		33,18	19,93	0,12	0,22	11,38	0,08	0,01	
	media		48,32	29,05	0,29	0,35	22,28	0,08	0,12	
	max		57,05	38,01	0,45	0,48	42,54	0,09	0,22	
ROZ	min		16,2	41,0	0,2	0,4	0,5	0,2	<0,1	
	media	8,3	31,6	58,2	1,0	2,1	10,5	3,4	0,8	
	max		55,5	79,3	3,0	4,6	26,0	13,6	1,6	
MON	min	2,3	8,8	21,9	<0,1	<0,1	0,9		0,2	F
	media	8,2	25,6	63,4	1,8	0,2	6,8		0,3	
	max	24,3	51,3	87,5	5,3	0,4	18,2		0,6	
VAR	min	0,1	50,2	30,8	0,5	0,1	0,4			
	media	1,7	55,6	37,7	1,0	0,5	3,9		0,3	
	max	3,3	64,5	45,8	2,4	0,9	10,6			
ASS	min		10,9	32,9		0,7		0,3	0,1	
	media	0,7	28,2	66,8	0,5	3,0	1,3	2,4	1,0	
	max		65,0	82,8		7,1		5,7	3,5	
PES	min		5,8	15,6	<0,1	0,2	0,9	0,7	0,9	
	media	0,2	27,7	41,6	0,5	1,4	21,1	7,3	1,4	
	max		41,4	67,8	1,0	3,0	76,7	36,6	2,5	
ROB	min	1,92	1,27	6,54	0,21	0,41	41,04	0,36	0,18	
	media	5,44	17,11	17,33	1,74	3,07	150,30	1,53	4,54	
	max	12,98	31,92	33,82	4,02	6,70	65,94	2,69	11,27	
BRE	min	0,17	59,15	0,78	0,23	0,78	6,31	0,24	0,22	
	media	0,86	69,20	15,57	0,66	1,87	10,52	1,67	0,31	
	max	2,08	79,59	27,58	1,22	4,00	17,90	3,95	0,47	

Tab. 5 - Ripartizione delle sostanze ammoniacali nell'effluente, della resa di rimozione delle sostanze ammoniacali e dell'abbondanza percentuale di Tecamebe nel fango attivo

NH ₄ finale N = 101	< 5 mg/l 36 (35,6%)	5-10 mg/l 24 (23,8%)	10-15 mg/l 20 (19,8%)	> 15 mg/l 21 (20,8%)
NH ₄ resa N = 85	< 50% 39 (45,9%)	50 - 70% 16 (18,8%)	70 - 90% 11 (12,9%)	> 90% 19 (22,3%)
Abb. Tecamebe N = 101	0 - 10% 54 (53,5%)	10 - 20% 19 (18,8%)	20 - 40% 15 (14,8%)	> 40% 13 (12,9%)

attivi analizzati. Altri taxa –quali ad esempio *Euplores patella*, *Chilodonella cucullulus*, *Epystilis urceolata*, *Opercularia coarctata*, *Vorticella microstoma*, i Suttori, le Amebe nude ed i grandi Flagellati– sono risultati spesso presenti. La tabella sembra inoltre indicare come il gruppo funzionale dei Natanti risulti maggiormente presente in fanghi attivi di impianti appartenenti alle categorie tipologiche B (1001-5000 a.e.) ed F (oltre 100000 a.e.), mentre taxa quali *Trochilia minuta* e *Chilodonella* sp. risultino più rappresentati in impianti di categoria tipologica C (5001-20000 a.e.).

La disamina della tabella 2 conferma le osservazioni di POOLE (1984) relative al fatto che l'olotrico *Trachelophyllum*, il peritrico *Vorticella* e l'ipotrico *Aspidisca* si rinvenivano comunemente ed in relazione ad un ampio spettro di condizioni operative e di qualità dell'effluente; mette in luce, viceversa, una discrepanza per quanto concerne le Tecamebe. A tale proposito, è necessario segnalare che i generi di Tecamebe normalmente indicati come ospiti del fango attivo sono risultati molto spesso accompagnati dal genere *Cochliopodium*, che tendeva a prevalere numericamente.

Come in ogni altro ecosistema, anche nella vasca a fanghi attivi le poche specie comuni sono quelle che contribuiscono maggiormente agli scambi energetici mentre le specie rare determinano la diversità di specie dell'intera comunità. La ricchezza in specie registrata nei campioni sottoposti ad analisi microscopica è rappresentata in figura 3, ove i valori relativi al numero di taxa rinvenuti sono stati classificati secondo la classi previste dallo S.B.I. (MADONI, 1994). Il computo è stato effettuato considerando come una unità sistematica ognuna delle 36 specie indicate in tabella I; sono state altresì considerate unità sistematiche sia l'insieme delle specie di *Vorticella* diverse da quelle specificatamente indicate in tabella sia il genere *Zoothamnium*; Suttori, Tecamebe, Metazoi e grandi Flagellati sono stati conteggiati ognuno come una unità sistematica mentre eventuali presenze di Amebe nude sono state stornate dal computo.

Come si nota in figura 3, nel 41,6% dei fanghi analizzati la microfauna è risultata composta da più di 10 taxa, mentre nell'83% circa dei casi il numero di taxa presenti è risultato superiore a 8.

La figura 4 rappresenta un altro aspetto importan-

te della struttura della microfauna: poiché numerosi Autori hanno dimostrato che il numero di Protozoi Ciliati che vivono in un impianto funzionante in modo normale è dell'ordine di 10^6 individui per litro e che il calo di tale numero al di sotto di 10^4 per litro indica insufficiente depurazione (MADONI, 1993), le densità registrate nei fanghi attivi analizzati sono state classificate secondo quattro classi arbitrarie. Come si desume dalla figura, solo nel 5,4% dei 149 casi esaminati il numero di Protozoi Ciliati per litro è risultato inferiore a 10^6 mentre nel 22% circa dei casi esso è risultato superiore a 10^7 ; prendendo come discriminante il valore di densità " $> 5 \times 10^6$ ", si nota che la maggior parte dei valori registrati supera tale limite. In tal caso, la differenza fra il 61,07% dei casi, relativo ai soli Protozoi Ciliati, ed il 77,18% dei casi, relativo alla microfauna totale, è attribuibile spesso alla presenza di Tecamebe o, meno frequentemente, di grandi Flagellati.

Per 90 dei 149 casi esaminati si dispone sia dell'analisi microscopica che del valore del rendimento depurativo dell'impianto; la distribuzione per classi arbitrarie dei riscontri registrati è presentata in tabella 3. Il tentativo di individuare una dipendenza funzionale fra la densità degli organismi che colonizzano il fango attivo e l'efficienza di rimozione del BOD₅ non ha evidenziato correlazione lineare né fra il numero dei soli Protozoi Ciliati e la resa depurativa ($r = -0,062$), né fra il numero di individui della microfauna totale e la resa depurativa ($r = -0,011$).

Come noto, la microfauna che vive negli impianti di depurazione è costituita prevalentemente da Protozoi e da alcuni Metazoi; sulla base del loro comportamento nella vasca di ossidazione, i Ciliati vengono suddivisi in quattro gruppi funzionali: natanti, natanti predatori, sessili e mobili di fondo. Lo studio del ruolo della microfauna come indicatore dell'efficienza di depurazione basato sull'analisi semplificata della struttura della microfauna richiede, inoltre, la distinzione di almeno altri quattro grandi gruppi: Amebe nude, Amebe teca, grandi Flagellati e Metazoi (MADONI, 1988). A scopo conoscitivo, nella tabella 4 sono state pertanto riportate le abbondanze percentuali minime, medie e massime registrate nei ventitré impianti indagati, a loro volta riaccorpati per categoria tipologica. Ragionando sui valori medi, la disamina della tabella indica per tutte le categorie tipologiche una tendenza-

le prolungata permanenza del fango attivo in vasca ed una ben più marcata tendenza al basso carico in ingresso, spesso costituito anche da aliquote scarsamente biodegradabili; gli impianti di maggiori dimensioni sembrano tendenzialmente afflitti dalla presenza di Ciliati natanti. Sebbene le maggiori abbondanze medie siano equamente ripartite fra i Ciliati mobili di fondo ed i Ciliati sessili, va rilevato che in tre casi sono le Amebe tectate a risultare mediamente più abbondanti.

Ciliati mobili di fondo e Ciliati sessili, grazie al fatto che occupano una differente nicchia ecologica, normalmente codominano la microfauna dei fanghi attivi; tuttavia, il rapporto di abbondanza tra i due gruppi funzionali tende a variare in relazione ad alcune condizioni operative dell'impianto (MADONI, 1993).

BEDOGNI *et al.* (1991) suggeriscono un'associazione fra il rapporto di abbondanza tra mobili di fondo e sessili e la *performance* dell'impianto, avendo registrato la migliore qualità dell'effluente finale in occasione di valori del rapporto Ciliati mobili di fondo/sessili superiori a 0,5.

Per confermare tale osservazione, è stato pertanto calcolato il rapporto fra l'abbondanza di mobili di fondo (MF) e l'abbondanza di sessili (S) in ogni campione di fango attivo analizzato ed i valori ricavati sono stati raggruppati in classi logaritmiche e rappresentati in figura 5. Rammentando che per $MF/S < 0,1$ si ha dominanza dei Ciliati sessili e per $MF/S > 10$ si ha dominanza dei Ciliati mobili di fondo, la figura suggerisce l'esistenza di un generalizzato buon equilibrio fra i due gruppi funzionali. I valori di MF/S ricompresi fra 0,1 e 10 sono infatti pari a circa l'84% dei casi, e la prevalenza di un gruppo funzionale rispetto all'altro è praticamente equivalente. La tendenza di MF/S e di parametri indicatori della *performance* a variare congiuntamente è stata saggiata ricercando il coefficiente di correlazione lineare: non sono purtroppo risultati correlati né MF/S ed il BOD_5 nell'effluente ($r = -0,017$; $n = 100$) né MF/S e la percentuale di rimozione del BOD_5 ($r = 0,022$; $n = 90$).

Altra osservazione ricorrente in letteratura è quella relativa alla presenza delle Tecamebe in fanghi caratterizzati da basso carico, lungo tempo di ritenzione e alta concentrazione di ossigeno disciolto in vasca, condizioni che permettono una completa nitrificazione

(DRAKIDES, 1978; CHIERICI *et al.*, 1991). A causa della strutturazione dell'indagine cui si riferisce la presente nota, non sono disponibili dati relativi alla nitrificazione bensì solo misure relative al contenuto di sostanze ammoniacali nell'effluente finale e misure relative all'abbattimento in/out delle medesime. I valori medi di tali misure, e l'abbondanza percentuale di tecamebe nei corrispondenti fanghi attivi, sono classificati secondo classi arbitrarie in tabella 5. L'esame di questa consente di verificare come il contenuto in sostanze ammoniacali dell'acqua depurata superi il valore di 10 mg/l nel 40% circa dei casi, ed ecceda il limite di legge nel 20% circa dei casi; consente inoltre di constatare che l'abbattimento delle sostanze ammoniacali non supera mediamente la resa del 50% nel 46% circa dei casi.

Il tentativo di individuare una dipendenza funzionale fra l'abbondanza di Tecamebe nel fango attivo e la concentrazione di sostanze ammoniacali nell'effluente ha evidenziato una significativa, seppur debolissima, correlazione lineare ($r = -0,270$; $n = 400$); meno debole e sempre significativa la correlazione lineare fra abbondanza di Tecamebe nel fango attivo ed efficienza di rimozione delle sostanze ammoniacali ($r = 0,429$; $n = 332$).

CONCLUSIONI

Sulla scorta delle osservazioni effettuate è possibile confermare l'ubiquitarietà di *Trachelophyllum*, *Aspidisca* e *Vorticella* e segnalare come ricchezza in specie e densità della microfauna risultino spesso piuttosto elevate.

Mentre le variazioni congiunte della *performance* dell'impianto, della densità della microfauna e del rapporto MF/S sembrano richiedere approfondimenti, la correlazione fra Tecamebe ed ossidazione delle molecole azotate ridotte risulta confermata.

BIBLIOGRAFIA

- AL-SHAHWANI S.M. & HORAN N.J. - 1991
The use of Protozoa to indicate changes in the performance of activated sludge plants. *Water Research*, 25: 633-638.

- BEDOGNI G., FALANELLI A. & PEDRAZZI R. - 1991
Evaluation of the abundance ratio between crawling and attached ciliates in the management of an activated sludge sewage-treatment plant.
In: *Biological Approach to Sewage Treatment Process: Current Status and Perspectives* (Madoni P., Ed.), p. 229-233. *Centro Bazzucchi*, Perugia.
- CHIERICI E. & MADONI P. - 1991
Analisi comparata della microfauna del fango attivo di piccoli impianti municipali.
In: *Biological Approach to Sewage Treatment Process: Current Status and Perspectives* (Madoni P., Ed.), p. 83-87. *Centro Bazzucchi*, Perugia.
- DALMIGLIO A. & ZANARDINI A. - 1994
Efficienza depurativa e struttura della microfauna in un impianto municipale a fanghi attivi. Calcolo dell'efficienza di depurazione mediante S.B.I. (sludge biotic index). *Acqua-Aria*, 8: 735-742.
- DRAKIDES C. - 1978
L'observation microscopique des boues activées appliquée à la surveillance des installations d'épuration: Technique d'étude et d'interprétation. *T.S.M. - L'Eau*, 73: 85-98.
- ESTEBAN G., TÉLLEZ C. & BAUTISTA L.M. - 1990
Effects of habitat quality on Ciliated Protozoa communities in sewage treatment plants. *Environmental Technology*, 12: 381-386.
- ESTEBAN G., TÉLLEZ C. & BAUTISTA L.M. - 1991
Dynamics of Ciliated Protozoa communities in activated-sludge process. *Water Research*, 25: 967-972.
- GIUNTA DELLA REGIONE LOMBARDIA, SETTORE AMBIENTE ED ECOLOGIA - 1985
Piano regionale di risanamento delle acque. *Ecologia Ambiente Documenti*, 10 - 11 - 12.
- ISTITUTO DI RICERCA SULLE ACQUE DEL C.N.R. - 1978
Metodi analitici per le acque. *Quaderni dell'Istituto di Ricerca sulle Acque* n. 11.
- MADONI P. - 1988
I Protozoi Ciliati nel controllo di efficienza dei fanghi attivi. Manuale di applicazione. *Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale*, Reggio Emilia. 82 pp.
- MADONI P. - 1993
Microfauna dei fanghi attivi e indice Biotico del Fango SBI. *Corso di Formazione e Aggiornamento. Università degli Studi di Parma*, 24-28 maggio.
- MADONI P., DAVOLI D. & CHIERICI E. - 1993
Comparative analysis of the activated sludge microfauna in several sewage treatment works. *Water Research*, 27: 1485-1491.
- MADONI P. - 1994
A Sludge Biotic Index (SBI) for the evaluation of the biological performance of activated sludge plants based on the microfauna analysis. *Water Research*, 28: 67-75.
- MASOTTI L. - 1987
Depurazione delle acque. Tecniche ed impianti per il trattamento delle acque di rifiuto. *Calderini*, Firenze. 1144 pp.
- POOLE J.E.P. - 1984
A study of the relationship between the mixed liquor fauna and plant performance for a variety of activated sludge sewage treatment works. *Water Research*, 18: 281-287.

