

**UNIVERZA V MARIBORU**  
**EKONOMSKO-POSLOVNA FAKULTETA, MARIBOR**

**MAGISTRSKO DELO**

**PREDRAČUNAVANJE STROŠKOV ČIŠČENJA**  
**ODPADNE VODE V PODJETJU X**

Junij 2017

Luka Žirovec



**UNIVERZA V MARIBORU**  
**EKONOMSKO-POSLOVNA FAKULTETA, MARIBOR**

**MAGISTRSKO DELO**

**PREDRAČUNAVANJE STROŠKOV ČIŠČENJA**  
**ODPADNE VODE V PODJETJU X**

**Wastewater Treatment Costs Budgeting in Company X**

Kandidat: mag. Luka Žirovec  
Študent izrednega študija  
Študijski program 2.stopnje »Ekonomske in poslovne vede«  
Študijska usmeritev: Računovodstvo, revizija in davščine  
Mentor: dr. Andreja Lutar Skerbinjek  
Somentor: dr. Matjaž Denac  
Jezikovno pregledal: Sara Prevolnik

Maribor, junij 2017



## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorici prof. dr. Andreji Lutar Skerbinjek za strokovno računovodsko podporo pri nastanku pričujočega dela in somentorju prof. dr. Matjažu Denacu s področja stroke okoljevarstva in okoljskih tehnologij, s čimer sta omogočila izvedbo magistrskega dela z interdisciplinarno vsebino. Zahvala gre tudi zaposlenim v preučevanem podjetju in vsem ostalim, ki so pripomogli k nastanku magistrskega dela.



## POVZETEK

V raziskavi smo analizirali vzroke in posledice onesnaževanja voda, ki predstavljajo nevarnost za zdravje in obstoj človeštva ter drugih vrst. Preučili smo ukrepe, ki se sprejemajo in izvajajo na ravni Evropske unije in Slovenije za varovanje okolja in voda. Ukrepi se v zakonodaji odražajo tudi skozi predpisane mejne vrednosti onesnaževal v odpadni vodi, ki se jih ne sme preseči pri neposrednem ali posrednem spuščanju vode v okolje. To je mogoče dosegati z uporabo najboljših razpoložljivih tehnologij, pri čemer je od vrste odpadne vode odvisno, katera tehnologija je primerna za določeno vrsto odpadne vode oziroma onesnaževal, ki se nahajajo v odpadni vodi.

Osredotočili smo se na konkretno študijo čiščenja izcedne odpadne vode iz komunalnega odlagališča odpadkov, pri čemer je značilno, da so izcedne odpadne vode na vrhu lestvice odpadnih voda glede na težavnost čiščenja, saj imajo zelo kompleksno in spremenljivo vsebino. Čiščenje v preučevanem podjetju poteka z membransko filtracijo, ki sicer predstavlja novejšo tehnologijo čiščenja, vendar pa zaradi specifičnih parametrov izcedne odpadne vode ni najbolj optimalna izbira oziroma kaže določene pomanjkljivosti, predvsem mašenje filtrnih modulov. Zaradi tega potrebuje podjetje tehnološko drugačno rešitev, ki pa mora biti konkretno podprta tako s tehnološkimi parametri čiščenja kot samimi informacijami glede stroškov, ki jih čiščenje povzroča.

Ustrezno tehnološko rešitev čiščenja izcedne odpadne vode za preučevano podjetje predstavlja elektrokemični način čiščenja, ki je predmet podrobnejše preučitve. Za preučevano podjetje so bile izvedene konkretne meritve čiščenja in izračunani stroški, ki pri tem nastajajo. Pri okoljskem vidiku gre za merjenje vhodnih parametrov v čistilno napravo in učinkovitost čiščenja skozi izhodne parametre iz čistilne naprave, pri računovodskem vidiku gre za ugotavljanje potroškov, do katerih prihaja v procesu čiščenja, in učinkov po koncu procesa čiščenja ter posledično stroškov, ki pri vsem tem nastajajo. Tako so skozi celovito zbrane podatke prikazane tehnološke in računovodske informacije za poslovodstvo, ki mu bodo v pomoč pri nadaljnjih poslovnih odločitvah.

Relevantno informacijo predstavlja tudi prikazana ekonomska upravičenost investicijskega vlaganja v novo čistilno napravo, saj je okoljska in tehnološka primernost čiščenja izcedne odpadne vode podprta s finančno upravičenostjo investicijskega vlaganja. Dodano vrednost naloge vsekakor predstavlja interdisciplinarnost tematike, in sicer teoretično in praktično inženirsko podprte empirične meritve parametrov in preračunih potroškov, ki predstavljajo osnovo za izračun stroškov čiščenja.

Naloga poleg računovodskega vidika poudari tudi okoljski vidik oziroma želi dvigniti okoljsko zavest o pomenu varovanja okolja, pri tem pa investicije v okolje niso nujno le finančno breme za podjetja, temveč lahko predstavljajo stroškovno smiseln ukrep.

**Ključne besede:** predračunavanje, proizvodjalni stroški, izcedna odpadna voda, čistilne tehnologije.





## ABSTRACT

Our research analyzes causes and effects of water pollution which poses a threat to the health and existence of mankind and other species. We have examined the measures to be taken and implemented at the European Union and Slovenian environment and water protection level. Measures in the legislation are also reflected through the prescribed limit values of contaminants in the wastewater that must not be exceeded during the direct or indirect water discharge into the environment. This can be achieved using the best available technologies, where the type of wastewater determines which technology is suitable for a particular type of wastewater or pollutants found in such water.

We focused on a practical study on leachate water from municipal landfill. Here, waste water is considered to be at the high end of water pollution in relation to the difficulty of cleaning due to its complex and variable content. Water treatment in the studied company is carried out by membrane filtration, which otherwise represents the latest cleaning technology, but is due to specific parameters of leachate water not the most optimal choice or shows some shortcomings, particularly clogging of the filter modules. For this reason, the company needs a different technological solution that must be supported by technological purification parameters as well as cost analyses concerning the cleaning.

Electrochemical cleaning mode presents an appropriate technological solution for waste water cleaning of the studied company, and is further subjected to a more detailed examination. For the studied company, concrete measurements for cleaning and calculations of its costs were carried out. The environmental aspect is concerned with measurements of the input parameters of the cleaning device and its efficiency reflected through the output parameters from the treatment plant. The financial aspect is concerned with identifying the expenses that occur during the cleaning process, its after-effects and subsequent costs. The technological and accounting information for management are shown through collection of comprehensive data that will be helpful in future business decisions.

Economic viability, in terms of investing in a new wastewater treatment plant as described here, presents relevant information, for both technological and environmental viability are supported by financial investment eligibility. The added value of the thesis is reflected in interdisciplinary topics, namely theoretical and practical engineering measurements of the parameters, and calculated exceeds which represent the basis for budgeting the cost of landfill leachate treatment.

Besides the accounting perspective, the thesis highlights the environmental aspect and strives to raise the environmental awareness of the importance of environmental protection, while maintaining the view where environmental investments are not only a financial burden for the companies, but may represent a cost-sensible measure.

**Key Words:** budgeting, production costs, landfill leachate, treatment technologies.



# KAZALO

<b>1 UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1 Opredelitev raziskovalnega področja in opis problema .....	1
1.2 Namen, cilji, hipoteze in potek raziskave .....	3
1.3 Predpostavke in omejitve .....	5
1.4 Predvidene metode .....	5
<b>2 VZROKI, POSLEDICE IN UKREPI NA PODROČJU ONESNAŽENIH VODA</b>	<b>7</b>
2.1 O onesnaževanju voda.....	7
2.2 Okoljska politika in pravna ureditev na področju onesnaževanja voda .....	10
2.3 Okoljska ekonomika in podjetništvo .....	19
2.4 Ugotovitve drugega poglavja .....	22
<b>3 RAZVOJ TEHNOLOGIJ ČIŠČENJA ODPADNIH VODA IN ČIŠČENJE IZCEDNIH ODPADNIH VODA</b> .....	<b>24</b>
3.1 Razvoj čiščenja odpadnih voda .....	24
3.2 Membranska in elektrokemijska tehnologija čiščenja odpadnih voda .....	26
3.3 Analiza študij na področju elektrokemijskega čiščenja izcednih odpadnih voda.....	30
3.4 Ugotovitve tretjega poglavja.....	35
<b>4 RAČUNOVODSKO-TEORETIČNE PODLAGE PRI PREDRAČUNAVANJU</b>	<b>37</b>
4.1 Stroški.....	37
4.2 Izbrane tipologije stroškov in njihovo razporejanje.....	38
4.3 Predračunavanje stroškov .....	44
4.4 Metodika predračunavanja .....	45
4.5 Ugotovitve četrtega poglavja .....	47
<b>5 PREDRAČUNAVANJE STROŠKOV ČIŠČENJA IZCEDNE ODPADNE VODE V PODJETJU X</b> .....	<b>49</b>
5.1 Opis stanja in elektrokemijskega postopka čiščenja izcedne odpadne vode .....	49
5.2 Značilne vrste stroškov čiščenja izcedne odpadne vode .....	51
5.3 Zajem podatkov, potrebnih za predračunavanje stroškov čistilne naprave .....	54
5.4 Predračunavanje stroškov čiščenja.....	61
5.5 Ekonomska upravičenost investicijskega vlaganja v novo čistilno napravo .....	71
5.6 Ugotovitve petega poglavja .....	77
<b>6 SKLEP</b> .....	<b>79</b>
<b>LITERATURA IN VIRI</b> .....	<b>82</b>

## KAZALO SLIK

SLIKA 1: POTEK IZVEDBE RAZISKAVE .....	4
SLIKA 2: ODPADNE VODE PO STOPNJAH ČIŠČENJA V SLOVENIJI <sup>21</sup> .....	20
SLIKA 3: OBSEG OKOLJEVARSTVENIH STORITEV V SLOVENIJI .....	21
SLIKA 4: SHEMA SEDANJEGA PROCESA ČIŠČENJA IZCEDNE ODPADNE VODE V PODJETJU X .....	49
SLIKA 5: PODROBNEJŠI PRIKAZ STARE ČISTILNE NAPRAVE (DELA PROCESA ČIŠČENJA) IZCEDNE ODPADNE VODE V PODJETJU X.....	50
SLIKA 6: SHEMA NOVEGA PROCESA ČIŠČENJA IZCEDNE ODPADNE VODE V PODJETJU X	50
SLIKA 7: PODROBNEJŠI PRIKAZ NOVE ČISTILNE NAPRAVE (DELA PROCESA ČIŠČENJA) V PODJETJU X.....	51

## KAZALO TABEL

TABELA 1: POSTOPKI ČIŠČENJA ODPADNIH VODA.....	26
TABELA 2: PREDNOSTI IN SLABOSTI REVERZNE OSMOZE.....	27
TABELA 3: PREDNOSTI IN SLABOSTI ELEKTROKOAGULACIJE-ELEKTROFLOTACIJE IN ELEKTROOKSIDACIJE.....	28
TABELA 4: PRIMERJAVA KOMBINIRANIH PROCESOV ČIŠČENJA IZCEDNIH ODPADNIH VODA .....	33
TABELA 5: VREDNOSTI VHODNIH PARAMETROV IN MEJNE VREDNOSTI IZHODNIH PARAMETROV IZCEDNE ODPADNE VODE NA PODLAGI MESEČNIH MERITEV V PODJETJU X.....	55
TABELA 6: PODATKI O VREDNOSTIH IZHODNIH PARAMETROV (mg/L) IN ŠTEVILU ENOT OBREMNITVE V IZCEDNI ODPADNI VODI V PODJETJU X.....	57
TABELA 7: PORABNIKI ELEKTRIČNE ENERGIJE PRI NOVEM ČISTILNEM PROCESU .....	59
TABELA 8: SIMULACIJA RAZMERJA MED PORABO ELEKTRIČNE ENERGIJE (kWh/m <sup>3</sup> ) IN SOLI (g/m <sup>3</sup> ) ZA IZCEDNO ODPADNO VODO V PODJETJU X .....	60
TABELA 9: STROŠKI FILTERNIH PLATEN, HIDRAVLICNEGA OLJA IN REAKCIJSKIH PLOŠČ NA m <sup>3</sup> PRI ČIŠČENJU IZCEDNE ODPADNE VODE V PODJETJU X.....	61
TABELA 10: MESEČNI STROŠKI ELEKTRIKE PRI ČIŠČENJU IZCEDNE ODPADNE VODE V PODJETJU X.....	62
TABELA 11: SIMULACIJA RAZMERJA MED STROŠKI ELEKTRIČNE ENERGIJE IN STROŠKI SOLI NA m <sup>3</sup> IZCEDNE ODPADNE VODE V PODJETJU X.....	63
TABELA 12: OKOLJSKI MESEČNI STROŠKI Z UČINKI ČIŠČENJA ZA IZCEDNO ODPADNO VODO V PODJETJU X .....	64
TABELA 13: OKOLJSKI MESEČNI STROŠKI BREZ UČINKOV ČIŠČENJA ZA IZCEDNO ODPADNO VODO V PODJETJU X.....	65
TABELA 14: AMORTIZACIJA OSNOVNIH SREDSTEV ZA STROŠKOVNO MESTO ČISTILNA NAPRAVA.....	66
TABELA 15: OPERATIVNI SPREMENLJIVI IN OPERATIVNI STALNI MESEČNI STROŠKI ČIŠČENJA IZCEDNE ODPADNE VODE V PODJETJU X .....	68
TABELA 16: RAZDELITEV LETNIH POSREDNIH (UPRAVNO-PRODAJNIH) STROŠKOV NA STROŠKOVNO MESTO ČISTILNA NAPRAVA V PODJETJU X .....	69

TABELA 17: LASTNA CENA ČIŠČENJA IZCEDNE ODPADNE VODE.....	69
TABELA 18: PORAZDELJENOST STROŠKOV ČIŠČENJA IZCEDNE ODPADNE VODE V PODJETJU X V EUR.....	70
TABELA 19: PORAZDELJENOST STROŠKOV ČIŠČENJA IZCEDNE ODPADNE VODE V PODJETJU X V % .....	70
TABELA 20: LETNI STROŠKI STAREGA IN NOVEGA ČISTILNEGA PROCESA ZA PODJETJE X .....	75
TABELA 21: VREDNOST OSNOVNIH SREDSTEV STARE IN NOVE ČISTILNE NAPRAVE ZA PODJETJE X.....	75
TABELA 22: NETO SEDANJA VREDNOST PRI NADALJNEM DELOVANJU STARE ČISTILNE NAPRAVE V PODJETJU X.....	76
TABELA 23: NETO SEDANJA VREDNOST PRI MENJAVI STARE Z NOVO ČISTILNO NAPRAVO V PODJETJU X.....	76
TABELA 24: TEHNIČNA ANALIZA NETO SEDANJE VREDNOSTI, INTERNE STOPNJE DONOSNOSTI, PRILAGOJENE INTERNE STOPNJE DONOSNOSTI IN DISKONTIRANE DOBE POVRAČILA INVESTICIJE.....	77

# SEZNAM OKRAJŠAV

AOX	organohalogeneske spojine
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
BAF	biološki zračni filter
BAT	najboljše razpoložljive tehnologije
BPK	biološka potreba po kisiku
BREF	referenčni dokument najboljših razpoložljivih tehnologij
BTX	lahkohlapni aromatski ogljikovodiki
ČN	čistilna naprava
EAO	Evropska agencija za okolje
EIPPCB	Evropski urad za nadzor in preprečevanje onesnaževanja
EMS	sistem ravnanja z okoljem
EO	enote obremenitve
GAC	granulirano aktivno oglje
SBBGR	zaporedni prekatni reaktor z granuliranim aktivnim ogljem
IED	Direktiva o industrijskih emisijah
IPPC	Direktiva o celovitem preprečevanju in nadzoru onesnaževanja
KPK	kemijska potreba po kisiku
LC	lastna cena
MOP	Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije
NH <sub>3</sub> -N	celotni amonijev dušik
PAH	policiklični aromatski ogljikovodiki
POP	obstojna organska onesnaževala
RCERO	Regionalni center za ravnanje z odpadki
RO	reverzna osmoza
SBR	zaporedni prekatni reaktor
TOC	celotni organski ogljik
UBAF	zgornji biološki zračni filter
UASB	anaerobni reaktor s plastjo granul

# 1 UVOD

## 1.1 Opredelitev raziskovalnega področja in opis problema

Tematika raziskovanja v pričujoči nalogi sega na področje okoljevarstva oziroma onesnaževanja, zakonske regulacije le-tega in tehnoloških možnosti reševanja okoljskih problemov. Problem, ki ga naslavlja oziroma išče odgovore nanj, zadeva izbrano podjetje, in sicer kako bo podjetju zamenjava obstoječega fizikalnega postopka z elektrokemičnim postopkom čiščenja rešila tehnološke probleme, ki nastajajo pri sedanjem čiščenju izcedne odpadne vode, kaj novi postopek čiščenja pomeni z vidika izpolnjevanja okoljskih zahtev, kako tehnološko poteka novi čistilni proces in kakšni stroški čiščenja pri tem nastajajo.

Dandanes prihaja do vedno večjih okoljskih obremenitev in vplivov na okolje. Posledično regulatorni (nad)nacionalni organi z namenom zaščite okolja sprejemajo in določajo okoljske standarde in predpise, ki jih morajo izpolnjevati tako prebivalstvo kot podjetja, ki praviloma težijo k racionalnemu delovanju, zato želijo glede svojega poslovanja v čim večji meri pridobiti informacije, ki lahko upravičijo sprejetje oziroma izvajanje določenih procesov v podjetju. Preučevano podjetje odpravlja gospodarsko javno službo, kar pomeni, da zagotavlja materialne javne dobrine kot proizvode in storitve, katerih trajno in nemoteno proizvodnjo v javnem interesu zagotavlja država ali nižja oblastna avtoriteta, vsekakor pa mora upoštevati tudi ekonomski vidik poslovanja, prav tako izjemno pomemben del predstavlja ustrezna skrb za okolje.

Okoljska politika se izvaja s pomočjo okoljske zakonodaje, smernic, strategij ..., ki jo na državni ravni sprejema nacionalna oblast, prav tako je Slovenija del Evropske unije in je posledično podvržena tudi k spoštovanju predpisov s področja okolja, ki se sprejemajo na ravni Evropske unije. Sprejete okoljske ukrepe pa je treba tudi izvajati, za kar so v Sloveniji v prvi vrsti pristojni državni organi – Ministrstvo za okolje in prostor (v nadaljevanju MOP) in v okviru tega pristojne službe – Agencija Republike Slovenije za okolje (v nadaljevanju ARSO). Področje odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode urejajo zakonski in podzakonski predpisi na področju emisij pri odvajanju odpadne vode ter podzakonski predpisi na področju javnih služb varstva okolja.

Po zakonodaji se v Sloveniji obremenjenost industrijske odpadne vode ugotavlja na podlagi Poročila o obratovalnem monitoringu<sup>1</sup> odpadnih voda, kar se ugotavlja na način, ki je določen po 21. členu Pravilnika o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda ter o pogojih za njegovo izvajanje. Osnovni parametri<sup>2</sup>, ki so potrebni za ovrednotenje odpadne vode, so po 4. členu pravilnika: temperatura, pH vrednost,

---

<sup>1</sup> Monitoring pomeni rutinsko opazovanje, vzorčenje in preskušanje določenega prostora ali parametrov, da bi določili učinkovitost čiščenja ali skladnost s standardi ali z zahtevami (Roš, 2015, str. 195).

<sup>2</sup> Obširneje parametre razdelimo na splošne (temperatura, pH, neraztopljene snovi, usedljive snovi, obarvanost), ekotoksikološke (strupenost za vodne bolhe, biološka razgradljivost), anorganske (različne kovine, klor, dušikove in fosforjeve spojine) in organske (celotni organski ogljik (v nadaljevanju TOC), kemijska potreba po kisiku (v nadaljevanju KPK), biokemijska potreba po kisiku (v nadaljevanju BPK), organohalogenne spojine (v nadaljevanju AOX)).

neraztopljene in usedljive snovi<sup>3</sup>, KPK<sup>4</sup> in BPK<sup>5</sup> (Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda ter o pogojih za njegovo izvajanje). Na podlagi predpisanih standardov vzorčenja in meritev, kar izvajajo akreditirani laboratoriji, se določa fizikalne, biološke in kemijske značilnosti vode, ki so podlaga za ovrednotenje odpadne vode. Odpadne vode pa je treba očistiti do te mere, da niso več škodljive za okolje. Za te namene obstajajo različni postopki čiščenja, in sicer fizikalni, fizikalno-kemijski, kemijski, biološki, anaerobno čiščenje, sodobnejši postopki biološkega čiščenja in elektrokemijski postopki čiščenja<sup>6</sup>.

Pri čiščenju onesnaževal, prisotnih v izcedni odpadni vodi v podjetju X, je bilo na podlagi njihovih internih analiz ugotovljeno, da so te vode glede na vhodne parametre za biološko predčiščenje neprimerne, slabo razgradljive in jih je smiselno čistiti s fizikalno-kemijskimi in z elektro-kemijskimi postopki čiščenja. Na stroške čiščenja, ki bi jih povzročala določena metoda čiščenja, v prvi vrsti vplivajo vhodni parametri izcedne odpadne vode. Slednji ne samo da vplivajo na stroške, ampak v osnovi določajo, ali je lahko čiščenje z določeno metodo uspešno ali ne. Preučevano podjetje za čiščenje odpadne vode uporablja fizikalni način čiščenja, in sicer membransko filtracijo (reverzno osmozo)<sup>7</sup>. V praksi se je izkazalo, da v podjetju zaradi povečanega parametra KPK in neraztopljenih snovi na dotoku prihaja do pogostega mašenja in poškodb filternih modulov na reverzni osmozi, s čimer prihaja do začasnih izpadov in se povečuje število posegov ter stroški obratovanja. Zato se med možnimi metodami čiščenja glede na številne prednosti kot najprimernejša nova alternativa izkazuje elektrokemijski način čiščenja odpadne vode, ki ga je treba podrobneje preučiti.

S področja čiščenja odpadne vode z elektrokemijo obstajajo različne tuje strokovne študije. Pri tem študije izpostavljajo naslednje postopke, in sicer: koagulacija-flokulacija (Amokrane in drugi, 1997; Diamadopolos, 1994; Tasti in drugi, 2003; Kargi in Pamukoglu, 2004), kemijsko obarjanje (Ozturk in drugi, 2003; Calli in drugi, 2005; Cecen in Gursoy, 2000), izpihovanje plinov (Diamadopolos 1994; Ozturk in drugi, 2003; Calli in drugi, 2005; Cecen in Gursoy, 2000), elektroflotacija-elektrokoagulacija (Ricordel in drugi, 2010; Kobya in drugi, 2010; Ghernaout in drugi, 2011; Chaturvedi, 2013), elektrooksidacija (Del Moro in drugi, 2016; Urtiaga in drugi, 2009; Woisetschläger in drugi, 2013). Te z vidika primerjanih tehnoloških sistemov ugotavljajo, da se pri elektrokemijskem postopku minimalni obratovalni stroški gibljejo okoli 0,50 USD/m<sup>3</sup> prečiščene vode s procesom elektrokoagulacije in okoli 3,00 USD/m<sup>3</sup> s procesom elektrooksidacije. Ob tem je treba upoštevati, da je izcedne odpadne vode tehnološko

---

<sup>3</sup> V vodi so prisotne posamezne organske in anorganske snovi. Zmes vode in usedljivih snovi imenujemo suspenzija. Usedljive snovi so neraztopljene snovi, ki so se usedle v enem litru vode po dvournem usedanju. Poleg tega poznamo še lebdeče in plavajoče snovi. Prve so tiste, ki se po dveh urah ne usedejo, niti ne splavajo na površino, druge pa so tiste, ki po tem času plavajo na vodi (Opinio, 2016).

<sup>4</sup> KPK je parameter, ki pove količino kisika, potrebno za kemijsko oksidacijo organskega onesnaženja v odpadni vodi (Opinio, 2016).

<sup>5</sup> BPK je biološki test, pri katerem ugotavljamo zmanjšanje koncentracije kisika po preteku nazivne dobe 5 dni (BPK5) oziroma 21 dni (BPK21), kolikor je potrebno za popolno oksidacijo biološko razgradljivega onesnaženja (Opinio, 2016).

<sup>6</sup> Gre za splošno klasifikacijo tehnoloških možnosti čiščenja odpadne vode po skupinah, znotraj katere je možnih več postopkov čiščenja (več o tem Roš, 2015).

<sup>7</sup> Praviloma tehnološko najboljše rezultate dajejo različne kombinacije čiščenja, vendar pa to po drugi strani podjetjem predstavlja omejitve, kot so možnosti prostorske umestitve, zahtevana hitrost čiščenja, finančne omejitve itd. Prav tako lahko podjetja upoštevajo že obstoječe danosti, ki so jim na voljo – npr. iztok obdelane odpadne vode iz podjetja X je urejen v javno kanalizacijsko omrežje, ki vodi v mestno centralno čistilno napravo, kjer je možna naknadna mehanska in biološka obdelava vode.



zahtevno čistiti in tudi njihova sestava ni takšna, kot je bila pred leti<sup>8</sup>. Prav tako ni mogoče pričakovati oziroma z zanesljivostjo potrditi, da bodo doseženi isti rezultati pri čiščenju izcedne odpadne vode z določenim postopkom čiščenja, kot jih navajajo razne študije. Tako študije predstavljajo ustrezen referenčni okvir, natančnejše podatke pa je mogoče zanesljivo podati le na podlagi konkretne študije primera.

Podjetje tako potrebuje informacije, ali je določena tehnologija primerna tudi v praksi oziroma kako bi sprejetje nove tehnologije vplivalo na okolje, na organizacijski ustroj delovanja podjetja (porazdelitev nalog in pristojnosti, organizacijske postopke od dotoka do iztoka) in na spremembe, ki jih je pričakovati pri stroških poslovanja. Vse to predstavlja pomembna izhodišča, ki jih je treba upoštevati pri predračunavanju stroškov čiščenja. Le strokovno in empirično preverljive informacije (tako s tehnološkega kot z računovodskega vidika) pa lahko predstavljajo ustrezno izhodišče pri nadaljnjih odločitvah podjetja.

## **1.2 Namen, cilji, hipoteze in potek raziskave**

### **Namen magistrskega dela**

Namen magistrskega dela je s tehnološkega in stroškovnega vidika proučiti učinke, ki jih prinaša elektrokemijski postopek čiščenja odpadne vode v podjetju.

### **Cilji magistrskega dela**

Cilji magistrskega dela v teoretičnem delu so:

- preučiti okoljske vplive, ki jih povzroča onesnaževanje voda, pravni okvir in usmeritve okoljske politike;
- definirati parametre, ki določajo onesnaženost odpadne vode;
- predstaviti možne tehnologije, študije in stroške ravnanja z odpadno vodo;
- opisati računovodsko teoretične podlage predračunavanja.

Cilji magistrskega dela v praktičnem delu so:

- opisati obstoječe stanje glede ravnanja z odpadno vodo v podjetju;
- opisati tehnološki koncept delovanja izbranega čistilnega procesa v podjetju;
- empirično ugotoviti parametre onesnaženosti in okoljsko obremenitev v podjetju;
- opredeliti dejavnike, ki vplivajo na porabo potroškov čiščenja v podjetju;
- izvesti tehnične predračune in empirične meritve potroškov čiščenja v podjetju;
- izvesti predračunavanje stroškov čiščenja v podjetju.

### **Raziskovalne trditve magistrskega dela**

Iz ciljev izhajajo naslednje raziskovalne trditve, ki smo si jih zastavili:

T1: Elektrokemijska tehnologija čiščenja predstavlja uspešen način ravnanja z odpadno vodo v podjetju X.

---

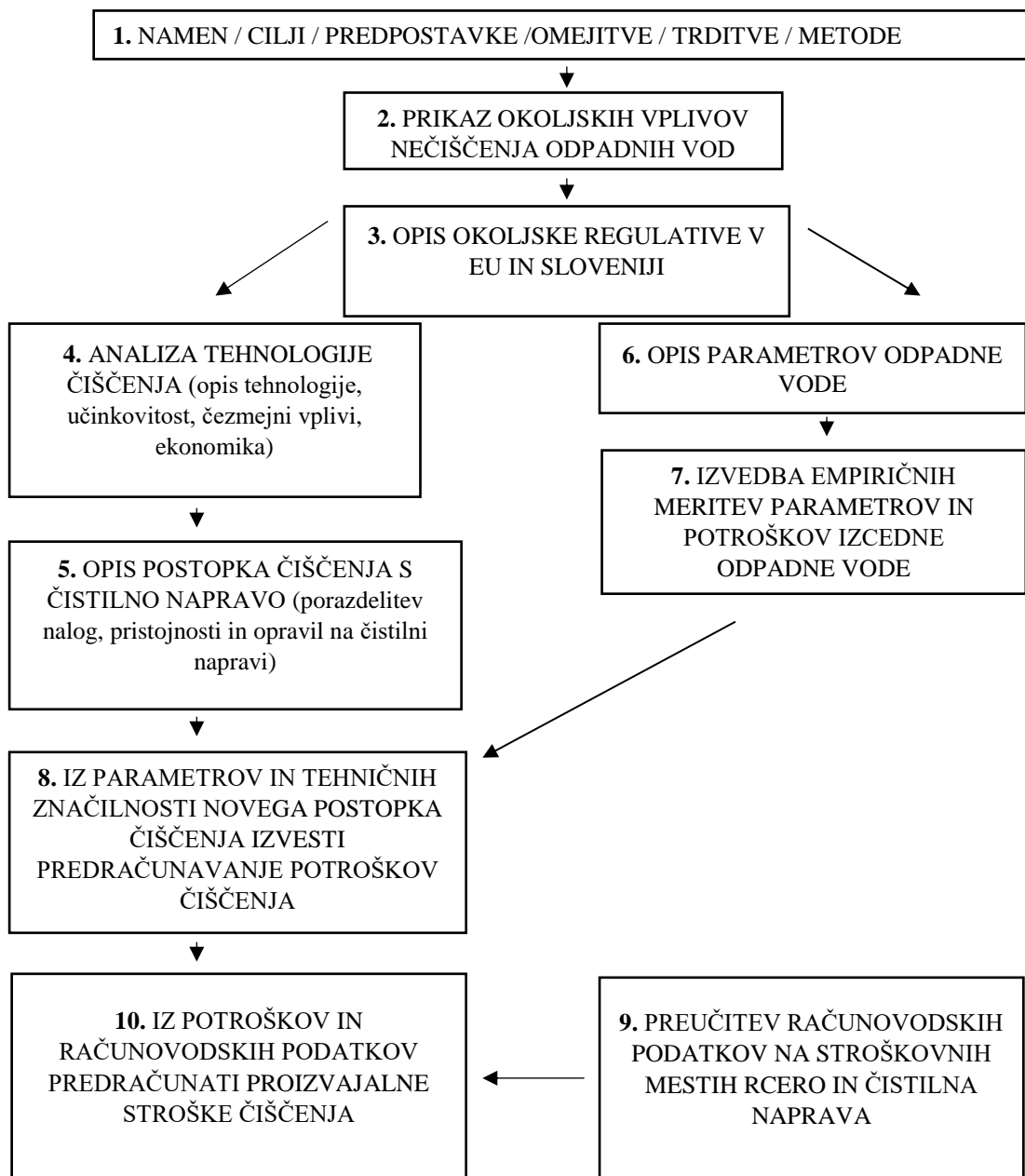
<sup>8</sup> O tem govorijo različne študije (npr. Bo in drugi, 2016), prav tako marsikje po »načrtih na ključ« še danes potekajo investicije, ki v nezadostni meri upoštevajo spremenjene okoliščine.

T2: Na podlagi predračunanih potroškov čiščenja predstavlja spremenljivi del stroškov električne energije najvišji strošek med spremenljivimi neposrednimi proizvodjalnimi stroški v podjetju X.

### Potek izvedbe magistrskega dela

Potek izvedbe raziskave je podrobneje ponazorjen s shemo (Slika 1).

Slika 1: Potek izvedbe raziskave



Vir: (Lastni prikaz).

### 1.3 Predpostavke in omejitve

Predpostavlja se:

- da so empirični laboratorijski podatki čiščenja na realnih vzorcih izcedne odpadne vode iz podjetja primerni za apliciranje na realne kapacitete čiščenja;
- da so spremenljivi stroški preučevanega čistilnega procesa sorazmerno spremenljivi;
- da pri procesu čiščenja ne nastajajo zaloge (gre za sistem just-in-time);
- da so podatki o tehničnih značilnostih posamičnih komponent na čistilnem sistemu verodostojni;
- da bodo okoliščine v prihodnje enake kot v obdobju preučevanja oziroma da ne bo prihajalo do pomembnih odmikov od predvidenih (npr. količine čiščenja);
- da se okoljska zakonodaja ne bo spreminjala.

Omejitve:

- v teoretičnem delu se omejimo na literaturo v slovenskem in angleškem jeziku, prav tako omejen obseg naloge onemogoča podrobnejšo poglobitev te tematike;
- za namene predračunavanja predelave odpadne vode v določenih primerih upoštevamo podatke iz preteklih obdobj preučevanega podjetja (npr. količino odpadne vode), prav tako se omejimo glede števila izvedenih laboratorijskih analiz;
- pri analizi stroškov čiščenja se omejimo na proizvodjalne stroške;
- omejimo se na membranski in elektrokemijski način čiščenja;
- omejimo se na čiščenje industrijske odpadne vode, konkretnije na izcedne odpadne vode v podjetju X.

### 1.4 Predvidene metode

V raziskavi gre za študijo primera. Teoretični del magistrske naloge bo osnovan na sekundarnih virih (na domači in tuji literaturi z omenjenega področja). Delo bo vsebovalo tudi praktičen del, kjer bomo z merjenjem kvantitativnih veličin (podatkov, podanih v obliki števil) zagotovili povezavo med empiričnim opazovanjem in matematičnim odrazom kvantitativnih razmerij. To zadeva ugotavljanje parametrov čiščenja za podjetje, ugotavljanje tehnoloških značilnosti čiščenja in s tem predvidene stroške čiščenja.

T1: Uporabljena bo metoda deskripcije, kompilacije in empirična metoda. Z deskripcijo in kompilacijo bomo opisali zakonodajo (vrste onesnaževal) in uspešnost čiščenja z novo tehnologijo. Če je tehnologija čiščenja uspešna, bomo na prvem nivoju presojali na podlagi teoretične strokovne literature, z vidika katere snovi ta tehnologija uspešno odstranjuje (zmanjšuje). Na drugem nivoju bomo uspešnost presojali s proučitvijo konkretnih študij primerov, na tretjem nivoju bomo empirično zbrali podatke in preučili, ali so v skladu z merilnimi metodami (opredeljenimi v Prilogi 2) izmerjeni izhodni parametri odpadne vode v podjetju X skladni s Pravilnikom o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda ter pogojih za njegovo izvajanje, z Uredbo o emisiji snovi pri odvajanju izcedne vode iz odlagališč odpadkov in Uredbo o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo.

T2: Uporabljena bo metoda sinteze in analize. S sintezo bomo ugotovili in združili vse potroške, ki jih povzroča čiščenje, in na podlagi tega izračunali stroške. Z analizo bomo izračunane stroške razčlenili po predvidenih kriterijih (npr. členitev stroškov na

neposredne in posredne ter na spremenljive in stalne), na podlagi katerih bomo ugotovili, kakšen delež imajo pri čiščenju stroški elektrike. Na podlagi predračunanih potroškov čiščenja bomo preverili, ali spremenljivi del stroškov električne energije predstavlja najvišje stroške čiščenja med spremenljivimi neposrednimi proizvodnimi stroški. Vsebinsko bomo trditev preučili na treh ravneh, in sicer na prvi z vidika teoretične opredelitve in razčlenitve stroškov, na drugi ravni skozi identifikacijo stroškov, ki nastajajo pri elektrokemijskem čiščenju, in predstavitev študij s tega področja ter na tretji ravni z izvedbo konkretnega predračunavanja in analizo proizvodnih stroškov čiščenja.

## **2 VZROKI, POSLEDICE IN UKREPI NA PODROČJU ONESNAŽENIH VODA**

### **2.1 O onesnaževanju voda**

Varstvo okolja, kot ga pojmuje danes, je aktivnost človeške družbe, značilna od začetka druge polovice 20. stoletja dalje. V najbolj splošnem pomenu je to skrb za zdravo, čisto okolje oziroma prizadevanje za ohranjanje še neobremenjenega okolja (preventiva) ter za izboljševanje že prizadetega, morda celo preobremenjenega okolja (kurativa). Temelji na spremenjenem odnosu človeka do narave in okolja sploh ter čedalje bolj sega v različne pore družbe. Usmerjeno je predvsem na negativne posege v okolje in na njihovo odpravljanje ter preprečevanje. Sestavni del varstva okolja je varovanje sleherne njegove sestavine, od zraka, vode, prsti do pestrosti rastlinskih in živalskih vrst ter njihovega genskega materiala (Kim, 2003).

Degradacija okolja je njegova preobrazba s porušenim naravnim ravnovesjem zaradi čezmernega obremenjevanja ali zmanjševanja samočistilne sposobnosti okolja in njegovih sestavin. Obremenjeno okolje označujemo kot obliko degradacije ali razvrednotenja okolja s stopnjo vnosa emisij v vseh treh agregatnih stanjih, ki presegajo samočistilne sposobnosti okolja in so nevarne za zdravje, razvoj in obstoj človeka ter drugih vrst. Obremenjeno okolje se kaže v večji ali manjši stopnji obremenjenosti vode, zraka, prsti in drugih njegovih sestavin, kar povzroča številne pokrajinske, zdravstvene, gospodarske in druge posledice (Plut v Smrekar, 2006, str. 16).

Voda je naravna dobrina, ki je po človekovem videnju ključnega pomena za pitje, kuhanje, higieno, industrijske dejavnosti, kmetijstvo, razvoj mest in podeželja, promet, rekreacijo in številne druge dejavnosti. Mnogi problemi so posledica razvojnih modelov, ki so okoljsko uničujoči, in pomanjkanja splošne ozaveščenosti ter izobraževanja o potrebnosti in načinih varovanja vodnih virov. Splošno je razširjeno nerazumevanje povezave med različnimi oblikami razvoja in njihovim vplivom na vodne vire. Če želimo ohraniti kakovostne vodne vire, moramo človekove dejavnosti tako prilagoditi, da bodo v skladu z omejitvami narave in bo ohranjeno delovanje ekosistemov. Ključno je nadaljnje načrtovanje rabe zemljišč, razumsko koriščenje gozdnih virov in varovanje občutljivih ekosistemov. Gospodarjenje z vodnimi viri in odločanje o posegih, ki imajo lahko različne posledice, moramo zaupati najširšemu sloju prebivalstva (Smrekar, 2006, str. 17).

#### **Povzročitelji onesnaževanja voda**

Onesnaževanje voda v večini povzročajo odpadne vode. Gre za vode, ki jim je človek s svojo dejavnostjo spremenil fizikalne, kemijske in biološke lastnosti.

Odpadna voda je onesnažena voda, ki nastaja zaradi človekovega (antropogenega) vpliva pri uporabi vode v gospodinjstvu (pri pranju, splakovanju, kuhanju, tuširanju itd.), na kmetijskih farmah (gnojnica, gnojevka itd.), v gospodarskih objektih (sanitarna odpadna voda, odpadna voda iz javnih kuhinj, gostiln ali hotelov itd.), industriji (industrijske odpadne vode, hladilne vode), pri spiranju utrjenih površin ob deževju (padavinska odpadna voda, odpadna voda z avtocestnih površin itd.) (Roš, 2015, str. 19).

Izvor odpadnih vod je različen. Več kot polovico vseh odpadnih voda predstavljajo padavinske in zaledne vode, približno polovico manj od njih prispevajo gospodinjstva, preostali del odpade na industrijske dejavnosti, kot so predelovalne dejavnosti, rudarstvo, oskrba z električno energijo in gradbeništvo ter druge dejavnosti. Najmanj k odpadnim vodam prispevajo kmetijstvo, gozdarstvo in ribištvo (Kajfež-Bogataj, 2014, str. 100).

Najbolj splošno razdelimo odpadne vode na (Roš, 2015, str. 19):

- komunalne odpadne vode (mešanica gospodinskih in gospodarskih odpadnih vod),
- kmetijske odpadne vode (odpadne vode z različnih farm),
- industrijske odpadne vode (odpadne vode iz različnih industrijskih obratov),
- hladilne odpadne vode (iz različnih hladilnih sistemov) in
- padavinske odpadne vode (deževnica z utrjenih površin).

Glavni viri odpadnih vod v kemijski industriji so rezultat (EIPPCB, 2003, str. i):

- kemičnih sintez,
- sistemov za obdelavo odpadnih plinov,
- priprave vode za pomožne sisteme,
- puščanja iz izpustov iz sistemov napajalne kotlovske vode,
- kaluženja hladilnih tokokrogov,
- protitočnega spiranja filtrov in ionskih izmenjevalcev,
- izlužkov iz odlagališč odpadkov in
- deževnice z onesnaženih površin itd.

Na področjih komunalnih dejavnosti so viri onesnaženja<sup>9</sup> (Jamnik in drugi, 2014, str. 25):

- izcedne vode iz komunalnih odlagališč odpadkov,
- izcedne vode iz divjih odlagališč odpadkov,
- neprečiščene odpadne vode iz kanalizacijskih objektov, ki odtekajo neposredno v podzemno vodo, neprečiščene odpadne vode iz kanalizacijskih objektov, ki odtekajo neposredno v vodotoke,
- neprečiščene odpadne vode iz greznic,
- očiščene odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav in
- potencialno iztekanje iz poškodovanih kanalizacijskih vodov.

## **Posledice onesnaženih voda**

Zaradi okoljskih podnebnih sprememb, človeških dejavnikov in tehnoloških napak, napačne uporabe kemikalij, razlitij in eksplozij v kemični industriji nastaja precejšnja gospodarska škoda in degradacija okolja (Duan in drugi, povzeto po Tang in drugi, 2016, str. 1).

Pospешen razvoj kmetijstva, s katerim se je začelo množično uporabljati mineralna gnojila, je zvišal vsebnost dušikovih spojin, predvsem nitratov, pa tudi kalija in fosfata. Od začetka 20. stoletja strmo narašča proizvodnja snovi, ki jih je za svoje potrebe

---

<sup>9</sup> Pri v nadaljevanju naštetih alinejah gre za aktivno onesnaževanje, s čimer avtorji mislijo na vse tiste vire, ki so glede na starost aktualni in se aktivno vršijo za razliko od potencialnih virov onesnaževanja. Pri slednjih gre za posledice preteklih dejavnosti, kot je nekdanja industrija in nekdanja odlagališča. Glede na register onesnaževalcev je teh manj kot 1 %.

sintetiziral človek in so naravi tuje. Iz osnovne surovine nafte in halogenov<sup>10</sup> so bile sintetizirane različne polimerne snovi, lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki, pesticidi in druge spojine. Mnoge od teh snovi uvrščamo med obstojna organska onesnaževala (v nadaljevanju POP), ki se zelo počasi razgrajujejo in se kopičijo v živih organizmih. Izkoriščanje rud in njihova predelava ter kasnejša uporaba je na površje zemlje spravila lažje topne oblike strupenih težkih kovin, ki so v vodonosnikih redkejše. To so npr. živo srebro, krom, kadmij, svinec in nikelj (Kajfež-Bogataj, 2014, str. 119).

Odpadne vode vsebujejo veliko dušika in fosforja, ki sta glavna povzročitelja evtrofikacije<sup>11</sup>. Visoka vsebnost hranil, ki se nahaja v odpadni vodi, pa lahko povzroči resne spremembe v sestavi rastlinskih in živalskih vrst. Voda, ki je bogata s hranilnimi snovmi (predvsem s fosforjem), pospešuje rast alg. Odmrle alge se posedajo na dno in gnijejo, pri bakterijskem razkroju pa se porablja kisik, katerega pomanjkanje povzroča posledice na vseh vodnih organizmih, ki ga potrebujejo za dihanje, kar posledično pomeni njihovo poginjanje, kar zopet pomeni razkrajanje le-teh. Gre za problem, ki je najbolj razviden v stoječih oziroma počasi tekočih vodah (npr. jezera, ribniki, počasni vodotoki), ki imajo manjše samočistilne sposobnosti.

Za glavne učinke odpadnih voda v kemični industriji so značilni (EIPPCB, 2003, str. i):

- hidravlično obremenjevanje,
- prisotnost onesnaževal (izražena kot obremenitev ali koncentracija),
- dejanski ali možni škodljivi učinki na sprejemne vode, izraženi kot nadomestni ali sumarni parametri in
- škodljivi učinki na organizme v sprejemni vodi, izraženi kot podatki o strupenosti.

Kemične snovi, ki onesnažujejo vodo, zajemajo široko paleto onesnaževal, vključno hranila, kot so dušik in fosforjeve spojine ter organska onesnaževala. Industrializacija in intenzivna uporaba kemičnih snovi, kot so nafta, ogljikovodiki (npr. policiklični aromatski – v nadaljevanju PAH in alifatski), benzen, toluen, etilbenzen in ksilen, klorirani ogljikovodiki, kot so poliklorirani bifenili, trikloretilen, in perkloroetilen, nitroaromatske spojine, organske fosforjeve spojine, topila, pesticidi in težke kovine<sup>12</sup>, prispevajo k onesnaževanju okolja (Sharma in Sanghi, 2012, str. 2).

Onesnaževala, ki se pogosto pojavljajo v odpadnih vodah, so POP-si, onesnaževala iz kmetijstva, arzen, težke kovine in barvila. POP-si škodijo zdravju zaradi njihovega kopičenja v organizmih (angl. bioaccumulation) in kumulativnega povečevanja koncentracij v vedno višjih ravneh prehranjevalne verige (angl. biomagnification) (prav tam, 3). Pesticidi, ki se uporabljajo v kmetijstvu, spremenijo membransko propustnost celic, uničijo strukturo celic, preprečujejo pravilno regulacijo, ki je odgovorna za encimske reakcije, s čimer povzročajo kancerogene, mutagene in/ali teratogene učinke na živa bitja (Fatur in drugi, 2006). Arzen (kot posledica uporabe v kmetijstvu, rudarjenju in industriji) povzroča raka, bolezni srca, nevrološke in druge bolezni. Odpadna voda iz različnih industrij, kot so kovinska, elektro in plastična, vsebuje veliko težkih kovin, med

---

<sup>10</sup> Halogen je element, ki (s kovinami) tvori soli. Halogeni so vezani tudi v nekaterih organskih spojinah, ki so v živih organizmih.

<sup>11</sup> Evtrofikacija je proces, s katerim se večja količina biomase v vodi, kar je posledica povečane koncentracije anorganskih hranil (npr. nitratov in fosfatov) v ekosistemu. Največkrat je posledica vnašanja odpadne vode iz kanalizacije in gnojnih kmetijskih površin v ekosistem (Wikipedia, 2016a).

<sup>12</sup> Izraz se nanaša na kovine in polkovine, ki imajo gostoto večjo od 5 g/cm<sup>3</sup> in so običajno povezane z onesnaževanjem in toksičnostjo, čeprav so nekatere od teh (esencialne kovine) potrebne organizmu pri nizkih koncentracijah (Dang in drugi, 2009).

katerimi so najpogostejše kadmij, krom, baker, svinec, nikelj in cink. Njihova visoka toksičnost in kopičenje v organizmih v prehranski verigi predstavlja enega od ključnih okoljskih in zdravstvenih problemov družbe. Strupena za vodno okolje so prav tako barvila, katerih odstranitev iz odpadne vode je zato enako pomembna kot odstranitev topnih brezbarvnih organskih snovi (Sharma in Sanghi, 2012, str. 3).

V oceni kakovosti vode, ki jo je podala Evropska agencija za okolje (v nadaljevanju EAO), v poročilu ugotavlja, da se je kakovost vode izboljšala, vendar obremenjenost voda s hranili še naprej povzroča težave. Čezmerni vnos hranil (predvsem dušika in fosforja) v vodno okolje povzroča eutrofikacijo, zaradi česar se spreminjata številčnost in pestrost vrst, prihaja pa tudi do cvetenja alg, mrtvih območij brez kisika in izpiranja nitratov v podtalnico. Vse te spremembe ogrožajo dolgoročno kakovost vodnih okolij (EAO, 2015a, str. 66).

## **2.2 Okoljska politika in pravna ureditev na področju onesnaževanja voda**

### **Okoljska politika in zakonodaja v Evropski uniji**

#### *Pravna podlaga*

Pravno podlago dajejo 11. člen, 191. člen, 192. člen in 193. člen Pogodbe o delovanju Evropske unije. Evropska unija je pristojna za ukrepanje na vseh področjih okoljske politike, kot so onesnaženost zraka in vode, ravnanje z odpadki in podnebne spremembe. Obseg ukrepov je omejen z načelom subsidiarnosti in z zahtevo za soglasje v Evropskem svetu v zadevah, povezanih z davki, prostorskim načrtovanjem, rabo zemljišč, kvantitativnim upravljanjem vodnih virov, izbiro virov energije in strukturo oskrbe z energijo (Evropski parlament, 2016). Poleg tega ima Evropska unija, ki predstavlja članice unije, pomembno vlogo v mednarodnih pogajanjih o okolju.

#### *Temeljna načela*

Okoljska politika Evropske unije temelji na previdnostnem načelu in na načelih, da je potrebno delovati preventivno, da se okoljska bremena primarno odpravljajo pri viru onesnaževanja in da škodo plača povzročitelj obremenitve.

Previdnostno načelo predstavlja obvladovanje tveganja na način, da se ga uporabi, kadar obstaja znanstvena negotovost glede domnevnih tveganj za zdravje ljudi ali okolje, ki izhajajo iz določenega ukrepa ali politike. Z izvajanjem načela se tveganje prepreči, za kar zadostuje že obstoj dvoma o morebitnih nevarnih učinkih proizvoda in nezmožnost objektivnega znanstvenega zavrženja dvoma<sup>13</sup>.

Načelo odgovornosti povzročitelja določa Direktiva o okoljski odgovornosti (ELD direktiva), katere namen je preprečiti ali drugače odpraviti okoljsko škodo za zaščitene vrste in za naravne habitate, vodo ter tla. Izvajalci nekaterih poklicnih dejavnosti, kot je prevoz nevarnih snovi, ali dejavnosti, pri katerih prihaja do izpustov v vodo, morajo v primeru neposredne nevarnosti za okolje sprejeti preventivne ukrepe. Če je škoda že

---

<sup>13</sup> Nasprotno predstavlja načelo počakaj in videl boš (angl. wait-and-see principle), kjer je posledice mogoče dokazati šele naknadno že po izvajanju določenega ukrepa ali politike.



nastala, morajo sprejeti ustrezne ukrepe za odpravo škode in plačati stroške teh ukrepov<sup>14</sup> (Evropski parlament, 2016).

### ***Presoja vplivov na okolje in javna udeležba***

Za nekatere posamezne projekte (bodisi zasebne ali javne), ki bodo verjetno močno vplivali na okolje, npr. gradnja avtoceste ali letališča, je treba opraviti presojo vplivov na okolje. Prav tako je treba za vrsto javnih načrtov in programov (npr. v zvezi z rabo zemljišč, prometom, energijo, odpadki ali kmetijstvom) opraviti podoben postopek, imenovan strateška presoja vplivov na okolje. V tem primeru so okoljski pomisleki vključeni že v fazi načrtovanja in morebitne posledice upoštevane, preden je projekt potrjen oziroma odobren, s tem pa se zagotovi visoka raven okoljske zaščite. V obeh primerih ima posvetovanje z javnostjo osrednjo vlogo<sup>15</sup> (Evropski parlament, 2016).

### ***Horizontalne strategije***

Horizontalne politike Evropske unije zajemajo tista področja, ki so sprejeta na ravni Evropske unije. Gre za skupne politike iz naslednjih področij: regionalizem, davki, sociala, konkurenčnost in okolje. Zaradi institucionalnega okvira Evropske unije in same vsebine jih je smiselno reševati na skupni nadnacionalni ravni in predstavljajo skupen okvir, ki je zavezujoč za vse članice unije (npr. minimalni okoljski standardi).

Skupna evropska okoljska politika je ključnega pomena za kakovost življenja državljanov Evropske unije. V evropskem gospodarstvu, ki se spopada z močno mednarodno konkurenco, je izziv za oblikovalce politik, da sprejmejo ukrepe, ki omogočajo, da neboleče dosežejo cilj rasti, ki je skladen z bistvenimi zahtevami okolja. Evropska unija zasleduje usklajen program trajnostne rasti, kar je mogoče zaznati skozi sprejete skupne strategije Evropske unije (Europedia, 2011).

Leta 2000 je bila oblikovana Lizbonska strategija s ciljem, da mora Evropska unija postati najbolj dinamično, konkurenčno in na znanju temelječe gospodarstvo na svetu. Osredotočena je bila zlasti na spodbujanje rasti in delovnih mest s povečevanjem konkurenčnosti Evropske unije. Že naslednje leto je bila v Göteborgu ta strategija dopolnjena z okoljsko razsežnostjo, iz česar se je rodila strategija Evropske unije za trajnostno rast (leta 2006 je bila prenovljena in je združila notranjo in mednarodno razsežnost trajnostnega razvoja). Najnovejša strategija Evropske unije za rast Evropa 2020 med drugim določa glavni cilj za podnebje in energijo. Njen cilj je vzpostaviti pametno, vključujočo in trajnostno rast. V okviru te strategije je bila sprejeta vodilna

---

<sup>14</sup> Poleg teh dveh ključnih načel Correlje in drugi (2007, str. 1500) omenjajo še načelo, da plača onesnaževalec in načelo, da plača uporabnik, pri čemer se oba navezujeta na tistega, ki naj nosi stroške degradacije okolja. Po načelu onesnaževalec plača gre za plačilo stroškov povzročanja onesnaževanja, zaradi katerih je onesnaževalcu omogočena rast (ponudbena stran ekonomije), pri načelu uporabnik plača pa gre za izčrpavanje naravnega kapitala s strani povpraševanja. Načelo vira onesnaževanja govori o tem, da naj se okoljska škoda prednostno preprečuje na strani izvora kot na strani končnega izhoda onesnaženja v okolje (angl. end-of-pipe tehnologija). Nekatera druga načela, ki se vežejo na bolj konkretna področja (npr. upravljanje z odpadki), sta načelo samozadostnosti, ki govori o tem, da je treba probleme z večino odpadkov urediti v isti regiji, v kateri nastajajo, in načelo bližine, kar pomeni, da naj se odpadke upravlja čim bližje kraju proizvodnje, saj ima tudi transport pomemben vpliv na okolje (Correlje in drugi, 2007, str. 1500).

<sup>15</sup> Slednje je skladno tudi z Aarhuško konvencijo, kjer se javnosti zagotavlja pravica pri odločanju okoljskih tematik, pravica dostopa do okoljskih informacij, ki jih hranijo javni organi, in pravica dostopa do pravnega varstva, v kolikor prvi dve pravici nista upoštevani.

pobuda za Evropo, gospodarno z viri, ki je usmerjena v trajnostno rast in podpira prehod na gospodarstvo z učinkovito rabo virov in nizkimi emisijami ogljika (Evropski parlament, 2016).

### ***Okoljski akcijski programi***

Evropska komisija vse od leta 1973 sprejema večletne okoljske akcijske programe, v katerih določi prihodnje zakonodajne predloge in cilje za okoljsko politiko Evropske unije, nadalje pa se posebej sprejmejo konkretni ukrepi.

Zadnji veljavi sedmi okoljski akcijski program sta sprejela Evropski svet in Evropski parlament leta 2013 za obdobje do leta 2020 z naslovom dobro živeti ob upoštevanju omejitev našega planeta. V njem je določenih devet prednostnih ciljev, med katerimi so varstvo narave, močnejša ekološka odpornost, trajnostna rast z nizkimi emisijami ogljika, gospodarnost z viri, ter boj proti zdravstvenim tveganjem, povezanim z okoljem. V programu je poudarjena tudi potreba po boljšem izvajanju okoljske zakonodaje Evropske unije, najsodobnejši znanosti, naložbah in vključevanju okoljskih vidikov v druge politike (EAO, 2015a, str. 19).

### ***Izvajanje, izvrševanje in spremljanje okoljske politike***

Za izvajanje, izvrševanje in spremljanje okoljske politike je potreben določen pravni okvir. Glavna pravna vira Evropske unije sta primarno in sekundarno pravo. Primarno pravo se lahko šteje za vir prava Evropske unije z najvišjo pravno močjo. Predstavlja osnovo pravnemu redu Evropske unije in obsega predvsem mednarodne pogodbe. Sekundarno pravo sestoji iz pravnih aktov Evropske unije in sporazumov. Med prve spadajo predvsem uredbe, direktive, sklepi, mnenja in priporočila, med druge pa se uvrščajo mednarodni sporazumi ali konvencije, ki so dogovorjeni med Evropsko unijo in državo (ali organizacijo), ter medinstitucionalni sporazumi (dogovorjeni med institucijami Evropske unije). Med institucijami je Evropski svet tisti, ki sprejema oziroma potrjuje ključne pravne akte skupnih evropskih politik (pri sprejemanju odločitev pogosto sodeluje Evropski parlament kot sozakonodajalec). Za izvrševanje sprejetih evropskih politik je pristojna Evropska komisija kot izvršilni organ in v okviru tega strokovni neodvisni organi, kot je npr. EAO.

Okoljska zakonodaja Evropske unije se nadgrajuje vse od 70. let 20. stoletja. Na tem področju se danes uporablja več sto direktiv, uredb in sklepov oziroma odločb. Toda učinkovitost okoljske politike Evropske unije je v veliki meri odvisna od njenega izvajanja na nacionalni, regionalni in lokalni ravni. Kljub temu je pomanjkljivo izvajanje in izvrševanje še vedno nezanemarljiv problem. Nadvse pomembno je tudi spremljanje – tako stanja okolja kot ravni izvajanja okoljske zakonodaje Evropske unije (Evropski parlament, 2016).

Pomemben organ predstavlja EAO, katere namen je podpreti razvoj, izvajanje in ocenjevanje okoljske politike ter obveščati splošno javnost o okoljskih zadevah. Zagotavlja informacije o stanju okolja in obetih na tem področju. V ta namen zbira, upravlja in analizira podatke ter usklajuje delo Evropskega okoljskega informacijskega in opazovalnega omrežja (Eionet). Evropski register izpustov in prenosov onesnaževal (E-PRTR) zagotavlja ključne okoljske podatke o izpustih onesnaževal v zrak, vodo in tla

ter o prenosih odpadkov in onesnaževal v odpadnih vodah izven kraja nastanka iz več kot 30.000 industrijskih obratov v Evropski uniji<sup>16</sup> (EAO, 2016).

### **Okoljska politika in pravni predpisi v Sloveniji**

Okoljska politika se izvaja s pomočjo okoljske zakonodaje, smernic, strategij itd., ki jo na državni ravni sprejema nacionalna oblast, prav tako je Slovenija del Evropske unije in je posledično podvržena tudi k spoštovanju predpisov s področja okolja, ki se sprejemajo na ravni Evropske unije. Sprejete okoljske ukrepe je treba tudi izvajati, za kar so v prvi vrsti pristojni državni organi (MOP) in v okviru tega pristojne službe (ARSO).

Med predpisi, ki obravnavajo okolje, je mogoče začeti s samo ustavo kot najvišjim pravnim aktom države, ki v 70. členu govori o pravici do pitne vode, da so vodni viri javno dobro in služijo prednostno in trajnostno k oskrbi prebivalstva. V 72. členu govori o zdravem življenjskem okolju, in sicer pravi, da ima vsakdo »v skladu z zakonom pravico do zdravega življenjskega okolja. Država skrbi za zdravo življenjsko okolje. V ta namen zakon določa pogoje in načine za opravljanje gospodarskih in drugih dejavnosti. Zakon določa, ob katerih pogojih in v kakšnem obsegu je povzročitelj škode v življenjskem okolju dolžan poravnati škodo« (Ustava Republike Slovenije, 2015).

Zakon o varstvu okolja (ZVO-1) ureja varstvo okolja pred obremenjevanjem, kot temeljni pogoj za trajnostni razvoj, in v tem okviru določa temeljna načela varstva okolja, ukrepe varstva okolja, spremljanje stanja okolja in informacije o okolju, ekonomske in finančne instrumente varstva okolja, javne službe varstva okolja in druga z varstvom okolja povezana vprašanja. Njegov namen je spodbujanje in usmerjanje takšnega družbenega razvoja, ki omogoča dolgoročne pogoje za človekovo zdravje, počutje in kakovost njegovega življenja ter ohranjanje biotske raznovrstnosti (Zakon o varstvu okolja, 1. in 2. člen).

Zakon o vodah (ZV) ureja upravljanje z morjem, celinskimi in podzemnimi vodami ter vodnimi in priobalnimi zemljišči. Obsega varstvo voda, urejanje voda in odločanje o rabi voda, ureja tudi javno dobro in javne službe na področju voda, vodne objekte in naprave ter druga vprašanja, povezana z vodami. Njegov cilj je doseganje dobrega stanja voda in drugih z vodami povezanih ekosistemov, zagotavljanje varstva pred škodljivim delovanjem voda, ohranjanje in uravnavanje vodnih količin in spodbujanje trajnostne rabe voda, ki omogoča različne vrste rabe voda ob upoštevanju dolgoročnega varstva razpoložljivih vodnih virov in njihove kakovosti (Zakon o vodah, 1. in 2. člen).

Področje odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda urejajo zakonski in podzakonski predpisi na področju emisij pri odvajanju odpadnih voda ter podzakonski predpisi na področju javnih služb varstva okolja (MOP, 2016b):

- Zakon o varstvu okolja,
- Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo,
- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav,
- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadne vode iz malih komunalnih čistilnih naprav,

---

<sup>16</sup> Poleg članic Evropske unije zajema register še Islandijo, Lihtenštajn, Norveško, Srbijo in Švico.

- Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda ter o pogojih za njegovo izvajanje,
- Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne in padavinske odpadne vode,
- Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode.

Treba je poudariti, da je slovenska zakonodaja harmonizirana z zahtevami evropske zakonodaje. Tako področje odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda na evropski ravni ureja Direktiva Sveta z dne 21. maja 1991 o čiščenju komunalnih odpadnih voda (91/271/EGS).

Slovenija je prav tako dolžna poročati o dejanskem stanju pri izvajanju predpisanih zahtev, pri čemer mora biti poročilo skladno s (MOP, 2016b):

- 16. členom Direktive 91/271/EGS o stanju pri odvajanju komunalnih odpadnih voda in blata na nacionalni ravni in v skladu s 15. členom Direktive 91/271/EGS o rezultatih monitoringa izpustov iz komunalnih čistilnih naprav ter monitoringa voda, v katere se stekajo izpusti iz komunalnih čistilnih naprav,
- 17. členom Direktive 91/271/EGS o izvajanju operativnega programa odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda

MOP je tisto, ki je resorno pristojno za področje voda. Pristojno je, da v okviru okoljske politike pripravlja in spremlja osnovne strateške dokumente na področju okolja (npr. Nacionalni program varstva okolja), druge operativne programe, tematske strategije ter sistemske naloge integracije varstva okolja v politike ostalih sektorjev. Ključni strateški dokument s področja voda je Načrt upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja 2015–2021. Prav tako je bil pripravljen osnutek za izpolnitev zahteve Vodne direktive, v skladu s katero so morali biti Načrti upravljanja voda sprejeti do 22. 12. 2015 posodobljeni, pred njihovim sprejemom pa je bilo treba izvesti postopke sodelovanja z javnostmi in drugimi deležniki (MOP, 2016a).

Vodna direktiva določa vodno-načrtovalske aktivnosti in delovne korake v povezavi s pripravo načrta upravljanja voda (šestletna načrtovalska obdobja se zaključijo s sprejemom načrta upravljanja voda). Direktiva določa, da morajo države članice izvesti analize stanja vodnega okolja, analize obremenitev (hidromorfološke obremenitve, onesnaževanje voda ...) in analize vplivov na vodno okolje, določiti pomembne obremenitve in z namenom doseganja ciljev dobrega stanja voda določiti stroškovno učinkovite ukrepe za doseganje okoljskih ciljev<sup>17</sup> (Evropska komisija, 2016).

### **Značilnosti in parametri odpadnih voda**

Zaradi različne narave nastanka odpadnih voda vsebujejo odpadne vode različna onesnaževala, ki imajo raznolike fizikalne, kemijske in biološke lastnosti. Posamezne lastnosti so odvisne od uporabe vode v naseljih (vaseh in mestih), prispevka industrije in trgovine, vremena in infiltracije (dotoka) tujih vod, ki dotekajo v kanalizacijski sistem zaradi netesnih cevi (Roš, 2015, str. 19).

---

<sup>17</sup> Poleg vodne direktive (2000/60/ES) je evropska skupnost sprejela še druge direktive s področja upravljanja voda, in sicer: Direktiva o podzemnih vodah (2006/118/ES), Direktiva o okoljskih standardih kakovosti na področju vodne politike (2008/105/ES), Kopalna direktiva (2006/7/ES, 76/160/EGS), Nitratna direktiva (91/676/EEC) in Operativni program, Poplavna direktiva (2007/60/ES), Okvirna direktiva o Strategiji morij (2008/56/ES), Suše in pomanjkanje vode (sporočilo EK) in Prilagajanje podnebnim spremembam (sporočilo EK) (MOP, 2016c).

Najpomembnejša fizikalna lastnost odpadnih voda so celotne trdne snovi, sestavljene iz plavajočih snovi, usedljivih snovi, koloidnih delcev<sup>18</sup> in raztopljenih snovi. Ostale pomembne fizikalne lastnosti vključujejo porazdelitev trdnih delcev, motnost, barvo, prepustnost, temperaturo, prevodnost, koncentracijo in specifično maso. Kemijske lastnosti lahko najbolj splošno razdelimo na anorganske in organske snovi s svojimi lastnostmi, ki jih mnogokrat opredeljujejo posamezne spojine ali sklopi spojin. Biološke lastnosti odpadnih voda so temeljnega pomena zaradi kontrole bolezni, ki jih povzročajo patogeni organizmi človeškega izvora, in zato, ker imajo obsežno in temeljno vlogo bakterij in drugih organizmov pri razgradnji in stabilizaciji organskih snovi, tako v naravi kot v čistilnih napravah. Glavne skupine mikroorganizmov, ki jih najdemo v površinskih in odpadnih vodah, so bakterije, glive, praživali, mikroskopske rastline in živali ter virusi (prav tam, 19).

Značilnosti odpadnih voda je treba ustrezno ugotoviti, za kar se uporabljajo parametri, s katerimi se izmerijo lastnosti odpadnih voda. To poteka z monitoringom, osnovni način izvajanja monitoringa pa je določen s Pravilnikom o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda ter o pogojih za njegovo izvajanje.

Za izvajanje monitoringa in ocenjevanje stanja kakovosti slovenskih voda je v skladu z Zakonom o varstvu okolja zadolžena ARSO. Programi monitoringa so pripravljene v skladu s predpisi, ki vsebinsko povzemajo določila evropskih direktiv, in v skladu z oceno stanja ter analizo obremenitev na posameznem vodnem telesu. Vključujejo spremljanje kakovosti rek, jezer in morja, podzemnih voda ter območij posebnih režimov (Dobnikar Tehovnik, 2008, str. 11).

Uredba o emisiji snovi pri odvajanju izcedne vode iz odlagališč odpadkov, ki je usklajena z evropsko zakonodajo, določa posebne zahteve v zvezi z emisijo snovi pri odvajanju izcedne vode iz odlagališč odpadkov, in sicer mejne vrednosti parametrov izcedne vode (Priloga 1) in posebne ukrepe v zvezi z zmanjševanjem emisije snovi<sup>19</sup>. Ukrepi, ki jih zahteva 5. člen Uredbe za zmanjšanje obremenjevanja voda, so, da se mora izcedna odpadna voda iz telesa odlagališča za inertne, nenevarne ali nevarne odpadke ali iz telesa rudarskih odpadkov na območju naprave za ravnanje z rudarskimi odpadki odvajati ločeno od padavinske odpadne vode in drugih vod, ki ne prihajajo v stik s telesom odlagališča ali s telesom odloženih rudarskih odpadkov.

### **Celovito preprečevanje in nadzor onesnaževanja**

Industrijski proizvodnji procesi v Evropi predstavljajo precejšen delež onesnaževanja, kot so izpusti toplogrednih plinov, zakisovanje (angl. acidification), emisije odpadnih voda in odpadki. Tako je leta 1996 Evropska unija za preprečevanje in nadzor industrijskih obratov sprejela vrsto ukrepov oziroma skupnih pravil, ki so združeni v Direktivo o

---

<sup>18</sup> Koloidi so fino porazdeljene trdne snovi (manjše od 0,002 mm in večje kot 0,000001 mm), ki se ne usedajo, ampak se lahko odstranijo s koagulacijo, biokemijskim delovanjem ali membransko filtracijo. To so delci med pravo raztopino in suspenzijo (Roš, 2015, str. 192).

<sup>19</sup> Za vprašanja o emisiji snovi in toplote pri odvajanju izcedne vode, ki niso urejena s to uredbo, se uporablja predpis, ki ureja emisijo snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo, glede obratovalnega monitoringa izcedne vode pa se uporablja predpis, ki ureja prve meritve in obratovalni monitoring odpadnih voda ter pogoje za njegovo izvajanje, in predpis, ki ureja odlaganje odpadkov na odlagališčih (Uredba o emisiji snovi pri odvajanju izcedne vode iz odlagališč odpadkov, 1. člen).

celovitem preprečevanju in nadzoru onesnaževanja (v nadaljevanju IPPC direktivo), ki je tudi predmet vsakokratnega posodabljanja.

Namen IPPC direktive je celovito in koordinirano preprečevati in nadzirati emisije, ki nastajajo pri delovanju industrijskih obratov. Cilj celostnega pristopa k nadzoru onesnaževanja, ob upoštevanju ravnanja z odpadki, je preprečevati emisije v zrak, vodo ali tla, če je to izvedljivo, v kolikor pa ni, je treba emisije zmanjšati na najmanjšo možno raven, da bi dosegli visoko stopnjo varstva okolja kot celote (Evropski parlament, 2008).

IPPC direktiva govori o zmanjševanju onesnaževanja iz različnih industrijskih virov po celotni Evropski uniji. Upravljalci industrijskih obratov morajo v skladu s to direktivo (kar je podrobneje določeno z aneksom 1 k tej direktivi) pridobiti okoljevarstveno dovoljenje od oblasti oziroma nacionalno pristojnih organov. Obstaja okoli 52.000 obratov (naprav), ki so zajete v IPPC direktivo. Za celovito izpolnjevanje direktive je bilo določeno, da morajo vsi stari obrati, ki so predmet znatne spremembe, in vsi novi obrati zadostiti direktivi od 30. oktobra 1999, vsi ostali obstoječi obrati pa najkasneje do 30. oktobra 2007 (Evropska komisija, 2015).

IPPC direktiva temelji na več načelih, in sicer celovitem pristopu, najboljših razpoložljivih tehnikah, fleksibilnosti in participaciji javnosti (prav tam):

1. Celovit pristop pomeni, da morajo dovoljenja upoštevati vse okoljske vplive delovanja obrata, kar zajema emisije v zrak, vodo in tla, nastajanje odpadkov, porabo surovin, energetska učinkovitost, hrup, preprečevanje nesreč in obnovo mesta obrata ob zaprtju. Namen direktive je zagotoviti visoko raven varstva okolja kot celote.
2. Pogoji za izdajo dovoljenja (vključno z mejnimi vrednostmi emisij) morajo temeljiti na najboljših razpoložljivih tehnologijah (v nadaljevanju BAT), kot določa IPPC direktiva. Za pomoč organom, ki podeljujejo okoljevarstveno dovoljenje in podjetjem pri določanju BAT-ov, komisija organizira izmenjavo informacij med strokovnjaki iz držav članic, industrijo in okoljskimi organizacijami, koordinirano s strani Evropskega IPPC urada. Rezultati slednjega so objavljeni v BAT referenčnih dokumentih, to so t. i. referenčni dokumenti najboljših razpoložljivih tehnologij (v nadaljevanju BREF).
3. Elementi fleksibilnosti omogočajo organom, ki podeljujejo okoljevarstveno dovoljenje, določanje okoljevarstvenih pogojev v dovoljenju, ki morajo biti izpolnjeni, in sicer: tehnične karakteristike obrata, geografsko lokacijo in lokalne okoljske pogoje.
4. Direktiva daje pravico javnosti sodelovati v postopku sprejemanja odločitev in pravico obveščenosti o posledicah na področju okolja, kar zadeva: podajanje mnenj pri prošnjah za dovoljenja, dovoljenjih, rezultatih spremljanja in nadzora izpustov ter dostop do evropskega registra emisij onesnaževal (E-PRTR).

Slovenija je IPPC direktivo prenesla v svoj pravni red leta 2004, in sicer z Zakonom o varstvu okolja. Dejavnosti in naprave, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega, pa so bile natančneje določene s t. i. IPPC Uredbo kot podzakonskim predpisom Zakona o varstvu okolja. Zakon o varstvu okolja in IPPC uredba sta v Sloveniji uvedla okoljevarstveno ali t. i. IPPC dovoljenje, ki ga morajo danes pridobiti upravljalci naprav, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega, iz naslednjih dejavnosti:

energetika, proizvodnja in predelava surovin, kemična industrija, ravnanje z odpadki in druge dejavnosti (Djokić, 2016).

### **Najboljše razpoložljive tehnologije**

BAT so predstavljene v BREF referenčnem dokumentu, ki je v skladu z načelom izmenjave informacij in določen v členu 16(2) Direktive Sveta 96/61/ES (EIPPCB, 2016).

Referenčni dokumenti so v skladu z IPPC direktivo in z Direktivo o industrijskih emisijah (IED direktivo) razdeljeni v več tematskih sklopov, kjer je v okviru vsakega mogoče pridobiti informacije o posameznem industrijskem (kmetijskem) sektorju v Evropski uniji, o tehnikah in postopkih, ki se uporabljajo v tem sektorju, trenutni vrednosti emisij in stopnje porabe, BAT in tehnologije v nastajanju. Dokumenti prav tako vsebujejo seznam referenc, spletnih virov z relevantno zakonodajo in standardi, dodatne tehnične informacije ter prevode povzetkov.

Eden od tematskih sklopov je tudi področje odpadnih voda in odpadnih plinov. Prepoznano je kot horizontalna tematika kemičnega sektorja in je opredeljeno pod 4. točko 1. priloge IPPC direktive. To pomeni, da izraz BAT v tem dokumentu naslavlja celotni kemični sektor, neodvisno od posamičnih produkcijskih procesov ali velikosti posamičnih podjetij, ki jih zadeva. Pomeni, da BAT poleg tehnologij za obdelavo vključujejo tudi strategije upravljanja pri doseganju optimalnega preprečevanja in nadzora nad odpadki (EIPPCB, 2016).

Kar zadeva BAT na področju odpadnih voda, se kemična industrija in večina drugih industrijskih sektorjev zateka k tehnikam zaključevanja proizvodnega procesa obdelave za zmanjšanje odpadnih voda in onesnaževal, ki jih ta vsebuje. Tehnike obsegajo predobdelavo pri viru ali v kombiniranih tokokrogih, kot tudi končno obdelavo zbranih odpadnih voda pred izpustom v sprejemne vode. Glavne tehnike pri zaključku proizvodnega procesa čiščenja odpadnih voda za nadzor glavnih onesnaževalcev v kemični industriji zajemajo preko 42 BAT-ov. Med temi je reverzna osmoza prikazana kot neučinkovita tehnika za odstranjevanje neraztopljenih snovi, s čimer ima problem podjetje X, medtem ko je za te namene elektrokoagulacija prikazana kot primerna tehnika (prav tam, 28).

Poleg BAT-ov BREF dokumenti izpostavljajo še razvijajoče se tehnike, pri čemer za čiščenje odpadnih voda izpostavljajo tudi kombinirano elektrokemično oksidacijo<sup>20</sup> (EIPPCB, 2014, str. 569).

Za nov proces ravnanja z izcedno odpadno vodo v podjetju X je predviden fizikalno-kemijski postopek čiščenja, konkretnije elektrokemični način čiščenja izcedne odpadne vode. Glavnina tehnološkega procesa čiščenja poteka s postopkom elektrokoagulacije-elektroflotacije, ki je nadgrajen z elektrokemično oksidacijo, saj jo BREF dokumentacija uvršča med tehnike v vzponu.

---

<sup>20</sup> Poleg kombinirane elektrokemične oksidacije se med tehnike v vzponu za čiščenje odpadnih voda uvršča odstranitev sulfatnih in drugih onesnaževal s pomočjo ultrazvočnih reaktorjev, fotokatalitska oksidacija s titanovim dioksidom, superkritična oksidacija vode, membranska destilacija in naravno izboljšani mikroorganizmi za soočanje s TOC/KPK (EIPPCB, 2014, str. 569).

## **Neobvezujoči okoljski predpisi**

Sistem ravnanja z okoljem (v nadaljevanju EMS) (angl. Environmental management system) je orodje, ki se lahko uporablja v katerikoli organizaciji z namenom izboljšanja okoljskega upravljanja in doseganja nenehnega izboljševanja okoljske učinkovitosti. Dva ključna pripomočka, ki določata zahteve za EMS, sta mednarodni standard ISO 14001, ki ga je sprejela Mednarodna organizacija za standardizacijo, in shema EMAS – shema EU za okoljevarstveno vodenje organizacij (v nadaljevanju EMAS) (angl. Eco Management and Audit Scheme), ki je določena s strani Evropske unije v Uredbi ES 1221/2009 (Testa in drugi, 2014, str. 165).

Uspešnost obeh pristopov temelji na visoki stopnji prilagodljivosti, kar omogoča vsaki organizaciji, da prilagodi EMS glede na svoje notranje značilnosti in opredeli najučinkovitejše rešitve k izboljšanju svoje uspešnosti. Izvajanje EMS izboljša določene postopkovne vidike ravnanja z okoljem, kot so dokumentiranje in uporaba informacij, znanje in izvajanje zahtev za izdajo dovoljenj, vzdrževanje naprav, upravljanje, usposabljanje in delovanje procesa (Testa in drugi, 2014, str. 165).

### ***Sistem ravnanja z okoljem po ISO 14001***

ISO 14001 je mednarodni standard za sistem ravnanja z okoljem, ki organizacijam določa nabor zahtev z namenom varovanja okolja, preprečevanja onesnaženja in izboljšanja okoljske učinkovitosti (ARSO, 2013b). 15. septembra 2015 je izšla tretja izdaja enega najbolj popularnih standardov za sisteme vodenja, standard ISO 14001:2015 (Sistemi ravnanja z okoljem – Zahteve z navodili za uporabo). Od njegove prve izdaje v letu 1996 se je skladno z zahtevami standarda certificiralo več kot 300.000 organizacij v 160 državah po svetu (Slovenski inštitut za kakovost in meroslovje, 2015b).

Uporaba standarda ISO 14001 pomaga organizaciji, da uresniči okoljevarstvena načela svoje okoljske politike. Tako lažje obvladuje morebitne nevarnosti za okolje, se nenehno izboljšuje in prilagaja novim zahtevam kupcev, trga, zakonodaje ter napredku znanosti in tehnologije (Slovenski inštitut za kakovost in meroslovje, 2015c).

Koristi sistematičnega ravnanja pri varovanju okolja (prav tam):

- izboljšane metode vodenja procesov,
- izboljšan konkurenčni položaj na trgu,
- povečano zaupanje javnosti, strank in poslovnih partnerjev,
- podpora v primeru zunanjega nadzora, ki ga v organizaciji lahko izvajajo upravni organi pa tudi stranke,
- sistemsko obvladovani varčevalni ukrepi in neposredno znižani stroški poslovanja,
- izboljšane delovne razmere.

Kljub temu da gre za prostovoljni standard, lahko njegovo sprejetje v podjetju vodi k izboljšanju nadzora in upravljanja svojih procesov, izdelkov in storitev. Prav tako pomaga zmanjšati stroške in povečati dobiček na srednji in dolgi rok (Epstein in Roy, povzeto po Weiqian in drugi, 2014, str. 204).



## ***Sistem okoljskega managementa in okoljska presoja – EMAS***

Shema EMAS (sistem EU za okoljevarstveno vodenje organizacij) je sistem ravnanja z okoljem, ki je bil uveden leta 1995. Pridobitelji spričevala EMAS so zavezani, da ocenijo in izboljšajo svojo okoljsko učinkovitost ter obveščajo javnost o vplivih svojih dejavnosti na okolje. Shema EMAS je vsebinska nadgradnja standarda ISO 14001 in je namenjena spodbujanju primernejšega ravnanja z okoljem. Zagotavlja večjo odprtost, odkritost in periodično objavljane preverjenih okoljskih informacij. Shema ima v primerjavi z ISO 14001 višje zahteve glede izboljšanja uspešnosti, sodelovanja zaposlenih, pravne usklajenosti in komuniciranja z javnostjo. Zahteve za vzpostavitev, verifikacijo in registracijo sistema ravnanja z okoljem po shemi EMAS podaja uredba ES 1221/2009 (Slovenski inštitut za kakovost in meroslovje, 2015a).

Shema EMAS zahteva (prav tam):

- začetni okoljski pregled, ki podaja izhodiščno stanje za merjenje okoljskega napredka v skladu s prilogo I. uredbe;
- vzpostavljen sistem ravnanja z okoljem po ISO 14001 in dodatno izpolnjevanje zakonodaje, nenehno izboljševanje, komuniciranje z javnostmi in sodelovanje zaposlenih v skladu s prilogo II. uredbe;
- v celoti planirane in izvedene notranje presoje v skladu s prilogo III. uredbe, ki so pred postopkom verifikacije izvedene vsaj na področjih z najpomembnejšimi vplivi na okolje;
- okoljsko izjavo za javnost v skladu s prilogo IV. uredbe.

Okoljska izjava predstavlja glavni način seznanjanja javnosti z rezultati nenehnega izboljševanja učinkov ravnanja z okoljem in je hkrati priložnost za promocijo pozitivne podobe organizacije pri kupcih, dobaviteljih, okolici, pogodbenikih in zaposlenih (ARSO, 2016a). Organizacija lahko objavi tudi preverjene izvlečke iz okoljske izjave, s katerimi želi približati okoljske rezultate posameznim zainteresiranim stranem. (Slovenski inštitut za kakovost in meroslovje, 2015a).

## **2.3 Okoljska ekonomika in podjetništvo**

### **Splošni podatki o okolju in vodah**

Količina odpadnih voda v zadnjih desetih letih postopno narašča. Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije je bilo prečiščenih 116 milijonov m<sup>3</sup> odpadnih voda – večina od teh je bila izpuščenih v površinske vode, manj kot 1,0 % pa v podtalnico. Vendar pa te predstavljajo le okoli 58,0 % odpadnih voda, ki se jih je pred izpustom iz kanalizacijskih sistemov prečistilo. Tako je ostalo neprečiščenih kar 85 milijonov m<sup>3</sup> odpadnih voda. Od tega jih je bilo 94,0 % izpuščenih neposredno v površinske vode in 6,0 % celo v podtalnico, ki je vir pitne vode (SURS, 2013).

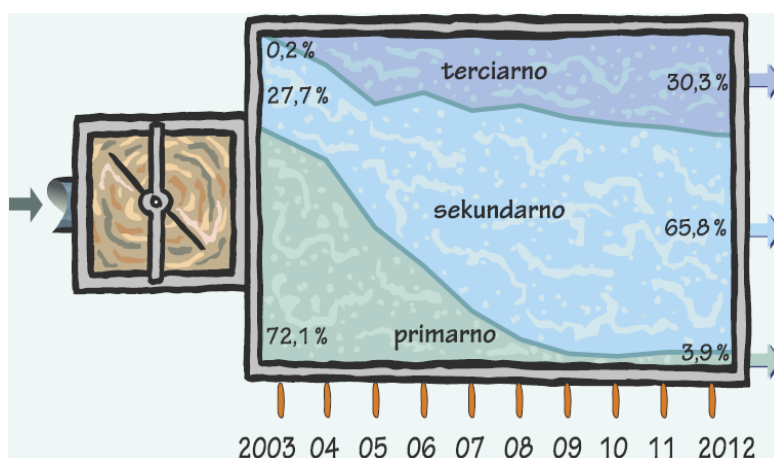
Po ugotovitvah Statističnega urada Republike Slovenije količina in delež vode, prečiščene s primarnim čiščenjem, močno upadata. Narasli pa sta količini in delež vode, prečiščene s sekundarnim in terciarnim čiščenjem<sup>21</sup> (Slika 2). Gre za relativne

---

<sup>21</sup> Primarno čiščenje predstavlja stopnjo čiščenja z odstranjevanjem neraztopljenih snovi iz surove odpadne vode ali po predčiščenju. Sekundarno čiščenje predstavlja stopnjo biološkega čiščenja, npr. z aktivnim blatom, biološko filtracijo ali drugimi postopki, ki dajejo enakovredne učinke. Terciarno čiščenje predstavlja dodatne kemijske in fizikalno-kemijske postopke čiščenja, s katerimi dosežemo večji učinek

spremembe, medtem ko se je na ravni absolutnih sprememb povečala količina čiščenja v vseh treh kategorijah.

Slika 2: Odpadne vode po stopnjah čiščenja v Sloveniji<sup>21</sup>



Vir: (SURS, 2013, str. 31).

Kot vidimo (Slika 2) je od leta 2004 precej naraslo sekundarno čiščenje v Sloveniji, kar je posledica dodatnih vlaganj občin v javno infrastrukturo, ki so za zadostitev okoljskih standardov pri vstopanju v Evropsko unijo izgradile precej centralnih čistilnih naprav. Poraslo je tudi terciarno čiščenje, kjer pa je še precej prostora za rast, saj se npr. po študiji EAO v Centralni in Zahodni Evropi (kamor študija ne uvršča Slovenije) do terciarne ravni (med populacijo, priklopljeno na javno kanalizacijsko omrežje) prečisti okoli 70,0 % vse vode, medtem ko po isti študiji v Sloveniji ta delež ne presega 30,0 % (EAO, 2015b).

Po zadnjih podatkih Statističnega urada Republike Slovenije (Slika 3), objavljenih v novembru 2016, je bil skupen obseg okoljevarstvenih storitev v letu 2014 glede na leto 2013 višji za 14,1 %, skupni izdatki za varstvo okolja pa so bili višji za 37,2 %. Vrednost netržnega obsega okoljevarstvenih storitev (države in pomožnih proizvajalcev) je enaka stroškom obsega okoljevarstvenih storitev. Vrednost tržnega obsega (specializiranih proizvajalcev) pa je enaka prihodkom od zagotavljanja okoljevarstvenih storitev. Celoten obseg (tržni in netržni obseg) okoljevarstvenih storitev je v letu 2014 znašal 458,8 milijona EUR, to je za 14,1 % več kot v letu 2013. Obseg okoljevarstvenih storitev pri specializiranih proizvajalcih je v letu 2014 znašal 183,1 milijona EUR ali 4,8 % več kot v letu 2013, vrednost obsega teh storitev pri pomožnih proizvajalcih pa je bila v letu 2014 glede na leto 2013 višja za 31,7 %; znašala je 206,2 milijona EUR. Vrednost obsega okoljevarstvenih storitev države se je v letu 2014 glede na prejšnje leto znižala za 1,8 % in je znašala 69,5 milijona EUR (Hočevar, 2016, povzeto po SURS, 2016a).

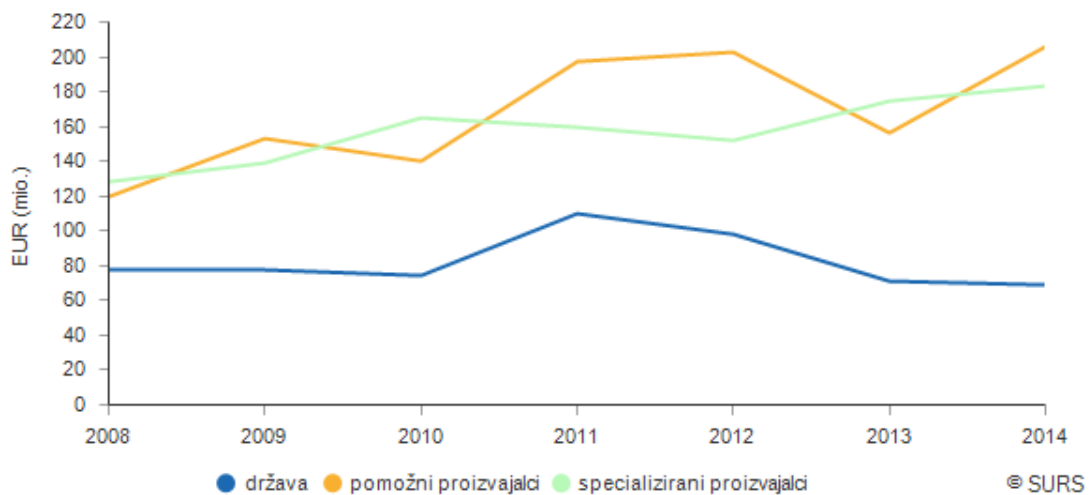
Skupni izdatki za varstvo okolja<sup>22</sup> (izdatki države ter specializiranih in pomožnih proizvajalcev okoljevarstvenih storitev) so v letu 2014 znašali 686,3 milijona EUR ali za 37,2 % več kot v letu 2013. Specializirani proizvajalci so v letu 2014 porabili za varstvo

kot s primarnim in sekundarnim čiščenjem. Napredno čiščenje je posebna vrsta čiščenja, kamor spadajo postopki za odstranjevanje mikroonesnaževal (napredni oksidacijski postopki, elektrokemijski postopki) (Roš, 2015, str. 49).

<sup>22</sup> Izdatki za varstvo okolja so seštevček investicij v proizvodnjo okoljevarstvenih storitev in tekočih izdatkov za proizvodnjo teh storitev, zmanjšani za prihodke od prodaje stranskih proizvodov (ki so rezultat aktivnosti v zvezi z varstvom okolja).

okolja 83,4 milijona EUR ali za 14,6 % več kot v letu 2013, pomožni proizvajalci pa 272,3 milijona EUR ali za 32,6 % več kot prejšnje leto. Izdatki države za varstvo okolja so v letu 2014 znašali 330,7 milijona EUR ali za 48,9 % več kot v letu 2013. Skupni izdatki za varstvo okolja v letu 2014 so pomenili 1,8 % bruto domačega proizvoda (BDP) ali za 0,4 % točke več kot v letu 2013 (prav tam).

Slika 3: Obseg okoljevarstvenih storitev v Sloveniji



Vir: (SURS, 2016b).

Glede na trende na svetovnem trgu z vodami in odpadnimi vodami tehnologije naj bi ta rasel po 5,0 % stopnji in bi od leta 2016 z 72 milijard USD do leta 2022 dosegel 92 milijard USD, kar vključuje opremo, instrumente, procesno opremo in kemikalije za čiščenje (BCC Research, 2016). Tako je glede na vse opisane trende v svetu in v razvitih evropskih državah ter stanju v Sloveniji pričakovati, da bo slednja šla po tej poti, zato je na tem področju pričakovati še precej vlaganj, tako na področju industrije kot javnih gospodarskih služb, kar predstavlja precejšen tržni potencial.

Z vidika okoljskega podjetništva ni mogoče spregledati sistemov ravnanja z okoljem, ki predstavljajo pomemben gospodarski instrument za sporazumevanje in poenotenje. Zagotavljajo vse pomembne vidike okoljevarstvenega delovanja, kar zmanjšuje negativne vplive na okolje. S tem se ne dosega le skladnost z okoljsko zakonodajo, temveč pomeni tudi konkurenčnost na trgu (npr. sporazum o odpravi tehničnih ovir – angl. Agreement on Technical Barriers to Trade) v okviru Svetovne trgovinske organizacije, kar vzpodbuja uporabo standardov kot sredstva za preprečevanje nepotrebnih ovir za mednarodno trgovino.

Število podjetij, registriranih po ISO 14001 ter shemi EMAS, od leta 1995 dalje tako v Sloveniji kot v EU-27 narašča. V letu 2011 sta bili v Sloveniji registrirani 202 organizaciji s spričevalom ISO 14001 na milijon prebivalcev, medtem ko znaša povprečje EU-27 198 organizacij na milijon prebivalcev. Največ registriranih podjetij po standardu ISO 14001 na milijon prebivalcev sta imeli v tem obdobju Švedska (430) in Češka (424) (ARSO, 2013b). V objavljeni raziskavi v letu 2015 s strani Mednarodne organizacije za standardizacijo je bilo v letu 2015 v Sloveniji registriranih 357 organizacij s spričevalom

ISO 14001<sup>23</sup> (Mednarodna organizacija za standardizacijo, 2015). Po zadnjih podatkih Gospodarske Zbornice Slovenije je v Sloveniji registriranih že 407 organizacij s spričevalom ISO 14001 (Gospodarska Zbornica Slovenije, 2017).

Število slovenskih podjetij, ki so vključena v EMAS shemo, je v primerjavi z ISO 14001 skromnejše. Največje število organizacij, registriranih po shemi EMAS na milijon prebivalcev, je bilo v evropskem merilu v letu 2011 v Avstriji (33), Španiji (26), Italiji (18), Nemčiji (17) in na Danskem (17). V EU-27 je bilo v shemo EMAS v letu 2011 v povprečju vključenih 9 organizacij z enim ali več spričevali po shemi EMAS na milijon prebivalcev. V Sloveniji so bila do vključno leta 2011 podeljena tri EMAS spričevala. Zaradi velikih prizadevanj Evropske komisije, predvsem v smislu uvajanja integriranih pristopov upravljanja z okoljem ter vključevanja okoljskih tematik v sektorske politike, velja v prihodnosti pričakovati hitro naraščanje števila sistemov za ravnanje z okoljem, predvsem shem EMAS, tudi v javnem sektorju (občinske uprave, izvajalci javnih služb varstva okolja) (ARSO, 2013b). Naraščanje se odraža skozi statistične podatke, saj je bilo po zadnjih podatkih ARSO na dan 25. 3. 2017 v Sloveniji registriranih že 10 organizacij, ki so se vključile v shemo EMAS (ARSO, 2017).

Vzpostavitev EMS predstavlja eno izmed najpomembnejših elementov korporativne trajnosti po vsem svetu v različnih panogah, kot so rudarstvo, papirništvo, kemična industrija, gradbeništvo in avtomobilska industrija (Barla in drugi, povzeto po Weiqian in drugi, 2014, str. 204). Potencialne koristi, ki so povezane s sprejetjem EMS, predstavljajo ključno ogrodje za varovanje okolja in bolj trajnostno potrošnjo ter proizvodnjo. Odločitev Evropske komisije, da oblikuje instrument okoljske politike, ki temelji na konceptu Demingovega kroga (t.j. EMAS), je nedvomno dokaz pomembnosti, ki jo imajo EMS v evropski okoljski politiki. Še več, na ravni držav in lokalnih skupnosti v Evropski uniji se sprejetje EMAS in ISO 14001 podpira skozi različne ukrepe pomoči in vzpodbud, kot so podaljšanje trajanja okoljskega dovoljenja, zmanjšanje števila inšpekcij, fiskalne ugodnosti (Wätzold in drugi, povzeto po Testa in drugi, 2014, str. 165).

## 2.4 Ugotovitve drugega poglavja

Z onesnaževanjem okolja oziroma vnosom emisij v okolje zmanjšujemo njegove samočistilne sposobnosti, kar pomeni nevarnost za zdravje, razvoj in obstoj človeka ter drugih vrst. Onesnaževanje voda v večini povzročajo odpadne vode. Gre za vode, ki jim je človek s svojo dejavnostjo spremenil fizikalne, kemijske in biološke lastnosti. Odpadne vode razdelimo na komunalne, kmetijske, industrijske, hladilne in padavinske. Eden od virov onesnaženja komunalnih odpadnih voda so izcedne odpadne vode iz komunalnih odlagališč odpadkov, ki so predmet nadaljnjega preučevanja.

Količina odpadnih voda v zadnjih desetih letih postopno narašča, kar je posledica proizvodnje snovi, ki jih je za svoje potrebe sintetiziral človek. Kemične snovi, ki onesnažujejo vodo, vsebujejo širok nabor onesnaževal, vključno hranil, kot so dušik in fosforjeve spojine ter organskih onesnaževal. Izkoriščanje rud je na površje zemlje spravilo lažje topne oblike strupenih težkih kovin, kot so npr. živo srebro, krom, kadmij, svinec in nikelj.

---

<sup>23</sup> Vsi ti certifikati so izdani po standardu ISO 14001:2004. V letu 2015 je izšel novi standard ISO 14001:2015, za kar imajo organizacije v prehodnem obdobju tri leta časa, da se mu prilagodijo, saj bodo vsi izdani certifikati, izdani po standardu ISO 14001:2004, postali neveljavni.

Zavedanje o problemih onesnaževanja voda obstaja. V te namene se na nacionalni in nadnacionalni ravni sprejema zakonodaja za regulacijo tega področja. Okoljska zakonodaja Evropske unije se nadgrajuje vse od 70. let 20. stoletja. Na tem področju se danes uporablja več sto direktiv, uredb in sklepov oziroma odločb, prav tako se sprejemajo okoljski akcijski programi, priporočila itd. Obenem pa je učinkovitost okoljske politike Evropske unije v veliki meri odvisna od njenega izvajanja na nacionalni, regionalni in lokalni ravni. V okviru Slovenije je za področje okolja pristojno MOP in v okviru tega ARSO. Značilnosti odpadnih voda je treba ustrezno ugotoviti, za kar se uporabljajo parametri, s katerimi se izmerijo lastnosti odpadnih voda, kar se izvaja z monitoringom.

ARSO je v skladu z Zakonom o varstvu okolja zadolžen za izvajanje monitoringa in ocenjevanje stanja kakovosti slovenskih voda. Programi monitoringa so pripravljene v skladu s predpisi, ki vsebinsko povzemajo določila evropskih direktiv, ter v skladu z oceno stanja in analizo obremenitev na konkretnem vodnem telesu. V okviru tega je pomembna IPPC direktiva, kjer morajo upravljalci industrijskih obratov pridobiti okoljevarstveno dovoljenje od oblasti oziroma nacionalno pristojnih organov – IPPC dovoljenje.

Z IPPC direktivo so skladni BREF dokumenti, ki predstavljajo BAT, ki se uporabljajo na področju varovanja okolja, torej tudi na področju odpadnih voda. Tehnike obdelave odpadnih voda, ki jih navaja, so tehnike ločevanja ali bistrenja, fizikalno-kemične tehnike obdelave in tehnike biološke obdelave (hkrati tudi navaja razvijajoče se tehnike čiščenja).

Glede na trende na trgu z odpadnimi vodami je pričakovati rast vlaganj v čistilne tehnologije tako na svetovnem trgu kot tudi v Sloveniji. Za slednjo velja (primerjalno gledano z razviti državami), da po eni strani zaostaja in je še veliko prostora za rast, po drugi strani pa zaostrojujoča okoljska regulativa na ravni Evropske unije še dodatno spodbuja vlaganje na področju odpadnih voda oziroma predstavlja precejšen tržni potencial.

Podpora oziroma konkurenčno prednost za podjetja predstavljajo standardizirani sistemi ravnanja z okoljem, ki predstavljajo pomemben gospodarski instrument za sporazumevanje in poenotenje na področju okolja. Med sistemi ravnanja z okoljem sta najbolj prepoznavna standard ISO 14001 in shema EMAS. Podjetja se zavedajo, da varovanje okolja predstavlja njihovo promocijo in konkurenčno prednost, hkrati pa lahko njihovo vključevanje v sisteme ravnanja z okoljem poleg standardizacije in primerljivosti okoljskega ravnanja na mednarodni ravni posredno predstavlja njihovo notranje prilagajanje v primeru zaostrovanja okoljskih standardov. To se odraža tudi v Sloveniji, kjer število podjetij, registriranih po ISO 14001 in EMAS, narašča, prav tako se predvideva, da bo šel trend navzgor.

Ne glede na to, da čiščenje povzroča določene stroške, se je treba zavedati, da konkurenčnost in uspešnost poslovanja podjetja na eni strani ter stroški varovanja okolja podjetja na drugi strani nista nezdržljiva koncepta. Pravzaprav gresta oba z roko v roki, saj investicije v tehnološke izboljšave povečujejo učinkovitost, preprečujejo novo onesnaževanje in popravljajo okoljsko škodo. Tega se zaveda tudi podjetje X, ki potrebuje konkretne tehnološke rešitve za trajnejšo rešitev okoljskega problema.

## 3 RAZVOJ TEHNOLOGIJ ČIŠČENJA ODPADNIH VODA IN ČIŠČENJE IZCEDNIH ODPADNIH VODA

### 3.1 Razvoj čiščenja odpadnih voda

Pri razvoju čiščenja odpadnih voda je človek posnemal naravo. Voda v naravi ima lastnosti, da se sama prečisti, če le onesnaženje ni preveliko. Gre za proces samočiščenja, ki zadeva biološki in nebiološki del. Nebiološki postopki samočiščenja izkoriščajo fizikalno-kemijske dejavnike, kot so usedanje, spreminjanje temperature (segrevanje in ohlajevanje), razredčevanje, nevtralizacija (pH), izhlapevanje itd. Pri biološkem samočiščenju se razgradljive organske snovi, ki so prisotne v vodi, razgradijo s pomočjo mikroorganizmov v enostavnejše, okolju prijazne snovi (Roš, 2015, str. 13).

V primeru, da je voda preveč onesnažena, samočistilnost narave ne deluje v takšnem obsegu, da ne bi povzročala škode okolju, torej tudi ljudem. Ljudje so zato pričeli iskati načine, kako zmanjšati oziroma odstraniti škodljive vplive, ki jih povzroča onesnažena voda. Ljudje so zato razvili postopke, ki v bistvu pospešijo procese, s katerimi poteka samočiščenje v naravi. V okviru razvoja posnemanja naravnih procesov Roš (prav tam, 13) navaja namakalna polja, ki izkoriščajo fizikalno-kemične in biološke procese, ki potekajo na površini zemlje, sisteme čiščenja z aktivnim blatom, ki so koncentriran posnetek samočiščenja iz rek, kar poteka s pomočjo lebdečih mikroorganizmov v vodi, biofiltre kot posnetek naravnega čiščenja, ki poteka na kamnih v rekah itd.

Razvoj čiščenja odpadnih vod je mogoče razdeliti na (Copper, 2001, str. 11):

- zgodnji zgodovinski čas (zgodnje kulture, kot so Mezopotamci in Grki),
- rimski čas (obdobje od leta 800 pred našim štetjem do leta 450 našega štetja),
- srednji vek (obdobje od leta 450 do leta 1750),
- razsvetljenstvo in industrijska revolucija (obdobje od leta 1750 do leta 1950),
- razvoj osnovnih procesov čiščenja (obdobje od leta 1870 do leta 1914) – primarno čiščenje, biološki filtri,
- obdobje razvoja procesov (obdobje od leta 1914 do leta 1965) – aktivno blato,
- obdobje izboljševanja procesov glede na standarde za zaščito okolja (obdobje od leta 1965 do leta 2000) – odstranjevanje hranil, upoštevanje standardov, obdelava in odlaganje blata, računalniško modeliranje in nadzor, rastlinske čistilne naprave, anaerobno čiščenje odpadnih vod, membranski sistemi.

Najosnovnejše čiščenje, ki se je začelo uveljavljati v 19. stoletju, je bilo čiščenje na poljih. Odpadno vodo so tako spuščali preko polj, kjer se je delno prečistila s pomočjo mikroorganizmov, ki so bili prisotni v zemljini. Voda je delno odtekala preko zemljine, delno pa pronicala v zemljo. Take »čistilne naprave« so imenovali namakalna polja (prav tam, 21).

Naslednja stopnja čiščenja so bili glineni bazeni, v katerih so izvajali čiščenje po principu napolni-in-izprazni (angl. fill-and-draw), ki je predhodnik sedanjih zaporednih prekatnih reaktorjev (v nadaljevanju SBR). V 50. letih 19. stoletja so začeli uporabljati pravokotne bazene, v letu 1905 pa radialne pretočne bazene. Leta 1906 je Karl Imhoff projektiral t. i. Imhoffov tank (Emscher), ki vsebuje dve komori, v katerih poteka ločevanje trdnih snovi in procesi gnitja blata (prav tam, 23).

Biološki filtri so naslednja stopnja razvoja, kjer je Sir Edward Frankland uvedel osnovni princip filtracije skozi tla, na čemer je temeljil nadaljnji razvoj. Leta 1882 je angleški raziskovalec Warrington zapisal, da odpadne vode vsebujejo organizme lastnega nastanka, ki se lahko razvijejo za namen določenega delovanja. Prišel je do ideje za filter, ki bi imel večjo oksidacijsko moč, kot jo ima navadna zemlja. Predlagal je tudi, da bi morali filtri vsebovati bolj porozen material, kot je naravna zemlja (prav tam, 24).

Od leta 1914 pride v ospredje aktivno blato. Ker so verjeli, da je bilo blato aktivno (podobno kot aktivno oglje, angl. activated carbon), so ga poimenovali aktivno blato (angl. activated sludge). Pozneje so ugotovili, da je to združba živih organizmov, ki se v sistemu zadržujejo določen čas (dovolj dolgo, da se zmanjša koncentracija organskih snovi in amonijevih spojin). V letih 1913 in 1914 so prezračevali sisteme nekaj tednov in tako dosegli popolno nitrifikacijo (prav tam, 26).

Od leta 1965 dalje gre za obdobje izboljševanja procesov glede na standarde za zaščito okolja, pri čemer gre za poudarek na širši uporabi znanih tehnik odstranjevanja razgradljivih organskih in celotnih neraztopljenih snovi, zaščiti okolja z izboljšanim odstranjevanjem nitrata, fosfata in amonijevega dušika ter dezinfekciji. Razviti so bili različni procesi in variante s pritrjeno (fiksirano) biomaso iz originalnih biofiltrorov, npr. potopni prezračevani biološki filtri in plastični mediji za sisteme z biološkimi filtri, kot so poznani danes (prav tam, 29).

V zadnjih letih 20. stoletja je naraslo zanimanje za manj razvite sisteme za odvajanje in čiščenje odpadnih voda, kot so sistemi umetnih jezer (lagun) in rastlinskih čistilnih naprav. To je vpeljala predvsem Evropa v želji, da bi uvedli varno čiščenje z nižjimi cenami. Taki sistemi so uporabni za manjše podeželske necentralizirane sisteme čiščenja odpadnih voda, ki jih predlaga tudi Mednarodna zveza za vodo (angl. International Water Association) za manj razvite države Azije, Afrike in Južne Amerike (Roš, 2015, str. 17).

Eden najpomembnejših procesov za čiščenje odpadnih voda, ki se je v zadnjih letih močno razvil, je uporaba membran. To je verjetno največja procesna novost v zadnjih 20. letih. Terciarno in kvartarno čiščenje z uporabo membran za odstranjevanje bakterij se že izvaja v Evropi, Avstraliji in ZDA. Membrane se uporabljajo predvsem pri reverzni osmozi (RO), nano filtraciji (NF), mikro filtraciji (MF) in ultra filtraciji (UF), ki so znane že od 60. let 20. stoletja (prav tam, 17).

V zadnjem času na področju izcednih odpadnih voda prihajajo vedno bolj v ospredje elektrokemijski postopki čiščenja odpadnih voda, ki so: elektrodpozicija, elektrokoagulacija in elektroflotacija, elektrooksidacija, elektroredukcija ter elektrodezinfekcija (prav tam, 172), ki jih uvrščamo med napredne postopke čiščenja, kar je tudi predmet podrobnejše preučitve. »Elektrokemijsko čiščenje odpadnih voda izkorišča določeno področje elektrokemije. Poteka ob porabi ali sproščanju električne energije, ki ji pravimo elektrokemijske reakcije. Pri teh reakcijah se kemijska energija, ki jo vsebuje spojina, pretvarja v električno energijo ali obratno« (prav tam, 160).

### **Postopki čiščenja odpadnih voda**

Glede na način obdelave delimo postopke čiščenja odpadnih voda na šest skupin, znotraj katerih so predstavljene podskupine, kar je celovito razčlenjeno v nadaljevanju (Tabela 1).

Tabela 1: Postopki čiščenja odpadnih voda

<b>Fizikalni</b>	<b>Kemijski</b>	<b>Biološki</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- odstranjevanje grobih delcev,</li> <li>- usedanje (sedimentacija),</li> <li>- filtracija in membranska filtracija,</li> <li>- flotacija,</li> <li>- prezračevanje,</li> <li>- odplinjanje (striping),</li> <li>- izravnava (egalizacija).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nevtralizacija,</li> <li>- oksidacija in napredna oksidacija,</li> <li>- redukcija,</li> <li>- obarjanje (precipitacija).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aerobno čiščenje (naravni postopki: <i>lagune, rastlinske čistilne naprave</i>, sistemi z razpršeno biomaso: <i>pretočni sistem z aktivnim blatom, šaržni biološki reaktor – SBR</i>, sistemi s pritrjeno (fiksirano) biomaso: <i>precejalniki, rotirajoči biološki kontaktorji, biofiltri</i>),</li> <li>- odstranjevanje hraniv – nutrientov (nitrifikacija, denitrifikacija, odstranjevanje fosforjevih spojin),</li> <li>- anaerobni postopki (septični tanki, greznice, lagune, postopki z aktivnim blatom, <i>gnillšča, UASB</i>).</li> </ul>
<b>Fizikalno-kemijski</b>	<b>Elektrokemijski</b>	<b>Dezinfekcija</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- koagulacija,</li> <li>- flokulacija,</li> <li>- adsorpcija,</li> <li>- ionska izmenjava.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- elektrodepozicija,</li> <li>- elektrokoagulacija,</li> <li>- elektroflotacija,</li> <li>- elektrooksidacija,</li> <li>- elektroredukcija,</li> <li>- elektrodezinfekcija.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kloriranje,</li> <li>- ozoniranje,</li> <li>- UV-dezinfekcija</li> <li>- dezinfekcija z vodikovim peroksidom.</li> </ul>

Vir: (Roš, 2015, str. 49).

Fizikalno čiščenje je katerikoli proces čiščenja, ki obsega katerikoli fizikalno ločitev trdno-tekoče, npr. grablje, sita, usedalniki, drobilci. Kemijske in biološke reakcije pri čiščenju ne igrajo pomembne vloge. Fizikalno-kemijsko čiščenje je katerikoli proces čiščenja z enotnimi procesi, razen tistih, ki so osnovani na mikrobiološki aktivnosti. Ti procesi vključujejo običajno obarjanje s koagulantami, flokulacijo z uporabo flokulantov<sup>24</sup> in brez njih, filtracijo, adsorpcijo, kemijsko oksidacijo, izpihovanje z zrakom, ionsko izmenjavo, reverzno osmozo in vrsto drugih. Kemijsko čiščenje je katerikoli proces obdelave, ki ga povzročijo dodane kemikalije, da bi dobili želen rezultat, kot npr. obarjanje, koagulacija, flokulacija, reagiranje (kondicioniranje) blata, dezinfekcija ali kontrola vonja. Biološko čiščenje je proces razgrajevanja organskih snovi. Metabolična aktivnost bakterij in ostalih mikroorganizmov razgradi kompleksne organske snovi v enostavne, bolj stabilne snovi. Od teh procesov so odvisni: samočiščenje onesnaženih vodotokov, presnova blata in t. i. sekundarno čiščenje odpadnih voda. Elektrokemijsko čiščenje je postopek čiščenja odpadnih voda, ki poteka ob porabi oziroma sproščanju električne energije. Dezinfekcija je postopek obdelave odpadnih voda ali blata za zmanjšanje patogene aktivnosti pod predpisano vrednost (Roš, 2015, str. 189).

Za namene magistrske naloge se v nadaljevanju omejimo in podrobneje opišemo membransko in elektrokemijsko tehnologijo čiščenja odpadnih voda.

### 3.2 Membranska in elektrokemijska tehnologija čiščenja odpadnih voda

Membranska (revezno-osmozna) tehnologija čiščenja odpadnih voda predstavlja obstoječo tehnologijo čiščenja odpadnih voda v podjetju X, elektrokemijska tehnologija pa predvideni novi postopek čiščenja v podjetju X.

<sup>24</sup> Koagulant je kemikalija, ki destabilizira suspenzije ali emulzije. Flokulant je kemikalija, ki se dodaja za kosmičenje ali za povečevanje velikosti in trdnosti kosmov.



Postopek membranskega čiščenja je prepuščanje tekočine (onesnaževala) skozi membrano na način, da se ločita vodni del (permeat), ki prehaja skozi membrano, in trdni del (koncentrat), ki skoznjo ne prehaja. Gonilna sila tega procesa je razlika tlaka, ki nastaja pred in za polprepustno membrano. Membrana lahko zadrži vse delce do velikosti organskih molekul in celo ionov. V okoliščinah, ko je onesnaževalo brez delcev, se te membrane uporabljajo predvsem takrat, kadar je zaželeno popolno recikliranje permeata in/ali koncentrata. Reverzno-osmozne membrane imajo najmanjšo velikost por (<0,002 μm) za uporabo tekoče/tekoče ločitve (separacije). Omogočajo, da voda prehaja skozi in preprečujejo prehajanje topljenca (npr. soli, kovinskih ionov in nekatere organskih snovi), ki se ga odvajajo kot koncentrat<sup>25</sup> (EIPPCB, 2014, str. 239).

Reverzna osmoza se uporablja na različnih področjih obdelave voda, in sicer pitne, tehnološke in odpadne vode ter za razsoljevanje morske vode. Pozitivne lastnosti so učinkovitost, majhna poraba energije in avtomatizirano delovanje. Slabosti se kažejo v kratki življenjski dobi modulov, zamašitvah membran in posledično slabem pretoku, kar pa ponovno vpliva na ekonomičnost procesa (Lobnik in drugi, 2010). Predstavlja robusten proces, na katerega ne vplivajo spremenljivi pogoji, v okviru katerih mora delovati čistilna naprava, omogoča fleksibilno načrtovanje instalacij za prečiščevanje odpadnih voda. Polprepustna membrana deluje kot fizikalna bariera in proces čiščenja se lahko natančno spremlja preko merjenja fizikalnih parametrov (elektroprevodnosti), kar omogoča dobro kontrolo čiščenja in ponovljivost procesa, ne glede na zunanje vremenske pogoje. Ključno za stabilno obratovanje reverzno-osmozne čistilne naprave je zagotavljanje razlike v tlaku in pretok preko membran.

Tehnologija reverzne osmoze ima svoje prednosti in slabosti (Tabela 2). Ključna slabost reverzne osmoze je mašenje filternih modulov, do česar prihaja tudi v podjetju X zaradi povečanega parametra KPK in neraztopljenih snovi na dotoku, kar predstavlja pomemben razlog za iskanje drugačnega načina čiščenja v podjetju X, pri čemer gre v konkretnem primeru za elektrokemično čiščenje.

Tabela 2: Prednosti in slabosti reverzne osmoze

Prednosti	Slabosti
Visoka učinkovitost separacije.	Možne so zamašitve, blokade in mašenje.
Modularna zasnova in s tem prilagodljivost uporabniku.	Zgoščevanje ob prisotnosti agentov za mehčanje.
Možno je recikliranje permeata in koncentrata.	Potreben je visok tlak, počasen tok permeata.
Nizka obratovalna temperatura.	
Možnost avtomatskega delovanja.	

Vir: (EIPPCB, 2014, str. 244).

Nov način ravnanja z izcednimi odpadnimi vodami temelji na elektrokemijskem postopku čiščenja, torej na procesu elektrokoagulacije-elektroflotacije in elektrooksidacije, čigar prednosti in slabosti so predstavljene v nadaljevanju<sup>26</sup> (Tabela 3). V tabeli so številne prednosti elektrokemičnega čiščenja. Med slabostmi se izpostavlja obraščanje in

<sup>25</sup> Za razliko od reverzno-osmozni membrani imajo nanofiltracijske membrane večje pore, kar omogoča da voda, enovalentni ioni (npr. fluoridi, natrijev in kalijev klorid) in nitrati prehajajo skozi, pri čemer pa skozi ne prehajajo večvalentni ioni (npr. sulfati in fosfati). Tako se soli koncentrirajo in se odvajajo kot koncentrirana slonica.

<sup>26</sup> Pri čiščenju z elektrokoagulacijo prihaja tudi do elektroflotacije, zato nekateri avtorji posebej izpostavljajo metodo elektroflotacije, čeprav predstavlja integralen proces čiščenja z elektrokoagulacijo.

nereaktivnost (pasivizacija) elektrod, kar je mogoče preprečevati z dodatnimi tehnološkimi rešitvami reaktivnosti (depasivizacije).

Tabela 3: Prednosti in slabosti elektrokoagulacije-elektroflotacije in elektrooksidacije

Prednosti	Slabosti
<i>Elektrokoagulacija-elektroflotacija</i>	
Relativno enostavna namestitvev in delovanje.	Anoda se pri pretoku odpadnih voda zaradi oksidacije raztaplja in jo je treba redno nadomeščati.
Oblikovane muljne flokule so večje, stabilnejše in lažje za odvodnjavanje kot klasični fizikalno-kemijski mulj.	Katoda je podvržena pasivnim reakcijam (zmanjšanju kovin in hidroksidov), kar sčasoma poveča upornost celice in zmanjša učinkovitost.
V primerjavi s fizikalno-kemijo, odpadne vode iz elektrokoagulacije vsebujejo manj raztopljenih organskih snovi.	Glede na prevodnost in onesnaževala se lahko potrebna električna moč v celici znatno poveča.
Možno je odstranjevati zelo majhne koloidne delce.	
Nastali plin v obliki mehurčkov dviguje lažje oblike gošče, ki nastaja pri čiščenju, na površje, kjer jo je enostavneje odstraniti.	
Tehnika ne vsebuje ali vsebuje zelo malo gibljivih delov in se upravlja elektronsko, pri čemer so stroški vzdrževanja (razen čiščenje in zamenjava elektrod) precej nizki.	
Ni potrebno dodajati kemikalij, koagulant se sprosti z anodnimi reakcijami, zato kemično predoziranje ni mogoče.	
<i>Elektrooksidacija</i>	
V splošnem varno delovanje.	Nizka stopnja reaktivnosti v primeru obračanja elektrod (s produkti reakcije).
V primerjavi s tehnikami, kot so kemična oksidacija, ni potrebno prevažati in skladiščiti nevarnih reagentov (npr. klorov dioksid).	
Relativno nizka poraba energije (zaradi nizke temperature in tlaka za delovanje).	
Lahko se uporablja za čiščenje odpadnih voda s TOC<5.000 ppm (parts per million*).	

\*Število masnih ali volumskih delov izbrane snovi v milijonu delov raztopine ali zmesi.

Vir: (EIPPCB, 2014, str. 208).

Elektrokoagulacija predstavlja stičišče treh tehnologij, in sicer elektrokemije, flotacije in koagulacije. Njen cilj je tvorba oborine in spojin med koloidi, tako da lahko te snovi ločimo v nadaljnjem postopku. Sprostitev koagulanta v izcedno odpadno vodo, ki jo je potrebno očistiti, se izvede z elektrolitskim raztapljanjem elektrod<sup>27</sup> (npr. anode, ki je običajno iz aluminija ali železa). Ko se elektrode raztapljajo, se sproščata plina (vodik in kisik), čigar posledica je flotacijski učinek. V kolikor je potrebno, se lahko doda flokulant, ki poveča flotacijski učinek.

Ključno za stabilno obratovanje elektrokoagulacijske čistilne naprave je, da se zagotavlja zadostno prevodnost odpadne vode, ki se lahko dosega tudi z dodajanjem soli. Kljub temu

<sup>27</sup> Elektroliza je proces, ki poteka z enosmerno napetostjo, ki jo priključimo na elektrodi (katoda in anoda). Elektrodi sta potopljeni v talino ali raztopino, ki prevaja (elektrolit). Z reakcijama oksidacije in redukcije se iz elektrolita izločijo elementi ali spojine. Redukcija poteka na negativno nabiti katodi, oksidacija pa na pozitivno nabiti anodi. Pozitivno nabiti kationi (npr. kovinski ioni, vodikovi ioni) potujejo proti negativni katodi, negativno nabiti anioni (npr. kloridni ioni, sulfatni ioni, hidroksilni ioni) pa proti pozitivni anodi.

da je tehnika čiščenja enostavna, pa so lahko potencialne reakcije zapletene in jih je težko predvideti. V splošnem velja, da bolj kot je zapletena matrica odpadne vode (količine in vrste prisotnih onesnaževal), bolj kompleksne so reakcije in bolj nepredvidljivi rezultati. Zaradi tega je smiselno oziroma potrebno predhodno potrditi uspešnost te tehnike z laboratorijskimi meritvami na realnih vzorcih.

V najpreprostejši obliki elektrokoagulacijski reaktor sestoji iz elektrolitske celice z anodo in katodo. Ko so elektrode priključene na napajanje, poteka oksidacijska reakcija na anodah (pozitivnih elektrodah), medtem ko redukcijska reakcija poteka na katodah (negativnih elektrodah). Elektroflotacija se lahko izvaja po elektrokoagulaciji.

Elektrokoagulacija-elektroflotacija povzroča interakcijo med koagulantom in onesnaževalom. Koagulant destabilizira koloidno suspenzijo z zmanjšanjem privlačnih sil. S tem se zniža energetska meja in omogoči delcem, da se združujejo v agregate.

Koagulant in njegovi produkti hidrolize lahko na številne načine reagirajo z onesnaževalom, različnimi ioni ali s plinskimi mehurčki. Te interakcije niso ne popolnoma pojasnjene ne kvantificirane. Anoda korodira in z njo se sprošča v raztopino  $\text{Al}^{3+}$  ion, ki se lahko obarja, direktno veže z onesnaževalom ali pa tvori komplekse z  $\text{Al}^{3+}$  in s hidroksidnimi ioni. Na katodi poteka redukcija vode tako, da nastanejo hidroksidni ioni, ki se porabljajo za vezavo z  $\text{Al}^{3+}$  ioni ali pa znižujejo pH vrednost raztopine, nastaja pa tudi vodik, ki pripomore k mešanju raztopine in dviga lažje delce na površino (stabilni kosmiči). Težji delci se posedajo na dno v obliki mulja (Ricordel in drugi, 2010). Namesto  $\text{Al}^{3+}$  ionov je za koagulant mogoče uporabljati tudi  $\text{Fe}^{2+}$  in  $\text{Fe}^{3+}$  ione, ali pa oboje.

Čeprav je po čiščenju z elektrokoagulacijo-elektroflotacijo opazno znižanje vrednosti KPK, pa v mnogih primerih ta tehnika ni posebej primerna za odstranitev raztopljenih organskih molekul, je pa primerna za odstranjevanje težkih kovin, emulzij in koloidov. Uspešnost odstranjevanja kovin, emulzij in koloidov je primerljiva s klasično fizikalno-kemično obdelavo (npr. koagulacijo in flokulacijo).

Po tehnološki zasnovi se lahko elektrokoagulacijo-elektroflotacijo smiselno nadgrajuje tudi s postopkom čiščenja z elektrooksidacijo, pri kateri gre za postopek, kjer se s pomočjo električnega toka tvorijo snovi, ki povzročajo oksidacijo (npr. vodikov peroksid, klor, hidroksilni radikali).

Elektrokemijska oksidacija lahko poteka po dveh različnih mehanizmih, pri čemer lahko v vodi potekata oba procesa vzporedno, in sicer (Roš, 2015, str. 174):

- neposredna (direktna) anodna oksidacija, pri kateri onesnaževala razpadejo na površini anode, ali
- posredna (indirektna) oksidacija, kjer se posrednik ( $\text{HClO}$ ,  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$  in drugi) elektrokemijsko ustvari in izvede oksidacijo.

Cilj te metode je tvorba oksidantov, ki omogočajo pretvorbo toksičnih organskih onesnaževal in biološko nerazgradljivih substanc v lažje razgradljive organske komponente ali celotno mineralizacijo organskih onesnaževal (npr. njihovo pretvorbo v vodo, soli in ogljikov dioksid) (EIPPCB, 2014, str. 47). Pogoji za to je, da se zagotovi primerno sestavo reakcijskih plošč, pri čemer se mora za izbiro najustrežnejšega materiala reakcijskih plošč predhodno opraviti teste na realnih vzorcih izcedne odpadne vode.

Elektrooksidacija omogoča, da se strupene organske snovi in biološko nerazgradljive oziroma slabo razgradljive snovi pretvorijo v enostavnejše biološko razgradljive organske sestavine ali da pride do celotne mineralizacije organskih onesnaževal (npr. pretvorbo v vodo, soli in ogljikov dioksid). Uspešnost te tehnike se torej ne meri samo z zmanjšanjem KPK ali specifičnih snovi, temveč izboljša biorazgradljivost za nadaljnjo biološko obdelavo (EIPPCB, 2014, str. 574).

Pri elektrokoagulaciji je mulj kompaktnější in ga je lažje odvodnjavati, kar predstavlja manjši vpliv na okolje glede na konvencionalno fizikalno-kemično obdelavo (z uporabo koagulantov in flokulantov). Običajno se v čistilni proces ne dodaja podpornih snovi, razen če je potrebno zvišati prevodnost odpadne vode (z dodatkom soli). Aktivne snovi (koagulanti v obliki kovinskih ionov) se sprostijo s pomočjo anodnih reakcij in reagirajo z onesnaževali, prisotnimi v odpadni vodi. Pomemben vpliv na okolje ima poraba anod, saj jih je treba redno nadomestiti zaradi postopnega raztapljanja v odpadni vodi. Poraba energije je še eden od vplivov na okolje, saj je odvisna od obremenjenosti in zahtevanega pretoka odpadne vode. Pri elektrooksidaciji (enako kot pri elektrokoagulaciji) predstavlja poraba energije največji vpliv na okolje. Pri elektrooksidaciji so lahko sporne tudi kemikalije, ki se v proces čiščenja dodajajo po potrebi.

Novo metode oziroma napredni postopki so potrebni še posebej za obdelavo okoljsko bolj problematičnih odpadnih voda, med katere spadajo izcedne odpadne vode. Izcedne odpadne vode so na vrhu lestvice odpadnih voda glede na težavnost čiščenja, saj imajo zelo kompleksno in spremenljivo vsebino, ki se tvori na odlagališču (Ilhan in drugi, 2009, str.1). Definirane so kot odpadne vode, ki nastajajo kot posledica: pronicanja deževnice skozi odpadke, biokemičnih procesov v odpadkih in obstoječe vsebnosti vode v odpadkih. Predstavljajo odpadno vodo, ki običajno vsebuje organske spojine, težke kovine, amonijeve spojine, kloride in številne ostale težko razgradljive in strupene spojine, ki predstavljajo resno grožnjo okolju (Bo in drugi, 2016 str. 406).

### **3.3 Analiza študij na področju elektrokemijskega čiščenja izcednih odpadnih voda<sup>28</sup>**

Za čiščenje izcedne odpadne vode se uporabljajo številne metode, kot so napredne oksidacijske tehnike, membransko čiščenje, biološko čiščenje, koagulacijsko-flokulacijske metode in flotacijski procesi. Ob tem nekatere študije ugotavljajo, da je možno uporabljati elektrokoagulacijo kot samostojno metodo čiščenja izcedne odpadne vode (Ricordel in Djelal, 2014, str. 1551). Elektrokoagulacija je med elektrokemijskimi procesi boljše izbira, ne samo da doseže zadovoljive rezultate, temveč je njen proces stroškovno učinkovit in enostaven (Chopra in drugi 2011, str. 191).

Elektrokoagulacija se lahko uporablja za odstranjevanje:

- usedljivih, neraztopljenih in raztopljenih snovi,
- neraztopljenih snovi in koloidnih delcev z destabilizacijo koloidne suspenzije,
- živalskih in rastlinskih olj in maščob,
- organskih spojin,
- hranil (npr. fosfatov),

---

<sup>28</sup> V podpoglavju se osredotočamo na študije s področja elektrokemije, saj je za podjetje X predviden elektrokemijski postopek čiščenja izcedne odpadne vode.

- težkih kovin v obliki oksidov ali netopnih železovih in aluminijastih oborin (npr. arzena, kadmija, kobalta, kroma IV, bakra, živega srebra, molibdena, niklja, svınca in cinka),
- anorganskih soli (npr. cianida),
- kompleksnih organskih molekul (npr. barvil).

Poleg tega se lahko elektrokoagulacija uporabi za čiščenje oljnih emulzij v vodi in deaktivacijo bakterij, virusov in cist.

Elektrooksidacija se uporablja pri dezinfekciji pitne vode, uničenju bakterij in virusov, nadzoru smradu, razbarvanju barvil in na odlagališčih izcedne odpadne vode. Uporablja se lahko za čiščenje obstojnih organskih onesnaževal, ki jih je mogoče najti v odpadnih vodah iz farmacevtske proizvodnje, bolnišnicah, celulozne in papirne industrije, oljne in petrokemične industrije. Omogoča odstranitev pesticidov in herbicidov, PAH, hlapnih organskih spojin in kelatnih agentov<sup>29</sup>.

Glede na stroge zakonodajne predpise je potrebno izcedne odpadne vode ustrezno obravnavati, preden se odstranijo v sprejemne vodotoke. Najbolj običajna praksa, da se prepreči tveganje za okolje, je črpanje in odvajanje izcedne odpadne vode v konvencionalne centralne čistilne naprave. Kljub temu pa so potrebne nove tehnologije in nove kombinacije čiščenja za doseg mejne vrednosti onesnaževal. Tako je med drugimi elektrokemična oksidacija načeloma boljša od konvencionalnih metod čiščenja zaradi svoje vsestranskosti, odsotnosti proizvodnje blata in možnosti avtomatizacije. V zadnjih letih so bili predlagani elektrokemijski procesi kot alternativna metoda čiščenja, tako za odstranitev ogljikovih in amonijevih spojin kot zaradi prednosti, ki zadevajo okoljsko skladnost, varnost, selektivnost in stroškovno učinkovitost (Del Moro in drugi, 2016, str. 87).

V preteklem desetletju je bilo biološko čiščenje, ki mu je sledila tehnika membranske separacije (kot je membranski bioreaktor), reverzna osmoza z disk-cevnim sistemom (angl. disc tube reverse osmosis) in nanofiltracija, široko uporabljan in uspešno komercializiran postopek pri čiščenju te vode, prav tako je obstajalo mnenje, da lahko ta tehnološki postopek trajno zagotavlja obdelano vodo s stabilno kakovostjo, ne glede na vhodno vodo. Medtem ko biološko čiščenje in membranska separacija odstrani večino lahko razgradljivih organskih spojin, pa ima preostali koncentrat izjemno nizko razmerje (količnik) med BPK5 in KPK ter visok delež takšnih organskih spojin, ki so težko razgradljive s tradicionalnim biološkim čiščenjem (Bo in drugi, 2016 str. 406). Slednje pomeni, da je potrebna drugačna tehnologija čiščenja, ki v polni meri razgradi težko razgradljive organske spojine oziroma jih razgradi do te mere, da jih je mogoče obdelati s tradicionalnimi postopki čiščenja (npr. biološkim čiščenjem).

Značilnosti parametrov izcedne odpadne vode so povezane tudi s starostjo odlagališča, ki se jih po starosti razvršča v tri faze, in sicer mlada odlagališča (manj kot 5 let), srednja (5–10 let) in starejša (nad 10 let). Glede na različne lastnosti izcedne vode je razmerje med BPK5/KPK najbolj reprezentativen pokazatelj starosti odlagališča, saj je neposredno povezan z biološko razgradljivostjo. Tako je za mlada odlagališča značilna visoka

---

<sup>29</sup> Kelati oziroma kelatorji so minerali, vezani na organske nosilce (npr. zelo pogosto na aminokisljine). Kelatorji imajo široko uporabo – uporabljajo se kot prehranska dopolnila, gnojila, mehčalci vode (šamponi in mehčalci za pranje perila), v medicini za zdravljenje zastrupitev s kovinami in v ostalih industrijskih postopkih (npr. pri sintezi mentola) (Wikipedia, 2016b).

koncentracija biološko razgradljivih organskih snovi, kot so hlapne maščobne kisline, torej visok količnik med BPK5/KPK. Večina BPK5, ki predstavlja biološko razgradljiv del KPK, se razgradi pri procesu stabilizacije (Ahmed in drugi, 2012, str. 41). Za preučevano podjetje X je značilna slaba biološka razgradljivost, kar je tudi pričakovano, glede na to, da je odlagališče že staro več kot pet let.

Za čiščenje izcednih vod s pomočjo različnih vrst posameznih in/ali kombiniranih fizikalno-kemijskih tehnologij (vključujoč napredne oksidacijske procese) so bile izvedene številne študije. Pri tem so se pokazale težave pri doseganju tako tehnične kot ekonomske sprejemljivosti pri uporabi posamičnega postopka čiščenja. Zaradi tega se predlaga uporaba takšnih kombinacij različnih tehnologij, ki vključujejo tudi novejšo postopke čiščenja (Urtiaga in drugi, 2009, str. 1530).

Med potencialnimi fizikalno-kemijskimi tehnologijami za obdelavo izcedne vode je bila predmet študij tudi notranja mikro elektroliza (angl. internal micro-electrolysis–IME), ki temelji na nič valentnem železu. V osnovi gre za postopek, kjer v izcedni vodi mešanica železovih opilkov v stiku z granulami aktivnega oglja tvori mikroskopske galvanske člene med delci železa (anode) in oglja (katode). Galvanski členi nastajajo na mikroskopski ravni, sočasno pojavljanje redoks reakcij<sup>30</sup> na površini številnih železovih opilkov in delci aktivnega oglja povzročajo znatni tok elektronov. Ta postopek deluje na principu, ki je zelo podoben elektrolizi, razen da se namesto zunanega napajanja elektroni napajajo iz notranje galvanske korozije številnih mikroskopskih »žrtvenih« anod (Diwen in drugi, 2012, str. 426).

Kot učinkovita metoda za odstranjevanje organskih onesnaževal se je izkazala fotoelektrokemična oksidacija, ki je boljša od posamičnega elektroliznega in fotokatalitskega procesa. Je bolj obetajoča metoda za razgradnjo (degradacijo) in obnovo (remediacijo) odpadne vode z nizko biološko razgradljivostjo. V študiji je fotokemična oksidacija odstranila večino KPK in skoraj ves amonijev dušik, prav tako tudi obarvanost vode, kar je verjetno rezultat posredne oksidacije (Xu in drugi, 2010, str. 865).

Biološki procesi so precej učinkoviti za čiščenje izcedne odpadne vode, ko se uporabljajo na mladih odlagališčih, vendar manj učinkoviti za čiščenje na starejših odlagališčih. Tako se za učinkovito čiščenje izcedne odpadne vode pogosto zahteva kombinacijo fizikalno-kemijskih in bioloških metod. Vpihovanje zraka se uporablja za odstranjevanje amonijevih spojin. Kemična oksidacija je pogosto preučevana metoda za čiščenje odpadne vode, ki vsebuje trdovratne spojine, kot so izcedne odpadne vode. V zadnjem času se je pozornost usmerila na napredne oksidacijske procese, med katerimi se zdi Fentonov proces (angl. Fenton process) dober kompromis, ker je tehnološko enostaven, nima omejitve pri prehajanju snovi (je homogena narave), prav tako sta železo in vodikov peroksid, ki se pri procesu uporabljata, poceni in netoksična. Slabost je, da Fentonov proces potrebuje nizek pH, zato je njegova manipulacija neizogibna. Koagulacija-flokulacija se uporablja za odstranjevanje neraztopljenih snovi, koloidnih delcev, biološko nerazgradljivih organskih snovi in težkih kovin. Koagulacijski proces destabilizira koloidne delce z dodajanjem koagulanta. Za povečanje delcev koagulaciji običajno sledi flokulacija, ki združi nestabilne delce. Prav tako se odlagališča pogosto sočasno čistijo z biološkimi procesi v občinski centralni čistilni napravi (Jin-Song in drugi, 2010, str. 699).

---

<sup>30</sup> Izmenjavo elektronov imenujemo reakcija oksidacije in redukcije ali redoks reakcija. Oddajanje elektronov imenujemo oksidacija, sprejemanje elektronov pa redukcija.

Nadalje je predstavljena primerjava različnih kombinacij čiščenja izcednih odpadnih voda (Tabela 4). Tako študije najpogosteje predlagajo integracijo različnih postopkov čiščenja izcednih voda. Ho-Sheng in drugi (2009, str. 409) predlagajo naslednji integriran postopek: uporabo SBR za primarno čiščenje, za sekundarno čiščenje predlagajo koagulacijo s polimernim železovim sulfatom v kombinaciji s Fentonovim sistemom in kot terciarno zgornji biološki zračni filter (v nadaljevanju UBAF).

Tabela 4: Primerjava kombiniranih procesov čiščenja izcednih odpadnih voda

Kombinirani procesi*	Lokacija odlagališča	Parametri na dotoku (mg/L)		Uspešnost odstranitve (%)**	
		KPK	NH <sub>3</sub> -N	KPK	NH <sub>3</sub> -N
Izpihovanje zraka + Fenton + SBR + koagulacija	Chongqing (Kitajska)	4.150	1.169	93,3	98,3
Struvit (magnezijev amonijev fosfat) + UASB	Kemerbugaz (Turčija)	8.900	2.130	83	86
Struvit + izpihovanje amonijaka	Istambul (Turčija)	4.560	2.170	80	90
Koagulacija + elektro-Fenton + SBR	Tajvan	1.941	150,9	85	81
Koagulacija + izpihovanje amonijaka + GAC absorbcija	Bursa (Turčija)	23.700	1.140	99,3	-
Koagulacija + Fenton oksidacija + BAF	Guangdong (Kitajska)	600-700	-	88	-
Struvit (fosfatni mineral) + SBBGR + Fenton	Apulia (Italija)	24.400	3.190	97	99,7
SBR + koagulacija + Fenton + UBAF	Jiangmen (Kitajska)	3.000	1.100	97,3	99

\*UASB = anaerobni reaktor s plastjo granul, SBR = zaporedni prekatni reaktor, GAC = granilirano aktivno oglje, BAF = biološki zračni filter, SBBGR = zaporedni prekatni reaktor z granuliranim aktivnim ogljem, UBAF = zgornji biološki zračni filter.

\*\*V študijah predstavlja delež odstranitve amonijevega dušika (NH<sub>3</sub>-N) referenčni kazalnik odstranitve organskih onesnaževal, delež odstranitve KPK pa referenčni kazalnik odstranitve anorganskih onesnaževal.

Vir: (Jin-Song in drugi, 2010, str. 699).

Kot primer integriranega procesa Uruga in drugi (2009, str. 1530) predlagajo naslednje tehnologije:

- Biološko čiščenje za eliminacijo biološko razgradljivih organskih spojin in v določeni meri amonijev dušik. Kljub temu pa vsebuje izcedna voda iz odlagališč visok delež težko razgradljivih organskih spojin, kot so huminske snovi<sup>31</sup> ali površinsko aktivne snovi, in specifične toksične substance, kot so PAH, organohalogenke spojine (v nadaljevanju AOX), ter PCB.
- Fentonova oksidacija za odstranitev večine biološko nerazgradljivih organskih spojin z dodajanjem vodikovega peroksida kataliziranega<sup>32</sup> z železovo soljo. Takšna mešanica spodbuja nastajanja hidroksilnih radikalov, ki zagotavljajo visok oksidacijski potencial. Poleg tega Fe<sup>3+</sup>, ki nastane v fazi oksidacije, spodbuja odstranitev drugih onesnaževalcev s koagulacijo in sedimentacijo. Kljub temu je tehnologija neučinkovita pri odstranjevanju organskih kislin in amonijevih spojin.
- Elektrokemična oksidacija za dodatno zmanjšanje KPK in amonijevih spojin.

<sup>31</sup> Huminske snovi nastanejo z biološko razgradnjo rastlinskega in živalskega materiala, ki jih najdemo tudi v površinskih vodah.

<sup>32</sup> Kataliza pomeni pospeševanje oz. upočasnjevanje kemijske reakcije s pomočjo snovi katalizatorja. Katalizatorji so snovi, ki pospešijo kemijsko reakcijo, ne da bi se pri tem spremenili.

- Posredni oksidacijski procesi, ki se uporabljajo pretežno za razpad preostalih spojin, pri čemer se uporablja hipoklorit, ki se tvori z oksidacijo kloridnih anionov, prisotnih v izcedni vodi.

Na podlagi predhodno opisane elektrokemijske tehnologije čiščenja je mogoče sklepati, da je za to vodo elektrokemijska tehnologija primeren način čiščenja na odlagališčih. Slednje še dodatno potrjuje strokovna literatura o izvedenih študijah čiščenja izcednih odpadnih voda. Glede na opravljene analize čiščenja realnih vzorcev izcedne odpadne vode v podjetju X, že obstoječe strokovne študije in ostale okoliščine (npr. prostorske omejitve, zahteve po čim manjšem dodajanju kemikalij, priklop na javno kanalizacijo) se je podjetje odločilo, da je elektrokemijska metoda ustrezna za čiščenje izcedne odpadne vode. Študije prav tako predlagajo kombiniranje z drugimi metodami – npr. z biološko obdelavo, ki pa je pri podjetju X predvidena z izpustom v javno centralno čistilno napravo.

### Študije stroškov elektrokemijskega čiščenja

Na podlagi predhodno prikazanih študij predstavlja elektrokoagulacija ustrezno metodo čiščenja izcednih odpadnih voda, obenem pa je za čiščenje organskih onesaževal (v konkretnem primeru amonijevega dušika) kot nadgradnja tega procesa zelo primerna metoda elektrooksidacije. Področje čiščenja odpadnih voda se pretežno preučuje s tehnološkega vidika, precej manj pa s stroškovnega vidika, ki bi zajemalo področje izcednih voda. Kljub temu študije ob tehnološkem proučevanju uspešnosti odstranjevanja različnih onesaževal in stroških, ki pri tem nastajajo, podajajo referenčni okvir pri preučevanju stroškov čiščenja odpadne vode v podjetju X<sup>33</sup>.

Ozyonar in Karagozogl (2011, str. 178) sta v svoji laboratorijski raziskavi preučevala čiščenje gospodinjske odpadne vode s tehnološkim postopkom elektrokoagulacije, kjer sta ugotovila, da na obratovalne stroške postopka pomembno vplivata gostota električnega toka in čas čiščenja. Čiščenje se je izkazalo za učinkovito v zelo kratkem času (med 5 in 10 minutami), saj je bila odstranitev KPK 75,0 %, odstranitev motnosti 98,0 % in odstranitev fosforja 98,1 %. Optimalni operativni pogoji čiščenja so bili pri 7,8 pH, 100 A/m<sup>2</sup> gostote električnega toka in 0,18 kg<sub>Al</sub>/m<sup>3</sup> porabe elektrod. Po njihnih izračunih so obratovalni stroški znašali 0,86 USD/m<sup>3</sup> prečiščene vode, čiščenje pa se je izkazalo za ekonomsko upravičeno.

Oncel in drugi (2013, str. 989) so delali primerjavo med kemijskim obarjanjem in elektrokoagulacijo odpadnih voda iz premogovniške dejavnosti za odstranjevanje onesaževal, kot so železo, aluminij, kalcij, magnezij, mangan, cink, silicij, stroncij, bor, svinec in krom<sup>34</sup>. Kemijsko obarjanje je potekalo z natrijevim hidroksidom, pri elektrokoagulaciji pa z železovimi in aluminijevimi elektrodami. S postopkom kemijske koagulacije so pri dodajanju natrijevega hidroksida od 0,4 ml/L do 2,5 ml/L znašali stroški kemičnega čiščenja (preračunani na m<sup>3</sup>) med 1,04 USD/m<sup>3</sup> in 6,62 USD/m<sup>3</sup>. Pri optimalnih pogojih so stroški čiščenja znašali 4,53 USD/m<sup>3</sup>, pri čemer je nastalo 5,06 kg/m<sup>3</sup> odpadka, ki ni zajet v ceno. Pri elektrokoagulaciji je poraba energije znašala med 1,32 in 5,640 kWh/m in poraba elektrod med 0,92 in 1,70 kg/m<sup>3</sup>, pri čemer je znašala

---

<sup>33</sup> Strokovne študije, ki preučujejo stroškovni vidik čiščenja praviloma potekajo z laboratorijsko simuliranimi postopki in dajejo določene zaključke, koliko bi stalo čiščenje pri optimalnih vhodnih parametrih ob optimalnem postopku čiščenja.

<sup>34</sup> Stroški so se določili pri tržnih cenah, in sicer poraba električne energije 0,10 USD/kWh, ceni elektrod 0,85 USD/kg in ceni kemikalij za natrijev hidroksid 0,60 USD/kg.



gostota električnega toka med 200 in 500 A/m<sup>2</sup>. Stroški čiščenja po 40 minutah so znašali med 0,91 in 1,98 USD/m<sup>3</sup>, ob tem je nastalo med 0,85 in 3,58 kg/m<sup>3</sup> odpadka, ki ni zajet v ceno. Optimalne pogoje čiščenja se je doseglo pri 1,98 USD/m<sup>3</sup>.

Akif Kabuk in drugi (2013, str. 6) so pri izračunu operativnih stroškov elektrokoagulacijskega sistema upoštevali tok, napetost in reakcijski čas pri optimalnih pogojih. Pri tem je bil tok 1,3 A, napetost 8,0 V, gostota električnega toka 20 mA/cm<sup>2</sup> in čas čiščenja 50 minut. Na podlagi tega je bila poraba energije s temi vrednostmi ocenjena na 20,800 kWh/m<sup>3</sup> odpadne vode, kar pomeni 2,2 USD/m<sup>3</sup> odpadne vode.

Samir Naje (2013, str. 64) je v študiji čiščenja odpadne vode iz tekstilne industrije s postopkom elektrokoagulacije in elektrooksidacije podala operativne stroške čiščenja, ki znašajo 2,03 USD/m<sup>3</sup> prečiščene vode, kar vključuje porabo elektrike po 0,43 USD/m<sup>3</sup>, porabo elektrod po 0,75 USD/m<sup>3</sup>, porabo polimera po 0,05 USD/m<sup>3</sup>, porabo natrijevega hidroksida po 0,60 USD/m<sup>3</sup> in stroške odlaganja mulja po 0,20 USD/m<sup>3</sup>. Pri čiščenju se je porabilo 5,660 kWh/m<sup>3</sup> električne energije, 0,30 kg/m<sup>3</sup> elektrod, 0,01 kg/m<sup>3</sup> polimera in 1,20 kg/m<sup>3</sup> natrijevega hidroksida, mulja je nastalo za 2,88 kg/m<sup>3</sup> prečiščene vode<sup>35</sup>.

V pilotni študiji čiščenja amonijevega dušika iz izcedne odpadne vode na odlagališču s postopkom elektrooksidacije so si zastavili cilj, da povprečne vrednosti amonijevega dušika iz okoli 400,00 mg/L znižajo pod 200,00 mg/L, pri čemer naj operativni stroški znašajo manj kot 1,00 USD/m<sup>3</sup>. Tekom raziskave je bil amonijev dušik znižan na 150,00 mg/L pri povprečni porabi 2,900 kWh/m<sup>3</sup>, kar je zneslo 1,40 USD/m<sup>3</sup> porabljene elektrike, ob tem se je za čiščenje elektrod porabilo za 0,36 USD/m<sup>3</sup> čistila, kar je bilo še vedno ekonomsko sprejemljivo (Chumeng, 2016, str. 2).

### 3.4 Ugotovitve tretjega poglavja

Pri razvoju čiščenja odpadnih voda je človek posnemal naravo, saj ima voda v naravi lastnosti, da se sama prečisti, če le onesnaženje ni preveliko. Zaradi industrializacije, intenzivnega kmetijstva itd. je dandanes voda preveč onesnažena, zato samočistilnost narave ne deluje v takšnem obsegu, da ne bi povzročala škode okolju, torej tudi ljudem. Ti so zato začeli iskati možnosti, kako zmanjšati oziroma odstraniti škodljive vplive, ki jih povzroča onesnažena voda. Tako je prišlo do razvoja tehnologij čiščenja odpadnih voda, od najpreprostejših pa do naprednejših postopkov čiščenja, pri čemer se med slednje uvrščata tudi membransko in elektrokemijsko čiščenje.

Membranska (revezno-osmozna) tehnologija čiščenja odpadnih voda predstavlja obstoječo tehnologijo čiščenja odpadnih voda v podjetju X. Gre za prepuščanje tekočine (onesnaževala) skozi membrano na način, da se ločita permeat, ki prehaja skozi membrano, in koncentrat, ki skoznjo ne prehaja. Gonilna sila tega procesa je razlika tlaka, ki nastaja pred in za polprepustno membrano. Membrana lahko zadrži vse delce do velikosti organskih molekul in celo ionov.

Ključna slabost reverzne osmoze je mašenje filternih modulov, do česar prihaja tudi v podjetju X zaradi povečanega parametra KPK in neraztopljenih snovi na dotoku, kar predstavlja pomemben razlog za iskanje drugačnega načina čiščenja v podjetju X, pri

---

<sup>35</sup> Pri izračunih so bili v študiji upoštevani naslednji stroški: elektrolit natrijev klorid = 0,05 USD/kg, elektrolit natrijev sulfat = 0,40 USD/kg, natrijev hidoksid = 500,00 USD/t, polimer = 5,50 USD/kg, električna energija = 0,08 USD/kWh, mulj = 70,00 USD/t.

čemer gre v konkretnem primeru za elektrokemično čiščenje. Nov način ravnanja z izcednimi vodami temelji na elektrokemijskem postopku čiščenja, in sicer v pretežni meri na procesu elektrokoagulacije-elektroflotacije in elektrooksidacije. Takšen način čiščenja prinaša številne koristi, in sicer prilagodljivost, možnost avtomatizacije, stroškovno učinkovitost, energetsko učinkovitost, varnost in vsestranskost.

Nove metode oziroma napredni postopki so še posebej potrebni za obdelavo okoljsko bolj problematičnih odpadnih voda, med katere spadajo izcedne odpadne vode, ki so na vrhu lestvice odpadnih voda glede na težavnost čiščenja, saj gre za zelo kompleksno in spremenljivo vsebino, ki se tvori na odlagališču. Na podlagi izvedenih študij s področja elektrokemijskega čiščenja se je izkazalo, da je ta tehnologija primeren način čiščenja na odlagališčih. Študije prav tako predlagajo kombiniranje z drugimi metodami – npr. z biološko obdelavo, ki pa je v konkretnem primeru predvidena po izpustu v javno centralno čistilno napravo. Glede na opravljene analize čiščenja realnih vzorcev izcedne odpadne vode v podjetju X, že obstoječe strokovne študije in ostale okoliščine (npr. prostorske omejitve, zahteve po čim manjšim dodajanju kemikalij, priklop na javno kanalizacijo) se je podjetje odločilo, da je elektrokemijska metoda ustrezna za čiščenje izcednih odpadnih voda. Tudi predstavljene študije stroškovne primerjave čiščenja kažejo na stroškovno učinkovit postopek čiščenja, vendar pa želi podjetje X, da se stroškovni izračuni izvedejo na konkretnem primeru, kar bo izvedeno v računovodskem delu naloge v nadaljevanju.

## 4 RAČUNOVODSKO-TEORETIČNE PODLAGE PRI PREDRAČUNAVANJU

### 4.1 Stroški

Stroški so obračunska kategorija in izpričujejo vrednost prvin, porabljenih ali obrabljenih v poslovnem procesu (Koletnik, 2007, str. 191). So vrednostno oziroma cenovno izraženi potroški prvin poslovnega procesa. Potroški so količinsko, številčno, stopenjsko, časovno itd. opredeljena poraba prvin poslovnega procesa. Stroške ugotovimo tako, da potroške določenih prvin pomnožimo s ceno za enoto tega potroška (Mihelčič, 2007, str. 127).

Pogoji, da je znesek lahko strošek, so, da predstavlja porabo prvine poslovnega procesa, se ta prvina troši, se lahko prvina izrazi vrednostno, je znesek nujno povezan s poslovnim procesom, je znesek v neki normalno opravičljivi višini in se znesek pokriva iz prihodka. (Turk in drugi, 2003, str. 99):

Stroške razvrščamo po različnih kriterijih, to je glede na (Hočevar in drugi, str. 7):

- prvine poslovnega procesa:
  - stroški delovnega procesa (stroški amortizacije),
  - stroški predmetov dela (stroški materiala),
  - stroški dela,
  - stroški storitev;
- obdobje vplivanja na poslovni izid:
  - stroški, ki se zadržujejo v zalogah,
  - stroški, ki niso neposredno odhodki, ob nastanku zmanjšujejo poslovni izid;
- odzivanje na spremembe v obsegu:
  - stalni stroški,
  - spremenljivi stroški;
- pripisovanje stroškovnim nosilcem:
  - neposredni (direktni) stroški,
  - posredni (indirektni) stroški;
- obdobje nastanka stroškov:
  - uresničeni (obračunski) stroški,
  - načrtovani stroški;
- stroške za nadziranje:
  - obvladljivi stroški,
  - neobvladljivi stroški;
- stroške za izbiranje med poslovnimi možnostmi:
  - odločujoči stroški,
  - neodločujoči stroški;
- vrednotenje posameznih stroškovnih sestavin:
  - dejanski stroški,
  - ocenjeni stroški,
  - standardni stroški.

Stroške lahko razvrščamo po različnih kriterijih, kar je zlasti pomembno za razumevanje metod vrednotenja poslovnih učinkov (Koželj, 2012, str. 55). Kako jih razvrstimo je

pomembno predvsem takrat, ko želimo analizirati stroške. Za pridobitev določenih informacij lahko upoštevamo le nekatere stroške, v drugih primerih pa vse stroške. Pri vsakem ocenjevanju, vrednotenju, sprejemanju odločitev so potrebne informacije o specifičnih vrstah stroškov. Zato je vsebino stroškov oziroma njihovo obravnavanje potrebno prilagoditi namenu njihovega preučevanja (Kavčič in drugi, 2007, str. 31).

Ne glede na to, za katero vrsto stroškov se odločimo, vselej velja, da vsaka izmed njih odseva celotne stroške. Gre za to, da kadar govorimo o vrstah stroškov, ne govorimo o različnih delih stroškovne celote, temveč o različnih vidikih preučevanja iste celote stroškovne realnosti (Rebernik, 2008, str. 197). Za izdelavo kalkulacij ni zadosti poznati le različne vrste stroškov, ampak je treba vedeti tudi kje nastajajo, kdo so njihovi povzročitelji, kdo je odgovoren zanje itd. Pomembno je poznati vrste in členitev stroškov, kar je mogoče v nadaljevanju upoštevati pri preučevanju stroškov čiščenja izcedne odpadne vode.

## 4.2 Izbrane tipologije stroškov in njihovo razporejanje

### Neposredni in posredni stroški

Z vidika spremljanja stroškov je ključno ločevanje med neposrednimi in posrednimi stroški. Njihova delitev je odvisna od načina razporejanja na posamezne proizvode ali storitve. Gre za razčlenitev glede na način ugotavljanja po proizvodih in storitvah.

Osnovno merilo za razčlenitev stroškov na neposredne in posredne je, ali so ti stroški v posredni oziroma neposredni povezavi s stroškovnim nosilcem in so ugotovljivi v skladu z ekonomičnostjo poslovanja<sup>36</sup> (Hočevar in drugi, 2012, str. 88).

Neposredni stroški so tisti stroški, ki nastajajo zaradi proizvodnje točno določenega proizvoda. Izračunamo jih lahko na osnovi potroškov prvin poslovnega procesa, ki jih neposredno povzroča proizvodnja takega proizvoda. Sestavljajo pomemben delež njegove stroškovne cene in jih lahko ugotovimo neposredno za vsak stroškovni nosilec (Lutar Skerbinjek, 1995, str. 363).

Posredni stroški so tisti, za katere ne vemo, zaradi katerega proizvoda so nastali ali pa niso dovolj pomembni, da bi jih posebej spremljali. V času nastanka jih še ne moremo opredeliti za določen proizvod, ker nastanejo zaradi proizvodnje večih vrst proizvodov, ki izhajajo iz določenega procesa. Ti stroški so sicer pomembni za poslovanje poslovnega sistema in brez njih ne bi mogli proizvajati, ne vemo pa kdo je njihov nosilec (prav tam).

Glede na to delimo posredne stroške v dve skupini (Turk in drugi, 2003, str. 77):

- Posredne stroške izdelave (obratna režija), kamor štejemo tiste stroške, ki nastajajo v posameznih proizvodnih obratih in jih ne moremo zajeti po posameznih stroškovnih nosilcih. Nanje jih prenašamo v skupnem znesku za vse

---

<sup>36</sup> Ekonomičnost pomeni, da želi poslovodstvo stroške razporediti tako, da bo med vsemi stroški čim večji delež neposrednih stroškov, kar daje natančnejše in koristnejše informacije o stroških storitvah, proizvodov in oddelkov ter nenazadnje boljše informacije odločevalcem v podjetju pri sprejemanju odločitev (Hočevar in drugi, 2012, str. 89). Glede natančnosti razporejanja stroškov na neposredne in posredne je treba imeti mero zdravega razuma, saj lahko to presega koristi takšnega sistema, zato se v podjetjih pogosto odločajo, da določene stroške obravnavajo kot posredne.

vrste stroškov s pomočjo t. i. ključev ali stopenj, ki pomenijo razmerje med temi stroški in določeno osnovo.

- Posredne stroške uprave in prodaje (upravno-prodajna režija), kamor štejemo vse tiste stroške, ki nastajajo v zvezi z upravljanjem podjetja ter njegovo nabavno in prodajno dejavnostjo. Posredne stroške uprave lahko prenašamo s pomočjo ključev bodisi neposredno na stroškovne nosilce bodisi najprej obremenimo z njim posamezna stroškovna mesta in jih potem skupaj z ostalimi stroški stroškovnega mesta prenesemo na stroškovne nosilce. Stroški prodaje se v celoti razporedijo na prodajne učinke in ne morejo povečati vrednosti učinkov v zalogi.

Proizvajalni stroški so neposredni stroški materiala, neposredni stroški dela, neposredni stroški storitev, neposredni stroški amortizacije in posredni proizvodjalni stroški. Posredni proizvodjalni stroški so stroški materiala, storitev, dela in amortizacije, ki so obračunani v okviru proizvodjalnega procesa, a jih ni mogoče neposredno povezovati z nastajajočimi poslovnimi učinki. Proizvajalni stroški v ožjem pomenu so tisti proizvodjalni stroški, ki nastajajo v procesu proizvodnje, proizvodjalni stroški v širšem pomenu pa proizvodjalni stroški, ki nastajajo do dokončanja procesa proizvodnje in obsegajo tudi posredne stroške nakupovanja (SRS (2016) 4.28).

V primeru podjetja *X* bomo podrobneje preučili neposredne proizvodjalne stroške, zato posrednih upravno-prodajnih stroškov ne bomo natančneje preučevali, vendar pa jih bomo vseeno prikazali. Kljub temu, da je dejavnost v podjetju *X* precej podobna proizvodnemu procesu, pa ne gre za tipično proizvodnjo, kjer bi nastajale zaloge, prav tako ni posrednih proizvodjalnih stroškov.

### **Stalni in spremenljivi stroški**

Ker se celotni stroški nikoli ne gibljejo sorazmerno z obsegom dejavnosti, sprememba celotnih stroškov ni sorazmerna obsegu dejavnosti. Sorazmerna bi bila le v primeru, ko bi bili vsi celotni stroški sorazmerno spremenljivi, kar pa se v praksi ne dogaja. Zato je za pridobitev informacij o vrednosti stroškov pri različnih obsegih dejavnosti treba določiti spremenljive in stalne stroške. Podatki o spremenljivosti stroškov so zato pomembni pri predračunavanju obsega dejavnosti.

»Na podlagi razčlenitve stroškov na stalne in spremenljive je mogoče napovedovati njihovo gibanje pri različnih obsegih dejavnosti. Pri napovedovanju je treba upoštevati, da se zanesljivost takšnih napovedi zmanjšuje, bolj kot se oddaljujemo od obsegov, ki smo jih uporabili za razčlenitev stroškov na stalne in spremenljive« (PSR (2016) 3.24).

Razčlenjevanje stroškov na stalni in spremenljivi del je ključnega pomena pri načrtovanju stroškov, čeprav razčlenjujemo stroške na stalni in spremenljivi del po različnih metodah na podlagi dejansko nastalih stroškov. Na stalni in spremenljivi del je mogoče razčleniti stroške posameznih izvornih vrst ali posameznih namenskih (funkcionalnih) skupin, npr. neposredne stroške, posredne proizvodjalne stroške, posredne stroške splošnih dejavnosti in druge. Posamezna izvorna vrsta stroškov ali posamezna skupina namensko (funkcionalno) povezanih stroškov ima lahko izključno spremenljivo naravo, izključno stalno naravo ali pa mešano naravo, ki je najpogostejša. Narava se označuje s stopnjami spremenljivosti stroškov (variatorji), pri čemer pomeni stopnja 1 popolno spremenljivost stroškov, stopnja 0 popolno stalnost stroškov, stopnja med 0 in 1 pa mešano spremenljivost oziroma stalnost stroškov. Pri (vseh) mešanih stroških nekaterih vrstah

stroškov ali namensko (funkcionalno) povezanih stroških je stopnja spremenljivosti odvisna od obsega poslovanja in se lahko spreminja zaradi sprememb tega obsega v sicer nespremenjenih okoliščinah. Spremenljivi (variabilni) stroški se poenostavljeno pojmujejo kot sorazmerni (proporcionalni) stroški, stalni (fiksni) stroški pa kot neomejeno (absolutno) stalni stroški, vendar je treba pri takem razmejevanju upoštevati tudi odmike od tega pravila. Nekateri spremenljivi stroški se zaradi zmanjšanja obsega poslovanja lahko vsaj začasno spremenijo v stalne (PSR (2016) 3.23).

### **Dejanski, ocenjeni in standardni stroški**

Prvine poslovnega procesa je treba ustrezno izmeriti, pri čemer je treba razlikovati dejanske, ocenjene in standardne velikosti. Dejanski stroški so tisti, ki so se v danem znesku v obdobju resnično pojavili. Ocenjeni stroški so tisti, ki jih glede na povprečje preteklih dejanskih stroškov in nove razmere pričakujemo. Standardni stroški so tisti, ki so v prikazanem znesku teoretično upravičeni (Turk in drugi, 2003, str. 70).

Dejanski stroški so zmnožki dejanskih potroškov in dejanskih cen, pri ocenjenih stroških pa so količine ali/in cene ocenjene (PSR (2016) 3.20). Če razumemo stroške v običajnem pomenu, to je kot vračunane stroške, so dejanski stroški vedno zmnožek dejanskih potroškov in dejanskih cen, pri ocenjenih potroških pa upoštevamo ocenjene potroške in ocenjene cene. Zmnožek ocenjenih potroškov in dejanskih cen bi lahko poimenovali ocenjeni stroški na podlagi dejanskih cen, zmnožek dejanskih potroškov in ocenjenih cen pa ocenjeni stroški na podlagi dejanskih potroškov (Turk in drugi, 2001, str. 69).

Zmnožek potroškov materiala s povprečnimi cenami še ne ustvarja ocenjenih stroškov, kajti povprečne cene razpoložljivih količin so še vedno dejanske cene. Drugače je, če imamo opravka s povprečnimi cenami, ki jih pričakujemo v prihodnosti. V takšnem primeru bi že lahko govorili o ocenjenih cenah. Podobno bi lahko govorili tudi o dvanajstini letno pričakovanih potroškov kot o ocenjenih potroških v posameznem mesecu. Čeprav jih nato pomnožimo z dejanskimi cenami, nimamo več opravka z dejanskimi mesečnimi stroški (prav tam, str. 69).

Ob tem je smiselno opozoriti na standardne stroške, ki so »zmnožki teoretično upravičenih potroškov in prav takih cen« (PSR (2016) 3.20). So tisti, ki so v prikazanem znesku teoretično upravičeni.

V konkretnem primeru bomo za novo čistilno napravo izhajali delno iz ocenjenih in delno iz standardnih potroškov in ocenjenih cen. Pri novi čistilni napravi gre namreč za predračunavanje stroškov. Pri stari čistilni napravi pa pridejo v poštev dejanski in ocenjeni stroški.

### **Izvirne vrste stroškov**

#### ***Stroški materiala***

Stroški materiala so cenovno izraženi potroški neposrednega materiala in tistega dela materiala, na katerega se nanašajo posredni proizvodjalni stroški ter posredni stroški nabavljanja, prodajanja in splošnih služb. Stroški materiala so stroški surovin, osnovnega in pomožnega materiala ter kupljenih polproizvodov, delov, goriva in maziva. S stroški surovin so mišljeni stroški materiala, ki izhaja iz kmetijstva, gozdarstva ali rudarstva.

Posebni stroški materiala so stroški porabljene energije (SRS (2016) 12.12). Stroški materiala so izvirni stroški kupljenega materiala, ki se neposredno porablja pri ustvarjanju poslovnih učinkov (neposredni stroški materiala), pa tudi stroški materiala, ki nimajo take narave in so zajeti v ustrezne namenske (funkcionalne) skupine posrednih stroškov. V prvo podskupino spadajo stroški surovin, drugih materialov in kupljenih delov ter polproizvodov, katerih porabo je mogoče povezovati z ustvarjanjem poslovnih učinkov. V drugo skupino spadajo stroški pomožnega materiala za vzdrževanje opredmetenih osnovnih sredstev, razen, kadar gre za naknadna vlaganja v opredmetena osnovna sredstva, drobnega inventarja, katerega doba koristnosti ne presega leta dni in katerega posamična vrednost ne presega vrednosti 500,00 EUR, nadomestnih delov za servisiranje proizvodov po njihovi prodaji, pisarniškega materiala, strokovne literature in drugega. S stroški materiala so mišljeni tudi vračunani stroški kala, razsipa, okvar in loma. V duhu SRS 12 se pri teh stroških upoštevajo cene v obdobju, v katerem pride do potroškov. V širšem pomenu je s stroški materiala izenačena tudi nabavna vrednost prodanega trgovskega blaga in materiala (PSR (2016) 3.20, točka a).

### ***Stroški storitev***

Stroški storitev so stroški, ki se ne štejejo kot stroški materiala, amortizacije ali dela. To so stroški prevoznih storitev, proizvodjalnih stopenj, ki jih opravijo drugi, komunalnih storitev, telekomunikacijskih storitev, najemnin, zavarovalnih premij, storitev plačilnega prometa in podobni stroški, v širšem pomenu pa tudi stroški dajatev, ki niso odvisne od poslovnega izida in niso povezane s plačami, ter stroški obresti. Med stroški storitev so tudi stroški po pogodbah o delu, pogodbah o avtorskem delu oziroma stroški storitev iz drugih pravnih razmerij, razen iz delovnega razmerja, nastali s fizičnimi osebami. V vsakem primeru je treba razlikovati razčlenitev stroškov storitev po izvirnih vrstah od njihove razčlenitve po namenskih (funkcionalnih) skupinah, ki je vsaj v primeru vključevanja znotraj organizacije opravljenih storitev mogoča šele po končani razporeditvi vseh stroškov (SRS (2016) 12.18). Stroški storitev so izvirni stroški kupljenih storitev, ki so neposredno potrebne pri nastajanju poslovnih učinkov (stroški neposrednih storitev), pa tudi stroški storitev, ki nimajo take narave in so zajeti v ustrezne namenske (funkcionalne) skupine posrednih stroškov. V prvo skupino spadajo predvsem stroški storitev pri izdelovanju proizvodov, v drugo pa prevoznih storitev, storitev vzdrževanja, sejemskih storitev, reklamnih storitev, reprezentance, zavarovalnih premij, plačilnega prometa in drugih bančnih storitev (razen obresti), najemnin, svetovalnih storitev, službenih potovanj in podobnih storitev (PSR (2016) 3.20).

### ***Stroški amortizacije***

»Amortiziranje je razporejanje vrednosti amortizirljivega sredstva na zneske, v katerih ga v ocenjeni dobi njegove koristnosti postopoma zapušča in ki pomenijo stroške. Amortizacija je znesek, ki v posameznem obračunskem obdobju zapusti amortizirljivo sredstvo in je tedanji strošek (SRS (2016) 1.46). Stroški amortizacije so izvirni stroški, ki so povezani s strogo doslednim prenašanjem vrednosti amortizirljivih opredmetenih osnovnih sredstev in amortizirljivih neopredmetenih sredstev v duhu SRS 1; izjemoma se lahko obravnavajo kot neposredni stroški pri nastajanju posameznih poslovnih učinkov, v večini primerov pa nimajo take narave in spadajo v ustrezne namenske (funkcionalne) skupine posrednih stroškov. Obračunavajo se po cenah, veljavnih v obračunskem obdobju« (PSR (2016) 3.20).

## ***Stroški dela***

Stroški dela so vse oblike zaslužkov, ki jih daje neka organizacija zaposlenim v zameno za njihovo službovanje in jih obravnava kot svoje stroške dela ali kot deleže v dobičku pred predstavitvijo dobička v izkazu poslovnega izida. Z zaslužki so lahko povezane določene dajatve, ki povečujejo stroške organizacije ali deleže zaposlenih v dobičku. Kot zaslužki se obravnavajo tudi vsa plačila poslovodstvu, ne glede na pravno obliko pogodbenega razmerja (SRS (2016) 13.1). Stroški dela so: a) plače, ki pripadajo zaposlenim, v bruto znesku; b) nadomestila plač, ki skladno z zakonom, kolektivno pogodbo ali pogodbo o zaposlitvi pripadajo zaposlenim za obdobje, ko ne delajo, v bruto znesku, ki bremeni organizacijo; c) dajatve v naravi, darila in nagrade zaposlenim ter zanje plačani ali njim povrnjeni zneski, ki niso v neposredni zvezi s poslovanjem; č) odpravnine, ki pripadajo zaposlenim, ko nehajo delati v organizaciji; in drugi dohodki, ki pripadajo zaposlenim skladno z zakonom, kolektivno pogodbo ali pogodbo o zaposlitvi v bruto znesku; d) dajatve, ki se dodatno obračunavajo od postavk od a) do č) in bremenijo izplačevalca. (SRS (2016) 13.3). Kot stroški dela se obravnavajo in ločeno razkrijejo tudi: a) zneski, ki jih odvisno od dobička prejemajo člani organov v organizaciji, ki ne prejemajo plač; b) zneski, ki jih odvisno od dobička prejemajo zaposleni v organizaciji kot dodatek k plačam (SRS (2016) 13.4). Stroški dela so izvirni stroški, ki se nanašajo na obračunane plače in podobne zneske, v kosmatih velikostih pa tudi na dajatve, ki se obračunavajo od te osnove in niso sestavni del kosmatih zneskov. Podrobnosti določa SRS 13. Ti stroški lahko neposredno bremenijo ustvarjanje poslovnih učinkov (stroški neposrednega dela) ali pa imajo naravo posrednih stroškov in so zajeti v ustrezne namenske (funkcionalne) skupine posrednih stroškov (PSR (2016) 3.20).

## **Razporejanje stroškov po stroškovnih mestih**

Stroškovno mesto je namensko, prostorsko ali stvarno zaokrožen del organizacije, na katerem ali v zvezi s katerim se pri poslovanju pojavljajo stroški, ki jih je mogoče razporejati na posamezne začasne ali končne stroškovne nosilce in je zanje nekdo odgovoren (PSR (2016) 3.20).

Stroškovna mesta (v proizvodnih podjetjih) v splošnem delimo na proizvodna in neproizvodna. Proizvodna stroškovna mesta so stroškovna mesta temeljnih dejavnosti (dejavnosti, zaradi katerih se neko podjetje ustanovi), stroškovna mesta pomožnih dejavnosti (kot pomoč oziroma podpora temeljnim dejavnostim) in stroškovna mesta stranskih dejavnosti (razvita vzporedno s temeljno dejavnostjo oziroma kot njeno dopolnilo). Neproizvodna oziroma režijska stroškovna mesta so tista, ki so izven funkcije ustvarjanja poslovnih učinkov (stroškovna mesta nakupne, upravne in prodajne dejavnosti) (Mihelčič, 2007, str. 131).

Z vidika razporejanja stroškov na stroškovna mesta ločimo izvirne stroške, ki jih lahko neposredno povežemo z določenim stroškovnim mestom in jih takoj razporedimo na temeljna stroškovna mesta, in izvedene stroške, ki jih ne moremo razporediti neposredno na temeljna stroškovna mesta, ampak jih usmerimo najprej na posredna stroškovna mesta, nato pa iz teh prenesemo na temeljna stroškovna mesta (Turk, 2003, str. 224).

V finančnem računovodstvu se stroški ob začetnem pripoznanju razčlenjujejo po izvirnih vrstah na a) stroške materiala; b) stroške storitev; c) stroške amortizacije; č) stroške dela;



d) stroške dajatev, ki so neodvisne od poslovnega izida in niso vezane na stroške od a) do č); lahko pa tudi na e) finančne stroške (PSR (2016) 3.1).

Stroški po izvirnih vrstah se razporejajo po stroškovnih mestih, ki omogočajo najmanj ločeno spremljanje stroškov proizvodnje, stroškov nakupovanja, stroškov prodaje in stroškov splošnih dejavnosti pa tudi kasnejše ločeno ugotavljanje stroškov po področnih in območnih odsekih ter odhodkov, ki se nanašajo na ustavljeno poslovanje. Število stroškovnih mest v organizaciji je treba prilagoditi njeni velikosti, organiziranosti, posebnosti proizvodnje oziroma poslovanja, uporabljeni metodi razporejanja stroškov po poslovnih učinkih in oblikam kontroliranja. Pri oblikovanju stroškovnih mest je treba upoštevati popolno razporeditev stroškov, ki odpadejo na posamezne poslovne učinke, in zagotoviti pregled gibanja stroškov na ožjih področjih odgovornosti za njihovo nastajanje ter za potek poslovnega procesa. Upoštevanje finančnih stroškov pri takšnem razporejanju je odvisno od odločitev v organizaciji (PSR (2016) 3.2).

Stroški po izvirnih vrstah so glede na zamišljena stroškovna mesta lahko neposredni ali posredni stroški teh stroškovnih mest, ki pa jih nanje na podlagi izvirnih listin še ni mogoče razporediti. Stroški, ki se zberejo na različnih stroškovnih mestih, so že stroški po namenskih (funkcionalnih) skupinah (PSR (2016) 3.3).

V kolikor stroškov ne razporedimo neposredno na stroškovne nosilce, poteka njihovo razporejanje po stroškovnih mestih v več korakih. Prvo zabeležimo vse izvorne vrste stroškov ter stroške porabljenih lastnih polproizvodov in sestavnih delov. Nato sledi prenos s splošnih na temeljna stroškovna mesta znotraj posameznih dejavnosti, nato pa prenos stroškov iz pomožnih dejavnosti na stroškovna mesta v okviru temeljne proizvodnje oziroma storitvene in neproizvodne dejavnosti. Po alokaciji vseh stroškov na temeljna stroškovna mesta v proizvodni in neproizvodni dejavnosti sledi določitev odstotka ali količnika dodatkov za razporeditev posrednih stroškov na stroškovne nosilce. Praviloma stroške po stroškovnih mestih ugotavljamo posredno ali neposredno po načelu povzročitelja. V primeru, ko povzročitelja ne moremo določiti, uporabimo vzročno povezano posredno sodilo oziroma ključ za razdelitev stroškov (Koletnik, 2007, str. 200).

Podjetje si torej določa stroškovna mesta povsem samostojno v skladu s svojimi potrebami in cilji. Gre za najmanjše enote podjetja, kjer nastajajo določeni stroški, na katerih je mogoče povečati izkoriščanje zmogljivost podjetja in s tem zmanjšati stroške. Z vzpostavljenimi stroškovnimi mesti dobimo »pravilnejšo razporeditev posrednih stroškov na stroškovne nosilce in pregled gibanja stroškov na tistih področjih, za katera je nekdo odgovoren« (Turk in drugi, 2001, str. 85).

### **Razporejanje stroškov po stroškovnih nosilcih**

Nastanek stroškov je vedno povezan z nekim namenom, torej stroškovnim nosilcem. Nameni lahko zajemajo izdelke, pridelke, proizvode, storitve, oddelke, projekte, kupce ali druge stvari in aktivnosti, za katere želimo ugotavljati stroške. Poslovne učinke imenujemo tudi stroškovni nosilci ali nosilci stroškov, ki jih delimo načasne, ki še ne zapuščajo podjetja, in končne, ki zapuščajo podjetje (Mihelčič, 2007, str. 136).

Stroškovni nosilec je poslovni učinek, zaradi katerega se pojavijo stroški in s katerim jih je treba tudi povezovati. Stroškovni nosilec je lahko celotna količina istovrstnih ali sorodnih poslovnih učinkov obračunskega obdobja oziroma niz poslovnih učinkov

obračunskega obdobja, posamezni poslovni učinek ali del poslovnega učinka. Poslovni učinki, namenjeni prodaji ali vključevanju med osnovna sredstva iste organizacije, so končni stroškovni nosilci. Poslovni učinki, namenjeni ustvarjanju končnih poslovnih učinkov (npr. polproizvodi, sestavni deli, različne notranje storitve itd.), pa so začasni stroškovni nosilci (PSR (2016) 3.20).

Stroški po izvornih vrstah se razporejajo po stroškovnih nosilcih. Število stroškovnih nosilcev mora organizacija prilagoditi glede na to, ali se ukvarja z množinsko oziroma procesno dejavnostjo ali nasprotno z nizno (serijsko) oziroma posamično dejavnostjo po naročilih. Stroški po namenskih (funkcionalnih) skupinah so lahko neposredni ali posredni stroški posameznih stroškovnih nosilcev (PSR (2016) 3.4).

Stroškovni nosilec mora biti natančno določen in razumljiv, saj je njegova opredelitev zelo pomembna za ugotavljanje, ali je določen strošek posreden ali neposreden. Določen strošek se lahko tako pri različni opredelitvi stroškovnega nosilca pojavlja kot posreden ali pa kot neposreden strošek. V splošnem velja, da je veliko več neposrednih stroškov takrat, ko se opredelitev stroškovnega nosilca nanaša na oddelek, kot pa takrat, ko je stroškovni nosilec proizvod ali storitev (Hočevnar in drugi, 2012, str. 89).

### **4.3 Predračunavanje stroškov**

Računovodsko predračunavanje je pomemben element poslovnega računovodstva, saj brez predračunavanja ni odločanja, eno od osnov za odločanje pa vsekakor predstavljajo računovodski predračuni, ki jih pripravlja poslovodno računovodstvo. V ožjem smislu pomeni vrednotenje le tistih dogodkov, ki so lahko izraženi vrednostno – računovodsko predračunavanje, v širšem smislu pa predstavlja vrednotenje poslovnih dogodkov ne glede na merske enote – računovodsko in neračunovodsko predračunavanje.

Računovodsko predračunavanje obdeluje v denarni in naravni (nedenarni) merski enoti izražene podatke o načrtovanih gospodarskih kategorijah, poslovnih procesih in stanjih. Usmerjeno je k sestavljanju računovodskih predračunov, ki zajemajo denarne in v naravnih merskih enotah izražene podatke o načrtovanih sredstvih, obveznostih do njihovih virov, prihodkih, odhodkih, stroških, prejemkih in izdatkih (PSR (2016) 5.1).

Pri računovodskih predračunih, predvsem stroškovnega računovodstva, je pomembna njegova odločevalna vloga, kadar so pripravljeni neposredno za odločanje poslovnega in obsegajo poleg denarnih tudi v naravnih merskih enotah izražene podatke oziroma informacije (PSR (2016) 5.3).

Računovodsko predračunavanje poslovnih pojavov se zaključi s predračunskimi kalkulacijami v zvezi s posameznim nabavnim, proizvodnim ali prodajnim poslom, poslovnim procesom, pa tudi s predračuni v zvezi s posameznim sredstvom, posamezno obveznostjo do njihovih virov, posamezno naložbo ali podobnim. Računovodsko predračunavanje skupin poslovnih pojavov se konča s predračunom prihodkov po njihovih vrstah, predračunom stroškov po njihovih vrstah, predračunom odhodkov po njihovih vrstah in predračunom poslovnega izida po njegovih vrstah, pa tudi predračunom prejemkov po njihovih vrstah in predračunom izdatkov po njihovih vrstah ter predračunom denarnih tokov po njihovih vrstah, to je glede na poslovanje, investiranje (naložbenje) in financiranje (vlaganje). Računovodsko predračunavanje zajema tako predračune v denarni merski enoti kot tudi predračune v naravnih merskih enotah,

prilagojene posameznim gospodarskim kategorijam, pojavom in procesom, na katere se nanašajo (PSR (2016) 5.8).

Računovodsko predračunavanje se za dele organizacije konča z gibljivimi predračuni stroškov po stroškovnih mestih, predračuni stroškov po mestih odgovornosti, predračuni stroškov, odhodkov in prihodkov po področjih in območjih delovanja, predračuni poslovnega izida poslovnoizidnih enot, predračuni denarnih tokov po delih organizacije ter podobnimi predračuni (PSR (2016) 5.9).

Za vsak računovodski predračun je treba jasno opredeliti poslovne predpostavke, na katerih temelji, in način njihovega upoštevanja pri izračunavanju. Poslovne predpostavke so lahko gotove ali negotove, kar je treba označiti. Po potrebi se računovodskemu predračunu dodajo primerjalni računovodski podatki iz ustreznega računovodskega obračuna za preteklo obdobje ali drugi računovodski podatki (PSR (2016) 5.13).

Računovodsko predračunavanje pokaže, ali so prvine poslovnega procesa uporabljene učinkovito ali ne in ali sprejeta raven poslovanja in predvidene poti zagotavljajo doseganje podjetniških ciljev (Turk in drugi, 2000, str. 226). S predračunavanjem ugotavljamo nabavne, lastne, prodajne ali druge cene, obenem pa je to tudi razporejanje stroškov na tiste proizvode ali storitve, ki so njihov nastanek povzročili (Pučko in Rozman, 2000, str. 178). Obsega ugotavljanje stroškov na enoto stroškovnega nosilca ali poslovnega učinka. Predračunavanje kot ugotavljanje ali določanje stroškov je potrebno razumeti ne le z vidika stroškov zaokrožene enote, ampak tudi z vidika stroškov zaokrožene skupine poslovnih učinkov, z vidika stroškov projekta dejavnosti in tudi z vidika stroškov poslovnega dogodka (Mihelič, 2003, str. 133).

## **4.4 Metodika predračunavanja**

### **Metode predračunavanja stroškov**

Med najpogostejšimi metodami predračunavanja navajajo avtorji naslednjo delitev (Turk in drugi, 2000, str.148):

- po vidiku, kako in ali sploh prilagajamo ekonomske kategorije doseženemu obsegu, ločimo mirujoče (statično) predračunavanje in gibljivo (dinamično) predračunavanje;
- po vidiku, kaj je podlaga za predračun, ločimo rastoče predračunavanje in ničelno predračunavanje.

Za statično predračunavanje je značilno, da se statični predračun sestavi na osnovi vnaprej določenega obsega dejavnosti ob domnevi, da se le-ta v prihodnje ne bo spremenil. Pri takšnem predračunavanju gre za primerjavo prvotnega predračuna z obračunom in ugotovljeni odmik (Caplan, povzeto po Krnc, 2006, str. 9). Obstaja več razlogov, da se predvidevanja glede obsega dejavnosti ne uresničijo. Veliko ekonomskih kategorij se spreminja z obsegom dejavnosti, kar posledično pripelje do odklona pri statičnem predračunavanju. Odmiki so lahko veliki, neugodni, čeprav so bile odločitve poslovodstva uspešne. V razmerah napovedovanja negotove prihodnosti statični predračun zato ni uporaben za presojanje dosežkov odgovornih (Kavčič, 1998, str. 5). V takšnih primerih je primeren gibljivi (dinamični) predračun. Potreba po slednjem nastaja zaradi različnega obnašanja posameznih vrst stroškov pri spreminjanju obsega dejavnosti. Preden se lotimo priprave dinamičnega predračuna, moramo natančno spoznati obnašanje

stroškov. Pri pripravi obravnavamo predračun z vidika dveh vrst stroškov. Prvi je vidik stalnih stroškov, ki nam pokaže, koliko stalnih stroškov bo podjetje imelo na enoto učinka pri različnih obsegi dejavnosti. Drugi vidiki so spremenljivi stroški, ki so v dinamičnem predračunu izračunani na enoto in se spreminjajo v obsegu. Dinamično predračunavanje omogoča vodstvu podjetja, da sproti nadzira, kako se uresničuje načrt, in sprejema popravljalne ukrepe (Turk in drugi, 2000, str. 148).

Prednosti dinamičnega predračuna so (prav tam):

- uporabnost ne glede na obseg dejavnosti,
- možnost ugotoviti optimalen obseg stroškov pri različnih ravneh dejavnosti in posledično določiti pričakovane stroške ter odmik od kasneje uresničenih,
- možnost ugotoviti različen obseg stroškov pri različnem obsegu dejavnosti v pogojih negotovosti.

Rastoče predračunavanje je predračunavnje, pri katerem se upošteva kot izhodišče predračun ali obračun preteklega leta, na katerem je treba zaradi pričakovanih sprememb v prihodnjem letu izvajati predvidene spremembe. Za razliko od tega se pri ničelnem predračunavnju ne upošteva predračun ali obračun za preteklo leto, temveč se upoštevajo le na novo utemeljene postavke, ki so nasprotje rastočega predračunavanja.

Prednost ničelnega predračunavanja je zmanjševanje stroškov, ker se z njim zagotavlja racionalnejša poraba, slabost pa, da je ta postopek zelo zapleten, saj se porabi veliko časa za usklajevanje. V praksi je priporočljivo kombiniranje obeh sistemov, tako da se ničelno predračunavanje upošteva pri sorazmerno velikih vrednostih, pri drugih (manjših) pa rastoče predračunavanje.

Za podjetje *X* bo za novo čistilno napravo uporabljeno ničelno predračunavanje (za staro čistilno pride v poštev rastoče predračunavanje). Predračunavanje proizvodnih stroškov čiščenja za novo napravo bo dinamično, saj bodo izračuni narejeni za različne količine čiščenja.

Za pravilno predračunavanje stroškov je zelo pomembno že v izhodišču poznati, katere prvine poslovnega procesa se trošijo in v kakšnih količinah. To je mogoče ustrezno ugotoviti s strokovnim poznavanjem področja oziroma celotnega procesa, v katerega te prvine vstopajo in izstopajo. Pri tem gre za ugotavljanje količine potrošenih proizvodnih virov oziroma potroškov, katere z določeno mersko enoto izmerimo oziroma ocenimo (število porabljenih kilovatov, stojne ure ...).

### **Metode ugotavljanja stalnih in spremenljivih stroškov**

Za zagotovitev informacij o vrednosti celotnih stroškov pri različnih obsegi dejavnosti je treba zagotoviti ločene podatke o spremenljivih in stalnih stroških, saj se celotni stroški nikoli ne gibljejo sorazmerno z obsegom dejavnosti, kar pomeni, da sprememba celotnih stroškov ni sorazmerna spremembi obsega dejavnosti. Sorazmerna bi bila le, če bi bili vsi celotni stroški sorazmerno spremenljivi, kar pa v praksi ni mogoče zaslediti. Ker se celotni neomejeno stalni stroški pri spremembi obsega dejavnosti ne spreminjajo, celotni sorazmerno spremenljivi stroški pa se spreminjajo enako kot obseg dejavnosti, so podatki o spremenljivosti stroškov ključnega pomena za predračunavanje prihodnjih obsegov dejavnosti.

Za ugotovitev spremenljivosti stroškov je mogoče uporabiti več metod ločevanja celotnih stroškov na (sorazmerno) spremenljive in (neomejeno) stalne. Veljajo pa ob predpostavkah, da se cene ne spreminjajo, da so spremenljivi stroški sorazmerni in da so stalni stroški neomejeni.

»Pri razčlenjevanju stroškov si lahko pomagamo z izkustvenimi metodami: z metodo ocenjenega razmerja med stalnim oziroma spremenljivim delom ter celoto, metodo ocenjenih stopenj spremenljivosti stroškov in drugimi metodami. Če razpolagamo z več podatki iz preteklosti, si lahko pomagamo z nekaterimi matematičnimi metodami: z metodo izračunavanja koeficientov spremenljivosti, metodo računske interpolacije, metodo dodatnih stroškov, grafično metodo, metodo regresijskih enačb. Pogoji, ki jih je treba izpolniti za uporabo matematičnih metod (in predpostavke, na katerih temeljijo), so: a) v stroških pri različnih obsegih dejavnosti se upoštevajo stalne cene prvin poslovnega procesa; b) celotni stalni stroški pri opazovanih različnih obsegih dejavnosti se ne razlikujejo; c) celotni spremenljivi stroški se spreminjajo sorazmerno z obsegom« (PSR (2016) 2.24).

Koroščeva (2004, str. 31) piše, da med izkustvene metode uvrščamo ločevanje stroškov na podlagi knjigovodskih podatkov in na podlagi tehničnih podatkov, med matematične pa uvrščamo linearno računsko interpolacijo, koeficient spremenljivosti celotnih stroškov, regresijske enačbe in matematično grafično metodo.

Med izkustvenimi metodami razlikujemo (Turk in drugi, 2000, str. 364):

- metodo ločevanja z ocenjenimi stopnjami (ali odstotki) udeležbe stalnih stroškov,
- metodo ločevanja z ocenjenimi stopnjami spremenljivosti stroškov (variatorji).

V prvem primeru za vsako vrsto stroškov, ki je razvidna iz knjigovodstva, ocenimo s kolikšnim odstotkom pomeni stalen in s kolikšnim odstotkom spremenljiv del. V drugem primeru ne ocenimo za vsako vrsto stroškov, ki je razvidna iz knjigovodstva, s kolikšnim odstotkom pomeni stalen in s kolikšnim odstotkom spremenljivi strošek, pač pa kolikšna stopnja spremenljivosti oziroma kolikšen variator je veljaven (prav tam).

V konkretnem primeru bomo za novo čistilno napravo uporabili izkustveno metodo ločevanja na podlagi tehničnih podatkov, ki je v pretežni meri primerna za novo čistilno napravo (za staro čistilno napravo pride v poštev ločevanje, ki je pretežno osnovano na podlagi knjigovodskih podatkov). V okviru izkustvene metode bomo uporabili metodo ločevanja z ocenjenimi stopnjami (odstotki) udeležbe stalnih stroškov.

## **4.5 Ugotovitve četrtega poglavja**

Pri sprejemanju poslovnih odločitev so stroški zelo pomembni. Ker je stroške mogoče razvrščati po različnih kriterijih, je pomembna izbira takšnih kriterijev, po katerih bomo dobili relevantne informacije pri pripravi predračunov za poslovno odločanje. Pri tem jih lahko razvrščamo po različnih kriterijih, kot so prvine poslovnega procesa, pripisovanje posameznim stroškovnim objektom, načini reagiranja na spremembe v obsegu proizvodnje itd.

V konkretnem primeru gre za poslovno odločanje, kjer imamo opravka z računovodstvom za notranje uporabnike informacij. To pomeni, da ni v ospredju dokumentarna vloga, temveč odločevalska vloga, torej spoznavne potrebe odločevalcev v podjetjih. Za podjetje

X velja, da ni prisotne visoke negotovosti, temveč prevladuje predvidljivost, pomanjkanje konkurence, torej stabilno okolje poslovanja, in s tem odpornost organizacije na uvajanje sprememb glede organizacijske strukture podjetja, zaposlovanja (odpuščanja), spreminjanja nabavnih praks itd. S tem že v določeni meri nakazujemo, da se v posredne upravno-prodajne stroške podjetje s spremenjenim postopkom čiščenja ne posega, prav tako ni posrednih proizvodjalnih stroškov (proizvodnje režije), kar pomeni, da bodo glede na pripisovanje posameznim stroškovnim objektom primarni predmet proučevanja neposredni stroški, kljub temu pa bodo informativno predstavljeni posredni stroški. Glede na naravne vrste so to stroški materiala, stroški storitev, stroški amortizacije, stroški dela in drugi stroški. Z vidika proučevanja posameznega stroška v deležu celotnih stroškov je pomembna členitev na stalne in spremenljive stroške za ugotavljanje stroškovne cene čiščenja pri določeni količini.

Podjetje X želi seznanitev z vidika poslovnega odločanja, torej da se mu z vidika odločujočih in neodločujočih stroškov vsebinsko predstavi, kateri so tisti stroški, ki se ob sprejetju poslovne odločitve spremenijo, in kateri se po sprejeti odločitvi ne spremenijo. V konkretnem primeru spremembe prinaša predvsem sprememba tehnologije čiščenja in s tem povezani proizvodjalni stroški. S tega vidika je ključno računovodstvo opredmetenih osnovnih sredstev, računovodstvo materiala in računovodstvo storitev.

Predračunavanje bo potekalo v denarni in naravni (nedenarni) merski enoti izraženih podatkov o načrtovanih gospodarskih kategorijah poslovnih procesov in stanj. Za podjetje X se bo uporabilo dinamično predračunavanje, za katerega je značilno, da se dinamični predračun sestavi na osnovi vnaprej nedoločenega obsega dejavnosti. V izhodišču se bo izhajalo iz predvidenega obsega dejavnosti na podlagi tehnološke ocene vhodnih količin, vendar pa bodo prav zaradi specifik proizvodnega procesa prikazani predračuni pri različnih količinah čiščenja, kar pomeni, da bomo uporabili dinamično predračunavanje. Za novo čistilno napravo bo prav tako uporabljeno ničelno predračunavanje (za staro čistilno napravo pride v poštev rastoče predračunavanje).

Ker gre v podjetju X za implementacijo nove tehnologije na specifični vrsti odpadne vode (t. i. izcedni odpadni vodi, ki se uvršča na vrh lestvice po sami zahtevnosti čiščenja), je bilo treba za pridobitev teh informacij postaviti pilotno čistilno napravo v realnem okolju (na sami lokaciji zbiralnega bazena). Poznavanje tehnologije, izvedene terenske in laboratorijske meritve ter tehnološki izračuni so tisti, ki omogočajo definirati in kvantificirati potroške, torej prvine poslovnega procesa, ki bodo v nadaljevanju cenovno izražene skozi stroške. Prav zato bo za izvedbo predračunov potrebno poznati okoljske parametre, emisije in količine onesnaževanja, ki računovodsko predstavljajo v naravni merski enoti izražene podatke, gre za predračunavanje potroškov čiščenja, ki so podlaga za izvedbo stroškovnega predračunavanja.

## 5 PREDRAČUNAVANJE STROŠKOV ČIŠČENJA IZCEDNE ODPADNE VODE V PODJETJU X

### 5.1 Opis stanja in elektrokemijskega postopka čiščenja izcedne odpadne vode

Na čistilni napravi za prečiščenje izcedne odpadne vode se čisti izcedna odpadna voda iz odlagališča. Ker je ta slabo biološko razgradljiva, jo je primerno čistiti le s fizikalno-kemijskimi postopki. Trenutno je v uporabi mehansko čiščenje z reverzno osmozo.

V kolikor pogledamo celovit proces sedanjega čiščenja izcedne odpadne vode (Slika 4), poteka slednji tako, da izcedna voda iz odlagališča doteka gravitacijsko v večprekatni zbiralni bazen armiranobetonske izvedbe<sup>37</sup>. Ko voda priteče iz odlagališča v bazen, se s potopno črpalko nadalje prečrpava v čistilno napravo, kjer se voda prečisti s pomočjo reverzne osmoze<sup>38</sup>. Po končanem procesu čiščenja z reverzno osmozo pride iz čistilne naprave koncentrat in permeat. Koncentrat se v vmesni fazi začasno zbira v ločenem prekatu zbiralnega bazena, od tu pa se z muljno črpalko vrača nazaj na odlagališče, permeat pa se steka v sistem javne kanalizacije, ki se zaključi s centralno čistilno napravo (Slika 4).

Slika 4: Shema sedanjega procesa čiščenja izcedne odpadne vode v podjetju X



Vir: (Lastni prikaz).

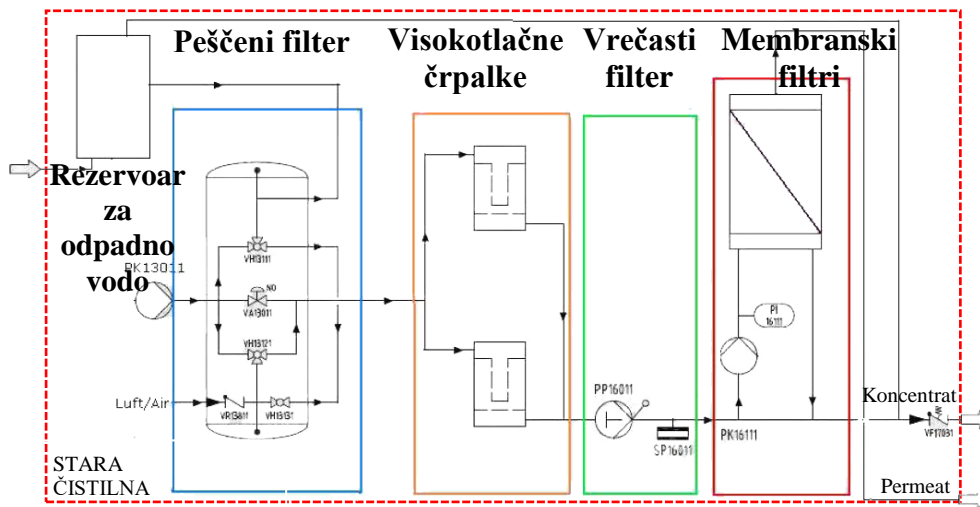
Čiščenje s samo čistilno napravo (reverzno osmozo), ki predstavlja del čistilnega procesa, je nadalje podrobneje ponazorjeno (Slika 5). Čiščenje v reverzni osmozi poteka tako, da se izcedna odpadna voda iz zbiralnega bazena prečrpa v začetni del reverzno osmozne naprave (rezervoar za izcedno odpadno vodo), kjer se pripravi na čiščenje (npr. dodajanje kislin ali baz). Nadalje se skozi peščeni filter izcedna odpadna voda grobo očisti, v naslednji fazi pa gre z visokotlačnimi črpalkami v vrečasti filter in nadalje v membranske filtre, kjer se loči na permeat in koncentrat.

Reverzno-osmozna čistilna naprava je locirana v posebni zgradbi. Nanjo je razporejen en zaposlen delavec. Njegova ključna naloga je, da skrbi za nemoten proces čiščenja in odpravljanje morebitnih napak. Proces čiščenja je avtomatiziran.

<sup>37</sup> Zbiralni bazen konstrukcijsko omogoča usedanje in odvajanje oziroma prečrpanje usedljivih snovi z muljno črpalko na deponijo. V praksi zbiralni bazen deluje kot pretočni bazen, iz katerega kontinuirano odteka voda v čistilno napravo. Tudi na podlagi značilnosti izcedne odpadne vode oziroma izvedenih laboratorijskih analiz za podjetje X vrednost usedljivih snovi znaša 0,8 ml/L, čas usedanja pa znaša 2 uri (metoda 239/DIN 38409-9). To bi pomenilo, da bi ob predpostavki nepretočnega bazena pri zbrani dnevni količini 22 m<sup>3</sup> izcedne odpadne vode usedljive snovi znesle 17,6 L, torej letno zgolj 6.500 dm<sup>3</sup>. Pri starem čistilnem procesu se koncentrat vrača v pregrajen del bazena za črpanje koncentrata nazaj na deponijo, česar pa pri novem čistilnem procesu ni.

<sup>38</sup> Od Slike 4 do Slike 7 z rdečo obrobljeno področje predstavlja čistilno napravo.

Slika 5: Podrobnejši prikaz stare čistilne naprave (dela procesa čiščenja) izcedne odpadne vode v podjetju X



Vir: (Lastni prikaz).

Novi postopek čiščenja temelji na novi tehnologiji, pri čemer se spremeni čistilna naprava (spremembe so označene s sivo), ostala infrastruktura se ne spreminja (Slika 6). Reverzna osmoza se zamenja s sklopom elektrokemijske čistilne naprave s spremljajočimi sistemi (Slika 7).

Slika 6: Shema novega procesa čiščenja izcedne odpadne vode v podjetju X<sup>39</sup>



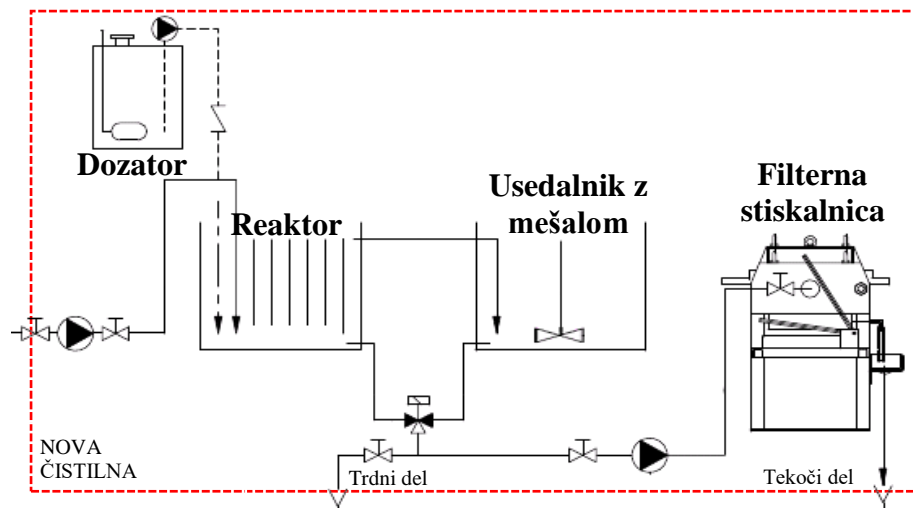
Vir: (Lastni prikaz).

Enako kot pri obstoječem procesu čiščenja tudi pri novem procesu izcedna odpadna voda doteka v zbiralni bazen, kjer se s potopno črpalko voda prečrpa v novo čistilno napravo, kjer se tehnološko obdela. Sama čistilna naprava deluje tako, da se v okviru nove čistilne naprave v začetnem delu voda prečrpa v reaktorski del naprave (reaktor), kjer poteka elektrokemijsko čiščenje (možno je tudi opsijsko dodajanje soli in polielektrolitov z dozatorjem). Ključni so ioni, ki se vežejo na nečistočo in povzročajo rast flokul. Iz reaktorskega dela se voda pretaka v usedalni (retenzijski) del naprave (usedalnik z mešalom), kjer se voda dodatno zadržuje in se s pomočjo mešala dodatno tvorijo flokule. Vsebinsko nato iz usedalnika prečrpa filterna stiskalnica, kjer se flokule ločijo od vode. Tako očiščena voda (tekoči del) je primerna za izpust v javno kanalizacijsko omrežje na centralno čistilno napravo, preostanek flokul (trdni del) pade iz stiskalnice v posodo pod njo, kjer se zbira, da se ga lahko odpelje na deponijo ali pa ga prevzame pooblaščen zunanji izvajalec.

<sup>39</sup> Pri izračunavanju stroškov namesto variante lastnega odvoza trdnega dela na deponijo upoštevamo odvoz pooblaščenega izvajalca, ki predstavlja dražjo varianto. Gre za previdnostno načelo, ki ga v investiciji upoštevamo ob morebitni spremembi zakonodaje, ki bi prepovedala neposredno odlaganje na deponijo. Dozator na Sliki 7 je prikazan črtkano – predstavlja opsijsko varianto, ki v konkretnem primeru ni uporabljena.



Slika 7: Podrobnejši prikaz nove čistilne naprave (dela procesa čiščenja) v podjetju X



Vir: (Lastni prikaz).

Pri delovnem procesu oziroma organizaciji čiščenja izcedne odpadne vode do sprememb med novim in starim postopkom čiščenja ne prihaja. Ne spreminjajo se naloge v nabavnih, prodajnih in splošnih službah. Čistilna naprava je locirana v enaki zgradbi kot stara, nanjo je razporejen en zaposlen delavec, prav tako je proces čiščenja avtomatiziran. Gre za množinsko proizvodnjo<sup>40</sup>, saj se izločki (outputi) ne spreminjajo v času delovanja čistilne naprave. Ključni predmet preučevanja so neposredni proizvodni stroški.

## 5.2 Značilne vrste stroškov čiščenja izcedne odpadne vode

### Stroški obstoječega čistilnega procesa

Podjetje X ima oblikovana glavna poslovnoizidna mesta, na katera poleg neposrednih stroškov razporeja posredne upravno-prodajne stroške, pri čemer je eno od teh glavnih poslovnoizidnih mest Regionalni center za ravnanje z odpadki (v nadaljevanju RCERO). V okviru slednjega ima podjetje še natančneje razdelana stroškovna mesta, med katerimi je eno od teh stroškovno mesto čistilna naprava, ki je predmet preučevanja v nalogi (predstavlja pomožno stroškovno mesto). Na čistilni napravi se izvaja pomožna dejavnost, in sicer čiščenje izcedne odpadne vode. Za ta proces je značilno, da nima zalog nedokončane proizvodnje, niti gotovega blaga.

Glede na poznavanje čistilnega procesa, na obol<sup>41</sup> listinah na preučevanem stroškovnem mestu ni evidentiranih vseh stroškov<sup>42</sup>, ki so neposredno povezani z delovanjem čistilne

<sup>40</sup> Množinsko proizvodnjanje (angl. mass production) je »proizvajanje enakih proizvodov v veliki količini in daljšem obdobju pri stalnem toku materiala iste kakovosti in razsežnosti ob uporabi visoko specializiranih delovnih sredstev ter nižji strokovni usposobljenosti zaposlencev, ki so lahko tudi zgolj priučeni za izvajanje posameznih delovnih operacij; nasprotje niznega proizvodnjanja in posamičnega proizvodnjanja« (Turk, 2016).

<sup>41</sup> Glede na predmet predračunavanja izhajamo iz obol-a (obračunskega lista stroškov), ki je »zbirni pregled uresničenih stroškov po vrstah in stroškovnih mestih, njihovega prenašanja s posrednih stroškovnih mest na temeljna stroškovna mesta ter s stroškovnih mest drugih dejavnosti na stroškovna mesta osnovne dejavnosti pa tudi razmerij med posrednimi stroški na posameznih stroškovnih mestih in tamkajšnjo podlago za njihovo razdelitev po stroškovnih nosilcih« (Turk, 2016).

<sup>42</sup> Obstajajo tehnološke ocene (meritve) o potroških čistilne naprave (npr. potroški energije), ki pa niso računovodsko evidentirani. Prav tako je posebno področje amortizacija, ki je pojasnjena v podpoglavju 5.5.

naprave (npr. ni stroškov energije, stroškov amortizacije in stroškov okolja<sup>43</sup>). Prav tako za to stroškovno mesto ni predvidenega ključa za razdelitev posrednih stroškov. Ključ za delitev posrednih stroškov poteka namreč na podlagi količin odpadkov, ki so pripeljane v posamezen objekt<sup>44</sup>.

Značilne vrste stroškov, ki nastajajo pri čiščenju izcedne odpadne vode z reverzno osmozo v podjetju X<sup>45</sup> in jih je mogoče razbrati iz obol listin, so:

- stroški materiala,
- stroški storitev,
- stroški dela.

Pod stroške materiala se uvrščajo:

- stroški nadomestnih delov za osnovna sredstva in materiala za vzdrževanje osnovnih sredstev (membrane, filtri) – kontni razred 403,
- odpis drobnega inventarja (razni kosi za vzdrževanje, kot so grelec, cev in baterija, razni ključiči, izvijači in sponse) – kontni razred 404,
- drugi stroški materiala (čistila, kisline in lužnine) – kontni razred 407.

Pod stroške storitev se uvrščajo:

- stroški transportnih storitev (transport) – kontni razred 411,
- stroški storitev v zvezi z vzdrževanjem (servisne storitve in posegi) – kontni razred 412,
- najemnine (sredstva v upravljanju) – kontni razred 413<sup>46</sup>,
- stroški intelektualnih in osebnih storitev (izobraževanje) – kontni razred 416.

Pod stroške dela se uvrščajo:

- plače zaposlenih – kontni razred 470,
- nadomestila plač zaposlenih – kontni razred 471,
- stroški dodatnega pokojninskega zavarovanja zaposlenih – kontni razred 472,
- regres za letni dopust, bonitete, povračila in drugi prejemki zaposlenih – kontni razred 473,
- delodajalčevi prispevki od plač, nadomestil plač, bonitet, povračil in drugih prejemkov zaposlenih – kontni razred 474.

Kot smo že omenili neposredni stroški, ki niso razvidni iz obol listin za stroškovno mesto čistilna naprava, so stroški energije (kontni razred 402), izdatki za varstvo okolja (kontni razred 481), izjema so tudi stroški amortizacije (kontni razredi od 430 do 436).

S tehnološkega vidika so pri reverzni osmozi stroški pretežno vezani na filtracijski sistem, ki ga pri elektrokemičnem čiščenju ni. Tako kot so pomembni pri reverzni osmozi stroški

---

<sup>43</sup> Infrastrukturno je na čistilno napravo v podjetju X povezano odlagališče, ki prispeva glavnino izcedne odpadne vode, nanjo sta povezana kompostarna in mehansko-biološka obdelava, ki po meritvah pretokov prispevata zgolj okoli 3,0 % izcedne odpadne vode. Stroškovna mesta odlagališče, kompostarna in mehansko-biološka obdelava zajemajo vse izdatke za varstvo okolja (npr. tudi za trdne odpadke). Natančne okoljske stroške za izcedne odpadne vode se ugotavlja preko upravljavca centralne čistilne naprave.

<sup>44</sup> Gre za Pravilnik za določitev sodil pri razporejanju prihodkov in odhodkov, potrjen s strani sveta ustanoviteljev podjetja X. Po njem se stroške razporeja le na stroškovna mesta novo odlagališče, sortirnica, kompostarna in mbo, saj so le to lokacije, kamor se pripelje odpadke.

<sup>45</sup> V nadaljevanju so pod alinejami v oklepajih zapisane konkretne ugotovitve pregledanih naročilnic v podjetju X.

<sup>46</sup> Gre za amortizacijo, ki jo v javnem podjetju prikazujejo skozi najemnino.

elektrike, enako velja za elektrokemično čiščenje. Stroški, ki jih z zamenjavo tehnologije reverzne osmoze z elektrokemijskim čiščenjem ni oziroma se spreminjajo, so v pretežni meri vezani na stroške materiala. To so filtrne membrane, ki jih je treba periodično zamenjati, čistila proti obraščanju membran, vrečasti filtri, ki jih je treba periodično zamenjati, in kisline ter lužnine za stabilizacijo pH oziroma kot faza predčiščenja.

### **Stroški novega čistilnega procesa**

Ker elektrokemijski način čiščenja deluje na podlagi drugačne tehnologije, v predhodnem odstavku v alinejah navajani stroški pri novem procesu čiščenja odpadejo. Stroški materiala, ki se na novo pojavijo, so reakcijske plošče, ki jih je treba periodično menjavati, in morebitno dodajanje kemikalij za povečanje elektroprevodnosti vode<sup>47</sup> ter stroški pri drugih spremljajočih sistemih (npr. filterni stiskalnici). Prav tako ni zanemariti izdatkov za varstvo okolja, ki se določajo na podlagi izmerjenih parametrov (onesnaževal v vodi), ki se jih odvaja v javno kanalizacijo.

Značilne vrste stroškov, ki nastajajo pri elektrokemijskem čiščenju, so:

- stroški materiala:
  - stroški materiala (stroške reakcijskih plošč, ki se pri procesu čiščenja obrabljajo in jih je treba periodično nadomeščati, stroški kemikalij, ki se lahko dodajajo pri procesu čiščenja – npr. sol);
  - stroški pomožnega materiala (hidravlično olje in filterna platna za delovanje filterne stiskalnice);
  - stroške energije (električna energija, ki se porablja v procesu čiščenja);
  - stroški nadomestnih delov za osnovna sredstva in materiala za vzdrževanje osnovnih sredstev (črpalke, dozirna črpalka za elektrolit, elektromotorji za rotirajoče dele čistilne naprave);
- stroški dela:
  - plače in drugo<sup>48</sup>;
- stroške storitev:
  - stroški storitev v zvezi z vzdrževanjem (servisne storitve in posegi);
  - stroški transportnih storitev (odvoz mulja);
- amortizacija:
  - amortizacija opreme in nadomestnih delov večje vrednosti (amortizacija čistilne);
- drugi stroški:
  - izdatki za varstvo okolja (okoljska dajatev za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadne vode).

Predhodno smo opisali postopek čiščenja po stari in novi tehnologiji, iz česar je razvidno, da neposredni proizvodjalni stroški predstavljajo odločujoče stroške, ki jih je za podjetje *X* treba skrbno preučiti.

---

<sup>47</sup> Značilnosti izcedne odpadne vode v podjetju so takšne, da za delovanje naprave ni potrebno predhodno manipulirati z reguliranjem pH, prav tako ima voda dovolj visoko elektroprevodnost, zato dodajanje kemikalij ni nujno (npr. dodajanje slanice).

<sup>48</sup> Pri stari in novi tehnologiji čiščenja so stroški dela neodločujoči, zato jih tukaj podrobneje ne razčlenjujemo.

### 5.3 Zajem podatkov, potrebnih za predračunavanje stroškov čistilne naprave

#### Izhodišče za izvedbo meritev, nabor parametrov in uporabljene merilne metode

Ker gre za implementacijo nove tehnologije na specifični vrsti odpadne vode (t. i. izcedni odpadni vodi, ki se uvršča na vrh lestvice po sami zahtevnosti čiščenja), je bilo treba za pridobitev teh informacij postaviti pilotno čistilno napravo v realnem okolju (na sami lokaciji zbiralnega bazena). Poznavanje tehnologije, izvedene terenske in laboratorijske meritve ter tehnološki izračuni so tisti, ki omogočajo definirati in kvantificirati potroške, na podlagi katerih je mogoče ugotoviti stroške čiščenja. Preden se izvede predračunavanje stroškov elektrokemijskega čiščenja, je treba poznati potroške, do katerih je mogoče priti na podlagi predračunov potroškov oziroma meritev parametrov, količin, emisij in enot obremenitve (v nadaljevanju EO) ter tehničnih specifikacij čistilne naprave s spremljujočimi sistemi.

Osnovni in dodatni parametri izcedne odpadne vode so izbrani na podlagi 5. in 7. člena Pravilnika o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda in z upoštevanjem analize tehnološkega procesa, pri čemer so bili upoštevani nabor in mejne vrednosti, predvidene v Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju izcedne vode iz odlagališč odpadkov in v Uredbi o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo. Uporabljene merilne metode za določanje parametrov se nahajajo v prilogah obeh omenjenih uredb (Priloga 2).

Predhodno smo navedli pravno podlago za izbiro parametrov, izvedenih po predpisanih merilnih metodah. Med temi so (ob vseh mejnih vrednostih, ki jih morajo parametri dosegati) za računovodske namene magistrske naloge relevantni tisti, ki se upoštevajo pri določanju EO za izračun okoljske takse<sup>49</sup> (Tabela 5).

Povprečne vrednosti so prikazane na podlagi dvanajstih akreditiranih meritev v podjetju X. Prav tako je bilo kontrolno opravljenih še več neakreditiranih meritev, ki niso vključene v izračune. Pri tem rezultati neakreditiranih meritev bistveno ne odstopajo od akreditiranih. Za namene magistrske naloge pri izračunih izhajamo iz rezultatov, ki jih predstavljajo analizirane vrednosti, ki so rezultat ene od dvanajstih izvedenih akreditiranih meritev, ki najbolje izraža povprečje vseh akreditiranih meritev<sup>50</sup>.

---

<sup>49</sup> Število decimalnih mest se med izmerjenimi parametri v tabelah, ki so prikazane v tekstu in prilogah, razlikuje, saj je to odvisno od predpisanih merilnih metod za določanje parametrov (glej Prilogo 2). Meritve, ki so v tabelah izvedene s strani zunanjega izvajalca, se za podjetje X izvajajo v akreditiranem laboratoriju. Med prikazanimi parametri, ki se obračunavajo v okoljski taksi, se povprečne vrednosti gibljejo pod mejnimi vrednostmi, enako velja za maksimalne vrednosti. Za ostale izmerjene parametre, ki niso v tabeli, vhodne vrednosti neraztopljenih snovi dosegajo povprečje 504 mg/L, minimum 135 mg/L in maksimum 1.500 mg/L, pri čemer znaša mejna izhodna vrednost v javno kanalizacijo 250 mg/L. Vrednosti amonijevega dušika dosegajo na vhodu povprečje 461 mg/L, minimum 190 mg/L in maksimum 927 mg/L, pri čemer znaša mejna izhodna vrednost v javno kanalizacijo 500 mg/L.

<sup>50</sup> Analizirana vrednost je najbližje povprečju (torej predstavlja mediano) in je izbrana zato, ker zaradi specifičnosti izcedne odpadne vode ni mogoče povprečiti rezultatov in je treba izhajati iz konkretne meritve. Takšen pristop je mogoče videti v številnih člankih s preučevanega področja (npr. Ahmed in drugi, 2012; Del Moro in drugi, 2016; Diwen in drugi, 2012; Ilhan in drugi, 2007; Jin-Song in drugi, 2010; Ozyonar in drugi, 2010; Ricordel in drugi, 2010; Urtiaga in drugi, 2009; Xu in drugi, 2010 itd.).

Tabela 5: Vrednosti vhodnih parametrov in mejne vrednosti izhodnih parametrov izcedne odpadne vode na podlagi mesečnih meritev v podjetju X

Naziv parametra	Minimalna vhodna vrednost* (mg/L)	Maksimalna vhodna vrednost* (mg/L)	Povprečna vhodna vrednost* (mg/L)	Analizirana vhodna vrednost* (mg/L)	Mejna vrednost (iztok v javno kanalizacijo)** (mg/L)
Cu	0,020	0,164	0,064	0,070	0,5
Cd	0,0010	0,0026	0,0013	0,001	0,1
Ni	0,047	0,197	0,087	0,100	0,5
Pb	0,010	0,029	0,016	0,016	0,5
Hg	0,0010	0,0020	0,0010	0,0010	0,01
KPK	1.550	4.800	2861	2.546	-
AOX	0,03	1,97	0,70	0,55	-
Celotni fosfor	0,40	17,40	8,00	9,80	-
Celotni dušik	285,4	1.618,0	697,8	645,8	-

\*Meritve so bile izvedene s strani zunanjega izvajalca za podjetje X. Pri tem izračunane vrednosti povprečnih meritev izhajajo iz dvanajstih akreditiranih meritev na letni ravni.

\*\*Mejne vrednosti iz uredbe in okoljevarstvenega dovoljenja podjetja X.

Vir: (Meritve zunanjega izvajalca za podjetje X in Uredba o emisiji snovi pri odvajanju izcedne vode iz odlagališč odpadkov).

### Meritve pretoka in določanje količin izcedne odpadne vode

Pri določanju količin izcedne odpadne vode bomo preučili dejanske in projektantove podatke. Dejanski podatki zadevajo mesečne meritve pretoka, ki jih izvaja podjetje X, medtem ko podatki projektanta izhajajo iz izračunov pri projektiranju deponije. V nadaljevanju bomo pri predračunavanju stroškov čiščenja upoštevali rezultat z najvišjo povprečno dnevno količino (upoštevanje varnostnega faktorja).

Trajne meritve pretoka odpadne vode v podjetju X niso obvezne, ker je letna količina industrijske odpadne vode na tem iztoku manjša od 100.000 m<sup>3</sup>. Enkrat mesečno se izvede merjenje celotne dnevne količine izcedne odpadne vode, kot to zahteva okoljevarstveno dovoljenje za naprave, ki povzročajo onesnaževanje večjega obsega (IPPC dovoljenje). Na podlagi internega gradiva o izvedenih meritvah pretoka v podjetju X znaša povprečni pretok, izmerjen pred dotokom v čistilno napravo, 13,0 m<sup>3</sup>/dan. V dveh primerih znaša pretok 0,0 m<sup>3</sup>/dan. V primeru neupoštevanja teh dveh meritev pa bi znašal povprečni pretok 16,0 m<sup>3</sup>/dan. V nadaljevanju bomo prikazali še izračune projektanta.

Količina izcedne odpadne vode je v pretežni meri odvisna od padavinskega režima in je ni mogoče vnaprej predvideti, zato je bila ocenjena na podlagi podatka o velikosti površin, iz katerih se steka meteorna voda (gre za površine utrjenega območja iz okoljevarstvenega dovoljenja), in na podlagi povprečne letne višine padavin za preučevano obdobje (npr. v letu 2016 količina padavin na območju odlagališča znaša 1.159,5 mm/m<sup>2</sup>)<sup>51</sup>. Padavinske vode se deli na tisti del, ki neposredno odteče po površini v vodotoke, in tisti del, ki se izceja skozi telo odlagališča in nadalje v čistilno napravo.

V okviru projektiranja celotnega kompleksa je projektant<sup>52</sup> podal izračune na podlagi stoletnega padavinskega režima. Pri tem je ocenil, da znaša povprečna letna višina

<sup>51</sup> Gre za podatke o letni količini padavin, ki jih beleži ARSO.

<sup>52</sup> V nadalje podajamo izračune količin izcedne odpadne vode iz gradiva podjetja X, ki jih je izvedla izbrana projektantska družba.

padavin 1.350,0 mm/m<sup>2</sup>. Pri oceni je upoštevana povprečna dnevna količina izcednih voda iz odlagališča, ki velja za najbolj neugoden primer, ko so tri podetape prekrte, ena podetapa pa se polni<sup>53</sup>. V prvem obdobju polnjenja posamezne podetape z odpadki je zaradi manjših količin odloženih odpadkov in s tem manjše akumulacijske kapacitete odtok izcedne odpadne vode večji in znaša 70,0 %. Ob tem projektant še predvideva, da se bo zaradi povečevanja akumulacijske kapacitete odlagališča oziroma izrabe vode v procesu razgradnje odloženih biorazgradljivih odpadkov količina izcedne odpadne vode postopoma zmanjševala. Projektant je izračunal, da znaša povprečna dnevna količina izcedne odpadne vode okoli 22,0 m<sup>3</sup>/dan, pri čemer je upošteval, da največji del prihaja iz odprte podetape, in sicer 15,5 m<sup>3</sup>/dan, preostanek pa iz treh zaprtih podetap v skupni višini 6,6 m<sup>3</sup>/dan.

V kolikor za namene dodatne analize v tehnološkem izračunu projektanta spremenljivko količino padavin spremenimo iz 1.350,0 mm/m<sup>2</sup> v 1.159,5 mm/m<sup>2</sup>, ki predstavlja najbolj aktualno povprečno dnevno količino v letu 2016, bi znašal izračun o povprečni dnevni količini izcednih vod iz odlagališča 19 m<sup>3</sup>/dan.

Ne glede na različne rezultate (meritve v podjetju X, izračune projektanta pri predpostavljeni količini 1.350,0 mm/m<sup>2</sup> padavin letno in izračune ob predpostavki 1.159,5 mm/m<sup>2</sup> padavin letno) bomo v nadalje izhajali iz ocene projektanta (tudi z vidika previdnostnega načela), da v armiranobetonski zbiralni bazen priteče 22 m<sup>3</sup> izcedne odpadne vode na dan, kar je v nadaljevanju relevantno za količino emisij in EO, porabo elektrike itd. Kljub temu bo na koncu v kontekstu gibljivega predračunavanja zaradi morebitnih dvomov o tem, katera ocenjena količina padavin, in posledično količina prečiščene vode, je pravilna, predračun stroškov čiščenja izveden pri različnih količinah.

### **Določanje emisij in enot obremenitve**

Izračun okoljske dajatve za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja izcedne odpadne vode poteka na podlagi ugotovljenih emisij v javno kanalizacijsko omrežje. Okoljska obremenitev (dajatev) se izračuna na podlagi vrste emisij in njihove količine, kljub temu pa se na izpustu ne sme presegati predpisanih mejnih vrednosti. Področje onesnaževanja okolja zaradi odvajanja izcedne odpadne vode ureja Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda.

Uredba določa vrste onesnaževanja, za katere se plačuje okoljska dajatev za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda, osnovo za obračun okoljske dajatve, prejemnike okoljske dajatve, zavezanca za plačilo posamezne vrste okoljske dajatve in plačnike okoljske dajatve, EO in način izračuna EO za posamezno vrsto okoljske dajatve ter način obračunavanja, odmere in plačevanja posamezne vrste okoljske dajatve. Po 4. členu uredbe je osnova za obračun okoljske dajatve seštevek EO okolja, doseženih z neposrednim ali posrednim odvajanjem odpadne vode ali odvajanjem odpadne vode po javni kanalizaciji v vode.

Letni seštevek EO se izračuna v Poročilu o obratovalnem monitoringu na podlagi podatka o letni količini industrijske odpadne vode in koncentraciji onesnaževal, ki so določena v prilogi Uredbe o industrijski odpadni vodi in z upoštevanjem učinka čiščenja komunalne ali skupne čistilne naprave, na kateri se čistijo odpadne vode zavezanca.

---

<sup>53</sup> Podetape predstavljajo sektorsko razdeljeno površino odlagališča in skupaj merijo 0,6 hektarja, pri čemer je tista podetapa, ki se polni, odprta, preostali del pa je prekrit.

Pri določanju letnih količin izcedne odpadne vode, ki gre v javno kanalizacijo, smo upoštevali, da znese na iztoku<sup>54</sup> letna količina vode 7.920 m<sup>3</sup>. Na podlagi podatkov o izmerjenih izhodnih parametrih izcedne odpadne vode in letni količini izcedne odpadne vode se ugotovijo letne količine emisij, na podlagi katerih se izračunajo EO<sup>55</sup> (Tabela 6). EO se izračunajo za dve varianti, in sicer brez upoštevanja učinka čiščenja in z upoštevanjem učinka čiščenja<sup>56</sup> (Tabela 6).

Na podlagi izračunanih EO se izračuna okoljska taksa, ki jo je podjetje X dolžno plačati. Če bi očiščeno izcedno odpadno vodo podjetje X lahko spuščalo neposredno v okolje, bi plačalo državi EO po varianti brez učinka čiščenja. Za podjetje X je relevanten predvsem podatek EO z upoštevanjem učinka čiščenja, saj je iztok priklopljen na javno čistilno napravo<sup>57</sup>. To pomeni, da podjetje plača državi le 19,60 EO, vendar pa mora hkrati plačati tudi stroške čiščenja, ki mu jih zaračuna upravljalec centralne čistilne naprave.

Tabela 6: Podatki o vrednostih izhodnih parametrov (mg/L) in številu enot obremenitve v izcedni odpadni vodi v podjetju X

Št. merilne metode*	Naziv parametra	Vrednost parametra na iztoku (mg/L)
11	Cu	0,002
14	Cd	0,0000
19	Ni	0,035
21	Pb	0,006
23	Hg	0,0000
38	KPK	611
43	AOX	1,10
33	Celotni fosfor	2,30
60	Celotni dušik	258,3
Naziv enote	Način izračuna	Letno število enot obremenitve
Enota obremenitve – EO	brez učinka čiščenja	191,50
Enota obremenitve – EO	z učinkom čiščenja	19,60

\*Merilne metode so izbrane v skladu s predpisi in so navedene v Prilogi 2.

Vir: (Meritve zunanjega izvajalca za podjetje X in ARSO, 2016b).

## Tehnično predračunavanje potroškov čiščenja izcedne odpadne vode

Opredelili smo že značilne vrste stroškov, ki nastajajo pri čiščenju izcedne odpadne vode, in sicer so to stroški materiala, stroški nadomestnih delov za osnovna sredstva in materiala

<sup>54</sup> Pri izračunih je razlika med volumnom dotoka in volumnom iztoka v javno kanalizacijo minimalna. Do spremembe pride predvsem na separacijski enoti (filterni stiskalnici), kjer se v koncentratu zadrži določen delež vode, je dnevna količina vode na iztoku manjša za 300 dm<sup>3</sup>. Dodatna razlika, do katere bi lahko prišlo z vidika deleža neraztopljenih snovi, ki znaša v povprečju 504 mg/L, je zanemarljiva. Po meritvah znaša izguba 1,3 % vode. Izhodne količine so relevantne zgolj z vidika določanja okoljskih stroškov (660 m<sup>3</sup> iztoka mesečno), vsi ostali stroški so odvisni od vhodnih količin (669 m<sup>3</sup> dotoka mesečno).

<sup>55</sup> Za izračun emisij in EO smo uporabili Excelovo tabelo o obratovalnem monitoringu, objavljeno na spletni strani ARSO, ki na podlagi izpolnjenih parametrov sama izračunava letno količino emisij in EO, kar je podlaga za nadaljnji izračun okoljske takse. Podrobnejša predstavitev vrednosti vseh izhodnih parametrov je prikazana v Prilogi 3.

<sup>56</sup> Brez učinka čiščenja bi pomenilo neposredno spuščanje vode v okolje, medtem ko se pri učinku čiščenja najprej spušča v javno kanalizacijo. Učinek čiščenja upošteva podatke čiščenja od upravjalca centralne čistilne naprave, na katero je vezan iztok podjetja X. Ti podatki so: učinek čiščenja KPK = 95,9 %, učinek čiščenja dušik = 87,8 %, učinek čiščenja fosfor = 84,5 %.

<sup>57</sup> V kolikor bi hipotetično podjetje X vso vodo spuščalo neposredno v okolje, bi plačalo državi EO brez upoštevanja učinka čiščenja. Končni učinki čiščenja se tako dosegajo na javni čistilni napravi.

za vzdrževanje osnovnih sredstev, stroški storitev v zvezi z vzdrževanjem, amortizacija čistilne naprave, izdatki za varstvo okolja itd.

Izdelava tehnoloških predračunov potroškov čiščenja temelji predvsem na izračunu potroškov materiala. Pri izračunih izhajamo iz predpostavke, da ne prihaja do okvare naprave in s tem čistilnega procesa<sup>58</sup>. Kapacitete zbiralnega bazena, kamor priteka voda, zadostujejo za kratkočasno prekinitev delovanja čistilnega procesa pri rednem vzdrževanju (npr. pri menjavi reakcijskih plošč, čiščenju filterne stiskalnice itd.).

Spremljanje karakteristik izcedne odpadne vode poteka z merilno tehniko na čistilni napravi, kjer sta pH in elektroprevodnost ključna parametra, potrebna za izvajanje regulacij na čistilni napravi<sup>59</sup>. Elektroprevodnost prav tako močno korelira s KPK, saj višje vrednosti pomenijo večjo koncentracijo onesnaževal, ki povečujejo elektroprevodnost. Naprava je tako na podlagi izmerjenih značilnosti izcedne odpadne vode v podjetju X nastavljena optimalno, pri čemer se lahko glede na značilnosti parametrov posamezne nastavitve regulirajo (npr. podaljšanje reakcijskega časa ali povečanje gostote električnega toka zaradi povečane obremenjenosti izcedne odpadne vode). Za njeno delovanje oziroma reguliranje le-te ni potrebno meriti vseh parametrov, saj zadostuje merjenje relativnih sprememb, zato naprava ne potrebuje sond, ki v realnem času merijo tudi absolutne vrednosti posamičnih fizikalno-kemijskih parametrov (npr. absolutne obremenitve KPK je mogoče definirati tudi skozi relativne spremembe merjenja elektroprevodnosti, s katero obstaja visoka stopnja korelacije teh parametrov).

Stroške lahko ugotavljamo na podlagi tehnoloških predračunov potroškov (npr. porabo energije), empiričnih meritev (npr. emisij v javno kanalizacijo) in iz računovodskih podatkov (npr. stroški dela). Predmet analize v tem poglavju so tehnološki predračuni, podprti z empiričnimi meritvami.

V okviru nadaljnih izračunov moramo podati učinkovitost odstranitve KPK. Na podlagi meritev vhodne koncentracije KPK (Tabela 5), ki znaša 2.546 KPK, in izhodne koncentracije KPK (Tabela 6), ki znaša 641 KPK, lahko izračunamo, da znaša delež odstranitve 0,76 oziroma 76,0 %.

Operativne potroške elektrokemične čistilne naprave na izbrano enoto (v konkretnem primeru na m<sup>3</sup>), lahko definiramo skozi porabo energije (kWh/m<sup>3</sup>), porabo elektrod (kg/m<sup>3</sup>) in porabo kemikalij (kg/m<sup>3</sup>)<sup>60</sup>.

Porabo energije na enoto ugotovimo skozi porabo kWh/m<sup>3</sup> prečiščene vode. Za porabo energije v reaktorju smo predhodno ugotovili volumen, ki na podlagi zahtevane dnevne količine prečiščene vode znaša 22 m<sup>3</sup>. V kolikor izhajamo iz pretoka<sup>61</sup>, ta v konkretnem

---

<sup>58</sup> V realnem okolju so predvideni varovalni mehanizmi – omogočen je zaprt krožni sistem, kar pomeni, da se v primeru zaustavitve naprave in dviga izcedne odpadne vode do določene višine lahko vključi muljna črpalka, ki črpa izcedno odpadno vodo nazaj na vrh odlagališča, ki počasi pronica skozi telo odlagališča, en del pa je tudi izhlapi ali pa se voda preko zgornjega nivoja zbiralnega bazena preliva v javno kanalizacijo.

<sup>59</sup> Glede opravljenih meritev se giblje pH zgolj v razponu med 7,5 pH in 8,0 pH, ki je primeren za izvajanje elektrokemijskega čiščenja in ga ni potrebno regulirati. Elektroprevodnost se giblje med 5.400 μS/cm in 12.600 μS/cm, zato dodajanje elektrolita ni potrebno.

<sup>60</sup> Metodologija ugotavljanja operativnih potroškov temelji na strokovnih člankih – več o tem v Kobya in drugi, 2016; Ozyonar in Karagozoglul, 2010.

<sup>61</sup> V primeru batne črpalke je po tehničnih specifikacij proizvajalca podana moč 1,40 kW in pretok 200L/min (12,00 m<sup>3</sup>/h) oziroma okoli 0,11kW pri pretoku 0,92 m<sup>3</sup>/h.



primeru znese 0,92 m<sup>3</sup>/h. Prav tako je treba podati porabo elektrike, ki se odraža skozi porabo električne moči, ki je produkt napetosti in toka. Na Sliki 7 smo s shemo prikazali tehnološki postopek elektrokemijskega čiščenja, ki je v nadaljni tabeli prikazan z vsemi relevantnimi električnimi porabniki oziroma povzročitelji potroškov energije (Tabela 7).

Pri reaktorju smo porabo izračunali na podlagi izvedenih meritev, pri ostalih porabnikih, kot so batna črpalka, mešalo, dozator in filterna stiskalnica, smo izhajali iz tehničnih specifikacij o porabi električne energije in pretoku. Poraba električne energije pri elektronskih napravah, kot so krmilniki, sonde, nivojska stikala itd., je zanemarljiva, zato ni bila predmet preučevanja<sup>62</sup>.

Tabela 7: Porabniki električne energije pri novem čistilnem procesu

Št.	Električni porabniki	Energija (kW) (a)	Pretok (m <sup>3</sup> /h) (b)	Poraba elektrike (kWh/m <sup>3</sup> ) (a/b)
1	Reaktor	9,03	0,92	9,815
2	Batna črpalka	1,40	12,00	0,117
3	Mešalo	0,35	0,92	0,380
4	Dozator	0,18	0,92	0,196
5	Filterna stiskalnica	4,00	0,92	4,348
<b>Skupaj brez dozatorja (1+2+3+4)</b>				<b>14,660</b>
<b>Skupaj z dozatorjem (1+2+3+4+5)</b>				<b>14,856</b>

Vir: (Lastni izračuni).

Po zaključku procesa z električnimi porabniki nastane tekoči del, ki gre v kanalizacijo, in trdni del, ki nastane po filtriranju skozi stiskalnico in se očisti v predvideno posodo, ki se jo periodično odvaža. Pomožni material na filterni stiskalnici predstavlja 19 kosov filternih platen, ki jih je po določenem času potrebno zamenjati. Proizvajalec priporoča menjavo po šestih mesecih. To pomeni, da se pri dnevni količini 22 m<sup>3</sup> izcedne vode na dan v šestih mesecih prefiltrira 4.015 m<sup>3</sup> vode. Tako se filternega platna iztroši 0,0047 kosa/m<sup>3</sup>. Filterna stiskalnica deluje na principu hidravlike, za kar je potrebno hidravlično olje, ki se ga po zagotovilih proizvajalca v šestih mesecih (za 4.015 m<sup>3</sup>) porabi 70,00 L, kar znese 17,43 mL/m<sup>3</sup> prečiščene vode.

V reakcijski celici se poleg elektrike porabljajo elektrode, ki jih ugotovimo skozi zmanjšanje njene teže, do katere prihaja zaradi njihovega raztapljanja<sup>63</sup>. Na porabo elektrod vpliva uspešnost odstranitve onesnaževal (opredeljeno skozi delež odstranitve KPK), sestava elektrod, skupna aktivna površina elektrod, količina toka, ki se sprošča skozi elektrode, in čas čiščenja.

Pri porabi elektrod smo upoštevali, da se sorazmerno z njihovo aktivno površino sprosti 80,0 % električnega toka na železovih reakcijskih ploščah in 20,0 % na aluminijastih ploščah<sup>64</sup>. Tako smo ugotovili, da se železa porabi 663,15 g/m<sup>3</sup>, aluminija pa 53,40 g/m<sup>3</sup>. V konkretnem primeru analiziranih vrednosti do porabe kemikalij ne prihaja. Kemikalije, ki bi jih lahko uporabljali, so:

<sup>62</sup> Gre za naprave, katerih obseg delovanja znaša zgolj med 4 in 20 miliamperi pri napetosti 5 voltov.

<sup>63</sup> Na podlagi meritev poraba toka v reakcijski celici znaša 903 A. Večina se ga sprosti preko aluminijastih in železovih plošč, in sicer 732 A, kar je upoštevano nadalje pri porabi elektrod.

<sup>64</sup> Procentualno razmerje med železovimi in aluminijevimi ploščami je določeno na podlagi izmerjenih optimalnih učinkov čiščenja glede na sestavo vode za konkretno podjetje X.

- kemikalije za povečanje elektroprevodnosti,
- kemikalije za manipulacijo pH,
- kemikalije za izvajanje posredne elektrooksidacije.

V kolikor bi se kemikalije dodajalo, bi s povečanjem elektroprevodnosti (npr. dodajanjem slanice) zmanjšali upornost v celici in s tem zmanjšali porabo električne moči. Z manipulacijo pH in z dodajanjem kemikalij za posredno elektrooksidacijo (npr. HClO, H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) bi se doseglo boljše učinke čiščenja in pohitrilo potreben čas. Ker podjetje X glede zahtev čiščenja želi, da ne prihaja do uporabe kemikalij, v konkretnem primeru niso uporabljene, saj ima izcedna odpadna voda zadostno elektroprevodnost, primeren razpon pH in se že brez kemikalij dosega ustrezne izhodne parametre.

Stroškovno smiseln ukrep bi bil dodajanje kemikalij za povečanje elektroprevodnosti, s čimer se zmanjšuje električna upornost, kar pomeni manjšo porabo energije. V konkretnem primeru gre za doziranje nasičene raztopine slanice (kot sol se za preučitev uporabi natrijev klorid) (Tabela 8).

Tabela 8: Simulacija razmerja med porabo električne energije (kWh/m<sup>3</sup>) in soli (g/m<sup>3</sup>) za izcedno odpadno vodo v podjetju X

Relativno povečanje električne prevodnosti (%)	Dodatek slanice (mL/m <sup>3</sup> )	Masa porabljene soli (g/m <sup>3</sup> )	Poraba elektrike s povečano električno prevodnostjo (kWh/m <sup>3</sup> )
0,0	0,0	0,00	9,815
4,2	1.250,0	450,00	9,403
8,1	2.500,0	900,00	9,020
13,3	3.750,0	1.350,00	8,510
18,7	5.000,0	1.800,00	7,980
29,3	7.500,0	2.700,00	6,939
39,7	10.000,0	3.600,00	5,918
49,8	12.500,0	4.500,00	4,927
70,1	17.500,0	6.300,00	2,935
89,7	22.500,0	8.100,00	1,011

Vir: (Lastni izračuni).

V izhodišču (prva vrstica Tabele 8) izhajamo iz predhodno izvedenih izračunov, in sicer znaša poraba energije za čiščenje vode brez dodatka slanice 9,815 kWh/m<sup>3</sup>. Z dodajanjem slanice je opazno povečanje električne prevodnosti in s tem zmanjšanje porabe električne energije. V podjetju X bi bilo smiselno razmisliti, kakšno je razmerje med stroškom soli in stroškom električne energije oziroma ali bi se splačalo dodajati slanico v proces čiščenja. Kljub temu pa je treba opozoriti, da gre za ekonomsko računico, ki ne prispeva k varovanju okolja, saj se na račun zmanjšanja stroškov elektrike obremenjuje vodo s soljo, ki jo mora na koncu očistiti javna čistilna naprava.

V tehničnem predračunavanju smo ugotovili naslednje potroške: potrošnjo električne energije, potrošnjo reakcijskih plošč, potrošnjo filternih platen, potrošnjo hidravličnega olja in potrošnjo elektrolita (opcijsko). Ker gre za elektrokemijski način čiščenja, predstavlja predračunavanje električne porabe največji delež tehničnega predračunavanja. Ali spremenljivi del stroškov električne energije dejansko predstavlja tudi največji spremenljivi strošek med spremenljivimi neposrednimi proizvodjalnimi stroški, bomo preučili v nadaljevanju, ko bomo vsem izračunanim normativnim potroškom določili

ceno oziroma ko bomo v predračunavanje vključili še vse preostale proizvodjalne stroške, ki dosedaj niso bili zajeti v tem podpoglavju.

## 5.4 Predračunavanje stroškov čiščenja

### Predračunavanje stroškovne cene čiščenja izcedne odpadne vode

Na podlagi tehničnih predračunov potroškov čiščenja in ugotovljenih obremenitev okolja bomo predračunali stroške čiščenja izcedne odpadne vode v podjetju X, kot so stroški elektrike, filernih platen, reakcijskih plošč in okolja. Poleg tega bomo pri predračunavanju stroškov dodali še druge stroške, s čimer bomo ugotovili stroškovno ceno čiščenja. Izhajali bomo iz predvidene količine izcedne odpadne vode. Nadalje bomo preskusili, ali je stroškovno smiselno v postopek čiščenja dodajati slanico in simulirali spremembe cene čiščenja pri različnih količinah.

V nadaljevanju prikazujemo izračun stroškovne cene, ki zajema operativne spremenljive in operativne stalne stroške, ki skupaj predstavljajo stroškovno ceno čiščenja.

### Operativni stalni in operativni spremenljivi stroški

Operativne stalne in operativne spremenljive stroške razdelimo na stroške filernih platen, stroške hidravličnega olja, stroške reakcijskih plošč, stroške elektrike, okoljske stroške, amortizacijo, tekoče vzdrževanje, stroške dela in stroške transporta (odvoza)<sup>65</sup>.

### *Stroški filernih platen, hidravličnega olja in reakcijskih plošč*

V predhodnih tehničnih predračunih smo podali normativne potroške čiščenja za filterna platna, hidravlično olje in reakcijske plošče, ki predstavljajo neposredne spremenljive stroške materiala za m<sup>3</sup> prečiščene izcedne odpadne vode. Cene na enoto proizvoda so določene na podlagi nabavne cene dobavitelja (Tabela 9).

Tabela 9: Stroški filernih platen, hidravličnega olja in reakcijskih plošč na m<sup>3</sup> pri čiščenju izcedne odpadne vode v podjetju X

Št.	Material	Merska enota	Normativni potroški (enota/m <sup>3</sup> )	Cena (EUR/enota)	Stroški (EUR/m <sup>3</sup> )
		(a)	(b)	(c)	(b) · (c)
1	filterna platna – filterna stiskalnica	kos	0,0047	12,35	0,06
2	hidravlično olje – filterna stiskalnica	l	0,0174	1,71	0,03
3	Fe reakcijske plošče – reaktor	kg	0,6595	1,43	0,95
4	Al reakcijske plošče – reaktor	kg	0,0510	5,91	0,30
5	<i>Operativni spremenljivi stroški (1+2+3+4)</i>				<i>1,34</i>
	<b>Skupaj stroški (5)</b>				<b>1,34</b>

Vir: (Lastni izračuni).

Hidravlika na filterni stiskalnici predstavlja zaprt sistem, filterna platna so iz obstojnega materiala, zato je razumljiva nizka poraba teh dveh normativnih potroškov v primerjavi

<sup>65</sup> Zaradi enostavnejšega predračunavanja (npr. mesečno obračunanih stroškov dela itd.) v določenih primerih kot vmesno fazo preračunavamo stroške na mesečni ravni (količini 669 m<sup>3</sup> prečiščene vode).

z reakcijskimi ploščami, ki dejansko predstavljajo koagulant, ki se ga dozira pri čiščenju. Preračunamo lahko (Tabela 9), da reakcijske plošče predstavljajo največje stroške, torej 93,3 % stroškov se pripiše reaktorju<sup>66</sup>, medtem ko na filterno stiskalnico odpade 6,7 %. Celotni stroški tako znašajo 1,34 EUR/m<sup>3</sup> prečiščene vode.

## Elektrika

Cena elektrike oziroma končni znesek za plačilo dobavljene električne energije za odjemalca je sestavljen iz naslednjih postavk, izračunanih v nadaljevanju (Tabela 10).

Tabela 10: Mesečni stroški elektrike pri čiščenju izcedne odpadne vode v podjetju X

Št.	Električna energija (postavke)	Količina po enoti* (a)	Cena po enoti (EUR) (b)	Stroški mesečno (EUR/669m <sup>3</sup> )** (a) · (b) · 669 m <sup>3</sup>
1	Energija (manjša tarifa)	52,0 % od 14,660 kWh/m <sup>3</sup>	0,03130	159,63
2	Energija (višja tarifa)	48,0 % od 14,660 kWh/m <sup>3</sup>	0,05190	244,33
3	Obračunska moč (nizka sezona)	28,00 kW	1,22470	34,29
4	Obračunska moč (visoka sezona)	28,00 kW	1,67667	46,95
5	Omrežnina (manjša tarifa)***	14,660 kWh/m <sup>3</sup>	0,00075	7,36
6	Omrežnina (višja tarifa)***	14,660 kWh/m <sup>3</sup>	0,00084	8,24
7	Prispevek OVE+SPTE****	28,00 kW	0,73896	20,69
8	Prispevek za EnU*****	14,660 kWh/m <sup>3</sup>	0,00081	7,94
9	Prispevek za DelOp*****	14,660 kWh/m <sup>3</sup>	0,00013	1,27
10	Trošarina	14,660 kWh/m <sup>3</sup>	0,00305	29,91
11	<i>Operativni spremenljivi stroški (1+2+5+6+8+9+10)</i>			458,68
12	<i>Operativni stalni stroški (3+4+7)</i>			101,93
	<b>Skupaj stroški (11+12)</b>			<b>560,61</b>

\*Poraba, ki predstavlja variabilne mesečne stroške, je izražena v kWh/m<sup>3</sup>, medtem ko je obračunska moč izražena v kW in predstavlja fiksne mesečne stroške.

\*\*Za izračun spremenljivih mesečnih stroškov porabe (kWh/m<sup>3</sup>) množimo stolpec a in stolpec b z mesečno količino 669 m<sup>3</sup>, medtem ko pri stalnih stroških obračunske moči (kW) množimo samo stolpec a in stolpec b brez mesečne količine 669 m<sup>3</sup>.

\*\*\*Zajema nizko in visoko sezono.

\*\*\*\*OVE = obnovljivi viri energije, SPTE = proizvodnja električne energije v soproizvodnji z visokim izkoristkom

\*\*\*\*\*EnU = energetska učinkovitost

\*\*\*\*\*DelOp = delovanje operaterja trga

Vir: (Lastni izračuni).

<sup>66</sup> Izračun je izveden za porabo elektrode, katere sestavni del je jeziček, ki pa se ne porabi. V kolikor bi podjetje X železov jeziček (1130 g) prodalo kot odpadno kovino; kg odpadne kovine = 0,13 EUR, 1 jeziček = 1130 g = 38 m<sup>3</sup> prečiščene vode, m<sup>3</sup> prečiščene vode = 30 g = 0,004 EUR za odpadno železo na m<sup>3</sup> prečiščene vode, kar je glede na količine zanemarljivo. Enako velja za aluminijev jeziček (390 g), v kolikor bi se prodal kot odpadna kovina; kg odpadne kovine = 0,93 EUR, 1 jeziček = 390 g = 160 m<sup>3</sup>, m<sup>3</sup> = 0,002 EUR za odpadni aluminij na m<sup>3</sup> prečiščene vode, kar je glede na količine zanemarljivo.

Na podlagi predhodnih tehničnih izračunov smo ugotovili, da električni porabniki čistilne naprave z vsemi spremljujočimi sistemi (razen dozatorja) porabijo 14,660 kWh/m<sup>3</sup> elektrike za čiščenje vode. Pri tem smo upoštevali neprekinjeno izvajanje čiščenja, kar pomeni, da se v procesu čiščenja porabi energijo v 52,0 % po nizki tarifi in v 48,0 % po visoki tarifi.

Spremenljivi del elektrike je izražen v porabi energije v kWh, medtem ko je stalni del določen na podlagi obračunske moči v kW, ki v konkretnem primeru znaša 28,00 kW<sup>67</sup>.

Iz tabelarnega prikaza (Tabela 10) je podrobno razvidna sestava stroškov električne energije, iz česar lahko ugotovimo, da pri mesečni količini (669 m<sup>3</sup>) očiščene vode znašajo stalni stroški 101,93 EUR, spremenljivi pa 458,68 EUR, kar zneso skupaj 560,61 EUR. Ker predvidevamo, da spremenljivi del električne energije predstavlja najvišje stroške med spremenljivimi proizvodjalnimi stroški, je smiselno preizkusiti, ali je upravičeno te stroške znižati (npr. z uporabo slanice).

#### *Ugotavljanje stroškovne smiselnosti dodajanja slanice v proces čiščenja*

V proces čiščenja je mogoče dodajati različne soli. Analizirali smo dodajanje natrijevega klorida, ki je poceni in široko razširjen produkt. S simulacijo smo poizkusili ugotoviti, ali bi bilo z vidika stroškov smiselno dodajanje soli v proces čiščenja (Tabela 11).

Tabela 11: Simulacija razmerja med stroški električne energije in stroški soli na m<sup>3</sup> izcedne odpadne vode v podjetju X

Dvig prevodnosti (%)	Stroški soli (EUR)* (a)	Stroški elektrike (EUR)** (b)	Stroški elektrike (EUR)*** (c)	Stroški soli in elektrike (EUR) (a) + (b)	Stroški soli in elektrike (EUR) (a) + (c)
0	0,00	0,69	0,84	0,69	0,84
4,2	0,12	0,66	0,80	0,78	0,92
8,1	0,23	0,63	0,77	0,86	1,00
13,3	0,35	0,59	0,73	0,94	1,08
18,7	0,47	0,56	0,68	1,03	1,15
29,3	0,70	0,48	0,59	1,18	1,29
39,7	0,94	0,41	0,51	1,35	1,45
49,8	1,17	0,34	0,42	1,51	1,59
70,1	1,64	0,21	0,25	1,85	1,89
89,7	2,11	0,07	0,09	2,18	2,20

\*Stroški soli znašajo 0,26 EUR/kg.

\*\*Spremenljivi del stroškov elektrike, ki brez dodane soli znaša 0,69 EUR/m<sup>3</sup>.

\*\*\*Stalni in spremenljivi del stroškov elektrike, ki brez dodane soli znaša 0,84 EUR/m<sup>3</sup>.

Vir: (Lastni izračuni).

Razvidno je (Tabela 11), da samo dodatni stroški soli (brez da bi npr. upoštevali stroške elektrike, ki jih povzroča dozator itd.) presegajo prihranke pri stroških elektrike, ki nastanejo z dodajanjem soli – povečanjem prevodnosti (za razmerje normativnih potroškov soli in elektrike glej Tabelo 8). Rezultat so višji stroški soli in elektrike skupaj,

<sup>67</sup> Obračunska moč pove, koliko električne porabe se lahko porabi pri sočasnem delovanju električnih porabnikov. Določili smo jo na podlagi kapacitet razdelilne omare v objektu za čistilno napravo, pri čemer znaša 28,00 kW, prav tako ne presega priklopne moči vseh električnih porabnikov, ki delujejo naenkrat.

zato doziranje soli ni stroškovno smiselno. Poleg tega se dodatno obremenjuje odpadno vodo in s tem povzroča dodatne stroške odstranitve soli na centralni čistilni napravi.

### ***Okoljski stroški – okoljska dajatev<sup>68</sup> in stroški upravljalca javne čistilne naprave***

Osnova za določanje okoljskih stroškov so EO, ki jih zaračunava država na podlagi emisij, kar je predpisano z uredbo, in upravljalec javne čistilne naprave na podlagi Pravilnika o čiščenju industrijske odpadne vode na čistilnih napravah.

#### *Izračun okoljskih stroškov do države*

Osnova za obračun okoljske dajatve je seštevek EO okolja, doseženih z neposrednim ali posrednim odvajanjem odpadne vode ali odvajanjem odpadne vode po javni kanalizaciji v vodo. Okoljska dajatev se obračunava v določenem znesku glede na EO okolja zaradi odvajanja odpadnih voda, ki ga določi Vlada Republike Slovenije s sklepom, ki se objavi v Uradnem listu Republike Slovenije (4. člen Uredbe o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda).

Znesek okoljske dajatve na EO zaradi odvajanja odpadnih voda znaša 26,4125 EUR (ARSO, 2013a) in je veljaven še danes.

Izhodišče za določanje količin izcednih odpadnih voda in izračun EO je Poročilo o obratovalnem monitoringu odpadnih voda, na podlagi česar je izveden izračun stroškov (Tabela 12).

Tabela 12: Okoljski mesečni stroški z učinki čiščenja za izcedno odpadno vodo v podjetju X

Št.	Okoljski stroški z učinki čiščenja	Letno število (EO)	Cena EO (EUR/EO)	Stroški mesečno (EUR)
		(a)	(b)	(a) · (b) / 12
1	Čiščenje odpadnih voda	19,60	26,4125	43,14
2	<i>Operativni spremenljivi stroški (1)</i>			<i>43,14</i>
	<b>Skupaj stroški (2)</b>			<b>43,14</b>

Vir: (Lastni izračuni).

Na podlagi predhodnih ugotovitev emisij in posledično EO smo ugotovili, da podjetje X na letni ravni z upoštevanjem učinka čiščenja povzroči za 19,60 EO. To pomeni, da na letnem nivoju to znese 517,69 EUR, kar znese mesečno 43,14 EUR. Ker so pri izračunu upoštevani učinki čiščenja, temu posledično sledijo tudi nižji okoljski stroški do države, zato je s stroškovnega vidika pomembno v nadaljevanju ugotoviti, kakšni so okoljski stroški brez učinkov čiščenja, torej do upravljalca centralne čistilne naprave.

#### *Izračun okoljskih stroškov od upravljalca javne čistilne naprave*

Podjetje X je priklopljeno na javno čistilno napravo, zato mu upravljalec javne čistilne naprave zaračunava naslednje stroške:

- čiščenje odpadnih voda,
- odvajanje odpadnih voda,

<sup>68</sup> Za obračunavanje okoljske dajatve je na državnem nivoju pristojna Carinska uprava Republike Slovenije.

- omrežnina čiščenje in
- omrežnina odvajanje.

Upravljalca javne čistilne naprave (v konkretnem primeru javno občinsko podjetje, ki skrbi za zagotavljanje vode v občini) na podlagi Uredbe o metodologiji za oblikovanje cen storitev in obveznih občinskih javnih služb varstva okolja iz leta 2012 in na podlagi Pravilnika o obračunavanju čiščenja industrijske odpadne vode na čistilnih napravah, ki se ga sprejme na občinski ravni, izračuna ceno čiščenja za EO.

Upravljalca je podjetju X izdal odločbo, da povprečna cena čiščenja vseh voda v občini (industrije in gospodinjstev), ki so priključene na javno čistilno napravo, zneso 0,49728 EUR/m<sup>3</sup> oziroma izraženo skozi obremenitev vode zneso to 27,62666 EUR/EO.

V kolikor izhajamo iz Poročila o obratovalnem monitoringu, kjer so opredeljene EO in količine odpadne vode za podjetje X, sta za upravljalca relevantna podatka 7.920 m<sup>3</sup> količine odpadne vode in 191,50 EO brez upoštevanja učinka čiščenja, na podlagi katerih upravljalca centralne čistilne naprave izračuna spremenljive stroške čiščenja na m<sup>3</sup>. K temu dodamo še stalne stroške čiščenja upravljalca centralne čistilne naprave in tako ugotovimo skupne stroške čiščenja, ki na mesečni ravni znesejo 545,12 EUR (Tabela 13).

Tabela 13: Okoljski mesečni stroški brez učinkov čiščenja za izcedno odpadno vodo v podjetju X

Št.	EO brez učinka čiščenja	Cena čiščenja (EUR/m <sup>3</sup> ) (a)	Mesečna količina vode (m <sup>3</sup> ) (b)	Stroški mesečno (EUR) (a) · (b)
1	Čiščenje odpadnih voda	0,66799	660	440,87
2	Odvajanje odpadnih voda	0,14835	660	97,91
3	Omrežnina čiščenje	3,37	/	3,37
4	Omrežnina odvajanje	2,97	/	2,97
5	<i>Operativni spremenljivi stroški (1+2)</i>			538,78
6	<i>Operativni stalni stroški (3+4)</i>			6,34
	<b>Skupaj stroški (5+6)</b>			<b>545,12</b>

Vir: (Lastni izračuni).

Za ceno čiščenja 660 m<sup>3</sup> na mesečni ravni upravljalca javne čistilne naprave zaračuna 0,66799 EUR/m<sup>3</sup>, kar mesečno zneso 440,87 EUR.

Tarifo za odvajanje odpadnih voda upravljalca zaračunava vsem, ki so priklopljeni na javno čistilno napravo, in sicer je znesek 0,14835 EUR/m<sup>3</sup>, kar mesečno zneso 97,91 EUR.

Omrežnini predstavljata stalne stroške, ki jih upravljalca obračunava mesečno. Tako omrežnina za čiščenje znaša 3,37 EUR mesečno in omrežnina za odvajanje 2,97 EUR mesečno, kar skupaj zneso 6,34 EUR.

Glede na predhodno ugotovljene stroške brez učinka čiščenja lahko primerjalno ugotovimo, da stroški brez učinka čiščenja predstavljajo glavnino okoljskih stroškov, zato bi bilo smiselno razmisliti o njihovem zmanjšanju skozi nadgradnjo (dopolnitvijo) čistilnega procesa (izboljšavo učinkov čiščenja).

## Amortizacija

Amortizacijo osnovnih sredstev smo izračunali posamično. Uporabili smo metodo enakomerne časovne amortizacije. Amortizacijska stopnja je določena po 10,0 % stopnji za strojno opremo, za gradbeni del pa 2,5 % (Tabela 14). Gre za enakomerno razporejene stroške, ki niso odvisni od obsega dejavnosti in se jih razporedi med stalne stroške.

Na podlagi izračunov vidimo, da znaša letna stopnja amortizacije 27.308,00 EUR oziroma mesečna 2.275,66 EUR<sup>69</sup>.

Tabela 14: Amortizacija osnovnih sredstev za stroškovno mesto čistilna naprava

Št.	Postavka	Vrednost (EUR)	Am. stopnja (%)	Letna am. (EUR)	Mesečna am. (EUR)
1	Čistilna naprava	102.000,00	10,0	10.200,00	850,00
2	Filtrna stiskalnica	48.000,00	10,0	4.800,00	400,00
3	Merilni sistem pretoka	19.000,00	10,0	1.900,00	158,33
4	Batna črpalka	4.700,00	10,0	470,00	39,17
5	Muljna črpalka	32.000,00	10,0	3.200,00	266,67
	<b>Strojna oprema (1+2+3+4+5)</b>	<b>205.700,00</b>	<b>10,0</b>	<b>20.570,00</b>	<b>1.714,17</b>
6	Računalniška oprema (nadzorni in krmilni sistem)	32.380,00	10,0	3.238,00	269,83
	<b>Računalniška oprema (6)</b>	<b>32.380,00</b>	<b>10,0</b>	<b>3.238,00</b>	<b>269,83</b>
7	Zgradba	100.000,00	2,5	2.500,00	208,33
8	Zbiralni bazen	40.000,00	2,5	1.000,00	83,33
	<b>Gradbeni del (7+8)</b>	<b>140.000,00</b>	<b>2,5</b>	<b>3.500,00</b>	<b>291,66</b>
9	Operativni stalni stroški (1+2+ 3+4+5+6+7+8)			27.308,00	2.275,66
	<b>Skupaj stroški amortizacije (9)</b>			<b>27.308,00</b>	<b>2.275,66</b>

Vir: (Lastni izračuni).

V novem režimu naj bi občine javnim podjetjem zaračunavale najemnino v polni višini (to je 100,0 %) obračunane amortizacije. V primeru, da nato javna podjetja prek cen storitev gospodarskih javnih služb ne bi zbrala dovolj sredstev za plačilo take najemnine, pa morajo občine iz proračunskih sredstev subvencionirati javna podjetja, ki nato iz sredstev, zbranih s ceno storitev, in prejetih sredstev subvencije, plačajo občinam najemnino (zaračunano v višini 100,0 % amortizacije). Tako se išče razne možnosti, kako se tej novi ureditvi izogniti, in sicer z zaračunavanjem najemnine nižje od polne amortizacije, s pobotanjem obveznosti za subvencijo s terjatvijo za najemnino oziroma s plačevanjem subvencij za obravnavano razliko kar iz sredstev, zbranih pri občini s plačanimi najemninami in ne iz sredstev, zbranih z davki, torej izvirnimi proračunskimi prihodki ipd. Zaradi kontradiktornih predpisov v posameznih okoljih ravnajo različno in ni mogoče zanesljivo oceniti, kaj vse je zajeto v najemninah in zlasti, kaj pokrivajo subvencije (Lozej, 2012, str. 25)<sup>70</sup>. Zaradi tega smo stroške najemnine v podjetju X

<sup>69</sup> V skladu z zahtevano členitvijo po projektni dokumentaciji, ki jo je zahtevalo podjetje X, smo v Tabeli 16 prikazali računalniško opremo posebej, kljub temu pa je celoviti del čistilne naprave, zato se amortizira po 10,0 %.

<sup>70</sup> 3. člen Uredbe o metodologiji za oblikovanje cen storitev obveznih občinskih gospodarskih javnih služb varstva okolja pravi, da občina za opravljanje javne službe izvajalcem obračunava najemnino za vso javno infrastrukturo, ki je potrebna za opravljanje posamezne javne službe iz 1. člena te uredbe in jo ima občina v lasti ali finančnem najemu, najmanj v višini obračunane amortizacije za vso javno infrastrukturo, ki je potrebna za opravljanje posamezne javne službe.



nadomestili s stroški amortizacije (nenazadnje to omogoča tudi lažjo primerljivost z investicijami drugih podjetij ali primerljivost starih in novih investicijskih vlaganj v čistilno napravo). Pri tem nabavna vrednost investicije predstavlja amortizacijsko osnovo. Za izračun amortizacije smo izhajali iz Metodologije za oblikovanje cen storitev obveznih občinskih gospodarskih javnih služb varstva okolja, kjer so določene amortizacijske stopnje, ki smo jih tudi navedli (Tabela 14).

### ***Tekoče vzdrževanje***

Dolgoletno povprečje vzdrževanja starega čistilnega procesa se v podjetju X giblje okoli 10,0 % glede na vrednost osnovnih sredstev. Prav tako je glede na samo novo čistilno napravo v preučevanem pilotnem obratovanju nastalo za okoli 9,0 % stroškov vzdrževanja (gledano na njeno nabavno vrednost). Tako smo se odločili, da bomo izhajali iz 10,0 %, torej vzdrževanje novega čistilnega procesa na mesečni ravni ocenjujemo na 227,57 EUR, ki po izkušnjah iz projektne dokumentacije predstavlja običajno stopnjo pri kalkulacijah.

### ***Transport***

Stroški transporta se nanašajo na odvoz odpadka, ki nastane po čiščenju in ki ga za podjetje X opravi zunanji izvajalec. Ta za podjetje X izvede odvoz in ravnanje odpadkov po ceni 80,00 EUR/tono. Na podlagi meritev nastane pri 669 m<sup>3</sup> mesečne količine prečiščene vode 2.592,38 kg odpadka, kar pomeni, da to na mesečni ravni znese 207,39 EUR.

### ***Stroški dela***

Zaradi avtomatiziranega procesa delovanja je za funkcioniranje čistilne naprave predviden en delavec. Ta ima pravico do prejemkov v delovnem razmerju, določenih z zakonom<sup>71</sup>, in po kolektivni pogodbi komunalnih dejavnosti.

Delavec dela za polni delovni čas – štirideseturni delovni teden (brez nedelj, praznikov in nočnega dela). Glede na zahtevano stopnjo izobrazbe, ki jo mora imeti delavec za delo na čistilni napravi, se uvršča v tarifni razred V., za katerega najnižja osnova znaša 690,24 EUR. Na podlagi davčnih olajšav, prispevkov od bruto plače delavca in prispevkov delodajalca na bruto plačo znašajo skupni stroški delodajalca 1.479,87 EUR/mesec<sup>72</sup>.

### **Stroškovna cena**

V nadaljevanju (Tabela 15) integralno prikazujemo operativne spremenljive in operativne stalne stroške na mesečni ravni, ki smo jih poleg tega preračunali tudi na m<sup>3</sup> prečiščene vode. Vsi operativni stroški predstavljajo stroškovno ceno čiščenja, ki znaša 6.235,83 EUR na mesečni ravni oziroma 9,32 EUR/m<sup>3</sup> prečiščene vode.

---

<sup>71</sup> Ključna zakona, ki urejata področje plač sta Zakon o delovnih razmerjih (ZDR-1) in Zakon o minimalni plači (ZMinP).

<sup>72</sup> V skupnih stroških delodajalca smo pri materialnih stroških upoštevali povprečne mesečne dodatke, in sicer regres v višini 66,00 EUR, malico v višini 74,00 EUR in prevoz v višini 50,00 EUR.

Tabela 15: Operativni spremenljivi in operativni stalni mesečni stroški čiščenja izcedne odpadne vode v podjetju X

Št.	Vrste operativnih stroškov	Stroški mesečno (EUR)
1	Filterna platna	40,14
2	Hidravlično olje	20,07
3	Fe reakcijske plošče	635,55
4	Al reakcijske plošče	200,70
5	Elektrika – spremenljivi del stroškov	458,68
6	Elektrika – stalni del stroškov	101,93
7	Okoljski stroški – spremenljivi del stroškov	581,92
8	Okoljski stroški – stalni del stroškov	6,34
9	Amortizacija	2.275,66
10	Tekoče vzdrževanje	227,57
11	Stroški dela	1.479,88
12	Odvoz	207,39
13	<i>Operativni spremenljivi mesečni stroški (1+2+3+4+5+7+12)</i>	<i>2.144,45</i>
14	<i>Operativni stalni mesečni stroški (6+8+9+10+11)</i>	<i>4.091,38</i>
	<b>Skupaj operativni mesečni stroški (13+14)</b>	<b>6.235,83</b>
15	<i>Operativni spremenljivi stroški na m<sup>3</sup> (13/669)</i>	<i>3,20</i>
16	<i>Operativni stalni stroški na m<sup>3</sup> (14/669)</i>	<i>6,12</i>
	<b>Skupaj operativni stroški na m<sup>3</sup> (15+16)</b>	<b>9,32</b>

Vir: (Lastni izračuni).

### Lastna cena

Za izračun lastne cene moramo izračunati še splošne upravno-prodajne stroške. Podjetje X ima oblikovana glavna poslovnoizidna mesta, na katera razporeja posredne upravno-prodajne stroške, pri čemer je eno od teh RCERO. V okviru slednjega ima podjetje še natančneje razdelana stroškovna mesta, med katerimi je eno od teh čistilna naprava, ki je predmet preučevanja v nalogi.

Podjetje ima vzpostavljen zgolj razdelilnik stroškov iz splošnih stroškovnih mest na tista stroškovna mesta, ki ustvarjajo poslovni izid, med katerimi pa ni čistilne naprave. Tako kot podlago za razporejanje izhajamo iz neposrednih plač (Tabela 16)<sup>73</sup>.

Stroški plač na stroškovnem mestu čistilna naprava, glede na delež vseh plač poslovnoizidnega mesta RCERO, znašajo 2,3 %. Na podlagi tega ključa smo izračunali posredne upravno-prodajne stroške, pri čemer na letnem nivoju znesejo 7.385,79 EUR. V kolikor posredne (upravno-prodajne) stroške na letni ravni preračunamo na mesečni nivo za 669 m<sup>3</sup> prečiščene vode, znašajo 615,48 EUR/mesec, kar je 0,92 EUR/m<sup>3</sup> prečiščene vode.

<sup>73</sup> Takšna možnost razporejanja ima tudi teoretično podlago, in sicer o tem govori Turk (2001, str. 245), kjer kot ustrezne podlage navaja neposredne plače, izdelovalne ure in strojne ure. Med posrednimi stroški plače zajemajo največji delež, in sicer 47,0 %. O ustreznosti izbiri ključa za podjetje X lahko obstaja dvom, vendar pa zaradi nespremenljivosti posrednih stroškov med starim in novim čistilnim procesom posredni stroški pri konkretnih izračunih za podjetje X oziroma za preverjanje zastavljenih trditev niso relevantni oziroma so neodločujoči.

Tabela 16: Razdelitev letnih posrednih (upravno-prodajnih) stroškov na stroškovno mesto čistilna naprava v podjetju X

<b>Stroški</b>	<b>Stroški (EUR)</b>	<b>Delež v stroških glede na RCERO (%)</b>
Plače – RCERO	763.967,78	100,0
Plače – čistilna	17.301,14	2,3
Posredni stroški – RCERO	321.121,15	100,0
Razporeditev posrednih stroškov na čistilno – letni nivo	7.385,79	2,3

Vir: (Lastni izračuni).

V kolikor k predhodno izračunani stroškovni ceni na m<sup>3</sup> prečiščene vode (Tabela 15) prištejemo posredne upravno-prodajne stroške, ki znašajo 0,90 EUR/m<sup>3</sup> prečiščene vode, dobimo lastno ceno čiščenja na m<sup>3</sup> prečiščene vode (Tabela 17).

Tabela 17: Lastna cena čiščenja izcedne odpadne vode

<b>Št.</b>	<b>Cena čiščenja</b>	<b>Stroški (EUR/m<sup>3</sup>)</b>
1	Stroškovna cena	9,32
2	Posredni (upravno-prodajni) stroški	0,92
<b>Lastna cena (1+2)</b>		<b>10,24</b>

Vir: (Lastni izračuni).

### **Analiza stroškov pri različnih kapacitetah čiščenja**

Na podlagi predhodnih kalkulacij smo izračunali lastno ceno čiščenja. V nadaljevanju preučimo predvsem proizvodjalne stroške čiščenja, ki so v nadaljevanju tudi proporcionalno predstavljeni. Na podlagi določenih količin čiščenja 22 m<sup>3</sup>/dan (669 m<sup>3</sup>/mesec) je moč ugotoviti, da znašajo skupni proizvodjalni stroški čiščenja 6.235,84 EUR/mesec (Tabela 18), kar znese 9,32 EUR/m<sup>3</sup> prečiščene vode.

Ker se količina izcedne odpadne vode ocenjuje na podlagi tehnoloških izračunov, prav tako podjetje X ni zakonsko zavezano k spremljanju dnevniških izpustov, smo dodatno prikazali, kako se spreminjajo stroški čiščenja, kot tudi njihov delež pri različnih količinah čiščenja. Tako npr. pri 30,0 % manjši količini čiščenja preračunano na enoto znašajo proizvodjalni stroški čiščenja vode 11,95 EUR/m<sup>3</sup>, medtem ko pri 30,0 % povečani količini čiščenja znašajo ti 7,91 EUR/m<sup>3</sup>.

Kar zadeva samo proporcionalno razdelitev stroškov, je ta prikazana v nadaljevanju (Tabela 19), kjer je razvidno, da med neposrednimi stroški čistilne naprave pri količini 22 m<sup>3</sup>/dan oziroma 669 m<sup>3</sup>/mesec (kar predstavlja oceno projektanta in naše izhodišče za izračune) stalni proizvodjalni stroški zajemajo okoli dve tretjini vseh proizvodjalnih stroškov, pri čemer glavni delež stalnih stroškov zajema amortizacijo. V kolikor bi od ocene projektanta povečali količine čiščenja za 30,0 %, bi še vedno prevladovali stalni proizvodjalni stroški.

Iz obeh tabel (Tabela 18 in Tabela 19) je dodatno razvidno, da v kolikor upoštevamo skupaj stalen in spremenljiv del stroška elektrike pri 22 m<sup>3</sup>/dan, oba skupaj še vedno ne presežeta ali stroškov porabe železovih elektrod ali le spremenljivega dela okoljskih stroškov.

Tabela 18: Porazdeljenost stroškov čiščenja izcedne odpadne vode v podjetju X v EUR

<b>Stroški*</b>	<b>Količina 468 m<sup>3</sup> =-30,0 % od ocene (EUR)</b>	<b>Količina 535 m<sup>3</sup> =-20,0 % od ocene (EUR)</b>	<b>Količina 602 m<sup>3</sup> =-10,0 % od ocene (EUR)</b>	<b>Količina 669 m<sup>3</sup> =ocena** (EUR)</b>	<b>Količina 736 m<sup>3</sup> =+10,0 % od ocene (EUR)</b>	<b>Količina 803 m<sup>3</sup> =+20,0 % od ocene (EUR)</b>	<b>Količina 870 m<sup>3</sup> =+30,0 % od ocene (EUR)</b>
Platna – VC	28,10	32,11	36,13	40,14	44,15	48,17	52,18
Olje – VC	14,05	16,06	18,06	20,07	22,08	24,08	26,09
Fe – VC	444,89	508,44	572,00	635,55	699,11	762,66	826,22
Al – VC	140,49	160,56	180,63	200,70	220,77	240,84	260,91
Elektrika – VC	321,08	366,94	412,81	458,68	504,55	550,42	596,28
Elektrika – FC	101,93	101,93	101,93	101,93	101,93	101,93	101,93
Okoljski – VC	407,34	465,54	523,73	581,92	640,11	698,30	756,50
Okoljski – FC	6,34	6,34	6,34	6,34	6,34	6,34	6,34
Amortiz. – FC	2.275,67	2.275,67	2.275,67	2.275,67	2.275,67	2.275,67	2.275,67
Tekoče v. – FC	227,57	227,57	227,57	227,57	227,57	227,57	227,57
Str. dela – FC	1.479,88	1.479,88	1.479,88	1.479,88	1.479,88	1.479,88	1.479,88
Odvoz – VC	145,17	165,91	186,65	207,39	228,13	248,87	269,61
Skupaj – VC	1.501,12	1.715,56	1.930,01	2.144,45	2.358,90	2.573,34	2.787,79
Skupaj – FC	4.091,39	4.091,39	4.091,39	4.091,39	4.091,39	4.091,39	4.091,39
<b>Proizvajalni str.</b>	<b>5.592,51</b>	<b>5.806,95</b>	<b>6.021,40</b>	<b>6.235,84</b>	<b>6.450,29</b>	<b>6.664,73</b>	<b>6.879,18</b>
<b>Posredni stroški</b>	<b>615,48</b>	<b>615,48</b>	<b>615,48</b>	<b>615,48</b>	<b>615,48</b>	<b>615,48</b>	<b>615,48</b>
<b>Skupaj-LC</b>	<b>6.207,99</b>	<b>6.422,43</b>	<b>6.636,88</b>	<b>6.851,32</b>	<b>7.065,77</b>	<b>7.280,21</b>	<b>7.494,66</b>

\*VC = stalni stroški, FC = spremenljivi stroški, LC = lastna cena

\*\*Ocenjena mesečna količina izcedne odpadne vode s strani projektanta.

Vir: (Lastni izračuni).

Tabela 19: Porazdeljenost stroškov čiščenja izcedne odpadne vode v podjetju X v %

<b>Stroški*</b>	<b>Količina 468 m<sup>3</sup> =-30,0 % od ocene (%)</b>	<b>Količina 535 m<sup>3</sup> =-20,0 % od ocene (%)</b>	<b>Količina 602 m<sup>3</sup> =-10,0 % od ocene (%)</b>	<b>Količina 669 m<sup>3</sup> =ocena** (%)</b>	<b>Količina 736 m<sup>3</sup> =+10,0 % od ocene (%)</b>	<b>Količina 803 m<sup>3</sup> =+20,0 % od ocene (%)</b>	<b>Količina 870 m<sup>3</sup> =+30,0 % od ocene (%)</b>
Platna – VC	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7
Olje – VC	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Fe – VC	7,2	7,9	8,6	9,3	9,9	10,5	11,0
Al – VC	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5
Elektrika – VC	5,2	5,7	6,2	6,7	7,1	7,6	8,0
Elektrika – FC	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4
Okoljski – VC	6,6	7,2	7,9	8,5	9,1	9,6	10,1
Okoljski – FC	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Amortiz. – FC	36,7	35,4	34,3	33,2	32,2	31,3	30,4
Tekoče v. – FC	3,7	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0
Str. dela – FC	23,8	23,0	22,3	21,6	20,9	20,3	19,7
Odvoz – VC	2,3	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6
Skupaj – VC	24,2	26,7	29,1	31,3	33,4	35,3	37,2
Skupaj – FC	65,9	63,7	61,6	59,7	57,9	56,2	54,6
<b>Proizvajalni str.</b>	<b>90,1</b>	<b>90,4</b>	<b>90,7</b>	<b>91,0</b>	<b>91,3</b>	<b>91,5</b>	<b>91,8</b>
<b>Posredni stroški</b>	<b>9,9</b>	<b>9,6</b>	<b>9,3</b>	<b>9,0</b>	<b>8,7</b>	<b>8,5</b>	<b>8,2</b>
<b>Skupaj – LC</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

\*VC = stalni stroški, FC = spremenljivi stroški, LC = lastna cena

\*\*Ocenjena mesečna količina izcedne odpadne vode s strani projektanta.

Vir: (Lastni izračuni).

Kljub temu, da se je potrdila prva trditev, da elektrokemijski način tako v teoriji, kot na študijah primerov iz literature, kot tudi v konkretnem primeru podjetja X predstavlja

uspešen način ravnanja z izcedno odpadno vodo, saj se na iztoku dosegajo zahtevani normativi, pa bi bilo ob implementaciji te tehnologije potrebno opozoriti podjetje X, da je smiselno razmisliti o nadgradnji elektrokemijskega čiščenja še s katero drugo tehnologijo. Skozi strokovno literaturo smo namreč dokazali, da se najboljše učinke dosega s kombiniranjem različnih metod. Nenazadnje ne gre spregledati, da okoljski stroški pri 22 m<sup>3</sup>/dan zajemajo precejšen delež med skupnimi proizvodjalnimi stroški.

Z vidika potrjevanja ali zavračanja druge trditve so bili ključni predmet preučevanja spremenljivi neposredni proizvodjalni stroški, pri čemer smo ugotovili, da spremenljivi del stroškov elektrike ne predstavlja najvišjega stroška med vsemi spremenljivimi stroški, ne glede na različne simulirane dnevne količine čiščenja. S simulacijo zniževanja stroškov elektrike s postopkom dodajanja soli smo dodatno ugotovili, da so stroški elektrike nižji glede na dodatne stroške soli in se dodajanje soli ne splača, kar nakazuje nizke stroške tega energenta. Ker tako okoljski stroški kot stroški elektrod presegajo stroške elektrike, je s tega vidika tudi smiselno preučiti, ali je investicijsko vlaganje v novo napravo ekonomsko upravičeno, čeravno to ni primarni cilj raziskovalne naloge.

## 5.5 Ekonomska upravičenost investicijskega vlaganja v novo čistilno napravo

### Teoretična izhodišča

Čeprav primarni interes javnega podjetja ni doseganje dobička, temveč varovanje okolja in zagotavljanje javnih storitev, prav tako ima podjetje za nakup čistilne naprave namensko predvidena lastna sredstva, je smiselno stroškovno primerjati novo čistilno napravo s staro. Tako v nadaljevanju preučujemo, ali so investicijska vlaganja v novo čistilno napravo ekonomsko upravičena.

Ekonomska upravičenost investicijskih vlaganj bomo preverili tako, da bomo z dinamičnimi metodami za presojo investicije izračunali upravičenost investicije.

Dinamične metode upoštevajo različno časovno dinamiko investicijskih vlaganj in različno dinamiko donosov, ki jih investicija prinaša. Najpogosteje uporabljene dinamične metode, ki se uporabljajo pri investicijskih projektih širjenja ali zamenjave, so (glej Brigham in Houston, 2012, str. 410):

- neto sedanja vrednost,
- interna (notranja) stopnja donosnosti,
- prilagojena interna (notranja) stopnja donosnosti,
- diskontirana doba povračila investicije.

Neto sedanja vrednost predstavlja razliko med diskontiranim tokom vseh prilivov in diskontiranim tokom vseh odlivov družbe. Diskontna stopnja, s katero merimo vse tokove, izraža časovne preference med donosi vlaganj v različnih časovnih obdobjih (Enačba 1).

$$NSV = \sum_{i=1}^T \frac{D_i}{(1+r)^i} - \sum_{i=1}^T \frac{V_i}{(1+r)^i} \quad (1)$$

Pri tem je:  $NSV$  = neto sedanja vrednost,  $D_i$  = donos v  $i$ -tem obdobju,  $i = 1, 2, \dots, T$ ,  $V_i$  = vlaganje v  $i$ -tem obdobju,  $i = 1, 2, \dots, T$ ,  $r$  = diskontna stopnja,  $1/(1+r)$  = diskontni faktor.

Interna (notranja) stopnja donosnosti je tista diskontna stopnja, ki izenači sedanjo vrednost donosov investicije in sedanjo vrednost vlaganj sredstev, torej pri kateri neto sedanja vrednost zavzema vrednost nič. Pri tej metodi ne predpostavljamo diskontne stopnje (kot jo pri neto sedanji vrednosti), temveč jo ugotavljamo. Gre za proces ponavljanja, in sicer tako dolgo, dokler neto sedanja vrednost ni enaka nič (Enačba 2 in Enačba 3).

$$ISD = \frac{NSV_p(dsn-dsp)}{NSV_p - NSV_n} + dsp \quad (2)$$

Pri tem je:  $ISD$  = notranja (interna) stopnja donosnosti,  $NSV$  = neto sedanja vrednost,  $dsp$  = diskontna stopnja, pri kateri je  $NSV$  pozitivna,  $dsn$  = diskontna stopnja, pri kateri je  $NSV$  negativna,  $NSV_p$  = pozitivna  $NSV$  pri uporabljeni diskontni stopnji  $dsp$ ,  $NSV_n$  = negativna  $NSV$  pri uporabljeni diskontni stopnji  $dsn$ .

Interno stopnjo donosnosti lahko izračunamo tudi po naslednjem obrazcu (Enačba 3):

$$I_0 = \sum_{t=1}^n \frac{D_t}{(1+ISD)^t} \quad (3)$$

Pri tem je:  $D_t$  = donos v letu  $t$  (neto denarni tok),  $n$  = število let, ko projekt daje donose,  $t$  = leto, v katerem projekt daje donose,  $ISD$  = interna stopnja donosa.

Zelo podobno metodo interne stopnje donosnosti predstavlja popravljena oziroma modificirana interna stopnja donosnosti (Enačba 4), ki teoretično presega notranjo stopnjo donosnosti s tem, da odpravlja dve pomanjkljivosti, in sicer pravilno predvideva reinvestiranje pri strošku kapitala projekta in se izogne večkratnim notranjim stopnjam donosnosti. Predstavlja diskontno stopnjo, ki izenači sedanjo vrednost investicijskih izdatkov s sedanjo vrednostjo končne vrednosti projekta, pri čemer je stopnja reinvestiranja enaka strošku kapitala podjetja (Berk in drugi, 2004, st. 101).

$$PISD = \sqrt[n]{\frac{PV}{-SV}} - 1 \quad (4)$$

Pri tem je:  $PISD$  = popravljena (modificirana) notranja (interna) stopnja donosnosti,  $SV$  = začetni investicijski izdatek, diskontiran s stroškom kapitala,  $PV$  = prihodnji denarni tokovi, diskontirani na zadnje leto ob predpostavki, da so vsi denarni pritoki reinvestirani pri strošku kapitala.

Diskontirana doba povračila investicije upošteva časovno vrednost denarja in pomeni število let, v katerem se povrne znesek investicije (Enačba 5). Tako ni pomemben zgolj čas, v katerem bodo vložena sredstva v celoti povrnjena, temveč so pomembni tudi donosi, ki bi jih investitor v tej dobi povračila lahko zaslužil drugje in se posredno izražajo v diskontni stopnji.

$$DDPI = A + \frac{B}{C} \quad (5)$$

Pri tem je:  $DDPI$  = diskontirana doba povračila investicije,  $A$  = zadnje obdobje z negativnim diskontiranim kumulativnim denarnim tokom,  $B$  = absolutna vrednost

diskontiranega kumulativnega denarnega toka na koncu obdobja A,  $C$  = diskontiran denarni tok po obdobju A.

### **Upoštevani podatki**

Pri izračunih smo izhajali iz stroškov, ki so tudi izdatki. Pri stroških za staro čistilno napravo smo predpostavili mesečno količino 669 m<sup>3</sup> izcedne odpadne vode. Izhajali smo iz obol listin<sup>74</sup>, računov o nabavljenih količinah in cenah materiala in storitev ter tehnoloških ocen posameznih potroškov in iz njih izpeljanih stroškov, kar smo pridobili v podjetju X in to primerjali z izvedenimi izračuni nove čistilne naprave<sup>75</sup>.

Iz obol listin ni podanih podatkov za kontni razred 402 – stroški energije in kontni razred 481 – izdatki za varstvo okolja. Manjkajoče podatke o stroških energije smo izračunali na podlagi izmerjenih podatkov iz podjetja X, dopolnjenih s tehnološkimi ocenami. Stroške energije na čistilni napravi smo dobili na podlagi merilnega (odštevalnega) števca na čistilni, popisa obratovalnih ur in količin dotoka izcedne odpadne vode. V okvir čistilnega spada tudi muljna črpalka, ki nima odštevalnega števca, za katero podatke smo pridobili na podlagi njenih tehničnih značilnosti (porabe energije glede na viskoznost medija, višine črpanja itd.) in tehnoloških meritev (količine koncentrata, obratovalnih ur)<sup>76</sup>. Za podatke o obremenitvi okolja smo izhajali iz Poročila o obratovalnem monitoringu.

S tem smo izvedli zajem stroškov, ki so obenem tudi izdatki, za celoten stari čistilni proces. Za novi čistilni proces smo izhajali iz predračunov v predhodnem podpoglavju. Tako bomo v nadaljevanju tiste stroške, ki so tudi izdatki, za celoten stari in novi čistilni proces tudi sintetično tabelarično prikazali. Čeprav ugotavljamo smiselnost zamenjave stare z novo čistilno napravo, ki predstavlja le del čistilnega procesa, pa zajem že izračunanih celotnih stroškov, ki so tudi izdatki, ne vpliva na ugotavljanje razlik – le stara ali nova čistilna naprava predstavlja odločujoče stroške (npr. posredni stroški, stroški dela itd. so neodločujoči). Kar zadeva sam znesek investicije upoštevamo le tisti del, ki se ga zamenja.

### **Zamenjava stare z novo čistilno napravo**

Ker podjetje ni opravilo temeljite analize za zamenjavo stare z novo čistilno napravo, bomo izhajali iz določenih predpostavk, s čimer bomo podjetju predstavili, ali je pod temi predpostavkami zamenjava upravičena.

Kot kriterije ekonomske upravičenosti investicije ugotavljamo neto sedanjo vrednost, interno stopnjo donosnosti, prilagojeno interno stopnjo donosnosti in diskontirano dobo povračila investicije.

---

<sup>74</sup> Neposredni stroški delovanja sedanjega čistilnega procesa, ki so evidentirani na obol listinah, so vsebinsko opredeljeni v poglavju 5.2.

<sup>75</sup> Zaradi občutljivosti podatkov v nadaljevanju podajamo končne rezultate, ki smo jih pridobili iz računovodskih in okoljskih listin, ali pa iz tehnoloških izračunov po enaki metodologiji kot za novo čistilno napravo.

<sup>76</sup> V primeru reverzne osmoze poteka črpanje koncentrata nazaj na odlagališče, medtem ko je v primeru elektrokemijskega čiščenja črpalka predvidena kot varnostni mehanizem za črpanje izcedne odpadne vode nazaj na odlagališče, saj se separacija izvede na separacijski enoti (filterni stiskalnici).

Ker gre za neprofitno podjetje – javno podjetje, katerega primarna vloga ni ustvarjanje dobička – in ker se investicija pokrije z lastniškimi viri, smo izhajali iz zahtevane mere donosnosti kapitala. Pri tem smo izhajali iz 4,0 % diskontne stopnje ( $r_k = 0,04$ ), ki smo jo določili na podlagi 8. člena Uredbe o enotni metodologiji za pripravo in obravnavo investicijske dokumentacije na področju javnih financ<sup>77</sup>.

Ker je preostala življenska doba stare čistilne naprave ocenjena na pet let, bomo preučili, ali je ekonomsko upravičeno, da se s staro napravo obratuje še preostalih pet let (varianta s staro čistilno napravo) in se šele po tem obdobju izvede investicija v novo čistilno napravo, ali pa je ekonomsko bolj upravičeno, da se jo takoj proda in kupi novo čistilno napravo (varianta z novo čistilno napravo).

Z vidika denarnega toka čistilna naprava ne ustvarja prihodkov (dobička), zato izhajamo iz tega, koliko stroškov nastane pri stari in koliko pri novi čistilni napravi. Kot postavka denarna sredstva se tako v bistvu pojavljajo stroški, ki so tudi izdatki. Dobička in davka na dobiček nismo upoštevali iz enostavnega razloga – ker javno podjetje kot celota ne ustvarja dobička, ki bi ga delilo med delničarje in ga tudi z delovanjem nove čistilne naprave ne bo – eventualno bodo zaradi tega dotacije občine za toliko nižje ali pa bodo cene uporabnikom komunalnih storitev nižje<sup>78</sup>.

Z vidika investicijskega vložka pri varianti s staro čistilno napravo le-tega ni, saj stara naprava že deluje, prav tako bo delovala še nadaljnjih pet let brez dodatnih investicijskih vlaganj za njeno posodobitev. Pri varianti nakupa nove čistilne naprave se kot investicijski vložek v začetnem letu investicije pojavlja razlika med neodpisano (predpostavljeno tržno) vrednostjo stare čistilne naprave in investicijo v novo čistilno napravo.

V analizi nismo upoštevali obratnega kapitala, in sicer zalog, terjatev in obveznosti do dobaviteljev, predvsem zaradi poenostavitve izračunov in zaradi konservativnega pristopa, saj potrebujemo pri stari čistilni napravi določene zaloge kemikalij, ki jih je potrebno financirati pretežno z lastnimi sredstvi ter delno z dobavitelji, pri novi čistilni napravi pa tega ni, kar dodatno izboljšuje ekonomiko naložbe.

V nadaljevanju po sintetični vrednosti prikazujemo stroške, ki so tudi izdatki starega in novega čistilnega procesa (Tabela 20). Glede stroškov pri novem čistilnem procesu izhajamo iz izračunov, predstavljenih v predhodnih poglavjih. Pri starem čistilnem procesu čiščenja izhajamo iz računovodskih podatkov podjetja X. Vseh podatkov glede normativov zaradi poslovne in okoljske občutljivosti nismo prejeli (uporabili smo iz knjigovodstva triletne povprečne podatke)<sup>79</sup>.

---

<sup>77</sup> 8. člen uredbe pravi: »Splošna diskontna stopnja je 4,0 %. Minister, pristojen za finance, lahko določi drugo splošno diskontno stopnjo ali ločeno finančno in družbeno diskontno stopnjo na podlagi spremenjenih gospodarskih razmer, ki se objavijo v Proračunskem memorandumu Republike Slovenije« (Uredba o enotni metodologiji za pripravo in obravnavo investicijske dokumentacije na področju javnih financ).

<sup>78</sup> Po podatkih Ajpesa podjetju X v zadnjih petih letih ni bil odmerjen davek na dobiček.

<sup>79</sup> Dejansko se je s staro čistilno napravo v povprečju prečistilo malo manj kot 669 m<sup>3</sup>/mesec (natančnih količin zaradi okoljske občutljivosti podatkov ne podajamo), kar pomeni, da bi bili stroški čiščenja vode s staro čistilno napravo za predpostavljeno količino 669 m<sup>3</sup>/mesec še večji, vendar smo zaradi konservativnega pristopa in poenostavitve izračunov pri celotnem izračunavanju izhajali, kot da bi se je prečistilo 669 m<sup>3</sup>/mesec.



Tabela 20: Letni stroški starega in novega čistilnega procesa za podjetje X

Št.	Stroški	Stari čistilni sistem (EUR)	Novi čistilni sistem (EUR)	Razlika (EUR)
1	stroški materiala*	21.625,01	10.757,52	10.867,49
2	stroški električne energije	4.973,67	6.727,32	-1.753,65
3	stroški storitev**	23.361,96	17.175,72	6.186,24
4	stroški transporta	6,13	2.488,68	-2.482,55
5	stroški dela***	17.758,56	17.758,56	0,00
<b>Skupaj stroški (1+2+3+4+5)</b>		<b>67.725,33</b>	<b>54.907,80</b>	<b>12.817,53</b>

\*Zajemajo lug, kisline, membrane, filtre itd.

\*\*Zajemajo okoljske stroške, stroške vzdrževanja in posredne stroške.

\*\*\*Zajema kalkulatívne stroške dela.

Vir: (Lastni izračuni).

Sedanji stroški dela v podjetju X so višji od kalkulatívnih. Pri zamenjavi stare z novo čistilno napravo glede delovne sile ne pride do sprememb. Tako v nadalje izhajamo iz kalkulatívnih stroškov dela (Tabela 20), saj to nima vpliva na izračune – stroški dela so neodločujoči.

Pri stari delujoči naložbi se za primerjavo obeh vrst stroškov niso upoštevali stroški najemnine (kot ekvivalent amortizacije) na eni strani, na drugi strani pa amortizacija pri novi naložbi – lahko rečemo, da je najemnina nerealna (o tem govori tudi Lozej, 2012).

V analizo zamenjave ne vključimo investicije gradbenega dela (zgradbe in zbiralnega bazena), kot tudi investicije v tri spremljujoče sisteme (merilnik pretoka, batno črpalko in muljno črpalko), saj na tem segmentu ne prihaja do razlik (menja se le čistilna naprava, ki predstavlja del čistilnega procesa, kar je prikazano na Sliki 4 in Sliki 6), pri čemer je vrednost osnovnih sredstev stare in nove čistilne naprave prikazana v nadaljevanju (Tabela 21).

Tabela 21: Vrednost osnovnih sredstev stare in nove čistilne naprave za podjetje X

<b>Varianta s staro čistilno napravo</b>	<b>Vrednost (EUR)</b>
Likvidacijska (predpostavljena tržna) vrednost stare ČN v letu 5*	26.082,20
<b>Varianta z novo čistilno napravo</b>	<b>Vrednost (EUR)</b>
Nabavna vrednost nove ČN	182.380,00
Neodpisana (predpostavljena tržna) vrednost stare ČN v letu 0	130.410,00
Neodpisana (predpostavljena tržna) vrednost nove ČN v letu 5	91.190,00

\*Neodpisana vrednost znaša 0,00 EUR.

Vir: (Lastni izračuni).

V primeru nadaljnje uporabe stare čistilne naprave ni predvidenih novih investicijskih vlaganj (ni nobene investicije), pet let pozneje znaša njena neodpisana vrednost 0,00 EUR, njena likvidacijska (tržna) vrednost v letu 5 pa znaša 26.082,00 EUR. To pomeni, da v letu 0 znaša investicija 0,00 EUR, v letu 5 pa se poveča denarni tok za njeno likvidacijsko vrednost. Na podlagi teh podatkov (Tabela 21) in podatkov o stroških (Tabela 20) pridemo do neto sedanje vrednosti, predstavljene v nadaljevanju (Tabela 22).

Tabela 22: Neto sedanja vrednost pri nadaljnem delovanju stare čistilne naprave v podjetju X

LETO	Ekonomski tok (EUR) (a)	$\frac{1}{(1+r_k)^n}$ (b)	Neto sedanja vrednost (EUR) (a) · (b)
Leto 0	0,00	1,000	0,00
Leto 1	-67.725,33	0,962	-65.151,77
Leto 2	-67.725,33	0,925	-62.645,93
Leto 3	-67.725,33	0,889	-60.207,82
Leto 4	-67.725,33	0,855	-57.905,16
Leto 5	-41.643,33	0,822	-34.230,82
<b>NSV</b>			<b>-280.141,50</b>

Vir: (Lastni izračuni).

V primeru zamenjave z novo čistilno napravo prodamo staro v letu 0 po neodpisani (tržni) vrednosti 130.410,00 EUR<sup>80</sup>, prav tako v letu 0 kupimo novo napravo po nabavni vrednosti 182.380,00 EUR. To pomeni, da v letu 0 znaša neto investicija 51.970,00 EUR. V letu 5 znaša neodpisana vrednost nove čistilne naprave 91.190,00 EUR, za kolikor se v tem letu poveča denarni tok. Tako pridemo do neto sedanje vrednosti v primeru zamenjave stare z novo čistilno napravo (Tabela 23).

Tabela 23: Neto sedanja vrednost pri menjavi stare z novo čistilno napravo v podjetju X

LETO	Ekonomski tok (EUR) (a)	$\frac{1}{(1+r_k)^n}$ (b)	Neto sedanja vrednost (EUR) (a) · (b)
Leto 0	-51.970,00	1,000	-51.970,00
Leto 1	-54.907,80	0,962	-52.821,30
Leto 2	-54.907,80	0,925	-50.789,72
Leto 3	-54.907,80	0,889	-48.813,03
Leto 4	-54.907,80	0,855	-46.946,17
Leto 5	36.282,20	0,822	29.823,97
<b>NSV</b>			<b>-221.516,25</b>

Vir: (Lastni izračuni).

Ob primerjavi neto sedanjih vrednosti po obeh zgoraj predstavljenih variantah ugotovimo, da je neto sedanja vrednost pri zamenjavi stare z novo čistilno napravo večja oziroma je izračunana manjša negativna vrednost, kot pa bi bila v primeru še nadaljnjega delovanja stare čistilne naprave. S tega vidika ugotovimo, da je investicija v novo čistilno napravo ekonomsko upravičena.

Sedaj, ko smo ugotovili, da je z vidika neto sedanje vrednosti boljša varianta nakupa nove čistilne naprave, je treba ugotoviti, ali je zamenjava v zadostni meri upravičena (npr. z vidika zahtevane mere donosnosti kapitala ...).

V nadaljevanju bomo izvedli »tehnično analizo« variante z novo čistilno napravo. Upoštevali bomo razlike, in sicer med nabavo nove in prodajo stare (razlika investicije v

<sup>80</sup> S tehnološkega vidika predstavlja reverzna osmoza novejšo tehnologijo, ki se uspešno prodaja na trgu, vendar pa je v konkretnem primeru ta tehnologija neprimerna takšni sestavi izcedne odpadne vode, je pa zelo primerna za proizvodnjo procesnih voda, desalinizacijo itd.

letu 0). Obenem bomo na vsako leto, ko nimamo več stare čistilne naprave, gledali fiktivne prihranke, ki jih s tem ustvarimo (razliko stroškov, ki so tudi izdatki, med staro in novo napravo, ki predstavljajo donos – denarni tok). Na koncu bomo prodali novo napravo po neodpisani, predpostavljene tržni vrednosti. S tem bomo ugotavljali interno stopnjo donosnosti, prilagojeno interno stopnjo donosnosti in diskontirano dobo povračila investicije.

Na podlagi teh predpostavk ugotovimo, da znaša diskontirana doba povračila investicije 4,1 leta, interna stopnja donosnosti znaša 32,6 % in prilagojena interna stopnja donosnosti znaša 25,7 % (Tabela 24), kar presega zahtevano mero donosnosti kapitala<sup>81</sup>.

Tabela 24: Tehnična analiza neto sedanje vrednosti, interne stopnje donosnosti, prilagojene interne stopnje donosnosti in diskontirane dobe povračila investicije

LETO	Ekonomski tok (EUR) (a)	$\frac{1}{(1+r_k)^n}$ (b)	Neto sedanja vrednost (EUR) (a) · (b)
Leto 0	-51.970,00	1,000	-51.970,00
Leto 1	12.817,53	0,962	12.330,46
Leto 2	12.817,53	0,925	11.856,22
Leto 3	12.817,53	0,889	11.394,78
Leto 4	12.817,53	0,855	10.958,99
Leto 5	104.007,53	0,822	85.494,19
<b>NSV</b>			<b>80.064,64</b>
<b>DDPV</b>			<b>4,1 leta</b>
<b>ISD</b>			<b>32,6 %</b>
<b>PISD</b>			<b>25,7 %</b>

Vir: (Lastni izračuni).

## 5.6 Ugotovitve petega poglavja

Osnova za izvedbo predračunavanja je dobro poznavanje obstoječega in novega tehnološkega postopka čiščenja, s čimer lahko identificiramo potek in deležnike v posamezni fazi procesa. Mogoče je identificirati potroške oziroma stroške, ki so neposredno povezani s čiščenjem, in primerjalno ugotoviti, kateri stroški se s spremembo tehnologije ukinejo, kateri ostajajo in kateri se pojavijo na novo.

Za obstoječo napravo velja, da je locirana v posebni zgradbi. Nanjo je razporejen en zaposleni, ki je zanjo odgovoren. Njegova ključna naloga je, da skrbi za nemoten proces čiščenja in odpravljanja morebitnih napak. Proces čiščenja je avtomatiziran. Novi postopek čiščenja temelji na novi tehnologiji čiščenja, s čimer se spreminja posamična značilnost v procesu čiščenja (reverzna osmoza se zamenja z elektrokemijsko čistilno napravo). Kar zadeva sam delovni proces v podjetju oziroma organizacijo čiščenja izcedne odpadne vode, do bistvenih sprememb ne prihaja. S tega vidika v splošnih službah podjetja X do sprememb ne prihaja in s tem v povezavi tudi ne do sprememb pri

<sup>81</sup> Namen javnega podjetja ni ustvarjanje dobička, temveč zagotavljanje javnih dobrin, zato razlog za takšne rezultate pri donosnosti in povračilu investicije izhaja iz »tehnične analize«, ki upošteva »obrnjeno logiko« (namesto diskontiranja denarnih tokov diskontiramo prihranke pri stroških, ki so hkrati izdatki) in predvsem nizke cene investicije, saj je ponudnik čistilne naprave novo podjetje, ki izdeluje in trži čistilne naprave neposredno mimo marže prodajalca, prav tako si z namenom prodora na trg lahko ponudi nižjo ceno produkta, saj glavnino dodane vrednosti izdelka ustvari v lastni režiji.

upravno-prodajnih stroških. Ključni predmet proučevanja so bili proizvodjalni stroški, s čimer se je podjetju želelo najprej prikazati predvsem normativne potroške, iz katerih lahko pridobi koristne informacije o njihovi porabi in s tem povezanih stroških oziroma podatke glede učinkovitosti tehnologije. S preostalimi proizvodjalnimi stroški pa pridobi podatke o okoljskih stroških, stroških amortizacije, stroških vzdrževanja itd.

Za predračunavanje stroškov je bilo treba predhodno izvesti merjenje parametrov, določiti količine in emisije izcedne odpadne vode. Za izpust v javno kanalizacijo smo s praktičnimi meritvami ugotovili, da se izhodni parametri gibljejo pod maksimalno dovoljenimi vrednostmi, pri čemer smo slednje potrdili predhodno tudi skozi strokovne študije v tretjem poglavju. V nadaljevanju smo podrobneje predstavili le tiste parametre, ki definirajo okoljsko takso, torej okoljske stroške čiščenja. Na podlagi izbranih izhodnih parametrov smo ugotovili obremenjenost izcedne odpadne vode, ki se s stroškovnega vidika definira skozi EO. S tem smo postavili osnovo za nadaljnje izračune pri okoljskih stroških. Na podlagi tehničnih predračunov smo podali predračunano porabo prvin v tehnološkem procesu čiščenja, kar prav tako predstavlja osnovo za izračunavanje stroškov v nadaljevanju. Na podlagi potroškov je bilo mogoče izvesti predračunavanja stroškov in z ostalimi računovodskimi podatki (npr. višino investicije, stroški vzdrževanja ...) ugotoviti proizvodjalne stroške čiščenja. Ker smo predvidevali, da spremenljivi del stroška elektrike med spremenljivimi proizvodjalnimi stroški predstavlja najvišji delež, smo to podrobno preučili, pri čemer smo ugotovili, da ne predstavlja najvišjega deleža med neposrednimi stroški. S simulacijo dodajanja slanice smo želeli preveriti, ali bi bilo mogoče z nižjimi stroški elektrike znižati ceno čiščenja, pri čemer se je v konkretnem primeru izkazalo, da to ni mogoče. Ker so stroški stalni in spremenljivi, se njihova struktura z obsegom dejavnosti spreminja, zato smo poleg privzete tehnološke ocene o povprečni dnevni količini izcedne odpadne vode izvedli tudi gibljivo predračunavanje – simulacijo stroškov čiščenja ob različnih količinah izcedne odpadne vode. Z ugotovljenimi proizvodjalnimi stroški čiščenja smo primerjalno ugotovili višino in delež posameznih stroškov glede na celoto in tudi proizvodjalno ceno čiščenja, prav tako smo glede na predpostavljeno sodilo za delitev posrednih upravno-prodajnih stroškov določili lastno ceno čiščenja, ki sicer z vidika primerjalno zastavljene naloge ni relevantna (ne predstavlja odločujočih stroškov).

Ne glede na zastavljen namen in cilje naloge (ugotovitev stroškov delovanja čistilne naprave, strukturo in višino posamičnih proizvodjalnih stroškov ter njihov delež glede na vse proizvodjalne stroške) je bilo v nadaljevanju smiselno oceniti ekonomsko upravičenost investicijskega vlaganja, za kar smo uporabili dinamične metode za presojo investicije. Izkazalo se je, da je neto sedanja vrednost pri varianti nakupa nove in prodaje stare čistilne naprave večja od variante, po kateri stara čistilna naprava deluje še naprej. Z vidika »tehnične analize« sta interna stopnja donosnosti in prilagojena interna stopnja donosnosti večji od zahtevane mere donosnosti kapitala, prav tako je diskonirana doba povračila investicije krajša od življenjske dobe nove čistilne naprave, zato je investicija vanjo ekonomsko upravičena.

## 6 SKLEP

V pričujočem delu smo raziskali področje odpadnih voda, ki smo ga aplicirali na konkretni izcedni odpadni vodi v podjetju X. Identificirali smo konkreten problem, s katerim se soočajo pri čiščenju izcedne odpadne vode v podjetju, ki mu je treba ponuditi alternativo, ki bo okoljsko in stroškovno ovrednotena.

Za samo razumevanje ravnanja z odpadnimi vodami smo v začetku pojasnili, kako prihaja do onesnaženja voda oziroma kateri so njeni povzročitelji, kakšne so posledice onesnaževanja in kateri ukrepi se sprejemajo na institucionalni ravni, ki preprečujejo onesnaževanje voda. Ugotovili smo, da industrializacija, ekstenzivno kmetovanje, rudarjenje, skratka sodoben način življenja, povzroča in vnaša emisije v okolje, ki jih je potrebno ustrezno čistiti. Področje preprečevanja onesnaževanja iz naslova odpadnih voda je regulirano na evropski ravni in so ga dolžne države upoštevati na sami nacionalni ravni. Področje odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode urejajo zakonski in podzakonski predpisi na področju emisij pri odvajanju odpadnih voda ter podzakonski predpisi na področju javnih služb varstva okolja. Izpusti v okolje (v konkretnem primeru v javno čistilno napravo) morajo dosegati predpisane mejne vrednosti parametrov, kar se dosega z ustrezno čistilno tehnologijo.

Glede na tipologijo odpadne vode gre v preučevanem podjetju za izcedno odpadno vodo. Ta je na vrhu lestvice odpadnih voda glede na težavnost čiščenja, saj ima zelo kompleksno in spremenljivo vsebino, ki se tvori na odlagališču. Nastaja zaradi pronicanja deževnice skozi telo odlagališča, biokemičnih procesov v odpadkih in obstoječe vsebnosti vode v odpadkih. Težavnost čiščenja zahteva napredne tehnologije, med katere elektrokemijski postopek čiščenja vsekakor sodi oziroma spada med BAT.

BAT, ki jih je mogoče uporabljati pri čiščenju izcedne odpadne vode, so na ravni Evropske unije zajete v BREF dokumentu. Med njimi je predstavljen membranski način čiščenja kot tudi elektrokemijski način čiščenja izcedne odpadne vode. Na podlagi preučene membranske tehnologije čiščenja smo ugotovili, da mašenje filternih modulov dejansko predstavlja enega od ključnih problemov te tehnologije, čigar posledice so zastoji v procesu čiščenja, kot tudi dodatni stroški obratovanja. Nadalje smo preučili elektrokemijsko tehnologijo čiščenja, kjer smo ugotovili, da ta ne uporablja filternih modulov, temveč temelji na reakcijskih ploščah in je glede samih učinkov čiščenja ustrezna za čiščenje izcedne odpadne vode. Kot ustrezno metodo čiščenja jo potrjujejo BREF dokumenti. Tako se je prva trditev potrdila na osnovni splošno-teoretični ravni. V drugi fazi preučevanja se je potrdila na ravni preučitve študij primerov, ki obravnavajo elektrokemijsko čiščenje izcedne odpadne vode. Na ta način smo s strokovnega vidika podprli predpostavko, da elektrokemijska tehnologija čiščenja predstavlja uspešen način ravnanja z izcedno odpadno vodo. V končni fazi smo na ravni podjetja X potrdili, da to velja tudi za izcedno odpadno vodo v tem podjetju, in sicer s predstavljenimi izmerjenimi emisijami. Trditev smo potrdili na treh ravneh, in sicer na teoretični ravni, študijah primerov iz teorije in na ravni konkretnega podjetja X.

Z dokazano uspešnostjo elektrokemijskega čiščenja izcedne odpadne vode v preučevanem podjetju je s tem izpolnjen predpogoj za nakup nove tehnologije. Ker gre za moderno tehnologijo, ki vsekakor predstavlja dodano vrednost, se to odraža tudi v ceni tehnologije. Vsaka večja investicija potrebuje skrbno preučitev, kako se bo ta tehnologija

odražala v ekonomskem pomenu oziroma natančneje pri stroških čiščenja, ki jih povzroča, in kako se sklada z obstoječo organizacijsko strukturo podjetja, kar zadeva porazdelitev nalog in pristojnosti, ki lahko zopet predstavljajo dodatne stroške pri implementaciji te tehnologije. Na ravni podjetja se je izkazalo, da proces čiščenja ostaja avtomatiziran, da ne potrebuje dodatne delovne sile in da ne prinaša sprememb, ki bi vplivale na upravno-prodajne stroške. Preučevano podjetje je tako zahtevalo natančne tehnične podatke o delovanju naprave in delovanju vseh spremljajočih sistemov ter kako je mogoče koristiti proizvodne kapacitete predhodnega čistilnega procesa. Zaradi tega so bili predmet proučevanja proizvodni stroški.

Za potrjevanje druge predpostavke smo v začetni fazi teoretično opredelili stroške, ki predstavljajo vrednostno oziroma cenovno izražene potroške prvin poslovnega procesa. Najprej jih je bilo treba identificirati in jih na podlagi meritev in izračunov kvantificirati. Prav tako je bilo treba kvantificirati količine in emisije izcedne odpadne vode v okolje. Na podlagi slednjega smo ugotovili EO, ki so podlaga za izračun okoljskih dajatev. Na osnovi poznavanja značilnosti čistilnega procesa smo podali tehnične predračune potroškov čiščenja, kjer smo izračunali vse potroške, ki nastajajo pri čiščenju – tako ključni čistilni proces kot spremljajoče sisteme, ki delujejo ob njem. Izmerjene potroške smo cenovno opredelili, da smo zanje lahko izračunali stroške. Za izračun stroškovne cene smo na podlagi določene količine čiščenja izračunali operativne stalne in spremenljive stroške, in sicer okoljske stroške, stroške elektrike, stroške amortizacije, stroške vzdrževanja, stroške dela in stroške storitev transporta.

Pri razčlenitvi na stalne in spremenljive stroške smo ugotovili, da pri predpostavljenih količinah izcedne odpadne vode spremenljivi stroški železovih plošč in spremenljivi okoljski stroški presegajo spremenljive stroške elektrike (tudi celotni stroški elektrike s stalnim in spremenljivim delom ob predpostavljenih količinah čiščenja ne presežejo spremenljivih stroškov železovih plošč ali spremenljivih stroškov okolja). Drugo trditev smo zato morali zavreči. Zavračanje druge trditve je posredno nakazovala že simulacija dodajanja slanine v proces čiščenja, kjer smo na račun precejšnjega procentualnega zmanjševanja stroška elektrike povečevali stroške soli, a takšno ravnanje še vedno ni bilo stroškovno upravičeno, kar po eni strani nakazuje nizek cenovni izhodiščni položaj elektrike napram soli, po drugi strani pa s tehnološkega vidika pomeni, da pri elektrokemijskem načinu čiščenja izcedne odpadne vode drugi dejavniki povzročajo višje stroške (npr. železove plošče, ki se kot koagulant dodajajo v proces čiščenja). Ker smo izhajali iz predpostavljenih količin čiščenja, smo prav tako v nadaljevanju simulirali, kako se spremenijo stroški čiščenja  $m^3$  izcedne vode in predvsem kako se procentualno spremenijo razmerja med samimi stroški v primeru, da povečamo ali zmanjšamo količine čiščenja izcedne odpadne vode. Ponovno se je izkazalo, da je treba tudi ob spremenjenih količinah drugo trditev zavreči.

V nalogi smo tehnološko in stroškovno ovrednotili elektrokemijski način čiščenja na izcedni odpadni vodi. Prav tako smo z dinamičnimi metodami presojanja investicij izračunali ekonomsko upravičenost investicijskega vlaganja, pri čemer se je potrdilo, da je le-to upravičeno. Vse to predstavlja pomembne podatke za podjetje X kot tudi za ostala podjetja, ki prav tako razmišljajo o vlaganjih v okoljsko tehnologijo na področju izcedne odpadne vode. Ker pa so izcedne odpadne vode glede na svojo sestavo kompleksne in se po parametrih spreminjajo, bi bilo za boljšo reprezentativnost smiselno izvesti še več meritev (ki so sicer drage) in s tem še bolj podkrepiti ugotovitve v nalogi. V raziskavo bi bilo smiselno vključiti še več podjetij iste branže, s čimer bi prav tako dobili večjo

reprezentativnost rezultatov. Vsekakor pa študija primera za Slovenijo predstavlja pionirsko delo z vidika okoljskega in stroškovnega ovrednotenja elektrokemijskega postopka čiščenja na izcedni odpadni vodi in odpira možnosti nadaljnjega preučevanja te tematike.

## LITERATURA IN VIRI

1. Ahmed, F. N. & Christopher, Q. L. (2012). Treatment of landfill leachate using membrane bioreactors: A review. *Desalination*, 287 (2012), 41–54.
2. Akif Kabuk, H., İlhan, F., Avsar, Y., Kurt, U., Apaydin, O. & Gonulu, M. (2013). Investigation of Leachate Treatment with Electrocoagulation and Optimization by Response Surface Methodology. *Clean Soil Air Water*, 41 (9999), 1–7.
3. Amokrane, A., Comel, C. & Veron, J. (1997). Landfill leachates pretreatment by coagulation – flocculation. *Water Research*, 31 (11), 2775–2782.
4. ARSO. (2013a). *Sklep o določitvi zneska za enoto obremenitve voda*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Agencija Republike Slovenije za okolje: [http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje\\_voda/uploads/datoteke/Taksa\\_cena.pdf](http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_voda/uploads/datoteke/Taksa_cena.pdf).
5. ARSO. (2013b). *Uvajanje sistemov za ravnanje z okoljem*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Agencija Republike Slovenije za okolje: [http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind\\_id=525](http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=525).
6. ARSO. (2016a). *Kaj pomeni EMAS*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Agencija Republike Slovenije za okolje: <http://www.arso.gov.si/o%20agenciji-okoljski%20znaki/EMAS/EMAS.html>.
7. ARSO. (2016b). Navodila za izdelavo poročila o obratovalnem monitoringu odpadnih vod iz industrijskih naprav. Pridobljeno 15. november 2016 iz: [http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje\\_voda/uploads/datoteke/Navodila\\_OM\\_in\\_d\\_2016.pdf](http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_voda/uploads/datoteke/Navodila_OM_in_d_2016.pdf).
8. ARSO. (2017). Seznam organizacij, vključenin v system EMAS. Pridobljeno 26. marec 2017 iz: Agencija Republike Slovenije za okolje <http://www.arso.gov.si/o%20agenciji-okoljski%20znaki/EMAS/>.
9. BCC Research. 2016. *Water and Wastewater Treatment Technologies: Global Markets*. Pridobljeno 15. november 2016 iz BBC Research: <http://www.bccresearch.com/market-research/environment/water-wastewater-treatment-markets-report-env008d.html>.
10. Berk, A., Lončarski, I. & Zajc, P. (2002). *Vodnik po predmetu poslovne finance*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
11. Bo, Z., Ziming, Y., Qiuping, W., HangYu, L., Youneng, X. & Yijia, W. (2016). Electrochemical oxidation of biological pretreated and membrane separated landfill leachate concentrates on boron doped diamond anode. *Applied Surface Science*, 377 (2016), 406–415.
12. Brigham, E., F. & Houston, F. J. (2015). *Fundamentals of Financial Management - 8 Edition*. Cengage Learning: Mason.
13. Calli, B., Mertoglu, B. & Inanc, B. 2005. Landfill leachate management in Istanbul: applications and alternatives. *Chemosphere*, 59 (6), 819–829.
14. Cecen, F. & Gursoy, G. (2000). Characterization of landfill leachates and studies on heavy metal removal. *Journal of Environmental Monitoring*, 2 (7), 436–442.
15. Chaturvedi, S. I. (2013). Electrocoagulation: A Novel Waste Water Treatment Method. *International Journal of Modern Engineering Research*, 3 (1), 93–100.
16. Chumeng, W. (2016). Electro-oxidation promising for landfill leachate ammonium removal. Pridobljeno 15. november 2016 iz Xogen: [https://xogen.c-a/-wp-content/uploads/2016/04/Xogen-RePrint\\_Treating-Landfill-Leachate-.pdf](https://xogen.c-a/-wp-content/uploads/2016/04/Xogen-RePrint_Treating-Landfill-Leachate-.pdf).
17. Cheung, K.C., Chu, L. M. & Wong, M. H. (1997). Ammonia stripping as a pretreatment for landfill leachate. *Water Air Soil Pollution*, 94 (1-2), 209–221.



18. Chopra, A. K., Sharma, A. K. & Vinod, K. (2011). Overview of Electrolytic treatment: An alternative technology for purification of wastewater. *Archives of Applied Science Research*, 3 (5), 191–206.
19. Common, M. & Stagl, S. (2009). *Ecological economics: an introduction*. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
20. Correlje, A., Francois D & Verbeke T. (2007). Integrating water management and principles of policy: towards an EU framework? *Journal of Cleaner Production*, 15 (2007), 1499–1506.
21. Dang, V.B.H., Doan, H.D., Dang–Vu, T. & Lohi, A. (2009). Equilibrium and kinetics of biosorption of cadmium(II) and copper(II) ions by wheat straw. *Bioresour Technol*, 100 (2009), 211–219.
22. Del Moro, G., L. Prieto-Rodríguez, L., De Sanctis, M., Di Iaconi, C., Malato, S. & Mascolo, G. (2016). Landfill leachate treatment: Comparison of standalone electrochemical degradation and combined with a novel biofilter. *Chemical Engineering Journal*, 288 (15), 87–98.
23. Diamadopolos, E. 1994. Characterization and treatment of recirculation stabilized leachate. *Water Research*, 28 (12), 2439–2445.
24. Diwen, Y., Juan P., Xinyan, X., Kan, L., Yalin, W. & Jinping, J. (2012). Treatment of mature landfill leachate by internal micro-electrolysis integrated with coagulation: A comparative study on a novel sequencing batch reactor based on zero valent iron. *Journal of Hazardous Materials*, 229/230 (2012), 426–433.
25. Djokić, D. (2016). *IPPC direktiva v Republiki Sloveniji*. Pridobljeno 15. november 2016 iz IBS Ljubljana: <http://porocevalec.ibs.si/en/component/content/article/44-letnik-2-t-1/147-dr-danila-djoki-ippc-direktiva-v-republiki-sloveniji>.
26. Dobnikar Tehovnik, M. (2008). *Kakovost voda v Sloveniji*. Ljubljana: Agencija Republike Slovenije za okolje.
27. EAO. (2015a). *Evropsko okolje: stanje in napovedi 2015*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Evropska agencija za okolje: [http://zagovorniki-okolja.si/download/varstvo\\_okolja/SOER-Synthesis2015-SL-final-web-TH0115001SLN.pdf](http://zagovorniki-okolja.si/download/varstvo_okolja/SOER-Synthesis2015-SL-final-web-TH0115001SLN.pdf).
28. EAO. (2015b). *Urban waste water treatment*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Evropska agencija za okolje: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/urban-waste-water-treatment/urban-waste-water-treatment-assessment-3>.
29. EAO. (2016). *European environmental agency official site*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Evropska agencija za okolje: <http://www.eea.europa.eu>.
30. EIPPCB. (2003). *Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Evropski IPPC urad: [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cww\\_bref\\_0203.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cww_bref_0203.pdf).
31. EIPPCB. (2014). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Evropski IPPC urad: [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/CWW\\_Final\\_Draft\\_07\\_2014.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/CWW_Final_Draft_07_2014.pdf).
32. EIPPCB. (2016). *Reference documents under the IPPC Directive and the IED*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Evropski IPPC urad: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>.

33. Evropski parlament. (1999). *Cardiff European Council 15 and 16 June 1998, Presidency conclusions*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Evropski Parlament: [http://www.europarl.europa.eu/summits/car1\\_en.htm](http://www.europarl.europa.eu/summits/car1_en.htm).
34. Evropski parlament. (2008). *Direktiva evropskega parlamenta in sveta o celovitem preprečevanju in nadzorovanju onesnaževanja*. (2008). Pridobljeno 15. november 2016 iz Evropski Parlament: <http://register.consilium.europa.eu/doc/srv?l=SL&f=ST%203652%202007%20REV%202>.
35. Evropski parlament. (2016). *Evropska okoljska politika: splošna načela in osnovni okvir*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Evropski Parlament: [http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/sl/FTU\\_5.4.1.pdf](http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/sl/FTU_5.4.1.pdf).
36. Evropska komisija. (2015). *The IPPC Directive*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Evropska komisija: <http://ec.europa.eu/environment/archives/air/stationary/-ippc/summary.htm>.
37. Evropska komisija. (2016). *Introduction to the new EU Water Framework Directive*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Evropska komisija: [http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/info/intro\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/info/intro_en.htm).
38. Europedia. (2011). *Access to European Union: law, economics, policies*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Europedia: [http://europedia.moussis.eu/books/Book\\_2/5/](http://europedia.moussis.eu/books/Book_2/5/).
39. Fatur, T., Hočevnar-Grom, A. & Perharič, L. (2006). Genotoksičnost pesticidov, vključenih v spremljanje stanja pitne vode v Sloveniji. *Zdravstveno varstvo*, 45 (4), 186–190.
40. Ghernaout D., Ghernaout B., Sabia A. & Kellil A. (2009). Removal of humic acids by continuous electromagnetic treatment followed by electrocoagulation in batch using aluminium electrodes. *Desalination*, 239 (1-3), 295–308.
41. Gospodarska zbornica Slovenije. 2017. Podjetja z okoljskimi priznanji. Pridobljeno 22. april 2017 iz Gospodarska zbornica Slovenija: [http://katalogi.gzs.si/iskanje\\_pregled\\_po\\_sifrah\\_katalog.asp?kat=032&pon=001](http://katalogi.gzs.si/iskanje_pregled_po_sifrah_katalog.asp?kat=032&pon=001).
42. Hočevnar, B. (2016). *Krepak skok izdatkov za varstvo okolja*. Pridobljeno 21. november 2016 iz Finance: <http://oe.finance.si/8851493/Krepak-skok-izdatkov-za-varstvo-okolja?cookietime=1479736428>.
43. Hočevnar, M., Čadež, S. & Novak, A. (2012). *Poslovodno računovodstvo*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
44. Ilhan, F., Apaydın, Ö., Kurt, U., Arslankaya, E. & Gönüllü, M.T. (2007). "Treatment of Leachate by Electrocoagulation and Electrooxidation Processes", *Third International Conference on Environmental Science and Technology (ICEST), August. 6-9, 2007, Houston—Texas, USA*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Yildiz Technical University: [http://www.yildiz.edu.tr/~filhan/Leachate\\_Electrocoagulation\\_Electrooxidation.pdf](http://www.yildiz.edu.tr/~filhan/Leachate_Electrocoagulation_Electrooxidation.pdf).
45. Jamnik, B., Janža M., Smrekar, A., Breg Valjavec, M., Cerar, S., Cosma, C., Hribernik, K., Krivic, M., Meglič, P., Pestotnik, S., Piepenbrink, M., Podboj, M., Polajnar Horvat, K., Prestor, J., Schuth, C., Šinigoj, J., Šram, D., Urbanc, J. & Žibret, G. (2014). *Skrb za pitno vodo*. Ljubljana: Založba ZRC.
46. Jin-Song, G., Abdulhussain Abbasa, A., You-Peng, C., Zhi-Ping, L., Fang, F. & Peng, C. (2010). Treatment of landfill leachate using a combined stripping, Fenton, SBR, and coagulation process. *Journal of Hazardous Materials*, 178 (2010), 699–705.
47. Kargi, F. & Pamukoglu, M.Y. (2004). Absorbent supplemented biological treatment of pretreated landfill leachate by fed-batch operation. *Bioresource technology*, 94 (10), 285–291.

48. Kavčič, S., Klojučar Mirovič, M. & Vidic, D. (2007). *Poslovodno računovodstvo*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
49. Kirn, A (2003). Ekološka/okoljska zavest Slovencev na pragu tretjega tisočletja. *Teorija in praksa*. 40 (1), 17–36.
50. Kobyas, M., Demirbas E, Dedeli A. & Sensoy M. T. (2010). Treatment of rinse water from zinc phosphate coating by batch and continuous electrocoagulation processes. *Journal of Hazardous Materials*, 173 (1-3), 326–334.
51. Koletnik, F. (2007). *Računovodstvo za notranje uporabnike informacij*. Ljubljana: Zveza računovodij, finančnikov in revizorjev Slovenije.
52. Koller, T., Goedhart, M. in Wessels, D. McKinsley & Company. (2010). *Valuation. Measuring and Managing the Value of Companies, 5th Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
53. Korošec, B. (2004). *Računovodstvo za managerje in podjetnike*. Maribor: Ekonomsko-poslovna fakulteta.
54. Koželj, S. (2012). *Poslovodno računovodstvo*. Celje: Fakulteta za komercialne in poslovne vede.
55. Lobnik, A., Bauman, M., Pobrežnik, B., Petrinić, I., Kokalj, F & Samec. N. (2010). Advanced technologies in landfill leachate management. Pridobljeno 15. november 2016 iz Global Waste Management Symposium: <http://www.wastesymposium.com/gws2010/Secured/SecuredContent.aspx?ID=1016237>.
56. Lozej, M. (2012). *Amortiziranje osnovnih sredstev gospodarske javne infrastrukture pri občinah in najemnine pri javnih podjetjih*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Im Veritas: <https://www.im-veritas.si>.
57. Lutar Skerbinjek, A. (1995). Vplivi pomembnejših vrst stroškov na prodajno ceno. *Organizacija: revija za management, informatiko in kadre*, 28 (6), 363–372.
58. Lutar Skerbinjek, A. (1996). Značilnosti kalkulacij glede na Slovenske računovodske standarde in možnost uveljavljanja sodobnih pristopov na področju stroškov. *Zbornik referatov 11. posvetovanja društva računovodskih in finančnih delavcev Maribor* (str. 67–80). Maribor: Društvo računovodskih in finančnih delavcev.
59. Mednarodna organizacija za standardizacijo (2015). Raziskava ISO 2015. Pridobljeno 15. november 2016 iz Mednarodne organizacije za standardizacijo: <https://www.iso.org/the-iso-survey.html>.
60. Mihelič, M. (2003). *Analiziranje kot eno od informacijskih orodij ukrepanja (poslovodnih) ravnateljev*. Zveza ekonomistov Slovenije: Ljubljana.
61. Mihelčič, M. (2009). *Ekonomika poslovanja za inženirje*. Ljubljana: Fakulteta za računalništvo in informatiko.
62. MOP. (2016a). *Načrt upravljanja voda*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Ministrstvo za okolje: [http://www.mop.gov.si/si/delovna\\_podrocja/voda/nacrt\\_upravljanja\\_voda/#c18222](http://www.mop.gov.si/si/delovna_podrocja/voda/nacrt_upravljanja_voda/#c18222).
63. MOP. (2016b). *Odvajanje in čiščenje komunalne odpadne in padavinske vode*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Ministrstvo za okolje: [http://www.mop.gov.si/si/delovna\\_podrocja/voda/odvajanje\\_in\\_ciscenje\\_komunalne\\_odpadne\\_in\\_padavinske\\_vode/](http://www.mop.gov.si/si/delovna_podrocja/voda/odvajanje_in_ciscenje_komunalne_odpadne_in_padavinske_vode/).
64. MOP. (2016c). *Voda*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Ministrstvo za okolje: [http://www.mop.gov.si/si/delovna\\_podrocja/voda/](http://www.mop.gov.si/si/delovna_podrocja/voda/).
65. Ochando-Pulido, J.M., Hodaifa G., Victor-Ortega, M. D. & Martinez-Ferez, A. (2013). Performance Modeling and Cost Analysis of a Pilot-Scale Reverse

- Osmosis Process for the Final Purification of Olive Mill Wastewater. *Membranes*, 3 (2013), 285–297.
66. Opinio. (2016). Glavni parametri odpadnih voda. Pridobljeno 15. november 2016 iz Opinio: <http://www.opinio.si/vprasanja-odgovori/cistilne-naprave/31-glavni-parametri-odpadnih-vod>.
  67. Ozturk, I., Altinbas, M., Koyunc, I., Arıkan, O. & Gomec-Yangin, C. (2003). Advanced physico-chemical treatment experiences on young municipal landfill leachates. *Waste Management & Research*, 23 (5), 441–446.
  68. Ozyonar, F. & Karagozogu, B. (2011). Operating Cost Analysis and Treatment of Domestic Wastewater by Electrocoagulation Using Aluminium Electrodes. *Polish Journal of Environment Studies*, 20 (1), 173–179.
  69. Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda ter o pogojih za njegovo izvajanje. (2011). *Uradni list RS*, 54/2011.
  70. PSR. (2016). Pravila skrbnega računovodenja 2016. Pridobljeno 12. december 2016 iz Slovenski inštitut za revizijo: <http://www.si-revizija.si/sites/default/files/standardi/psr-2016.pdf>.
  71. Pučko, D & Rozman R. (2000). *Ekonomika podjetja*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
  72. Rebernik, M. (2008). *Ekonomika podjetja. 5. dopolnjena izdaja*. Ljubljana: GV Založba.
  73. Rebernik, M., Močnik, D. & Bradač Hojnik, B. (2015). *Slovenska podjetja in okoljski vidiki poslovanja*. Maribor: Ekonomsko-poslovna Fakulteta.
  74. Ricordel, C., Darchen A. & Hadjiev, D. (2010). Electrocoagulation–electroflotation as a surface water treatment for industrial uses. *Separation and Purification Technology*, 74 (3), 342–347.
  75. Roš, M. (2005). *Sodobni postopki čiščenja odpadnih vod*. Celje: Fit media.
  76. Samir Naje, A. (2013). Combination of Electrocoagulation and Electro-Oxidation Processes of Textile Wastewaters Treatment. *Civil and environmental research*, 3 (13), 61–73.
  77. Sharma, S. K. & Sanghi, R. (2012). *Advances in Water Treatment and Pollution Prevention*. New York: Springer.
  78. Smodej, V. (2011). *Ekonomika podjetja in podjetništvo*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport: [http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/vs/Gradiva\\_ESS/Impletum/IMPLETUM\\_343VARSTVO\\_Ekonomika\\_Smodej.pdf](http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/vs/Gradiva_ESS/Impletum/IMPLETUM_343VARSTVO_Ekonomika_Smodej.pdf).
  79. Slabe Erker, R. (2005). Razvoj okoljskih dejavnosti v Sloveniji. *IB revija*, 39 (4), 36–47.
  80. Slovenski inštitut za kakovost in meroslovje. (2015a). *EMAS*. Pridobljeno 15. november 2016 iz: [http://www.siq.si/ocenjevanje\\_sistemov\\_vodenja/storitve/emas/index.html](http://www.siq.si/ocenjevanje_sistemov_vodenja/storitve/emas/index.html).
  81. Slovenski inštitut za kakovost in meroslovje. (2015b). *Nova izdaja standarda 14001:2015*. Pridobljeno 15. november 2016 iz: [http://www.siq.si/ocenjevanje\\_sistemov\\_vodenja/aktualno/nova\\_izdaja\\_standarda\\_iso\\_14001/index.html](http://www.siq.si/ocenjevanje_sistemov_vodenja/aktualno/nova_izdaja_standarda_iso_14001/index.html).
  82. Slovenski inštitut za kakovost in meroslovje. (2015c). *ISO 14001 Sistemi ravnanja z okoljem*. Pridobljeno 15. november 2016 iz: [http://www.siq.si/ocenjevanje\\_sistemov\\_vodenja/storitve/sistemi\\_ravnanja\\_z\\_okoljem/index.html](http://www.siq.si/ocenjevanje_sistemov_vodenja/storitve/sistemi_ravnanja_z_okoljem/index.html).
  83. SRS. (2016). Slovenski računovodski standardi (2016). *Uradni list RS*, 95/2015.
  84. SURS. (2013). *Voda – od izvira do izpusta*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Statistični urad: <http://www.stat.si/doc/pub/vodaodizviradoizpusta.pdf>.

85. SURS. (2016a). *Odpadna voda v industriji po mestu izpusta*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Statistični urad Republike Slovenije: [http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/viewplus.asp?ma=H009S&ti=&path=../Database/Hitre\\_Repozitorij/&lang=2](http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/viewplus.asp?ma=H009S&ti=&path=../Database/Hitre_Repozitorij/&lang=2).
86. SURS. (2016b). *Skupna proizvodnja okoljevarstvenih storitev v 2014 višja za 14,1 % glede na prejšnje leto*. Pridobljeno 21. november 2016 iz Statistični urad Republike Slovenije: <http://www.stat.si/StatWeb/prikazi-novico?id=6327&-idp=13&headerbar=11>.
87. Tang, C., Yi, Y., Yang, Z. & Sun J. (2016). Risk analysis of emergent water pollution accidents based on a Bayesian Network. *Journal of Environmental Management*, 165 (2016), 199–205.
88. Tatsi, A., Zouboulis, A. I., Matis K. A. & Samaras P. (2003). Coagulation-flocculation pretreatment of sanitary landfill leachates. *Chemosphere*, 53 (7), 737–744.
89. Testa, F. Rizzi, F., Daddi, T., Gusmerotti, M. N, Frey, M. & Iraldo, F. (2014). EMAS and ISO 14001: the differences in effectively improving environmental performance. *Journal of Cleaner Production*, 68 (2014), 165–173.
90. Turk, I., Kavčič, S. & Kokotec-Novak, M. (2001). *Poslovodno računovodstvo*. Ljubljana: Slovenski inštitut za revizijo.
91. Turk, I., Kavčič, S. & Koželj, Ž. (2003). *Stroškovno računovodstvo*. Ljubljana: Slovenski inštitut za revizijo.
92. Turk, I. (2016). *Pojmovnik*. Zveza računovodij, finančnikov in revizorjev Slovenije. 2016. Pridobljeno 15. november 2016 iz: <http://www.zvezarfr.si/-pripomocki/slovar>.
93. Uredba o emisiji snovi pri odvajanju izcedne vode iz odlagališč odpadkov. (2008). *Uradni list RS, št. 62/2008*.
94. Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo. (2012). *Uradni list RS, 47/05, 45/07, 79/09 in 64/12*.
95. Uredba o enotni metodologiji za pripravo in obravnavo investicijske dokumentacije na področju javnih financ. (2012). *Uradni list RS, 80-3131/2012*.
96. Uredba o metodologiji za oblikovanje cen storitev obveznih občinskih gospodarskih javnih služb varstva okolja. (2012). *Uradni list RS, 87/2012*.
97. Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda. (2012). *Uradni list RS, 80-3131/2012*.
98. Ustava Republike Slovenije. (2013). *Uradni list RS, št. 33/91-I, 42/97 – UZS68, 66/00 – UZ80, 24/03 – UZ3a, 47, 68, 69/04 – UZ14, 69/04 – UZ43, 69/04 – UZ50, 68/06 – UZ121,140,143, 47/13 – UZ148, 47/13 – UZ90,97,99 in 75/16 – UZ70a*.
99. Urtiaga, A., Rueda, A., Anglada & A., Ortiz, I. (2009). Integrated treatment of landfill leachates including electrooxidation at pilot plant scale. *Journal of Hazardous Materials*, 166 (2009), 1530–1534.
100. Water environment federation. (2008). *Industrial Wastewater Management, Treatment, and Disposal, 3rd Edition*. Alexandria: Wef Press.
101. Weiqian, Z., Weiqiang, W. & Shoubing, W. (2014). Environmental performance evaluation of implementing EMS (ISO 14001) in the coating industry: case study of a Shanghai coating firm. *Journal of Cleaner Production*, 64 (2014), 205–217.
102. Wfk raziskovalni inštitut za čistilne tehnologije. (2015). *Trajnostni razvoj v komercialnih procesih pranja tekstilij. Ravnanje z odpadno vodo – Membranska filtracija*. Pridobljeno 15. September 2015 iz Laundry and sustainability: [http://www.laundry-sustainability.eu/si/Module\\_1-5c\\_Filtracijska\\_tehnologija.pdf](http://www.laundry-sustainability.eu/si/Module_1-5c_Filtracijska_tehnologija.pdf).

103. Wikipedia. (2016a). *Evtrofikacija*. Pridobljeno 15. november 2016 iz Wikipedia: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Evtrofikacija>.
104. Wikipedia. (2016b). *Kelati*. Pridobljeno 15. november 2016 iz <https://en.wikipedia.org/wiki/Chelation>.
105. Woisetschläger, D., Humpl, B., Koncar, M. & Siebenhofer, M. (2013). Electrochemical oxidation of wastewater - opportunities and drawbacks. *Water Science Technology*, 68 (5), 1173–1179.
106. Xu, Z., Jiuhui, Q., Huijuan, L., Chunxia, W., Shuhu, X., Ruiping, L., Pengju, L., Huachun, L. & Chengzhi, H. (2010). Photoelectrochemical treatment of landfill leachate in a continuous flow reactor. *Bioresource Technology*, 101 (2010), 865–869.
107. Zaman, M., Hočevár, M. & Igličar, A. (2007). *Temelji računovodstva*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
108. Zakon o varstvu okolja – ZVO-1. (2015). *Uradni list RS*, 39/06, 70/08, 108/09, 48/12, 57/12, 92/13 in 56/15.
109. Zakon o vodah – ZV. (2015). *Uradni list RS*, 67/02, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14 in 56/15.

## **PRILOGE**

PRILOGA 1: MEJNE VREDNOSTI PARAMETROV IZCEDNE VODE IZ ODLAGALIŠČ ZA INERTNE, NENEVARNE IN NEVARNE ODPADKE IN IZ NAPRAV ZA RAVNANJE Z RUDARSKIMI ODPADKI .....	2
PRILOGA 2: UPORABLJENE MERILNE METODE ZA DOLOČANJE PARAMETROV V PODJETJU X.....	3
PRILOGA 3: IZMERJENE POVPREČNE IZHODNE VREDNOSTI PARAMETROV V IZCEDNI ODPADNI VODI ZA PODJETJE X.....	4

## Priloga 1: Mejne vrednosti parametrov izcedne vode iz odlagališč za inertne, nenevarne in nevarne odpadke in iz naprav za ravnanje z rudarskimi odpadki

Parameter odpadne vode	Izražen kot	Enota	Odvajanje neposredno in posredno v vode**	Odvajanje v javno kanalizacijo**
<b>1. Splošni parametri</b>				
Temperatura		°C	30	40
pH-vrednost			6,5-9,5	6,5-9,5
Neraztopljene snovi		mg/L	60	(a)
Usedljive snovi		ml/L	0,5	10
<b>2. Biološki parametri</b>				
Biološka razgradljivost		%	-	50 (b)
Strupenost za vodne bolhe	SD		4	-
<b>3. Anorganski parametri</b>				
Celotni krom *	Cr	mg/L	0,5	0,5
Baker *	Cu	mg/L	0,5	0,5
Nikelj *	Ni	mg/L	0,5	0,5
Svinec *	Pb	mg/L	0,5	0,5
Živo srebro *	Hg	mg/L	0,01	0,01
Kadmij *	Cd	mg/L	0,1	0,1
Cink *	Zn	mg/L	2,0	2,0
Klorid	Cl	mg/L	(c)	-
Amonijev dušik *	N	mg/L	50	(d)
Nitratni dušik *	N	mg/L	(e)	-
Sulfid	S	mg/L	0,5	2,0
Celotni dušik	N	mg/L	(h)	-
Celotni fosfor	P	mg/L	2,0	-
			1,0 (i)	
<b>4. Organski parametri</b>				
KPK	O <sub>2</sub>	mg/L	200 300 (f)	-
BPK5	O <sub>2</sub>	mg/L	20 30 (f)	-
Celotni ogljikovodiki (mineralna olja)*		mg/L	10	20
BTX (g)*		mg/L	0,1	0,5
AOX *	Cl	mg/L	0,5	-

\*Oznake pri posameznih parametrih, ki veljajo za nevarne snovi.

\*\*Oznake v preglednici pomenijo: (a) mejna koncentracija neraztopljenih snovi v izcedni vodi se določi v okoljevarstvenem dovoljenju na podlagi mnenja upravljavca javne kanalizacije in komunalne ali skupne čistilne naprave; (b) mejna vrednost za biološko razgradljivost se uporablja za izcedne vode, katerih parameter KPK presega vrednost 300mg/L, lahko pa se določi nižja stopnja biološke razgradljivosti na način, ki je za biološko razgradljivost pri odvajanju odpadne vode v javno kanalizacijo določen v predpisu, ki ureja emisijo snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo; (c) mejna koncentracija kloridov v izcedni vodi je določena posredno s strupenostjo za vodne bolhe; (d) mejna vrednost amonijevega dušika za izcedno vodo, ki se odvaja v kanalizacijo s komunalno ali skupno čistilno napravo z zmogljivostjo manjšo od 2.000 PE, je 100 mg/L, za to, ki se odvaja v kanalizacijo s komunalno ali skupno čistilno napravo z zmogljivostjo enako ali večjo od 2.000 PE, je mejna vrednost 200 mg/L, sicer pa se lahko določi višja mejna vrednost na način, ki je za amonijev dušik pri odvajanju odpadne vode v javno kanalizacijo določen v predpisu, ki ureja emisijo snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo; (e) mejna vrednost nitratnega dušika se izračuna kot mejna vrednost za neposredno odvajanje industrijske odpadne vode v skladu s predpisom, ki ureja emisijo snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo; (f) velja za obstoječe zaprto odlagališče in za obstoječe obratujoče odlagališče ali obstoječe odlagališče v zapiranju ter za ta obstoječa odlagališča, ko bodo zaprta. Velja tudi za obstoječo zaprto napravo za ravnanje z rudarskimi odpadki in za obstoječo obratujočo napravo ali obstoječo napravo v zapiranju ter za te obstoječe naprave za ravnanje z rudarskimi odpadki, ko bodo zaprte; (g) BTX so vsota benzena, toluena, etilbenzena in ksilena, pri čemer se za vsako posamezno spojino posebej izvajajo meritve in določajo letne količine nevarne snovi. Pri ksileni se upošteva orto, meta in para izomere; (h) mejna vrednost se določi kot vsota mejne vrednosti amonijevega dušika in mejne vrednosti amonijevega dušika, izražene kot N; (i) se uporablja na občutljivih območjih, določenih v skladu s predpisom, ki ureja emisijo snovi pri odvajanju odpadne vode iz komunalnih čistilnih naprav.

Vir: (Uredba o emisiji snovi pri odvajanju izcedne vode iz odlagališč odpadkov).



## Priloga 2: Uporabljene merilne metode za določanje parametrov v podjetju X

Št. merilne metode	Parameter	Meja zaznavnosti (LOD – limit of detection)**	Meja določljivosti (LOQ – limit of quantitation)***	Merilna metoda****
1	Temperatura (°C)			DIN 38404-C4-2:1976
2	pH			ISO 10523:2008
3	Nerazt. sn. (mg/L)	1,0	2,0	SIST ISO 11923:1998 modificiran
4	Used. sn. (ml/L)	0,05	0,1	DIN 38409-H9-2 :1980
38	KPK (mg/L)	4	10	ISO 15705:2002
39	BPK <sub>5</sub> (mg/L)	1,0	4,0	ISO 5815-1:2003
6	Strupenost	0,002	0,01	SIST EN ISO 6341:2013
11	Cu * (mg/L)	0,002	0,01	SIST EN ISO 17294-2:2005
14	Cd * (mg/L)	0,0001	0,001	SIST EN ISO 17294-2:2005
18	Cr <sub>VI</sub> * (mg/L)	0,002	0,01	SIST EN ISO 17294-2:2005
19	Ni * (mg/L)	0,002	0,01	SIST EN ISO 17294-2:2005
21	Pb * (mg/L)	0,001	0,01	SIST EN ISO 17294-2:2005
23	Hg * (mg/L)	0,0002	0,001	SIST EN ISO 12846:2012
43	AOX * (mg/L)	0,01	0,02	SIST EN ISO 9562, 2005, razen poglavij 9.3.3., 9.3.4.
33	Celotni fosfor (mg/L)	0,04	0,08	SIST EN ISO 6878:2004 poglavje 7, modificirano
60	Celotni dušik (mg/L)	1,0	2,0	SIST EN 25663:1996, SIST EN ISO 10304-1:2009
26	Amonijev dušik (mg/L)	1,0	2,0	SIST ISO 5664:1996
28	Nitratni dušik (mg/L)	0,25	0,5	SIST EN ISO 10304-1:2009
27	Nitritni dušik * (mg/L)	0,06	0,12	SIST EN ISO 10304-1:2009
7	Biološka razgradljivost (%)		10,0	SIST EN ISO 9888:2000
13	Cink (mg/L Zn)	0,01	0,1	SIST EN ISO 17294-2:2005
17	Celotni krom (mg/L Cr)	0,003	0,01	SIST EN ISO 17294-2:2005
29	Celotni cianid (mg/L CN)	0,00015	0,004	ISO 6703-1:1984
32	Klorid (mg/L Cl)	1,0	2,0	SIST EN ISO 10304-1:2009
34	Sulfat (mg/L SO <sub>4</sub> )	1,0	2,0	SIST EN ISO 10304-1:2009
35	Sulfid (mg/L S)	0,01	0,02	SIST ISO 10530:1996
41	Celotni ogljikovodiki (mg/L)	0,1	0,2	SIST EN ISO 9377-2; 2001
42	Lahkohlapni aromatski ogljikovodiki (BTX) (mg/L)	0,001	0,005	SIST EN ISO 15680:2004
47	Tenzidi-vsota (mg/L)	0,25	0,4	SIST ISO 7875-2:1996, SIST ISO 7875-1:1997/ACI:200
61	Dušik-Kjeldahl (mg/L N)	1,0	2,0	SIST EN 25663:1996
183	Etilbenzen (mg/L)	0,001	0,005	SIST EN ISO 15680:2004
200	Količina odpadne vode (m <sup>3</sup> )			ISO 15769: 2010, modificiran
420	Benzen (mg/L)	0,001	0,005	SIST EN ISO 15680:2004
421	Toluen (mg/L)	0,001	0,005	SIST EN ISO 15680:2004
422	Ksileni (vsota -o,-m,-p) (mg/L)	0,001	0,005	SIST EN ISO 15680:2004
470	Tenzidi-anionski (mg/L MBAS)	0,05	0,1	SIST ISO 7875-1:1997/ACI:2004
471	Tenzidi-neionski (mg/L)	0,2	0,4	SIST ISO 7875-2:1996

\*Oznake pri posameznih parametrih, ki veljajo za nevarne snovi.

\*\*Meja zaznavnosti (detekcije) je definirana kot najnižja koncentracija analizirane komponente, ki jo lahko določimo v vzorcu. Mejo zaznavnosti lahko določimo kot količnik iz trikratnega standardnega odmika slepe raztopine in občutljivosti instrumenta (Zavod za tehnično izobraževanje in Slovensko kemijsko društvo, 2001).

\*\*\*Meja določljivosti je definirana kot najnižja koncentracija merjenega analiza, ki jo še lahko določimo s spremljivo natančnostjo in točnostjo. Mejo določljivosti lahko določimo kot količnik iz desetkratnega standardnega odmika slepe raztopine in občutljivosti instrumenta (Zavod za tehnično izobraževanje in Slovensko kemijsko društvo, 2001).

\*\*\*\*Merilne metode so določene v 2. Prilogi Pravilnika o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda. Možno je uporabljati tudi druge metode, ki so skladne s 17. členom tega pravilnika. Merjenje poteka na podlagi standardov, ki predstavljajo »usklajena pravila in določila za ponavljajočo se uporabo, da se doseže optimalna stopnja urejenosti na danem področju ... Standardizacijski dokumenti nastajajo v mednarodnih (ISO, IEC), evropskih (CEN, CENELEC, ETSI) in nacionalnih organizacijah za standardizacijo (BSI, DIN, SIST)« (Gospodarska zbornica Slovenije, 2015).

Vir: (Uredba o emisiji snovi pri odvajanju izcedne vode iz odlagališč odpadkov in Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo).

**Priloga 3: Izmerjene povprečne izhodne vrednosti parametrov v izcedni odpadni vodi za podjetje X**

Št. merilne metode	Parameter	Mejna vrednost za iztok v kanalizacijo**	Povprečna vrednost***
1	Temperatura (°C)	40	10,2
2	pH	6,5-9,5	7,5
3	Nerazt. sn. (mg/L)	250	14
4	Used. sn. (ml/L)	10	LOD
38	KPK (mg/L)	-	572
39	BPK <sub>5</sub> (mg/L)	-	12
6	Strupenost****		0,0
11	Cu * (mg/L)	0,5	0,002
14	Cd * (mg/L)	0,1	LOD
18	Crvi * (mg/L)****		0,0000
19	Ni * (mg/L)	0,5	0,03
21	Pb * (mg/L)	0,5	0,01
23	Hg * (mg/L)	0,01	LOD
43	AOX * (mg/L)	-	2,13
33	Celotni fosfor(mg/L)	-	1,84
60	Celotni dušik (mg/L)	-	207
26	Amonijev dušik (mg/L)	500	147,1
28	Nitratni dušik (mg/L)	-	110
27	Nitritni dušik * (mg/L)	-	1,19
37	Celotni organski ogljik - TOC (mg/L)****		0,0000
7	Biološka razgradljivost	30	10
13	Cink	2,0	0,27
17	Celotni krom	0,5	0,108
29	Celotni cianid	-	0,010
32	Klorid	-	590
35	Sulfid	2,0	0,02
41	Celotni ogljikovodiki	20	LOD
42	Lahkohlapni aromatski ogljikovodiki (BTX)	0,5	0,005
61	Dušik-Kjeldahl****		160
183	Etilbenzen****		LOD
420	Benzen****		LOD
421	Toluen****		LOD
422	Ksileni (vsota -o,-m,-p)****		LOD
1011	TEMPERATURA (delež vrednosti izven območja MDK)	20	0
1020	pH (delež vrednosti izven območja MDK)	20	0

\*Oznake pri posameznih parametrih, ki veljajo za nevarne snovi.

\*\*Mejne vrednosti iz uredbe in okoljevarstvenega dovoljenja.

\*\*\*Meritve zunanega izvajalca za podjetje X.

\*\*\*\*Mejne vrednosti skladno z okoljevarstvenim dovoljenjem niso določene in meritve niso obvezne.

Vir: (Meritve zunanega izvajalca za podjetje X in Uredba o emisiji snovi pri odvajanju izcedne vode iz odlagališč odpadkov).