

Uloga mikrofaune u procjeni kvalitete aktivnog mulja

Duić Sertić, Maja

Undergraduate thesis / Završni rad

2012

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/um:nbn:hr:217:860144>

Rights / Prava: [In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-24**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEU ILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATI KI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

Uloga mikrofaune u procjeni kvalitete aktivnog mulja
Microfauna role in assessing the quality of activated sludge

Maja Dui Serti
Znanosti o okolišu
Environmental sciences
Mentor: Doc.dr.sc. Maria Špoljar

Zagreb, 2012.

Sadržaj:

1. Uvod	Error! Bookmark not defined. - 2
1.1. Mikroorganizmi aktivnog mulja	3 - 4
2. Stupnjevi pro iš avanja otpadnih voda	5 - 10
2.1. Pro iš iva i otpadnih voda u Hrvatskoj	8 - 9
2.1.1. Centralni ure aj za pro iš avanje otpadnih voda grada Zagreba–CUPOVZ	10
3. Mikrofauna aktivnog mulja	11 - 16
3.1. Protozoa	11 - 14
3.2. Metazoa	15 - 16
4. Procjena kvalitete aktivnog mulja temeljem analize bioti ke komponente i mikrofaune	17 - 19
5. Literatura	20 - 21
6. Sažetak	22
7. Summary	23

1. Uvod

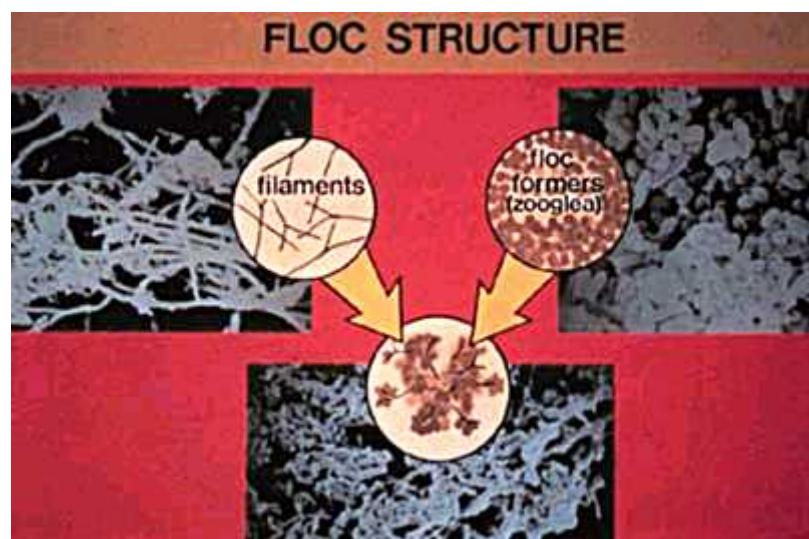
Sustav javne odvodnje, osim otpadnih komunalnih voda, naj eš e prikuplja i oborinske vode koje ispiru i unose one iš enja s prometnicama i okolnoga poljoprivrednoga i drugoga zemljišta, kao i dio pro iš enih ili nepro iš enih industrijskih otpadnih voda te ih odvodi do ure aja za pro iš avanje ili ih ispušta direktno u vodotok ili more bez pro iš avanja. U posljednje se vrijeme postavljaju sve ve i zahtjevi zaštite okoliša, posebno za pro iš avanje otpadnih voda, jer su nepro iš ene otpadne vode zna ajan zaga iva vodotokova i podzemnih voda. Pro iš avanjem otpadnih voda smanjuje se opasnost od one iš enja okoliša kao i zdravlja ljudi. Biološki pro iš iva i (BP) pripadaju skupini modernih sustava za pro iš avanje otpadnih voda. Biološki postupci na ure ajima za biološko pro iš avanje otpadnih voda sli ni su procesima samoo iš enja (autopurifikacije) u prirodnim vodama, razlika je u tome što se biološki postupci zasnivaju na ve oj ili manjoj kontroli rasta i razvoja mikroflore te se itav postupak odvija u ograni enim prostorima, u kra em vremenu i uz kontrolu imbenika koji utje u na odvijanje postupka (Tedeschi, 1997).

Pro iš avanje otpadne vode kod klasi nih oblika bioloških pro iš iva a bazira se na prirodnim postupcima uz osiguranje dovoljnih koli ina kisika za održanje aerobnih uvjeta. Uz oksidaciju organske tvari i duši nih i fosfornih spojeva, biološki pro iš iva i su uspješni i u uklanjanju suspendirane tvari i patogenih mikroorganizama (<http://www.webgradnja.hr>).

Povijesno gledano, prvi biološki pro iš iva i otpadnih voda na principu aktivnog mulja, primjenjuju se od 1914. godine, pod pretpostavkom da mikroorganizmi prilago eni životu u aeracijskom spremniku pove avaju u inkovitost pro iš avanja. U posljednjih nekoliko desetlje a su se razvili moderniji oblici bioloških pro iš iva a znatno ve e u inkovitosti. Aktivni mulj je naziv za biološki aktivnu biomasu aerobne mikroflore, suspendirane u otpadnoj vodi u obliku flokula, pri emu se u flokulama osim živih i aktivnih mikroorganizama nalaze i mrtve stanice, kao i organske (biorazgradiva i bionerazgradiva) i anorganske tvari iz otpadnih voda koje se pro iš avaju (<http://www.scribd.com>).

Aktivni mulj formira se me usobnim povezivanjem bakterija, kvasaca, algi, protozoa i metazoa sa suspendiranim esticama u ve e ili manje nakupine nazvane flokule ili pahuljice. Unutar flokula nije ujedna en raspored mikroorganizama. U površinskom sloju zastupljeni su mikroorganizmi koji koriste više kisika za razgradnju tvari u otpadnoj vodi, dok se u unutrašnjosti flokula nalaze mikroorganizmi koji razgra uju produkte razgradnje mikroorganizama iz površinskog sloja i koriste manje kisika (<http://www.engitech.com>).

Struktura flokule aktivnog mulja, prikazana na slici 1., temelji se na kombinaciji bakterija štapi astog oblika vrste *Zooglea ramigera*, nitastih bakterija, drugih oblika bakterija i mikrozoo-komponente. Nitaste bakterije s vrstom *Z. ramigera* ine srž flokule i pripajaju se vrsto uz esticu organske tvari. Organska tvar kao i bakterije drugih oblika zaustavljaju se izme u filamenata nitastih bakterija i sudjeluju u gradnji flokule. Ravnoteža izme u oba oblika bakterija daje najbolji (kuglasti ili sferi ni) oblik flokule, koja brzo sedimentira (Tedeschi, 1997).



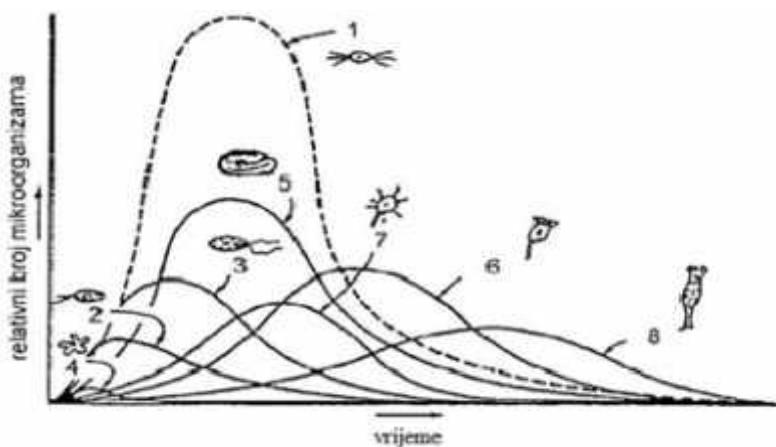
Slika 1. Prikaz strukture flokule aktivnog mulja

(<http://web.deu.edu.tr>)

Glavno na elo aktivnog mulja je mikrobiološki rast flokularnih struktura, stoga u inkovitost sustava ovisi o fizi kim i biološkim obilježjima flokula (Ghanizadeh i Sarrafpour, 2001). Biota prisutna u aktivnom mulju, iz ure aja za pro iš avanje otpadnih voda, uglavnom se sastoji od bakterija, protozoa i metazoa. Protozoa i metazoa važni su organizmi mikroskopske veli ine (mikroorganizmi) koji sudjeluju u ravnoteži ekosustava prilikom pro iš avanje otpadnih voda. Zbog svoje osjetljivosti na fizi ke i kemijske promjene koriste se kao indikatori promjena u sustavu (Amaral i sur., 2004) i) i bit e posebno obra ivani u poglavlju 1.1. Mikroorganizmi aktivnog mulja.

1.1. Mikroorganizmi aktivnog mulja

Najvažniji i najzastupljeniji mikroorganizmi aktivnog mulja su bakterije, ali važnu ulogu u procesu avanju aktivnim muljem imaju i druge skupine mikroskopski sitnih organizama poput kvasaca, algi, protozoa i metazoa. Relativan broj mikroorganizama te njihova uloga u razgradnji organskog materijala u procesu avanju otpadnih voda prikazana je na slici 2.



Slika 2. Najvažniji organizmi u razgradnji organske tvari su: bakterije (1), Phytoflagelata (2), Zooflagelata (3), amebe (Sarcodina) (4), slobodno plivajući i trepetljikaši (Ciliata) (5), vezani trepetljikaši (Ciliata) (6), sisarci (Suctoria) (7), metazoa – najviše kolnjaci (Rotifera) (8)

Djelovanje pojedinih mikroorganizama uvijek se udružuje, kako u prirodi tako i u uređajima za biološko procesiranje otpadnih voda. Veliki broj stanica istih ili različitih vrsta djeluju u istom smislu, tj. svi zajedno sudjeluju u razgradnji organskog materijala u otpadnim vodama. Biološka aktivnost mikroorganizama ovisi o više parametara kao što su temperatura, pH-vrijednost, količina toksičnih tvari, koncentracija otopljenog kisika u vodi i sl.

Ovisno o potrebi za kisikom ili ugljik (IV) oksidom dijelimo ih na :

aerobne mikroorganizme – iz otpadne vode upotrebljavaju otopljene sastojke kao izvore energije i ugljika prevode i ih uz otopljeni atmosferski kisik u mikrobnu biomasu i jednostavne produkte kao što su ugljik (IV) oksid, voda i amonijak (neophodan je unos kisika prozra ivanjem). Anaerobne mikroorganizme – imaju potrebu za ugljik (IV) oksidom. Sastojke iz otpadne vode provode u plinovite produkte, kao što su metan, sumporovodik, ugljik (IV) oksid i vodik uz nastajanje neznate koli ine mikrobne biomase (smatra se da kisik djeluje toksi no na njihov rast; metanogene kulture).

Najve u biokemijsku aktivnost imaju bakterije, zbog brzog rasta i raznolikog enzimskog potencijala. Bakterije koje su prisutne u aktivnom mulju ovise o vrsti otpadnih voda koje se pro iš avaju, te o nizu ekoloških imbenika kao što su pH, temperatura, koli ina otopljenih hranjivih tvari i kisika i sl. Ve ina izoliranih bakterija iz aktivnog mulja ine Gram-negativne vrste, ali ima i nitrifikacijskih i filamentoznih vrsta (*Pseudomonas, Zoogla, Flavobacterium, Nocardia, Nitrobacte ,Sphaerotilus, Micrococcus*).

Kvasci i gljive razvijaju se u aktivnoim mulju kada je pH <5. Prisustvo kvasaca u aktivnom mulju govori o smanjenom efektu pro iš avanja, te izazivaju bubreњe aktivnog mulja. Rodovi koji se naj eš e nalaze u aktivnom mulju su *Trichosporon* i *Saccharomyces*.

Prisutnost i brojnost odre enih protozoa i metazoa u aktivnom mulju govori nam o sastavu, uvjetima i promjenama u aktivnom mulju te o kvaliteti aktivnog mulja.

2. Stupnjevi pro iš avanja otpadnih voda

Otpadne vode prije ispuštanja u prijemnike, naj eš e rijeke, uvijek je neophodno pro istiti, kako bi se iz njih uklonile plivaju e, lebde e i otopljene tvari te koloidi, do onih koli ina ili koncentracija u kojima pro iš ene otpadne vode ispuštene u prijemnike nisu opasne za život i ljudsko zdravlje i ne uzrokuju neželjene promjene u okolišu. Otpadne vode predstavljaju mješavinu vodom nošenih one iš enja, svojstva ovih voda bitno ovise o njihovom porijeklu (ku anske, industrijske,oborinske vode). Pro iš avanje voda obavlja se primjenom fizikalnih radnji (operacija), kemijskim i biološkim postupcima (procesima). Da bi se iz vode uklonile otpadne tvari, primjenjuju se razli iti postupci i radnje na ure ajima za pro iš avanje. Naj eš e primjenjivani postupci i radnje za uklanjanje otpadnih tvari iz vode navedeni su u tablici 1.

Tablica 1. Radnje i postupci za uklanjanje nekih one iš iva a
(Tedeschi,1997).

Očišćivo	Radnje i postupci
Raspšene tvari	taloženje, rešetanje i usitnjavanje, cijedenje, isplivavanje, zgrušavanje, alternativni postupci
Biorazgradive organske tvari	aktivni mulj, prokarnici, okretni biološki nosači, lagune, fizikalno-kemijski postupci (zgrušnjavanje – pululjičenje), alternativni postupci
Patogeni mikroorganizmi	kloriranje, ozonizacija, zračenje UV, alternativni postupci
Drušik	nitritifikacija - denitrifikacija, odvajanje amonijaka, ionska izmjena, kloriranje do "kritične točke", alternativni postupci
Postor	kemijsko obaranje, zgrušavanje vupnom, biološki postupci, alternativni postupci
Postojane organske tvari	adsorpcija aktivnim ugljenom, ozonizacija, alternativni postupci
Teške kovine	kemijsko obaranje, ionska izmjena, alternativni postupci
Otopljene anorganske tvari	ionska izmjena, reverzna osmoza, elektrodijulizacija

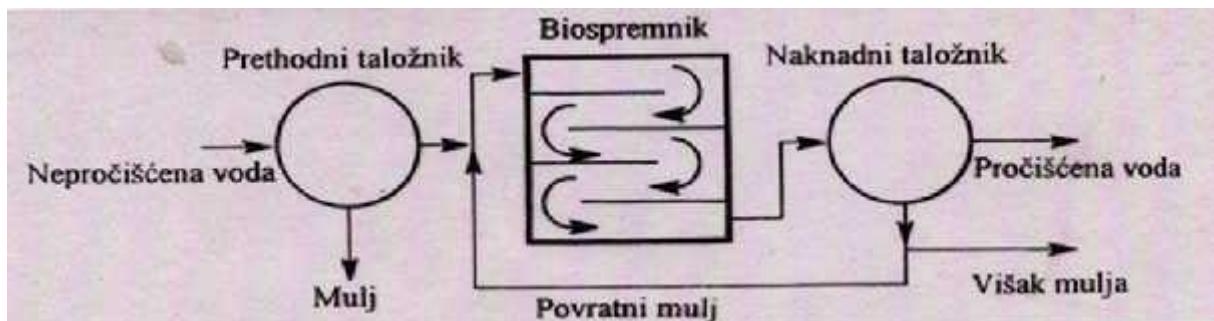
Do kraja 80-tih godina prošlog stolje a, za pro iš avanje otpadnih voda korištena su tehnološka rješenja primjenom aktivnog mulja – klasi ni biološki postupci. U novije vrijeme koriste se uz konvencionalno mehani ko – biološke postupke sa aktivnim muljem i sekventni bazenski reaktor (SBR). Temelji se na sekvencama – punjenje, reakcija, taloženje i dekantiranje, te biomembranski postupci obrade komunalnih otpadnih voda. SBR je varijanta konvencionalnog postupka pro iš avanja aktivnim muljem. Za razliku od proto nog postupka, ovdje se biološko pro iš avanje i sedimentacija, odvija u jednom te istom prostoru, odnosno reaktoru te se prostorno razdvajanje bioloških postupaka pro iš avanja i sedimentacije zamjenjuje vremenskim razdvajanjem (Biondi i Ivaniš, 2009).

Pri prevođenju otpadnih voda radnje i postupci koji se primjenjuju na uređaju za biološko prevođenje najčešće se razvrstavaju kao: prethodno prevođenje (preliminarno), prvi (primarni), drugi (sekundarni) i treći stupanj prevođenja (tercijarni). Prethodnim stupnjem prevođenja iz otpadnih voda uklanjuju se krupne plutajuće otpadne tvari, pijesak i šljunak. Nakon uklanjanja suspendiranih estica i koloidno disperznih estica koje se mogu taložiti, preostale netaložive koloidne estice i razgrane organske tvari uklanjuju se iz vode tzv. sekundarnim prevođenjem, a to se najčešće izvodi biološkim postupcima prevođenja. Prikazan je protok one prevođenje vode kroz biološki prevođeni otpadnih voda (slika 3.). Biološki postupci prevođenja otpadnih voda upotrebljavaju se za pretvorbu raspršene i otopljene organske tvari u stanično tkivo (biomasu), plinove i nerazgradivi ostatak. Mikroorganizmi koriste organsku tvar kao hranu za izgradnju svojih stanica, a stanična masa taloženjem odvaja od vode. Ostatak mrtvih i živih stanica, kao i nerazgrane tvari kod bioloških postupaka prevođenja otpadnih voda naziva se "biološki mulj". U uređajima za biološko prevođenje voda mikroorganizmi mogu biti raspršeni u vodi (aktivni mulj) ili pri vršenju na kruta tijela, a njihova uloga u biološkim postupcima prevođenja otpadnih voda prikazana je u tablici 2. (Tedeschi, 1997).

Tablica 2. Pregled glavnih bioloških postupaka u prevođenju otpadnih voda (Tedeschi, 1997).

Nacin održavanja mikroorganizama	Aerobni postupci	Anaerobni postupci	Bakteriološka oksidacija i redukcija
Raspršeni u vodi	Aktivni mulj Prozračena laguna Aerobne stabilizacijske bare Aerobno vrenje (digestija)	Anaerobni kontaktni postupak Anaerobne stabilizacijske bare Anaerobno vrenje (digestija)	Nitrifikacija Denitrifikacija
Pričvršćeni na podlozi	Prokarnici Okretni biološki nosači Biološke cijediljke	Anaerobne cijediljke	Nitrifikacija Denitrifikacija

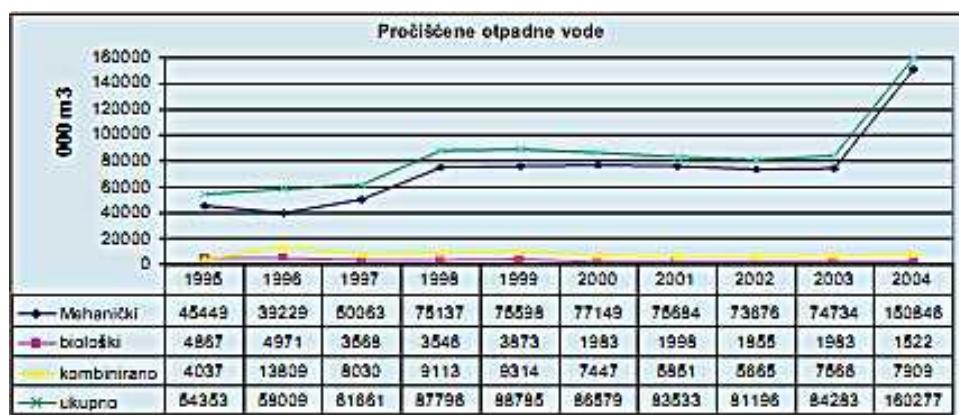
Biološki postupci prošavanja otpadnih voda mogu se odvijati u aerobnim uvjetima (aktivni mulj, prozračna laguna, prokapnici, biološke cjediljke, okretni biološki nosači) ili u anaerobnim uvjetima (npr. anaerobne stabilizacijske bare, anaerobne cjediljke). Anaerobna obrada otpadnih voda razlikuje se od konvencionalnog aerobnog tretmana. Odsutnost kisika dovodi do kontrolirane pretvorbe kompleksnih organskih materijala u enja, prvenstveno na ugljeni dioksid i metan. Anaerobni tretman ima povoljne učinke kao što su uklanjanje visokog organskog opterećenja, niska proizvodnja mulja, uklanjanje velikog broja patogena, proizvodnja plina – bioplina i niska potrošnja energije (Eikelboom, Buijsen, 1987).



Slika 3. Shematski prikaz biološkog prošivanja otpadnih voda

2.1. Proces iščišiva i otpadnih voda u Hrvatskoj

Iako izgradnja kanalizacijske mreže pokazuje trend rasta, stupanj procesa iščišivanja otpadnih voda prikupljenih sustavom javne odvodnje nije zadovoljavajući. Provodi se već inom prvi, najniži stupanj procesa iščišivanja – mehaničko pročišćavanje kojim se otklanja najmanji postotak one iščišive (uklanjanje pijeska i šljunka, krupnih, raspršenih i plutajućih otpadnih tvari). Slika 4. na kojoj se vidi porast broja mehaničkih procesa iščišivanja otpadnih voda, dok je broj bioloških i kombiniranih procesa iščišivanja otpadnih voda vrlo mali.



Slika 4. Prikaz procesa iščišivanja otpadnih voda iz sustava javne odvodnje

(izvor: Državni zavod za statistiku – DZS; Okoliš na dlanu, 2006).

Prvi klasični mehanički – biološki uređaj za proces iščišavanje otpadnih voda u Republici Hrvatskoj izgrađen je u Velikoj Gorici 1975. godine i rekonstruiran je 1986. godine, kapaciteta je 35.000 ekvivalent stanovnika (ES). Tablica 3. i slika 5. prikazuju uređaje za proces iščišavanje otpadnih voda s obzirom na stupnjeve procesa iščišavanja i kapacitet ekvivalenta stanovnika u Republici Hrvatskoj.

Tablica 3. Prikaz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda s obzirom na stupnjeve pročišćavanja i kapacitet ekvivalent stanovnika u RH (<http://www.voda.hr>).

UREĐAJI ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U RH					
KAPACITET ES	0 – 2.000	2.000 – 10.000	10.000 – 15.000	15.000 – 150.000	> 150.000
PRETHODNI STUPANJ	2	9	5	10	2
I STUPANJ	1	9		9	
II STUPANJ	28	16	2	6	3
III STUPANJ				1	
	31	34	7	26	5
UKUPNO	31		72		



Slika 5. Prikaz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u Republici Hrvatskoj podjeljenih prema stupnjevima pročišćavanja otpadnih voda (<http://www.voda.hr>).

2.1.1. Centralni uređaj za pripremavanje otpadnih voda grada Zagreba – CUPOVZ

U skladu sa zakonskom obvezom o zaštiti voda te međunarodnoj Konvenciji o suradnji na zaštiti i održivoj uporabi rijeke Dunav, kao i injenicom da Grad Zagreb nije mogao provesti potrebnu zaštitu voda i vodocrpilišta zbog blizine kanalizacionog sustava, bila je nužna izgradnja infrastrukturnih objekata s Centralnim uređajem za pripremavanje otpadnih voda grada Zagreba (<http://www.zagreb.hr>, slika 6).

Uređaj za mehaničko pripremavanje otpadnih voda počeo je s radom u travnju 2004., a radovi na izgradnji objekata za biološko pripremavanje otpadnih voda, odnosno centralnog uređaja za pripremavanje otpadnih voda grada Zagreba započeli su 1. prosinca 2004., završeni su u rujnu 2007. Kapacitet izgrađenog uređaja iznosi 1,2 milijuna ES, a može se prema potrebi proširiti na 1,5 milijuna ES. Sastoji se od postrojenja za mehaničko i biološko pripremavanje otpadnih voda i mulja. U biološkom pripremavanju otpadnih voda primjenjuje se i postupak anaerobnog truljenja (digestije) mulja, pri tome nastaje bioplinski gas koji se u parnoj termoelektrani koristi za proizvodnju termičke i električne energije koja se ponovo koristi u postupku pripremavanja (www.zov-zagreb.hr).



Slik

a 6. Prikaz centralnog uređaja za pripremavanje otpadnih voda grada Zagreba

3. Mikrofauna aktivnog mulja

3.1 Protozoa

Protozoa (praživotinje) su raznolika skupina jednostani nih eukariotskih organizama veli ine od $2\mu\text{m}$ do više od $4500\mu\text{m}$, od kojih su mnogi pokretni dok su neki sesilni. Iako ne postoji to na definicija pojma protozoa, esto se odnosi na jednostani ne heterotrofne protiste, npr. amebe i trepetljikaše. U aktivnom mulju protozoa se hrane organskim tvarima iz vodenog medija ili drugim živim organizmima. Hrane i se bakterijama iz mulja doprinose boljem taloženju mulja i ve oj prozirnosti vode iznad mulja. Protozoima pripadaju bi aši (Mastigophora ili Flagellata), sluzavci (Sarcodina), trepetljikaši (Ciliophora), truskovci (Sporozoa ili Apicomplexa) i Cnidospora, s time da su posljednje dvije skupine isklju ivo endozoi ki paraziti (Habdić i sur., 2004). Protozoa mogu biti pokretni, npr. slobodno plivaju i ili sesilni, tj. vezani za podlogu te ine 5% biomase aktivnog mulja od ega su najzastupljeniji trepetljikaši i bi aši. Dobri su indikatori opskrbljenoosti kisikom u aktivnom mulju i osjetljivi su na toksi ne tvari. U ovom poglavlju navest u naj eš e svoje i vrste protozoa koje nalazimo u aktivnom mulju i njihova indikatorska obilježja.

Od Sarcodina, *Aracella pamphagus* dolazi u većim količinama u mulju koji dobro radi. Njegovo prisutstvo u mulju ukazuje na gubitak nitrifikacijske sposobnosti. Krupne amebe, *Amoeba proteus* i *Arcella vulgaris*, razvijaju se u znatnim količinama u mulju kojeg karakteriziraju guste kompaktne flokule i prozirna voda nad aktivnim muljem (Eikelboom, Buijsen, 1987).



Slika 7. Slika diferencijalno interferencijskog mikroskopa *Amoeba proteus* (a), povećanje 75x, *Arcella vulgaris* (b), povećanje 75x (<http://www.arcella.nl/Arcella>)

Trepetljikaši (Ciliata) su idealni indikatori za rano ukazivanje promjena u vodenom ekosustavu (Nicolau i sur., 2001). Od trepetljikaša papućice, *Paramecium* sp. (slika 8.) u aktivnom mulju nestaju pri nagloj promjeni sastava otpadne vode, npr. količina toksina, koncentracija otopljenog kisika, nedostatak hranjivih tvari. Vrsta *Pramecium caudatum* otporna je na nedostatak kisika, a hrani se i fekalnim kolifirmima, pa tako utječe na njihovo smanjenje u otpadnim vodama, npr. vrste *Escherichia coli* (Eikelboom i Buijsen, 1987).



Slika 8. Papućica (*Paramecium* sp.), fazno kontrastni mikroskop, povećanje 400x (<http://www.sciencephoto.com>)

Pri vrš eni trepetljikaši, npr. *Vorticella convallaria* i *Carchesium* sp., razvijaju se u znatnim koli inama u nitrificiraju em mulju. Pri regeneraciji mulja njihova pojava ukazuje na uspostavljanje prvobitnih svojstava, odnosno stabilne uvjete s dosta kisika u aktivnom mulju. Pri nedostaku kisika *Vorticella* se otkida od drška i prelazi u slobodno plivaju i oblik "telotrex" s posteriornim vijencem trepetljika. Pojava vrste *Vorticella microstoma* ukazuje na preoptere eni mulj s nedostatakom kisika. Vrste *Opercularia coarctata* i *O. glomerata* prisutne su u aktivnom mulju u razli itim koncentracijama. Pri pove anom optere enju toksi nim tvarima jedinke se skupljaju i prelaze u ciste. Kod narušavanja režima iš enja, promjene pH, temperature ili sastava otpadne vode, jedinke bubre i ugibaju (Eikelboom i Buijsen, 1987).



Slika 9. *Vorticella microstoma*
(<http://www.maristasgranada.net>)



Slika 10. *Opercularia coarctata*
(<http://starcentral.mbl.edu>)

Slobodno plivaju i trepetljikaši, primjerice vrste rodova *Oxytricha* (slika 11.) , i *Colpidium*. Nedostatak kisika na njih ne utjeće, pa njihova prisutnost ukazuje na preopterećenost mulja i preveliku prisutnost organskih restica (Eikelboom, Buijsen, 1987).



Slika 11. Mikroskopska slika *Oxytricha* sp.

(<http://www.friendsofwarhamlnr.org.uk>)

Vrste roda *Aspidisca* (slika 12.), prisutne su gotovo uvijek u aktivnom mulju. U zimskim uvjetima postižu veliku brojnost u odsutnosti sitnih ameba što ukazuje na dobru kvalitetu mulja. Za vrijeme ljeta njen razvoj govori o dubokoj nitrifikaciji i slaboj kvaliteti mulja.



Slika 12. *Aspidisca* sp.

(<http://starcentral.mbl.edu>)

Prvi znak povećanja toksičnosti u aktivnom mulju je smanjeno kretanje trepetljikaša. Zatim slijedi naglo povećanje brojnosti biča i slobodno plivaju ih trepetljikaša što uzrokuje raspadanje flokula aktivnog mulja i ukazuje na preopterećenost sustava (Eikelboom i Buijsen, 1987).

3.2. Metazoa

Pod pojmom metazoa podrazumijevamo višestani ne eukariotske organizme. U aktivnom mulju, od metazoa prisutni su u najvećoj mjeri kolnjaci (Rotifera / Rotatoria), obli i (Nematoda) i malo etinaši (Oligochaeta).

Obli i (Nematoda) svojim načinom kretanja (savijanje tijela) i rovanjem u potrazi za hranom omogućuju ili uspostavju difuziju kisika u strukturi flokula potičući mikrobiološku aktivnost. Izvrsni su indikatori i najmanjih promjena u aktivnom mulju, kao npr. promjena u koncentraciji otopljenog kisika u otpadnoj vodi. Veliki broj obli i ukazuje na postojanje stagnacijskih zona u uredu za proravavanje koje su uzrokovane nedovoljnom aeracijom (Eikelboom i Buijsen, 1987).

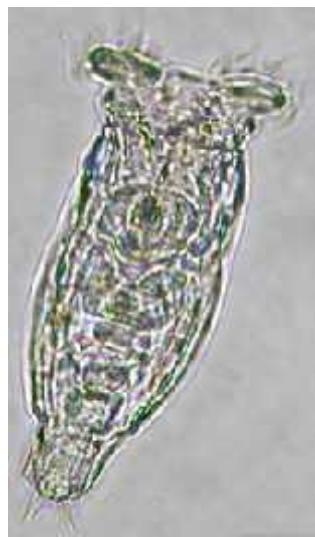


Slika 13. Obli – Nematoda

(<http://water.me.vccs.edu>)

Kolnjaci (Rotifera) su vezani za bentonsku zajednicu kao polusesilni i sesilni oblici vezani za bentonske zajednice, a drugi su se prilagodili životu u planktonskoj zajednici. Kolnjaci, kao npr. vrste rodova *Phylodina* i *Notommata*, prisutni su i estuarijima u aktivnom mulju i njihova uloga je stabiliziranje kolonija organskih restica. Hrane i se organskim resticama doprinose stabilizaciji flokula, stimulaciji bakterijske aktivnosti, recikliraju mineralnih tvari te povećaju koncentracije kisika (water.me.vccs.edu/courses/).

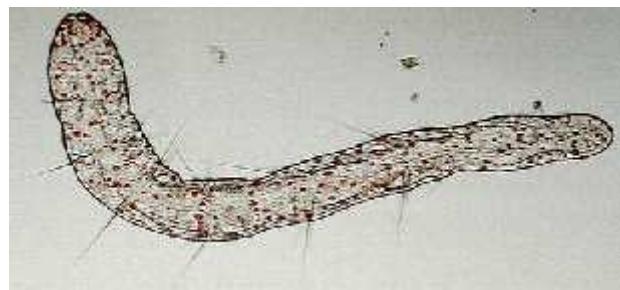
Preopterećenje mulja i nedostatak kisika na njih ne utječe na njihovo rast. Nalazimo ih u starijem mulju jer im je potrebno više vremena za rast, razvoj i povećanje biomase. Veliki broj kolnjaka i prirodnih trepetljikaša ukazuje na stabilne uvjete s dosta kisika u aktivnom mulju. Iznadno je obično kolnjaka, pojava mrtvih i nabubrenih jedinki ukazuje na naglu promjenu uvjeta (pH otpadne vode, povišenom sadržaju SO₂) u uredu za proravavanje otpadnih voda.



Slika 15. *Phylodina* sp.

(<http://www.savalli.us>)

Malo etinaši (Oligochaeta), poput *Aeolosoma* i *Nais* dobro se razvijaju u starijem nitrificiranom mulju.



Slika 14. *Aeolosoma* sp.

(<http://wormworld11.wikispaces.com>)

4. Procjena kvalitete aktivnog mulja temeljem analize bioti ke komponente i mikrofaune

Cilj klasifikacije i procjene kvalitete aktivnog mulja je razumijevanje biologije mikroorganizama koji sa injavaju aktivni mulj za uspješno provo enje tehnološkog pro iš avanja vode. Postoje razli ite metode istraživanja kvalitete aktivog mulja. Naj eš e se koristi mikroskopska metoda, odnosno utvr ivanje sadržaja aktivnog mulja putem mikroskopske analize uzoraka. Osim mikroskopske analize kvaliteta aktivnog mulja procjenjuje se putem fizikalno – kemijskih analiza, analiza toksi nosti kultura i istraživanja in vitro (Mahassen i sur.,2010).

Mikroskopski pregled mulja uklju uje više razli itih postupaka, kao npr. procjenu flokula (broj i vizualne karakteristike flokula; oblik, struktura, veli ina, vrstina, postojanost), procjenu filamentoznog rasta (abudanciju) prema prijedlogu za subjektivnu procjenu brojnosti filamenata, identifikaciju filamenata po Eikelbloom-u i kvalitativan i kvantitativan sastav prisutnih Protozoa i Metazoa (Eikelbloom, 2000; Jenkins, Richards et Diagger, 2004).

S obzirom na odre enu vrstu flokula, izgled vode iznad aktivnog mulja i sastav mikroorganizama koji se nalaze u aktivnom mulju, aktivni mulj se kvalitativno klasificira (Reh i Buger, 2007).

Kad biospremnik dobro radi voda iznad aktivnog mulja je prozirna, a mulj ine kompaktne i guste flokule koje se talože u obliku krupnih flokula, što uzrokuje brzu sedimentaciju. Takav mulj naziva se dobar mulj i u njemu nalazimo ve e koli ine razli itih jednostavnih protozoa podjednako zastupljenih u brojnosti. Uvijek su prisutne svojte: *Aspidisca* sp., *Aracella pamphagus*, dok rijetko pronalazimo bi aše i sitne amebe, *Lionotus* sp., *Podophrya* sp. i *Vorticella microstoma*.

Mulj iz regeneratora kod zadovoljavaju e aeracije sadrži krupne flokule koje se brzo talože, a voda iznad aktivnog mulja je prozirna. U takvom aktivnom mulju koli inski prevladavaju trepetljikaši iz skupine Peritricha (*Carchesium*, *Vorticella convallaria*, *Opercularia*) nad plivaju im trepetljikašima. Brojnost Peritricha i vrsta roda *Zooglea* ve a je nego u mulju biospremnika (Eikelboom i Buijsen, 1987).

Mulj kod nedovoljne regeneracije karakteriziraju flokule mulja koje se raspadaju na manje dijelove, a voda iznad aktivnog mulja je mutna jer sadrži neistaloženi mulj. U aktivnom mulju prevladavaju krupni i slobodnoplivajući trepetljikaši, npr. vrste rodova *Vorticella* i *Opercularia*. Do optimalnog učinka aktivnog mulja dolazi kada je uspostavljena ravnoteža između slobodno plivajućih i pričvršćenih trepetljikaša te kolnjaka. Prekomjeran broj bičaša, ameba ili slobodno plivajućih trepetljikaša pokazatelj visoke koncentracije organske tvari, dok prekomjeran broj pričvršćenih trepetljikaša, kolnjaka i drugih viših oblika života ukazuje na malu koncentraciju organske tvari u aktivnom mulju (Mahassen i sur., 2010).

U dezintegriranom mulju flokule su rahle, a voda iznad aktivnog mulja sadrži neistaloženi mulj. U dezintegriranom aktivnom mulju protozoa postupno nestaju, postaju providni i nestaju im probavni mjeđuhrijeti. Trepetljikaši i kolnjaci postepeno prelaze u ciste.

Nitrificirani mulj karakteriziraju rahle flokule koje se nakon taloženja raspadaju, a voda iznad aktivnog mulja je neprozirna. U ovom mulju prisutne su znante koljnjačice *Callidina*, *Rotatoria* i dr. Brojano prevladavaju Peritricha (*Vorticella convallaria*, *Carchesium*, *Aracella*) i krupne amebe. Veoma je razvijena *Zooglea ramigera*, dok su malo detinasti prisutni u malom broju, a potpuno su odsutne sitne amebe i bezbojni bicaši.

Preopterećeni mulj ima tamne i guste flokule, a voda iznad aktivnog mulja opalescira. Preopterećeni mulj obilježava velika brojnost bezbojnih bicaša, sitnih ameba i trepetljikaša, a malo broj raznih vrsta mikroorganizama (prevladavaju 2–3 vrste). Negdje su u znatnoj brojnosti prisutni *Podophria*, *Chilodon*, *Nematodes*, *Vorticella miorostoma*, *Opercularia* te nitaste bakterije *Cladotrix* i *Beggiota*.

Mulj pri nedostatku kisika obilježavaju male flokule koje se raspadaju na još manje dijelove, a voda iznad aktivnog mulja je neprozirna. U aktivnom mulju nalazimo velik broj različitih vrsta bicaša. Od trepetljikaša prevladava *P. caudatum*, koja pokazuje veliku izdržljivost u nedostatku kisika i sposobnost kretanja u trulom mulju. Nepokretni kolnjaci prelaze u latentno stanje, nitaste operkularije su nepokretne s uvođenim trepetljikama na disku, mulj gubi funkciju propisanu avanja. Osobito se vrste roda *Vorticella* razdvajaju na segmente koje se nakon izvjesnog vremena rasprsnjuju i isezavaju (Eikelboom i Buijsen, 1987).

Kvaliteta aktivnog mulja koja je određena mikroorganizmima i mikrofaunom procjenjuje se utvrđivanjem volumnog indeksa mulja SVI, (engl. *sludge volume index*) SVI izračuna se kao omjer volumena istaloženog mulja nakon 30 minuta (ml) i umnoška po etnovolumena ispitivanog mulja (l) i koncentracije suhe tvari biomase prije početka ispitivanja. Niska vrijednost ovog indeksa ukazuje na mulj dobre kvalitete dok visoka vrijednost ukazuje na mulj loše kvalitete. Slika 16. prikazuje dobru kvalitetu aktivnog mulja jer je volumni indeks mulje nizak. Volumni indeks mulja ovisi o sastavu otpadne vode i karakteristikama aeracijskog bazena. Visok udio biorazgradivih tvari koje su sadržane u nekim kućanskim i industrijskim vodama mogu dati veće SVI vrijednosti. Dobar mulj pokazuje SVI vrijednosti manje od 100 ml/g. Kod vrijednosti 80-140 ml/g taloživost mulja je dobra, a kod vrijednosti 150 -200ml/g slaba (<http://www.scribd.com>).



Slika 16. Prikaz mulja dobre kvalitete

(<http://web.deu.edu.tr>)

Dobro razvijena i zdrava mikrofauna aktivnog mulja osnovni je preduvjet za uspješno izvođenje procesa degradacije, hidrolize, oksidacije i redukcije na koji su temelj uklanjanja organskih restica iz otpadnih voda.

4. Literatura

- Amaral A.L., M da Motta, Pons M.N., Vivier H., Roche N., Mota M. And Ferreira E.C., 2004. Survey of Protozoa and Metazoa populations in wastewater treatment plants by image analysis and discriminant analysis.
Environmetrics,15, 381-390.
- Biondi D. i Ivaniš Z., 2009. Pregled stanja i smjernice razvoja odvodnje i prošavanja komunalnih otpadnih voda u Republici Hrvatskoj, Hrvatske vode (http://www.wfdcroatia.eu/userfiles/file/UWWTD_WFD/presentations/02-Current%20status_Bionic.pdf)
- Dunpath K., Presence of protozoa and metazoa in activated sludge during favourable and unfavourable conditions
(<http://www.ewisa.co.za/literature/files/457%20Dunpath.pdf>)
- Eikelboom E., Buijsen H. J. J., 1987. Handbuch für die mikroskopische Schlammmuntersuchung, Hirtheim, München, pp. 91
- Ghanizadeh G, Sarrafpour R, 2001. The Effects of Temperature and Ph on Settability of Activated Sludge Flocs. Iranian J. Publ. Health, 30, 139-142.
- Habdija I., Primc Habdija B., Radanović I., Vidaković J., Kučinić M., Špoljar M., Matonićkin R. i Miliša M., 2004. Protista – Protozoa i Matazoa – Invertebrata funkcionalna građa i praktikum, Samobor: Meridijani, 61 – 96.
- Mahassen M. El-Deeb G., Thabet F. Ahmed Sakran, Eman E.I. Ibraheem El-Tahaway, 2010. Efficiency Evaluation of a wastewater Treatment Plant by Activated Sludge, INSI Publication
- Nicolau A., Dias N., Mota M., Lima N., 2001. Trends in the use of protozoa in the assessment of wastewater treatment, Res.Microbiol.152, 621-630.
- Reh Ž., Buger B., 2007. Ekonomski značaj bioloških analiza aktivnog mulja u vođenju tehnološkog procesa prešavjanja otpadnih voda, Zbornik radova Ekoist 07
- Tedeschi S., 1997. Zaštita voda, Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, Sveučilišna tiskara, Zagreb, pp. 113 – 234.
- <http://www.webgradnja.hr/clanci/bioloski-prociscivaci-otpadnih-voda-klasicni-oblici>
- Okoliš na dlanu (2006)
- Zagrebačke otpadne vode (www.zov-zagreb.hr)
- Ekologija biološki procesi
- http://www.abcwua.org/education/SWRP6_MicroActivity.html - tablica/slike

- <http://www.scribd.com/doc/48409603/109/Ecology>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Protozoa>
- <http://www.engitech.com>
- (<http://www.zagreb.hr>)
- <http://www.scribd.com/doc/79438183/Atv-Standard>

6. Sažetak

Razvojem tehnologije i društva povećava se i potreba za pranje iščuvanjem otpadnih voda. Iako je pranje iščuvanje, zbog ograničenja vodenih resursa, neophodno, radi se o vrlo skupom postupku, pa je samim time njegova primjena vrlo mala. Aktivni mulj je flokularna tvorevina koja se sastoji od bakterija, protozoa, metazoa i suspendiranih restica organske tvari. U biološkom pranje iščuvanju voda najveća uloga imaju bakterije zatim protozoa i metazoa. Uloga tih organizama je da uključuju organske tvari iz otpadne vode i stvaraju kao produkt plinove i nerazgradivi ostatak. Utvrđeno je da amebe prevladavaju prilikom pokretanja sustava, dok je prisutnost bivala uz amebe znak toksičnosti preopterećenja sustava. Prisutnost slobodno plivajućih trepetljikaša je indikator dobrog operativnog sustava. Prijevremenje trepetljikaši su dobri bio-indikatori toksičnosti jer prelaze u slobodno plivajuće oblike kada su izloženi nepovoljnim uvjetima. Kolnjaci su znak stabilnog aktivnog mulja i nalazimo ih tijekom povoljnih uvjeta. Svaka od ovih vrsta govori o različitoj opterećenosti sustava za pranje iščuvanje otpadnih voda. S obzirom da biološka aktivnost mikroorganizama ovisi o nizu parametara (temperatura, pH, koncentracija otopljenog kiska, vrsti i koncentraciji otopljenih tvari) izvrsni su indikatori kvalitete aktivnog mulja, jer njihova brojnost i raznolikost govori i o sposobnosti pranje iščuvanja otpadnih voda aktivnim muljem.

Aktivni mulj, protozoa, metazoa, biološki pranje iščuvanje i otpadne vode

7. Summary

Development of technology and society is increasing the need for wastewater treatment. Although the treatment plant it is necessary in order to preserve water resources, but it is a very expensive procedure, and therefore its use is very small. The activated sludge is follicular construction consisting of bacteria, protozoa, metazoa, and suspended particles of organic matter. The biological treatment of water have the greatest role of bacteria and protozoa then metazoa. The role of these organisms is reflected in the water purification process, which in its biomass incorporated organic matter from wastewater and produce a product gas and not degradable rest. It was found that the amoebae predominate at system startup, while the presence of flagellates to amoebae is a sign of toxic overload the system. The presence of free-floating ciliates is a good indicator of the operating system. Attached ciliates are good bio-indicators of toxicity in crossing the free-swimming forms when exposed to such conditions. Brachionus are a sign of a stable activated sludge and found them during favorable conditions. Each of these types of talks on different kind of loading system for wastewater treatment. Given that the biological activity of microorganisms depends on a number of parameters (temperature, pH, concentration of dissolved oxygen, the type and concentration of dissolved substances in the water) are excellent indicators of the quality of sludge, because of their abundance and diversity of talking about the quality and capacity of activated sludge wastewater treatment.

Activated sludge, protozoa, metazoa, biological purifiers, waste water