

Yüzüncü Yıl Üniversitesi Atıksu Arıtma Sisteminin Giriş Suyundaki Bazı Siliyatların (Protozoa: Ciliophora) Morfolojik Özellikleri

Naciye Gülkız ŞENLER

İsmail YILDIZ

Yüzüncü Yıl Üniversitesi Biyoloji Bölümü, 65080 Van - TÜRKİYE

Özet: Yüzüncü Yıl Üniversitesi Atıksu Arıtma Sisteminin giriş suyundan alınan 13 örnek incelendi. On sekiz siliyat türü tayin edilmiş ve bunların görülme sıklıkları belirlenmiştir. *Colpidium colpoda*, *Dexiostoma campylum* ve *Trimyema compressum* bu kommünitenin devamlı türleri olarak görünmektedir. Türkiye protozoon faunası için yeni kayıt olan *Acineria incurvata*, *A. uncinata* ve *T. compressum*'un morfolojik karakterleri biyometrik olarak incelendi, ekolojileri hakkında bilgiler verildi. Elde edilen sonuçlar literatür bilgisi ile karşılaştırıldı.

Anahtar sözcükler: Atıksu arıtma sistemi, giriş suyu, siliyat türleri, morfoloji, Türkiye.

The Morphological Characteristics of Some Ciliate (Protozoa: Ciliophora) Species from Influent of Water Treatment Plant of Yüzüncü Yıl University

Abstract: 13 samples obtained from influent of Waste Water Treatment Plant of Yüzüncü Yıl University were examined. 18 ciliated species were identified and their frequencies were determined. *Colpidium colpoda*, *Dexiostoma campylum* and *Trimyema compressum* were appeared as continuous species in this community. The morphological characteristics of *Acineria incurvata*, *A. uncinata* and *T. compressum* which are new records for protozoon fauna of Turkey were studied biometrically, with ecological notes. The results were compared with those of the previous studies.

Key words: Waste water treatment plant, influent, ciliate species, morphology, Turkey.

Giriş

Siliyat Protozoa, aktif çamur faunası içerisinde hem çeşitlilik hem de bolluk açısından dominant grubu oluşturur. Aktif çamurda şimdiye kadar tespit edilmiş 230 Protozoa türünün 160'ı siliyattır (Augustin ve Foissner, 1992). Aktif çamurdaki siliyatlar ekolojik açıdan yaygın bir şekilde incelenmektedir (Curds ve ark., 1968, Curds ve Cockburn, 1970, Madoni, 1982, Aeschl ve Foissner, 1992, Salvadó ve ark., 1995). Günümüzde aktif çamur siliyatları ile ilgili gümüş empregnasyon ve biyometri gibi modern taksonomik tekniklerin kullanıldığı çalışmalar (Augustin ve ark., 1987, Augustin ve Foissner, 1989, Augustin ve Foissner, 1992, Becares ve Foissner, 1994, Leither ve Foissner, 1997a, b, Salvadó ve Fernandez-Galiano, 1997) mevcut olmasına karşın, siliyat taksonomisi ihmal edilmiştir. Böyle çalışmalar sadece taksonomi için değil ekoloji için de gereklidir. Taksonomik çalışmalarda örneklerin canlı olarak teşhisi için bazı diagnostik karakterler

belirlenmekte ve böylece karmaşık teknikler kullanılmadan güvenilir tür tayini yapılabilmektedir. Atıksu arıtma sistemi siliyatları ile ilgili çalışmaların çoğunluğu sadece canlı gözleme dayandığı için protozoon faunasına ait ilk tür listelerinde taksonomik hatalar vardır (Foissner ve O'Donoghue, 1990). Ayrıca atıksu arıtma sistemleri yeni, nadir ve az bilinen türler için değerli bir kaynaktır (Leither ve Foissner, 1997a).

Dünyada atıksu arıtma sistemlerindeki siliyat taksonlarına ait morfolojik ve taksonomik çalışmalar önemli bir yol almış olmasına karşın, ülkemizde bu alandaki çalışmalar yok denecek kadar azdır. Türkiye'de aktif çamur siliyatları ile ilgili bir çalışma tarafımızdan yapılmıştır (Şenler ve ark., 1999). Giriş suyu ile ilgili bazı fiziko-kimyasal çalışmalar gerçekleştirilmiş olmasına karşın, protozoonlar üzerinde ayrıntılı morfolojik bir çalışma yapılmamıştır. Bu eksikliğin giderilmesi amacıyla Yüzüncü Yıl Üniversitesi (YYÜ) Atıksu Arıtma Sisteminin giriş suyundan alınan bazı siliyat

Materyal ve Yöntem

14.10.1997-4.11.1998 tarihleri arasında, YYÜ evsel nitelikli Atık Su Arıtma Tesisinden alınan 91 örnek incelendi. Örnekler aktif çamur sisteminin havalandırma tankından alındı. Siliyat türleri ve ml'deki hücre sayısını belirlemek amacıyla 30 ml kapasiteli şişelere 7 ml örnek alındı. Örnekler yavaş bir şekilde karıştırıldıktan sonra, alt örneklemeler yapılarak 0.05 ml'deki birey sayısı bulundu. Sayma işlemi Hydrobios-Kiell (0.05) marka sayma kamarası ile her 7 ml hacim için 3-5 kez tekrarlanarak yapıldı, sayım sonuçları ml'deki birey sayısı dikkate alınarak verildi. Birey sayısında ve tür çeşitliliğinde meydana gelebilecek değişikliklerden kaçınmak için gözlemler, örneklerin alınmasından sonra en fazla 12 saat içerisinde gerçekleştirilmiştir. Ayrıntılı inceleme için Chatton-Lwoff'un gümüş empregnasyon yöntemiyle kalıcı preparatlar hazırlandı. İdentifikasyon için Curds (1969), Foissner ve Berger (1996) ile Foissner ve ark.'nın (1991, 1992, 1994, 1995) saprobik sistem siliyatları ile ilgili monografından yararlanıldı. Siliyatların besin, su tipi ve habitat tercihleri, komünite özellikleri ve saprobik sistemdeki indikatör karakterleri Foissner ve Berger (1996) ve Foissner'a (1988) dayanılarak verilmiştir.

Türler arası yakınlık derecesini saptamak için görülme sıklığı %10 ve daha yüksek olan türler seçildi. Siliyatlar MINITAB paket programının "Hierarchical Cluster Analysis of Variables" (Absolute Correlation Coefficient Distance, Average Linkage) yöntemiyle benzerlik değerlerine göre gruplandırılarak, sonuçlar dendrogram şeklinde özetlenmiştir.

Bulgular

Havalandırma tankından alınan toplam 91 örnek incelendi. Siliyat Protozoa, örneklerin tümünde tespit edildi. Havalandırma tankında 23 siliyat cinsine ait 40 siliyat türü tanımlandı. Siliyat türleri, görülme sıklıkları, indikatör karakterleri ile birlikte siliyatların besin, su, habitat tercihleri ve komünite özellikleri çizelge 1'de verilmiştir. 5 tür Gymnostomata, 2 tür Hypostomata, 8 tür Hymenostomata, 19 tür Peritrichia, 1 tür Spirotrichia, 5 tür Hypotrichia alt sınıfına dahildir. Alt sınıf Suctorina toplam olarak verilmiştir. Siliyatların görülme sıklığı ml'deki birey sayısına göre az sayıda (birey sayısı/ml ≤ 20) ve çok sayıda

(birey sayısı/ml > 20) olmak üzere iki ayrı değer olarak belirlenmiştir. Gözlenen bazı siliyat türlerine ilişkin fotoğraflar Şekil 1 ve 2'de verilmiştir

Aspidisca cicada, *Epistylis entzii*, *Vorticella convallaria* yüksek sıklıkta (%83-%100) ve yüksek bollukta gözlenen türlerdir. *Carchesium polypinum*, *Vorticella microstoma*, *Aspidisca lynceus* orta sıklıkta (%46-%55) ve bollukta; *Opercularia coarctata*, *Epistylis picalitis* ve *Vorticella octava* orta sıklıkta, ancak daha az bollukta gözlemlenildi. *Trimyema compressum*, *Acineria incurvata*, *A. uncinata*, *Dexiostoma campylum*, *Colpidium colpoda*, *Tetrahymena pyriformis*, *Uronema nigricans*, *Opercularia microdiscum*, *Opercularia* sp., *Epistylis coronata* az sayıda ve düşük frekanslarda (%10-%21) gözlenmiştir. Diğer türler ise YYÜ aktif çamur sisteminde nadir bulunan türlerdir (<%10).

Siliyatlar aktif çamur prosesinin aktif ürünleri olan floklar ile ilişkilerine göre incelenebilir. Bu durumda tespit edilen siliyat türleri aşağıdaki gibi gruplanabilir.

Epistylis spp., *Opercularia* spp., *Vorticella* spp., *Zoothamnium pygmaeum*, *Carchesium polypinum* ve Suctorina üyeleri floklara bağlı sesil türlerdir. Bu türler kendilerini bir sap ile floklara tespit ederler. *Acineria uncinata*, *Aspidisca cicada*, *A. lynceus*, *Oxytricha* sp., *Euplotes* sp., *Chilodonella uncinata*, *Trithymostoma cucullus* önceki grup gibi floklara bağlı, floklar üzerinde sil ya da sirleri ile sürünerek hareket ederler. *Trimyema compressum*, *Dexiostoma campylum*, *Colpidium colpoda*, *C. kleini*, *Tetrahymena pyriformis*, *Glaucoma scintillans*, *Paramecium caudatum*, *Uronema nigricans*, *Cyclidium glaucoma* havalandırma tankının sıvı fazında serbest hareket eden, yüzen, flokla ilişkisi olmayan türlerdir. Hem floklar üzerinde sürünerek hareket eden hem de sıvı fazda serbestçe yüzebilen, flok ile geçici olarak ilişkili sadece bir tür tespit edilmiştir: *Litonotus* sp. Havalandırma tankında tespit edilen sesil (Peritrichida) ve sürünerek hareket eden (crawling) formlar (Hypotrichida) yüksek sıklıkla (>%50) gözlenmiştir. Bu siliyatlar aktif çamur için tipik siliyatlardır. Sıvı fazda serbest olarak yüzen formlar ise daha düşük frekanslı az sayıda tür ile temsil edilmektedir. Aynı zamanda bu türlerin ml'deki birey sayısı da daha azdır.

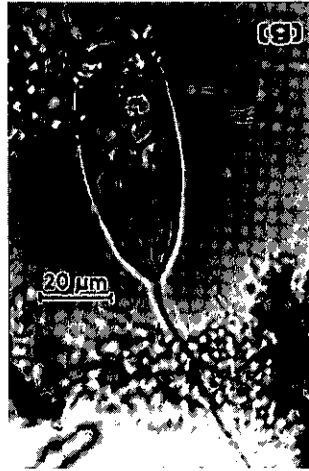
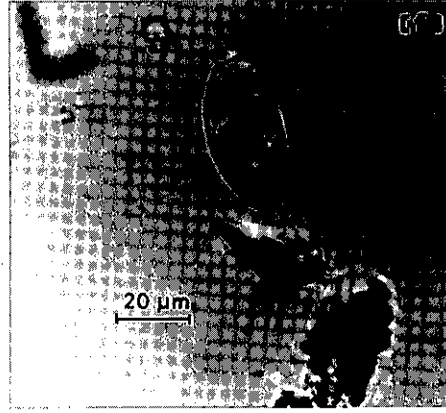
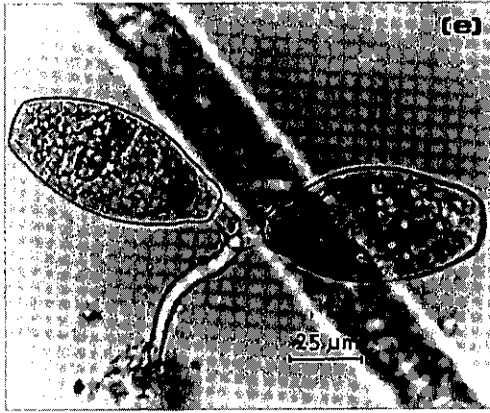
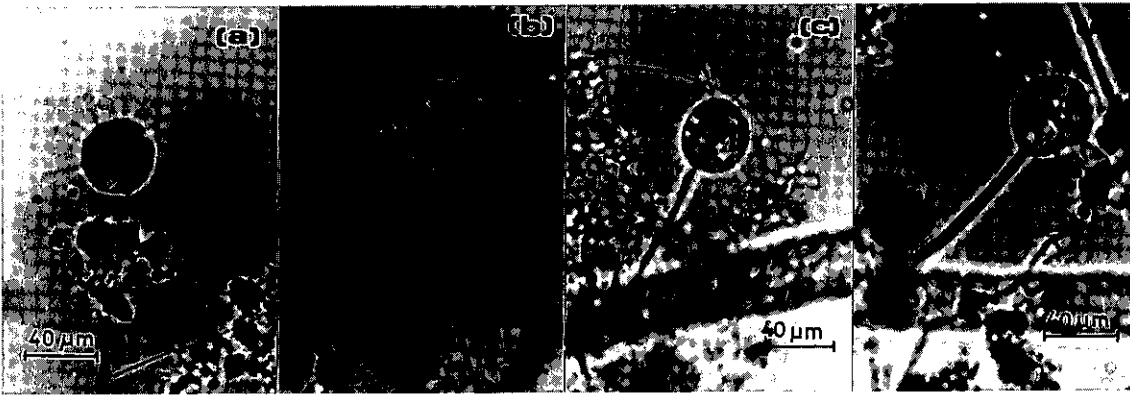
Çizelge 1. Aktif çamur sisteminde tespit edilen siliyat türleri O. omnivor, Ba. bakterisi, R. predatör, Di. diyatome; Al. alg. Cy. siyanobakteri; Fl. heterotrofik flagellat; S. durgun su; F. akarsu; K. aktif çamur sistemi; Bo. toprak; A. perifton; B. benthos; P. Plankton; T. epizoik; Fs. anaerobik çamur; a. alfa mesosaprobik; b. beta mesosaprobik; p. polisaprobik; i. Isosaprobik; m. metasaprobik CAR. *Carchesietosum polipinae*; MET. *Metopetum*; STE. *Stentoretum*; TRI. *Trithigmostometum cucullatae*; CRY. *Cyrtophoretea*; COL. *Colpidium colpoda*; HBE. aşırı yükü ve/veya O₂ den yoksun aktif çamur; NBE. Normal aktif çamur

Tür	Frekans (%)		Toplam	Besin	Su tipi	Habitat	Kommunité	Saprobik Karakter
	≤ 20	> 20						
PHYLUM CILIOPHORA Doflein, 1901								
Class Kinetofragminophora de Puytorac et al., 1974								
Subclass Gymnostomata Bütschli, 1889								
Ordo Gymnostomatida Bütschli, 1889								
<i>Trachetophyllium apiculatum</i> (Perty, 1852)	2(2.20)	-	2(2.20)	O	S, F	A, B, P	CAR	b-a
Ordo Prostomatida Schewiakoff, 1896								
<i>Trinyma compressum</i> Lackey, 1925	13(14.29)	5(5.49)	18(19.78)	Ba	S, F, K	Fs	MET, COL, HBE	p-m
Ordo Pleurostomatida Schewiakoff, 1896								
<i>Litonotus</i> sp.	1(1.10)	-	1(1.10)					
<i>Acinertia incurvata</i> Dujardin, 1841	15(16.48)	-	15(16.48)	R	F, S, K	A, B	COL, HBE	p-i
<i>Acinertia uncinata</i> Tucolesco, 1962	19(20.88)	2(2.20)	21(23.08)	R	F, S, K	A, B	COL, NBE	a-p
Subclass Hypostomatida Schewiakoff, 1896								
Ordo Cryptophorida Fauré-Fremiet, 1956								
<i>Chlidonella uncinata</i> (Ehrenberg, 1838)	4(4.40)	2(2.20)	6(6.60)	Ba	F, S, K, Bo	A, B	TRI, CRY, NBE	A
<i>Trithigmostoma cucullus</i> (Mueller, 1786)	3(3.30)	-	3(3.30)	Di, Al, Cy, Ba	F, S, K	A, B	COL, TRI, CRY	a-p
Subclass Suctoria Claparède & Lachmann, 1858*								
Class Olygohymenophora de Puytorac et al., 1974								
Subclass Hymenostomata Delage & Hérouard, 1896								
Ordo Hymenostomatida Delage & Hérouard, 1896								
<i>Dexiostoma campylum</i> (Stokes, 1886)	19(20.88)	2(2.20)	21(23.08)	Ba, Fl, Al	F, S, K	B	COL, HBE	p-i
<i>Colpidium colpoda</i> (Losana, 1829)	17(18.68)	1(1.10)	18(19.78)	Ba, Fl, Al	F, S, K	B	COL, TRI, HBE	p-i
<i>Colpidium kleini</i> Foissner, 1969	1(1.10)	-	1(1.10)	Ba	F, S	B	TRI	P
<i>Tetrahymena pyriformis</i> -kompleks	8(8.79)	3(3.30)	11(12.09)	Ba	F, S, K	B	COL	p-i
<i>Glaucoma scintillans</i> Ehrenberg, 1830	2(2.20)	1(1.10)	3(3.30)	Ba	F, S, K	B, A	COL, TRI	p-a
<i>Paramecium caudatum</i> Ehrenberg, 1833	2(2.20)	-	2(2.20)	Ba, Al	S, F, K	B, P	COL, TRI, HBE	p-a
Ordo Scuticociliatida Small, 1967								
<i>Uronema nigricans</i> (Mueller, 1786)	12(13.19)	1(1.10)	13(14.29)	Ba, Fl	F, S	B, A, P	TRI	a-p
<i>Cycidium glaucoma</i> Mueller, 1773	5(5.49)	1(1.10)	6(6.59)	Ba	F, S, K	B, A, P	TRI	a

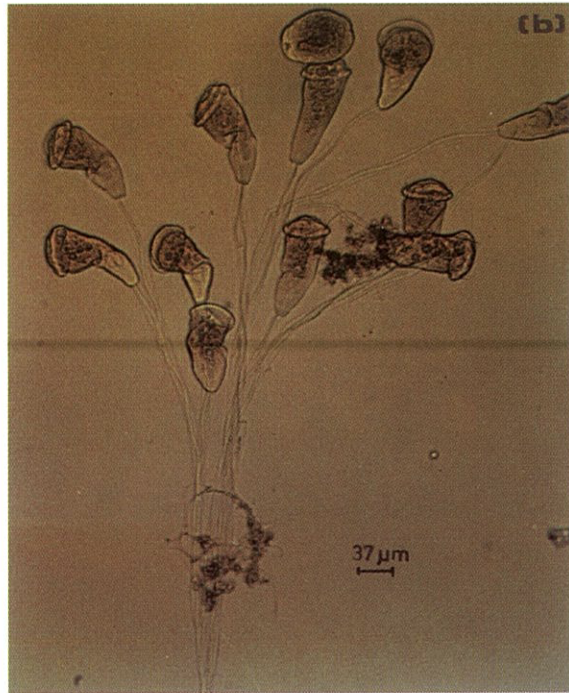
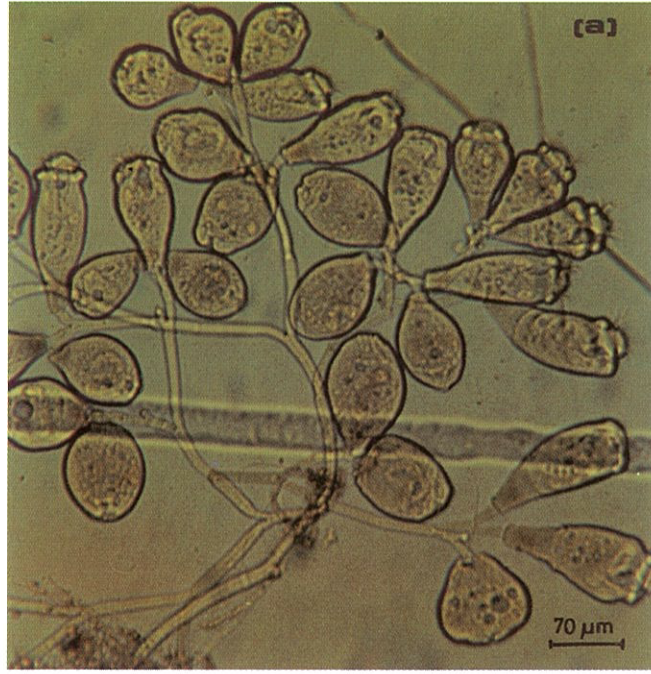
* Tür düzeyinde tanımlanmamıştır.

Çizelge 1. Aktif çamur sisteminde tespit edilen siliyat türleri (devam)

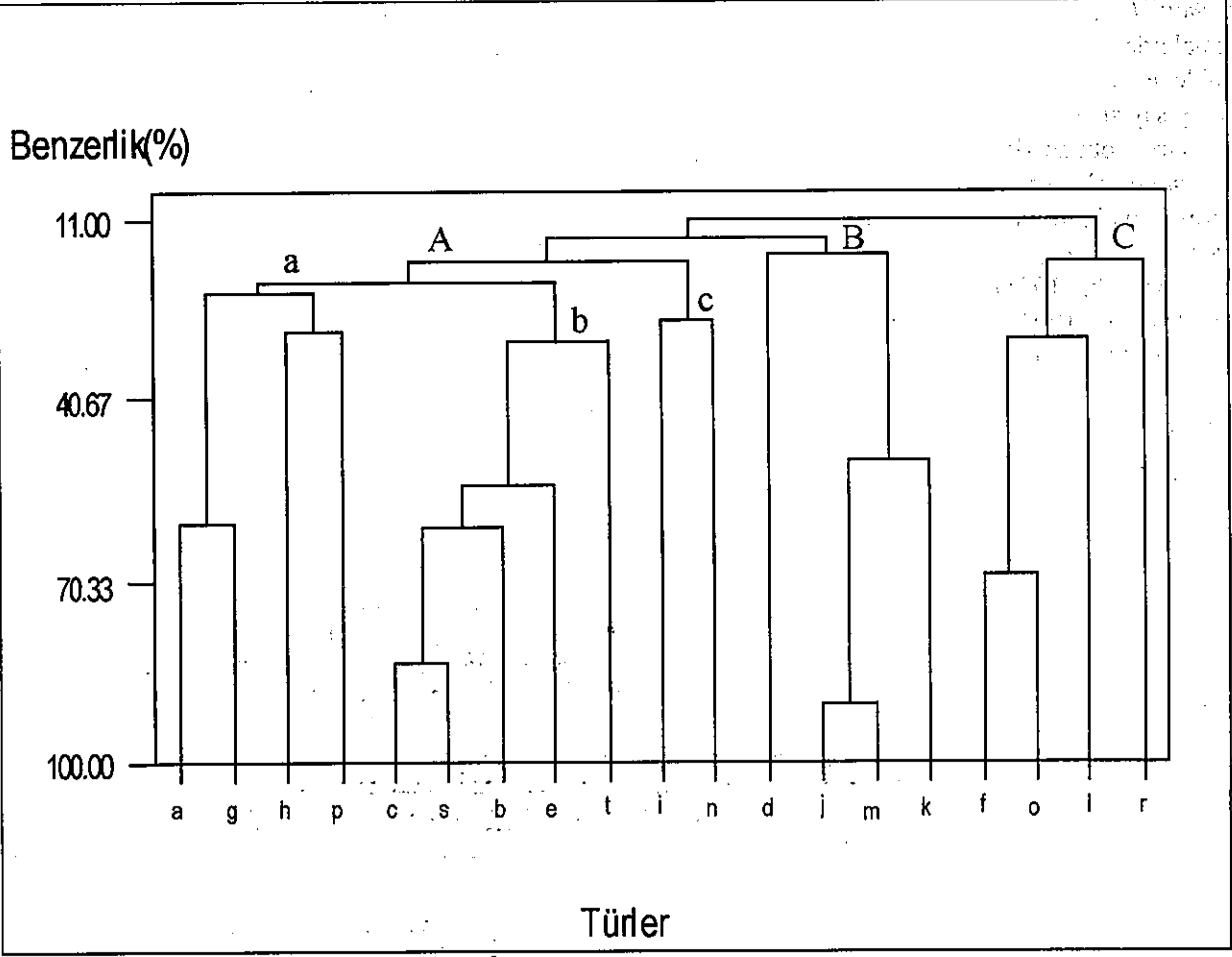
Subclass Peritrichia Stein, 1859														
Ordo Peritrichida Stein, 1859														
<i>Vorticella</i> sp.	2(2.20)	-	2(2.20)											
<i>Vorticella aquadulcis</i> -kompleks	4(4.40)	5(5.49)	9(9.89)											b-a
<i>Vorticella campanula</i> Ehrenberg, 1831	4(4.40)	1(1.10)	5(5.50)											a-b
<i>Vorticella convallaria</i> -kompleks	18(19.78)	67(73.63)	85(93.41)											a
<i>Vorticella infusionum</i> -kompleks	3(3.30)	-	3(3.30)											a
<i>Vorticella microstoma</i> -kompleks	20(21.98)	27(29.67)	47(51.65)											p-a
<i>Vorticella octava</i> -kompleks	44(48.35)	17(18.69)	61(67.03)											b-a
<i>Carchesium polypinum</i> (Linnaeus, 1758)	14(15.38)	32(35.16)	46(50.54)											a
<i>Zoothamnium pygmaeum</i> d'Udekem, 1862	4(4.40)	-	4(4.40)											a
<i>Opercularia coarctata</i> (Claparède & Lachmann, 1858)	41(45.05)	10(10.99)	51(56.04)											a
<i>Opercularia microdiscum</i> Fauré-Fremiet, 1904	16(17.58)	-	16(17.58)											a
<i>Opercularia</i> sp.	17(18.68)	-	17(18.68)											a
<i>Epistylis hentscheli</i> Kahl, 1935	3(3.30)	-	3(3.30)											a-b
<i>Epistylis coronata</i> Nusch, 1970	4(4.40)	6(6.60)	10(11.00)											a
<i>Epistylis entzii</i> Stiller, 1935	25(27.47)	58(63.73)	83(91.21)											a
<i>Epistylis galea</i> Ehrenberg, 1831	3(3.30)	-	3(3.30)											a
<i>Epistylis plicatilis</i> Ehrenberg, 1831	32(35.16)	22(24.18)	54(59.34)											a-b
<i>Epistylis rotans</i> Sveç, 1897	1(1.10)	-	1(1.10)											o-b
<i>Epistylis</i> sp.	4(4.40)	1(1.10)	5(5.50)											
Class Polyhymenophora Jankowski, 1967														
Subclass Spirotrichia Bütschli, 1889														
Ordo Heterotrichida Stein 1859														
<i>Metopus</i> sp.	2(2.20)	-	2(2.20)											
Subclass Hypotrichia Stein, 1859														
Ordo Hypotrichida Stein, 1859														
<i>Oxytricha</i> sp.	2(2.20)	-	2(2.20)											b-a
<i>Tachysoma peltionellum</i> Borror, 1972	2(2.20)	-	2(2.20)											
<i>Euplotes</i> sp.	5(5.49)	-	5(5.49)											
<i>Aspidisca cicada</i> (Muehler, 1786)	1(1.10)	90(98.90)	91(100)											a-b
<i>Aspidisca lynceus</i> (Mueller, 1773)	8(8.79)	47(51.65)	55(60.44)											b-a



Şekil 1. YYÜ atık su arıtma sisteminde tespit edilen bazı siliyat türleri a, b, c, d. Suctoria türleri; e. *Opercularia microdiscum*; f. *Opercularia coarctata*; g. *Vorticella convallaria*.



Şekil 2. YYÜ atık su arıtma sisteminde tespit edilen bazı siliyat türleri a. *Epistylis entzii*; b. *Carchesium polypinum*.



Şekil 3. Siliyat türlerine ait dendrogram a. *A. cicada*; b. *A. lynceus*; c. *V. convallaria*; d. *V. octava*; e. *V. microstoma*; f. *E. entzii*; g. *E. plicalitis*; h. *O. coarctata*; i. *T. compressum*; j. *C. colpoda*; k. *D. campylum*; l. *A. uncinata*; m. *T. pyriformis*; n. *U. nigricans*; o. *E. coronata*; p. *O. microdiscum*; r. *A. incurvata*; s. *C. polypinum*; t. *Opercularia* sp.

Tespit edilen 40 siliyat türünün 19'u %10 ve daha fazla frekans ile gözlenmiştir. Bu türlere ait dendrogram Şekil 3'de verilmiştir. Dendrograma göre birbirine hemen hemen eşit mesafede bağlantılı üç siliyat grubu bulunmaktadır: A, B, C. A grubu birbirleriyle farklı derecede ilişkili üç alt gruba ayrılır. a. *A. cicada*, *E. plicalitis*, *O. coarctata*, *O. microdiscum*; b. *V. convallaria*, *C. polypinum*, *A. lynceus*, *V. microstoma*, *Opercularia* sp.; c. *T. compressum*, *U. nigricans*. B grubu: *V. octava*, *C. colpoda*, *T. pyriformis*, *D. campylum*. C grubu: *E. entzii*, *E. coronata*, *A. uncinata*, *A. incurvata*.

Tartışma ve Sonuç

YYÜ Atık su Arıtma Tesisinde Suctorio türleri dışında 40 siliyat türü tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında (Curds ve Cockburn, 1970; Esteban ve ark., 1990, 1991; Madoni, 1982, 1994; Madoni ve Ghetti, 1981; Martín-Cereceda ve ark., 1996; Poole, 1984; Salvadó ve ark., 1995; Sudo ve Aiba, 1984), tespit edilen siliyat türlerinin çoğunluğunun aktif çamur sisteminin yaygın siliyatları olduğu görülür. Söz konusu çalışmalarda da belirtildiği gibi *Aspidisca* spp., *Vorticella* spp., *Epistylis* spp., *Opercularia* spp. bu çalışmada da dominant siliyat türleri olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte *V. aquadulcis*, *E.*

henscheli, *E. galea*, *E. rotans*, *E. coronata* önceki çalışmalarda rapor edilmemiştir. Bu türlerin, özellikle *E. coronata* dışındakilerin görülme sıklığı ve birey sayısına dikkat edilirse bu ekosistemin tipik elemanları olmadıkları görülür. *Acineria* ve *Trimyema* bu ekosistemde yaşayan siliyatlar ile ilgili literatürde nadiren rapor edilmiştir. Aktif çamurda *Acineria uncinata* (Martín-Cereceda ve ark., 1996; Salvadó ve ark., 1995) ve *A. incurvata* (Augustin, 1987; Madoni, 1994) sadece iki kez saptanmıştır. Bununla birlikte aktif çamurda yaygın olarak rapor edilmiş olan *Trachellophyllum pusillum*'a bu çalışmada rastlanmamıştır. *A. uncinata* ve *T. pusillum* morfolojik olarak birbirine benzer iki türdür. Bu benzerlik ve *T. pusillum*'un deskripsiyonunun henüz tam olarak yapılmadığı (Foissner ve ark., 1995) dikkate alınırca, Martín-Cereceda ve ark. (1996) tarafından da belirtildiği gibi bu iki tür *in vivo* koşulda birbirleriyle karıştırılmış olabilir ve *A. uncinata* muhtemelen *T. pusillum* olarak adlandırılmış olabilir. Aktif çamurun sıvı fazında serbest olarak yüzen, anaerobik koşullarda yaşayan bir siliyat türü olan *Trimyema compressum* daha önce sadece bir kez rapor edilmiştir (Augustin ve ark., 1987). *T. compressum* birey sayısı az olmakla birlikte %18 görülme sıklığında YYÜ Arıtma Tesisinde gözlenmiştir. *Trachellophyllum apiculatum* aktif çamur sisteminde bu çalışma ile ilk kez tespit edilmiştir. Ancak çalışma periyodu sırasında sadece iki örnekte ve çok az sayıda gözleendiği için bu ekosistemin tipik elemanı olarak kabul edilemez. Aktif çamurda siliyat populasyonları arasındaki ilişkileri araştıran Madoni ve Ghetti (1981) *Aspidisca costata* (syn *A. cicada*), *Vorticella convallaria*, *V. striata* var. *octava*, *Trochilia minuta* ve *Epistylis plicatilis*'in temel komüniteyi oluşturduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada *Trochilia minuta* dışındaki türler yaygın bir şekilde gözlenmiştir. *T. minuta*'ya ise araştırma periyodu sırasında hiçbir örnekte rastlanmamıştır.

YYÜ Arıtma Tesisinde tespit edilen siliyat türlerinin çoğunluğu sesil ve sürünerek hareket eden türlerdir. Bunların görülme sıklıkları ve birey sayıları daha yüksektir. Floklara bağlı siliyatlar stabil koşullardaki havalandırma tankının temsili siliyatlarıdır ve bu türlerin dominant durumda olması çıkış suyunun kalitesini yükseltir (Curds, 1971;

Madoni, 1994; Martín-Cereceda ve ark., 1996). Stabil havalandırma tankında nadiren bulunan serbest yüzen siliyatlar (Madoni, 1994), YYÜ Arıtma Tesisinde düşük yoğunluk ve sıklıkta gözlenmişlerdir. Bunlar başlama fazındaki havalandırma tankının temsili siliyatlarıdır (Martín-Cereceda ve ark., 1996; Madoni, 1982). Bu çalışmada *Tetrahymena pyriformis*, *Trimyema compressum*, *Colpidium colpoda*, *Dexiostoma campylum* flokla bağlantılı türlere göre daha az, ancak diğer serbest yüzen siliyatlara oranla daha fazla gözlenmişlerdir. Martín-Cereceda ve ark. (1996) giriş suyundaki çoğu toksik maddelerin aktif çamur komünitesini baskıladıklarını, özellikle *Dexiostoma campylum*'un, giriş suyundaki toksisiteye diğerlerine göre daha dirençli olduğunu belirtmişlerdir. Ancak bu türlerin YYÜ Arıtma Tesisinde hiçbir zaman dominant durumda olmaması, toksite dışında bazı fiziksel ve kimyasal faktörlerin, bu ekosistemde komünite yapısında bazı dalgalanmalara neden olabileceğini gösterir. Zira *Colpidium colpoda*, *Trimyema compressum*, *Dexiostoma campylum*, *Paramecium caudatum*, *Metopus* sp. gibi serbest yüzen siliyatlarla birlikte *A. incurvata* ve *V. infusionum* yetersiz oksijen, anaerobik koşullar ya da aşırı yüklenmenin indikatörleridir (Foissner ve Berger, 1996). Aşırı yük ve oksijen eksikliğinin indikatörü olan *Metopus* sp. ve *P. caudatum* çok az sayıda ve az sıklıkta gözlenmiştir.

Türler arasındaki yakınlık derecesi dikkate alındığında aktif çamur sisteminde siliyatların farklı gruplar oluşturduğu görülür. YYÜ aktif çamur sisteminde siliyat türleri esas olarak üç grup oluşturmaktadır. Bazı istisnalar olmakla birlikte grup oluşumunda siliyat türlerinin komünite yapıları (bkz. Çizelge 1) ve flokla olan ilişkileri etkili olmaktadır. a ve b gruplarına dahil olan türler sesil ve sürünerek hareket eden siliyat türleri olup, komünite yapıları dikkate alındığında bir çoğunun sağlıklı aktif çamur üyeleri olduğu görülür. c grubu ise serbest yüzen siliyat türleridir. B grubu *V. octava* dışında serbest yüzen, yüklü aktif çamur siliyatlarını içerir. *V. octava* ise bu türlere daha uzak bir mesafede yer almaktadır. C grubu sesil ve sürünerek hareket eden siliyatlardan oluşmaktadır. *A. incurvata*'nın komünite yapısı sağlıklı olmayan aktif çamur olmasına rağmen bu grupta yer alması

ilgi çekicidir. Yine de bu tür diğerlerine daha uzak bir mesafede yer almaktadır. *Opercularia microdiscum*, *Vorticella octava*, *V. microstoma* ve *Epistylis coronata* ise şimdiye kadar herhangi bir kommuniteye dahil edilmemiştir.

Bu çalışmada tespit edilen *Epistylis* spp., *Opercularia* spp., *Aspidisca* spp., *Acineria uncinata*, *Vorticella convallaria*, *Carchesium polypinum*, *Chilodonella uncinata*, *Euplotes* sp., Foissner ve Berger'in (1996) de belirtmiş oldukları gibi sağlıklı aktif çamur siliyatları arasında yer almaktadırlar. Bu kommunitede bulunan türler yeterli oksijen ve uygun yüklemenin indikatörü olan alfa-beta mesosaprobik türlerdir. YYÜ aktif çamur sisteminde iki kommunité karşılaştırıldığında, normal aktif çamur siliyatlarının yüksek frekans ve bollukta gözlenen siliyat türleri olduğu görülür.

Kaynaklar

- Augustin, H., Foissner, W., Adam, H., 1987. Revision of the genera *Acineria*, *Trimyema* and *Trochilopsis* (Protozoa, Ciliophora). *Bulletin of the British Museum (Natural History) Zoology Series*. 52(6):197-224.
- Bick, H., 1973. Population dynamics of Protozoa associated with the decay of organic materials in fresh water. *Amer. Zool.* 13:149-160.
- Curds, C. R., 1969. *An illustrated key to the British freshwater ciliated Protozoa commonly found in activated sludge*. H.M.S.O., London, 90.
- Curds, C. R., 1971. Computer simulations of microbial population dynamics in the activated sludge process. *Water Res.* 5:1049-1066.
- Curds, C. R., 1973. The role of Protozoa in the activated-sludge process. *Amer. Zool.* 13:161-169.
- Curds, C.R., A., Cockburn, 1970. Protozoa in biological sewage-treatment processes-I. A survey of the protozoan fauna of british percolating filters and activated-sludge plants. *Water Research.* 4:225-236.
- 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, Bautista, L.M., 1991. Dynamics of ciliated Protozoa communities in activated-sludge process. *Wat. Res.* 25(8):967-972.
- Foissner, W., 1988. Taxonomic and nomenclatural revision of Sladeczek's list of ciliates (Protozoa: Ciliophora) as indicators of water quality. *Hydrobiologia.* 166:1-64.
- Foissner, W., Berger, H., Blatterer, H., Kohmann, F., 1991. *Taxonomische und ökologische revision der ciliaten des saprobiensystems. Band I: Cryptophorida, Oligotrichida, Hypotrichia, Colpodea.* Informations berichte des Bayer. Landesamtes für wasser wirtschaft, Heft 1/91, 478.
- Foissner, W., Berger, H., Kohmann, F., 1992. *Taxonomische und ökologische revision der ciliaten des saprobiensystems. Band II: Peritrichia, Odontostomatida.* Informations berichte des Bayer. Landesamtes für wasser wirtschaft, Heft 5/92, 502.
- Foissner, W., Berger, H., Kohmann, F., 1994. *Taxonomische und ökologische revision der ciliaten des saprobiensystems. Band III: Hymenostomata, Prostomatida, Nassulida.* Informations berichte des Bayer. Landesamtes für wasser wirtschaft, Heft 1/94, 548.
- Foissner, W., Berger, H., Blatterer, H., Kohmann, F., 1995. *Taxonomische und ökologische revision der ciliaten des saprobiensystems. Band IV: Gymnostomatea, Loxodes, Suctorina.* Informations berichte des Bayer. Landesamtes für wasserwirtschaft. Heft 1/95, 540.
- Foissner, W., Berger, H., 1996. A user-friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes, and waste waters, with notes on their ecology. *Freshwater Biology.* 35(2):375-482.
- Luna-Pabello, V.M., Mayen, R., Olvera-Viascan, V., Saavedra, J., Duran de Bazua, C., 1990. Ciliated Protozoa as indicators of a wastewater treatment system performance, *Biological Wastes.* 32:81-90.
- Madoni, P., 1982. Growth and succession of ciliate populations during the establishment of a mature activated sludge. *Acta Hydrobiol.* 24(3):223-232.
- Madoni, P., 1994. A sludge biotic index (SBI) for the evaluation of the biological performance of activated sludge plants based on the microfauna analysis. *Wat. Res.* 28(1):67-75.
- Madoni, P., Davoli, D., Chierici, E., 1993. Comparative analysis of the activated sludge

- microfauna in several sewage treatment works. *Wat. Res.* 27(9):1485-1491.
- Madoni, P., Ghetti, P.F., 1981. The structure of ciliated Protozoa communities in biological sewage-treatment plants. *Hydrobiologia.* 83:207-215.
- Martín-Cereceda, M., Serrano, S., Guinea, A., 1996. A comparative study of ciliated Protozoa communities in activated-sludge plants. *FEMS Microbiology Ecology.* 21:267-276.
- 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 Res.*, 18:281-287.
- Salvadó, H., Gracia, M.P., 1993. Determination of organic loading rate of activated sludge plants based on protozoan analysis. *Wat. Res.* 27(5):891-895.
- Salvadó, H., Gracia, M.P., Amigo, J.M., 1995. Capability of ciliated Protozoa as indicators of effluent quality in activated sludge plants. *Wat. Res.* 29(4):1041-1050.
- Sudo, R., 1984. Role and function of Protozoa in the biological treatment of polluted waters. *Advances in Biochemical Engineering/ Biotechnology.* 29:117-141.