

Факултет инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу



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: 419/2011

Марко Р. Борић

ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАНИ ПРИСТУП У ТРЕТМАНУ ОТПАДНИХ ВОДА

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 централлизоване и децентрализоване системе у третману отпадних вода, као и да прикаже решења која се користе у пракси. Посебно треба да обрати пажњу на примере који се користе у децентрализованом приступу третмана отпадних вода, а затим на основу прорачуна прикаже и 3Д модел једног решења.

Препоручена литература:

- [1] Мунир Јахић: Урбани водоводни системи, Удружења за технологију воде и санитарно инжењерство, Београд, 1988.
- [2] Небојша Вељковић: Рурални системи за прикупљање и третман отпадних вода, Унапређење квалитета воде код локалних водовода и канализације мањих места у Србији, Удружења за технологију воде и санитарно инжењерство, стр.80-85 Београд, 2010.
- [3] Данијела Николић, Јасмина Скерих, Вања Шуштершич: Системи за пречишћавање отпадних вода у великим и малим насељима, Водопривреда, 2012, вол.44, бр.3-4, стр.247-255

Крагујевац, 15.03.2014.

ментор

Др Вања Шуштершич, ванр. проф.

РЕЗИМЕ

У оквиру овог мастер рада дат је приказ централизованог и децентрализованог система у третману отпадних вода, а приказана су решења која се користе у пракси. Посебно су обрађени примери који се користе у децентрализованом приступу третмана отпадних вода, а затим је на основу података добијених прорачуном урађен 3D модел септичке јаме. Модел је урађен у програмском пакету CATIA V5R20. Од многобројних модула који се налазе у самом пакету, у овом раду је коришћено свега неколико, као што су: Part Design, Assembly Design. Све компоненте јаме су израђене, односно моделиране у модулу „Part Design“, након чега су састављене у целину у модулу „Assembly Design“.

Кључне речи: третман вода, централизовани систем, децентрализовани систем, септичка јама

ABSTRACT

In this master thesis was presented the centralized and decentralized systems in wastewater treatment, and presents solutions that are used in practice. Particular attention is given examples used in a decentralized approach to wastewater treatment, and then on the basis of data obtained by calculation made 3D model of septic tanks. The model was designed in CATIA V5R20 software package. Among the many modules that are located in the package, in this paper has been used only a few, such as: Part Design, Assembly Design. All components are made caves, or modeled in module "Part Design", after which they were composed in whole module "Assembly Design"

Keywords: water treatment, a centralized system, a decentralized system, septic tank

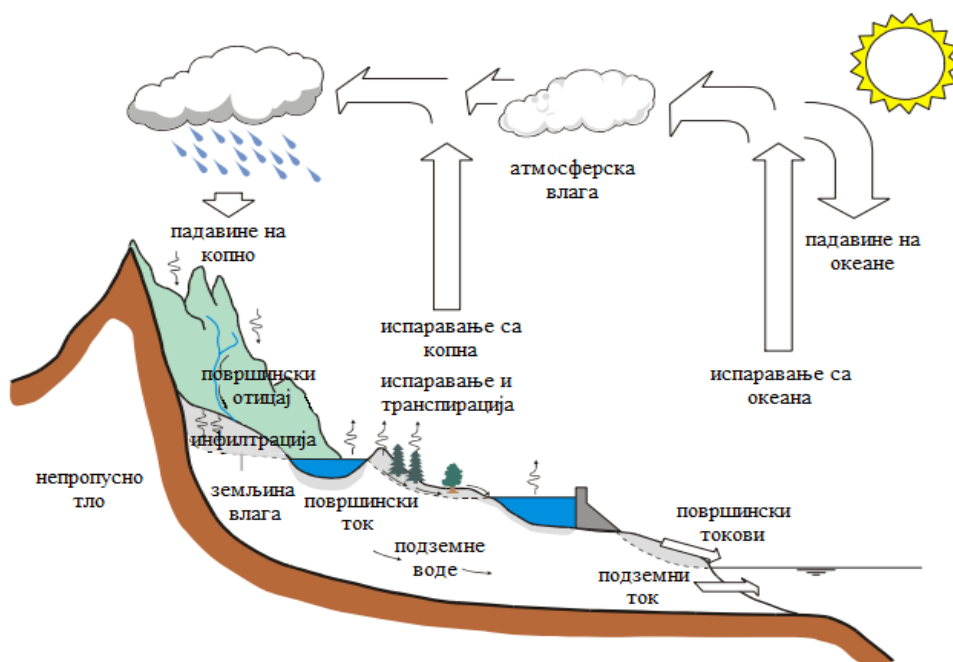
САДРЖАЈ

1. УВОД	4
1.1 Отпадне воде	5
1.2 Физичко - хемијске карактеристике отпадних вода.....	7
1.3 Стање у Србији.....	9
2. ЦЕНТРАЛИЗОВАНИ И ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАНИ ПРИСТУП У ТРЕТМАНУ ОТПАДНИХ ВОДА	12
2.1 Централизовани систем пречишћавања отпадних вода	14
2.2 Децентрализовани системи пречишћавања отпадних вода више мањих насеља	30
3. РЕШЕЊА КОЈА СЕ КОРИСТЕ У ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАНОМ ТРЕТМАНУ ОТПАДНИХ ВОДА	35
3.1 Ротациони биодискови	35
3.2 Секвенцијални фазни реактор	36
3.3 Мембрански биореактор	37
3.4 Септичке јаме	39
3.5 Лагуне.....	40
3.6 Мочваре.....	41
3.7 Пречишћавање отпадних вода малих насеља – природни системи пречишћавања	42
3.7.1 Наводњавање	42
3.7.2. Инфилтрација	43
3.7.3 Преливање земљишта.....	44
3.7.4 Мокра поља	45
4. ВОДОНЕПРОПУСНИ СЕПТИЧКИ РЕЗЕРВОАР КОМБИНОВАН СА АЕРОБНИМ ПРОЦЕСОМ ПРЕЧИШЋАВАЊА И ПРЕЧИШЋАВАЊЕМ ЕФЛУЕНТА НА ИНТЕРМИТЕНТНОМ ПЕШЧАНО-ШЉУНЧАНОМ ФИЛТЕРУ	48
5. ПРОРАЧУН СИСТЕМА ЗА ТРЕТМАН ОТПАДНИХ ВОДА	50
6. ЗАКЉУЧАК	53

1. УВОД

Значај воде за људе, живи свет и планету, веома је велики и многострук, почев од тога да је вода услов живота, па до много других функција. Вода је једна од најважнијих основних материја у природи и неопходна је за одржавање биљног, животињског и људског живота. Она у организму човека одржава потребан хидростатички, осмотски и онкостатички притисак, а такође омогућава метаболизам. У одсуству воде живот се гаси за неколико дана. Вода налази најразличитију примену у човековом деловању: служи за пиће, за припрему хране, за одржавање личне хигијене, стамбене и урбане хигијене, користи се у пољопривреди, индустрији, саобраћају, енергетици, риболову, рекреацији[1].

Вода се у биосфери налази у течном стању, а појављује се и у облику паре као и у чврстом стању. Вода у природи је најраспрострањенија материја и покрива 71% површине Земље. Од укупне количине воде само 2,4% воде је слатка вода и може се употребити за задовољавање већине људских потреба. Највећи део слатких вода се налази заробљен у леду на северном и јужном полу. Други, већи део се налази у подземним водама. У рекама се налази запремински најмање слатких вода у односу на укупну расположиву количину на планети. Значајни део слатких вода се налази у атмосфери. Имајући у виду стално загађивање вода, у атмосфери се налази најчистија вода, али се не сме заборавити да се у последње време интензивно загађује атмосфера, па и квалитет ових вода се доводи у питање. Све ове воде су међусобно зависне и налазе се у сталном природном окружењу (хидролошки циклус). Овај процес условљен је дејством сунчеве енергије и силом гравитације, а састоји се од испаравања, преноса водене паре ваздушним масама, формирања облака и атмосферских падавина као и површинског и подземног отицања које утиче у реке, језера, мора и океане. Захваљујући овом циклусу стално се врши измена и формирање слатких вода на Земљи и на тај начин се одржава да слатке воде остану релативно незагађене, бар у областима где нема велике индустрије и где је људска активност смањена.



Слика 1.1 Приказ хидролошког циклуса на Земљи

1.1 Отпадне воде

Буран технички прогрес XX века проузроковао је исцрпљење природних ресурса, загађење атмосфере, тровање водне средине, што се негативно одражава на људско здравље. Већина река, канала и неких језера у Србији загађено је у мањој или већој мери. Наше највеће реке Дунав, Сава, Тиса и Велика Морава припадају III класи вода, што значи да су делимично погодне за наводњавање и за неке индустријске сврхе, али не и за пиће док се не прераде. Ако се настави постојећи тренд загађивања воде озбиљан ће бити проблем коришћења неких водених ресурса због потенцијалне могућности уградње загађења у прехранбени ланац.

Не постоји опште прихваћена дефиниција отпадне воде. Једна од могућих је: „Вода онечишћена на било који начин током употребе представља отпадну воду“. 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.

По свом настанку отпадне воде се могу поделити на:

- комуналне отпадне воде,
- индустријске отпадне воде,
- отпадне воде агро-комплекса,
- атмосферске.

Комуналне отпадне воде настају на санитарним чворовима стамбених, јавних индустријских и других објеката где живе и раде људи, који у физиолошком процесу продукују загађења у течном и чврстом облику. Слично је и са домаћим животињама које се узгајају на фармама и другим појединачним местима. У ове воде убрајамо и отпадне воде од чишћења просторија, спремање хране, прања судова и веша, одржавање личне хигијене и слично. Количина санитарних отпадних вода зависи од специфичне потрошње воде [2].



Слика 1.2 Приказ комуналне отпадне воде

Индустријске отпадне воде настају у фабрикама и индустријским погонима након употребе воде у процесу производње, као и приликом прања апарата и уређаја. Код хемијске и металопрерађивачке индустрије преовлађавају загађења минералног порекла. Код текстилне, прехранбене, кожарске, индустрије папира загађења су претежно органског порекла. Количина и квалитет отпадних вода индустрије зависни су од технолошког процеса производње и мењају се током дана, што је мање изражено код санитарних вода.



Слика 1.3 Приказ индустријске отпадне воде

Атмосферске отпадне воде настају од падавина и отопљеног снега са урбаног подручја. У ове воде се убрајају и отпадне воде од прања уличних површина, тротоара и слично. Количина и квалитет ових вода зависи од интензитета и учесталости падавина, од начина одржавања јавне хигијене, од броја и интензитета моторног саобраћаја, врсте површинске обраде терена и саобраћајних површина, загађења атмосфере или од климатских утицаја. По укупној бактериолошкој загађености, атмосферске отпадне воде су сличне санитарним.



Слика 1.4 Приказ атмосферске отпадне воде

Заштита вода од загађивања може се остварити на два основна начина. Један је да се у природне воде не испуштају отпадне воде, а други је пречишћавање отпадних вода, као и уклањање загађења из атмосферског ваздуха и правилно одлагање отпадног материјала чиме се спречава загађење вода која је у контакту са атмосфером и земљом.

Загађивачи вода су многобројни и можемо их сврстати на *концентрисане* и *расуте* загађиваче.

Концентрисани загађивачи су обично разни објекти у којима се обавља нека делатност и људска насеља. Најчешће су то:

- урбана насеља,
- индустријски објекти (хемијске, петрохемијске, прехранбене, металне и друге индустрије),
- енергетски објекти (термоелектране, топлане, нуклеарне електране, прерада нафте, прерада угља и хидроенергетски објекти),
- пољопривредни објекти за тов стоке,
- депоније (уређене).

Расути загађивачи су:

- хемизација земљишта пестицидима и минералним ђубривима,
- сметлишта (дивље, неуређене депоније индустријског и комуналног отпада),
- атмосферске падавине (киселе кише),
- саобраћај.

Квалитет комуналних отпадних вода у једном насељу зависи од:

- Начина живљења становништва и њиховог животног стандарда.
- Начина одвођења отпадних вода, тј. да ли је систем сепаратан или заједнички са атмосферском канализацијом.
- Обима и врсте индустрије која се налази у насељу, тј. ако се индустријске отпадне воде каналишу заједно са комуналним, од степена у којем је урађен претретман индустријских отпадних вода.

1.2 Физичко - хемијске карактеристике отпадних вода

У физичке карактеристике спадају:

- Сува материја (остатак након сушења узорка),
- Мирис (потиче од гасова који настају у процесу распада органске материје),
- Температура (утиче на биосвет водотокова у које се испуштају отпадне воде),
- Боја („свеже“ отпадне воде су обично сиве боје, а код „одлежалих“ отпадних вода боја прелази у црну).

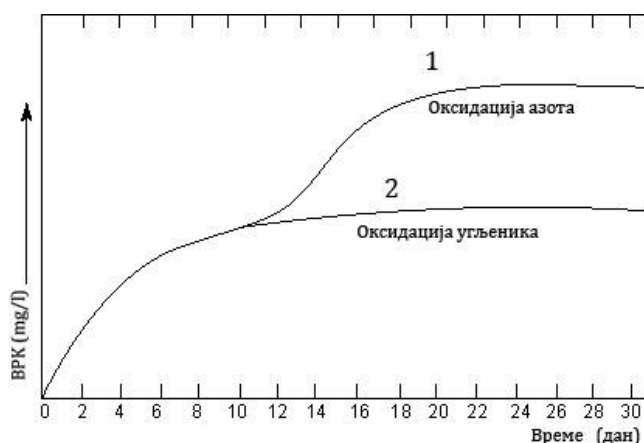
Хемијске карактеристике представљају:

Биохемијска потрошња кисеоника (БПК) - карактерише биолошку активност отпадних вода и представља главни показатељ загађености отпадних вода. Степен загађености воде органским једињењима дефинисан је количином кисеоника који је потребан за оксидацију коју врше аеробни микроорганизми. Најчешће се одређује

БПК₅ који показује потрошњу кисеоника у првих пет дана. При одређивању БПК неопходно је знати потрошњу кисеоника за трансформацију угљеника и азота. Обично у отпадним водама постоје организми који троше O₂ за трансформацију NH₃ у NO₃ (реакција нитрификације). Утицај ових организама је незнатан првих неколико дана (слика 1.5) ако број организама није велики и ако им је раст успорен.

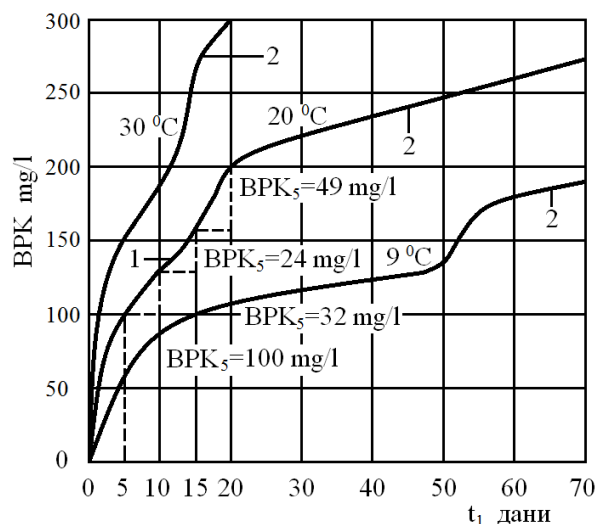
Прва фаза у којој долази до оксидације угљеника до СО и водоника до воде траје релативно кратко време 7 – 10 дана.

Друга фаза у којој азот оксидира до нитрита, а затим до нитрата - нитрификација, траје знатно дуже време.



Слика 1.5 Криве БПК за азот и угљеник

Са порастом температуре воде расте и брзина потрошње кисеоника, односно биохемијска оксидација (слика 1.6).

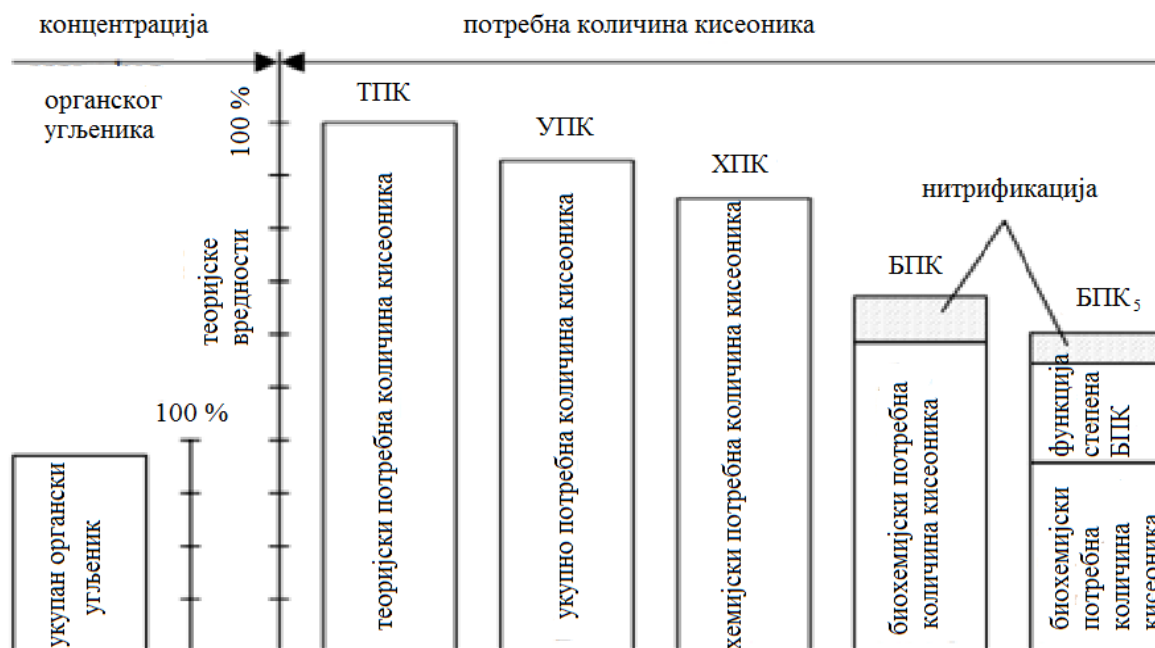


Слика 1.6 Биохемијска потрошња кисеоника у зависности од времена за три различите температуре, 1 - прва фаза, 2 - друга фаза

Хемијски потребна количина кисеоника (ХПК) је количина кисеоника за оксидацију органских компонената и неорганских соли и представља показатељ загађености отпадних вода. Најчешће се изражава потрошњом O₂ у mg/L.

Најбољи показатељ концентрације органских компонената је теоријска вредност *XPK*, која одговара количини кисеоника потребној за оксидацију органског угљеника. Одређује се на основу стехиометријских једначина реакција оксидације. *XPK* карактерише оксидација компонената само у CO_2 , H_2O и NH_3 .

Лабораторијско одређивање *XPK* врши се бихроматном оксидацијом у јако киселом раствору. Измерене вредности су обично мање од теоријских. Ако је познат хемијски састав органских компонената теоријска потребна количина кисеоника може се одредити на основу стехиометријских једначина.



Слика 1.7 Приказ метода мерења концентрације органских компонената у отпадним водама [2]

1.3 Стање у Србији

Србија је 2002. године имала 37 санитарних постројења за третман отпадних вода:

- 7 за примарни третман,
- 30 за секундарне и биолошке третмане (7 старих више од 30 година).

У 2007. год. у Србији је било 20 општина (16% становништва) са постројењима за третман отпадних вода. 15 постројења врши биолошки и 5 механички третман. Београд, Нови Сад и Ниш испуштају воде у реципијенте без прераде.

Процењује се да је само 13% свих фабрика за третман вода задовољавајући. Глобално, само 12% комуналних отпадних вода се третира у Србији.

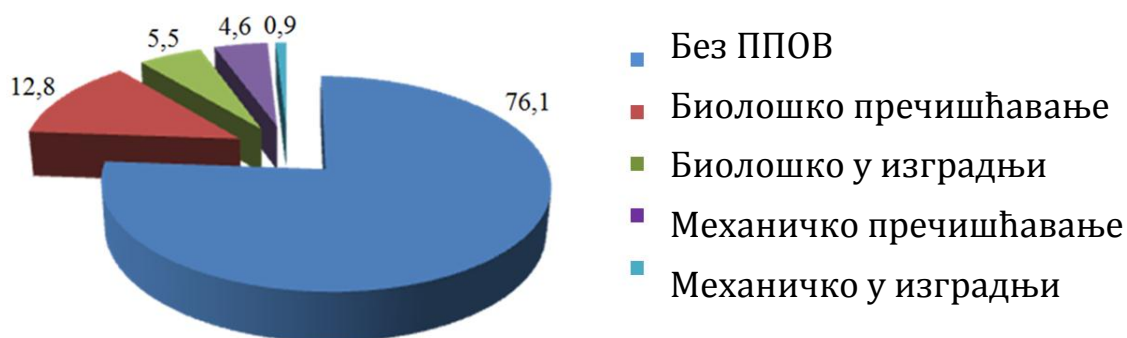
Укупна количина отпадне воде произведена на дневном нивоу у индустрији је:

- 6 500 000 m^3 - 2000. год.
- 9 000 000 m^3 - 2004. год.

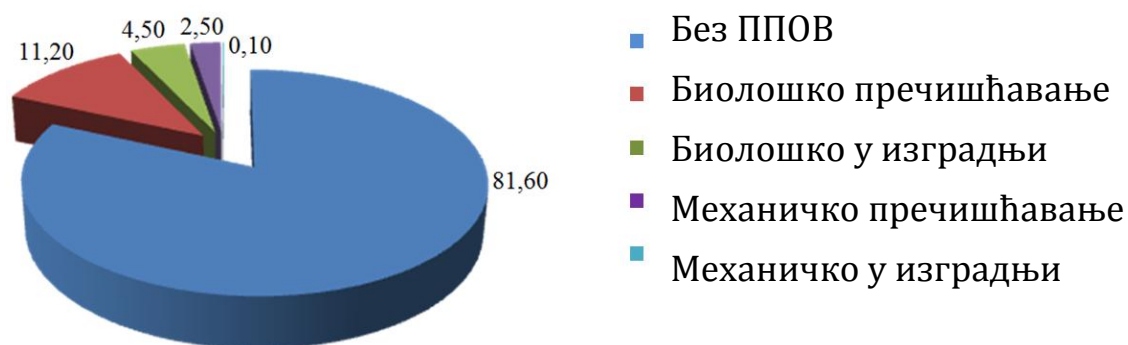
У 10 од 250 постојећих индустријских постројења у Србији, произведе се 75% неорганске отпадне воде. Међу овим су: У.С. Стеел Смедерево, термоелектране Никола Тесла А и Б, Зорка у Шапцу, термоелектрана Костолац, Фабрика електричних каблова у Јагодини, рудници у Бору, Сјеници и коп Колубара.

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.

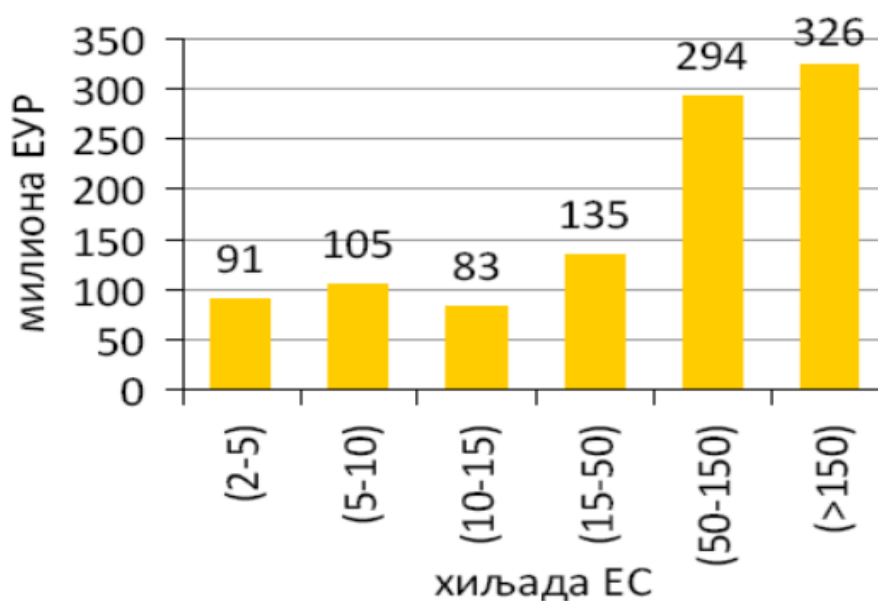


Слика 1.8 Општине у којима постоји постројење за пречишћавање отпадних вода



Слика 1.9 Становништво које је прикључено на канализацију са постројењем за пречишћавање отпадних вода

ЕУ директива 91/271/ЕЕС о пречишћавању градских отпадних вода налаже да сва насеља – тачкасти извори загађења већи од 2.000 еквивалентних становника, морају имати постројење за пречишћавање отпадних вода (ППОВ). У Србији, према попису из 2002. године, има укупно 509 насеља већих од 2.000 еквивалентних становника, од којих се 216 налазе у Војводини, а 293 у централној Србији. Укупан број потребних ППОВ је мањи од броја насеља, јер ће нека ППОВ пречишћавати отпадне воде из неколико насеља. У Србији су изграђена постројења за пречишћавање градских отпадних вода у 37 места са укупним капацитетом од 1.000.000 ЕС (еквивалентних становника). Ефекат рада ових предузећа је изузетно лош и у просеку је испод 50 % ЕУ, што имплицира да ће бити потребно изградити у наредном периоду више од стотину постројења како би се достигли захтеви законске регулативе.



Слика 1.10 Трошкови изградње постројења за пречишћавање отпадних вода у Србији према величини насеља

2. ЦЕНТРАЛИЗОВАНИ И ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАНИ ПРИСТУП У ТРЕТМАНУ ОТПАДНИХ ВОДА

Основни циљ третмана отпадних вода је да се омогући уклањање органских материја и индустријских загађивача, без опасности по људско здравље и загађење природне средине. У законодавној пракси Европске Уније за пречишћавање отпадних вода користи се термин *најбоље доступне технике пречишћавања отпадних вода* (BAT - *Best Available Technique*) [5]. Према дефиницији, најбоља доступна техника за пречишћавање отпадних вода насеља обухвата неке процесе третмана отпадних вода који се односе на квалитет сирове отпадне воде, квалитет пречишћене отпадне воде и подобност примене поступака третмана отпадних вода у пракси.

Конвенционално пречишћавање отпадних вода састоји се од комбинације физичких, хемијских и биолошких процеса и операција за уклањање чврстих загађивача, органских материја и, понекад, хранљивих материја из отпадних вода. Под великим насељима подразумевамо насеља са преко 20.000 становника. Третман отпадних вода оваквих насеља је често централизован систем пречишћавања, а он се данас у светској пракси сусреће као један од доминантнијих.

Током протеклих деценија, све већа пажња је усмерена ка потребама за јефтинијим, одрживим и ефикаснијим технологијама за пречишћавање отпадних вода које су засноване на еколошким принципима и технологијама које представљају природне системиме пречишћавања отпадних вода. Еколошке карактеристике ових технологија су њихова способност опоравка ресурса и њихово поновно коришћење (вода и хранљивих материја) при чему је употреба енергије и хемикалија минимална или уопште не постоји. Различите врсте природних система за пречишћавање отпадних вода одговарају различитим екосистемима, почев од земљишта са вишим степеном инфилтрације, система за преливање земљишта, конструкције вештачких мочвара и на крају стабилизације муља у рибњацима или лагунама.

За пречишћавање отпадних вода малих насеља, која обухватају насеља са мање од 5.000 становника, препоручују се тзв. природни системи пречишћавања (*Natural Treatment Systems*), који су у највећем броју случајева системи пречишћавања земљиштем.

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 када се вода 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.

		Концентрација, mg/l	
		Опсег	Средња вредност
Укупне чврсте материје		350-1.200	720
- растворене		250-850	500
- суспендоване		100-350	220
Биохемијска потрошња кисеоника	ВРК ₅	110-440	220
Укупан органски угљеник	ТОС	80 - 290	160
Хемијска потрошња кисеоника	НРК	250-1.000	500
Укупни азот		20-85	40
Органски азот		8-35	15
Слободан амонијак		12-50	25
Нитрити		0	0
Нитрати		0	0
Укупни органски фосфор		1-5	3
Укупни неоргански фосфор		3-10	5
Хлориди		30-100	50
Алкалитет	CaCO ₃	50 - 200	100
Уља и масти		50-150	100

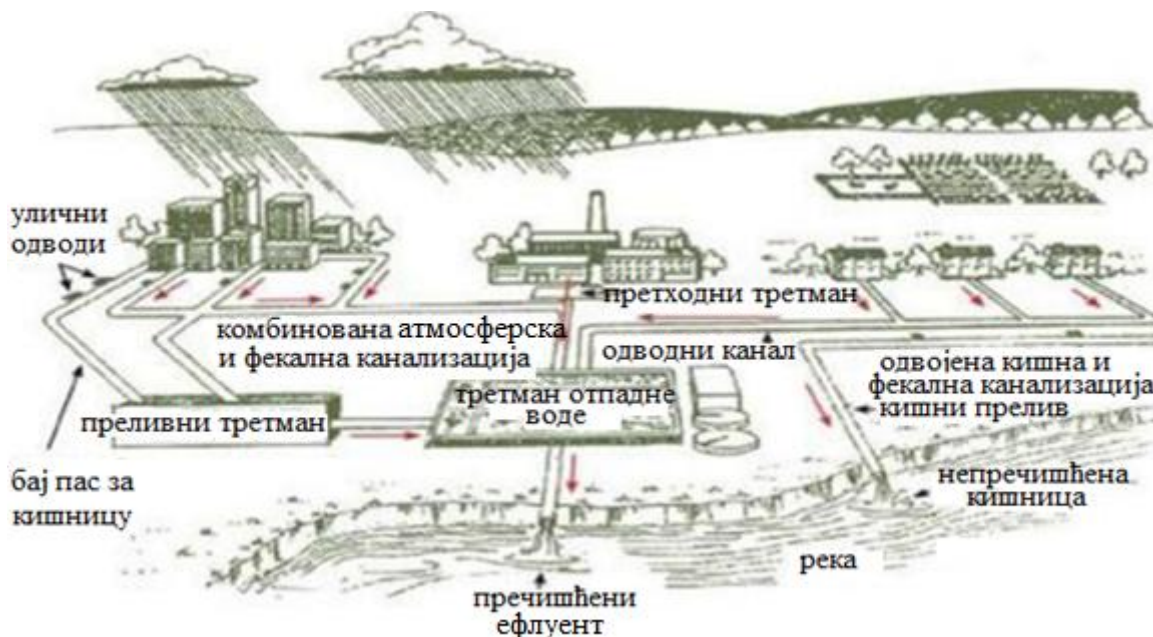
Табела 2.1 Типичан састав непречишћених комуналних отпадних вода [2]

Капацитет постројења (ЕС)	ХПК ₆		БПК ₅		Укуп.супс. мат.		Укупан Р		Укупан N	
	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	mg/l
<600	300	70	80	75	100	-	-	-	-	-
601-2.000	200	75	50	80	75	-	-	-	-	-
2.001-10.000	125	75	25	70-90	35	90	-	-	-	-
10.001-100.000	125	75	25	70-90	35	90	2	80	15	25
>100.000	125	75	25	70-90	35	90	1	80	10	20

Табела 2.2 Технолошке граничне вредности које се могу остварити најбоље доступним техникама за пречишћавање градских отпадних вода [2]

2.1 Централізоровани систем пречишћавања отпадних вода

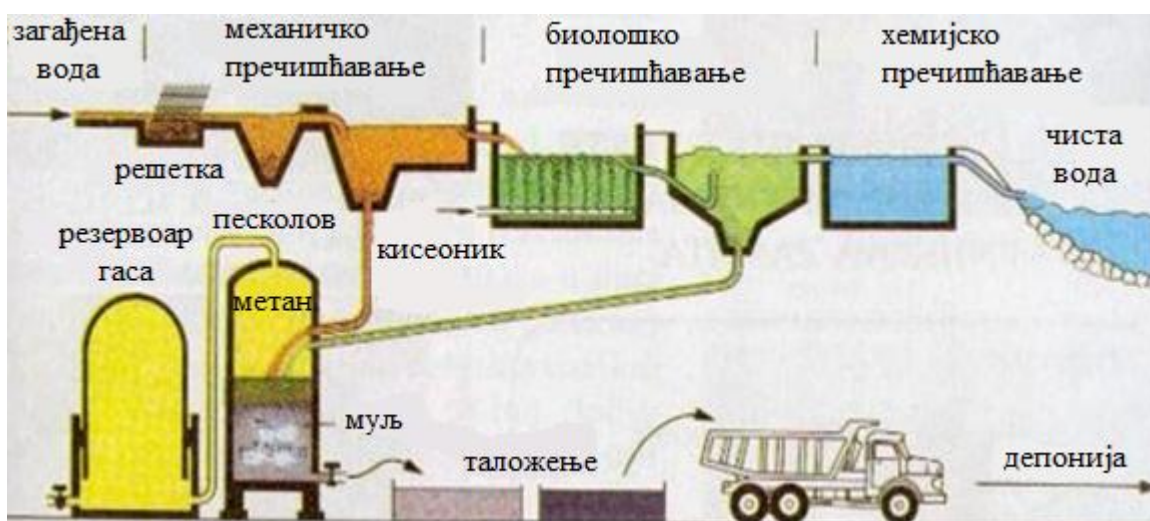
Централізовани систем је систем којим се каналишу и пречишћавају отпадне воде целог једног административног или географски ограниченог простора.



Слика 2.1 Приказ градског канализационог система

Централізовани систем пречишћавања отпадних вода се најчешће састоји од:

- механичког пречишћавања,
- биолошког пречишћавања,
- хемијског пречишћавања.



Слика 2.2 Процес пречишћавања отпадних вода

Механичке методе пречишћавања воде састоје се у уклањању микро и макро суспендованих честица из воде, органског и неорганског порекла. Механичко пречишћавање се примењује за:

- претходно пречишћавање отпадних вода на постројењу за пречишћавање,
- делимично пречишћавање кишнице (пре исуштања у реципијент),
- претходно пречишћавање неких индустријских отпадних вода пре испуштања градску канализацију.

Механичко пречишћавање се врши помоћу: решетки, сита, таложника за песак, хватача масти, примарних (претходних) таложника и базена за изједначавање протока и састава отпадне воде (када се ови битно мењају у току дана).

У склопу овог дела постројења користе се и уређаји за аерацију отпадне воде, којом се постиже боље издвајање инертних честица, флотација масти и уља, унос одређене количине кисеоника у воду, као и десорпција неких гасова из воде.

Помоћу **решетки** се уклањају крупније, нерастворене и пливајуће материје из отпадних вода. Њихова функција је да штите уређаје и цевоводе од оштећења и загушења и да олакшају даљи третман отпадне воде.

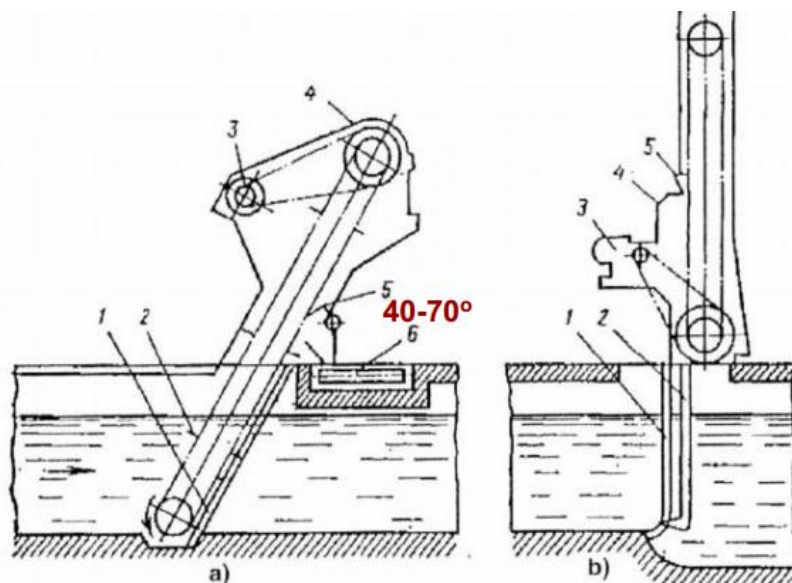
Решетке преграђују доводни канал и постављају се вертикално или под нагибом, најчешће од 40-70°. Израђују се од челичних шипки, правоугаоног или кружног попречног пресека које се постављају у канал на једнаком међусобном размаку са величином отвора од 3 до 100 mm.

У односу на величину отвора решетке се деле на:

- грубе решетке, са ширином отвора од 50 до 100 mm,
- средње фине решетке, са ширином отвора од 10 до 25 mm,
- фине решетке, са ширином отвора од 3 до 10 mm.

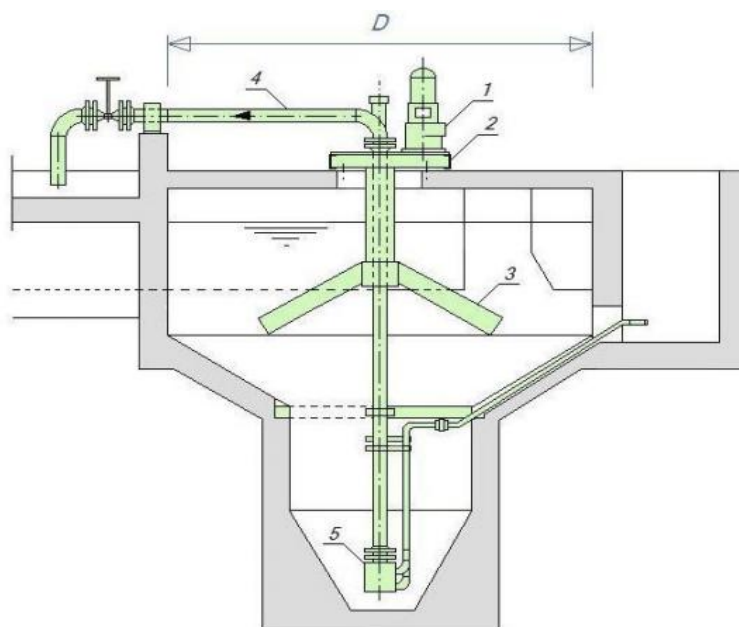
У односу на конструкциона решења решетке могу бити:

- косе и вертикалне,
- покретне и непокретне,
- са ручним или механичким (аутоматским) чишћењем,
- са дробљењем наноса и др.



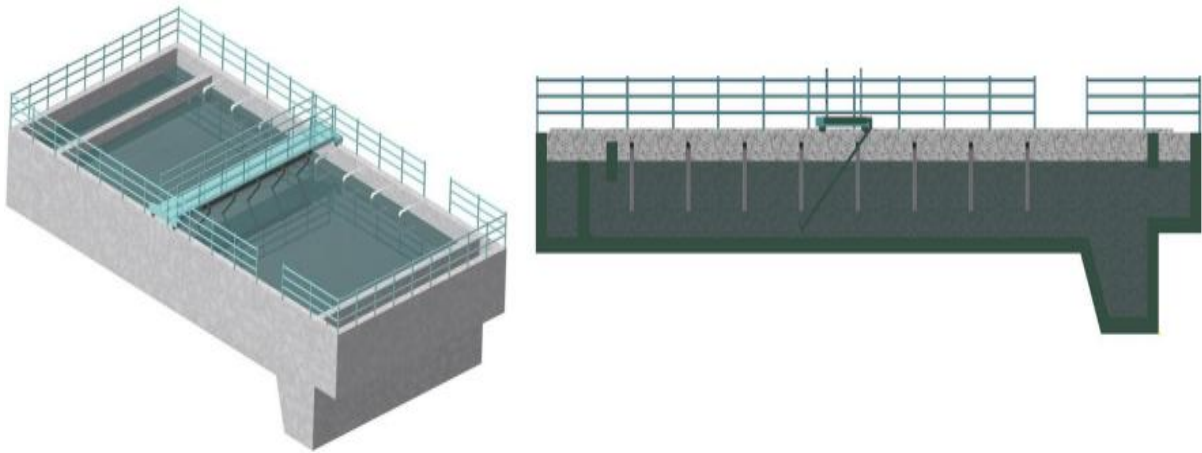
Слика 2.3 Коса и вертикална решетка:
1 – решетка, 2 – ланац, 3,4 - погонски механизам,
5 – грабуље, 6 - транспортна трака [2]

Песколови служе за одвајање шљунка, песка, земље, шљаке, минералних честице из воде, јер ови материјали изазивају абразију и убрзано хабање покретних делова уређаја за пречишћавање отпадне воде. Време задржавања воде је од 5-30 мин. Деле се на: кружне и уздужне.



Слика 2.4 Кружни песколов

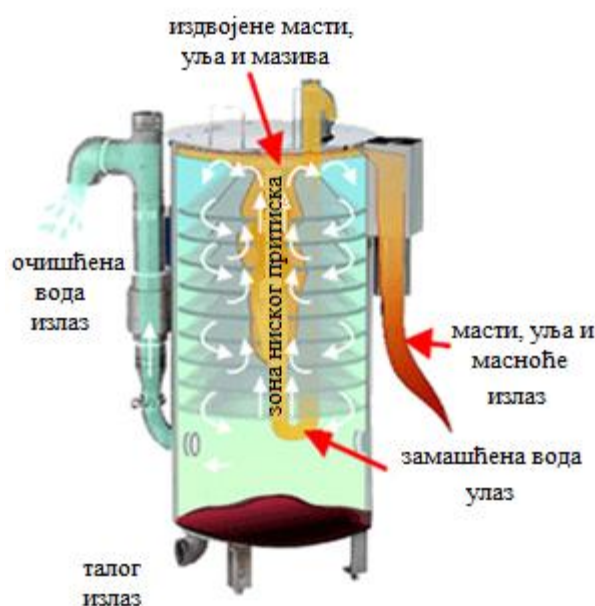
Аерисовани песколони осим за издвајања песка намењени су и за издвајање масноћа. Процес аерације дуж целог базена поспешује издвајање-таложње песка и издвајање масноћа, при чему се органска материја задржава у води и даљем току.



Слика 2.5 Аерисовани песколони

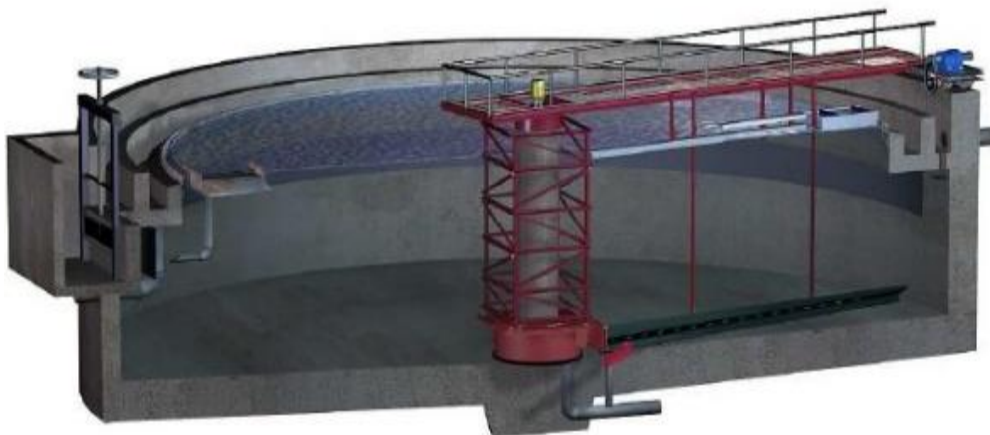
Сепаратор (хватач масти и уља) је преливајући систем где се спендоване честице ниске густине заустављају са једне стране главног трупа, а третирана вода протиче са друге стране. Нагомиловане честице нечистоће бивају издвојене из воде, тако да контаминирајуће честице високе густине падају на дно суда и суспендоване честице ниске густине се подижу на врх сепаратора.

Главни труп јединице садржи континуалну зарубљену конусну спиралну колону која је израђена од олеофилног материјала. Замашћена отпадна вода се преноси на дно главног трупа, где затим тече на горе кроз центар конструкције. На врху главног трупа све слободне и суспендоване чврсте честице ниске густине се сакупљају и истичу из система у резервоар за отпадну воду или се враћају натраг у јаму за сакупљање.



Слика 2.6 Хватач масти и уља

Таложјење је основни поступак издвајања из отпадних вода нерастворених таложних или пливајућих механичких примеса.



Слика 2.7 Кружни таложник са централним увођењем и радијалним током воде

За комуналне отпадне воде најчешће се примењује кружни тип таложника са механичким скрепером за континуално уклањање муља и површинским згртачем пливајућих материја (масноћа) и пене.

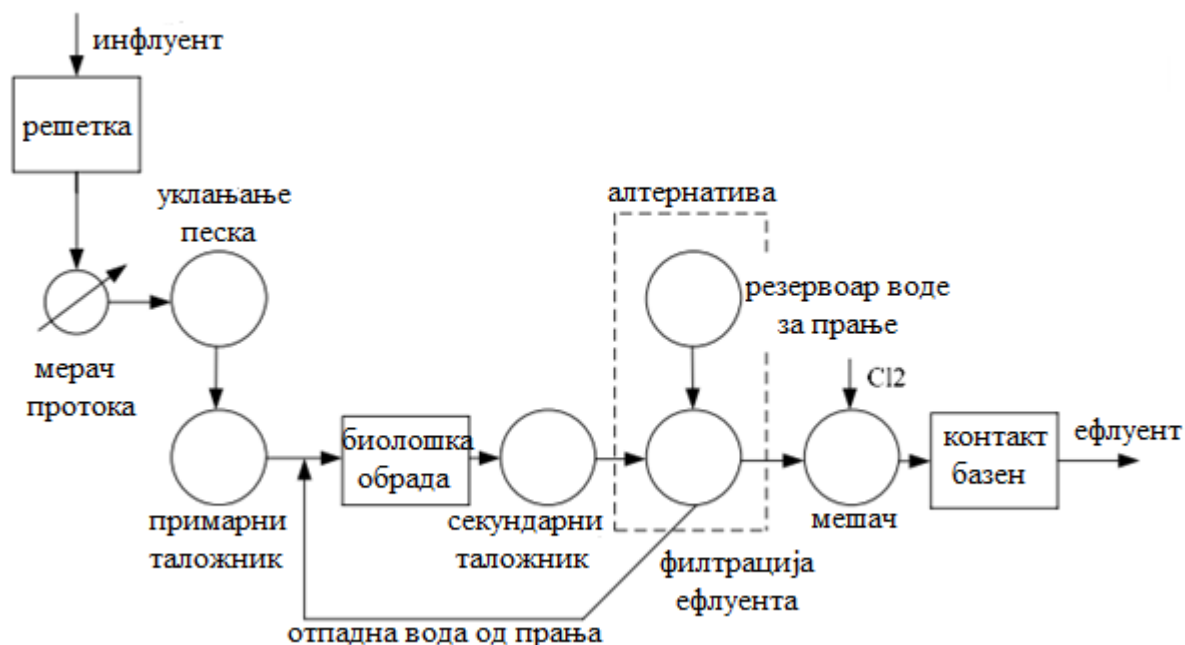
Отпадна вода се уводи кроз централну, улазну зону која обезбеђује равномерну расподелу и радијалан ток флуида. Преливни канали лоцирани су по ободу таложника и омогућују уједначено уклањање избистрене воде из базена. Пена која се формира на површини воде механички се сакупља и посебним каналом одводи у шахт. Исталожени муљ се гребачима повлачи са дна у централну комору одакле се пумпама пребацује у прихватни шахт и одвози на линију третмана муља (згушњивач муља). Стабилност и таложивост примарног муља повећава се увођењем муља из секундарних таложника и њиховом флокулацијом и истовременим таложјењем.

На ефикасност таложјења утичу поремећаји који могу настати у улазној и излазној зони таложника услед неуниформног тока отпадне воде, затим као последица кретања уређаја за уклањање талоба са дна и нечистоћа са површине и ресуспендовања исталожених честица, кретања воде услед разлике у температури или деловања ветра.

Кључни елементи за успешно функционисање таложника су повремена евакуација исталоженог муља, конфигурација муљних пумпи, природа и густина муља. Запремина исталоженог муља зависи од низа фактора као што су карактеристике отпадне воде, трајања таложјења, степена пречишћавања, карактеристика суспендованих честица, дубине таложника, примењеног начина уклањања муља и времена задржавања муља у таложнику.

Критеријуми који се користе за димензионисање су хидрауличко оптерећење, дубина таложника по ободу, време задржавања отпадне воде и преливна брзина отпадне воде. За хидрауличко оптерећење се узима средња дневна количина отпадне воде којом се оптерећује површина таложника.

Биолошко пречишћавање отпадних вода обухвата уклањање растворених органских материја и неталоживих колоидних честица. У систему пречишћавања отпадних вода биолошка обрада одвија се као секундарно пречишћавање, а после механичког, односно примарног пречишћавања (слика 2.8). Биолошко пречишћавање може се појавити и као независан поступак.



Слика 2.8 Типична шема биолошког третмана градских отпадних вода

У току биолошке обраде настаје стабилизовани муљ који се из воде одстрањује у секундарном таложнику. Биолошко пречишћавање отпадних вода у односу на друге индустријске биотехнолошке поступке разликује се у следећем:

- Микроорганизми (микрофлора) потичу из природне средине; њен раст и развој се не одвијају у оптималним физиолошким условима.
- Концентрација супстрата је обично прениска.
- Циљ процеса је разградња органских материја, а не стварање биомасе или продуката метаболизма.

Биолошко пречишћавање се примењује за:

- уклањање органских материја;
- уклањање азота (као биогеног елемента) помоћу поступака нитрификације и денитрификације;
- разградња примарног муља из процеса примарне обраде отпадних вода;
- разградња секундарног муља из процеса биолошке обраде отпадних вода помоћу поступка стабилизације муљева или дигестије.

Биолошки процеси пречишћавања вода могу се одвијати као аеробни и анаеробни, уз помоћ аеробних или анаеробних микроорганизама. Разлика је у путевима биолошке оксидације органских материја.

Аеробни процеси се користе за обраду вода са малом и средњом концентрацијом органских материја, а анаеробни за воде са великим органским оптерећењем. Аеробни процеси су далеко више заступљени код обраде отпадних вода.

Аеробни поступци се могу одвијати на два начина:

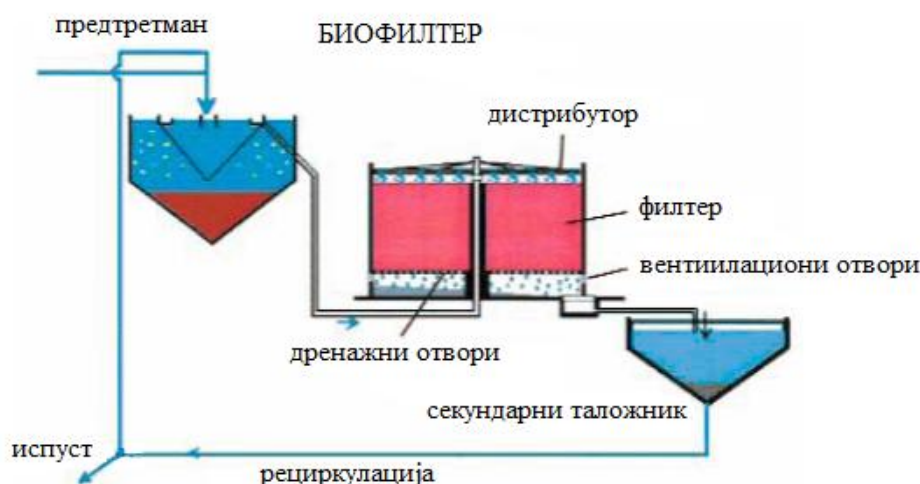
- са суспендованом микрофлором (са активним муљем),
- са имобилисаном микрофлором на инертном носачу (биолошка филтрација).

Аеробни поступци са суспендованом микрофлором деле се на:

- поступке са активним муљем у биоаерационим базенима,
- поступке у аерисаним лагунама (биолошким лагунама),
- поступке у аеробним (плитким) језерима (биолошким вештачким језерима).

Поступци са суспендованом микрофлором за обраду великих количина слабо и средње оптерећених отпадних вода (нпр. комуналних вода), односно поступци са активним муљем који се одвијају у биоаерационим базенима су највише у примени. Код аеробног биолошког пречишћавања потребно је обезбедити довољну количину кисеоника (остварити велику површину контакта вода-ваздух). Лагуне и плитки базени имају велику површину, чиме је обезбеђено уношење кисеоника. У базенима са активним муљем уношење кисеоника врши се удивавањем ваздуха или мешањем помоћу механичких аератора, чиме се повећава површина контакта.

Принцип рада **биолошког филтера** (биофилтер, цурећи филтер или бактеријски слој) је пуштање претходно третиране воде кроз слој порозног камења који служи као подлога за микро-органisme (бактерије) који чисте воду. Аерација се врши или природном или принудном вентилацијом. Служи за снабдевање бактерија кисеоником потребним за њихов нормалан рад.



Слика 2.9 Биофилтер

Код биофилтера је велика површина контакта обезбеђена филтарском испуном преко које се отпадна вода слива, а довод кисеоника се остварује промајом или удубавањем ваздуха.

Према конструкцији биофилтри могу бити:

- са испуном од грубог зрнастог материјала (камена, угља, шљаке, пластичних елемената) који се називају капајући или прокапни филтри,
- са површинама у облику дискова који ротирају (биодискови, ротациони биолошки контактори - РБК).

Процес биофилтрације је старији поступак од процеса са активним муљем чијим увођењем у примену су били потиснути. Увођењем пластичних инертних испуна (носача) обнавља се и расте примена биофилтара.

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. Затим је почела његова примена у Енглеској, а потом и у другим европским земљама. Први системи аеробне обраде вода били су такозвана биолошка вештачка језера, или биолошке лагуне. Слични системи се данас доста користе у областима са умереном климом, под условом да земљиште није сувише скупо. У почетку су се користила постројења са клипним струјањем воде у аерационом базену. Међутим, ова постројења су била осетљива на варијације у оптерећењима, а посебно на токсичне материје тако да овај систем није био погодан за третман индустријских отпадних вода.

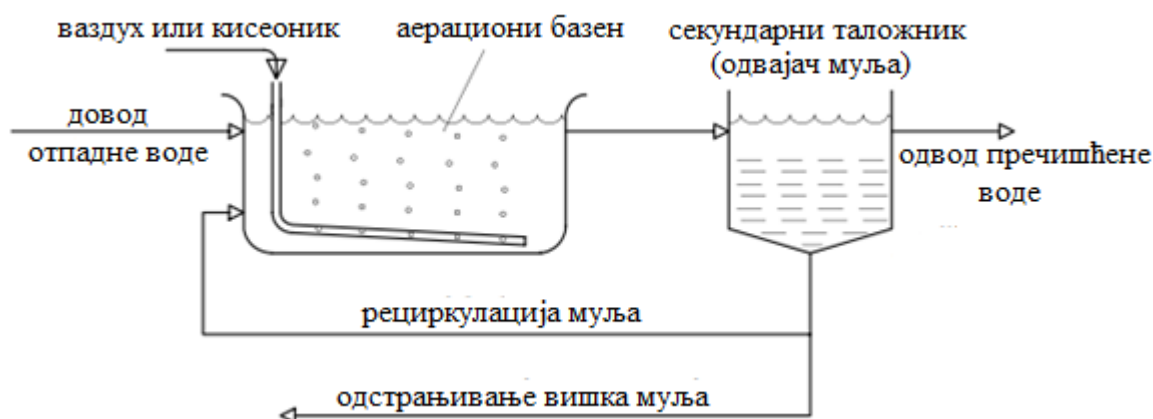
У последњих тридесетак година процес пречишћавања са активним муљем је доживео многе модификације и побољшања која се углавном разликују у технолошким, а често само у механичким решењима. Процес са активним муљем спада у аеробне процесе биолошког пречишћавања отпадних вода, јер се одвија помоћу аеробне 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).

Микроорганизми, углавном бактерије, протозое и метозое налазе се на желатинозним пахулицама муља у базену за аерацију, где се уз помоћ кисеоника у процесу метаболизма микроорганизама обезбеђује разградња супстрата (органиског загађења). У основи микроорганизми оксидирају растворене и суспендоване органске материје у угљендиоксид и воду у присуству кисеоника. Део органских материја се синтетише у нове ћелије или се користи за раст постојећих ћелија, а остатак се састоји од отпада и вишка муља.



Слика 2.10 Принципи биолошког поступка са применом активног муља за обраду отпадних вода

Технолошки процес укључује примарни третман отпадне воде. Отпадне воде се аеришу у биоаерационом базену 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). 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 (дезинфекцију, филтрирање и сл.). Поступак се заснива на великој микробиолошкој густоћи уз интензивно мешање у суспензији са отпадном водом при аеробним условима. Органске материје могу бити трансформисане оксидацијом у крајње продукте оксидације као CO_2 , NO_3 , SO_4 и PO_4 или биосинтезом у биомасу.



Слика 2.11 Шема поступка са активним муљем

Основна карактеристика анаеробног у односу на аеробни поступак пречишћавања је да подноси већа органска оптерећења и да је у стању да пречишћава отпадне воде са много већом концентрацијом загађења.

Најраспрострањенији начин анаеробне прераде отпадних вода је анаеробна дигестија. Анаеробна дигестија представља употребу микроорганизама у одсуству кисеоника за стабилизацију органских материја превођењем у метан и неорганске продукте укључујући угљен-диоксид. Процес анаеробног пречишћавања заснован је на метанском врењу органског загађења отпадних вода.

Физичко-хемијско пречишћавање отпадних вода се састоји из:

- коагулације,
- флокулације,
- флотације,
- примене активног угља,
- дезинфекције.

Коагулација је процес који везује честице у крупније флокуле. Процес се одвија у две фазе. Прва је равномеран распоред додате хемикалије по целој запремини воде која се због разблажења хидролише образујући при том метал-хидроксилне комплексе. Друга фаза је дестабилизација у којој се одиграва сорпција хидролизоване хемикалије коагуланта на површини честица и неутрализација наелектрисања.

Код избора технике коагулације треба водити рачуна:

- о природи нерастворених материја,
- о температури воде,
- о алкалитету воде у присуству материја које отежавају коагулацију.

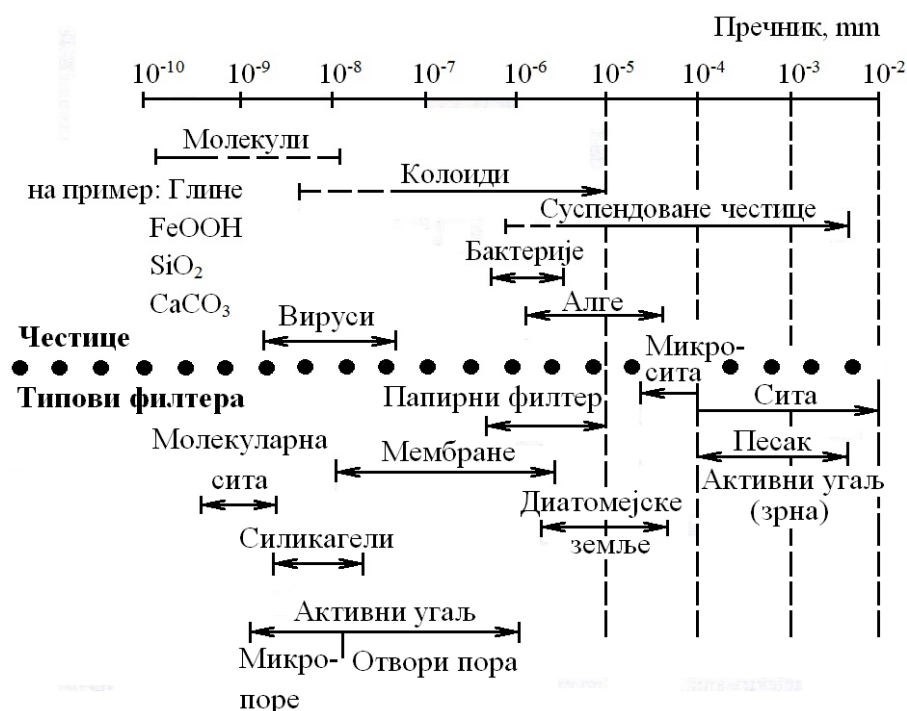
Процес коагулације дефинисан је следећим параметрима:

- временом контакта,
- дозом коагуланата,
- потребом предтретмана,
- енергијом мешања.

Нечистоће у води често изазивају појаву мутноће и обојености. Ове нечистоће садрже суспендоване и колоидне материје, као и растворљиве супстанце. Скала величине таквих честица је приказана на слици 2.12.

Густина многих од ових честица је само незнатно већа од густине воде, тако да је сакупљање и спајање честица у веће флокуле неопходан корак за њихово одстрањивање таложењем.

Нечистоће које се могу уклонити коагулацијом подразумевају мутноћу, бактерије, алге, боју, органска једињења, оксидисано гвожде и манган, калцијум карбонат и честице глине.



Слика 2.12 Спектар величина честица које се налазе у води и величина филтарских пора

Удруживање колоидних честица се одиграва у две одвојене и очигледне фазе. Прва у којој напон одбијања између честица мора бити савладан, у мери која је потребна да оне постану дестабилизоване, и друга у којој се мора да оствари контакт између тако дестабилованих честица како би дошло до њиховог удруживања (агломерације). Дестабилизација се постиже додавањем хемикалија, уз брзо мешање у одговарајућим коморама. Агрегација (сакупљање) честица се изводи спорим мешањем у флокулационим коморама. Блок шема типичног коагулационог процеса приказана је на слици 2.13.



Слика 2.13 Блок шема процеса коагулације

Флокулација је процес који се надовезује на коагулацију и има задатак да омогући интензиван додир између дестабилисаних честица, чиме се постиже њихово спајање у крупније фракције.

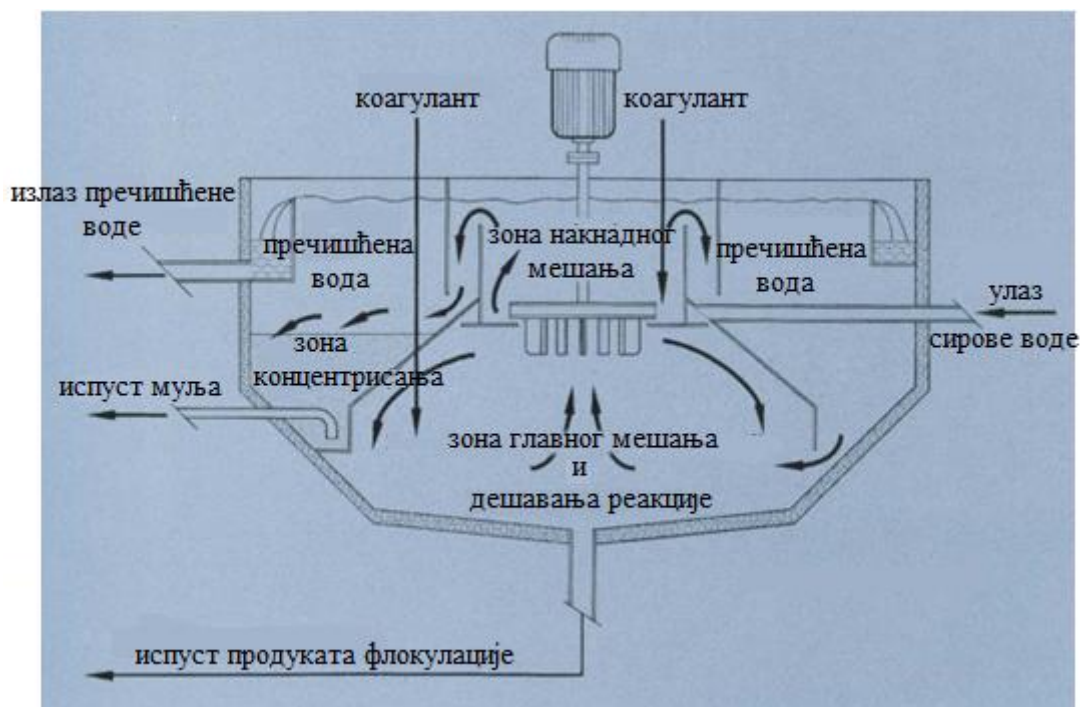
Флокулацијом се постиже образовање честица – флокула одређене величине и јачине преко низа фактора. Ти фактори су време контакта, градијент брзине и примена хемикалија у флокулатору. Правилном комбинацијом ових фактора постиже се укрупњавање флокула повезивањем више мањих и повећање њихове јачине. Под јачином флокула подразумева се њихова отпорност на силе смицања и торзије које се јављају при протицању воде кроз цеви или канале на путу до филтера, као и у самој филтерској испуни. Избор технике флокулације условљен је наредном фазом пречишћавања:

- Ако је таложeње следећа фаза пречишћавања, флокулатором треба образовати флокуле великих димензија и велике густине. Тиме се постиже њихово брзо и ефикасно таложeње.
- Ако је филтрирање процес који долази директно иза флокулације, онда је потребно образовати флокуле мањих димензија, али велике чврстине. Димензије ових флокула треба да су прилагођене гранулацији филтарске испуне, а јачина брзини филтрирања.

Технику флокулације карактеришу дуже време контакта, потреба да се у току флокулације мешањем уноси различита енергија, као и потреба додавања флокуланта.

Објекти за флокулацију као и код коагулације могу бити двојаки. Деле се на флокулаторе са коришћењем механичких уређаја и флокулаторе са коришћењем енергије воде уз формирање турбуленције.

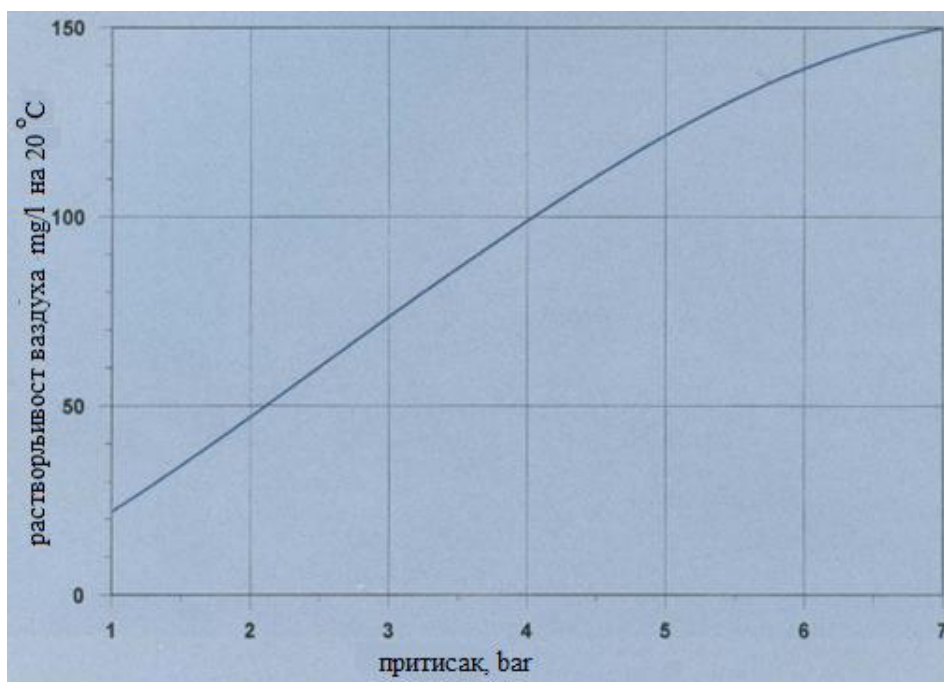
Савремени флокулатори су коморе таквог облика који обезбеђују кретање воде без кратких веза и повратних токова. То се постиже поделом укупне запремине на више комора. Најмањи број комора је три, а у изузетним случајевима две. Запремина флокулатора треба да је толика да обезбеђује време задржавања воде од 15 до 30 минута, а у ретким случајевима и до 40 минута. У коморе се уграђују механички мешачи, којима се постиже уношење енергије у воду. Број окретања мешалице је такав да одговара периферним брзинама 0,1 – 0,6 m/s. У ретким случајевима користе се периферне брзине од 1 m/s. Унета енергија у флокулацији је у распону 10 – 100 s⁻¹, изражена преко градијента брзине. Уместо механичког мешања, енергија се може унети и хидрауличким губитком, који се остварује уградњом сужења или денивелацијом улаз – излаз у комору.



Слика 2.14 Погон за коагулацију и флокулацију

Флотација као и седиментација се заснива на разлици у специфичној маси чврстих компоненти и воде. Флотација се може поделити на "спонтану" и "изазвану". Код "спонтане" флотације специфична маса честица је мања од специфичне масе воде па се честице без помоћи подижу према површини одакле могу бити уклоњене. Код "изазване" или "подстакнуте" флотације, ваздух који се додаје у воду приања на честице и ствара гасне творевине, које имају мању густину него вода, па се подижу на површину, одакле их је могуће уклонити.

Најчешће коришћена техника производње захтеване величине мехурића ваздуха је техника "раствореног ваздуха". Обично се захтева пречник мехурића односно "микромехурића" између 40 - 70 μm . Ваздух се раствара у води под притиском. Када се у води убаченој под притиском, смањи притисак проузрокује се да ваздух у облику мехурића напушта раствор. Ти мехурићи и чврсте материје формирају гасне творевине које се подижу према површини воде одакле се могу уклоњати. Слика 2.15 приказује пораст растворљивости ваздуха у води са притиском на температури 20°C.



Слика 2.15 Растворљивост ваздуха у води у зависности од притиска на 20°C

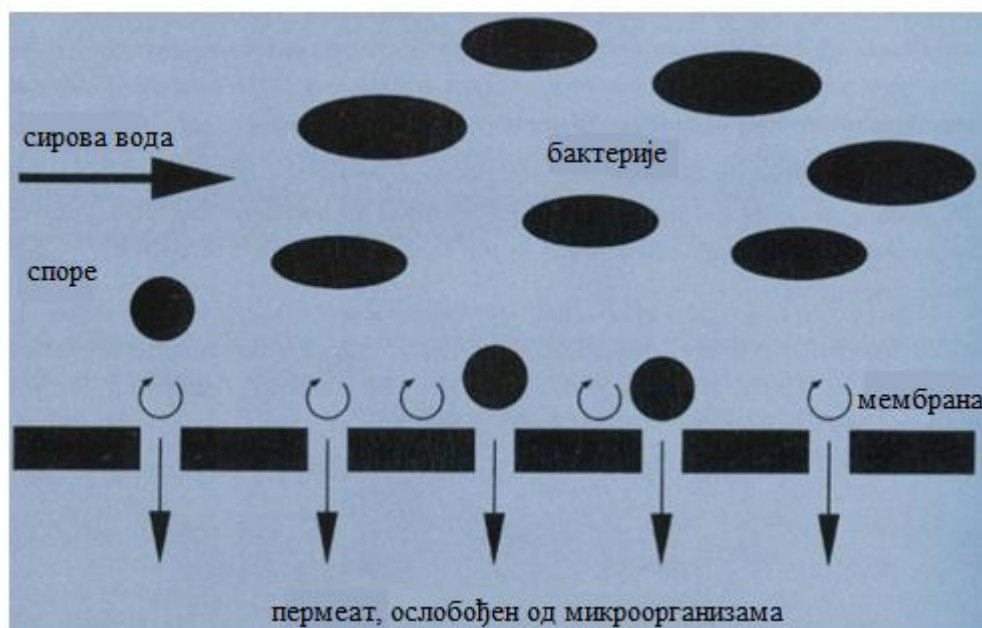
Дезинфекцијом се обезбеђује да вода за потребе производње не садржи штетне микроорганизме. За разлику од стерилизације, чији је циљ да се униште сви микроорганизми, дезинфекција се користи за уништавање патогених микроорганизама. Различите методе дезинфекције могу бити подељене у две групе: физичке и хемијске.

Физичке методе дезинфекције воде су:

- загревање,
- микрофилтрација,
- радијација.

Вода се загрева као би се уништили микроорганизми (на 100°C већина ће бити уништена). Мада се већи део енергије може рекуперисати употребом измењивача топлоте, потрошња енергије је велика у поређењу са другим процесима. Додатни проблем се може јавити због присуства других контаминирајућих материја које показују нежељене промене при загревању. Споре неће бити уништене загревањем. Ако се захтева стерилизација мора се изводити на 120 °C.

Микрофилтрација се користи за одвајање микроорганизама од улазне воде. Вода пролази кроз мембрану док се на њој микроорганизми задржавају. Споре могу проћи кроз мембране величине пора 0.45 μm , али ће и оне бити задржане на мембрани са порам од 0.2 μm .



Слика 2.16 Принцип поступка мембранске филтрације у сврху дезинфекције

За дезинфекцију воде се може применити, поред радиоактивног зрачења и UV зрачење. Показало се да UV зрачење на 254 nm даје најбољи ефекат против микроорганизама. У принципу уништава DNA молекуле и тако даје одличне резултате против бактерија и гљивица.

Хемијска средства дезинфекције која могу бити употребљена су:

- хлор,
- натријумхипохлорит,
- хлордиоксид,
- водоникпероксид,
- озон.

Хемикалије, насупрот физичким методама и након обраде имају утицај, јер се задржавају у води. Пошто могу давати непожељан укус води, пре употребе би их требало уклањати, а за ту сврху се може користити филтер са активним угљем.

Хлор се обично користи за дезинфекцију воде за пиће. У води реагује формирајући хипохлоритне јоне. Негативан утицај хлора је формирање загађујућих хлорованих органских једињења у води, пример су хуминске киселине. Законско ограничење се заснива на постављању максималне границе за једињења каква су трихлорметани и хлорфеноли. За откривање оваквих непожељних продуката хлорисања користи се активни угаљ. Да би се избегла поновна контаминација у активном угљу не сме бити микроорганизама, то захтева периодично прање на око 24h пропуштањем паре или топле воде.

Хлордиоксид је експлозиван гас кад се налази под притиском. Зато се углавном никад не транспортује, већ се производи на лицу места. Као производ може да се добије у воденом раствору или као гас. Производи се из киселог раствора натријум хлорита (NaClO_2) или натријум хлората (NaClO_3).

Хлордиоксид је јако оксидационо средство и дезинфицијент. Предност је у томе што је смањено стварање органских једињења. Пошто се ради о нестабилном гасу, ствара се на месту употребе мешањем раствора натријумхлорита и хлороводоничне киселине убризгавањем у струју воде коначне концентрације између 0,1 и 0,4 mg/l. Да би се смањиле потенцијалне опасности у процесу би требало користити релативно разређени растворе као 9 % раствор HCl и 7,5 % раствор натријумхлорита. Мада се користе концентровани раствори како би се смањила цена коштања и то 30% HCl и 25% натријумхлорит. Озон је троатомна молекула кисеоника који се уобичајено производи проласком сувог ваздуха или чистог кисеоника кроз електрично поље високог напона опсега од 6 до 18 kV.

Уобичајена опрема подразумева:

- компресор за ваздух и сушницу,
- извор кисеоника из резервоара или из генератора,
- озон реактор,
- растварање озона укључујући реакциони резервоар,
- јединица за разградњу озона како би се спречило његово испуштање у атмосферу.

Концентрација озона у гасу из реактора је од 2 до 12% у зависности да ли се користи ваздух или чисти кисеоник. Из ове смеше 80 до 90 % озона може бити растворено у води, остатак се мора разградити пре испуштања у атмосферу.

Озон је јак оксиданс и реагује са неколико органских и неорганских супстанци. Озон такође делује као јако дезинфекционо средство. Уобичајено је да се озон користи за елиминацију страног укуса, односно мириса из воде и смањење боје, нарочито у УВ области. Ово је засновано на способности озона да реагује селективно са оним супстанцама, које проузрокују мирис и нечистоће у води. Озон такође оксидује гвожђе и манган, и омогућава њихово уклањање филтрацијом или седиментацијом.

Концентрација озона на излазу из реактора обично се контролише и одржава на вредности око 0,4 mg/l. У зависности од квалитета обрађиване воде, озон се додаје у концентрацији од око 1 g/m³ воде. Уколико се озон додаје из других разлога, као што је одклањање гвожђа и мангана, додаје се нешто више и то значи од 1–3 g/m³, док време одигравања реакције мора бити продужено од четири до око петнаест минута. Потрошња ће бити много већа од уобичајене потрошње од 1-2 g/m³, ако се вода третира озоном пре било какве обраде.

Применом горе наведених количина, долази до разградње дела органског материјала и смањења броја молекула. Ово значи да ће органске материје у води бити употребљивије за микроорганизме и повећање укупног органског угљеника, па постоји опасност од пораста микроорганизама на месту деловања. Уобичајено је да после озонизације следи филтрација преко активног угља, како би се смањио органски угљеник и уклонио преостали озон из воде пре употребе.

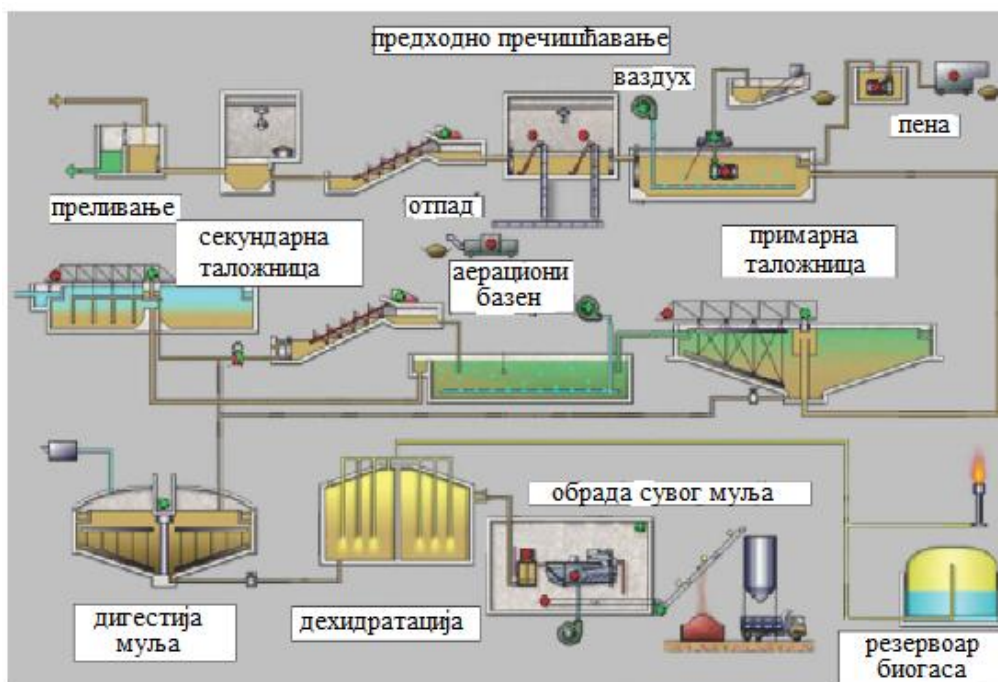
Веома је важно да се осигура разградња озона у издувном гасу пре испуштања у атмосферу. Разградња се постиже на температури од 350°C. Код већих погона озона, капацитета већег од 200 m³/h захтеви за енергијом се минимизирају подешавањем регенерације топлоте. У испуштеном гасу не сме бити више од 0,1 mg/l озона.

Енергија потребна за производњу озона ће зависити од тога да ли се користи ваздух или кисеоник за напајање на одређеној фреквенцији електричног поља. Рад погона на високим фреквенцијама примера ради 600 Hz, показује пораст у производњи озона и смањењу потрошње снаге поредећи то са радом при стандардној фреквенцији од 50 Hz. Водник пероксид је мање реактиван од озона. Састоји се од два водоникова и два кисеоникова атома. Водоник пероксид се након одређеног времена разлаже у води у овисности од услова, температуре, присуства активних материја. Дејство се може активирати UV-светлом.

2.2 Децентрализовани системи пречишћавања отпадних вода више мањих насеља

Децентрализовани систем пречишћавања отпадних вода, ако се ради о насељима која нису покривена постојећим постројењима за третман отпадних вода састоји се од:

- Примарног третмана (поступци механичког пречишћавања) – који служи најпре за отклањање материја које се лако могу сакупити из сирове отпадне воде пре него што оштете или блокирају пумпе и остале уређаје који се користе у следећим корацима пречишћавања (ово се често зове и претходно пречишћавање); даље, овај третман се састоји у привременом задржавању муља у таложницима, док уље, масноћа и лако растворљиве материје плутају по површини.
- Секундарног третмана (поступци биолошког пречишћавања) – којим се отклањају растворене и суспендоване биолошке материје. Овај поступак се обично врши аутохтоним воденим микроорганизмима у контролисаним стаништима.
- Терцијарног третмана – пречишћена вода се понекад дезинфикује хемијским или физичким путем пре испуштања у водене токове, лагуне или мочваре, или се користи за наводњавање голф терена, зелених површина и паркова. Ако је вода потпуно чиста, може се користити и у пољопривредне сврхе, као и за допуњавање подземних резервоара. [3]



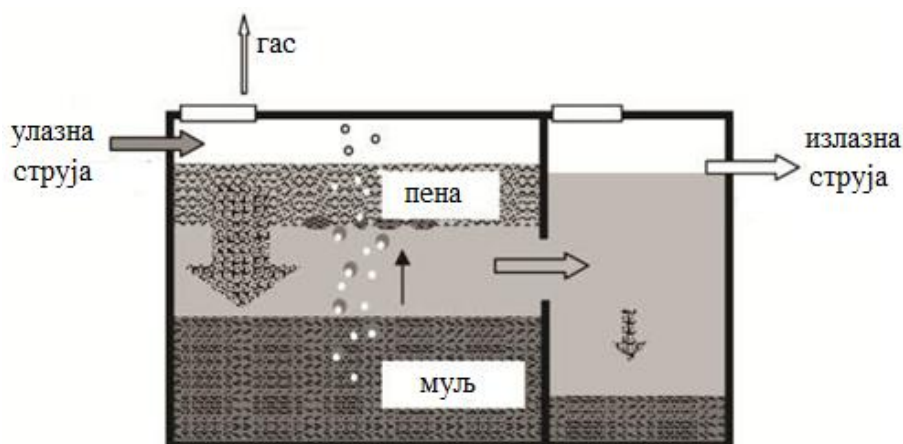
Слика 2.17 Шематски приказ постројења за пречишћавање[5]

Примена оваквих поступака пречишћавања отпадних вода заснована је на принципу минималног одржавања, а критични делови система раде континуирано и несметано. Ова технологија омогућава примену третмана код домаћих и индустријских (не токсичних) извора, а капацитет третирања отпадне воде је од 1 до 1.000 m³ дневно.

Примарни третман (механичко пречишћавање) представља отклањање грубих, чврстих предмета и осталих већих предмета који се често могу наћи у сировој отпадној води – претходно пречишћавање. Отклањање ових материјала је потребно да би се побољшао рад и одржавање следећих компоненти у систему.

Операције овог третмана отпадних вода обично укључују груби скрининг, отклањање шљунка и у неким случајевима, уситњавање великих објеката. У коморама са шљунком, брзина воде се одржава довољно великом или се користи ваздух, да би се спречило таложње већине органских чврстих материја. Отклањање шљунка се не третира као корак претходног третмана у већини малих постројења за третман отпадних вода. Понекад се додатно користе уситњивачи као додатак процесу грубог скрининга, који смањују величину партикуланата у отпадној води, тако да они могу бити отклоњени у виду муља у накнадним процесима третмана отпадних вода. Један од процеса који се може користити у претходном пречишћавању отпадних вода је хлорисање.

Даљи поступак примарног третмана је таложње. За ову фазу третмана отпадних вода користи се уређај који се зове таложница или примарна таложница (Слика 2.18), а њена основна функција је одвајање чисте воде из биомасе.



Слика 2.18 Пресек типичне таложнице [5]

Ако је потребно, може се инсталирати и скрининг уређај за спречавање уласка нежељених већих комада различитих материјала. Таложница је подземни резервоар са једним преградним зидом. Унутар ње се одвијају два главна процеса третмана отпадних вода – прво седиментација или таложњење и друго стабилизација и дигестија наталоженог муља кроз биолошки третман. Запремински простор је обично довољан за 18 до 36 месеци рада, што је неопходно за стабилан процес. Седиментација се обично користи као примарни корак у модерним постројењима за пречишћавање отпадних вода, при чему се смањује садржај суспендованих чврстих материјала, као и загађивача које они садрже. У примарној фази седиментације – таложњења, муљ пролази кроз велике резервоаре, који се обично зову примарни таложници. Због велике количине реагенса потребних за третирање отпадних вода насеља, хемијска коагулација и флокулација се не користе.

У касним годинама XIX века, почиње коришћење септичких резервоара за примарни третман отпадних вода, да би средином XX века, уз пражњење ових резервоара кроз слојеве шљунка и подземне одводе, ово постала уобичајена пракса. Данас се ови резервоари користе за стварање муља, док масти и уља остају да пливају по површини одакле се отклањају посебним процесима. Примарни таложници су обично опремљени механичким згртачима који раде непрекидно, прикупљају муљ и гурају га на дно резервоара, одакле се он даље пумпа до постројења за третман муља. Масти и уља из плутајућег слоја у неким постројењима се могу користити за даљи процес сапонификације. Таложник треба да буде димензионисан тако да има високу ефикасност уклањања муља и плутајућих масних материја. Типични седиментациони резервоар може да уклони 60 до 65% суспендованих материја и 30 до 35% биохемијског кисеоника из муља.

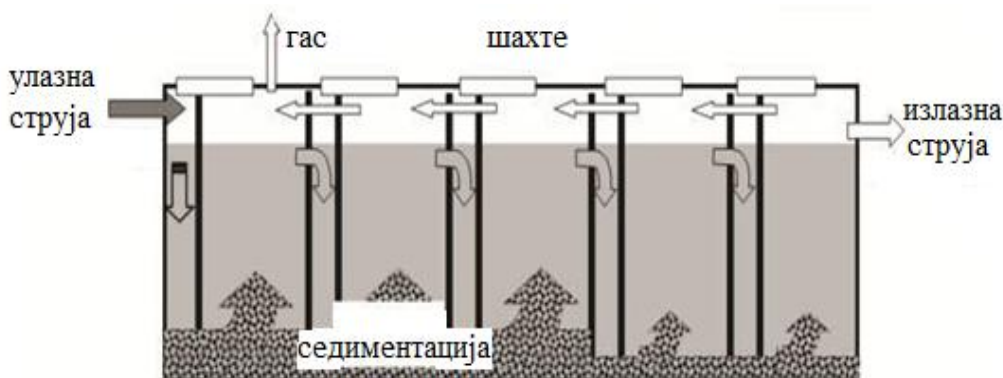
У многим индустријализованим земљама, примарни третман представља минимални ниво третмана отпадне воде која може да се даље користи за наводњавање. Може се сматрати да је овај ниво третмана довољан за наводњавање усева који се не користе за људску исхрану или за наводњавање воћњака, винограда и сл.

Секундарни третман (биолошко пречишћавање) отпадних вода је следећи третман након примарног, чији је циљ отклањање заосталих органских материја и суспендованих чврстих материјала. У већини случајева секундарни третман прати

примарни и подразумева уклањање растворених биоразградивих и колоидних органских материја користећи аеробне биолошке процесе.

Аеробни биолошки третман се врши у присуству кисеоника од стране аеробних микроорганизама (углавном бактерија) које метаболишу органске материје у отпадној води, чиме се производи више микроорганизама и неорганичних финалних продуката (углавном CO_2 , NH_3 и H_2O).

Прост систем септичких резервоара је најпознатији метод примарног и секундарног третмана отпадних вода „на лицу места” због својих великих предности. Септички резервоари уклањају скоро сав чврст суспендован материјал и поред тога, функционишу као анаеробни биореактори у којима се врши парцијална дигестија органских материја. У овој фази се често користи анаеробни реактор са преградама (слика 2.19), тако што се конструише више резервоара у серији који служе за дигестију разградивих супстанци.



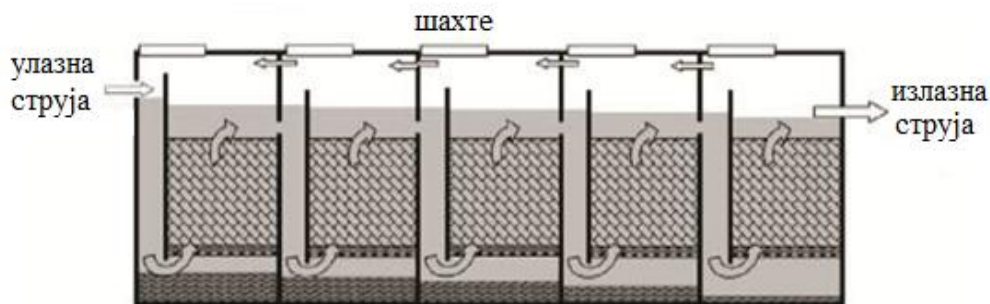
Слика 2.19 Пресек анаеробног реактора са преградама [5]

Преградни зидови или PVC цеви усмеравају струју отпадне воде између комора одозго на доле и затим поново навише. Током овог процеса, стално дотиче нова отпадна вода мешајући се са старом и при чему се врши дигестија са издвојеним активним слојем суспендованих честица и микроорганизмима који се јављају на дну сваке коморе. Због вишекоморне физичке сепарације, различити микроорганизми су присутни у различитим фазама, што омогућава високу ефикасност третмана.

Постоји више врста секундарних третмана код децентрализованих система за пречишћавање отпадних вода. Обзиром да је песак најдоступнији и најчешће примењиван медијум за филтере, у овој етапи третмана отпадних вода, он се често користи као пешчани филтер. Генерално, у областима са дубоким слојевима пропусног земљишта може се користити систем септичких резервоара – пропусно земљиште. Са друге стране, у областима са плитким, веома мало порозним или високо пропустљивим земљиштем захтева се компликованији систем који се поставља на лицу места.

На крају последње коморе преградног резервоара, који је горе описан, може се једна или више комора опремити анаеробним филтером у циљу побољшања ефикасности даљег третмана отпадне воде. Филтар (обично песак) који је постављен у широком слоју, непрекидно је у контакту са током отпадне воде, и овакав систем је веома ефикасан за задржавање и дигестију преосталих загађивача (слика 2.20). Проблем зачепљења се смањује због дигестије и процеса који су се претходно већ одиграли у

преградном резервоару. Овај процес се одвија са фиксним бактеријским медијумом. Примарни и секундарни третман (аеробни реактор са преградама и анаеробни филтар) се најчешће постављају испод нивоа земље. Различите фазе могу бити дизајниране заједно или појединачно. Отпадна вода која прође кроз анаеробни филтар, има и до 90 % ефикасност пречишћавања. Како систем ради у затвореном окружењу без кисеоника (анаеробни услови), отпадна вода и даље има непријатан мирис, упркос чињеници да је већи део третмана већ обављен. Из овог разлога је у децентрализовани систем пречишћавања отпадних вода неопходно укључити и додатни третман - терцијарни третман, и то у форми филтра са шљунком.



Слика 2.20 Пресек анаеробног филтра

Сврха **терцијарног третмана** отпадне воде је да обезбеди финалну фазу третмана отпадних вода и тиме обезбеду њен виши квалитет пре него што се она испусти у животну средину (море, река, језеро, земљиште итд.). У постројењима за третман отпадних вода може се користити више терцијарних третмана. Ако се спроводи дезинфекција, она је увек завршни процес, и назива се још и “полирање отпадне воде”.

Терцијарни третман се користи у случајевима када отпадна вода садржи специфичне загађиваче који морају бити уклоњени, а то се не постиже секундарним третманом. Стога се користе посеби процеси који су неопходни за уклањање азота, фосфора, додатних суспендованих материја, тешких метала и др.

Уклањање азота се врши путем његове биолошке оксидације од амонијака до нитрата (нитрификација), а затим следи денитрификација којом се нитрати преводе у азот у гасовитом стању, који се затим испушта у атмосферу. Овим путем се отклања азот из отпадне воде приликом њеног третмана.

Отклањање фосфора је важно јер је одлучујући фактор за раст алги и хранљивих материја у многим воденим системима. Фосфор се може уклонити биолошким путем тзв. алтернативним биолошким поступцима уклањања фосфора. Такође се може уклонити и хемијским таложењем, обично солима гвожђа (нпр. хлориди гвожђа), алуминијумом (стипса) или кречом. Хемијско уклањање фосфора захтева знатно мање опреме, лакше се изводи и често је поузданије од истог биолошког третмана. Други метод за уклањање фосфора је коришћење грануларног латерита. Једном уклоњен фосфор, у облику муља високе концентрације фосфата, може се складиштити на депонији или прерадити за употребу код минералних ђубрива. Побољшање и унапређење јединица за третман отпадних вода као и потреба да се минимизирају штетни утицаји на животну средину довели су до повећане употребе терцијарног третмана.

3. РЕШЕЊА КОЈА СЕ КОРИСТЕ У ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАНОМ ТРЕТМАНУ ОТПАДНИХ ВОДА

За одрживо пречишћавање отпадних вода у земљама у развоју треба подстицати примену што једноставнијих и јефтинијих система, а да при том ефикасност не буде доведена у питање.

Системи који се користе у децентрализованом третману отпадних вода, а када не постоји постројење за третман вода, тј. Када су у питању мања насеља (од 5.000 до 20.000 ЕС) су:

- РБК (ротациони биодискови),
- СБР (секвенцијални фазни реактори),
- МБР (мембрански биореактор),
- септичке јаме,
- лагуне,
- мочваре.

3.1 Ротациони биодискови

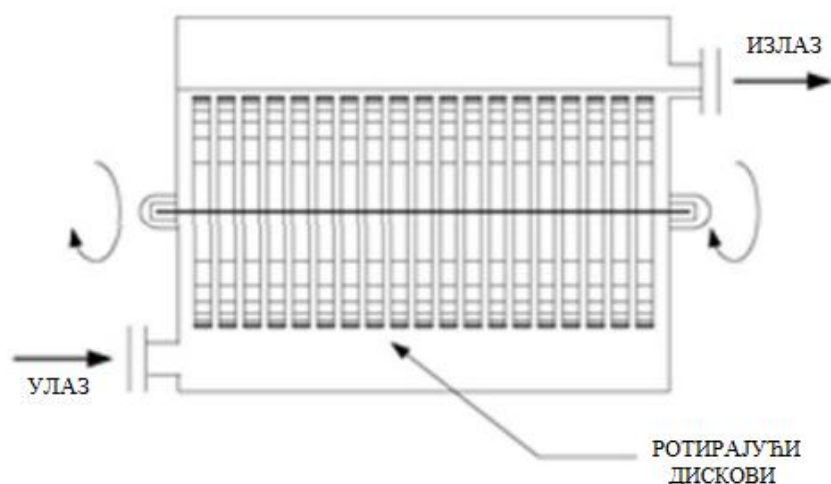
Састоје се од кружних дискова, на заједничкој осовини, на малом међусобном размаку. Дискови су израђени од пластичног материјала: као плоче са различито набраном површином или као спирале од пластичних цеви са таласастим зидовима, и др.

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 РБК се израђују као монтажна постројења за пречишћавање отпадних вода до 1.000 еквивалентних становника (ЕС).

РБК 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 РБК је ниска вредност односа масе доведених хранљивих материја према маси микроорганизама, па стога они добро подносе нагла повећања хидрауличког и органског оптерећења.

Пројектовање РБК првенствено се састоји у одређивању потребне површине дискова при чему вредност површинског оптерећења дискова зависи од конструкције РБК, жељеног степена пречишћавања и састава воде. РБК се обично граде у каскадама, тј. скуп дискова дели се у две или више група које ротирају у посебним коритима. На тај начин се побољшава ефикасност, па оптерећење може бити и веће.

Предности РБК система су ниски енергетски захтеви, кратко време задржавања, одлична контрола процеса, мали оперативни трошкови и могућност рада са ширим спектрима протока. Недостаци су недовољна флексибилност при варирању оптерећења и радних услова као и честа одржавања на лежајевима вратила и механичким диск јединицама.



Слика 3.1 Шематски приказ аеробног РБК

Структура анаеробног РБК слична је као код аеробног РБК, осим што је резервоар покривен како би се избегао контакт са ваздухом.



Слика 3.2 Анаеробни РБК

3.2 Секвенцијални фазни реактор

СБР је побољшана верзија система са активним муљем, који се састоји од једног или више резервоара, а сваки је способан за стабилизацију отпада и одвајање честица. Да би се оптимизовао процес обично се користе два или више реактора у спречи. Конвенционални СБР системи, уопштено се састоје од серије корака пуњења, реакције, таложења, цеђења и мировања у цикличном раду са комплетном аерацијом током периода оксидације органских материја и нитрификације амонијак-нитрата. Недавно, СБР системи су модификовани подешавањем корака у реакционом циклусу ради обезбеђивања анаеробних и аеробних фаза у одређеном броју и редоследа уклањања биолошких материја (C, N и P).

СБР процес нуди флексибилност при променљивим протоцима, мању уписаност руковаоца, опцију за анаеробне или аеробне услове у истом резервоару, квалитетан контакт кисеоника са микроорганизмима и субстратима, мање површине система и добру ефикасност уклањања. Ове предности оправдавају недавно повећање примене ових процеса код индустријских и комуналних отпадних вода.



Слика 3.3 СБР систем

СБР циклус састоји се из неколико фаза:

- Пуњење: Сирова отпадна вода која је прошла решетку и сепарацију масти уводи се у базен и меша са рециркулисаним активним муљем из претходне фазе таложења. После фазе пуњења затварач на доводу се затвара, а инфлуент који је уведен у селектор и централни СБР базен спреман је за следећу фазу.
- Реакциона фаза: Базен се аерише, одиграва се микробиолошка оксидација слично аерацији и микробиолошкој оксидацији у базену из конвенционалног процеса активног муља.
- Таложење: Зауставља се процес аерације, а честице се таложе на дно базена остављајући чисту воду у горњем делу запремине.
- Декантација: Чиста вода се евакуише декантером - пумпом.
- Међуфаза: Са дна базена повремено се евакуише муљ.

3.3 Мембрански биореактор

Уређај за пречишћавање отпадних вода применом МБР технологије (мембранског биореактора) је најсавременије решење са следећим предностима:

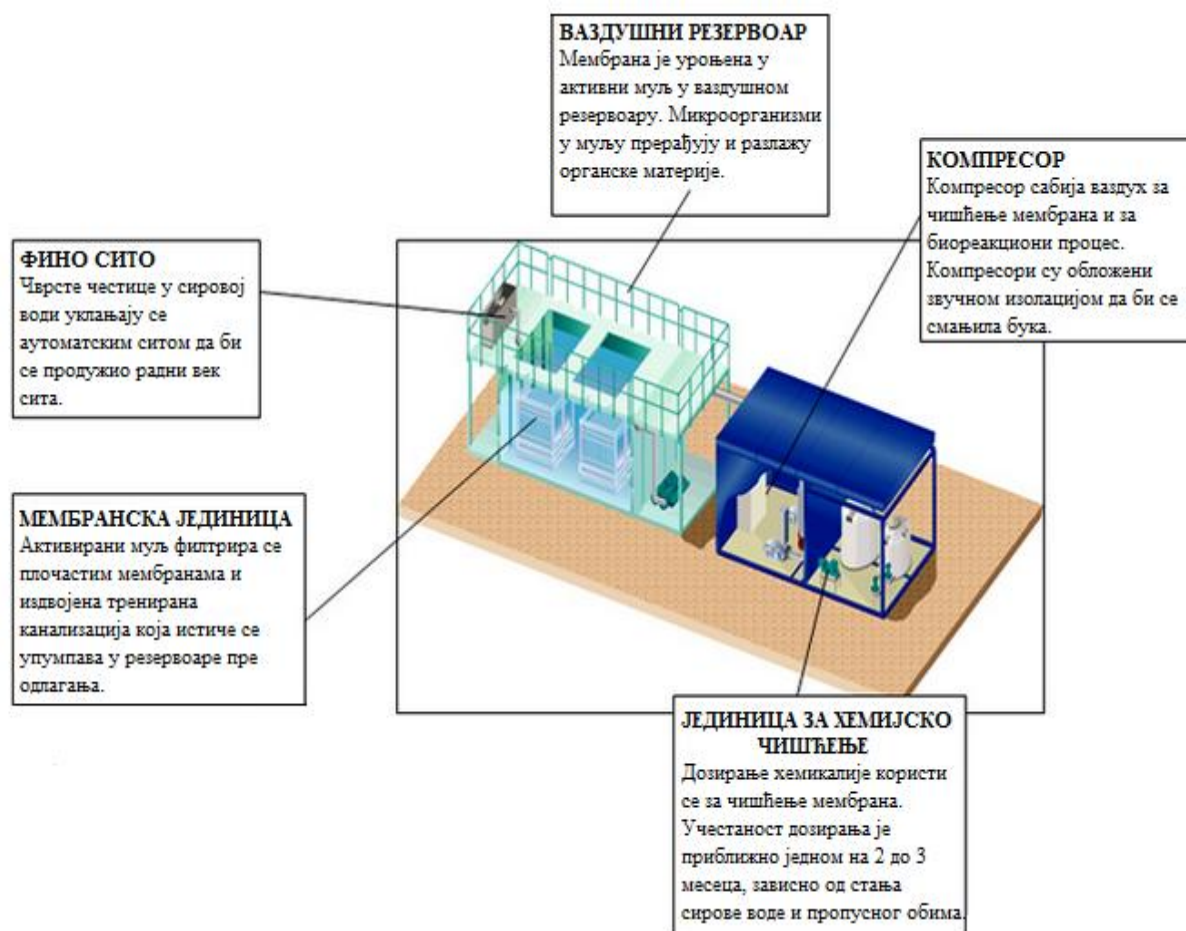
- чиста излазна вода ($\text{БПК} < 2 \text{ mg O}_2/\text{l}$),
- знатно мањи простор за уређај без неугодних мириса,
- брза изградња уређаја збој једноставне конструкције,
- најподобнији за захтевна обална подручја мора и река,
- капацитети од 500 до 500.000 ЕС (и више),
- повољна цена,
- пречишћена вода се може користити за заливање травнатих површина.

МБР технологија је сепарацијски процес биолошке обраде са активним муљем. Разликујемо филтрацију са мембранама смештеним изван биореактора с кружним током повратка муља или мембранама уроњеним у биореактор. Код мембрана изван биореактора употребљава се тангенцијална филтрација с брзим протоком и ниским искоришћењем на самој мембрани да би се спречило таложење суспендованих честица по површини мембране. Код уроњених мембрана филтрација се одвија под вакуумом при чему нема турбулентног струјања око мембране, па се зачепљење спречава турбулентном аерацијом. Искоришћење са таквим мембранама је врло високо, чиме се смањује потрошња енергије и до 2 пута у поређењу са горе наведеном тангентијалном филтрацијом. Као главни покретач употребе МБР наводе се већа запреминска ефикасност, бољи квалитет обрађене воде, једноставније руковање и контрола процеса. Уз ове предности главни проблеми шире употребе чини висока цена и њихово одржавање.

Мембрански биореактор са уроњеним мембранама садржи 2 или 3 мембранска модула у вертикалној формацији, у којој се сваки модул састоји од равног мембранског платна, односно танког полупропусног филма који омогућава издвајање одређених компоненти из течне фазе раствора, јер делује као селективна баријера за трансфер суспендованих и растворених материја. Отпадна вода се пумпом доводи у равно платно мембране у којој се постиже ефективни третман отпадне воде. Зачепљење мембранске површине муљем је значајно смањено континуалном дифузијом ваздуха са дна мембранског модула.

Изградња уређаја је модуларна што омогућава једноставно проширење јединице. МБР постројења се могу инсталирати на било којој локацији и имају могућност повећања капацитета сходно потребама. МБР технологија превазилази конвекционалне методе за третман отпадних вода смањењем оперативних трошкова, заузимањем мањег простора, поузданијим перформансама, обрађена вода (ефлуент) је високог квалитета и задовољава или превазилази најстрожије светске стандарде за испуштање и поновну употребу.

Једноставно одржавање, мали простор за смештај постројења, ниски почетни трошкови и висок квалитет пречишћавања отпадне воде комбинацијом третмана активним муљем и процесом филтрације кроз уроњене мембране чине га погодним за третман комуналних и индустријских отпадних вода. МБР-ом обрађена вода може се користити за наводњавање, заливање бетона итд.



Слика 3.4 МБР са потопљеним мембранама

3.4 Септичке јаме

Пластичне септичке јаме су хоризонтални закопавајући резервоари за таложење и делимично пречишћавање отпадних вода. Пластичне септичке јаме су савремено решење за одлагање отпадних вода у домаћинствима, школама, вртићима, викенд насељима, хотелским и мотелским смештајима.

Материјал од којег се производе резервоари је полиетилен високе густине (ХДПЕ), који има велику затезну чврстоћу и одличну чврстоћу на притисак. Отпоран је на хабање због малог коефицијента трења па спречава појаву жљебова и рисова при употреби. Изузетно жилав материјал, а жилавост се одражава и на екстремно ниским температурама (отпоран на температурама од -30°C до $+80^{\circ}\text{C}$). Током радног века се не захтева било какво посебно одржавање.

Септичке јаме могу бити проточне и непроточне, а могу се изградити са једним, два или више таложника и њихов број зависи од потреба таложења материја. Непроточне септичке јаме користе се у случајевима када не постоје изграђени системи канализационих мрежа и место где би се делимично пречишћена вода из проточних септичких јама одвела путем цевовода и дренажних канала у земљу, а да притом нису угрожени изводи питке воде. Можемо их употребљавати за највише до 50 особа.

Предности коришћења септичких јама су:

- апсолутно водонепропусне и непорозне,
- отпорност на утицај подземних вода,
- отпорност на утицај хемијских супстанци које се користе у домаћинствима,
- једноставно постављање,
- абразивно и корозивно отпорне,
- дуг век трајања (изнад 50 год.),
- не захтевају било какво посебно одржавање.



Слика 3.5 Септичка јама

3.5 Лагуне

Лагуна је најсавременији начин пречишћавања комуналних и индустријских отпадних вода, поготово вода са променљивим протоцима и концентрацијама. Имају предност у свим параметрима по којима се оцењује ефикасност уређаја за пречишћавање отпадних вода: ниска цена изградње, највиши степен пречишћавања и најнижи погонски трошкови. Користе се за отпадне воде с претежним уделом органског оптерећења (нпр. за градове с јаком прехранбеном индустријом – млекаре, пивнице, кланице) и то за капацитете 2.000 – 100.000 ЕС.

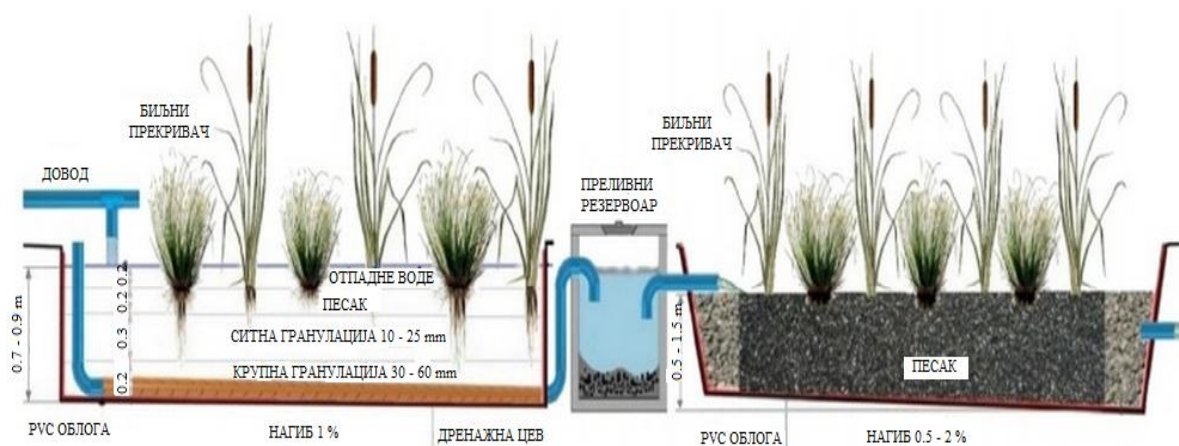


Слика 3.6 Лагуна

Процес пречишћавања у лагунама је нискооптерећен биолошки процес с повратом или без поврата активног муља. Аерација ја изведена “аерацијским ланцима” који осигуравају добро мешање свих делова аерацијске лагуне. У таложним лагунама се талози минерализовани муљ који се извлачи тек сваких 5 –10 година. Биолагуне се одлично могу прилагодити посебним захтевима за уклањање фосфорних једињења.

3.6 Мочваре

Мочвара може да се састоји од две посебно конструисане лагуне (слика 3.7) испуњене мешавином шљунка, песка и земље у које се саде биљке. Мочвара је једноставан и јефтин систем за изградњу, функционише без додатне енергије и лако се одржава.



Слика 3.7 Мочвара

Кроз овај супстрат протиче отпадна вода у хоризонталном и вертикалном смеру и остаје у контакту са кореновим системом биљке довољно дуго да се могу обавити процеси разградње и апсорпције штетних материја. Разградњу материја потпомажу бактерије које живе у зони око корена биљке која је богата кисеоником доведеним кроз стабло. Пре уласка у примарно поље вода пролази кроз грубу решетку и предталожник. Поље је изоловано од околне средине, тако да нема утицаја на подземне воде.

Мочвара се састоји од следећих елемената: грубе решетке и таложника, непропусне PVC оболоне / фолије са нагибом терена од 1 %. У доњем дренажном делу поставља се систем дренажних цеву које се уливају у преливни резервоар (слика 3.7). У доњем слоју је најчешће крупни шљунак различитих слојева гранулације укупне дебљине од 0,7 до 0,9 m. Систем се састоји из порозног медија шљунка где је у доњем слоју крупна гранулација пречника од 30 до 60 mm, а слој је дебљине 20 cm. Други слој је ситна гранулација пречника од 10 до 25mm, а слој је дебљине 30 cm. У првом делу мочваре долази до преливања земљишта отпадном водом која је равномерно распоређена системом ценовода. То је систем пречишћавања при коме се благо нагнуто земљиште мале водопропустљивости, обрасло биљним покривачем на врху нагиба полива отпадном водом која у танком слоју тече, прелива низ нагиб и сакупља у подножју и одводи системом дренажних цеву. У горњем слоју налази се слој песка дебљине 20 cm где је засађена мочварна трава која је потопљена слојем отпадне воде. У другом делу налази се PVC непропусна фолија која је испуњена слојем песка дебљине од 0,5 до 1,5 m са нагибом терена од 0,5 до 2 %. Вода тече кроз пропусни простор између медија и биљке корена које пружају велику површину за насељавање полутаната где се врши

њихово уклањање. Да не би дошло до зачепљења у зони улаза отпадних вода у мочвару пожељно је да пречник камења буде око 100 mm. Такође, пожељно је да се третирана вода испушта на тло са ниским капацитетом апсорпције фосфора. Биљке се бирају зависно од њихове способности да аспорбују нутријенте.

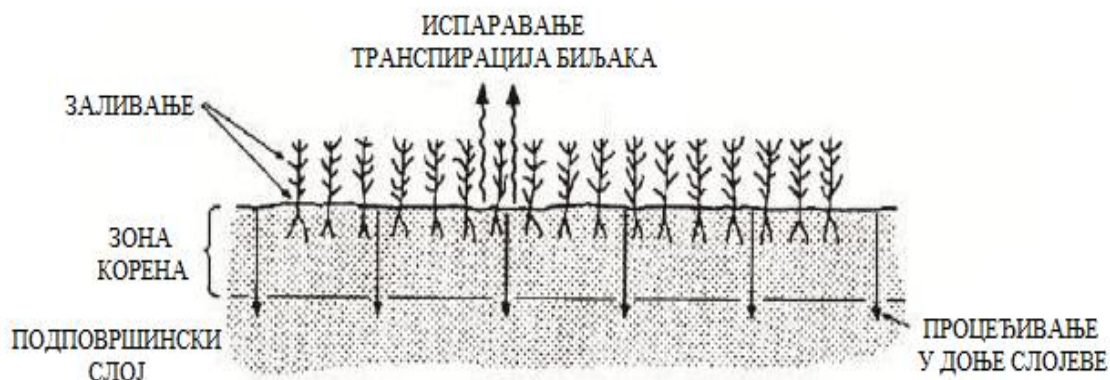
Примена мочваре је широка, а могу се пречишћавати следеће врсте отпадних вода:

- отпадне комуналне воде насеља до 5.000 ЕС,
- отпадне воде из туристичких насеља (хотела, кампова),
- отпадне воде са фарми (након предтретмана),
- процедурне воде из депонија,
- технолошке воде из текстилне и прехранбене индустрије,
- секундарно и терцијално пречишћавање технолошких вода индустрије,
- површинске воде аутопутева,
- атмосферске воде.

3.7 Пречишћавање отпадних вода малих насеља – природни системи пречишћавања

3.7.1 Наводњавање

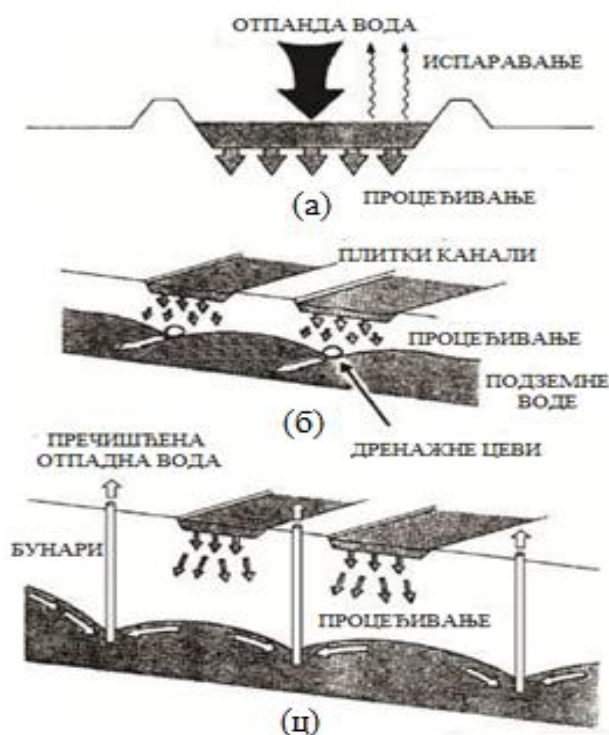
Наводњавање је најчешће коришћен систем, а сматра се најпоузданијим и најбољим системом пречишћавања отпадне воде земљиштем, односно даје најбољи квалитет обрађене отпадне воде. Наводњавање се може дефинисати као хидротехнички поступак којим се вештачким путем доводи вода како би се у земљишту постигла количина која је од суштинске важности за раст биљака. Наводњавање игра виталну улогу у повећању приноса усева, као и у стабилизацији производње. У сушним и полусушним областима, наводњавање је неопходно за економски напредак пољопривреде, док у полувлажним и влажним областима често представља додатак на већ постојећу основу. Обично се наводњава обрадиво земљиште на коме се гаје усеви и друге биљне културе чијом се продајом надокнађује део трошкова таквог система пречишћавања. Избор биљака које ће се гајити зависи такође од низа фактора: капацитета апсорпције азота, количине воде коју апсорбују и толеранције према повећаној влаги земљишта, отпорности на загађење из отпадних вода; па су у том погледу погодне разне врсте трава. [3]



Слика 3.8 Пречишћавање отпадне воде наводњавањем земљишта

3.7.2. Инфилтрација

Инфилтрација описује кретање воде са површине у унутрашњост земљишта и дефинише услове кретања воде на површини терена. Инфилтрација се може користити као један од начина пречишћавања отпадних вода земљиштем, а састоји се у периодичном наливању отпадном водом плитких канала или базена ископаних на земљишту велике пропустљивости (песковито и шљунковито земљиште) (слика 3.10а), при чему се вода пречишћава током процеђивања кроз слој земље до нивоа подземних вода. Уколико се не дозвољава да пречишћена отпадна вода доспе у подземне воде, сакупља се дренажним (перфорираним) цевима (слика 3.10б), у одговарајуће канале или извлачи на површину преко система бунара (слика 3.10ц).



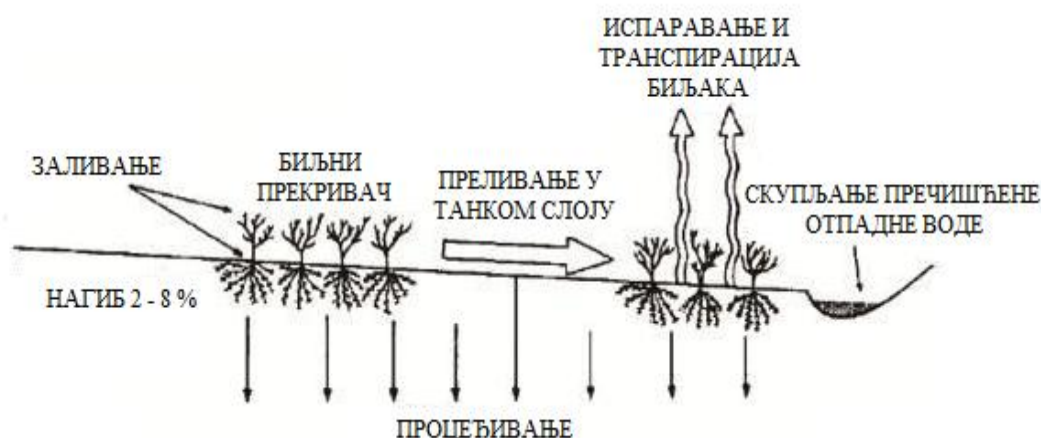
Слика 3.9 Пречишћавање отпадне воде инфилтрацијом кроз земљиште:
а) сакупљање и повраћај пречишћене отпадне воде, б) дренажним цевима, ц)
системом бунара

Највећи део отпадне воде се процеђује, а само мали део испарава (обично нема вегетације). За пречишћавања ефлуента септичких резервоара, код поступака за пречишћавање отпадних вода најмањих насеља, овај поступак би могао да дође у обзир, под условом да нема значајне емисије мириса. Инфилтрација је мање рестиктивна од других врста третмана земљишта. Она има својих предности у томе што мање зависи од климатских услова у односу на друге природне третмане система. Вегетација није неопходан елемент за пројектовање. Количина вегетације нема утицаја на ефикасност, осим ако постоји висок ниво азота, па је стога неопходно његово уклањање.

Потребно је нагласити да је животни век система третираног инфилтрацијом потенцијално смањен због zasiћења земљишта фосфором и тешким металима. За третман отпадних вода на лицу места, насипи песка се чешће користе од базена за имплементацију инфилтрације. Насипи песка се користе само када је горњи део земљишта погодан за инфилтрацију и може бити коришћен када је пропустивост земљишта или много спора или много брза.

3.7.3 Преливање земљишта

Преливање земљишта отпадном водом је систем пречишћавања при коме се благо нагнуто глатко земљиште мале водопропустљивости, обрасло биљним покривачем, на врху нагиба полива са отпадном водом која у танком слоју тече, прелива се низ нагиб и сакупља у подножју.



Слика 3.10 Пречишћавање преливањем земљишта отпадном водом

Избор биљака је од битне важности у овом систему јер значајно утиче на капацитет и ефикасност пречишћавања. Системе за пречишћавање земљиштем карактеришу, у општем случају, релативно велики инвестициони, али и мали експлоатациони трошкови. Препоручљиво је да се добијена биомаса не користи за исхрану људи, односно мора се претходно утврдити да ли у биомаси има патогених микроорганизама и токсичних материја (тешки метали, пестициди, итд.) пореклом из отпадне воде.

Преливање земљишта је процес пречишћавања земљиштем који се разликује од осталих процеса пречишћавања отпадне воде и одиграва се изнад површине земљишта, а не испод површине земљишта. У овом процесу, вода се равномерно шири дуж врха падине обрасле вегетацијом. Нагиб је довољно благ, тако да се стање тока који се одиграва на земљишту под вегетацијом, где хемијски, физички и биолошки процеси побољшавају квалитет отпадних вода, лако одржава. Седиментација, филтрација и биохемијске активности су примарни третман процеса на делу копнених токова. Осим тога, овим путем се контролише ерозија, вегетација, отклања се азот и остале хранљиве материје из течности, а врши се и филтрација суспендоване материје. Микроорганизми, као што су бактерије и алге, закаче се за вегетацију и разлажу растворене органске супстанце. Додатне биохемијске активности се дешавају у горњем слоју засићеног земљишта. Све у свему, отпадна вода пречишћавана преливањем земљишта је веома високог квалитета. Погодност за испуштање у потоке, зависи ће од

локалних услова пражњења, као и карактеристика тела од којих се прима вода. Евапотранспирација и филтрирање у површинском слоју дају неке смањене количине воде које се на крају испусте. Филтрирање је обавезно ограничено ниском пропустљивошћу земљишта које је неопходно за пречишћавање у датом положају.

Преливање земљишта зависи од стања тока кроз земљиште и вегетацијске површине, тако да ова опција може бити имплементирана само у основи код земљишта са ограниченом инфилтрацијом. Из тог разлога, преливање земљишта може да представља алтернативу другим опцијама пречишћавања, где стање на лицу места онемогућава коришћење инфилтрације, одводњавање, наводњавање и остале методе које захтевају филтрирање у површинском делу земљишта.

3.7.4 Мокра поља

Уређај за пречишћавање воде под називом „Мокро поље“ представља новитет код нас, мада је он у примени у Европи од 1980, у Словенији од 1990, у Хрватској од 1997. Први пречистач овог типа код нас је пуштен у рад 2004 године (насеље Гложан, извођач Биро НЕПТУН). Ово је природни, биолошко - еколошки пречистач, где функцију апсорпције штетних материја из воде врши биљка. У нашим условима, најпогодније биљке за примену су барска трска и рогоз.

Уређај се састоји од посебно конструисане три лагуне испуњене мешавином шљунка, песка и земље у које се сади биљка. Кроз овај супстрат, протиче отпадна вода у хоризонталном или вертикалном смеру и остаје у контакту са кореновим системом биљке довољно дуго да се могу обавити процеси разградње и апсорпције штетних материја. Разградњу материја потпомажу бактерије које живе у зони око корена биљке, која је богата кисеоником доведеним кроз стабло. Пре уласка у примарно поље, вода пролази кроз грубу решетку и предталожник. Поље је изоловано од околне средине, тако да нема утицаја на подземне воде. Пречистач је једноставан и јефтин за градњу, функционише без додатне енергије и лако се одржава. Стога је ова метода решење које је намењено заштити животне средине од расутих загађивача.

Биљни пречистач „Мокро поље“ се састоји од неколико елемената, а сваки од њих има одређену функцију у процесу чишћења загађене воде:

- Груба решетка се поставља на крају доводног цевовода и има функцију механичког задржавања крупних отпадака који долазе кроз канализацију.
- Таложно-разводни бетонски канал се налази на почетку примарног поља и има двојаку функцију, у њему се издвајају крупније честице, које нису растворене у води, а истовремено се преко њега вода равномерно уводи у пречистач.
- Примарно поље је са хоризонталним током и у њему се врши највише издвајања штетних материја из воде, због чега је оно подељено на два дела која могу независно да функционишу чиме је омогућено да се једно поље може ревитализовати, а да пречистач буде у функцији. Ово поље захвата око 20% укупне нето површине пречистача.
- Секундарно поље је са вертикалним током, највеће је поље (50% од укупне површине) и у њему се остварују највећи ефекти пречишћавања.

- Терцијално поље је поље где се врши довођење већ пречишћене воде до захтеваног квалитета. Течење у овом пољу је вертикално.
- Преливни шахтови се налазе на крају сваког сегмента (укупно 3 шахта) и имају функцију регулације течења воде кроз пречистач.
- Водомер се налази пре излива у реципијент, смештен је у шахту, а има функцију мерења испуштене пречишћене воде.

Ова метода се користи за:

- отпадне комуналне воде насеља до 5.000 ЕС,
- отпадне воде из туристичких насеља (хотели, кампови),
- отпадне воде са фарми,
- процедурне воде из депонија смећа,
- технолошке воде из текстилне и прехранбене индустрије,
- секундарно и терцијално пречишћавање технолошких вода индустрије,
- површинске воде са аутопутева.

Предности ове методе су:

- Висок степен пречишћавања (80-90%),
- Поузданост у раду,
- Ниски трошкови изградње (до 6-8 пута јефтинији од стандардних пречистача),
- Нема утршка енергије и хемијских агенаса,
- Једноставно и јефтино одржавање,
- Нема обраде и одлагања муља ,
- Изврсно се уклапају у природни амбијент ,
- Нема неугодних мириса и инсеката.

Поље се димензионише на основу броја ЕС. Просечна величина за насеља од 500 до 5.000 становника је $3.5 \text{ m}^2/\text{ЕС}$, односно нето површина пречистача се креће од 18 ари до 1.8 ха. Бруто површина пречистача је већа за сса 20 %, јер се око уређаја раде ободни канали и заштитни појас. Комплетно поље се облаже водонепропусном фолијом чиме је спречен негативан утицај на земљиште и подземне воде. Током експлоатације се врши праћење ефеката пречишћавања и утицај пречистача на околину.

Мокра поља, односно вештачке мочваре могу да буду:

- системи са слободном воденом површином,
- системи са током воде испод површине какви се и заговарају у пракси.

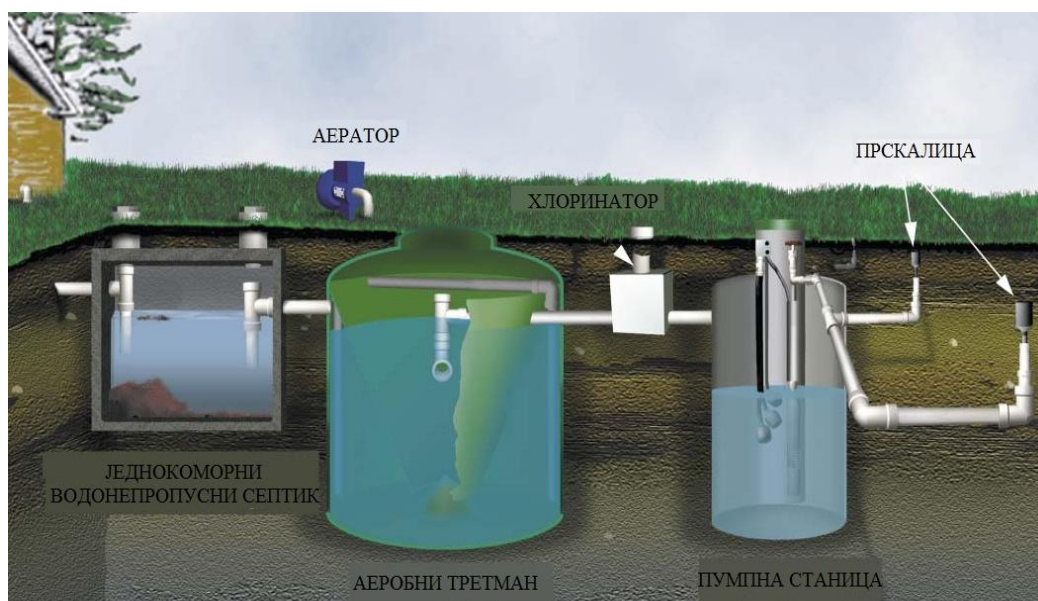
Ова метода је комбинација биолошких, хемијских и физичких процеса и одликује је практичношћу, економичношћу и једноставношћу при експлоатацији. При анализи коришћења ове методе треба обухвати, поред инвестиционих и трошкове експлоатације током 15 година (трошкови кошења, одвоза - депоновања биљака, сађење нових биљака, контролу водонепропустљивости, замену коренастог филтарског слоја и сл.). Анализа свакако треба да обухвата и трошкове и користи које има друштвена заједница имајући у виду намену плодног земљишта која би се у овакве сврхе користила.

Поља са током испод површине користе се углавном за третирање примарног ефлуента до секундарног стандарда, али је потребно напоменути да је примена ове технике тек у развоју и да је и за њу неопходно урадити веома пажљиву процену користи и трошкова како у инвестиционом погледу, тако и у дугорочном експлоатационом периоду. С тим у вези посебну пажњу треба посветити појединим врстама загађења као што су нутријенти, уља и масти, метали и органски микрополутанти (детерџенти, различите хемикалије које се користе у домаћинствима, лекови, метаболити). Уклањање азота које се постиже мокрим пољима према литературним наводима је добро, мада је природни ниво обично већи од 1 mg/l, па се органски азот акумулира у вегетацији и касније може бити ослобођен или рециклиран. Уклањање нитрата је углавном добро. Уклањање фосфора мокрим пољима није сасвим ефикасно. Што се тиче метала, података нема довољно и они су ретки и разноврсни. Тако на пример ефикасност уклањања за кадмијум се креће од 75-99%, 40-96% за бакар, 086% за олово, 49-88% за никл, и 33-96% за цинк.

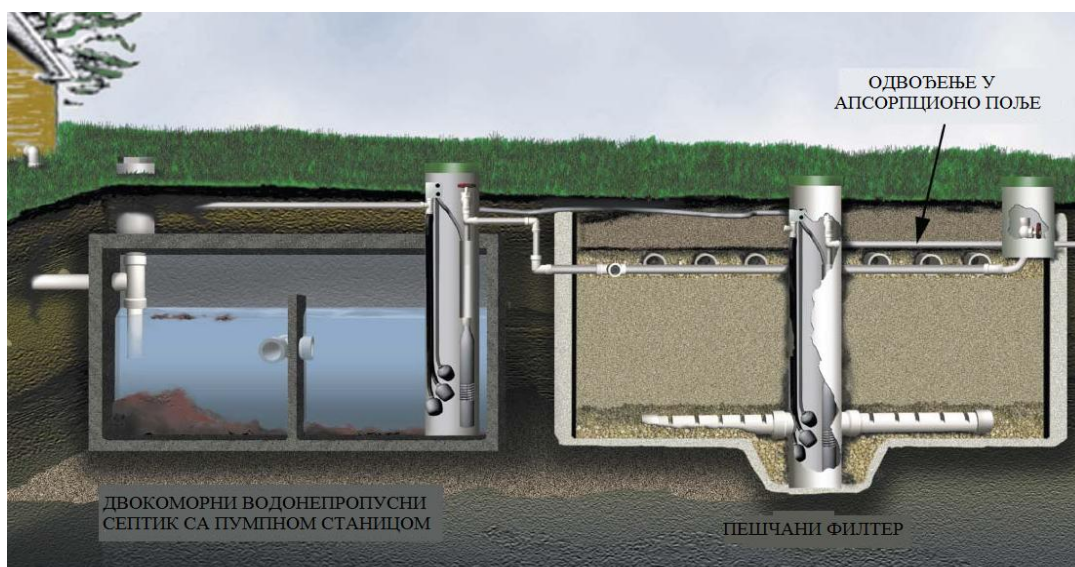
Акумулација токсичних органских и неорганских микрополутаната може формирати токсична поља. Забрињавајућа је њихова способност продирања у подземне воде, па чак и чињеница да су детектоване и у води за пиће. Иригацијом и филтрацијом кроз земљиште такође долази до продирања токсичних материја и загађења воде. Важан аспект за процену ефикасности ове технологије је проблем везан за климатске факторе, на пример, појава великих падавина које условљавају плављење и велике промене у оптерећењу мочварног поља или осетљивост биљних и животињских врста на различите физичко-хемијске факторе. Процена понашања различитих микрополутаната у третманима комуналних отпадних вода је у свету једна од значајних научних тема о којој се не зна довољно, али је чињеница да се код недовољно пречишћених отпадних вода, концентрација супстанци које се недовољно или споро разграђују у циклусу воде повећава, а за одређен део њих ефекти на здравље људи још увек нису ни познати.

4. ВОДОНЕПРОПУСНИ СЕПТИЧКИ РЕЗЕРВОАР КОМБИНОВАН СА АЕРОБНИМ ПРОЦЕСОМ ПРЕЧИШЋАВАЊА И ПРЕЧИШЋАВАЊЕМ ЕФЛУЕНТА НА ИНТЕРМИТЕНТНОМ ПЕШЧАНО-ШЉУНЧАНОМ ФИЛТЕРУ

Најоптималније технолошко решење, код руралних разутјених насеља је пречишћавање отпадних вода за групе стамбених објеката и објекте друштвеног стандарда применом система који обухвата: водонепропусни септички резервоар, комбинован са аеробним процесом пречишћавања и пречишћавањем ефлуента на интермитентном пешчано-шљунчаном филтеру. [4]

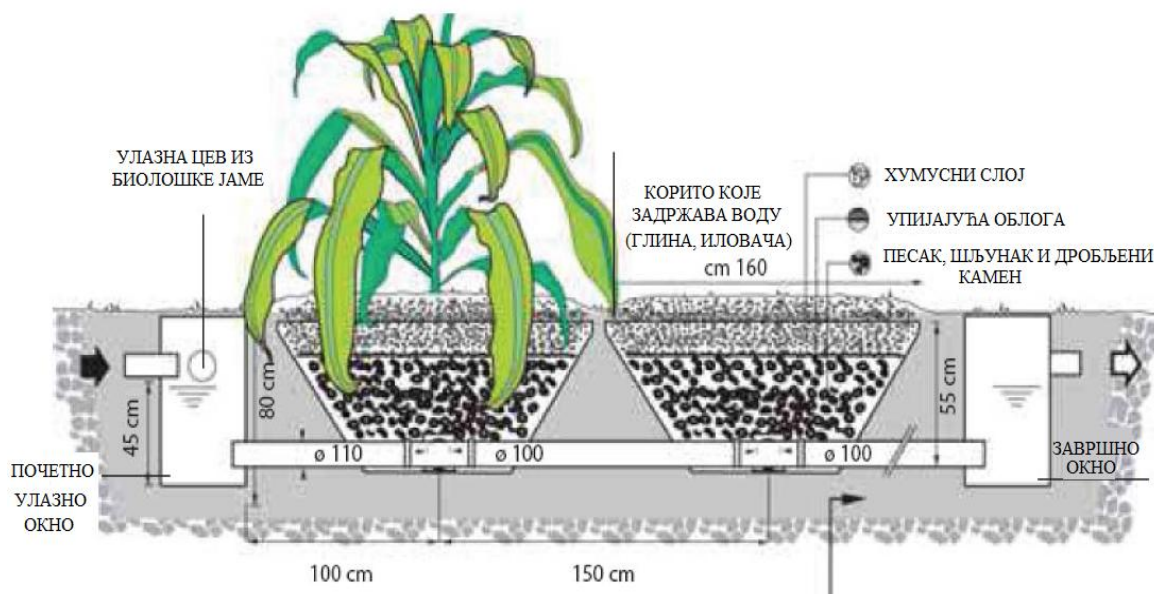


Слика 4.1 Концепт пречишћавања аеробним третманом са употребом воде за заливање распршивањем



Слика 4.2 Концепт пречишћавања на пешчаном филтру са употребом воде за наводњавање

Концепт каналисања на руралном подручју коришћењем пречишћене отпадне воде за заливање и наводњавање је идеално прилагођен локалним приликама и потребама. Овим системом се може наводњавати обрадиво земљиште на коме се гаје усеви и друге биљне културе чијом се продајом надокнађује део трошкова таквог система пречишћавања. Избор биљака које ће се гајити зависи од низа фактора: капацитета усвајања азота, количине воде коју прихватају биљке, толеранције према повећаној влаги земљишта и отпорности на концентрације загађујућих материја из отпадне воде. Овај концепт је погодан за разне врсте трава и у том погледу има примену и код хотелских комплекса за заливање парковских површина.



Слика 4.3 Коришћење пречишћене отпадне воде за наводњавање

Овакав концепт руралног система за прикупљање и третман отпадних вода има и еколошки и економски значај за локалну заједницу. Уводи се принцип заштите животне средине редуковањем загађења на месту настајања, а коришћењем пречишћене воде за заливање се смањује потрошња чисте воде. Пре избора адекватног система за пречишћавање неопходно је одредити физичке карактеристике земљишта, карактеристике терена, близину, односно дубину површинских и подземних вода и распоред постојећих објеката на плацу. Диспозиција система треба да буде таква да елементи система не угрожавају остале објекте на плацу или суседној парцели.

5. ПРОРАЧУН СИСТЕМА ЗА ТРЕТМАН ОТПАДНИХ ВОДА

Основа процеса који користе септички системи је заснована на екосистему земљишта да пречисти отпадну воду. Септички системи су системи за прикупљање, пречишћавање и дисперговање у тло санитарних отпадних вода које настају у појединачним објектима становања, мањој групи ових објеката или мањим пословним објектима. Санитарна отпадна вода се пречишћава локално, насупрот одвођењу колектором до централизованог система за пречишћавање отпадних вода.

Септичке јаме су непропусно израђени резервоари од бетона, опеке или камена испод површине земље у којима се одвија делимично пречишћавање отпадне воде. Након септичких јама вода се упушта у водне ресурсе или терен. У њих се отпадна вода из куће непосредно улива путем канала.

Процеси који се дешавају у септичкој јами су:

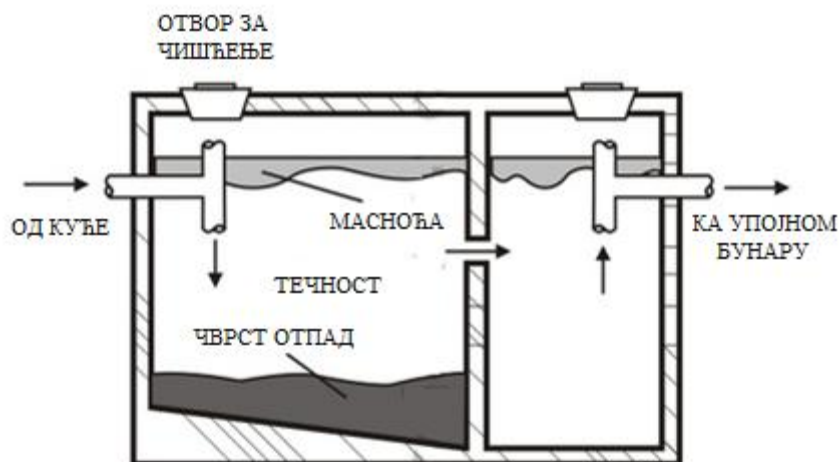
- таложење и
- биолошки процеси разградње органске супстанце – недовршени.

У септичкој јами вода се не пречишћава потпуно јер је то неекономично. У њој се вода задржава 2-3 дана и за то време честице се таложе, масти испливавају и стварају кору, а колоидне честице у току анаеробног процеса од желатинастих, које би загушиле поре постају нежелатинасте и лако продиру у земљиште. На тај начин отпадна вода је ослобођена масти и талог и с промењеним својствима колоида се може јако дуго упијати у тло где се даље врши њено пречишћавање.

Норме које се користе у Европској Унији за димензионисање и пројектовање септичких система су EN 12566. Ове норме дефинишу потребне податке за септичке јаме EN 12566-1, дистрибуционе дренажне системе EN 12566-2 и мала постројења до 50 еквивалентних становника EN 12566-3. Такође ЕРА има своје норме (Code of practice) којим се дефинише поступак у лоцирању, димензионисању, пројектовању и изградњи септичких система. У Европској унији и САД као и другим развијеним земљама употреба ових система је строго дефинисана и стандардизована. Код нас ова област није обрађена на том нивоу и углавном се користе неке препоруке искуствене природе или решења из ранијих година дата у одређеним приручницима [8].

Према немачким прописима број комора се креће од 2 до 4. Најмање септичке јаме (до 15 особа) имају обично две коморе, а веће (од 15 до 100 особа) 4 коморе.

Димензионисање септичке јаме се врши према броју особа или према броју соба. Број соба се сматра бољим параметром за димензионисање него број особа који се често мења, али се ипак чешће примењује димензионисање по броју особа (на сваку собу долазе по 2 особе).



Слика 5.1 Септичка јама са две коморе

У табели 5.1 дат је преглед основних података за димензионисање септичке јаме у неколико земаља.

Држава	Потрошња воде по особи на дан (l)	Запремина септичке јаме по особи (l)	Максимално дозвољена величина септичке јаме (l)	Задржавање воде (l)
Немачка	150	300	3.000	2
Аустрија	150	400	3.000	2,67
Швајцарска	170	500	3.000	2,94
САД	200	500	2.800	2,5

Табела 5.1 Преглед основних података за димензионисање септика у неколико земаља

У наредном делу рада биће приказан прорачун септичке јаме за петорочлану породицу с потрошњом воде од 150 l стан./дан. Потребно је прорачунати и изградити септичку јаму за фекалну и кухињску воду.

$$V=5 \cdot 0,48 \cdot 150=360 \text{ l}$$

(усваја се да је 48% потрошње фекалне и кухињске воде по становнику на дан, а осталих 52% је вода од умивања, купања и прања и она се преко таложница улије у процедурни ров или упојницу).

Празњење септичке јаме је потребно вршити најмање једном годишње. Ово је најважнији сегмент у одржавању система. Уколико се празњење не уради на време исталожени муљ ће се подићи до нивоа да почне да прелива ван септичке јаме и одлази у абсорпционо земљиште при томе запушавајући слободне поре земљишта.

Време задржавања воде у септичкој јами се рачуна као (табела 5.1):

$$\text{задржавање воде} = \frac{\text{запремина септичке јаме по особи}}{\text{потрошња воде по особи на дан}} = \frac{5 \cdot 300}{150} = 10 \text{ дана}$$

У том случају њена запремина би била:

$$V = 360 \cdot 10 \text{ дана} = 3.600 \text{ l}$$

тј. сабирна јама има запремину од $V = 3,6 \text{ m}^3$

Септичка јама се састоји из две одвојене коморе. На дну прве коморе се таложе и задржавају чврсте материје. Током одстојавања долази до процеса хидролизе органских материја у којем се комплексни органски молекули разлажу на једноставније молекуле, лакше за абсорпцију и даље разлагање од стране микробиолошког света у земљишту.

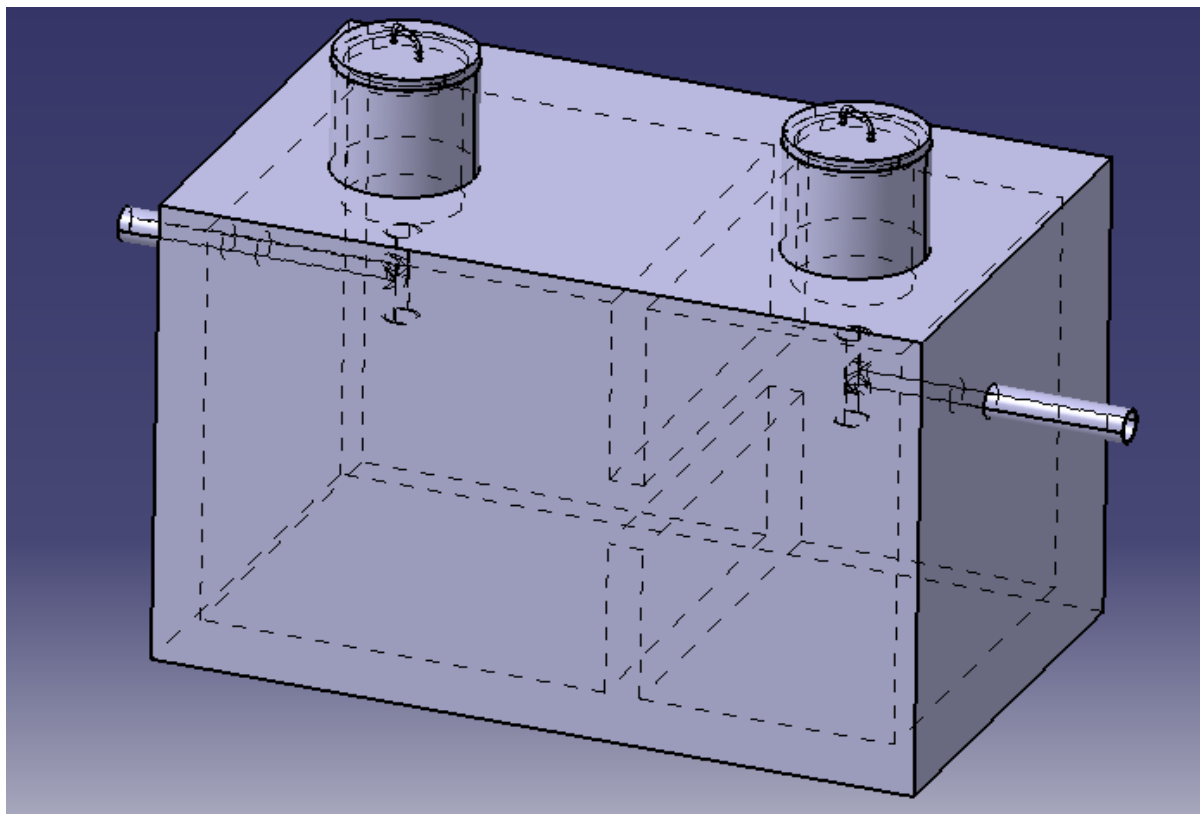
Друга комора која је габаритно мања, има функцију додатног исталожавања финијих честица и издвајања пливајућих материја али у знатно мањој мери. Обзиром да се ниво воде у другој комори повремено спушта на ниво доње коте цеви, користи се преливна преграда која не допушта да пливајуће материје напусте комору.

Преливном преградом из друге коморе септичке јаме отпадна вода иде у дренажни дистрибуциони систем. Минимална дубина између коте излива из дренажне цеви и коте подземне воде треба да буде 0,6 m до 1 m у зависности од карактеристика земљишта. Ова удаљеност важи и до коте земљишта које није погодно за абсорпцију отпадних вода.

При избору локације септичког система треба водити рачуна о следећем:

- Локација треба да буде најмање 30 m од бунара и 15 m од водотока или језера.
- Нагиб дренажног поља треба да буде на нижој коти од објекта или бунара, односно удаљен по правцу струјања подземне воде.
- Дренажна поља треба да буду неосенчена, без дрвећа и растиња у близини.
- Потребно је предвидети довољно простора за проширење дренажног поља ако буде потребно.
- Септички резервоар и дренажно поље треба да буду у земљишту са травнатим покривачем без да преко локације прелази коловозна конструкција или бетонске стазе.
- Септички резервоари и дренажна поља треба да буду далеко од атмосферских дренажних површина и водотокова.

Основне димензије јаме су усвојене на основу препорука произвођача. На слици 5.2 је приказан 3Д модел јаме урађен у софтверском пакету CATIA V5R20.



Слика 5.2 Тродимензионални приказ септичке јаме

Данас на тржишту постоји и одређен број фирми које се баве производњом непропусних и биолошких септичких јама са једном, две или три коморе које се могу одмах поставити у земљу. Најчешће су израђене од полиетилена, имају дуг век трајања и могу се рециклирати [9].

6. ЗАКЉУЧАК

Децентрализован третман отпадних вода је допринео управљању отпадним водама одвојено од великих урбаних средина што омогућава потпуну независност од централизованог система.

Када се разматра проблематика пречишћавања отпадних вода у односу на величину насеља разматра се и тип постројења који би могао да се примени у процесу пречишћавања отпадних вода. У групу великих насеља спадају насеља од 20.000 становника који би требали да користе централизовани систем, док за мала насеља до 5.000 становника се препоручује тзв. “on sajt” систем (септички систем).

Децентрализован систем има низ предности у односу на друге системе као што су: веома мали енергетски захтеви, минимални трошкови рада и одржавања система, мали проток, поуздан и дугорчан систем итд. Такође, конструкција система изазива мање еколошке поремећаје јер се систем флексибилних цеви инсталира плиће испод нивоа земљишта што даје одличан резултат на пољу екологије и заштите животне средине.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Мунир Јахић, Урбани водоводни системи, Удружења за технологију воде и санитарно инжењерство, Београд, 1988.
- [2] Вања Шуштершич: Технологије и постројења у припреми воде за пиће и третману отпадних вода, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2014
- [3]Татјана Благојевић: Отпадне воде као еколошки проблем, (преузето са <http://www.ftn.kg.ac.rs/download/SIR/SIR%20Tatjana%20Blagojevic.pdf>, приступљено 15.10.2014.)
- [4] Небојша Вељковић: Нови системи управљања комуналним отпадним водама затвореним нутријентним циклусом, Удружење за технологију воде и санитарно инжењерство, Београд, 2008. стр. 231-240.
- [5] Данијела Николић, Јасмина Скерих, Вања Шуштершич: Системи за пречишћавање отпадних вода у великим и малим насељима, Водопривреда, 2012, вол.44, бр.3-4, стр.247-255
- [6] Небојша Вељковић: Рурални системи за прикупљање и третман отпадних вода, Унапређење квалитета воде код локалних водовода и каналисање мањих места у Србији, Удружење за технологију воде и санитарно инжењерство, стр.80-85 Београд, 2010.
- [7] May A. Massoud, Akram Tarhini, Joumana A. Nasr: Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries, Journal of Environmental Management Volume 90, Issue 1, January 2009, Pages 652–659
- [8] Катастар септичких јама МЗ Барич, ИХИЗ Заштита д.о.о
- [9] <http://nkim.hr/septicke-jame/> (приступљено 15.10.2014.)