

Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Назив студијског програма: Инжењерство заштите животне средине
Ниво студија: Мастер академске студије
Модул: Инжењерство заштите животне средине
Предмет: Напредне технике у третману вода
Број индекса: 379/2017

Милица Д. Николић

ТРЕТМАН ПРОЦЕДНИХ ОТПАДНИХ ВОДА СА ДЕПОНИЈА

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Вања Шуштершич, ред. проф. -ментор**
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да опише настанак отпадних вода на депонијама и на који се начин врши заштита површинских и подземних вода на депонијама. Такође, кандидат треба да да преглед регулативе везане за ову проблематику, као и да опише начине узорковања и провере квалитета вода које су настале на депонијама. На крају је неопходно да опише на који начин је најефикасније третирати ове воде.

Коришћена литература:

- [1] Вања Шуштершич: *Технологије и постројења у припреми воде за пиће и третману отпадних вода*, Факултет инжењерских наука универзитета Крагујевцу, 2014.
- [2] *ПРЕЛИМИНАРНА КВАЛИТАТИВНА И КВАНТИТАТИВНА АНАЛИЗА ПРОЦЕДНИХ ВОДА И ГАСОВА СА ДЕПОНИЈА У ЦИЉУ УСПОСТАВЉАЊА КОНТИНУАЛНОГ МОНИТОРИНГА*, пројекат, Департман за инжењерство заштите животне средине, Факултет техничких наука, Универзитета у Новом Саду, 2009.
- [3] Syed R. Qasim, Walter Chiang: *SANITARY LANDFILL LEACHATE Generation, Control and Treatment*, CRC Press, 1994.

Крагујевац, септембар 2018.

ментор:

др Вања Шуштершич, ред. проф.

Резиме:

Процедне воде депонија представљају веома загађене отпадне воде. По свом саставу могу варирати у широком дијапазону, а генерално највеће осцилације се јављају због старости депонија, тј. утицаја различитих фаза разградње отпада. Количине процедурних вода које се формирају зависе од величине депоније, старости депоније, услова рада, климатских услова на локацији, састава и количине отпада који се одлаже и др. Услови за пречишћавање процедурних вода су прописани законским актима, а примена технологије за третман зависи од количине, састава процедурних вода и услова испуштања у отворени водоток или јавни дренажни систем. У раду је приказан кратак осврт на продукцију и састав филтрата, а дат је преглед технологија које се најчешће примењују за пречишћавање процедурних депонијских вода као и пример контролисања отпадних вода који је извршен у општинама АП Војводине.

Кључне речи:

Процедне воде депонија, пречишћавање процедурних вода, законска регулатива, технологије за третман, филтрати, контролисање отпадних вода.

ABSTRACT:

The landfill treatment waters represent highly contaminated wastewater. By their composition they can vary in a wide range, and generally the largest oscillations occur due to the age of the landfills, i.e. impacts of different stages of decomposition of waste. The amount of procedural waters that are formed depends on the size of the landfill, the age of the landfill, the working conditions, the climatic conditions at the location, the composition and the quantities of wastes that are being disposed. The conditions for treatment of the flow waters are prescribed by legal acts, and the application of the treatment technology depends on the quantity, the composition of the process waters and the conditions of discharge into the open water stream or the public drainage system. This paper presents a brief overview of the production and composition of the filters, and a review of the technologies that are most often applied for purification of procedural landfill water as well as an example of waste water control carried out in the municipalities of AP Vojvodina is given.

Key words:

Leachate waters of landfills, leachate wastewater treatment, legal acts, treatment technologies, filtrates, wastewater control.

Садржај:

Увод.....	1
1. Отпад.....	2
1.1. Утицаји на животну средину	2
1.2. Врсте отпада	4
1.3. Депоније и сметлишта	6
1.4. Кључни принципи управљања отпадом	8
1.4.1. Управљање отпадом	9
1.4.2. Модели управљања отпадом.....	11
1.5. Процена утицаја дивљих сметлишта на животну средину	13
1.5.1. Загађење земљишта	13
1.5.2. Загађење подземних и површинских вода.....	13
1.6. Санирања и уклањања сметлишта.....	14
2. Законска регулатива	15
2.1. Закон о заштити животне средине.....	15
2.2. Закон о водама	17
2.3. Стратегија управљања водама на територији Републике Србије до 2034. године	18
2.4. Уредба о утврђивању водопривредне основе Републике Србије	19
2.5. Уредба о одлагању отпада на депоније	22
2.6. Законодавство ЕУ у области управљања отпадом	25
3. Мониторинг квалитета вода.....	29
4. Процедне воде са депонија	30
4.1. Формирање процедурних депонијских вода	30
4.2. Састав процедурних депонијских вода.....	31
4.3. Деградациони механизми у хетерогеном систему тела депоније	32
4.4. Хемијска деградација неорганских супстанци	33
4.5. Кретање влаге унутар депоније	34
4.5.1. Прорачунавање максималне дневне количине филтрата по јединици површине.	35
.....	35
4.6. Пример прелиминарна квалитативна и квантитативна анализа процедурних вода са депонија	36

4.6.1. Методологија узорковања	41
5. Технолошки елементи пројектовања депонија	44
6. Технологије за третман процедних вода са депонија.....	48
6.1. Механички третман.....	49
6.1.1. Егализација	50
6.1.2. Таложeње	52
6.1.3. Флотација.....	53
6.2. Физичко-хемијски третман	55
6.2.1. Коагулација и флокулација.....	55
6.2.2. Хемијска преципитација	59
6.2.3. Оксидација.....	60
6.2.4. Адсорпција.....	61
6.3. Биолошки третман отпадних вода.....	63
6.3.1. Активни муљ	64
6.3.2. Биодиск процес	66
6.4. Мембранска технологија	67
6.4.1. Микрофилтрација	68
6.4.2. Ултрафилтрација.....	69
7.4.3. Нанофилтрација	69
7.4.4. Реверзна осмоза.....	70
7. Статистички подаци о загађењу вода у Републици Србији.....	73
7.1. Отпадне воде из насеља у 2017. години	73
Закључак	75
Литература.....	77

Увод

У развијеним индустријским земљама годишње настаје 300-400 килограма отпада по особи. Он се прикупља и одлаже на безбедним и санитарним депонијама, које имају системе за заштиту подземних вода и ваздуха од загађујућих материја. Велики проблем представљају загађене воде са неуређених депонија. У Србији највећи број депонија још увек не задовољава ни основне безбедносне критеријуме за заштиту животне околине.

Упркос евидентним напорима у отварању нових санитарних депонија, управљање отпадом у Србији је још увек неадекватно и представља опасност по здравље људи и животну средину. Простори на које се отпад одлаже, често близу насељених места или река, више заслужују назив – ђубришта.

Велики проблем је опасан отпад који се не прикупља посебно. Не постоје поуздани подаци о количини опасног отпада који ствара индустрија, енергетски сектор или наша домаћинства. Одлагање на депоније је главни вид збрињавања отпада, најчешће без икаквог претходног третмана. Вода и отпад нераскидиво су повезани. Сваки неадекватно одложен отпад који пре или касније доспева до подземних вода, загађујући је. Процедне воде са депонија које се не сакупљају, нити пречишћавају, загађују подземне и површинске воде.

Лабораторија за мониторинг депонија, отпадних вода и ваздуха врши физичко-хемијско испитивање квалитета површинских, подземних и отпадних вода. Испитивања се врше 4 пута годишње уз помоћ пиезометара који се налазе на рубу депоније.

Санитарне еколошке депоније су одлика савременог друштва које има план одлагања и управљања отпадом. Овакве депоније неопходне су ради заштите здравља људи, воде за пиће и земљишта. Санитарна депонија има уграђену непропусну подлогу којом се спречава отицање процедурних вода у земљу, а има и уграђен систем за пречишћавање отпадних вода.

У Србији је током претходне године уклоњено више од 55% дивљих депонија, али број преосталих је велики. Процењује се да на нашој територији и даље има преко 2000 дивљих сметлишта. Проблем није само у недостатку опреме комуналних служби, већ и у људима који не брину о природи. Ипак, и поред неопходних великих финансијских улагања, да би се решио проблем неправилног депоновања отпада, некада су најједноставнија решења – најбоља.

Осим конкретног санирања отпада, велики значај има едукација грађана. Поред изградње нових санитарних депонија, решавања проблема већ постојећих, неопходно је едуковати становништво, радити на стварању нових навика и стицати знања о проблему отпада као једном од највећих загађивача животне средине, а самим тим и воде, која је наш најдрагоценији ресурс.

1. Отпад

Од почетка цивилизације (првом доместификацијом животиња пре 12 000 година), човек је стално мењао своје окружење прилагођавајући га својим потребама. Долазио је до открића која су му у многome олакшала живот на Земљи. Највеће промене у цивилизацији почеле су са открићем парне машине (Џејмс Ват). То је период прве индустријске револуције када мануфактурна производња бива замењена фабричким радом. Након парне машине нижу се нова открића (пароброд, парна локомотива, громобран, Дејвијева светиљка, телеграф, фотоапарат...). Сва ова достигнућа олакшала су живот људи. Отворен је велики број фабрика, које су упослиле велики број људи. Међутим, са изградњом фабрика почиње и загађење атмосфере издувним гасовима.

Теслин проналазак наизменичне електричне енергије започиње другу индустријску револуцију. Након тога пронађени су и усавршени бензински и дизел мотори (сада највећи емитери сумпор-диоксида у атмосферу), петролеум, телефони, радио, развија се и хемијска индустрија. Све то доводи до развоја транспорта и средстава за транспорт (аутомобили на бензин 1887год.).

Почетком шездесетих година 19-тог века Александер Паркс проналази прву пластику коју је човек направио (паркесин). Од тада се пластика стално усавршавала и од ње су се правили различити производи (производи од целулоида, бакелита, целофана, PVC-а, полиетилен, тефлон, најлон). PVC се прави од отровних хемикалија које имају негативан утицај чак и на фетусе, а највише се складиште у организму жена и деце. Од полиетилена се праве пластичне кесе које данас представљају један од већих проблема савременог човечанства.

Пластична амбалажа од полиетилена је погодна за рециклажу, али због тога што се користе за одлагање смећа, то повећава цену рециклаже. Због несавесног опхођења према животној средини све веће количине ових кеса се налазе у морима и океанима, у земљишту, прикачене за приобалну вегетацију поред река што знатно штети овим екосистемима. Иако је тешко замислити живот без свих ових открића, можемо се сложити да нас наше немарно коришћење истих полако води на пут без повратка. На пример, једној пластичној флаши за разградњу треба око 500 година, а за разградњу кесе је потребно око 300 година!

1.1. Утицаји на животну средину

Начин одабира локација дивљих сметлишта и сам начин одлагања и депоновања отпада доводи до потпуне девастације простора и околине. Загађеност површинских вода, појава непријатних мириса, појава разних инсеката, птица и животиња, формирање непримерених и нехигијенских насеља у непосредној близини таквих сметлишта, где људи

из отпада издвајају секундарне сировине и њиховом продајом зарађују за живот, су реална слика садашњег стања на сметлиштима.

Током летњих дана живот становника у околини сметлишта постаје неподношљив, локално становништво се жали надлежнима у локалној самоуправи али проблеми се решавају само привремено тако што се поливају приступни путеви водом или се отпад прекрива инертним материјалом.

До одређених негативних утицаја долази углавном у домену загађења подземних и површинских вода, ваздуха и земљишта. Квантификовање негативних утицаја на животну средину је веома сложен процес, обзиром на стохастички карактер великог броја параметара који суштински одређују ова загађења (метеоролошки, топографски, геолошки, хидролошки, грађевински и др.).

Постојећа сметлишта највише угрожавају површинске и подземне воде. Сметлишта имају веома негативан утицај на животну средину са великом вероватноћом настанка, трајног карактера и регионалног простирања. Ова загађења се углавном односе на Јужну Мораву, која је непосредно угрожена сметлиштима у Ратају, Павловцу, Давидовцу, Доњем Нерадовцу, а посебно преко својих притока од сметлишта у Врањској Бањи, Ристовцу, Горњем Вртогошу.

Када су загађења земљишта у питању, сва сметлишта имају негативан утицај, пре свега због лоших услова експлоатације и недостатка било какве контроле.

Под минимизирањем штетног утицаја сметлишта, подразумева се предузимање нужних мера заштите животне средине, тј. максимално могуће интервенције које ће пре свега заштитити становништво и околне објекте од следећих директних узрочника заразе и загађења:

- гасова који се неконтролисано издвајају из тела сметлишта,
- ширења непријатног мириса од отпада,
- процедних вода које се неконтролисано процеђују у земљиште, загађујући земљу, подземне и површинске воде,
- директног контакта људи, домаћих животиња и птица са отпадом.

Оно што представља проблем је недостатак финансијских средстава и једноставан технички начин којим може да се спречи загађења околине ¹.

¹ Марија З. Здравковић *НЕКОНТРОЛИСАНА ДИСПОЗИЦИЈА ЧВРСТОГ ОТПАДА НА УРБАНОМ И РУРАЛНОМ ПОДРУЧЈУ ВРАЊА У 2011-2012 год.*, ПМФ, Универзитет у Нишу, 2012.

1.2. Врсте отпада

Постоје различите дефиниције отпада. У неким од њих под општим појмом отпада могу се сврстати отпадне материје и отпадне енергије. Отпадом се сматрају материјали који немају употребну вредност².

Отпад није смеће. Смеће је само онај део отпада који не може да се искористи – рециклира.

Према Закону о управљању отпадом „отпад јесте свака материја или предмет садржан у листи категорија отпада (Q листа) који власник одбацује, намерава или мора да одбаци, у складу са законом³.

Чврсти отпад је свака супстанца или предмет који власник одстрањује, намерава или мора да одстрани, а који је сврстан у категорије отпада утврђене посебним прописом.

Према општој класификацији отпада, разликује се отпад:

1. према агрегатном стању,
2. према опасним карактеристикама и
3. према пореклу.

1. Отпадне материје према стању могу се поделити на чврсте, течне и гасовите материје. Обзиром на технологије прераде, под чврстим отпадом подразумевамо било који чврсти отпад укључујући кашасте материје и стара прерађена уља.

2. У зависности од порекла, отпад се може груписати на следећи начин:

- Отпади биљног и животињског порекла,
- Отпад минералног порекла, укључујући и процесе оплемењивања,
- Отпади из хемијских процеса,
- Радиоактивни отпад и
- Отпад из насеља.

Укупно гледано, чврсти отпад се може поделити на четири основне категорије:

1. комунални,
2. биохазардни (медицински) отпад,
3. индустријски и
4. пољопривредни отпад.

² Марија З. Здравковић *НЕКОНТРОЛИСАНА ДИСПОЗИЦИЈА ЧВРСТОГ ОТПАДА НА УРБАНОМ И РУРАЛНОМ ПОДРУЧЈУ ВРАЊА У 2011-2012 год.*, ПМФ, Универзитет у Нишу.2012.

³ Закон о управљању отпадом, Службени гласник Републике Србије број 36/2009, 88/2010 и 14/2016

Комунални чврсти отпад је отпад из домаћинства (кућни отпад), као и други отпад који је због своје природе или састава сличан отпаду из домаћинства и може се даље поделити на:

- Резиденцијални (стамбени),
- Комерцијални,
- Институционални,
- Грађевински и
- Отпад са јавних површина.

Индустријски чврсти отпад јесте отпад из било које индустрије или са локације на којој се налази индустрија (Табела 1.).

Табела 1. Учешће индустрије у стварању отпада

Индустрија	Отпадне материје %
Хемијска	37.6
Примарна металургија	29.1
Металопрерађивачка	7.7
Машинска	6.5
Индустрија папира	4.6
Транспортна	4
Прехрамбена	2.7

Пољопривредни чврсти отпад настаје на њивама, у повртњацима, воћњацима, виноградима, млекарама, фармама и слично.

3. Отпад у зависности од опасних карактеристика које утичу на здравље људи и животну средину, може бити:

- **Инертни** - отпад који није подложен било којим физичким, хемијским или биолошким променама; не раствара се, не сагорева или на други начин физички или хемијски реагује, није биолошки разградив или не утиче неповољно на друге материје са којима долази у контакт на начин који може да доведе до загађења животне средине или угрози здравље људи;
- **Неопасан** - отпад који нема карактеристике опасног отпада;
- **Опасан отпад** - који по свом пореклу, саставу или концентрацији опасних материја може проузроковати опасност по животну средину и здравље људи и има најмање једну од опасних карактеристика утврђених посебним прописима, укључујући и његову амбалажу.

Под опасним отпадом подразумеваја се сав отпад у течном, чврстом и гасовитом стању, који настаје обављањем делатности и који садрже материје, односно хемијске елементе и њихова једињења, која својим особинама и хемијским реакцијама нарочито угрожавају животну средину, живот и здравље људи⁴.

Медицински отпад представља категорију опасног отпада, која укључује опасан отпад из болница и других здравствених установа, лабораторија, ветеринарских установа, укључујући инфективни отпад, патолошки отпад, оштре предмете, фармацеутски отпад, генотоксични отпад, хемијски отпад и др.⁵.

У индустријској производњи, енергетици, пољопривреди, комуналној делатности, преради сировина природног и синтетичког порекла и при разним другим активностима јављају се отпадне материје које могу бити: високо токсичне, канцерогене, корозивне, експлозивне и иритантне, па као такве представљају опасан отпад.

Због неправилног третмана опасан отпад може ослобађати гасовите продукте у атмосферу (због испаравања, сагоревања, одвијања одређених реакција) и тако загадити ваздух. Ови гасови могу спирањем са кишом загадити воде и земљиште на које падавине доспевају. Површинске и подземне воде могу бити загађене течним продуктима распадања и филтратом који преко земљишта, које такође загађује, доспева до подземних и површинских вода. Загађење тла, опасним отпадом, врши се преко испирања загађујућих материја из ваздуха, или продирањем опасних материја из загађених вода у околно тло. Отпад може бити разнешен по околном земљишту, а и простор на којем је био отпад бива загађен њиме. Преко ваздуха, воде и земљишта и путем ланца исхране угрожене су биљке, животиње и човек.

Опасан отпад је одређен по пореклу и саставу. Тако по пореклу постоји: клинички отпад, отпад у производњи фармацеутика, отпадне пластике, отпад из дрвне индустрије и папира, отпад из производње боја и лакова, отпад из рафинације и дестилације. По саставу може се навести отпад који садржи једињења хрома, цинка, кадмијума, олова, цијанида, кисео чврст отпад, базни чврст отпад, отпад са фенолом, органохлорна и многа друга једињења. Овај се отпад због атмосферског утицаја разлаже стварајући филтрат који представља велику опасност, а пре свега за подземне и површинске воде. Нагомилавање опасног отпада је велики проблем цивилизације. Он може да нанесе велике штете човеку и животној средини.

1.3. Депоније и сметлишта

Према Закону о управљању отпадом Републике Србије депонија представља место за одлагање отпада на површини или испод површине земље где се отпад одлаже

⁴ Интернет адреса: www.zastitazivotnesredine.com, датум приступа: 10.7.2018.

⁵ Интернет адреса: www.jkpmediana.rs, датум приступа: 10.7.2018.

укључујући интерна места за одлагање (депонија где произвођач одлаже сопствени отпад на месту настанка), стална места (више од једне године) која се користе за привремено складиштење отпада, осим трансфер станица и складиштења отпада пре третмана или поновног искоришћења (период краћи од три године) или складиштења отпада пре одлагања (период краћи од једне године)⁶.

Постоје различите врсте депонија за одлагање различитих материјала. За отпад из домаћинства користе се комуналне депоније којих има 3 врсте:

1. ДИВЉЕ ДЕПОНИЈЕ - депоније које су настале неодговорним одлагањем и бацањем отпадака уз реке и излетишта,
2. ЗВАНИЧНЕ ДЕПОНИЈЕ – депоније које званично користе комунална предузећа, иако се на њима не примењују никакве мере заштите околине и
3. САНИТАРНЕ ДЕПОНИЈЕ – депоније које се граде у циљу заштите животне средине.

СМЕТЛИШТЕ је нестручно и случајно одабран простор на коме се отпад одлаже неконтролисано и без било каквих мера заштите животне средине. Сметлиште угрожава живот људи, загађује земљиште, подземне и површинске воде, ваздух. Сметлиште је и узрочник ширења заразе и болести⁷.

Одлагање отпада на депоније је један од начина организованог поступања са отпадом. Капацитет постојећих сметлишта је у већини општина већ попуњен, док већина депонија не задовољава ни минимум техничких захтева. Не постоји контролисано одвођење депонијског гаса који настаје разградњом отпада у депонији, што може довести до пожара или експлозије. Процедне воде се не сакупљају нити пречишћавају и то може угрозити подземне и површинске воде и земљиште због високог садржаја органских материја и тешких метала. Не постоји систематски мониторинг емисија, процедурних вода, депонијског гаса итд. Комунални отпад који се организовано сакупља одлаже се на 164 званично регистроване, општинске депоније. Земљиште на којем се депоније налазе је најчешће у својини Републике Србије. Око 70% свих активних депонија није предвиђено просторно-планским документима и за њих није урађена студија о процени утицаја на животну средину, нити имају потребне дозволе.

На сметлиштима често долази до самопаљења, при чему долази до емисије загађујућих материја. Сметлишта са највећим ризиком по животну средину и здравље људи су оне које се налазе на удаљеностима мањим од 100 метара од насеља или на удаљеностима мањим од 50 метара од обале реке, потока, језера или акумулације.

На дивљим депонијама, ван контроле јавних комуналних предузећа, одлаже се око 40% генерисаног комуналног отпада у Републици Србији. У већини случајева дивље депоније се налазе у сеоским срединама и последица су, у првом реду, недостатка средстава за

⁶ Закон о управљању отпадом, Службени гласник Републике Србије број 36/2009, 88/2010 и 14/2016

⁷ Интернет адреса: www.barajevo.org.rs, приступљено датума: 10.7.2018.

проширење система сакупљања отпада, али и лоше организације управљања отпадом на локалном нивоу. Поред ових, дивље депоније се често формирају дуж саобраћајница у путном појасу, од којих је већи проценат на косинама насипа путева, одакле се отпад једноставно баца киповањем из камиона. Такве депоније су најчешће недоступне за уклањање. За депоновање се користе и природне депресије, јаме и вртаче где је чишћење практично немогуће.

Стратегија управљања отпадом за период 2010-2019. године је дугорочна стратегија Републике Србије у области заштите животне средине и подразумева побољшање квалитета живота становништва осигуравањем жељених услова животне средине и очувањем природе засноване на одрживом управљању животном средином. Кључни кораци укључују јачање постојећих и развој нових мера за успостављање интегралног система управљања отпадом, даљу интеграцију политике животне средине у остале секторске политике, прихватање веће појединачне одговорности за животну средину и активније учешће јавности у процесима доношења одлука. Стратегија управљања отпадом представља основни документ који обезбеђује услове за рационално и одрживо управљање отпадом на нивоу Републике Србије. Стратегија мора бити подржана већим бројем имплементационих планова за управљање посебним токовима отпада (биоразградиви, амбалажни и други). Утврђивање економских инструмената и финансијских механизма је неопходно како би се осигурао систем за домаћа и инострана улагања у дугорочно одрживе активности. Такође, стратегија разматра потребе за институционалним јачањем, развојем законодавства, спровођењем прописа на свим нивоима, едукацијом и развијањем јавне свести⁸.

1.4. Кључни принципи управљања отпадом

Бројни су кључни принципи који се морају узети у обзир приликом успостављања и имплементације националне стратегије управљања отпадом, и то:

- ❖ принцип одрживог развоја,
- ❖ принцип близине и регионални приступ управљању отпадом,
- ❖ принцип предострожности,
- ❖ принцип загађивач плаћа,
- ❖ принцип хијерархије у управљању отпадом,
- ❖ принцип примене најпрактичнијих опција за животну средину и
- ❖ принцип одговорности произвођача.

⁸ Стратегија управљања отпадома за период 2010-2019. године, Службени гласник РС бр. 29/2010

1.4.1. Управљање отпадом

Управљање отпадом је скуп активности, одлука и мера усмерен ка постизању спречавања настанка отпада, смањивању количине насталог отпада као и смањењу укупног деловања отпада на животну средину. Управљање отпадом обавезно се мора проводити на начин да се у опасност не доведе људско здравље.

Управљање чврстим отпадом може се дефинисати као активност која се бави контролом настанка, складиштења, прикупљања, трансфера и транспорта, прераде и депоновања чврстог отпада у зависности и јединству са позитивним принципима јавног здравља, економије, инжењерства, естетике, других еколошких захтева и јавног мњења.

Анализе су показале да ефикасно искоришћење отпада може значајно смањити потребе за примарним сировинама и енергентима, уз истовремену уштеду животног простора и заштиту животне средине. За достизање циљева одрживог развоја, у складу са Националном стратегијом одрживог развоја, потребно је: рационално коришћење сировина и енергије и употреба алтернативних горива из отпада, смањење опасности од непрописно одложеног отпада за будуће генерације, осигурање стабилних финансијских ресурса и подстицајних механизма за инвестирање и спровођење активности према принципима „загађивач плаћа“ и/или „корисник плаћа“, успостављање јединственог информационог система о отпаду, повећање броја становника обухваћених системом сакупљања комуналног отпада, успостављање стандарда и капацитета за третман отпада, смањење, поновна употреба и рециклажа отпада, развијање јавне свести на свим нивоима друштва о проблематици отпада и др. Потребно је створити осећај одговорности за поступање са отпадом на свим нивоима, осигурати препознавање проблема, обезбедити тачне и потпуне информације, промовисати принципе, подстицајне мере и партнерство јавног и приватног сектора у управљању отпадом. Иницијативе имају за циљ да подстакну становништво на одговорнији однос према отпаду и на поступање са отпадом на одржив начин, као што је смањење отпада на извору, поновна употреба отпада, рециклажа, енергетско искоришћење отпада и одлагање отпада на безбедан начин⁹.

За управљање комуналним чврстим отпадом, главну одговорност има локална власт. То је комплексан задатак, који захтева одговарајуће организационе капацитете и кооперацију између бројних заинтересованих страна у приватном и јавном сектору.

Иако представља основу за људско здравље и заштиту животне средине, управљање чврстим отпадом у Србији је крајње незадовољавајуће. План управљања комуналним и осталим отпадом је важна полазна тачка за подршку интегралном урбаном управљању¹⁰.

Према морфолошком саставу отпада, органски отпад (баштенски отпад и остали биоразградиви отпад) заузима готово 50% у маси комуналног отпада, при чему је остали

⁹ Интернет адреса: www.zastitazivotnesredine.com, приступљено датума: 10.7.2018.

¹⁰ Интернет адреса: www.jkpmiediana.rs, приступљено датума: 10.7.2018.

биоразградиви отпад са 37,62% око три пута заступљенији од баштенског отпада. Укупни отпад од пластике чини укупно 12,73%, док укупна количина картона износи 8,23%, затим следе стакло (5,44%), папир (5,34%), текстил (5,25%), пелене за једнократну употребу (3,65%) и метал (1,38%).



Слика 1. Заступљеност различитих врста отпада у процентима

У Републици Србији не постоји системски организовано одвојено сакупљање, сортирање и рециклажа отпада. Постојећи степен рециклаже, односно искоришћења отпада је недовољан. Мада је примарна рециклажа у Србији прописана Законом о управљању отпадом и предвиђа одвајање папира, стакла и метала у посебно означене контејнере рециклажа не функционише у пракси. Изузетак чини једно постројење за сепарацију рециклабилног отпада, центри за одвојено сакупљање отпада на другој локацији и др.

Сакупљање комуналног отпада у Републици Србији обављају углавном јавна комунална предузећа чији су оснивачи локалне самоуправе. Организација кретања возила као и распоред контејнера се претежно базира на слободној процени и ранијој пракси, а не на одговарајућим анализама заснованим на броју гравитирајућег становништва, фреквенцији пуњења и пражњења контејнера и капацитету возила. У неким локалним самоуправама послови сакупљања отпада уговором су поверени приватном сектору¹¹.

У оквиру сакупљања и транспорта комуналног отпада може се посебно издвојити:

1. неодговарајући број и структура посуда за сакупљање отпада,

¹¹ Нешић В., *Управљање комуналним отпадом и потенцијали за рециклажу јужне и југоисточне Србије*, Центар за развој грађанског друштва, Ниш, 2010.

2. неодговарајући распоред посуда,
3. недостатак одговарајућих возила за транспорт отпада,
4. неодговарајућа учесталост транспорта отпада,
5. неодговарајуће руте кретања возила,
6. нерешено питање транспорта отпада из здравствених установа и неких привредних субјеката.

1.4.2 Модели управљања отпадом

Интегрално управљање отпадом подразумева сагледавање отпада од његовог настајања, минимизације, преко сакупљања, транспорта, третмана до одлагања.

Уколико се жели одрживи систем управљања отпадом, неопходно је сагледати све опције третмана отпада. Одлука о избору најпогоднијег модела за третман се доноси кроз анализу циклуса од производње до уништења отпада и садржи и карактеристике средине и локације на којој отпад настаје.

Концепт хијерархије управљања отпадом указује да је смањење настајања отпада најнеефективније решење за животну средину. Међутим, тамо где даље смањење није практично применљиво, производи и материјали могу бити искоришћени поново, било за исту или другу намену. Уколико та могућност не постоји, отпад се даље може искористити кроз рециклажу или компостирање, или за добијање енергије. Само ако ни једна од претходних модела не даје одговарајуће решење отпад треба одложити на депонију.

Смањење отпада на извору - За разлику од других модела у хијерархији управљања отпадом, редукција отпада није модел која се може одабрати у недостатку других. О редукцији се мора размишљати сваки пут када се доноси одлука о коришћењу ресурса.

Поновна употреба - Неки производи су специфично дизајнирани да буду коришћени више пута. Увођењем прописа о амбалажи у ЕУ, постоји подстицај произвођачима да размотре примену амбалаже за вишеструку употребу. У другим случајевима, производи се могу прерадити за исте или сличне намене.

Рециклажа - Практично је немогуће дати децидан одговор на питање да ли је рециклажа значајнија у домену индустријског или комуналног отпада, будући да се, и у једном и у другом случају, остварују изузетно значајни технички, еколошки и економски ефекти. Свакако најзначајнији од њих су: драстично смањење количина индустријског и комуналног отпада који се морају одложити на санитарне депоније, чиме се век коришћења депонија продужава и значајно успорава процес исцрпљивања природних ресурса и емисије из депонија.

Компостирање - Компостирање се дефинише као брзо, али делимично, разлагање влажне, чврсте органске материје, отпада од хране, баштенског отпада, папира, картона, помоћу

аеробних микроорганизама и под контролисаним условима. Као производ добија се користан материјал, сличан хумусу, који нема непријатан мирис и који се може користити као средство за кондиционирање земљишта или као ђубриво.

Анаеробна дигестија - Разлагање органског, биоразградивог дела чврстог отпада у гасове са високим уделом метана може се остварити путем анаеробног разлагања или анаеробне ферментације у реактору. После ферментације органског отпада издвојеног на извору, остатак ферментације се уобичајено третира аеробно до компоста.

Спаљивање отпада - Технологија спаљивања отпада представља оксидацију запаљивих материја садржаних у отпаду. Спаљивање се примењује у циљу смањивања запремине отпада, а енергија која се добија из процеса спаљивања се може искористити за добијање топлотне и/или електричне енергије.

Пиролиза - Пиролиза је процес током којег долази до разлагања органског отпада при повишеној температури и у одсуству ваздуха. Током процеса долази до термичког разлагања органских материја у отпаду, при чему настају пиролитички гас, уље и чврста фаза богата угљеником.

Гасификација - Гасификација је високотемпературни процес третмана отпада у присуству ваздуха или водене паре у циљу добијања горивих гасова. Технологија је заснована на познатом процесу производње гаса из угља. Производ реакције је мешавина гасова.

Плазма процес - Овим процесом постижу се температуре 5.000°C до 15.000°C. Услед високе температуре долази до разлагања органских материја из отпада и топлена неорганских материја. У гасовитој фази долази до интензивног разлагања органских молекула, што готово у потпуности елиминише штетне емисије. То је уједно и главна предност плазма поступка.

Отпад као гориво - Неки индустријски процеси и постројења за производњу енергије раде под условима који дозвољавају коришћење отпада високе топлотне моћи уместо конвенционалног горива. Најчешћи пример је производња цемента, где високе температуре и дуго време задржавања обезбеђују потпуно сагоревање отпада.

Одлагање отпада на депоније – У употреби су три типа депонија за одлагање отпада:

1. депоније за одлагање неопасног отпада,
2. депоније за одлагање инертног отпада и
3. депоније за одлагање опасног отпада.

За одлагање неопасног отпада користе се тзв. санитарне депоније које представљају санитарно-технички уређен простор на коме се одлаже отпад који као материјал настаје на јавним површинама, у домаћинствима, у процесу производње, односно рада, у промету или употреби, а који нема својства опасних материја и не може се прерађивати односно рационално користити као индустријска сировина или енергетско гориво. Депоније

намењене за одлагање опасног отпада се пројектују са посебним техничким захтевима. Опасан отпад који се одлаже на оваквим депонијама мора бити претходно третиран у складу са прописима. Депоније су неопходне у свакој изабраној опцији третмана, јер увек постоји један део отпада који се мора одложити.

1.5. Процена утицаја дивљих сметлишта на животну средину

Негативан утицај дивљих сметлишта на животну средину огледа се кроз загађење земљишта, загађења површинских и подземних вода, загађења ваздуха, ширење непријатних мириса и др.

Негативни утицаји дивљих сметлишта на животну средину пре свега се испољавају као:

- процедурне воде,
- површинске воде,
- директни контакти људи,
- ширење непријатних мириса,
- утицај на пејзаж и
- депонијски гасови.

1.5.1. Загађење земљишта

До загађења земљишта може доћи из следећих разлога:

- продора процедурних вода са сметлишта у околну земљиште,
- површинских вода које се сливају са земљишта,
- разношења отпада ветром и
- трансмисијом прашине и другог загађења ваздуха са депоније.

1.5.2. Загађење подземних и површинских вода

Основно загађење површинских и подземних вода долази од процедурних вода – филтрата – чије квалитативне и квантитативне карактеристике зависе од великог броја параметара као што су: почетни садржај воде у отпаду, инфилтрација воде од падавина, инфилтрација од површинских вода које теку преко отпада, дотицај подземних вода из околног земљишта, отицај процедурних вода из сметлишта и воде која настаје при хемијским и биохемијским реакцијама.

1.6. Санирања и уклањања сметлишта

Сва сметлишта не задовољавају прописане критеријуме са аспекта заштите животне средине и здравља људи па је неопходно извршити санацију и ремедијацију ових сметлишта а пре свега оних које представљају највећу опасност по животну средину и здравље људи. Санација и ремедијација дивљих сметлишта може се извршити на више начина, а пре свега у зависности од локације на којој се сметлиште налази, односно у зависности од нивоа опасности које сметлиште представља.

Премештање отпада са дивљих сметлишта на санитарну депонију остаје најприхватљивија и најрационалнија опција у случајевима када се процени да дивље сметлиште значајно угрожава животну средину и када је на њој депонована релативно мала количина отпада.

Делимична санација дивљих сметлишта је економски оправдана, уколико из неког разлога није могуће извршити уклањање депоније. Постоји неколико могућности затварања односно санирања постојећег стања на начин да се минимизира негативан или потенцијално негативан утицај на животну средину.

За сметлишта са релативно већом количином отпада који се налази у слојевима дебљине од неколико метара, потребно је на основу прорачуна, извршити постављање одређеног броја биотрнова (дегазатора) како би се елиминисало задржавање метана у телу сметлишта, а самим тим и формирање потенцијално експлозивних смеша.

Потпуна санација и затварање дивљих сметлишта са већом количином одложеног врши се у случајевима када се анализом локације утврди да то сметлиште има значајан негативан утицај на животну средину¹².

¹² Victoria Consulting, 2010. *Катастар дивљих сметлишта града Врања*, Врање, 2010.

2. Законска регулатива

2.1. Закон о заштити животне средине

Овим законом уређује се интегрални систем заштите животне средине којим се обезбеђује остваривање права човека на живот и развој у здравој животној средини и уравнотежен однос привредног развоја и животне средине у Републици Србији.

Систем заштите животне средине

Систем заштите животне средине чине мере, услови и инструменти за:

- 1) одрживо управљање, очување природне равнотеже, целовитости, разноврсности и квалитета природних вредности и услова за опстанак свих живих бића;
- 2) спречавање, контролу, смањивање и санацију свих облика загађивања животне средине.

Одрживо управљање природним вредностима и заштита животне средине остварују се у складу са овим законом и посебним законом.

Воде се могу користити и оптерећивати, а отпадне воде испуштати у воде уз примену одговарајућег третмана, на начин и до нивоа који не представља опасност за природне процесе или за обнову квалитета и количине воде и који не умањује могућност њиховог вишенаменског коришћења.

Заштита и коришћење вода остварује се у оквиру интегралног праћења у сектору вода предузимањем и спровођењем мера за очување површинских и подземних вода и њихових резерви, квалитета и количина, као и заштитом у складу са посебним законом.

Ради заштите и очувања количина и квалитета подземних резерви вода врше се детаљни истражни радови, као и израда биланса резерви подземних вода.

Заштита вода остварује се предузимањем мера систематског и контролног праћења технолошких и других праћења квалитета вода, смањивањем загађивања вода загађујућим материјама испод прописаних граничних вредности и предузимањем техничко- потребних мера за њихово пречишћавање, како би се спречило уношење у воде опасних, отпадних и других штетних материја, као и праћењем утицаја загађених вода на здравље људи, животињски и биљни свет и животну средину. Заштита вода обухвата и заштиту вода од утицаја прекограничног загађења, тако да се обезбеђује очување вода у целини¹³.

На основу овог Закона, усвојен је низ подзаконских аката којима је прецизније дефинисан оквир система управљања отпадом, укључујући и управљање посебним токовима отпада.

¹³ Закон о заштити животне средине, Службени гласник Републике Србије 43/2011

Такође, кроз ове подзаконске акте извршено је даље усклађивање са релевантним европским прописима у овој области:

- Уредба о врстама отпада за које се врши термички третман, условима и критеријумима за одређивање локације, техничким и технолошким условима за пројектовање, изградњу, опремање и рад постројења за термички третман отпада, поступању са остатком након спаљивања („Службени гласник РС”, број 102/2010);
- Уредба о одлагању отпада на депоније („Службени гласник РС”, број РС 92/2010);
- Правилник о садржини, начину вођења и изгледу регистра издатих дозвола за управљање отпадом („Службени гласник РС”, број 95/2010);
- Правилник о начину и поступку управљања отпадним гумама („Службени гласник РС”, број 104/2009);
- Правилник о начину складиштења, паковања и обележавања опасног отпада („Службени гласник РС”, број 92/2010);
- Правилник о начину и поступку управљања истрошеним батеријама и акумулаторима („Службени гласник РС”, број 86/2010);
- Правилник о садржини потврде о изузимању од обавезе прибављања дозволе за складиштење интерног и неопасног отпада („Службени гласник РС”, број 73/2010);
- Правилник о садржини и изгледу дозволе за складиштење, третман и одлагање отпада („Службени гласник РС”, број 96/2009);
- Правилник о условима и начину сакупљања, транспорта, складиштења и третмана отпада који се користи као секундарна сировина или за добијање енергије („Службени гласник РС”, број 98/2010);
- Правилник о условима, начину и поступку управљања отпадним уљима („Службени гласник РС”, број 71/2010);
- Правилник о начину и поступку управљања отпадним возилима („Службени гласник РС”, број 98/2010);
- Правилник о листи електричних и електронских производа, мерама забране и ограничења коришћења електричне и електронске опреме која садржи опасне материје, начину и поступку управљања отпадом од електричних и електронских производа („Службени гласник РС”, број 99/2010);
- Правилник о поступању са отпадом који садржи азбест („Службени гласник РС”, број 75/2010);
- Правилник о начину и поступку за управљање отпадним флуоросцентним цевима које садрже живу („Службени гласник РС”, број 97/2010);
- Правилник о управљању медицинским отпадом („Службени гласник РС”, број 78/2010);

- Правилник о категоријама, испитивању и класификацији отпада („Службени гласник РС”, број 56/2010);
- Правилник о третману отпада који садржи ПЦБ („Службени гласник РС”, број 37/11);
- Уредба о начину и поступцима управљања отпадом који садржи азбест („Службени гласник РС”, број 75/2010).

2.2. Закон о водама

Овим законом уређује се правни статус вода, интегрално управљање водама, управљање водним објектима и водним земљиштем, извори и начин финансирања водне делатности, надзор над спровођењем овог закона, као и друга питања значајна за управљање водама. Овим правилником прописују се параметри еколошког и хемијског статуса за реке и језера, параметри еколошког потенцијала за вештачка водна тела и измењена водна тела и параметре хемијског и квантитативног статуса подземних вода, на основу којих се водна тела површинских и подземних вода врши оцена статуса.

Овај закон се састоји из следећих поглавља:

1. Основне одредбе
2. Водно добро
3. Водни објекти
4. Интегрално управљање водама
5. Водна акта и водна документација
6. Забране, ограничење права и обавезе власника и корисника водног земљишта и водних објеката
7. Други субјекти управљања водама
8. Информисање и водни информациони систем
9. Финансирање управљања водама
10. Надзор
11. Казнене одредбе
12. Прелазне и завршне одредбе.

Одредбе овог закона односе се на све површинске и подземне воде на територији Републике Србије, укључујући термалне и минералне воде, осим подземних вода из којих се могу добити корисне минералне сировине и геотермална енергија. Односе се и на водотоке који чине или пресецају државну границу Републике Србије, као и њима припадајуће подземне воде, ако посебним законом није другачије прописано. Такође, односе се и на речни нанос који не садржи примесе других корисних минералних сировина¹⁴.

¹⁴ Закон о водама, Службени гласник РС број 30/10, 93/12 и 101/16

2.3. Стратегија управљања водама на територији Републике Србије до 2034. године

Анализе и истраживања за израду Стратегије управљања водама на територији Републике Србије до 2034. године урађене су на основу Закона о водама („Службени гласник РС”, бр. 30/10 и 93/12) и подзаконских аката. Стратегија представља плански документ којим се утврђују дугорочни правци управљања водама на територији Републике Србије. Стратешки и плански документ према претходном Закону о водама („Службени гласник РС”, број 46/91) била је Уредба о утврђивању Водопривредне основе Републике Србије („Службени гласник РС”, број 11/02), која је, према члану 9. тог закона, представљала „дугорочни план за одржавање и развој водног режима на територији Републике Србије на једном или више водних подручја или делу водног подручја”. Према томе, доношењем Стратегије обезбеђује се континуитет у дугорочном планирању функционисања сектора вода, на принципу одрживог развоја, односно, обављање водне делатности у њеним основним областима (уређење и коришћење вода, заштита вода од загађивања и уређење водотока и заштита од штетног дејства вода), као и остали неопходни послови и активности за функционисање и развој (финансирање, мониторинг и др.). Стратегијом се обезбеђује и задовољавање интереса корисника управљања водама.

Стратегија је документ на основу којег ће се спроводити реформе сектора вода, како би се достигли потребни стандарди у управљању водама, укључујући и организационо прилагођавање и системско јачање стручних и институционалних капацитета на националном, регионалном и локалном нивоу. Стратешка опредељења и циљеви утврђени овим документом представљају основ за израду Плана управљања водама за слив реке Дунав на територији Републике Србије и планова управљања водама на водним подручјима, укључујући и аспект финансирања. Истовремено, оквири постављени овом стратегијом морају се уважавати при изради стратегија и планова просторног уређења, заштите животне средине и других области које зависе од вода или имају утицаја на воде.

Истраживања потребна за израду Стратегије урађена су у складу са садржајем прописаним чланом 30. Закона о водама и, пре свега, обухватају:

- 1) оцену постојећег стања управљања водама;
- 2) циљеве и смернице за управљање водама;
- 3) пројекцију развоја управљања водама;
- 4) мере за остваривање утврђених циљева управљања водама.

Анализама и пројекцијом развоја обухваћен је период до 2034. године. У овом периоду се очекује значајно унапређење стања у сектору вода у односу на постојеће. Ово унапређење ће се одвијати у складу са друштвеним и економским могућностима државе, а уз уважавање стандарда Европске Уније у области вода. Полазећи од оцене постојећег стања, може се

закључити да период до 2034. године није довољан за достизање свих стандарда који важе за земље чланице ЕУ. Највећи степен усклађености очекује се у делу водне делатности који се односи на коришћење воде за људску потрошњу, док ће за достизање прописаних стандарда у делу који се односи на заштиту вода од загађивања бити потребан период дужи од посматраног овим документом.

Разматрани период је веома дуг период са аспекта предвиђања друштвено-политичких, економских, фискалних и осталих услова пословања и за овај период на државном нивоу не постоје оквирне пројекције. Међутим, с обзиром на чињеницу да водни системи имају веома дуг век трајања и да се морају дугорочно планирати неопходно је разматрати овако дуг период. Макроекономске пројекције које се односе на раст бруто друштвеног производа и раст инвестиција у Републици Србији, а које су основ за планирање развоја, постоје за период од десет година. Зато су у овом документу активности које треба реализовати у десетогодишњем периоду дате на детаљнијем, а за каснији плански период на општем нивоу.

Истраживања и анализе за израду Стратегије извршени су у Институту за водопривреду „Јарослав Черни”, уз учешће стручњака из других институција, као и бројних појединаца. Коришћене су све релевантне подлоге, планска и нормативна документација, студије, као и стратешка и друга документа од значаја за управљање водама на територији Републике Србије, а у недостатку валидних подлога и докумената, вршене су експертске процене. Период обраде није јединствен за све анализиране параметре и у функцији је њиховог карактера. Последња година обухваћена анализама је 2012. година, али су у Стратегију укључени и новији подаци и сазнања који су од посебног значаја за овај документ¹⁵.

2.4. Уредба о утврђивању водопривредне основе Републике Србије

Водопривредна основа садржи: постојеће стање водног режима и водопривредних објеката на одређеном подручју, услове за одржавање и развој водног режима којима се обезбеђују најповољнија и најцелисходнија техничка, економска и еколошка решења за јединствено управљање водама, заштиту од штетног дејства вода, заштиту вода и коришћење вода. Водопривредна основа састоји се из текстуалног дела и планско-аналитичке документације која је штампана у посебној књизи са картама и осталим графичким приказима. Водопривредну основу израђену у четири примерка, оверава својим потписом председник Владе Републике Србије. Влада Републике Србије утврђује мере од значаја за остваривање Водопривредне основе путем доношења годишњих програма. По један примерак Водопривредне чува се трајно у Влади Републике Србије, Институту за водопривреду "Јарослав Черни", а два примерка у Министарству пољопривреде, шумарства

¹⁵ Стратегија управљања водама на територији Републике Србије до 2034. године, "Службени гласник РС", број 3 од 18. јануара 2017.

и водопривреде. Право на непосредан увид у Водопривредну основу, имају правна и физичка лица, под условима и на начин које ближе прописује министар за пољопривреду, шумарство и водопривреду. Извештај о остваривању Водопривредне основе Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде подноси једном годишње Влади Републике Србије. Водопривредне основе водних подручја, делова водних подручја, прописи и други општи акти усклађују се са одредбама ове уредбе у року од пет година од дана ступања на снагу ове уредбе.

Водопривредна основа Републике Србије је базни документ којим се утврђује основна стратегија коришћења вода, заштите вода и заштите од вода на територији Републике Србије, која се третира као јединствен водопривредни простор. Основни стратешки циљ Водопривредне основе је дефинисан Законом о водама ("Службени гласник РС", бр. 46/91, 53/93, 67/93, 48/94 и 54/96), као: "Одржавање и развој водног режима којим се обезбеђују најповољнија и најцелисходнија техничка, економска и еколошка решења за јединствено управљање водама, заштиту од штетног дејства вода, заштиту вода и коришћење вода". Водопривредна основа Србије има задатак да обезбеди остваривање наведеног основног стратешког циља, водећи рачуна о често опречним интересима појединих водопривредних области и грана и у великој мери супротстављеним захтевима осталих корисника простора. Имајући у виду природне карактеристике подручја Србије, просторни и временски размештај ресурса вода и њихових корисника, као и међусобну интеракцију коришћења вода, заштите вода и заштите од вода, на читавој територији Србије водама се мора газдовати интегрално, јединствено, комплексно и рационално, у склопу интегралног уређења, коришћења и заштите свих ресурса и потенцијала на простору Србије (и шире). Зато се не могу постављати стратешки циљеви за поједине водопривредне области или гране, већ сви остали циљеви морају бити подређени наведеном основном стратешком циљу и представљати његов интегрални део, како до изражаја не би могли доћи парцијални интереси, како унутар водопривреде, тако и ван ње.

Као делови основног стратешког циља систематизовани су следећи циљеви:

- 1) дефинисање и реализација дугорочног плана за одржавање и развој водног режима на територији Републике Србије, уз унапређење свих видова рационалног и интегралног коришћења вода, на основу побољшања свих компонената водног режима (расподела по простору и времену, количина, квалитет), а што би се остваривало у оквиру интегралног комплексног и јединственог система коришћења вода, заштите вода и заштите од вода,
- 2) утврђивање расположивих водних потенцијала на територији Републике Србије и услова за интегрално комплексно јединствено и рационално управљање водама, узимајући у обзир контурна ограничења и спречавајући да се парцијалним интересима и/или једнонаменским решењима угрозе ова опредељења,
- 3) сагледавање водних ресурса као чинилаца интегралног комплексног и јединственог развоја друштва у целини и утврђивање мера којима се различити интереси у области вода,

и супротстављени интереси са другим друштвеним чиниоцима, рационално разрешавају и међусобно усклађују, чиме се унапређује развој друштва у целини,

4) дефинисање водопривредног развоја и могућности водопривреде као подстицајног или ограничавајућег фактора у оквиру других компоненти развоја Републике, како би се омогућило да водопривреда усклађено прати привредни, друштвени и урбани инфраструктурни развој Србије,

5) интегрално комплексно рационално и јединствено коришћење водних ресурса на територији Републике Србије у свим сферама, како за водоснабдевање становништва, тако и за подмирење потреба осталих корисника вода, односно одређивање оптималне конфигурације и параметара будућих система за интегрално коришћење, уређење и заштиту вода одређених простора и територије Србије у целини,

6) осигурање заштите и унапређење квалитета вода до нивоа несметаног коришћења вода за предвиђене намене, као и заштита и унапређење животне средине уопште и побољшање квалитета живљења људи, а све у комплексу интегралног коришћења вода, заштите вода и заштите од вода,

7) очување и унапређење заштите од поплава, ерозија и бујица, као и других видова штетног дејства вода, при чему се и други системи (урбани, привредни, инфраструктурни итд.) упућују како да усмере свој развој да би се заштитили од штетног дејства вода, а све у комплексу јединственог уређења режима вода и повећавања степена обезбеђености заштите од вода до рационалног нивоа,

8) унапређење свих делатности на водама и око њих, како би се успешно могли реализовати други циљеви у области водопривреде,

9) заштита и уређење сливова са гледишта развоја водопривредних система и развоја других привредних грана, посебно шумарства, путем заштите и ревитализације угрожених екосистема, антиерозионог газдовања шумама, унапређења естетских вредности, очувања и унапређења археолошких, историјских, биолошких, геолошких и других природних и човеком створених ресурса и вредности,

10) унапређење сарадње са суседним земљама у домену вода у свим областима водопривреде (заштита квалитета вода, расподела количина вода, заштита од вода и леда, итд.),

11) утврђивање оптималних оквира израде водопривредних основа водних подручја и сливова, акционих планова појединих водопривредних групација и грана, као и других планских докумената везаних за воде и око њих,

12) усмеравање научних, истраживачких, студијских и осматрачких активности, као и пројектантских и извођачких делатности из области управљања водним ресурсима у циљу рационалног напретка друштва у целини.

Водопривредна основа је урађена за плански период до 2021. године. На основу Закона о водама, по истеку времена од 10 година од дана доношења Водопривредне основе преиспитаће се решења утврђена Водопривредном основом.

На основу Закона о водама све водопривредне основе, просторни и урбанистички планови морају бити међусобно усклађени. У складу са тим захтевом, Водопривредна основа Републике Србије и Просторни план Републике Србије су узајамно усаглашени документи. Такође, сви објекти и системи који се пројектују на територији Републике Србије морају бити усклађени са стратешким опредељењима дефинисаним Водопривредном основом Републике Србије.

При разради документације у вишим фазама планирања и пројектовања објеката и система не могу се преузимати подаци за пројектовање из Водопривредне основе. То се посебно односи на хидролошке величине, капацитете изворишта, норме потрошње, степене заштите од поплава, итд. За сваки конкретни систем се, у складу са стратегијом која је дефинисана Основом, морају подробно анализирати сви релевантни улазни подаци, у складу са одговарајућим неопходним истражним радовима. Такође, сва пројектна решења се морају детаљно вишекритеријумски оптимизирати, како би се, у складу са генералним стратешким опредељењима датим Водопривредном основом, добили параметри објеката и система који су најповољнији у конкретној фази развоја водопривреде Републике Србије.

Водопривредна основа Републике Србије састоји се из текстуалног дела који је штампан у "Службеном гласнику Републике Србије" и планско-аналитичке документације која је штампана у посебној књизи (са картама). Планско-аналитичка документација садржи следећа поглавља:

1. Циљеви, полазишта и подлоге,
2. Постојеће стање водопривреде,
3. Будуће стање водопривреде,
4. Смернице развоја водопривреде, као и податке о радном тиму и институцијама ангажованим на изради Водопривредне основе¹⁶.

2.5. Уредба о одлагању отпада на депоније

Овом уредбом ближе се прописују услови и критеријуми за одређивање локације, технички и технолошки услови за пројектовање, изградњу и рад депонија отпада, врсте отпада чије је одлагање на депонији забрањено, количине биоразградивог отпада које се могу одложити, критеријуми и процедуре за прихватање или неприхватање, односно

¹⁶ Уредба о утврђивању водопривредне основе Републике Србије, "Службени гласник РС", бр. 11/2002

одлагање отпада на депонију, начин и процедуре рада и затварања депоније, садржај и начин мониторинга рада депоније, као и накнадног одржавања после затварања депоније.

Одлагањем отпада на депонију обезбеђују се и осигуравају услови за спречавање и смањење штетних утицаја на здравље људи и животну средину у току целог животног циклуса депоније, посебно загађења површинских и подземних вода, земље и ваздуха, укључујући и ефекат стаклене баште.

Процедне воде јесу воде које настају у процесу депоновања отпада (распадањем отпада) и деловањем вода које на било који начин доспевају у тело депоније, издвајају се на дно тела депоније и одводе посебним системима ван тела депоније или се делимично задржавају у њему.

Тело депоније чине уређен простор за одлагање отпада са системом заштите депонијског дна од процуривања, системом за одвајање и пречишћавање процедурне воде, системом за одпињавање гаса са депоније и другим техничким објектима за обезбеђење рада ових система и стабилности депоније, док је вештачка заптивна облога - фолија облога од вештачког материјала која се поставља на дно депоније и спречава продирање процедурне воде у подтло.

На депонији се уређује депонијско дно и нагиби, тј. бочне стране на начин који ће осигурати стабилност депоније, обезбедити заптивање, односно водонепропусност која заједно са системом за пријем и одвођење процедурне воде спречава њено продирање у подтло депоније.

Услови у погледу процедурне воде

Када природна геолошка баријера не задовољава прописане вредности, она се обезбеђује облагањем депонијског дна синтетичким материјалима или природним минералним тампоном који мора бити тако консолидован да се добије еквивалентна вредност дна у смислу његових водопрпусних својстава. Природни минерални тампон не сме бити мањи од 0,5 метара.

На депонији је потребно обезбедити и додатну заштиту дна депоније како би се спречила миграција процедурне воде у подтло депоније и то на следећи начин:

Табела 2. Услови у погледу процедурне воде

Класа депоније	За неопасан отпад	За опасан отпад
Вештачка заптивна облога - фолија	захтева се	захтева се
Дренажни слој ≥ 0.5 m	захтева се	захтева се

За заптивање депонијског дна и бочних страна депоније могу се користити и друге методе и технике, које обезбеђују услове из табеле 2.

Пројекат дренажног слоја, дренажних цеви и одводних канала израђује се на основу прорачуна биланса вода како би се омогућило деловање система за дренирање и пречишћавање процедурне воде, контрола рада и одржавање депоније.

Услови у погледу депонијског дна и процедурних вода не примењују се на депоније за инертни отпад, који у процесу распада не утиче на животну средину, односно код кога отицање процедурне воде у окружење нема негативних ефеката на квалитет земљишта, подземних и површинских вода.

На депонији опасног и неопасног отпада потребно је обезбедити посебан систем за сакупљање и одвођења процедурне воде кроз дренажни слој у који су положене дренажне цеви за њено одвођење у пројектовани систем за њен третман.

Продирање отпада у дренажни систем спречава се одговарајућим прихватљивим техничким решењима.

За одржавање и контролу дренажних цеви за прикупљање процедурне воде потребно је да се изгради довољан број шахтова који морају бити стабилни и ослоњени на подтло.

За привремено задржавање процедурне воде која се прикупи из тела депоније потребно је поставити сабирни шахт, који је отпоран на хемијске утицаје, обезбеђен на експлозију и емисију непријатних мириса.

Сакупљена процедурна вода, пре испуштања у пријемник обрађује се тј. пречишћава у складу са посебним прописима којима се уређује заштита вода.

Процурне воде из депоније, технолошке отпадне воде и падавинске воде, одвојено се прикупљају и одвојено одводе до постројења за пречишћавање отпадних вода или одговарајућег пројектованог реципијента.

У случају да се на истој локацији одлажу неопасан и опасан отпад, који се у складу са овом уредбом могу одлагати на истој локацији, процедурне воде и падавинске воде са прекривених површина на подручју ових појединих сегмената депоније, не смеју се међусобно мешати.

Контрола настајања и квалитета процедурне и пречишћене течности на депонији – контрола процедурне и пречишћене течности на депонији се врши свакодневно на основу следећих параметара:

- (1) температура на улазу у пројектовани објект и температура околног ваздуха;
- (2) рН вредност процедурне течности на улазу и пречишћене течности на излазу из пројектованог објекта;
- (3) потрошња перманганата;
- (4) ВРК (биолошка потрошња кисеоника);

Мониторинг процедурне воде

Мониторинг процедурне воде врши се на репрезентативном броју узорак на свакој тачки на којој се течност контролисано одводи са локације.

Мерење запремине и састава тј. квалитативних и квантитативних параметара процедурне воде врши се једном месечно у току експлоатације депоније.

Наведена мерења врше се и по престанку експлоатације депоније сваких шест месеци првих пет година, а затим једном годишње до одумирања депоније.

Табела 3. Мониторинг процедурних вода

/	Активна фаза	Пасивна фаза ³
Запремина процедурне воде	Месечно ^{1,3}	сваких шест месеци
Састав процедурне воде ²	Квартално ³	сваких шест месеци

(1) учесталост узорковања се може прилагодити на основу морфолошког састава, а одређује се дозволом.

(2) параметри за мерење који се анализирају варирају у зависности од састава депонованог отпада, одређују се дозволом.

(3) уколико процена података указује да су дужи интервали једнако ефективна мерења могу да се врше у тим интервалима, али обавезно једном годишње¹⁷.

2.6. Законодавство ЕУ у области управљања отпадом

Директива 2008/98/ЕС о отпаду (Оквирна директива о отпаду) успоставља основне концепте и дефиниције које се односе на управљање отпадом, рециклажу, поновну употребу и искоришћење и сл. Такође, Директива успоставља кључне елементе управљања отпадом, као што је обавеза управљања отпадом на начин да се не угрожава људско здравље и животна средина. У складу са циљем ограничења производње отпада, Директива налаже успостављање хијерархије управљања отпадом и уводи концепте загађивач плаћа и продужене одговорности произвођача. У односу на претходну кровну Директиву у овој области (Директива 2006/12/ЕС), Оквирна Директива о отпаду уводи два нова циља везана за рециклажу до 2020. године (достигнути 50% од укупне количине сакупљеног комуналног отпада и до 70% осталог неопасног отпада).

Такође, ова директива обавезује државе чланице на израду планова управљања отпадом.

¹⁷ Уредба о одлагању отпада на депоније, Службени гласник Р. Србије бр. 92/2010

Оквирна Директива о отпаду инкорпорише релевантне одредбе Директиве 91/689/ЕЕС о опасном отпаду и Директива 75/439/ЕЕС о одлагању отпадних уља које су престале да важе у децембру 2010. године.

Директива 99/31/ЕС о депонијама има за циљ да се увођењем строгих техничких захтева редукују негативни ефекти одлагања отпада на животну средину, нарочито на земљиште, подземне и површинске воде, као и ефекти на здравље становништва. Директивом се дефинишу категорије отпада (опасан, неопасан и инертан); дефинишу се класе депонија и то: депонија за опасан отпад захтева третман отпада пре одлагања; забрањује одлагање на депонијама: течног отпада, запаљивог или изузетно запаљивог отпада, експлозивног отпада, инфективног медицинског отпада, старих гума и других типова отпада; захтева смањење одлагања биоразградивог отпада и успоставља систем дозвола за рад депонија.

Директива 2010/75/ЕУ о индустријским емисијама интегрисала је неколико прописа којима је претходно регулисано спречавање загађења путем индустријских емисија, укључујући **Директиву 2000/76/ЕС о спаљивању отпада** и **Директиву 78/176/ЕЕС о отпаду из индустрије** у којој се користи титан-диоксид.

Одредбе индустријске директиве које се односе на инсинерацију отпада дефинише стандарде за смањење загађења ваздуха, воде и земљишта узроковано инсинерацијом или ко-инсинерацијом отпада, ради спречавања ризика по људско здравље. Одредбе Директиве се односе и на постројења у којима се врши коинсинерација.

Одредбе индустријске директиве које се односе на отпад из индустрије у којој се користи титан-диоксид обавезују чланице на предузимање мера које за циљ имају спречавање настанка отпада, поновну употребу и рециклажу отпада као сировине и предузимања мера које треба да обезбеде да се одлагање отпада обавља уз бригу о људском здрављу и животној средини, укључујући и израду програма за постепено смањење и коначно уклањање загађења узрокованог отпадом из постројења за производњу титан-диоксида.

Директива 2006/66/ЕС о батеријама и акумулаторима који садрже опасне супстанце уводи мере за одлагање и контролу одлагања истрошених батерија и акумулатора који садрже опасне материје у циљу смањења загађења тешким металима који се користе у производњи батерија и акумулатора.

Директива 96/59/ЕС о одлагању РСВ и РСТ има за циљ да дефинише контролисани начин поступања и елиминације полихлорованих бифенила (РСВ) и полихлорованих терфенила (РСТ) и деконтаминацију опреме у којој су се налазили, као и начин одлагања опреме која је загађена са РСВ, а није извршена њена деконтаминација.

Директива 2000/53/ЕС о отпадним возилима успоставља мере за превенцију настајања отпада од истрошених возила тако што стимулише сакупљање, поновну употребу и рециклажу њихових компонената (батерије, гуме, акумулатор, уља) у циљу заштите животне средине.

Директива 2011/65/ЕУ о ограничавању коришћења неких опасних супстанци у електричној и електронској опреми и Директива 2012/19/ЕУ о отпаду од електричне и електронске опреме имају за циљ ограничавање коришћења опасних супстанци у електричној и електронској опреми, односно промоцију поновне употребе, рециклаже и искоришћења електричне и електронске опреме у циљу редукције количине отпада. Нова Директива о електронском и електричном отпаду, између осталог, поставља амбициозне циљеве у погледу сакупљања и рециклаже овог вида отпада (85% од 2020. године).

Директива 86/278/ЕЕС о заштити животне средине и посебно земљишта у случају коришћења секундарних ђубрива у пољопривреди дефинише употребу муљева из постројења за третман отпадних вода у пољопривреди у циљу превенције загађења земљишта, вегетације, људи и животиња. Директивом се прописују услови под којима се може користити муљ, постављају граничне вредности концентрација тешких метала у земљишту и муљу, као и максимална дозвољена годишња количина тешких метала у земљишту итд.

Уредба 2002/1774/ЕС о отпаду животињског порекла прописује технолошке поступке прераде отпада животињског порекла. Отпад животињског порекла је сврстан у три категорије.

Категорија 1 је категорија у коју спадају лешеве животиња заражени са БСЕ (болест лудих крава), другим опасним зонама као и другим непознатим ризиком који је у вези са лечењем животиња нелегалним супстанцама. Категорија 2 обухвата остатке болесних животиња или остатке ветеринарских лекова. Категорија 3 обухвата остатке угинулих здравих животиња, делове животиња из кланица који се не користе у комерцијалне сврхе, кожу, одмашћене кости, крв (изузев преживара) и др.

Уредба 1013/2006 о прекограничном кретању отпада регулише надзор и контролу прекограничног кретања отпада. Она у европско законодавство уводи одредбе Базелске конвенције. Базелска конвенција представља међународни мултилатерални уговор којим се регулишу норме поступања, односно критеријуми за управљање отпадима на начин усаглашен са захтевима заштите и унапређења животне средине и поступци код прекограничног кретања опасних и других отпада. Земље које примењују ову Уредбу дужне су да одреде одговарајуће овлашћене организације за транспорт отпада.

Директива 2006/21/ЕС о управљању рударским отпадом за циљ има смањење негативних ефеката третмана и одлагања рударског отпада на животну средину и људско здравље. У складу са захтевима ове Директиве, третман рударског отпада мора да се врши у специјализованим постројењима, државе чланице се обавезују на примену најбољих доступних техника и сл.

Директивом је прописана обавеза планирања, овлашћивања за вршење ових послова, поступака затварања постројења за отпад као и припреме инвентара затворених постројења који представљају ризик по животну средину и људско здравље.

Директива Савета 94/62/ЕС о амбалажи и амбалажном отпаду допуњена **Директивом 2005/20/ЕС, 2004/12/ЕС, 1882/2003/ЕС** имплементира стратегију ЕУ о отпаду од амбалаже и има за циљ да хармонизује националне мере за управљање отпадом од амбалаже, да минимизира утицаје отпада од амбалаже на животну средину и да избегне трговинске баријере у ЕУ које могу да спрече конкуренцију. Она третира сву амбалажу која је на тржишту Уније, као и сав отпад од амбалаже без обзира на порекло настајања: индустрија, комерцијални сектор, радње, услуге, домаћинства, имајући у виду материјал који се користи.

Одлука Комисије 2001/524/ЕС о објављеним референцама стандарда ЕН 3428:2000, ЕН 13429:2000, ЕН 13430:2000, ЕН 13431:2000 и ЕН 13432:2000 у Службеном гласнику Евроске заједнице у вези са Директивом Европског Парламента и Савета 94/62/ЕС о амбалажи и амбалажном отпаду.

Одлука Комисије 2001/171/ЕС од 19 фебруара 2001 о условима за смањење концентрације тешких метала у стакленој амбалажи утврђених Директивом Европског Парламента и Савета 94/62/ЕС о амбалажи и амбалажном отпаду.

Одлука Комисије 2005/270/ЕС од 22 марта 2005 о успостављању образаца који се односе на базе података из Директиве Европског Парламента и Савета 94/62/ЕС о амбалажи и амбалажном отпаду.

Одлука Комисије 1999/177/ЕС о условима за смањење концентрације тешких метала у пластичим гајбама и палетама утврђених Директивом Европског Парламента и Савета 94/62/ЕС о амбалажи и амбалажном отпаду.

3. Мониторинг квалитета вода

У склопу мониторинга обављају се послови планирања развоја и надзора над функционисањем државне мреже станица за мониторинг квалитета вода. Агенција за заштиту животне средине врши узорковање површинских и подземних вода, презервацију узорака, теренско физичко-хемијску и хемијску анализа узорака вода. Такође врши узорковање вода за потребе микробиолошких анализа и учествује у узорковању узорака за потребе одређивања параметара који су индикативни за све биолошке елемената квалитета и у узорковању за параметре који су индикативни за све хидроморфолошке елементата квалитета. Агенција врши узорковање и припрему седимента за даљу анализу. Анализира, контролише и архивира прикупљене података о квалитету вода у базу података. Израђује извештаје и даје оцену стања квалитета вода у складу са домаћим и страним прописима. Учествоје у изради периодичних и годишњих извештаја. Прикупља, уноси и контролише податаке за потребе ажурирања WEB-сајта на дневном недељном, месечном и годишњем нивоу. Учествоје у развоју базе података квалитета вода¹⁸.

¹⁸ Интернет адреса: <http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=305&id=30000&akcija=showAll>, приступљено датума: 10.7.2018.

4. Процедне воде са депонија

Један од највећих проблема који проистичу из неконтролисаног и неорганизованог одлагања отпада на сметлишта или дивље депоније јесте загађење вода. Већина сметлишта и дивљих депонија налази се на алувијалним наслагама река поред насеља што директно утиче на загађење како површинских, тако и подземних вода. Код пројектовања и изградње депонија чврстог комуналног отпада врло сложено питање јесте оптимално решење које се односи на третман изузетно загађених процедурних депонијских вода. Уградњом непропусних фолија у подлоге санитарних депонија постиже се заштита подземних вода од инфилтрације процедурних вода са депонија, чиме се спречава могућа дренажа филтрата у подземни аквифер. Међутим, процедурне воде атмосферског порекла као и воде које настају у самом телу депоније током процеса разградње депонованог материјала, формирају веома загађене филтратне воде које се не би смеле евакуисати у природне реципијенте. Систем за решавање збирних активности управљања отпадом, а посебно третмана загађених депонијских вода веома је комплексан, вишедимензиони физичко-хемијски феномен и процес.

Реалан састав процедурних вода веома је тешко предвидети, јер зависи од низа варијабилних фактора као што су: састав отпада, температура и садржај влаге, екстерних и интерних параметара, миграционог тока течности, дебљине тела депоније, фазе разлагања отпада, могућих процеса самопречишћавања, могућности међуфазних слојева да адсорбују/апсорбују и минимизирају загађење, квалитета вода које се инфилтрирају у депонију и други чиниоци.

Конститутивна вода која се налази у чврстом отпаду као и вода која се инфилтрира у депонију, формирају медијум у коме се растварају одговарајуће растворљиве супстанце, које дефинишу и утичу на квалитет процедурних вода депоније.

На хемијске карактеристике процедурних вода - филтрата утичу различити физичко-хемијски процеси: оксидо-редукциони процеси, растварање органског и неорганског материјала у отпаду, адсорпција/десорпција, реакције између органских киселина и метала, при чему се формирају одговарајући јони метала, односно соли, хемизам CO_2 који реагује са солима калцијума и магнезијума и изазива повећање тврдоће процедурних вода и друго.

Знатан утицај на карактеристичне особине филтрата имају и микробиолошки разградни процеси биодеградабилних органских супстанци.

4.1. Формирање процедурних депонијских вода

Филтратне воде настају растварањем чврстих супстанци у води која се процеђује кроз тело депоније. Филтратне воде могу да садрже и нерастворљиве липофилне течне

флуиде (као што су уља) и суспендоване честице. У зависности од типа отпада, присуство осталих полутаната се може сматрати резултатом хемијских реакција унутар тела депоније и процеса биоразградње отпада. Квалитет процедних вода примарно је одређен саставом отпада и растворљивошћу његових конституената. Ако се, под утицајем временских прилика или процеса биодеградације, састав отпада мења, тада ће се и квалитет процедних депонијских вода временом мењати, што се најчешће дешава на депонијама комуналног отпада. Ступњеви формирања филтратних вода у случају депонија нехазардног комуналног отпада су:

- У почетном стадијуму, процедурне воде у телу депоније настају аеробном декомпозицијом отпада, формирајући комплексни раствор приближно неутралне рН вредности. Описани процес најчешће траје неколико дана или недеља и нема значајан утицај на квалитет филтратних депонијских вода. Међутим, имајући у виду да се процесом аеробне деградације топлота ослобађа, температура филтрата може да достигне вредности и до 80-900 степени Целзијуса. Уколико се ослобођена топлота задржи у телу депоније, каснији стадијуми продукције процедурних вода биће интензивирани.
- Даљим одвијањем процеса декомпозиције, средина у телу депоније постаје анаеробна. У раном анаеробном стадијуму, филтрат се одликује високим концентрацијама растворљивих деградабилних органских супстанци и ниским рН вредностима („кисела фаза“). Концентрације амонијака и метала такође су повећане у раном анаеробном ступњу формирања процедурних вода.
- Након неколико месеци или година, успоставља се „метанска фаза“, филтрат постаје неутралан или благо алкалан, уз удео значајних количина одређених полутаната (нпр. амонијак).
- Како се процес биодеградације ближи финализацији, аеробни услови се поново могу успоставити унутар тела депоније, док процедура вода постаје мање хазардна по животну средину.

Карактеризација статуса филтратних депонијских вода базирана на анализи узорак процедурних вода са специфичних, претходно дефинисаних локалитета, од изузетног је значаја за развој мониторинг програма и процену утицаја депоније на животну средину.

4.2. Састав процедурних депонијских вода

Процедном водом се назива вода која се процеђује кроз тело депоније. Процедура вода представља сложену, хетерогену смешу промењивог састава, која се састоји од различитих органских и неорганских једињења и микроорганизама. У телу депоније, вода се генерише током процеса деградације биоразградљивих органских материја. Присуство воде је резултат атмосферске преципитације, као и површинских водених токова. Опште

карактеристике филтратних вода депоније су јак мирис и тамно-браон боја, високи концентрациони нивои полутаната, као и вредности биолошке потрошње кисеоника у пет дана (БПК₅) од 5.000 mg/l (вредности за типичне комуналне отпадне воде крећу се од 100-200 mg/l).

Неорганске полутанте у филтратној води депоније чине, у највећој мери, тешки метали, детектовани углавном у нижим концентрацијама, са изузетком гвожђа и мангана.

Органска једињења у телу депоније потичу од различитих производа који се свакодневно користе у домаћинству: намирница, дезинфекционих средстава, дезодоранса, средства за чишћење, козметичких производа, сапуна и шампона, фарби, боја и лакова, лекова и др. Иако депоније садрже велики број различитих органских једињења, следећа једињења су у повећаним концентрацијама детектована у процедурним депонијским водама: бензен, винилхлорид, дихлорметан, тетрачлоретилен, угљентетрахлорид, толуен, 1,1,1-тричлоретан, ксилен.

Патогени организми у отпаду потичу од разградње папирних марамица, фекалија, пелена, папирних убруса и хране. Муљ из третмана отпадних вода, контаминирани индустријски отпад и био-медицински отпад такође могу бити одложени на одређену санитарну депонију, чиме се повећава број присутних микроорганизама.

Депонијске воде садрже бактерије (*koliformne*, *Pseudomonas aeruginosa* i *Aeromonas hydrophila*), вирусе (*hepatitis A* i *Norwalk* viruse) и паразите (*Giardia lamblia* i *Cryptosporidium parvum*).

4.3. Деградациони механизми у хетерогеном систему тела депоније

Изузетно важан процес који се одиграва на свакој депонији је процес деградације отпадних материја, неорганских супстанци и њихово ослобађање у филтрат (депонијску цећ) који на скоро свим депонијским просторима директно долазе у контакт са површинским и подземним водама, без претходног пречишћавања, и непознатог степена загађености. Процеси деградације на депонијама глобално се могу поделити на биодеградационе процесе у присуству живих организама (бактерије, алге, гљиве, микроорганизми и др.) и процесе хемијске деградације органских и неорганских супстанци, под дејством атмосферских фактора, воде, кисеоника, угљендиоксида, температуре, влажности и фотолитичких процеса.

Биодегградација обухвата деградацију органских и неорганских супстанци, при чему су биодеградациони процеси посебно важни, јер омогућавају да се деградирају и трансформишу многе токсичне органске супстанце. Биодегградација органских супстанци биолошког порекла изузетно је сложен биохемијски процес, комплексан за испитивање, праћење и детектовање биопродуката. Суштина процеса је дегградација сложених угљених

хидрата, беланчевина, масти, биополимера или вештачких органских производа подложних деградацији до простих органских киселина, угљендиоксида и метана.

4.4. Хемијска деградација неорганских супстанци

Највећи део неорганских материја у депонијама, посебно тешки и токсични елементи, налази се у чврстој фази. Када се материјал у чврстој агрегацији нађе одложен као отпад на депонији, при различитим физичко-хемијским условима, почиње да се деградира, разлаже, оксидише, кородира и трансформише у различите нове продукте. При томе се ослобађа низ опасних и штетних супстанци, као што су катјони тешких метала и друге неорганске и органске супстанце током врло сложених и хетерогених процеса који се одвијају у телу депонија.

Основни егзогени деградациони агенси су вода и ваздух, као и CO_2 , O_2 , SO_2 и други.

Основни фактори који дефинишу деградациону способност флуидних раствора су:

- Врста и концентрација присутних јона у раствору,
- Киселост раствора (pH),
- Редокс потенцијал раствора (E0),
- Температура.

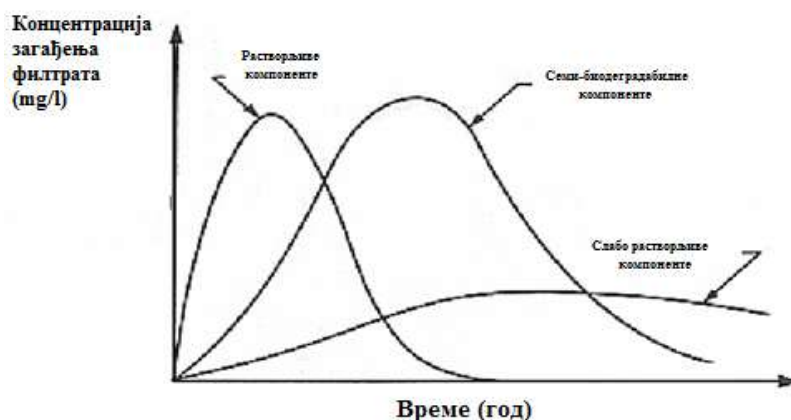
Основни деградациони процеси којима подлежу неорганске супстанце на депонијама су хидролиза, хидратација, оксидоредукција, испирање једновалентних, двовалентних и вишевалентних јона из основног матрикса и други, у природи мање заступљени процеси.

Који ће од конститутивних елемената отпадних материјала бити прво деградиран и којом брзином, зависи од киселости средине (pH) и редокс потенцијала (E0), стабилности једињења, јачине и типа хемијске везе између присутних елемената, молекула и кластера.

Разноврсан органски отпад из домаћинства сваку комуналну депонију чини великим биохемијским реактором у оквиру кога се сва органска једињења услед бактеријске активности убрзано разлажу. Као значајан продукт те активности развијају се депонијски филтрат и депонијски гасови.

Деградациони процеси једне комуналне депоније могу се глобално поделити у четири фазе. Прву, иницијалну фазу карактеришу аеробни процеси у оквиру којих се интензивно троши атмосферски кисеоник за оксидациону хидролизу угљених хидрата, протеина и масти из органских отпадака. Током ове фазе киселост средине полако расте, pH опада, што уједно омогућава и убрзано растварање неорганских састојака. Друга фаза је прелазна фаза у оквиру које деградација органских супстанци постепено постаје анаеробан процес у оквиру кога се примарни продукти аеробне деградације даље анаеробно деградирају. Већ током ове фазе киселост средине се локално спушта и до pH=5. Овај процес обогаћује депонијски

филтрат многим неорганским јонима као што су катјони Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Cr и други, односно ањони, као што су сулфатни, хлоридни, нитратни, нитритни, фосфатни и др. Више масне киселине се β -оксидацијом разграђују до сирћетне киселине CH_3COOH , а паралелно уз овај процес развијају се и значајне количине CO_2 и H_2 , док се азот из ваздуха интензивно троши. У трећој киселој и анаеробној фази још увек се ослобађа CO_2 , интензивно се стварају киселине, а услед микробиолошке активности од сирћетне киселине почиње да се ствара метан (CH_4). Прве три фазе трају релативно кратко, 180 до 200 дана. У четвртој, метанској фази, депонија сазрева тј. долази до уравнотежавања анаеробних процеса у оквиру којих се релативно уједначено ослобађају CO_2 и CH_4 .



Слика 2. Временски тренд концентрационих нивоа полутаната у филтратау за растворљиве, полурастворљиве и слабо растворљиве супстанце

4.5. Кретање влаге унутар депоније

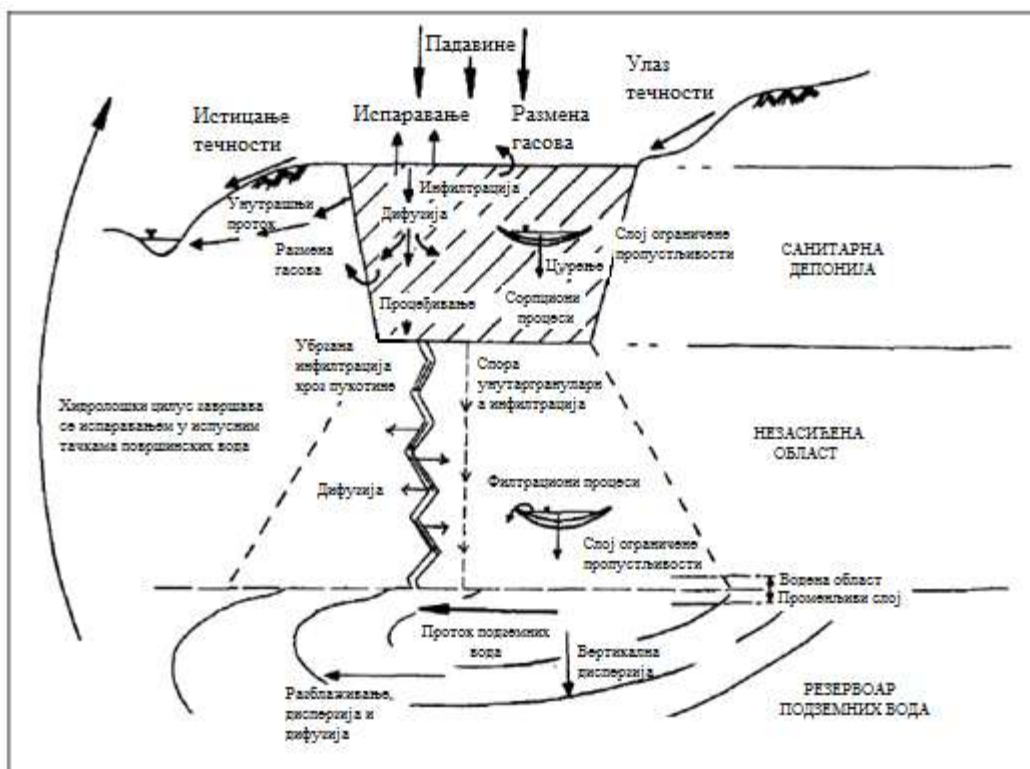
Процеси инфилтрације и транспиративног испаравања међусобно континуирано утичу један на други, чиме изнова распоређују влажност, и утичу на биланс воде унутар депоније.

Депонијски материјал делује као огроман сунђер, у којој се вода креће и из које се вода може ослободити - како у подземне воде, тако и у атмосферу у виду водене паре или истицати као филтрат на дну депоније.

Пратећи силазно кретање воде током дренаже (силазна гравитациона дренажа) или распоређивања, вода се може кретати под утицајем капиларних ефеката, или у виду водене паре. Депонија је вишеслојно тело, услед одлагања отпада у хоризонталним слојевима, и прекривањем на крају сваког дана са хоризонталним слојевима земљишта.

Ова структура утиче на кретање влажности унутар земљишта. Вода не мигрира у директном вертикалном правцу, већ прати бочне, разуђене капиларне комплексне просторе. Слојеви за прекривање формирају приоритетне токове, који могу ограничити контактено време воде са

отпадом, и тиме ограничити количину екстрахованих загађујућих супстанци. На дну депоније се појављује одређена количина процедних загађених вода, Q , која може угрозити квалитет подземних и површинских вода, ако до њих допре.



Слика 3. Правци струјања флуида у телу депоније

4.5.1. Прорачунавање максималне дневне количине филтрата по јединици површине

Максимална количина филтрата са депоније може се израчунати према изразу:

$$Q_f = K(P + Q) / 365$$

где је:

Q_f – дневна количина филтрата [m^3/dan]

K - коефицијент који карактерише способност апсорпције влаге и испаравања (за раван терен $K=0.1$)

P – укупна годишња количина атмосферских падавина [m^3/god]

Q – укупна годишња количина осталих вода које се распоређују по површини отпада [m^3/god]

F – површина [ha]

Укупна годишња количина осталих вода се рачуна као:

$$Q = 10 \cdot Q_{pr} \text{ [m}^3/\text{god/ha]}$$

где је:

Q_{pr} – просечна годишња количина падавина за локацију, [m³/god/ha]

Количина процедурне воде, $Q_{p.v.}$ може бити максимално 20% од просечне количине падавина:

$$Q_{p.v.} = 0.2 \cdot Q$$

За случај, када је су у питању само кишни дани, из евиденције >5mm, минимално 30 а максимално 45 дана:

$$Q_{sr.d.} = Q_{p.v.} / 30 \text{ [m}^3/\text{dan]}$$

4.6. Пример прелиминарне квалитативне и квантитативне анализа процедурних вода са депонија

У овом делу приказано јер узорковање филтратних вода и депонијских гасова на присуство дефинисаних полутаната, са циљем прелиминарног мониторинга квалитета процедурних вода и амбијенталног ваздуха на одабраним депонијама АП Војводине, Пројектом је предвиђено и извршено узорковање на 21 репрезентативне тачке региона, под покровитељством покрајинског секретаријата за заштиту животне средине и одрживи развој Нови Сад у априлу 2009. године¹⁹.

Кампања узорковања процедурних вода и ваздуха са депонија на свим дефинисаним локалитетима извршена је у периоду од новембра 2008. до фебруара 2009. године у циклусима од по 3 часа на свакој локацији. Просечна дневна температура ваздуха износила је око 40 степени током читавог периода узорковања. На сликама 12-19 су приказана места и начини узорковања процедурних вода са депонија.

¹⁹Прелиминарна квалитативна и квантитативна анализа процедурних вода и гасова са депонија у циљу успостављања континуалног мониторинга, Факултет техничких наука, Департмент за инжењерство, Нови Сад, април 2009.



Слика 4. Картографски преглед локалитета узорковања

Тачке узорковања на локалитету новосадске депоније одабране су на основу препоруке водопривредне инспекције Министарства пољопривреде, шумарства и водопривреде, Републичке дирекције за воде, са циљем континуалног испитивања и праћења вода и ваздуха на депонији и сачињавања програма мера за спречавање и смањење загађења. На осталим локалитетима територије АП Војводине, тачке узорковања селектоване су према предлогу и сугестијама руководства и стручног тима појединачних јавних комуналних предузећа.

Кампања узорковања процедурних вода и ваздуха са депонија на свим дефинисаним локалитетима извршена је у периоду од новембра 2008. до фебруара 2009. године у циклусима од по 3 часа на свакој локацији. Просечна дневна температура ваздуха износила је око 40 степени током читавог периода узорковања. На сликама 5-12 су приказана места и начини узорковања процедурних вода са депонија.



Слика 5. Локалитети узорковања у Кикинди



Слика 6. Локалитети узорковања у Сечњу



Слика 7. Локалитети узорковања у Зрењанину



Слика 8. Локалитет узорковања у Футогу



Слика 9. Локалитети узорковања у Панчеву



Слика 10. Локалитети узорковања у Новом Саду



Слика 11. Локалитети узорковања у Сомбору



Слика 12. Локалитет узорковања у Суботици

4.6.1. Методологија узорковања

Узорковање филтратних вода и депонијских гасова предметно и циљно било је усмерено ка колектовању, детекцији и даљој квантификацији дефинисаних полутаната у води и ваздуху, међутим методологија узорковања у овом раду представљена је само за полутанте у води (табела 4)²⁰.

Узорци филтратних вода колектовани су у пластичне флаше од 2 l за физичко-хемијску анализу основног и проширеног обима, а за микробиолошка испитивања у стаклене стерилне флашице од 0.33 l. Сви узорци су према процедури узорковања стабилизовани на терену, допремани у лабораторију и складиштени на температури од 40°C до момента припреме узорка за анализу. Квалитативна и квантитативна анализа физичко-хемијских параметара процедурних вода реализована је коришћењем мултипараметарског узоркивача воде Multi 340.

Микробиолошка испитивања процедурних вода извршена су класичним микробиолошким поступцима и методама, а обухватила су санитарни, еколошки и биохемијски аспект. Санитарни аспект подразумева одређивање основних показатеља хигијенске исправности воде за пиће (бројност укупних колиформних бактерија (Е.коли) и фекалних колиформних бактерија).

Биохемијски аспект обухватио је одређивање ензимске (фосфатазне) активности воде као показатеља оптерећености воде органским биодеграбилним полутантима. Активност је изражена као индекс фосфатазне активности (IFA – $\mu\text{mol/s/dm}^3$ pNP, 30°C).

Еколошки аспект подразумева одређивање бројности аеробних хетеротрофних бактерија (по новијој терминологији - органотрофа). Према овим параметрима могуће је извршити категоризацију воде по Кохл-у (класе од I-IV). Заступљеност појединих физиолошких група бактерија (сахаролитске, протеолитске и липолитске) указује на природу микробиолошких процеса који се одвијају у испитиваној средини.

²⁰Прелиминарна квалитативна и квантитативна анализа процедурних вода и гасова са депонија у циљу успостављања континуалног мониторинга, Факултет техничких наука, Департмент за инжењерство, Нови Сад, април 2009.

Табела 4. Квалитет процедурних вода

Параметри	Старост депоније, година		
	<1	1-10	10-20
pH	5,4-7,7	7,1-8,7	7,3-9,3
Хлориди, mg/l	-	420-2.875	119-5.856
Суспендоване материје, mg/l	1.875	1.950-385,6	150-1.150
Укупне суспендоване материје, mg/l	4.568-6.786	848-6.786	767-6.786
НРК, mg/l	-	641-13.040	5.500-17.600
ВРК, mg/l	5.000-15.000	280-15.000	207-1.800
TKN, mg/l	-	450-2.860	104-2.540
NH₃-N, mg/l	-	150-2.700	2-47
Ni, mg/l	-	0,02-1,56	0-1,56
Cd, mg/l	-	0-0,126	0-0,05
Pb, mg/l	-	0-3,25	0-3,45
Cr, mg/l	-	0,046-16,9	0,04-1,16
Hg, mg/l	-	0,4-1,70	-

У раду²¹ извршено је испитивање подземних и процедурних вода уређеног у неуређеног дела депоније за насеља од укупно 110.000 становника, из шест пиезометара. Највећи део део отпада који се одлаже на депонију представља органски отпад (55%) и папир (15%), а у мањим количинама отпад садржи стакло (3%), пластику (3%) и метал (3%), као и грађевински материјал који не припада предходним групама. Просечна дневна количина отпада која се одлаже на ову депонију је 100 тона. Испитивања су извршена у два наврата у августу 2012. године и јулу 2017. године. Узорци су узети од шест пиезометара (Р1-Р6), где је Р1 постављен ван утицаја депоније и коришћен је за узорковање подземне воде природног квалитета. Пијезометри Р2, Р3 и Р4 инсталирани су на територији старог дела депоније, док узорци који су узети из пијезометара Р5 и Р6 дају податке о утицају новог дела депоније. Узорци процедурне воде узимани су из сабирног бунара за складиштење процедурне воде из дренажног система пре њеног третмана и поређени су са Уредбом о граничним вредностима емисије загађујућих материја у води и роковима за њено достизање²².

²¹ Крчмар Д., Тонди С., Пешић В., Рончевић С., Варга Н., Гргић М., Далмација Б., *Квалитет подземних и процедурних вода градске депоније комуналног отпада*, Природно-математички факултет, Нови Сад

²² Уредба о граничним вредностима емисије загађујућих материја у води и роковима за њено достизање, Службени гласник, Р.Србије, број 67/11,48/12 и 1/16

Табела 5. Вредности одабраних индекса загађења процедурне воде

Процедна вода из збирног базена	LPI		Немеров индекс (PI ₁)	
	2012	2017	2012	2017
	21,33	38,93	1,39	7,31

Процедна вода представља један од примарних путева загађења са депонија комуналног отпада. Негативан утицај процедурних вода углавном се огледа кроз загађење подземних вода. LPI и Nemerow индекс показују тренд раста загађења процедурне воде. LPI за 2012. годину (21,33) готово је двоструко мањи од добијене вредности за 2017. годину (38, 93). Добијене вредности Nemerow-ог индекса имају још интензивнији тренд раста са 1,39 на 7,31. Применом LPI и Nemerow-ог индекса може се закључити да највеће загађење процедурне воде депонија показује за Hg, BPK₅, Cr, Yn, Ni, Pb и PАН₁₆. Са друге стране, најмање загађења је исказано кроз рН, азотна једињења, хлориде, феноле и Hg.

Анализом мониторинга података и добијених индекса поједини параметри се издвајају као најзначајнији показатељи загађења које потиче са депоније и то Fe, Zn и PАН₁₆ првенствено, а затим Ni и Pb. Због тога се закључује да се тешки метали и то (осим Hg и Cd који у већини узорака нису детектовани) и PАН-ови морају редовно пратити као део мониторинг програма утицаја депоније на животну средину.

У табели 6 је дат предлог неколико техника и процеса који могу да се користе при третману процедурних вода, као и њихове предности и мане.

Табела 6. Технологије за третман процедурних вода

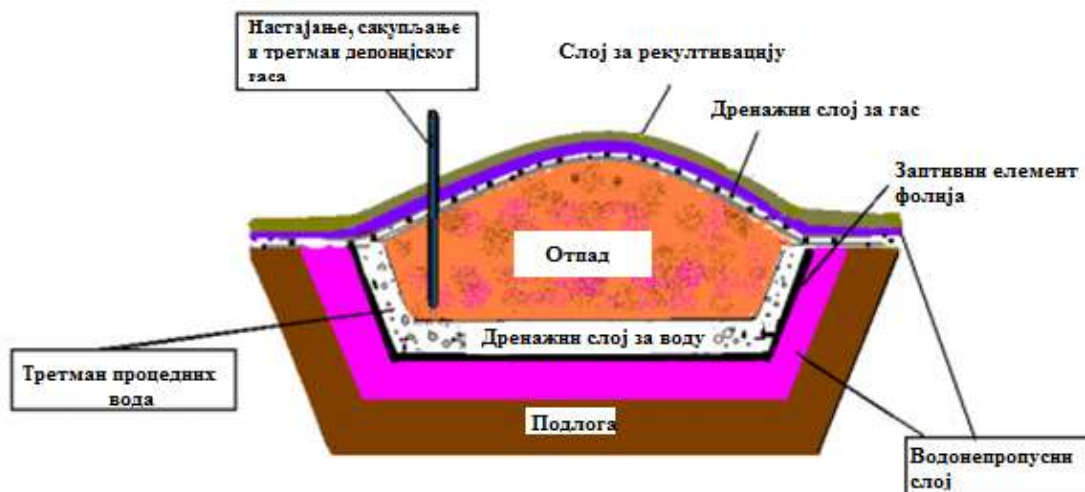
Технологија и процеси	Предности	Недостаци
Физичко-хемијски процеси: Флоатација, коагулација/флокулација, таложење, хемијска оксидација, адсорбција, аерација и испаравање	Ниска улагања	Низак ниво ефикасности пречишћавања
Биолошки процеси: аеробни (аерисане лагуне), са суспендованим активним муљем, пешчани филтери са наводњавањем, анаеробни-анаеробне лагуне и анаеробна дигестија, ротациони биолошки реактор	Ефикасно и економично уклањање BPK и амонијака	Компексно одржавање система
Мембранске технологије: микрофилтрација, ултрафилтрација, нанофилтрација и реверзна осмоза	Висок ниво ефикасности пречишћавања	Висока улагања, предtretман отпадних вода, проблематика отпадног муља

5. Технолошки елементи пројектовања депонија

Функционални елементи интегрисаног управљања отпадом су: настајање отпада, селекција на месту настанка, сакупљање, транспорт, складиштење, рециклажа, термички третман отпада са или без искоришћења енергије и депоновање. У многим земљама примењују се различите врсте третмана као што су механичко-биолошки, термички третман отпада, итд. Депоновање отпада је и поред различитих врста третмана неизбежно, а у многим земљама примењује се као једина опција. Депонија представља сложен систем који потенцијално може загадити животну средину, што указује на неопходност обезбеђивања трајног решавања проблема загађења. Постоји велики број радова који се бави проблематиком отпада, као и појединим елементима технолошког пројектовања депонија. У домаћој научној литератури постоје радови који се углавном баве управљањем отпадом, а не пројектовањем депонија. Ваљаним технолошким пројектовањем депонија требало би да се спречи потенцијално загађивање земљишта, ваздуха, површинских и подземних вода.

Технолошки пројекат депоновања отпада бави се елементима који доприносе смањењу утицаја на животну средину. Кључни елементи технолошког пројекта депоније који би требало да дефинишу ваљана решења су:

- а) програм депоновања,
- б) обезбеђивање водонепропусности дна и прекривног слоја,
- ц) сакупљање и третман процедних вода и
- д) сакупљање, третман и искоришћење депонијског гаса и
- е) адекватно затварање депонија (слика 13).



Слика 13. Технолошки елементи пројектовања депонија

Програм депоновања

Први елемент технолошког пројекта депонија је прецизно дефинисање програма депоновања отпада који се односи на врсту и класу отпада који се прихвата на депоније. У зависности од врсте и класе отпада, пројектом се дефинишу обавезни елементи депоније захтевани Уредбом. У ЕУ постоји дефинисано која врста отпада се депонује на одређеној класи депоније које се додатно могу поделити у поткласе. На депонију неопасног отпада може се одложити само комунални отпад после сепарације, неопасни отпад, стабилизovan и нереактиван опасан отпад. На депонији за опасан отпад може бити одложен само опасан отпад, а на депонији за инертан отпад само инертан отпад.

Водонепропусност дна, страна и прекривног слоја

Постављањем водонепропусног слоја обезбеђује се заштита подземних, површинских вода и земљишта од загађења из тела депоније. Водонепропусност дна и страна депоније обезбеђује заштиту током оперативне фазе рада депоније, а прекривног слоја након завршеног периода експлоатације, приликом затварања депоније. Водонепропусност постиже се постојањем природне геолошке баријере на терену или уградњом вештачке успостављене геолошке баријере, састављене од природних и/или вештачких материјала (глина, песак, шљунак, бентонит, камена прашина или њихова мешавина; геотекстили, геомреже, георешетке или геомембране; геосинтетичка глинена облога; мешавина песка и бентонита ојачана полимером. За сваку класу депонија прописане су вредности коефицијента водонепропусности - K и дебљине баријере - d . Слој вештачки успостављене геолошке баријере требало би да буде минимално 0,5 m.

Обавезан елемент депонија, који се поставља између геолошке баријере и дренажног слоја, је вештачка заптивна облога. Углавном се поставља HDPE фолија. Механичка заштита заптивне облоге постиже се постављањем слоја геотекстила. Важно је истаћи да заптивна

облога не може заменити геолошку баријеру и не може бити употребљена као вештачки успостављена геолошка баријера. Технолошко решење водонепропусности депоније заснива се на провери карактеристика терена или избору материјала за вештачки успостављену геолошку баријеру. Пројекат би требало да докаже карактеристике употребљених материјала у погледу водонепропусности, као и да се ваљаност тих прорачуна провери и потврди у процесу техничке контроле техничке документације.

Третман процедних вода

Према наведеним прописима обавезно је сакупљање и третман процедних депонијских вода. Квалитет и квантитет процедних депонијских вода зависи од: састава отпада, процеса стабилизације и разградње отпада на депонији, начина депоновања (пуњења и степена сабијања отпада), хидролошких услова на локацији и сл. Количина процедних вода у току године значајно варира у функцији метеоролошких услова, а самим тим и њихов квалитет, односно концентрација загађујућих материја. Сакупљање процедних депонијских вода врши се дренажним системом. Њихов третман се може вршити заједно са отпадним водама из трансфер станица, комуналним отпадним водама из помоћних објеката депоније, као и отпадним водама од прања возила. Не може се предложити опште решење за њихов третман, јер количина и квалитет процедних вода значајно варирају у току године. Услед напред наведеног указује се на потребе пројектовања робусног постројења за пречишћавање процедних вода. Постоје бројне технике за третман процедних вода. Један од начина за смањење загађујућих материја у процедним водама је њихова рецикулација кроз тело депоније. Рецикулацијом процедних вода убрзава се разградња и стабилизација отпада, доприноси смањењу његове запремине, смањује садржај загађујућих материја у процедним водама, повећава стварање депонијског гаса, смањују се трошкови третмана процедних вода и укупни трошкови рада депоније. Поставља се питање да ли је могуће изградити депонију без система за пречишћавање процедних вода, односно да се смањење концентрације загађујућих материја врши рецикулацијом процедних вода.

Настајање, сакупљање и третман депонијског гаса

Депонијски гас настаје као производ микробиолошке разградње отпада у аеробним или анаеробним условима. Квалитет и квантитет депонијског гаса зависи од састава и старости отпада, фазе разградње отпада, дубине депоније, садржаја влаге, рН, температуре, степена сабијања отпада, атмосферског притиска, итд. Сачињен је углавном од CO_2 и CH_4 . За процену настајања депонијског гаса користе се различити математички модели [27]. Као алтернатива рецикулацији процедних вода којом се повећава стварање депонијског гаса, примењује се арација отпада. Да би се одстранили негативни утицаји неконтролисаног ширења депонијског гаса, требало би да се изводи планско сакупљање гаса постављањем дегазационог система. Сакупљање гаса је значајно, јер у контакту са кисеоником из ваздуха, на повишеним температурама, метан има експлозивна својства. Према прописима обавезно је сакупљање, контрола, одвођење и искоришћење депонијског гаса који је класификован као обновљиви извор енергије. Сакупљање и контрола депонијског гаса постиже се

поставком хоризонталних и вертикалних дренажних цеви за гас (биотрнови или неки други, савремени систем). Биотрнови су гасни бунари који служе за одвођење депонијског гаса. Постављају се по телу депоније. Савремени систем за сакупљање депонијског гаса састоји се од густих мрежа вертикалних и хоризонталних флексибилних бунара, којима се постиже максимална екстракција гаса, у комбинацији са изградњом прекривних слојева. Такав систем обезбеђује контролу протока насталог и сакупљеног гаса, без губитка или емисија у атмосферу. Уколико искоришћење депонијског гаса није економично, онда се мора спаљивати на лицу места. Спаљивање на бакљи је један од начина третмана депонијског гаса. Енергетски ефикаснија решења заснивају се на сагоревању депонијског гаса и директној употреби настале топлотне енергије или индиректној употреби за производњу електричне енергије на генераторима. Предности употребе депонијског гаса у енергетске сврхе су заштита ваздуха од загађења, смањење емисије гасова са ефектом стаклене баште и економска добит. До 2030. године очекује се да око 10-20% биогаса може настати из депонија.

Затварање депонија

Приликом пројектовања депонија, према процени ризика од загађења, неопходно дефинисати начин затварања депонија које се изводи према захтевима и препорукама из прописа. Након периода експлоатације депонија, поставља се прекривни слој који спречава доток атмосферских вода у тело депоније, обезбеђује се сакупљање и третман процедних вода као и сакупљање и третман депонијског гаса. Прекривни слој састоји се од водонепропусног слоја, дренажног слоја за воду и гас и слоја за рекултивацију.

6. Технологије за третман процедурних вода са депонија

У третману отпадних вода користе се технолошке операције, као и механички, хемијски и биолошки процеси. У операцијама присутно загађење се уклања из воде задржавајући првобитан хемијски састав, а евентуално му се може променити агрегатно стање. Овде се користе све врсте сепарационих процеса (сита и решетке, таложници, фиотациони уређаји, евапоратори, апсорпционе технике итд. У процесима присутно загађење трпи хемијску промену и то: хемијским или физичко-хемијским трансформацијама и поступцима за пречишћавање (најчешће разградња до минералног облика или превођење у лако издвојив гасовит или таложни чврст облик) и микробним метаболизмом код биохемијских поступака пречишћавања.

Линије за пречишћавање отпадних вода су специфичан скуп појединачних процеса и операција који омогућава уклањање једне врсте загађења (на пример пливајућег, лебдећег, суспендованог, раствореног, органског и другог...). Систем за пречишћавање отпадних вода обухвата више појединачних линија за пречишћавање отпадних вода са задатком да се из отпадне воде уклоне сви облици присутног загађења, при чему се, пре свега, мисли на технолошку опрему, машине и апарате који се користе за пречишћавање одређене отпадне воде.

Постројење за пречишћавање отпадних вода обухвата примењене системе, објекте и пратећу инфраструктуру која се користи, од објеката, прилазних путева, зелених површина, па до лабораторија, техничких радионица и управних зграда.

Да би се обликовао један систем за пречишћавање отпадних вода потребно је; одабрати одговарајуће процесе и операције; формирати линије обраде од одабраних процеса и операција; формирати систем за обраду низањем линија обраде у технолошку целину. Основни задатак при пројектовању постројења за пречишћавање отпадних вода је правилан избор основних процеса и операција. За тај избор потребно је располагати низом података од којих су најбитнији: подаци о карактеру отпадних вода (врсти, хидрауличном и биолошком оптерећењу); захтеване норме за степен пречишћене воде пре испуштања и у реципијенте; технолошке норме за пројектовање; законске норме за пројектовање.

Сложеност избора технологије, нарочито уз различита ограничења и осцилације у саставу процедурних вода чини избор адекватне технологије изузетно сложеним задатком. Уређаји имају високе инвестиционе трошкове, али ништа мање значајни нису ни трошкови погона и одржавања уређаја и оспособљеност оператера за вођење поступка пречишћавања и континуираних провера и подешавања система. Као илустрација технологија које ће у следећим поглављима бити описане, у табели 7 приказане су расположиве технологије које

се најчешће користе за пречишћавање процедних вода и примењивост технологије у односу на поједине параметре загађења процедних вода²³.

Табела 7. Ефикасност процеса у пречишћавању процедних вода

Процес	TSS	ВРК ₅	НРК	TN	NH ₄ -N	Тешки метали	АОХ	Соли
Биолошко пречишћавање	-	+	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	-
Адсорпција активним угљем	-	(-)	+	-	-	(-)	+	-
Седиментација/флоатација	(+)	(-)	(-)	-	-	(+)	(-)	-
Филтрација/ултрафилтрација	+	(-)	(-)	(-)	-	(+)	(-)	-
Реверзна осмоза	(+)	+	+	+	(+)	+	+	+
Air stripping	-	(-)	(-)	-	+	(-)	(+)	-
Хемијска оксидација	-	(-)	+	(-)	(+)	-	(+)	-
Евапорација	+	+	+	(+)	(-)	+	+	+

(-) ниска ефикасност

(+) применљиво уз ограничења/додатне захтеве или упозорења на опасности

а. Механички третман

Механички третман у технологији пречишћавања отпадних вода обухвата протицање отпадне воде кроз канале и цевоводе, мерење протока, уједначавање дотока воде на постројење (егализација), издвајање грубог материјала на решеткама и ситима, одвајање инертних, таложних и филтрабилних честица, као и одвајање масти и уља. Сви наведени поступци у својој основи имају примену механичких технолошких операција, па отуда и заједнички назив за скуп наведених поступака, механички третман отпадних вода. Коришћењем механичких поступака пречишћавања отпадних вода одстрањују се из загађених вода нерастворне материје, као и део материја у колоидном стању. Поред одстрањивања комадастих и других чврстих материјала из отпадне воде, овим поступком се одстрањују материје из воде које би ометале или оптерећивале наредне фазе пречишћавања воде, као и рад самих уређаја.

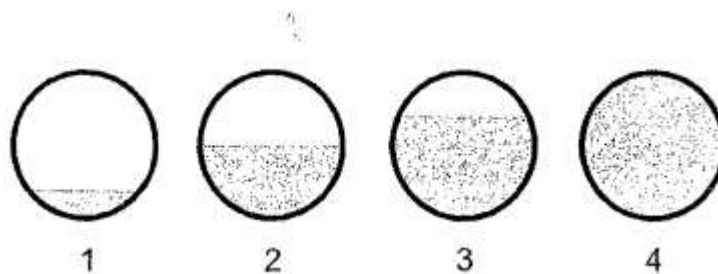
Мерење протока отпадне воде је основни предуслов за одређивање и постизање жељене ефикасности читавог система за пречишћавање отпадне воде, као и благовременог реаговања, контроле и регулације рада одређеног постројења. Данас је најчешће у употреби модерна опрема, која се заснива на коришћењу електронских сензора и претварача, који дају електрични сигнал, који се даље може обрађивати на жељени начин, али се такође,

²³ ISWA, LEACHATE MANAGEMENT, Antwerp, Belgium 2015

обично паралелно са њима, користе и класични системи који дају поуздани одговор о реду величине одређеног протока отпадне воде. Такође, примена савремених електронских уређаја у својој основи има мерење величина које се добијају класичним техникама мерења, попут одређивања висине нивоа и слично, па ће се у овом делу посебно обрадити мерење протока у отвореним каналима, као најпоузданије методе мерења. Оваква мерења се заснивају на чињеници да ће се у профилисаном облику канала, попут троугластог, правоуганог или трапезног, ниво воде мењати у складу са протоком кроз канал. Извођењем 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 њен проток. Стога се решавање проблема своди на одређивање висине воде у каналима, хидрауличког радијуса, односно протока и брзине протицања воде кроз отворене канале, као и на одређивање геометрије различитих облика отворених канала. У оваквим системима нема надпритиска, тј, протицање отпадне воде се одвија на атмосферском притиску и кроз њих се вода транспортује гравитационом енергијом. За мерење протока односно брзине протицања отпадне воде у отвореним каналима најчешће се примењује Манингова једначина.

Протицање отпадне воде у цевима (кружним каналима) се посматра кроз четири различита случаја, слика 14.:

- 1) када вода испуњава мање од половине попречног пресека цеви;
- 2) када вода испуњава тачно половину попречног пресека цеви;
- 3) када вода испуњава више од половине попречног пресека цеви;
- 4) када вода испуњава пун попречни пресек цеви.



Слика 14. Типови протицања воде кроз кружне канале

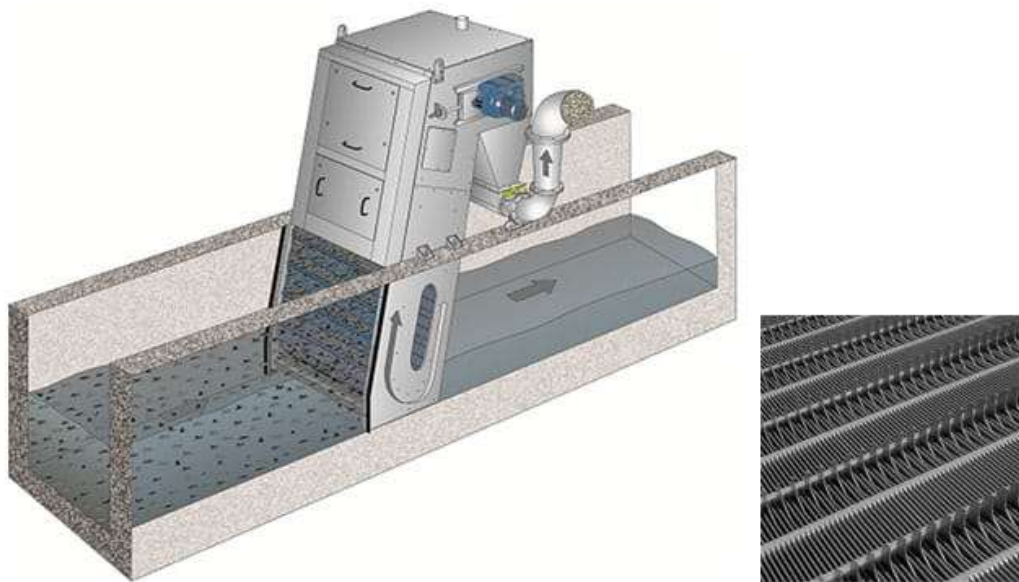
i. Егализација

Пројектовање система за третман отпадне воде, врши се у релативно уском опсегу протока воде, како би се процес одвијао што ефикасније. С тога велике осцилације у дотоку отпадне воде, у току одређеног периода, од сата, преко дана, месеца па до годишњег доба, могу проузроковати веома лош рад система и чак довести до потпуног угрожавања његовог

функционисања. Превазилажење овог проблема врши се 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 отпадне воде која се налази у пројектованом опсегу протока, који неће угрозити рад постројења. На тај начин, врши се уједначење протока односно, егализација. Поред уједначавања протока, на овај начин се врши и уједначавање квалитета отпадне воде која се пречишћава. Сам поступак уједначавања протока и квалитета отпадне воде назива се егализација и представља технолошку операцију којом се уједначавају екстремне вредности, како максималне тако и минималне промене протока и количине загађења у отпадној води, најчешће током једног дана, у току 24 часа. За пројектовање егализационог базена потребно је у дужем временском периоду прикупити податке о часовним и дневним променама протока и количине загађујућих материја у отпадној води

Пројектовање егализационог базена се врши у два правца, при чему се прво разматра уједначавање протока, а потом и уједначавање органског загађења (ВПК) у отпадној води. Решавање пројектног проблема се своди на израчунавање потребне запремине егализационог базена, на основу вредности максималне, минималне и средње вредности протока који долази ка постројењу.

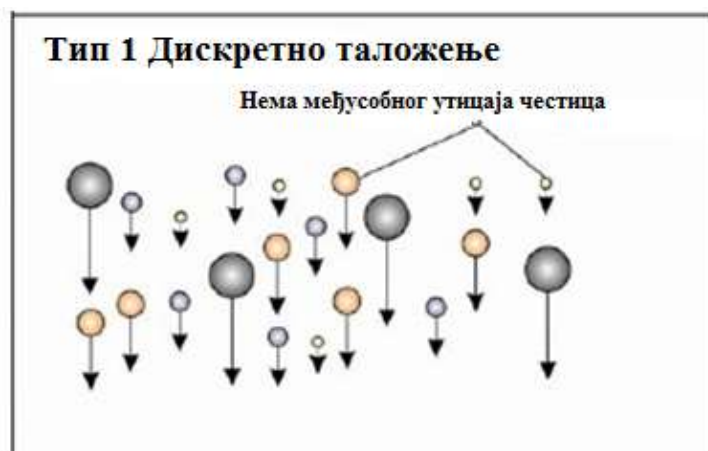
За уклањање грубог и крупног материјала користе се решетке које се обично састоје од паралелних шипки или штапова који су углављени у метални рам, слика 15.



Слика 15. Грубе решетке

ii. Таложeње

У технологији обраде отпадних вода најстарији и најшире примењивији поступак је таложeње. За разлику од издвајања инертних материјала, таложeње се примењује за издвајање и неорганског и органског састава из отпадних вода. Такође, након биолошке обраде, таложници се користе за одвајање новонасталог органског муља од пречишћена воде. Према начину таложeња честица у отпадној води, разликују се четири типа таложeња: дискретно (слободно), агрегатно, зонално и стешњено таложeње. Када се честице таложe у води, а да међу њима нема међусобног додира, нити неког другог утицаја, онда се оне појединачно таложe, сходно њиховим таложним карактеристикама, а таложeње се назива.и дискретно или слободно, слика 16.



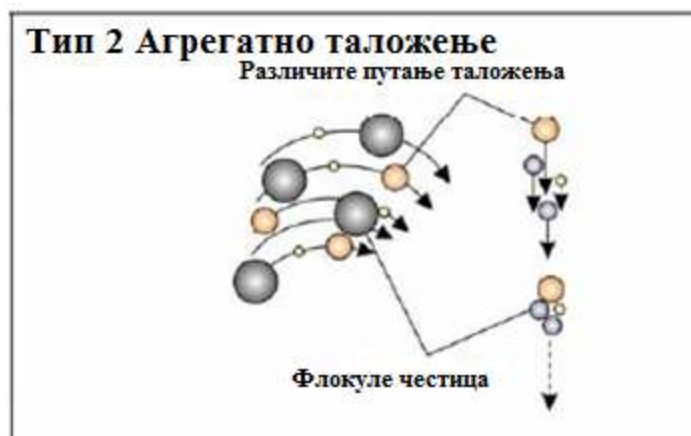
Слика 16. Шема слободног или дискретног (појединачног) таложeња

Таложeње честица представља вертикалну компоненту, док кретање воде може бити у хоризонталном и вертикалном правцу. При кретању воде у вертикалном правцу оно може бити истострујно као и честице, наниже или супротнострујно у односу на честицу, навише. Код таложeња честица у таложнику, вода се креће у хоризонталном правцу, па резултанта сила које делују на честицу показује да ли ће на одређеном вертикалном и истовременом хоризонталном путу доћи до њеног таложeња. Чак и у случају када до таложeња честица дође, хоризонтална брзина воде може бити толико велика да дође до одношења већ исталожене честице,

Агрегатно таложeње

При бистрењу воде најчешће долази до коалесценције дискретних честица и формирања агрегата и таложeње се врши према типу 2, слика 17. Такође, веома често примењиван поступак коагулације и флокулације, који резултује формирањем флокула различите величине и брзине таложeња, завршава се њиховим издвајањем из отпадне воде поступком

таложјења, па се овај тип таложјења назива и флокулационо таложјење. Стога је веома битно познавати механизам и начин одређивања неопходних пројектних параметара.



Слика 17. Агрегатно таложјење

Најважније је знати да је за одређивање ефикасности таложјења у овом случају, неопходно урадити тест у одговарајућем експерименталном таложнику који би требало да има дубину једнаку дубини воде у таложнику и да се са временом прати процес таложјења, Експериментална апаратура је једноставна и може бити инсталирана у лабораторији при сваком постројењу за третман отпадних вода.

У пракси је увек потребно предвидети одређени степен сигурности, па је потребно време таложјења препоручљиво увећати, тј. помножити са 1,5 - 2,0, док експериментално одређену брзину таложјења, ваља умањити, тј. помножити са 0,65. Тиме се обезбеђује да реални таложник може радити са већом ефикасношћу и да има простора за евентуална одступања у квалитету отпадне воде која долази у таложник.

iii. Флотација

Флотација је процес молекуларног „слепљивања“ чврстих честица материјала присутног у отпадној води на граничној површини са гасом који је диспергован у њој. У ту сврху се најчешће користи ваздух који се диспергује са дна базена и који на путу навише „купи“ честице и силом потиска односи их на површину, где се, концентрисане у виду пене, односе и уклањају. Процес овог спајања зависи од низа фактора, а најзначајнији су: вишак слободне енергије на граничним слојевима, површинске појаве квашења и величина и однос величина честица загађујућих материја и мехурова гаса. Флотација се користи као алтернативна метода другим сепарационим поступцима, попут седиментације, сепарације, центрифугирања или филтрације, од којих је често ефикаснија или економски оправданија. Флотација се у обради отпадних вода примењује за: уклањање суспендованих и емулгованих загађујућих материја и концентрацију биолошких муљева. У поређењу са

седиментацијом бржа је 6 — 8 пута и обично траје 15 — 30 минута. При томе се обезбеђује висок степен укидања суспендованог материјала, значајно смањује концентрација површински активног материјала у отпадној води и повећава садржај кисеоника, што у знатној мери олакшава касније фазе обраде. Сви флотациони поступци, који се примењују у пракси, могу се поделити у две групе: природна флотација и стимулисана флотација.

Поступци стимулисане флотације могу се даље поделити на више начина, и то зависно од увођења гаса у течну фазу, начина стварања гасних мехурова, начина уклањања флотираног материјала итд. Усвајајући поделу поступака према начину увођења гаса у течну фазу, разликују се следећи начини флотације:

- флотација раствореним ваздухом (флотација под притиском, вакуум и аир-лифт флотација),
- флотација диспергованим ваздухом (механичка и пнеуматска),
- електрофлотација и
- биолошка и хемијска флотација.

У третману отпадних вода посебно је ефикасна флотација раствореним ваздухом 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 мехурова. Поступак се састоји у прављењу 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, по уласку у флотациони базен, ваздух се издваја из воде, формирајући микро мехурове који флотирају честице загађења. Да би се постигао задовољавајући ефекат флотације, количина ваздуха која се мора издвојити из отпадне воде, мора се кретати у границама 2 - 5 % запремине воде која се обрађује. Ефикасност процеса флотације раствореним ваздухом у великој мери зависи од односа количина ваздух/честице загађујућих материја. Однос маса ваздуха и загађујућих материја, који се означава као A/S, мора имати оптималну вредност да би се флотација обављала ефикасно, јер се превеликим довођењем ваздуха изнад неких оптималних вредности неће повећати укидањање суспендованих материја. Растварање ваздуха у отпадној води може бити у самој улазној струји воде, у делу улазне струје или у рециркулационом току већ пречишћене воде.

Код решавања практичних проблема везаних за флотаћу потребно је одредити количину ваздуха за уклањање одређене количине честица из отпадне воде (или за згушњавање муља), која су то површинска оптерећења чврстим материјама, односно, која је геометрија флотационе коморе.

б. Физичко-хемијски третман

і. Коагулација и флокулација

У отпадној води се, поред суспендованих честица могу налазити и колоидне честице, које се одликују релативно малом величином, у опсегу 0,001 — 1 μm , па силе земљине теже не могу на њих значајније утицати. Истовремено, ове честице су наелектрисане и услед међусобног одбијања, „лебде“ у маси воде, а немају ни способност да учествују у хемијским реакцијама, јер су по природи инертне, тако да се за њихово уклањање не могу применити ни поступци хемијског таложења. Колоидне честице повећавају мутноћу воде и њихово уклањање се најчешће обавља поступком коагулације и флокулације. Развојем нових материјала, сусреће се и примена мембранских процеса али је у многим случајевима, у зависности од карактеристика отпадне воде, поступак коагулације и флокулације незаменљив. Раније је коагулација и флокулација најчешће примењивана у поступцима припреме воде за пиће и уклањање мутноће у њој, међутим, у новије време све више се овај поступак користи и за уклањање загађујућих материја из отпадних вода, попут металних јона, токсичних органских компоненти, вируса и радионуклеида. Ово се врши коришћењем ефекта њихове адсорпције за колоидне честице, а потом повлачења у талог, којим се одвајају из отпадне воде. Мали пречник колоидних честица доприноси да оне имају релативно велику контактну површину са којом су у додиру са водом, као и релативно мали однос масе честица и њихове укупне површине. Због тога, доминантну улогу на понашање колоидних честица има њихова контактна површина и процеси који се одигравају на њој. На површини колоидних честица се одиграва интеракција између воде и честица, честица и других честица из окружења, као и честица и присутних хемикалија у води.

Стабилност раствора колоидних честица зависи од њихових електро-кинетичких карактеристика. Сваки колоидни систем треба разумети као систем у коме долази до непрекидног кретања честица, под дејством разних сила, па је отуда потребно познавати кинетичке карактеристике система. Истовремено, присутно је и наелектрисање колоидних честица, које може бити било позитивно, било негативно. Ипак, за већину колоидних раствора у воденој средини, карактеристично је да честице имају негативно наелектрисање. Негативно наелектрисање колоидних честица привлачи позитивне јоне из воде у којој се честице налазе. Ти позитивни јони се адсорбују на површини колоидне честице и окружују је, формирајући тзв. адсорпциони или Штернов слој. Тако формиран слој са позитивним јонима привлачи друге негативне јоне из воде, па се јони и позитивни и негативни групишу око честице. У зависности од јачине електричног поља, око саме колоидне честице, формира се нови слој, са мешовитим, позитивним и негативним јонима који дифузијом „пристижу“ до честице, па се тај слој назива дифузиони слој. Заједно, адсорпциони и дифузиони слој, чине тзв. електрични двослој (или диелектрични слој). Унутар сваког од

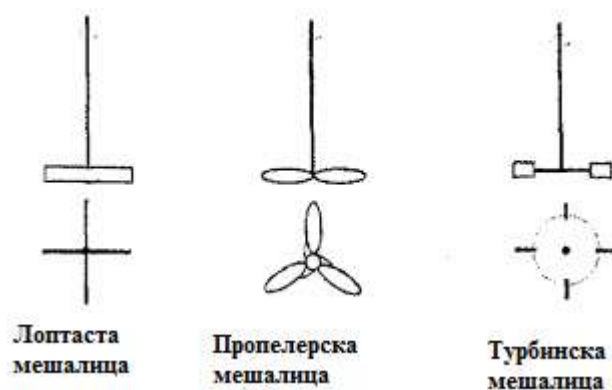
ових слојева, као и унутар самог двослоја, јавља се одређени електрични напон (потенцијал).

Укупни електропотенцијал који се јавља између површине колоидне честице и воде која га окружује назива се Нернстов потенцијал. Овај потенцијал има највећу вредност на самој површини колоидне честице и опада проласком кроз Штернов слој, управо за вредност тзв. Штерновог потенцијала. Даљим удаљењем од честице и проласком кроз дифузиони слој, Штернов потенцијал опада све док не дође до краја дифузног слоја када има вредност нула. Вредност потенцијала који је једнак разлици између потенцијала од ивице адсорпционог (Штерновог) слоја, па до краја дифузионог слоја, назива се Зета потенцијал и то је физички мерљива величина. Управо вредност Зета потенцијала има доминантну улогу у међусобном одбијању колоидних честица, односно самој стабилности колоидног раствора. Што је Зета потенцијал већи, то је раствор стабилнији. Уколико се одређеним процесом, променом физичких услова или додатком хемикалија, утиче на његово смањење, то се повећава његова нестабилност, а самим тим и могућност да се колоидне честице уклоне из воде. Дебљина дифузионог слоја зависи од концентрације јона у воденом раствору. Када је та концентрација релативно мала (мала јонска јачина) онда се дифузиони слој шири, његова дебљина постаје већа. Насупрот томе, када је концентрација јона у води велика (велика јонска јачина), сами присутни јони „сабијају“ дифузиони слој и његова дебљина је мања. Утицањем на дебљину дифузионог слоја могуће је утицати и на вероватноћу спајања самих колоидних честица и њихово укрупњавање, што је и предуслов њиховог уклањања из воде. Додатком коагуланата утиче се на дебљину слојева који окружују колоидну честицу тако што се они тање, што представља основ процеса коагулације.

Коагулација је 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 само физички процес формирања масе крупних флокула од ситних дестабилизационих колоидних честица повећавањем градијента брзине. Хемијска средства која у процесу коагулације изазивају дестабилизацију колоидних раствора, називају се коагуланти и најчешће су то једињења алуминијума и гвожђа. Као алуминијумски коагуланти користе се: алуминијум сулфат, алуминијум хлорид, натријум алуминат, алуминијум хлорохидрат, полиалуминијум хлорид, полиалуминијум сулфат хлорид, полиалуминијум силикат хлорид и облици полиалуминијум хлорида са органским полимерима. Коагуланти базирани на гвожђу су гвожђе сулфат, гвожђе хлорид, гвожђе хлорид сулфат, полифери сулфат и соли гвожђа са органским полимерима. Коагуланти на бази алуминијума и гвожђа се врло често примењују у третману вода како због ефикасности тако и због ниске цене и доступности.

У процесима флокулације, као хемијска средства, најчешће се додају једињења на бази каолина, односно, у новије време синтетички полимери који обезбеђују услове за стварање флокула.

За извођење процеса коагулације и флокулације неопходно је да дође до судара честица, што се обезбеђује мешањем воде. За коагулацију се примењује брзо мешање, са тзв. брзим мешалицима, а 18., а за процес флокулације се користи споро мешање, слика 19. Брзо мешање код коагулације се примењује због тога што је потребно остварити што интензивнији контакт позитивно наелектрисаних хидратисаних јона коагуланта са негативно наелектрисаним колоидним честицама. Споро мешање код флокулације се примењује да би дошио до укрупњавања агрегата који се могу лакше сталожити, а да при томе не дође до њиховог распадања (дефлокулације).



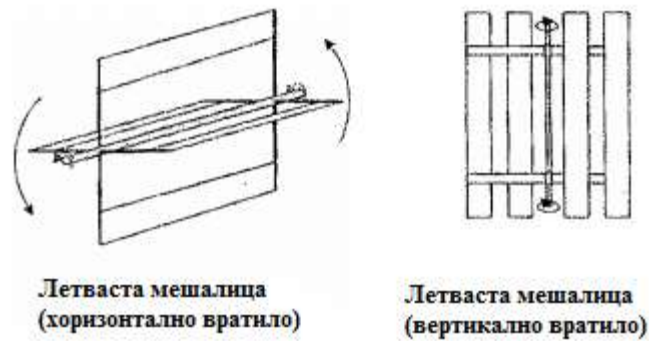
Слика 18. Врсте мешалица за извођење коагулације

У зависности од начина мешања, прави се и избор мешалица које могу бити коришћене. За брзо мешање користе се лоптасте, пропелерске и турбинске мешалице. За извођење процеса флокулације могу се користити мешалице са малим бројем обртаја, попут сидрастих и тракастих (хеликоидних).



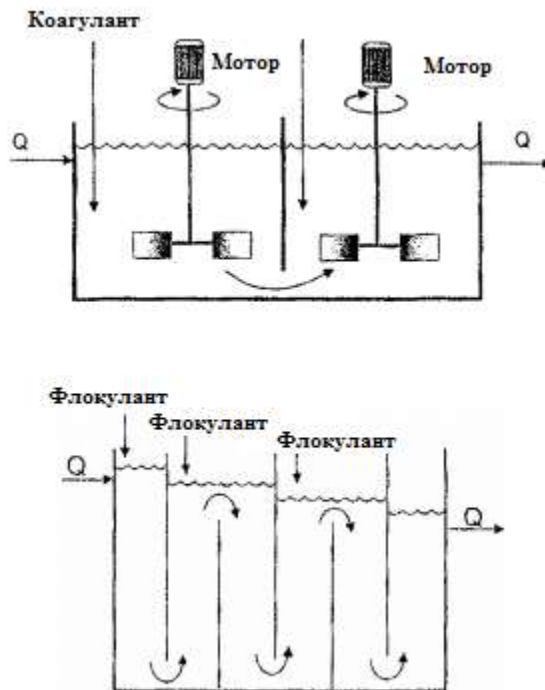
Слика 19. Споре мешалице за извођење флокулације

У практичној примени, за мешање у флокулационим базенима, најчешће се примењују тзв. летвасте мешалице, које у зависности од тачке ослоња могу бити са хоризонталним или вертикалним вратилом, слика 20.



Слика 20. Летвасте мешалице

Поред механичког мешања, у процесима коагулације и флокулације могу бити коришћени и вишекоморни проточни системи, слика 21. (горе), са променљивом брзином кретања воде, у зависности да ли се у њима изводи процес коагулације, (са интензивним мешањем) или процес флокулације (са спорим мешањем), као и проточни вишекоморни системи, слика 21. (доле).



Слика 21. Повезани базени за коагулацију и флокулацију

Независно од тога о каквом типу мешања је реч, са технолошког аспекта, неопходно је анализирати колика је потребна снага да би се мешање са одређеним типом мешача и жељеног броја обртаја извршило, као и какав је утицај унете снаге мешања на дешавања у систему.

ii. Хемијска преципитација

Хемијска преципитација (таложeње) је процес у коме се додавањем одговарајућих хемијских средстава у отпадну воду, растворене и суспендоване компоненте преводе у облике који се талоче. Сам 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 тај начин присутни јони се преводе из растворног у таложни облик и укидају из воде. Овај поступак има широку примену, али и извесна ограничења у погледу количина створеног талога. У технологији пречишћавања отпадних вода најчешће се користи за уклањање присутних тешких метала који би у каснијој фази биолошке обраде могли да представљају проблем. Класичан поступак таложeња може имати своја ограничења када је величина суспендованих честица мала и када су присутна загађења у раствору. Превазилажење овог проблема и повећање удела исталожених суспендованих материја, врши се додавањем хемикалија које реагују са присутним загађењем у отпадној води, градећи слабо растворљива једињења која, истовремено, талочећи се, могу да вежу и додатне количине суспендованих честица и заједно падну на дно таложника. Ово је релативно брз процес, па је за његово извођење потребно релативно кратко хидрауличко време боравка. Пошто се таложeње јона у облику слабо растворљивих једињења обавља све до успостављања равнотеже, то је у основи процес хемијске преципитације заснован на принципу успостављања хетерогене хемијске равнотеже.

Елементи чије се уклањање хемијском преципитацијом најчешће разматра су арсен (As), баријум (Ba), кадмијум (Cd), бакар (Cu), жива (Hg), никал (Ni), селен (Se) и цинк (Zn). Већина ових елемената може се таложити у облику хидроксида или сулфида. У постројењима за третман отпадних вода јони метала се талоче углавном као хидроксида, уз додавање креча, Ca(OH)_2 и соде, Na_2CO_3 , на претходно подешеној вредности pH. Основни задатак при примени хемијске преципитације је да се одреди које хемијско средство треба да се употреби за ефикасно уклањање одређених једињења у отпадној води и у којој количини. Посебно се мора прорачунати која се маса талога добија у процесу преципитације, јер његов даљи третман и одлагање може имати и техно-економске, али и последице по животну средину.

iii. Оксидација

Оксидација 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. У овом поступку, врло често није неопходно извршити потпуну оксидацију. Разлог за ово је, што су у неким случајевима продукти потпуне оксидације више токсични него интермедијерна једињења. Наиме, за потпуну оксидацију великог броја једињења, врло често су потребни базени и реактори великих капацитета, скупи катализатори, а и време за потпуну оксидацију врло често је дуго. Из свих тих разлога, потребно је добро познавати хемизам саме оксидације, као и све потребне параметре и услове који морају бити испуњени, како би се адекватном анализом дошло до оптимизације процеса у сваком погледу. У хемијској оксидацији отпадних вода је неопходно прво одредити које непожељне супстанце у води треба модификовати или потпуно уклонити. Најчешће су то: неоргански, и органске материје (феноли, амини, хуминске киселине и многа друга једињења која су токсична или која води дају другачији мирис или стварају услове за раст бактерија или стварање алги).

Хемијска оксидација у третману отпадних вода обухвата коришћење оксидационих агенаса, као што су: озон, водоник-пероксид, калијум-перманганат, хлор-диоксид, хлор, или хипохлораста киселина и кисеоник. Процес оксидације у третману отпадних вода посебно се користи у смањењу БПК и ХПК, као и за оксидацију амонијака и бионеразградивих органских једињења. У новије време, све више се користе тзв. напредни оксидациони процеси (AOPs - *advanced oxidation processes*) у којима се користи слободни хидроксил радикал као јак оксидациони агенс за разградњу специфичних органских компонената и једињења која се не могу оксидовати конвенционалним оксидансима.

Дозе употребљених хемикалија повећавају се са степеном третмана, што је разумљиво кад се узме у обзир да су органске компоненте које заостају после биолошког третмана обично сачињене од поларних органских молекула мале молекулске масе и сложених структура. Због сложености процеса оксидације потребну дозу оксидационог средства је најсигурније одредити на основу пилот истраживања, којима би се оценила ефикасност захтеваних доза. Примена AOPs, укључује више од једног оксидационог агенса. Свака редокс реакција састављена је од две полу-реакције оксидације и редукције.

Од оксидационих процеса који се примењују у технологији пречишћавања отпадних вода, најважнији су: хемијска оксидација биоразградивог органског загађења ХПК, хемијска оксидација бионеразградивих органских и присутних неорганских компоненти и хемијска оксидација амонијака. У пракси се за уклањање БПК далеко више се примењују биолошки поступци, док се за специфична небiodeградибилна загађења се најчешће користе напредни оксидациони процеси. Посебан проблем у третману отпадних вода представља амонијак, пошто је по правилу присутан у отпадној води. Уклањање амонијака данас се најчешће и економски најоправданије врши биолошким поступцима. Међутим, у случајевима када сам биолошки поступак, услед појаве повишених загађења на улазу у постројење, није у стању

да пречисти сав присутан амонијак, на излазу из постројења је потребно применити хемијску оксидацију, како би ефлуент задовољио законом предвиђене максималне дозвољене концентрације пре његовог испуштања у водопријемник. Лако се за оксидацију амонијака могу користити различита оксидациона средства, у пракси се најчешће користи хлор. Хемијски процес у којима се хлор користи за оксидацију амонијака до елементарног азота познат је као хлорисање преко преломне тачке.

iv. Адсорпција

Адсорпција је врло чест, а у неким случајевима и незаменљив поступак издвајања органских супстанци из воде. Може се дефинисати као процес миграције и акумулације одређене супстанце из једне у другу фазу. Процес адсорпције се увек одиграва на међуфазној површини. То је, у суштини, површински феномен условљен разликом лиофилности или лиофобности растворене супстанце у односу на растварач. У процесу адсорпције учествују Кулонове и Вандервалсове силе, а доминантна сила зависи од хемијске природе система. Сам процес се одвија тако што се на изразито великој контактної 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. Адсорпциона колона са активним угљем је шематски приказана на слици 22.



Слика 22. Адсорпциона колона

Адсорпциони капацитет се може одредити као веза између масе адсорбоване фазе у односу на масу адсорбенса, h/m и концентрације адсорбата који је остао у течной фази, у стању равнотеже, за дату температуру.

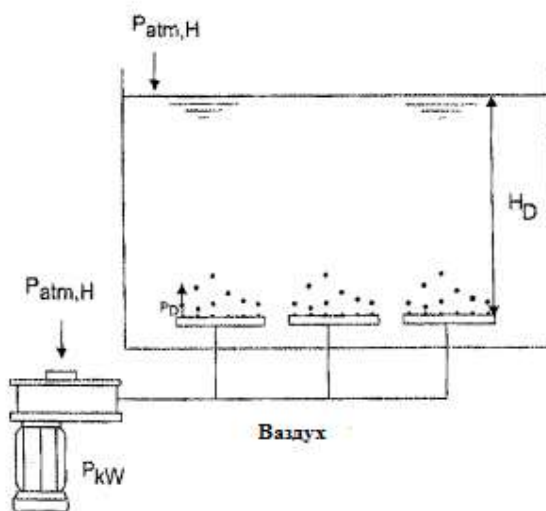
На одређеној температури се успоставља равнотежа између концентрације адсорбата у раствору и оног који је везан за одређену масу адсорбенса, а графички приказ те релације назива се адсорпциона изотерма. У литератури се најчешће срећу линеарна, Фројндлихова и Ленгмирова изотерма.

Главни задатак код адсорпције се своди на одређивање адсорпционог капацитета активног угља, односно која је количина активног угља потребна за уклањање одређене количине посматраних загађујућих материја у отпадној води.

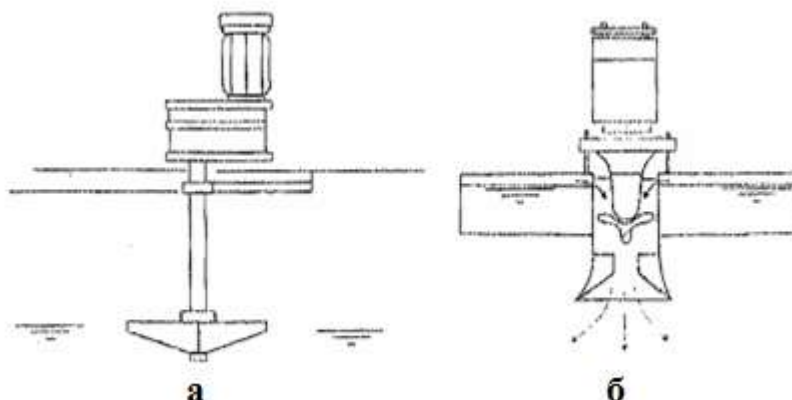
Аерација

У третману отпадних вода појам аерација може бити употребљен за операцију увођења гасовите фазе (ваздуха или кисеоника) у течну фазу, у циљу преноса масе кисеоника у отпадну воду, или за операцију уклањања гасовите фазе из течне, односно за уклањање гасовитих састојака CO_2 , N_2 , N_2S , CH_4 , NH_3 и бројних испарљивих органских једињења која су присутна у отпадној води. Присуство кисеоника у отпадној води је веома важно поготово за биолошку обраду отпадних вода. На 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 аерација изводи.

У пракси, процес аерације се најчешће изводи применом дифузних и механичких аератора. У првом случају, слика 23., ваздух се дистрибуира кроз дифузере постављене непосредно изнад дна аерационог базена, док се код механичке аерације, слика 24., 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.



Слика 23. Аерациони базен са дифузном аерацијом



Слика 24. Механички аератори: а) спори мешачи, б) брзи мешачи

Без обзира на то на који начин се аерација врши, неопходно је увек имати на уму да ће, пре свега, услови под којима се аерација врши утицати на ефикасност преноса кисеоника из ваздуха у воду. Произвођачи опреме дају податке о основним параметрима уређаја добијених на стандардним условима испитивања. Међутим, за случајеве њихове примене у реалним условима за аерисање отпадне воде потребно је дефинисати радне параметре.

Код прорачуна система за аерацију потребно је да се, на основу жељене концентрације раствореног кисеоника у отпадној води, одреди проток ваздуха који би то обезбедио у зависности од радних услова. Такође, потребно је одредити и снагу уређаја за транспорт израчунате количине ваздуха.

с. Биолошки третман отпадних вода

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

Начин биолошког пречишћавања отпадних вода је „преузет“ из природних процеса, који се дешавају током самопречишћавања водотокова, у које је унето одређено загађење. Разлика је само у томе, што су природни процеси спорији, док се у овом случају они убрзавају,

обезбеђењем повољних услова за одвијање процеса у биореактору. На овај начин се, контролисањем раста и размножавања микрофлоре у отпадној води, уводе принципи одвијања процеса индустријске микробиологије. Међутим, у односу на индустријске процесе, при пречишћавању отпадних вода користи се микрофлора која потиче из природне средине и њихов раст се не одвија при оптималним физиолошким условима, јер, на пример, постројења за третман отпадних вода се граде на отвореном, па је тиме утицај климатских услова веома изражен, што се код индустријских процеса не дешава. На тај начин се може рећи да су процеси биолошког пречишћавања отпадних вода засновани на стимулираним и убрзаним природним процесима. Такође, постоји још једна значајна разлика у коначном циљу, јер се код индустријских процеса обично тежи што већем приносу биомасе или производњи ћелијских метаболита, док се код пречишћавања отпадних вода процес води ка што већем уклањању органских материја и однос њихове улазне према излазној концентрацији је основни параметар који дефинише ефикасност процеса. Најчешћа примена биолошких процеса у технологији пречишћавања отпадних вода је код уклањања органског садржаја нутријената (азота и фосфора) из отпадне воде. Такође, често се примењују и за уклањање органских фракција муљева који настају током примарног пречишћавања (таложења), као и за разградњу вишка биомасе након секундарне обраде (муљ из секундарног таложника), што се заједнички назива биолошка стабилизација муљева или дигестија. У својој основи, микробиолошки процеси се одвијају у присуству кисеоника (аеробни) и у одсуству кисеоника (анаеробни процеси). Унутар тих граница могу се одвијати и процеси који се више или мање приближавају наведеним граничним условима. Разлика ова два основна процеса је у путевима биолошке оксидације органских материја, што се може видети на примеру оксидација глукозе, као једноставне органске материје.

i. Активни муљ

Процеси пречишћавања отпадних вода са суспендованом микрофлором су, данас, најраспрострањенији вид примене аеробног процеса пречишћавања, са применом посебно при обради слабо и средње оптерећених отпадних вода, у које спадају и комуналне отпадне воде. Примена овог вида обраде се спроводи кроз три основна решења:

1. процес са активним муљем,

2. аерисане лагуне и

3. аеробна језера (плитка језера са преносом кисеоника из ваздуха). Поступци пречишћавања отпадних вода у аерисаним лагунама и аеробним језерима се врше уколико су на располагању велики отворени земљани базени (било природни, неправилног облика или ископани, правоугли или округли) који служе као биолошки реактори. Основни услов је да те локације буду довољно удаљене од насеља, како би се толерисао настанак непријатних мириса током процеса. Аерисане лагуне су опремљене аераторима, различитих

конструктивних решења, било површинском аерацијом или дифузерима. Дубина лагуна се креће од 3 до 4 метара, а хидраулично време задржавања је од 3 до 30 дана, најчешће 5 до 8 дана. Концентрација микрофлоре у лагуни је релативно мала од 100 — 300 mg/l, а утицај температуре околине на процес у лагуни је веома изражен. Таложeње муља се врши или на тзв. таложним пољима, која се сукцесивно чисте или у посебно пројектованим секундарним таложницима, ради повећања ефикасности процеса.

Код примене аеробних језера услов је да она буду плитка (од 1 до 1,5 метара дубине), а неопходна количина кисеоника за биолошку активност се обезбеђује преносом масе са површине воде (преко огледала воде) као и метаболизмом алги. У исто време бактерије које разграђују органске материје, продукују материје неопходне за раст алги. Време задржавања отпадне воде у аеробним језерима је дуго, обично не мање од 90 дана, уз веома мало органско оптерећење од 0,001 — 0,003 ВРК/м³ и лимитирано је преносом масе кисеоника са површине воде и продукованог фотосинтезом алги. 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 и органска (биоразградива и бионеразградива) и неорганска материја из отпадне воде која се пречишћава. У биореактору се активни муљ одржава у суспензији, а довођењем отпадне воде одвијају се три паралелна процеса:

1. реакција дисимилације, тј. оксидације органске материје,
2. реакција асимилације, тј. синтезе нових ћелија и
3. реакција аутооксидације, тј. ендогена респирација ћелија микрофлоре.

Пројектовање биолошког дела третмана отпадних вода у поступку са активним муљем је комплексно. Потребно је одредити параметре процеса, попут концентрације активне биомасе, концентрације суспендованих материја, хидраулично време задржавања, старост биомасе (време задржавања ћелија), геометрију аерационог базена, потребне количине кисеоника, продукције биомасе, продукције муља итд. Уколико се врши рецикулација биомасе у аерациони базен из секундарног таложника, потребно је израчунати однос рецикулационог и улазног протока и концентрације суспендованих материја у биореактору. Израчунате параметре процеса потребно је ускладити и оптимизовати, да би се постигао компактан и ефикасан третман отпадних вода.

Поступци пречишћавања отпадних вода са активним муљем могу се изводити као системи без и системи са рецикулацијом. Независно од тога, сам систем чине аерациони базен и таложник, као обавезан сегмент. Да би се правила разлика у односу на таложeње у примарној обради, он се назива секундарни таложник. У примарном таложнику се доминантно издваја инертни неоргански део и мањи део органског загађења, док се у секундарном таложнику из струје пречишћене отпадне воде издваја биомаса, односно органска компонента, са делом присутних инертних материја које није било могуће исталожити у примарном таложнику. У секундарном таложнику се таложe и суспендоване

честице које су настале у самом процесу са активним муљем, попут бионеразградивих ћелијских делова насталих ендегеном респирацијом.

Суспендоване материје

Произведене нове ћелије (биомаса), ћелијски остаци и присутне инертне и бионеразградиве честице у отпадној води, представљају масу материјала која се из биореактора мора уклонити свакога дана да би се процес одржавао у континуалном раду. Од значаја је количина произведених честица изражена као TSS (*total suspended solids*), VSS (*volatile suspended solids*) и биомаса. Све честице које се налазе у аерационом базену и органске и биомаса и инертне, чине активни муљ и њихова укупна концентрација се означава као MLSS (*mixed liquor suspended solids*). Онај део тих честица који се односи на органски садржај означава се са MLVSS (*mixed liquor volatile suspended solids*). Све се оне могу наталожити у секундарном таложнику, па је стога потребно и знати која је њихова количина. У аерационом базену се могу стварати само честице биомасе и делови биомасе преостали од ендегене респирације, које се сабирају са небиодеградибилним деловима органских честица, чиме се може добити вредност рН. Њиховим сабирањем са инертним компонентама које су унете улазном струјом које представљају инертни део новостворених честица, добија се укупна продукција муља. Подаци о количини насталог муља током биопроцеса су важни због даљег третмана и управљања са отпадним материјалима из процеса.

Небиодеградибилне волатилне суспендоване материје, једним делом, доспевају у реактор улазном струјом воде. Истовремено, одумирањем микроорганизама у аерационом базену и њиховим ендегеним распадањем, преостаје и један део ћелија који је органског порекла, али је бионедеградибилан, тако да се он придружује другим волатилним суспендованим честицама у води и повећава њихов укупни садржај, који, заједно са ћелијама биомасе улази у састав MLVSS.

ii. Биодиск процес

По механизму уклањања загађења из отпадне воде, овај поступак је сличан биофилтру, с тим што је биофилм нанет на мрежасту површину у облику танких дискова који су нанизани на централно постављену осовину, слика 25. Број дискова и њихова површина одређују површину контакта. Тако поређани дискови су потопљени до одређеног нивоа, обично нешто испод половине површине диска у отпадну воду. Спорим ротирањем биофилм се налази у контакту са водом, при чему се врши транспорт органске материје из воде ка биофилму. Изроњавањем дела површине диска изнад нивоа воде, стварају се услови за транспорт кисеоника из ваздуха ка биофилму, чиме је омогућен процес оксидације.



Слика 25. Биодиск процес

Најчешћа примена овог процеса је у пречишћавању санитарних отпадних вода, као и у обради појединих врста индустријских отпадних вода. Типична инсталација је од 5 до 20 метара дужине. При прорачуну ове врсте процеса прорачунава се брзина обртања дискова и њихова укупна површина. Прорачун везан за биодискове се своди на израчунавање основних параметара попут хидрауличног оптерећења, органског оптерећења и потребне површине за пречишћавање отпадне воде²⁴.

d. Мембранска технологија

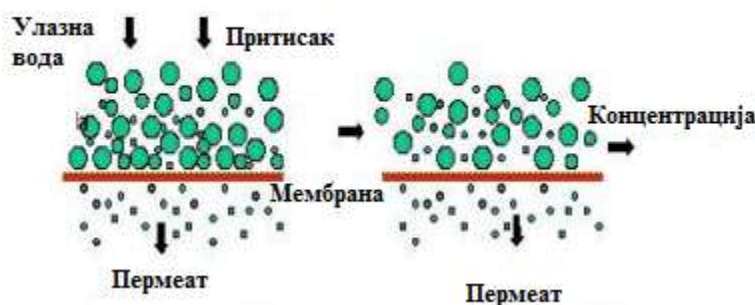
Мембранска технологија је поузданија, еколошки прихватљивија и практичнија од конвенционалних технологија и производи воду одличног квалитета. Међутим, њена примена је донекле ограничена због проблема зачепљења које смањује продуктивност, квалитет пермеата и учинак обраде. Мембрански поступци се дефинишу као поступци који помоћу мембране деле улазну струју на две струје: пермеат који садржи материје које пролазе кроз мембрану и концентрат (ретентат) који садржи концентрисане отопљене материје које мембрана задржава. Разликују се према покретачкој сили, градијенту притиска, градијенту електричног потенцијала и градијенту хемијског потенцијала.

Притисни мембрански поступци су реверзна осмоза (RO), нанофилтрација (NF), ултрафилтрација (UF) и микрофилтрација (MF), док су електродијализа и дијализа резултат градијента електричног, односно хемијског потенцијала. Основне разлике између наведених поступака су у коришћеном притиску и величини честица које мембрана задржава. Принцип притисног мембранског поступка је да се применом притиска, неке

²⁴ Кнежевић М., Повреновић Д., *Основе технологије пречишћавања отпадних вода*, Технолошко-металуршки факултет, Београд, 2013.

компоненте протискују кроз мембрану. Покретачка сила је разлика притиска (трансмембрански притисак). Величина пора мембрана пада од MF до RO, а тиме расте притисак јер је хидродинамички отпор све већи. Филтрација се може спровести на два начина: класично и тангенцијално. Код класичне филтрације вода долази на мембрану под правим углом и сва пролази. Филтрирана материја остаје на мембрани (енг. „dead-end“) и ствара филтрацијску наслагу (филтрацијски колач). Примењује се кад је филтрацијски медиј релативно скуп, а мембрана јефтина јер брзо долази до зачепљења мембране, али се искористи сав медиј. Код тангенцијалне филтрације (енгл. *cross-flow filtration*) вода улази паралелно с мембраном брзим протоком при чему долази до турбулентног струјања које смањује таложeње филтриране материје на површину мембране. Концентрат с филтрираном материјом се континуирано одводи, па мембрана има дужи период рада с обзиром на чепљење.

Искоришћење на самој мембрани је ниско. Примењује се кад је филтрацијски медиј релативно јефтин, а мембрана скупа.



Слика 26. Поређење класичне и тангенцијалне филтрације

і. Микрофилтрација

Микрофилтрација је мембрански процес који највише подсећа на класичну грубу филтрацију. Поре мембрана за микрофилтрацију крећу се од 0,05 до 10 μm , што је чини погодном за уклањање грубих дисперзија у води. Микрофилтрација има широку примену у лабораторијима и индустрији, где треба уклонити честице веће од 0,1 μm од растварача. У лабораторијима се користи класична филтрација, док је у индустрији заступљенија тангенцијална филтрација. MF се често користи за филтрацију и бистрење различитих пића (вино, пиво, различити сокови) и за стерилизацију раставарача које се у фармацеутској индустрији користе за производњу лекова. Веома је значајна употреба и у биотехнологији где се MF користи за одвајање микробних станица при биотехнолошким ферментацијама и конверзијама. Од почетка 1990-тих MF се користи у обради воде за пиће у сврху смањења броја вируса и одређених микроорганизама као што је *Giardia* да би се задовољиле законске

регулативе. У поређењу са осталим мембранама (UF, NF и RO) мембране за MF су знатно јефтиније и омогућавају велике флуксеве воде кроз мембрану уз коришћење знатно нижих притисака (од 0,1 до 2 bar) од осталих мембрана, што их чини најзаступљенијима у свету.

ii. Ултрафилтрација

Ултрафилтрација UF је мембрански процес сепарације отопљених материја веће молекуларне масе из растварача применом спољашњег притиска. Овај процес се разликује од NF и RO по величини молекула које се сепарирају и по притисцима који се употребљавају. Величина пора UF мембрана је између 0,05 μm и неколико nm. UF мембране су углавном асиметричне, што значи да према улазном растварачу мембрана има најмање поре, које се кроз пресек мембране повећавају према страни пермеата омогућавајући тако филтрацију и чврстоћу мембране коју даје дебљи, позонији део. Овај поступак посебно је повољан за одвајање из растварача топлотни и хемијски осетљивих материја, као што су прехранбени производи и други биолошки материјали. UF се користи у млечној, фармацеутској, текстилној и хемијској индустрији, металургији итд. У технологији воде користи се за уклањање органских молекула веће масе из воде и за уклањање колоида као што су гвожђе и силикати. Треба напоменути да се ултрафилтрацијом уклањају све бактерије из воде, што је чини методом дезинфекције²⁵.

iii. Нанофилтрација

Нанофилтрација - специјалан мембрански процес помоћу кога се могу задржавати честице величине око 0,001 микрона (1 nm). Ту спадају органски молекули са молекуларном тежином већом од 200-400. Нанофилтрацијом се могу уклонити растворене соли у опсегу 20-98%. Соли са моновалентним анјонима (NaCl, CaCl₂) могу бити задржане у опсегу 20-80%, а соли са дивалентним анјонима (MgSO₄, CaCO₃,...) могу бити уклоњене у опсегу 90-98%. Нанофилтрација се користи: - за редукцију тоталног угљеника - за парцијалну деминерализацију - за третман вода за пиће - за редукцију укупних растворених соли - у припреми вода за пиће. Мембране за нанофилтрацију праве се у облику равних листова или шупљих влакана. У случају када су израђене од асиметричних полимера поседују танак филтрациони слој са једне стране. Композитне мембране могу бити израђене од ултратанког филма од полиамида на основи полисулфона²⁶.

²⁵ Мијатовић, И., Матошић, М., *Технологија воде*, интерна скрипта ПБФ, Загреб, 2010.

²⁶ Интернет адреса: <http://bmi.mas.bg.ac.rs/fajlovi/diplomske/BAU2.pdf>, преузето датума: 13.9.2018.

iv. Реверзна осмоза

Мембрански сепарациони процеси, посебно реверзна осмоза као универзална техника за сепарацију, функционисање и концентрисање органских и неорганских супстанци, добијају све већи значај и налазе широку примену у хемијском инжењерству и појединим хемијским технологијама. Наглој експанзији процеса реверзне осмозе посебно су допринели следећи моменти:

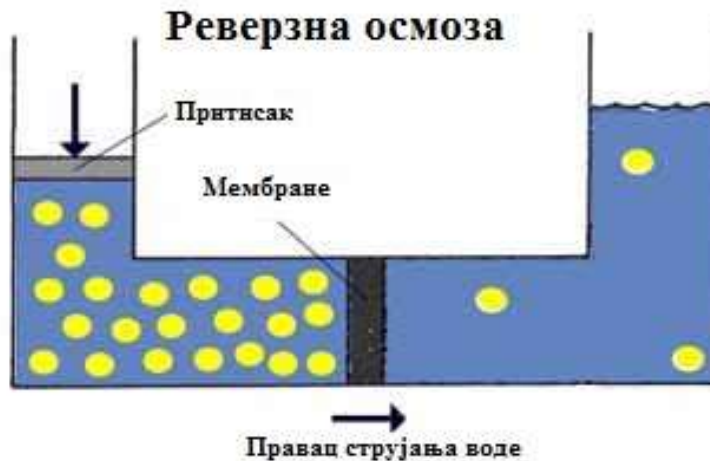
- Процес се одвија изотермно,
- Температура може бити собна или чак и нижа,
- При одвијању процеса нема никаквих фазних промена,
- Процес је континуалан и сам не троши никакве помоћне сировине,
- Постиге се изванредна селективност за поједине раствараче (вода), у односу на било коју растворену материју (са малим бројем изузетака),
- Енергетски биланс је релативно повољан,
- Процес не загађује ни воду ни ваздух и
- Трошкови за опрему су релативно високи, али трошкови одржавања су ниски.

Последњих година цена постројења и мембрана се доста брзо смањује, квалитет и трајност постројења, а нарочито мембрана расту. Изградња је модуларна, па је економичност процеса иста у широким границама, проширивање постројења је једноставно.

Техника реверзне осмозе је започета са основним циљем да се помоћу овог процеса врши десалинизација морске и других сланих вода. У новије време употреба овог процеса проширена је на сепарацију низа органских и неорганских супстанци из воде, посебно за пречишћавање отпадних вода, на концентрисање појединих супстанци из воденог раствора (лекови, воћни сокови) и на фракционисање појединих растворених материја једне од друге, или на бази разлика у молекулским тежинама (мономер и од полимера) или на бази различитих физичко-хемијских карактеристика (соли од органских молекула). Најновији развој иде у правцу примене реверзне осмозе за напред наведене операције од неводених раствора.

Вода се допрема вишестепеном пумпом до спирално намотаних мембранских елемената где се присуство различитих соли уклања издвајањем у два тока:

1. Пермеат: одсољена (деминерализована вода) која је прошла кроз мембранске елементе и
2. Концентрат: растворене материје као концентрат соли који заостаје на површини мембрана и одводи се на другу страну.



Слика 27. Процес реверзне осмозе

Карактеристично за овај процес је да се струјање обавља паралелно са мембраном, а не управно на њу. Пермеат, или добијена пречишћена вода, пролази кроз мембрану док растворена чврста материја, честице и органске материје не могу проћи кроз мембрану већ бивају однесене у одвод као концентрат или отпадна вода.

Најновија технологија омогућава да се применом реверзне осмозе уклања из воде и преко 99% присутних соли. Мембрански елементи представљају молекулска сита и представљају физичку баријеру за пролаз растворених соли, вируса, бактерија и др. те је из тог разлога потребно применити велики притисак од више од 10 бара (који се постиже вишестепеном пумпом за сирову воду) да би се вода приморала да прође кроз ове фине отворе. Због ових карактеристика најфинијег облика филтрације неопходно је претходно урадити квалитетан предтретман сирове воде непосредно пре њеног уласка у систем реверзне осмозе. Предтретман је од суштинске важности за дугорочно ефикасан рад уређаја и стабилност квалитета произведене воде.

Систем за реверзну осмозу представља идеалну опцију за припрему воде за:

- Напојну котловску воду,
- Пијаћу воду,
- Прехрамбену индустрију
- Фармацеутску индустрију,
- Хемодијализу и
- Добијање деминерализоване воде.

Реверзна осмоза обезбеђује воду хемијски квалитетну у складу са захтеваним карактеристикама готово сваког процеса и микробиолошки и здравствено исправну и

безбедну за сваку врсту примене. Сваки систем за реверзну осмозу састоји се из делова који су приказани на слици 28²⁷.



Слика 28. Систем реверзне осмозе

²⁷ Интернет адреса: <https://cwg.rs/uploads/2013/05/4.pdf>, преузето датума: 13.9.2018.

7. Статистички подаци о загађењу вода у Републици Србији

На сајту Републичког завода за статистику могу се пронаћи различити типови информација како о количини искоришћене тако и о количини и месту стварања отпадних вода у Републици Србији. Како су тема нашег рада отпадне воде, на њима ће бити акценат.

7.1. Отпадне воде из насеља у 2017. години

Истраживање о отпадним водама из насеља спроводи се на основу Закона о званичној статистици („Службени гласник РС“, бр 104/09). Циљ спровођења истраживања о отпадним водама из насеља је прикупљање података:

- о количинама отпадних вода испуштених у водопријемник;
- о количинама испуштених непречишћених и пречишћених отпадних вода;
- о врстама примењених третмана за пречишћавање отпадне воде;
- о уређајима за пречишћавање отпадних вода и квалитету третиране воде;
- о биолошкој и хемијској потрошњи кисеоника;
- о подацима о канализационој мрежи.

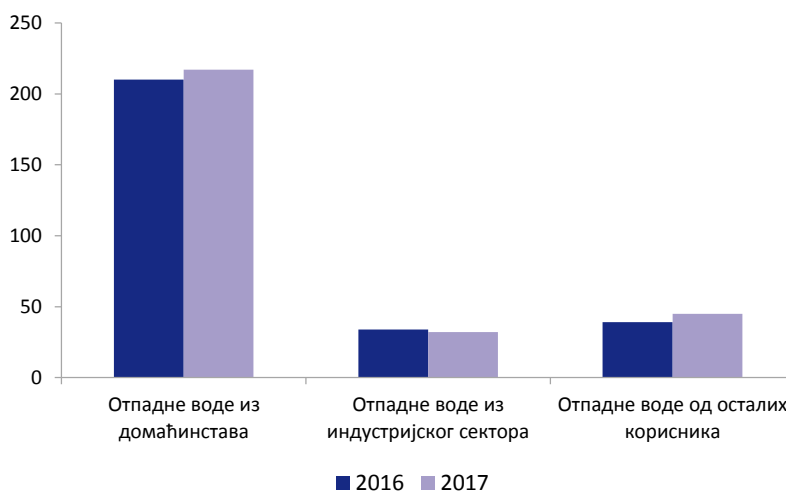
Подаци о отпадним и пречишћеним водама прикупљају се од извештајних јединица које управљају канализационим системима.

Метод прикупљања података је извештајни, тј. извештајна јединица попуњава упитнике на основу документације и евиденције којом располаже. Одговорно стручно лице попуњава упитник траженим подацима у првом кварталу текуће године за протеклу годину. У случају да за неке податке не постоје одговарајућа документација и евиденција, стручно лице обавља процену. Попуњени упитник извештајна јединица доставља надлежном статистичком органу на чијој територији се налази њено седиште до рока предвиђеним годишњим планом. Резултати истраживања се публикују агрегирани, уз поштовање обавезе заштите индивидуалних података, на основу Закона о званичној статистици. Активности при спровођењу Истраживања о отпадним водама из насеља, реализују се према Годишњем плану званичне статистике, који усваја Влада Републике Србије.

Према овом истраживању, вршеног од стране Републичког завода за статистику, за 2017. годину, укупна количина отпадних вода је за 4,0% већа у односу на референтни период 2016. године, од чега се количина отпадних вода испуштена у јавну канализацију повећала за 3,8% у односу на исти период 2016. Количина отпадних вода испуштена у септичке јаме већа је за 4,5% у поређењу са 2016. годином.

Када је реч о испуштању отпадних вода у канализацију у 2017. години у односу на 2016, домаћинства бележе повећање од 3,3%, индустријски сектор смањење од 4,5%, а остали корисници повећање од 14,1%.

У 2017. години пречишћено је 4,4% више отпадних вода него у 2016. години, а најзаступљенији начин пречишћавања био је секундарни третман. Мрежа јавне канализације у 2017. години дужа је за 3,4% у односу на 2016. годину, док је нових прикључака на канализациону мрежу у 2017. години било 1,0% више него претходне године.



Слика 29. Отпадне воде испуштене у јавну канализацију у Републици Србији према пореклу, мил.м³

Табела 8. Отпадне воде испуштене у јавну канализацију мил. м³²⁸

	2016	2017
Отпадне воде– укупно	283	294
Пречишћене отпадне воде	47	49
Примарни третман	5	5
Секундарни третман	33	35
Терцијарни третман	9	9
Непречишћене отпадне воде	236	245

²⁸ Интернет адреса: <http://www.stat.gov.rs/sr-Cyrl>, Датум приступа: 10.7.2018.

Закључак

Одлагање комуналног отпада на санитарне депоније, као опције збрињавања у склопу различитих стратешких опредељења за управљање отпадом, повезано је са целим низом инжењерских и еколошких питања која се неходно морају решавати у току рада депоније, а и након њеног затварања. У првом реду то је контрола емисије депонијског гаса и депонијских процедурних вода који настају као продукт разградње отпада и услед процеђивања падавина кроз одложене слојеве отпада.

Контрола количина и састава процедурних вода темељ су за дугорочан и стабилан рад санитарне депоније, уз све мере које се могу и требају применити у циљу минимизације количина процедурних вода. Тако се у току изградње или санације депонија приступа изградњи доњег мултибаријерног изолационог слоја, у склопу којег се полажу дренажне цеви за прикупљање филтрата. Тако прикупљене процедурне воде се доводе до базена и даље се приступа третману процедурних вода пре коначне диспозиције. Данас се на тржишту и у пракси примењу различити техничко-технолошких поступци којима се могу уклонити загађења до граница прописаних законом за испуштање пречишћаних вода. Прикупљене процедурне воде је неходно третирати пре испуштања у отворени водоток или канализациони систем.

Биолошки процеси са активним муљем су најчешћа пракса за третман процедурних вода, али поједини параметри загађења и даље остају далеко изван дозвољених граница за испуштање (НРК, АОХ и сл.). То је био разлог развијања других технологија, односно примене комбинација технологија као алтернатива или додатни део биолошком пречишћавању процедурних вода. Тако се за третман процедурних вода са депонија врло често примењују се физичко – хемијски поступци, а развој мембранских технологија је довео да пречишћавањем се могу достићи услови за питке воде. Применом реверне осмозе или ултра и нанофилтрације у поступцима обраде процедурних вода достижу се до тада немогући ефекти уклањања сложених једињења и загађења у процедурним водама одлагалишта. Развој мембранско биолошког реактора (МБР технологије) који представља спој биолошког пречишћавања и мембранске филтрације средином 90-тих година бележи почетак примене ове технологије за третман процедурних вода. Иновације у МБР технологији побољшале су услове и примену у комбинацији са другим поступцима пречишћавања отпадних вода, а уједно је дошло до смањења цена мембрана и погонских трошкова уређаја што је омогућило ширу примену ове технологије.

Иако је данас у погону велики број постројења за обраду процедурних вода, развој технологија и тестирања различитих комбинација за пречишћавање још није завршен. И даље се за пречишћавање процедурних вода иновирају постојеће технологије, комбинују различити

поступци, примењују различите хемикалије и слично. Паралелно са активностима на пречишћавању процедних вода, развијају се и методе за искоришћење отпада којима се тежи постићи смањење одлагања отпада, контрола врста и количина које се смеју одложити, а затим се даље контролише начин одлагања отпада, прекривања отворених површина депоније ради смањења продукције процедних вода. Иако би требало пуно више простора за детаљнији преглед поступака пречишћавања процедних вода, у раду је укратко приказан преглед расположивих метода.

Литература

- [1] Victoria Consulting, 2010. Катастар дивљих сметлишта града Врања, 2010.
- [2] Марија З. Здравковић, *Неконтролисана диспозиција чврстог отпада на урбаном и руралном подручју Врања у 2011-2012 год.*, ПМФ, Универзитет у Нишу.2012.
- [3] *Закон о управљању отпадом*, „Службени гласник Републике Србије“ број 36/2009, 88/2010 и 14/2016
- [4] Интернет адреса: www.zastitazivotnesredine.com, датум приступа: 10.7.2018.
- [5] Интернет адреса: www.jkpmediana.rs, датум приступа: 10.7.2018.
- [6] Интернет адреса: www.barajevo.org.rs, приступљено датума: 10.7.2018.
- [7] Нешић В. *Управљање комуналним отпадом и потенцијали за рециклажу јужне и југоисточне Србије*, 2010.
- [8] Стратегија управљања отпадом за период 2010-2019. године, „Службени гласник РС“ бр. 29/2010
- [9] Интернет адреса: www.zastitazivotnesredine.com, приступљено датума: 10.7.2018.
- [10] Закон о заштити животне средине, „Службени гласник Републике Србије“ 43/2011
- [11] Закон о водама, Службени гласник РС број 30/10, 93/12 и 101/16
- [12] Стратегија управљања водама на територији Републике Србије до 2034. године, "Службени гласник РС", број 3 од 18. јануара 2017.
- [13] Уредба о утврђивању водопривредне основе Републике Србије, "Службени гласник РС", бр. 11/2002
- [14] Уредба о одлагању отпада на депоније, „Службени гласник Републике Србије“ бр. 92/2010
- [15] Интернет адреса:
<http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=305&id=30000&akcija=showAll>, приступљено датума: 10.7.2018.
- [16] *Прелиминарна квалитативна и квантитативна анализа процедурних вода и гасова са депонија у циљу успостављања континуалног мониторинга*, Факултет техничких наука, Департамент за инжењерство, Нови Сад, април 2009.

- [17] Крчмар Д., Тонди С., Пешић В., Рончевић С., Варга Н., Гргић М., Далмација Б., *Квалитет подземних и процедурних вода градске депоније комуналног отпада*, Природно-математички факултет, Нови Сад
- [18] Уредба о граничним вредностима емисије загађујућих материја у води и роковима за њено достизање, „Службени гласник, Републике Србије“, број 67/11, 48/12 и 1/16
- [19] ISWA, LEACHATE MANAGEMENT, Antwerp, Belgium 2015
- [20] Кнежевић М., Повреновић Д., *Основе технологије пречишћавања отпадних вода*, Технолошко-металуршки факултет, Београд, 2013.
- [21] Мијатовић, И., Матошић, М., *Технологија воде*, интерна скрипта ПБФ, Загреб, 2010.
- [22] Интернет адреса: <http://bmi.mas.bg.ac.rs/fajlovi/diplomske/BAU2.pdf>, преузето датума: 13.9.2018.
- [23] Интернет адреса: <https://cwg.rs/uploads/2013/05/4.pdf>, преузето датума: 13.9.2018.
- [24] Интернет адреса: <http://www.stat.gov.rs/sr-Cyrl> , датум приступа: 10.7.2018.