

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Урбано инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Предмет: Технологије и постројења за пречишћавање воде и ваздуха

Број индекса: 930/2015

Катарина С. Теофиловић

**Идејно решење постројења за третман отпадних
вода за град Трстеник**

дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Вања Шуштершич, ред. проф. - ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру дипломског рада кандидат треба да опише начине третмана отпадних вода. Затим, треба да сагледа тренутно стање броја становника и количина отпадних вода које се производе из комуналне делатности и индустрије на територији града Трстеник. Након тога, кандидат треба да предложи идејно решење за третман отпадних вода за град Трстеник. На крају треба да уради прорачун главних компоненти и изради 3Д модел датог постројења.

Препоручена литература:

- [1] Вања Шуштершич, *Технологије и постројења у припреми воде за пиће и третману отпадних вода*, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2014.
- [2] Енергопројект: „*Централно постројење за пречишћавање отпадних вода Крагујевца*”, књига XII, свеска 2, главни извођачки пројекат, Београд, 1989.
- [3] Небојша Вељковић, Зорана Петовић, Александар Шотић, Виолета Цибулић, *Перспектива примене европске директиве о пречишћавању комуналних отпадних вода у Србији*, Вода и санитарна техника, XLVII, 5-16, 2018.

Крагујевац, 11.03.2019.

ментор:

Др. Вања Шуштершич, ред. проф.

Резиме:

Под загађењем вода подразумева се директно или индиректно уношење супстанци или топлоте у воде, ваздух или земљиште, које је резултат активности човека, а које може бити штетно по људско здравље и сва жива бића. Порастом броја становника повећава се и количина отпадне воде. До недавно су људи били убеђени да је вода неисцрпна. Поред овог, главни проблем је и у минималном пречишћавању отпадних вода пре испуштања у реципијент. У овом дипломском раду приказано је тренутно еколошко стање, са аспекта отпадних вода, на територији општине Трстеник, као и идејно решење за третман отпадних вода. Прорачун и 3Д модел предложеног постројења приказани су у раду. Изградња канализационе мреже са ППОВ за насеља у околним селима, као и изградња непропусних санитарно-хигијенских септичких јама у удаљеним брдским селима, мале густине насељености, где није могуће формирати канализационе системе неки су од предложених мера за побољшање постојећег стања.

Кључне речи:

Загађење вода, постројење за пречишћавање отпадних вода, идејно решење, општина Трстеник, канализациона мрежа, непропусне санитарно-хигијенске септичке јаме

Abstract:

Water pollution means the direct or indirect input of substances or heat into water, air or soil, which is the result of human activity, and which can be detrimental to human health and all living beings. With the increase in population, the amount of wastewater increases. Until recently, people were convinced that water was inexhaustible. In addition, the main problem is the minimal wastewater treatment before discharge into the recipient. This thesis presents the current ecological status, from the aspect of wastewater, in the territory of Trstenik municipality, as well as the preliminary design for wastewater treatment. Estimate and 3D model of the proposed plant are presented in the paper. The construction of a sewage network in the surrounding villages, as well as the construction of impermeable sanitary and hygienic septic tanks in remote mountain villages, low population densities where it is not possible to form sewage systems are some of the proposed measures for improving the existing situation.

Keywords:

Water pollution, sewage treatment plant, preliminary design, Trstenik municipality, sewage network, impermeable sanitary and hygienic septic tanks

Садржај:

Увод.....	1
1. Отпадне воде	2
2. Настанак отпадних вода	3
3. Класификација отпадних вода.....	5
3.1. Комуналне отпадне воде	5
3.2. Индустијске отпадне воде	6
3.3. Отпадне воде агро-комплекса.....	7
3.4. Атмосферске отпадне воде.....	8
4. Утицај отпадних вода на околину	10
5. Заштита водених ресурса	12
6. Третман отпадних вода	14
7. Карактеристике отпадних вода.....	16
7.1. Физичке карактеристике	16
7.1.1. Сува материја	16
7.1.2. Боја	17
7.1.3. Мирис.....	17
7.1.4. Температура.....	18
7.2. Хемијске карактеристике	18
7.2.1. Органске материје.....	19
7.2.2. Биохемијска потрошња кисеоника (ВРК).....	19
7.2.3. Хемијски потребна количина кисеоника (НРК).....	20
7.2.4. Укупан органски угљеник (ТОС)	20
7.2.5. Протеини, угљени хидрати, уља и масти.....	21
7.2.6. Специфична органска једињења.....	21
7.2.7. Неорганске материје	21
7.2.8. Азот, фосфор, сумпор.....	22
7.2.9. рН, алкалитет, киселост.....	22
7.2.10. Тешки метали, токсичне супстанце.....	22
7.3. Биолошке карактеристике.....	22
7.3.1. Микробиолошка испитивања.....	23
7.3.2. Биолошка испитивања	23
8. Главни поступци пречишћавања отпадних вода	24

8.1. Механички поступци третмана отпадних вода	26
8.1.1. Решетке	27
8.1.2. Песколов (хватач песка)	28
8.1.3. Хватачи масти и уља.....	29
8.1.4. Таложници	29
8.2. Биолошки процеси пречишћења отпадних вода	33
8.2.1. Аеробни процеси пречишћавања отпадних вода	35
8.2.2. Анаеробни процеси пречишћавања отпадних вода	37
8.3. Хемијски поступци у третману отпадних вода	37
8.3.1. Хемијско таложење.....	38
8.3.2. Јонска измена	39
8.3.3. Остали хемијски поступци пречишћавања.....	39
Неки од осталих хемијских поступака пречишћавања који се користе за отпадне воде су:	39
9. Општина Трстеник.....	42
9.1. Отпадне воде у општини Трстеник	43
10. Услови упуштања индустријских отпадних вода у градску канализацију	51
11. Концепт идејног решења.....	52
12. Технолошки процес пречишћавања	55
13. Димензионисање објеката.....	57
13.1. Задржавање на решеткама.....	57
13.2. Аерисани песколов	58
13.3. Сепарација масноће и уља.....	60
13.4. Примарно таложење	61
13.5. Биолошко пречишћавање.....	62
13.5.1. Површинска аерација.....	62
13.6. Секундарни таложник	65
13.7. Рециклажа муља.....	66
13. 8. Дезинфекција ефлуента	67
13.9. Обрада муља.....	68
13.9.1. Количина и квалитет муља	68
13.9.3. Дехидратација муља	71
Закључак	74
Литература.....	75

Увод

Вода је једна од најважних основних материја у природи и неопходна је за одржавање биљног, животињског света и људског организма, па се сходно томе има велики значај на екосистем и планету. Она се налази у атмосфери, хидросфери, криосфери, биосфери и литосфери [1].

Вода налази најразличитију примену у човековом деловању: користи се за пиће, припрему хране, стамбену и урбану хигијену, одржавање личне хигијене, користи се у пољопривреди, саобраћају, индустрији, енергетици, риболову [1].

Човек је, својим несвесним понашањем према околини, током дугог временског периода, развојем индустрије, као и повећањем броја људи на земљи, довело је до загађења многих ресурса. Првенствено се то односи на загађење ваздуха, тла и водене околине [2].

Под загађењем вода подразумева се директно или индиректно уношење супстанци или топлоте у воде, ваздух или земљиште, које је резултат активности човека, а које може бити штетно по људско здравље и сва жива бића [2].

Данас се све више сусрећемо са водом која не задовољава квалитете неопходне за човекову примену. Порастом броја становника повећава се и количина отпадне воде, које су загађене различитим органским и неорганским материјама. До недавно су људи били убеђени да је вода неисцрпна, тачније да није могуће исцрпети водене ресурсе. Поред овог проблема главни проблем је и у минималном пречишћавању отпадних вода пре испуштања у реципијент.

1. Отпадне воде

У XXI веку животна средина постаје све више загађена, самим тим површинске и подземне воде су, директно или индиректно угрожене. Највећи део употребљене воде враћа се у природу као отпадна вода (слика 1.).

Са развојем индустрије, градова и пољопривреде упоредо је расла и количина и степен загађености вода, а тиме све више су загађене подземне и површинске воде. Због пораста загађености вода у нашој околини постало је неопходно да се развију системи пречишћавања отпадних вода.



Слика 1. *Загађење водених ресурса [3]*

Да би смо имали квалитетну воду за пиће, потребно је да отпадну воду пре испуштања у природу вратимо у што је могуће сличнијем стању у којем је из ње „позајмљена“. Може се закључити да је у великој мери квалитет воде за пиће повезан са квалитетом отпадне воде.

Такође, неопходно је вршити одвођење и пречишћавање индустријских и санитарних отпадних вода из стамбених и других објеката. Пречишћавање отпадних вода постаје све сложеније зато што се у отпадним водама могу наћи хемијске и радиоактивне супстанце. Квалитет отпадне воде која се сме испустити у реципијент регулише свака заједница одговарајућим стандардима.

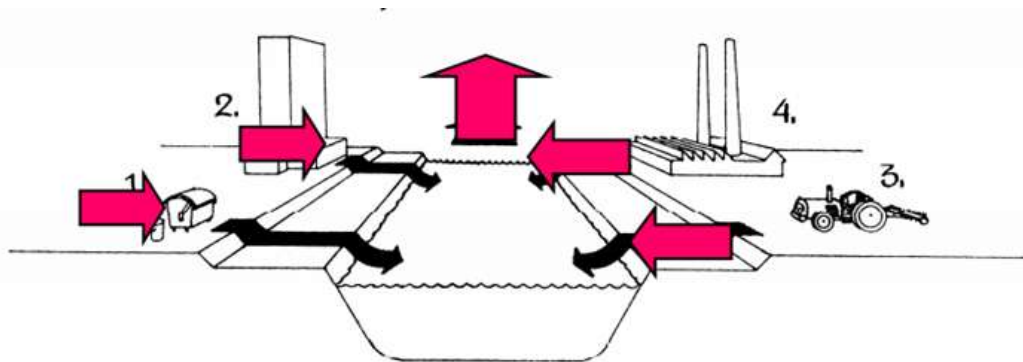
2. Настанак отпадних вода

Не постоји опште прихваћена дефиниција отпадних вода. Једна од дефиниција која се користи је следећа: „Вода онечишћена на било који начин током употребе представља отпадну воду“ [4].

Убрзаним развојем броја становника, развојем индустрије и пољопривреде ствара се све више отпадних вода, које доста штете екосистему у целини. Највише отпадне воде се ствара у насељима и индустрији, а затим у пољопривреди, док највише загађене воде ствара индустрија (слика 2.).

Постоје два начина загађења:

- 1) Природно загађење настало дејством катастрофалних процеса који су изазвани поремећајем природних сила. У ова загађења убрајамо: ерупције вулкана, земљотресе, климатске промене, поплаве.
- 2) Антропогено загађење (вештачка загађења) настају као последица делатности људи. Оно може бити: механичко, физичко, микробиолошко, хемијско.



Слика 2. Порекло отпадних вода

1- подземне воде испод сметлишта; 2- комуналне отпадне воде; 3- пољопривредне отпадне воде; 4- из индустријских објеката

Тренутно највећи проблем који мора прво да се реши је стара инфраструктура која служи за канализациони одвод за комуналне и атмосферске отпадне воде. Проблем је што порастом броја становника повећава се количина отпадне воде, а стара инфраструктура не може да поднесе толико оптерећење. Комуналне и индустријске воде се сакупљају канализационом мрежом, док је обрада комуналне и индустријске отпадне воде могућа само након неопходне претходне обраде индустријских отпадних вода.

У Србији контрола испуштања отпадних вода није на задовољавајућем нивоу и још увек нормативи и стандарди контроле квалитета отпадних вода нису усклађени са стандардима ЕУ.

Србија тренутно има 37 постројења за пречишћење отпадних вода, укупни капацитет је 1000000 еквивалентних становника. Рад ових постројења не задовољава стандарде ЕУ.

3. Класификација отпадних вода

Отпадне воде су природне воде које су након употребе постале штетне по животну средину. Након употребе се њене физичке, хемијске или биолошке карактеристике толико мењају да та вода се не може употребити у исту сврху.

Без обзира где и како су настале отпадне (слика 3.) морају се пречистити, ако њихов квалитет не одговара законским нормативима [5].

Према настанку отпадне воде делимо на:

- Комуналне отпадне воде,
- Индустијске отпадне воде,
- Отпадне воде агро-комплекса,
- Атмосферске отпадне воде.



Слика 3. Настанак отпадних вода [6]

3.1. Комуналне отпадне воде

Комуналне отпадне воде настају у санитарним чворовима стамбених, јавних, индустријских и других објеката где живе и раде људи, који у физиолошком процесу продукују загађења у течном или чврстом облику. Слично је и са домаћим животињама које се узгајају на фармама и другим појединачним местима (Слика 4.).

У ове воде убрајају се отпадне воде од чишћења просторија, спремања хране, прања судова и веша, као и одржавање личне хигијене [4].



Слика 4. *Комуналне отпадне воде [7]*

Урбана насеља загађују воде преко својих канализационих излива који се директно уливају у реке, језера или мора. Комуналне отпадне воде могу да буду веома опасне, могу да изазову бактериолошку загађеност воде. Како ове воде настају из излучевина, умивања, купања и органских отпадака хране оне садрже велики број клица. Могу бити узрочник цревних, заразних вирусних, бактеријских и паразитских болести [7].

Загађења могу да потичу и од подземних вода, ако су оне загађене. Један од начина загађења подземних вода је ако је канализациони систем оштећен и тако оштећен испушта отпадну воду у подземну воду [7].

3.2. Индустијске отпадне воде

Индустијске отпадне воде настају у фабрикама и индустијским погонима након употребе воде у процесу производње, као и приликом прања апарата и уређаја (Слика 5.) [3].

Индустијске отпадне воде могу бити од различитих материја загађене, чак могу бити више стотина пута загађеније од комуналних отпадних вода. Ове воде морају се пре испуштања у канализацију и пре мешања са комуналним отпадним водама пречистити, зато што садрже материје које се у постројењима за пречишћење комуналних отпадних вода не могу уклонити. Такав третман се назива предтретман индустијских отпадних вода и обавља се у кругу фабрике [2].



Слика 5. Индустијске отпадне воде [8]

Индустијске отпадне воде могу се поделити у две групе:

- 1) Биолошки разградиве;
- 2) Биолошки неразградиве.

У биолошки разградиве отпадне воде највише спадају воде прехранбене индустрије, и ове отпадне воде је могуће мешати са комуналним отпадним водама без претходног третмана [9].

Биолошки неразградиве отпадне воде потребно је пре испуштања у канализацију пречистити. Пречишћавање се врши да би се из воде уклониле експлозивне, корозивне и запаљиве честице [9].

3.3. Отпадне воде агро-комплекса

Отпадне воде агро-комплекса јављају се услед неодговарајућег коришћења хемијских производа, који се неадекватно користе од стране пољопривредника, па на тај начин већа количина загађујућих материја доспевају у тло, површинске и подземне воде (слика 6.) [10].

Коришћење хемијских средства у пољопривреди је веома често заступљено, али је потребно користити их када је то неопходно и у одговарајућој концентрацији. Велико загађење водених токова нутријентима потиче са сточарских фарми, као и из кланичне индустрије. Проблем код фарми је тај што стајњак одлажу на природне депресије, земљане базене. Обично таква одлагања немају заштитни слој, па тако штетне материје лако продиру у подземне воде [10].

Фармери течни стајњак најчешће усмеравају у одводне канале, а затим у реке. Проблем је што усмерен течни стајњак није прошао ниједан процес обраде пре испуштања у реку. Ако се течни стајњак не испусти у реку онда се уз помоћ цистерни износи на њиве. На тај начин лако загађује подземне воде [10].



Слика 6. *Загађивање воде агро-комплексима [11]*

Повећана концентрација нутријента са сточних фарми у водотоковима изазива развој алги. Алге нису добре за подземне, а ни за површинске воде. Да би се спречило све веће загађење потребно је течни стајњак обрадити. Код течног стајњака након обраде добро је што се може искористити као био-гас, који не штети околини. Овим начином се доприноси већој заштити животне средине [10].

3.4. Атмосферске отпадне воде

Ове воде настају од падавина и отопљеног снега са улица. У атмосферске отпадне воде се убрајају и отпадне воде од прања уличних површина, тротоара и слично [4].

Квалитет ових вода доста зависи од интензитета и учесталости падавина, као и од одржавања јавне хигијене, од броја и интензитета саобраћаја, загађења атмосфере или од климатских утицаја.

Атмосферске отпадне воде су доста сличне по бактеријолошком саставу комуналним отпадним водана (Слика 7.) [10].



Слика 7. *Атмосферске отпадне воде* [9]

Са порастом степена урбанизације повећавају се и површине са којих треба одвести атмосферске вода [9].

Потребно је правилно испројектовати канализациони систем који ће поред комуналних отпадних вода одводити и атмосферске воде. Ово је веома битно због смањења ширења заразних болести, смањења нечистоћа на улицама и одвођење ових вода да не би долазило до поплава насеља [8].

4. Утицај отпадних вода на околину

Отпадна вода из урбаних средина садржи разне штетне састојке, који потичу из различитих извора. Велики проблем загађења стварају домаћинства и предузећа која нису прикључена на канализациони систем. На тај начин тешко је контролисати карактеристике отпадних вода које они испуштају, за разлику од домаћинстава и предузећа која су прикључена на канализациони систем. Посебан проблем представља неконтролисано испуштање непречишћених отпадних вода [12].

Према истраживању неких европских градова подаци показују да постоји висок степен неутврђених извора загађења тешких метала, који износе од 30-60% укупног садржаја који доспевају у постројење за пречишћавање отпадних вода. У Србији не постоји систем који нам може показати податке о квалитету комуналних и индустријских отпадних вода [12].

Непромишљено и неумерено коришћење воде може да узрокује низ непожељних последица за човека или природу. Кружење воде у природи, преко ланца исхране, разградивих или неразградивих материја који се акумулирају у живом организму, може довести до различитих акутних хроничних болести [13].

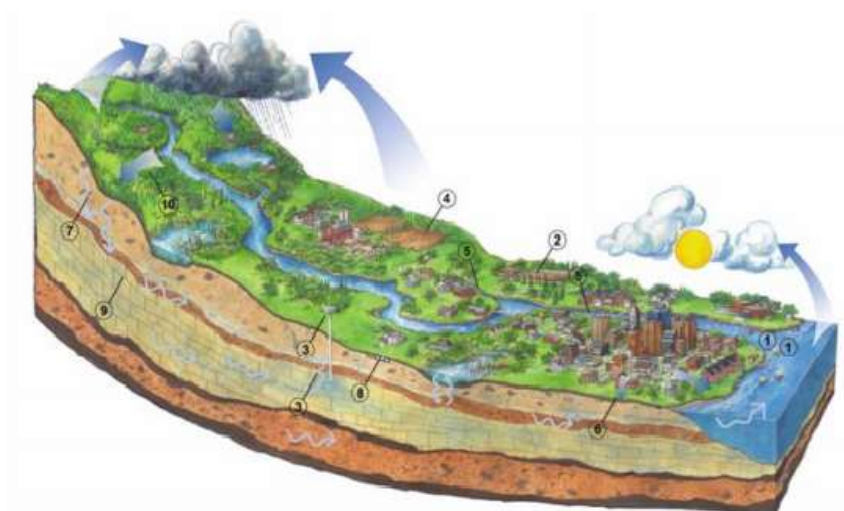
Због загађења воде може се рећи да су површинске воде много више угрожене. Речни слив, језера, мора и океани представљају посебне екосистеме, па је тако њихова угроженост од посебног значаја. Последице се огледају у: загађеној води, уништењу биоценозе, немогућност самопречишћавања, наталожености муља на дну корита (Слика 8.).

Да би се одржао живи свет у водама неопходна је природна равнотежа односа разних популација и заједница. Када се у води појаве загађене материје равнотежа се одмах ремети, тада долази до тога да микроорганизми који имају задатак да пречисте воду или се прекомерно развијају или буду уништени. Када дође до прекомерног развоја бактерија као последица долази до велике потрошње кисеоника, а то онемогућава живот другим воденим врстама. Ако дође до њиховог уништења онда се онемогућава обнова кисеоника. Најчешће загађујуће материје су: сумпорна једињења, жива, фосфати, нитрати и органска једињења [13].

У слатким водама су све присутнији органски микрозагађивачи. Они су штетни јер:

- 1) имају канцерогено, мутагено и општетоксично дејство при сталном уношењу у организам;
- 2) тешко их је одстранити из воде за пиће;
- 3) приликом хлорисања долази до мешања микрозагађивача, што може довести до стварања још опаснијих микрозагађивача од претходних;

- 4) Неки микрозагађивачи су токсични у речним екосистемима, па онемогућавају самопречишћење;
- 5) Преко акватичне биоценозе микрозагађивачи улазе у ланац исхране.



Слика 8. Најчешћи извори загађења и путеви миграције отпадних вода
 1-индустријске отпадне воде; 2- отпад; 3- миграција отпадних вода према бунару; 4- примена агротехничких хемијских средстава, 5- површински водоток; 6- миграција градских отпадних вода; 7- продирање отпадних вода у земљиште; 8- индустријски отпад; 9- подземне воде; 10- површинске отпадне воде [13]

Посебно се уочавају следећи проблеми: све је теже обезбедити довољне количине воде захтевног квалитета за кориснике, заштита од штетног деловања воде је све сложенија, опасност од загађења воде и уништења екосистема све је већа [13].

5. Заштита водених ресурса

Заштита воде од загађења врши се да би се омогућило нешкодљиво и несметано коришћење воде, заштите здравља људи, биљног и животињског света. Да би се омогућила адекватна заштита воде потребно је да се врше стална праћења квалитета воде [14].

Управљање водама представља скуп сложених активности које имају за циљ одржавање и побољшање квалитета воде. Заштита воде од нечистоћа обавезна је због очувања живота и здравља људи и животне околине. Циљ заштите воде од нечистоћа може се постићи само контролом и увођењем мера које се морају поштовати приликом враћања у природу. Највећи проблем у очувању водених ресурса је услед сталног загађења од хемијске, прехранбене, пољопривредне индустрије [13].

Саставни део планова за заштиту воде је категоризација воде. Категоризацијом се поједини водотоци и друге воде, разврставају у скупове, који морају задовољити одређене стандарде везане за квалитет воде. Класификација воде садржи пет група и свака група је представљена одређеном бојом и задовољава одређене стандарде (табела 1.) [13].

Табела 1. Класификација воде по групама

ГРУПА	БОЈА
I	ПЛАВА
II	ЗЕЛЕНА
III	ЖУТА
IV	ЦРВЕНА
V	ЦРНА

Подаци о изворима загађених вода, системима за одвод отпадних вода уносе се у катастар заштите животне средине. Податке о водотоковима, отпадним водама, извориштима и водним грађевинама треба водити у једном целовитом систему ове документације. То би био најбољи начин систематизације водне документације, чиме би се омогућило њихово коришћење, допуњавање, ажурирање и ширење података.

Према међународним прописима параметри за класификацију вода сврставају се у два скупа:

- 1) Први скуп параметра: обавезни параметри за оцену опште еколошке функције вода.
- 2) Други скуп параметра: параметри који се испитују по посебним програмима садржаним у плановима за заштиту вода и циљаним програмима

испитивањима квалитета вода, заједно са обавезним параметрима који служе за ширу оцену опште еколошке функције вода и утврђења услова коришћења вода за одређене намене (табела 2.).

Табела 2. Градијент квалитета воде

Скуп	Параметри	Карактеристике	Врсте
I Обавезни параметри	A	физичко-хемијске	pH, алкалитет, проводљивости
	B	режим кисеоника	отопљен, засићен, хемијска потрошња, биолошка потрошња
	C	хранљиве супстанце	амонијак, нитрити, нитрати, фосфор
	D	микробиолошки	број колиформних бактерија, број фекалних колиформа, број аеробних бактерија
	E	биолошки	индекс сапробности, биотички индекс, ступањ трофије
II Испитива-ни параметри	F	метали	бакар, цинк, хром, никл, олово, жива
	G	органски спојеви	минерална уља, феноли, бифенили, линдан
	H	радионуклеиди	јод-131, цезијум, стронцијум

Све врсте вода имају одређене карактеристике, које представљају која је врста воде и да ли је потребно пречишћавање (табела 3) [13].

Табела 3. Врсте и карактеристике воде

Група	Врста	Карактеристике
I	Подземне и површинске воде	За пиће
II	Сирова вода	За купање и припрему хране
III	Индустријска вода	За индустрију и пољопривреду
IV	Техничка вода	Обавезно пречишћавање
V	Не употребљиве воде	Не задовољава услове коришћења

6. Третман отпадних вода

Карактеристика вода је процес самопречишћавања и представља процес природне регенерације. Самопречишћавање вода представља физичке и хемијске процесе који се одвијају под утицајем организама који разлажу органске компоненте [13].

Значајни утицај на самопречишћавање вода имају аеробне бактерије које разграђују органске компоненте уз потрошњу кисеоника. Активност аеробних бактерија зависи од: температуре воде, присутности токсичних компоненти у води, присуства кисеоника, од струјања воде, процеса фотосинтезе.

Главне загађујуће компоненте отпадних вода су суспендоване материје. Количина се одређује филтрирањем или центрифугирањем и то као:

- Сув остатак (показатељ садржаја минералних компоненти у отпадној води);
- Колиформне бактерије (број бактерија/литру отпадне воде);
- Токсичне компоненте (штетно делују по човека).

Поред самопречишћавања вода могуће је воде и техничким путем пречистити. Потребно је воде пре испуштања у реципијент пречистити и то неким од поступака (слика 9.).

- Механички;
- Топлотни;
- Хемијски;
- Биолошки.

Процес пречишћавања комуналних вода се може поделити на више целина:

- Предтретман;
- Процес флотације;
- Примарно таложење;
- Биолошка третман;
- Секундарно таложење;
- Филтрирање.

Када дође до нагле промене протока отпадних вода нарушава се рад таложника и филтера, а када дође до промене састава воде нарушава се рад уређаја за оксидацију и неутрализацију. Мешање воде омогућава промену брзине струјања воде при пролазу кроз конусни део мешача [13].



Слика 9. *Постројење за пречишћавање отпадне воде [15]*

За смањење загађујућих компоненти у отпадним водама користе се вештачка језера и специјални резервоари. Осредњавање се постиже принудним мешањем отпадних вода, при чему се користи механичко мешање. Поступак таложења представља издвајање нерастворених таложних примаса, лебдећих честица, уља из отпадне воде. Таложење може да буде међу почетним процесима пречишћења или као завршни поступак. За потребе константног нивоа таложења неопходно је да се таложници снабдеју угушћивачима [13].

7. Карактеристике отпадних вода

Карактеристике отпадних вода можемо поделити на [1]:

- 1) Физичке карактеристике;
- 2) Хемијске карактеристике;
- 3) Биолошке карактеристике.

Физички, хемијски и биолошки састав отпадних вода зависи од многих фактора, као што су потрошња воде по особи у домаћинству, топографских и географских услова канализационог система, типа индустријских отпадних вода, као и осталих вода које неконтролисано улазе у канализациони систем [16].

7.1. Физичке карактеристике

Најзначајније физичке карактеристике отпадних вода су:

- Сува материја;
- Боја;
- Мирис;
- Температура воде.

Поред већ наведених физичких карактеристика значајни су и параметри као што су: мутноћа, укус, електропроводљивост и садржај флотирајућих материја [1].

7.1.1. Сува материја

Сува материја представља укупан садржај чврсте материје у узорку воде, било да је присутна у течном, чврстом или гасовитом облику. Дефинише се као остатак након сушења узорка на температури од 103-105°C, при чему на овај начин нису обухваћени састојци са ниском тачком кључања [17].

Сува материја има своје фракције: суспендоване материје, таложене материја, губитак жарењем и жарени остатак [17] [1].

Суспендоване материје овај процес представља филтрацију преко мембране одговарајућег пречника пора. Сува материја се одређује тако да се одређена запремина узорка воде филтрира кроз мембрану одређене порозности ($d=0.45\mu\text{m}$), при чему се сува материја раздваја на суспендоване честице са пречницима од око 1 μm и већим и филтрат који чине колоидне честице и раствор. Остатак на мембрани се суши на 103-105°C до константне масе.

Таложeње материје врши се под дејством силе гравитације у току одређеног временског периода. Колоидне честице, пречника су од 10^{-3} μm до 1 μm не могу се уклонити из воде само таложeњем, већ се морају применити сложенији поступци, као што је биолошка оксидација, а затим таложeње.

Жарење је поступак који се примењује након таложeња честица. Овај процес се обавља на одређени временски период (1 сат) на температури од $550 \pm 50^\circ\text{C}$, након чега се уклањају органске и мали део неорганске суве материје. Остаци суве материје након жарења назива се „пепео“ [17] [1].

7.1.2. Боја

Боја представља оптичко својство воде. Боја може да зависи од различитих присутних примеса (растворене соли гвожђа, хуминских и фулво киселина) [18].

На основу боје може се грубо проценити стање отпадне воде (слика 10.). Отпадне воде које су „свеже“ обично су сиве боје, док отпадне воде које су „одлежале“ боја је скоро црна [1].



Слика 10. Боја отпадних вода [19]

7.1.3. Мирис

Мирис природне воде потиче од растворених соли, гасова и органских једињења насталих процесом животне активности водених организама [18].

Природни мирис (мирис трулежи) настаје приликом разградње органских материја или услед животне активности водених организама.

Вештачки мириси (мирис фенола) јављају се услед антропогеног загађења воде.

Мирис се одређује органолептички, тако што тим стручњака врши експерименте на собној температури и на 40°C, а дефинише се описно. Тачније, дају се описне оцене од 0 до 5 (табела 4) [18].

Табела 4. *Оцене мириса отпадне воде*

Бал	Јачина мириса	Опис одређивања
0	Нема	Одсуство мириса. Не може да се опази.
1	Врло слаба	Мирис може да утврди посебно оспособљено лице.
2	Слаба	Мирис не скреће пажњу корисника воде. Али може да се примети ако се на њега укаже.
3	Приметна	Мирис се лако установи и изазива колебање према коришћењу воде.
4	Знатна	Мирис који се одмах осети и изазива пажњу, а воду чини непогодном за пиће.
5	Врло јака	Мирис је толико јак да чини воду непогодном за пиће.

7.1.4. Температура

Температура воде је значајна карактеристика јер утиче на биосветводотокова у којима се испуштају загрејане, отпадне воде, а на вишим температурама растворљивост кисеоника у води се смањује [1].

7.2. Хемијске карактеристике

У зависности од порекла отпадних вода, нарочито када је реч о индустријским отпадним водама, могу да буду и неке друге хемијске карактеристике веома битне, као што су тешки метали, токсична органска јединице, површински активне материје.

Неке од основних хемијских карактеристика су:

- Органске материје;
- Биохемијска потрошња кисеоника;
- Хемијски потребна количина кисеоника;
- Укупни органски угљеник;
- Протеини, угљени хидрати, уља и масти;
- Специфична органска јединице;
- Неорганске материје;
- Азот, фосфор, сумпор;
- рН, алкалитет, киселост;
- Тешки метали токсичне супстанце.

7.2.1. Органске материје

Појава органских материја у води је последица антропогених и/или природних процеса. Органске материје су велика група једињења која се састоје од С и Н, а многе садрже О, N, S, P и друге елементе [2].

Постоје две класе органских материја које могу утицати на водене екосистеме:

- 1) Јединствене;
- 2) Нејединствене (рефлектујуће).

Супстанце са молекулима јединствених особина имају одређену боју, тачку топљења, кључања, растворљивости. Многе могу да буду хранљиве или токсичне.

Рефлектујуће супстанце немају дефинисану структурну формулу, боја им варира од светло жуте до тамно браон [20].

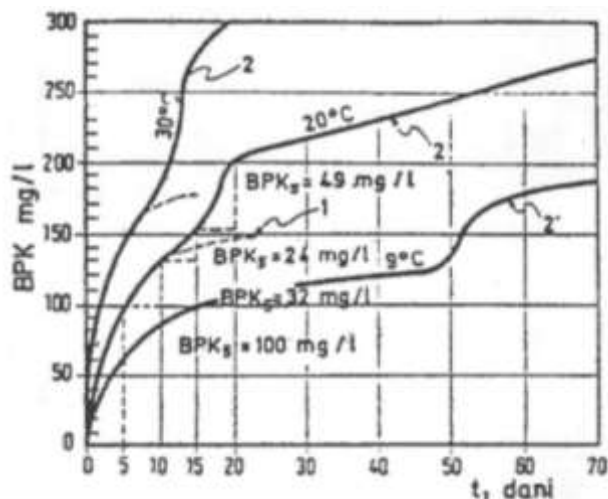
7.2.2. Биохемијска потрошња кисеоника (ВРК)

Биолошка потрошња кисеоника је количина кисеоника која је потребна да се изврши биолошка окисадција присутних биолошки разградљивих састојака воде. ВРК представља количину кисеоника коју потроше микроорганизми при природном аеробном самопречишћавању воде [20].

Лабораторијски поступак одређења ВРК састоји се у дефинисању биохемијске потрошње кисеоника O_2 за разградњу органских компонената у отпадним водама помоћу хетеротрофних микроорганизама, у датом временском периоду. Приликом испитивања користе се прилагођене бактеријске основе. Мешавина не сме да садржи токсичне компоненте. Најчешће се одређује ВРК₅, који показује потрошњу кисеоника у првих пет дана. Вредност ВРК₅ износи око 70-80% од ВРК. Да би се одредио ВРК неопходно је знати потрошњу кисеоника за трансформацију угљеника и азота [1].

Утицај ових организама је незнатан првих неколико дана, ако број организама није велики и ако им је раст успорен. Прва фаза у којој долази до оксидације угљеника CO_2 и водоника до воде траје релативно кратко време, од 7 до 10 дана. Друга фаза у којој азот оксидира до нитрита, а затим до нитрата, траје знатно дуже време.

Присутност биолошки неразградљивих материја у отпадној води манифестује се већом вредношћу НРК у односу на ВРК. Порастом температуре воде расте и потрошња кисеоника (слика 11.). ВРК изражава се у mg/l , mg/m^3 , $g/(cm \cdot dan)$, g/dan [1].

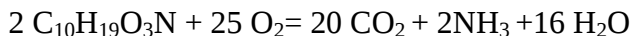


Слика11. Биохемијска потрошња кисеоника у зависности од времена при различитим температурама 1- прва фаза; 2- друга фаза [1]

7.2.3. Хемијски потребна количина кисеоника (НРК)

Хемијски потребна количина кисеоника је потребна количина кисеоника за оксидацију органских компонената и неорганских соли и представља показатељ загађености отпадних вода. Хемијска потрошња кисеоника најчешће изражава потрошњу O_2 у mg/l [21].

Лабораторијско одређивање НРК ради се биохемијском оксидације у јако киселом раствору. Измерене вредности су обично мање од теоријских. Када је познат хемијски састав органских компоненти теоријски потребна количина кисеоника може се одредити уз помоћ стехиометријских једначина. НРК може се одредити на основи реакције потпуне оксидације $C_{10}H_{19}O_3N$:



Хемијска потребна количина кисеоника се рачуна као:

$$НРК = c \cdot mO_2, \left[\frac{kg}{m^3 OV} \right] [21]$$

7.2.4. Укупан органски угљеник (ТОС)

Укупан органски угљеник је мера садржаја органски везаног угљеника у отпадној води. Одређује се мерењем CO_2 насталог оксидацијом органског угљеника. Одређивање укупног органског угљеника не зависи од степена оксидисаности органских материја, па

се њима не обухватају други органски везани елементи, као што су азот и водоник, нека неорганска једињења реагују приликом одређивања потрошње кисеоника мереног преко ВРК и НРК [1].

Може се рећи да је ТОС бољи показатељ садржаја органских материја у отпадној води од ВРК и НРК. Пошто ТОС не даје исте податке као ВРК и НРК користе се све подаци [1].

7.2.5. Протеини, угљени хидрати, уља и масти

Отпадне воде сем што су загађене органским материјама, могу бити загађене и неким од најважнијих група органских једињења: протеина, угљених хидрата, уља и масти. Ова органска једињења могу значајно да утичу на екосистем и на различито понашање приликом пречишћавања [1].

Протеини су најважнији извор азота у водотоковима, а у процесу разградње често настају веома непријатни мириси. Угљени хидрати су карактеристични зато што се у води брзо разграђују и имају веома различиту биоразградивост, док су уља и масти тешко биоразградива. Уља на површини водотокова стварају површински слој који отежава унос кисеоника и тако угрожава живи свет у води [1].

7.2.6. Специфична органска једињења

У зависности од порекла отпадних вода, могу да садрже различита органска једињења, од којих су површински активне материје, пестициди и феноли. Многе од загађујућих супстанци су споро биолошки разградиве, а неке чак и неразградиве, често су и веома токсичне, тешко их је уклонити поступцима пречишћавања, а тако загађење имају штетни утицај на животну средину [1].

Површинске активне материје које у највећој мери садрже детергент и изазивају пењење на површини водотока отежавајући унос кисеоника и пречишћавање воде. Пестициди и хербициди доспевају у реципијенте спирањем са пољопривредних површина. Феноли негативно утичу на употребну вредност воде реципијента, а ако се те воде хлоришу, онда настају хлорфеноли који су веома непријатног мириса [1].

7.2.7. Неорганске материје

Садржај неорганских материја у отпадним водама је толико ретко да би се захтевало њихово генерално уклањање, али зато поједине неорганске материје негативно утичу на реципијенте и морају се уклањати пречишћавањем [1].

7.2.8. Азот, фосфор, сумпор

Азот и фосфор спадају спадају у најважније биогене елементе. Азот се налази у најразличитијим облицима у отпадним водама. Може бити:

- Органски;
- Амонијачни;
- Нитратни;
- Нитритни азот.

Сумпор се из сулфата којих има веома чест у већим концентрацијама у појединим отпадним водама, редукује у анаеробним условима до водоник-сулфида који је непријатног мириса и веома токсичан [1].

7.2.9. рН, алкалитет, киселост

рН вредност је веома битна у отпадним водама. Ако је рН вредност већа или мања, свакако ће отежати биолошко пречишћавање отпадних вода и негативно ће утицати на живи свет у реципијенту.

Садржај алкалија/киселина је квантитативни показатељ, неопходан у процесима хемијске обраде воде [1].

7.2.10. Тешки метали, токсичне супстанце

Тешким металима су највише загађене индустријске отпадне воде. У зависности од индустријских погона зависи и од чега је отпадна вода загађена. Токсичне супстанце које могу да се нађу у индустријским отпадним водама су: хлорована органска једињења, цијаниди, итд. Отпадне воде које су загађене на овај начин пре процеса пречишћавања морају да се добро испитују да би се тачно знало на који начин треба извршити пречишћавање [1].

7.3. Биолошке карактеристике

Отпадне воде имају веома сложену биологију. Потребно је пре и после пречишћавања познавати биолошке карактеристике отпадних вода.

Поступци испитивања биолошких карактеристика отпадних вода могу бити:

- 1) Микробиолошка испитивања;
- 2) Биолошка испитивања.

7.3.1. Микробиолошка испитивања

Да би се знао тачан санитарни квалитет воде, неопходно је знати у ком броју има индикаторских микроорганизама у води. У првом реду се то односи на патогене микроорганизме, изазиваче тешких заразних болести [1].

7.3.2. Биолошка испитивања

Биолошка испитивања се користе да би се утврдила токсичност отпадне воде на биосвет водотокова. На основу ових испитивања може се утврдити и учинак појединих поступака пречишћавања. За биолошке тестове користе се одређене групе организама: алге, рибе, планктони, итд [1].

8. Главни поступци пречишћавања отпадних вода

Пречишћавање отпадних вода представља смањење или елиминацију негативних утицаја отпадних вода на реципијенте и животну средину. Да би се отпадна вода пречистила неопходно је применити различите физичке, хемијске и биошке поступке. Ови поступци се обављају у посебно изграђеним и само за то намењеним базенима-реакторима [1].

Не постоји једноставан систем за пречишћавање отпадних вода. Свака отпадна вода има посебне карактеристике, а то се посебно односи на индустријске отпадне воде [21].

За обраду отпадних вода користе се следећи поступци [21]:

- 1) Механичка претходна обрада;
- 2) Физичко-хемијска обрада;
- 3) Биолошка обрада.

Степен пречишћавања отпадних вода регулише се административним мерама која прописује свака држава. Постоје два основна прописа [1]:

- 1) Стандард за реципијенте који се примењује код нас: потребан степен пречишћавања се одређује на основу захтевног квалитета водотока у који се излива отпадна вода. Математичким анализама се може одредити квалитет воде у водотоку, низводно од постројења (након мешања водотока са пречишћеном отпадном водом) у зависности од степена пречишћавања отпадне воде.
- 2) Стандард за ефлуенте који се примењује у ЕУ: потребан степен пречишћавања се одређује на основу захтеваног квалитета пречишћене воде. Европска унија је прописала да је за испуштање отпадних вода у нормалне водопријемнике потребно минимално извршити секундарно пречишћавање. Пречишћавање треба да задовољи стандардне вредности за одређене параметре (табела 5).

За делимично пречишћавање воде некада је и довољан сам процес физичке прераде. Када се тражи висок степен пречишћавања воде, тада се примењује терцијарна прерада. Овакав начин прераде подразумева одстрањивање фосфора, азота, активних материја и хлорисање [1].

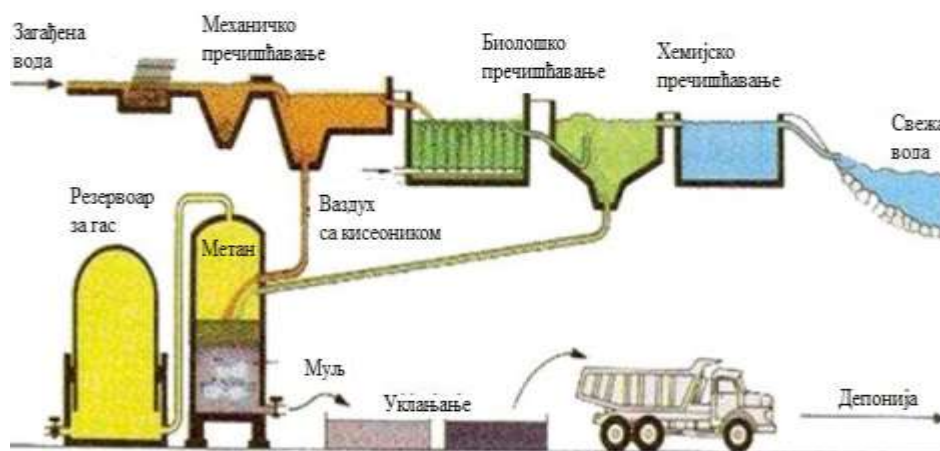
Табела 5. *Захтеви за изливе градских постројења за пречишћавање отпадне воде према нормама ЕУ*

Параметар	Концентрација	Најмањи проценат смањења*
Биохемијска потрошња кисеоника без нитрификације (ВРК ₅)	25 mg/l O ₂	70-90 %
Хемијска потрошња кисеоника (НРК)	125 mg/l O ₂	75%
Укупне суспендоване материје	35 mg/l 35 mg/l** (више од 10,000 ЕС) 60 mg/l** (од 2,000 до 10,000 ЕС)	90% 90%** (више од 10,000 ЕС) 75%** (од 2,000 до 10,000 ЕС)

*смањење у односу на оптерећење отпадне воде

**на планинама вишим од 1.500 m надморске висине ако нема штетних ефеката по околину

На сваком од уређаја за пречишћавање инсталирају се две технолошке линије: линија воде и линија муља (слика 12.). Сваки процес има одређену сврху за пречишћавање отпадне воде. Може се десити и да се у једном објекту истовремено одвија више процеса [22].



Слика 12. *Шеме уређаја за пречишћавање отпадне воде [22]*

Избор уређаја у постројењу зависи од захтева степена пречишћавања отпадне воде. За сваки степен пречишћавања користе се одређени објекти и опрема, као и додатна опрема која мора осигурати да ће се отпад настао након третмана отпадне воде одвести на депонију или већ унапред одређено место за то [22].

8.1. Механички поступци третмана отпадних вода

Механичким третманом уклањају се: грубе примесе, инертан материјал и један део биолошких разградљивих састојака из отпадне воде [21].

Механичке поступке пречишћавања отпадних вода називамо и претходна обрада и процеси примарног пречишћавања, а представљају и део појединих фаза процеса секундарног и терцијалног третмана отпадних вода. Који ће се од поступака применити зависи од порекла и карактеристика отпадне воде (слика 13.), као и од жељеног степена пречишћавања воде (слика 14.) [1].

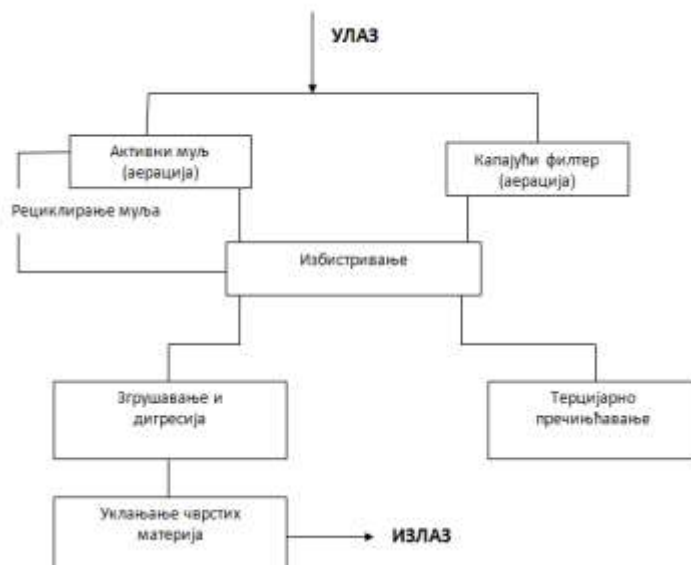


Слика 13. Упростијена шема примарног пречишћавања отпадних вода [1]

Да би се све нечистоће из отпадних вода уклониле користе се:

- Решетке;
- Сита;
- Таложење;
- Флотација;
- Филтрирање;
- Центрифугирање;
- Таложници за песак;
- Хватачи масти;
- Примарни таложници;
- Базени за изједначавање протока и састава отпадне воде.

У склопу овог дела постројења користе се и уређаји за аерацију отпадне воде, којима се постиже боље издвајање масти, уља и издвајање инертних честица. Ово се постиже уносом одређене количине кисеоника у воду и десорпцијом неких гасова из вода [1].



Слика 14. Упроишћена шема секундарног пречишћавања отпадних вода [1]

Принцип рада ових уређаја у многоме се заснива на различитим специфичним тежинама суспендованих честица и воде. Пре него што вода уђе у неки од ових уређаја неопходно је уклонити пливајуће макроматерије, а то се постиже уз помоћ грубих или финих решетки. Флотатори имају задатак да одвајају лакше материје од воде, као што су уља и масти.

Механичко пречишћавање се примењује за:

- Претходно пречишћавање отпадних вода на постројењу;
- Делимично пречишћавање кишнице;
- Претходно пречишћавање индустријских отпадних вода пре испуштања у градску канализацију.

8.1.1. Решетке

Решетке за третман отпадних вода се користе за механичко пречишћавање како комуналних, тако и индустријских отпадних вода. Уређаји који се користе у овом процесу намењени су за примарни третман отпадних вода и имају функцију уклањања чврстих материја из отпадне воде као што су: дрво, гума, лишће, папир, итд [23].

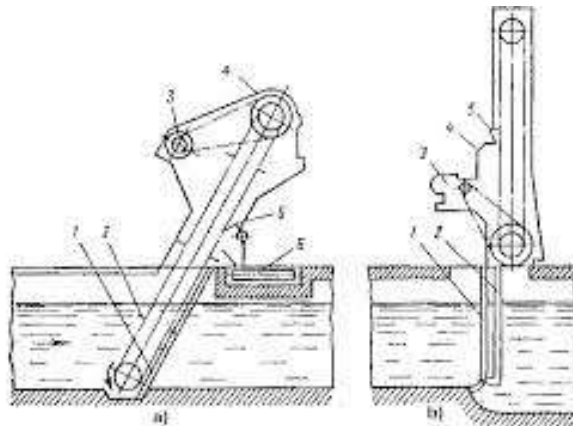
Решетке преграђују доводни канал и постављају се вертикално или под нагибом од 40-70°. Изграђују се од челичних шипки, правоугаоног или кружног попречног пресека које се постављају у канал на једнаком међусобном размаку са величином отвора од 3 до 100 mm [21].

У односу на величину отвора решетке се деле на:

- Грубе решетке (ширина отвора од 50 до 100 mm);
- Средње фине решетке (ширина отвора од 10 до 25 mm);
- Фине решетке (ширина отвора од 3 до 10 mm).

У односу на конструкциона решења решетке могу бити:

- Косе и вертикалне (слика 15.);
- Покретне и непокретне;
- Са ручним или механичким чишћењем;
- Са дробљењем наноса.



Слика 15. Решетке

а) косе и б) вертикалне решетке:

1-решетка; 2- ланац; 3,4- погонски механизам; 5- грабуље; 6- транспортна трака [17]

8.1.2. Песколов (хватач песка)

Песколови служе за одвајање шљунка, песка, земље, шљаке, минералних честица из воде. Овај процес је неопходан зато што песак може довести до хабања покретних делова уређаја за пречишћавање отпадне воде која ствара наслаге и талогe који се тешко чисте у цевоводима и каналима у биолошким реакторима, тачније на свим местима где је кретање воде споро [1].

У зависности од тога на који начин се регулише ток отпадне воде хватачи песка се деле на [21]:

- 1) Проточне;
- 2) Таложне;
- 3) Аерисане коморе.

Проточне коморе погодне су за коришћење мањих капацитета. Канали имају регулисану брзину тока отпадне воде на око 0.3 m/s. Исталожени материјал може да се уклони ручно, што се ређе користи, или механичким уређајима. Постоје препоручене вредности које се користе приликом димензионисања песколова (табела 6.).

Табела 6. Препоручене вредности за димензионисање песколова са хоризонталним током

	Вредност	
	опсег	типична
Време задржавања воде (s)	45-90	60
Хоризонтална брзина тока (m/s)	0.25-0.40	0.3
Брзина тоњења зрна песка (m/min)		
d=0.21 mm ^{a)}	1.0-1.3	1.15
d=0.15 mm ^{a)}	0.6-0.9	0.75
Повећање дужине песколова због турбуленције на улазу и излазу	2 h ^{b)} – 0.5 L ^{c)}	

^{a)} за специфичну тежину зрна од 2.650 kg/m³

^{b)} h- максимална дубина воде у песколову

^{c)} дужина песколова према теорији идеалног таложења

Таложне коморе постављају се у главни канализациони вод. Ово је таложник са краткотрајним задржавањем отпадне воде око 3-5 минута.

Аерисане коморе имају задатак да издвајају инертни талог. Аерисане коморе немају механичке уређаје [24].

8.1.3. Хватачи масти и уља

Из отпадних вода најтеже је уклонити материје које су лакше од воде, као што су: масти, уља, комадићи сапуна, комадићи дрвета. Материјал лакши од воде могуће је уклонити тако што се успорава ток воде и онемогућава се њихово испливање на површину са које се уклањају на адекватан начин [1].

8.1.4. Таложници

Таложење је основни поступак издвајања нерастворивих таложних или пливајућих механичких примаса из отпадних вода. Таложење може бити претходна и завршна етапа пречишћавања вода.

Деле се на:

- 1) Хоризонталне таложнике који се примењују за протоке отпадне воде до 20,000 m³/dan;
- 2) Вертикалне таложнике примењују се за протоке отпадне воде до 10,000 m³/dan;
- 3) Радијалне таложнике: користе се за капацитете преко 20,000 m³/dan, а раде на истом принципу као и хоризонтални.

Да би се таложници димензионисали потребни су подаци о: протоку отпадне воде, концентрацији нерастворивих компонената, густини и мешавини воде и талога, кинетици таложења.

Недостатак код радијалних и хоризонталних таложника је тај што је изражено струјање отпадне воде, што изазива допунске отпоре које спречавају таложење чврстих честица, а самим тим смањују и ефикасност рада таложника. Још један од недостатака хоризонталних таложника је одвођење муља из њих. Из тог разлога користе се вертикални таложници.

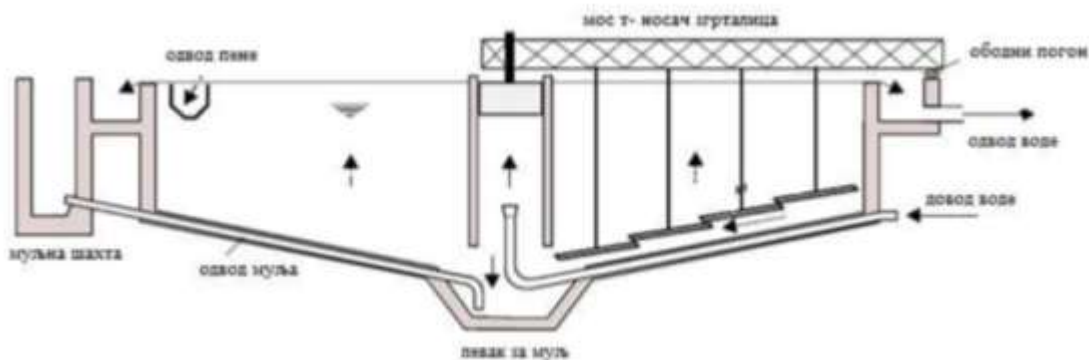
8.1.4.1. Примарни таложници

Примарни таложници примењују се у свим технолошким линијама пречишћавање отпадне воде (слика 16.). У овим објектима могуће је одстранити 50-70% суспендованих материја [22].

Примарни таложници праве се од бетона, и могу се поделити у зависности од облика на:

- Правоугаони;
- Кружни;
- Вертикални.

Отпадна вода се уводи кроз централну, улазну зону која обезбеђује равномерну расподелу и радијални ток флуида. Преливни канали налазе се по ободу таложника и омогућавају уједначено уклањање избистрене воде из базена. Пена која се ствара на површини воде механички се сакупља и посебним каналом одводи у шахт. Муљ који настане гребачима повлачи се са дна у централну комору одакле се уз помоћ пумпе пребацује у прихватни шахт и одвози на линију третмана муља [1].



Слика 16. *Примарни таложник* [21]

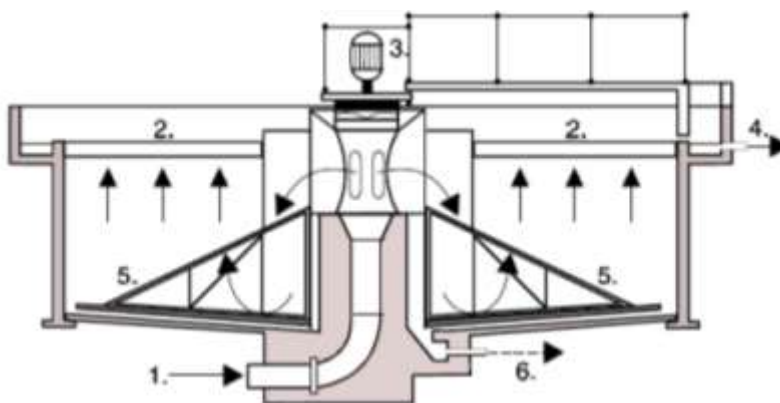
Кључни елементи за успешно функционисање таложника су повремена евакуација исталоженог муља, конфигурација муљних пумпи, природа и густина муља.

Запремина насталог муља након таложења зависи од карактеристике отпадне воде, трајања таложења, степена пречишћавања, карактеристика суспендованих честица, дубине таложника, примарног начина уклањања муља и времена задржавања муља у таложнику [1].

8.1.4.2. Секундарни таложници

Накнадне таложнице су пратећи уређаји у биоаерационим базенима у оквиру биолошких поступака. Ови таложници врше уклањање активног муља из процеса после биоаерационих базена, биолошких филтера, или ротационих биодискова.

Најчешће се примењују кружне бетонске таложнице (слика 17.), са пречницима од 3 до 60 m, а највише од 10 до 30 m. Пречник кружне таложнице не сме бити веће од пет дубина воде.

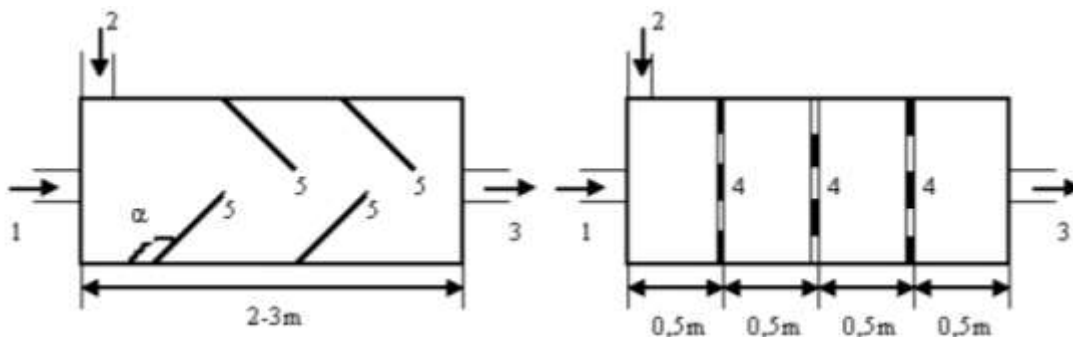


Слика 17. *Секундарни таложник: 1-довод воде; 2-преливно корито; 3- погонски мотор; 4-одвод избистрене воде; 5-зграталица за муљ; 6-одвод муља* [21]

Да би се талог након третмана избацио из таложника користи се централна муљна пумпа, ка којој се муљ усмерава помоћу радијалних згртача који споро ротирају.

8.1.5. Мешачи

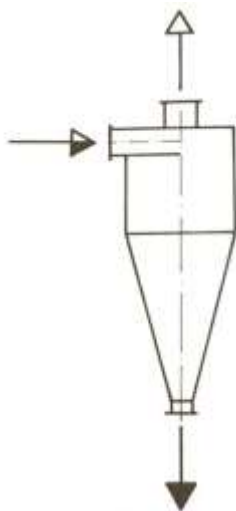
Када дође до промене састава отпадних вода нарушава се рад уређаја за оксидацију и неутрализацију. Уређаји који се користе у пракси при третману отпадних вода су мешачи са непотпуним преградама и преградама са одводом (слика 18.).



Слика 18. Мешачи са преградама: 1- цев за довод ваздуха; 2- цевовод за реагенс; 3- цевовод за одвод воде; 4-преграда са отворима; 5- преграда за усмеравање струје [1]

Преграде које служе за усмеравање струје постављају се под углом од $45-135^\circ$ у односу на смер кретања воде. Угао од 135° даје веома добро мешање воде уз повећан пад притиска. Боље мешање се постиже што већом брзином воде у сужењу, али већи је пад притиска. Када није могуће применити мешаче са преградама онда се користите гравитациони мешачи.

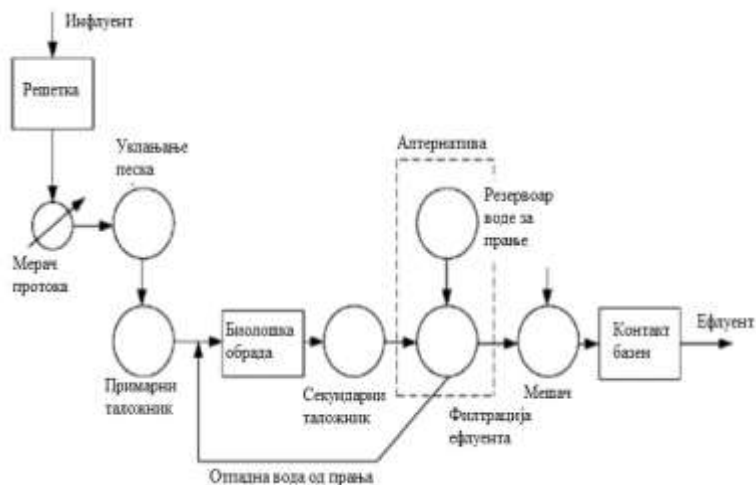
Гравитациони мешач је конусни део, на самом уласку у тај део брзина струјања воде је 1 m/s, док је у цилиндричном делу брзина струјања воде мања и износи 0,03 m/s (слика 19.). Колико ће дуго вода бити у мешачу зависи од реагенса и креће се у границама од 1 до 2.5 минута. Висина цилиндричног дела изнад воде је од 0.1 до 0.15 m. Пад притиска у гравитационим мешачима углавном износи од 2,000 до 3,000 Pa.



Слика 19. Гравитациони мешач [25]

8.2. Биолошки процеси пречишћења отпадних вода

Биолошко пречишћавање отпадних вода представља уклањање растворених органских материја и наталожених колоидних честица. Биолошка обрада отпадне воде одвија се као секундарно пречишћавање, после примарног третмана (слика 20.) [26].



Слика 20. Блок шема биолошке обраде отпадних вода [26]

Код биолошког пречишћавања отпадних вода у односу на друге индустријске биотехнолошке поступке разликују се:

- Микроорганизми који настају из природне средине, њихов раст и развој се не одвија у оптималним физиолошким условима;
- Концентрација супстрата је обично ниска;
- Циљ процеса је разградња органских материја.

Биолошко пречишћавања примењује се за:

- Уклањање органских материја;
- Уклањање азота помоћу поступака нитрификације и денитрификације;
- Разградњу примарног муља из процеса биолошке обраде отпадних вода;
- Разградњу секундарног муља из процеса биолошке обраде отпадних вода поступком стабилизације муља или дигестије.

Ови поступци могу да се одвијају уз помоћ аеробних или анаеробних микроорганизама. Разлика је у путевима биолошке оксидације органских материја.

Аеробни процеси пречишћавања користе се за обраду воде са малом и средњом концентрацијом органских материја. Када се пречишћавају отпадне воде више се користе аеробни процеси, а они се могу одвијати на два начина:

- 1) Са активним муљем (са суспендованом микрофлором);
- 2) Биолошка филтрација (са имобилисаном микрофлором на инертном носачу).

Аеробни поступци са суспендованом микрофлором деле се на:

- Поступак са активним муљем у биоаерационом базену;
- Поступак аерисаним лагунама (биолошким лагунама);
- Поступак у плитким језерима (биолошким вештачким језерима).

Основни поступци са активним муљем који се одвијају у биоаерационим базенима су највише у примени.

Када се врши аеробно биолошко пречишћавање потребно је обезбедити довољну количину кисеоника, и остварити велику површину контакта вода-ваздух. Лагуне и плитки базени имају велику површину и на тај начин је обезбеђено уношење кисеоника.

Код базена који користе активни муљ уношење кисеоника врши се удувавање ваздуха или мешањем помоћу механичких аератора, и на тај начин се повећава површина контакта.

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

Биофилтери су уређаји код којих су мироорганизми, који учествују у процесу биоразградње органских материја, везани за површину неког чврстог материјала, чинећи на њему танки слој у виду биофилма. Биофилтери треба да буду направљени тако да омогућавају одстрањивање органских материја из воде.

Као носачи бактерија користе се кречњак, дрво и пластика. Материјал који се користи мора обезбедити добро везивање бактерија на његову површину, а ако није тако, може доћи до испирања бактерија са водом, односно до смањења или онемогућавања рада биофилтера. Биофилтери могу бити различитог облика и различитог састава, обично се изграђују стационирани биофилтери са више фаза.

Према конструкцији биофилтери могу бити:

- Са испуном од грубог зрнастог материјала, који се називају капајући или прокапни филтери (камен, угаљ, шљака);
- Са површинама у облику дискова који ротирају (биодискови, ротациони биолошки контактни).

Биофилтере можемо поделити у две групе на основу принципа рада:

- Статични биофилтери (код којих не долази до кретања филтерског материјала);
- Покретни биофилтери (филтерски слој може бити у флудизираној фази).

Да би биофилтери имали непрекоран рад важно је обезбедити довољну количину кисеоника. Количина која је потребна мора бити већа од стехиометријске потребне заоксидацију органских материја. Осим тога потребно је и пратити раст биомасе на биофилму и њено одстрањивање како не би дошло до одређених проблема у раду [26].

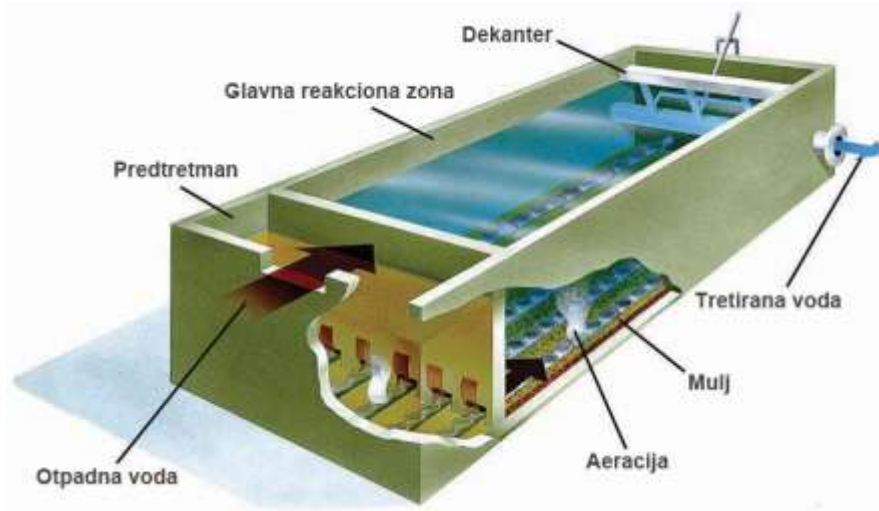
8.2.1. Аеробни процеси пречишћавања отпадних вода

8.2.1.1. Процес са активним муљем

Овај процес пречишћавања данас представља најраспросрањенији биолошки поступак за пречишћавање отпадних вода. Први пут је примењен у Хјустону 1916. године. Касније почела је примена у Енглеској, а потром у целом свету [21].

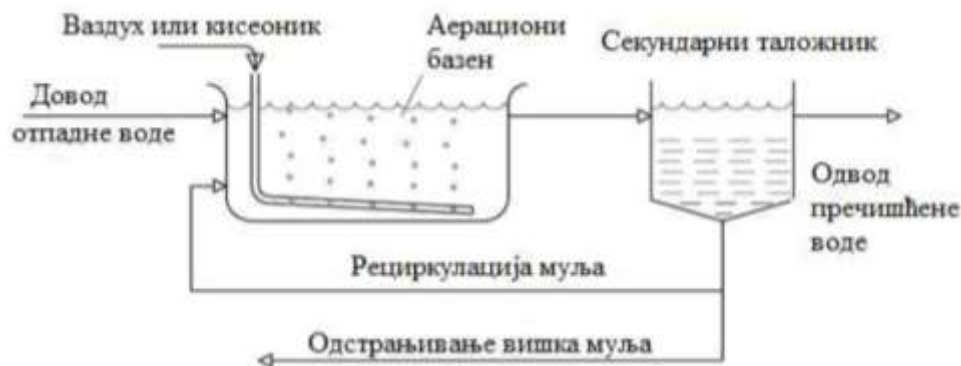
Први систем аеробне обраде воде били су такозана биолошка вештачка језера. Данас се овакви сиситеми користе у областима са умереном климом, а услов је да земљиште није сувише суво [21].

Технолошки процес укључује примарни третман отпадне воде, затим процес аерације у биоаерационим базенима (слика 21.) и на тај начин се стварају услови који су погодни за интензивни процес биоразградње [1].



Слика 21. Шема аерационог базена [27]

Када се заврши процес аерације, следи процес таложење где се одваја биомаса (слика 22.). Један део муља се враћа опет у процес (активни муљ) и служи као активатор биолошког процеса, док се остатак муља одводи у уређај који служи за обраду муља, тачније тај остатак муља се одлаже на одговарајући начин. Након пречишћавања вода се испушта у реципијент или по потреби води на додатну обраду.



Слика 22. Шема поступка са активним муљем [1]

Важни сегменти овог поступка су:

- Биоаерациони базен;
- Уређаји за аерацију и мешање;
- Таложник;
- Активни муљ;
- Повратни муљ.

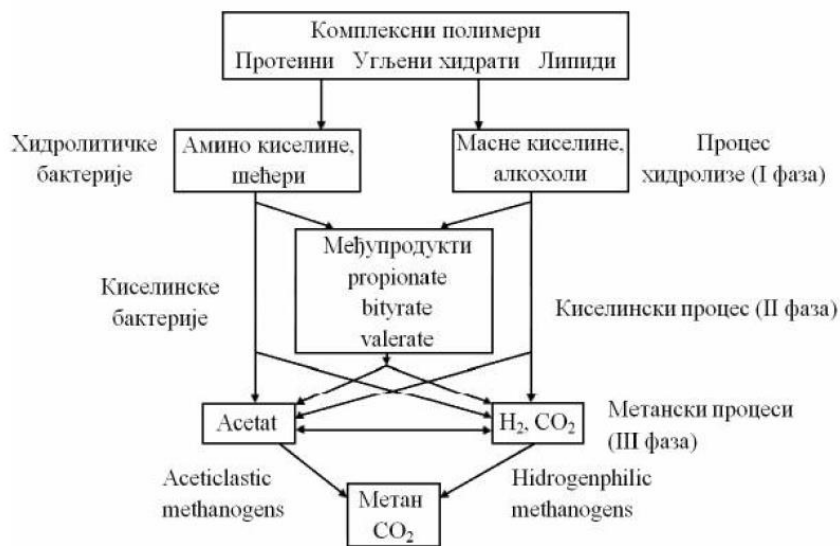
Основне карактеристике активног муља су физичка структура и хемијски састав. Муљ садржи око 80% воде. Активни муљ се састоји од микроорганизама и различитих органских и неорганских материја. Сува материја активног муља састоји се од минералних комплекса од 10 до 30% и неорганских комплекса од 70 до 90%. На процес пречишћавања

активним муљем утичу различити фактори: температура, рН вредност, концентрација кисеоника, интензитет мешања активног муља [1].

8.2.2. Анаеробни процеси пречишћавања отпадних вода

Овај процес пречишћавања настао је из поступка анаеробне биолошке стабилизације муља насталих током пречишћења отпадних вода. Основна карактеристика анаеробних процеса, за разлику од аеробних процеса, пречишћавања отпадних вода је та што подносе већа органска оптерећења и омогућавају пречишћавање отпадне воде са већом концентрацијом загађења. Зато се овај поступак користи у процесу пречишћавања јако загађених вода као што су индустријске отпадне вода. Начин пречишћавања заснован је на етанском врењу органског загађења отпадних вода, где се органска материја преводи у смешу биогаза у којој су основне компоненте метан и угљен-диоксид [1].

Једини 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. Овај поступак се користи за третман отпадних вода из индустријске, пољопривредне производње и градова. У анаеробној преради органског отпада постоје три основне фазе (слика 23.) [1].



Слика 23. Фазе анаеробне прераде органског отпада [28]

8.3. Хемијски поступци у третману отпадних вода

Хемијски третман отпадних вода мења хемијске карактеристике отпадне воде до степена при коме се опасне супстанце које су растворене у отпадној води могу једноставно издвојити [29].

Основно поље примене хемијског пречишћавања отпадних вода је уклањање суспендованих и колоидно растворених материја коагулацијом и флокулацијом, као и уклањање појединих растворених материја: хемијским таложењем, јонском изменом, оксидацијом, продувавањем гаса, адсорпцијом.

Избор поступка највише зависи од:

- Типа отпадне воде;
- Карактеристике и концентрација загађења отпадне воде;
- Начина испуштања или употребе пречишћене отпадне воде;
- Облика у коме се загађење одлаже и начина одлагања;
- Компатибилности одређених поступака;
- Економичности поступака.

Уклањање суспендованих и колоидних материја у отпадној води коагулацијом и флокулацијом је свакако најзаступљенији поступак хемијског пречишћавања отпадних вода. У технологији пречишћавања отпадних вода коагулација и флокулација су алтернатива биолошким процесима пречишћавања. Предности у односу на биолошке процесе су: јефтинија и једноставнија опрема, сигурнија контрола и вођење процеса пречишћавања, постројење лако може да се заустави и пусти у рад без утицаја на процес третмана. Недостатак овог система је мања ефикасност пречишћавања и знатне количине талоба, чија је обрада скупа.

8.3.1. Хемијско таложење

Хемијско таложење представља додатак хемикалија како би се изменило физичко стање растворених и суспендованих чврстих материја и олакшало њихово уклањање седиментације [30].

Поступком хемијског таложења врши се уклањање растворених материја из отпадних вода, које се због агресивности или токсичности или неразградљивости материја које садрже, тешко могу, или их је немогуће биолошки пречистити. Да би се извршило уклањање тешких метала примењује се хемијско таложење [1].

Хемијско таложење се користи:

- Као средство за побољшање учинка постројења за примарно таложење;
- Као основни корак у независном физичко-хемијском третману отпадних вода;
- За уклањање фосфора;
- За уклањање тешких метала;
- Унапређење квалитета воде која ће бити поновно употребљена путем омекшавање [30].

8.3.2. Јонска измена

Јонска измена се користи као третман за припрему воде, за уклањање тврдоће воде, а мање се користи за пречишћавање отпадних вода. Јонска измена се може употребити и за директно пречишћавање отпадних вода, а може се такође користити и за завршну обраду, као што је уклањање нутријента.

8.3.3. Остали хемијски поступци пречишћавања

Неки од осталих хемијских поступака пречишћавања који се користе за отпадне воде су:

- Неутрализација;
- Оксидација;
- Уклањање фосфора и азота;

Неутрализација отпадних вода се заснива на узајамном дејству воде и киселих, или базних компонената додатих води, тако да се добија неутрална реакција воде ($pH=7$). Неутрализација се остварује:

- Додавањем реагенса води;
- Филтрирањем воде кроз материјале за неутрализацију.

Неутрализатори могу бити са вертикалним и хоризонталним кретањем отпадне воде.

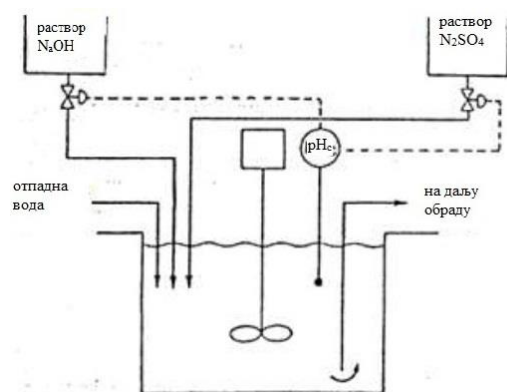
Постројења за неутрализацију чине: таложници, резервоари киселих и базних вода, складиште неорганског креча, суд за гашење креча, резервоар за растварача, дозатори, мешачи, реактор за неутрализацију, таложник неутрализованих вода, депонија муља.

Оксидацијом се преводе поједине органске и неорганске супстанце у индустријским отпадним водама у једињења која далеко мање загађују околину. Супстанце могу да утичу на боју, мирис и укус воде, неке су и токсичне. Оксидант који се најчешће користе је хлор, а неки од оксиданата који се још користе су: водоник-пероксид,

калијумпермаганат и озон. На избор оксиданата утиче више фактора као што су: карактер загађења које се уклања, реактивност оксиданата, стварање споредних продуката приликом оксидације и њихове карактеристике.

Оксидацију не би требало користити за обраду отпадних вода са великим загађењем. Опрема за оксидацију се у основи не разликује од опреме за неутрализацију (слика 24.). Састоји се од:

- Суда (реактора);
- Суда за оксидационо средство и средство за корекцију pH;
- Пумпе за дозирање;
- Регулационе технике.



Слика 24. Опрема за извођење оксидације [31]

Уклањање азота и фосфора сматра се обавезним процесом у пречишћавању отпадних вода које ће се испустити у језеро или у акумулационе воде, у плитке водотокове уколико те воде доспевају до изворишта, подземних вода из којих се снабдевају насеља.

Да би се уклонио азот из отпадних вода користе се следећи поступци: нитрификација и денитрификација, стрипинг ваздухом, хлорисање, селективна јонска измена.

Нитрификација се примењује да би се спречило да амонијачни азот доспе у реципијент. Нитрификација се обавља у пречишћеној отпадној води као процес завршеног пречишћавања.

Денитрификација је процес којим се уклања нитратни облик азота из отпадних вода настао нитификацијом.

Уклањање амонијачног азота продувавањем ваздухом се врши тако што се отпадне воде обично кречом алкалишу од pH 10.5 до 11. Тако се амонијачни азот преводи у амонијак који се продувавањем ваздухом може уклонити из воде.

Уклањање амонијачног азота хлорисањем врши се тако да се амонијачни азот оксидује, прво од хлорисања, а затим до гасовитог азота и нитрата.

Фосфор из отпадних вода се уз азот сматра главним узрочником еутрофикације водотокова и акумулације воде у које се водотокови испуштају. Главни извори фосфора су комуналне воде, оцедне воде са обрадивих површина, отпадна вода сточарства. Фосфор се у отпадним водама налази у облику орто-фосфата, полифосфата и органског фосфата.

Уклањање фосфора солима алуминијума или гвожђа користе се у отпадним водама које садрже фосфате. Када се додају соли алуминијума или гвожђа, стварају се раствори алуминијум фосфата или гвожђа који се уклањају таложњем.

Уклањање фосфора кречом се врши тако што се у отпадне воде додаје креч. Овај процес се користи за отпадне воде које садрже орто-фосфат.

Биолошки поступци уклањања фосфора врше се конвенционалним поступцима биолошког пречишћавања где се уклања мали део фосфора од 10 до 30%, а који се уграђује у ћелијску биомасу.

Физички и физичко-хемијски поступци уклањања фосфора се изводе појединим физичким поступцима или физичко-хемијским поступцима као што је јонска измена.

9. Општина Трстеник

Трстеник се налази у плодној долини Западне Мораве, на падинама Гледићких планина и Гоча. Општина Трстеник се простире на површини од 448 m² и има 51 насеља у којима живи око 50.000 становника (слика 25.) [32].

Сам град се налази на десној страни обале Западне Мораве, на 172 m надморске висине. У граду и приградским насељима живи око 17,000 становника.



Слика 25. Општина Трстеник [32]

Некада је индустрија била добро развијена, када се покренуо индустријски гигант „Прва Петолетка“, некада моћна, позната и прихваћена широм света (слика 26.). Педесетих година прошлог века Трстеник је био престоница хидраулике и пнеуматике. Тренутно општина Трстеник је препознатљива и по обимној повртарској производњи, највише по производњи воћног и лозног садног материјала и производњи минералне воде „Мивела“.



Слика 26. „Прва петолетка“

Карактеристично је да општина Трстеник припада области умерено-континуалне климе, али се због усмерености рељефа ка североистоку и истоку осећа утицај источно континенталне климе. На основу дугогодишњих мерења температуре ваздуха у окружењу може се донети закључак да су лета топла, продужена на прву половину јесени и благе зиме, без јаких ветрова и малом дужином трајања снежног покривача. Просечна темпетатура је око 11.3 °C, док је примећен пораст температуре последњих година. У долини Западне Мораве количина падавина креће се између 600 mm и 800 mm, и опада од запада ка истоку.

Највећи део општине Трстеник богат је површинским водама међу којима доминира Западна Морава и њен слив. Западна Морава протиче територијом општине Трстеник у дужини од 21 km и има обележај равничарске реке. Годишњи ток водостаја је правилан, са максималним водостајем у априлу и минималним у августу.

9.1. Отпадне воде у општини Трстеник

Трстеник се одликује са развијеним привредним капацитетима, индустријским и пољопривредним производима. Највећи привредни капацитет има „Прва петолетка“. Неки од привредних капацитета у општини Трстеник су приказани у табели 7.

Табела 7. Најзначајнији привредни капацитети на територији општине Трстеник

Назив предузећа	Основна делатност	Број радника
ППТ ПЕТОЛЕТКА ДОО	Производња осталих делова и додатне опреме за моторна возила	672
ППТ-НАМЕНСКА ДОО	Производња оружја и муниције	618
ППТ-ТМО АД	Обрада и превлачење метала	148
ППТ ЗАПТИВНИ ЕЛЕМЕНТИ ДОО	Производ од гуме	98
ГЛИЦИЋ НИС ДОО	Производња месних прерађевина	88
POLILAS DOO	Производња осталих производа од гуме	61
НОВА СЛОГА	Производња освежавајућих пића	55
VSP METALOPROIZVODNJA- METAL MANUFACTURING	Производња хидрауличких погонских уређаја	33
MICRO LINE DOO TRSTENIK	Производња медицинских и стоматолошких инструмената и материјала	30
SANVI DOO	Производња металних конструкција и делова конструкција	28
ЕТЕРИКА ДОО	Производња значина и других додатака храни	15
ХРОМОС ДОО	Производња металних врата и прозора	14

На подручју општине није комплетирана изградња канализационе мреже, а у једном делу града нису раздвојене кишна и фекална канализација. Постоји већи број улива канализације у Западну Мораву. Још увек није изграђено постојење за третман комуналне воде. У руралним срединама отпадне воде се упуштају у септичке јаме које се касније празне у оближњим водотоковима или директно у потоке. „Прва Петолетка“ има свој систем за третман отпадних вода.

Западну Мораву карактерише висок степен загађености низводно од Ибра. Западна Морава је увек у III класи вода, што значи да у себи има много фенола, нафних мрља и катрана. Због загађености Западне Мораве редовно се прикупљају узорци воде 100 m изнад улива колектора и 100 m испод улива у колектор.

Узимање узорка извршено је 25.09.2018. године, а резултати су приказани у следећим табелама 8,9 и 10.

Табела 8. Место, време и начин узимања узорка воде

Редни број	Ознака узорка	Место узорковања	Време узорковања	Временски услови	Изглед водене масе	Прибор узорковања
1	P271/04	Река Западна Морава 100 m изнад улива колектора	9:00	Сунчано	Бистра	1 и 4
2	P272/04	Река Западна Морава 100 m испод улива колектора	9:30	Сунчано	Бистра	1 и 4

У табели 9. из добијених резултат видимо вода је била смеђе боје са рН вредношћу у дозвољеним границама. У оквиру III класе воде спадају вредности амонијум јона, фенола, азота и раствореног кисеоника, остали испитани параметри су оквиру II класе вода.

Табела 9. Резултати хемијских анализе 100 т изнад улива у колектор

Ред. бр.	Параметри		Јединице мере	Резултати	ГВ**				
					Класа воде				
					I	II	III	IV	V
1	Температура воде		°C	19,8					
2	Температура ваздуха		°C	20,5					
3	рН вредност		-	8,40	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	<6.5 или >8,5
4	Амонијум јон		mgN/L	0,17	0,05	0,1	0,6	1,5	>1.5
5	Нитрити		mgN/L	0,021	0.01	0.03	0.12	0.3	>0.3
6	Нитрати		mgN/L	1.9	1.5	3	6	15	>15
7	ХПК		mgO ₂ /L	6,8	10	15	30	125	>125
8	БПК ₅		mgO ₂ /L	4,4	1.5	5	7	25	>25
9	Кисеоник		mgO ₂ /L	6,7	8.5	7	5	4	>4
10	Суспендоване материје		mg/L	525	25	25	-	-	-
11	Остатак после испарења на 105°C	Не-фил.	mg/L	266					
		Фил-тр.		261					
12	Феноли		µg/L	4,0	<1	1	20	50	>50
13	Укупни азот		mgN/L	2,6	1	2	8	15	>15
14	Укупни фосфор		mgP/L	0,11	0.05	0.2	0.4	1	>1

** Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и роковима за њихово достизање „Службени гласник“ бр. 50/2012

Табела 10. Резултати хемијске анализе 100 т испод улива у колектор

Ред. бр.	Параметри		Јединице мере	Резултати	ГВ**				
					Класа воде				
					I	II	III	IV	V
1	Температура воде		°C	19.8					
2	Температура ваздуха		°C	20.5					
3	рН вредност		-	8.30	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	<6.5 или >8,5
4	Амонијум јон		mgN/L	0.21	0.05	0.1	0.6	1.5	>1.5
5	Нитрити		mgN/L	0.025	0.01	0.03	0.12	0.3	>0.3
6	Нитрати		mgN/L	1.9	1.5	3	6	15	>15
7	ХПК		mgO ₂ /L	6.8	10	15	30	125	>125
8	БПК ₅		mgO ₂ /L	4.4	1.5	5	7	25	>25
9	Кисеоник		mgO ₂ /L	7.0	8.5	7	5	4	>4
10	Суспендоване материје		mg/L	6	25	25	-	-	-
11	Остатак после испарења на 105°C	Нефил тр.	mg/L	273					
		Филтр ир.		267					
12	Феноли		µg/L	2.9	<1	1	20	50	>50
13	Укупни азот		mgN/L	3.2	1	2	8	15	>15
14	Укупни фосфор		mgP/L	0.178	0.05	0.2	0.4	1	>1

** Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и роковима за њихово достизање „Службени гласник“ бр. 50/2012

Из табеле 10. мођемо видети да је вода била светло смеђе боје са рН вредношћу у дозвољеним границама. Вредности амонијум јона, фенола, укупног азота и раствореног кисеоника су у оквиру III класе вода, остали испитани параметри су у оквиру II класе вода.

Следећа проверка квалитета воде у Западној Морави обављена је 24.11.2019. године. Начин узимања узорка се понавља, 100m изнад улива у колектор и 100 m испод у улива колектора. Добијени резултати су представљени у следећим табелама 11, 12 и 13.

Табела 11. Место, време и начин узимања узорка

Редни број	Ознака узорка	Место узорковања	Време узорковања	Временски услови	Изглед водене масе	Прибор узорковања
1	П401/04	Река Западна Морава 100 m изнад улива колектора	9:00	Облачно	Бистра	1 и 4
2	П402/04	Река Западна Морава 100 m испод улива колектора	9:30	Облачно	Бистра	1 и 4

Табела 12. Резултати хемијске анализе 100 m изнад улива у колектор

Ред. бр.	Параметри		Јединице мере	Резултати	ГВ**				
					Класа воде				
					I	II	III	IV	V
1	Температура воде		°C	5,1					
2	Температура ваздуха		°C	1,0					
3	pH вредност		-	8,28	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	<6.5 или >8,5
4	Амонијум јон		mgN/L	0,32	0,05	0,1	0,6	1,5	>1.5
5	Нитрити		mgN/L	0,041	0.01	0.03	0.12	0.3	>0.3
6	Нитрати		mgN/L	2,2	1.5	3	6	15	>15
7	ХПК		mgO ₂ /L	6,4	10	15	30	125	>125
8	БПК ₅		mgO ₂ /L	4,2	1.5	5	7	25	>25
9	Кисеоник		mgO ₂ /L	10,1	8.5	7	5	4	>4
10	Суспендоване материје		mg/L	16	25	25	-	-	-
11	Оста-так после	Не-филтр.	mg/L	293					

		Фил-трир.		277					
12	Феноли		µg/L	2	<1	1	20	50	>50
13	Укупни азот		mgN/L	3,5	1	2	8	15	>15
14	Укупни фосфор		mgP/L	0,264	0.05	0.2	0.4	1	>1

** Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и роковима за њихово достизање „Службени гласник“ бр. 50/2012

Табела 13. Резултати хемијске анализе 100 т испод у улива колектор

Ред. бр.	Параметри		Јединице мере	Резултати	ГВ**				
					Класа воде				
					I	II	III	IV	V
1	Температура воде		°C	5,3					
2	Температура ваздуха		°C	1,0					
3	рН вредност		-	7,65	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	<6.5 или >8,5
4	Амонијум јон		mgN/L	0,66	0,05	0,1	0,6	1,5	>1.5
5	Нитрити		mgN/L	<0.005	0.01	0.03	0.12	0.3	>0.3
6	Нитрати		mgN/L	1.1	1.5	3	6	15	>15
7	ХПК		mgO ₂ /L	50	10	15	30	125	>125
8	БПК ₅		mgO ₂ /L	30	1.5	5	7	25	>25
9	Кисеоник		mgO ₂ /L	4.9	8.5	7	5	4	>4
10	Суспендоване материје		mg/L	25	25	25	-	-	-
11	Остатак после испарења на 105°C	Нефилтр.	mg/L	429					
		Филтрир.		404					
12	Феноли		µg/L	11	<1	1	20	50	>50
13	Укупни азот		mgN/L	2.6	1	2	8	15	>15
14	Укупни фосфор		mgP/L	5.045	0.05	0.2	0.4	1	>1

** Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и роковима за њихово достизање „Службени гласник“ бр. 50/2012

Резултати приказани у табели 12. указују да је вода била смеђе боје са рН вредношћу у дозвољеним границама. Вредност амонијум јона, нитрита, фенола, укупног азота и фосфора су оквиру III класе вода, остали испитани параметри су у оквиру II класе вода, док резултати приказани у табели 13. указују да је вода била смеђе боје са рН вредношћу у дозвољеним границама. Вредности амонијум јона, хемијске потрошње кисеоника, раствореног кисеоника су оквиру IV класе вода, укупног азота и фенола су у оквиру III класе вода, биохемијска потрошња кисеоника и укупног фосфора у оквиру V класе вода, остали параметри су у оквиру II класе вода.

10. Услови упуштања индустријских отпадних вода у градску канализацију

Ради обезбеђења система каналисања и пречишћавања морају се прописати услови који корисници канализационог система морају поштовати без обзира на количину отпадних вода и услове мешања у заједничком канализационом систему.

При одређивању критеријума за упуштање индустријских отпадних вода у канализациони систем води се рачуна о могућности обезбеђења нормалног функционисања биолошког постројења, као и о утицају отпадних вода на саму канализациону мрежу.

Усвојени су следећи услови упуштања индустријских отпадних вода у градску канализацију (табела 14.).

Табела 14. Максимална дозвољена концентрација на испусту у канализацију

Ред. број	Параметар	Максимална дозвољена концентрација на испусту у канализацију
1.	ВРК ₅	20 mg/l
2.	Температура	+35 °C
3.	Боја	Не сме да одступа од уобичајне боје отпадне воде
4.	Крв	Није дозвољена
5.	Средства за заштиту биља и против штеточина	Испод граница биолошке штетљивости
6.	pH вредност	6-9,5
7.	Таложиве материје	1 ml/l за 30 мин
8.	Гвожђе	20 mg/l
9.	Бакар	1 mg/l
10.	Жива	0,05 mg/l
11.	Сребро	0,1 mg/l
12.	Цинк	3 mg/l
13.	Хлор	2 mg/l
14.	Амонијак	20 mg/l
15.	Феноли	20 mg/l
16.	Масти и уља	100 mg/l
17.	Уљане емулзије	Без

11. Концепт идејног решења

У оквиру овог поглавља биће приказано идејно решење постројења за третман отпадних вода за општину Трстеник. Постројење које је предвиђено за отпадне воде је за 50.000 еквивалентних становника.

Предвиђено је да се до 2030. године направи постројење за високо биолошко пречишћавање отпадне воде у две фазе.

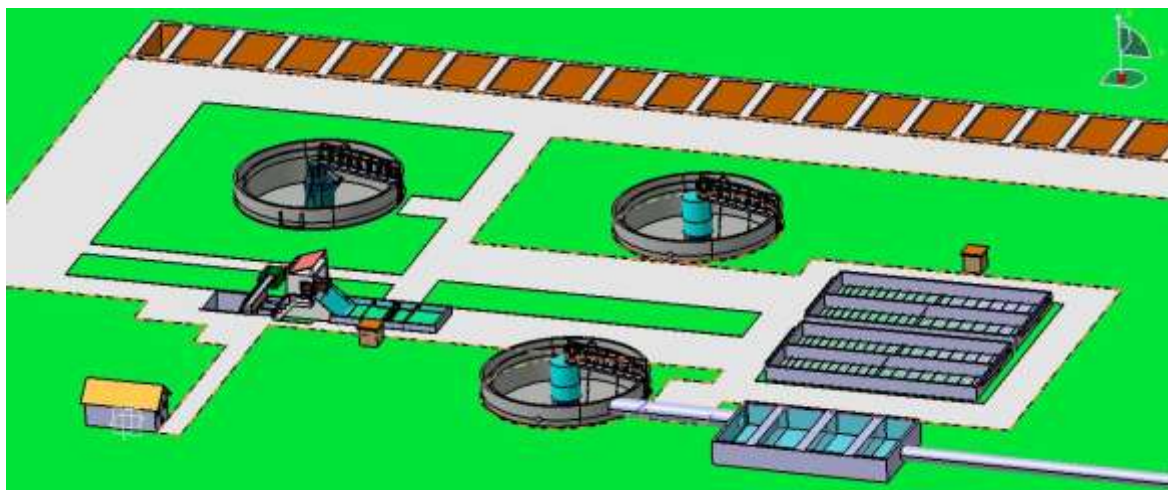
Планом је одређен положај локације градског постројења за пречишћавање отпадних вода – ППОВ и одређена је приближна његова величина од око 9 ha (слика 27.).

Канализациона мрежа је изграђена у граду, према општем принципу канализације. Касније је изграђена канализација по сепарационом типу у насељу „Трстеник II“ (тачније у Пејовцу и источном делу насеља Чаири), док остала насеља немају канализациону мрежу.

Према плану идејног решења планира се да се отпадне воде доведу до постројења главним градским колектором минималних димензија Ø 1000 mm, у који се уливају све отпадне воде града и околних насеља на левој и десној обали Западне Мораве.

Постројење треба да обухвати следеће основне објекте:

1. Црпне станице сирове воде;
2. Грубе и фине решетке;
3. Песколов са одстрањивањем пливајућих материја;
4. Примарне талложнике;
5. Биоаерационе базене;
6. Секундарни таложник;
7. Базен за дезинфекцију ефлуента;
8. Црпну станицу за муљ;
9. Базене за стабилизацију муља;
10. Згушњивача муља;
11. Објекте за припрему и дехидратацију муља;
12. Управну зграду.



Слика 27. *Постројење са основним објектима*

Отпадне воде долазе на постројење колектором $\varnothing 1000$ mm који је укопан 2 m од коте постојећег терена. Из тог разлога биће постављене црпне станице.

Основне компоненте датог система су:

1. Аутоматска решетка: отпадне воде носе са собом отпатке различитог порекла (комаде дрвета, лима, папира...). Отпадну воду који дође у постројење пужне пумпе подижу на виши ниво одакле иду на даљи третман. Као први степен пречишћавања отпадних вода примењује се уграђивање механичких решетки за уклањање грубих и кабастих отпадака из долазне сирове воде.

2. Аерисани песколов: у процесу пречишћавања отпадних вода велики проблем прави песак. Зато је усвојен аерисани песколов, који ће уједно служити и као сепаратор масти и уља.

3. Примарни таложник: служи се за одвајање таложних честица органског и неорганског порекла. Њима се постиже, на уређајима за пречишћавање, смањење биолошког оптерећења од 35 до 50% и уклањање око 60% суспендованог материјала. Ови таложници најчешће су радијалног облика. Зато се називају радијални таложници са ротационим скрепером. Скупљање исталоженог муља се врши у концентратору муља који је смештен у централном делу таложника.

4. Аерациони базен: после пречишћавања у радијалном таложнику вода даље долази у аерациони базен. У овом базену врши се даља разградња органског оптерећења под дејством микроорганизама у присуству кисеоника. Аерациони базени имају ротирајуће турбине за унос потребне количине кисеоника.

5. Секундарни таложник: има задатак да издвоји сав муљ након биоаерације, делом га врати у процес, а други део пошаље на посебан третман. Секундарни таложник чини једну целину са аерационим базеном.

6. Базен за хлорисање: последња фаза пречишћавања отпадне воде је дезинфекција.

7. Мерач протока: је обавезан на месту пре испуштања отпадне воде са постројења, а по потреби и на другим местима у постројењу. Служи за мерење и контролу отпадне воде која се пречисти.

8. Црпне станице за муљ: целокупна количина муља из накнадног таложника (повратни муљ и вишак муља) мора да се подигне ради даљег третмана. Зато је потребно поставити црпну станицу. Уз помоћ ових пумпи подиже се сав муљ, а затим ће део ићи на биоаерацију (повратни муљ), а други део на стабилизацију.

9. Стабилизациони базен: у овој фази изградње постројења предвиђена је аеробна стабилизација муља из примарног таложника и вишка активног муља из секундарних таложника у базенима за стабилизацију који су истог облика и димензија као и аерациони базени. Унос кисеоника је предвиђен помоћу ротирајућих турбина.

10. Згушњивач муља: ради смањења садржаја воде у муљу, муљ пролази кроз фазу згушњавања са или без додавања хемикалија, при чему се садржај воде смањује на око 90-96%.

11. Дигестори: стабилизација муља у дигесторима се врши уз помоћ аеробних бактерија (без присуства кисеоника). Претходно се згуснути муљ се муљним пумпама потискује у трулиште, у којима долази до стабилизације и минерализације. Један део трулишта ће се загревати у циљу побољшања и убрзања процеса деградације муља. Сам објект трулишта ће се загревати у циљу побољшања и убрзања процеса деградације муља. Он представља посебну грађевинску целину у облику затвореног цилиндричног силоса са конусним дном и куполом. Овај објект мора бити добро термички изолован да не би долазило до губитака топлоте.

12. Механичка дехидратација муља: стабилизовани и згуснути муљ се упућује на механичку дехидратацију ради даљег смањења садржаја воде. Дехидратација ће се обављати уз помоћ филтер-пресе у којој се издвајање воде из муља врши филтрацијом под високим притиском.

13. Депоноване муља: дехидрисани муљ са садржајем чврстих састојака од 30 до 35% се привремено депонује на одговарајућу депонију у кругу постројења за пречишћавање, одакле се муљ транспортује и одлаже на градску депонију или на неку другу депонију.

14. Управне и погонске зграде: за управљање процесом пречишћавања воде и третмана муља је предвиђен смештај одговарајуће опреме у зградама:

- Контрола појединих процеса;
- Опрема за механичку дехидратацију муља;
- Опрема за хлорисање;
- Лабораторија;
- Канцеларијски и помоћни простор.

12. Технолошки процес пречишћавања

Основни принцип на коме се базира пречишћавање отпадних вода састоји се из две основне линије:

1. Прерада воде;
2. Обраде муља.

За пречишћавање отпадних вода примењују се најчешће механички и биолошки процеси. Код обраде муља разликујемо такође већи број поступака. Поред аеробне и анаеробне стабилизације муља, могуће је применити термичку или хемијску обраду са дехидратацијом или спаљивањем муља.

За пречишћавање отпадних вода општине Трстеник потребно је да се задовоље следећи услова:

- Потребно је задовољити висок степен пречишћавања (85%);
- Технолошки поступак система мора бити проверен и дефинисан;
- Оrijентисати се на квалитетну опрему;
- Предвидети обраду муља тако да буде могуће његово депоновање на градску депонију.

Систем ће се састојити од:

1. Линије за пречишћавање воде:
 - Претходно пречишћавање које се састоји из: издизања воде, задржавања на решеткама, одстрањивања песка и мерења протока;
 - Примарно таложење;
 - Биолошко пречишћавање;
 - Секундарно таложење;
 - Дезинфекција пречишћене воде.
2. Линија обраде муља:
 - Згушњавање муља;
 - Аеробна стабилизација у првој фази;
 - Анаеробна стабилизација муља у другој фази;
 - Механичка дехидратација муља.

Колектор којим отпадне воде долазе до постројења је укопан у земљу, па је зато потребно воду када стигне до постројења дићи до одређене коте изнад терена да би се даљи ток на уређајима остварио гравитацијом. За подизање отпадних вода користиће се

црпне станицеса пужним пумпама. Ове пумпе су погодне зато што могу сав отпад који дође са отпадном водом са лакоћом подигнути на ниво постројења.

У склопу црпне станице су механичке решетке. Њихов рад је аутоматизован, а материјал који се на њима наталожи транспортује се у контејнере.

Због хетерогеног састава отпадних вода, предвиђа се аерисани песколов који ће уједно служити и као сепаратор масти и уља. После песколова предвиђа се мерење протока и затим отпадна вода долази у примарне таложнике где се врши исталоживање највећег дела суспендованих материја. Исталожени примарни муљ се одводи на даљу обраду муља.

Преливна вода из примарног таложника иде у аерационе базене где се врши површинска аерација у присуству одређене количине активног муља из секундарних таложника.

Вода са муљем из аерационих базена одлази на бистрење у секундарне таложнике. Исталожени муљ преко црпне станице пребацује се даље у аерационе базене као рецикулациони муљ, а делом као вишак муља даље на обраду муља. Наком бистрења у секундарним таложницима пречишћена вода се подвргава дезинфекцији хлорисањем и испушта у реципијент. На крају се прерађени муљ транспортује на градску депонију.

13. Димензионисање објеката

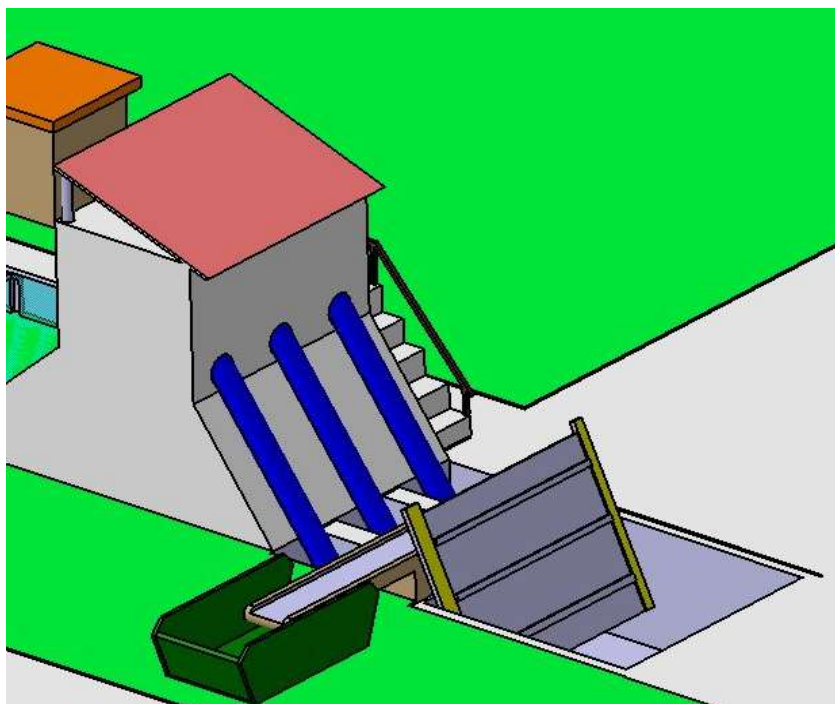
13.1. Задржавање на решеткама

Отпадне воде носе са собом разне отпатке различитог порекла као што су дрво, лименке, стакло, делови одеће и обуће, воће и поврће. Сав овај отпад неповољно утиче на рад постројења, тако да је потребно што пре их отклонити. Зато се поставља механичка опрема (решетке) која ће уклонити кабасти отпад (слика 28.).

На постројењу ће бити постављене две врсте решетки:

1. Груба решетка: на овој решетки ће се задржавати кабасти отпад. Усвојено је да је размак између шипки 80 mm и она ће бити постављена испред пужних пумпи. Чишћење ових решетки биће ручно помоћу одговарајућих грабуља.

2. „Фине“ аутоматске механичке решетки: биће постављене иза грубих решетки, а размак шипки биће 25 mm.

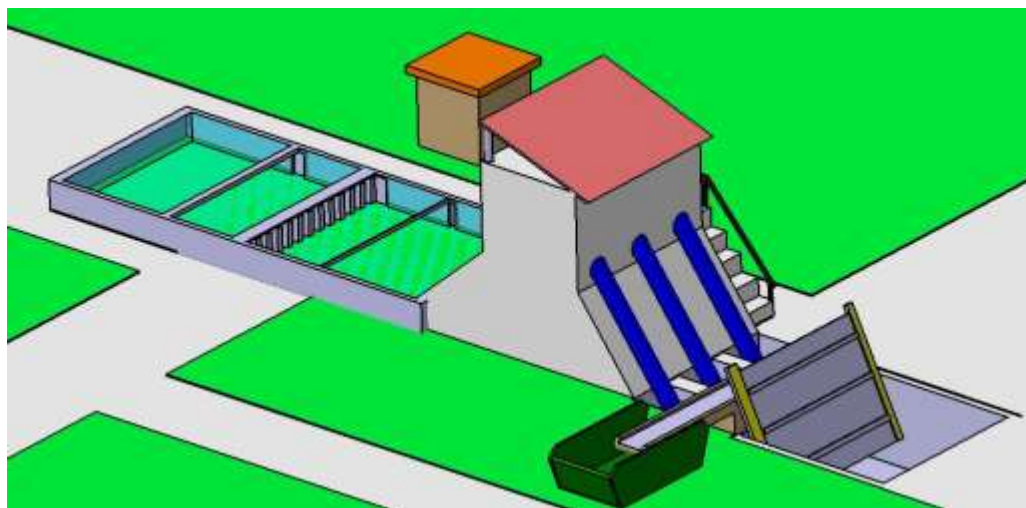


Слика 28. Решетке за уклањање отпада из воде

Количина отпада који се издваја на механичкој решетки износи око 5-6 $\text{dm}^3/\text{E.st.}$ годишње, што за Трстеник представља запремину д 1-2 $\text{m}^3/\text{dan.}$

13.2. Аерисани песколов

Песак ставра велики проблем у процесу пречишћавања. Обзиром да се у градску канализацију испушта и индустријска отпадна која садржи суспендоване и пливајуће материје, у постројењу је предвиђен аерисани песколов за одстрањивање песка, који ће служити и као сепаратор уља и масти (слика 29.).



Слика 29. *Аерисани песколов за одвајање песка и сепаратор уља и масти*

Да би имали што бољу ефикасност у аерисаном песколову потребно је добро и тачно дефинисати брзину кретања воде. Веома је битно добро прорачунати песколов зато што се при великој брзини кретања воде песак не издваја из воде, а при малој брзини кретања воде песак се таложи.

Доказано је да је најбоља брзина кретања воде у аерисаном песколову између 0.25 и 0.30 m/s. Због неравномерности протока воде, гравитациони базени не могу испунити ове услове кретања, а то може довести до тога да део муља остане у базену и ту труне. Из тог разлога се све више примењују аерисани песколови са компримовним ваздухом, тако да циркулацију воде у базену регулише ваздух који је удувава, а то значи да циркулација воде у базену не зависи од дотока у базен већ од количине ваздуха.

За добар рад песколова потребно је испунити следеће услове:

- Попречна циркулациона брзина кретања водене масе треба да буде од 0.25 до 0.30 m/s;
- За овај тип песколова се препоручује подужна брзина од 0.08 до 0.12 m/s;
- Време задржавање око 3 мин;
- Количина ваздуха је $3\div 5 \text{ m}^2 / \text{m}^2$
- Запремина талога је 0.02 до 0.04 l/h·dan

Запремина песколова рачуна према следећој формули:

Усвојиће се време задржавања од 3 минута.

$$V = 0.80 \cdot 3 \cdot 60 = 144 \text{ m}^3$$

Усваја се аерисани песколов запремине 150 m^3

Приликом изградње направиће се два аерациона базена од 75 m^3

Укупна потребна површина попречног пресека износи:

$$F = \frac{0.80}{0.1} = 8 \text{ m}^2$$

Пошто се праве два базена онда је површина по једном песколову 4 m^2 .

За однос ширине према дубини $b/h=1$, добија се $b=h=2 \text{ m}$.

Зато се усвајају коморе ширине по 2 m . Потребна дубина коморе ће износити:

$$h = \frac{F}{2b} = \frac{8}{2 \cdot 2} = 2 \text{ m}$$

Усваја се аерисани песколов чије су димензије:

$$b = 2 \text{ m}$$

$$h = 2 \text{ m}$$

$$F = 4 \text{ m}^2$$

У аерисаном песколову се удувавањем ваздуха кроз аерисану цев при дну изазива попречно струјање које онемогућава таложење ситнијих органских честица, а притом омогућава боље издвајање органске од неорганске материје. Овај ефекат се остварује попречним брзинама $0.25 \div 0.30 \text{ m/s}$.

Минимална потребна дужина песколова се рачуна из услова да се у песколову исталоже све честице пречника „d“ испод 0.20 mm , којима одговара брзина таложења $v_o = 17.1 \text{ mm/s}$.

Дубина таложења при једном обрту воде је:

$$h_1 = \frac{b \cdot v_o}{v_{pod}} = \frac{2 \cdot 0.0171}{0.1} = 0.342 \text{ m}$$

Потребан број обрта водене масе износи:

$$n = \frac{h}{h_1} = \frac{2}{0.342} = 5.84 \approx 6 \text{ обртаја}$$

Трајање једног обрта за попречну брзину $v_{pop}=0.25$ m/s износи:

$$t_1 = \frac{3,14 \cdot b + 2 \cdot (b-h)}{v_{pop}} = \frac{3,14 \cdot 2 + 2 \cdot (2-2)}{0,25} = 25 \text{ s}$$

Укључујући време потребно за улаз воде од 10 s, минимално потребно време борављења у песколову је:

$$T = n \cdot t_1 + 10 = 6 \cdot 25 + 10 = 160 \text{ s} = 2,6 \text{ min}$$

Потребна дужина износи:

$$L = T \cdot v_{pod} = 160 \cdot 0.10 = 16 \text{ m}$$

Укључујући и удубљење за таложење песка, дужине 3m укупна дужина песколова износи $L=19.0$ m.

Слободна површина песколова износи:

$$F_s = 19 \cdot 2 = 38 \text{ m}^2$$

$$\text{Запремина је: } V = 38 \cdot 2 = 76 \text{ m}^3$$

Количина ваздуха која се удубљава се рачуна на основу норматива од $3 \div 5 \text{ m}^3 / \text{m}^2$ слободне површине песколова, па потребна количина ваздуха износи од $(132 \div 220) \text{ m}^3 / \text{h}$:

На основу прорачуна, усваја се количина ваздуха од $200 \text{ m}^3 / \text{h}$ за сваку јединицу песколова.

На основу уобичајне количине талога од $0.02 \div 0.04 \text{ l/st.dan}$ добија се око $4 \text{ m}^3 / \text{dan}$.

Песколов би требало да у коначној фази има запремину од око 6 m^3 . Ако би се вршило одвожење песка сваког другог дана силос за песак треба да буде запремине око 12 m^3 .

13.3. Сепарација масноће и уља

Наглим повећањем броја моторних возила у насељима долази и до великог просипања и расипања разних масти и уља и других нафтних деривата у градску канализацију. Масти, уља и нафтни деривати су лакши од воде, пливају и стварају заштитни филм, који спречава довод ваздуха у воду. Поред минералних материја морају се издвојити и животињске и биљне масти и уља, која потичу из домаћинства.

За постројење предвиђен је заједнички објекат за издвајање песка, масти и уља. На температури од 15°C може се издвојити до 95% свих масти и уља из отпадних вода под следећим условима:

1. Време задржавања у базену 3÷5 минута;
2. Вертикална брзина дизања 5÷10 mm/s;
3. Слободна површина 0.10÷0.20 m³ по 1 l/s

Запремина базена је:

$$V = 0.40 \cdot (3 \div 5) \cdot 60 = 72 \div 120 \text{ m}^3$$

Површина базена је:

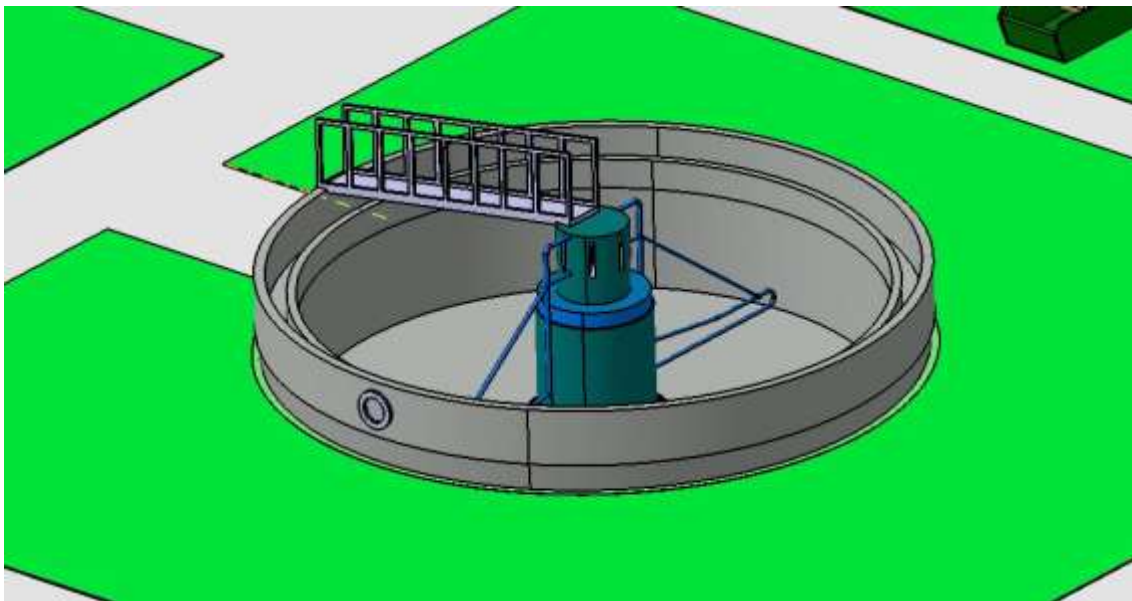
$$F = \frac{0.40}{0.005 \div 0.10} = 80 \div 40 \text{ m}^2$$

Количина уља и масти које ће се издвојити на једном објекту износиће:

$$400 \text{ l/s} \cdot 86400 \cdot 15 \text{ mg/l} = 518 \text{ kg/dan}$$

13.4. Примарно таложење

Примарни таложници се постављају за издвајање таложних честица органског, као и неорганског порекла (слика 30.). У овим објектима задржавање је 20-30% долазног оптерећења.



Слика 30. *Примарни таложник*

Димензиоисање овог објекта се врши на бази дотока отпадних вода. Уобичајно је да дубина воде у радијалним базенима буде од 2 до 3 m.

Димензије таложника биће:

Таложник 1:

$$V = 200 \cdot 3.6 \cdot 2 = 1440 \text{ m}^3$$

Таложник 2:

$$V = 400 \cdot 3.6 \cdot 2 = 2880 \text{ m}^3$$

Димензије таложника су:

$$D = 30 \text{ m}$$

$$H_{st} = 2.1 \text{ m}$$

Количина примарног муља може се израчунати ако се усвоји да је концентрација свих материја у примарном муљу око 4÷5%. У том случају је у првој фази дневна количина примарног муља 50 m³/dan, а другој 100 m³/dan.

Концентрација суве масе у примарном муљу износи око 45 kgSM/m³.

13.5. Биолошко пречишћавање

Данас у свету има више различитих поступака за биолошко пречишћавање, али се највише употребљавају биофилтери и биоаерациони базени са активним муљем.

Биоаерација са активним муљем је данас један од најчешће коришћених поступака. Биоактивна маса у облику активног муља, после таложења враћа се у процес пречишћавања. Овим поступком постиже се одржавање оптималне концентрације биолошки активне масе, чиме се постиже најбрже и најефикасније пречишћавање отпадне воде. Степен пречишћавања код овог облика биолошке обраде је 90%-95%.

13.5.1. Површинска аерација

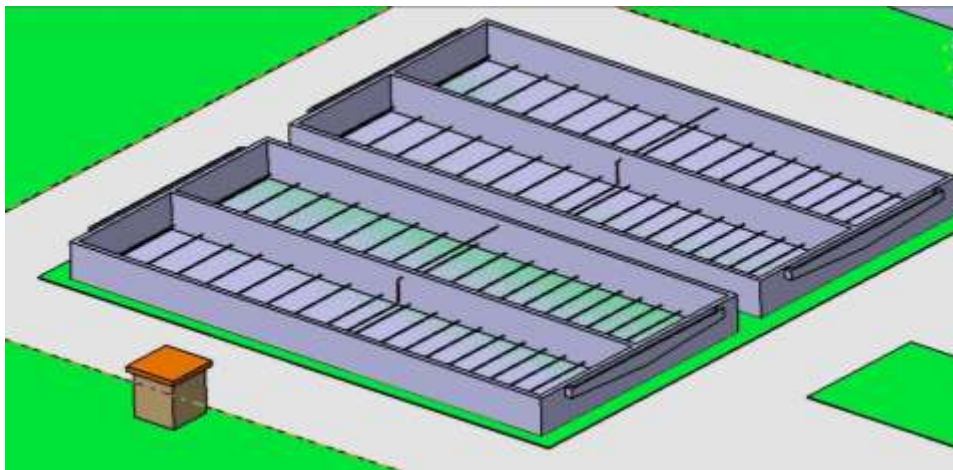
Постоје више начина пречишћавања са активним муљем, а деле се на:

- Оне код којих се ваздух удувава унутар течне масе;
- Оне где се врши површинска аерација (слика 31.).

Када се користи први начин, удувавање ваздуха се може реализовати кроз ситне и крупне мехурове. Да ли су крупни или мали мехурови зависи од усвојеног типа дифузора.

Разлика је у томе што крупни мехурови захтевају мањи утрошак енергије по јединици ваздуха, али је ефекат искоришћења кисеоника код крупних мехурова мањи него

код ситних мехурова. Уједно, поступак са удувавањем ваздуха је ефикаснији, али овај поступак захтева стручнији и прецизнији рад при експлоатацији и погону.



Слика 31. *Објекти за површинску аерацију*

Постоје два начина површинске аерације:

- Са турбинама;
- Са обртним четкама.

Површинска аерација је за разлику од поступка са удувавањем мање ефикасна, али су зато потребна мање стручна лица за одржавање и експлатацију.

Узимајући у обзир ефикасност површинске аерација, усваја се систем биоаерације са површинском аерацијом.

Активни муљ се састоји од бактерија, који се у употребљеној води манифестују као лебдеће пахуљице. Бактерије разграђују органске материје на тај начин што један део органских материја бактерије утросе на изградњу нових бактеријских станица, а остатак оксидира, при чему добијену енергију користе за измену материје. Микроорганизми троше кисеоник који се мора вештачким путем додати.

За димензионисање система биоаерације са површинском аерацијом користе се следећи подаци:

- Усваја се органско оптерећење од $0.15 \text{ kgBPK}_5/\text{kgSM}$ због присуства ометајућих материја, који се теже разграђују у отпадним водама;
- Минимална концентрација активног муља која ће се одржавати у базену износи $3.30 \text{ kgSM}/\text{m}^3$;
- Специфично запреминско оптерећење процењује се као:

$$P_{\text{BV}} = 0.15 \cdot 3.30 = 0.495 \text{ kgBPK}_5/\text{m}^3 \text{ dan}$$

- Биолошко оптерећење које долази на аерациони базен:

$$\text{I фаза: } 1365 + 10\% \cdot 1365 = 1501.5 \text{ kgBPK}_5/\text{dan}$$

$$\text{II фаза: } 2730 + 10\% \cdot 2730 = 3003 \text{ kgBPK}_5/\text{dan}$$

- Усваја се запремина аерационог базена:

$$\text{I фаза: } V = 3640 \text{ m}^3$$

$$\text{II фаза: } V = 7280 \text{ m}^3$$

- Дубина воде у базену:

$$H = 3.5 \text{ m}$$

- Површина базена:

$$\frac{7280}{3.5} = 2080 \text{ m}^2$$

Усвајају се четири јединице од по 520 m^2 . Две јединице изградиће се у првој фази, а друге две ће бити изграђене у другој фази изградње постројења.

Димензије ових базена су: $l \times b = 40 \times 13 \text{ m}$.

Потрошња кисеоника који троше микроорганизми може се приближно израчунати на основу оптерећења израженог преко BPK_5 , предвиђеног ефекта пречишћавања, суве супстанце активног муља и садржаја азота. Кисеоник се троши у процесу разградње и одржавања живота микроорганизама. За органско просторно загађење од 0.49 kgBPK_5 по m^3 биоаерационих базена на дан и садржаја суве супстанце муља од $3.30 \text{ kgSM}/\text{m}^3$, потрошња кисеоника износи 1.44 kg кисеоника по m^3 биоаерационог базена на дан. Усваја се вредности од $2.0 \text{ kgO}_2/\text{kgBPK}_5$.

У првој фази изградње биће:

$$\text{OC} = 1500 \text{ kgBPK}_5 \cdot 2.0 \text{ kgO}_2/\text{kgBPK}_5 = 3000 \text{ kgO}_2/\text{dan} = 125 \text{ kgO}_2/\text{h}$$

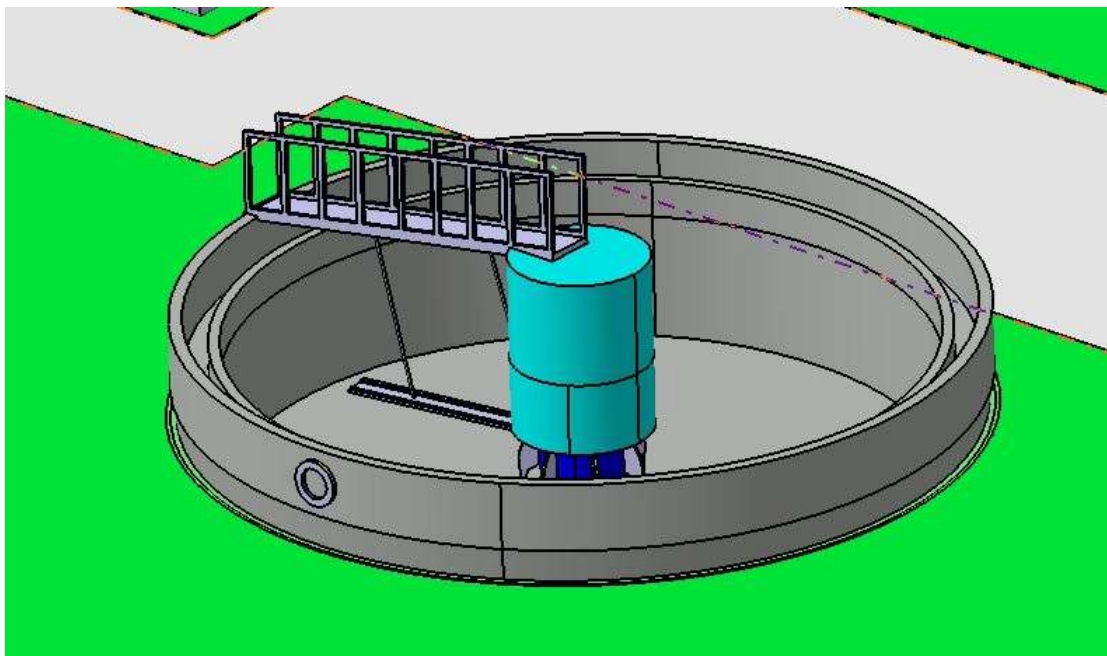
У другој фази:

$$\text{OC} = 3000 \cdot 2.0 = 6000 = 250 \text{ kgO}_2/\text{h}$$

Усваја се да у сваком базену димензија $40 \times 13 \times 3.5 \text{ m}$, користе по три турбине чији је унос $3 \cdot 22 \text{ kgO}_2/\text{h}$.

13.6. Секундарни таложник

Секундарни таложник чини једну велику целину у биолошком пречишћавању са аерационим базенима (слика 32.). Прави се као радијални базен са централним доводом и периферним преливом воде.



Слика 32. Секундарни таложник

У овом процесу постиже се издвајање муља након аерационог поступка. Муљ се затим:

- Делом поново враћа у процес (рециркулациони муљ);
- Други део који је вишак иде на обраду муља.

У таложнику се исталожени муљ скупља помоћу скрепера у концентратор муља, који је смештен испод централног цилиндра за расподелу воде. Дубина ових базена пожељно је да буде 3 m.

За димензионисање накнадних таложника уважавају се два услова:

1. Да оптерећење површине накнадног таложника сувом материјом активног муља буде

$$B_p = 2.5 \text{ kgSM/m}^2\text{h}$$

2. Да хидрауличко оптерећење површине базена буде:

$$\max P_{FQ} = 1.2 \text{ m/h } (20 \div 30 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{dan})$$

Потребна површина накнадног таложника износи:

$$F = \frac{400 \cdot 3.60 \cdot 3.30 \text{ kgSM/m}^3}{2.5 \text{ kgSM/m}^2 \text{ h}}$$

$$F = 1900 \text{ m}^2$$

Специфично хидрауличко оптерећење:

$$\frac{400 \cdot 3600}{1900} = 0.75 \text{ m/h} < 1.2 \text{ m/h}$$

Усвајају се димензионално исти таложници као и примарни, с тим што се у свакој фази изграђују по два.

Димензије овог таложника су:

$$D=30 \text{ m}$$

$$F=706 \text{ m}^2$$

$$V=1482 \text{ m}^3$$

$$T_{\min} = \frac{4 \cdot 1482}{3.6} = 2.6 \text{ h} = 2 \text{ h } 40'$$

$$T_{\text{sr}} = \frac{4 \cdot 1482}{400 \cdot 3.6} = 4 \text{ h}$$

13.7. Рециклажа муља

Биолошки муљ кога треба рециркулисати, треба довести на чело аерационих базена. Овај процес се постиже пумпањем тако да део муља иде у аерациони базен док ће се вишак муља, накнадним црпљењем водити на згрушњивач.

Концентрација суве материје муља која ће се исталожити у секундарном таложнику срачунава се на основу једначине равнотежног стања:

$$(q_v + q_r) \cdot C_A = q_r \cdot C_r$$

где су:

q_v – доток сирове воде у аерациони базен,

q_r – доток рецикулационог муља из секундарног таложника,

C_A – концентрација суве масе која долази у секундарни таложник,

C_r – концентрација суве масе муља у секундарном таложнику,

Утврђени коефицијент рецикулације је 100%.

$$\frac{q_r - C_A}{q_v - C_r - C_A} = 1$$

$$C_r = C_A \cdot \left(\frac{q_v}{q_r} + 1 \right) = 2 \cdot C_A = 2 \cdot 3.3 \text{ kgSM/m}^3 = 6.6 \text{ kgSM/m}^3$$

Специфична продукција муља се оцењује на 0.80 kgSM/kgBPK₅. У секундарном таложнику се исталожи у току дана вишак муља следеће запремине:

У првој фази, рачунајући ефикасност биоаерације од 90%:

$1365 \text{ kgBPK}_5/\text{dan} \cdot 0.90 \cdot 0.80 \text{ kgSM/kgBPK}_5 \cdot \frac{1}{6.6 \text{ kgSM/m}^3}$, добија се количина муља од 148 m³/dan, а у другој фази 296 m³/dan.

Укупна количина муља у првој фази рачунајући и примарни муљ од 50 m³/dan, је у првој фази 198 m³/dan, а у другој фази 396 m³/dan.

Повратни муљ који је у рецикулацији у првој фази је 200 l/s концентрације 6.6 kgSM/m³.

13. 8. Дезинфекција ефлуента

Запремина базена за хлорисање се обично усваја да омогући контактено време воде и хлора бар од 10 минута, у часу максималног дотока, или 30 минута за меродавни проток отпадне воде.

Запремина базена је:

$$V = 400 \cdot 30 \cdot 60 = 720 \text{ m}^3$$

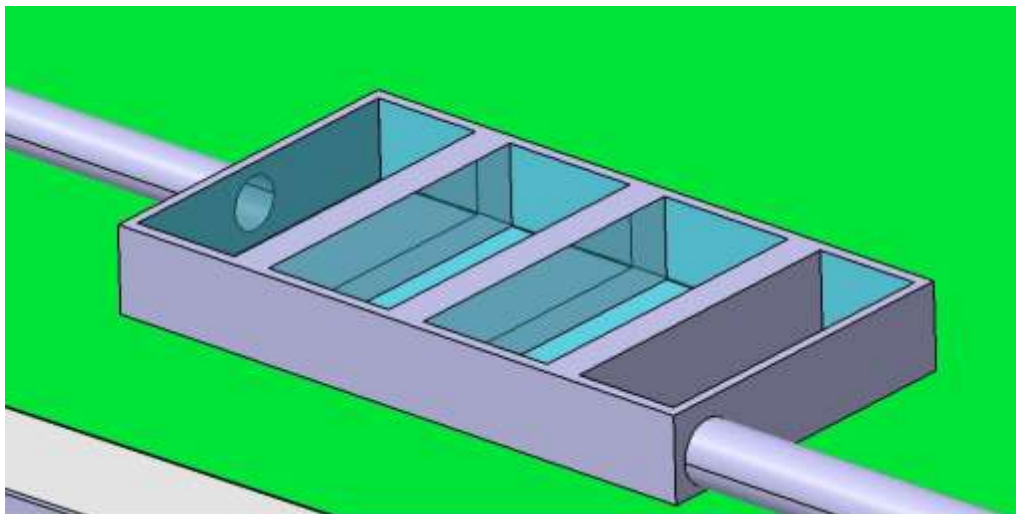
Контактено време за максималну количину воде је:

$$T = \frac{720}{0.80 \cdot 60} = 15 \text{ мин}$$

За сваку фазу се усваја по један контактни базен запремине 360 m³.

Просечна потрошња хлора за дезинфекцију отпадних вода је од 10 g/m³. Потребне количине хлора у првој фази су 172 g/m³, а у другој фази 344 g/m³.

Да би се постигло што боље мешање воде и хлора у базенима поставиће се попречне шикане на размаку од 2 m (слика 33.).



Слика 33. Базен за хлорисање

13.9. Обрада муља

Један од најстаријих поступака, који се примењује за дисперзију муља су анаеробна трулишта и поља за сушење муља. Доста постројења користе овај поступак, али за овај поступак је потребан знатан простор и одговарајућа удаљеност од насеља. Овако добијен муљ могуће је користити за пољопривредне потребе.

У почетној фази обраде муља обавља се његова стабилизација аеробним или анаеробним поступком, а затим дехидратација хемијским, термичким или неким механичким поступком. Пре почетка обраде муља потребно је његову запремину свести на минимум. У већим постројењима се из тог разлога предвиђају декантација (згрушавање) муља са или без додавања хемикалија, пре његове стабилизације и дехидратације.

Као идејно решење предлаже се:

- Да се у првој фази обрада муља врши аерисаним поступком тако што ће се користити базени који су предвиђени за другу фазу;
- Да се у другој фази изграде комплетна трулишта (дигестори) и угради опрема за коришћење гаса за грејање муља.

13.9.1. Количина и квалитет муља

У усвојеном процесу пречишћења отпадних вода, муљ се произукује на два места:

- У примарном таложнику (на почетку процеса пречишћавања);
- Секундарном таложнику (након биоаерације).

Ове две врсте муља су различитог карактера, међутим пролазе кроз исти процес за њихов третман.

Примарни муљ је концентрисанији и са мањим процесом воде, док активни муљ има велику количину воде и врло је лепљив.

Количина примарног муља у првој фази:

$$25.000 \text{ E.st.} \cdot 1.87 \text{ l/st.dan} = 121 \text{ m}^3/\text{dan}$$

Количина примарног муља -коначна фаза:

$$25.000 \text{ E.st.} \cdot 1.87 \text{ l/st.dan} = 121 \text{ m}^3/\text{dan}$$

Количина примарног муља - коначна фаза:

$$50.000 \text{ E.st.} \cdot 1.87 \text{ l/st.dan} = 60 \text{ m}^3/\text{dan}$$

Вишак активног муља:

$$\text{Прва фаза: } 148 \text{ m}^3/\text{dan}$$

$$\text{Коначна фаза: } 296 \text{ m}^3/\text{dan}$$

Укупна количина муља:

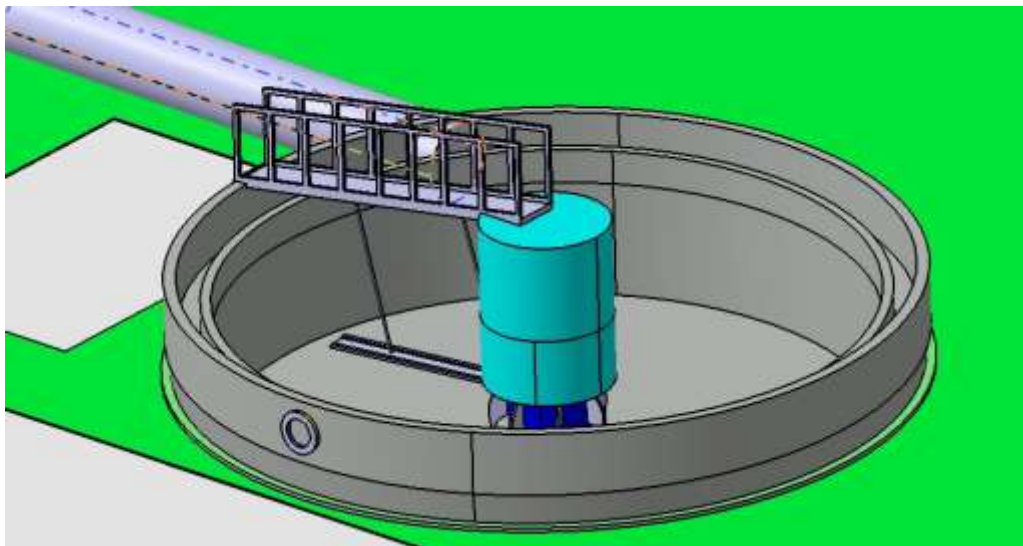
$$\text{Прва фаза: } 198 \text{ m}^3/\text{dan}$$

$$\text{Коначна фаза: } 396 \text{ m}^3/\text{dan}$$

Садржај суспендованих материја у муљу из примарног таложника је између 4% и 5%, а у активном муљу 0.5 % до 1%. Уобичајен садржај воде у помешаном муљу износи око 98.5%.

13.9.2. Згрушавање муља

Прва фаза обраде муља је његово згрушавање (угушћивање). У процесима прераде отпадних вода са активним муљем вишак муља, који иде на посебан третман садржи велики проценат воде (98.5%÷99.5%). Ова фаза прераде муља се спроводи преко специјалних таложника-декантатора или згушњивача (слика 34.).



Слика 34. Згушњивач муља

Декантатори могу бити са континуалним или дисконтинуалним током муља и механичким згртачем. Они се израђују да буду кружног облика са просечном дубином од 3 до 4 m.

Згушњавањем је могуће смањити садржај воде у муљу на 90% - 94%.

За згушњавање муља у згушњивачима, потребна запремина ће бити:

У првој фази: 280 m^3

У другој фази: 560 m^3

Усваја се по један згушњивач у свакој фази следећих димензија:

Пречник - 10 m

Површина - 80 m^2

Средња висина - 3.5 m

Запремина - 280 m^3

Да би одредили ефекат згушњавања потребно је одредити концентрацију суве масе након згушњавања муља и одвођење вишка воде.

Познате су карактеристике муља из примарног таложника ($Q_I' = 50 \text{ m}^3/\text{dan}$; $C_p = 43 \text{ kgSM}/\text{m}^3$). Такође су познати подаци из секундарног таложника ($Q_I'' = 148 \text{ m}^3/\text{dan}$; $C_r = 6.6 \text{ kgSM}/\text{m}^3$). Када се ова два муља помешају пре уласка у стабилизациони базен, имају следеће карактеристике:

$$Q_I = Q_I' + Q_I'' = 50 + 148 = 198 \text{ m}^3/\text{dan}$$

$$C_{AB} = \frac{Q_I' \cdot C_P + Q_I'' \cdot C_r}{(1\%)Q_I} = 15.7 \text{ kg/m}^3$$

Ефекат рада згушњивача се процењује да ће бити такав да ће се проценат суве масе од 1.5% подићи на нови од 5%. Дакле, из згушњивача излази следећа количина муља:

Прва фаза: $62 \text{ m}^3/\text{dan}$

Друга фаза: $124 \text{ m}^3/\text{dan}$.

13.9.3. Дехидратација муља

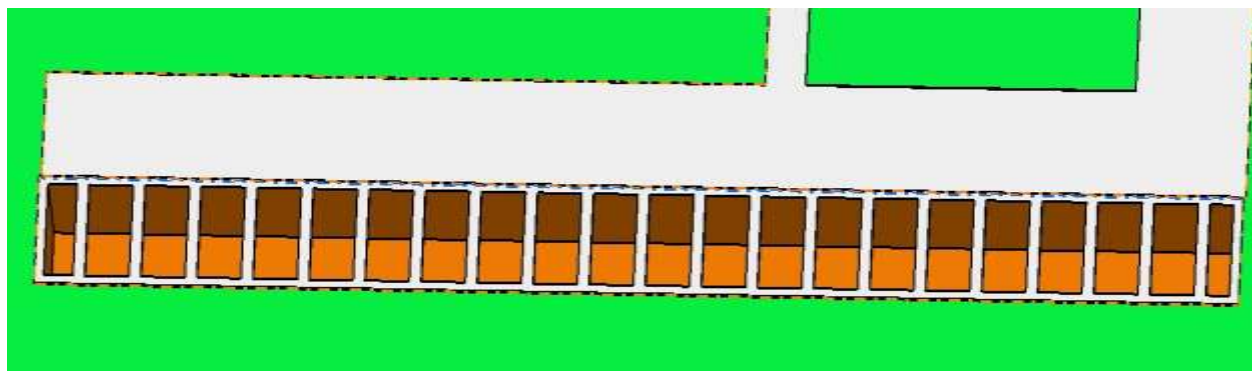
Дехидратација муља може се обављати на два начина и тона:

- Пољима за сушење муља,
- Механичком дехидратацијом муља.

Поља за сушење муља

Поља за сушење муља се користе за дехидратацију муља путем евапорације и процеђивања пре његове даље диспозиције у пољопривреди или одлагања на депонији (слика 35.).

Површина за сушење муља дели се у појединачна поља ширине 4-6 m, а дужине од 30 m. Горњи слој поља, дебљине од 5-20 cm је песак $d=0.3-1.2 \text{ mm}$, а доњи део дебљине 20-40 cm, грануларни шљунак од 5-26 mm. Дуж средине, по дну, полажу се дренажне цеви у паду од 1% којима се одводи сакупљена дренажна вода и одводисе на почетак процеса пречишћавање. Наношење муља у току године врши се у зависности од климатских услова, просечно 4 пута са висином око 20 cm. Концентрација суве масе у муљу после сушења од 2÷6 недеља достиже и до 40%. Чишћење се најчешће обавља ручно уз утовар на транспортна средства.



Слика 35. Поља за сушење муља

Потребна запремина у пољима за сушење долазног муља после згушњавања је:

У првој фази: $V_I = 62 \text{ m}^3/\text{dan} \cdot 28 \text{ dana} = 1736 \text{ m}^3$

У другој фази: $V_{II} = 124 \text{ m}^3/\text{dan} \cdot 28 \text{ dana} = 3472 \text{ m}^3$

Потребна површина поља за слој муља од 25 cm:

Прва фаза: $1736 \text{ m}^3 : 0.25 = 6944 \text{ m}^2$

Друга фаза: $3472 \text{ m}^3 : 0.25 = 13888 \text{ m}^2$

Механичка дехидратација муља

Постоје различите врсте механичке дехидратацију муља у циљу смањења његове влажности односно запремине, од којих се најчешће користе:

- Вакуум филтери,
- Филтер пресе,
- Центрифуге.

Ако се примењује вакуум филтер и филтер пресе постиже се издвајање целокупне количине чврстих састојака из муља.

Недостатак коришћења центрифуге је што се не може издвојити целокупна количина чврстих састојака из муља, тако да остаје знатна количина истих у води која се издваја.

Да би се постигла што боља ефикасност дехидратације, код примене вакуум филтера и филтер пресе се по правилу претходно додају средства за флокулацију, чија количина зависи од карактеристика муља. При томе се постиже редукција садржаја воде у муљу у следећим границама:

Вакуум филтер: 70%-75%

Филтер пресе: 50%-70%, при чему се одговарајућа запремина муља редукује у следећим границама:

Вакуум филтер: $0.15\text{-}0.20 \text{ m}^3 / \text{m}^3$

Филтер пресе: $0.10\text{-}0.15 \text{ m}^3 / \text{m}^3$

Ако се не примењује флотација могуће је смањити садржај воде на око 80%, односно може се остварити редукција запремине муља од $0.30 \text{ m}^3 / \text{m}^3$.

Количина муља после згушњавања је:

Прва фаза: $62 \text{ m}^3/\text{dan}$

Друга фаза: $124 \text{ m}^3/\text{dan}$

А) укупна запремина дехидратисаног муља уз додатак флокуланата

А.1) вакуум филтер (усвојено $0.20 \text{ m}^3/\text{m}^3$)

Прва фаза: $12.4 \text{ m}^3/\text{dan}$

Друга фаза: $24.8 \text{ m}^3/\text{dan}$

А.2) филтер преса (усвојено $0.15 \text{ m}^3/\text{m}^3$)

Прва фаза: $9.3 \text{ m}^3/\text{dan}$

Друга фаза: $18.6 \text{ m}^3/\text{dan}$

Б) дехидратација без дотока флокуланата (усвојено $0.30 \text{ m}^3/\text{m}^3$)

Прва фаза: $18.6 \text{ m}^3/\text{dan}$

Друга фаза: $37.2 \text{ m}^3/\text{dan}$

После дехидратације, муљ се одлаже на депонију, а након тога се одлаже на градску депонију. Висина муља на депонији пре одлагања на градску депонију износи око 1-3 m, време задржавања на тој депонији је 2-3 месеца.

Закључак

Проблем отпадних вода, њиховог пречишћавања и упуштања у водотоке као главне реципијенте није решен на адекватан начин на целој територији Расинског округа. Системи канализационих мрежа су уређени једино на територијама општинских центара, а само делимично у приградским насељима, док у сеоским насељима овај проблем уопште није решен.

Постојање канализационе мреже је свакако основни предуслов за уређено одвођење отпадних вода, али велики проблем представља чињеница да све те воде, фекалне, индустријске и атмосферске, одлазе директно у водотоке потпуно непречишћене.

Проблем отпадних вода и у општини Трстеник није решен на адекватан начин. Канализациона мрежа постоји само у општинском центру, па су планиране следеће активности у будућности:

- ширење канализационе мреже и изградња постројења за пречишћавање отпадних вода (ППОВ) за општински центар са насељима Чаири, Грабовац, Богдање, Осаоница, Озаци и Горњи Рибник;
- изградња канализационе мреже са ППОВ за насеља: Стопања, Бресно Поље, Стари Трстеник, Тоболац, Округлица и Горња Омашница;
- изградња канализационе мреже са ППОВ за насеља: Доњи Рибник, Почековина, Лопаш, Камењача и Доња Црнишава,
- изградња канализационе мреже са ППОВ за насеља: Селиште, Велика Дренова, Страгари и Милутовац;
- изградња канализационе мреже са ППОВ за насеља Медвеђа и Рујишник;
- изградња канализационе мреже са ППОВ за насеља Дубље и Попина

У удаљеним брдским селима, мале густине насељености, где није могуће формирати канализационе системе, требало би градити непропусне санитарно-хигијенске септичке јаме.

Такође је могуће изградити веће септичке јаме за више домаћинства, која се налазе у непосредној близини. Посебну пажњу би требало обратити на отпадне воде са сточних фарми и из кланица, јер ове воде захтевају значајно пречишћавање пре упуштања у систем.

Литература

- [1] Шуштершич В., *Технологије и постројења у припреми воде за пиће и третману отпадних вода*, Факултет инжењерских наука, Крагујевац 2014.
- [2] Милошевић А., Загађење вода, Уводни принципи заштите животне средине, Висока техничка школа струковних студија, Ниш, (<http://vtsnis.edu.rs/wp-content/plugins/vts-predmeti/uploads/Zagaenje%20voda.pdf>) приступљено датума: 27.01.2020.
- [3] Линк: <https://www.ozonpress.net/drustvo/joj-moravo-izvori-zagadjenja-zapadne-morave/> Приступљено датума: 20.01.2020.
- [4] Шуштершич В., Третман отпадних вода – презентација 5, Факултет инжењерских наука, Крагујевац 2019.
(http://moodle.fink.rs/pluginfile.php/18523/mod_resource/content/0/TRETMAN_OTPADNIH_VODA_-5_predavanje.pdf) приступљено датума: 27.01.2020.
- [5] Линк: <https://www.ekogea.org/Problem%20otpadnih%20voda%20u%20poljoprivredi.html>, приступљено датума: 20.01.2020.
- [6] Линк: <https://edu.glogster.com/glog/izvori-zagadjenja-vode/2e2xi3dlehs>, приступљено датума: 06.02.2020.
- [7] Линк: <https://www.ag-metal.net/otp-vode> Приступљено датума: 06.02.2020.
- [8] Линк: <http://vodoservice.com/otpadne-vode/> Приступљено датума: 15.02.2020.
- [9] Продановић Д., Ђукић А., Одвођење атмосферских вода у градским подручјима, Сајам опреме и технологије за водопривреду, 18-23. Новембар 2013, Београд,
(http://hikom.grf.bg.ac.rs/stari-sajt/web_stranice/KatZaHidr/NaucniProjekti/2011-2014/37010/Dokumenta/2013-11-19-DProdanovic-ADjukic-SajamVoda.pdf) Приступљено датума: 20.01.2020.
- [10] Линк: <https://www.ekogea.org/Problem%20otpadnih%20voda%20u%20poljoprivredi.html> Приступљено датума: 20.01.2020.
- [11] Линк: <https://express.24sata.hr/znanost/bez-precizne-poljoprivrede-nece-biti-hrane-za-sve-16589>, Приступљено датума: 23.01.2020.
- [12] Вељковић Н., Видојевић Д., Јовичић М., Утицаји загађујућих материја из урбаних отпадних вода на животну средину и здравље, Међународна конференција „Отпадне воде, комунални чврсти отпад и опасан отпад“, Удружење за технологију воде и санитарно инжењерство, 29.март – 1.април 2010, Суботица

[13] Kalajdžić A., Rakić R., Dolova A., Monitoring i zaštita vodenih resursa u sistemu kvaliteta, I International Conference Ecological Safety in Post-modern Environment, jun 2009., Banja Luka

[14] Пајчин М, Вода као ресурс будућности, Факултет техничких наука, Чачак,
(http://www.ftn.kg.ac.rs/download/SIR/SIR%20Milica%20Pejcin%20804_2013.pdf)
приступљено датума: 29.01.2020.

[15] Линк: <http://www.deltainzenjering.rs/zastita-zivotne-sredine/> приступљено датума: 09.01.2020.

[16] Линк: <https://zastitaotpadnihvoda.wordpress.com/karakteristike-otpadnih-voda-2/>
Приступљено датума: 09.01.2020.

[17] Параметри квалитета отпадних вода, методе одређивања, (https://tf.unibl.org/wp-content/uploads/2017/09/materijal_za_kolokvij.pdf) приступљено датума: 15.01.2020.

[18] Линк:
<http://nasport.pmf.ni.ac.rs/materijali/1032/8.%20Osnovni%20pokazatelji%20kvaliteta%20voda.pdf>
преузето датума: 14.01.2020.

[19] Линк: <https://www.deccanherald.com/city/bengaluru-infrastructure/3000-homes-get-dirty-foul-smelling-water-731898.html> Приступљено датума: 15.01.2020.

[20] Линк:
<https://www.grf.bg.ac.rs/~vladana/files/Organske%20materije%20Jelena%20Todorovic.pdf>
Преузето датума: 15.01.2020.

[21] Линк: https://www.mfkv.kg.ac.rs/index.php/dokumenti/doc_download/221-predavanja-1
Преузето датума: 23.01.2020.

[22] Тушар Б, Уређаји за прочишћавање, Хрватска водопривреда, 169-170.
<https://www.pmf.unizg.hr/images/50017753/uredjaji%201.pdf> Преузето датума: 23.01.2020.

[23] Линк: <http://tehnikaplast.com/resetke-za-tretman-voda/> Приступљено датума: 24.01.2020.

[24] Рончевић С, Прелиминарни и примарни третман отпадних вода, Waterworkshop, 2-5 септембар 2014, Нови Сад
(<http://www.waterworkshop.pmf.uns.ac.rs/radionice/ww2014/cetvrtak/04%20Roncevic%20ww2014.pdf>) приступљено датума: 15.01.2020.

[25] Линк: <https://hydrocyclone.com/faq.htm> Приступљено датума: 15.01.2020.

- [26] Begić S., Mičić V., Petrović Z., Manjenčić D., Biološki tretman fenolne otpadne vode, 30 Processing, 161-168 (<https://izdanja.smeits.rs/index.php/ptk/article/download/2601/2639/>)
Приступљено датума: 07.07.2020.
- [27] Линк: <https://zivotnasredina.weebly.com/voda.html> Приступљено датума: 15.01.2020.
- [28] Линк: <https://www.green-group.rs/index.php?r=1922> Приступљено датума: 15.01.2020.
- [29] Линк: http://www.metalelektrik.co.rs/representation_022_das.htm Приступљено датума: 24.01.2020.
- [30] Томашевић Пилиповић Л., Хемијске методе пречишћавања отпадних вода, Waterworkshop, 18-20 септембар 2019.
(http://www.waterworkshop.pmf.uns.ac.rs/dokumenti/ww2019/predavanja/cetvrtak/04_Tomasevic%20procesi.pdf) приступљено датума: 24.01.2020.
- [31] Повреновић Д., Павићевић В., Вељковић Н., Третман вода на руралном подручју, Научно-стручни скуп Водоснабдевање становника брдско-планинских предела, 4. Октобар 2016, САНУ
<http://www.sepa.gov.rs/download/prezentacije/2016/TretmanVodaNaRuralnomPodrucju.pdf>
Приступљено датума: 24.01.2020.
- [32] Линк: <http://www.trstenik.rs/index.php/pocetnastrana> Приступљено датума: 24.01.2020.