

Универзитет у Крагујевцу

Факултет инжењерских наука



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Технологије и постројења за пречишћавање воде и ваздуха

Број индекса: 323/2010

Сава Р. Сретеновић

Ротациони биолошки контрактор

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. др Вања Шуштершич - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да:

опише биолошки начин третмана отпадних вода са посебним освртом на ротационе биолошке контракторе (биодискове). При томе неопходно је да анализира која су решења примењена у свету и код нас, изврши прорачун за третман отпадних вода за 500 еквивалентних становника, уради 3Д модел таквог решења и да техно-економску анализу за дато решење.

Препоручена литература:

[1] Hermann E.h., Hahn H.: „Mathematical Modeling of the Performance of a Rotating Biological Contactor for Process Optimisation in Wastewater Treatment“, Karlsruhe, Kalkutta, Indien, 2007. (dissertation)

[2] Драган Цветковић, Вања Шуштершич: „Упоредни преглед карактеристика ротационих биодискова и секвенцијалних фазних реактора за третман комуналних отпадних вода“, Водопривреда, br. 43, pp. 249-257, 2011, ISSN 0350-0519

[3] Eawag – Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology: Low-cost Rotating Biological Contactor – Construction Manual

Крагујевац, 04.04.2012.

ментор:

др Вања Шуштершич

РЕЗИМЕ

За одрживо пречишћавање отпадних вода, у земљама у развоју, треба подстицати примену што једноставнијих и јефтинијих система, а да притом ефикасност не буде доведена у питање. Водећи се овом чињеницом у раду је обрађена тема: „Ротациони биолошки контрактор“ (Биодиск), где је дат опис биолошких третмана отпадних вода са посебним освртом на ротационе биолошке контракторе. У раду је такође приказан тест изводљивости коришћења биодиска са резултатима, кућна варијанта „Биодиска“ за третман урина, као и идејно решење „Биодиска“ са прорачуном, техно-економском анализом и 3Д моделом.

Кључне речи: Ротациони биолошки контрактор, биодиск, пречишћавање отпадне воде

ABSTRACT

In developing countries, simpler and cheaper systems should be encouraged to use for sustainable wastewater treatment while efficiency is not compromised. Using this fact as a guideline, the topic of the paper is : “Rotary biological contractor” (Biodisc), which provides a description of biological treatment of liquid waste , focusing on rotary biological contractors. The paper also presents feasibility test and the results of using biodisc, home variant of “Biodisc” for urine treatment, as well as preliminary design of “Biodisc” with calculation, techno-economic analysis and 3d model.

Key words: Rotary biological contractor, Biodisc, wastewater tretment

Садржај

РЕЗИМЕ	1
ABSTRACT	1
1.0 УВОД	4
2.0 ИСТОРИЈА ОДВОДНИХ СИСТЕМА	5
3.0 ЗАГАЂЕЊЕ ВОДА	6
4.0 КОМУНАЛНЕ ОТПАДНЕ ВОДЕ (САСТАВ)	14
4.1 Показатељи особина отпадних вода	14
4.2 Особине отпадних вода из насеља	18
4.2.1 Биолошки састав отпадне воде	20
5.0 ТРЕТМАН ОТПАДНИХ ВОДА	21
5.1 Врсте третмана у процесима пречишћавања отпадних вода	22
5.1.1 Аеробни третман	22
5.1.1.1 Поцес са активним муљем	22
5.1.1.2 Биолошки процеси прераде отпадних вода у аеробним лагунама	23
5.1.1.3 Биолошки процеси прераде отпадних вода аеробним (плитким) језерима .	24
5.1.2 Анаеробни третман	24
5.1.3 Аеробно - анаеробни процеси	25
5.2 Методе пречишћавања отпадних вода	26
5.3 Уређаји за третман отпадних вода у сеоским домаћинствима	36
5.3.1 Аеробно – анаеробни	36
5.3.2 SBR уређаји	39
5.3.3 Микрофилтрација	40
5.3.4 Септички системи	41
5.3.5 RBC системи	42
5.3.6 Начини уградње система за пречишћавање отпадних вода у сеоским домаћинствима.....	43
6.0 РОТАЦИОНИ БИОЛОШКИ КОНТРАКТОРИ (RBC)	44
6.1 Биофилм реактори за пречишћавање отпадних вода	44
6.2 Карактеристике система за RBC	44
6.1 Прорачун ротационог биолошког контрактора	50
6.1.1 Разматрање поступка прорачуна	50

6.1.2	Фазност RBC јединица.....	51
6.1.3	Оптерећење	52
6.1.4	Карактеристике ефлуента.	53
6.1.5	Карактеристике опреме процеса са RBC.....	54
6.1.6	Проблеми при коришћењу.....	56
6.1.7	Пројектовање RBC процеса	57
6.1.8	Прорачун елемената биодиска	58
7.0	ТЕСТ ИЗВОДЉИВОСТИ КОРИШЋЕЊА БИОДИСКА СА РЕЗУЛТАТИМА	62
7.1	Препоруке	63
7.2	Уводне напомене	63
7.3	Погонски систем	65
7.4	Димензије постројења	65
7.3	Резултати процеса и дискусија - летњи период	67
7.3.1	Утицај хидрауличног оптерећења на процес нитрификације	67
7.4	Резултати процеса и дискусија – зимски период.....	69
7.4.1	Утицај температуре на нитрификацију.....	69
8.0	КУЋНА ВАРИЈАНТА БИОДИСКА ЗА ТРЕТМАН УРИНА	71
8.1	Општи опис кућног система	72
8.2	Преглед система.....	73
8.2.1	Вентили	73
8.2.2	Системске компоненте	73
8.3	Рад система.....	74
8.4	Електроника	76
9.0	ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ БИОДИСКА.....	78
9.1	Трошкови израде биодиска	78
10.0	РАЗЛИЧИТЕ ИЗВЕДБЕ БИОДИСКОВА	80
10.1	Примери биодискова који се користе у свету	80
10.2.	Примери биодискова који се користе у Србији	85
11.0	ЗД МОДЕЛ БИОДИСКА	86
	ЗАКЉУЧАК	91
	ЛИТЕРАТУРА	92

1.0 УВОД

Развој насеља и повећање стандарда становништва увећавају загађење човекове околине, а међу најтеже облике загађење свакако убрајамо и загађење вода. Потрошња воде за разне потребе постаје све већа, што узрокује и пораст количина отпадних вода. Оваквим трендом пораста загађења вода значајно се угрожава човекова животна средина. Узимајући у обзир чињеницу да већина насеља данас не располажу са исправним санитарно-техничким решењем одвођења отпадних вода, неопходно је приступити изградњи јединственог система одвођења и пречишћавања отпадних и загађених вода што је нужни корак према очувању здраве човекове околине.

Природна или кондиционирана вода, пошто је једном искоришћена за одређену намену постаје употребљена или отпадна вода. Том приликом у њен састав улази мања или већа количина различитих примеса – загађивача, односно њене физичке, хемијске и биолошке карактеристике се у току употребе толико мењају да она постаје неподобна за ону употребу при којој је и настала.

Отпадне воде су проблем који прати човека кроз целу историју његовог постојања, од појаве првих цивилизација и градова и оне су сматране нужним злом које прати развој сваке цивилизације и града.

У раду поред описа, састава и третмана отпадних вода дат је и опис биолошког третмана отпадних вода као и третман отпадних вода уз помоћ ротационог биолошког контрактора – (енг. RBC- Rotating Biological Contractor) за који је дато идејно решење и 3Д модел рађеног у програмском окружењу Catia V5R19.

2.0 ИСТОРИЈА ОДВОДНИХ СИСТЕМА

Отпадне воде се од места настајања до постројења за пречишћавање, односно до испуштања у водотокове, одводе канализацијом коју чини систем цеви, канала и уређаја. Канализације нису изум новог доба. Још у старој Индији за време тзв. Индус културе била су у употреби модерна постројења (3000 п.н.е.). Као прави мајстори за канализације доказали су се Римљани. Одвод отпадних вода старог Рима уследио је у познатој “Cloaca maxima”.

Тек у новије време човек је приметио да одвод отпадних вода у реке или њихово понирање у тло може имати штетне последице за питку воду. Нехигијенска, загађена вода често је била узрок великих трагедија и епидемија у средњем веку, али и касније све до краја XIX века (нпр. велика епидемија колере 1854. године која је задесила Лондон и од које је умрло око 5 000 људи и епидемија колере у Хамбургу 1892. године, од које је умрло 10 000 људи).

Изградња водовода је утицала на количину отпадне воде, која се нагло повећала, и која је путем канализације одвођена у реке, тако да је ниво самопречишћавања водотока био брзо досегнут, услед чега је проистекла нужност изградње постројења за пречишћавање отпадних вода.

Данас је већина канализационих мрежа у свету тзв. мешаног типа где се чиста кишница одводи у постројења за пречишћавање отпадних вода заједно са прљавом водом. Код јаких киша, сва ова вода нема довољно места у пречишћивачу, тако да велика количина непречишћене отпадне воде заврши директно у водотоцима. Осим тога, отпадне воде бивају јако разређене, тако да се процеси пречишћавања успоравају. У будућности је неопходно “страну” воду (чисту кишницу са кровова, пешачких стаза или не загађених делова улица) одводити у земљу или ако то није могуће, директно у водотоке посебним системима. [1]



Слика 2.1. Градски канализациони систем [1]

3.0 ЗАГАЂЕЊЕ ВОДА

Укупне количине воде на Земљи износе око $1,4 \cdot 10^9 \text{ km}^3$. Од тога највећи део, 97% се налази у морима и океанима, а слатке воде чине 2,7%.

За човека су посебно интересантне слатке воде, и то само онај део који није заробљен у ледницима (22,8%). Ако се има у виду да на подземне воде отпада 22,4%, док се 0,35% слатке воде налази у језерима и барама, 0,4% у атмосфери, а у водотоцима свега 0,01%, онда је јасно да се од човечанства захтева разуман однос приликом коришћења вода. [2]

Убрзаним растом броја становника и развојем индустрије, неслућеном брзином су почеле да расту потребе у води. Погоршање биолошких вредности водних ресурса настаје загађивањем које може бити природно и антропогено.

Природно загађење настаје дејством катастрофалних процеса који су изазвани поремећајима природних сила (ерупције вулкана, бујични потоци). То су пролазни негативни ефекти које воде одклањају самопречишћавањем.

Антропогено загађење настаје као последица делатности људи. Оно може бити:

- механичко (уношењем крутих отпадака),
- физичко (у вези с променама температурно-енергетских и радијационих показатеља),
- микробиолошко (појава нових микроорганизама или пренамножавање постојећих),
- хемијско (продирање хемијских елемената и једињења која мењају хемијске особине воде).

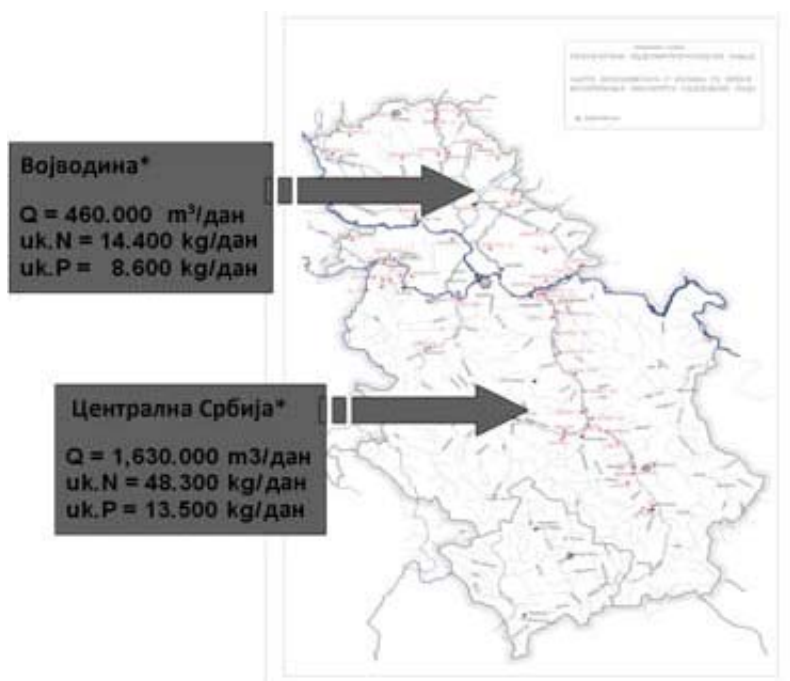
Данас сви градови без обзира на величину и степен развијености државе деле исте проблеме и забринутост за квалитет своје животне средине. Ова околност је значајна јер интересовање за стање животне средине углавном започиње у градским срединама у којима промене еколошких услова имају директни утицај на здравље људи. Каналисање насеља и пречишћавање употребљених вода се може сматрати најважнијим градским проблемом и директно зависи од бројности популације, друштвених односа и развијености земље и регије. [3]

Данас више од две трећине становништва Европе живи у градовима што је последица урбанизације која се одвијала између 1950. и 1980. године. Пораст урбане

популације је био карактеристичан и за простор бивше Југославије у истом периоду. Међутим, у нашем случају је модел урбанизације био резултат другачијег друштвено-економског развоја којем је допринела пре свега убрзана миграција из села у градове. Упоређујући нашу ситуацију налазимо се при дну лествице европских земаља у погледу комуналне опремљености. [3]

У већини европских градова више од 95% становника је повезано на канализациони систем, док Београд заостаје са свега 85% прикључених становника. Ситуација је још неповољнија на нивоу земље, тако да је у Војводини прикључено 45%, а у централној Србији без Београда свега 37% од укупног броја становника. Ово су показатељи да у урбаним срединама настају многобројни еколошки проблеми изазвани неадекватним прикупљањем, евакуацијом и пречишћавањем отпадних вода. [3]

Анализом резултата истраживања из „Опште студије отпадних вода Србије“ добија се да је око 75% градског становништва повезано на јавни канализациони систем, док тај показатељ износи само 9% за сеоско становништво. Укупна стопа прикључења на канализацију је већа од 75% само у три општине (Крагујевац, Нови Сад и Сремски Карловци), док за 16 општина она износи између 50% и 75%. На канализациони систем повезано је 90% градског становништва у градовима Бор, Чачак, Крагујевац, Крушевац, Ниш и Нови Сад. Према анкети у 19 општина у Србији постоје постројења за пречишћавање отпадних вода (ППОВ), 14 са биолошким и 5 са механичким пречишћавањем. Само у 7 општина је почела изградња ППОВ, од тога 6 постројења са биолошким третманом, а 11 општина је пријавило да планира изградњу и то 9 механичких и 2 биолошка постројења за пречишћавање. [3]



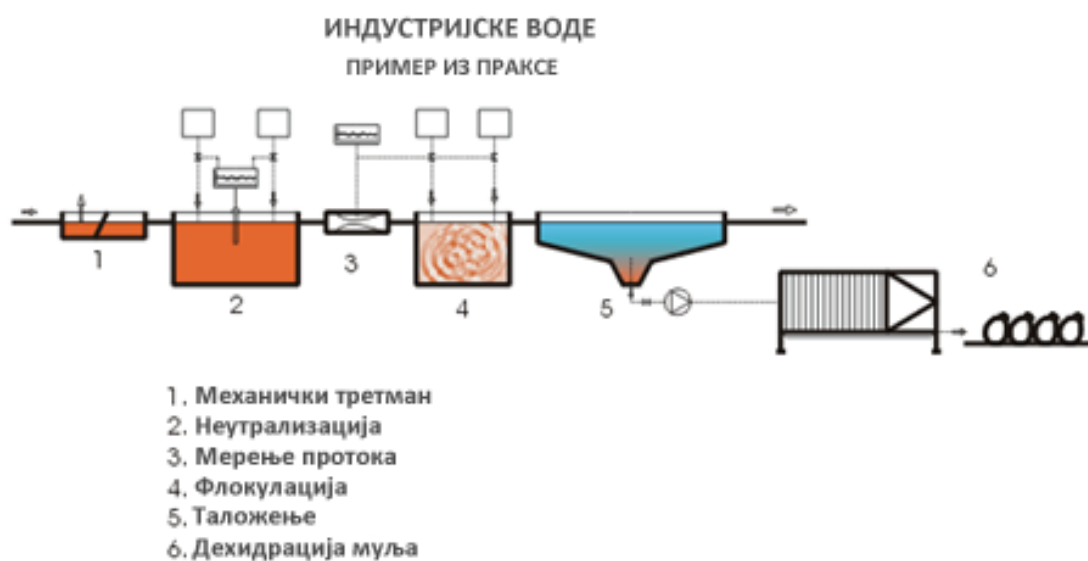
Слика 3.1. Укупна емисија загађења индустријским отпадним водама [2]

Загађење воде услед сагоревања горива. То је типичан пример индиректног загађивања. Продукти сагоревања су гасовите супстанце, аеросоли и дим који у највећој количини одлазе у ваздух. Део ових агенаса падавинама може да се уклони из ваздуха и да поново доспе на земљиште и у воду. Највећи утицај ови загађивачи имају на појаву "киселих" киша, при чему рН кишнице може да се смањи и до $\text{pH} = 4$. Ниска рН вредност кишнице је последица растварања оксида, првенствено SO_3 и SO_4 у капима кише при чему настају киселине H_2SO_3 и H_2SO_4 .

Вода која је настала топљењем снега садржи низ суспендованих честица, нарочито чађи, што овој води даје "прљав изглед", због чега је непогодна за коришћење.

Загађење воде из базне и прерађивачке хемијске индустрије. Број хемијских загађивача пење се на хиљаде, где постоје супстанце високог степена токсичности (жива, цијаниди, меркаптани), као и супстанце које не спадају у ред отрова, али неповољно утичу на флору и фауну река. Хемијски загађивачи могу да се поделе у две групе – група загађивача која се среће код већине фабрика (нпр. киселине) и група загађивача која садржи хемијске супстанце специфичне у производњи једне одређене фабрике.

Посебно је опасно дејство кумулативних отрова који се споро излучују из организма, па непрекидном употребом загађене воде њихова количина се у организму повећава све док не пређе критичну концентрацију када се манифестују симптоми болести. Да не би дошло до загађења потребно је да се отпадне воде пречисте пре испуштања у реке (Слика. 3.2). [2]



Слика 3.2. Постројење за пречишћавање индустријских отпадних вода [2]

У отпадним водама никада није присутно само једно хемијско једињење, па при мешању вода различитог порекла и различитог хемијског састава могу да настану нова хемијска једињења. Од количине хемијске супстанце која је присутна у води зависи да ли ће та супстанца да се понаша као загађивач. Хемијске агенсе који могу да се јаве у отпадним водама делимо на органске и неорганске загађиваче.

Неорганским супстанцама воду највише загађују фабрике киселина (сумпорна, азотна, фосфорна), фабрике амонијака, фабрике које производе NaOH и друге базе. У фабрикама у којима се врши синтеза органских једињења као загађивачи најчешће се јављају угљоводоници, алдехиди, кетони, органске киселине, органске базе, феноли... Када неко од ових једињења доспе у реку најчешће узрокује смањење садржаја кисеоника због тога што се он троши за разградњу тог једињења.

Супстанције из индустрије за производњу детерџената су површински активне супстанце који мењају површински напон воде. Ови агенси ометају размену кисеоника између ваздуха и воде што доводи до смањења садржаја кисеоника раствореног у води и успоравања разградње органских материја.

Воде које су загађене пестицидима одликују се првенствено токсичним деловањем.

Индустрија целулозе и целулозних материјала је велики извор загађивања вода. У водама је знатно заступљен лигнин, меркаптани, сулфиди и сулфити. Честице целулозних материјала прекривају дно реке и доводе до смањења садржаја кисеоника у води.

Различите супстанције делују на различите начине као загађивачи када се налазе у природним водама.

1. Токсично деловање огледа се у изазивању обољења, поремећају у раду организма, оштећењима или смрти као крајњем исходу када се организам налази непосредно у додиру са одговарајућом супстанцијом или се она уноси у организам.

2. Деловање на размену кисеоника између воде и ваздуха које доводи до смањења садржаја кисеоника у води. Супстанције које улазе у састав детерџената смањују површински напон воде и долази до смањења брзине растварања кисеоника. Нафта и деривати нафте делују тако што се површина воде прекрива скрамом која се не меша са водом и она спречава растварање кисеоника у води.

3. Повећање потрошње кисеоника изазивају два процеса. Први је *директна оксидација редукционих агенаса* у води кисеоником који је растворен у њој (оксидација сулфата и нитрита). Други процес је *разградња органских супстанци* дејством бактерија при чему се троши кисеоник. Смањење садржаја кисеоника је последица тога што су загађивачи храна за неке бактерије. Услед тога долази до њиховог

размножавања и све веће количине загађивача почињу да се разлажу услед чега се повећава потрошња кисеоника. Као мерило загађења вода због којег се повећава потрошња кисеоника уведене су величине: хемијска потрошња кисеоника - НРК - представља количину кисеоника потребну за хемијску оксидацију супстанција и биолошка потрошња кисеоника - ВРК - количина кисеоника која се утроши при биолошкој разградњи супстанција у води. [2]

4. Повећање прираста (биомасе) и размножавања воденог биља и других организама је такав вид загађења који је последица присуства супстанција пореклом из минералних ђубрива (фосфати и нитрати).

5. Специфично деловање појединих супстанција огледа се у канцерогеном и мутагеном деловању.

Треба узети у обзир да поједини загађивачи могу да делују на различите начине. На пример сулфиди и меркаптани су токсичне супстанце, али, у исто време, делују и као редукциони агенси који повећавају потрошњу кисеоника у води.

Загађење вода при производњи метала и њиховој обради. Добијање метала најчешће се врши помоћу термометалуршких и хидрометалуршких процеса. При добијању гвожђа у високим пећима ствара се велика количина гасова, који поред гасовитих агенаса садрже и знатну количину чврстих честица. Пречишћавањем ових гасова добија се знатна количина отпадне воде. Ова вода садржи $800-4300 \text{ mg/dm}^3$ чврстих честица, као и сулфатне и хлоридне анјоне, а такође и цијаниде. При поливању шљакe у високим пећима знатна количина воде испари, а остала вода садржи $600-700 \text{ mg/dm}^3$ чврстих честица у облику једињења силицијума, калцијума и др. При изливању гвожђа из високе пећи у калупе користи се вода при њиховој припреми. У отпадној води се налази знатна количина чврстих честица, креч, гвожђе и графит.

Загађење вода при производњи и обради руда. Вађење руда врши се јамским копањем и површинским копом. До закишељавања воде из рудника доводе сулфидне руде које могу да се оксидишу, или руде које садрже као нечистоће сулфиде. Ова вода се из јама или површинских копова избацује и одводи у реку или неки други систем површинске воде. Снижавањем рН воде она постаје хемијски агресивнија. Флотација минералних сировина при којој се одређени минерал одваја од јаловине је веома значајан извор загађења вода. Искоришћени раствори за флотацију, као и раствор оцеђен из концентрата, су извори загађења вода. Ова вода садржи површински активне супстанце, киселине или базе, токсичне супстанце типа крезолa, као и чврсте честице руде и јаловине. [2]

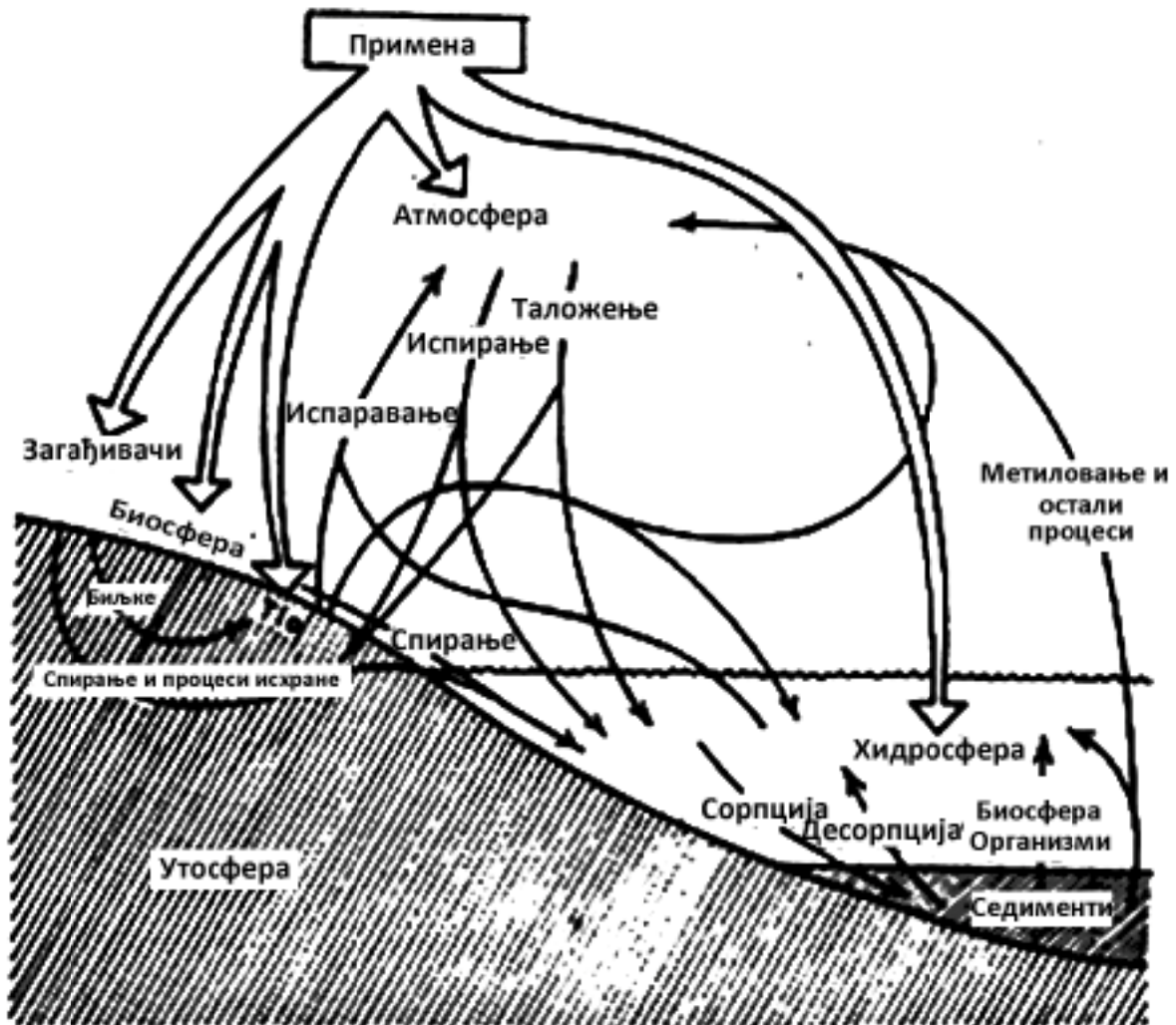
Загађење вода при производњи и преради нафте. Узроци загађења могу да буду извори нафте, рафинерије, бродови којима се она превози, као и хиљаде појединаца који испуштају уље из својих аутомобила у реку, канализациону мрежу или на тло близу изворишта.

Највећу опасност представља бродолом танкера. 1 kg нафте може да прекрије површину воде од 0,5 ha. Из разливане нафте временом испаравају лакше фракције услед чега се нафта згушњава правећи лоптице.

Сагоревањем бензина стварају се знатне количине олова у ваздуху, одакле оно доспева на тло и у воду.

Загађење вода хемијским агенсима коришћеним у пољопривреди и продуктима из прехранбене индустрије. Хемијски агенси који се примењују у пољопривреди и који представљају загађиваче вода су минерална ђубрива и пестициди. За минерална ђубрива користе се једињења азота, калијума и фосфора. Повећање садржаја ових једињења у природним водама доводи до повећања укупних минералних материја и деградира воду. Услед високе концентрације нутријената долази до масовног развоја примарних продуцената, тј. алги („цветање“ воде) и водених макрофита. Њиховим угинућем долази до наглог смањења количине раствореног кисеоника који се троши при труљењу. Ово доводи до појаве аноксије која узрокује угинуће риба и других водених животиња. Посебан проблем је појава „цветања“ *Cyanobacteria* јер многе врсте продукују тзв. цијанотоксине или се они ослобађају после њиховог угинућа

Широко распрострањење пестицида у животној средини и њихова постојаност у природним условима представљају највеће узроке загађења вода (Слика 3.3). [2]



Слика 3.3. Циклус пестицида и других халогенских деривата угљоводоника у природи [2]

Након примене пестициди се простиру на целу земљину куглу, постепено се акумулирају у води и из воде делимично прелазе у атмосферу.

Прерада пољопривредних производа, производња шећера, прерада меса и млека дају велике количине отпадних вода које садрже висок проценат отпадака биолошког порекла. Због тога долази до смањења садржаја кисеоника у води, што је праћено поступним одумирањем организама. Ове воде поред непријатног мириса и укуса одликује висока вредност ВРК.

Загађење вода из насеља. Отпадне воде насеља потичу из домаћинства, атмосферске воде и из индустрије. Атмосферске отпадне воде потичу од кише и од отопљеног снега. Ове воде спирају са кровова кућа и улица различите супстанце које прво доспевају у канализациону мрежу, а потом у реку. Оне садрже сулфате, нитрате, хлориде, нафту, уља...

Увек присутно и веома важно је загађење отпадном водом из домаћинства. Отпадне воде из домаћинства углавном сачињавају органске материје (око 60%). У овим отпадним водама присутни су и патогени микроорганизми па је она и биолошки загађена. ВРК ове воде је висока (од 100-400 mg/dm³).

Отпадне воде из домаћинства поред органских супстанци садрже и средства за прање. Ове супстанце су површински активне, мењају површински напон воде и концентришу се на површини воде. Детерџенти мењајући површински напон воде смањују размену кисеоника са ваздухом. У природним водама долази до смањења садржаја кисеоника, изумирања појединих врста, при чему се повећава могућност настајања анаеробних процеса. Ове супстанце су постојане у води и слабо се оксидишу и разграђују. Полифосфати из детерџената су извор фосфата који је биљна храна. Фосфати се не оксидишу, једино се троше као биљна храна. Последице су сличне као и при употреби ђубрива.

Просечан садржај детерџената у отпадним водама из домаћинства је 16 mg/dm³.

Загађење вода при транспорту везано је за следеће начине настанка загађења:

1. загађење вода при раду транспортних средстава;
2. загађење вода при утовару и истовару из пловних објеката;
3. загађење вода избацивањем отпадака из пловних објеката;
4. загађење вода при хаварији пловних објеката.

Топотно загађење вода. Повишење температуре природних вода изнад опсега у коме се она креће у природним условима непосредно се одражава на биљне и животињске врсте које живе у води. Термално загађење природних вода је последица испуштања загрејаних вода у реке. Ова вода најчешће потиче из термо- и нуклеарних електрана где се користи за хлађење. [2]

4.0 КОМУНАЛНЕ ОТПАДНЕ ВОДЕ (САСТАВ)

Отпадне воде представљају у ствари мешавину разних водом ношених нечистоћа (отпадака). Стога особине ових вода битно зависе од њиховог порекла (домаћинства или индустријске воде).

4.1 Показатељи особина отпадних вода

Главни показатељи особина отпадних вода јесу:

- крупни (површински) отпаци,
- распршене (суспендоване) и отопљене материје,
- микроорганизми,
- хранљиве соли (биогене соли),
- постојане (перзистентне) материје,
- отровне материје,
- радиоактивне материје,
- отопљени гасови,
- повишена температура воде.

Крупни отпаци јесу папир, крпе, коре од воћа и остали крупнији органски и неоргански отпаци. За разградњу (декомпозицију) крупних органских отпадака се троши кисеоник, па се тако смањује количина отопљеног кисеоника у води.

Распршене и отопљене материје које се налазе у отпадним водама су материје органског и неорганског (минералног) порекла. Распршене материје су крупније честице од отопљених материја и које се у отпадним водама налазе у облику јона и молекула. Прелаз између распршене и отопљене материје чине колоиди, тако да је уобичајена следећа класификација:

- отопљене материје, димензија честица до $1 \text{ [nm]} = 10^{-6} \text{ [mm]} = 10^{-9} \text{ [m]}$,
- колоиди, димензија честица од 1 [nm] до $1 \text{ [μm]} = 10^3 \text{ [nm]} = 10^{-3} \text{ [mm]} = 10^{-6} \text{ [m]}$,
- распршена материја, димензија честица преко 1 [μm] . Оријентацијски, за димензије честица до 10 [μm] распршена материја је неталожива, а преко 10 [μm] је таложива. [4]

Отопљена и распршена материја узрокује промену боје у води, а распршена материја и колоиди праве мутноћу. Повећана мутноћа воде спречава продирање

светлости, што успорава фотосинтезу. Због тога се у већим дубинама смањује количина кисеоника, па се повећава зона анаеробне разградње органске материје, чиме се стварају гасови непријатног мириса. (Мирис у води може потицати и од уношења неких хемијских једињења, нарочито кад се уводе индустријске отпадне воде).

Микроорганизми (вируси, бактерије, плесни, алге) су једноћелијски и вишећелијски организми који се налазе у свим отпадним водама. За процесе прочишћавања отпадних вода од нарочитог су значаја следеће две групе микроорганизама:

- микроорганизми разлагачи (сапрофагни микроорганизми),
- микроорганизми из пробавног тракта људи и животиња (фекални микроорганизми).

Микроорганизми разлагачи биолошки разграђују органску материју до неорганске, троше отопљени кисеоник, па се може појавити нежељени мањак (дефицит) кисеоника, односно анаеробно стање.

Према оптималној температури, T [°C], за развој, сапрофагни микроорганизми се деле на:

- криофилне (психрофилне), с оптималном температуром, $T = 0$ до 5 [°C],
- мезофилне, с оптималном температуром, $T = 20$ до 40 [°C],
- термофилне, с оптималном температуром, $T > 40$ (најбоље 55 до 60) [°C].

Микроорганизми из пробавног тракта људи и животиња су темељни показатељ отпадних вода из домаћинства, али их има и у индустријским отпадним водама. Међу овом скупином микроорганизама су посебно значајни патогени микроорганизми који могу бити узрочници обољења (тифуса, паратифуса, хепатитиса, полиомијелитиса, колере, туберкулозе, дизентерије).

Болести се могу пренети купањем у нечистој води (због додира с кожом или због гутања воде) и нарочито конзумирањем производа из воде (нпр. шкољки које се једу сирове). Као индикатор загађења овим микроорганизмима обично служе бактерије нормалне цревне флоре људи и животиња – колиформне бактерије, одређене као највероватнији број бактерија (НББ). Кад фекални микроорганизми доспеју у пријемник (околину) с другачијим условима за живот (температура, концентрација водоникових атома, ултраљубичасто зрачење), постепено исчезавају. Време исчезавања није једнако за све микроорганизме, а првенствено зависи од садржаја отопљених (храњивих) соли у води. [4]

Храњиве соли настају процесом разградње органске материје из отпадних вода испуштених у природне пријемнике. Овај је процес првенствено везан уз настанак соли азота и фосфора, које учествују у стварању беланчевина и тиме подстичу развој планктона (лебдећих микроорганизама чије је кретање зависно од струјања воде) и зелених биљака. Према томе, испуштањем већих количина отпадних вода богатих органским материјама у водне системе (пријемнике) са слабијом изменом воде (језера, акумулације, морски заливи) знатно се повећава количина храњивих соли у екосистему. Ако су при томе за развој биомасе повољни и остали чиниоци (кисеоник, светлост и температура) може доћи до прекомерног раста планктона и стварања отровних алги, тј. до појаве еутрофног стања у пријемнику. Иначе, умерено повећана производња биомасе је уопштено корисна за развој рибарства, али и неприкладна за воде намењене рекреацији.

Постојане материје су органске и неорганске биолошки неразградиве или тешко (споро) разградиве материје. И у раздобљу док траје њихова евентуална разградња неповољно делују на водени живот, а могу се и накопљати у организмима.

Од ових је материја у отпадним водама од првенственог интереса су:

- (а) минерална уља и њихови деривати (нарочито нафта и нафтни деривати),
- (б) пестициди,
- (в) детерџенти,
- (г) пластичне масе.

(а) *Минерална уља* доспевају у водне системе из домаћинства и индустријских отпадних вода. На водној површини стварају танку превлаку што због ометања отапања кисеоника из ваздуха смањује количину отопљеног кисеоника у води, те искључује могућност коришћења воде за рекреацију. У топлијим подручјима Земље минерална су уља биолошки разградива (уз високу потрошњу кисеоника), док је у хладнијим пределима разградња врло спора. Иначе, минерална су уља врло отровна за живе организме у води и код концентрације испод $1 \text{ [mg l}^{-1}\text{]}$.

(б) *Пестициди* доспевају у воду испирањем пољопривредног земљишта (где се користе као средства за заштиту биља), али их има и у индустријским отпадним водама. У погледу онечишћења вода међу најопасније пестициде убрајају се хлорисани угљоводоници који се накопљају у масним ткивима. Додатно, омета фотосинтезу једностаничних алги. Због тога је данас производња и примена ове врсте пестицида готово у потпуности забрањена. [4]

(в) *Детерџенте* налазимо у домаћинствима и индустријским отпадним водама. Њима се у водне системе уносе знатне количине фосфата, што може изазвати еутрофикацију. Постојаност детерџената зависи од њихове молекуларне структуре. Тзв. тврди детерџенти (алкилбензенсулфонати тетрамерне врсте) су практично неразградиви. На водној површини ови детерџенти стварају пену и тиме смањују отапање кисеоника из ваздуха.

Меки детерџенти (линеарни алкилсулфонати) се лакше разграђују, али су два до четири пута отровнији од тврдых детерџената.

(г) *Пластичне масе* се налазе у домаћинствима и индустријским отпадним водама у облику конца, мрежица и врећица. Еколошки утицај ових материја није још у потпуности растумачен.

Отровне материје су материје које према својим количинама и својствима узрокују болести живих организама, ненормално понашање, канцерогене и генетичке промене, физиолошке сметње, физичке деформације и смрт.

У отпадним (првенствено индустријским) водама опасне материје представљене су:

- (а) тешким металима (жива, кадмијум, олово, никл, цинк, сребро, селен, манган, хром, бакар, гвожђе),
- (б) отровима (цијаниди, хромати, флуориди).

Мада су неке од ових материја у мањим количинама потребне за развој организма, у већим количинама постају отровне материје са врло неповољним последицама.

Радиоактивне материје могу у води бити природног и вештачког порекла. Природни извори зрачења су радиоактивни елементи литосфере и свемирска зрачења. Вештачки извори зрачења су радиоактивне материје које се налазе у индустријским отпадним водама, првенствено водама нуклеарних електрана, а потом и водама из индустријских погона у којима се користе радионуклеиди. Повећано зрачење може узроковати генетичке промене, стерилност, канцерогене болести и смрт живих организама. Осим тога, радиоактивне материје улазе у биохемијске процесе, концентришући се од нижих према вишим организмима ланца исхране те могу бити врло опасне за живот човека.

Отопљени гасови су у отпадним водама присутни у различитим концентрацијама. Међу најважнијима је кисеоник који је битан за живот великог броја организама у води. Одређена количина кисеоника се добије и његовим обнављањем (оксидацијом) из ваздуха (додиром ваздуха и слободне површине отпадних вода), као

и процесом фотосинтезе. Поред кисеоника отпадне воде врло често садрже угљендиоксид, који долази отапањем из ваздуха и разградњом органске материје, те сумпорводоник, који првенствено настаје разградњом органских и неких неорганских спојева.

Повишена температура воде последица је испуштања расхладних вода из индустријских постројења, посебно термоелектрана и нуклеарних електрана. Топлија вода садржи мање отопљеног кисеоника, а убрзава метаболизам живих организама, те се кисеоник брже троши, па се појављује све већи мањак кисеоника. Због тога се мењају животни услови станишта, поступно исчезавају организми који требају више кисеоника и почиње анаеробна разградња мртве органске материје. [4]

4.2 Особине отпадних вода из насеља

Отпадне воде из насеља углавном садрже органске материје као што су физиолошке излучевине људи и остаци хране. Поред тога у њима се налазе разна средства за прање и хигијену (сапуни, детерџенти, пасте за зубе), соли и разних врсти отпадака као што су крпе, хартија, вата, пикавци итд. Присуство детерџената (на бази фосфора) у отпадним водама насеља није пожељно са еколошке тачке гледишта јер доприноси еутрофикацији површинских вода.

Генерално отпадна вода из домаћинства, комунална отпадна вода, састоји се од течности и чврстих материја које могу бити у раствореном или суспендованом стању. Количина чврстих материја у комуналној отпадној води је врло мала, обично испод 0.1% по тежини. [5]

Чврсте отпадне материје могу бити:

- Органског
- Неорганског порекла.

Органске чврсте материје – су, углавном материје животињског или биљног порекла укључујући отпадне продукте животиња и биљака као и ткива животиња и биљака. Главне групе материја су беланчевине, угљени хидрати и масти заједно са продуктима њиховог распадања, који настају активношћу бактерија и других живих организама.

Минералне (неорганске) чврсте материје – су инертне материје које нису подложне распадању. У минералне чврсте материје спадају: песак, муљ, шљунак и

минералне соли. Количина свих чврстих материја, органских и минералних, у отпадној води одређује њен квалитет.

Нестабилне отпадне воде су оне које садрже велику количину чврстих материја нарочито органских, док се отпадна вода са мало органских чврстих материја може окарактерисати као стабилна.

Суспендоване чврсте материје – су чврсте материје које могу бити уклоњене из отпадне воде физичким или механичким путем, као на пример таложењем или филтрацијом. Ту спадају: пливајуће честице, песак, шљунак, глина, чврсте излучевине, хартија, делови вуне, делови хране и слично. Суспендоване чврсте материје састоје се од таложних и колоидних чврстих материја. Таложне чврсте материје представљају делове суспендованих материја, чија је величина и тежина таква да се могу таложити. Њихова присутност у отпадној води се обично изражава у милиграмима чврсте материје на литар каналске воде (mg/dm^3). Таложне чврсте материје садрже око 75% органских и око 25% неорганских чврстих материја.

Колоидне суспендоване материје – су материје које се не могу уклонити физичким или механичким средствима. Оне обухватају отприлике 2/3 органских и 1/3 неорганских материја. Подложне су брзом труљењу и играју веома важну улогу у третирању и диспозицији комуналних отпадних вода. Садрже око 40% укупне количине суспендованих чврстих материја.

Растворљиве чврсте материје – овај термин није потпуно адекватан, јер све ове чврсте материје нису у правом раствору, оне садрже и неке материје у колоидном стању. Од укупне количине растворљивих чврстих материја око 9% су у правом раствору, а 10% су у колоидном стању. Растворљиве чврсте материје, у целини садрже око 40% органских и око 60% неорганских чврстих материја.

Комунална отпадна вода садржи у себи и растворене гасове различитих концентрација. Међу најважнијим гасовима је кисеоник који се налази растворен у води из водоводног система и као такав доспева у отпадну воду. Извесна количина кисеоника апсорбује се из ваздуха у додиру ваздуха са површином комуналне отпадне воде, као и фотосинтезом. Поред раствореног кисеоника отпадна вода може садржати и друге гасове: угљен-диоксид, који настаје разлагањем органских материја, азот из атмосфере, сумпор-водоник, који настаје разлагањем органских и неких неорганских сумпорних једињења. Ови гасови, мада се налазе у малим количинама, играју веома важну улогу у разлагању и третирању чврстих материја у отпадној води. [5]

4.2.1 Биолошки састав отпадне воде

Комунална отпадна вода садржи велики број живих организама. Микроорганизми који се налазе у отпадној води су важни јер су они један од разлога због чега се врши пречишћавање отпадних вода, а сем тога од њихових активности (разлагања материја) -зависи и успех пречишћавања.

Микроорганизми се могу поделити у две опште групе:

- бактерије
- друге комплексне микроорганизме.

Бактерије се такође могу поделити у две групе:

- паразите
- сапрофите.

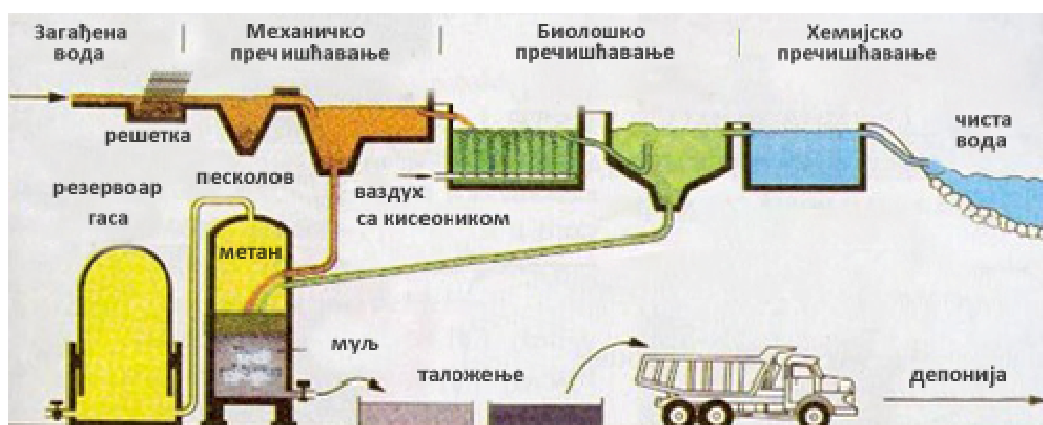
Све ове бактерије обављају разградњу органских чврстих материја у отпадној води. Неке од бактерија могу користити само растворени кисеоник у води. Ове бактерије се називају аеробне бактерије, а процес деградације органских чврстих материјала које оне обављају назива се аеробно разлагање. Овај тип разлагања у присуству раствореног кисеоника, обавља се без стварања непријатног мириса и лошег изгледа отпадне воде. Процес деградације органских чврстих материја под утицајем анаеробних бактерија се назива анаеробно разлагање, односно разлагање материја без присуства раствореног кисеоника услед чега долази до стварања непријатног мириса и лошег изгледа отпадне воде.

Обим пречишћавања отпадних вода је занемарљив, што има за последице лош квалитет воде у водотоцима и подземним изворима, чиме се угрожавају изворишта питке воде. Потоци, речице и реке су претворене у колекторе отпадних вода што је недопустиво са аспекта заштите животне средине. Незадовољавајуће стање у области заштите вода већ представља на неким подручјима опасност за здравље људи (долина Ибра, Саве, Мораве, Дунава). Ово је последица одсуства мера и активности којима се штити квалитет вода као и због недовољног улагања у заштиту вода. [5]

5.0 ТРЕТМАН ОТПАДНИХ ВОДА

Познато је да водотоци имају способност самопречишћавања или аутопурификације. Од када постоји живи свет на земљи вода се користила и помало загађивала биљним, животињским и људским отпаcima тзв. органско загађење. У почетку је то мало утицало на загађивање вода, јер се органски отпад разграђивао помоћу ваздуха, углавном на корисне материје. Дакле, природа је тада била способна да сама пречисти те количине воде.

Међутим, развојем људске заједнице, порастом броја становника и њиховом концентрацијом у великим градовима, количина органских отпадних вода се знатно повећала. Њиховим концентрисаним испуштањем у реке, онемогућаван је процес самопречишћавања и природног биолошког пречишћавања. Осим тога, развојем индустрије крајем 19. и почетком 20. века, човек све више користи воду, а као резултат индустријске производње, настаје не само органско, већ и хемијско (неорганско) загађење воде. Због свега тога се јавила потреба за производњом вештачких биолошких, али и хемијских процеса пречишћавања.



Слика 5.1. Шема процеса пречишћавања [1]

Све отпадне воде би се по правилу требале третирати у постројењима за пречишћавање отпадних вода, међутим у пракси то није случај. Док у развијеним земљама постоји читав низ различитих постројења за пречишћавање отпадних вода, у нашој земљи се већина отпадних вода испушта у водотоке без претходног пречишћавања. [1]

5.1 Врсте третмана у процесима пречишћавања отпадних вода

5.1.1 Аеробни третман

Конвенционалне аеробне технологије, засноване на процесима са активним муљем, доминантно се примењују за третман кућних отпадних вода због високе ефикасности, могућности уклањања хранљивих материја и високе оперативне флексибилности. Ипак, високе цене и оперативни трошкови, који се поклапају са увођењем ових технологија, намећу значајна финансијска ограничења на проширењу покривености овим системима, посебно у земљама у развоју. Дакле, да би се повећала примена постројења за третман комуналних отпадних вода, морају се усвојити решења која су поузданија, једноставнија за употребу и нижих експлоатационих трошкова.

Уопштено говорећи, аеробни системи су погодни за лечење ниско оптерећених отпадних вода (концентрација НРК је мања од 1000 mg/l), док су анаеробни системи погодни за третман високо оптерећених отпадних вода (концентрација НРК иде преко 4000 mg/l). Према F.Y. Sakir-у постоји гранична вредност у распону између 300 и 700 mg/l BPK₅ коначног инфлуента отпадних вода, која је кључна за ефикасно функционисање система пречишћавања.

Такође, у односу на анаеробне системе, аеробни системи постижу веће уклањање растворљивих биоразградивих органских материја, а произведена биомаса је добро флокулисана, што резултира нижом излазном концентрацијом суспендованих материја. [6]

Као резултат тога, квалитет ефлуента је, генерално, већи код аеробних система.

5.1.1.1 Поцес са активним муљем

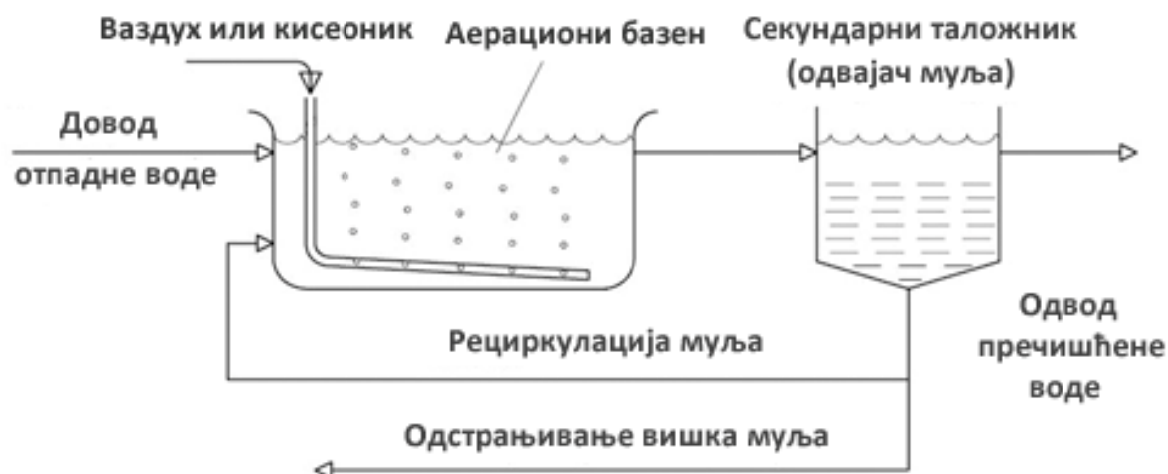
Процес са активним муљем данас представља најраспрострањенији биолошки поступак за пречишћавање отпадних вода. Први пут је примењен у Хјустону (САД) 1916 године и то за пречишћавање санитарних отпадних вода. У последњих тридесетак година процес пречишћавања са активним муљем је доживео многе модификације и побољшања која се углавном разликују у технолошким, а често само у механичким решењима.

Процес са активним муљем спада у аеробне процесе биолошког пречишћавања отпадних вода јер се одвија помоћу аеробне микробиолошке популације. Савремени поступци са активним муљем се могу применити и за уклањање азотних материја из отпадне воде. У систему са активним муљем микроорганизми се налазе у лебдећем

стању, тј. не образују слој на зидовима радних површина (као што је случај при примени филтара). [7]

Технолошки процес укључује примарни третман отпадне воде. Отпадне воде се аеришу у биоаерационом базену (слика 5.2.) стварајући услове погодне за интензивни процес биоразградње (редукција садржаја органских материја око 95%).

Након аерације, следи таложење где се одваја биомаса – микробиолошки муљ од ефлуента), како је приказано на слици 5.2. Део муља се води натраг у процес (активни муљ) где служи као активатор биолошког процеса. Остатак муља се одводи у уређај за обраду муља односно одлаже на одговарајући начин. Бистра пречишћена вода (ефлуент) се испушта у пријемник (реципијент), или по потреби води на додатну обраду (дезифекцију, филтрирање и сл.). Поступак се заснива на великој микробиолошкој густоћи уз интензивно мешање у суспензији с отпадном водом при аеробним условима. Органске материје могу бити трансформисане оксидацијом у крајње продукте оксидације као CO_2 , NO_3 , CO_4 и PO_4 или биосинтезом у биомасу. [7]



Слика 5.2. Шема поступка са активним муљем [7]

5.1.1.2 Биолошки процеси прераде отпадних вода у аеробним лагунама

Биолошки процеси прераде отпадних вода у аеробним лагунама примењују се у подручјима са погодним климатским условима. Могу се у потпуности остварити аеробни услови. Кисеоник се ствара у процесу фотосинтезе. У дубљим лагунама примењује се механичка аерација. Уношење ваздуха дифузерима постављеним при дну лагуне, погодно је решење у условима где је лагуна више месеци прекривена ледом те је онемогућено коришћење површинских аератора. Дубина лагуне је од 3 - 4 метара. Хидрауличко задржавање отпадне воде је од 3 - 30 дана, најчешће 5 - 8 дана. Како је трећина до половине преосталог загађења пречишћене отпадне воде, тј. ефлуента

лагуне, садржана у суспендованим честицама, то се из ефлуента пре коначног ипуштања мора таложењем уклонити муљ. За издвајање муља се праве често секундарни таложници, при чему се муљ рециркулише нарочито у зимским периодима да би се повећала ефикасност пречишћења. [7]

5.1.1.3 Биолошки процеси прераде отпадних вода аеробним (плитким) језерима

Аеробна језера су велики и плитки земљани базени у којима се пречишћавање отпадне воде одвија уз минималну регулацију, практично као процес природног самопречишћења. Неопходна количина кисеоника за биолошку оксидацију загађења отпадне воде се обезбеђује метаболизмом алги, а бактерије које разграђују загађење продукују материје за раст алги.

Додатне количине кисеоника се обезбеђују дифузијом атмосферског кисеоника кроз површину воде. Не рачунајући алге остала микрофлора је у основи иста са микрофлором слабо оптерећених поступака са активним муљем. Време задржавања отпадне воде у аеробним језерима је дуго, обично не мање од 90 дана и лимитирано је количином кисеоника унетог из атмосфере и произведено фотосинтезом алги. [7]

5.1.2 Анаеробни третман

Анаеробни предтретман кућних отпадних вода може да послужи као одрживо и исплативо решење, због своје релативно ниске цене конструкције и трошкова рада, оперативне једноставности, ниске производње вишка муља, производње енергије у облику биогаса и применљивости и за мала и за средња оптерећења.

Осим тога, захваљујући компактности, предтретман се може налазити у близини, па чак и унутар области прикупљања отпадних вода. Пошто је анаеробни третман, заправо, метод предтретмана, потребан је одговарајући посттретман како би се постигли локални стандарди за испуштање у водотокове или пак за примену у пољопривредне сврхе.

У анаеробним системима, чврсте материје заробљене су у органским материјама и претварају се у биогаз, који се углавном састоји од метана и угљен-диоксида.

Органски везан азот претвара се у амонијак и сулфат и своди се на угљеник-сулфид. Производња муља у анаеробним системима је ниска и вишак муља је већ знатно стабилизovan и може се даље излити тј. одложити на сушење. Што се тиче

микробиолошких показатеља, у анаеробним системима ниска је ефикасност уклањања колиформи. У анаеробном инфлуенту, преостале концентрације суспендованих честица и органских материја, обрађене су у аеробним системима заједно са оксидацијом амонијака и нитрификацијом до нитрата/нитрита. Високо загађене отпадне воде третирају се, по могућству, у анаеробним реакторима због високог нивоа НРК, потенцијала за производњу енергије и ниске продукције вишка муља. Међутим, у практичној примени, анаеробни третман пати од ниског раста микроорганизама, ниске стопе засејавања, нестабилности процеса и потребе за накнадним третманом ефлуента, који често садржи јоне амонијака NH_4^+ и водоник-сулфида H_2S . Код ових процеса, потпуна стабилизација органских материја је немогућа, због високо оптерећених отпадних вода. Излазни ефлуент, произведен анаеробним третманом, садржи растворљиве органске материје, што је погодно за даљу обраду аеробним третманом. [6]

Табела 5.1. Поређење аеробних и анаеробних третмана [6]

Својство	Аеробни третман	Анаеробни третман
Ефикасност органског уклањања	Висока	Висока
Квалитет ефлуената	Одличан	Умерено лоше
Органско оптерећење	Умерено	Високо
Производња муља	Висока	Ниска
Захтев за супстратима	Висок	Ниска
Захтев за алкалношћу	Ниско	Висок за одређене индустријске воде
Захтев за енергијом	Висок	Умерено низак
Температурска осетљивост	Ниска	Висока
Време стартовања	2-4 недеље	2-4 месеца
Мириси	Постоје мале могућности	Потенцијални проблеми
Биоенергија и поврат нутријената	Не	Да
Врста третмана	За све типове (зависно од сировине)	Углавном за предтретман

5.1.3 Аеробно - анаеробни процеси

Третман кућних отпадних вода у секвенцијалним анаеробно-аеробним процесима користи предности два система у најисплативијој комбинацији параметара. У поређењу са конвенционалним аеробним технологијама, комбиновани аеробно-анаеробни системи троше изразито мање енергије, производе мање вишка муља и мање су комплексни у раду. Ниво азотног прилагођавања може се уградити у секвенционалне анаеробно-аеробне системе кроз делимичну рецикулацију од нитрификаног аеробног ефлуента до анаеробног реактора за денитрификацију, која ће се одржати са анаеробном дигестијом. [6]

У интегрисаним деловима анаеробних реактора, део садржаја органског угљеника у сировим отпадним водама служи као извор угљеника за денитрификацију, а остатак се претвара у метан. Предложена подешавања су посебно од интереса за концентрисане отпадне воде и/или ниже температуре амбијента. На основу горе наведених карактеристика, може се закључити да употреба или само аеробних или само анаеробних процеса, у већини случајева, може бити недовољна. Из тог разлога, врло често користи се комбинација аеробних и анаеробних процеса. Тако на пример, за третман отпадних вода у индустрији зелених маслина са оптерећењем НРК између 25.000 и 100.000 mg/l, Aggelis је утврдио да ни аеробни ни анаеробни процеси не могу ефикасно третирати отпадну воду. Код овако високо оптерећене индустријске отпадне воде неопходна је употреба аеробно-анаеробних процеса који доводе до веће ефикасности уклањања органских материја, мање количине аеробног муља и нема потребе за редуковањем рН вредности. Предности аеробно-анаеробних процеса идентификовали су Frostell и Cervantes.

- Велики потенцијал опоравка ресурса. Анаеробни предтретман уклања већину органских загађивача и претвара их у биогаз,
- Висока ефикасност укупног третмана. Аеробни накнадни третман финализира анаеробни ефлуент и даје резултате са високом укупном ефикасношћу. Аеробни третман, такође, поравнава флукуације у квалитету отпадних вода,
- Мање одлагање вишка муља. До обраде највећег дела муља долази у анаеробном резервоару, тако да се производи минимум вишка муља, што доводи до смањења расположивих трошкова. Као додатна корист постигнут је већи принос биогаза,
- Ниска потрошња енергије. Анаеробни предтретман делује као инфлуент који се улива у резервоар за уједначавање, смањење дневне варијације за потражњом кисеоника даље резултира смањењем за потребним капацитетом аерације,
- Када су присутни органски волатили, они се деградирају у анаеробном третману, и даље у аеробном третману претварају у пару, тако да се може видети да је оперативно и економски прихватљивије коришћење анаеробно-аеробних система. [6]

5.2 Методе пречишћавања отпадних вода

Који ће од многобројних метода поступака за пречишћавање отпадних вода бити примењен зависи од низа чинилаца. Први је врста загађивача и степен загађења. Други је квалитет пречишћене воде, односно, степен загађења који се може дозволити да би се вода могла да испушта у природни водоток или језеро. Дозвољене концентрације загађивача у пречишћеној води зависе од капацитета природне воде, тј. од масе загађујућих агенаса које може вода у природи да прими, а да не дође до

последица које би утицале на живи свет у реци или језеру, на тло са којим је вода у контакту и на човека. Капацитет водотока или језера је проток воде у реци, односно, запремина воде у језеру. Од ових параметара зависи до ког степена ће се разложити загађујући агенси из отпадне воде када буду испуштени у реку или језеро. На дозвољен садржај загађујућих агенаса у отпадним водама пред њихово испуштање у водоток може да утиче и способност самопречишћавања природне воде. У природној води процес самопречишћавања одвија се под утицајем различитих фактора (физичких, хемијских, биолошких) услед чега долази до трансформације загађивача у друге облике који не делују штетно на живе организме. Загађивачи који се налазе у природним водама могу да буду задржани у тлу у које продире речна или језерска вода. [2]

Веома је битно да дозвољени садржај загађивача у отпадној води, утврђен при испуштању отпадне воде у један водоток, се не сме примењивати када се отпадна вода испушта у други водоток.

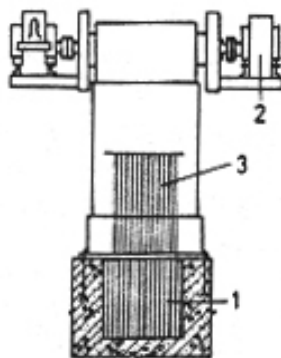
Коришћене методе при пречишћавању отпадних вода можемо да поделимо на: механичке, физичко-хемијске, хемијске, биохемијске и термичке. У већини случајева потребно је коришћење више метода узастопно.

Најчешће коришћене методе пречишћавања отпадних вода:

Мешање отпадне воде. На улаз у систем за пречишћавање отпадна вода може да долази из више извора. Потребно је да се та вода измеша да би се уједначио састав.

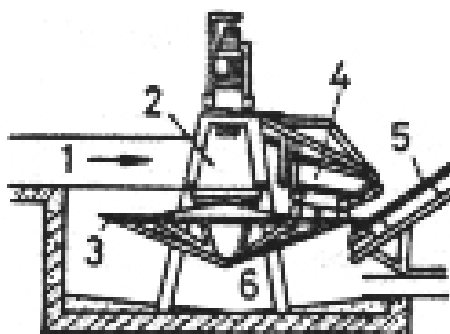
Мешање се врши тако што се отпадне воде улију у каду у којој су постављене цеви за продување ваздуха. Ваздушни мехури мешају течност и хомогенизују је.

Грубо цеђење. Овим поступком из воде се уклајају крупни отпаци као што су: комади дрвета, камење и сл. За ово цеђење се користи решетка направљена од металних шипки које су вертикално поређане на међусобном растојању од 15-20 mm. Између шипки решетки крећу се зупци механичке грабуље ради уклањања задржаних отпадака. Главни циљ грубог цеђења је спречавање запушавања осталих отвора у уређајима за пречишћавање (Слика 5.3). [2]



Слика 5.3. Вертикална решетка за грубо цеђење воде
1. Решетка; 2. Мотор; 3. Грабуље [2]

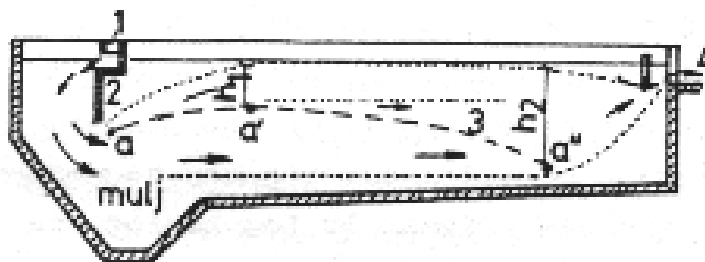
Уклањање влакана. Уклањање влакана из отпадних вода текстилне индустрије врши се на следећи начин. Отпадна вода долази кроз цев за улаз воде у добош. Из добоша се у танком слоју распоређује на диск који се полако окреће и вибрира. Вода полако цури низ диск ка његовим ивицама где се налазе ситни отвори кроз које пролази у простор за одвод пречишћене воде. Вlakна која се налазе у води задржавају се на диску. Са диска створени слој влакана се скида ножем за скидање и пребацује на покретну траку (Слика 5.4.).



Слика 5.4. Уређај за одстрањивање влакана из отпадне воде. 1. Улаз воде; 2. Добош за нашоње воде на диск; 3. Окретни вибрирајући диск; 4. Нож за скидање влакана са диска; 5. Транспортер; 6. Канал за одвођење пречишћене воде [2]

При производњи целулозе и папира врши се филтрирање воде. У суд филтера се на решетку ставља слој направљен од влакана целулозе (отпадних влакана). На мрежи филтера се на тај начин образује филтрациони слој који задржава влакна пропуштајући воду.

Одстрањивање чврстих честица таложењем (седиментацијом). Овим поступком се уклањају честице нерастворних супстанција. Чврсте честице, које имају већу густину од течности у којој се налазе, падају на дно суда под дејством гравитације. На честице делују и молекули воде који се непрестано крећу.

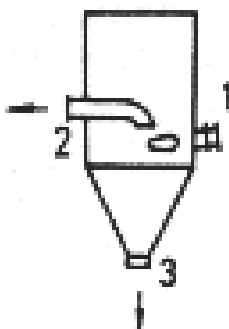


Слика 5.5. 1. Таложник, 1. Улаз отпадне воде; 2. Усмеривач струјања; 3. Путања кретања зрнаца у таложнику; 4. Цев за излаз муља [2]

Вода кроз улазни отвор долази у таложник и пролази између зида таложника и усмеривача струјања. Непосредно иза усмеривача струјања вода се најнеравномерније креће, због чега долази до мешања воде и подизања честица чврстих супстанци. Силе трења лакше савладавају честице веће масе, па ће се због тога оне кретати већом брзином ка дну и пре ће се таложити. Лакше честице ће спорије падати и таложити се на већем растојању (Слика 5.5.). Муљ који је настао таложењем честица одводи се на депонију или, ако је чист песак, користи се за одређене намене.

Одстрањивање течности које се не мешају са водом. За раздвајање и уклањање масти, уља, нафте и других супстанција користи се исти тип таложника. Течности које су лакше од воде испливавају на површину и помоћу посебног скупљача одводе се из таложника.

Одвајање чистих честица помоћу хидроциклона. Заснива се на искоришћавању центрифугалних сила које се јављају при кружном кретању воде.



Слика 5.6. Хидроциклон. 1. Цев за улазак воде; 2. Цев за излазак воде; 3. Цев за излаз муља [2]

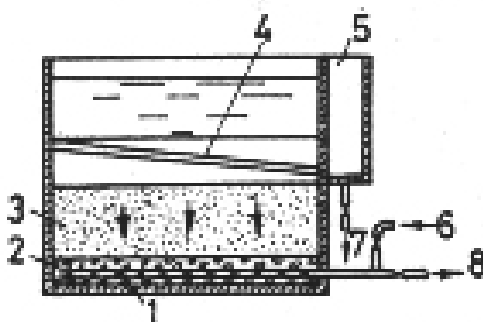
Хидроциклон (Слика 5.6.) састоји се од цилиндричне посуде са доњим делом у облику левка где се налази отвор за излаз муља. Кроз одводну цев из средине уређаја излази пречишћена вода. Отпадна вода улази кроз уводну цев тако да вода у унутрашњости хидроциклона наставља кружно да се креће.

Одвајање честица центрифугирањем. Центрифуге се користе за одвајање вишефазних смеша, као што су емулзије и суспензије. Састоје се од ротора и одговарајућих посуда које су причвршћене за осовину ротора око које се окрећу.

Одвајање честица филтрацијом. Процес филтрације састоји се у томе да отпадна вода пролази кроз порозну средину која се налази у уређајима (филтрима). При пролазу кроз овај слој чврсте честице се задржавају на површини или у дубини порозног слоја, а из њега излази вода без чврстих честица. Филтрацију делимо на површинску филтрацију и филтрацију у дубини слоја.

За **површинску филтрацију** користе се мембране од пластике, стаклених влакана, метала и др. које садрже одређен број отвора на јединицу површине. Микрофилтри задржавају честице величине 0,4-150 микрометара и то је микрофилтрација. Честице пречника 0,4-0,004 микрометара задржавају ултрамикрофилтри и то је ултрамикрофилтрација.

Филтри у којима се налази порозни слој врше **дубинску филтрацију**. На дну уређаја је материјал у крупнијим комадима, нпр. шљунак. У њему се налази цев са отворима. Изнад је слој песка одређене дебљине.

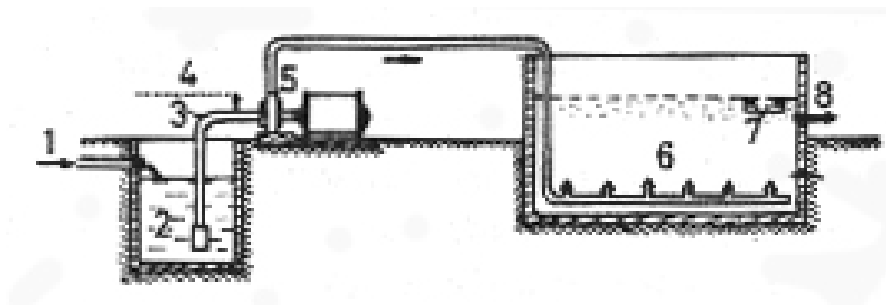


Слика 5.7. Филтер са порозним слојем. 1. Дренажна цев за одвод пречишћене воде; 2. Дренажни слој; 3. Слој песка или ситнозрнастог материјала; 4. Уводник воде из улазне коморе; 5. Улазна комора; 6. Уводник воде за испирање филтра; 7. Излаз воде за испирање; 8. Излаз пречишћене вод [2]

Непречишћена вода улази кроз улазну комору из које се кроз уводник излива изнад слоја за филтрацију. Прво пролази кроз слој песка и након тога вода долази у дренажни слој и дренажну цев и излази из филтера у одвод пречишћене воде (Слика 5.7.). Кроз уводник се уводи иста вода ради чишћења филтера.

Пречишћавање воде флотацијом. Уређај који се користи функционише на следећи начин. Непречишћена вода кроз улазну цев се улива у резервоар. Из резервоара се кроз усисну цев помоћу пумпе уводи у сатуратор. Ваздух под притиском који се истовремено убризгава у усисну цев омогућава да се у сатуратору одржава

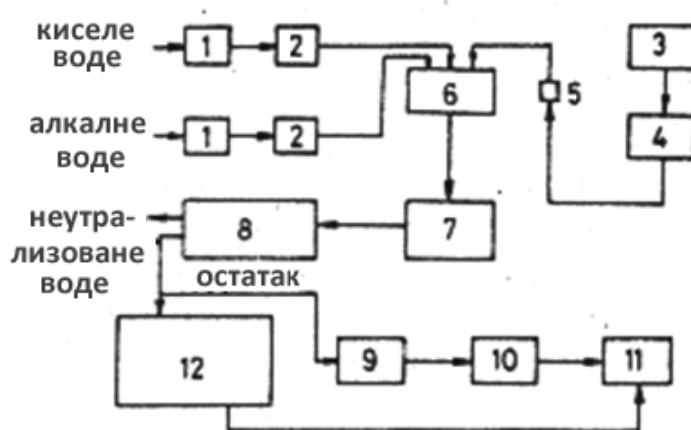
притисак од неколико атмосфера. Да би се довољна количина ваздуха растворила у води она се помоћу цеви испушта у флотациону комору. У овој комори услед нагле декомпресије ваздуха издвајају се мехури ваздуха који са собом повлаче чврсте честице у пену на површину. Пречишћена вода се одводи на даљу обраду, а пена се помоћу уређаја за сакупљање одводи у посебан део (Слика 5.8.).



Слика 5.8. Уређај за пречишћавање вода флотацијом. 1. Цев за улаз отпадне воде; 2. Резервоар; 3. Усисна цев; 4. Улаз ваздуха; 5. Пумпа; 6. Комора за флотацију; 7. Скупљач пене; 8. Одвод пречишћене воде [2]

Неутрализација отпадних вода. Воде које садрже вишак киселина или база морају се пре слања на даљу обраду или пре испуштања у природне водотоке неутралисати. рН воде после неутрализације треба да буде у границама у којима се креће рН природних вода. За неутрализацију киселина користе се CaCO_3 , CaO , MgCO_3 , Ca(OH)_2 , KOH , NaOH . За неутрализацију база првенствено се користи CO_2 .

Воде које садрже киселине неутрализују се "филтрацијом" кроз порозан слој који садржи природне карбонатне материјале, као што су мермер и кречњак. Други начин неутрализације киселих вода састоји се у уношењу одређених количина средстава за неутрализацију у одређену запремину воде. [2]



Слика 5.9. Систем за неутрализацију отпадних вода. 1. Таложници; 2. Хомогенизатори; 3. Складиште реактива; 4. Припрема реактива; 5. Дозатор; 6. Уређај за мешање; 7. Неутрализатор; 8. Таложник; 9. Згушњавање муља; 10. Вакуум филтрација; 11. Депонија осушеног муља; 12. Поље за сушење муља [2]

После грубе филтрације у таложницима се одвајају песак и друге грубе честице, а потом се врши хомогенизација воде. Потребни раствори или смеше у одговарајућим резервоарима се праве од ускладиштених средстава за неутрализацију. Из резервоара дозатор преко уређаја за мешање улива потребну количину реагенса у неутрализатор (Слика 5.9.). После неутрализације вода се у таложнику ослобађа од чврстих честица и одлази као неутрализована.

Неутрализација алкалних отпадних вода врши се по истом поступку као и за киселине, само што се као реагенси користе раствори киселина.

Хемијска преципитација. Заснива се на дејству одговарајућег реактива додатог у отпадну воду који врши издвајање појединих супстанција у виду тешко растворних једињења. Процесом хемијске преципитације одвајају се тешки метали из отпадне воде, као нпр. бакар, кадмијум, хром, никл. У случају да се ови елементи у води налазе као јони, они се таложењем у виду тешко растворних хидроксида издвајају из отпадне воде.

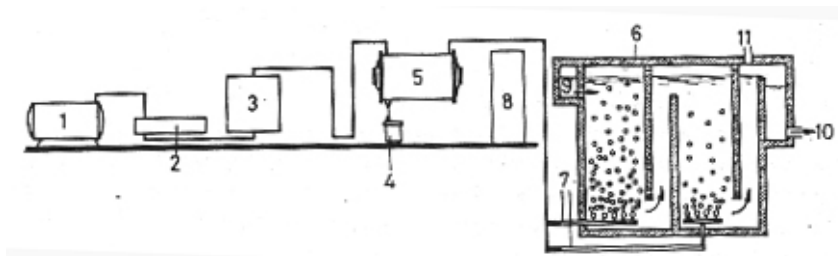
Коагулација и флокулација. Методом **коагулације** првенствено се пречишћавају воде од колоидно диспергованих честица. Свака колоидна честица има одређено наелектрисање. Да би се колоидне честице исталожиле потребно је да се наелектрисање неутралише. До коагулације, односно, до њиховог укрупњавања у веће агломерације, долази када је наелектрисање неутралисано. Коагулацију изазива додавање коагуланата.

Флокулација је посебан начин "укрупњавања" колоидних честица. Врши се помоћу макромолекула (целулоза, скроб) или једињења која су у раствору полимеризована. Флокуланти се везују за две или више колоидних честица што доводи до укрупњавања ових агломерација.

Редукција оксидационих агенаса. Оксидациони агенси који су присутни у отпадним водама имају јако неповољно деловање. За редукцију оксидационих агенаса најчешће се користи Na_2SO_3 и NaHSO_3 (Na-сулфат и Na-бисулфат). У основи процеса је мешање загађене воде са раствором редукционих агенаса за шта се користе уређаји за мешање течности са аутоматском регулацијом дозирања редукционих агенаса.

Оксидација хемијским агенсима. Оксидацијом се загађивачи преведу у мање токсичне агенсе или се потпуно разграде. Дезинфекција воде, односно, уништавање микроорганизама, се постиже оксидацијом. Од оксидационих агенаса најчешће се користе хлор, хлордиоксид (ClO_2), Na-хипохлорит (NaClO), озон (O_3). Важно је да током оксидације не настају споредни продукти које такође треба уклањати. Од

оксидационих средстава највише се употребљава хлор. У алкалној средини деловањем хлора може да се уклони натријум и цијанид. Хлор са појединим супстанцама гради хлорована једињења која су токсична, па је то негативна страна примене хлора.



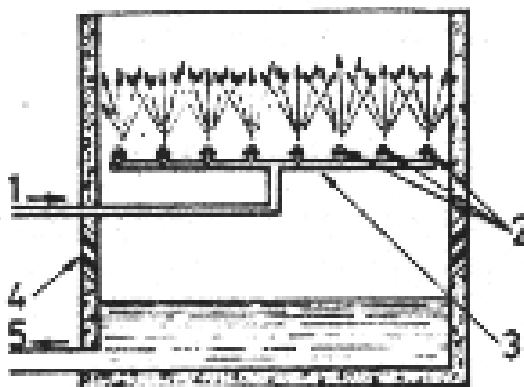
Слика 5.10. Уређај за пречишћавање воде озонном. 1. Компресор са резервоаром ваздуха; 2. Хладњак ваздуха; 3. Сушење ваздуха; 4. Трансформатор; 5. Озонизатор; 6. Торањ за озонирање воде; 7. Цев за увођење озона у воду; 8. Командна табла; 9. Улаз воде у торањ, 10. Излаз пречишћене воде; 11. Излаз гасова [2]

Озон, као најјаче оксидационо средство, не даје споредне реакције. Нестабилан је, па се производи на месту примене у озонизаторима. Из озонизатора настали озон уводи се у торањ са водом за пречишћавање (Слика 5.10.). Неутрошени озон брзо се разграђује у води.

Аерација воде. Овај метод пречишћавања састоји се у превођењу ваздуха кроз воду или распршивањем воде у ситне капи. Циљеви аерације су:

1. повећава се садржај кисеоника и убрзава се његово растварање у води и
2. из воде се уклањају све оне гасовите супстанце које нису присутне у ваздуху.

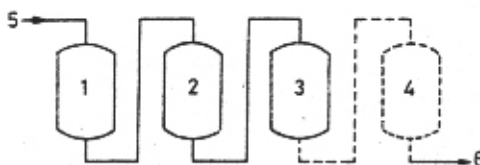
Повећање укупног садржаја кисеоника при аерацији и убрзавање растварања кисеоника у води заснива се на томе да се повећа површина воде која је у додиру са ваздухом.



Слика 5.11. Уређај за аерацију воде. 1. Улаз отпадне воде; 2. Дизне за распршивање; 3. Систем разводних цеви; 4. Отвори за улаз ваздуха; 5. Излаз воде после аерације [2]

Основни циљ при конструкцији уређаја је да се створи што већи број ситнијих мехура ваздуха у води или да се створи што већи број ситних капљица воде у ваздуху. Вода која се подвргава аерацији долази под притиском у систем цеви са дизнама из којих се у виду ситних капи распршава у ваздух. Изнад базена у коме се сакупља распршена вода постављене су цеви са дизнама (Слика 5.11.). [2]

Адсорпција. Адсорпцијом се врши уклањање релативно малих количина загађујућих агенаса који другим поступцима не могу да се уклоне или изазивају штетне ефекте. Овом методом се уклањају високо токсичне супстанце и агенси који утичу на мирис и укус воде. При адсорпцији долази до нагомилавања токсичне супстанце из раствора на површину адсорбенса (чврстог тела) који је у додиру са раствором. Једна количина адсорбенса може да адсорбује једну количину супстанције, јер се површина адсорбента засити том количином супстанције. Потребно је да адсорбенс буде у зрнцима или да је сунђераст. Зрнца адсорбенса треба да имају што више шупљина у себи, чиме ће и површина адсорбенса бити већа. Активни угаљ има површину од 1000-1500 m^2/g . Постоје два начина пречишћавања отпадних вода адсорбенсима. Први је да се адсорбенс додаје у воду из правца супротног кретању воде. Вода на уласку у торањ за пречишћавање долази у контакт са адсорбенсом на коме је адсорбована одређена количина супстанце која се треба уклонити. Крећући се даље вода долази у контакт са адсорбенсом на коме има све мање и мање адсорбоване супстанце, да би на крају торња дошла у контакт са чистим адсорбенсом.



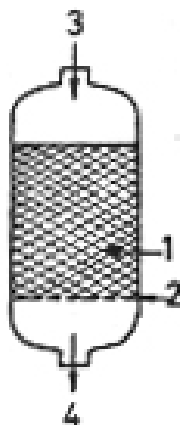
Слика 5.12. Процес пречишћавања воде на активном угљу. 1., 2. и 3. су редни бројеви торњева у процесу; 4. Торањ на регенерацији; 5. Улаз воде за пречишћавање; 6. Излаз пречишћене воде [2]

Код другог начина загађена вода улази у први торањ где ступа у контакт са активним угљем. У другом торњу се уклања део преосталих супстанција. У трећем торњу се максимално ослобађа присутних загађивача. За то време торањ бр. 4 је на регенерацији (адсорбенса, Слика 5.12.).

Јонска измена. За пречишћавање воде од електролита, тј. супстанција које у воденом раствору дисосују, користи се метода јонске измене. Ова метода служи за отклањање ниских концентрација јона који представљају изразито штетне загађиваче. Такође се користи и за добијање воде ослобођене од минералих соли, тј. меке воде. Јонска измена се заснива на способности супстанција, јоноизмењивача, да измењују

своје катјоне и ањоне са катјонима или ањонима из раствора. Јоноизмењивачи су органски макромолекули који садрже јоногену групу. Постоје и такви јоноизмењивачи који могу истовремено да врше измену обе врсте јона, односно имају и катјонско-измењивачку и ањонско-измењивачку групу у истом молекулу.

Да би се са јоноизмењивача десорбовао (истиснуо) јон који је на њему везан јачим силама и заменио јоном који се у јоноизмењивачу везује слабијим силама, на јоноизмењивач се делује раствором у коме је концентрација јона мањег афинитета веома велика или се на јоноизмењивач делује раствором у коме се налазе супстанције које са везаним јоном у јоноизмењивачу граде стабилна комплексна једињења.



Слика 5.13. Торњ за пречишћавање воде јонском изменом.

1. Јоноизмењивач; 2. Носач; 3. Улаз отпадне воде; 4. Излаз пречишћене воде [2]

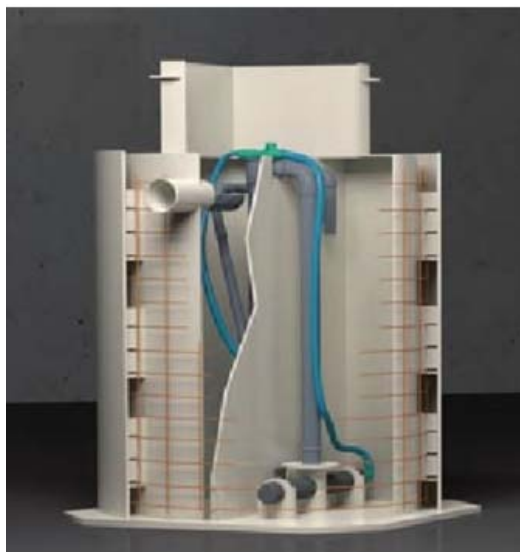
Торњеви за пречишћавање садрже стационарну фазу коју сачињава јоноизмењивач који је направљен тако да сачињава порозан слој кроз који вода може да се креће. Вода за пречишћавање долази одозго, пролази кроз јоноизмењивач где се пречисти, а затим из доњег дела торња излази пречишћена (Слика 5.13.).

Инверзна осмоза. Коришћење процеса осмозе је основа ове методе. До осмозе долази када су растварач (чиста вода) и раствор (непречишћена вода) у контакту преко полупропустљиве мембране која дозвољава пролаз молекула воде. Ако се на непречишћену воду делује притиском који је виши од осмотског, молекули воде ће из простора са непречишћеном водом да прелазе у простор са чистом водом, док ће молекули или јони у њему остати. [2]

5.3 Уређаји за третман отпадних вода у сеоским домаћинствима

- Аеробно – анаеробни
- SBR уређаји
- Микрофилтрација
- Септички системи
- RBC уређаји, [8]

5.3.1 Аеробно – анаеробни



Слика 5.14. AS VARIOcomp K / PB 3-25 ES [8]

Употребљавају се за биолошко пречишћавање санитарно фекалних отпадних вода породичних кућа, мањих фабрика, хотела, мањих насеља и делова града.

Биолошки пречистачи отпадних вода овог типа производе се у контејнерској изведби тако да су једноставни за уградњу и могуће их је спојити паралелно у веће системе за пречишћавање отпадне воде.

Уређај је израђен од полипропиленских зидних елемената односно плоча.

Стандардно постројење и технолошка опрема биолошког пречистача отпадних вода овог типа састоји се од:

- уређаја за пречишћавање отпадних вода
- извора компримованог ваздуха,
- система за производњу ситних ваздушних мехурића и
- електричне разводне плоче.

Димензионисање биолошког пречистача извршено је у складу са EN 12566-3 и EN 12255 према којој је предвиђено по 1 ES (еквивалент становнику) потрошња 150 l/dan воде и $BPK_5 = 60 \text{ g/dan}$.

Загарантовани излазни параметри су:

- $BPK_5 = 25 \text{ mg/l}$,
- $HPK = 100 \text{ mg/l}$ i
- $ST = 25 \text{ mg}$.

Принцип рада

Отпадна вода улази у део за таложење, који уједно служи за складиштење муља. Пливајуће и седиментирајуће честице се овде заустављају. Механички пречишћена вода одлази у део за активацију, где се биолошки третира.

Седиментација муљних пахуља одвија се у секундарном простору за таложење, а вода излази из система као пречишћена вода. Згуснути муљ се враћа у део за активацију. Део муља из простора за активацију пребацује се у део за таложење као вишак муља. [8]

Одржавање

Радови на одржавању биолошког пречистача отпадних вода овог типа не захтевају непрекидно надгледање. С обзиром да ради аутоматски, потребно је само повремено вршити контролу на следеће начине:

Визуелна контрола уређаја

Потребно је контролисати цеви унутар уређаја да не дође до зачепљења, те одводну и доводну цев. Такође, морају се пратити промене изгледа или боје муља (уколико пожути, поцрни или слично). Услед таквих промена, потребно је извршити узимање узорака да би се спречило угибање био-масе. [8]

Мерење висине муља

Висина муља се мери помоћу мерила муља. Приликом лаганог уроњавања мерила осетиће се промена отпора роњења, што значи да смо дошли до прелаза вода -

муљ. Потоп мерила у таквом случају значи висину површине воде изнад муља. Минимална висина површине воде изнад муља је при дубини муља 1,0 – 1,1 m.

Узимање узорка

Узимање узорка могуће је извршити из цеви за одлазак воде из уређаја или из прве канализационе шахте након уређаја.[8]

Уклањање муља

Уклањање муља врши се према потреби, односно када муљ досегне дебљину од 100—110 cm или два пута годишње, те у случају да уређај неће бити коришћен дуже од три месеца.

Само уклањање врши се следећим редоследом:

- уређај искључити,
- отворити поклопац таложника за муљ,
- поставити корпу за усисавање муља одприлике на половину дубине, уређај за вађење муља усиса део воде, па се враћа назад тако да се сав муљ у резервоару промеша,
- спустити корпу за усисавање на дно таложника и усисавати док у резервоару не остане 200 mm воде муља,
- уређај напунимо чистом водом те га пустимо у рад.

5.3.2 SBR уређаји

SBR уређај је један тип биолошког система пречишћавања санитарно - фекалних отпадних вода са аерацијом. [8]



Слика 5.15. SBR систем (BP SBR EO / PB 4-50 ES) [8]

SBR уређај је једна од изведби биолошког система за пречишћавање санитарно-фекалних отпадних вода са аерацијом. Начин примене је дефинисан према EN 12566-3 и у допуни 2. дела DIN 4261.

Примена SBR уређаја користи се нарочито код ресторана и објеката туристичких дестинација и осталих објеката где хидрауличко оптерећење варира.

Опис рада уређаја

- Пречишћавање отпадне воде се одвија у три циклуса дневно и у 4 фазе по циклусу:
- Доток отпадне воде - отпадна вода из дела за предтретман се доводи у SBR реактор.
- Аерација – у отпадну воду се удувава ваздух обогаћен кисеоником из аератора, при чему се вода снажно меша. Микроорганизми који се налазе у води врше разградњу биолошке материје из отпадне воде.
- Таложење – у фази таложења престаје обогаћивање кисеоником. Настали муљ се скупља на дну уређаја. У горњој зони настаје слој чисте воде.

- Одвод пречишћене воде, излаз – слој чисте воде се помоћу пумпе, која ради помоћу компримованог ваздуха избацује напоље. Након тога започиње нови циклус.

Циклуси у којима се одвијају засебне фазе, трају 8 сати, дакле 3 циклуса у једном дану. Настали активни муљ се препумпава у примарни таложник и у случају потребе се заједно са муљем из примарног таложника неутралише. За пуњење се користе муљне пумпе SBR реактора.

5.3.3 Микрофилтрација

Микрофилтрација се састоји од комбинације конвенционалног активационог процеса и веома делотворног раздвајања круте (активни муљ) и течне фазе (обрађена отпадна вода). [8]



Слика 4.16. Микрофилтрација (AS VARIOcomp K ULTRA / PP) [8]

Микрофилтрација се састоји од комбинације конвенционалног активационог процеса и веома делотворног раздвајања чврсте (активни муљ) и течне фазе (обрађена отпадна вода). Механички третирана вода пролази процес аерације, биолошки третман и проласком кроз мембрану чисти се од свих чврстих материја које су веће од пора на мембрани (0,000035 mm). Захваљујући особинама мембране могуће је одстранити вирусе, колоиде, бактерије, беланчевине, итд.

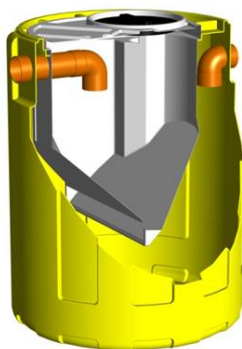
Пречишћена вода може се употребити за прање аутомобила, заливање засада или као санитарна вода.

Опис рада уређаја

Отпадна вода улази у примарни таложник који истовремено служи као резервоар за вишак муља. Седиментирајућим и пливајућим материјама спречава се даљи пролаз те су подвргнуте анаеробној разградњи. Механички третирана вода прелива се у активациони део у коме се налази микрофилтрацијски модул. Активациони део користи се за биолошки третман и микрофилтрацију кроз мембране. На дну овог дела постављени су аератори који служе за аерацију резервоара и чишћење мембране, а ваздухом их снабдева компресор. Предност овог типа пречистача је акумулациони део унутар целог активационог резервоара који се користи за скупљање отпадне воде и чврстих честица из пречистача. Смеша активног муља филтрира се под притиском кроз мембрану. У случају да модул за микрофилтрацију није у функцији, смеша се прелива у вертикални секундарни таложник где се накопља и таложи муљ и накнадно пречишћена вода истиче напоље. Концентрисани муљ са дна секундарног таложника враћа се у примарни таложник. Део активног муља из активационог дела препумпава се као вишак у примарни таложник. [8]

5.3.4 Септички системи

Септичка јама је поуздан уређај за примарно пречишћавање отпадних вода. Ради се о пасивном систему пречишћавања, јако стабилном, једноставном и јефтином систему. Користи се најчешће за третман вода код малих домаћинстава. Структура резервоара упућује течност да пређе течну масу која је у њој садржана, успорење протока омогућује одвајање седиментних честица и супстанци са мањом специфичном тежином од воде. Осим тога, у резервоару се припрема и процес анаеробне ферментације, чија је последица растварање и једним делом синтеза крутих честица. [9]



Слика 4.17. Септичка јама са три коморе [10]

Септичке јаме нису ништа друго него „мирне каде“ у којима се одвијају следећи процеси:

- одвајање седиментних честица, већег материјала, песка, уља или масноћа присутних у отпадној води;
- редукција распадањем акумулираних органских супстанци;
- акумулација и чување одвојених честица.

Подела на више комора утиче на изразит начин на успешност пречишћавања; овом конфигурацијом се већи део чврстих честица акумулира у првој комори и врло тешко пролази у следеће коморе. Подела на коморе је нарочито потребна када се жели постићи висок ниво пречишћавања, посебно код испливавања чврстих честица. Капацитет септичке јаме димензионише се тако да се постигне што бољи ефекат пречишћавања. [9]

Коришћење и одржавање

Веће таложење нечистоћа на дну посуде може проузроковати феномен анаеробног неконтролисаног сагоревања, које ствара претерану производњу биогаса и развија смрад; смањење капацитета у делу за варење и претерана производња гаса доприноси поновном расту течног материјала уз погоршање квалитета прочишћене течности. Ради овога, у односу на количину отпадних вода у јами, потребно је направити 1 до 4 контроле годишње и евентуално отклонити површинску опну и испирати сакупљену нечистоћу. Одвајањем доњег дела тела потребно је направити чишћење унутрашње површине посуде и елиминисати материјал који би могао закрчити улаз и излаз. Понекад се не препоручује уклонити сву накопљену нечистоћу, него је потребно оставити 1/10 онога што је наталожено у јами; овакав поступак ће убрзати поновно покретање процеса. [9]

5.3.5 RBC системи

Детаљнији опис и принцип рада ових система дат је у поглављу 6.0.

5.3.6 Начини уградње система за пречишћавање отпадних вода у сеоским домаћинствима

УГРАДЊА УРЕЂАЈА СА ЈЕДНОСТРУКИМ ЗИДОМ ТИПА ПП (зелена површина)

Потребно је извести ископ цца 40 cm шири од задатих димензијама уређаја и избетонирати доњу носиву армирано-бетонску плочу. Уређај се сада може поставити у средину ископа и спојити на улазни и излазни цевовод. Уређај је потребно постепено пунити водом у слојевима до 30 cm, а простор између уређаја и ископа затрпавати влажним песком уз ручно набијање (уређај мора остати пун воде). [8]

НАЧИН УГРАДЊЕ УРЕЂАЈА ПРАВОУГАОНОГ ОБЛИКА ЕП (зелена површина)

Потребно је извести ископ цца 40 cm шири од задатих димензијама уређаја и избетонирати доњу носиву армирано-бетонску плочу. Уређај се сада може поставити у средину ископа и спојити на улазни и излазни цевовод. Уређај је потребно постепено пунити водом у слојевима до 30 cm, а простор између уређаја и ископа затрпавати влажним песком уз ручно набијање (уређај мора остати пун воде).

НАЧИН УГРАДЊЕ УРЕЂАЈА ПРАВОУГАОНОГ ОБЛИКА ЕП (коловозна површина; високе подземне воде; већа дубина уградње)

Потребно је извести ископ цца 40 cm шири од задатих димензија уређаја и избетонирати доњу носиву армирано-бетонску плочу. Уређај се сада може поставити у средину ископа (на удаљеност од 20 cm од ивица ископа) и спојити на улазни и излазни цевовод. Уређај је потребно постепено пунити водом у слојевима до 30 cm и простор између уређаја и ископа бетонирати у слојевима бетоном ниске конзистенције. Изнад уређаја је потребно извести армирано-бетонску плочу у складу са будућим оптерећењем (уређај мора остати пун воде). [8]

6.0 РОТАЦИОНИ БИОЛОШКИ КОНТРАКТОРИ (RBC)

6.1 Биофилм реактори за пречишћавање отпадних вода

Различити системи реактора развијани су да би се искористиле предности биофилм процеса у третману отпадних вода. Најстарији је традиционални Биофилтер, уведен пре 20. века. У почетку када је човек схватио да на овај начин може вршити пречишћавање отпадних вода дошло је до развоја филтера где се биофилм формира преко камена који су користили као медијум. Неколико година касније, на прелазу века, уведени су RBC јединице коришћењем дрвета као чврстог медија, оригинални патент RBC је поднела A.T. Maltby 1928 (Winkler 1981). [11]

Даљи развој у биофилм технологији довео је до употребе нових процеса у третману отпадних вода. Међутим, многи од ових третмана имају додатне трошкове који морају да буду компензовани кроз саму ефикасност система.

Критеријум за избор одговарајућег система је често питање економске исплативости, квалитета жељене ефикасности пречишћавања и доступног простора. У неким процесима као што су мембранско пречишћавање, инвестициони трошкови могу бити веома високи, али оперативни трошкови су минимални и често су економични у дужем периоду. Сваки од процеса има своје специфичне предности и мане и то остаје на пројектанту и корисницима да одаберу за њих погодан третман процеса пречишћавања, заснован на специфичним захтевима и низу одговарајућих економских фактора. [11]

6.2 Карактеристике система за RBC

Као што је већ поменуто, избор одговарајућег система зависи од ефикасности и перформанси система, а да је минимална цена. RBC системи су решења са ниском ценом и релативно високим степеном пречишћавања.

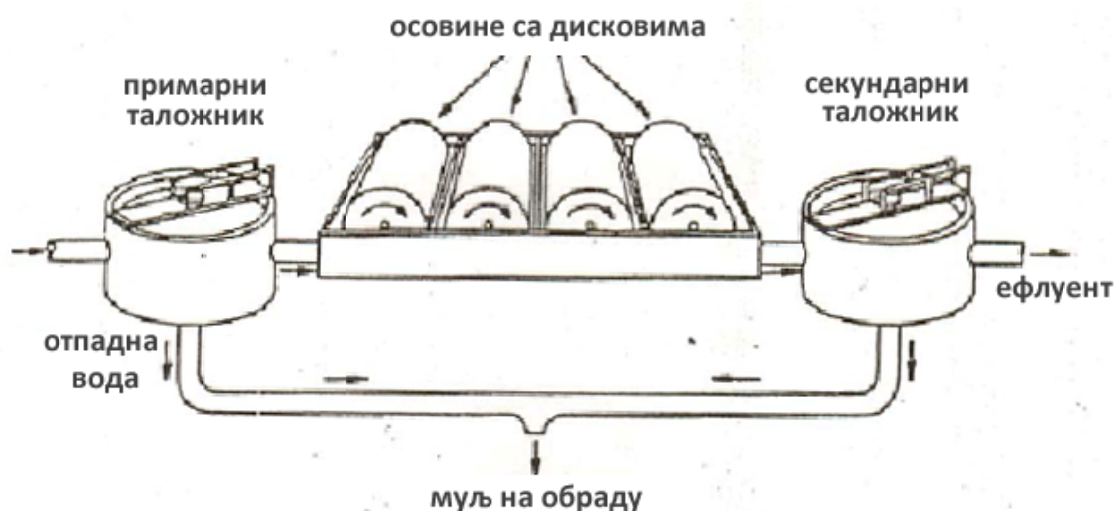
Ове системе одликује изузетно ниска потрошња енергије, ефикасана је аерација воде услед ротације, због специјално профилисаног медијума обезбеђује се веома добар контакт између биофилма и воде, поседују веома велику површину медијума, користе се као идеално решење у виду малих јединица за третман отпадних вода и у ситуацијама када је простор ограничен. Кисеоник остаје као један од најважнијих ограничавајућих супстрата у разлагању биофилма, и дубље и брже дифузије кисеоника унутар биофилма. [11]

Уређаје овог типа производе различити произвођачи опреме, па се самим тим на тржишту појављују под различитим именима (ротациони биолошки контрактор, биодискови). Састоје се од кружних дискова, на заједничкој осовини, на малом

међусобном размаку на хоризонталној осовини и уроњеним скоро до половине (обично око 40 %) у суд са отпадном водом (Слика 6.1.). Дискови су израђени од пластичног материјала: као плоче са различито набраном површином или као спирале од пластичних цеви са таласастим зидовима, и др.

Дискови су делимично потопљени у воду и лагано се окрећу у њој. Живи свет се развија на површини дискова и постепено образује скраму на целој оквашеној површини дискова. Ротацијом делимично потопљених дискова биомаса се наизменично излаже отпадној води и ваздуху, и одржава се у аеробном стању. Биодискови односно RBC се израђују као монтажна постројења за пречишћавање отпадних вода до 1000 еквивалентних становника (ES).

Ротациони биолошки контактори (RBC) и зарањајући биолошки контактори (SBC) су прво инсталирани у Немачкој 1960. Нагли развој биодиск доживљава од почетка седамдесетих година, када се овладало производњом пластичних дискова. Захваљујући својој модуларној природи, односно могућности једноставног проширивања филтра додавањем нових "модула" (тј. осовина са дисковима), ротациони биолошки контактор се представио као веома еластичан систем пречишћавања, прилагодљив за обраду најразличитијих протока отпадне воде: од $40 \text{ m}^3/\text{дан}$ (и мање) до $200000 \text{ m}^3/\text{дан}$, па и много више (потенцијално до, и преко $700000 \text{ m}^3/\text{дан}$). Ротациони биолошки контактор је, из истих разлога, погодан као начин проширивања постојећих постројења за пречишћавање. Биодиск поступак карактерише мали утрошак људског рада, 1-7 часова недељно. Утрошак енергије за обртање дискова такође је мали, на пример 3-4 kW за биодиск површине дискова око 10000 m^2 и са 1,6 обртаја у минути. [12]



Слика 6.1. Ротациони биолошки контактор (биодиск) [12]

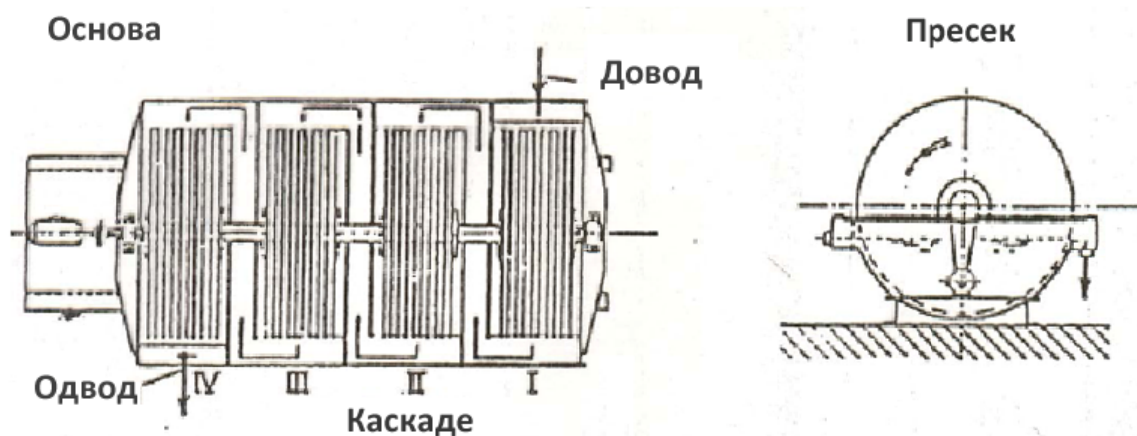
Захваљујући свом начину рада, при чему је око 60 % времена микрофлора изложена ваздуху, ротационим биолошким контактором се могу обрађивати

загађеније отпадне воде него капајућим биофилтрима (а без израженијих појава анаеробизе биофилма), што је погодно за пречишћавање многих индустријских отпадних вода. Ротација дискова доприноси уклањању неактивних делова биофилма, који "спадају" са диска, а мешање воде изазвано ротацијом дискова не дозвољава суспендованим честицама да се исталоже у самом биофилтру. У највећем броју случајева биодиск филтри се користе за тзв. секундарно пречишћавање, тј. уклањање органског загађења; ређе је комбиновано пречишћавање и нитрификација, а ретко се користе само за нитрификацију. Димензионисање и процена радних карактеристика биодиск филтара се обично изводи на основу модификованих модела за капајуће филтре. Тако добијени подаци се коригују и допуњују резултатима са полуиндустријских, и искуствима са других индустријских биодиск филтара. [12]

Уређаје овог типа производе различити произвођачи опреме, и нуде се на тржишту под различитим именима. Састоје се од кружних дискова, на заједничкој осовини, на малом међусобном размаку. Дискови су израђени од пластичног материјала: као плоче са азличито набраном површином или као спирале од пластичних цеви са таласастим зидовима, и др.

Дискови су делимично потопљени у воду и лагано се окрећу у њој. Живи свет се развија на површини дискова и постепено образује скраму на целој оквашеној површини дискова. Ротацијом делимично потопљених дискова биомаса се наизменично излаже отпадној води и ваздуху, и одржава се у аеробном стању. Биодискови односно RBC се израђују као монтажна постројења за пречишћавање отпадних вода до 1000 еквивалентних становника (ES).

RBC могу да се пројектују без примарног таложника, али се то не препоручује јер може доћи до акумулације суспендованих чврстих материја на дну базена и стварања анаеробног слоја као и до повећања потребе за кисеоником биодискова. Може се користити фина решетка уместо таложника. У RBC је ниска вредност односа масе доведених хранљивих материја према маси микроорганизама па стога они добро подносе нагла повећања хидрауличког и органског оптерећења. [12]



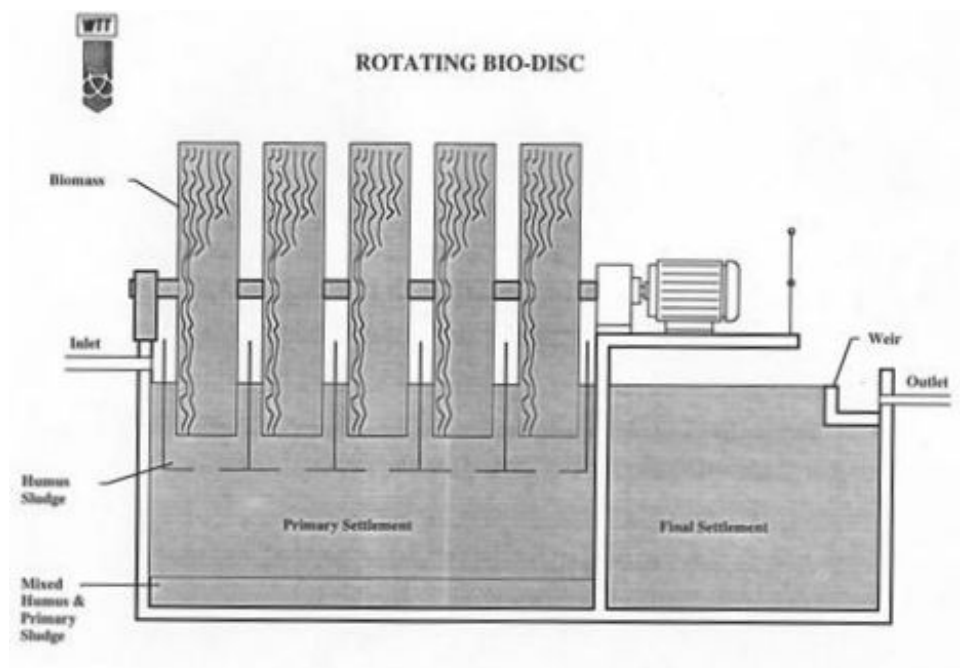
Слика 6.2. Шема биодиска са четири каскаде [12]

RBC су самостална „пакет“ постројења чије функције укључују:

- фиксни биофилм постављен на ротирајући диск који је делимично уроњен у отпадну воду,
- диск ротира и помера биомасу која пролази наизменично кроз канализацију и ваздух,
- RBC (обично) захтева интегрални [пре] примарни седиментациони резервоар и (касније) хумус цистерну,
- Потреба за периодично уклањање муља из примарног таложног резервоара (муљ у хумус цистерни се обично упумпава у примарни таложни резервоар). [13]

Карактеристике RBC укључују:

- То је засебно постројење за пречишћавање.
- Постоје (обично) 4 зоне:
 1. зона основног таложења,
 2. биозона,
 3. зона складиштења муља,
 4. зона коначног таложења. [13]
- ротирајуће паковање медија (дискова) у биозони



Слика 6.3. Биодиск [13]



Слика 6.4. Биодиск [13]



Слика 6.5. Биодиск [13]

Предности RBC-а су:

- компактна јединица,
- чврста конструкција,
- самосталност,
- релативно ниски трошкови одржавања/ рада,
- лако се повезују на телеметрију,
- релативно висока стопност,
- мали захтеви земљишта и могућност хоризонталног полагања,
- механички једноставни. [13]

Недостаци RBC-а су то што:

- захтевају напајање (и од њега зависи успешност рада),
- комплетно уклањање муља може бити тешко,
- они могу направити опасна испарења унутар поклопца,
- постоји тенденција да производи растући / плутајући муљ у зони финалног таложника (хумус цистерни) кроз денитрификацију - ово може бити проблем у зони примарног таложења ако муљ из хумус цистерне се ту испумпава. [13]

Слика 6.6. приказује коначно решење RBC цистерне са проблемом таложења:



Слика 6.6 Цистерна [13]

Проблеми који могу настати у RBC укључују:

- квар у напајању / механички квар - нарочито укључујући поломљено вратило и лежајеве после поновног покретања, рестарта,
- немогућност да ефикасно третира променљиве протоке / оптерећења,
- муљ или шљам нагомилан на површинама зона таложења. [13]

RBC - у треба да претходи:

- леп изглед,
- резервоар за уравнотежење протока,
- постројење треба да буде прекривено (из естетских разлога, као и спречавања ширења непријатних мириса). [13]



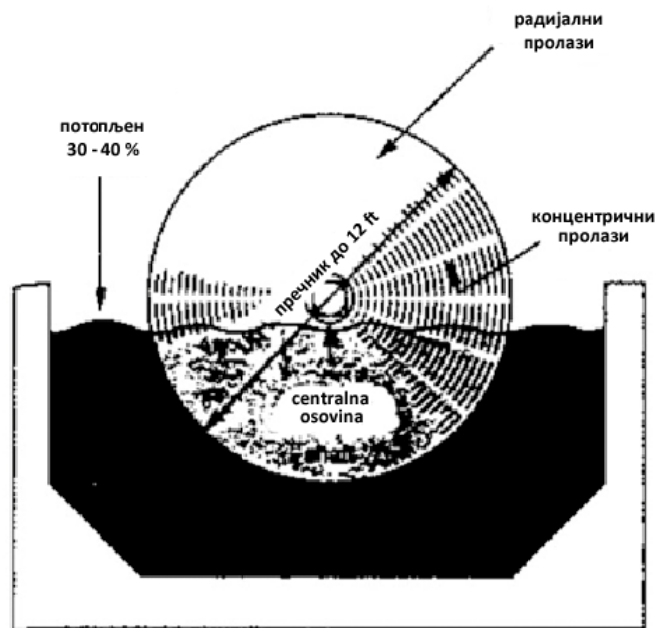
Слика 6.7. Више биодиск постројења повезаних на мрежу

6.1 Прорачун ротационог биолошког контрактора

6.1.1 Разматрање поступка прорачуна

Исправно пројектован RBC систем може бити супериоран у односу на остале системе са фиксираним микрофлором захваљујући мањем органском оптерећењу по маси чврстих биолошких једињења, дужем времену задржавања у фази биолошког пречишћавања и бољој контроли процеса. Изглед стандардног биодиска са основним карактеристикама дат је на слици 6.8. При пројектовању RBC система морају се узети у обзир следећи фактори:

- (1) фазност RBC јединица,
- (2) критеријум који обухвата начин и количину пуњења RBC,
- (3) карактеристике ефлуента,
- (4) карактеристике таложника. [14]

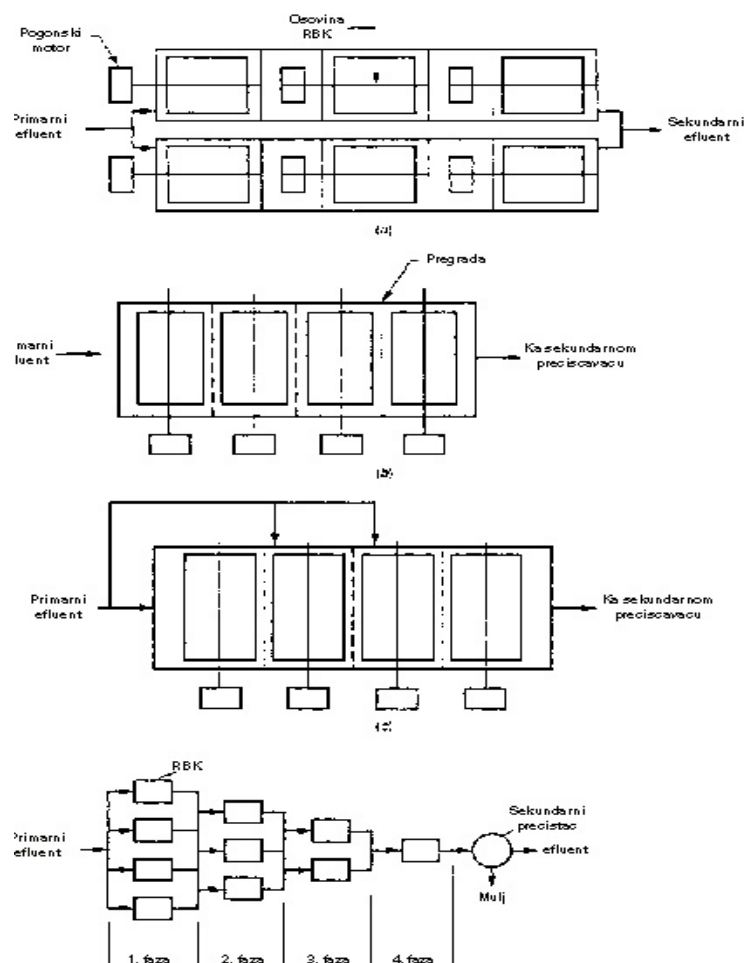


Слика 6.8. Изглед стандардног RBC са механичким погоном [14]

6.1.2 Фазност RBC јединица

Изглед фаза RBC система је саставни део целокупног процеса пројектовања. Фазност представља сврставање RBC медија у одељке при чему они формирају независне ћелије. Формирање ћелија се може постићи постављењем преграда у посуду RBC-а или коришћењем низа одвојених посуда. Фазност омогућава постизање разноликих услова при којима се могу развијати различити организми. Степен развоја у свакој фази зависи првенствено од концентрације растворљивог органског материјала у маси течности. Како отпадна вода протиче кроз систем, свака наредна фаза прима ефлуент са мањом концентрацијом органских материја од претходне. Карактеристичан распоред RBC фаза је приказан на слици 6.9.

Ако се RBC примењује у секундарном третману отпадних вода, пречишћавање се врши у три или више фаза. Додатне фазе су за нитрификацију или за комбиновани процес при коме долази до смањења ВПК и амонификације [14]



Слика 6.9. Карактеристични распореди RBC: (а) са током са осовином, (б) са током нормалним на осовину, (ц) са степеним напајањем [14]

За мала постројења, осовине код RBC - а су паралелне са струјним током, а скупови дискова су одвојени преградама. Код већих постројења осовине су постављане нормално на ток са неколико фаза у реду чиме се формира процесни низ. Да би се прихватило пуњење на почетним јединицама ВРК система са унакрсним пуњењем и са „суженим пуњењем” се могу користити. Требало би инсталирати два или више низа са паралелним током како би се могле вршити поправке. Конструкција радне посуде може бити ојачана бетоном или челиком, с тим што се челична ојачања чешће користе код мањих постројења. [14]

6.1.3 Оптерећење

Када су RBC системи почели да се користе у САД пројектовање процеса се заснивало на хидрауличном оптерећењу израженом у $\text{gal/ft}^2 \cdot \text{d}$. Током последњих 15 година приступ при пројектовању је промењен, прво је коришћен укупни ВРК по

јединици површине ($\text{lb TVPK}/10^3\text{ft}^2$) и у новоје време се употребљава растворљиви ВРК по јединици површине ($\text{lb SBPK}/10^3\text{ft}^2$), или у случају нитирфикације, $\text{lb NH}_3/10^3\text{ft}^2$

Када је систем преоптерећен долази до појаве непријатних мириса (због присуства H_2S), и slabим одвајањем у првој фази. Под овим условима може доћи до развијања филаментозних организама, који разлажу сулфате, као што је *Beggiatoa*. Проблеми са преоптерећењем се могу превазићи уклањањем преграда између прве и друге фазе, чиме се смањује површинско оптерећење и повећава способност преноса кисеоника: Остали приступи укључују допунске ваздушне системе, коначно напајање, или повраћај ефлуента из последње фазе у неку од прве две. Ранији прорачуни нису узимали у обзир максимална оптерећења, рецикулацију и темпаратурске услове. [14]

6.1.4 Карактеристике ефлуента.

RBC системи се пројектују да обављају секундарни или неке касније нивое процеса пречишћавања. ВРК ефлуента код ВРК система при секундарном третману отпадних вода су упоредиви са добро вођеним поступком са активним муљем. Када је потребан нитирфиковани ефлуент, RBC се може користити за уклањање ВРК и амонијака, или да би се обезбедила нитрификација секундарног ефлуента. Модификације RBC процеса при коме је осовина на којој се налази медиј потопљена се користи за денитрификацију отпадних вода. Уобичајне карактеристике ефлуента су дате у табели 6.1.

Табела 6.1. Подаци потребни за пројектовање RBC [14]

		Ниво третмана	
	Секундарни процес	Комбинована Нитирфикација	Нитрификација
Хидраулично оптерећење, $\text{gal}/\text{ft}^2 \cdot \text{d}$	2.0 - 4.0	0.75 - 2.0	1.0 - 2.5
Органско оптерећење			
$\text{lb SBOD}_5 / 10^3 \text{ft}^2 \cdot \text{d}^{a-b}$	0.75 - 2.0	0.5 - 1.5	0.1 - 0.3
$\text{lb TBOD}_5 / 10^3 \text{ft}^2 \cdot \text{d}^{a-c}$	2.0 - 3.5	1.5 - 3.0	0.2 - 0.6
Максимално оптерећење у првој фази			

lb SBPKs / $10^3 \text{ ft}^2 \cdot \text{d}^{\text{a-b}}$	4 - 6	4 - 6	
lb TBPk ₅ / $10^3 \text{ ft}^2 \cdot \text{d}^{\text{a-c}}$	8 - 12	8 - 12	
NH ₃ оптећење, lb/ $10^3 \text{ ft}^2 \cdot \text{d}$		0.15 - 0.3	0.2 - 0.4
Време задржавања, d, h	0.7 - 1.5	1.5 - 4	1.2 - 2.9
Ефлуент BPK ₅ , mg/L	15 - 30	7 - 15	7 - 15
Ефлуент NH ₃ , mg/L		< 2	1 - 2

^a Температура отпадне воде изнад 55° F (13° C).

^b SBOD - Растворљиви BPK.

^c TBOD - Укупан BPK.

$$\text{gal/ft}^2 \cdot \text{d} \times 40.7 = \text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$$

$$\text{lb/ft}^2 \cdot \text{d} \times 4.88 = \text{kg/m}^2 \cdot \text{d}$$

6.1.5 Карактеристике опреме процеса са RBC

Осовине - улога осовина код ротационих био контрактора је да носи пластични медиј и да омогући његово обртање. Максимална дужина вратила је ограничена на 27 ft (8.23 m) од којих 25 ft (7.62 m) заузима медиј. Дужине вратила се обично крећу између 5 и 25 ft (1.52 до 7.62 m). Облик и конструкција вратила значајно варирају у зависности од произвођача. Приликом пројектовања највише треба водити рачуна о конструкционим карактеристикама и начину везивања медија (дискова) за осовину.

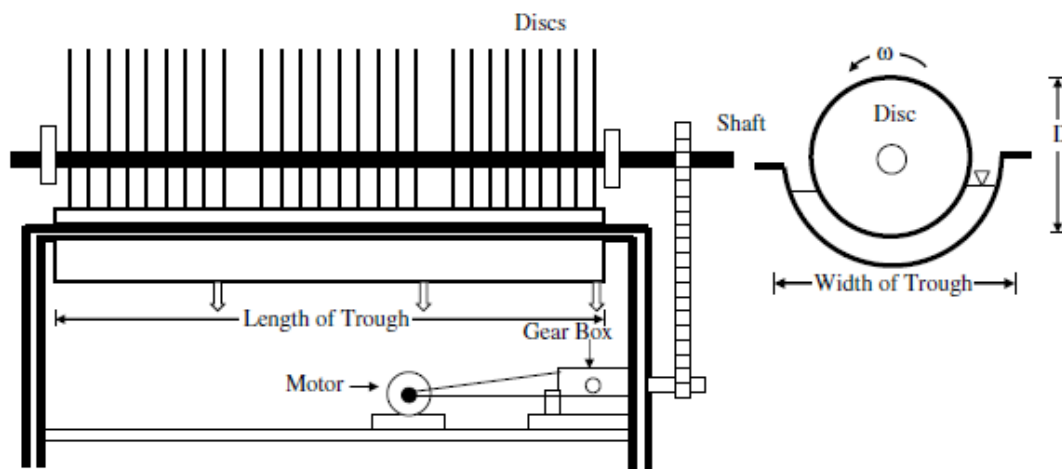
Медиј - који се користи код RBC је израђен од полиетилена велике густине и испоручује се у различитим облицима и различитим изгледом радне површине. Набори на површини повећавају радну површину медија и повећавају структурну стабилност. Према површини коју обезбеђује медиј по једној осовини може се извршити следећа подела:

- медиј мале (стандардне густине),
- медиј средње густине и медиј велике густине.

Медиј стандардне густине се дефинише као медиј са површином од 100,000 ft² (9290 m²) по осовини дужине 27 ft (8.23 m), код њега је простор између дискова већи и обично се користе у почетним јединицама RBC низа. Медији средње и велике густине имају површину од 120 000 до 180 000 ft² (11,149 до 16,723 m²) по вратилу дужине 27 ft

(8.23 m) и обично се користе у средњим и финалним фазама RBC система код којих је биофилм мање дебљине.

Погонски системи - Већина RBC се покреће директним механичким погоном повезаним на централну осовину (Слика 6.10). Такође се употребљавају ваздушни погонски системи. Ваздушни погонски системи се састоје од пластичних лопатица, које су постављене на ободу диска, и компресора. Ваздух из компресора ствара погонску силу на лопатицама која доводи до обртања осовине а самим тим и дискова на њој. Оба система су се показала као механички поуздана.



Слика 6.10. Погонски систем код ротационог биолошког контрактора

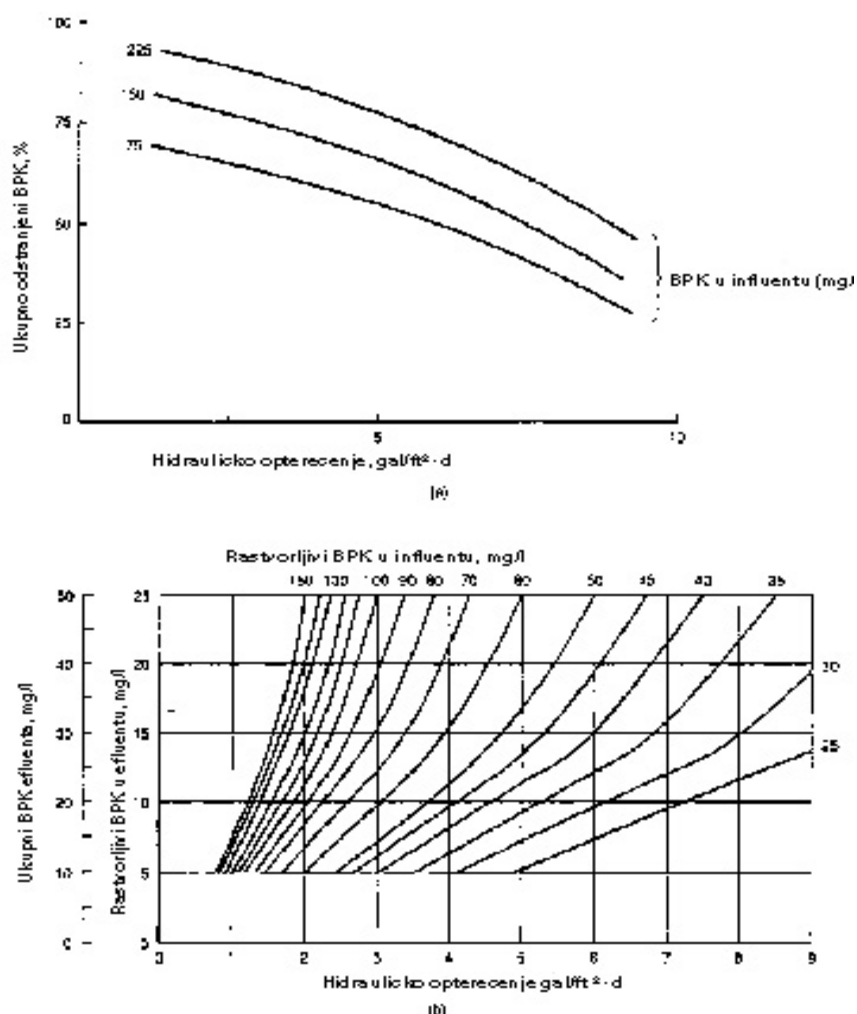
Посуда - Посуда за RBC системе је оптимизована на $0,12 \text{ gal/ft}^2$ ($0,0049 \text{ m}^3/\text{m}^2$) медија. Тако се добија запремина посуде од 12 000 гал (45.42 m^3) за $100\,000 \text{ ft}^2$ (9290 m^2). Према овој запремини и времену задржавања од 1,44 h добија се хидраулично оптерећење од $2 \text{ gal/ft}^2 \cdot d$ ($0.08 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot d$). Стандардна дубина воде је 5 ft (1.52 m) при чему је потопљено 40 посто медија како је поменуто горе у тексту. [14]

Заштита - Преко сваке осовине се обично постављају омотачи од ојачаног фибергласа. У неким случајевима биодискови се постављају у зграде како би се заштитили од ниских температура, како би им се олакшао приступ или из естетских разлога. RBC су затворени из следећих разлога:

- (1) ради заштите пластичног медија од пропадања услед деловања ултравиолетног зрачења,
- (2) ради заштите процеса од ниских температура,
- (3) ради заштите медија и опреме од оштећења,
- (4) ради контроле стварања алги у процесу. [14]

6.1.6 Проблеми при коришћењу

У почетку коришћења RBC јављали су се проблеми везани за ломове осовина и медија, квара лежајева и непријатне мирисе. Проблеми са осовинама су били најозбиљнији зато што су они доводили до прекида рада процесне опреме и у многим случајевима до оштећења радног медија. Разлози због којих долази до лома осовина могу бити приписани неадекватној конструкцији, замору материјала, и великој акумулацији биомасе на медију. Ломљење медија може бити изазвано излагањем органским растварачима, ултраљубичастим зрачењем или неадекватном конструкцијом носећих елемената медија. До квара лежајева обично долази услед недовољног подмазивања. Непријатни мириси се јављају услед прекомерног органског оптерећења, нарочито у првој фази процеса. Ради ублажавања ових проблема и олакшања одржавања стално се врше побољшања опреме. У данашње време се користе RBC код којих је потопљеност дискова већа: Тиме се постиже мање оптерећење осовина и лежајева, а самим тим и већа поузданост опреме. [14]



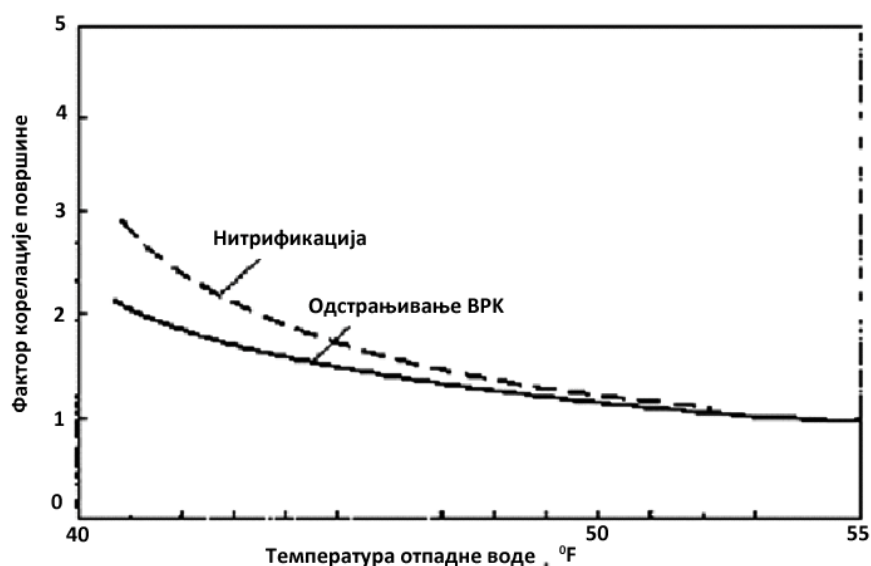
Слика 6.11. Криве које се користе при пројектовању RBC: (а) количина одстрањеног укупног BPK (б) количина укупног и растворљивог BPK (за $t > 55^{\circ}\text{F}$) [14]

6.1.7 Пројектовање RBC процеса

Мада је до сада, анализирањем података са датих инсталација, развијено неколико теоретских модела, употребљивост ових модела за предвиђање перформанси других инсталација још није довољно утврђена. Из овог разлога, пројектовање RBC система је засновано на коришћењу конструкционих параметара. Конструкциони параметри који ће бити разматрани су добијени емпиријским путем проценом оперативних података великог броја RBC система. [14]

Димензионисање процеса.

Параметри који се користе при димензионисању су дати у табlici 6.1. и слици 6.10. Параметри дизајна дати у табlici 6.1. су за мешавину отпадних вода из домаћинства и мале количине индустријских вода. Избор вредности оптерећења унутар вредности у табlici заснован је на карактеристикама ефлуента, температури и очекиваном стручношћу особља које рукује инсталацијом. Укупна површина медија се димензионише на основу средњег годишњег оптерећења осим ако не постоје значајне варијације оптерећења у току године. Када се одреди укупна потребна површина приликом пројектовања мора се проверити да ли се превазилазе могућности трансфера кисеоника у првој фази процеса. Сматра се да су дозвољена оптерећења органском материјом од 8 до 12 $[\text{lb BOD}_5/10^3 \text{ ft}^2]^{-1}$ или 4 до 6 lb растворљивог $\text{BOD}_5/10^3 \text{ ft}^2$.



Слика 6.12. Крива корекције површине код RBC при температурама испод 55°F [14]

¹ $\text{lb BOD}_5/\text{ft}^2 \times 4.88 = \text{kgBPK}_5/\text{m}^2$

Утицај температуре. Када је температура отпадне воде нижа од 55°F (13°C) може доћи до смањења очекиваног издвајања органске материје. Да би се смањио ефекат ниске температуре мора се повећати потребна површина RBC. Крива корекције површине за температуре отпадне воде ниже од 55°F (13°C) дата је на слици 6.12. [14]

6.1.8 Прорачун елемената биодиска

1. Укупан број становника износи

$$N_{st}=500$$

2. Предвиђена стопа прираштаја становништва (у процентима)

$$p=1\%$$

3. Временски период за који се предвиђа коришћење постројења (у годинама):

$$n=40 \text{ година}$$

4. Број становника на крају пројектног периода:

$$N_{st,k} = N_{st} \cdot (1 + p)^n = 500 \cdot (1 + 0.01)^{40} = 745$$

5. Потрошња воде по еквивалентном становнику (ЕС) усваја се:

$$\dot{V}_{ES} = 500 \frac{l}{st \cdot dan}$$

6. Део воде који се испусти у канализацију (у процентима):

$$p=70 \%$$

7. Количина воде која се по еквивалентном становнику (ЕС) испусти у канализацију:

$$\dot{V}_{k,ES} = p \cdot \dot{V}_{ES} = 0,7 \cdot 500 = 350 \frac{l}{st \cdot dan}$$

8. Укупан проток комуналних вода из домаћинства:

$$\dot{V}_{k,st} = N_{st,k} \cdot \dot{V}_{k,ES} = 745 \cdot 0,350 = 261 \frac{m^3}{dan}$$

9. Проценат повећања потрошње воде у домаћинствима у пројектном периоду (у процентима):

$$p_1 = 1 \%$$

10. Укупан проток комуналних вода на карју пројектованог периода

$$\dot{V}_k = \dot{V}_{k,st} \cdot \left(1 + \frac{p_1}{100}\right)^n = 261 \cdot \left(1 + \frac{1}{100}\right)^{40} = 389 \frac{m^3}{dan}$$

11. Укупан проток комуналних вода на карју пројектованог периода сведена на 1 h:

$$\dot{V}_k = \frac{\dot{V}_k}{24} = \frac{389}{24} = 16.2 \frac{m^3}{h}$$

12. Усвојена просечна годишња потрошња комуналних вода сведена на 1h

$$\dot{V}_k = 17 \frac{m^3}{h}$$

13. Просечна дневна потрошња у данима са минималном потрошњом:

$$\dot{V}_{k,min}^d = k_{d,min} \cdot \dot{V}_k = 0,4 \cdot 17 = 6.8 \frac{m^3}{h}$$

14. Просечна дневна потрошња у данима са максималном потрошњом:

$$\dot{V}_{k,max}^d = k_{d,max} \cdot \dot{V}_k = 1.7 \cdot 17 = 28.9 \frac{m^3}{h}$$

15. Минимални часовни проток:

$$\dot{V}_{k,min}^h = k_{h,min} \cdot \dot{V}_{k,min}^d = 0,2 \cdot 6.8 = 1.36 \frac{m^3}{h}$$

16. Максимални часовни проток:

$$\dot{V}_{k,\max}^h = k_{h,\max} \cdot \dot{V}_{k,\max}^d = 2,5 \cdot 17 = 42,5 \frac{m^3}{h}$$

17. Усвојени меродаван проток воде за прорачун је:

$$\dot{V}_{k,\max}^h = 43 \frac{m^3}{h}$$

18. Специфично органско оптерећење инфлуента на улазу је:

$$BPK_5 = 50 \frac{g}{st.dan}$$

19. Укупно органско оптерећење постројења за пречишћавање је:

$$B_V = BPK_5 \cdot N_{st,k} = 50 \cdot 745 = 37250 \frac{gBPK_5}{dan} = 37,250 \frac{kgBPK_5}{dan}$$

20. Концентрација органских материја инфлуента у постројење за пречишћавање:

$$C_{ul} = \frac{B_V^h}{V_{k,\max}^h} = \frac{1.552}{43} = 0,03609 \frac{kgBPK_5}{m^3}$$

где је:

$$B_V^h = \frac{B_V}{24} = \frac{37.250}{24} = 1.552 \frac{kgBPK_5}{h}$$

21. Потребна укупна површина дискова биодиска:

$$A = \frac{0,27 \text{ Mgal} / d \text{ (150 mg / l RBPK)}}{1,2 \text{ lb RBPK}_5 / 10^3 \text{ ft}^2 \cdot d} \cdot (8,34 \text{ lb} / \text{Mgal} \cdot (\text{mg} / \text{l})) = 281475 \text{ ft}^2$$

ШТО ИЗНОСИ:

$$A = 26149.88 \text{ m}^2$$

где је:

0,27 Mgal/d је меродавни проток воде у галонома и добија се на следећи начин:

$$24 \cdot 43 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 263,9 \text{ gal}/\text{m}^3 = 0.27 \text{ Mgal}/\text{d}$$

150 mg/l RBPК- усвојена вредност за растворљиви ВРК у улазној отпадној води

Користећи препоруку из потпоглавља 6.1.5. да је за први степен пречишћавања максимална површина по једној јединици биодиска 100000 ft^2 , па се стога усваја 3 биодиск јединица.

Површина једног диска се прорачунава према препоруци из потпоглавља 6.1.5. да је максимални пречиник диска 12 ft. Па ће површина једног диска бити:

$$A_1 = 2 \cdot 36\pi \text{ ft}^2 = 226 \text{ ft}^2 = 20.9 \text{ m}^2$$

Број дискова се добија тако што се максимална површина по јединици биодиска подели са максималним дозвољеном површином једног диска, па број дискова по једној јединици износи:

$$n = 100000 / A_1 = 100000 / 226 = 442.47$$

Усваја први мањи целобројни број дискова који износи

$$n = 442$$

Из препоруке да је максимална дужина вратила је ограничена на 27 ft (8.23 m) од којих 25 ft (7.62 m) заузима медиј добија се дебљина једног диска и она износи:

$$d_{\text{diska}} = 7.62 / n = 7.62 / 442 = 0.017 \text{ m}$$

22. Запремина посуде биодиска

Се прорачунава према препоруци из 6.1.5. да је посуда за RBK системе оптимизована на $0.12 \text{ gal}/\text{ft}^2$ ($0.0049 \text{ m}^3/\text{m}^2$) . . Тако се добија да је запремина посуде био диска:

$$V_{\text{posude}} = 26149.88 \cdot 0.0049 = 128.13 \text{ m}^3$$

23. Потребна површина таложника користећи проток преливања од $1200 \text{ gal}/\text{ft}^2 \cdot \text{d}$

$$A_{\text{tal}} = \frac{0.27 \text{ Mgal} / \text{d} (10^6 \text{ gal} / \text{Mgal})}{1200 \text{ gal} / \text{ft}^2 \cdot \text{d}} = 32400 \text{ ft}^2 = 3010.05 \text{ m}^2 \quad . [14]$$

7.0 ТЕСТ ИЗВОДЉИВОСТИ КОРИШЋЕЊА БИОДИСКА СА РЕЗУЛТАТИМА

У даљем тексту је дата изводљивост коришћења ротирајућег биолошког контрактора (RBC). Из добијених резултата тестова спроведених у летњим и зимским условима у Онтарију, утврђено је да би се RBC процес могао сматрати доследним уређајем за нитрификацију отпадних вода.

Испитивањем спроведеним у летњим условима закључено је следеће:

- (1) процес нитрификације тј. ефикасност нитрификације смањена је са појавом повећања хидрауличног оптерећења на RBC - у са 0,8 на 3,2 IGPD/ft².

Код хидрауличног оптерећења од 3,2 IGPD/ft² настало од отпадних вода, имамо у просеку 0,77 mg/l , NH₃-N. Оод укупно коришћених узорак 71% садрже мање од 1 mg/l , NH₃-N у отпадној води.

- (2) ефикасност нитрификације повећана је са повећањем броја обраћаја RBC јединице са 1 o/min на 2 o/min.

Испитивањем спроведеним у зимским условима закључено је следеће:

- (1) при константном хидрауличном оптерећењу, ефикасност нитрификације смањила се са смањењем спољашње температуре.
- (2) са хидрауличним оптерећењем од 2,4 IGPD/ft² произведено ефлуента је у просеку 1,05 mg/l , NH₃-N ,79% узорак отпадне воде је садржало мање од 2 mg/l , NH₃-N
- (3) Иако RBC процес може да очисти велике количине онихишћења, двојки поремећаји су били штетни процесу, и у том случају процес нитрификације је био дуг. [16]

7.1 Препоруке

Препоручено хидраулично оптерећење, које следи даље у тексту, за процес биолошке нитрификације уз помоћ RBC процеса, је добијено на основу резултата из ове студије. Дакле, ово оптерећења може само да се примењује у условима секундарног третмана отпадних вода односно са отпадним водама које имају неку средњу вредност онечишћења, $BPK_5 = 15 \text{ mg/l}$, $SS = 15 \text{ mg/l}$, $NH_3-N = 15 \text{ mg/l}$, препоручена брзина обртања диска је од 2 o/min. [16]

7.2 Уводне напомене

Ради заштите водене средине захтева се контрола амонијак-азота (NH_3-N), у отпадној води. Велика количина амонијака у води може негативно утицати на велики број начина. Амонијак је отрован за рибе, стимулише цветање воде која је последица еутрофикације воде, када углавном услед људских делатности долази до пренамножености водених биљака, најчешће алги, што има негативне последице по водени живи свет, када се узме у обзир да ради о третману отпадне воде, у неку руку појава етрофикације је и очекивана. [16, 17]

Отпадна вода је углавном богата фосфатима и нитратима, који су иначе ограничавајући фактор бујања живота у води. Уз вишак ових соли, биљке, посебно алге, често почињу да бујају. Тада се повећава и број угинулих алги, које тада разлажу сапрофити при чему се троши кисеоник. Тако опада концентрација кисеоника у води и самим тим долази до гушења и масовног помора водених организама који кисеоник троше у процесу дисања. У условима смањене концентрације кисеоника или чак, анаеробним условима (када кисеоника нема уопште) и само разлагање неће бити потпуно, па се стварају продукти разлагања који води дају лош укус, непријатан мирис и уопште лошији квалитет. [16, 17]

Што се тиче самог процеса пречишћавања уколико вршимо пречишћавање уз помоћ хлора, повећава се дозирање хлора и време потребно за ефикасну дезинфекцију.

Један од метода којим се решавамо проблема амонијака-азота је претварањем у облик нитрат-азота (NO_3-N) пре испуштања.

Веома је актуелна употреба Ротирајућег Биолошког Контрактора (RBC), у процесу аеробног третмана отпадних вода, као средство за биолошку нитрификацију отпадних вода.

У процесу RBC, популација микроорганизама се гаји и задржава на површини дискова који се налазе на блиском размакнутом растојању. Дискови су делимично потопљени у отпадну воду, као што је поменуто у подпоглављу (6.2), постављени су на заједничко вратило које се окреће и наизменично излаже микробе атмосфери и кисеонику. Фиксни филм биомасе (биофилм) на дисковима, у присуству кисеоника (из ваздуха), непрестано оксидира амонијак-азот у отпадној води у нитрат-азот (процес нитрификације). [16]

У овој студији у оквиру испитивања које је спроведено у Онтарију (Асдор ДОО.), задатак је био да се процени ефикасност RBC - а за нитрификацију средње запрљаних отпадних вода. Студија је спроведена у Онтарију у временском периоду од марта 1977. до марта 1978, и може се поделити у два дела у складу са климатским условима.

У првом делу пројекта (март - новембар 1977, летњи услови), отпадна вода унутар RBC јединице била је температуре изнад 13 °C (55 °F). Опште је прихваћено да биолошка активност може да се смањи када температура воде опадне испод 13 °C или 55 °F. Током овог периода, RBC је излаган са четири различита оптерећења (Табела 7.1), наравно бележена је нитрификација за свако оптерећење. Сваки период је одржаван довољно дуго да би се обезбедили стационарни услови. Брзина обртања диска у овој студији била је 2 o/min.

У другом делу пројекта (новембар 1977 - март, 1978, зимски услови), температура отпадне воде унутар RBC јединице је била испод 13 °C. Током овог периода, RBC је излаган различитом оптерећењу у покушају да се успостави вредност процеса нитрификације у вредности изнад 90%. (Табела 7.2).

Карактеристике улазне отпадне воде у постројење су варирали током овог испитивања. (Табела 7.2). [16]

Табела 7.1. Распоред оптерећења .[16]

РАСПОРЕД ОПТЕРЕЋЕЊА				
Период оптерећења	IGPD/ft ²	Број узорковања	Опсег температуре	Mg/l
(а) летњи перид				
28 апр. 1977. - 12 јун 1977.	0,8	25	15-21°C	3,0-8,0
13 јун 1977. - 09 авг. 1977.	1,6	18	18-24°C	2,4-4,4
10 авг. 1977. - 23 окт. 1977.	3,2	24	15-20°C	2,0-4,2
24 окт. 1977. - 25 нов. 1977.	2,4	12	10-16°C	2,5-6,5
(б) зимски перид				
26 нов. 1977. - 23 јан. 1978	2,4	21	1-10°C	3,7-9,0
(а) 1 мар. 1977. - 27 апр. 1977. - период покретања				
(б) 24 јан. 1978. - 13 мар. 1978. – период опоравка процеса				

Табела 7.2. Карактеристике улазне отпадне воде у RBC систем за летњи и зимски период .[16]

Оптерећење IGPД/ft ²	0,8	1,6	2,4	3,2	2,4
	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
NH ₃ -N	15,5	13,8	17,3	13,8	11,9
NO ₃ -N	1,9	0,1	0,3	0,6	3,6
TKN	18,1	15,4	21,0	15,8	14,6
NO ₂ -N	0,3	0,4	0,2	0,1	0,2
ВРК	15,1	19,0	13,9	11,3	18,4
Филтрирана ВРК	3,1	3,1	5,2	3,9	3,2
НРК	54,4	45,7	45,9	49,0	52,2
Филтрирана НРК	31,2	32,5	-	-	32,8
Оргаски угљеник	11,6	16,2	24,8	16,3	17,0
Неоргански угљеник	75,6	72,0	90,7	78,8	79,4
Суспендоване материје	12,7	11,4	24,7	17,6	27,7
Растворене материје	-	867,4	865,6	898,5	876,4
Растворени фосфор	0,3	0,7	0,4	0,3	0,3
Укупни фосфор	1,0	1,1	1,2	1,0	1,5
Алкалност (базност)	334,1	317,3	335,4	329,3	317,4
pH*	7,6	7,6	7,9	7,7	7,7

* pH вредност није изражена у mg/l

7.3 Погонски систем

Дискови RBC јединице покретани су уз помоћ Brooks Gryphon електричног мотора наизменичне струје. Који је са вратилом повезан уз помоћ редуктора. Спецификације погонске јединице су: 0.33 hp², 110/220 V, 60 Hz, 5.0/2.5 A, 1720 о/мин.

7.4 Димензије постројења

У оквиру овог пројекта коришћено је мало постројење компаније Asdor. Димензије и сам изглед постројења могу да се знатно разликују од произвођача до произвођача, али сам принцип рада је исти. Овде је постројење постављено изнад површине земље, а на сликама 7.1 и 7.2, дате су димензије постројења. Долазна вода се допрема системом пумпи са променљивим протоком, а у улазном резервоару се налазе грејачи од 950 W који, у случају када је то потребно догревају воду у резервоару и штите воду од замрзавања када су спољашње температуре испод нуле.

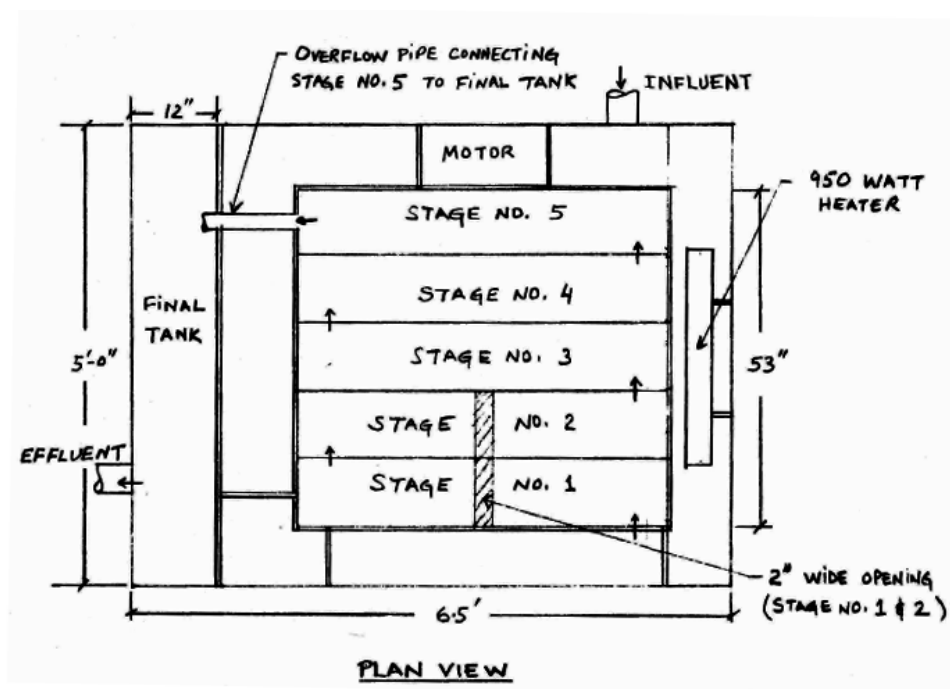
Запрљана отпадна вода улази у главни резервоар (капацитета 560 gal³), где долази до таложења услед дејства гравитационих сила и стварања муља на дну

² 1 hp = 0,746 kW

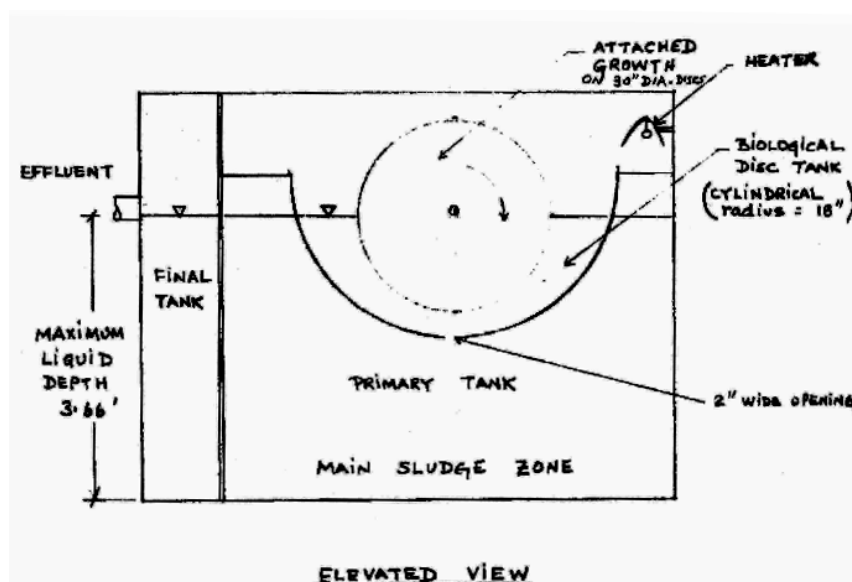
³ 1 gal = 3.78 l

резервоара, стварања такозване зоне муља, док суспендовани и колоидни материјали прелазе у резервоар са дисковима.

Капацитет резервоара са дисковима је 72 gal и представља биолошку зону која је подељена на 5 комора. Вода пролази кроз све коморе и прелива у последњој која је капацитета од 115 gal.



Слика 7.1. Димензије Пилот постројења у Онтарију⁴ [16]



Слика 7.2. Димензије Пилот постројења у Онтарију⁴ [16]

⁴ Све димензије су дате у инчама, 1inch=2,54cm

7.3 Резултати процеса и дискусија - летњи период

За летњи период током кога су вршена испитивања, температура воде је била изнад 13 °C, летњи период је сматран за време између 29. априла 1977 - 24. новембар, 1977. Током овог периода, RBC јединица је оптерећена са неколико различитих оптерећења (0.8, 1.6, 2.4 и 3.2 (IGPD/ft²)⁵), и вредности биолошке нитрификације тј. резултати који су добијени коришћењем RBC процеса су приказани у табели 7.3.

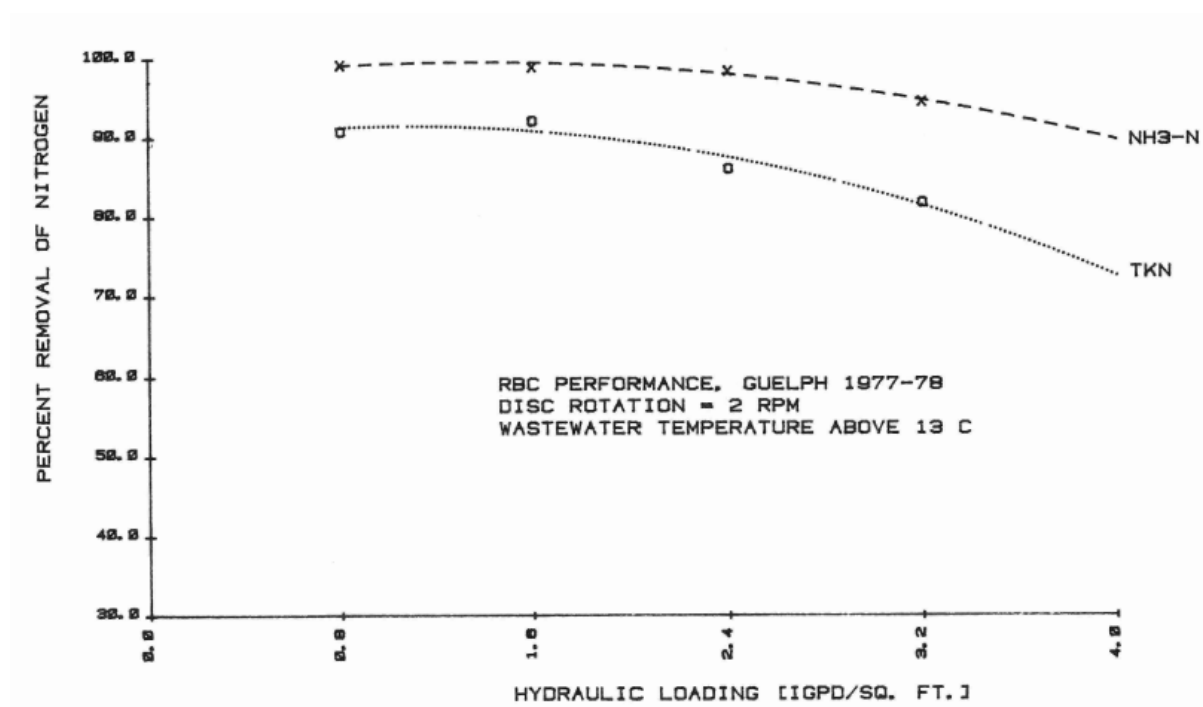
7.3.1 Утицај хидрауличног оптерећења на процес нитрификације

Јасно је утврђено да је уклањање амонијак-азота смањено са повећањем хидрауличног оптерећења (слика 7.1). Максимална нитрификација (преко 99% ефикасности пречишћавања), постигнуто је са хидрауличним оптерећењем од 0,8 IGPD/ft² и 1,6 IGPD/ft², али уклањање амонијак-азота смањено је на 98,5% и 94,6% ефикасности, кад је дошло до повећања оптерећења на 2,4 IGPD/ft² и 3,2 IGPD/ft² респективно. Слично као и са уклањањем амонијак-азота тако и проценат уклањања TKN-а опада са повећањем хидрауличног оптерећења. (слика 7.1). Проценат уклањања TKN-а је већи од 90% за вредности оптерећења од 0,8 IGPD/ft² и 1,6 IGPD/ft², али смањен на 86,2% за 2,4 IGPD/ft² и 81% за 3.2 IGPD/ft², респективно. [16]

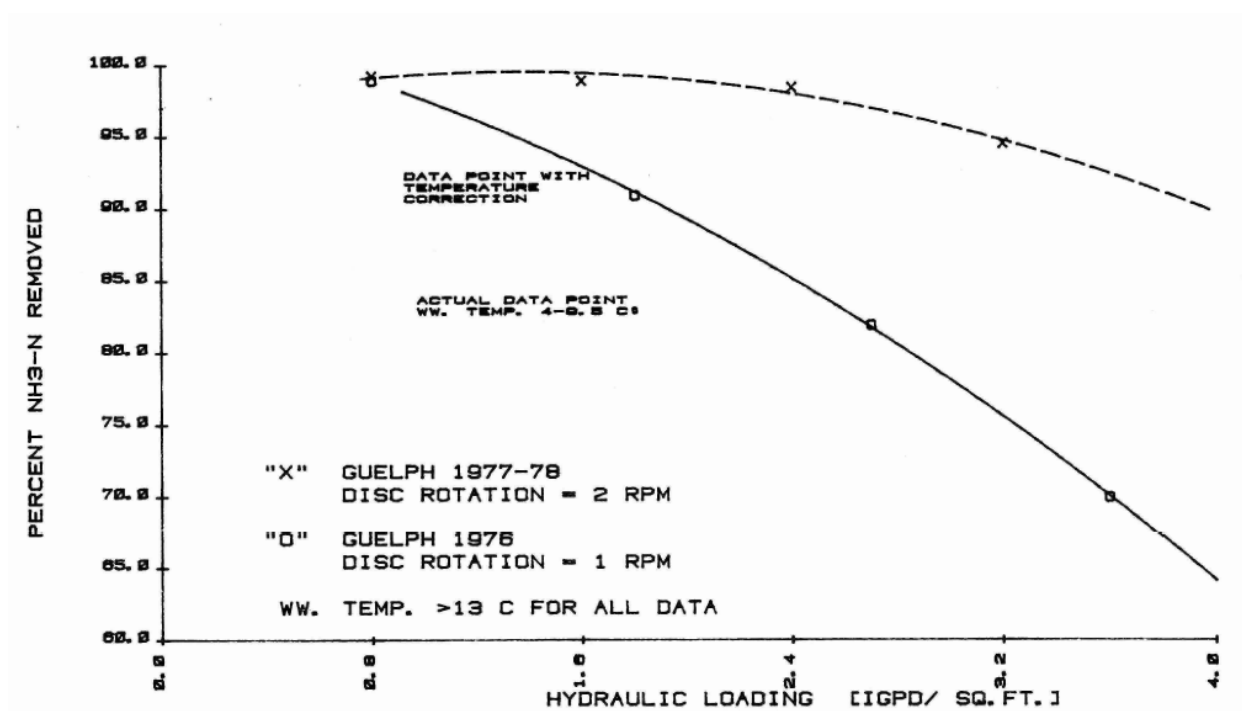
Табела 7.3. Добијене вредности коришћењем RBC јединице, за летњи период [16]

Оптерећење IGPD/ft ²	Коцентрација на улазу		% смањење		Квалитет излазне воде		Показатељи	
	NH ₃ -N mg/l	TKN mg/l	NH ₃	TKN	sred. NH ₃ mg/l	sred. TKN mg/l	NO ₃ /NH ₃	Alk/NH ₃
0,8	45,5	18,1	99,3	90,9	0,10	1,50	89%	7,33
1,6	13,8	15,4	99,0	92,2	0,14	1,21	85%	8,56
2,4	17,3	21,0	98,5	86,2	0,25	2,8	82%	5,59
3,2	13,8	15,8	94,6	81,9	0,77	2,85	76%	8,14

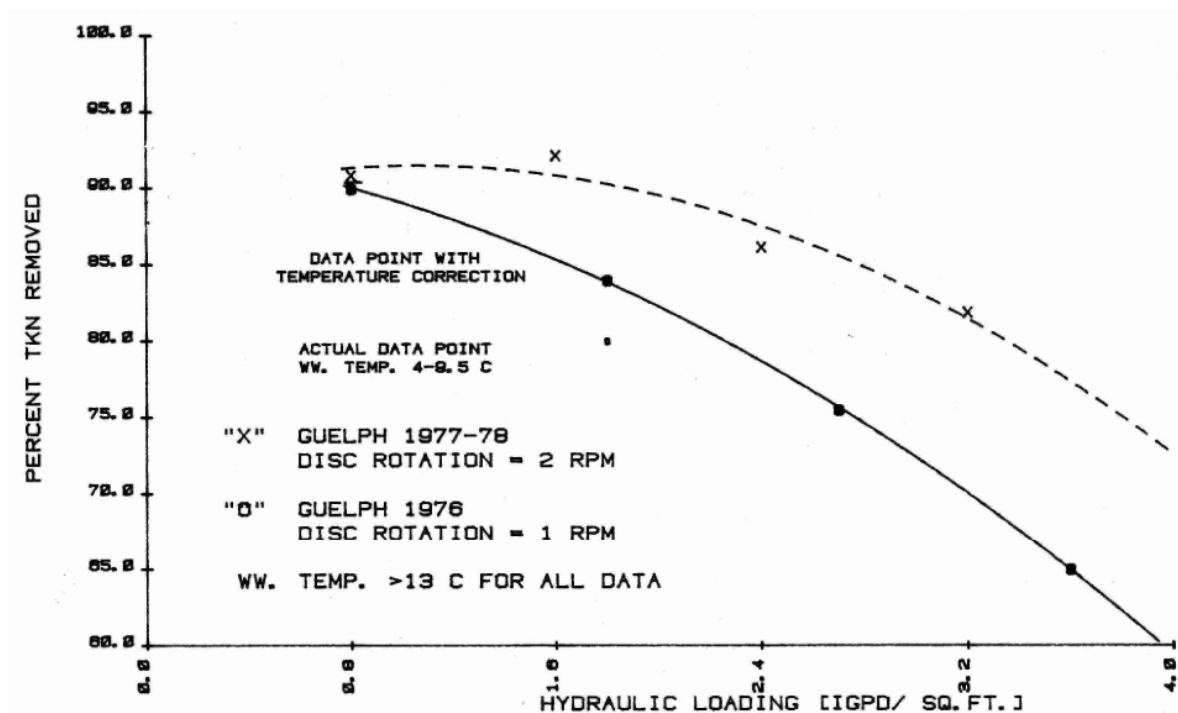
⁵ IGPD/ft² = 4.55l/d/m²



Слика 7.1. Ефикасност пречишћавања у односу на оптерећење [16]



Слика 7.2. Ефикасност уклањања NH₃-N са променом брзине при одређеном оптерећењу [16]



Слика 7.3. Ефикасност уклањања TKN са променом брзине при одређеном оптерећењу. [16]

7.4 Резултати процеса и дискусија – зимски период

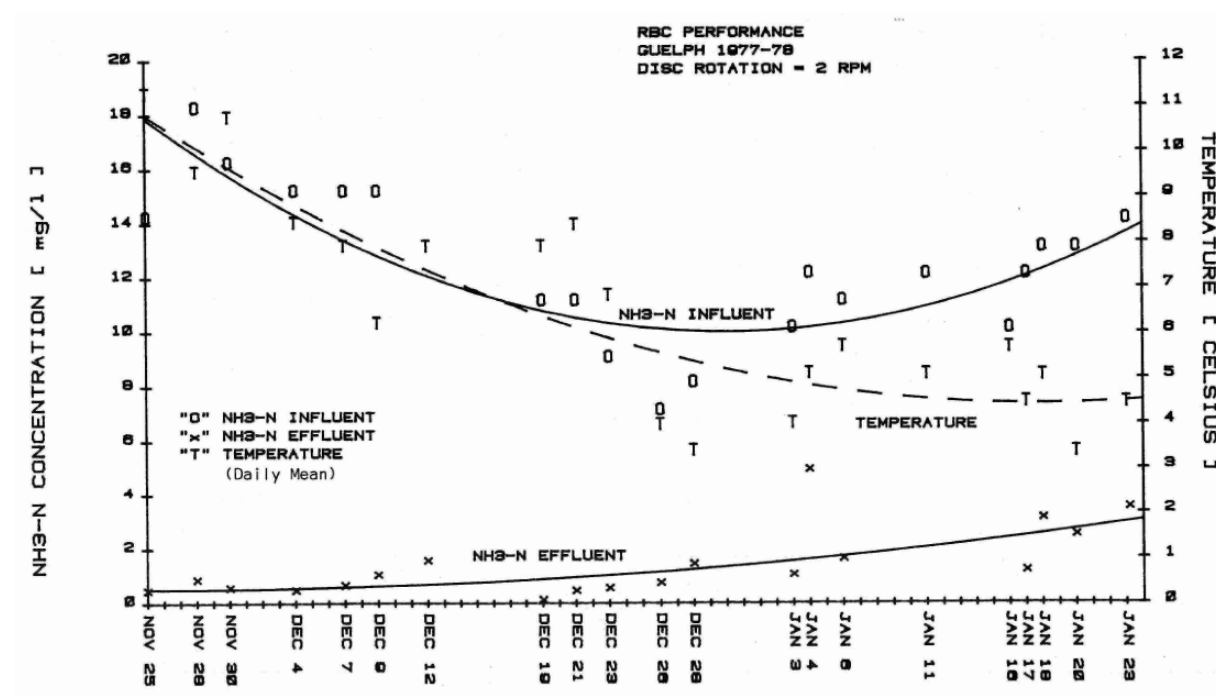
За зимски период током кога су вршена испитивања, температура воде је била испод 13 °C, зимски период је сматран за време између 25. новембра 1977 - 23. јануар, 1978. Током овог периода, RBC јединица је оптерећена са константним оптерећењем од 2.4 IGPD/ft², и вредности биолошке нитрификације тј. резултати који су добијени коришћењем RBC процеса су приказани у табели 7.4.

7.4.1 Утицај температуре на нитрификацију

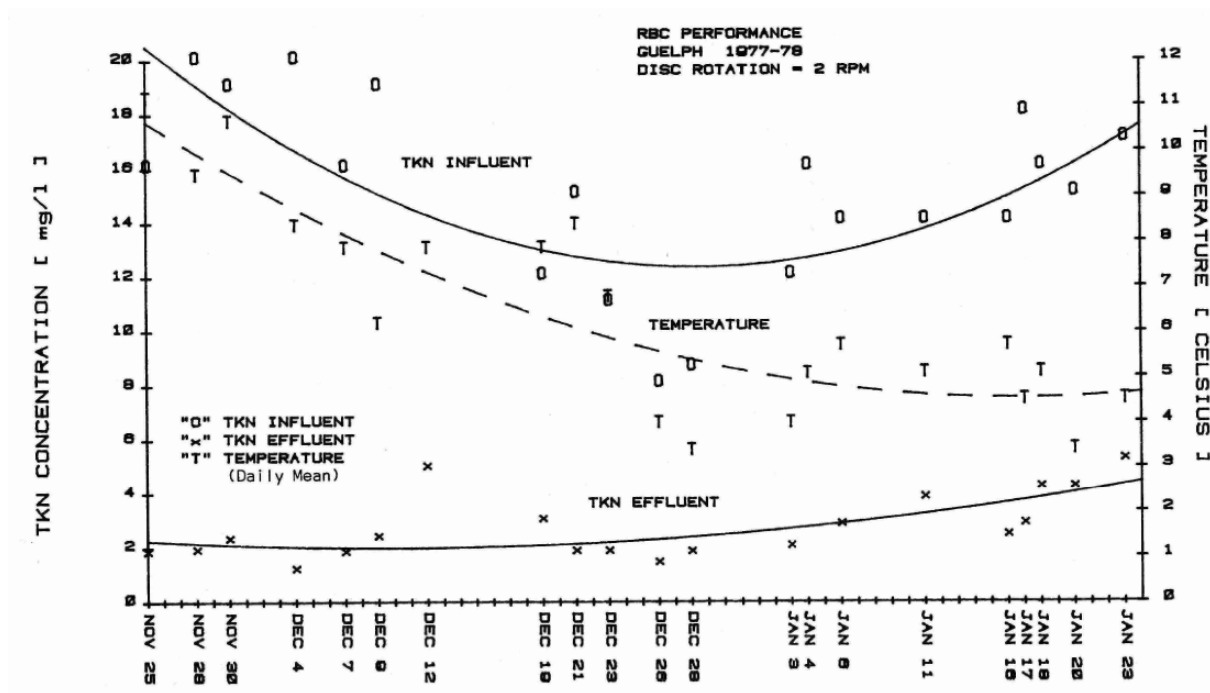
При константном хидрауличном оптерећењу од 2.4 IGPD/ft² дошло је до смањења процеса нитрификације са смањењем температуре, што се може видети у табели 7.4. Уклањање амонијак-нитрата је опало са 98,5% у условима када се температура кретала од 14-16 °C на 88,6% када смо имали температуре од 1-10 °C.

Табела 7.4. Добијене вредности коришћењем RBC јединице, поређење летњи - зимски период .[16]

	Коцентрација на улазу			% смањење		Квалитет излазне воде		Услови
	Оптерећење IGPD/ft ²	NH ₃ -N mg/l	TKN mg/l	NH ₃	TKN	сред. NH ₃ mg/l	сред. TKN mg/l	Вредност температуре °C
Лето	2,4	17,3	21,0	98,5	86,2	0,25	2,8	14-16
Зима	2,4	11,9	14,6	88,6	82,7	1,05	2,68	1-10



Слика 7.4. Вредности NH₃-N за улазне и излазне воде дате кроз целукупан временски период у односу на дате температуре [16]



Слика 7.5. Вредности TKN за улазне и излазне воде дате кроз целокупан временски период у односу на дате температуре [16]

8.0 КУЋНА ВАРИЈАНТА БИОДИСКА ЗА ТРЕТМАН УРИНА

Ако се урин сакупља одвојено од остале отпадне воде, може се поново искористити нпр. као ђубриво, јер садржи много хранљивих састојака који могу да се рециклирају.

Да би сте прикупили људски урин и хранљиве материје садржане у њему морате поставити системе за прикупљање урина директно тамо где се и производи, то у многостепеном помаже да се затвори циклус производње хранљивих материја (ђубрива) из урина.

Због високог садржаја воде у урину, концентрација хранљивих материја је ниска у поређењу са чврстим ђубривом. Транспорт и складиштење велике количине урина није баш једноставан и пријатан процес, због тога овај пројекат има циљ смањење запремине и сам трансфер мокраће у чврсто ђубриво (углавном фосфор). [18]

Преостала течност после издвајања „чврстог ђубрива“ и даље садржи високу концентрацију азота. Она може да се користи као течност ђубриво на пољопривредним пољима за наводњавање са системима кап по кап. Ако се азот који се налази у отпадним водама не може користити као ђубриво, исти треба и уклонити како би се спречило загађење вода. У таквим ситуацијама су пожељни системи попут Биодиска

(RBC), који се успешно користи за уклањање азота преко процеса нитрификације. Овај процес је нарочито погодан за уклањање азота из јако загађених вода амонијаком, као што је урин. [18]

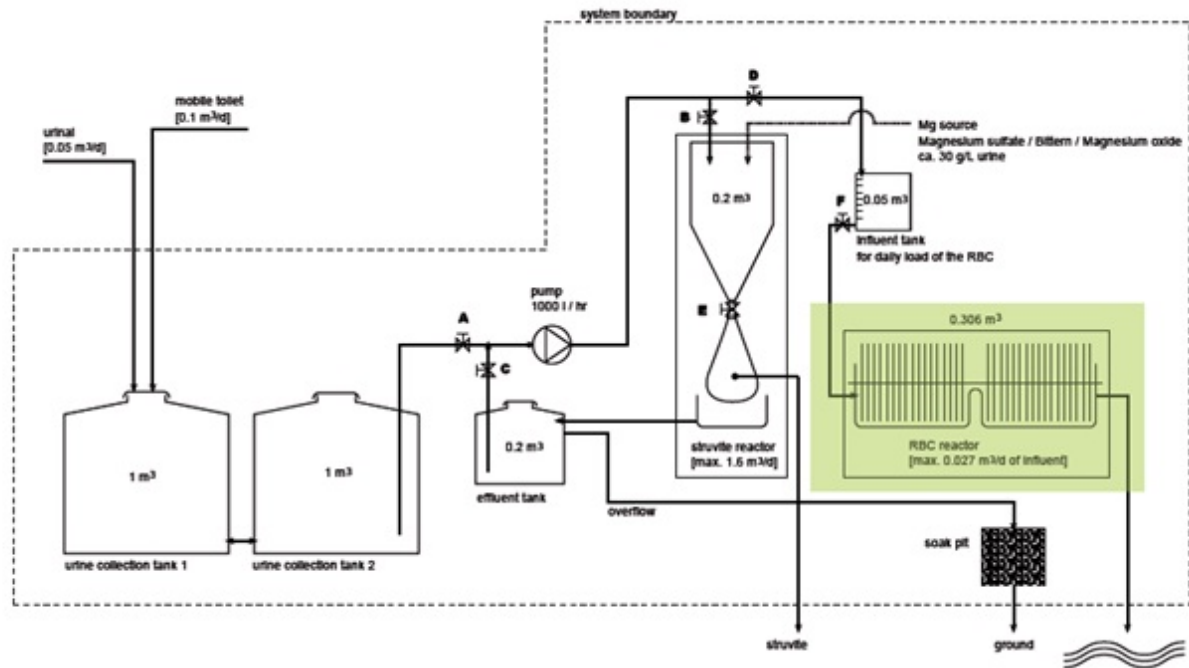
8.1 Општи опис кућног система

Ротациони биолошки контрактор (RBC) је пројектован да уклони амонијак из урина, како би се спречило загађења воде од прекомерног оптерећења амонијаком. У приказаном постројењу за кућну употребу, RBC може третирати и до 30 литара отпадних воде или урина дневно.

Систем је постављен у Kuleshwor средњој школи у Kathmandu током STUN пројекта. [18]



Слика 8.1. Ротирајући биолошки контрактор за третман урина [18]



Слика 8.2. Дијаграм тока процеса, укључујући прераду отпадних вода са РБЦ (осенчено) [18]

8.2 Преглед система

У овом кућном малом систему за третман вода (слика 8.2) може се дневно третирати око 30 литра отпадне воде или урина. Даље у тексту су описани делови овог система:

8.2.1 Вентили

- а) за пражњење урина из резервоара,
- б) за пуњење струвит реактора,
- ц) за празан резервоар отпадне воде (излазне),
- д) за пуњење резервоара испред RBC -а,
- е) за празан струвит резервоар,
- ф) контролише прилив воде у RBC. [18]

8.2.2 Системске компоненте

1. Резервоар за складиштење урина: 2000 L мокраће може да се чува у две повезане полиетиленске цистерне. Урин се такође може испоручити са других извора (нпр. мобилних тоалета).
2. Струвит реактор: У струвит реактору, магнезијум се додаје у урин да би растворили струвит.

3. RBC (ротирајући биолошки контрактор): Умањује високу концентрацију азота у отпадној води из струвит реактора.
4. Резервоар отпадних вода (струвите реактор): Прикупља излазну отпадну воду.
5. Резервоар улазне отпадне воде (за RBC реактор): Пружа контролисан и константан прилив воде на RBC.
6. Пумпа. [18]



Слика 8.3. Ротирајући биолошки контрактор за третман урина [18]

8.3 Рад система

Ротор се стално окреће без дужих прекида како не би могао проузроковати кварове, тј. како не би могао да поремети функцију бактерија и на тај начин смањи ефикасност уклањања азота. Бактеријама је потребан константа извор хране условљен сталним приливом отпадне воде из струвит реактора или урина. Дакле, RBC-ов приливни резервоар (слика 8.4.) је довољан за дневне потребе прилива. Резервоар се пуни ручно са слободним цревом везаним за пумпу. Вентили С и D се отворе, у близини је и вентил В који активира пумпу чија је улога да попуни приливну цистерну. Скала на резервоару указује на ниво попуње. Са вентилом F на дну RBC приливном резервоару, проток се може подешавати тако да се испразни резервоар полако кроз један дан (24 h).

Ако је дневна приливна стопа ниска (тј. током почетне фазе), урин се такође може ручно додати са обичном посудом два пута дневно. Третиране отпадне воде се испуштају кроз црвено одводно црево (слика 8.5.) директно у животну средину. Неопходно је да се излаз црева постави на nižем нивоу него самом излазу, на место где одлагање не изазива никакве непријатности. [18]



Слика 8.4. RBC приливни резервоар са индикатором нивоа попуње и одводног вентила према реактору [18]



Слика 8.5. Излаз за одлагање отпадних вода директно у животну средину [18]

У следећем делу је описан детаљан приступ како се поступа са RBC-ом :

1. Попуните RBC водом.
2. Додајте муљ из постојећих постројења за пречишћавање отпадних вода у RBC. Када додајете муљ, покушајте да га раширите преко свих дискова.
3. Додајте хлороводоничну киселину, односно натријум хидроксид да би задржали рН вредност од 6,5 до 7, тако да бактерије могу да троше кисеоник. Уверите се да се концентрација кисеоника смањује и чува на ниским вредностима близу 0,5 mg/l, ако је могуће.
4. Почните са оптерећењима од 2 l/d, ако је укупна концентрација азота је око 7000 mgN/l или 3 l/d ако је укупан азот концентрације је око 5000 mgN/l Прилагодити проток.
5. Уверите се да је прилив константан и стабилан. Ако је прилив веома низак и константни прилив се не може обезбедити из приливног резервоара, покушајте да додате дневни износ директно у реактор.
6. Пустите у рад реактор неколико дана до недељу дана и пратите концентрацију нитрита и амонијака. У идеалном случају, концентрација ће пасти и концентрација нитрита ће се повећати на вредности око 10-20 mg N/l.
7. Ако имате превише нитрита (изнад 25 mg N/l), смањити прилив.
8. Када концентрација нитрита достигне нулу, удвостручи прилив и наставите као што је описано у корацима 7-9.
9. Поновите све док сте достигли коначну приливну вредност. [18]

8.4 Електроника

RBC реактор је покретан мотором брисача ветробранског стакла на аутомобилу. У самом почетку, мотор је радио непрекидно 24 сата дневно. После 1,5 месеца постављен је тајмер који је контролисао покретање мотора у интервалу 10 минута рада и 10 минута прекида, са циљем да смањи ниво кисеоника у RBC. Мотор се напаја оловним акумулатором, који је повезан на пуњач (слика 8.6). Стабилизатор напона спречава оштећење електронске опреме услед флукуације напона у мрежи. Да би заштитили електронску опрему од влаге и кише, она мора да буде покривена пластичном фолијом (слика 8.7).

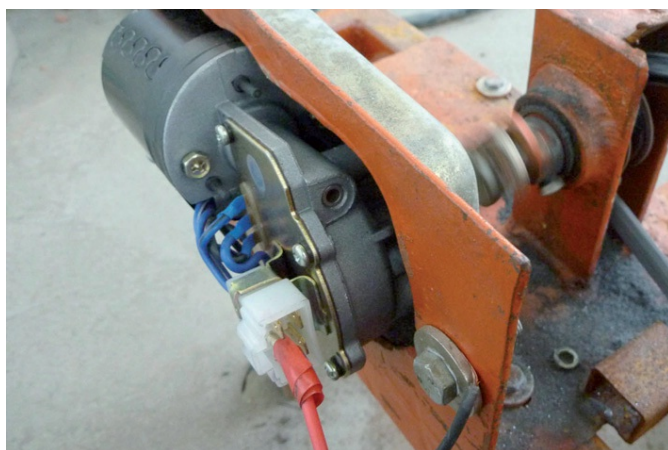
Брзина обртања ротора се може подесити на два различита нивоа. Променом места прикључења црвеног кабла (слика 8.8). Можемо изабрати брзине од 4,5 o/min и брзину од 6,5 o/min. [18]



Слика 8.6. Горe лево: електронски контролисан пуњач акумулатора; горе десно: Стабилизатор напона; испод: Олововни акумулатор [18]



Слика 8.7. Акумулатор, пуњач и исправљач напона су покривени пластичном фолијом да их заштити од кише и других атмосферских услова [18]



Слика 8.8. Као погон је коришћен мотор брисача за ветробранска стакла на аутомобилу. [18]

9.0 ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ БИОДИСКА

Идејно решење биодиска је рађено за 500 становника. Димензије основних делова тј. елемената биодиска дате су у тачки 6.1.8. Адекватним прорачуном, за остале делове, распоред делова и самог система остављена је инжењерска слобода, па сам сходно томе направио јединствено идејно решење за које су у тачки 9.1 дати трошкови израде, а у 11.0 3Д модел идејног постројења.

9.1 Трошкови израде биодиска

Табела 9.1. Приказ профила који су употребљени приликом пројектовања, као и остали други делови и њихове цене *

U-профил DIN U50			
дужина у mm	комада	укупна дужина у m	цена (дин)
1250	64	80	118000
1040	64	66.6	80000
Т-профил DIN T60			
дужина у mm	комада	укупна дужина у m	цена (дин)
2000	32	64	92000
стубови			
дужина у mm	комада	укупна дужина у m	цена (дин)
2700mm	28	75,6	82600
држачи			
димензија	комада	укупна дужина у m	цена (дин)
Φ30x1780	64	114	51200
поклопац			
димензија	комада	укупна дужина у m	цена (дин)
1,5x1000x2000	19	/	46700
1,5x1250x2000	4	/	12300
кућиште			
димензија	комада	укупна дужина у m	цена (дин)
1,5x1000x2000	24	/	59100
1,5x1000x2500	8	/	24640
навртке DIN 934			
димензија	комада	укупна дужина у m	цена (дин)
M10	400	/	1480
M12	150	/	825
завртњеве DIN 933			
димензија	комада	укупна дужина у m	цена (дин)
M10	400	/	4920
M12	150	/	5100
подлошке DIN 125			

димензија	комада	укупна дужина у m	цена (дин)
M10	400	/	600
M12	150	/	390
електро мотор			
снага	комада	укупна дужина у m	цена (дин)
3 kW	1	/	15500
лежиште			
димензија	комада	укупна дужина у m	цена (дин)
Ф140	2	/	40000
цеви			
димензија	комада	укупна дужина у m	цена (дин)
ф160x3000	2	/	2500
ф160x1000	7	/	2912
ф160x250	5	/	825
ф160	9	kolena	4401
филтер			
површина	комада	укупна дужина у m	цена (дин)
0.92m ²	3536	/	154000
пупме			
	комада		
1 kW	3		45000
укупно			
			цена (дин)
			844993

*[15]

Остали трошкови	цена (дин)
Пројектовање	100000
Заваривање	100000
Монтирање	50000
Фарбање	30000
Транспорт	30000

УКУПНИ ТРОШКОВИ	
за уређај	844993
остали трошкови	310000
грађевински радови	550000
разно	150000
УКУПНО	1754993
УКУПНО ЗА 3 ЈЕДИНИЦЕ**	5264979

**Прорачуном је добијено да су потребне 3 RBC јединице.

10.0 РАЗЛИЧИТЕ ИЗВЕДБЕ БИОДИСКОВА

10.1 Примери биодискова који се користе у свету

На сликама 10.1-10.24 су приказана различита решења биодискова која се користе у свету за третман отпадних вода, од веома једноставних до комбинација више редно везаних RBC јединица.



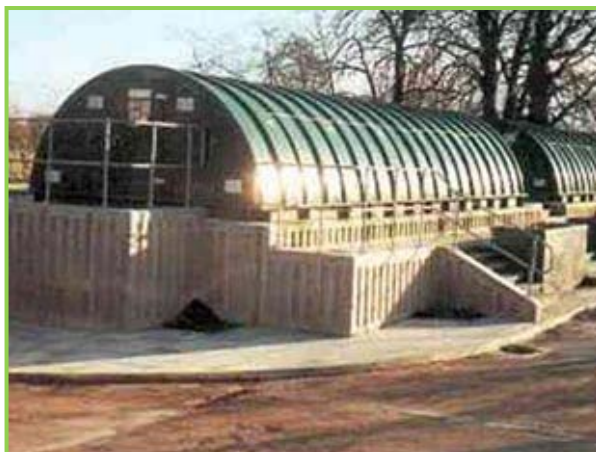
Слика 10.1. Типичан пример (RBC) јединице која се користи за третман отпадних вода [19]



Слика 10.2. Једноставни RBC системи [19]



Слика 10.3. Више RBC јединица постављених на истој локацији [19]



Слика 10.4. Две RBC јединице постављене на истој локацији [19]



Слика 10.5. RBC јединице са великим пречником дискова [19]



Слика 10.6. Две RBC јединице постављене заједно са сепараторима хумуса [19]



Слика 10.7. Хумус резервоар на крају RBC јединице [19]



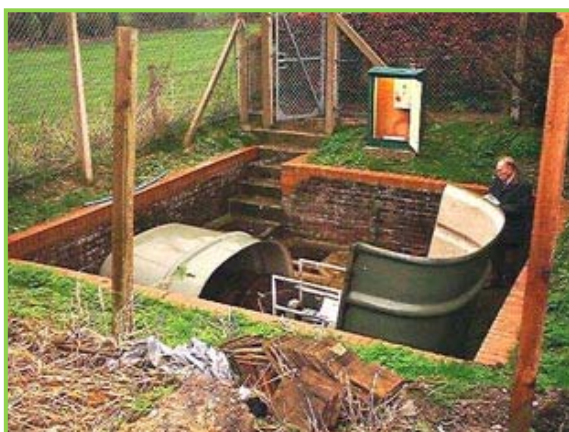
Слика 10.8. Запрљана RBC јединица [19]



Слика 10.9. Мала RBC јединица за треман отпадне воде до 36 ЕС [19]



Слика 10.10. Промена боје дискова дуж вратила [19]



Слика 10.11. Пример веома ограниченог приступа постројењу али погодног за подручја где не смомо имати визуелно нарушавање околине [19]



Слика 10.12. Поглед одозго на јединицу која има веома ограничен приступ за одржавање [19]



Слика 10.13. Компактна јединица, ограђена бетоном [19]



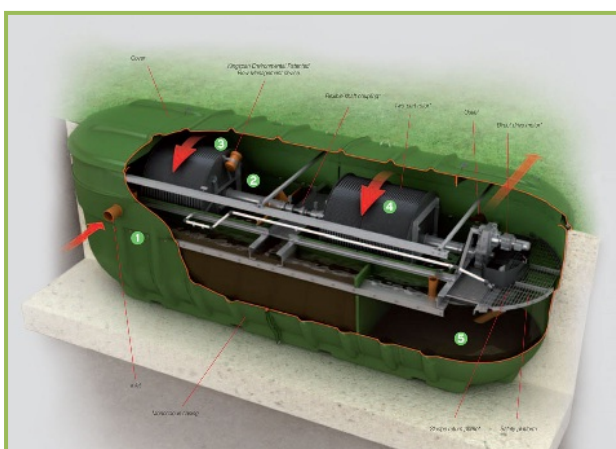
Слика 10.14. Укопано и бетоном заштићено постројење [19]



Слика 10.15. Биодиск са издвојеном хумус цистерном [19]



Слика 10.16. Ограђена хумус цистерна [19]



Слика 10.17. Тип модерног биодиска [20]



Слика 10.18. Унутрашњост модерне RBC јединице [19]



Слика 10.19. Изглед постројења постављеног у сред насеља [19]



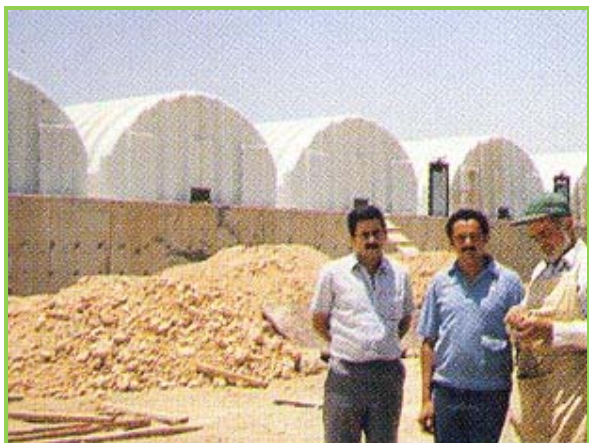
Слика 10.20. Унутрашњост постројења, постављеног у центар насеља, са две биодиск јединице. Amherstburg, Ontario, Canada [19]



Слика 10.21. Постројења у Норвешкој [19]



Слика 10.22. Поглед одозго на постројење за 250 ЕС [19]



Слика 10.23. 6 RBC јединица у Јордану [19]



Слика 10.24. Челичана у Бахреину [19]

10.2. Примери биодискова који се користе у Србији

На сликама 10.25 и 10.26 су приказана решења која се користе и производе у Србији.



Слика 10.25. Биодиск предузећа „Тех Пројект Хидро д.о.о.“ [21]

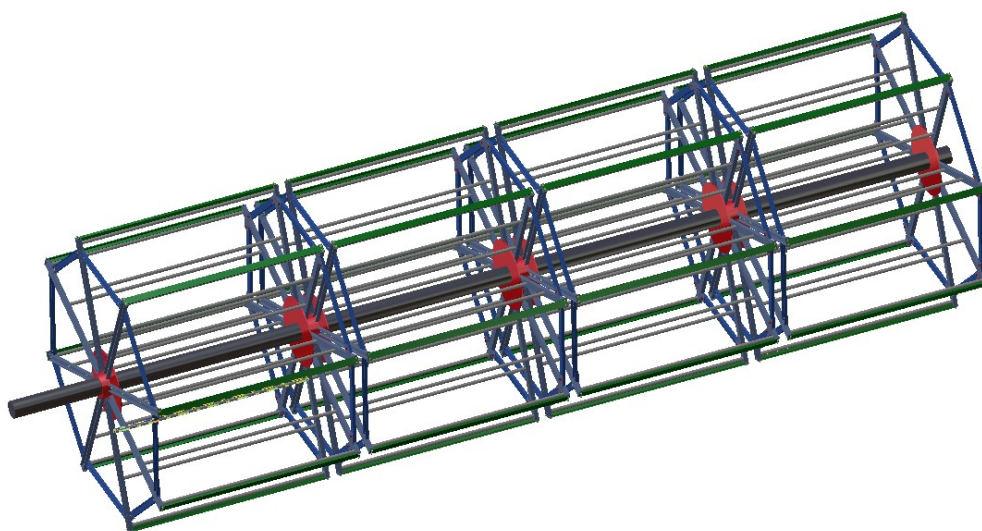


Слика 10.26. Биодиск предузећа „Техник“ [23]

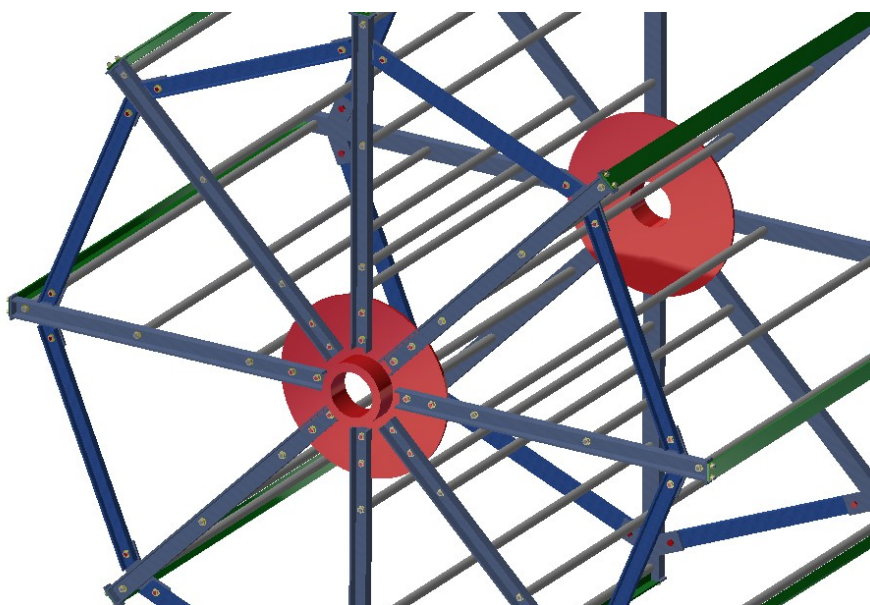
11.0 3Д МОДЕЛ БИОДИСКА

У раду поред већ изнетог, урађен је и 3Д модел RBC система по идејном решењу из претходне тачке који сам сам осмислио. Модел биодиска је моделиран у програмском окружењу Catia V5R19, а реализован је из више корака. Све компоненте 3Д модела биодиска су урађене у правим димензијама по стандарду DIN.

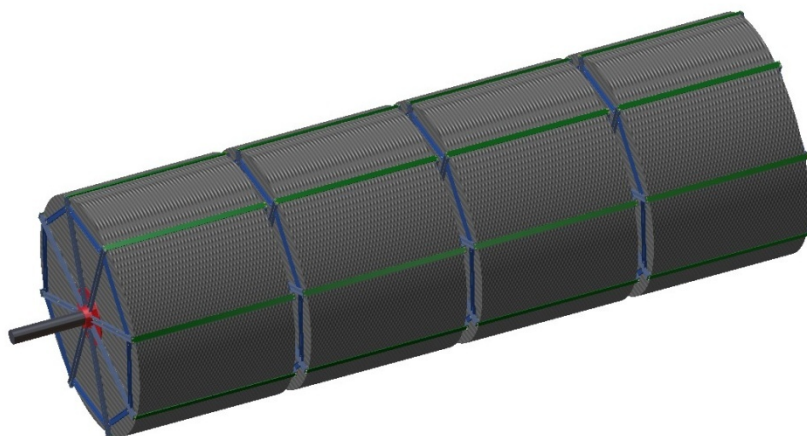
На следећим сликама ће бити приказане компоненте биодиска, као и целокупни склоп биодиска.



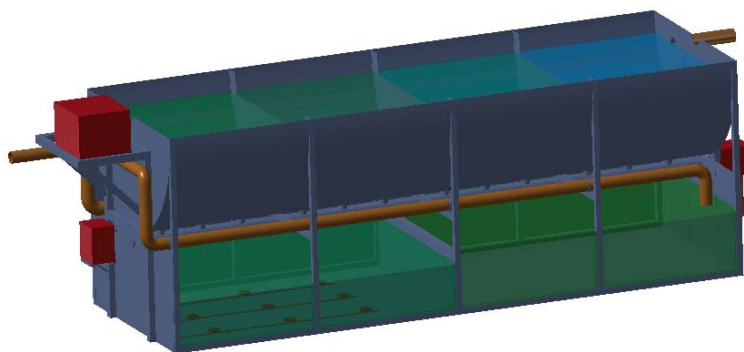
Слика 11.01. Конструкција ротирајућег дела „Биодиска“



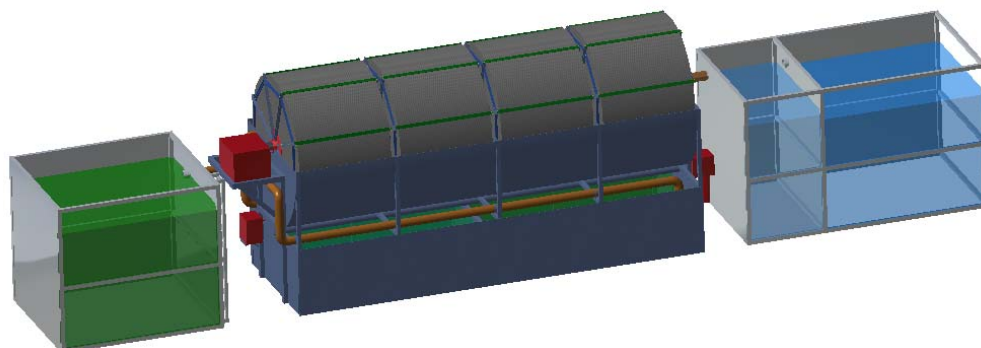
Слика 11.02. Начин спајања конструкције



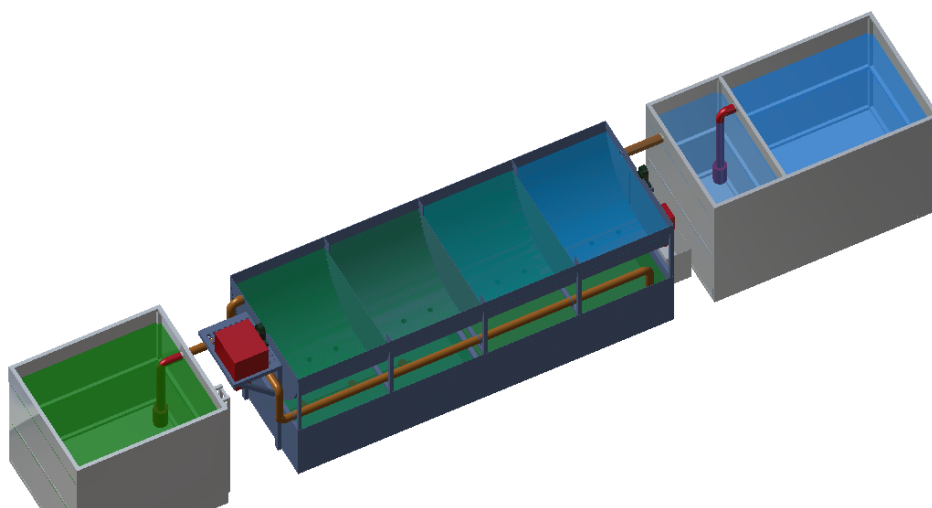
Слика 11.03. Радни „Медијум“ постројења



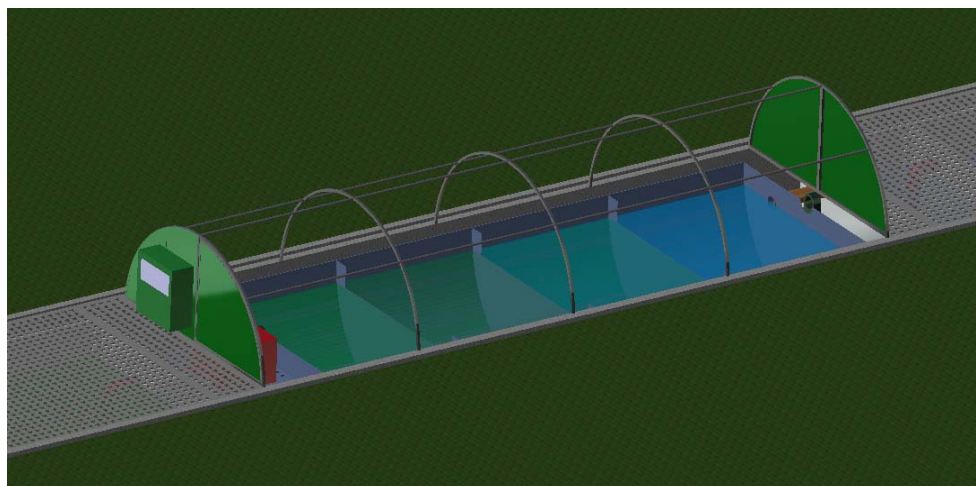
Слика 11.04. Посуда Биодиска са коморама и системом за аерацију



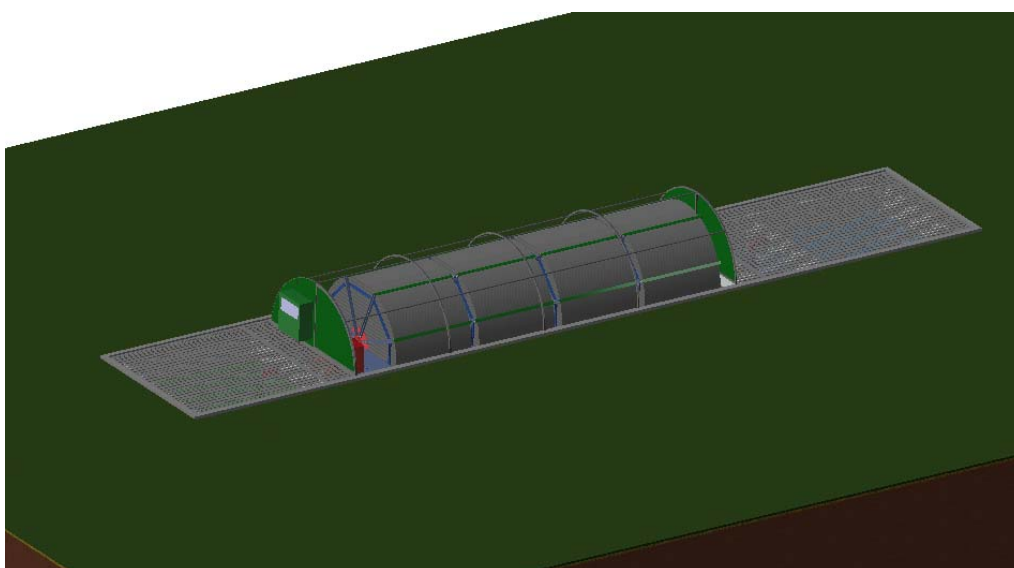
Слика 11.05. Склоп биодиска са резервоарима за отпадну воду кроз лево и резервоарима за пречишћену воду, кроз десно



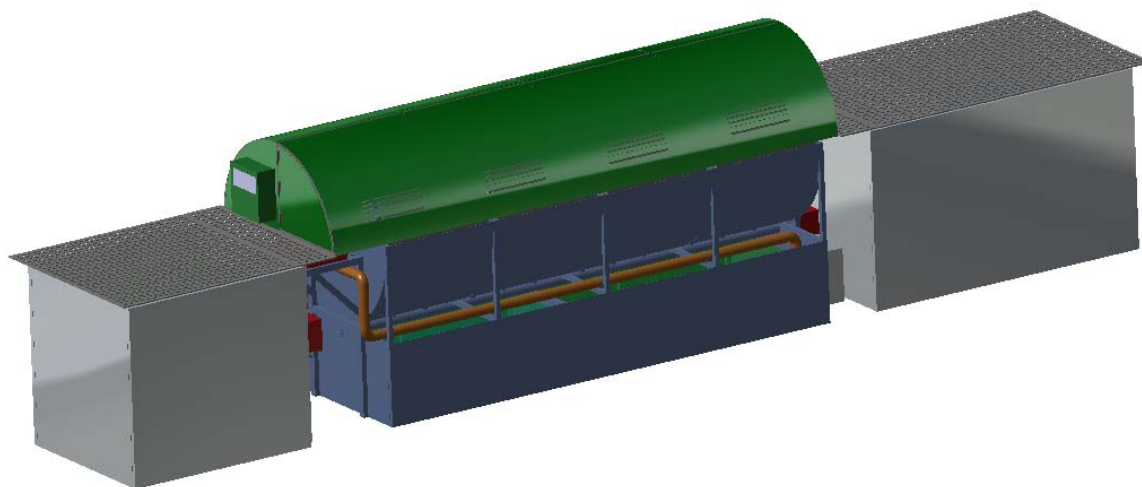
Слика 11.06. Поглед одозго



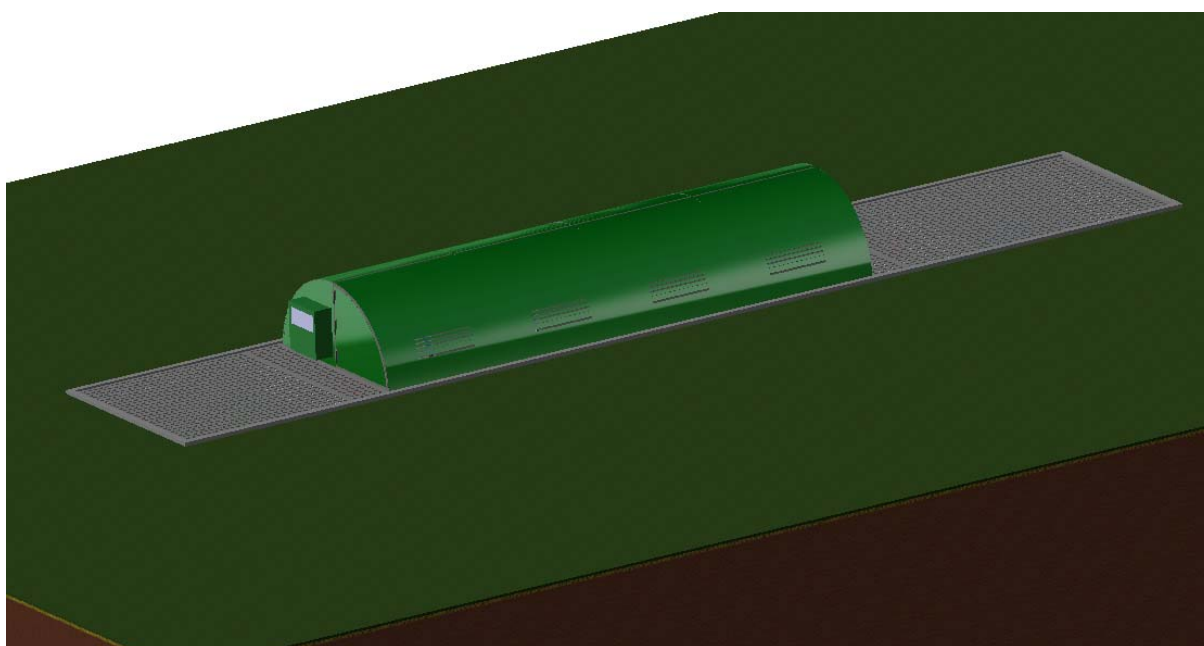
Слика 11.07. Склоп „Биодиска“ без заштитног поклопца и радног медијума



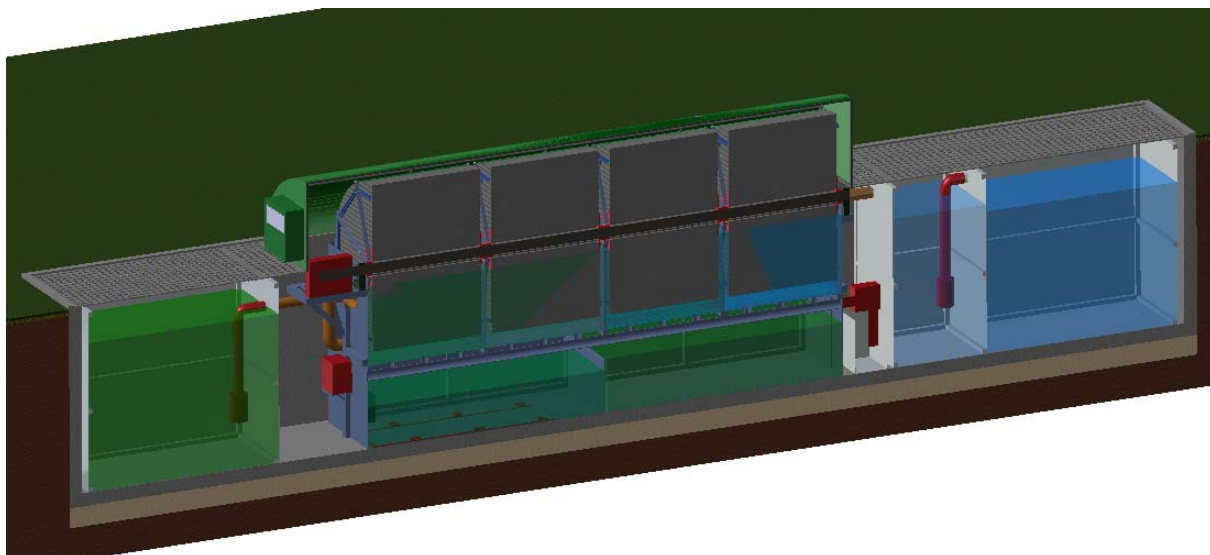
Слика 11.08. Склоп „Биодиска“ без заштитног поклопца



Слика 11.09. Изглед целокупног пројектног постројења постројења



Слика 11.10. Склоп „Биодиска“, изглед како се уклапа у животну средину



Слика 11.11. Попречни пресек пројектованог система

ЗАКЉУЧАК

Пречишћавање отпадних вода методом ротирајућих биолошких контрактора (Биодискова) је веома ефикасан метод за третирање отпадних вода, одликује га његова једноставност у погледу одржавања и рада, ниска потрошња енергије, способност да издржи преоптерећења, веома лако може да се уклопи у околину и на тај начин може да се постави и на местима на којима не сме бити нарушавања физичког изгледа околине, могу лако да се додају нове јединице и на тај начин повећа капацитет пречишћавања. У зависности од оптерећења и спољашње температуре ефикасност пречишћавања се креће од 75-99%.

Када вршимо поређење потрошње електричне енергије у RBC систему она је једнака или мања од потрошње енергије коришћењем аерације у постројењима са активним муљем и захтева мање одржавања и оперативне вештине радника на одржавању.

Уколико се јави потреба за малим постројењем за пречишћавање отпадних вода, укупни трошкови RBC-а су далеко нижи од постројења са активним муљем, дакле, овакав систем је веома погодан за мање загађиваче, а нарочито за сеоска насеља. Одликује га и компактна јединица која по потреби може да се пребаци на другу локацију.

ЛИТЕРАТУРА

- 1) Интернет сајт: <http://ekologija.ba/index.php?w=c&id=29>, приступљено дана: 15.11.2011.
- 2) Семинарски рад: „Постројење за пречишћавање отпадних вода у сеоским домаћинствима“, Процесни апарати и постројења, Машински факултет Крагујевац, 2008.
- 3) др Небојша Вељковић: „Студија отпадних вода и технички процес стратегије одрживог развоја србије“, Београд, 2005.
- 4) Интернет сајт: <http://www.scribd.com/doc/73103544/2-6-Prociscavanje-otpadnih-voda>, приступљено дана: 07.12.2011.
- 5) „Приручник за полагање пријемног испита“, Факултет за примењену екологију Футура, Београд, 2011.
- 6) Драган Цветковић, Вања Шуштершич: „Упоредни преглед карактеристика ротационих биодискова и секвенцијалних фазних реактора за третман комуналних отпадних вода“, Водопривреда, br. 43, pp. 249-257, 2011, ISSN 0350-0519
- 7) Вања Шуштершич: „Технологије и постројења за третман отпадних вода“, (скрипта), Машински факултет, Крагујевац, 2008.
- 8) Интернет сајт: <http://www.borplastikaeko.rs/bioloski-procistaci/>, приступљено дана: 22.11.2011.
- 9) Интернет сајт: <http://www.centrtubi.hr/Centraltubi%20pdf/Rototec.pdf>, приступљено дана: 29.11.2011.
- 10) Интернет сајт: <http://www.iseacg.com/SeparatorUlja.jpg>, приступљено дана: 25.03.2012.
- 11) Hermann E.h., Hahn H.: „Mathematical Modeling of the Performance of a Rotating Biological Contactor for Process Optimisation in Wastewater Treatment“, Karlsruhe, Kalkutta, Indien, 2007. (dissertation)
- 12) Интернет сајт: http://www.mfkv.kg.ac.rs/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=22&Itemid=57, приступљено дана: 16.11.2011.

- 13) Интернет сајт: <http://www.staffs.ac.uk/schools/sciences/consultancy/dladmin/zCIWEMWWT/Activity5/act5.html>, приступљено дана: 13.12.2011.
- 14) Интернет сајт: <http://www.masinac.org/finish/37-seminarski/55biotsempreciscavanjeotpadnihvoda>, приступљено дана: 19.01.2012.
- 15) Интернет сајт: <http://www.dzonikom.com/cenovnik.php>, приступљено дана: 02.02.2012.
- 16) Harry C. Parrott, D.D.S., K.H. Sharpe.: „Nitrification of a secondary municipal effluent using a rotating biological contactor “,Ministry of the Environment, Ontario, United States, April 1978.
- 17) Интернет сајт: http://sr.wikipedia.org/wiki/Цветање_воде, приступљено дана 11.04.2012.
- 18) Eawag – Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology: Low-cost Rotating Biological Contactor – Construction Manual, Kathmandu, Nepal, Фебруар 2011.
- 19) Интернет сајт: http://www.johnstonsmith.co.uk/gallery_rotat_bio.html, приступљено дана: 28.04.2012.
- 20) Интернет сајт: <http://www.klargester.com/products/BioDisc-BE-BL.htm>, присупљено дана: 28.04.2012.
- 21) Интернет сајт: <http://www.tehprojekt-hidro.hr/bio.asp>, приступљено дана: 28.04.2012.
- 22) Интернет сајт: <http://www.alphaenvironmental.co.nz/Water+Management/Klargester/Package+Se wage+Treatment/Rotating+Biological+Contactor+RBC.html>, приступљено дана: 24.03.2012.
- 23) Интернет сајт: <http://www.tehnix.com>, приступљено дана: 14.05.2011.