

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Дејана М. Крушкоња

**Технике пречишћавања отпадних вода које
се јављају у технолошком процесу
производње алкохолних пића
Мастер рад**

Крагујевац, 2021.



Назив студијског програма: Инжењерство заштите животне средине

Ниво студија: Мастер академске студије

Предмет: Инжењерство заштите животне средине

Број индекса: 379/2020

Дејана М. Крушкоња

**Технике пречишћавања отпадних вода које
се јављају у технолошком процесу
производње алкохолних пића
Мастер рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. проф. др Вања Шуштершич - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да проучи производне процесе и опише поступке третмана отпадних вода, са посебним освртом на токове настанка отпадних вода у индустрији алкохолних пића (индустрија вина, пива,...), као и начине њихове елиминације и могућности евентуалне поновне употребе. Такође, неопходно је приказати примере добре праксе третмана отпадних вода у индустрији пића у свету и код нас (са аспекта потрошње воде, енергије, настанка отпадних вода...), и на основу приказаних решења дати предлог примене одређених технологија (на пример могућност добијања биогаса).

Препоручена литература:

- [1] Jaiyeola AT, Bwapwa JK. Treatment technology for brewery wastewater in a water-scarce country: A review. S Afr J Sci. 2016; 112(3/4), 8 pages. <http://dx.doi.org/10.17159/sajs.2016/20150069>
- [2] Wastewater treatment technologies – A basic guide, Water Research Commission, WRC Report No. TT 651/15, ISBN 978-1-4312-0725-1
- [3] Nikolić J., Aleksić N., Šušteršič, V., Gordić, D. Analiza isplativosti ugradnje UASB digestora za tretman otpadnih voda u pivari – studija slučaja pivare u Republici Srbiji, Traktori i pogonske mašine, Vol.25. No.3/4. p.76-82, 2020.

Крагујевац, 26.02.2021.

Ментор:
Др Вања Шуштершич, ред. проф.

Резиме

Процесом припреме алкохолних пића (пива, вина...) често се стварају велике количине отпадних вода и чврстог отпада који се морају одложити или третирати на најјефтинији и најсигурнији начин како би се задовољили строги прописи о испуштању отпадних вода, а који су утврђени од стране владиних органа ради очувања животне средине. Опште је процењено да је за производњу једног литра пива потребно око десет литара воде, док је за један литар вина потребно око 5 литара воде. Вода се поред процеса производње користи и у процесима припреме, испирања, хлађења, чишћења итд. На тај начин се стварају огромне количине отпадних вода које се морају одложити или безбедно третирати за поновну употребу. Ови процеси третирања отпадних вода су често скупи, зато индустрије настоје да пронађу начин за смањење потрошње воде током процеса производње пића и да сигурно третирају отпадне воде за поновну употребу.

Циљ рада је да се прикажу најбоље технике пречишћавања отпадних вода у индустрији алкохолних пића. У раду ће се, поред наведених техника, наћи и примери добре праксе примене неке од техника.

Кључне речи: вода, отпадне воде, индустрија алкохолних пића, технике пречишћавања отпадних вода, поновна употреба

Summary

The process of preparation of alcoholic beverages (beer, wine ...) often generates large amounts of wastewater and solid waste that must be disposed of or treated in the cheapest and safest way to meet strict regulations on wastewater discharge, established by government authorities to preserve environment. It is generally estimated that one liter of beer requires about ten liters of water, while one liter of wine requires about 5 liters of water. In addition to the production process, water is also used in the processes of preparation, rinsing, cooling, cleaning etc. These processes create huge amounts of wastewater that must be disposed of or safely treated for reuse. These wastewater treatment processes are often expensive, so industries are trying to find a way to reduce water consumption during the beverage production process and to find the best way to treat wastewater for reuse.

The aim of this paper is to present the best wastewater treatment techniques in the alcoholic beverage industry. In addition to the mentioned techniques, good examples of the application of some of the techniques will be given in this paper.

Keywords: water, wastewater, alcoholic beverage industry, wastewater treatment techniques, reuse

Садржај

Увод	1
1. Вода и отпадне воде	3
1.1. Отпадне воде у свету	5
1.2. Отпадне воде у Европи	8
1.3. Отпадне воде у Републици Србији	17
2. Технике пречишћавања отпадних вода	22
2.1. Примарно пречишћавање	23
2.1.1. Механички третман	24
2.1.2. Физичко-хемијски третман	28
2.2. Секундарно пречишћавање	31
2.2.1. Аеробни процеси	32
2.2.2. Анаеробни процеси	33
2.3. Терцијарно пречишћавање	34
3. Пиварска индустрија	35
3.1. Процес прављења пива	35
3.1.1. Припремање сладовине	37
3.1.2. Процес врења	39
3.2. Конвенционалне методе пречишћавања отпадних вода из пивара	42
3.3. Пречишћавање отпадних вода пивара за поновну употребу	47
3.4. Добар пример праксе третмана отпадних вода у Србији	49
3.5. Добар пример праксе третмана отпадних вода у свету	49
4. Индустрија вина	52
4.1. Производња вина	52
4.2. Технике пречишћавања отпадних вода у индустрији вина	56
4.3. Добар пример праксе третмана отпадних вода у свету	66
Закључак	69
Литература	70

Увод

Животна средина представља један од главних сегмената у животу човека, па се тако, нарушавањем њеног квалитета, нарушава се и квалитет живота људи. Човек, свесно или несвесно, својим досадашњим начином живота уништава животну средину. Пре индустријске и технолошке револуције, однос човека према околини био је усмерен човековом прилагођавању природи и животу у хармонији са њом. Међутим, пост индустријски развој и урбанизација проузроковали су многе последице као што су исцрпљивање природних ресурса као и неправилно управљање отпадним водама који настају као резултат човекових активности, што је допринело нарушавању и загађењу природног окружења, и довело у питање опстанак човека на Земљи [1-3].

Како број људи на неком ограниченом подручју расте, расту и разлози нарушавања животне средине. Такође, не треба заборавити на све већи утицај урбанизације, односно квалитативних промена начина живота. Данашња стопа пораста становништва је 1,09 % на годишњем нивоу, а свој врхунац је достигла крајем шездесетих година прошлог века, када је износила чак 2 %. Без обзира на величину и степен развијености државе, сви градови се сусрећу са истим проблемима, а то су пренасељеност земље, недостатак основних животних потреба, хране и воде за пиће, места за становање, повећана је експлоатација природних ресурса, све је веће сиромаштво, загађеност, деградација животне средине, количине отпада, и многи други проблеми [3].

Негативни ефекти повећања глобалне популације, утицаји климатских промена и начина живота врше све већи притисак на наше виталне водне ресурсе што доводи до широког воденог стреса у многим земљама. Као резултат, расте свест о хитној потреби за очувањем воде. Вода је од суштинског значаја за живот јер у великој мери утиче на јавно здравље и животни стандард. Када се говори о заштити животне средине, велики проблем могу представљати и отпадне воде које се не третирају на исправан начин. Отпадне воде су загађене раствореним и нераствореним органским и неорганским материјама, и микроорганизмима. У Републици Србији се о отпадним водама мало води рачуна, што говори податак да се отпадне воде са сточних фарми, у великом броју развијених земаља, обично поново враћају на њиве, односно користе се за наводњавање, док у Србији то није случај, јер се ове воде углавном испуштају у водотокове и то најчешће, углавном нетретиране, доводећи до додатних штета по животну средину [4].

Како би се омогућио даљи напредак људске популације, неопходно је усвајање и примењивање концепта одрживог развоја, чија је основна идеја задовољавање потреба данашњих генерација, без ускраћивања могућности наредним генерацијама да задовоље своје потребе. У свету постоји велики број држава које проблем угрожавања животне средине решавају на врло ефикасан и успешан начин. Међутим, постоје и оне где тај проблем није адекватно решен и које у будућности захтевају велике кораке и решења за достизање одређених услова који су потребни за одржавање оптималних услова животне средине. Европска унија спроводи политику заштите животне средине од 1972. године, чији је циљ да до 2050. године обезбеди здрав живот људима. Како би постигла овај циљ, Европска унија тежи да се креће ка економији која користи ниске емисије угљеника, очувању биолошке разноликости и заштити здравља људи кроз законодавство о квалитету ваздуха, хемикалија, климе, природе, отпада и воде [2, 5].

У оквиру мастер рада представљени су прикупљени подаци из сектора пречишћавања отпадних вода које се јављају у технолошком процесу производње алкохолних пића, на основу којих су анализиране најбоље технике пречишћавања пре свега у индустрији вина

и пива. Дат је кратак осврт о водама и стању отпадних вода у свету, Европи и код нас при чему су назначени основни статистички подаци. Затим су наведене најзначајније технике пречишћавања отпадних вода, описан је механизам рада истих као и начини елиминације отпадних вода и могућности евентуалне поновне употребе. Као главна сврха овог рада, представљена је анализа сакупљених података и приказ најбољих техника пречишћавања отпадних вода у пиварској и винској индустрији као и најбољи примери примене неких од техника како у свету, тако и у Србији. На самом крају мастер рада дат је закључак, као и списак литературе која је коришћена при изради овог рада.

1. Вода и отпадне воде

Земља је једина позната планета у овом универзуму где је живот могућ само због постојања воде и кисеоника. Вода је неопходна за људски живот, природу и привреду. Повезана са готово свим циљевима одрживог развоја и важна је у сваком аспекту развоја; подржава здраве екосистеме, покреће економски раст и од суштинске је важности за сам живот. Може се јавити као гас (водена пара и пара), течност (вода) и чврста супстанца (лед) (слика 1) [6].



Слика 1. Агрегатна стања воде [6]

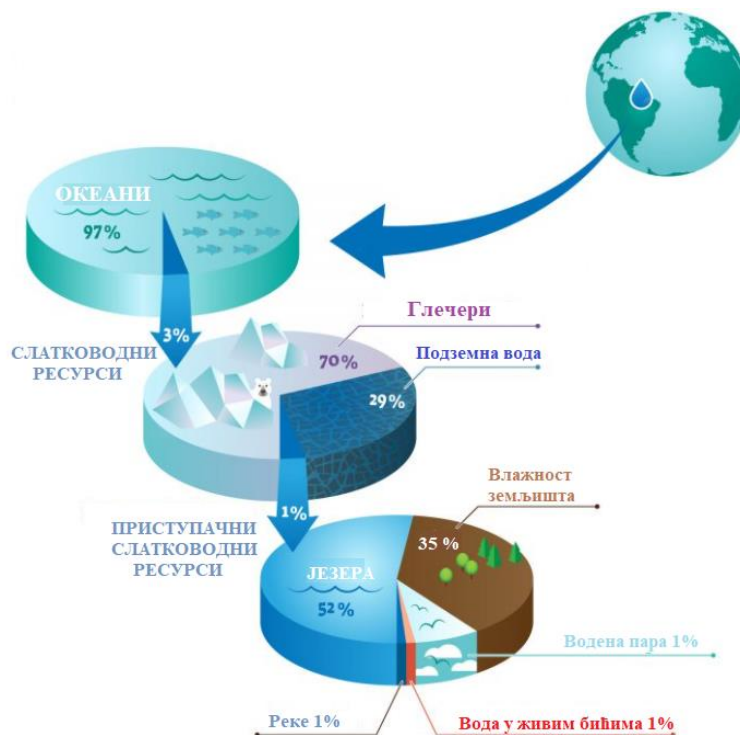
Сунчева топлота узрокује испаравање воде; формира масе у атмосфери у облику облака капљица воде које испаравају и спуштају на земљу у облику кише, града или снежних падавина и омогућавају наставак живота. Биљке упијају воду из тла и транспирацијом испуштају одређени део назад у атмосферу. Ова појава се назива водени циклус. Једна од главних карактеристика која разликује наш свет од осталих планета је та што садржи воду. Вода је била најважнији фактор у формирању цивилизација у историји и најважнија тачка која одређује стамбена подручја. Водени ресурси у свету налазе се у ваздуху, мору, земљи, рекама, језерима и океанима. Док се вода у ваздуху креће између земље и атмосфере као резултат хидролошког циклуса, вода на копну је у облику подземних вода. Три четвртине нашег света прекривено је водом, а људско тело углавном чини вода. Вода има витални значај за сва жива бића и неке од главних функција у људском телу могу се сажети на следећи начин: то је биолошки растварач који обезбеђује и транспорт и растварање витамина и минерала у телу; важна је у регулисању телесне температуре; олакшава рад бубрега и других органа; игра основну улогу у влажењу коже, уклањању токсина и чишћењу тела; подржава претварање хранљивих састојака унетих у тело у енергију и такође помаже апсорпцији хранљивих састојака; вода је такође главни састојак угљених хидрата, масти и протеина у људском телу. Уз све ово, вода има важно место у обављању многих виталних активности као што су циркулација, излучивање и размножавање, 80-90 % наше крви и 75 % наших мишића чини вода [7].

Познато је да се потрошња воде повећала седам пута у прошлом веку. Водни ресурси су један од природних ресурса који су изузетно важни за сваку државу. Да би се земља могла сматрати богатом водом, годишња количина воде по становнику мора бити најмање $8.000-10.000 \text{ m}^3$. Водни ресурси стварају станишта за различите чланове флоре и фауне, значајно доприносе хидролошким и хемијским циклусима, и упркос свим овим предностима, водни ресурси су међу најугроженијим екосистемима.

Погоршање природног састава водних ресурса назива се загађењем воде због чињенице да се супстанце у природном саставу водних ресурса (потоци, подземне воде, језера, мора...) уздижу изнад вредности идеалне концентрације као резултат људских активности. Вода коју људи пију треба да садржи довољно потребних минерала и треба да буде чиста. Чињеница да један литар отпадне воде загађује осам литара чисте воде и чини је неупотребљивом, боље објашњава у којој мери је природни круг водних ресурса у опасности. Загађење река, језера, подземних вода и мора углавном је узроковано људским активностима, па тако главни загађивачи који се срећу у води су киселине и лужине, детерџенти, отпад из домаћинства и ђубрива, отпад у прехранбеној индустрији, разни гасови, топлота, разни метали, хранљиве материје, уља и дисперзанти, органски токсични отпад, патогени и пестициди. Загађење воде се не задржава само у води, већ наводњавањем прелази у земљиште и са земљишта на биљке, поврће и воће, а овај штетни отпад прелази и на животиње које пију из те загађене воде.

Загађење воде, осим што узрокује смањење количине воде која се користи за пиће, угрожава животе свих живих бића у води, а загађењем воде оштећена је биолошка разноликост у океану, мору, језеру и воденој средини. Водни ресурси су такође хемијски загађени индустријализацијом, пестицидима који се користе у пољопривреди, хемикалијама које се свакодневно користе у пољопривреди и индустрији. Цурења у пољопривреди, дезинфекција, неисправне индустријске инсталације, процедурне воде из подземних резервоара, рударске активности, отпад хемикалија и корозивне воде најчешћи су хемијски загађивачи. Вода загађена хемијским загађивачима транспортује се на различита места кроз хидролошки циклус, претећи здрављу људи. Здрава вода која се пије и користи треба да буде без боје, мириса и укуса; њен хемијски садржај треба да садржи неке основне елементе потребне телу као што су калцијум, магнезијум, натријум; не сме да садржи нитрите, нитрате, органске материје, хемикалије, тешке метале и микроорганизме који изазивају болести. Неко загађење водених ресурса може се препознати по изгледу, међутим, укус, мирис, загађење изазвано микроорганизмима, тешким металима, нитратима, радоном и многим хемикалијама могу се препознати само лабораторијским испитивањима. Из тог разлога, проверу воде за пиће треба редовно спроводити [7].

Иако се стално обнавља, вода представља ограничени ресурс који се не може створити, нити заменити другим. Иако готово 75 % Земље чини вода, данас су многа друштва суочена са несташицом воде и са очекиваним растом становништва, а број људи који осећају недостатак воде постепено ће се повећавати. Отприлике 0,3 % водних ресурса у свету је употребљиво. У океанима се налази чак 97 % од укупне количине воде која се налази на Земљи, али је она превише слана да би је људи могли користити, док је 2 % смрзнуто на северном и јужном полу и налази се у облику у глечера (слика 2) [6].



Слика 2. Водни ресурси на Земљи [6]

Иако се сматра да Европа поседује одговарајуће водене ресурсе, суше и несташнице воде су све учесталије. Готово око 2,1 милијарде људи широм света нема безбедно управљање услугама питке воде, док 4,5 милијарде људи нема безбедно управљање санитарним услугама, а чак 3 милијарде нема ни основне услове за прање руку. Недостаци у приступу водоснабдевању и санитарној заштити, све бројнија популација, све већа варијабилност падавина и загађење комбинују се на многим местима стварајући један од највећих проблема данашњице и будућности – несташницу воде. Дакле, једини начин да се очувају и заштите постојећи водни ресурси јесте рециклажа и поновна употреба отпадних вода. Стога је јасно да државе морају сарађивати и удружити снаге у борби за заштиту водних ресурса целе планете [7-10].

1.1. Отпадне воде у свету

Иако се вода сматра најважнијим извором живота на Земљи, као што је већ поменуто, стандардне санитарне услуге данас нису доступне за 4,5 милијарди људи, а приступ води за пиће нема чак 2,1 милијарди људи у свету. Као резултат, сваке године 361.000 деце испод 5 година умире од дијареје узрокованом недовољно пречишћеном отпадном и загађеном водом. Употреба недовољно третиране отпадне воде повезана је са преношењем болести као што су колера, дизентерија, хепатитис и тифус. Опасности повезане са водом као што су поплаве, олује и суше су одговорне за 9 од 10 природних катастрофа. Климатске промене само повећавају овај ризик и додатно оптерећују залихе воде.

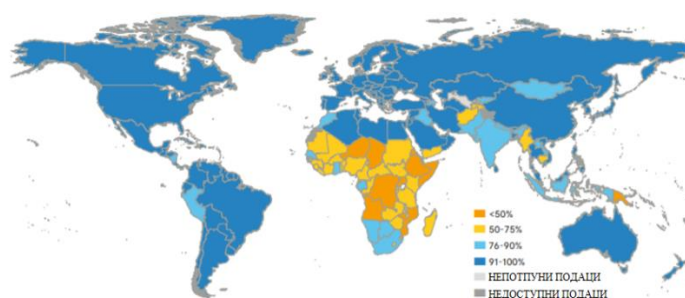
Велики број земаља врши невиђени притисак на водне ресурсе. Глобално становништво брзо расте, а процењено је да ће се са тренутном праксом, свет суочити са 40 % мањка између предвиђене потражње и расположиве залихе воде до 2030. године. Штавише, хидролошка несигурност, хронични недостатак воде и екстремни временски догађаји, као што су поплаве и суше, доживљавају се као неке од највећих претњи

глобалном просперитету и стабилности. До 2050. године, само за снабдевање храном 9 милијарди људи биће потребно повећање пољопривредне производње за 60 % (која данас троши 70 % ресурса) и повећање повлачења воде за 15 %. Поред све веће потражње, ресурса у многим деловима света већ нема. Процене указују да 40 % светске популације живи у подручјима са оскудним резервама воде, а приближно једна четвртина светског БДП-а је изложен овом изазову. До 2025. године око 1,8 милијарди људи живеће у регионима или земљама са апсолутним недостатком воде. Ситуацију ће погоршати климатске промене, променом хидролошких циклуса, чинећи воду непредвидљивијом и повећавајући учесталост и интензитет поплава и суша. Отприлике милијарда људи који живе у монсунским базенима и 500 милиона људи који живе у делтама су посебно у опасности. Штета од поплаве процењује се на 120 милијарди долара годишње (само од имовинске штете), а суше, између осталог, представљају опасност за сиромашне у руралним подручјима.

Фрагментација овог ресурса такође ограничава сигурност воде. Постоји чак 276 прекограничних сликова, који деле 148 земаља, што чини 60 % глобалног тока слатке воде. Слично томе, 300 водоносних система је прекограничне природе, што значи да 2 милијарде људи широм света зависе од подземних вода. Изазови фрагментације често се понављају на националном нивоу, што значи да је потребна сарадња земаља како би се постигла оптимална решења за управљање водним ресурсима и развој за сва приобална подручја. Да би се суочиле са овим сложеним и међусобно повезаним изазовима воде, земље ће морати да побољшају начин управљања својим водним ресурсима и повезаним услугама [10].

Статистички подаци о пијаћој води (слика 3) [11]:

- У 2015. години 71 % светске популације (5,2 милијарде људи) користило је услуге комуналних сервиса везане за пијаћу воду;
- Пијаће воде биле су доступне за 96 земаља (што представља 35 % глобалне популације);
- Једна од три особе (1,9 милијарди људи), која користи пијаћу воду живи у руралним областима;
- Осам од десет особа (5,8 милијарди људи) користиле су изворе воде;
- Три од четири особе (5,4 милијарде људи) користиле су изворе који се налазе у домаћинствима;
- Три од четири особе (5,4 милијарде људи) користиле су изворе без контаминације;
- 844 милиона људи и даље нема приступ основним услугама пијаће воде;
- 263 милиона људи проводи више од пола сата у путу до извора воде;
- 159 милиона људи још увек узима воду директно са површинских извора, од тога 58% је живело у подсахарској Африци;
- Седам од десет особа користило је услуге пијаће воде у 2015. години.

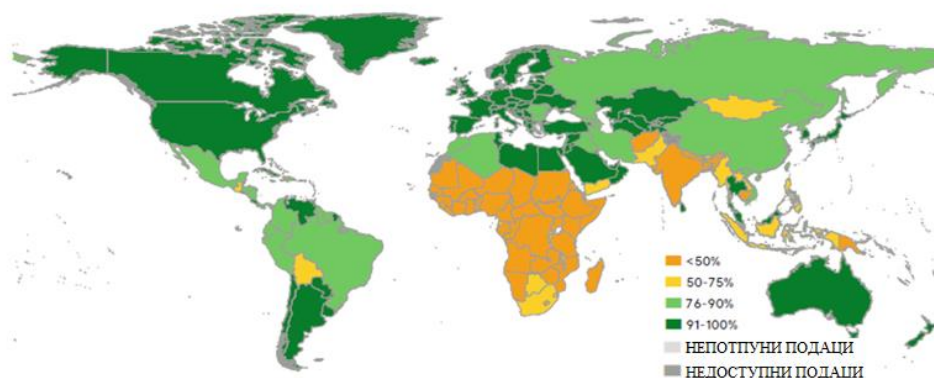


Слика 3. Проценат популације који користи макар основне услуге пијаће воде, 2015 [11]

Статистички подаци о санитарно-комуналним услугама (слика 4) [11]:

- 39 % глобалне популације (2,9 милијарди људи) користило је санитарно-комуналне услуге;
- Санитарно-комуналне услуге биле су доступне за 84 државе (што представља 48 % глобалног становништва);
- Две од четири особе које користе санитарно-комуналне услуге (1,2 милијарде) живе су у руралним срединама;
- 27 % глобалне популације (1,9 милијарди) користило је приватне санитарно-комуналне објекте повезане са канализацијом, из којих су накнадно отпадне воде третиране;
- 13 % глобалне популације (0,9 милијарди) користило је тоалете;
- Доступни подаци нису били довољни да би се извршило глобално процењивање удела популације, који је користио септичке јаме из којих су фекалије третиране на некој другој локацији;
- 68 % глобалне популације (5 милијарди људи) користило је само основне санитарно-комуналне услуге;
- 2,3 милијарде још увек нису имале приступ основним санитарно-комуналним услугама;
- 600 милиона људи користило је ограничене санитарно-комуналне услуге;
- 892 милиона људи у свету још увек обављају основне физиолошке потребе на отвореном.

Две од пет особа су користиле безбедно управљане санитарно-комуналне услуге у 2015. години [11].



Слика 4. Проценат популације који користи макар основне санитарно-комуналне услуге, 2015 [11]

Како би ојачали сигурност воде у условима све веће потражње, несташице воде, растуће неизвесности, већих екстрема и изазова фрагментације, биће неопходно улагање у институционално јачање, управљање информацијама и развој инфраструктуре. Институционални алати попут законског и регулативног оквира, цена воде и подстицаја потребни су за регулисање, бољу алокацију и очување водних ресурса. Информациони системи су потребни за надгледање ресурса, доношење одлука у тренуцима неизвесности, системске анализе и хидрометеоролошке прогнозе и упозорења. Треба истражити улагања у иновативне технологије за повећање продуктивности, очување и заштиту ресурса, рециклирање олујних и отпадних вода и развој неконвенционалних извора воде, поред тражења могућности за побољшано складиштење воде, укључујући пуњење и опоравак водоносника. Осигурање брзог ширења и одговарајуће

прилагођавање или примена ових достигнућа биће кључ за јачање глобалне безбедности вода [10].

1.2 Отпадне воде у Европи

Вода је неопходна за живот, незаменљив је ресурс за економију, а такође игра основну улогу при регулацији климе. Управљање и заштита водних ресурса, екосистема слатке и слане воде и воде коју пијемо и у којој се купамо представља један од темеља заштите животне средине. Због тога је водна политика Европске уније (ЕУ) током последњих 30 година усредсређена на заштиту водних ресурса. Последњи потпун преглед политика дат је у документу под називом „Нацрт за заштиту европских водених ресурса“ из 2012. године, који има за циљ да обезбеди да квалитетна вода, у довољној количини, буде доступна за све легитимне намене. Нешто новији увид нуди пети извештај о примени из 2019. године, Оквирне директиве о водама (2000), централни део законодавства о животној средини који се односи на европске воде.

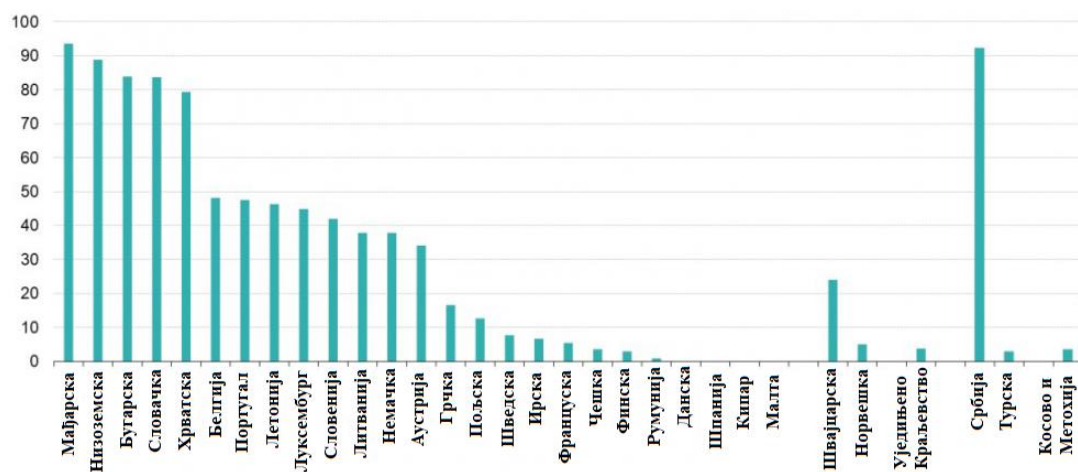
Политика ЕУ успоставила је два главна правна оквира за заштиту и управљање нашим слатководним и морским ресурсима у холистичком приступу заснованом на екосистему, Оквирном директивом о водама (WFD) и Оквирном директивом о морској стратегији (MSFD). Директиве које су такође на снази јесу Директива о заштити подземних вода од загађења и деградације, Директива о квалитету воде намењене за људску потрошњу, Директива о управљању квалитетом воде за купање, Директива о загађивању узрокованом неким опасним материјама испуштеним у водену животну средину, Директива о третману урбаних отпадних вода, Директива о нитратима, Директива ЕУ о поплавама и друге [12-13].

Водни ресурси се односе на слатку воду доступну за употребу и укључују површинске воде (језера, реке и потоци) и подземне воде. Доступност слатке воде у земљи првенствено је одређена климатским условима и прекограничним дотоцима воде (другим речима, спољним приливима). Француска, Шведска и Немачка имају највећу количину слатководних ресурса, са дугорочним годишњим просеком који се кретао између 206.236 и 188.000 милиона m^3 (слика 5). Међутим, међу ЕФТА-ом и земљама кандидатима забележени су већи дугорочни просеци, па тако за Норвешку важи просек од 246.106 милиона m^3 , а Турску 234.300 милиона m^3 . Извори слатке воде по глави становника сматрају се важним показатељем за мерење одрживости водних ресурса. Кад се рашчлане по становништву, водни ресурси већине земаља крећу се између 1.000 и 10.000 m^3 по глави становника, али у земљама богатим водом могу бити и око 20.000 m^3 (Финска и Шведска), 29.000 m^3 (Хрватска) или 46.500 m^3 (Норвешка). Према „Светском извештају о развоју вода“ Уједињених нација, земља доживљава „водени стрес“ када су њени годишњи водни ресурси испод 1.700 m^3 по глави становника; међу државама чланицама ЕУ то је био случај у Пољској, Чешкој, Кипру и Малти (где је забележен најмањи обим водних ресурса, од 178 m^3 по глави становника) [14].

	А. Падавине	Б. Евапотранспирација	Ц. Интерни ток Ц=А-Б	Д. Екстерни ток	Е. Обновљиви извори слатке воде - укупно Е=Ц+Д	Ф. Обновљиви слатководни извори - на 1000 становника
Белгија	28 039	15 757	12 282	11 565	24 032	2.1
Бугарска	73 310	57 252	16 058	83 731	99 789	14.2
Чешка	54 104	38 410	15 694	575	16 260	1.5
Данска	38 485	22 145	16 340	0 ⁽⁸⁾	16 340	2.8
Немачка	278 000	161 000	117 000	71 000	188 000	2.3
Естонија	29 018	:	12 347	:	12 347	9.4
Ирска	87 632	38 308	49 324	3 469	52 793	10.9
Грчка	115 000	55 000	60 000	12 000	72 000	6.7
Шпанија	333 657	226 453	107 204	0	107 204	2.3
Француска	512 563	317 327	195 236	11 000	206 236	3.1
Хрватска	66 625 ⁽⁸⁾	42 095 ⁽⁸⁾	24 529 ⁽⁸⁾	93 782 ⁽⁸⁾	118 312 ⁽⁸⁾	28.8 ⁽⁸⁾
Италија	281 752	147 283	134 469	:	:	:
Кипар	3 030	2 709	321	0	321	0.4
Летонија	43 220	23 573	19 647	16 992	36 639	18.9
Литванија	44 886	31 584	13 854	8 413	22 267	7.9
Луксембург	2 030	1 125	905	739	1 644	2.7
Мађарска	55 707	48 174	7 533	108 897	116 430	11.9
Малта	177	93	85	0	85	0.2
Низоземска	31 618	21 293	10 325	81 500	91 825	5.3
Аустрија	99 800	43 100	56 700	29 300	86 000	9.7
Пољска	195 656	142 772	52 884	7 669	60 553	1.6
Португал	82 164	43 571	38 593	35 000	73 593	7.2
Румунија	154 630	115 432	39 198	366	39 564	2.0
Словенија	31 746	13 150	18 596	13 496	32 092	15.5
Словачка	37 352	24 278	13 074	67 252	80 326	14.8
Финска	222 000	115 000	107 000	3 200	110 000	20.0
Шведска	344 572	164 623	180 474	14 859	195 333	19.3
Норвешка	374 833	141 052	233 781	12 325	246 106	46.5
Швајцарска	61 207	21 382	39 825	12 560	52 385	6.2
Уједињено Краљевство	287 607	127 290	161 369	6 454	172 861	2.6
Србија	57 029	43 714	13 315	158 330	171 644	24.5
Турска	503 100	275 700	227 400	6 900	234 300	2.9
Босна и Херцеговина	55 863 ⁽⁸⁾	25 940 ⁽⁸⁾	29 922 ⁽⁸⁾	2 000 ⁽⁸⁾	:	:
Косово и Метохија	763	478	285	11	296	0.2

Слика 5. Обновљиви извори слатке воде - дугорочни годишњи просек (милион m^3) [14]

Бројне државе примају значајан део својих слатководних ресурса као спољни прилив (слика 6). Међу државама чланицама ЕУ, Мађарска и Холандија имају највећу зависност од прекограничних водних ресурса, јер је дугорочни просек спољног прилива износио 93,5 %, односно 88,8 % њихових укупних извора слатке воде; удео у Србији је такође био веома висок и достигао је 92,2 %. У апсолутном износу (другим речима, количина примљене воде), највише вредности бележе се у земљама у сливу Дунава: Мађарска (108.897 милиона m^3), Хрватска (93.782 милиона m^3) и Бугарска (83.731 милиона m^3) имале су највећи спољни прилив међу државама чланицама ЕУ (слика 5), иако је Србија забележила још већи обим (158.330 милиона m^3). На другом крају скале, неке земље немају или имају занемарљив спољни доток воде: острва Малта и Кипар, као и Шпанија и Данска [14].



Слика 6. Удео спољног прилива са суседних територија у обновљивим изворима слатководне воде - дугорочни просек (%) [14]

Постоје значајне разлике у количинама захватане слатке воде у свакој од држава чланица ЕУ, што делимично одражава величину сваке земље и расположиве ресурсе, али такође и праксе црпљења, климу и индустријску и пољопривредну структуру сваке земље. Међу државама чланицама ЕУ, укупно захватање слатке воде кретало се између 41 милиона m³ на Малти (подаци за 2018. годину) и 31.260 милиона m³ у Шпанији (подаци за 2016. годину). Турска је забележила још већи укупан износ, наиме 61.094 милиона m³ у 2018. години. Између 2008. и 2018. године (слика 7) укупан обим захватане слатке воде највише је порастао у Данској (+54 %) и Турској (+45 %). Највећи пад забележен је у Литванији (-87 %, услед смањења потреба за расхладном водом у производњи електричне енергије), Немачкој (-25 % од 2007. до 2017. године) и Холандији (-24 %) [14].

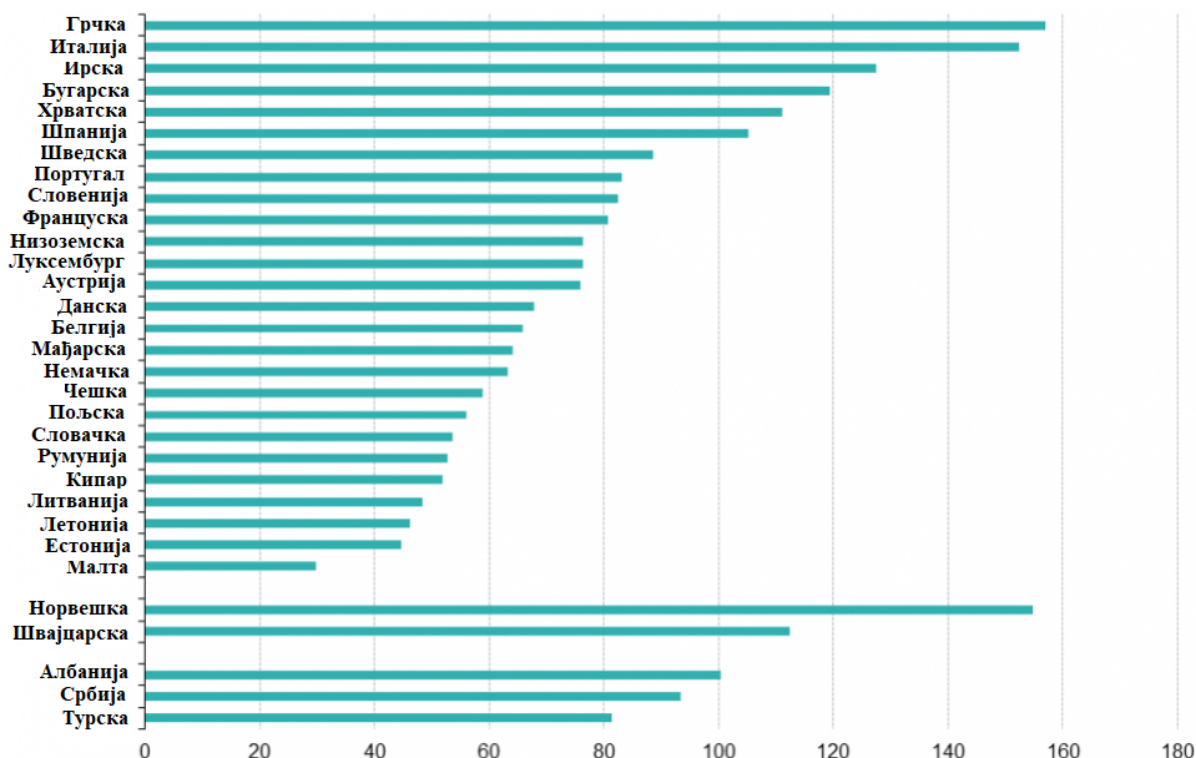
	слатке површинске воде		слатке подземне воде		сслане воде	
	2008	2018	2008	2018	2008	2018
Белгија	5 516.9	:	612.3	:	0.0	0.0
Бугарска	5 809.6	4 858.8	615.8	566.5	0.6	10.4
Чешка	1 608.2	1 220.7	380.1	370.4	:	:
Данска	7.8	202.5	688.3	872.1	:	:
Немачка	26 476.4	18 362.0	5 824.7	5 963.0	:	:
Естонија	1 275.7	1 541.4	329.6	247.2	4.5	3.8
Ирска	561.0	:	213.0	:	:	:
Грчка	5 820.5	3 897.6	3 651.1	6 225.2	:	:
Шпанија	29 199.0	24 866.0	6 174.0	6 393.9	244.2	154.9
Француска	23 379.4	21 379.0	5 824.0	5 692.3	4 934.7	5 211.7
Хрватска	278.5	248.9	440.5 ^(e)	423.7	324.9 ^(e)	295.9
Италија	:	:	:	:	:	:
Кипар	30.5	51.6	130.0	155.0	:	:
Летонија	96.6	96.7	131.2	108.8	0.2	0.1
Литванија	2 104.3	123.1	170.6	162.9	2.3	56.3
Луксембург	20.0	22.0	27.0	23.0	0.0	:
Мађарска	4 925.8	3718.0 ^(b)	536.6	514.3	:	:
Малта	2.6	2.6 ^(e)	35.8 ^(e)	38.7 ^(e)	497.0 ^(e)	225.1
Низоземска	9 718.7	6 905.6	989.0	1 187.8	3 657.4	6 164.7
Аустрија	:	:	:	:	:	:
Пољска	8 726.7	7 825.1	2 638.2	2 508.6	296.1	237.0
Португал	:	2771.7 ^(b)	4794.0 ^(e)	2065.1 ^(b)	:	1 418.8
Румунија	6 561.0	5 673.0	659.0	676.0	:	:
Словенија	853.9	767.8	186.1	189.6	0.0 ^(s)	0.0
Словачка	313.0	234.2	350.7	338.9	:	:
Финска	6 298.0	:	264.0	:	:	:
Шведска	:	:	346.0	:	11 832.0	:
Уједињено Краљевство	6 207.7	:	2 139.2	:	7 408.0	:
Северна Македонија	560.8	:	155.0	:	0.0	:
Албанија	:	858.7	:	99.2	:	:
Србија	4 168.4	5 061.2	522.3	496.2	:	:
Турска	29589.3 ^(e)	44913.6 ^(e)	12 419.0	16180.0 ^(e)	:	:
Косово и Метохија	:	243.1	:	16.4	:	:

Слика 7. Укупно захваћене воде, 2008. - 2018. (милиона m³)[14]

Слика 7 такође показује значајне разлике између држава чланица ЕУ у погледу односа између захватања подземних и површинских водних ресурса. У Финској (подаци из 2006. године) захватање површинске воде чинило је око 24 пута већу количину воде која се црпи из ресурса подземних вода, док је однос површинских и подземних извора био између 8 и 9 према 1 у Румунији и Бугарској (подаци за 2018. годину). Изван ЕУ, Косово је забележило однос око 15 према 1. На другом крају распона, количина воде која се црпи из ресурса подземних вода била је око 15 пута већа од количине захвата површинске воде на Малти (подаци за 2018. годину) и 4,3 пута у Данској (подаци за 2018. годину) [14].

Слане воде (другим речима, морска и прелазне воде, као што су сланкасте мочваре, лагуне и ушћа) такође су захватане у неким државама чланицама ЕУ (слика 7). Шведска (11.832 милиона m^3 ; подаци за 2007. годину), Холандија (6.165 милиона m^3 ; подаци за 2016. годину) и Француска (5.212 милиона m^3 ; подаци за 2017. годину) забележиле су највеће количине захватане воде из сланих извора. На Малти, запремина захваћене слане воде чак доминира и достиже 5,4 пута већу количину од захватане слатке воде (подаци за 2018. годину).

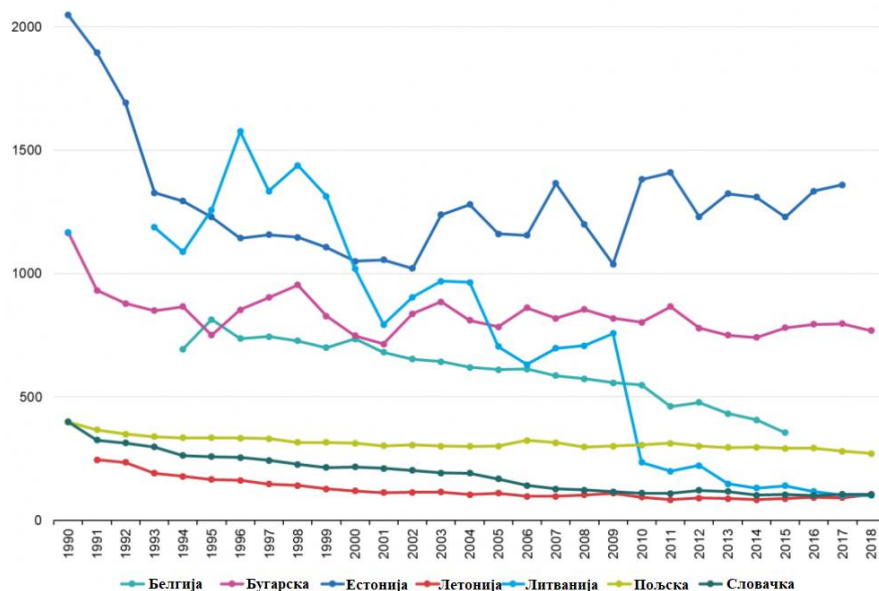
У 2018. години хватање слатке воде за јавно снабдевање водом кретало се у свим државама чланицама ЕУ између високих 157 m^3 воде по глави становника у Грчкој (подаци из 2017. године) и најнижих 30 m^3 по глави становника на Малти (слика 8). Неки од образаца црпљења слатке воде за јавно снабдевање одражавају специфичне услове у државама чланицама ЕУ: на пример, у Ирској (127 m^3 по глави становника, подаци за 2017. годину) употреба воде из јавног снабдевања и даље је била бесплатна за многа домаћинства, док су у Бугарској (119 m^3 по глави становника, подаци за 2018. годину) посебно били високи губици из јавне мреже. Стопе апстракције такође су биле високе у неким државама које нису чланице ЕУ, посебно у Норвешкој (155 m^3 по глави становника, подаци за 2018. годину) и Швајцарској (112 m^3 по глави становника, подаци за 2018. годину) [14].



Слика 8. Укупно захватање слатке воде за јавно снабдевање водом, 2018 (m^3 по становнику) [14]

Дугорочни развој укупног хватања слатке воде по глави становника приказан је за одабране државе чланице ЕУ на слици 9. Поређење најранијих и најновијих доступних годишњих података између 1990. и 2017. године показује да је дошло до значајног смањења хватања у многим државама чланицама. Вероватно је да је смањење апстракције примећено у многим државама чланицама ЕУ резултат различитих фактора, укључујући смањење губитака воде побољшаним одржавањем мрежа, увођење кућних

апарата који штеде воду и све већи ниво свести о цени или вредности воде и последицама расипања по животну средину. Ниво апстракције по глави становника првенствено је одређен доминацијом сектора који захтевају велике количине воде, попут наводњавања у пољопривреди или хлађења у производњи електричне енергије [14].

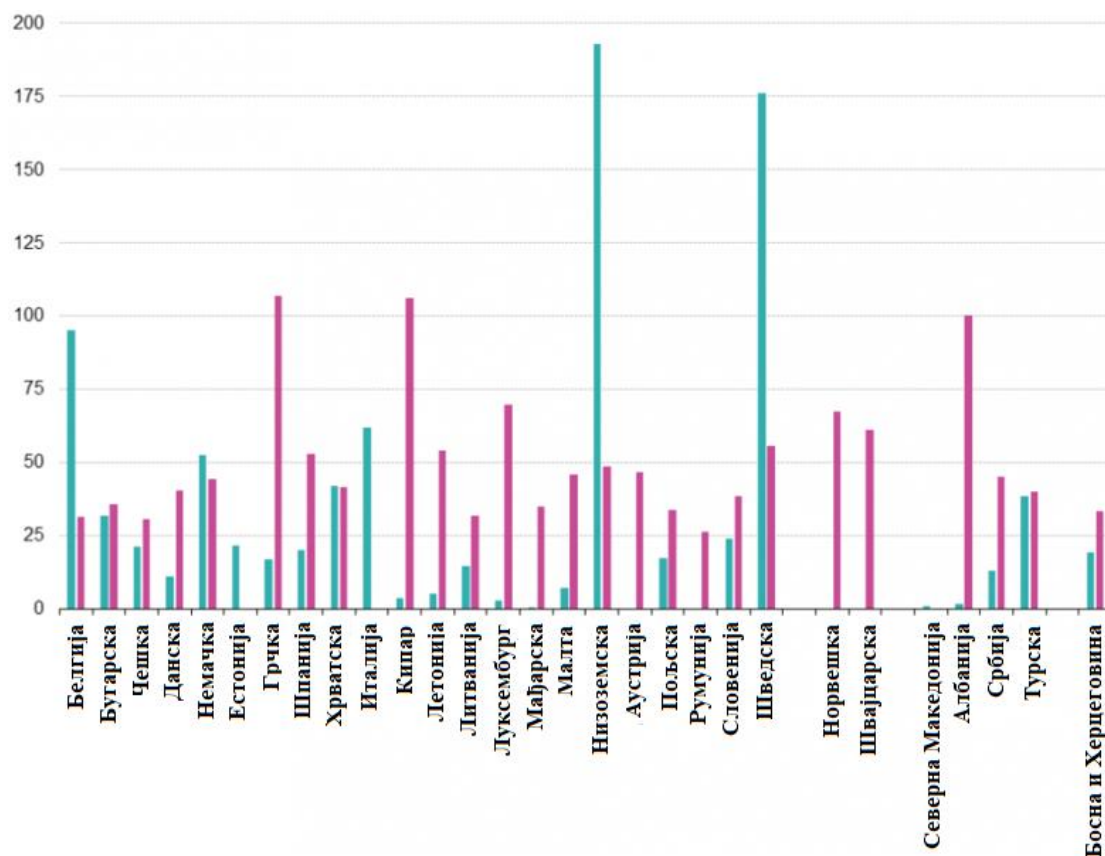


Слика 9. Укупно захватање слатке воде по глави становника, одабране државе чланице (m^3 годишње) [14]

Укупна употреба водних ресурса може се сматрати дугорочно одрживом у већини Европе. Међутим, одређени региони могу се суочити са проблемима повезаним са недостатком воде; ово је случај посебно у деловима јужне Европе, где је вероватно да ће бити потребно постићи повећање ефикасности у коришћењу пољопривредне воде како би се спречио сезонски недостатак воде. Региони повезани са малом количином падавина, великом густином насељености или интензивном пољопривредном или индустријском активношћу такође се могу суочити са проблемима одрживости у наредним годинама, што би могло бити погоршано утицајима климатских промена на доступност воде и праксе управљања водама.

Вода се обезбеђује или јавним водоводом (јавни или приватни системи са јавним приступом) или самосталним снабдевањем. Иако удео јавног сектора водоснабдевања у укупном захватању воде зависи од економске структуре дате земље и може бити релативно мали, ипак је често у фокусу јавног интереса, јер обухвата количине воде које директно користи популација.

На европском нивоу, домаћинства и прерађивачка индустрија су највећи потрошачи воде. Међутим, њихов релативни удео увелико варира међу европским земљама: док у Холандији, Шведској и Белгији постоји јасна (2-5 пута) доминација употребе воде од стране прерађивачке индустрије у поређењу са употребом у домаћинствима (што делимично одражава релативни значај прерађивачке индустрије у привреди ових земаља), у Бугарској, Немачкој и Хрватској је готово изједначена. Насупрот томе, у земљама са доминацијом услужног сектора и мање индустрије, употреба воде у домаћинствима може далеко надмашити употребу у производњи. На слици 10 је приказан однос употребе воде у домаћинствима и прерађивачкој индустрији у земљама ЕУ [14].



Слика 10. Употреба слатке воде у прерађивачкој индустрији (означено плавом бојом) и домаћинствима (означено розе бојом) из јавног водовода и сопственог снабдевања, 2018. (m^3 по глави становника) [14]

Варијације су такође видљиве у погледу нивоа употребе воде из јавног снабдевања по глави становника, где за домаћинства Грчка и Кипар предњаче међу државама чланицама ЕУ са $107 m^3$ годишње. С друге стране, за Литванију и Румунију ова цифра је нешто мања од четвртине највишег износа. Холандија и Шведска забележиле су највише вредности за употребу воде у прерађивачкој индустрији (193 и $176 m^3$). Све у свему, употреба воде у домаћинствима је много уједначенија у Европи од употребе у производњи, јер су основне потребе становништва за водом исте, док индустријска структура, а с тим и интензитет воде у производњи, веома варира.

Већина држава чланица ЕУ за које су доступни подаци (слика 11) пријавиле су да су вредности потрошње воде из домаћинства из јавног водовода по глави становника мање или више стабилне током последње деценије (2008-2018). Међу земљама чланицама ЕУ, међутим, приметан пораст може се приметити у Белгији, Грчкој и на Кипру. Иако не постоји држава чланица ЕУ са очигледним смањењем, оно се може видети у Швајцарској и Албанији [14].

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Белгија	13.7	13.6	:	:	31.7	32.4	33.6	31.8	:	:	:
Бугарска	36.1	36.3	35.6	36.1	37.0	35.8	34.6	35.9	36.0	36.2	35.9
Чешка	32.4	31.9	30.9	31.0	30.8	30.2	30.1	30.2	30.5	30.7	30.9
Данска	42.6	42.6	42.3	42.4	42.5	43.1	40.5	37.4	37.2	39.5	40.6
Немачка	:	:	43.7	44.4	44.2	44.0	44.4	44.7	44.7	44.3	:
Естонија	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Ирска	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Грчка	35.7	:	:	91.8	92.1	92.8	93.4	94.0	106.5	106.7	107.0
Шпанија	61.8	61.7	58.9	54.7	53.6	51.8	52.2	52.8	53.5	:	:
Француска	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Хрватска	42.6	42.6	44.0	42.6	43.1	45.5	40.6	42.5	41.6	41.0	41.6
Италија	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Кипар	76.8	85.0	96.8	93.1	88.7	90.3	90.5	94.3	103.8	107.4	:
Летонија	42.2	38.4	37.0	39.1	37.5	37.3	36.1	35.8	40.1	47.3	49.9
Литванија	20.3	20.4	18.7	19.0	19.3	21.9	23.1	23.5	24.3	24.7	26.2
Луксембург	:	:	:	:	:	:	:	74.9	:	:	:
Мађарска	36.0	35.9	34.1	34.0	34.4	33.4	33.0	34.0	34.1	34.8	35.0
Малта	44.5	39.8	41.3	42.0	44.1	44.0	43.6	42.7	43.3	42.7	41.1
Низоземска	48.1	47.8	47.4	46.9	46.8	46.8	46.5	47.0	47.4	45.8	48.7
Аустрија	45.7	:	45.6	:	:	:	44.9	:	43.6	:	:
Пољска	31.8	31.3	31.5	31.6	31.5	31.3	31.5	32.5	32.6	32.2	33.7
Португал	55.7	58.6	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Румунија	:	:	:	:	30.0	29.3	24.8	25.1	25.4	26.3	26.4
Словенија	40.3	39.9	39.6	39.5	41.3	38.2	38.1	38.1	38.0	38.2	38.4
Словачка	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Финска	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Шведска	:	:	52.5	:	:	:	:	50.1	:	:	:
Норвешка	77.7	77.6	:	:	:	:	:	66.1	64.5	64.5	67.3
Швајцарска	79.3	74.4	71.9	70.3	68.4	65.9	63.4	63.9	62.1	61.3	61.3
Уједињено Краљевство	:	:	:	46.0	:	:	:	:	:	:	:
Албанија	:	:	:	:	:	:	:	:	:	98.4	71.6
Србија	47.2	46.4	45.2	44.1	44.8	45.1	43.2	44.6	43.4	45.0	45.2
Турска	30.5	:	32.8	:	34.9	:	32.6	:	39.1	:	39.5
Босна и Херцеговина	29.8	30.3	30.6	29.9	30.2	28.5	28.1	28.8	29.6	30.3	28.1
Косово и Метохија	:	:	19.0	23.7	24.4	24.3	26.0	28.1	29.5	27.6	26.9

Слика 11. Коришћење воде из домаћинства из јавног водовода (m³ по глави становника) [14]

Самостално снабдевање водом главни је начин снабдевања за производни сектор у неколико држава чланица ЕУ, као што је истакнуто на слици 12. У Холандији је, на пример, самостално снабдевање водом у 2018. години износило 3.183 милиона m³ воде, док је количина воде из јавног снабдевања износила само 132 милиона m³. Слично је и у Немачкој, где су бројке износили 4.036 милиона m³ (подаци за 2017. годину), односно 338 милиона m³ (подаци за 2014. годину). Исто тако, обим потрошње воде из сопствених водовода био је 39 пута већи од јавног снабдевања у Пољској (подаци за 2018. годину), 28 пута у Летонији (подаци за 2018. годину) и 38 пута у Турској (подаци за 2018. годину) [14].

	Јавно снабдевање					Самостално снабдевање				
	2002	2006	2010	2014	2018	2002	2006	2010	2014	2018
Белгија	94.7	104.9	95.2	84.9	:	1 163.8	1 363.9	1 120.4	1 083.1	:
Бугарска	54.9	55.2 ^(e)	34.1 ^(e)	27.0 ^(e)	31.6 ^(e)	316.31	298.5 ^(e)	185.8 ^(e)	171.6 ^(e)	193.4
Чешка	:	:	:	:	:	:	314.0	243.7	227.0	227.1
Данска	:	:	36.1	39.2	36.9	:	:	24.4	21.9	27.5
Немачка	360.2	:	318.2	388.3	:	:	:	4 337.1	4 043.1	4036.0 ^(s)
Естонија	:	:	7.0	6.4	8.3	:	:	21.0	19.5	20.7
Ирска	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Грчка	:	:	73.4	73.4	120.5	:	:	116.1	116.1	65.0
Шпанија	389.2	432.3	334.0	308.2	:	1 414.4	899.6	739.0	720.6	:
Француска	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Хрватска	78.1	76.4	76.5	78.1	67.9	96.6	101.4	95.4 ^(e)	100.6	104.4
Италија	:	:	:	323.8	:	:	:	:	3 418.6	:
Кипар	2.4	2.4	2.7	1.9	2.1	17.5	3.0	2.6	1.2	1.3
Летонија	1.2	1.3	0.2	0.8	0.4	17.1	20.5	19.4	14.6	9.8
Литванија	8.5	:	8.1	9.6	9.9	:	:	26.2	30.3	31.8
Луксембург	:	:	:	:	:	:	:	:	1.9	:
Мађарска	19.3 ^(s)	9.5 ^(s)	6.5	6.7	7.1	:	:	:	:	:
Малта	2.2 ^(e)	1.8 ^(e)	1.9 ^(e)	2.0 ^(e)	2.5 ^(e)	1.0 ^(e)	1.0 ^(e)	1.0 ^(e)	1.0 ^(e)	1.0 ^(e)
Низоземска	149.7	143.2	138.0	129.6	132.0	3 995.1	3 473.4	3 570.0	3 220.6	3 182.6
Аустрија	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Пољска	20.3	18.8	12.5	22.3	16.9	611.9	685.2	615.2	633.5	649.4
Португал	:	7.8	17.1	:	:	:	:	280.6	:	:
Румунија	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Словенија	17.0	10.6 ^(s)	8.9 ^(s)	9.1	9.6	:	:	:	43.0	40.5
Словачка	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Финска	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Шведска	90.0	102.0	107.0	53.0	:	1 906.0	1 893.0	2 071.0	1 729.0	:
Ирска	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Норвешка	89.7	177.6 ^(e)	165.1 ^(e)	:	:	791.0	927.7 ^(e)	862.1	:	:
Швајцарска	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Уједињено Краљевство	:	:	263.0	:	:	:	:	:	:	:
Северна Македонија	:	:	:	:	2.3	:	:	:	:	0.2
Албанија	:	:	:	:	3.1	:	:	:	:	2.1
Србија	36.8	31.3	14.8	13.8	16.6	130.9	133.9	117.4	94.0	74.9
Турска	:	:	74.5	44.4	80.3	:	:	1 615.0	2 353.9	3 032.8
Босна и Херцеговина	:	:	:	:	:	:	:	44.4	60.5	68.9
Косово и Метохија	:	:	5.5	4.9	5.8	:	:	:	:	:

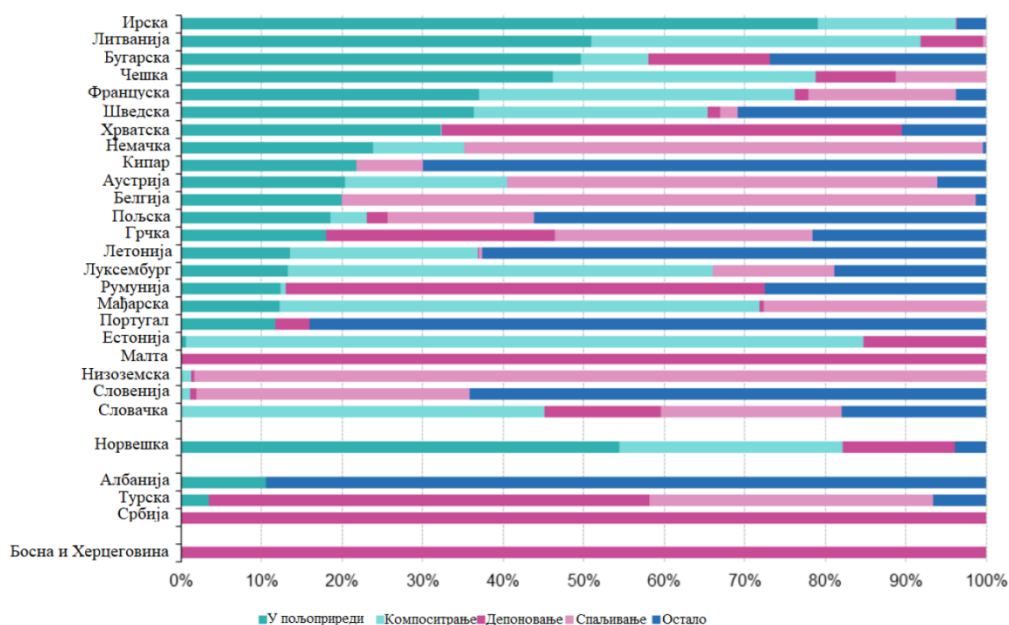
Слика 12. Употреба воде у прерађивачкој индустрији према начину снабдевања, 2002 - 2018 (милион m³) [14]

Слика 13 представља информације о проценту становништва повезаног са најмање секундарним постројењима за пречишћавање отпадних вода, што је обично прихватљив ниво када је реч о заштити животне средине уколико се прихватне воде не налазе у осетљивом подручју. Овај удео се углавном повећавао током последњих деценија и био је изнад 80 % у 16 држава чланица ЕУ за које су доступни подаци. Удео становништва повезаног са барем секундарним постројењем за пречишћавање отпадних вода попео се на преко 95 % у 6 држава чланица (Немачка, Летонија, Луксембург, Холандија, Аустрија и Шведска), као и у Швајцарској и Уједињеном Краљевству. С друге стране, мање од половине домаћинства било је повезано на барем секундарна постројења за пречишћавање градских отпадних вода на Малти, у Румунији и Хрватској, док је исто било и на Исланду, у Албанији, Србији, Босни и Херцеговини и Косову. Током приказаног временског распона (2000. – 2018.), неколико земаља успело је да постигне драстичан пораст покривености свог третмана отпадних вода, нпр. Мађарска (са 29,8 % на 80,4 %) и Словенија (са 12,3 % на 68,9 %) [14].

	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018
Белгија	41.1	47.7	53.2	57.4	71.0	75.0	74.9	78.2	81.9	83.0
Бугарска	36.1	37.8	38.0	38.8	41.4	45.1	53.9	54.8	61.8	63.7
Чешка	:	69.7	70.8	71.9	75.4	76.9	78.0	79.8	81.2	82.3
Данска	87.1	88.0	:	:	:	88.3	88.8	91.5	92.0	92.9
Немачка	:	92.6	93.8	97.3	91.9	95.6	95.4	95.6	96.0	:
Естонија	69.0	71.0	72.0	78.0	84.5	83.3	86.2	88.0	87.8	87.9
Ирска	:	29.0	:	:	59.0	71.0	58.8	60.0	61.2	61.2
Грчка	:	:	:	:	85.0	87.4	92.0	92.9	93.4	:
Шпанија	80.0	88.0	:	88.0	88.0	93.0	88.7	84.7	86.6	:
Француска	:	:	79.5	:	:	77.7	80.1	78.6	80.1	79.3
Хрватска	:	:	:	:	:	:	36.9	36.9	36.9	36.9
Италија	:	:	:	54.2	57.5	83.0	57.6	:	59.6	:
Кипар	14.3	18.3	28.4	29.8	:	:	:	:	:	:
Летонија	56.2	57.1	66.6	67.0	59.9	62.5	81.7	85.1	91.6	98.7
Литванија	:	24.5	27.6	:	:	:	63.1	69.4	73.5	75.8
Луксембург	:	:	88.1	:	:	91.3	96.1	96.6	96.9	97.0
Мађарска	29.8	32.4	40.2	45.3	50.0	69.5	72.8	73.5	78.1	80.4
Малта	11.2	12.9	10.9	9.3	14.6	6.4	91.9	91.6	14.5	0.0
Низоземска	98.1	98.5	98.9	99.1	99.3	99.3	99.5	99.4	99.5	99.5
Аустрија	85.8	86.4	88.9	91.8	92.6	93.9	94.5	95.0	99.8	99.8
Пољска	50.2	54.0	56.8	60.7	62.9	64.5	68.5	71.4	73.4	74.0
Португал	:	27.0	32.0	37.0	52.0	:	:	:	:	84.6
Румунија	:	:	16.9	19.7	18.2	22.7	35.3	38.2	43.8	48.1
Словенија	12.3	18.4	29.3	47.6	51.1	51.6	53.7	55.6	63.3	68.9
Словачка	:	:	:	:	:	:	:	:	63.6	65.7
Финска	80.0	81.0	:	:	:	83.0	83.0	85.0	:	85.0
Шведска	94.0	93.0	94.0	94.0	94.0	94.0	95.0	95.0	95.0	95.0
Ирска	0.0	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0	:	:	:	:
Норвешка	61.6	64.1	64.3	66.3	51.1	51.5	52.6	52.7	57.0	66.9
Швајцарска	96.0	96.0	:	:	:	98.0	:	:	:	:
Уједињено Краљевство	91.0	99.0	99.0	99.0	96.9	99.5	:	100.0	:	:
Албанија	:	:	:	:	:	:	:	9.9	7.0	33.6
Србија	:	5.1	5.8	6.9	7.5	8.6	9.0	10.0	12.5	12.9
Турска	18.3	19.2	24.8	29.6	31.4	37.6	42.0	49.1	56.3	60.8
Босна и Херцеговина	9.4	9.9	10.0	10.0	10.7	10.9	11.4	11.8	29.6	29.0
Косово и Метохија	:	:	:	:	:	:	0.6	0.6	0.6	0.6

Слика 13. Удео становништва повезаног са најмање секундарним третманом градских отпадних вода, 2000–2018 (%) [14]

Остатак пречишћавања отпадних вода је муљ из канализације. Иако количина муља који настаје по становнику зависи од многих фактора и стога је прилично променљива, природа овог муља – богата хранљивим састојцима, али такође често напуњена високим концентрацијама загађујућих материја као што су тешки метали - навела је земље да траже различите путеве за његово одлагање, као што је приказано на слици 14 [14].



Слика 14. Третман муља из отпадних вода [14]

Четири различите врсте одлагања муља чине значајан удео у укупној количини третираног муља из канализације: најмање половина укупног броја коришћена је као ђубриво за пољопривредну употребу у две државе чланице ЕУ – Ирској (79 %) и Литванији (51 %) – као и у Норвешкој (54 %). Алтернативни облици одвођења канализације могу се користити за смањење или уклањање ширења загађивача на пољопривредном или баштенском земљишту; ту спадају спаљивање и депонија. Како је све више забринутости за животну средину, спаљивање је све више метод избора (у Холандији се спаљује чак 98 % муља), док се испуштање на контролисане депоније практиковало као главна и једина врста третмана муља на Малти, у Србији и Босни и Херцеговини [14].

1.3 Отпадне воде у Републици Србији

Управљање водама у Србији се одвија кроз израду и спровођење кључних планских докумената: Стратегије управљања водама, Закона о водама, Уредбе о граничним вредностима приоритетних хазардних супстанци које загађују површинске воде и роковима за њихово достизање, Уредбе о граничним вредностима емисије загађујућих материја у воде и роковима за њихово достизање, Уредбе о загађујућим материјама у површинским водама, подземним водама и седиментима као и роковима за њихово достизање. У употреби су и многи правилници као што су Правилник о хигијенској исправности воде за пиће, Правилник о методологији за израду националног и локалног регистра извора загађивања, као и методологији за врсте, начине и рокове прикупљања података и Правилник о начину и условима мерења количине и испитивања квалитета отпадних вода и садржини извештаја о извршеним мерењима [12].

Извори површинских вода у Републици Србији су знатни, међутим, треба напоменути да велике међународне реке, као што су Дунав, Тиса и Сава, и мале прекограничне реке чине 90 % свих ресурса површинских вода који износе око 162 милијарде m^3 годишње. Територија Србије обухвата делове Црноморског басена (кроз слив реке Дунав), слива Јадранског мора и басена Егејског мора. Већи део земље (око 92 %) смештен је у сливу Црног мора [15].

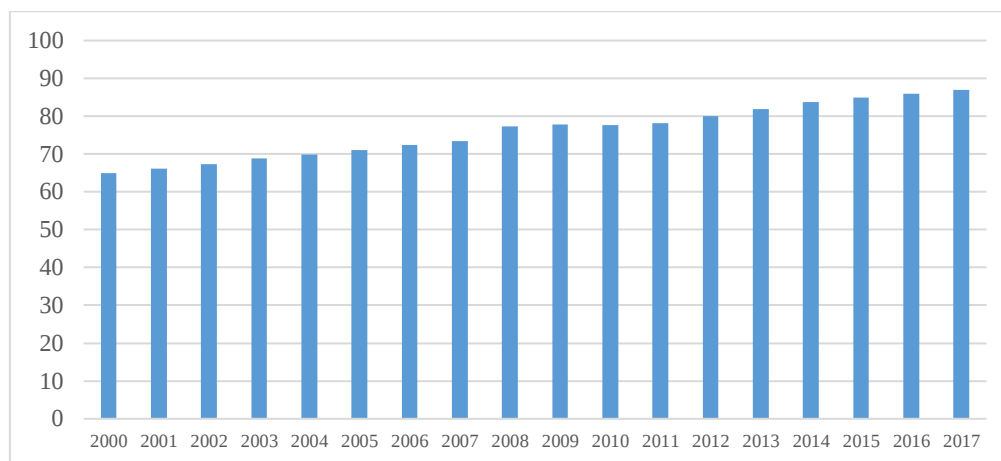
За Србију су од посебног значаја извори подземних вода јер обезбеђују до 90 % снабдевања водом за домаћинства и индустрију и око 70 % воде за пиће. За потребе снабдевања питком водом у 2018. години у Србији захваћено је 654 милиона m^3 , што представља 0,8 % мање воде у односу на исти период 2017. године. Од укупне захваћене количине воде 65,4 % су подземне и изворске воде, 26,2 % је из водотокова, а само 8,4 % су воде из језера и акумулација. Вађење подземних вода премашује природни капацитет обнављања у одређеном броју водоносних слојева, што доводи до смањеног нивоа подземних вода. У Војводини је посебно забележен проблем исцрпљивања изворишта подземних вода, јер су многи плићи водоносници прекомерно искоришћени и сада се вода црпи из дубљих водоносника. Процењује се да око 57 % захватања воде у Војводини долази из дубљих извора. Водоносни слојеви у Војводини имају природно повећан ниво арсена [16-17].

У табели 1. је представљена количина воде у m^3 испоручена корисницима у 2018. години. Корисницима је укупно испоручено 424 милиона m^3 што је за 0,2 % мање од укупне количине која је испоручена 2017. године. Домаћинствима је испоручено 316 милиона m^3 , што представља 74,6 % од укупно испоручене воде. Индустријском сектору је испоручено 45 милиона m^3 (10,6 %), а осталим корисницима 63 милиона m^3 (14,8 %). У поређењу са претходном годином, домаћинствима је испоручено незнатно мање воде, индустријском сектору 2 % више, а осталим корисницима је испоручено 2,7 % мање воде.

Табела 1. Воде испоручене корисницима (2018)(милиони m^3) [18]

	Укупно	Домаћинствима	Индустријском сектору	Осталим корисницима
Република Србија	424	316	45	63
Београдски регион	145	102	22	21
Регион Војводине	107	87	7	13
Регион Шумадије и Западне Србије	97	70	8	19
Регион Јужне и Источне Србије	75	57	8	10
Регион Косово и Метохија	/	/	/	/

На графикону 1. је приказан проценат становника прикључен на јавни водовод. Проценат становника прикључених на јавни водовод константно расте у периоду 2000 - 2017. године. Прикљученост од 65 % у 2000. години је до 2017. године порасла за 21,9 % и у 2017. години износи 86,9 % што ће већем броју становништва и привреди насеља обезбедити воду за пиће и производњу која испуњава услове у погледу здравствене исправности. Највећи проценат прикљученог становништва на јавни водовод је у Западнобачкој, Севернобанатској, Средњобанатској и Јужнобанатској области где је прикључено готово 100 % становника. Најмањи проценат је у Нишавској (50,6 %) и Топличкој (65,6 %) области [19].

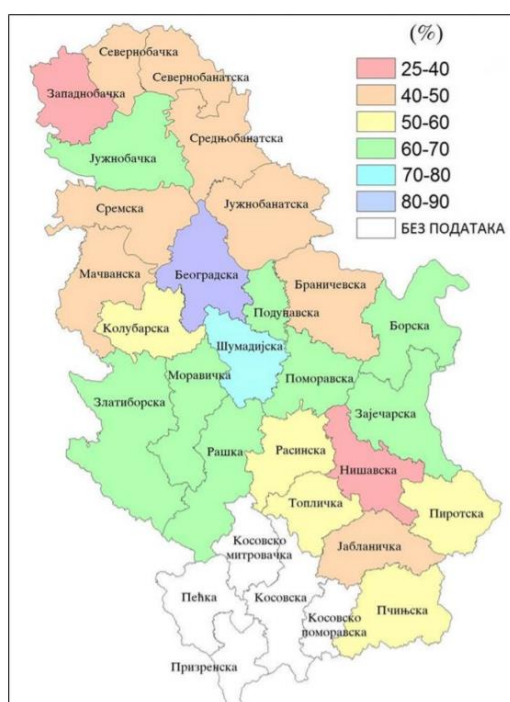


Графикон 1. Проценат становника у Републици Србији прикључених на јавни водовод (2000-2017) [19]

Стратешко планирање инвестиција у сектору вода кочи недостатак националне стратегије заштите вода. Још један велики проблем је загађење воде, углавном због застареле технологије, недостатка постројења за смањење загађења, неадекватног складиштења и одлагања нуспроизвода, непречишћене индустријске и комуналне отпадне воде, одводне воде из пољопривреде, процедурне воде са депонија и загађење везано за речну пловидбу. Само 5 % индустријске отпадне воде пролази кроз три фазе пречишћавања отпадних вода. Загађивање воде је тешко спречити, али ефикасним третманом отпадних вода његов утицај се може знатно смањити. То се постиже честим праћењем стања квалитета отпадних вода и њихових прималаца, испитивањем штетних материја, као и помоћу других начина. То осигурава поштовање законских прописа [15] [19].

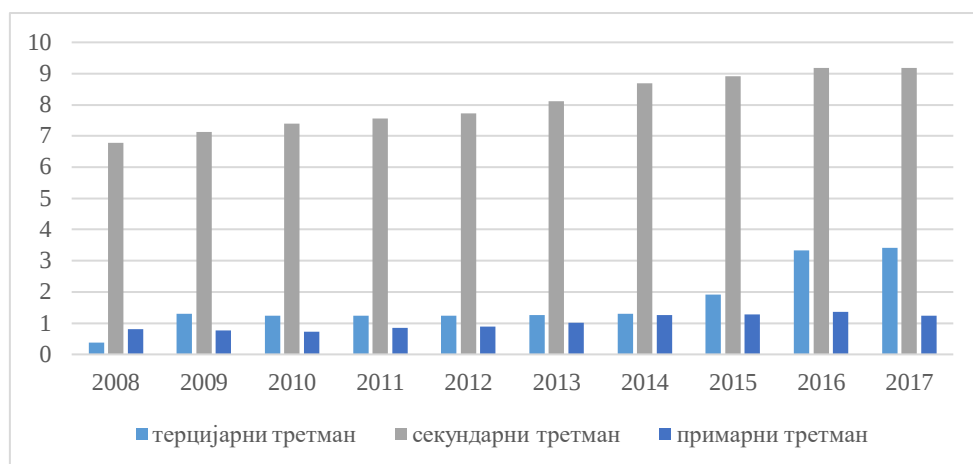
У Републици Србији се третира око 8 % отпадних вода у 44 постројења за пречишћавање. Да би се ускладило са еколошким стандардима ЕУ, требало би да се изгради 320 постројења за пречишћавање отпадних вода. Више од 50 % индустријских постројења у Србији још увек не пречишћава отпадне воде, јер не постоје системи за

пречишћавање. Србија се данас налази при дну лествице европских земаља у погледу комуналне опремљености, док бројне поплаве које су Србију погодиле у прошлости додатно утичу на овај сектор. У већини европских градова проценат домаћинстава прикључених на канализацију се креће око 95 %, док у Београду тај број достиже само 86 %. Међутим, проценат становника прикључених на јавну канализацију на нивоу читаве Србије константно расте у периоду 2000 - 2017. године. Прикљученост од 40,2 % у 2000. години је до 2017. порасла за 22 % и у 2017. години износи 62,2 %. Највећи проценат прикљученог становништва на јавну канализацију је у Београдској (85,9 %), и Шумадијској (72,6 %) области. Најмањи проценат је у Западнобачкој (29,8 %) и Нишавској (33,5 %) области, где су становници већином прикључени на септичке јаме (слика 15) [15] [19].



Слика 15. Проценат становника прикључених на јавну канализацију по областима (2017)[19]

Од постројења која су у функцији, већина примењује секундарни третман, који ће произвести воду погодну за наводњавање и неке индустријске сврхе, али они нису у потпуности у складу са прописима ЕУ. Одређени број постојећих постројења за пречишћавање отпадних вода је напуштен због лошег одржавања и недостатка финансијских средстава. Проценат становништва обухваћеног третманом за пречишћавање отпадних вода је порастао у периоду од 2008. до 2017. године. У 2017. години износи 13,85 % и у односу на 2007. годину порастао је за 5,89 %. У 2016. и 2017. години значајно је порастао терцијарни третман пречишћавања и 3,42 % становништва је било прикључено на овај третман у 2017. години. Ова врста третмана отпадних вода је у 2017. години у односу на 2008. годину увећана за 3,05 % (графикон 2) [15].



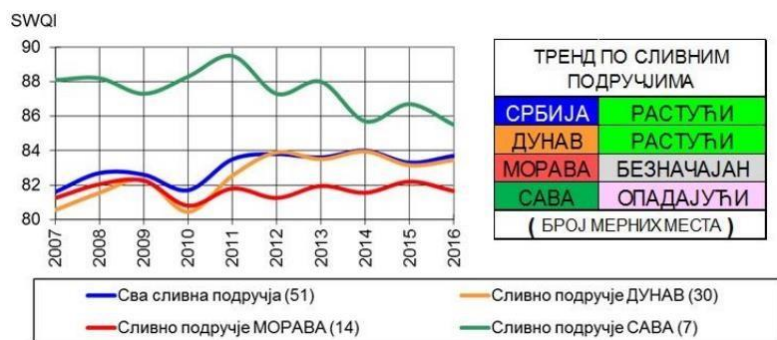
Графикон 2. Проценат становништва обухваћеног третманом за пречишћавање отпадних вода у зависности од врсте третмана у Србији (2008-2017) [19]

Севернобачка област има највише пречишћених отпадних вода испуштених у системе за одвођење отпадних вода у 2017. години, и овај проценат износи чак 96 %. Средњобанатска, Београдска, Златиборска, Расинска, Топличка и Нишавска област немају пречишћене отпадне воде за поменути периоду.

Проценат загађених отпадних вода има опадајући тренд у периоду 2008-2017. године. У 2017. години је износио (87,9 %) што значи да је у 2017. години пречишћен највећи проценат отпадних вода (12,1 %). Просечна количина загађених (непречишћених) отпадних вода у периоду од 2008. до 2017. године износила је 381,6 милиона кубних метара годишње (89,2 % од укупних отпадних вода). Просечна количина пречишћених отпадних вода у истом периоду износи 10,8 % од укупних отпадних вода и има занемарљив тренд. Највише непречишћених отпадних вода (95 % - 100 %) је у Нишавској, Београдској, Златиборској, Борској, Расинској, Пиротској, Браничевској и Сремској области. Најмање их је у Подунавској (22,1 %), Шумадијској (30,8 %), Севернобанатској (33,8 %) Севернобачкој (37,7 %), и Колубарској (45,9 %) области [18].

Квалитет воде за пиће у Србији је углавном незадовољавајући. Према налазима Завода за јавно здравље Републике Србије, 29 % узорак из водоводних система није задовољило физичке, хемијске или бактериолошке стандарде 2001. године. Постоје значајне регионалне разлике у квалитету воде за пиће између Централне Србије и Војводине. Главни проблем у Централној Србији је тај што је више од 40 % узорак било бактериолошки контаминирано и није задовољавало критеријуме квалитета. Генерално, само град Београд има одговарајући квалитет воде, са више од 90 % узорак који задовољавају стандарде. У многим областима подземне воде се не могу користити за пиће без претходног третмана, што је посебно случај у покрајини Војводина која има природно повишене нивое арсена и мангана [16].

Serbian Water Quality Index је индикатор који показује квалитет површинских вода. Усвојене вредности за SWQI су: веома лош 0-38, лош 39-71, добар 72-83, веома добар 84-89 и одличан 90-100. SWQI има растући тренд за слив реке Дунав и за целу територију Србије, док је за слив реке Саве, која има најбољи SWQI, опадајући (слика 16) [17].



Слика 16. Тренд $SWQI$ у сливним подручјима, 2007-2016. [17]

2. Технике пречишћавања отпадних вода

При третману отпадних вода користе се технолошке операције, као и механички, хемијски и биолошки процеси.

Током операција, присутно загађење се уклања из воде задржавајући првобитан хемијски састав, док му се евентуално може изменити агрегатно стање. Овде се користе све врсте сепарационих процеса (решетке и сита, таложници, флотациони уређаји, евапоратори, апсорционе технике, као и многи други).

Током процеса, присутно загађење трпи хемијску промену и то: хемијским или физичко-хемијским трансформацијама и поступцима за пречишћавање; микробним метаболизмом код биохемијских поступака пречишћавања.

Линије за пречишћавање отпадних вода представљају специфичан скуп појединачних процеса и операција који омогућава уклањање једне врсте загађења (пливајућег, лебдећег, суспендованог, органског или неког другог). Систем за пречишћавање отпадних вода подразумева више појединачних линија за пречишћавање отпадних вода са задатком да се из отпадне воде уклоне сви облици присутног загађења, при чему се најпре мисли на технолошку опрему, машине и апарате који се користе за пречишћавање отпадне воде. Коначно, постројење за пречишћавање отпадних вода обухвата примењене системе, објекте и пратећу инфраструктуру која се користи, од објекта, прилазних путева, зелених површина, па све до лабораторија, техничких радионица и управних зграда [21].

Након избора основних процеса и операција помоћу којих је могуће остварити захтевани степен пречишћавања одређене отпадне воде, приступа се формирању линија за обраду. Линије се образују према неопходном степену обраде, па се тако, у инжењерској пракси говори о следећим степенима обраде отпадних вода [21]:

- први степен обраде (примарно пречишћавање) – обухвата операције механичког пречишћавања којим се уклањају пливајућа, лебдећа и таложива загађења,
- други степен обраде (секундарно пречишћавање) – обухвата процесе за уклањање биоразградивог загађења биолошким, хемијским и/или физичко-хемијским процесима (у пракси се појам секундарне обраде чешће употребљава као синоним за биолошко пречишћавање),
- трећи степен (терцијарно пречишћавање) – обухвата процесе и операције за уклањање преосталог загађења (обично филтрацијом и апсорбцијом) и дезинфекцију воде, уколико то норме пречишћавања захтевају,
- систем за обраду муља – служи за обраду муља издвојеног у првом и другом (некада и у трећем и четвртном) степену пречишћавања, а може бити у склопу система за пречишћавање отпадне воде или се може налазити дислоциран на неком другом погодном месту, што је ређи случај.

На наредној слици дат је преглед процеса пречишћавања отпадних вода који се примењују у различитим секторима прехранбене индустрије.

			Месо	Кромпир	Воће и поврће	Билно уље	Млечни производи	Скроб	Кондиторски производи	Шећер	Пиво	Слад	Безалкохолна пића	Дестилерије	Вино
Примарно пречишћавање															
Решетке	✓	✓	✓			✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Таложeње		✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Флотација	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓					✓		
Сепарација масти	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓					✓		
Центрифугирање				✓		✓									
Егализација протока и састава	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Таложeње				✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓		
Неутрализација			✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓
Секундарно пречишћавање															
Аеробни третман	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Анаеробни третман	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Активни муљ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
СБР				✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓		✓
Биолошки филтери	✓	✓	✓				✓			✓	✓	✓	✓		✓
Аеробне лагуне		✓	✓			✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	

Слика 17. Преглед процеса пречишћавања отпадних вода који се примењују у различитим секторима индустрије [22]

2.1. Примарно пречишћавање

Циљ примарног пречишћавања јесте уклањање крупних честица, суспендованих и плутајућих чврстих материја из отпадне воде. Овај степен обраде углавном обухвата примену решетки ради издвајања крупнијих предмета, одвајача масти и уља, изједначавање протока и састава, флотацију раствореним ваздухом и таложeње под дејством силе гравитације ради уклањања суспендованих чврстих материја. Овај степен пречишћавања може да смањи БПК улазне отпадне воде за 20 – 30 % и садржај суспендованих чврстих материја за приближно 50 до 60 %. Примарно пречишћавање се назива и „механички третман“, мада се за убрзавање процеса таложeња често користе и хемијска средства. Дакле, примарна обрада отпадних вода представља целину која се односи на механичко и физичко-хемијско уклањање присутног загађења [22].

Пре поступка примарне обраде, примењују се прелиминарни поступци пречишћавања, и то у самом погону. Они представљају први степен механичког чишћења и служе да спрече негативан утицај отпадних вода на постројење за пречишћавање и канализациони систем. Имају функцију да одстрани материје из воде које се лако и

једноставно могу уклонити, попут уклањања грубих састојака као што су дрво, папир, пластика, гума, лишће, смеће и остало. У исто време, отклањају се и тежи неоргански материјали попут песка, шљунка, металних делова и стакла, који касније могу угрозити поједине делове опреме која се употребљава.

Такође, отпадне воде настале у одређеним угоститељским и туристичким објектима, кухињама, мензама или услужним и индустријским погонима, могу имати повишен садржај масти и уља, и њих је неопходно уклонити прелиминарним третманом пре него што дођу у само постројење. Масти и уља се не могу биолошки пречистити помоћу стандардних аеробних поступака, па их је далеко једноставније одмах издвојити из воде у уређајима који се називају одвајачи уља и масти, који се уграђују на самим објектима где те отпадне воде и настају, па тако представљају и део прелиминарног третмана отпадне воде.

Дакле, примарна обрада се односи на примену одређених физичко-хемијских поступака пречишћавања и завршава се примарним таложењем. Ова фаза се најчешће заснива на процесу гравитационе сепарације суспендованих честица. У случају присутних растворених материја, додавањем хемијских средстава оне се превode у таложне облике. Пре свега, ту се мисли на процесе коагулације и флокулације, неутрализације, оксидације и хемијске преципитације. Приликом ових процеса, део присутног органског загађења се везује за честице које се талоче и заједно са њима уклања из воде. Насупрот таложењу, увођењем ваздуха у поступку флотације, честице могу бити издвојене на површину воде и тако одстрањене из ње, што такође представља начин примарне обраде отпадних вода, јер се доминантно уклањају присутне суспендоване материје [21].

2.1.1. Механички третман

У технологији пречишћавања отпадних вода, механички третман обухвата протицање отпадне воде кроз канале и цевоводе, мерење протока, уједначавање дотока воде на постројење (егализација), издвајање грубог материјала на решеткама и ситима и одвајање инертних, таложних и филтрабилних честица, као и одвајање уља и масти. Сви претходно наведени поступци у својој основи имају примену механичких технолошких операција, па одатле и заједнички назив за скуп наведених поступака – механички третман отпадних вода.

Применом механичких поступака при пречишћавању отпадних вода одстрањују се нерастворене материје из загађених вода, као и део материја у колоидном стању. Поред уклањања комадастих и других чврстих материјала из отпадне воде, овим процесом се одстрањују и материје из воде које би ометале или оптерећивале наредне фазе пречишћавања воде, као и функционисање самих уређаја [21].

Мерење протока

Основни предуслов за одређивање и постизање жељене ефикасности читавог система за пречишћавање отпадне воде, као и благовременог реаговања, контроле и регулације рада одређеног постројења јесте мерење протока. Најчешће је у употреби модерна опрема, која се заснива на коришћењу електронских сензора и претварача, који дају електрични сигнал, који се може даље обрађивати на жељени начин, али се такође, паралелно са њима користе и класични системи који дају поуздани одговор о реду величине одређеног протока отпадне воде. Такође, када је у питању примена савремених електронских уређаја, у својој основи имају мерење величина које се добијају класичним техникама мерења, попут одређивања висине нивоа и слично.

Најпоузданија метода мерења јесте мерење протока у отвореним каналима. Оваква мерења се заснивају на чињеници да ће се у профилисаном облику канала (попут троугластог, правоугаоног или трапезног) ниво воде мењати у складу са протоком кроз канал. Спровођењем експерименталних мерења или прорачуном, могуће је добити функционалну зависност протока од дубине воде, и на тај начин доћи до могућности да се мерењем дубине воде у каналу одреди и њен проток. Решавање проблема се своди на одређивање висине воде у каналима, хидрауличног радијуса, односно протока и брзине протицања воде кроз отворене канале, као и на одређивање геометрије различитих облика отворених канала. Важно је напоменути и да у оваквим системима нема надпритиска, односно протицање отпадне воде се одвија на атмосферском притиску и кроз њих се вода транспортује гравитационом енергијом [21].

Егализација

Пројектовање система за третман отпадних вода се врши у релативно уском опсегу протока воде, како би се сам процес одвијао што ефикасније. Велике осцилације у дотоку отпадних вода током одређеног периода (од сата, преко дана, месеца па до годишњег доба) могу проузроковати веома лош рад система, па чак и довести до потпуног угрожавања његовог функционисања. Решавање овог проблема се постиже тако што се у самом постројењу предвиђа потребна запремина базена за прихват хидрауличких удара и протока воде у периоду максималног оптерећења, како би се из њих упућивала само она количина воде која се налази у пројектованом опсегу протока, који неће угрозити рад постројења. Тиме се постиже уједначење протока, односно егализација. Поред уједначавања протока, на овај начин се врши и уједначавање квалитета отпадне воде која се не пречишћава. Егализацијом се назива сам поступак уједначавања протока и квалитета отпадне воде, и он представља технолошку операцију којом се уједначавају екстремне вредности, како максималне, тако и минималне промене протока и количине загађења у отпадној води, најчешће у току 24 часа. За пројектовање егализационог базена неопходно је у дужем временском периоду прикупити податке о часовима и дневним променама протока и количине загађујућих материја у отпадној води [21].

Решетке

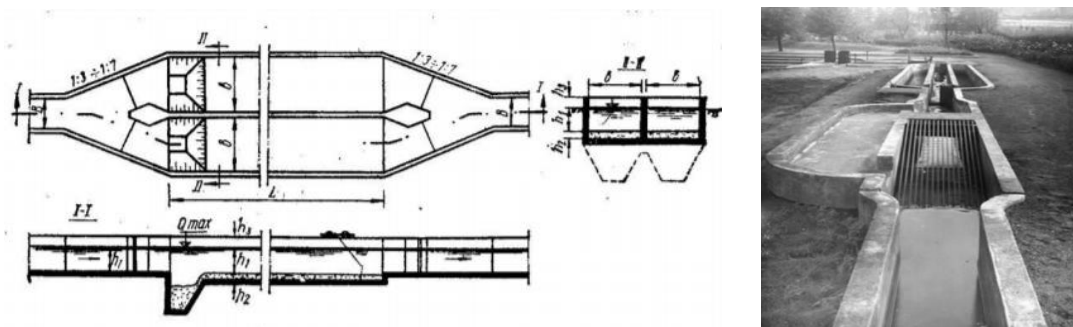
Решетке се користе за уклањање грубог и крупног материјала. Обично се састоје од паралелних шипки или штапова углављених у метални рам. Постављају се под углом од 75° . Брзина воде која протиче између шипки не би требало да буде већа од $1,0 \text{ m/s}$ (максимално $1,5 \text{ m/s}$). Уколико су брзине протицања веће, долази до пролажења једног дела отпадака између шипки решетака, док задржани отпаци пријањају чврсто за шипке, што аутоматско чишћење чини немогућим. На слици 18 је дат приказ решетки [21] [10].



Слика 18. Механичко пречишћавање – Решетке [23]

Песколови

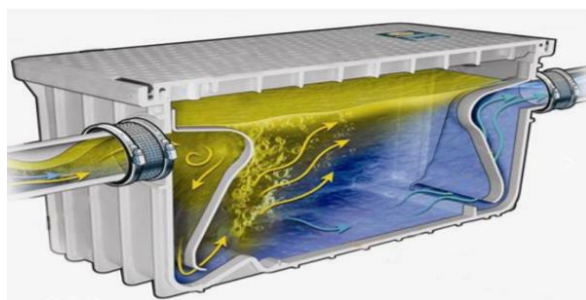
Песколови се употребљавају када је потребно из воде издвојити шљунак, песак, земљу, шљаку, минералне честице и слично. Наведени материјали изазивају абразију и убрзано хабање покретних делова уређаја за пречишћавање отпадне воде која ствара насlage и талогe који се тешко чисте у цевоводима и каналима у биолошким реакторима, односно на свим местима где је кретање воде успорено [9]. На слици 19 дат је приказ песколова.



Слика 19. Механичко пречишћавање – Песколови [23]

Сепаратори масти и уља

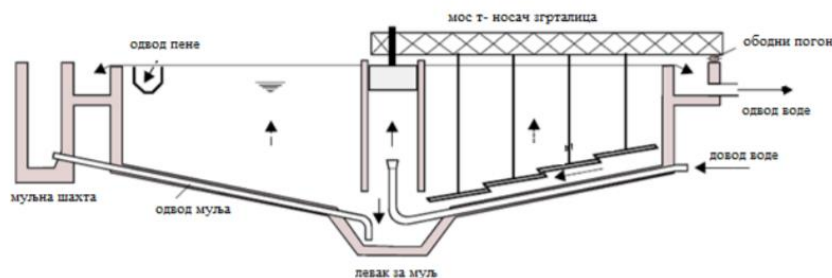
Сепарација се изводи у резервоарима у којима се уклањају суспендоване материје. Резервоари могу бити у облику пластичних танкова, бетонских базена и слично. Сам процес се одвија на основу силе гравитације, па тако брзина воде треба да буде мала, а температура што нижа, како би дошло до издвајања масти и уља. Процес је веома ефикасан, и могуће је уклањање од 50 до 70 % масти и уља, и од 25 до 40 % БПК [9]. На слици 20 је дат приказ сепаратора.



Слика 20. Механичко пречишћавање – Сепаратор масти и уља [23]

Таложење

Најстарији и најшире примењивани поступак у технологији обраде отпадних вода јесте таложење. За разлику од издвајања инертних материјала, таложење се примењује за издвајање и неорганског и органског састава из отпадних вода. Такође, након биолошке обраде, таложници се примењују како би се од пречишћене воде издвојио новонастали муљ. Суспензија коју је неопходно пречистити, долази у таложник путем улазне зоне, након чега се равномерно распоређује по пресеку базена, при чему се кинетичка енергија уништава турбуленцијом и трењем у улазном систему [21] [9]. Пресек примарног таложника дат је на слици 21.



Слика 21. Механичко пречишћавање – Примарни таложник [23]

Према начину таложења честица у отпадној води, постоје четири врсте таложења, а то су дискретно (слободно), агрегатно, зонално и стешњено таложење.

Када међу честицама нема међусобног додира нити неког другог утицаја, а таложе се у води, онда долази до њиховог појединачног таложења, па се сходно њиховим таложним карактеристикама, таложење назива дискретно или слободно.

При бистрењу воде најчешће долази до коалесценције дискретних честица и формирања агрегата. Такође, често примењиван поступак коагулације и флокулације, који резултује формирањем флокула различите величине и брзине таложења, завршава се њиховим издвајањем из отпадне воде поступком таложења, па се ова врста таложења назива и флокулационо таложење [21].

Флотација

Процес молекуларног „слепљивања“ чврстих честица материјала присутног у отпадној води на граничној површини са гасом који је диспергован у њој, назива се флотација. За спровођење овог процеса се најчешће користи ваздух који се диспергује са дна базена и који на путу навише сакупља честице и силом потиска их односи на површину, где се концентрисане у виду пене односе и уклањају. Сам процес зависи од низа фактора, од којих су најзначајнији:

- вишак слободне енергије на граничним слојевима,
- површинске појаве квашења, и
- величина и однос величина честица загађујућих материја и мехурова гаса.

Флотација представља алтернативну методу другим сепарационим поступцима, попут седиментације, сепарације, центрифугирања или филтрације, од којих је често ефикаснија или економски оправданија. При обради отпадних вода, флотација се примењује за уклањање суспендованих и емулгованих загађујућих материја, и концентрацију биолошких муљева.

У поређењу са седиментацијом, бржа је од 6 до 8 пута и дужина трајања процеса је од 15 до 30 минута. При томе, одређује се висок степен уклањања суспендованог материјала, значајно се смањује концентрација површински активног материјала у отпадној води и повећава се садржај кисеоника, што знатно олакшава касније фазе обраде.

Сви поступци флотације који се примењују у пракси се могу поделити у две групе, а то су природна и стимулисана флотација. Поступци стимулисане флотације се даље могу поделити на више начина, зависно од увођења гаса у течну фазу, начина стварања гасних мехурова, начина уклањања флотираног материјала итд. Уколико се усвоји подела поступка према начину увођења гаса у течну фазу, разликују се следећи начини флотације:

- флотација раствореним ваздухом (флотација под притиском, вакуум и *air-lift* флотација),
- флотација диспергованим ваздухом (механичка и пнеуматска),
- електрофлотација, и
- биолошка и хемијска флотација.

Флотација раствореним ваздухом је посебно ефикасна када је у питању третман отпадних вода, и са развојем нових доступних техника и материјала, готово да је потиснула друге видове флотације. Примењује се за издвајање јако диспергованих или суспендованих честица загађујућих материја, пошто је могуће остварити веома мале димензије мехура. Сам поступак се састоји од прављења пресићеног раствора ваздуха у отпадној води, при повишеном притиску, а потом његовог увођења у базен за флотацију, који се налази под атмосферским притиском. При смањењу притиска на ниво атмосферског и по уласку у флотациони базен, долази до издвајања ваздуха из воде, и формирања микро мехура који флотирају честице загађења. Како би задовољавајући ефекат флотације био постигнут, количина ваздуха која се мора издвојити из отпадне воде, мора се кретати у границама од 2 до 5 % запремине воде која се обрађује. Ефикасност процеса у великој мери зависи од односа количина ваздух – честице загађујућих материја. Однос маса ваздуха и загађујућих материја мора имати оптималну вредност како би флотација била што ефикаснија, јер са превеликим довођењем ваздуха изнад неких оптималних вредности неће се повећати уклањање суспендованих материја [21].

2.1.2 Физичко-хемијски третман

Коагулација и флокулација

Поред суспендованих честица, у отпадној води се могу наћи и колоидне честице релативно малих величина, па силе земљине теже не могу значајно утицати на њих. Ове честице су наелектрисане и услед међусобног одбијања лебде у маси воде, а немају ни способност да учествују у хемијским реакцијама, јер су инертне по природи, тако да се за њихово уклањање не могу применити ни поступци хемијског таложенија. Овај тим честица повећава мутноћу воде и њихово уклањање се најчешће обавља коагулацијом и флокулацијом. Развојем нових материјала се сусреће и примена мембранских процеса, али је у многим случајевима, у зависности од карактеристика отпадне воде, поступак коагулације и флокулације незаменљив.

Коагулација и флокулација су раније најчешће примењиване у поступцима припреме воде за пиће и уклањање мутноће у њој. Међутим, у новије време се овај поступак све више користи и за уклањање загађујућих материја из отпадних вода (попут металних јона, токсичних органских компоненти, вируса и радионуклеида). Ово се обавља уз помоћ ефекта њихове адсорпције за колоидне честице, а потом повлачења у талог, којим се одвајају из отпадне воде.

Мали пречник колоидних честица проузрокује то да имају релативно велику контактну површину са којом су у додиру са водом, као и релативно мали однос масе честица и њихове укупне површине, па тако, доминантну улогу на понашање колоидних честица има њихова контактна површина и процеси који се одигравају на њој. На површини ових честица се одиграва интеракција између честица и воде, честица и других честица из окружења, као и честица и присутних хемикалија у води.

Дебљина дифузионог слоја зависи од концентрације јона у воденом раствору, па кад је та концентрација релативно мала, онда се дифузиони слој шири, његова дебљина се повећава, и обрнуто. Утицајем на дебљину овог слоја, могуће је утицати и на

вероватноћу спајања самих колоидних честица и њихово укрупњавање, што је и предуслов за њихово уклањање из воде. Додатком коагуланата се утиче на дебљину слојева који окружују колоидну честицу, тако што се они тање, а то представља основ процеса коагулације.

Коагулација представља физичко-хемијски процес превођења квази-једнофазног у прави двофазни систем, што се постиже дестабилизацијом колоидних честица хемијским средствима, чиме се остварује предуслов за њихову агрегацију. Флокулација је физички процес формирања масе крупних флокула од ситних дестабилизированих колоидних честица повећањем градијента брзине. Хемијска средства која током коагулације изазивају дестабилизацију колоидних раствора, називају се коагуланти и најчешће су то једињења алуминијума и гвожђа. Као алуминијумски коагуланти, у употреби су алуминијум сулфат, алуминијум хлорид, натријум алуминат, алуминијум хлорохидрат, и други. Коагуланти базирани на гвожђу који се налазе у примени су гвожђе сулфат, гвожђе хлорид, гвожђе хлорид сулфат, полиферни сулфат и соли гвожђа са органским полимерима. Поменути коагуланти се најчешће примењују у третману вода, како због ефикасности, тако и због доступности и ниске цене [21].

Хемијска преципитација

Хемијска преципитација, или другим речима таложјење, представља процес у коме се додавањем одговарајућих хемијских средстава у отпадну воду, растворене и суспендоване компоненте преводе у облике који се таложје. Процес се заснива на додавању хемијских једињења води, која су способна да реагују са присутним јонима, и то тако да својим укупним концентрацијама превазиђу производ растворљивости једињења које граде током реакције. На овај начин присутни јони се преводе из раствореног у таложни облик и уклањају се из воде. Сам поступак има широку примену, али и извесна ограничења у погледу количина створеног талога. У технологији кондиционирања отпадних вода, најчешће се користи за уклањање тешких метала, који би у каснијој фази биолошке обраде могли да представљају проблем.

Класичан поступак таложјења може имати ограничења када је величина суспендованих честица мала и када су присутна загађења у раствору. Решавање овог проблема и повећавање удела наталожених суспендованих материја, врши се додавањем хемикалија које реагују са присутним загађењем у загађеној води, градећи слабо растворљива једињења која током процеса таложјења могу да вежу и додатне количине суспендованих честица и заједно падну на дно таложника. Овај процес је релативно брз [21].

Подешавање рН-вредности

Подешавање рН-вредности представља најчешћи технолошки процес који прати друге операције и процесе у технологији пречишћавања отпадних вода, а само у ретким случајевима, код појединих индустријских отпадних вода то може бити једини вид обраде пре испуштања у водопријемник или градску канализациону мрежу. Углавном, ефикасност одређеног процеса зависи од вредности рН, па је његово одржавање или подешавање на жељеном нивоу веома важно, али истовремено значајно утиче и на очување потребних услова у самој води, у смислу чувања делова опреме или самих базена и канала у којима се врши третман отпадне воде. На пример, повећање киселости отпадне воде може разарати бетон од кога су направљени базени, док са друге стране,

базна средина може потпуно зауставити биолошке процесе који се примењују у третману [21].

Током третмана отпадне воде, може доћи до промене њене вредности рН, па независно од тога да ли је са превише ниским или високим рН, мора се извршити њена неутрализација пре одлагања у природни реципијент. Ова фаза третмана отпадних вода је потребна из следећих разлога [21]:

- уколико вода садржи само високу концентрацију H^+ или OH^+ јона, неутрализација је и једина фаза обраде, а истовремено и нужна јер су границе рН вредности за отпадне воде које се испуштају у природни реципијент законом одређене;
- уколико су у води присутни и други загађивачи, неутрализацијом је неопходно подесити вредности рН јер од ње директно зависи могућност њиховог уклањања;
- код отпадних вода које се обрађују биолошким поступцима, неутрализацијом се остварују оптимални услови за активност микроорганизама. Биолошки поступци су доста толерантнији на промену рН-вредности од хемијских и физичко-хемијских поступака. Ипак, при аеробној обради рН се мора кретати у опсегу од 6 до 8, а толерантне границе су највише 5 до 9.

У зависности од врсте употребљеног неутрализационог средства, могу се применити следећи поступци [21]:

- 1) неутрализација мешањем киселих и алкалних отпадних вода;
- 2) неутрализација кречом, кречњаком или кречним млеком;
- 3) неутрализација угљен-диоксидом или димним гасом;
- 4) неутрализација јаким базама или киселинама;
- 5) неутрализација јонском изменом и други.

Оксидација

Оксидација је поступак који се често користи при обради и пречишћавању отпадних или природних вода за превођење и модификацију непожељних хемијских врста у мање непожељне и мање токсичне хемијске врсте. При овом поступку, често није потребно извршити потпуну оксидацију из разлога што су у неким случајевима продукти потпуне оксидације више токсични него интермедијерна једињена. За потпуну оксидацију великог броја једињења, често су потребни базни и реактори великих капацитета, скупи катализатори, а и време за потпуну оксидацију је често дуго. Због свих наведених разлога, неопходно је добро познавати хемизам саме оксидације, као и све потребне параметре и услове који морају бити испуњени, како би се одговарајућом анализом дошло до оптимизације процеса у сваком смислу [21].

Адсорпција

Адсорпција представља врло чест, а некада и незаменљив поступак издвајања органских супстанци из воде. Дефинише се као процес миграције и акумулације одређене супстанце из једне у другу фазу. Процес адсорпције се увек одиграва на међуфазној површини. Сам процес се одвија тако што се на изразито великој контактаној површини адсорбенса, која се обезбеђује великом порозношћу и мноштвом мањих и већих канала унутар дефинисане запремине, задржавају растворене супстанце, и на тај начин издвајају из воде [21].

Аерација

Појам аерација се може употребити за операцију увођења гасовите фазе (ваздуха или кисеоника) у течну фазу, ради преноса масе кисеоника у отпадну воду, или за операцију уклањања гасовите фазе из течне, односно за уклањање гасовитих састојака CO_2 , N_2 , H_2S , CH_4 , NH_3 и бројних испарљивих органских једињења која су присутна у отпадној води. Присуство кисеоника у отпадној води је веома важно за биолошку обраду отпадних вода. На сам пренос масе кисеоника у воду утичу температура и притисак на коме се процес аерације одвија, присутне загађујуће материје у отпадној води као и геометрија система у коме се изводи аерација. У пракси, процес аерације се најчешће изводи применом дифузних и механичких аератора. У првом случају, ваздух се дистрибуира кроз дифузоре постављене непосредно изнад дна аерационог базена, док се код механичке аерације користе мешачи на површини воде аератора, који снажном турбуленцијом повећавају контактну површину између воде и ваздуха, и на тај начин обезбеђују растварање кисеоника у води. Међутим, без обзира на то на који начин се врши аерација, неопходно је имати на уму да ће услови под којима се врши аерација, утицати на ефикасност преноса кисеоника из ваздуха у воду [21].

2.2. Секундарно пречишћавање

Под секундарним третманом се подразумева биолошко пречишћавање отпадних вода, и тиме се јасно назначавало да се из воде уклања и органско загађење. Биолошко пречишћавање је у широкој примени када је у питању третман отпадних вода, јер се на економичан начин и са довољно ефикасности из воде могу уклонити органске загађујуће материје. Овај вид кондиционирања се изводи након уклањања инертног и другог неорганског загађења из воде у примарном третману. Добро контролисана секундарна обрада, током експлоатације, може обезбедити квалитет са дефинисаним границама квалитета ефлуента. Само пречишћавање се обавља уз помоћ живих микроорганизама, па је посао инжењера оператера на постројењу да успешно контролише параметре и обезбеђује услове за рад система и одржавање живота у њему.

Процес биолошког пречишћавања се заснива на активности комплексне микрофлоре присутне у води, која током своје животне активности, која подразумева одржавање живота, раст, размножавање и одумирање, користи значајан део органских и један мањи део неорганских материја у отпадној води. Органска материја се у овом процесу не губи, већ се само трансформише из раствореног облика у ћелијску биомасу. Ћелије микроорганизама имају свој облик и масу, па се стога и могу третирали као чврсте честице. Након биолошког процеса, оне се једноставним таложењем издвајају из воде, која као пречишћена одлази на даљи третман пре испуштања у реципијент, а издвојена биомаса у себи задржава концентрисану органску материју. Тако добијена биомаса се потом подвргава накнадној обради, како би се учинила безопасном по животну средину и коначно одлаже у природу.

Најчешћа примена биолошких процеса приликом пречишћавања отпадних вода јесте уклањање органског садржаја и нутријента (азота и фосфора) из отпадне воде. Често се примењују и за уклањање органских фракција муљева који настају током таложења, приликом примарног пречишћавања, као и за разградњу вишка биомасе након секундарне обраде (муљ из секундарног таложника), што се заједнички назива биолошка стабилизација муљева или дигестија.

Микробиолошки процеси се могу одвијати у присуству кисеоника, када се називају аеробним, и у одсуству кисеоника, када се називају анаеробним процесима.

Унутар тих граница могу се одвијати и процеси који се мање или више приближавају наведеним граничним условима [21].

2.2.1. Аеробни процеси

Уопштено говорећи, аеробни процеси су применљиви и исплативи једино када се загађујуће материје биолошки лако разграђују. Микроорганизми који разграђују органску материју у отпадној води могу да се снабдеју кисеоником путем површинских аератора, или путем дифузора потопљених у отпадну воду [22].

Предности аеробних процеса пречишћавања воде су [22]:

- настајање мање штетних једињења;
- бржа разградња.

Мане аеробних процеса пречишћавања воде су [22]:

- настајање великих количина муља;
- мириси/аеросоли проузроковани продувавањем ваздуха у циљу уношења кисеоника у воду;
- смањена бактеријска активност на ниским температурама. Површинска аерација и ињектирање чистог кисеоника могу се користити за унапређење овог процеса;
- уколико се масти и уља не уклоне пре аеробног биолошког третмана, рад постројења за пречишћавање отпадне воде може бити отежан јер бактерије нису у стању лако да разграде ове супстанце.

Активни муљ

Процеси пречишћавања отпадних вода са суспендованом микрофлором су данас најраспрострањенији вид примене аеробног процеса пречишћавања, посебно са применом при обради слабо и средње оптерећених отпадних вода, где спадају и комуналне отпадне воде. Примена овог вида обраде се спроводи кроз три основна решења, а то су процес са активним муљем, аерисане лагуне и аеробна језера. Поступци пречишћавања у аерисаним лагунама и аеробним језерима се врше уколико су на располагању велики отворени земљани базени који служе као биолошки реактори. Основни услов је да те локације буду довољно удаљене од насеља, како би се толерисао настанак непријатних мириса током самог процеса. Активни муљ је назив за биолошки активну биомасу аеробне микрофлоре, суспендоване у отпадној води у облику флокула, при чему се у флокулама, сем живих, активних микроорганизама, налазе и мртве ћелије као органска и неорганска материја из отпадне воде која се пречишћава [21].

Биофилтрација

Кондиционирање отпадне воде са имобилисаним слојем микроорганизама на инертном носачу, тзв. аеробна биофилтрација, представља поступак који се углавном користи за пречишћавање комуналних отпадних вода мањих насеља и за претходну обраду појединих индустријских отпадних вода. Аеробни биофилтери представљају старији поступак пречишћавања од пречишћавања активним муљем, али су због својих недостатака били потиснути системима са активним муљем. Улога биофилтера је да формирају што већу специфичну површину ради контакта отпадне воде и ваздуха са биофилмом. Од поступака аеробне биофилтрације, данас се најчешће употребљавају капајући биофилтери и дискови [21].

2.2.2. Анаеробни процеси

У одсуству кисеоника долази до разградње органских материја, чиме се као нуспроизвод добија метан који може да се користи за загревање реактора. Иако се у стандардним анаеробним процесима реактори обично не греју, у интензивним анаеробним процесима се најчешће примењује загревање. У оба случаја, температура реактора мора да се одржава на око 30-35 °C (када је у питању мезофилни процес) или 45-50 °C (када је у питању термофилни процес), а потреба за топлотом зависи од температуре улазне отпадне воде [22].

Дакле, под дејством бактерија анаеробног врења, сложене супстанце, као што су беланчевине, липиди, скроб, целулоза, лигнин и други, разлажу се сложеним путем који се може поделити у три фазе. У првој фази разградње, сложене и у води нерастворене супстанце се хидролизом преводе у растворан облик. Ова хидролиза је катализована ензимима које излучују у околини простор бактерије анаеробног врења. Пошто се у овој фази разградње, у води нерастворене супстанце преводе у растворен облик, она се често назива и фазом ликвифакције, растварања или утечњавања. У другој фази разлагања бактерије киселинског врења користе у води растворне компоненте органског загађења, без обзира да ли су унете у систем или настале у првој фази разлагања и преводе их у своју биомасу и различите метаболите. Под утицајем бактерија киселинског врења већом брзином се разлажу оне компоненте загађења које су присутне у раствореном облику јер не морају проћи кроз прву фазу разлагања, односно хидролизу. Трећа фаза разлагања се дешава под утицајем бактерија метанског врења, у њој се, претходно формиране органске киселине разлажу у метан и угљен-диоксид уз биосинтезу одређене количине бактеријске биомасе. Поред органских киселина, бактерије метанског врења могу разлагати, тј. користити као храну, и нека друга једињења као што су нискомолекуларни алкохоли [21].

Главне предности анаеробних процеса [22]:

- мала количина муља. Нижа стопа раста микроорганизама подразумева мању потребу за макронутријентима и микронутријентима;
- мања потреба за енергијом јер нема аерација;
- најчешће нижи капитални и текући трошкови по уклоњеном килограму НРК, услед мање производње муља и нижих трошкова за потребе мешања;
- производи се биогаз који се може користити за производњу електричне или топлотне енергије;
- могу се лако зауставити и остати ван погона дужи период (погодно за сезонске процесе, као што је прерада шећерне репе);
- стварање пелета муља представља нарочиту предност овог процеса. То омогућава не само брзу реактивацију након паузе од више месеци, већ и продају вишкова пелета;
- могу се разградити неке супстанце које се не могу разградити аеробним путем, као нпр. пектин и бетаин;
- мање проблема са непријатним мирисима ако се примене одговарајуће технике за спречавање њиховог настанка;
- не стварају се аеросоли; могу да се асимилирају уља и масти.

Мане анаеробних процеса су [22]:

- за обезбеђивање оптималних услова за метаболизам мезофилних бактерија углавном је потребан спољни извор топлоте;
- мања брзина размножавања захтева веће задржавање биомасе;
- почетна фаза пуштања у рад/аклиматизације може бити дуготрајна;

- анаеробни системи су осетљивији од аеробних на флуктуације температуре, pH вредности и концентрације и количине загађујућих материја;
- поједини састојци за пречишћавање отпадне воде могу бити токсични/корозивни.

Анаеробни процеси се најчешће примењују у оним индустријама код којих постоји висок садржај растворљивих и лако биолошки разградивих органских материја и где је концентрација отпадне воде, изражена у НРК, обично преко 1.500–2.000 mg/l. Ови поступци се примењују за пречишћавање загађених отпадних вода чији је НРК између 3.000 и 40.000 mg/l, односно у секторима производње шећера, скроба, прераде воћа и поврћа и производње алкохолних пића. У скорије време је остварен успех у примени појединих анаеробних система чак и за мање загађену отпадну воду чији је НРК између 1.500 и 3.000 mg/l, односно у пиварама, млекарама и секторима производње воћних сокова, минералне воде и безалкохолних пића [22].

2.3. Терцијарно пречишћавање

По завршетку секундарног пречишћавања, може постојати потреба за додатним пречишћавањем како би се омогућила поновна употреба воде као процесне воде или воде за прање за мање захтевне намене, односно да би се задовољили критеријуми за њено испуштање у реципијент. Терцијарно пречишћавање обухвата све процесе којима се постиже тзв. „полирање“ квалитета воде, закључно са системима за дезинфекцију и стерилизацију [22].

Дезинфекција представља поступак инаktivације живих организама у пречишћеној отпадној води, који изазивају разне инфекције и болести. Увек се изводи као последњи процес, пре испуштања пречишћене отпадне воде у природни реципијент. Дезинфекција се може вршити додавањем одређених хемијских средстава, као најраспрострањенијим методама, док се развојем нових и економски исплативих техника све више примењује и дезинфекција отпадне воде UV зрацима. Процесом дезинфекције се број живих микроорганизама присутних и води мора свести на ниво предвиђен законом [21].

3. Пиварска индустрија

Управљање водом и отпадним водама представља велики проблем за индустрију пића, укључујући и пиварску индустрију. Пиварство у прехранбеној индустрији представља једну од најзначајних грана. Укупна производња ове гране износила је 1,94 милиона хектолитара у 2018. години [24]. На ранг листи пића која се највише конзумирају у свету, пиво се налази на 5. месту, одмах иза млека, чаја, кафе и газираних напитака [23]. У 2020. години, на глобалном нивоу, пиварска индустрија је обезбедила годишњи приход од преко 522 милиона америчких долара. До 2023. године се очекује пораст од 9,4% у односу на 2020. годину [24]. Тренд повећане потражње за пивом се јавља и у земљама Европе, о чему говори податак да је 2018. године производња у преко 10.000 пивница премашила број од 400 милиона хектолитара у 2018. години [23].

Сам процес производње пива је енергетски врло интензиван, па самим тим подразумева потрошњу велике количине воде. Иако се у саставу пива налази 95% воде, за процес производње пива потребна је значајно већа количина. Као и у свакој индустрији, тако и у индустрији пива генерисане отпадне воде представљају један од најзначајних проблема који има директан утицај на предузеће, али и на саму производњу пива. Претпоставља се да се приликом производње једног литра пива одстрани 3-10 l отпадних вода. Отпадне воде које настају у пиварама имају температуру већу од 100°C. Варење пива подразумева два главна корака: кување и паковање. Нуспроизводи који настају у овим корацима (нпр. вишак квасца) заједно са отпадним водама су одговорни за загађење. Чишћењем резервоара, боца, машина, подова се такође стварају додатне количине отпадне воде. Отпадне воде из појединих корака процеса су променљиве. Тако се, на пример, прањем боца генеришу велике количине отпадних вода, али су зато количине органских супстанци које се испуштају из пиваре, знатно мање. Отпадне воде настале у процесима ферментације и филтрирања имају углавном ниску запремину али имају високу органску/биохемијску потребу за кисеоником (БПК), чак 97% [23].

Отпадне воде из индустрија пива се могу испустити на неколико начина:

- директно у водотокове (океани, реке, потоци, језера),
- директно у канализациону мрежу,
- у водотокове или канализациону мрежу, при чему је отпадна вода претходно прошла кроз одређени третман обраде,
- у постројење за пречишћавање отпадних вода која су у власништву пивара.

Испуштање непречишћених или делимично пречишћених вода из индустрије пива у водотокове може представљати озбиљне проблеме загађења истих, јер ефлуенти садрже органска јединицења којима је потребан кисеоник за разградњу. Тако, на пример ако се вода са великом концентрацијом органских материја улива у реку, бактерије ће у реци окисловати органску материју трошећи кисеоник из воде брже него што се кисеоник из ваздуха раствара у реци.

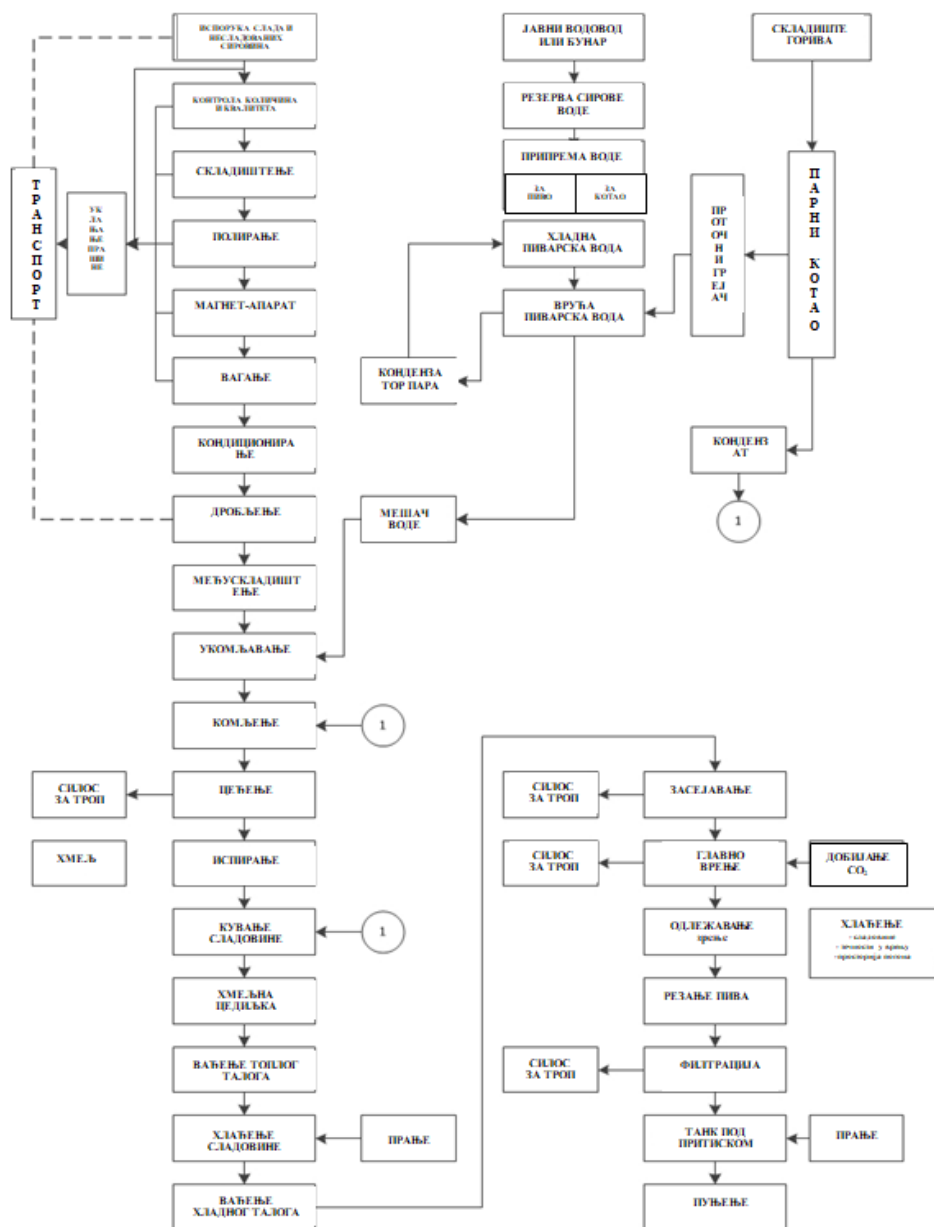
3.1 Процес прављења пива

Пиво, као алкохолно пиће, се у почетку производило само за кућну употребу, али са развојем трговине, пиво је постало предмет размене. У том тренутку је почео развој пиварства као самосталног занимања. Међутим, иако се пиво производило у великим количинама, успех саме производње је зависио од случаја до случаја, али и од вештине мајстора и његовог вишегодишњег искуства. Улога микроорганизама код трансформација

органичних материја постала је позната тек у 19. веку. У првој половини 19. века у технологији пиварства је дошло до великих промена. Висок ниво савремене технологије пива постигнут је захваљујући развоју техничке микробиологије и биохемије. Усавршавање парне машине и проналазак машине за хлађење су имале највећи утицај на развој пиварства. Основне сировине за производњу пива су пиварски слад, пиварски квасац, хмељ и вода. Од пиварског јечма се најпре добија слад, од кога се прави сладовина, која потом пролази кроз процес ферментације и претвара се у пиво.

Производња пива је сложен процес који се дели на технологију слада и технологију пива. Основна сировина за добијање слада, тј. пива је јечам, при чему се за припрему пива употребљавају само специјалне сорте јечма (тзв. пиварски јечам). Предност јечма у односу на друге житарице је у анатомској грађи јечма. Како је зрно јечма обувано, код филтрације комине од дробљеног јечменог слада се добија порозан слој тропа, чиме се олакшава одвајање сладовине од тропа. Хмељ пиву даје горак укус и значајно утиче на квалитет и стабилизацију пива. Хмељ у себи садржи специфичне састојке који су значајни за производњу пива, а то су: смоле (меке и тврде), хмељна уља и полифеноли. Улога квасца у процесу производње је та да разлажу шећере из слада у етил-алкохол и угљен-диоксид. Квасци који се користе у пиварству се деле на врсте које се међусобно разликују по карактеру раста на хранљивим подлогама (колонијама), величини и облику ћелија, степену ферментације шећера итд. Пивски квасац припада роду *Saccharomices*. У процесу врења, јављају се две врсте квасца. Први је квасац доњег врења који се на крају врења таложи на дно врионе посуде, док је други квасац, квасац горњег врења који се на крају врења налази на површини пива. Избор врсте квасца је од изузетне важности, јер од особина квасца зависе брзина ферментације, степен ферментисаности и избистравање пива, а такође и укус и арома пива. У пиварској индустрији се цене квасци код којих се ферментација врши брзо, чији је степен ферментације велики и који обезбеђују добро избистравање, благ и чист укус и пријатну арому пива. Како ниједна одређена врсте нема све ове особине обједињене, у производњи се примењују мешане врсте, или се процес ферментације врши употребом разних врста, а потом се врши мешање младог пива у лежним танковима.

Вода представља једну од основних сировина за производњу пива. Састав воде која се употребљава за производњу сладовине утиче на квалитет пива. У природној води увек постоји мања или већа количина разних растворених соли. Соли из воде утичу на укус пива и представљају незнатан део екстракта пива, свега 0,3-0,5 g/l [24]. Минералне материје воде не утичу толико непосредно на укус пива, већ утичу на ензимске и колоидно-хемијске реакције, које се јављају у процесу производње пива. Квалитет пиварске воде је један од најважнијих фактора доброг квалитета пива. На слици 22 приказана је технолошка шема производње пива.



Слика 22 . Технолошка шема производње пива [24]

Као што је већ напоменуто, производња пива се састоји од две основне фазе: припремања сладовине и врења, па ће у наставку рада бити више речи о овим фазама.

3.1.1 Припремање сладовине

Сладовина се добија екстракцијом вредних састојака слада и хмеља. Циљ производње сладовине је да се нерастворене материје у сладу преведу у растворени облик деловањем ензима. Процес припремања сладовине обухвата следеће операције: млевење слада, комљење, кување комине, цеђење сладовине, охмељавање сладовине, цеђење охмељене сладовине, хлађење охмељене сладовине и бистрење сладовине.

Припремањем сладовине добија се екстракт пиварског слада, од којег зависи врста пива. Пиварски слад садржи само 10-15 % материја растворљивих у води (шећери, део протеина и производи њихове разградње), па се комљењем пиварског слада, ако су услови за деловање ензима присутних у сладу оптимални, мењају нерастворљиве материје слада (углавном скроб). Под дејством ензима амилазе слада скроб се трансформише у малтозу и декстрине, док се протеини разлажу под дејством протеолитичких ензима. На овај начин долази до трансформације нерастворених материја у шећере и друге органске материје које се потом растварају у води, тако да се постиже максимална екстракција пиварског слада. Сам састав сладовине зависи од врсте слада и начина на који се изводе поједине фазе и од услова под којима се оне одвијају, а посебно од поступака екстракције [24].

Млевење слада представља једну од најзначајних операција. За оптимално деловање ензима потребно је слад самлети. При млевењу потребно је сачувати пљевуцу јер она представља природни филтер у току цеђења комине. Од степена уситњавања слада зависе брзина ошећерења, искоришћавање екстракта, као и брзина и ефекат филтрације сладовине. Постоје два поступка млевења слада: сува и влажна мељава. У процесу влажне мељаве слад се овлажи омекшаном водом температуре 30-50°C /15-30 минута, при чему је оштећење пљевуце мање [24]. За ове процесе се користе млинови са ваљцима, различитих конструкција, са 2, 3, 4, 5 или више ваљака, који могу бити равни или жлебљени.

Процес екстракције самлевоног слада водом назива се комљење. Укупна маса помешаног самлевоног слада и воде се назива комина. Деловањем ензима слада добија се већи принос екстракта. Најчешће се у пракси примењују два поступка за комљење: инфузија и декокција. Инфузија је поступак који служи за добијање сладовине за производњу јаких пива. При овом процесу се тежи да се добије што више малтозе. У овом процесу долази до мешања самлевоног слада са водом загрејаном на 40-45°C, а потом се смеша постепено загрева до 75°C, уз краћа задржавања на температурама које су неопходне за одвијање појединих фаза превођења скроба у ферментабилне шећере. За овај поступак се може употребити специјалан добро разграђени слад. Овим поступком се добија пиво светлије боје и мекше хмељне ароме. Поступком декокције се добија сладовина за производњу такозваних пунијих пива. У овом поступку би требало користити сладовину која садржи и екстрактивне материје које не ферментишу декстрине. У пракси се најчешће примењују поступци декокције са једном, две или три комине [24].

Декокција са три комине је поступак који се спроводи тако да се самлевени слад меша са водом (35°C) у такозваном преткомовњаку, а потом се у посади за комљење врши стварно комљење, тако да се делови комине кувају у посебној посуди где се практично ошећерују. У посуду за ошећерење се пребацује 1/3 комине, где се загрева до 70-75°C и задржава до завршетка ошећерења, а затим се поново враћа у посуду за комљење. При том мешању комина, температура у суду за комљење подигне се на 50-55°C. Потом се друга комина (1/3 комине) пребацује у суд за ошећерење, загрева и ошећери, а затим се враћа у посуду за комљење, при чему се температура укупне комине подиже на 60-65°C. Исти поступак се примењује и на трећу комину, с тим што се температура целокупне комине подигне на 72-75°C [24].

Декокција са две комине се примењује у проиводњи светлијих пива. Тада се користи вода која је загрејана на температури 45-50°C. Поступак је исти као код декокције са три комине, с тим што се приликом повратка прве комне у посуду за комљење температура целокупне комине повиси на 62-65°C, док се приликом повратка друге комине, температура целокупне комине повиси на 72-75°C [24].

Поред ових процеса се примењују се и други који су у комбинацији наведених процеса. Основни циљ свих ових поступака је да се материје слада преведу у раствор и искористе, при оптималним условима за деловање ензима. Састав воде која се употребљава за екстракцију, битно утиче на сам квалитет пива, као и на његову боју и укус. Мека вода се употребљава за производњу светлих пива, а тврда за тамна, тако да се за производњу светлих пива тврда вода мора претходно подвргнути процесу омекшавања.

Ошећерена комина се састоји од течне и чврсте фазе. Течна фаза (сладовина) садржи све растворљиве материје слада, док се чврста фаза (требер) састоји од честица различите величине, тј. од делова омотача плевице, остатака ендосперма и других. Цеђењем се сладовина одваја од требера уз минималан губитак екстрахованих материја. Сладовина се, осим у слоју исталоженог требера, може цедити и у филтер-пресама са посебним тканинама за цеђење. Сладовина се цеди само када је загрејана, јер је процес филтрирања знатно тежи уколико је охлађена.

Следећи корак у припреми сладовине је кување са хмељом. Основни циљеви кувања сладовине су екстракција ароматичних материја из хмеља, стерилизација сладовине и инактивација ензима. Кувањем се из сладовине ослобађа лакоиспарљиви диметил-сулфид који изазива непријатан мирис и укус пива. Оптимална рН вредност је између 5,1-5,2. Додавањем млечне киселине се добија оптимална рН вредност. Нижа рН вредност обезбеђује племениту горчину и микробиолошку стабилност пива. Искоришћење горких материја је мање па се мора додати више хмеља. Од врсте пива зависи колико ће се хмеља додати, при чему се количине хмеља крећу у границама од 100 до 150 g по hl пива. Како би горчина пива била стално једнака, норматив утрошка хмеља израчунава се на основу садржаја горких материја. Хмељ се најчешће дозира као екстракт или као палете, који се у котао додаје у две или три партије, а понекад и одједном. Сладовина кувана са хмељом се потом цеди како би се уклонили чврсти делови, и иде на процес хлађења где се постепено хлади до 5-6°C за пива доњег врења, а код пива горњег врења до 15-16°C. Током процеса хлађења, сладовина се може контанимирати, јер је средина врло погодна за микроорганизме. Температуре које су најопасније су од 20 до 40°C [24]. Сладовина се хлади у затвореним посудама уграђеним системом цеви, или у цевним или у плочастим измењивачима топлоте. Оба система, и отворени и затворени, су подељени у две секције. Једна од секција хлади се обично хладном водом, док се друга хлади расхлађеном. У затвореном систему сладовина је заштићена од контаминације.

Следећи процес кроз који пролази сладовина јесте бистрење. Одвајање талога из хмељне сладовине се врши у уређајима са континуалним системом рада (сепараторима). Нечистоћа се услед дејства центрифугалне силе одваја, при чему се добија избистрена сладовина. Сладовина се бистри топла или охлађена. Знатно бољи ефекат се постиже при бистрењу охлађене сладовине, јер се тада одвајају и ситне честице, поред грубих честица.

3.1.2 Процес врења

У производњи пива, врење представља најважнију фазу. Квалитет и врста готовог производа зависи од самог процеса врења. Процес врења започиње додавањем пиварског квасца у сладовину. У главном делу врења, прво долази до разлагања већег дела шећера до етил-алкохола и угљен-диоксида, а потом се у накнадном врењу остатак шећера ферментише, при чему се стварају букетне материје, пиво се потом бистри и засићује угљен-диоксидом. У пиварству се углавном користе квасци доњег врења, који су прилагођени алкохолном врењу сладовине при ниској температури са мањим или већим

степеном превирања. Квасац доњег врења који се користи у процесу је *Saccharomyces carlsbergensis*. Ова врста квасца се на температури 5-10°C релативно брзо размножава и активно превире, а показује ферментативне способности и на температури од 1 до 2°C, што се користи при накнадном врењу, одлежавању пива. Квасци доњег врења се од квасаца горњег врења разликују по томе што могу да превире рафинозу. За производњу јаких и специјалних пива се користе најчешће квасци горњег врења [24].

Пивски квасци доњег врења имају особину, да током врења и при његовом крају, стварају пахуљице, слепљене ћелије квасца. Ова појава има практичан значај у производњи, јер се само пиво бистри таложењем квасца, при чему се скупљени квасац може употребити поново у неком наредном циклусу варења. На брзину таложења квасца утичу температура врења и исхрана квасца. Пиварски квасци који учествују у процесу врења се добијају поступним размножавањем чисте културе одређеног пиварског квасца у сладовини. Процес размножавања траје све док се не добије количина квасца која је потребна за вођење главног врења. У овом процесу се примењује систем поновног враћања квасца у поступак, односно издвојени квасац из претходног врења може се поново користити у неком наредном процесу врења пива. Међутим, овде је потребно водити рачуна да се овај квасац одликује особинама које би требало да има пиварски квасац, као и о његовом физиолошком стању. Потребно је да квасац буде чист и без непожељних микроорганизама.

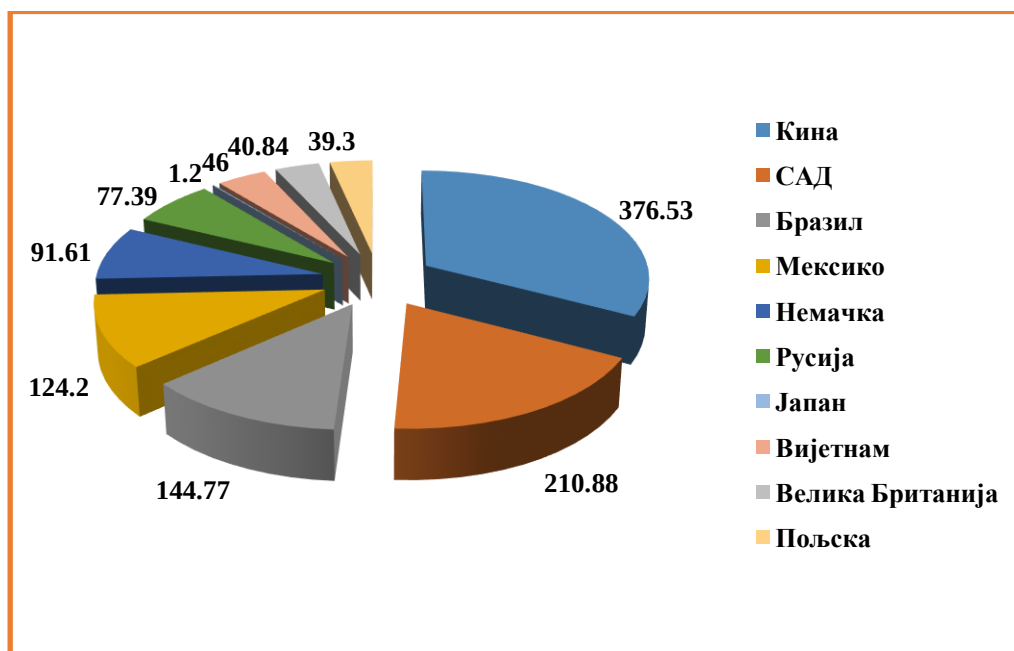
У процесу главног врења долази до ферментације шећера у алкохол и угљен-диоксид, деловањем ензима из квасца, уз ослобађање топлоте. Процес главног врења чине следећа стања: почетно врење, степен ниске беле пене, степен високе смеђе пене, степен лома пене и степен зрелости, односно степен бистрења пива. Почетно врење представља прву фазу врења. У току ове фазе се на површини сладовине појави пена, а јавља се 12-20 h пошто је квасац додат сладовини. У овом периоду долази до интензивног размножавања квасца. Степен ниске беле пене је друга фаза у којој је целокупна површина сладовине у посуди за главно врење покривена чврстом пеном. Тада настаје бурно алкохолно врење, при чему се ослобођен угљен-диоксид не раствара у пиву, већ подиже пену и ствара карактеристичну белу пену. Период најинтензивнијег алкохолног врења пива представљен је степеном високе смеђе пене која се ствара. У овом кораку се ствара високи слој пене по површини, која се постепено претвара у таласасту површину. Делови старе пене постају смеђи, док је нова пена бела. Када врење достигне свој максимални интензитет, висока пена постаје таласаста и више смеђа. Следећа фаза јесте степен лома пене, и настаје након најинтензивнијег врења. Тада пена почиње да опада, врење се стишава, квасац се таложи, а површина сладовине се постепено ослобађа од пене и постаје тамна. Последња фаза главног врења је степен бистрења. Карактеристике је таложење квасца, односно бистрење пива. Процес главног врења се одвија у отвореним или затвореним посудама са уграђеним системима за хлађење и одржавање оптималних температура у појединим периодима главног врења. Дужина главног врења зависи од температуре, тако да уколико је температура виша, врење се одвија брже. Поред температуре, на дужину врења утиче и количина додатог квасца. Са већом количином, врење почиње брже, па самим тим је и дужина трајања краћа. Просечно трајање главног врења је око 4 дана и одвија се на температури између 5 до 8°C. Када се постигне жељена вредност преврелости младог пива, која се одређује према садржају диацетила, главно врење се прекида. При крају врења младо пиво се охлади на 3°C и пребаци у судове за накнадно врење [24].

Како би се остварио нормалан ток накнадног врења, потребно је да младо пиво, које настаје у фази главног врења, садржи довољну количину шећера који може да ферментише. Накнадно врење се одвија на температури од -1°C, и одвија се у затвореним танковима за одлежавање пива, под притиском угљен-диоксида. У овом процесу се

обавља завршно алкохолно стање, стварају се естери, смањује се удео алдехида, таложи се квасац и то све уз помоћ сложених хемијских и физичко-хемијских процеса. Тада се пиво бистри и засићује угљен-диоксидом, при чему се побољшава арома и укус пива. Код одлежавања пива, контролишу се интензитет превирања, притисак у посудама за накнадно врење, бистрење пива, стабилност пене, укус пива и температурни режим. Овај процес обично траје 12-14 дана, зависно од врсте пива [24].

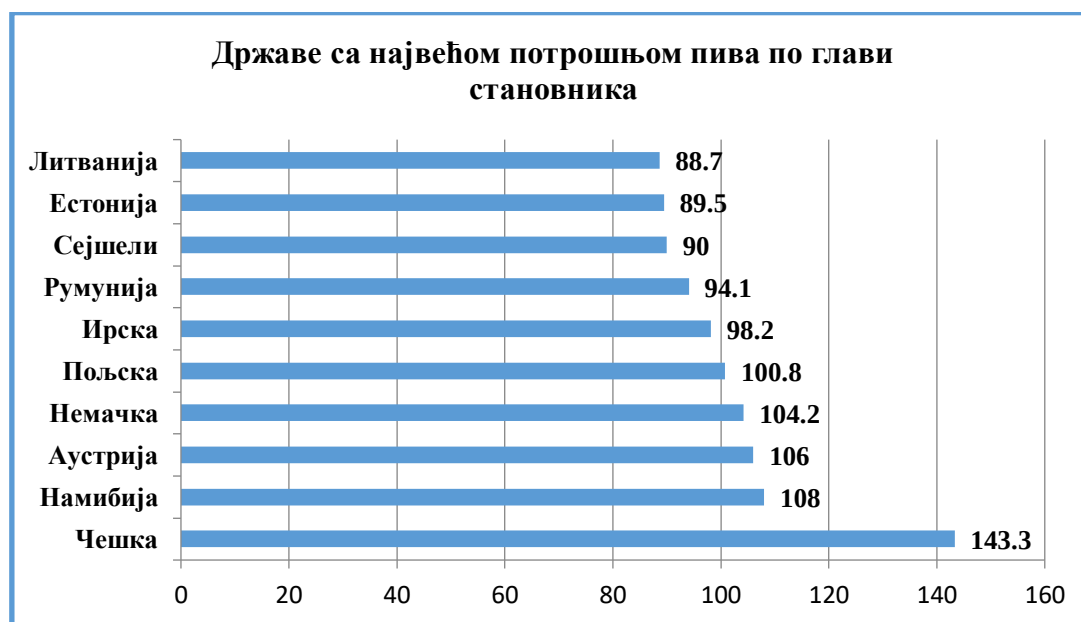
Када се заврши процес накнадног врења, одлежено пиво има карактеристичне сензорне особине. Ово пиво још увек није спремно за пуњење јер нема адекватан степен бистрине. Зато је потребно да пиво прође кроз процес филтрације, како би се одстраниле честице које стварају мутноћу. Процесом филтрације се из пива одвајају хмељне смоле, протеини, ћелије квасца и друге суспендоване честице које се налазе у одлежаном пиву. Пиво је потребно филтрирати без присуства кисеоника.

Што се тиче производње пива, водећи произвођач по обиму производње у 2019. години је била Кина. Те године је у Кини произведено око 376,53 милиона хектолира пива [25]. На другом месту се налазе Сједињене Америчке Државе, које су исте године произвеле 210,88 милиона хектолитара [25]. На следећем графикону приказане су државе са највећим обимом производње пива у милионима хектолитара у 2019. години.



Графикон 3. Државе са највећим обимом производње пива [25]

Када говоримо о употреби пива, Европа, генерално троши највише пива на свету. Земља која се налази на врху листе у 2021. години је Чешка са 143,3 литара потрошње по становнику [26]. Разлог због којег је Чешка на врху листе је тај што је у Чешкој пиво јефтиније од флаширане воде. Седам других европских држава чине првих десет на листи употребе пива по глави становника у свету: Аустрија, Немачка, Пољска, Ирска, Румунија, Естонија и Литванија. Поред европских држава на листи највећих потрошача пива, нашле су се две афричке државе: Намибија са 108 литара пива по становнику и Сејшели са 90 литара [26]. Намибија има другу највећу потрошњу пива на свету, вероватно због својих колонијалних веза са Немачком. Сједињене Америчке Државе се налазе на 21. месту у свету са 74,8 литара потрошње пива по становнику. На графикону 4 су приказне државе са највећом потрошњом пива по глави становника.



Графикон 4. Државе са највећом потрошњом пива по глави становника у литрима [26]

3.2 Конвенционалне методе пречишћавања отпадних вода из пивара

Отпадне воде које настају у процесу производње пива у пиварама имају велику потребу за кисеоником (ХПК) из свих органских једињења, попут шећера, растворљивог скроба, етанола, испарљивих масних киселина итд. Температура отпадних вода је обично у распону од 25°C до 38°C, а понекад достижу и више температуре. На ниво рН вредности утиче количина и врста хемикалија које се користе за чишћење и дезинфекцију (фосфорна киселина, азотна киселина итд.) и креће се у распону од 2 до 19. Санитарне хемикалије које укључују једињења хлора осигуравају да на површинама нема микроорганизама који могу бити штетни за пиварску индустрију и јавност која конзумира пиво. Нивои азота и фосфора обично зависе од руковања сировинама и количине квасца присутног у ефлуенту. У табели 2 је дат пример физичко-хемијских карактеристика отпадних вода у пиварама у Индији.

Табела 2. Карактеристике отпадних вода [27]

Параметар	Вредност
рН	3-12
Температура (°C)	18-40
ХПК (mg L ⁻¹)	2000-6000
БПК (mg L ⁻¹)	1200-3600
ХПК:БПК (однос)	1,667
Испарљиве масне киселине (mg L ⁻¹)	1000-2500
Фосфати (mg L ⁻¹)	10-50
Укупни азот (mg L ⁻¹)	25-80
Укупне чврсте материје (mg L ⁻¹)	5100-8750
Укупне суспендоване чврсте материје [mg/l]	2901-300
Укупне растворене материје [mg/l]	2020-5940

Генерисане отпадне воде из пивара карактеришу заправо варијације параметара наведених у табели 2. Као резултат тога, већина великих пивара захтева одређене предtretмане отпадних вода. Пиваре могу своје отпадне воде да испуштају у канализациони систем или да не испуштају. У случајевима када не испуштају у канализациони систем, тада је потребно да отпадне воде прођу кроз примарни и секундарни третман. У случајевима када је пиварама дозвољено да испуштају отпадне воде, потребно је да вода прође претходну обраду како би се испунили општински прописи и/или смањило оптерећење комуналног постројења за пречишћавање. Приликом испуштања отпадних вода из индустрије пива потребно је поштовати граничне вредности. У табели 3 биће приказане граничне вредности за испуштање отпадних вода по законодавству Републике Србије.

Табела 3. Граничне вредности емисије на месту испуштања у површинске воде [28]

Параметар	Јединица мере	Гранична вредност емисије
Температура	°C	30
pH		6,5-9
Суспендоване материје	mg/l	35
Биохемијска потрошња кисеоника	mgO ₂ /l	25
Хемијска потрошња кисеоника	mgO ₂ /l	110
Амонијак	mg/l	10
Укупни фосфор	mg/l	2
Укупни неоргански азот	mg/l	18

Предtretман треба да измени физичка, хемијска и/или биолошка својства напојне воде, побољшавајући на тај начин перформансе узводних процеса. Из тог разлога се претходна обрада врши физичким, хемијским или биолошким методама, а понекад и комбинацијом свих ових метода. Сложеност и трошкови технологија пречишћавања отпадних вода повећавају се са квалитетом произведених отпадних вода. У ствари управљање водом и одлагање отпада у пиварској индустрији сматрају се значајним факторима трошкова и важним аспектима у раду једне пиварске фабрике.

Физичке методе

Међу првим методама третмана су операције физичким јединицама, у којима се примењују физичке силе за уклањање загађивача. Физичким методама се уклањају грубе чврсте материје. То може бити пасиван процес, попут седиментације, која би омогућила да се суспендовани загађивачи природно слегну или испливају на врх. Ове методе, међутим нису дале много успеха, јер се обично резултира непотпуним уклањањем или одвајањем загађивача. Различитим испитивањима дошло се до закључка да је процес таложења чак и када му се додају коагуланси и адитиви, неадекватан.

Хемијске методе

У отпадне воде пивара могу се додати различите врсте хемикалија како би се изменио хемијски састав воде. Хемијска претходна обрада може да укључује регулисање pH вредности или коагулацију и флокулацију. Киселост и алкалност отпадних вода утиче и на третман отпадних вода и на животну средину. На повећање киселости указује нижа pH вредност, док на алкалност виша вредност. Код отпадних вода, pH вредност треба да остане између 6 и 9, како би се организми заштитили. Отпадни угљен-диоксид се може

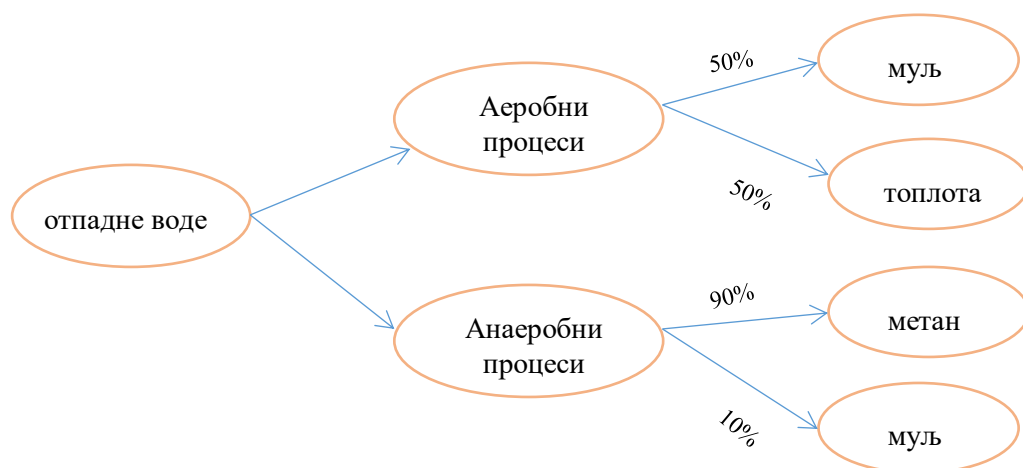
користити за неутрализацију каустичних отпадних вода из система за чишћење на месту, као и из уређаја за прање боца. Такође се може користити и за смањење рН вредности алакалних отпадних вода пре анаеробног реактора, замењујући на тај начин конвенционално коришћење киселине.

Коагулација и флокулација су физичко-хемијски процеси који се обично користе за уклањање колоидног материјала или боје из воде и отпадних вода. Коагулација, као процес, подразумева дестабилизацију честица коагулантом. Са друге стране, као накнадни процес се јавља процес флокулације, у којем се под дејством смицања формирају већи агрегати. Након што се мале честице формирају у веће агрегате, колоидни материјал се тада лакше може уклонити физичким процесима раздвајања као што су таложење, флотација и филтрација.

Биолошки процеси

Процеси биолошког третмана играју кључну улогу у процесу управљања отпадним водама. Биолошки процеси су засновани на активностима микроорганизама, претварајући биоразградиве органске загађиваче у отпадним водама. Отпадне воде из пивара које имају и хемијске (са веома високим органским садржајем) и микробиолошке контаминанте се обично третирају биолошким методама. Тако, отпадне воде из пивара да би се подвргле биолошком пречишћавању, потребно је да се претходно подвргну физичкој и хемијској претходној обради. Предности биолошког процеса у односу на физичко-хемијски или хемијски процес су: зрела технологија лечења, висока ефикасност уклањања ХПК и БПК, у распону од 80 до 90 % и ниски трошкови улагања. Иако су биолошки процеси врло ефикасни за пречишћавање отпадних вода, они ипак захтевају велики унос енергије.

Биолошки третман отпадних вода се може поделити у две групе. У прву групу спадају аеробни процеси, односно процеси са доводом кисеоника, док у другу групу спадају анаеробни процеси, односно процеси без кисеоника. Ови процеси су приказани на следећој слици.



Слика 23. Шема аеробних и анаеробних процеса [27]

Генерално се више користе аеробни третмани за успешно пречишћавање отпадних вода пивара, међутим у последње време су и анаеробни системи постали атрактивни пиварама. У табели 4 је дато поређење ова два процеса.

Табела 4. Поређење аеробног и анаеробног система [27]

	Аеробни систем	Анаеробни систем
Потрошња енергије	висока	ниска
Производња енергије	нема	има
Производња биолошки чврстих материја	висока	ниска
Уклањање ХПК (%)	90-98 %	70-85 %
Уклањање хранљивих материја (N/P)	висока	ниска
Потребан простор	висока	ниска
Рад	тежак	лак

Аеробни третман

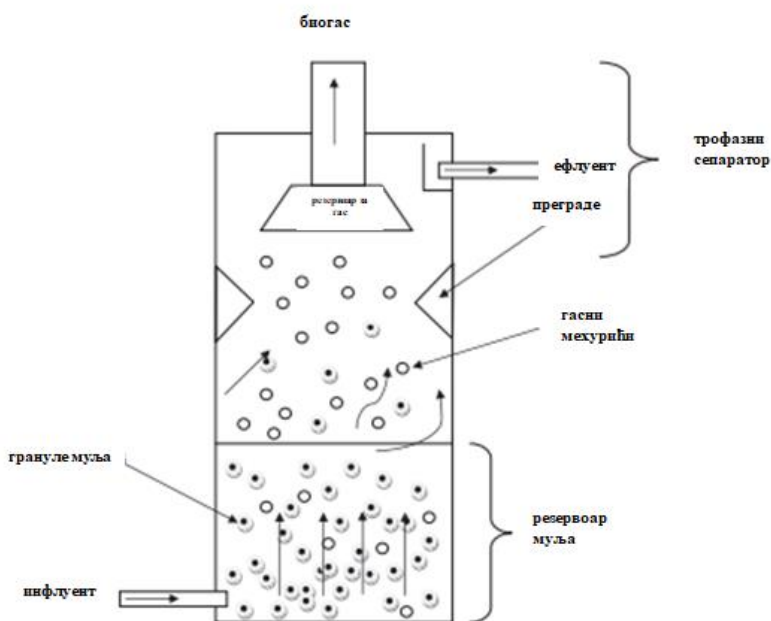
Аеробни биолошки третман у присуству кисеоника изводе аеробни микроорганизми, углавном бактерије, које метаболизују органске материје у отпадним водама, ставарајући на тај начин више микроорганизма и неорганских крајњих производа попут CO_2 , NH_3 и H_2O . Током овог процеса микроорганизми претварају чврсте материје које се не могу таложити, у чврсте материје које се могу таложити. Након овог процеса најчешће следи седиментација, која омогућава талозима да се слегну и одвоје. Аеробни биолошки процес укључује следеће процесе:

- Процес активног муља. Овај процес се заснива на томе да отпадна вода тече у прозачну и узбуркану цистерну која је напуњена активним муљем. Активни муљ представља смешу бактерија, гљивица, праживотиња и других микроорганизма, и другим именом се назива биомасом. У овом процесу, суспензија аеробних микроорганизма у аерационом резервоару се снажно меша уређајима за аерацију, који такође доводе кисеоник до биолошке суспензије.
- Процес биофилма. Овај процес се заснива на микроорганизмима који су причвршћени на чврстој површини. Овај аеробни третман ствара окружење које поспешује раст микроорганизма, који преферирају да остану причвршћени за чврсти материјал.
- Процес филтрирања капљица. У овом процесу долази до распршивања отпадне воде по површини слоја грубих материја, попут стена, шљунка или пластике, која дозвољава да отпадна вода „капље“ кроз подлогу прекривену микроорганизмима.
- Куле за биофилтрацију. Овај процес представља варијацију поступка филтрације, који користи торањ за биофилтрацију, који је познат као биоторањ. Биоторањ је препун медија од пластике или црвеног дрвета који садрже причвршћени микробни раст.
- Процес ротирајућег биолошког контактора. Овај поступак се састоји од низа пластичних дискова који су причвршћени за заједничку осовину.
- Лагунае. Представљају споре, јефтине и релативно неефикасне системе који се могу користити за разне врсте отпадних вода. Ослањају се на интеракцију сунчеве светлости, алги, микроорганизма и кисеоника.
- Обрада и одлагање муља. Генерално гледано, системи аеробног третмана (систем активног муља) производе велике количине муља, па се јавља потреба за његовим одлагањем. Муљ се може подвргнути третману одвођења, који може да се обави консолидованим центрифугирањем, вакуумском филтрацијом или у филтеру под притиском [27].

Анаеробни процеси

Анаеробни третман отпадних вода представља биолошки третман отпадних вода без употребе ваздуха или елементарног кисеоника. Овај третман карактерише биолошка конверзија органских једињења од стране анаеробних микроорганизама у биогас, који се потом може искористити као гориво (углавном метан 55-75 %, угљен-диоксид 25-40 % са траговима водоник-сулфида) [27]. У пиварама је обично пожељно решење користити биогас за котао. Разлог томе је што су инвестициони трошкови за комбиновану топлотну и енергетску јединицу већи и потребан је додатни третман биогаса. У контексту смањења резерви фосилних горива, анаеробни третман отпадних вода чини пивару независном од спољњег снабдевања горивом. Позитивно утиче на одрживи процес пива. Два најзначајнија третмана у склопу анаеробних процеса су:

- Узводни анаеробни покривач муља (УАСБ дигестор). Овај процес представља један од најпопуларнијих анаеробних процеса. У дигестору отпадне воде улазе у вертикални резервоар на дну. Отпадне воде иду на горе кроз густу слој анаеробног муља где микроорганизми у муљу долазе у контакт са супстратима отпадне воде. Овај муљ је углавном грануларне природе (1-4 mm) и има супериорне карактеристике таложења. Органски материјали у раствору нападају микробе који ослобађају биогас. Како се биогас подиже, он са собом носи део зрнастог микробног покривача. На врху УАСБ дигестора се налази такозвани трофазни сепаратор који одваја биомасу од биогаса и отпадних вода. На слици 24 је приказан графички приказ процеса УАСБ дигестора.



Слика 24. Графички приказ процеса УАСБ дигестора [27]

- Реактор са флуидизованим слојем. У реактору са флуидизованим слојем, отпадна вода улази кроз дно реактора и иде на горе кроз медиј (обично песак или активни угаљ) који је колонизован активном бактеријском биомасом. Овај медиј представља подручје раста биофилма. Медиј је обично флуидизован протоком

отпадне воде према горе у посуду, при чему се честице најниже густине (честице са највећом биомасом) померају на врх.

3.3 Пречишћавање отпадних вода пивара за поновну употребу

Отпадне воде из пивара се након биолошког предtretмана могу даље третирати. У овом делу рада биће представљене различите методе које се могу користити за пречишћавање отпадних вода пивара за поновну употребу. У табели 5 биће приказани најважнији стандарди воде за испирање, хлађење и за пиће. Међу параметрима у табели најважнији параметар за рециклажу воде је ХПК. Овај параметар представља меру еквивалента кисеоника у садржају органске материје у узорку који је подложен оксидацији јаким оксидансом. ХПК се сматра одговарајућим индексом за приказивање количине органских састојака у води. Вредност овог параметра обично представља биоразградиве и небиоразградиве органске компоненте. Генерално је да се отпадне воде из пивара могу лако биоразградити са односом БПК/ХПК у опсегу 0,6-0,7. Органске компоненте у отпадним водама пиваре, изражене као ХПК, састоје се од шећера, растворљивог скроба, етанола, испарљивих масних киселина итд [27].

Табела 5. Најважнији параметри воде за испирање, хлађење и пиће [27]

	Стандард квалитета воде за испирање	Стандард квалитета воде за хлађење	Стандард квалитета воде за пиће
ХПК ($\text{mgO}_2 \text{ L}^{-1}$)	0-2	0-2	0-2
Na^+ (mg L^{-1})	0-200	/	20
Cl^- (mg L^{-1})	50-250	/	25
pH	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5
проводљивост ($\mu\text{s cm}^{-1}$)	/	/	400

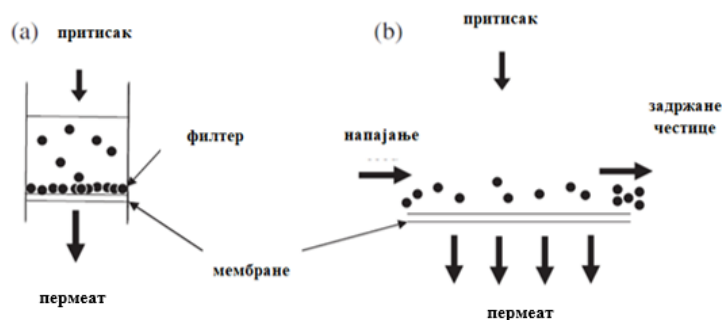
Мембранска филтрација

Технологија филтрације се сматра интегралном компонентом апликација за пречишћавање воде за пиће и отпадних вода. Мембранска филтрација се може поделити у четири категорије, у зависности од ефективне вредности пора мембране, а самим тим и величине уклоњених нечистоћа. Редослед смањења величине пора су: микрофилтрација, ултрафилтрација, нанофилтрација и хиперфилтрација. У табели 6 су приказане суштинске карактеристике ових процеса, као што су величина пора и радни притисак.

Табела 6. Суштинске разлике процеса мембранске филтрације [27]

Процес	Радни притисак (bar)	Величина пора (nm)	Гранични опсег молекулске тежине	Опсег граничних вредности (nm)
Микрофилтрација	< 4	100-3000	> 500.000	50-3000
Ултрафилтрација	2-10	10-200	1000-1.000.000	15-200
Нанофилтрација	5-40	1-10	100-20.000	1-100
Реверзна осмоза	15-150	< 2	< 200	< 1

На слици 25 су приказана два начина рада мембранског филтера (безизлазна филтрација и филтрација са протоком). Код прве врсте филтрације, сва напојна вода протиче кроз мембрану, тако да се све нечистоће, које су превелике да би прошле кроз поре, скупљају у филтеру. За њихово уклањање је потребно користити неко средство. Друга врста филтрације укључује струјање напојне воде паралелно површини мембране, при чему само један део пролази кроз мембрану. Задржане нечистоће остају у концентрату, који се нормално рециркулише. Мембране се могу класификовати према материјалу израде. Мембране су најчешће најправљене од керамике или полимерних материјала.



Слика 25. Два начина рада мембранског филтера
а) безизлазна филтрација, б) филтрација са протоком [27]

Нанопилтрација представља релативно нови поступак мембранске филтрације, који се најчешће користи са водом, са мало растворених чврстих супстанци, попут површинских вода и подземних вода, а све то у сврху омекшавања и уклањања нуспроизвода дезинфекције као што су природне органске материје и синтетичке органске материје. Номинална величина мембране је обично око 1 nm. Коагулација и флокулација се користе као процеси за побољшање перформанси нанопилтрације, у сврху поновне употребе воде.

Реверзна осмоза се као поступак примењује за уклањање органских састојака/соли из отпадних вода. Поступком реверзне осмозе се производи највиши квалитет воде у било којем мембранском поступку под притиском. Мембране су класификоване према проценту одбацивања NaCl и крећу се од 95 до 99,5%. Третман отпадних вода помоћу ове технике користи се у хемијској, текстилној, петрохемијској, електрохемијској, прехранбеној индустрији, као и за комуналне отпадне воде. Реверзна осмоза се обично комбинује са другим техникама физичког раздвајања, као и биолошким и физичко-хемијским третманом, како би се произвели отпадни водови погодни за поновну употребу.

Анаеробни и аеробни третмани се често комбинују у пречишћавању отпадних вода пиваре. Атрибути интегрисаних анаеробно-аеробних биореактора су следећи: Прво, у анаеробном реактору ХПК, 70–85 %, претвара се у биогас на малој површини. Друго, у аеробном / аноксичном кораку након третмана уклања се до 98% ХПК и хранљивих састојака. Неке од важних предности комбинованог аеробног / анаеробног третмана отпадних вода пиваре, у односу на потпуни аеробни, укључују позитиван енергетски биланс, смањену производњу (био) муља и значајне мале потребе за простором. Недавни развој нових анаеробних (нпр. реактора са унутрашњом циркулацијом) и аеробних (нпр. реактора са ваздушним дизањем) омогућава екстремно компактни дизајн постројења за

пречишћавање отпадних вода који и даље задовољавају строге захтеве квалитета површинске воде [27].

3.4 Дobar пример праксе третмана отпадних вода у Србији

Добар пример праксе третмана отпадних вода примењен је у пивници Carlsberg у Србији. Пројекат изградње постројења за пречишћавање отпадних вода завршен је 2008. године. Укупни капацитет постројења је 2.500,00 m³/d, док је максимални часовни проток 315,0 m³/h. Само постројење за пречишћавање отпадних вода се састоји из следећих целина: улазне пумпне станице са рото ситом, егализационог базена и резервоара за мешање са пумпном станицом и подешавањем рН вредности, анаеробног УАСБ метанског реактора, аеробног третмана дубинском аерацијом са денитрификацијом, завршног таложења са рецикулационом пумпном станицом и третмана муља са тракастим филтер пресамa са дозирање полиелектролита [29]. Постројење је званично пуштено у рад 2010. године.

Ово постројење се одликује терцијарном прерадом отпадних вода, што значи да се улазне отпадне воде третирају на следећи начин: механички (уклањање физичких нечистоћа), микробиолошки (у метанским и аеробним танковима) и таложењем (деловање хемијских агенаса, који везују хемијске нечистоће попут фосфора). Овакав начин пречишћава за резултат има велику ефикасност и то до 99% у односу на улазне загађујуће материје.

Карактеристика овог постројења је та да се у поступку обраде отпадне воде, биотретманом у анаеробним условима, поред осталих продуката разградње биолошки разградивих материја, ствара и биогаз. Биогаз представља мешавину угљоводоника, који је по свом саставу сличан природном гасу који се користи за добијање топлотне енергије. Након фазе пречишћавања, биогаз се транспортује до сабирног резервоара, одакле се по потреби дистрибуира према котлу за сагоревање. На овај начин, пивница је успела да смањи количину потребног природног гаса, и искористи биогаз (18% количине) за производњу топлотне енергије [30].

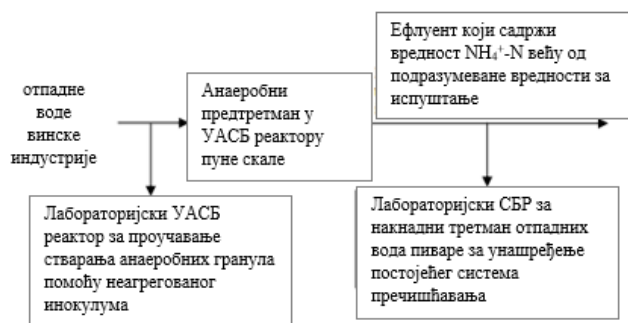
Апатинска пивара на сличан начин прерађује своје отпадне воде. Током анаеробног процеса се такође добија биогаз, као обновљив извор енергије. Захваљујући овом енергенту, пивара је успела да смањи потребне количине природног гаса и то за 7%. Добијени биогаз се, пре процеса сагоревања, меша са природним гасом и користи за производњу водене паре, која се потом користи за прављење и паковање пива. Отпадне воде се даље прерађују аеробним процесом којим се из воде уклањају биолошке и хемијске нечистоће. Пречишћена вода подом иде до реке Дунав. Пивара на овај начин природи враћа пречишћену воду, а она добија енергију коју користи за грејање и за производњу пива [31].

3.5 Дobar пример праксе третмана отпадних вода у свету

Добар пример праксе третмана отпадних вода примењен је у пиварској индустрији Unicer SA у Португалу. Ова индустрија у склопу свог погона садржи УАСБ дигестор (1600 m³) који служи за пречишћавање индустријских отпадних вода. Само покретање дигестора се често ослања на масовну инокулацију биомасе која је већ у пелетима или гранулама, што представља додатни трошак за пиварску индустрију. Заправо, дигестор је зрнастим муљем увезеним из фабрике папира у Шпанији инокулиран. У процесу УАСБ дигестора бележи се 70-80 % уклоњеног ХПК [29]. Упркос

толикој ефикасности, коначни нивои ХПК и азота су изнад граничних вредности које су прописане законодавством о испуштању отпадних вода у површинске воде.

Са друге стране, због анаеробног процеса варења, концентрација угљеника у отпадним водама је врло ниска, што намеће потешкоће неким наредним процесима (денитрификација). Из тога разлога, ова пиварска индустрија је извела неколико корака који су приказани на следећој слици.

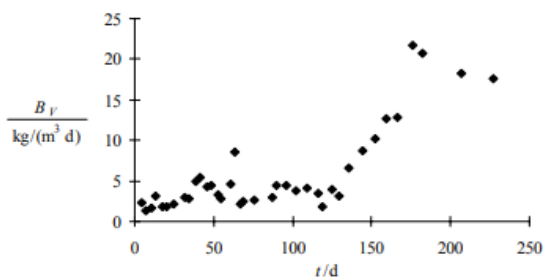


Слика 26. Шема циљева будућих корака примене третмана [32]

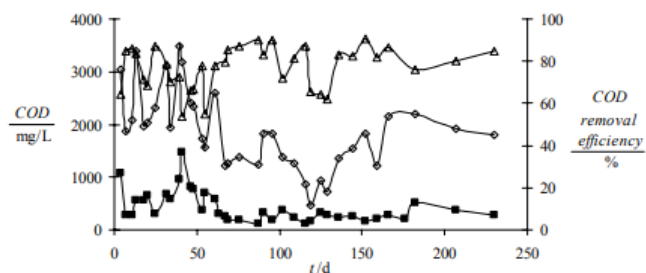
Први корак је био стварање анаеробних гранула у лабораторијском УАСБ дигестору, користећи распршену биомасу као инокулум и индустријску отпадну воду, из ове пиварске индустрије, као супстрата. Други корак била је процена изводљивости СБР (шаржни реактор за секвенцирање) технологије за накнадни третман отпадних вода из УАСБ дигестора. За уклањање азота, разматране су две различите СБР стратегије, као накнадни третман отпада. Прва стратегија се заснивала на аеробно-аноксичној секвенци, а друга стратегија се обухватала процес пре-денитрификације, односно аноксишно-аеробно-аноксични низ. У оба теста процењиване су перформансе СБР-а и биолошка кинетика.

Операција УАСБ дигестора за формирање гранула биомасе

Биомаса из анаеробног дигестора која се користи за стабилизацију активног муља тестирана је за гранулацију. Оперативни проток заснован је на одабиру агрегатних бактерија, са циљем испирања неагреговане биомасе. Како би се постигао такав циљ, брзина пуњења је повећана када је концентрација ацетата била нижа од 50 mg/L, а вредност близу половине константе засићења. Током прва три месеца, пречишћена отпадна вода је делимично рециклирана ради повећања хидрауличног оптерећења. Радна температура у реактору УАСБ била је 35°C, док се рН вредност кретала од 6,5 до 7,9 [32]. На сликама 27 и 28 приказани су оперативни услови и резултати УАСБ дигестора, односно запреминско органско оптерећење, концентрација органске материје, као ХПК по јединици времена (B_v), ХПК (инфлуент и ефлуент) и ефикасност уклањања ХПК.



Слика 27. Органско оптерећење примењено на УАСБ реактор [32]



Слика 28. Резултати рада реактора [32]

Грануларна активност одржавала је примену високог B_v (промена органског оптерећења), до $20 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, са просечном ефикасношћу уклањања ХПК од 80 %. Циљ процеса гранулације је успешно постигнут али је за то требало шест месеци. Брзина седиментације агрегираних биомаса достигла је $40\text{--}50 \text{ m/h}$, док је индекс запремине муља био 10 mL/g . Укупне чврсте материје (TS) и укупне испариве чврсте материје су у гранулама износили $114 \text{ kg}/\text{m}^3$ и $87 \text{ kg}/\text{m}^3$ [32].

Изведена је могућност покретања УАСБ дигестора заснованог на инокулацији неагрегираних биомаса за третман отпадних вода пиварске индустрије, а у вези са уклањањем органских материја. Међутим, приликом овог процеса, дошло је до процеса амонификације, $\text{NH}_4\text{--N}$ у ефлуенту у распону између 23 mg/L и 87 mg/L , док је инфлуент $\text{NH}_4\text{--N}$ био само 12 mg/L до 29 mg/L . Из тог разлога је било потребно додати поступак уклањања азота, како би се било у законским границама за испуштање отпадних вода у површинске воде [32].

Просечан састав УАСБ ефлуента, након извршених анализа приказан је у следећој табели.

Табела 7. Састав УАСБ ефлуента након извршених анализа [32]

Параметар	Опсег
рН вредност	7,5-8,0
укупни ХПК (mg/L)	400-2.000
растворљиви ХПК (mg/L)	<470
растворљиви органски угљеник (mg/L)	60-83
$\text{NH}_4^+\text{-N}$ (mg/L)	23-87
$\text{NO}_2^-\text{-N}$ (mg/L)	0-1.2
$\text{NO}_3^-\text{-N}$ (mg/L)	0-3
растворљив фосфор (mg/L)	8-20
Укупне суспендоване чврсте материје	320-1440

4. Индустрија вина

Отпадне воде, као и у индустрији пива, и у индустрији вина представљају велики проблем. Отпадне воде из процеса производње најчешће настају као резултат прања опреме, материјала за паковање и површина током одређених процеса производње вина. Од фаза производње и сезоне зависи састав и волумен ефлуента. На сваки литар произведеног вина настаје између 0,8 и 14 литара отпадне воде [33]. Највеће количине отпадне воде настају током бербе и током дробљења грозђа, након чега следи процес ферментације. Такви ефлуенти представљају сложену смешу органских загађивача попут органских киселина (винска, млечна), шећера (глукозе, фруктозе), алкохола (етанол, глицерол) и тешко разградивих спојева високе молекулске масе (полифеноли, танини и лигнини). Високе концентрације органских киселина доприносе нижој вредности рН, док присутност шећера доприноси високим вредностима хемијске потрошње кисеоника (КПК).

Састав ових вода је врло комплексан, где се органски удео најчешће приказује преко одређивања следећих параметара: хемијска потрошња кисеоника (ХПК), петодневна биохемијска потрошња кисеоника (БПК₅), укупни органски угљеник (УОУ) и укупни феноли (УФ).

Од неорганских показатеља издваја се кисеоник који се креће од 0 до 415 mg/L, потом укупни фосфор који се креће од 3 до mg/L, натријум од 7 до 470 mg/L, калијум од 29 до 353 mg/L, калцијум од 26 до 2203 mg/L, магнезијум од 16 до 87 mg/L, гвожђе од 1 до 77 mg/L, манган од 0,2 до 1,74 mg/L, бакар од 0,2 до 3,86 mg/L, цинк од 0,09 до 1,4 mg/L, хром од 0,2 до 0,72 mg/L, кадмијум од 0,05 до 0,08 mg/L, олово од 0,55 до 1,34 mg/L [33].

Од састава грозђа и врсте средстава коришћених за чишћење резервоара и опреме зависи удео неорганских компоненти. Натријум у отпадним водама најчешће потиче из средстава за чишћење, док релативно високе концентрације калијума, калцијума и одређених тешких метала у отпадним водама су резултат њихових високих концентрација у грозђу.

Због високе концентрације органских материја у отпадним водама из винарија, испуштање ових вода, без неког претходног третмана у околину, могло би изазвати негативне последице како на животну средину, тако и на равнотежу кисеоника у површинским водама, па самим тим и на водене организме.

4.1 Производња вина

Процес и поступак производње вина почиње још у винограду, и на том месту се уочавају значајне разлике у квалитету вина. Из тог разлога је правилна производња вина у свим корацима јако битна. Вино из винограда зависи од низа фактора као што су место на којем се налази виноград, каква је његова оријентација према сунцу и странама света, каква је подлога на којој расте, колико кише годишње падне на тој локацији итд. Скуп ових фактора се једним именом називају *terroir*.

Сорте вина које се користе у процесу производње, у односу на употребну вредност се деле на винске и стоне. Винске сорте се деле на сорте за бела и сорте за црна вина. У сорте за бела вина се сврставају сорте са белим, жутим, зеленим, сивим и црвеним бобицама, од којих се и производи бело вино. У сорте за црна вина спадају бојадисери код којих се бојене материје поред покожице налазе и у соку.

Процес производње вина почиње бербом и пријемом грозђа. Винификација представља скуп операција која се врше да се грозђе, односно шира трансформише у вино. Винификација представља прву фазу у производњи вина. Друга фаза јесте

обрађивање и стабилизација, односно оспособљавање за непосредну потрошњу или даље чување. Највећа је производња сувих вина, код којих се сав шећер трансформише у етил-алкохол и друге секундарне производе. Процес винификације започиње бербом грозђа. Пре пуне зрелости потребно је пратити степен зрелости грозђа, у почетку сваког другог, трећег дана, а пет до шест дана пре бербе би требало сваког дана. Након испитивања зрелости грозђа и одређивања рока бербе, планира се берба и врше се темељне припреме за пријем и прераду грозђа. Машине и уређаји се чисте, при чему настају знатне количине отпадних вода и проверава се њихово функционисање. Поред машина и алата се чисте и судови за пријем грозђа, шире и новог вина, пумпе, црева као и ситни алат.

Грожђе се најчешће транспортује у расутом стању (ринфуза), што представља најјефикаснији начин, јер није потребна нека посебна амбалажа, већ се само дно возила обложи простирком од пластиче материје и церадом како се не би изгубио сок изгњечен из грозђа у дебелом слоју.

Грожђе се прерађује у бело вино применом следећих операција: муљање грозђа, оцеђивање и цеђење кљука, сулфитирање, пречишћавање и ферметација шире. Муљање грозђа представља процес добијања кљука који се потом оцеђује и цеди. При муљању треба водити рачуна да се бобице што боље згњече. Машине за муљање грозђа се према принципу рада деле на муљаче који раде на принципу трења и муљаче који раде на принципу дејства центрифугалне силе. У савременим подрумима се примењују моторне муљаче са ребрастим металним ваљцима. Нешто се мање примењују моторне муљаче на принципу центрифугалне силе које могу бити вертикалног или хоризонталног карактера. Радни учинак ових машина је велики и креће се од једног до четири вагона грозђа на час.

Следећи процеси у производњи вина су припрема кљука за цеђење и цеђење истог. Кљук се припрема за цеђење тако што му се додају пектолитички препарати за мацерацију, затим витамин Ц и танин као антиоксиданси, као и винобран. Ови препарати се додају у циљу спречавања оксидације. Ши́ра из крука се добија из две фазе. Прва фаза је оцеђивање крука, која је одвија под слабир притиском или без притиска, где се у ту сврху употребљавају оцеђивачи. Друга фаза, фаза цеђења се одвија под јаким притиском, како би се остаци шире извукли што више из оцеђеног кљука. У ову сврху се користе цеднице разних система и типова. У савременим индустријским подрумима се користе хидрауличне, хоризонталне и пнеуматичне дисконтинуиране цеднице [34].

Исцеђена комина садржи још 30-40 % шире. Комина се растреса растресивачем и смешта у базене за врење и чување комине, и то набијањем слоја на слој, како би се ваздух истиснуо. Из превреле комине се дестилацијом добила ракија комина, док се искоришћени остаци користе за справљање органских ђубрива, а ређе као сточна храна.

Фракције шире се разликују по саставу и квалитету. Самоток потиче из средишње зоне бобица и по свом саставу знатно је квалитетнији од шире добијене цеђењем оцеђеног кљука. У индустријама се практикује мешање самотака са широм прве фракције, док се ши́ра осталих фракција одвојено третира. Ши́ра се потом смешта у дрвене, бетонске или металне судове и без одлагања сулфитира одређеним дозама CO_2 , ради сузбијања штетне микрофлоре. Количина потребног угљен-диоксида зависи од степена зрелости, здравственог стања и температуре грозђа, као и од киселости шире. Ши́ра се потом оставља да мирује неко време због пречишћавања које је неопходно, нарочито ако је грозђе натруло или запрљано земљом. У таквим случајевима ши́ра садржи непожељне материје и лошу микрофлору.

Након пречишћавања и евентуалне поправке састава, шири се додаје вински квасац у активном стању. Најчешће се користи лиофилизована култура квасца. Потом следи процес алкохолног врења. На правилност алкохолног врења утиче низ разних чиниоца од којих су најважнији: температура, кисеоника, шећер, алкохол и CO_2 .

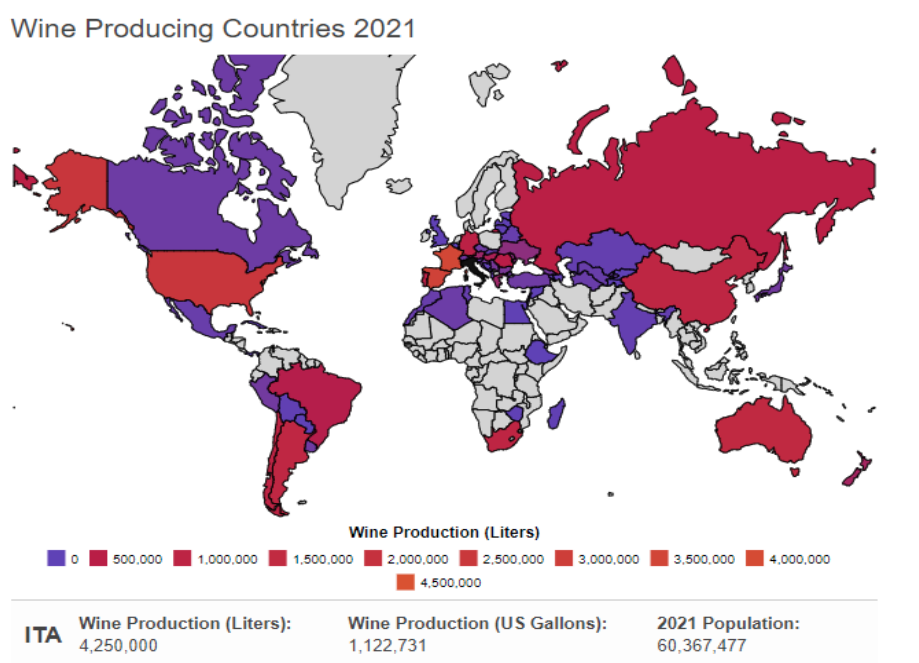
Оптимална температура за развој квасца је између 22 и 27°C [34]. Оптимална температура за врсте хладног врења је испод 20 °C, док на температурама преко 30 °C активност винског квасца попушта, а на температури 38-42 °C потпуно престаје [31]. Када је у питању кисеоник, његово јаче довођење шири омогућава брже размножавање гљивица и на тај начин се појачава њихова активност. Из тог разлога се врши проветравање шире, које се обично врши пре почетка врења и у при прекиду врења.

Врење шире тече нормално када је садржина шећера између 12 и 25 % [34]. Количине шећера које су веће од 25 % успоравају врење, пошто се због променљивих осмотичних услова способност врења гљивица смањује. Угљен-диоксид својим притиском делује на врење шире. Данас се у индустријама вина угљен-диоксид користи за конзервисање шире и воћних сокова.

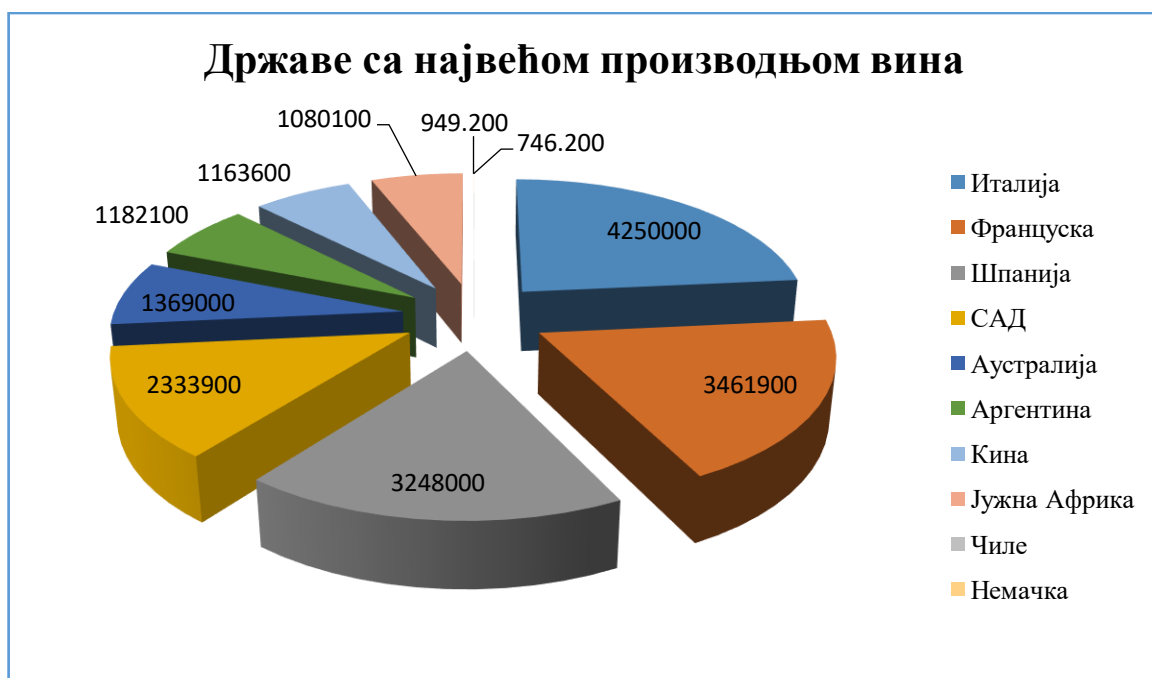
Следећи процес је ферментација шире. Поред нормалног вида ферментације, има више видова дириговане ферментације, као што су: хладна, хлађена и ферментација под притиском CO₂.

Производња црног вина се врши на сличан начин као и производња белог вина, са незнатним променама у процесу производње.

Производња вина је једно од најважнијих пољопривредних поља у европским земљама као што су Француска, Шпанија, Италија, Немачка и Грчка, и његов значај на друге делове света расте и утиче на њихове економије. Светска производња вина износи 260 милиона хектолитара (2020.), док светска потрошња износи 234 милиона хектолитара (2020.). Што се тиче производње вина у свету, Италија заузима прво место по производњи вина, са 4.250.000 литара у 2021. години (слика 29). Иза Италије су Француска и Шпанија. На графику 5 су приказане државе са највећом производњом вина у свету.

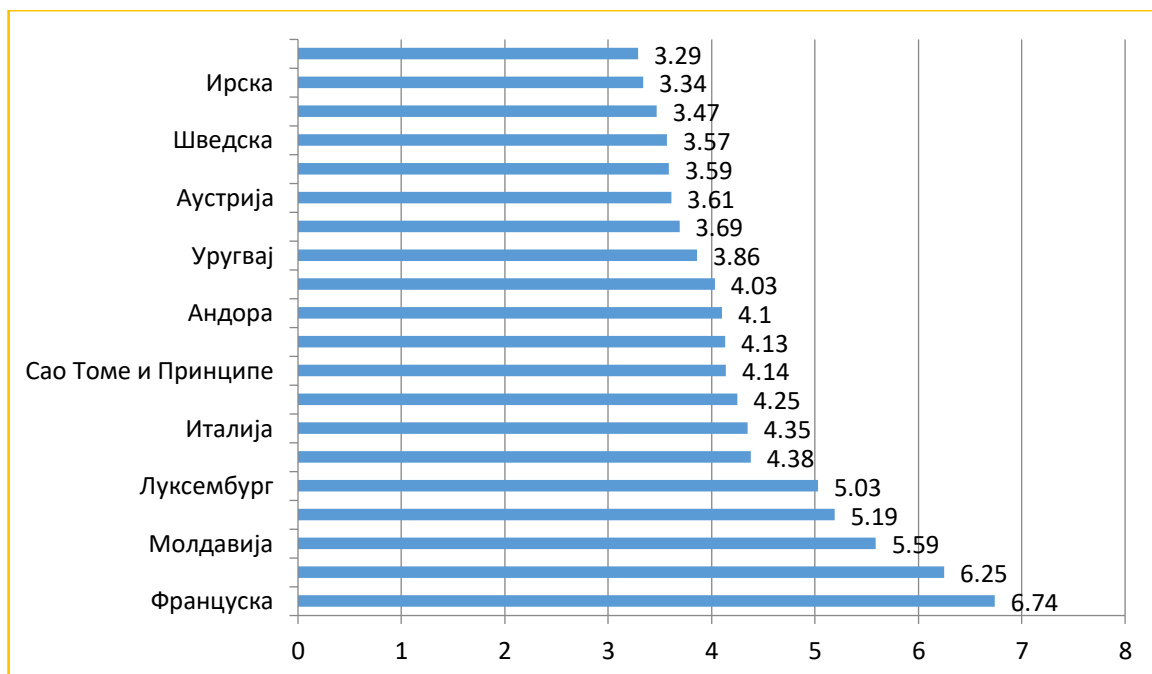


Слика 29. Производња вина у свету у 2021. год. [35]



Графикон 5. Државе са највећом производњом вина, у литрима [35]

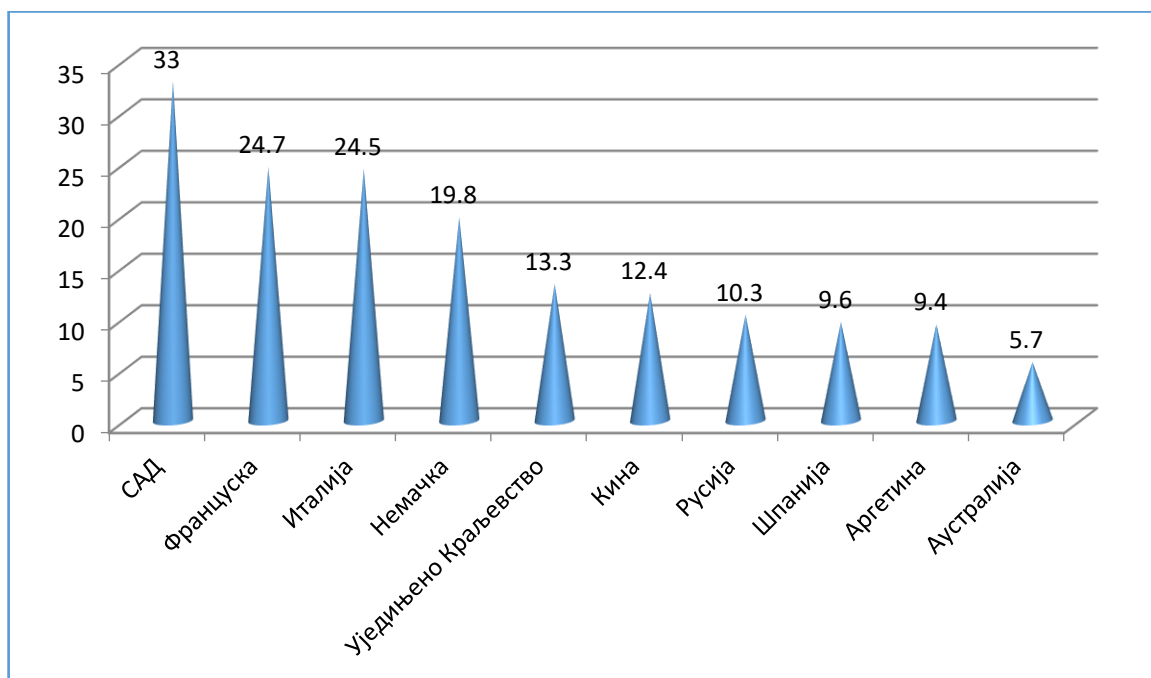
Када говоримо о потрошњи вина по глави становника, прво место међу државама са највећом потрошњом вина по глави становника заузима Француска са 6,74 литара по глави становника. На другом месту се налази Португал са 6,25 литара. Занимљиво је да се Србија налази на 11. месту на овој листи са 4,1 литар по глави становника [36]. На графику 6 приказане су државе са највећом потрошњом вина по глави становника.



Графикон 6. Државе са највећом потрошњом вина по глави становника, у литрима [36]

На графику 7 приказане су државе са највећом потрошњом вина у свету, у милионима хектолитара. На првом месту се налазе Сједињене Америчке Државе са 33

милиона хектолитара, а одмах иза ње су Француска и Италија са потрошњом вина од 24.7 и 24.5 милиона хектолитара.



Графикон 7. Државе са највећом потрошњом вина у свету, у милионима хектолитара [37]

4.2 Технике пречишћавања отпадних вода у индустрији вина

Вино представља производ после дробљења и ферментације грозђа, праћен цеђењем коре и семена, складиштењем, бистрењем и сазревањем младог вина. Винска индустрија производи велике количине отпада током своје годишње бербе. У винаријама постоје две категорије отпада: течни отпад (ефлуенти) и чврсти отпад. Већину течног отпада у винаријама чини отпад који се чисти, јер се винарије морају пажљиво чистити како би се избегла контаминација и кварење.

Ефлуент може да се произведе на три начина, први начин представља вода за исправљање, други начин представља вода која се користи за прање спољашњих делова опреме и подова, и трећи представља вода која се користи за прање и која садржи алкалне соли за уклањање тартарата и других органских киселина из унутрашњости опреме, филтрирање земље и процеси јонске измене.

Чврсти отпад винарија садржи стабљике, семе, кожице произведене током фаза дробљења, испуштања и пресовања, седименте који садрже пулпу, тартарате и квасце из фазе ферментације и глину и земљу из процеса бистрења. Количине чврстог отпада зависе од степена екстракције сокова, броја фаза ферментације и бистрења које се користе у производњи сваке врсте вина и врсте опреме која се користи за ове процесе. Типична винарија производи око једну тону тропомака на 9-13 тона уситњеног грозђа, где вода заузима 65%. На производњу отпадних вода из винарија утичу и сезонски услови, јер је производња вина сезонски процес. На северној хемисфери, његова највећа активност се одвија у јесен (одговара бербама и ферментацијама), нешто мања активност у пролеће поводом трансфера и филтрације, док је најслабија активност зими и лети. Шпанска винска индустрија ствара 6 пута више отпадних вода од Француске и Италије,

углавном због ниских трошкова накнаде за одлагање. Иако је потреба за ефикасним третманом отпадних вода винарија врло важна, у обзир се морају узети и други пресудни фактори попут географског положаја сваке земље итд.

Количине отпадних вода из винарија се значајно разликују међу винаријама и могу достићи 5000 l на 1000 тона дробљеног грожђа. Неке типичне количине отпадних вода из винарија су [38]:

- мале винарије до 500 kg уситњеног грожђа по тони бербе дају око 1.000-9.000 l отпадних вода годишње,
- средње винарија (5.000-20.000) производе 5.000-10.0000 литара,
- велике винарије (преко 20.000) дају 40.000-240.000 литара отпадних вода.

Састав отпадних вода винарија свакодневно варира и зависи од активности у винарији током целе године. Генерално се отпадне воде састоје од органских материја и соли. Отпадне воде садрже умерену количину хранљивих материја и имају низак рН (испод 5,5). Највећи загађивачи су хемијска једињења, пестициди и хербициди који се користе у производњи грожђа. Отпадне воде из винарија садрже једноставна растворена једињења, попут органских киселина, шећера и алкохола из грожђа и вина, тако да ефлуенти имају велику потребу за кисеоником за биолошки распад, умерени салинитет и високе концентрације натријума у односу на калцијум и магнезијум, ниске концентрације азота и фосфора у односу на угљеник, неорганске компоненте из водовода, алкалних вода за прање и прераду и значајне количине сумпора.

Карактеристике различитих отпадних вода винарија из целог света садрже различите параметре: рН, алкалност, електричну проводљивост, хемијску потребу за кисеоником, укупну хемијску потребу за кисеоником, петодневну биохемијску потребу за кисеоником, укупни органски угљеник, феноле, укупни азот, амонијак, нитрати, укупни фосфор и фосфати, испарљиве чврсте материје, испарљиве суспендоване чврсте материје, укупне чврсте супстанце, укупне суспендоване чврсте супстанце, мешане чврсте супстанце, мешане суспендоване чврсте супстанце, испарљиве масне киселине. У табели 8 су приказане основне карактеристике отпадних вода винарија, као и упоредна компарација вредности током бербе и у нормалним временима. Током бербе отпадне воде имају део БПК, већи удео хранљивих састојака, електричну проводљивост и токсичност. Низак ниво рН вредности се може приписати присуству органских киселина, док је висок ниво ХПК последица присуства етанола, шећера и полифенола.

Табела 8. Главне карактеристике отпадних вода у индустрији вина [38]

Параметар	Сезона бербе	Нормално време
Суспендоване чврсте супстанце (mg/L)	100-1300	100-1000
рН вредност	4-8	6-10
Укупне растворене материје	<550-220	<550-850
Биохемијска потреба за кисеоником (БПК) (mg/L)	1000-8000	<1000-3000
Укупни органски угљеник (mg/L)	1000-5000	<1000
Укупни азот (mg/L)	5-70	1-25
Натријум (mg/L)	110-310	250-460
Укупни фосфор (mg/L)	1-20	1-10
Однос C:N:P	(30-100):4:1	(15-30):5:1
Калцијум (mg/L)	13-40	20-45
Магнезијум (mg/L)	6-50	10-20

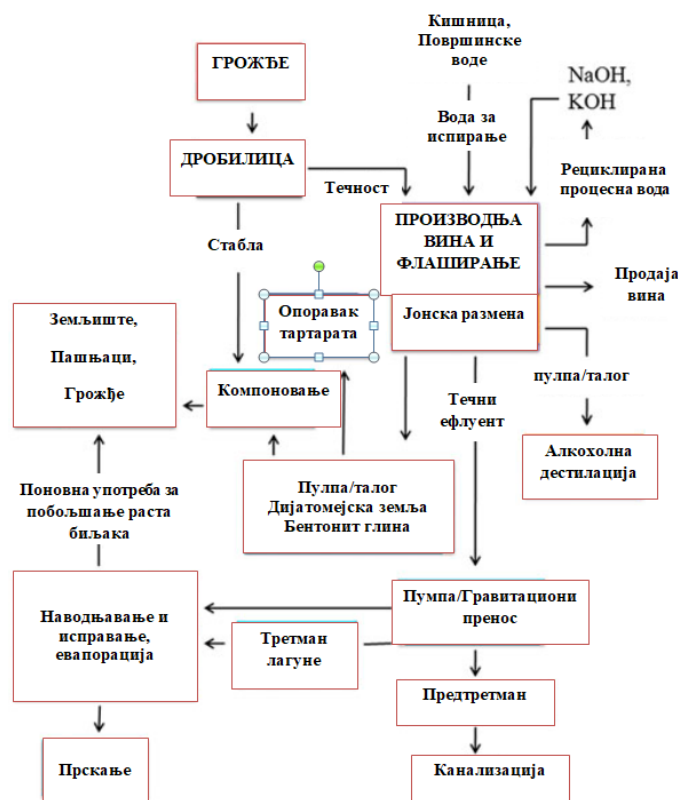
Коефицијент апсорпције натријума	4-8	7-9
Калијум (mg/L)	80-180	40-340

Операције прања, изведене током различитих корака производње вина, потичу од одбацивања отпадних вода и могу се дистрибуирати током прања и дезинфекције материјала током бербе, током пријема грозђа (прање пријемног материјала, попут левака, дробилица, преса, транспортера, транспортне пумпе итд.), чишћења подова, са или без додатака производа за чишћење, током испирања каца за ферментацију и бистрење, чишћења подова са или без додатака производа за чишћење, током испирања филтера. Потенцијални утицаји, који отпадне воде могу имати, укључују загађење подземних и површинских вода, како у количини тако и у квалитету. Генерално, производња 1 m³ вина генерише загађење еквивалентно загађењу 100 људи. Из тога разлога би било потребно пратити количине отпадних вода током целе године.

Третман отпадних вода обухвата две могућности, које уколико се користе у одговарајућој комбинацији могу постићи жељене циљеве. У ове могућности спадају физички и хемијски третман са једне стране, и биолошки третман са друге стране. Током физичког и хемијског третмана, чврсте суспенције и суспендоване компоненте могу се одвојити од отпадне масе помоћу одговарајуће опреме као што су резервоари за таложење, центрифугирање и микрофилтрацију. Предности физичког третмана су: смањење концентрације БПК пре одлагања или поновне употребе отпадних вода. Хемијски процеси имају улогу у побољшању карактеристика третмана – корекција рН може наталожити чврсте материје, и у побољшању погодности третмана за примену.

Биолошки третман отпадних вода се састоји од следећих система: аеробног, анаеробног и комбинованог. Широко примењивани облик биолошког третмана су анаеробне и аеробне лагунае. Аеробни системи укључују лагунае са инсталираним великим пумпама у којима ваздух циркулише кроз воду да би подржао природне аеробне бактерије. Неки од технолошких система који нуде нови напредак у системима за пречишћавање отпадних вода су биореактор са ваздушним дизањем са равним панелима, биореактори са межурићима и мембранска аерација. Анаеробни системи и УАСБ реактор се обично користе за пречишћавање вода и са успехом уклањањају ХПК од 80-89 % [38]. Бројне винарије за пречишћавање отпадних вода користе комбинацију анаеробно/аеробних лагуна. У почетку, лагуна (анаеробна) фаворизује анаеробно варење током разградње отпадних вода високе загађености. Након тога, друга лагуна (аеробна) са системом аерације, након третмана, воду користи за наводњавање. У овој лагуни се налази трска и друге водене биљке које апсорбује хранљиве материје.

Такође, многе винарије користе серијске шаржне реакторе и вештачке мочваре за третман отпадних вода. Системи шаржних реактора тренутно се све више користе у пречишћавању отпадних вода у винаријама. Ови системи садрже мешавину ефлуента са биомасом, а затим се стално врши аерација ове мешавине употребом финог мембранског дифузорског система са межурићима који смањује потрошњу енергије. Цео циклус аерације траје око 6 сати. Након тог времена, садржај ефлуента се таложи и очишћени ефлуент се одводи на складиштење или се пак користи за наводњавање. Вишак муља иде на обраду. Успех оваквих система се огледа у томе да се достиже 98% уклањања биолошке потребе за кисеоником током петодневног периода (БПК₅) (слика 30 и 31).



Слика 30. Систем управљања отпадним водама у винаријама [38]



Слика 31. Биолошки третман отпадних вода [38]

Многе винарије примењују систем вештачких мочвара, који се користи као секундарни метод пречишћавања, након чега вода може да се користи за наводњавање или поновну употребу, Резултати многих студија спроведених на изграђеним мочварама

у иностранству показали су да се уклања 92-98 % БПК, 87-98 % ХПК, 70-90 % укупних суспендованих материја, врши се рН неутрализација, 50-90% уклања се укупног азота, и 20-60 % укупног фосфор [38].

Неколико алтернативних аеробних процеса се примењује за третман отпадне воде [39]. То су:

- Процес активног муља. Најконвенционални процес је и даље техника активног муља са додатком хранљивих састојака за побољшавање биолошког третмана. Како отпадне воде показују низак садржај хранљивих састојака, додаци соли, урее и фосфата су потребни како би се гарантовао процес ћелијске синтезе. У референци [36] извршена је оптимизација комуналног постројења за пречишћавање отпадних вода са активним муљем због суочавања са великим органским загађењем услед уноса вода из виноградарства (ХПК од 468-4.240 mg/L, БПК₅ од 203-2.120 mg/L). Аутори су анализирали употребу једног аерисаног базена и приметили да се оптимизација линије за пречишћавање може постићи уградњом два реактора, уместо једног и увођењем секундарног пречишћивача између та два реактора. У референци [39] праћена су постројења за пречишћавање отпадних вода са активним муљем које прима и комуналне и атмосферске воде. Иако су постројења за пречишћавање активног муља погодна за оптимизацију, на њих и даље утиче токсичност полифенолних једињења која се налазе у тим отпадним водама [9]. Штавише, сезонски рад у винаријама може створити проблем аеробним системима што доводи до смањеног таложења муља, распадања честица и повећања чврстих материја у отпадним водама.
- Реактори муља са млазницама. Употреба млазних система за аерацију постаје све чешћа као средство за комбиновање ефикасног преноса кисеоника са високо турбулентним мешањем. Реактори са млазном петљом обично показују предности одсуства механичких уређаја за проветравање (нпр. дувалке, радна кола, турбине итд.).
- Мембрански биореактори. У последње време употреба мембранских биореактора (МБР) сматра се погодном опцијом за третман отпадних вода. Предности МБР система: укључују максималну флексибилност у зависности од утицаја оптерећења, мали отисак, смањену производњу муља и компактан систем са бољим уклањањем и дезинфекцијом чврстих тела.

У табели 9 описане су основне карактеристике ових техника.

Табела 9. Перформансе техника аеробних система [39]

Технологија	Предности	Недостаци
Активни муљ	- висока ефикасност уклањања ХПК и БПК - кратко време задржавања	- контрола рН - дезинтеграција наситније делове, гломазност - велики оперативни трошкови - инхибиција биомасе услед полифенолних једињења - потреба за додавањем хранљивих састојака
Реактор са млазном петљом	- одсуство механичких уређаја за аерацију - смањена потрошња енергије	- контрола рН - слабо таложење муља - потреба за додавањем хранљивих састојака

	- не постоји проблем гломазности	
Мембрански биореактор	- велико побољшање квалитета пречишћене воде - ефлуенти без суспендованих чврстих материја и бактерија - могућност поновне употребе директно на локацији без седиментационих резервоара - мала количина отпадног муља - мали отисак	- контрола рН - нечистоћа - висока почетна улагања и трошкови - инхибација биомасе услед полифенолних једињења - потреба за додавањем хранљивих састојака
Секвенцирање биофилмских реактора	- оперативна флексибилност - потребно мање земље него код активног муља - биомаса не може испарити - ниски трошкови одржавања	- контрола рН - резервоар за смањење ударног оптерећења - потреба за додавањем хранљивих састојака
Реактор за биофилм са фиксним слојем	- смањење потребне запремине у односу на конвенционални систем активног муља - смањење проблема са гломазношћу - одсуство повратног тока и испирања уназад - једноставније управљање у односу на систем активног муља	- контрола рН - трошкови пластичних медија - потреба за додавањем хранљивих материја
Реактор за биофилм са покретним слојем	- велики слободан простор пластичних медија - испирање уназад није потребно - једноставно управљање, нема проблема са гломазношћу	- контрола рН - додатни трошкови пластичних медија - потреба за додавањем хранљивих материја
Секвенцијални шаржни реактор за биофилм	- велики слободан простор пластичних медија - испирање уназад није потребно - једноставно управљање - нема проблема са гломазношћу	- контрола рН - додатни трошкови пластичних медија - потреба за додавањем хранљивих материја

Ротирајући биолошки контактори	- једноставно руковање - кратко покретање - мали трошкови одржавања - мало загађење биомасе - нема проблема са гломазношћу	- контрола рН - ниска стопа третмана - потреба за додавање хранљивих материја
Изграђена мочвара	- ниска потрошња енергије и ниски трошкови - капацитет за третирање веома високих органских оптерећења - висока стопа третмана при релативно краткој адаптацији - време	- велико време задржавања - велика површина - утицај рН вредности и укупних суспендованих материја - проблеми са мирисом - изводљиво само у подручјима са малом густином насељености

Када је реч о биофилм технологијама, издвајају се следеће [39]:

- Реактор са фиксним слојем. Међу биофилмским системима реактор за биофилм са фиксним слојем представља добру алтернативу за третман отпадних вода. Овим третманом се постиже висока ефикасност уклањања укупног ХПК (око 91%)
- Реактори са покретним слојем. Реактори за биофилм са покретним слојем састоје се од процесног резервоара у којем су полимерни носачи у облику призме уроњени и постепено колонизовани прикаченом биомасом на сопственој унутрашњој површини.
- Секвенцијални шаржни реактори за биофилм. Секвенционирање шаржних реактора за биофилм (СББР) резултат је комбинације реактора за секвенцирање и реактора са покретним слојем. Они одговарају управљању фиксном биомасом која се узгаја на пластичним подлогама циклусом секвенцирања. Међутим, таложење муља се не дешава у истом резервоару за оксидацију. Пошто се таложење муља погоршава у присуству пластичних елемената, зауставља се једно прозиравање; отпадне воде се преносе у посебан завршни таложник.
- Ротирајући биолошки контактори. РБК реактори нуде главну предност великог међуфазног подручја које је практично независно од брзине ротације, за разлику од процеса активног муља.
- Изграђена мочвара. У случају доступности велике површине, изграђене мочваре су поједностављени системи са малом потрошњом енергије. Са техничке тачке гледишта, изграђене мочваре се реализују са сливовима, напуњеним песком, шљунком и земљом на заштитном слоју водонепропусног омотача и засађеним макрофитима.

У наредној табели дате су предности и мане анаеробних техника пречишћавања отпадних вода.

Табела 10. Предности и мане анаеробних техника [39]

Процес	Предности	Недостаци
Реактори са континуалним мешањем	- енергетски опоравак - појачана производња метана у случају ко-	- рецикулација муља

	- дигестије са активним муљем - ниска цена	
Анаеробне лагуне	- једноставно руковање - производња биогаза	- велико време задржавања - велика површина - проблем са мирисом
УАСБ дигестор	- елиминисање механичког мешања - рециклажа биомасе муља - способност суочавања са сметњама изазваним високим брзинама оптерећења и температурним флукуацијама - опоравак биогаза	- повремено накупљање плутајуће масе - предтретман који захтева аеробно накнадно третирање отпадних вода са ниском концентрацијом ХПК
Анаеробни филтери	- дуго време задржавања чврстог система - велика брзина уклањања по јединици запремине реактора - ниска производња муља - производња биогаза	- зачепљење или каналисање - није потреба чврста концентрација
УСБФ реактор	- комбинација главних предности реактора УАФ и УАСБ - смањење проблема са зачепљењем и фотацијом биомасе - брзо покретање - опоравак енергије - ниска производња муља	- ретка примена
Флуидизовани слој	- велика брзина уклањања по јединици запремине реактора - ниска производња муља - производња биогаза	- мале фулидизоване честице - велике брзине течности
Шаржни реактор за анаеробно секвенцирање	- оперативна флексибилност - добра контрола квалитета отпадних вода - производња биогаза и опоравак енергије - оптимизација дужине циклуса аутоматизацијом - није потребан посебан прочишћивач	- потреба за додавањем хранљивих материја - онлине праћење и моделирање потребни за оптимизацију
Фентон и фото-Фентон	- нису потребна подешавања рН (сезона бербе)	- производња неорганског муља

	- деколоризација отпадних вода - побољшање биоразградљивости - смањење токсичности - висока ефикасност - активирање катализатора на сунчевом светлу	- потрошња фотона високе енергије генерисаним вештачким УВ светлом - потрошња хемикалија и енергије - сложеност технологије - недовољно искуства
Фотокатализа	- могућа потпуна минерализација токсичних органских материја - могуће је уклањање и опоравак многих токсичних метала, катализатор TiO₂ је релативно јефтин - оксидант је атмосферски кисеоник - активирање катализатора на сунчевом светлу	- за активирање површине потребно је УВ зрачење - сложеност технологије - недовољно искуства
Озон	- уклањање боја - без производње муља - побољшање биоразградљивости - високо уклањање фенолних једињења - смањење токсичности	- ниске перформансе за уклањање ХПК - сложеност технологије

Постоје неки критеријуми, који су уобичајени за винарије, за одабир одговарајућег биолошког третмана (анаеробни или аеробни) за отпадне воде из винарија. Због високог садржаја органских биоразградљивих једињења отпадних вода винарија, анаеробни технолошки системи су најједноставнији и најскупљи процеси због нижих оперативних трошкова за аерацију и прераду муља. Иако постоје неки недостаци анаеробних система, они се могу превазићи техникама инокулације, као што је споро време укључивања у процес који фаворизује развој метаногене микробне заједнице; ефикасност третмана која се може смањити због састава отпадних вода и његових променљивих супстанци. Међутим, анаеробни третман није довољан да побољша квалитет отпадних вода и учини га погодним за испуштање у површинске воде. Као резултат тога, ако не постоји избор за заједнички третман отпадних вода из винарије у аеробном постројењу за пречишћавање отпадних вода, аеробни систем треба да следи анаеробни. Лоша страна аеробних система су њихови високи енергетски захтеви, а самим тим и високи трошкови који се могу смањити у случају малог протока отпадних вода. У малим винарским индустријама где су ниски инвестициони трошкови одлучујући фактор за њихов опстанак, би требало да буде аеробни процес уколико постоји потреба за висококвалитетним отпадним водама. У табели 11 дат је упоредни приказ винарија у зависности где се испуштају отпадне воде, као и технике које је потребно тада користити [40].

Табела 11. Упоредни приказ винарија [40]

Величина индустрије	Испуштање у канализациону мрежу	Испуштање у природне токове	Поновна употреба воде за наводњавање винограда	Поновна употреба у процесу
Q<100 m³/дану	- конвенционални биолошки процес - секвенцијални шаржни реактор	- биомембрански реактор	- биомембрански реактор + дезинфекција	- биомембрански реактор + ултрафилтрација + реверзна осмоза
Q<100 m³/дану	- конвенционални биолошки процес	- конвенционални биолошки процес - секвенцијални шаржни реактор	- конвенционални биолошки процес + филтрација + дезинфекција	- биомембрански реактор + ултрафилтрација + реверзна осмоза

Један од најважнијих фактора сваке индустрије је потенцијал поновне употребе произведеног отпада, хемијских реагенса или поновно коришћење воде. Вода се у индустријама вина користи за разне сврхе, од којих многе не захтевају висококвалитетну воду. Коришћена вода може бити погодна за поновну употребу за исте или друге сврхе. Примери поновног коришћења воде су [39]:

- вода за чишћење боца је и даље релативно доброг квалитета и може се, уз одређени третман поново користити у исте сврхе, за прање резервоара или за прање камиона,
- вода за чишћење подрума може да садржи органске састојке, али је и даље сасвим погодна за поновну употребу за чишћење подова,
- вода која се користи за испитивање цурења бурета може се поново користити у исте сврхе,
- вода за пренос је врло променљивог квалитета и може се поново искористити у исте сврхе,
- вода из вакуумских пумпи је углавном прилично доброг квалитета и може се рециркулирати кроз пумпе
- вода релативно ниског квалитета се може користити за прање чврстих носача и прање камиона.

У неким случајевима, могуће је третирано отпад из винарија испустити у канализациони систем или га камионом одвести до другог постројења за пречишћавање. Мирис, који обично узрокују испарљиве масне киселине услед разградње органског материјала, представљаће проблем ако су нивои ХПК превисоки. Уз савете стручњака, нитрат се може додати за подстицање стварања угљен-диоксида без мириса уместо испарљивих масних киселина или се могу користити комерцијални ензими. Одржавање мале дубине такође помаже у избегавању анаеробних услова и стварању непријатних мириса.

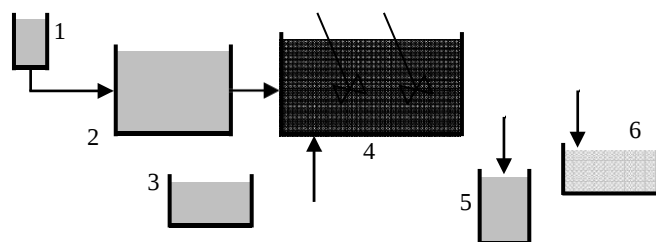
Вода из винарија може се користити за наводњавање директним испуштањем на земљу или се може третирати, складиштити и користити за планирано наводњавање (као и рециклирана урбана отпадна вода). Разноврсни усеви, пашњаци, дрвене парцеле и засади могу се одмах наводњавати третираном отпадним водама из винарије, укључујући и винову лозу. Дуогодишње је искуство у наводњавању пашњака рециклираном водом. Ако се третирана отпадна вода складишти, може се користити према захтевима

одабраних усева - укључујући и као додатну воду за наводњавање винове лозе. Планирано наводњавање може донети бољи повраћај од пречишћених отпадних вода из винарије. Виногради се такође могу наводњавати водом која се рециклира из градских постројења за пречишћавање отпадних вода или самостално, заједно са пречишћеним отпадним водама из винарије, или водом из других извора.

4.3 Дobar пример праксе третмана отпадних вода у свету

Добар пример техника за пречишћавање отпадних вода примењен је у португалској винарији Adegа Cooperativa de Ponte da Barca. Циљна оптимизација се заснивала на две оперативне стратегије током периода великих дневних протока и органских оптерећења [32].

Шема постројења за пречишћавање отпадних вода из винарије се састоји од шест резервоара (слика 32). Резервоар за уклањање песка постављен је на почетку постројења како би се уклонили чврсти материјали, укључујући дијатомејску земљу. Уколико је потребно, корекција рН вредности се врши у резервоару за изједначавање од 300 m³ са додатком СаСо₃. Унутар СБР-а уграђена су два површинска млазна аератора са окретним краковима, капацитета оксигенације од 5,5 kg/h. СБР је инокулиран са домаћом канализацијом, са ВСС = 540 mg/L. Хранљиве материје су снабдеване домаћом отпадном водом произведеном у винарији. Однос БПК₅/N/P био је 100/10/0,4. Вишак муља је спроведен до гравитационог згушњивача.



Слика 32. Шема постројења за пречишћавање отпадних вода

1) резервоар за уклањање песка, 2) резервоар за изједначавање/неутрализацију, 3) септичка јама, 4) биолошка јединица (СБР), 5) згушњивач муља, 6) река [32]

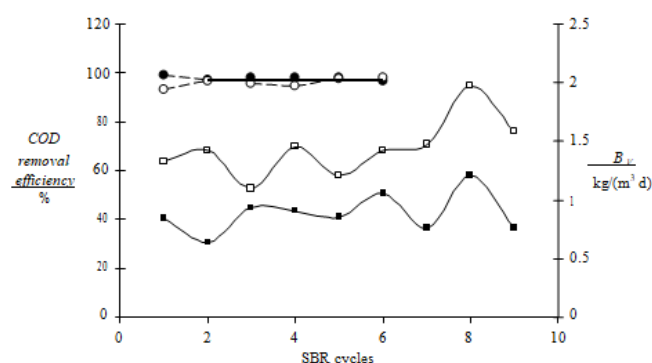
Према условима рада, током прве године рада постројења идентификовано је девет оперативних фаза, приказаних у табели 11. Свака фаза је била повезана или са радним периодом винске индустрије (са типичним саставом отпадних вода), или са променама услова рада у циљу повећања ефикасности третмана. Како би се суочио са великим количинама отпадних вода генерисаним током периода винификације, постројење се напајало два пута недељно, што представља смањење од 50% у времену реакције.

Табела 11. Девет оперативних фаза постројења [32]

Оперативна фаза	Фазе оперативног реактора	Радни период у винарији	Циклуси (по фазама)	Циклуси (по дану)
1	старт-ап	/	65	1
2	операција	операција прања и флаширања	37	1

3	операција	винификација	10	1
4	операција	винификација и складиштење	29	1
5	операција	флаширање	24	1
6	операција	секундарно складиштење	42	1-2
7	1. прочишћавање муља	/	26	2
8	2. прочишћавање муља	/	33	2
9	рецикулација биомасе	/	27	1

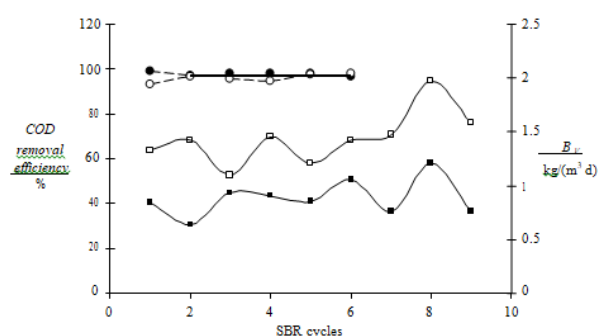
Вредности рН ефлуента биле су у опсегу између 7 и 8, али у процесу винификације, детектоване су друге вредности рН=3 у резервоару за изједначавање. Температура ефлуента кретала се између 15°C и 25°C. Генерало су откривене високе ефикасности уклањања ХПК, упркос променама органског оптерећења (B_v) (слика 33). Током периода винификације и пуњења, повећање B_v довело је до значајног смањења ефикасности уклањања ХПК због ограничења кисеоника. Вредност B_v , који је обично био у распону између 0,5 kg/(m³·d) и 1,5 kg/(m³·d) достигао је у овом периоду просечну вредност од 2,5 kg/(m³·d). Као последица повећања вредности B_v , концентрација биомасе се знатно повећала и доток кисеоника није био довољан да задовољи потребе, што је резултирало вредностима ХПК од 5000 mg/L у испусту, упркос већим стопама уклањања ХПК. Испирање биомасе је било веће од 4,5 g/L, биомаса је показала малу способност таложења услед високе старости муља (45 дана) што је довело до тога да вредност индекса запремине муља (SVI) треба бити већа од 120 mL/g. Како би се одржале добре перформансе биолошког реактора, потребно је да вредности SVI не прелазе 80 mL/g [32]. У циљу повећања перформанси СБР и како би се узео у обзир велики дневни проток и органско оптерећење индустријских отпадних вода, тестиране су две оперативне стратегије.



Слика 33. Ефикасност уклањања ХПК у функцији од примењеног запреминског оптерећења [32]

Прва стратегија, заснована на деловању СБР-а са два циклуса тестирана је током периода пуњења. Отпадне воде из винарије долазе углавном из процеса прања и из процеса хлађења, што доводи до високих дневних протока отпадних вода. Друга стратегија је коришћена када је B_v била висока [изнад 1,5 kg/(m³·d)] и састојала се од

рециркулације биомасе из СБР у резервоар за изједначавање и употребе додатног система за проветравање у обе јединице, како би се обезбедио кисеоник потребан за биоразградњу органске материје [32]. Рецикулација биомасе у резервоар за изједначавање и аерација медија омогућили су почетак процеса биоразградње у овој фази, смањујући на тај начин органско оптерећење примењено на СБР. Резултати ове студије показали су погодност СБР-а дизајнираног на основу просечних вредности концентрације органске материје и протока отпадних вода, променом оперативне стратегије током периода винификације и складиштења. У ствари, током периода високог органског оптерећења (периоди винификације и складиштења), додатно снабдевање кисеоником довело је до значајног побољшања перформанси постројења, у смислу елиминације ХПК. Током остатка године, ефикасност уклањања ХПК је увек била већа од 90% (слика 34), упркос раду СБР са једним или два циклуса дневно, према дневном протоку индустријске отпадне воде [32].



Слика 34. Ефикасност уклањања ХПК у односу на примењено органско оптерећење [32]

Закључак

Управљању отпадним водама се данас у свету много пажње посвећује. Праћење система кретања генерисаних отпадних вода је врло сложен процес. Неопходна је константна контрола како одговорних лица, тако и надлежних органа једне државе.

Производња отпадних вода саставни је део индустрије алкохолних пића (индустрије пива, вина...), а минимизирање количине и садржаја растворених супстанци и чврстих супстанци пожељно је и на економском и на еколошком фронту. Без обзира на технике минимизирања отпадних вода, настале отпадне воде захтевају ефикасно управљање како би се испоштовале одредбе о одлагању, које се непрекидно поштрљавају, и како би се олакшале одрживе могућности поновне употребе. Постоје бројне могућности и технике пречишћавања отпадних вода, а које ће се применити зависи од сложености процеса и трошкова; финансијских улагања, количина произведене отпадне воде,

Употреба воде у индустрији пива се разликује и зависи од специфичних процеса и локација, па је самим тим и потрошња воде велика. Из тог разлога многе пиваре данас желе да пронађу најбољи начин за смањење потрошње воде током процеса производње пива, да пронађу средство за економично третирање отпадних вода које настају не само у процесу производње, већ и у процесима прања опреме. Поред овога, пиваре желе да нађу најбољи начин за уштеду трошкова рада, као и да своје пословање усагласе са захтевима заштите животне средине. Зато је потребно применити системе за пречишћавање отпадних вода са најбољим перформансама. Пиварске индустрије, у последње време највише пажње придају анаеробној дигестији, јер састав и количина отпадних вода често пружају идеалне услове за рад дигестора. Из овога се може донети закључак, да уградња УАСБ дигестора као технике за пречишћавање отпадних вода из пивара представља привлачну алтернативу, како економску тако и еколошку.

Као и у индустрији пива, и у индустрији вина употреба воде зависи од специфичних процеса и саме локације винарија. И винарије производе велике количине отпадних вода како у процесу производње вина, тако и у другим процесима који следе након производње. За мале винарије вероватно ће бити довољне аерисане лагуне или мочварни системи, док ће процеси активног муља и анаеробни реактори бити погоднији за велике винарије. Веома велике винарије могу сматрати да је улагање у анаеробну дигестију са производњом и коришћењем биогаса једна од најбољих опција. Приоритети које свака винарија треба да има су следећи: стратегија чистије производње и минимизирања отпада, детаљна анализа састава отпадних вода из винарија, разумевање утицаја отпадних вода на структуру тла, микробне заједнице и раст винове лозе, оптимизација система за пречишћавање отпадних вода за употребу у винској индустрији, укључујући комбинације биолошког и физичко-хемијског приступа. Најважнија ставка јесте одређивање састава отпадних вода.

Индустрије алкохолних пића, уколико желе да ефикасно управљају отпадним водама морају имати потребна знања о саставу отпадних вода и утицају компоненти на животну средину, како би на најбољи начин применили своја знања у сфери управљања, третмана и могућности поновне употребе.

Литература

1. Љашевић М. (2010). Животна средина, теорија и методологија истраживања; Универзитет Сингидинум, Београд
2. Design2.com, Интернет адреса: <http://www.designn2.com/home/energetska-efikasnost-gradevinskih-objekata>, приступљено 05.04.2021.
3. BBC.com, Интернет адреса: <https://www.bbc.com/serbian/lat/svet-48941801>, приступљено 05.04.2021.
4. Zeleni dijalog.rs, Интернет адреса: <https://zelenidijalog.rs/upravljanje-otpadnim-vodama-u-srbiji/?lang=cir>, приступљено 05.04.2021.
5. Europa.rs, *Животна средина*, публикација, Интернет адреса: <http://europa.rs/images/publikacije/zivotna-sredina.pdf>, приступљено 05.04.2021.
6. Australian Environmental Education, Интернет страница: <https://www.australianenvironmentaleducation.com.au/education-resources/what-is-water/>, приступљено 06.04.2021.
7. Kılıç Z. (2020.), *The importance of water and conscious use of water*, International Journal of Hidrology, 4(5), 239-241
8. Csconnect, Интернет адреса: <http://csonnect.rec.org/index.php?page=upravljanje-vodama>, приступљено 06.04.2021.
9. Stafford T. и сар. (2020), *Ефикасно коришћење воде и управљање отпадним водама у прехранбеној индустрији*, Београд, Интернет страница: <https://www.iedserbia.org/media/efikasno-koriscenje-vode-i-upravljanje-otpadnim-vodama.pdf>, приступљено 07.04.2021.
10. Madhav University, Интернет страница: <https://madhavuniversity.edu.in/save-water.html>, приступљено 07.04.2021.
11. World Bank Интернет страница: <https://www.worldbank.org/en/topic/waterresourcesmanagement>, приступљено 07.04.2021.
12. Grojec A. (2017), *Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baselines*, World Health Organization (WHO) and the United Nations Children's Fund (UNICEF), Швајцарска, Интернет адреса: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/258617/1/9789241512893-eng.pdf?ua=1>, приступљено 08.04.2021.
13. Moodle.fink.rs, Интернет адреса: <http://moodle.fink.rs/> (предавања из *Инжењерства заштите животне средине-део 2-2018.*), приступљено 10.04.2021.
14. European parliament- Water protection and management Интернет адреса: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/74/water-protection-andmanagement>, приступљено 15.04.2021.
15. Eurostat, Water statistics, Интернет адреса: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water_statistics, приступљено 15.04.2021.
16. *Water sector in Serbia* (2012), Embassy of Belgium, Economic and Trade Office, Beograd, Интернет адреса: https://www.flandersinvestmentandtrade.com/export/sites/trade/files/market_studies/Water%20sector%20Serbia_DEF.pdf, приступљено 20.04.2021.
17. Sector Review Paper on The Water Supply and Waste Water Sector (2006), Интернет адреса: <http://www.misp-serbia.rs/wpcontent/uploads/2010/05/Sector-Review-Paper-on-the-Water-Supply-and-Waste-Water-Sector1.pdf>, приступљено 20.04.2021.
18. Републички завод за статистику, Интернет адреса: <https://www.stat.gov.rs/sr-Cyrl>, приступљено 20.04.2021.

19. Републички завод за статистику, *Снабдевање питком водом, 2018.*, Интернет адреса: <https://publikacije.stat.gov.rs/G2019/Pdf/G20191100.pdf>, приступљено 21.04.2021.
20. Лекић Д., Перуновић Ђулић Т. (2019), *Извештај о стању животне средине у Републици Србији за 2018. годину*, Агенција за заштиту животне средине, Министарство заштите животне средине, Београд, Интернет адреса: <http://www.sepa.gov.rs/download/Izvestaj2018.pdf>, приступљено 21.04.2021.
21. Aqua interma inženjering, Интернет адреса: <http://www.aquainterma.rs/sr/dezinfekcija-vode/>, приступљено 22.04.2021.
22. Повреновић Д., Кнежевић М. (2013), *Основне технологије пречишћавања отпадних вода*, Технолошко-металуршки факултет, Београд,
23. Николић Ј., Алексић Н. и сар. (2020), *Анализа исплативости уградње УАСБ дигестора за третман отпадних вода у пивари – студија случаја пиваре у Србији*, Трактори и погонске машине, Vol.25. No.3/4. p.76-82
24. Tehnologija hrane, Интернет страница: <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/tehnologija-proizvodnje-piva>, приступљено 05.05.2021.
25. Statista.com, Интернет страница: <https://www.statista.com/statistics/270269/leading-10-countries-in-worldwide-beer-production/>, приступљено 05.05.2021.
26. World population review, Интернет страница: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/beer-consumption-by-country>, приступљено 05.05.2021.
27. Simate G., Cluett J. et al. (2011), *The treatment of brewery wastewater for reuse: State of the art*, Desalination, 273, p. 235-247.
28. Paragraf, Интернет адреса: <https://www.paragraf.rs/propisi/uredba-granicnim-vrednostima-emisije-zagadjujucih-materija-u-vode.html>, приступљено 10.06.2021.
29. Energoprojekt oprema, Интернет страница: <https://energoprojekt-oprema.com/2019/09/09/postrojenje-za-preciscavanje-otpadnih-voda-fabrike-piva-carlsberg-celarevo-srbija/>, приступљено 10.06.2021.
30. Carlsberg Srbija, Интернет страница: <https://carlsbergsrbija.rs/odrzivi-razvoj/odrzivi-razvoj-u-carlsberg-srbiji/odrzivi-razvoj-u-carlsberg-srbiji/>, приступљено 10.06.2021.
31. Apatinska pivara, Интернет страница: <http://www.apatinskapivara.rs/sr-latn-rs/drustvena-odgovornost/zastita-zivotne-sredine>, приступљено 10.06.2021.
32. Brito A., Peixoto J. et al., (2007) *Brewery and winery wastewater treatment: some focal points of design and operation*
33. Орешчанин В. (2016), *Одрживо господарење отпадним водама из процеса производње вина*, Хрватске воде 24, 97, 215-222 Загреб
34. Tehnologija hrane, Интернет адреса: <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/tehnologija-proizvodnje-vina>, приступљено 13.05.2021.
35. <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/wine-producing-countries>
36. NationMaster Интернет адреса: <https://www.nationmaster.com/nmx/ranking/wine-consumption-per-capita>, приступљено 15.05.2021.
37. Statista.com, Интернет адреса: <https://www.statista.com/statistics/858743/global-wine-consumption-by-country/>, приступљено 15.05.2021.
38. Kyzas G., Symeonidou M. et al. (2014), *Technologies of winery wastewater treatment: a critical approach*, Desalination and water treatment, Vol. 57 (8), p. 3372-3386

39. Lofranoa G., Meric S. (2015), *A comprehensive approach to winery wastewater treatment: a review of the state-of the-art*, Desalination and water treatment, Vol. 57 (7), p. 3011-3028.
40. Condorhem, Интернет адреса: <https://condorchem.com/en/blog/wine-industry-wastewater-treatment/>, приступљено 10.06.2021.