

**VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA**

MAGISTRSKO DELO

**ANALIZA DELOVANJA CENTRALNE ČISTILNE NAPRAVE  
TRBOVLJE**

GAŠPER PRINC

VELENJE, 2017

**VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA**

MAGISTRSKO DELO

**ANALIZA DELOVANJA CENTRALNE ČISTILNE NAPRAVE  
TRBOVLJE**

GAŠPER PRINC

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentor: red. prof. dr. Milenko Roš

VELENJE, 2017

Številka: 727-2/2016-2  
Datum: 4. 4. 2016

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

### SKLEP O MAGISTRSKEM DELU

Študent Visoke šole za varstvo okolja **Gašper Princ** lahko izdela magistrsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

**Analiza delovanja centralne čistilne naprave Trbovlje.**

Naslov magistrskega dela v angleškem jeziku:

**Analysis of the operation of the central wastewater treatment plant Trbovlje.**

Mentor: **prof. dr. Milenko Roš.**

Magistrsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat VŠVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Izr. prof. dr. Boštjan Pokorny  
dekan



## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani **Gašper Princ**, z vpisno številko 34140062, študent podiplomskega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtor magistrskega dela z naslovom:

### **ANALIZA DELOVANJA CENTRALNE ČISTILNE NAPRAVE TRBOVLJE,**

ki sem ga izdelal pod mentorstvom red. prof. dr. Milenka Roša.

S svojim podpisom izjavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- da oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili VŠVO;
- da so dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili VŠVO;
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na VŠVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno, delo je lektorirala Sonja Princ;
- da dovoljujem objavo magistrskega dela v elektronski obliki na spletni strani VŠVO;
- da sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

V Velenju, dne 4. 9. 2017

---

*To delo s hvaležnostjo posvečam svojemu očetu!*

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se red. prof. dr. Milenku Rošu za pomoč in vodenje pri izdelavi magistrskega dela. Hvala tudi vsem sodelavcem iz podjetja Komunala Trbovlje d.o.o., ki mi je omogočilo podiplomski študij, in vsem ostalim, ki so mi kakor koli pomagali pri izdelavi magistrskega dela.

Posebna zahvala velja družini, ki mi je ves čas študija stala ob strani, me podpirala ter me spodbujala ob težkih trenutkih.

## IZVLEČEK

**Ključne besede:** centralna čistilna naprava, iztok, prekoračitev, mejna vrednost

Leta 2010 je Centralna čistilna naprava Trbovlje (v nadaljevanju CČNT) pričela s svojim rednim obratovanjem. Ekipa, katere del sem bil tudi sam, je bila ob neupoštevanju sodelovanja pri preizkusnem obratovanju popolnoma brez izkušenj in praktično brez teoretičnega predznanja na področju čiščenja odpadnih vod. Vse znanje, ki sem ga skozi ta leta pridobil, predvsem vse težave in pomanjkljivosti, s katerimi smo se v tem času soočili, so mi dale zagon in motivacijo za razmišljanje o učinkovitosti in optimalnosti delovanja CČNT.

Cilj raziskave je bil ugotoviti učinkovitost in optimalnost delovanja CČNT ter potrditi domneve o dobro in uspešno izvedenih posegih oz. spremembah v samem procesu čiščenja odpadnih vod na CČNT. Izvedena je bila analiza obveznih letnih obratovalnih monitoringov, iz katerih je bilo ugotovljeno, da CČNT deluje zadovoljivo, v skladu s predpisanimi mejnimi vrednostmi parametrov. Ugotovljeno je bilo nekajkratno prekoračenje mejne vrednosti vsebnosti neraztopljenih snovi na iztoku, kar je posledica mehanskih poškodb naprav v procesu. Prav tako je bila izvedena analiza obratovalnih stroškov, ki pa je pokazala, da v primerjavi z učinkovitostjo optimalnost le ni na tako dobrem nivoju. Z analizama učinkovitosti ter optimalnosti delovanja CČNT so se potrdile domneve o uspešnosti izvedenih posegov oz. sprememb v procesu, v ospredje se postavlja predvsem izjemno zmanjšanje porabe pitne vode zaradi izgradnje črpališča na iztoku prečiščene odpadne vode ter uporaba le-te v tehnološke namene.

V času izvajanja raziskave so se na CČNT izvedli tudi nekateri drugi, večji ukrepi, namenjeni optimizaciji delovanja CČNT, predvsem vgradnja ogrevalne toplotne črpalke (v nadaljevanju TČ), ki kot vir toplote porablja prečiščeno odpadno vodo iz iztoka, ter preizkusna doba uporabe tekočega flokulanta za pripravo polielektrolita za dehidracijo presežnega blata. Oba ukrepa kažeta dobre rezultate, žal pa ju zaradi kratke uporabne dobe še ni moč analizirati in potrditi.

Ugotovitev o ne najbolj optimalnem delovanju CČNT ter pretežno dobri učinkovitosti je odprla vrata k razmisleku o optimizaciji delovanja ob čim manjšem poslabšanju učinkovitosti. V sklepnem delu so tako podani še okvirni predlogi za optimizacijo delovanja CČNT ob doseganju zadostne učinkovitosti.

## **ABSTRACT**

**Key words:** central wastewater treatment plant, outflow, transgression, treshold level

Central wastewater treatment plant Trbovlje started operating regularly in 2010. The team of workers, including me, started off without prior knowledge and experience about wastewater treatment. All the knowledge together with all the difficulties and imperfections that I gained over the years, gave me the ability and willingness to consider the efficiency and optimal results of the Trbovlje central wastewater treatment plant's operation.

The aim of the research was to find out about the efficiency and optimal results of the wastewater treatment plant's operation and to confirm the assumptions about the quality and succes of procedures and changes in the process of wastewater treatment. Regular annual monitoring analysis proved that Trbovlje central wastewater treatment plant's operation was satisfactory and in accordance with required treshold level parameters. A few treshold level transgressions of suspended solids were discovered at the outflow as the consequences of mechanical damage on devices in the process. Another analysis of operational costs showed that the results weren't optimal according to efficiency.

The results of both analysis of Trbovlje central wastewater treatment plant's operation confirmed the assumptions about the quality and succes of procedures and changes in the process of wastewater treatment. The major emphasis is laid on extreme tap water reduction due to the construction of the pumping field on the outflow of refined wastewater and the use of this water for technological purposes.

During the research some other important measures were taken in Trbovlje central wastewater treatment plant to improve its efficiency. One of them is the installation of the heat pump which uses the refined water from the outflow as a heat source. The other one is a probationary period of the usage of liquid flocculant for preparation of polyelectrolyte for sewage sludge dehydration. Both measures have shown good results but they cannot be analysed and confirmed yet since they haven't been used long enough.

The results of the research made us seek the optimal solutions for improving the Trbovlje central wastewater treatment plant's operation but not disturbing its efficiency. Some suggestions are presented in the final part of the thesis.

## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1	Namen raziskave .....	1
<b>2</b>	<b>TEORETIČNI DEL</b> .....	<b>2</b>
2.1	Zakonodaja in predpisi .....	2
2.1.1	Evropska zakonodaja in predpisi .....	2
2.1.2	Slovenska zakonodaja in predpisi .....	5
2.2	Odpadna voda .....	11
2.2.1	Biološke lastnosti odpadnih vod .....	12
2.2.2	Kemijske lastnosti odpadnih vod .....	13
2.2.3	Fizikalne lastnosti odpadnih vod.....	17
2.3	Čiščenje komunalne odpadne vode .....	19
2.3.1	Sistemi čiščenja odpadnih vod .....	21
<b>3</b>	<b>MATERIALI IN METODE</b> .....	<b>24</b>
3.1	Centralna čistilna naprava Trbovlje .....	24
3.1.1	Predstavitev Centralne čistilne naprave Trbovlje .....	24
3.2	Proces čiščenja odpadne vode na CČN Trbovlje .....	29
3.2.1	Tehnološki proces čiščenja odpadne vode na CČN Trbovlje .....	30
3.2.2	Vstopno črpališče s finimi grabljami.....	31
3.2.3	Prezračen peskolov z lovilnikom maščob .....	32
3.2.4	Sekvenčni bazeni .....	34
3.2.5	Merilnica pretoka in UV dezinfekcija .....	36
3.2.6	Zgoščevalnik in zalogovnik blata .....	36
3.2.7	Strojno zgoščanje blata .....	37
3.2.8	Postaja za sprejem vsebin iz greznic.....	38
3.2.9	Kompresorska postaja.....	39
3.2.10	Elektroagregat.....	39
3.3	Meritve parametrov odpadne vode na CČN Trbovlje.....	40



3.3.1	On-line meritve .....	40
3.3.2	Obvezni obratovalni monitoring odpadnih voda .....	41
3.3.3	Interne analize odpadne vode .....	43
<b>4</b>	<b>REZULTATI .....</b>	<b>50</b>
4.1	Parametri odpadne vode na CČNT .....	50
4.2	Obratovalni stroški CČNT .....	53
4.3	Ugotovitve.....	61
4.3.1	Izvedene izboljšave na CČNT .....	62
4.3.2	Predlogi za nadaljnjo optimizacijo delovanja CČNT .....	66
<b>5</b>	<b>SKLEP .....</b>	<b>72</b>
<b>6</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>75</b>
<b>7</b>	<b>PRILOGE .....</b>	<b>79</b>

## KAZALO SLIK

Slika 1: Satelitski posnetek CČN Trbovlje.....	25
Slika 2: Fine grablje.....	31
Slika 3: Prezračen peskolov z lovilcem maščob .....	33
Slika 4: Prelivne posode.....	33
Slika 5: Sekvenčna bazena, levi v fazi vtoka in aeracije ter desni v fazi usedanja .....	34
Slika 6: Prelivnik v sekvenčnem bazenu.....	35
Slika 7: Centrifuga za dehidracijo blata in transportni postroj z zabojsnikom .....	37
Slika 8: Naprava za pripravo polielektrolita.....	37
Slika 9: Postaja za sprejem vsebin iz greznic .....	38
Slika 10: Puhala v kompresorski postaji .....	39
Slika 11: Vzorčenje iztoka s prenosnim samodejnim vzorčevalnikom.....	42
Slika 12: Stacionarni vzorčevalnik .....	44
Slika 13: Priročni laboratorij.....	44
Slika 14: Levo spektrofotometer in desno - termoblok .....	46
Slika 15: Sedimentacijski lij za merjenje usedljivosti .....	47
Sliki 16 in 17: Homogeniziranje vzorca in doziranje vzorca v analizator vlage .....	48
Slika 18: Blatenica vs. dehidrirano blato.....	49
Slika 19: Fine grablje med popravilom.....	62
Slika 20: Plavajoči dekanter .....	63
Slika 21: Sistem mehanskega prilagajanja nivoja dekanterjev .....	64
Slika 22: Gibljive cevi .....	67
Slika 23: Poškodbe finih grabelj.....	68

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Obremenitev CČN Trbovlje.....	26
Tabela 2: Količine odpadkov, proizvedenih na CČN Trbovlje .....	27
Tabela 3: Parametri obveznih meritev odpadne vode na CČNT ter pripadajoče mejne vrednosti .....	43
Tabela 4: Seznam kivetnih testov, ki se uporabljajo za analizo odpadne vode na CČNT .....	45
Tabela 5: Poraba vodovodne vode za izpiranje na CČNT .....	54
Tabela 6: Poraba električne energije CČNT .....	56
Tabela 7: Letne količine odpadkov na grabljah in sitih.....	58
Tabela 8: Letne količine odpadkov iz peskolovov .....	58
Tabela 9: Letne količine blata iz čiščenja komunalnih odpadnih voda .....	59
Tabela 10: Letne količine mešanic masti in olj iz ločevanja olja in vode, ki vsebujejo le jedilna olja .....	60

## KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Vtok na CČNT .....	50
Grafikon 2: Primerjava KPK na vtoku in iztoku .....	51
Grafikon 3: Primerjava BPK <sub>5</sub> na vtoku in iztoku .....	51
Grafikon 4: Primerjava koncentracije celotnega vezanega dušika na vtoku in iztoku .....	52
Grafikon 5: Primerjava vsebnosti neraztopljenih snovi na vtoku in iztoku .....	52
Grafikon 6: Primerjava koncentracije fosforja na vtoku in iztoku .....	53
Grafikon 7: Prikaz letne porabe pitne vode na CČNT .....	55
Grafikom 8: Razmerje med porabo električne energije in količino prečiščene odpadne vode ....	57
Grafikon 9: Gibanje vrednosti NO <sub>3</sub> -N in NH <sub>4</sub> -N v SB pri max. O <sub>2</sub> 3,00 mg/l.....	70
Grafikon 10: Gibanje vrednosti NO <sub>3</sub> -N in NH <sub>4</sub> -N v SB pri max. O <sub>2</sub> 2,00 mg/l.....	71

## UPORABLJENE KRATICE IN SIMBOLI

BPK – biokemijska potreba po kisiku

CČNT – Centralna čistilna naprava Trbovlje

Cd – kadmij

CIS – Common Implementation Strategy (Skupna strategija izvajanja vodne direktive)

Cu – baker

ČN – čistilna naprava

DO – dissolved oxygen (slo. raztopljeni kisik)

DOC – raztopljeni organski ogljik (ang. Dissolved Organic Carbon)

EP – Evropski parlament (ang. EP – European parliament)

ES – Evropska skupnost

ET – enotna tarifa

FeCl<sub>3</sub> – železov (III) klorid

GJS – gospodarska javna služba

Hg – živo srebro

ID – identifikacijska številka

KČN – komunalna čistilna naprava

KPK – kemijska potreba po kisiku

MKČN – mala komunalna čistilna naprava

N<sub>2</sub> – dušik

NH<sub>3</sub> – amonijak

NH<sub>4</sub><sup>+</sup> – amonij

NH<sub>4</sub>-N – amonijev dušik

NO<sub>2</sub><sup>-</sup> – nitrit

NO<sub>2</sub>-N – nitritni dušik

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> – nitrat

NO<sub>3</sub>-N – nitratni dušik

N<sub>tot.</sub> – celotni vezani dušik

OT – Občina Trbovlje

OVD – okoljevarstveno dovoljenje

PE – populacijski ekvivalent

PO<sub>4</sub>-P – orto fosfor

RBC – Rotating Biological Contactor (rotirajoči biološki kontaktor)

RS – Republika Slovenija  
SB – sekvenčni bazen  
SBR – Sequence Batch Reactor (šaržni biološki reaktor)  
SS – Suspended Solids (suspendirane snovi)  
SZO – Svetovna zdravstvena organizacija (ang. WHO – World Health Organization)  
TČ – toplotna črpalka  
TDS – Total Dissolved Solids (celotne raztopljene snovi)  
TN<sub>b</sub> – totalni (celotni) dušik  
TOC – celotni organski ogljik (ang. Total Organic Carbon)  
TSS – Total Suspended Solids (celotne suspendirane snovi)  
UNP – utekočinjen naftni plin  
UV – ultravijolični (žarki)  
UVZ – Uradni vestnik Zasavja  
WC – water-closet (slo. stranišče z vodnim izplakovanjem)  
WFD – Water Framework Directive (Okvirna vodna direktiva)  
ZGJS – Zakon o gospodarskih javnih službah  
Zn – cink  
ZPNačrt – Zakon o prostorskem načrtovanju  
ZV – Zakon o vodah  
ZVO – Zakon o varstvu okolja

## **1 UVOD**

Skrb za čisto in človeku prijazno okolje je v modernem času postala ena izmed prioritet človekovih aktivnosti. Vsak proces človekovega življenja je v današnjem času tesno povezan z omejevanjem oz. preprečevanjem čezmernega onesnaževanja okolja.

Zaradi pomanjkanja občutka za človekov življenjski prostor je prišlo do znatnih sprememb, tako same Zemljine površine kot tudi podnebja. To je človeku pričelo povzročati težave v obliki razširjanja bolezni ter obrambnega mehanizma narave, ki človeštvu povzroča vremenske nevšečnosti. Žal je človeštvo prepozno spoznalo, da mora nadzorovati onesnaževanje narave, saj v nasprotnem primeru največ škode povzroča samo sebi.

Med mnogimi okoljevarstvenimi ukrepi je tudi skrb za čisto vodo, ki je osnova človekovega življenja. V ta sklop spada tudi omejevanje onesnaževanja okolja z odpadnimi vodami, ki jih je v moderni dobi vse več. S povečevanjem števila prebivalcev v urbanih naseljih ter povečevanjem in stopnjevanjem agresivnosti industrije je prihajalo do vse večjega onesnaževanja, s tem pa do zniževanja kvalitete življenja. Človek se je zato pričel spraševati, kakšno bo njegovo življenjsko okolje ob vse višji intenziteti onesnaževanja okolja z odpadnimi vodami ter v izogib njegovim spoznanjem pričel razvijati tehnologije za omejevanje in zmanjševanje onesnaževanja.

### **1.1 Namen raziskave**

V Evropi in posledično tudi v Sloveniji se v zadnjih letih oz. desetletjih obsežno vlaga v komunalno infrastrukturo za odvajanje in čiščenje odpadnih voda, katerih sestavni del so tudi takšne in drugačne čistilne naprave (v nadaljevanju ČN). Predvsem pomanjkanje znanja in izkušenj s področja čiščenja odpadnih voda je vzrok za težave, ki se pojavljajo pri obratovanju ČN ter visokih obratovalnih stroškov, ki temu sledijo.

Primarni namen magistrskega dela je ugotoviti učinkovitost in optimalnost delovanja CČNT ter na podlagi pridobljenih podatkov podati generalno oceno delovanja. Iz ocene delovanja ter izkušenj, pridobljenih pri delu na tej napravi, pa je namen dela podati tudi okvirne usmeritve za optimizacijo njenega delovanja.

## **2 TEORETIČNI DEL**

### **2.1 Zakonodaja in predpisi**

V zadnjem času je okoljska politika in z njo povezana okoljska zakonodaja ena izmed najpomembnejših in najbolj aktualnih zakonodajnih področij. Zaradi pomanjkanja spoštovanja narave in življenjskega okolja ljudi ter zavedanja škodnih razsežnosti, ki jih ljudje povzročamo, je zakonodaja ključnega pomena pri preprečevanju in omejevanju onesnaženja narave, tudi voda. Že od samega začetka sprejemanja zakonodaje s področja varstva okolja je bilo varstvo vodnih virov posebej obravnavana in pomembna tematika in naloga Evropske skupnosti (v nadaljevanju ES). Prvi predpisi oz. direktive s področja varstva okolja so bile sprejete že v 70. letih 20. stoletja, določevale so prve standarde kakovosti za varovanje zdravja ljudi in okolja ter standarde za vode. Prav tako pa je bila v istem obdobju sprejeta prva direktiva, ki je določevala in omejevala spuščanje nevarnih snovi iz industrije v vode, Direktiva o varstvu podzemne vode pred onesnaževanjem z določenimi nevarnimi snovmi 80/68/EGS.

Sčasoma so strokovnjaki prišli do spoznanja, da je potrebno ukrepanje na same vire onesnaževanja. Tako je bila s strani ES sprejeta prva direktiva, ki je urejala področje čiščenja komunalne odpadne vode, Direktiva o čiščenju komunalne odpadne vode 91/271/EGS.

Tudi v Republiki Sloveniji (v nadaljevanju RS) je na področju okolja sprejete ogromno zakonodaje, ki pa temelji na predpisih in direktivah ES in Evropskega parlamenta (v nadaljevanju EP).

#### **2.1.1 Evropska zakonodaja in predpisi**

ES sprejema in izdaja posamezne direktive, na podlagi katerih države članice sprejemajo ustrezno zakonodajo, te direktive pa ES po potrebi spreminja in dopolnjuje. S področja voda je osnovni sedaj veljavni dokument ES Okvirna direktiva o vodah (v nadaljevanju WFD), ki je bila sprejeta leta 2000.



## **Okvirna direktiva o vodah**

Okvirna direktiva o vodah 2000/60/ES (WFD) je nastala na podlagi težnje po globalnemu in enotnemu pristopu k zakonodaji o vodah. WFD določa pravni okvir za ohranjanje kvalitete in čistosti voda na območju celotne Evrope ter zagotavljanje trajnostne rabe vodnih virov, saj vodo predstavlja in interpretira kot človeško dediščino, ki jo je treba varovati in ob njeni rabi razmišljati tudi o prihodnjih generacijah.

Osnovni namen WFD je vzpostavitev učinkovitega sistema za trajnostno gospodarjenje z vodami, s katerim bi izpolnili dva temeljna koncepta strategije WFD, pri čemer prvi daje jasno zahtevo po trajnostni rabi vodnih virov v tem smislu, da trenutne potrebe po vodi nikakor ne smejo povzročiti ogroženosti rabe vode za prihodnje generacije, na drugi strani pa združuje standarde kakovosti voda z emisijskimi ter s tem teži k zmanjšanju onesnaženja voda. Med Evropsko komisijo in državami članicami ES je bila dogovorjena tudi skupna strategija izvajanja WFD, Common Implementation Strategy (v nadaljevanju CIS)..

Poleg krovne WFD so bili sprejeti še nekateri drugi dokumenti, ki pokrivajo področje upravljanja z vodami v območju ES. Tako so v WFD navedene tudi nekatere druge povezane direktive, ki so podane v nadaljevanju.

## **Direktiva o kopalnih vodah**

Direktiva o kopalnih vodah (76/160/ES), ki jo je nadomestila Direktiva o kopalnih vodah (2006/7/ES), katere namen je zagotavljanje čistega in varnega vodnega okolja za plavanje in kopanje. Med drugim ta direktiva določa ukrepe za zmanjševanje nevarnosti za kopalce, določa kategorije za razvrstitev kopališč ter je močno povezana z Direktivo o čiščenju komunalne odpadne vode prav zaradi tega, ker fekalna kontaminacija predstavlja glavno nevarnost za kopalce.

## **Direktiva o pitni vodi**

Direktiva o pitni vodi (80/778/ES), ki je bila spremenjena z Direktivo o pitni vodi (98/83/ES), katere glavni namen je prav tako varovanje zdravja ljudi. S to direktivo so določeni standardi, ki državljanom ES zagotavljajo, da za prehrabne namene uporabljajo vodo, ki je v skladu s smernicami Svetovne zdravstvene organizacije (v nadaljevanju SZO). Državam članicam nalaga, da spremljajo kakovost pitne vode ter jim določa parametre za preverjanje kakovosti pitne vode. Države članice lahko zahtevane parametre določajo same, vendar nikakor preko parametrov, določenih z direktivo.

## **Direktiva o čiščenju komunalne odpadne vode**

Direktiva o čiščenju komunalne odpadne vode (91/271/ES), spremenjena z Direktivo o čiščenju komunalne odpadne vode (98/15/ES), ureja področje odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda. Ta direktiva državam članicam določa, da morajo komunalne odpadne vode ustrezno zbirati ter odvajati do naprav, kjer se mora komunalna odpadna voda še očistiti do določenih parametrov. Ta direktiva je ena izmed najdražjih zakonodajnih aktov ES za izvajanje. Direktiva pa tudi določa, kako ravnati z odpadki, nastalimi s čiščenjem komunalnih odpadnih voda.

## **Direktiva o nitratih**

Direktiva o nitratih (91/676/ES), katere osnovni namen je preprečevanje negativnega učinkovanja nitratov s kmetijskih virov na površinske in podtalne vode. S to direktivo se določajo vse zaradi nitratov že prizadete vode in vse, ki so v veliki meri ogrožene, da postanejo onesnažene. Prav tako se s to direktivo določajo območja, s katerih se voda steka v onesnažene vode. V drugi vrsti pa se s to direktivo določajo ukrepi in delovni programi za preprečevanje onesnaževanja vod z nitrati s kmetijskih površin ter se določajo postopki za spremljanje in redno posodabljanje ukrepov in delovnih programov tako, da zadostujejo ciljem direktive.

## **Direktiva o industrijskih emisijah**

Direktiva o industrijskih emisijah (2010/75/EU), katere namen je preprečevati in nadzorovati onesnaževanje okolja, ki je posledica industrijskih dejavnosti, določa pravila za preprečevanje oz. zmanjševanje spuščanja emisij v zrak, tla in v vodo, prav tako pa opredeljuje ukrepe za ravnanje z odpadki z namenom doseči visoko raven varstva okolja kot celote.

## **Direktiva o blatu iz bioloških čistilnih naprav**

Direktiva o blatu iz bioloških čistilnih naprav (86/278/ES) opredeljuje različne možnosti uporabe blata iz BČN ter mejne vrednosti vnosa nevarnih snovi v tla z uporabo odvečnega aktivnega blata iz teh naprav. V tem primeru nevarne snovi pomenijo predvsem težke kovine, ki so prisotne v blatu iz komunalnih čistilnih naprav.

## **Uredba Evropskega parlamenta in sveta o Evropskem registru izpustov in prenosov onesnaževal**

Uredba o Evropskem registru izpustov in prenosov onesnaževal št. 166/2006 ureja vzpostavitev in urejanje baze podatkov o izpustih in prenosih onesnaževal na ravni ES. Prav tako omogoča javnosti, da sodeluje pri odločanju glede onesnaževanja okolja ter s tem prispeva k zmanjševanju onesnaževanja okolja. S to uredbo se tudi zavezuje upravljavce naprav, da v skladu z uredbo in predpisi, ki urejajo nadzorovanje delovanja naprav, pristojnim organom poročajo o izpustih in prenosih onesnaževal.

### **2.1.2 Slovenska zakonodaja in predpisi**

Poleg Ustave RS, ki je temelj zakonodaje v RS, je temeljni akt s področja varstva okolja Zakon o varstvu okolja – ZVO-1. ZVO-1 je osnova, na podlagi katere so oblikovani mnogi podzakonski akti ter uredbe, pravilniki in odloki, ki pokrivajo področje varstva okolja. Področje odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih vod, ki je predmet naloge, je poleg ZVO-1 urejeno še z Zakonom o vodah – ZV-1, Zakonom o gospodarskih javnih službah – ZGJS ter Zakonom o prostorskem načrtovanju – ZPNačrt.

Ko se torej ukvarjamo z odvajanjem in čiščenjem komunalne odpadne vode, moramo upoštevati mnoge zakone, uredbe, pravilnike in odloke, ki so neposredno povezani s področjem odvajanja in čiščenja. Poleg njih pa moramo poznati in upoštevati tudi lokalne predpise, ki urejajo ta področja. Stranski produkt čiščenja so mnogi odpadki, s katerimi pa moramo ustrezno ravnati, prav tako pa je obratovanje čistilne naprave tudi vir nekaterih drugih emisij v okolje, kot sta na primer smrad in hrup, katerih področja pa so prav tako urejena s predpisi.

## **Zakonski akti RS na področju okolja in odpadnih vod**

### *Zakon o varstvu okolja – ZVO-1*

Zakon o varstvu okolja – ZVO-1 (Ur. l. RS, št. 39/06 – uradno prečiščeno besedilo, 49/06 – ZmetD, 66/06 – odl. US, 33/07 – ZPNačrt, 57/08 – ZFO-1A, 70/08, 108/09, 108/09 – ZPNačrt-A, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15 in 30/16) je temeljni zakonski akt s področja varovanja okolja v RS. Ta zakon ureja varovanje okolja pred kakršnimi koli preobremenitvami z za okolje in človeka nevarnimi substancami. Je zakonska podlaga za trajnostni razvoj človeštva ter v tem okviru določa osnovna načela varovanja okolja, spremljanja stanja okolja, zbiranja informacij o okolju ter opredeljuje pristojne javne službe za področje varovanja okolja in rešuje druga, z varovanjem okolja povezana vprašanja (Princ, 2013).

### *Zakon o vodah – ZV-1*

Zakon o vodah – ZV-1 (Ur. l. RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14 in 56/15) je temeljni akt na področju upravljanja voda ter vodnih in priobalnih zemljišč, to obsega varstvo, urejanje ter odločanje o rabi voda. Prav tako ta zakon ureja javno dobro ter javne službe na področju voda, vodne objekte ter druga, z vodami povezana vprašanja.

### *Zakon o gospodarskih javnih službah – ZGJS*

Zakon o gospodarskih javnih službah – ZGJS (Ur. l. RS, št. 32/93, 30/98 – ZZLPPO, 127/06 – ZJZP, 38/10 – ZUKN in 57/11 – ORZGJS40) določa načine in oblike izvajanja gospodarskih javnih služb, s katerimi se zagotavljajo javne materialne dobrine, ki jih v javnem interesu zagotavlja RS oz. lokalna skupnost.

### *Zakon o prostorskem načrtovanju – ZPNačrt*

Zakon o prostorskem načrtovanju – ZPNačrt (Ur. l. RS, št. 33/07, 70/08 – ZVO-1B, 108/09, 80/10 – ZUPUDPP, 43/11 – ZKZ-C, 57/12, 57/12 – ZUPUDPP-A, 109/12, 76/14 – odl. US in 14/15 – ZUUJFO), s katerim se ureja prostorsko načrtovanje kot del urejanja prostora. Z njim se ureja vprašanje racionalne rabe okolja ter obstoječih virov, sanacije degradiranih območji ter narekuje takšne posege v prostor, da z njimi zagotavljamo varstvo okolja ter zdravje občanov.

## **Podzakonski akti**

### *Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode*

Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode (Ur. l. RS, št. 98/15) določa naloge, ki jih mora v okviru izvajanja obvezne občinske gospodarske javne službe odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode opravljati izvajalec gospodarske javne službe (v nadaljevanju GJS), prav tako so s to uredbo določeni standardi opremljenosti s komunalno infrastrukturo za odvajanje in čiščenje komunalne in padavinske odpadne vode, naloge in obveznosti občin in izvajalcev GJS ter tehnični, vzdrževalni in organizacijski ukrepi za izvajanje javne službe. S to uredbo se določajo tudi parametri in zahteve v zvezi z emisijami snovi pri odvajanju odpadne vode in komunalnih čistilnih naprav (v nadaljevanju KČN) ter malih komunalnih čistilnih naprav (v nadaljevanju MKČN) z zmogljivostjo, manjšo od 50 PE. Uporablja se za komunalne, padavinske odpadne vode in mešanice obeh odpadnih voda.

### *Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo*

Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo (Ur. l. RS, št. 64/12, 64/14 in 98/15) z namenom zmanjševanja onesnaževanja okolja zaradi emisij snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo, določa mejne vrednosti emisij snovi in toplote, načine vrednotenja vrednosti emisij snovi in toplote, ukrepe za preprečevanje in zmanjševanje emisij snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo ter pogoje za odvajanje odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo in naloge in obveznosti investitorjev in upravljavcev naprav za odvajanje in čiščenje odpadnih voda. S to uredbo se urejajo tudi vprašanja, povezana s pridobitvijo okoljevarstvenih dovoljenj in obratovanjem naprav.

### *Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda*

Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda (Ur. l. RS, št. 80/12 in 98/15) v osnovi določa vrste onesnaževanja, za katere se plačuje okoljska dajatev zaradi onesnaževanja okolja zaradi odvajanja odpadnih voda ter osnove za določevanje višine okoljske dajatve. Prav tako se s to uredbo določa prejemnike okoljske dajatve, zavezance za plačilo posamezne vrste okoljske dajatve in plačnike okoljske dajatve ter načine obračunavanja, odmerjanja in poravnavanja posameznih vrst okoljske dajatve.

### *Uredba o odpadkih*

Z Uredbo o odpadkih (Ur. l. RS, št. 37/15 in 69/15) se določajo pravila ravnanja z odpadki in drugi pogoji za zmanjševanje oz. preprečevanje neželenih vplivov nastajanja odpadkov ter pogoji za zmanjševanje celotnega vpliva uporabe naravnih virov in optimiziranje učinkovitosti uporabe naravnih virov v skladu z direktivami EP in ES. Ta uredba se uporablja za vse odpadke, razen, če je za posamezno vrsto ali tok odpadkov to določeno drugače, s posebnimi predpisi.

### *Uredba o odlagališčih odpadkov*

Uredba o odlagališčih odpadkov (Ur. l. RS, št. 10/14, 54/15 in 36 /16) v skladu z direktivami EP in ES določa zahteve za posamezno vrsto ali tok odpadkov, ki jih morajo odpadki ali tokovi odpadkov izpolnjevati, ko se na odlagališču odlagajo, pravila ravnanja z odpadki in druge pogoje za odlaganje odpadkov ter ukrepe in pogoje v zvezi z načrtovanjem, gradnjo, obratovanjem in zapiranjem odlagališč odpadkov ter ravnanje na območju zaprtih odlagališč odpadkov z namenom zmanjševanja oz. preprečevanja škodljivih vplivov na okolje in ljudi.

### *Uredba o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digesta*

Z Uredbo o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digesta (Ur. l. RS, št. 99/13 in 56/15) se določajo pravila in drugi pogoji v zvezi s predelavo biorazgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digesta v skladu z direktivo EP in ES. Prav tako je s to uredbo urejeno vprašanje dajanja komposta ali digesta v promet.

### *Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu*

Z Uredbo o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Ur. l. RS, št. 62/08) se v skladu z uredbo ES urejajo ukrepi in pravila ravnanja z blatom iz KČN, v kolikor se ta uporablja kot gnojilo v kmetijstvu. S to uredbo so določene tudi omejitve uporabe blata iz KČN v kmetijstvu ter obveznosti o poročanju o uporabi blata iz KČN v kmetijstvu.

### *Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda*

S Pravilnikom o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu (Ur. l. RS, št. 94/14 in 98/15) se določajo parametri, vrste in obsegi prvih meritev in obratovalnega monitoringa odpadnih voda, metodologija vzorčenja, analiziranja in ovrednotenja rezultatov ter pravila poročanja o izvedbi prvih meritev in obratovalnih monitoringov odpadnih voda. Prav tako se s tem pravilnikom določajo tehnični pogoji za izvajanje prvih meritev in obratovalnih monitoringov.

### *Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode (novelacija za obdobje od leta 2005 do leta 2017)*

Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode je izvedbeni akt, ki določa območja, za katera je potrebno do določenega roka izvesti odvajanje komunalne odpadne vode z javno kanalizacijo ter čiščenje komunalne odpadne vode na komunalni čistilni napravi (Operativni program ... 2005).

## **Občinski akti**

### *Odlok o načinu opravljanja lokalne gospodarske javne službe odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode v občini Trbovlje*

Odlok o načinu opravljanja lokalne gospodarske javne službe odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode v občini Trbovlje (UVZ, št. 32/2013) določa način opravljanja in naloge obvezne lokalne gospodarske službe odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode. Z njim je določena organizacijska in prostorska zasnova izvajanja javne službe, vrste in obseg storitev javne službe ter pogoji izvajanja javne službe. S tem odlokom so prav tako urejeni viri financiranja javne službe ter opredeljeni vrste in obseg objektov javne infrastrukture za izvajanje javne službe, pravice in dolžnosti uporabnikov javne službe ter nadzorovanje izvajanja javne službe.

### *Pravilnik o tehnični izvedbi in uporabi objektov in naprav javnega kanalizacijskega omrežja v občini Trbovlje*

S Pravilnikom o tehnični izvedbi in uporabi objektov in naprav javnega kanalizacijskega omrežja v občini Trbovlje (UVZ, št. 21/2014), ki je izveden na podlagi 39. člena Odloka o načinu opravljanja lokalne gospodarske javne službe odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode v občini Trbovlje (UVZ, št. 32/2013), se podrobno ureja vprašanje tehnične izvedbe in uporabe javnega kanalizacijskega omrežja in naprav na območju občine Trbovlje (v nadaljevanju OT) ter se opredeljuje uporabnike pravilnika, njihove naloge, pravice in dolžnosti.

### *Program odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode v občini Trbovlje za obdobje 2017–2020*

V skladu z Uredbo o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode (Ur. l. RS, št. 98/15) mora izvajalec GJS pripraviti Program odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode za obdobje štirih (4) let. Tako je bil tudi v Javnem podjetju Komunala Trbovlje d.o.o. pripravljen Program odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode v občini Trbovlje za obdobje 2017–2020, ki je nadomestil Program odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode v občini Trbovlje za obdobje 2013–2016. V programu je opredeljen izvajalec GJS odvajanja in čiščenja ter njegovi podatki, opredeljena so infrastruktura in osnovna sredstva, namenjena opravljanju javne službe ter način izvajanja javne službe z načrti izvajanja javne službe za obdobje, za katerega se program izvaja. Program odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode je pripravljen s strani izvajalca GJS ter sprejet in potrjen s strani občine.

Obvezni sestavni del programa odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode je tudi načrt ravnanja z blatom, v katerem so osnovni podatki o odpadku, torej blatu iz čiščenja komunalnih odpadnih vod ter podatki o nastajanju odpadka, načinu ravnanja z njim in količine odpadka, ki nastaja na dotični lokaciji oz. ČN.



## 2.2 Odpadna voda

Opadna voda je onesnažena voda in je posledica človekovega načina življenja. Nastaja kot posledica človekove uporabe vode v gospodinjstvu, kmetijstvu, industriji in v gospodarskih dejavnostih, prav tako pa med odpadne vode štejemo padavinske vode in podtalnico, ki se na tak ali drugačen način infiltrira v odtok odpadne vode.

Opadne vode v grobem delimo glede na njihov izvor, in sicer na:

- komunalne odpadne vode, kamor uvrščamo odpadne vode iz gospodinjstev in gospodarskih dejavnosti,
- kmetijske odpadne vode, kamor uvrščamo odpadne vode iz kmetijskih dejavnosti,
- industrijske odpadne vode, kamor uvrščamo odpadne vode, ki so posledica industrijskih dejavnosti,
- padavinske odpadne vode, kamor spada deževnica, ki se steka iz utrjenih površin ter
- tuje vode, kamor uvrščamo odpadne vode, ki niso posledica uporabe pitne vode, temveč nastajajo z infiltracijo podtalnice v odtok odpadnih voda.

Naravo odpadnih voda pa lahko ugotavljamo z določevanjem njenih lastnosti, ki jih delimo v več skupin lastnosti odpadnih voda, in sicer:

- biološke lastnosti,
- kemijske lastnosti in
- fizikalne lastnosti odpadnih vod.

Splošno oceno oz. sliko o karakteristikah in lastnostih odpadne vode nam daje že sam podatek o viru nastanka odpadne vode, ki jo obravnavamo. Splošne ocene odpadne vode pa za korektno kontrolo procesa čiščenja zagotovo niso dovolj natančne, zato je boljše podatke o lastnostih odpadnih vod ugotavljamo z vzorčenji in analizami, s čimer pridobimo kompleksne informacije o obravnavani odpadni vodi. Z analiziranjem vzorcev pridobimo natančne biološke, kemijske in fizikalne lastnosti odpadne vode, na podlagi katerih lahko izvedemo korektne procese čiščenja (Roš, 2015).

### 2.2.1 Biološke lastnosti odpadnih vod

Z biološkimi lastnostmi predvsem podajamo prisotnost organizmov v odpadni vodi. Biološke lastnosti so torej osnovna informacija za nadzorovanje različnih bolezni, ki jih povzročajo v odpadni vodi prisotni patogeni organizmi, prav tako pa so biološke lastnosti izjemno pomembne z vidika biološkega čiščenja, saj imajo v odpadni vodi prisotni organizmi ključno vlogo pri razgradnji organskih snovi.

Večina organizmov, prisotnih v odpadni vodi, je koristna, saj z njihovo pomočjo potekajo procesi biološkega čiščenja odpadnih vod, zato moramo njihovo prisotnost skrbno opazovati in analizirati. Še posebej pa moramo biti pozorni na prisotnost nekaterih patogenih organizmov, saj ti povzročajo mnoge bolezni, prisotne v odpadnih vodah. Mikroorganizme, ki so prisotni v odpadnih vodah, delimo v glavne skupine mikroorganizmov, ki so predvsem:

- bakterije,
- virusi,
- mikroskopske živali in rastline,
- praživali ter
- glive.

Posebno pozorni smo na t.i. indikatorske bakterije za patogene organizme. Patogeni organizmi so načeloma v odpadni vodi prisotni kot posledica človeških izločkov, ki se odvajajo v odpadno vodo. Njihovo prisotnost ugotavljamo s pomočjo indikatorskih bakterij, ki sicer niso patogene, vendar so manj občutljive na dezinfekcijo kot patogene bakterije in so številčnejše ter jih zato lažje štejemo. V vodi so najpogostejše bolezni kolera, tifus, paratifus, diareja in griža. Sekundarna stopnja čiščenja odpadnih vod z aktivnim blatom je precej uspešna pri odstranjevanju oz. zmanjševanju števila patogenih bakterij v odpadni vodi, vendar po končani sekundarni stopnji čiščenja z aktivnim blatom v odpadni vodi še vedno ostaja določeno število patogenih bakterij.

Virusi se v odpadni vodi pojavljajo zelo redko in so precej bolj zapleteni za obravnavanje kot bakterije, je pa njihova prisotnost večkrat uporabljena kot pokazatelj učinkovitosti dezinfekcije odpadne vode, saj so virusi bolj odporni na dezinfekcijo kot bakterije.

Biološke lastnosti se preučujejo s pomočjo mikroskopskih analiz odpadne vode, s čimer pridobimo informacije o prisotnostih in lastnostih organizmov v odpadni vodi. Na podlagi teh informacij si lahko pomagamo pri kontroli procesa čiščenja ter nas lahko opozarjajo na morebitne težave procesa čiščenja (Roš, 2015).

## 2.2.2 Kemijske lastnosti odpadnih vod

Kemijske lastnosti, ki jih ugotavljamo s kemijskimi analizami odpadne vode, nam dajo širok spekter podatkov, ki so izjemnega pomena, ker so osnova za korektno kontrolo procesov čiščenja odpadnih vod.

### **pH**

pH vrednost je merilo za kislost ali alkalnost vodne raztopine. V naravnem okolju je sprejemljiva vrednost pH nekje med 6,5 in 8,5, sicer pa skala pH vrednosti poteka od 1 do 14. Raztopinam s pH vrednostjo 7 pravimo, da so nevtralne, raztopine, s pH vrednostjo nižjo od 7, so kisle, tiste, s pH vrednostjo višjo od 7, pa alkalne.

Pri bioloških procesih čiščenja odpadnih vod je pH vrednost zelo pomemben podatek, saj so mikroorganizmi najbolj aktivni, ko ima odpadna voda pH vrednost med 6,5 in 8. Bolj kot se od tega območja vrednosti pH oddaljujemo, manjša je biološka aktivnost mikroorganizmov, pri določeni meri pa se celo ustavi.

### **Alkaliniteta**

Alkaliniteto v odpadni vodi povzročajo vrste spojin, predvsem gre za raztopljene karbonate, hidrogen karbonate in hidrokside. Alkaliniteta je sposobnost odpadne vode, da nevtralizira kislino, prisotno ali dodano v odpadni vodi. Visoka alkaliniteta odpadne vode je torej pozitivna in dobrodošla z vidika nizkega vpliva kislih industrijskih odpadnih vod, ki se stekajo v čistilno napravo. Pomembno je, da alkalinitete ne mešamo z alkalnostjo oz. kislostjo odpadne vode.

Alkaliniteta se izraža kot vsebnost kalcijevega karbonata (v nadaljevanju  $\text{CaCO}_3$ ), v mg/l. Lahko se jo izraža tudi v molih na liter, torej meq/l, vendar se v praksi bolj uporablja izražanje v  $\text{CaCO}_3$ .

### **Dušikove spojine**

Dušik je eden osnovnih sestavnih delov beljakovin in je pri biološki stopnji čiščenja odpadnih vod nepogrešljiv. Je bistvenega pomena pri biološki rasti oz. reprodukciji mikroorganizmov, zato ga, ko govorimo o čiščenju odpadnih vod, imenujemo tudi hranivo ali biostimulator. Dušik je zelo zapleten kemijski element predvsem zaradi dejstva, da se pojavlja v različnih oksidacijskih oblikah. Ko je govora o odpadnih vodah, govorimo predvsem o petih oblikah, in sicer:

- amonijak –  $\text{NH}_3$ ,
- amonijev ion (amonij) –  $\text{NH}_4^+$ ,
- raztopljeni elementarni dušik –  $\text{N}_2$ ,
- nitrit –  $\text{NO}_2^-$  in
- nitrat –  $\text{NO}_3^-$ .

Spremljanje dušikovih spojin v procesu čiščenja odpadne vode je zelo pomembno, saj nam oblike dušika, ki so v danem trenutku prisotne v odpadni vodi, in njene koncentracije kažejo nivo stabilizacije organskih snovi v odpadni vodi. Surova odpadna voda ima tako običajno precej večjo koncentracijo organsko vezanega in amonijevega kot nitritnega in nitratnega dušika. Z metabolizmom organskega dušika ta prehaja v amonij ter nato z nitrifikacijo v nitrit in nitrat. V končni fazi se nitrit in nitrat z denitrifikacijo preobrazita v elementarni dušik, ki se iz odpadne vode odstrani v plinasti obliki.

## **Fosfor**

Tudi fosfor je zelo pomemben kemijski element pri biološki rasti in reprodukciji mikroorganizmov. Čistilne naprave imajo predpisane mejne vrednosti za koncentracijo fosforja v iztoku prav zaradi njegove lastnosti, da ob preveliki koncentraciji povzroča čezmerno rast alg v površinskih vodah oziroma evtrofikacijo. Tudi fosfor je v odpadni vodi lahko prisoten v več različnih oblikah, in sicer kot:

- ortofosfat,
- polifosfat in
- organsko vezani fosfor.

Pri čiščenju odpadnih vod je najpomembnejši ortofosfat, saj je ta najprimernejši za biološko rast in reprodukcijo mikroorganizmov.

## **Klor**

Klor je strupen plin in je zaradi svoje strupenosti umeščen med nevarne snovi, vendar se v odpadni vodi le redko pojavlja v svoji prosti obliki, ki je izredno reaktivna. Običajno je prisoten v manj reaktivnih oblikah, kot so kloramini in kloridi. Klor se običajno uporablja kot dezinfekcijsko sredstvo in je zaradi tega lahko dober pokazatelj učinkovitosti dezinfekcije odpadne vode.

## **Organske snovi**

Organske snovi v odpadni vodi so sestavljene predvsem iz proteinov, ogljikovih hidratov in maščob ter v manjših količinah tudi iz sečnine in nekaterih sintetičnih organskih molekul. Sestavljajo jih predvsem koncentracije ogljika, vodika in kisika ter deloma tudi dušika. V splošnem vsebnost organske snovi v odpadni vodi določamo kot skupne organske spojine, za kar poznamo več načinov, in sicer:

- biokemijska potreba po kisiku (v nadaljevanju BPK),
- kemijska potreba po kisiku (v nadaljevanju KPK) in
- celotni oz. totalni organski ogljik (v nadaljevanju TOC).

### *Biokemijska potreba po kisiku (BPK)*

BPK je pokazatelj onesnaženja površinskih in odpadnih voda z biorazgradljivimi organskimi snovmi. Da nam informacijo o količini kisika, ki je potrebna za biokemijsko razgradnjo organskih snovi, ki so prisotne v odpadni vodi, oz. za stabilizacijo organskih snovi z biokemijskimi postopki. Onesnaženje določamo z BPK v obliki kisika, potrebnega za biološko razgradnjo organskih snovi in rast mikroorganizmov. Merimo ga v mg O<sub>2</sub> na 1 l odpadne vode, mg/l.

Popolna stabilizacija organskih snovi z biokemijskimi postopki je običajno dosežena v minimalno 20 dneh, vendar so bile zaradi pospešitve in poenostavitve določanja BPK uvedene skrajšane metode določanja BPK. Najbolj razširjena standardizirana metoda določanja BPK je metoda BPK<sub>5</sub>, s katero je določena množina kisika, potrebna za biokemijsko razgradnjo oz. stabilizacijo razgradljivih organskih snovi v 5 dneh. Poleg metode BPK<sub>5</sub> se uporablja tudi standardizirana metoda BPK<sub>7</sub>.

Pomemben dejavnik je tudi temperatura, ki v veliki meri vpliva na biološko aktivnost. Standardizirani metodi BPK<sub>5</sub> in BPK<sub>7</sub> se tako izvajata pri 20° C.

### *Kemijska potreba po kisiku (KPK)*

KPK je pokazatelj celotnega organskega onesnaženja površinskih in odpadnih vod. S KPK določamo vse organske snovi, prisotne v odpadni vodi, ne moremo pa ločiti biološko razgradljivih in biološko nerazgradljivih snovi ter določiti njihovih posamičnih prisotnosti. KPK je tako dopolnilo  $BPK_n$ , ki da informacijo o potrebni množini kisika za oksidacijo organskih snovi, prisotnih v odpadni vodi. Tudi KPK merimo v mg  $O_2$  na 1 l odpadne vode. Za natančno informacijo o organskih snoveh, prisotnih v odpadni oz. površinski vodi, moramo tako sočasno izvajati meritve  $BPK_n$  in KPK.

Vsebnost organskih snovi določamo tako, da jih s pomočjo oksidanta oksidiramo in na podlagi porabe oksidanta določimo količino organskih snovi. Določevanje KPK nam da hitro sliko o vsebnosti organskih snovi v odpadni vodi, saj postopek določanja KPK traja le nekaj ur, medtem ko določanje  $BPK_n$ , ki nam da sicer boljše informacije o organskih snoveh v odpadni oz. površinski vodi, traja 5 oz. 7 dni.

### *Celotni organski ogljik (TOC)*

TOC je parameter, s katerim določamo prisotnost celotnega organskega ogljika v površinski in odpadni vodi. Z njim se, podobno kot pri BPK in KPK, določa onesnaženje odpadnih oz. površinskih vod z organskimi snovmi, vendar je metoda določanja TOC v primerjavi z metodami določanja BPK in KPK hitrejša, saj za izvedbo analize potrebujemo cca. 5-10 minut. Z razvojem merilne opreme pa so razvili on-line merilnike TOC, kar je v veliko pomoč tudi pri ugotavljanju BPK in KPK, saj lahko ob poznavanju parametra TOC in razmerji med TOC, BPK in KPK kaj hitro določimo tudi približne vrednosti BPK in KPK.

### **Kovine**

Sestavni del odpadne vode so tudi sledovi mnogih kovin, ki so sicer zelo pomembne za rast organizmov, prekomerne količine pa so lahko tudi škodljive zanje. Prisotnost kovin v odpadni vodi je posledica predvsem industrijskih izpustov, seveda pa ni zanemarljiv tudi prispevek zaradi gospodinjstev ter infiltracija podtalnice v kanalizacijske cevi, ki s seboj prinaša sledove kovin iz mineralov. Najpomembnejše kovine, katerih sledovi so prisotni v odpadni vodi so kadmij (Cd), krom (Cr), baker (Cu), železo (Fe), svinec (Pb), mangan (Mn) živo srebro (Hg), nikelj (Ni) in cink (Zn).

## **Električna prevodnost**

Z električno prevodnostjo neke raztopine izražamo njeno sposobnost prevajanja električnega toka, ki se v raztopini prevaja s pomočjo ionov. Z višanjem prisotnosti ionov narašča tudi prevodnost, kar pomeni, da z višanjem prevodnosti narašča tudi prisotnost celotnih disociiranih snovi (v nadaljevanju TDS). Z znano električno prevodnostjo lahko torej ocenjujemo prisotnost TDS, za kar obstaja določeno razmerje, ki pa ni vedno točno. Prevodnost se izraža kot miliSiemens na meter (mS/m) ali kot mikromho na cm ( $\mu\text{mho/cm}$ ).

Oceno TSS v sorazmerju z električno prevodnostjo se določi po naslednji enačbi, ki pa ni vedno uporabna, predvsem pri močno obremenjenih industrijskih odpadnih vodah.

$$TSS [mg/l] \cong EC [mS/m \text{ oz. } \mu\text{mho/cm}] \times (0,55 - 0,70)$$

### 2.2.3 Fizikalne lastnosti odpadnih vod

#### **Trdne snovi**

Vsebnost trdnih suspendiranih snovi (v nadaljevanju SS) v odpadni vodi je ena od najpomembnejših fizikalnih lastnosti odpadne vode. Odpadna voda namreč lahko vsebuje veliko različnih SS, ki jih delimo v več skupin glede na velikost delcev. Vrsta SS in velikost ter porazdelitev delcev je odvisna predvsem od nastanka odpadne vode.

#### **Motnost**

Z motnostjo definiramo prepustnost svetlobe skozi vzorec odpadne vode. Motnost je odvisna predvsem od vsebnosti koloidnih delcev, ki sipajo ali pa absorbirajo svetlobo in s tem ovirajo njeno prepustnost skozi vzorec, prav tako pa je motnost odvisna od drugih finih SS, prisotnih v vodi.

## **Temperatura**

Temperatura odpadne vode je prav tako zelo pomembna fizikalna lastnost odpadne vode, saj je od temperature odvisna hitrost kemijskih in biokemijskih reakcij. Temperatura odpadne vode je običajno nekoliko višja kot temperatura vode v vodovodnem sistemu, predvsem pa je odvisna od nastanka odpadne vode ter seveda tudi od lokacije nastanka odpadne vode. Za čiščenje odpadne vode je dobrodošla čim višja temperatura odpadne vode, saj se z višjo temperaturo dviguje hitrost biokemijskih procesov. Prav tako pa se z višanjem temperature znižuje topnost kisika v odpadni vodi. Seveda pa dvig učinka čiščenja ne gre v nedogled, saj tudi previsoka temperatura negativno vpliva na potek bioloških procesov. Optimalna temperatura za aerobno čiščenje odpadne vode je tako nekje med 25 in 35° C.

## **Barva**

Barva odpadne vode je odvisna predvsem od vrste odpadne vode, prav tako na barvo vpliva tudi starost odpadne vode. Sveža komunalna odpadna voda je praviloma svetlo rjave do sive barve, ta pa se s staranjem spreminja, saj postaja vse temnejše siva. Intenziteta temnenja in sivenja barve odpadne vode je odvisna predvsem od oksidacijskih razmer, v katerih se odpadna voda nahaja oz. odvaja. V primeru anaerobnih razmer lahko odpadna voda postane skoraj popolnoma črne barve. Obarvanje povzročajo v odpadni vodi prisotni sulfidi.

## **Vonj**

Tudi vonj odpadne vode je odvisen predvsem od vrste odpadne vode ter starosti in oksidacijskih pogojev, v katerih se odpadna voda nahaja. Seveda se s staranjem odpadne vode stopnjuje neprijetnost vonja odpadne vode, kar je še izrazitejše, v kolikor se odpadna voda nahaja v anaerobnih razmerah. Neprijeten vonj povzročajo v odpadni vodi prisotni sulfidi.

## **Koncentracija**

S koncentracijo izražamo velikost prisotnosti neke snovi v odpadni vodi. Koncentracija neke snovi v odpadni vodi je definirana kot masa te snovi na enoto volumna odpadne vode. Po navadi se koncentracija izraža v mg/l, g/l ali kg/m<sup>3</sup>.



## **Specifična masa oz. gostota**

Specifična masa (gostota) neke odpadne vode je definirana kot masa odpadne vode na enoto volumna te odpadne vode pri določeni temperaturi. Specifična masa odpadne vode se izraža v  $\text{kg/m}^3$ .

## **2.3 Čiščenje komunalne odpadne vode**

Odvajanje odpadnih vod v vodotoke ali druge površinske vodne vire brez predhodnega čiščenja povzroča veliko onesnaženje in s tem škoduje okolju, posledično pa slabo vpliva na zdravje živali in ljudi. Za preprečevanje oz. zmanjševanje onesnaženja se odpadne vode pred odvajanjem v površinske vodne vire do določene mere očistijo. Čiščenje odpadnih voda se izvaja na najrazličnejših ČN. Poleg preprečevanja oz. omejevanja onesnaženja pa s čiščenjem dosegamo tudi nekatere druge cilje čiščenja odpadnih voda, kot so reciklaža nekaterih sestavin odpadnih voda ter nadaljnja uporaba ter ne nazadnje upoštevanje okoljskih predpisov in zadovoljevanje okoljskih zakonskih standardov.

Z razvojem področja čiščenja komunalnih odpadnih vod se je pojavilo že mnogo različnih sistemov čistilnih naprav za čiščenje odpadnih vod, vsem pa je skupno to, da delujejo po nekem ustaljenem načinu čiščenja, prilagojenem skupku procesov, ki jih delimo v več skupin oz. procesnih stopenj:

- predčiščenje,
- primarno čiščenje,
- sekundarno čiščenje in
- terciarno čiščenje.

Poleg osnovnih štirih postopkov oz. procesnih stopenj čiščenja odpadnih vod v zadnjem času poznamo tudi nekatere nekoliko bolj posebne vrste čiščenja odpadnih vod, ki jim pravimo napredno čiščenje. Ti postopki se uporabljajo predvsem za odstranjevanje mikroonesnaževal in so uporabljeni predvsem v industriji za čiščenje industrijskih odpadnih voda. Za čiščenje komunalnih odpadnih voda se običajno uporabljajo zgornji štirje postopki čiščenja, torej predčiščenje ter primarno, sekundarno in terciarno čiščenje (Roš, 2015).

## **Predčiščenje**

Predčiščenje ali mehansko čiščenje je odstranjevanje večjih trdnih delcev, ki v večini v odpadni vodi predstavljajo nesnago (npr. ostanki hrane ali kozmetični pripomočki, ki jih uporabniki odvržejo v toaletno školjko), ki bi v nadaljnjem procesu čiščenja povzročala precejšnje težave, predvsem v smislu mašenja črpalk in cevovodov. K predčiščenju pa spada tudi mehansko odstranjevanje peska ter olja in maščob. Prav tako pa je zaradi lastnosti odpadne vode včasih potrebno predčiščenje industrijske odpadne vode pred izpustom le-te v kanalizacijski sistem.

## **Primarno čiščenje**

Primarno čiščenje ali usedanje je postopek, pri katerem se običajno odstranjujejo usedljive snovi, ki se iz odpadne vode odstranijo kot tako imenovano primarno blato. Kakor predčiščenje je tudi primarno čiščenje mehanska stopnja čiščenja, ki mnogokrat delno poteka v istem času in prostoru (reaktorju).

## **Sekundarno čiščenje**

Sekundarno čiščenje je glavna stopnja čiščenja komunalnih odpadnih voda. Na tej stopnji poteka tako imenovani biološki del čiščenja, pri katerem se s pomočjo dodanih mikroorganizmov iz odpadne vode odstranijo oz. razgrajujejo prisotne organske snovi ter dušikove in fosforjeve spojine.

## **Terciarno čiščenje**

Terciarno čiščenje je nadaljnje ali dodatno čiščenje, ki se običajno izvaja po končani sekundarni stopnji čiščenja. S terciarno stopnjo želimo iz odpadne vode odstraniti preostanek razgradljivih organskih snovi ter dušikovitih in fosforjevih spojin, prav tako pa v terciarno stopnjo čiščenja uvrščamo tudi odstranjevanje preostalih suspendiranih snovi, bakterij in nekaterih toksičnih snovi. Na tej stopnji se uporabljajo predvsem kemijski in fizikalno-kemijski postopki čiščenja odpadnih vod.

### 2.3.1 Sistemi čiščenja odpadnih vod

Čiščenje odpadnih vod pa delimo tudi glede na postopke čiščenja, in sicer glede na način odstranjevanja onesnaževal. Tako poznamo šest (6) glavnih postopkov čiščenja, ki jih nato lahko razdelimo na natančneje opredeljene postopke, to so:

- fizikalni postopki,
- fizikalno-kemijski postopki,
- kemijski postopki,
- biološki postopki,
- elektrokemijski postopki in
- dezinfekcija.

Ko govorimo o čiščenju komunalnih odpadnih vod, so bistvenega pomena biološki postopki čiščenja odpadnih vod, kar predstavlja sekundarno stopnjo čiščenja. Seveda je za učinkovit potek bioloških postopkov izjemnega pomena učinkovitost mehanske predobdelave odpadnih vod, kar predstavljata predčiščenje in primarna stopnja čiščenja. Poznamo mnogo raznolikih postopkov biološkega čiščenja odpadnih vod, zato se v grobem delijo na:

- naravne sisteme čiščenja odpadnih vod,
- sisteme čiščenja odpadnih vod s suspendiranim aktivnim blatom in
- sisteme čiščenja odpadnih vod s pritrjeno biomaso.

Pri vseh sistemih biološkega čiščenja odpadnih vod gre za razgradnjo organskih snovi s pomočjo mikroorganizmov, ki samo razgradnjo lahko opravljajo v različnih oksidacijskih razmerah. Biološko čiščenje odpadnih vod tako lahko poteka pri tako imenovanih aerobnih, anaerobnih ali anoksičnih razmerah.

#### **Naravni sistemi čiščenja odpadnih vod**

Naravni sistemi čiščenja odpadnih vod so biološki procesi, ki jih načeloma uporabljamo za čiščenje komunalnih odpadnih vod. K naravnim sistemom čiščenja odpadnih vod uvrščamo rastlinske čistilne naprave ter tudi lagune in namakalna polja, ki pa so v večini primerov uporabljena kot terciarna stopnja čiščenja.

## **Sistemi čiščenja odpadnih vod z aktivnim blatom**

Sistem čiščenja odpadnih vod z aktivnim blatom je najbolj razširjen sistem čiščenja odpadnih vod, pri katerem gre za čiščenje s suspendirano biomaso pri aerobnih pogojih. Ta sistem se uporablja pretežno za odstranjevanje organskih snovi ter raztopljenih in manjših neraztopljenih snovi iz odpadne vode, v zadnjem času pa se z nekoliko prilagojenimi procesi uporablja tudi za nitrifikacijo in denitrifikacijo, s čimer se iz odpadne vode odstranjujeta tudi amonijev in nitratni dušik.

Poznamo več različnih sistemov čiščenja odpadnih vod z aktivnim blatom, ki jih v grobem delimo na dva večja sistema čiščenja odpadnih vod z aktivnim blatom, in sicer:

- kontinuirani procesi in
- sistem šaržnega biološkega reaktorja (v nadaljevanju SBR), ki mu lahko pravimo tudi tako imenovani »napolni-in-izprazni« sistem z aktivnim blatom.

Biomasa oz. tako imenovano aktivno blato je v sistemih čiščenja z aktivnim blatom razpršena v reaktorju in za potek reakcije, torej oksidacijo organskih snovi in amonijevega dušika, potrebuje kisik, ki mora priti v stik z mikroorganizmi v odpadni vodi. Pri sistemih čiščenja z aktivnim blatom je torej pogoj prezračevanje oz. dovajanje zraka v reaktor.

### **Sistem šaržnega biološkega reaktorja**

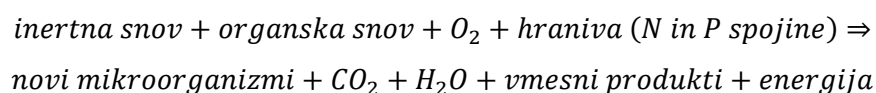
Sistem SBR je tehnologija čiščenja odpadnih vod z aktivnim blatom, katere posebnost je, da celoten proces biološkega čiščenja odpadne vode poteče v enem reaktorju. Gre za ti. »napolni-in-izprazni« sistem, kar pomeni, da v začetni fazi reaktor napolnimo s surovo odpadno vodo. Ta se v nadaljevanju v tem reaktorju očisti ter na koncu očiščena odvede iz reaktorja. Proces SBR poteka v fazah, in sicer:

- Faza polnjenja in prezračevanja, v kateri v reaktor priteka surova odpadna voda, hkrati pa se preko puhal v reaktor dovaja stisnjen zrak. V času polnjenja in prezračevanja v reaktorju simultano potekata nitrifikacija in denitrifikacija. V procesu nitrifikacije se v aerobnih pogojih amonijev dušik (v nadaljevanju  $\text{NH}_4\text{-N}$ ) oksidira v nitritni dušik (v nadaljevanju  $\text{NO}_2\text{-N}$ ) oz. nitratni dušik (v nadaljevanju  $\text{NO}_3\text{-N}$ ), medtem ko gre pri denitrifikaciji za redukcijo  $\text{NO}_3\text{-N}$  v dušik (v nadaljevanju  $\text{N}_2$ ) pri anoksičnih razmerah.

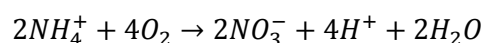
- Faza usedanja, v kateri se v kosme združeni mikroorganizmi usedajo na dno reaktorja. Nad usedenimi mikroorganizmi ostaja prečiščena odpadna voda. V zadnjih minutah faze se s fiksno nameščeno centrifugalno potopno črpalko iz njega odvaja presežno aktivno blato.
- Faza iztoka, ko se preko dekanterjev oz. prelivnikov prečiščena odpadna voda odvaja iz reaktorja.

Osnovni postopki, ki potekajo v sistemih šaržnega biološkega reaktorja, so naslednji:

- Biokemijska razgradnja organskih snovi v aerobnih razmerah, v prisotnosti mikroorganizmov:



- Oksidacija dušikovih spojin:



### **Sistemi čiščenja odpadnih vod s pritrjeno biomaso**

Sistemi čiščenja odpadnih vod s pritrjeno biomaso delujejo po podobnem principu kot sistemi čiščenja odpadnih vod z aktivnim blatom. Glavna razlika je v biomas, ki je pri sistemih čiščenja z aktivnim blatom razpršena v reaktorju, medtem ko je biomasa pri sistemu čiščenja s pritrjeno biomaso priraščena na takšne ali drugačne nosilce biomase. Najbolj razširjeni sistemi čiščenja s pritrjeno biomaso so rotirajoči biološki kontaktorji (v nadaljevanju RBC) ter različni biofiltri in precejalniki.

### **3 MATERIALI IN METODE**

#### **3.1 Centralna čistilna naprava Trbovlje**

Težnja k prijaznejšemu okolju in uvedba okoljske zakonodaje je vodstvo Občine Trbovlje spodbudila, da je udejanilo dolgoletna razmišljanja o izgradnji čistilne naprave in tako v letu 2005 pristopila k izvedbi projekta izgradnje čistilne naprave in kanalizacijske infrastrukture. S tem projektom, ki je bil zaključen leta 2009, so bili postavljeni temelji za ureditev odvajanja in čiščenja odpadnih vod na območju mesta Trbovlje, ki predstavlja aglomeracijo z ID 7540. Danes je kanalizacijski sistem zgrajen in izpopolnjen do te mere, da zagotavlja odvajanje, približno 97 % odpadne vode, ki jo proizvedemo občani občine Trbovlje. Ta odpadna voda se odvaja na CČNT, katera je septembra 2010 pričela z rednim obratovanjem in bila s strani OT v upravljanje predana izvajalcu GJS na območju OT Javnemu podjetju Komunala Trbovlje d.o.o. Projekt je bil delno financiran s strani občine Trbovlje, delno pa iz kohezijskega sklada EU, in sicer:

- Kohezijski sklad EU: 60 %
- Okoljska dajatev za odpadno vodo: 26 %
- Občina Trbovlje: 10 % in
- Ministrstvo za okolje in prostor: 4 %

##### **3.1.1 Predstavitev Centralne čistilne naprave Trbovlje**

CČNT je največja komunalna čistilna naprava v zasavski regiji z zmogljivostjo 19.000 PE. Nahaja se v južnem delu mesta Trbovlje, ob križišču regionalnih cest Trbovlje-most čez Savo in Trbovlje-Bevško-Zagorje ob Savi, ki je med domačini poznano kot križišče »pri Sušnik«. Je mehansko-biološka čistilna naprava, s SBR tehnologijo čiščenja.

Skozi mesto Trbovlje poteka kanalizacijsko omrežje, ki je razdeljeno na primarni vod in sekundarne kanalizacijske vode. Ti so pretežno zgrajeni v mešani tehnologiji, kar pomeni, da je v surovi odpadni vodi, ki priteka na CČNT visok delež padavinskih odpadnih vod. Dolžina celotne kanalizacije, ki se izteka na CČNT je 52.654 m, od tega je približno 73% mešanega, ostalo pa ločenega sistema. Trenutno je na CČNT priključenih 14.370 stalno prijavljenih prebivalcev OT, od skupno 14.815 prebivalcev, ki so stalno prijavljeni znotraj aglomeracije 7540. Poleg gospodinjstev se v javni kanalizacijski sistem zbira tudi industrijska odpadna voda. Največji obremenjevalci z industrijsko odpadno vodo so RTH d.o.o., Komunala Trbovlje d.o.o., Diotec d.o.o. in Avrigo d.o.o., ki skupno proizvedejo 18.175 m<sup>3</sup> industrijske odpadne vode na leto.



Slika 1: Satelitski posnetek CČN Trbovlje (vir: katastrski arhiv Komunale Trbovlje d.o.o.)

### 3.1.1.1 Obremenitev CČN Trbovlje

CČNT je dimenzionirana na obremenitev 19.000 PE, dejansko pa je trenutno obremenjena z 2.329 PE, kar predstavlja 12,26 % projektirane obremenitve. Tako nizka dejanska obremenitev CČNT je predvsem odraz trenutnih slabših gospodarskih razmer v občini, kar spremlja tudi nižanje števila prebivalstva in zmanjševanje količine industrijskih odpadnih vod zaradi zmanjševanja industrijske dejavnosti. Velik dejavnik za nizko obremenitev pa je tudi nizek odstotek ukinjenih grezničnih jam objektov, ki so priključeni na javno kanalizacijsko omrežje. V naslednji tabeli so podani podatki o projektnih in dejanskih obremenitvah CČNT. Dejanska obremenitev je podana za leto 2016.

Tabela 1: Obremenitev CČN Trbovlje (vir: arhiv Komunale Trbovlje d.o.o.)

	PROJEKTNA	DEJANSKA
<b>Obremenitev PE</b>	19.000	2.329
<b>Povprečni dnevni vtok (m<sup>3</sup>/d)</b>	4.091,70	3.249,8
<b>Maks. sušni vtok (m<sup>3</sup>/h)</b>	329,76	139,95
<b>Deževni vtok (m<sup>3</sup>/h)</b>	607,83	189,03
<b>Kemijska potreba po kisiku KPK (kg/d)</b>	2.280	893,69
<b>Biokemijska potreba po kisiku BPK<sub>5</sub> (kg/d)</b>	1.140	139,71
<b>Neraztopljene snovi SS (kg/d TS)</b>	1.330	549,77

### 3.1.1.2 Vplivi CČN Trbovlje na okolje

CČNT je sicer locirana izven strogega poselitvenega območja in tako načeloma nima neposrednega vpliva na kakovost bivanja občanov. V neposredni bližini CČNT sta dva stanovanjska objekta, katerih prebivalci pa posledic oz. vpliva CČNT ne čutijo, saj ob normalnih obratovalnih pogojih ne povzročajo povečanega smradu, ki nastaja v takšni meri, da ostaja v okvirjih področja CČNT. Prav tako izven okvirjev CČNT ni čutiti vpliva hrupa, saj so vsi prostori, v katerih se proizvaja višja emisija hrupa, ustrezno zvočno izolirani in proizvodnja hrupa omejena na delovni čas CČNT. Hrup se proizvaja predvsem pri dehidraciji blata in pri obratovanju kompresorjev ter dizelskega elektro-agregata, ki pa so nameščeni v posebno zvočno izoliranem objektu.

Seveda pa s čiščenjem odpadne vode nastajajo tudi določeni odpadki, ki jih je treba ustrezno obdelati. Zaradi manjših količin teh odpadkov jih oddajamo v obdelavo podjetjem, ki se ukvarjajo s predelavo oz. obdelavo različnih odpadkov, saj bi bila investicija v sisteme za predelavo teh odpadkov vsekakor za CČNT nerentabilna. Na CČNT s procesom čiščenja odpadnih vod tako nastajajo naslednji odpadki:

- 19 08 01 – ostanki na grabljah in sitih;
- 19 08 02 – odpadki iz peskolovov;
- 19 08 05 – blato iz čiščenja komunalnih odpadnih voda;
- 19 08 09 – mešanice masti in olj iz ločevanja olja in vode, ki vsebujejo le jedilna olja in masti;
- 20 03 01 – mešani komunalni odpadki.



Tabela 2: Količine odpadkov, proizvedenih na CČN Trbovlje, t/leto (vir: arhiv Komunale Trbovlje d.o.o.)

Klasifikacijska št. odpadka	2011	2012	2013	2014	2015	2016
19 08 01	n.p.	n.p.	7,07	12,52	7,58	21,52
19 08 02	n.p.	n.p.	1,08	16,16	15,12	11,02
19 08 05	332,63	755,58	656,81	752,26	873,19	665,18
19 08 09	10,00	60,00	45,50	55,00	60,00	60,30
20 03 01	0,90	0,90	1,75	1,75	1,75	1,75

Količina mešanih komunalnih odpadkov pod klasifikacijsko številko 20 03 01 je izračunana na podlagi števila zaposlenih po principu, določenem v Elaboratu o oblikovanju cene storitve zbiranja določenih vrst komunalnih odpadkov in zbiranja biološko razgradljivih kuhinjskih odpadkov in zelenega odpada v občini Trbovlje.

V skladu z Uredbo o odpadkih (Ur. l. RS, št. 37/15 in 69/15) mora imeti vsak povzročitelj odpadkov, pri katerem v enem koledarskem letu nastane več kot 150 t odpadkov ali 200 kg nevarnih odpadkov, izdelan načrt gospodarjenja z odpadki, s katerim opredeljuje ukrepe za preprečevanje nastajanja ali zmanjševanje nastajanja odpadkov ter ravnanje z nastalimi odpadki. Ker tudi na CČNT letno nastaja več kot 150 t odpadkov, ima ta objekt prav tako izdelan načrt gospodarjenja z odpadki, ki se ga izdeluje za obdobje štirih let.

Poleg načrta gospodarjenja z odpadki pa mora imeti vsaka ČN izdelan tudi načrt ravnanja z blatom, ki se prav tako kot načrt gospodarjenja z odpadki vsaka štiri leta izdelata na novo. Tako se z blatom iz CČNT ravna v skladu z Načrtom gospodarjenja z blatom za objekt Centralne čistilne naprave Trbovlje za obdobje 2017-2020.

Prav tako se skladno z Načrtom gospodarjenja z odpadki za objekt Centralne čistilne naprave Trbovlje za obdobje 2017-2020 odpadki oddajajo v predelavo prevzemnikom odpadkov, ki posamezen odpadek ustrezno odlagajo oz. predelujejo.

#### *19 08 01 Odpadki na grabljah in sitih*

Na podlagi opravljenih analiz in ocene odpadka »Odpadki na grabljah in sitih« je bilo ugotovljeno, da odpadek presega mejno vrednost prisotnosti raztopljenega organskega ogljika (v nadaljevanju DOC). Prisotnega je namreč 18.300 mgC/kgSS, kar pomeni, da odpadek ni primeren za odlaganje na odlagališča za nenevarne odpadke. Zato se odpadek oddaja v predelavo podjetju, ki ima okoljevarstveno dovoljenje (v nadaljevanju OVD) za ravnanje z nevarnimi odpadki te vrste.

#### *19 08 02 Odpadki iz peskolovov*

Na podlagi opravljenih analiz in ocene odpadka »Odpadki iz peskolovov« je bilo ugotovljeno, da odpadek sicer presega mejne vrednosti TOC in žaroizgube, vendar Uredba o odlagališčih odpadkov (Ur. l. RS, št. 10/14, 54/15 in 36 /16) določa, da sta mejni vrednosti TOC in žaroizgube lahko preseženi, v kolikor DOC ne presega mejne vrednosti v izlužku materiala, s tem pa odpadek zadošča kriterijem za nenevaren odpadek. Odpadek se tako odlaga na deponijo nenevarnih odpadkov.

#### *19 08 05 Blato iz čiščenja komunalnih odpadnih voda*

V skladu z Uredbo o odpadkih (Ur. l. RS, št. 37/15 in 69/15), Uredbo o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Ur. l. RS, št. 99/13 in 56/15) ter Uredbo o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Ur. l. RS, št. 62/08) je bilo na podlagi izdelane ocene odpadka »Blato iz čiščenja komunalnih odpadnih voda« ugotovljeno, da blato iz CČNT zaradi nekoliko preseženih mejnih vrednosti kadmija (Cd), bakra (Cu), živega srebra (Hg) in cinka (Zn) ni primerno za uporabo v kmetijstvu. Blato iz CČN Trbovlje se tako oddaja prevzemniku odpadkov, ki ima OVD za ravnanje z blatom iz čiščenja komunalnih odpadnih vod.

#### *19 08 09 Mešanice masti in olj iz ločevanja olja in vode, ki vsebujejo le jedilna olja in masti*

V procesu čiščenja komunalnih in padavinskih odpadnih vod se iz le-teh odstranijo tudi manjše količine ti. maščob, ki so pretežno gospodinjanskega izvora, torej vsebujejo le jedilna olja in masti. Odpadek se v predelavo oddaja podjetju s primerno tehnologijo in OVD za ravnanje z odpadkom »Mešanice masti in olj iz ločevanja olja in vode, ki vsebujejo le jedilna olja in masti.«

### *20 03 01 Mešani komunalni odpadki*

Poleg ostalih specifičnih odpadkov med procesom čiščenja komunalnih in padavinskih odpadnih vod na CČNT nastajajo tudi manjše količine mešanih komunalnih odpadkov, ki se jih transportira v predelavo v regijski center za ravnanje z odpadki.

## **3.2 Proces čiščenja odpadne vode na CČN Trbovlje**

Glede na vhodne podatke o komunalnih odpadnih vodah, ki so bile analizirane pred zasnovo CČNT, se je izvajalec projekta v sodelovanju z investitorjem, OT, odločili za kombinacijo več različnih postopkov čiščenja odpadnih vod, ki skupaj tvorijo celoten proces čiščenja odpadnih vod, ki se dovajajo na CČNT. Gre za precej običajno izbiro, ki je v zadnjem času zelo pogosto uporabljena, sploh pri ČN primerljivih velikosti, saj se je tako iz uporabnega kakor tudi ekonomskega vidika ta sistem pokazal za nekako najenostavnejšega in hkrati najučinkovitejšega. Tako se na CČNT izvaja kombinacija treh postopkov čiščenja komunalne odpadne vode, in sicer:

- **mehansko čiščenje**, s čimer se iz odpadne vode odstranjuje neraztopljene snovi,
- **biološko čiščenje**, s čimer se iz odpadne vode odstranjuje razgradljive organske snovi in dušikove spojine ter
- **kemijsko čiščenje**, s čimer se iz odpadne vode odstranjuje fosforjeve spojine.

Poleg naštetih postopkov pa je bila že med fazo izvedbe projekta načrtovanja in izgradnje CČNT predvidena tudi dodatna, terciarna stopnja čiščenja. Ta je predvidena kot dodatna dezinfekcija prečiščene odpadne vode pred samim izlivom v vodno telo. V ta namen je pred izlivom v vodno telo vgrajena naprava za UV dezinfekcijo. Trenutne mejne vrednosti za iztok iz CČNT, ki so dosežene že s sekundarno stopnjo čiščenja odpadne vode, puščajo manevrski prostor za zniževanje obratovalnih stroškov, saj obratovanje naprave za UV dezinfekcijo ni potrebno, s čimer so obratovalni stroški močno optimizirani. Vsekakor pa je vgrajena naprava ustrezno umeščena v sam proces in redno kontrolirana ter tako pripravljena za uporabo v vsakem trenutku.

### 3.2.1 Tehnološki proces čiščenja odpadne vode na CČN Trbovlje

Kot vsak tehnološki proces ima tudi tehnološki proces čiščenja odpadne vode na CČNT načrtan, natančno določen sistem poteka samega procesa, ki je bil skrbno preučen in načrtovan že v fazi načrtovanja objekta. Sestavni del projektne dokumentacije je tudi za upravitelja zelo pomembna tehnološka shema, ki je priloga magistrskemu delu. Iz tehnološke sheme je razviden potek tehnološkega procesa čiščenja odpadne vode na CČNT. V tehnološki shemi so označene in definirane posamezne procesne postaje oz. tehnološki objekti, na katerih poteka tehnološki proces. Tehnološki proces čiščenja odpadne vode na CČNT je tako razdeljen na naslednje osnovne sklope:

- vstopno črpališče s finimi grabljami,
- prezračen peskolov z lovilnikom maščob,
- sekvenčni bazeni (v nadaljevanju SB),
- merilnica pretoka in UV dezinfekcija,
- zgoščevalnik in zalogovnik blata,
- strojno zgoščanje blata,
- postaja za sprejem vsebin iz greznic,
- kompresorska postaja in
- elektroagregat.

Odpadna voda pa seveda na ČN ne prispe v tistem trenutku, ko zapusti mesto nastanka. Ko npr. uporabnik spusti vodo v straniščno školjko, se začne pot odpadne vode, ki jo mora ta premagati, preden se sploh prične proces čiščenja. Pot odpadne vode poteka po kanalizacijskem omrežju, ki je v tem primeru postavljeno po celotnem območju aglomeracije, za katero je CČNT zgrajena. Najprej odpadna voda potuje od mesta nastanka do mesta priključitve povzročitelja oz. uporabnika na javno kanalizacijsko omrežje, ki je povezano s čistilno napravo. Infrastruktura, ki je povezava med povzročiteljem in javnim kanalizacijskim omrežjem, se imenuje interni priključek in je v lasti in upravljanju vsakega posameznega povzročitelja oz. uporabnika. Javno kanalizacijsko omrežje, ki je, tako kot CČNT, v upravljanju izvajalca GJS odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode na območju OT, je sestavljeno iz kanalizacijskih vodov. Ti so razdeljeni na primarni vod in sekundarne kanalizacijske vode ter razbremenilne objekte, ki so zgrajeni pred priključki sekundarnih vodov na primarni kanalizacijski vod. Zaradi izjemnih dvigov pretokov v prvih trenutkih nalivov je treba omejiti dotok v primarni vod zaradi preobremenitve. Prav tako pa bi trenutni izjemni dvigi pretokov povzročali velike težave tudi na sami ČN.

### 3.2.2 Vstopno črpališče s finimi grabljami

Ko odpadna voda po primarnem kanalizacijskem vodu doseže ČN, v samo CČNT vstopa preko prvega sklopa, ki se imenuje vstopno črpališče s finimi grabljami. Ob vstopu se odpadna voda najprej mehansko, s pregrado, razdeli na dva približno enaka dela, ki nato vsak posebej dosežeta prvo stopnjo mehanskega čiščenja, ki se izvaja na paru elektromotornih, rotirajočih finih grabelj. S pomočjo finih grabelj se iz odpadne vode odstranjujejo mehanski delci, ki so prisotni v odpadni vodi.



Slika 2: Fine grablje (vir: arhiv Komunale Trbovlje d.o.o., 2012)

Fine grablje s pomočjo posebnih, z verigo vodenih lamel, ki so narejene iz perforiranega, nerjavečega jekla, najprej iz dotoka odpadne vode odstranjujejo mehanske delce, ki jih transportirajo v poseben vijačni pralnik, ki je sestavni del finih grabelj. Na vijačnem pralniku se iz odpadne vode odstranjeni mehanski delci do določene mere operejo in vijačno transportirajo naprej v kompaktor, ki je nameščen na koncu vijačnega transporterja, tik preden se mehanski delci odlagajo v posebej za to namenjene zabojnike.

Ko se surova odpadna voda pretoči skozi fine grablje in se iz nje odstranijo mehanski delci, se ta gravitacijsko izlije v vstopno črpališče, v katerem so nameščene tri centrifugalne potopne črpalke, s pomočjo katerih se surova odpadna voda prečrpava v nadaljevanje procesa. Potopne črpalke ves čas delujejo izmenično ter so dimenzionirane tako, da v normalnih in sušnih pogojih vso surovo odpadno vodo uspe prečrpati ena sama, medtem ko se ob močnejših vtokih vklopi še druga črpalka, tako da hkrati črpata dve črpalke, tretja črpalka pa je vedno v pripravljenosti in čaka na morebiten vklop. Črpalke se vklapljujejo izmenično, in sicer po sistemu najmanj opravljenih delovnih ur.

### 3.2.3 Prezračen peskolov z lovilnikom maščob

Centrifugalne potopne črpalke, ki so nameščene v vstopnem črpališču, surovo odpadno vodo črpajo v ti. prezračen peskolov z lovilnikom maščob. Manjši trdni delci, ki v odpadni vodi ostanejo kljub čiščenju s finimi grabljami, se zaradi svoje teže usedajo na dno konusno oblikovanega bazena. Gre predvsem za pesek manjše granulacije. Na dnu konusnega bazena, kamor se usedajo manjši trdni delci, je nameščena črpalka za mulj, ki mešanico odpadne vode in usedenih trdnih snovi prečrpava v napravo, ki ji pravimo pralnik peska. Tu se pesek loči od odpadne vode in se opran ter delno odcejen s pomočjo vijačnega transporterja odlaga v posebej za to namenjene zabojnike, odpadna voda pa iz pralnika peska odteka nazaj v proces čiščenja preko postaje za sprejem vsebin iz greznic.

V bazenu so nameščena manjša puhala, ki ves čas izmenično vpihavajo stisnjen zrak predvsem z namenom mešanja in preusmerjanja maščob z gladine na za to določeno mesto. Hkrati pa stabilizirajo začasno uskladiščene surove odpadne vode. Maščobe se nabirajo na gladini in so s pomočjo puhal preusmerjene v del bazena, kjer so nameščene posebne posnemalne lopatice, ki plavajoče maščobe odstranjujejo oz. transportirajo v poseben zalogovnik za maščobe.



Slika 3: Prezračen peskolov z lovilnikom maščob (vir: osebni arhiv)

Bazen je z vertikalno pregrado, ki poteka vse od vrha do globine 1,5 m nad dnom, ločen na dva dela. V prvem delu se, kot je opisano v prejšnjih dveh odstavkih, odstranjujejo pesek in maščobe, v drugem delu bazena pa se s pomočjo dveh dozirnih črpalk, ki delujeta izmenično, po sistemu najmanj opravljenih delovnih ur, odpadni vodi dodaja koagulant, železov (III) klorid ( $\text{FeCl}_3$ ) za obarjanje fosforja. Poleg doziranja  $\text{FeCl}_3$ , pa se v tem delu s pomočjo štirih prelivnih posod selekcionira dotok v posamezne SB. Vsaka od štirih prelivnih posod je s cevjo povezana z enim izmed SB, kjer je neposredno ob vtoku v bazen nameščena loputa, ki je gnana z elektromotornim pogonom in avtomatično vodena preko nadzornega sistema.



Slika 4: Prelivne posode (vir: osebni arhiv)

### 3.2.4 Sekvenčni bazeni

Surova odpadna voda iz prezračenega peskolova z lovilnikom maščob priteka v SB preko prelivnih posod in loput, ki regulirajo dotok odpadne vode po SB. SB so štirje, proces čiščenja v njih pa poteka v treh fazah, in sicer fazi vtoka in aeracije, ki traja dve uri ter fazi usedanja in fazi iztoka, ki obe trajata po eno uro. Celoten cikel torej traja štiri ure, kar pomeni, da se v roku 24 ur izvede šest ciklov ter ob štirih SB pomeni, da vsi štirje bazeni vedno delujejo hkrati, vendar vsak v svoji fazi, torej izmenično. Delovanje vseh štirih SB torej poteka ciklično, v programsko nastavljenem zaporedju in delujejo 24 ur kontinuirano, brez mirovanja.

Surova odpadna voda v posamezen SB priteka v ti. selektorskem delu, kjer se s pomočjo fizičnih pregrad in povratnega toka aktivnega blata iz reaktorja odstranjujejo razgradljive organske frakcije z encimskimi mehanizmi, s čimer se prisotni mikroorganizmi selekcionirajo, prav tako pa je s tem zmanjšana možnost nastajanja nitastih mikroorganizmov, ki v reaktorjih povzročajo napihovanje in penjenje blata. Povratni tok aktivnega blata iz reaktorja se v selektorski del prečrpava s fiksno nameščeno centrifugalno potopno črpalko. Gre za prečrpavanje aktivnega blata v selektorski del z namenom ustvarjanja takojšnjega stika surove odpadne vode z aktivnim blatom ob vtoku v SB in s tem vzpostavitev homogene zmesi. V reaktorjih poteka biološko čiščenje, za kar je treba regulirati ti. aktivno blato, ki je mešanica mikroorganizmov in surove odpadne vode, pomeni pa, da mikroorganizmi za svojo rast in razmnoževanje porabljajo organske snovi, prisotne v odpadni vodi, prav tako pa so mikroorganizmi pomembni in potrebni za potek postopkov nitrifikacije in denitrifikacije.



Slika 5: Sekvenčna bazena, levi v fazi vtoka in aeracije ter desni v fazi usedanja (vir: osebni arhiv)



V prvi fazi, torej fazi vtoka in pezračevanja oz. polnjenja in prezračevanja, v reaktor priteka surova odpadna voda, hkrati pa se preko membranskih puhal, ki so razporejena na dnu vsakega reaktorja, dovaja stisnjen zrak. Za pravilno regulacijo koncentracije raztopljenega kisika (v nadaljevanju DO) je v vsakem reaktorju nameščena kisikova sonda. V času polnjenja in prezračevanja tako simultano potekata nitrifikacija in denitrifikacija. V procesu nitrifikacije se v aerobnih pogojih  $\text{NH}_4\text{-N}$  oksidira v  $\text{NO}_2\text{-N}$  oz.  $\text{NO}_3\text{-N}$ , medtem ko gre pri denitrifikaciji za redukcijo  $\text{NO}_3\text{-N}$  v  $\text{N}_2$  pri anoksičnih razmerah, kar pomeni, da mikroorganizmi, ko ni več DO, za vir kisika uporabljajo  $\text{NO}_3^-$ .

Fazi vtoka in prezračevanja sledi faza usedanja. V tej fazi se v kosme združeni mikroorganizmi usedajo na dno reaktorja, nad usedenimi mikroorganizmi pa ostaja prečiščena odpadna voda, ki je pripravljena na odvod iz reaktorja. V zadnjih minutah faze usedanja se z v reaktorju fiksno nameščeno centrifugalno potopno črpalko, iz njega odvaja ti. presežno blato, ki teče v ti. zgoščevalnik in zalogovnik blata. Čas prečrpavanja se nastavlja ročno, glede na rezultate analize volumna aktivnega blata.

Zadnja faza vsakega cikla pa je faza iztoka, ko se preko dekanterjev oz. prelivnikov, ki so nameščeni v reaktorjih, prečiščena voda izteka do merilnice pretoka in UV dezinfekcije. Prelivniki so bili sprva plavajoči, vendar so se zaradi prisotnosti neraztopljenih snovi v prvih minutah iztoka preuredili, tako da so mehansko vodeni preko elektromotornih pogonov. Svoj položaj spreminjajo glede na meritve nivoja v posamičnem reaktorju, v fazi iztoka pa se spustijo na gladino, od koder odstranijo prečiščeno vodo. Celotno fazo iztoka so tako prelivniki v plavajočem položaju, ob zaključku faze pa se vrnejo v prisilni položaj, nekaj centimetrov od gladine vsebine reaktorja.



Slika 6: Prelivnik v sekvenčnem bazenu (vir: osebni arhiv)

### 3.2.5 Merilnica pretoka in UV dezinfekcija

Prečiščena odpadna voda se torej v fazi iztoka s pomočjo prelivnika odstrani iz posameznega SB in po gravitacijskem cevovodu doseže objekt, ki se imenuje merilnica pretoka in UV dezinfekcija. V tem prostoru je nameščen merilnik pretoka, ki meri količino vode, ki zapušča CČNT. Poleg merilnika pretoka, je v tem prostoru nameščena tudi merilna oprema za merjenje temperature in vrednost pH, prav tako pa je tukaj nameščen stacionarni vzorčevalnik, ki služi kontroli iztoka iz CČNT. Zgrajen pa je tudi prostor za vzorčenje s prenosnim vzorčevalnikom.

Poleg naštetih opreme je v tem prostoru pripravljena in nameščena naprava za UV dezinfekcijo odpadne vode.

### 3.2.6 Zgoščevalnik in zalogovnik blata

S procesom čiščenja odpadne vode nastaja precej stranskih produktov, odpadkov, ki jih je potrebno pred odlaganjem ali drugim načinom ravnanja z njimi primerno obdelati oz. pripraviti na nadaljnji proces. Največji del odpadkov predstavlja ti. presežno oz. odvečno blato, ki se iz procesa čiščenja izloča s prečrpavanjem iz reaktorja v zadnjih minutah faze usedanja. Presežno blato se s pomočjo na dnu reaktorja nameščene centrifugalne potopne črpalke prečrpava v zgoščevalnik in zalogovnik blata.

Ta služi kot prostor za shranjevanje presežnega blata pred nadaljnjo obdelavo. Glavni namen zgoščevalnika in zalogovnika blata je, kot to kaže že samo ime, zgoščanje presežnega blata pred nadaljnjo obdelavo na centrifugalnem dehidracijskem dekanterju. Učinkovitost dehidracije odvečnega blata je namreč precej odvisna od vstopne sušine suspenzije aktivnega blata. Višja kot je vstopna sušina suspenzije aktivnega blata, višje so načeloma tudi sušine samega mulja. Zgoščevalnik torej deluje na principu sedimentacije suhe snovi v suspenzije aktivnega blata, na gladini vsebine zgoščevalnika pa ostaja tekočina, ki se s pomočjo treh nivojskih zasunov gravitacijsko spušča iz zgoščevalnika ter se izteka nazaj v sistem čiščenja. Suspenzija aktivnega blata pa se s pomočjo vijačne črpalke prečrpava v centrifugo.

### 3.2.7 Strojno zgoščanje blata

Strojno zgoščanje ali dehidracija blata je končna obdelava odvečnega blata oz. suspenzije aktivnega blata. Neposredno pred vstopom suspenzije aktivnega blata v centrifugalni dehidracijski dekanter se suspenziji aktivnega blata iz zgoščevalnika in zalogovnika blata primeša flokulant, ki iz blata tvori kosme (flokule) in jih tako lažje loči od tekočine. Centrifuga, ki celoten proces pospešuje in izboljšuje, pa tako z vrtenjem pri 3.650 obr/min povzroča dehidriranje suspenzije aktivnega blata tako, da ob izstopu iz nje ostajata mulj in tekočina, ki jima pravimo centrifugat. Centrifugat se iz centrifuge izteka nazaj v sistem čiščenja, medtem ko se dehidriran mulj s sušino okrog 22 % s pomočjo vijačnih transporterjev odlaga v posebne zabojnike.



Slika 7: Centrifuga za dehidracijo blata in transportni postroj z zabojnikom (vir: arhiv Komunale Trbovlje d.o.o., 2012)

Flokulant je raztopina polielektrolita in vode, ki se pripravlja v posodi oz. napravi za pripravo polielektrolita in se nato s pomočjo vijačne črpalke dozira k dotoku suspenzije aktivnega blata v centrifugo. Obstajajo praškasti oz. suhi polielektroliti ter tekoči polielektroliti. Na CČNT se uporablja praškasti oz. suhi polielektrolit.



Slika 8: Naprava za pripravo polielektrolita (vir: arhiv Komunale Trbovlje d.o.o., 2016)

### 3.2.8 Postaja za sprejem vsebin iz greznic

Poleg surove odpadne vode iz kanalizacijskega omrežja CČNT v obdelavo sprejema tudi ne tako stabilne odplake, kot je surova odpadna voda. V pretežnem deležu so to vsebine iz grezničnih jam s področja občine Trbovlje. Poleg teh pa ima izvajalec GJS sklenjeni pogodbi za sprejemanje odpadnih vod iz čiščenja in praznjenja premičnih kemičnih WC kabin z območja občine Trbovlje ter sprejemanje izcednih vod iz regijskega odlagališča. Zaradi obremenjenosti teh odpadnih vod, le-teh ni mogoče dovažati in prazniti direktno na vtok v CČNT, zato je, ločeno od ostalega procesa, nameščena naprava za sprejem vsebin iz greznic.



Slika 9: Postaja za sprejem vsebin iz greznic (vir: osebni arhiv)

Gre za napravo, ki mehansko očisti vsebine, ki jih specialna komunalna vozila za prevoz vsebin iz greznic dovažajo na CČNT. Vozilo se s cevjo priklopi na napravo in gravitacijsko izprazni cisterno. Zaradi začetnih težav pri obratovanju smo pred samo napravo, na cevovod, vgradili drobilec nesnage, ki zmelje mehanske delce, prisotne v odpadni vodi. V nadaljevanju se v napravi, na podoben princip kot s finimi grabljami, iz odpadne vode odstranjujejo mehanski delci. Ti se s pomočjo vijačnega transporterja odlagajo v posebne zabojnike. Mehansko očiščena odpadna voda se gravitacijsko steka v zalogovnik vsebin iz greznic, ki je zgrajen pod samim objektom. V zalogovniku se vsebine iz greznic shranjujejo in ciklično, s pomočjo dveh potopnih črpalk, prečrpavajo v prezračen peskolov z lovilcem maščob, kjer se primešavajo k surovi odpadni vodi.

### 3.2.9 Kompresorska postaja

Pri SBR sistemu čiščenja odpadnih vod je prezračevanje eden osnovnih in najpomembnejših procesov oz. operacij, ki se izvajajo med samim procesom čiščenja. Poleg skrbno načrtovanega in izvedenega prezračevalnega tlačnega cevovoda in puhal ne gre brez vira zraka. Zrak se v prezračevalni sistem dovaja iz atmosfere, vendar je potrebno ta zrak iz atmosfere odvzeti ter pod tlakom vstaviti v sistem. V ta namen se uporabljajo puhala, ki zrak iz atmosfere sesajo, stiskajo ter nato stisnjenega oz. komprimiranega potiskajo v prezračevalni sistem.



Slika 10: Puhala v kompresorski postaji (vir: arhiv Komunale Trbovlje d.o.o., 2012)

Puhala so nameščena v ločenem objektu, kompresorski postaji. Puhala so tri, za vsakega, od dveh parov SB je nameščeno eno puhalo, tretje pa je rezervno. Puhala so tlačna in imajo urno kapaciteto 15.000 m<sup>3</sup>/h ter maksimalni tlak 1.000 mbar. Vsa tri puhala delujejo izmenično, po sistemu manjšega števila obratovalnih ur, vedno pa eno puhalo počiva in čaka na morebiten vklop.

### 3.2.10 Elektroagregat

Ker gre pri SBR sistemu čiščenja odpadnih vod za biološko čiščenje, torej z mikroorganizmi, ki so živa bitja, je potrebno neprekinjeno delovanje celotnega procesa. Prav tako je nemogoče za določeno časovno obdobje prekiniti dovod odpadne vode. Procesni del ČN mora tako delovati neprekinjeno, ne glede na okoliščine. V ta namen ima CČNT nameščen in instaliran elektroagregat moči 180 kW, ki v primeru izpada dobave električne energije iz omrežja skrbi za proizvodnjo električne energije za potrebe neprekinjenega procesa čiščenja.

Seveda tudi elektroagregat ob prekinitvi dobave električne energije ni nared v istem trenutku, saj kot vsak motor potrebuje nekaj sekund za zagon in predvsem za začetek proizvodnje električne energije. Za premostitev teh nekaj sekund ob preklopu iz napajanja iz omrežja na napajanje na elektroagregat so v vseh tehnoloških elektro omarah nameščene UPS baterije, ki so stalno pod napetostjo in so pripravljene za zagotovitev potrebne električne energije.

### **3.3 Meritve parametrov odpadne vode na CČN Trbovlje**

Za učinkovito in čim bolj optimalno delovanje vsake ČN je potreben ustrezen nadzor nad obratovanjem. Ustrezen nadzor pa lahko dosežemo le z rednimi meritvami in analizami parametrov, na podlagi katerih lahko prilagajamo in upravljamo delovanje posameznih segmentov ČN. Le z ustreznimi prilagoditvami lahko dosežemo cilj, h kateremu, kot dober upravljavec ČN, tudi stremimo.

Na vsaki ČN se tako izvajajo redni obvezni monitoringi, ki so predpisani. Poleg obveznih meritev se na ČN izvajajo redne meritve različnih parametrov, s pomočjo katerih upravljavci ČN redno prilagajajo in optimizirajo posamezne procese ter tako izboljšujejo učinke čiščenja in hkrati stremijo k čim nižjim obratovalnim stroškom. V večini primerov imajo ČN manjše, priročne laboratorije, v katerih se izvajajo analize.

#### **3.3.1 On-line meritve**

Praktično vse ČN imajo vzpostavljen sistem merilnih naprav, s pomočjo katerih se nadzoruje in upravlja proces čiščenja odpadne vode. Tudi CČNT ima vzpostavljen sistem on-line meritev, s pomočjo katerih se neprekinjeno spremljajo določeni parametri, in sicer:

- meritve nivoja odpadne vode v vstopnem črpališču,
- meritve pretoka na vtoku na ČN,
- meritve nivoja odpadne vode v vsakem od štirih reaktorjev posebej,
- meritve temperature odpadne vode v vsakem od štirih reaktorjev posebej,
- meritve koncentracije raztopljenega kisika v odpadni vodi v vsakem od štirih reaktorjev posebej,
- meritve pretoka odpadne vode na iztoku,
- meritve temperature odpadne vode na iztoku in
- meritve pH odpadne vode na iztoku.

Meritve nivojev so v večji meri namenjene krmiljenju črpalk in ostalim transportnim elementom na ČN, poleg tega pa si s pomočjo podatkov o nivojih pomagamo pri različnih izračunih, ki služijo pri upravljanju ČN. Prav tako nam pri izračunih pomagajo meritve pretokov. Podatki o temperaturi so pomemben podatek upravljavcu, saj je od temperature odvisna intenziteta kemijskih in bioloških procesov, ki potekajo v reaktorjih, s pomočjo pH meritve pa upravljavci ČN lahko dobijo prvo informacijo o učinkovitosti delovanja ČN. Najpomembnejša on-line meritev je vsekakor meritev koncentracije raztopljenega kisika v odpadni vodi, v vsakem posameznem reaktorju posebej, na podlagi katere se krmilijo puhala za dovajanje komprimiranega zraka v SB, kar je ključnega pomena pri delovanju ČN.

### 3.3.2 Obvezni obratovalni monitoring odpadnih voda

V skladu s Pravilnikom o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda (Ur. l. RS, št. 94/14 in 98/15) se na CČNT izvajajo občasna 24-urna reprezentativna vzorčenja. Kot narekuje Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda (Ur. l. RS, št. 94/14 in 98/15), se za komunalne ali skupne čistilne naprave z zmogljivostjo  $\geq 10.000 < 50.000$  PE izvede 12 meritev letno.

Vsaka meritev obsega odvzem 24-urnih reprezentativnih vzorcev na vtoku na ČN ter iztoku iz ČN. Vzorci se vzorčijo s prenosnim samodejnim vzorčevalnikom, ki zagotavlja odvzem enovitega vzorca, ki je sestavljen iz več naključnih vzorcev za nastavljeno časovno obdobje (24 ur). Enovit vzorec, odvzet s pomočjo samodejnega vzorčevalnika, nam poda informacijo o povprečnih lastnostih vzorca v časovnem obdobju. CČNT ima poseben prostor, kjer ima vgrajen stacionarni samodejni vzorčevalnik, s pomočjo katerega se izvaja kontrola parametrov prečiščene odpadne vode na iztoku. Poleg stacionarnega samodejnega vzorčevalnika je na iztoku nameščen tudi merilnik pretoka ter merilna sonda za merjenje temperature in pH, ki je nameščena v merilnem jašku na iztoku iz ČN.





Slika 11: Vzorčenje iztoka s prenosnim samodejnim vzorčevalnikom (vir: osebni arhiv)

Vzorčenje se izvaja približno 1-krat mesečno oz. obvezno 12-krat letno. Vzorce in analizo izvaja laboratorij, ki ima ustrezno akreditacijo za izvajanje potrebnih analiz. V skladu s Pravilnikom o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda (Ur. l. RS, št. 94/14 in 98/15) se na CČNT izvajajo analize parametrov z določenimi mejnimi vrednostmi, ki so podane v naslednji tabeli.



Tabela 3: Parametri obveznih meritev očiščene odpadne vode na CČNT ter pripadajoče mejne vrednosti (vir: arhiv Komunale Trbovlje d.o.o.)

PARAMETER	ENOTA	IZRAŽEN KOT	METODA	MEJNE VREDNOSTI (iztok)
<b>SPLOŠNI PARAMETRI</b>				
Pretok	l/s	-	merilnik pretoka CČN	-
pH	/	-	SIST ISO 10523:2010	6,5-9,0
temperatura	°C	-	SIST DIN 38404-C4:2000	30
neraztopljene snovi	mg/l	-	SIST ISO 11923:1998	35
<b>ANORGANSKI PARAMETRI</b>				
celotni fosfor	mg/l	P	SIST EN ISO 6878:2004, pogl. 8	2
amonijev dušik	mg/l	N	SIST ISO 5664:1996	10
celotni dušik	mg/l	N	ND: 5000/160, izdaja 4 interna metoda	15
<b>ORGANSKI PARAMETRI</b>				
KPK	mg/l	O <sub>2</sub>	SIST ISO 6060:1996 modificirana	110
BPK <sub>5</sub>	mg/l	O <sub>2</sub>	ISO 5815-2:2003	20

### 3.3.3 Interne analize odpadne vode

Poleg on-line meritev in obveznega obratovalnega monitoringa se na ČN izvajajo tudi nekatere druge redne meritve, s pomočjo katerih upravljavci uspešno upravljajo s procesom čiščenja odpadne vode na CČNT.



Slika 12: Stacionarni vzorčevalnik (vir: osebni arhiv)

Tako se na CČNT izvajajo občasne kontrolne analize iztoka, ki upravljavcem dajejo podatke o ustreznosti iztoka oz. jim dajejo natančne podatke o delovanju ČN. V ta namen je na CČNT v objektu, imenovanem »Merilnica pretoka in UV dezinfekcija«, nameščen stacionarni vzorčevalnik, ki se vklaplja po potrebi. Analiza vtoka na CČNT pa se načeloma ne izvaja, saj upravljavec nima nameščenega stacionarnega vzorčevalnika na vtoku oz. nima prenosnega vzorčevalnika, ki bi ga lahko po potrebi namestil na mesto za odvzem vzorca na vtoku odpadne vode na CČNT.



Slika 13: Priročni laboratorij (vir: osebni arhiv)

Odvzeti vzorci se nato analizirajo v priročnem laboratoriju, ki je v upravni stavbi CČNT. V laboratoriju je nameščena vsa potrebna oprema za občasno kontrolno nadziranje oz. analiziranje parametrov na iztoku odpadne vode iz ČN. Ker so analize, narejene v laboratoriju CČNT namenjene zgolj za interno uporabo in služijo upravljavcu le kot orodje za nadzor delovanja ČN in mu dajejo podatke o morebitnih napakah oz. pomanjkljivostih v procesu čiščenja odpadne vode, se le-te izvajajo s pomočjo tako imenovanih hitrih oz. kivetnih testov, ki so sodoben pripomoček za izvedbo analiz oz. ugotavljanja različnih parametrov, med drugim tudi parametrov, na katere morajo biti pazljivi upravljavci ČN.

### Kivetni testi

Kivetni testi so praktičen in natančen pripomoček za operativno analitiko, ki deluje na podlagi fotometrične analize. Za izvedbo kivetnih testov potrebujemo kivete, v katerih so reagenti, ki so odmerjeni in vstavljeni v kivete v točno določenih količinah in pripravljene na analize. Kivetne teste ločimo po posameznih parametrih, ki jih želimo analizirati, ter po merilnih območjih teh parametrov. Na CČNT se za namene kontrole uporabljajo kivetni testi, podani v naslednji tabeli.

Tabela 4: Seznam kivetnih testov, ki se uporabljajo za analizo odpadne vode na CČNT

PARAMETER	MERILNO OBMOČJE
<b>KPK</b>	0 - 150 mg/L O <sub>2</sub> 150 - 1000 mg/L O <sub>2</sub>
<b>Nitrat</b>	0,23 - 13,50 mg/L NO <sub>3</sub> -N 1 - 60 mg/L NO <sub>3</sub> -N
<b>Amonij</b>	0,015 - 2,0 mg/L NH <sub>4</sub> -N 2,0 - 47,0 mg/L NH <sub>4</sub> -N 0,02 - 2,5 mg/L NH <sub>4</sub> -N 2,5 - 60 mg/L NH <sub>4</sub> -N
<b>Fosfat</b>	0,5 - 5,0 mg/L PO <sub>4</sub> -P 1,5 - 15,0 mg/L PO <sub>4</sub> -P
<b>Celotni dušik</b>	5 - 40 mg/L TNb 10 - 100 mg/L TNb

#### *Potek analize s kivetnimi testi*

Vzorci odpadne vode odzamemo po opisanih postopkih, lahko pa preprosto z zajemalko odzamemo trenutni vzorec bodisi odpadne vode v ČN bodisi katere koli druge tekočine, ter jo v primernih embalažah dostavimo v laboratorij, kjer nato izvedemo analize.

V sveže kivete, kjer so natančno pripravljene reagenti, se vstavi točno odmerjen vzorec odpadne vode ter v nekaterih primerih, skladno z navodili proizvajalca kivet tudi natančno odmerjene reagente, ki so priloženi v zavojih kivet. V nekaterih primerih se tesno zaprte in po navodilih napolnjene kivete termično obdela v posebnem termobloku, najpogosteje pa jih le pustimo počivati, da poteče reakcija. Nato se kivete vstavi v spektrofotometer, kjer se določi vsebnosti posameznih parametrov, ki jih iščemo oz. ugotavljamo. Spektrofotometer je naprava, ki s pomočjo merjenja absorpcije svetlobe pri prehodu skozi raztopino vzorca izmeri vsebnost parametra v vzorcu, ki ga analiziramo. Vsebnost parametra določa na podlagi količine svetlobe, ki jo vstavljeni vzorec vpije. V aparaturi se na eni strani tvori svetlobni curek z znano svetilnostjo (določene valovne dolžine), ta curek sveti skozi vstavljeno kiveto z vzorcem ter na drugi strani meri število fotonov, ki prepotujejo skozi kiveto oz. vzorec. Ko foton trči z analitom, ga le-ta absorbira, to pomeni, da zmanjševanje fotonov pomeni višjo stopnjo absorpcije. Aparatura na podlagi znanih podatkov o poslanih in prejetih fotonih izračuna razliko ter s tem poda vsebnost iskanega parametra v vzorcu.



Slika 14: Levo spektrofotometer in desno termoblok(vir: osebni arhiv)

Čeprav kivetni testi, opravljeni v laboratoriju na CČNT, niso uradno uporabni oz. niso merodajni, predstavljajo zelo dobrodošlo, če ne že skoraj nepogrešljivo orodje za prikaz delovanja ČN.

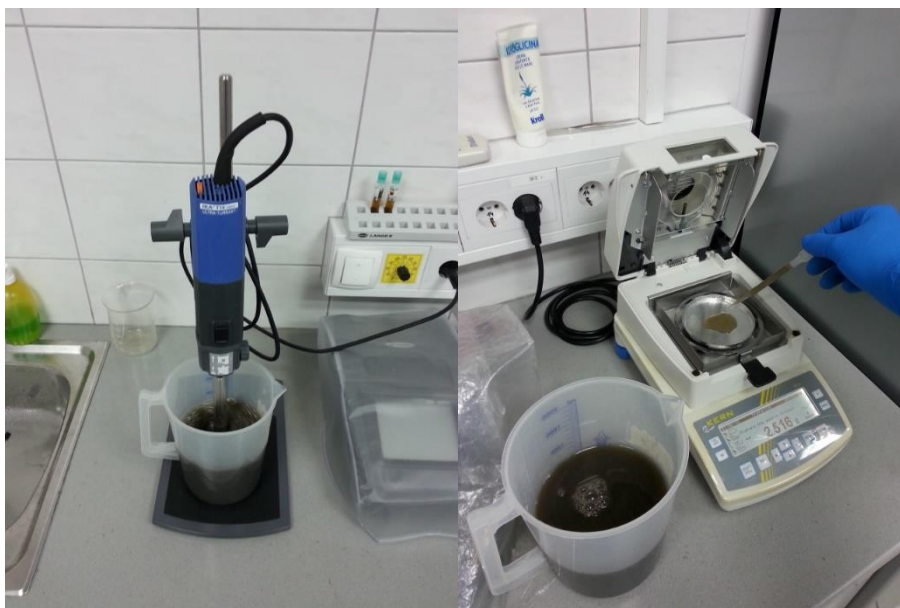
## Merjenje količine (volumna) aktivnega blata

Ključnega pomena za biološko čiščenje odpadne vode pa je tako imenovano aktivno blato, ki iz odpadne vode odstranjuje organske snovi. Za učinkovito delovanje v odpadni vodi prisotnega aktivnega blata in s tem doseganje optimalnih učinkov čiščenja mora upravljavec skrbeti, da je v sekvenčnih bazenih prisotna zadostna, a nikoli prevelika količina aktivnega blata primerne starosti. V ta namen se na ČN izvajajo tudi pogoste meritve volumna aktivnega blata, kar se izvaja z odvzemom trenutnega vzorca iz posameznega sekvenčnega bazena, in sicer v fazi prezračevanja, ko je zaradi vpihovanja komprimiranega zraka in posledičnega mešanja vsebine sekvenčnega bazena vsebina bolj ali manj homogena. Za določevanje volumna prisotnega aktivnega blata se odvzame 1000 ml trenutnega vzorca, ki se ga vstavi v sedimentacijski lij, ter se iz njega, po 30-minutnem mirovanju, odčita usedek aktivnega blata v 1000 mililitrskem vzorcu.



Slika 15: Sedimentacijski lij za merjenje usedljivosti (vir: osebni arhiv)

Poleg same usedljivosti pa je za določevanje starosti blata pomemben tudi odstotek suhe substance v vzorcu. Tako imenovana sušina odvzetega vzorca se določa s pomočjo posebnega analizatorja vlage, v katerem se, pri temperaturi 105° C, vzorec suši do prenehanja zmanjševanja mase. Vzorec najprej homogeniziramo s pomočjo posebnega laboratorijskega paličnega mešalnika ter ga s kapalko vstavimo na aluminijasti pladenj, ki je vstavljen na tehtalno površino v analizatorju vlage. Nato se vzorec v analizatorju vlage termično obdela do zelenega rezultata. Pridobljeni odčitek nam poda podatek o vsebnosti suhe substance v homogeniziranem vzorcu.



Sliki 16 in 17: Homogeniziranje vzorca in doziranje vzorca v analizator vlage (vir: osebni arhiv)

Podatka o volumnu aktivnega blata in vsebnosti suhe substance v vzorcu, nam da podatke o količini in starosti blata v posameznem sekvenčnem bazenu. Višji kot je volumen in nižja kot je vsebnost suhe substance, več je presežnega blata, ki ga je potrebno iz posameznega sekvenčnega bazena odstraniti.

### **Obdelava presežnega blata**

Poleg aktivnega blata je z vidika optimalnih stroškov obratovanja treba redno spremljati tudi blato na liniji blata. Presežno blato, ki ga s pomočjo centrifugalnih potopnih črpalk odvezamo iz sekvenčnih bazenov, se nalaga v zalogovniku blata. Tu se, s pomočjo gravitacijskega usedanja oz. sedimentiranja in posledičnega odstranjevanja tekočine, ki ostaja na gladini vsebine zalogovnika in zgoščevalnika blata, blato zgošča, ter nato iz zalogovnika s pomočjo vijačne črpalke prečrpava v centrifugo na postopek dehidracije.

Dehidracija predstavlja enega izmed največjih obratovalnih stroškov ČN. Prezemnik dehidriranega blata to storitev obračunava po teži proizvedenega dehidriranega blata, ki še vedno vsebuje precej vode. Na CČNT dehidrirano blato dosega ti. sušino približno 20-22 %, kar pomeni, da dehidrirano blato, ne glede na predhodno zgoščanje v zgoščevalniku ter dehidracije v centrifugi, še vedno vsebuje približno 78-80 % tekočine. To seveda pomeni, da višji kot je odstotek sušine dehidriranega blata, bolj optimalne stroške odstranjevanja dehidriranega blata imamo.



Slika 18: Suspenzija aktivnega blata in dehidrirano blato (vir: osebni arhiv)

Za doseganje najoptimalnejših rezultatov obdelave presežnega blata je treba pogosto ugotavljati vsebnosti suhe substance v posameznih fazah obdelave blata. Najprej je treba poznati vsebnost suhe substance v sami suspenziji aktivnega blata iz zalogovnika in zgoščevalnika blata, nato še vsebnost suhe substance v dehidriranem blatu. Na podlagi teh meritev se prilagajajo posamezni parametri delovanja centrifuge ter doziranja suspenzije aktivnega blata in polielektrolita. Izjemnega pomena pri dehidraciji blata s centrifugo pa je tudi spremljanje centrifugata oz. odstranjene tekočine iz suspenzije aktivnega blata. Več kot je v centrifugatu prisotnih blata in polielektrolita, več povratka pregnitega blata v sistem imamo, s čimer si praktično podvojujemo delo in stroške.

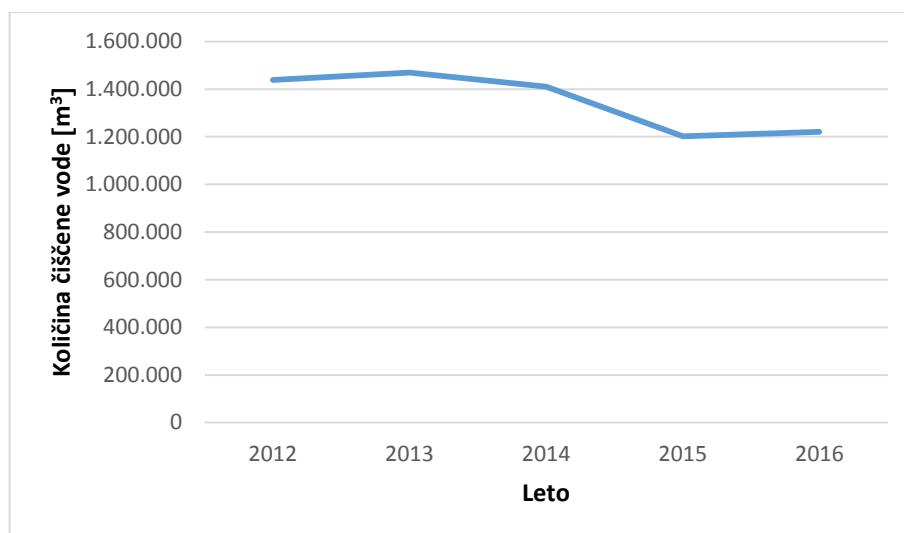
Pri obdelavi blata je torej potrebno skrbeti za čim višjo vsebnost suhe snovi v dehidriranem blatu pri čim nižji porabi polielektrolita ter čim čistejšem centrifugatu.

## 4 REZULTATI

### 4.1 Parametri odpadne vode na CČNT

Za analizo delovanja CČNT bomo v prvi fazi pregledali podatke, pridobljene z izvajanjem rednih letnih obratovalnih monitoringov. Za čim bolj optimalne vrednosti smo uporabili podatke za obdobje zadnjih petih let ter izračunali povprečne vrednosti 5-letnih monitoringov.

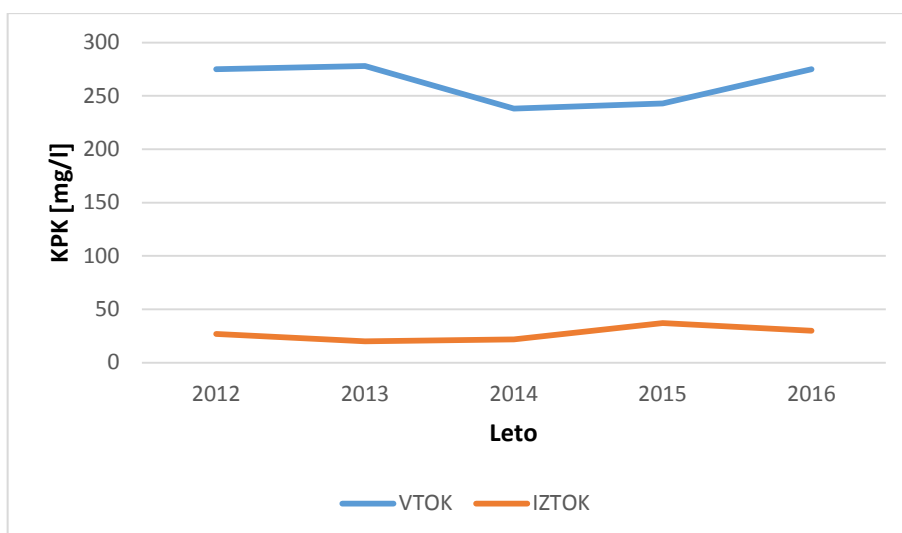
Kot je razvidno iz naslednjega grafikona, se količina vtoka na CČNT vsako leto nekoliko znižuje, kar je predvsem posledica ukrepov na kanalizacijskem sistemu, kjer se v čim večji meri ločuje meteorne odpadne vode od fekalnih, s čimer se razbremenjuje kanalizacijski sistem ter CČNT.



Grafikon 1: Vtok na CČNT

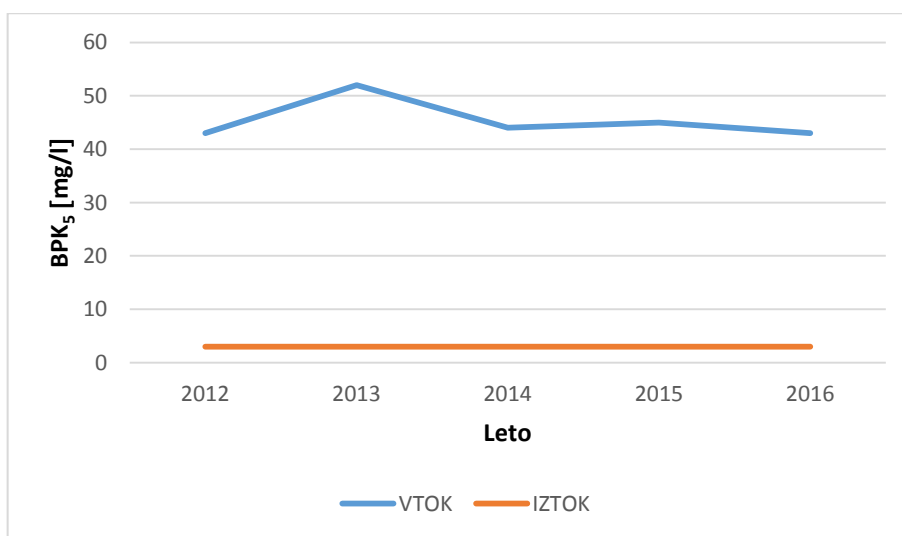
Iz priloge 2 je razvidno, da CČNT v splošnem deluje zadovoljivo, saj po letnih poročilih izpolnjuje vse predpisane mejne vrednosti parametrov. Ustreznost delovanja CČNT je prikazana v naslednjih grafikonih, kjer so prikazane primerjave različnih parametrov na vtoku in iztoku iz CČNT. V grafikonu 2 je prikazana primerjava letnih povprečji KPK na vtoku in na iztoku.





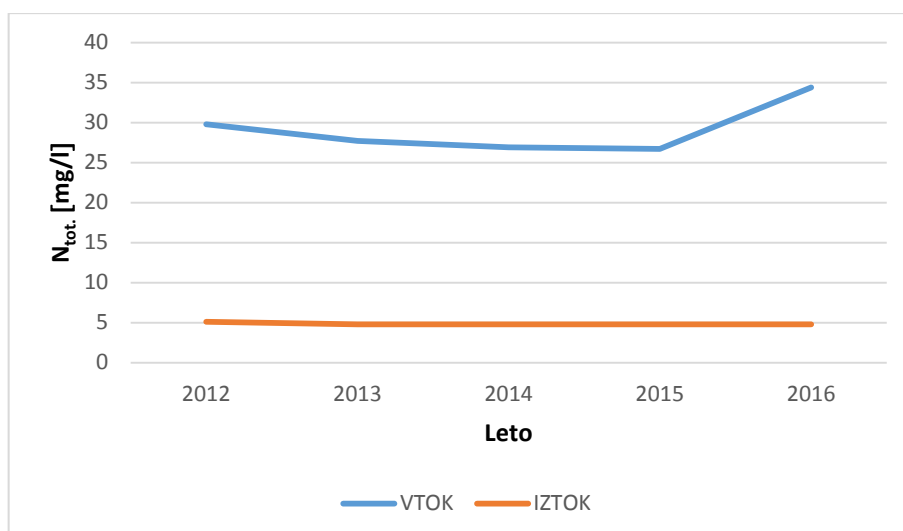
Grafikon 2: Primerjava KPK na vtoku in iztoku

Tako kot KPK je tudi po  $BPK_5$  redno dosežena zahtevana mejna vrednost na iztoku, kar je prikazano v naslednjem grafu. Zanimivo je, da je povprečna letna vrednost zadnjih pet (5) let konstantna, in sicer 3 mg/l, kar je razvidno iz grafikona 3.



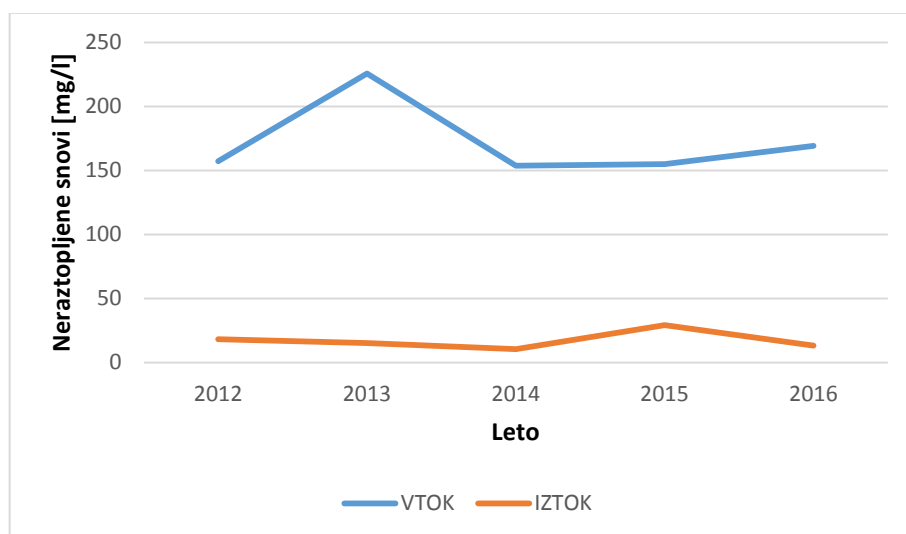
Grafikon 3: Primerjava  $BPK_5$  na vtoku in iztoku

Zadovoljivo delovanje CČNT se dobro vidi tudi pri pregledu rezultatov ostalih parametrov, npr. celotnega dušika, pri katerem je celo bolj pod vprašanjem učinek čiščenja kot mejne vrednosti, saj so že na vtoku koncentracije celotnega dušika precej nizke. Primerjava rezultatov na vtoku in iztoku je prikazana v Prilogi 2, v kateri lahko opazimo podobno zanimivost kot pri  $BPK_5$ , saj je tudi pri celotnem dušiku povprečna letna vrednost zadnjih štirih (4) let 4,8 mg/l.



Grafikon 4: Primerjava koncentracije celotnega vezanega dušika na vtoku in iztoku

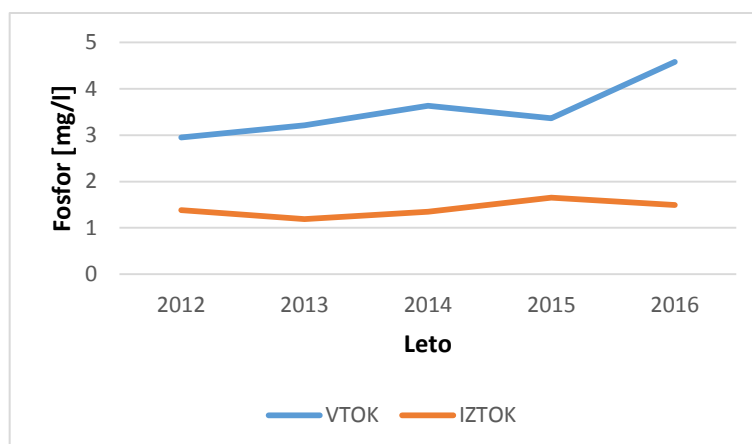
Ob pregledu rezultatov posameznih letnih monitoringov, ki so prav tako priloženi v prilogi 2, lahko ugotovimo manjša odstopanja oz. manjše presežke predpisanih mejnih vrednosti parametrov v posameznih mesecih, kar je predvsem posledica okvar ali poškodb na tehnološki opremi CČNT.



Grafikon 5: Primerjava vsebnosti neraztopljenih snovi na vtoku in iztoku

Iz grafikona 5 lahko vidimo povečano vsebnost neraztopljenih snovi na vtoku v letu 2013, kar je CČNT prenesla brez večjih težav, prav tako pa lahko opazimo povečano vsebnost neraztopljenih snovi na iztoku v letu 2015, kar je posledica mehanskih poškodb na tehnološki opremi CČNT.

Zanimivo je tudi konstantno višanje koncentracije fosforja na vtoku, to pa drastično ne vpliva na iztok iz CČNT, kar kaže na ustrezno obarjanje fosforja. Primerjava koncentracije fosforja je prikazana v naslednjem grafikonu.



Grafikon 6: Primerjava koncentracije fosforja na vtoku in iztoku

Opazimo lahko, da so v nekaterih primerih parametri na iztoku iz CČNT celo tako nizki, da je potrebno za delovanje v skladu s predpisanimi mejnimi parametri zadoščati učinku čiščenja. Vidimo lahko tudi, da je mogoče nekoliko zmanjšati obratovalne stroške, ne da bi kakor koli negativno vplivali na doseganje mejnih vrednosti parametrov odpadne vode na iztoku iz CČNT.

## 4.2 Obratovalni stroški CČNT

Stroški obratovanja vsake ČN so precej visoki, saj gre za kontinuirani proces, ki nepretrgoma deluje. Ob predstavitvi samega sistema delovanja CČNT smo ugotovili, da je sistem čiščenja odpadnih vod obsežen tehnološki proces, v katerem je v prvi vrsti ogromno neposrednih in posrednih porabnikov električne energije, prav tako pa so ČN veliki porabniki vodovodne vode, ki je potrebna za izpiranje in čiščenje tehnoloških naprav. Največji strošek vsake ČN pa zagotovo predstavljajo odpadki, ki jih s samim procesom odstranjujemo iz surove odpadne vode.

## Vodovodna voda

Pri delovanju tehnoloških naprav v sistemu čiščenja odpadnih vod je izjemnega pomena redno in dosledno čiščenje le-teh, saj v nasprotnem primeru ne dosegamo pričakovanih rezultatov. S prisotnostjo nepotrebne umazanije in ostankov odpadkov na tehnoloških napravah se zmanjšuje njihova učinkovitost ter obenem povečuje možnost okvar samih tehnoloških naprav.

Z namenom čiščenja tehnoloških naprav je na njih izveden sistem avtomatskega izpiranja in čiščenja, ali pa naprave čistimo fizično na določeno časovno obdobje oz. po potrebi. Največja količina vodovodne vode se zagotovo porabi pri avtomatskem izpiranju finih grabelj in čistilnih krtač ter pri avtomatskem izpiranju naprave za sprejem vsebin iz greznic. Naprava za sprejem vsebin iz greznic sicer deluje občasno oz. ob dovozih samih vsebin s specialnimi kanalizacijskimi vozili, medtem ko fine grablje delujejo neprekinjeno, na določen časovni interval in ves čas delovanja za izpiranje uporabljajo vodovodno vodo, kar predstavlja cca. 2/3 celotne porabe vodovodne vode. Ob izgradnji CČNT se je za celotno porabo vodovodne vode predvidela dobava vode iz javnega vodovoda, torej pitne vode. Strošek vodovodne vode je cca. 1,85 €/m<sup>3</sup>, kar je ocenjeno na podlagi trenutnega cenika izvajalca javne službe oskrbe s pitno vodo v občini Trbovlje.

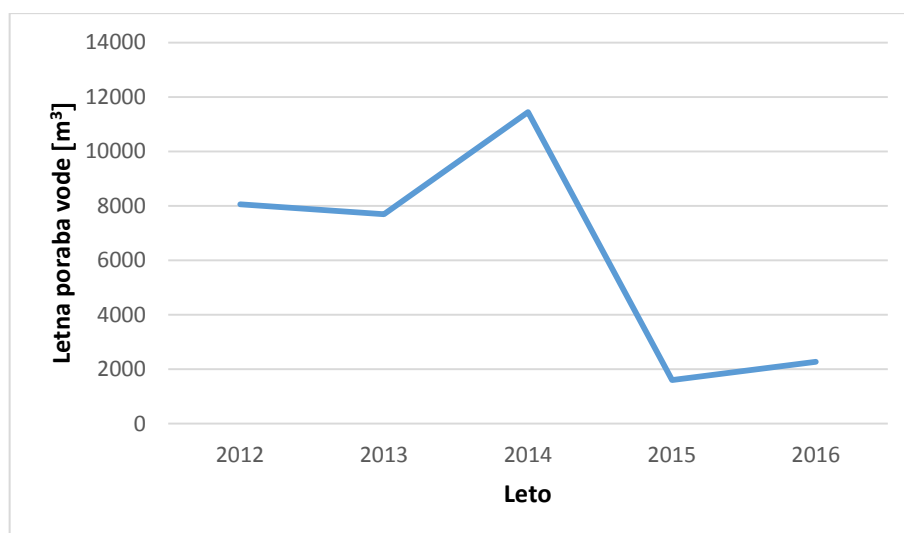
Tabela 5: Poraba vodovodne vode za izpiranje na CČNT (vir: arhiv Komunale Trbovlje d.o.o.)

	2012	2013	2014	2015	2016
<b>letno [m<sup>3</sup>]</b>	8.054	7.699	11.444	1.608	2.280
<b>povprečno mes. [m<sup>3</sup>]</b>	671	642	954	134	190

$$11.444 \times 1,85 = 21.171,4 \text{ €} + \textit{ostale dajatve}$$

$$2.280 \times 1,85 = 4.218 \text{ €} + \textit{ostale dajatve}$$

Iz tabele 6 in izračuna letnega stroška je razvidno, da se je v letu 2015 poraba pitne vode drastično znižala, kar je posledica ekološke investicije v sistem uporabe prečiščene odpadne vode za potrebe izpiranja tehnoloških naprav. Za lažji pregled je v nadaljevanju podan še graf gibanja porabe vodovodne vode.



Grafikon 7: Prikaz letne porabe pitne vode na CČNT

Dobava vodovodne vode sicer ne predstavlja velikega stroška, je pa zagotovo zaskrbljujoč podatek o porabi pitne vode pred izvedbo sistema uporabe prečiščene odpadne vode v tehnološke namene. Z izvedbo sistema uporabe prečiščene odpadne vode v tehnološke namene se je poraba pitne vode iz javnega vodovodnega omrežja zmanjšala za cca. 2/3, kar je občutno zmanjšalo obratovalne stroške, predvsem pa to predstavlja dober primer ekološko usmerjene rabe pitne vode.

## Ogrevanje

Ob izgradnji CČNT je bil v kotlovnico nameščen plinski kotel, ki je z uporabo utekočinjenega naftnega plina (v nadaljevanju UNP) samostojno ogreval poslovne prostore.

Ob izvedbi uporabe prečiščene odpadne vode v tehnološke namene se je porodila ideja o spremembi načina ogrevanja upravnih prostorov. Obstoječ sistem ogrevanja s plinskim kotlom je bil namreč precej neracionalen, saj se je letna poraba UNP gibala okrog 2.500 l. Prav tako pa se je izkazalo, da je mogoče prečiščeno odpadno vodo zaradi njene ugodne in konstantne temperature v zimskem času uporabiti tudi za potrebe ogrevanja upravne stavbe. Strošek UNP je cca. 0,8885 €/l, podatek o ceni pa je pridobljen v ceniku ponudnika.

$$2.500 \times 0,8885 = 2.221,25 \text{ €} + \textit{ostale dajatve}$$

V ta namen se je ob koncu leta 2016 v kotlovnici CČNT postavilo postrojenje toplotne črpalke (v nadaljevanju TČ) ti. voda-voda sistema. Prečiščena odpadna voda, ki se zbira v silosu in ima temperaturo okoli 8 °C, se preko ločenega cevovoda dovaja v toplotni izmenjevalnik. Preko izmenjevalnika se 2. krog vodi do TČ, kjer se izvaja ogrevanje 3. kroga, ki iz TČ poteka do zalogovnika toplote, kjer se toplota shranjuje in ogreva dvižni radiatorski vod.

Tako kot pri uporabi prečiščene odpadne vode v tehnološke namene, verjetno tudi pri spremembi ogrevalnega sistema ne bo bistvenega prihranka, je pa postavitve TČ zagotovo dober, ekološko usmerjen poseg. Gotovega prihranka trenutno še ni mogoče oceniti, saj je potrebnega več reprezentativnega časa.

### Električna energija

Poraba električne energije predstavlja enega večjih stroškov, ki nastajajo z obratovanjem vsake ČN. Za obratovanje vsake tehnološke naprave, ki je vpeta v proces čiščenja odpadnih vod, je potrebna električna energija. Poleg črpalk in elektromotornih pogonov, ki so umeščeni v praktično vsak element procesa čiščenja odpadnih vod, največjega porabnika električne energije zagotovo predstavljajo puhala, ki delujejo praktično ves čas. Letno se za obratovanje CČNT potrebuje cca. 360.000 kWh električne energije, povprečna mesečna in skupna letna poraba električne energije je prikazana v naslednji tabeli.

Tabela 6: Poraba električne energije CČNT (vir: arhiv Komunale Trbovlje d.o.o.)

	2014	2015	2016
<b>letno [kWh]</b>	356.127	368.269	352.438
<b>mesečno povprečje [kWh]</b>	29.677	30.689	29.370

Ocena stroška dobave električne energije na enoto je cca. 0,05869 €/kWh. Podatki o strošku dobave električne energije so pridobljeni na spletni strani ponudnika električne energije. Izračun okvirnega letnega stroška dobave je prikazan v nadaljevanju, kjer je upoštevana letna poraba električne energije za leto 2016.

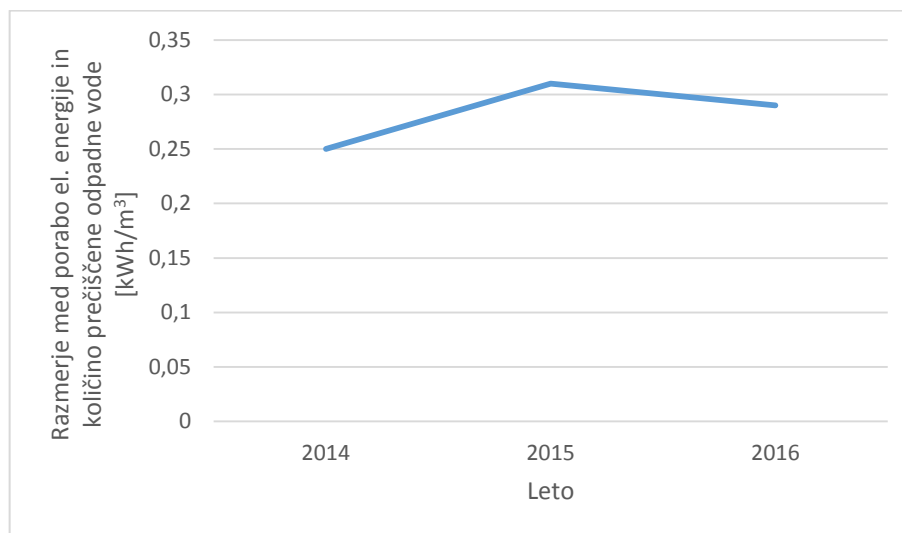
$$352.438 \times 0,05869 = 20.684,59 \text{ €} + \textit{ostale dajatve}$$

Energetska učinkovitost ČN se podaja kot razmerje med porabljeno električno energijo in prečiščeno odpadno vodo, v kWh/m<sup>3</sup>.

$$2014 \rightarrow \frac{356.127}{1.410.240} = 0,25$$

$$2015 \rightarrow \frac{368.269}{1.201.950} = 0,31$$

$$2016 \rightarrow \frac{352.438}{1.220.080} = 0,29$$



Grafikom 8: Razmerje med porabo električne energije in količino prečiščene odpadne vode

## Ravnanje z odpadki

S procesom čiščenja odpadnih vod nastaja oz. se iz odpadne vode izloča precejšnja količina različnih odpadkov. Ti odpadki oz. ravnanje z njimi za vsako ČN predstavljajo enega večjih stroškov, ki nastajajo s procesom čiščenja odpadnih vod, v večini primerov pa kar največji obratovalni strošek.

Na CČNT nastajajo oz. se iz odpadne vode izločajo odpadki v tolikšnih količinah, da investiranje v sisteme za predelavo odpadkov ni rentabilno, posledično pa se odpadki oddajajo v predelavo podjetjem, ki se ukvarjajo s predelavo oz. odstranjevanjem odpadkov.

### *19 08 01 Odpadki na grabljah in sitih*

Opadki na grabljah in sitih ne predstavljajo velikega stroška, znotraj stroškov gospodarjenja z odpadki, na ČN. Bistveno pa je, da na samo količino odpadkov, ki se izločijo iz odpadne vode, nimamo neposrednega vpliva, saj je količina teh odpadkov odvisna predvsem od uporabnikov, njihove doslednosti pri odlaganju odpadkov ter delno tudi od učinkovitosti naprav za odstranjevanje teh odpadkov. Vlažnost odpadkov na grabljah in sitih je okrog 80 % in niso primerni za odlaganje. Letna količina odpadkov z grabelj je podana v naslednji tabeli.

Tabela 7: Letne količine odpadkov na grabljah in sitih (vir: arhiv Komunale Trbovlje d.o.o.)

	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
<b>letno [t]</b>	12,52	7,58	21,52
<b>mesečno povprečje [t]</b>	1,04	0,63	1,79

Na podlagi okvirnega stroška ravnanja z odpadkom, ki znaša cca. 120 €/t, lahko tako ocenimo letni strošek ravnanja z odpadki na grabljah in sitih. Podatek o strošku na enoto je pridobljen na spletni strani predelovalca odpadkov. Izračun je prikazan z naslednjo enačbo, kjer je upoštevana letna količina za leto 2016.

$$21,52 \times 120 = 2.582,4 \text{ €} + \textit{ostale dajatve}$$

#### 19 08 02 Odpadki iz peskolovov

Tako kot odpadki na grabljah in sitih tudi odpadki iz peskolovov ne predstavljajo pretirano velikega stroška, kar se tiče ravnanja z odpadki. So pa za razliko od odpadkov na grabljah in sitih posledica povsem drugih dejavnikov, kot so recimo posipanje vozišč v zimskem času ter poškodbe kanalizacijskih cevi. Vlažnost odpadkov iz peskolovov je okrog 50 % in niso primerni za odlaganje. Letne količine odpadkov iz peskolovov so tako razvidne iz naslednje tabele.

Tabela 8: Letne količine odpadkov iz peskolovov (vir: arhiv Komunale Trbovlje d.o.o.)

	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
<b>letno [t]</b>	16,16	15,12	12,12
<b>mesečno povprečje [t]</b>	1,35	1,26	1,01

Na podlagi okvirnega stroška ravnanja z odpadkom, ki znaša cca. 45 €/t, lahko tako ocenimo letni strošek ravnanja z odpadki iz peskolovov, kar je prikazano z naslednjo enačbo. Podatek o stroških na enoto je pridobljen iz cenika predelovalca odpadkov pri izračunu pa je upoštevana letna količina za leto 2016.

$$12,12 \times 45 = 545,4 \text{ €} + \textit{ostale dajatve}$$



*19 08 05 Odvečno aktivno blato iz čiščenja komunalnih odpadnih voda*

Blato iz čiščenja komunalnih odpadnih voda je poleg električne energije verjetno največji strošek vsake ČN. Strošek prevzema in obdelave blata iz čiščenja komunalnih odpadnih vod sicer ni pretirano velik v primerjavi z ostalimi odpadki, vendar so letne količine nastalega blata ogromne, kar privede k velikemu letnemu izdatku za upravljavca. Letno namreč nastane več blata, kot vseh ostalih odpadkov skupaj, kar je razvidno iz naslednje tabele.

Tabela 9: Letne količine blata iz čiščenja komunalnih odpadnih voda in njegova povprečna sušina (vir: arhiv Komunale Trbovlje d.o.o.)

	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
<b>letno [t]</b>	752,26	873,19	665,18
<b>mesečno povprečje [t]</b>	62,69	72,77	55,43
<b>povprečna sušina [%SS]</b>	21,21	21,47	22,39

Strošek odvoza in prevzema blata iz čiščenja komunalnih odpadnih voda znaša cca. 68,90 €/t, iz česar lahko ocenimo okvirni letni strošek ravnanja z blatom iz čiščenja komunalnih odpadnih voda. Letni strošek je izračunan z naslednjo enačbo. Podatek o stroških na enoto, je pridobljen iz cenika predelovalca odpadkov, pri izračunu pa je upoštevana letna količina za leto 2016.

$$665,180 \times 68,90 = 44.909,20 \text{ €}$$

*19 08 09 Mešanice masti in olj iz ločevanja olja in vode, ki vsebujejo le jedilna olja in masti*

Tudi količine mešanic masti in olj iz ločevanja olja in vode, ki vsebujejo le jedilna olja, so v veliki meri odvisne od uporabnikov javne kanalizacije ter ne nazadnje od same učinkovitosti mehanizmov za odstranjevanje oz. ločevanje olj iz odpadnih vod. Prav tako pa tudi te zaradi razmeroma majhnih količin ne predstavljajo pretirano visokega stroška, na kar pa tako ali tako nimamo neposrednega vpliva. Letne količine mešanice masti in olj iz ločevanja olja in vode, ki vsebujejo le jedilna olja, so podane v naslednji tabeli.

Tabela 10: Letne količine mešanic masti in olj iz ločevanja olja in vode, ki vsebujejo le jedilna olja (vir: arhiv Komunale Trbovlje d.o.o.)

	2014	2015	2016
<b>letno [t]</b>	55,00	60,00	60,30
<b>mesečno povprečje [t]</b>	4,58	5,00	5,03

Na podlagi okvirnega stroška ravnanja z odpadkom, ki znaša 45 €/t, je z naslednjo enačbo določen okvirni izračun letnega stroška ravnanja z odpadkom. Podatek o stroških na enoto je pridobljen iz cenika predelovalca odpadkov, pri izračunu pa je upoštevana letna količina za leto 2016.

$$60,30 \times 45 = 2.713,50 \text{ €}$$

### Železov (III) klorid

Zaradi nekoliko povečane vsebnosti fosforjevih spojin v odpadni vodi je na CČNT v reaktorje potrebno dodajati tudi FeCl<sub>3</sub>, in sicer za obarjanje fosforja. Letna količina porabljenega FeCl<sub>3</sub> sicer ni pretirano velika, ni pa zanemarljiva. Letno se tako porabi cca. 14 t FeCl<sub>3</sub>, kar pri ceni cca. 132 €/t znaša 1.848 €/leto. Letna količina porabe FeCl<sub>3</sub> je ocenjena glede na dobavnice, izdane ob dobavah, strošek na enoto pa je pridobljen s strani ponudnika snovi. Izračun je razviden iz naslednje enačbe.

$$14 \times 132 = 1.848 \text{ €}$$

### Flokulant

Ob koncu leta 2016 se je prešlo na uporabo tekočega flokulanta tipa HIDROFLOC CL 134 RC, pred tem pa se je uporabljalo praškasti flokulant tipa ACEFLOC 80400. Strošek porabe flokulanta je poleg samega ravnanja z blatom iz čiščenja komunalnih odpadnih vod največji strošek ti. linije blata. Na letnem nivoju se za potrebe dehidracije blata s centrifugiranjem porabi cca. 1.200 kg flokulanta, kar pri ceni cca. 4 €/kg znaša 4.800 €/leto. Letna količina porabe flokulanta je ocenjena glede na dobavnice, izdane ob dobavah, strošek na enoto pa je pridobljen s strani ponudnika snovi. Izračun je razviden iz naslednje enačbe.

$$1.200 \times 4 = 4.800 \text{ €}$$

## **Ostali stroški**

Poleg stroškov plač za 3 redno zaposlene in ostalih administrativnih stroškov, ki niso predmet tega dela, so kot ostali stroški ČN opredeljeni tudi stroški vzdrževanja opreme. Opreme je na tehnoloških objektih, kot so ČN, ogromno, in temu primerni so tudi obratovalni stroški takšnega objekta. Velik delež vseh obratovalnih stroškov predstavljajo tudi stroški vzdrževanja opreme.

Cilj vsakega upravljavca tehnološkega objekta, kot je ČN, je, da obratuje s čim nižjimi stroški. Velik del teh stroškov predstavljajo vzdrževalna dela na tehnološki opremi ter odprava napak in okvar tehnološke opreme, kar pa lahko v veliki meri preprečujemo z rednim vzdrževanjem in obratovanjem ter ravnanjem z opremo v skladu z navodili proizvajalcev. Tako je potrebno na vsej tehnološki opremi izvajati redne servisne preglede, v večini primerov vsaj enkrat letno. Kljub vestni uporabi tehnološke opreme in rednemu vzdrževanju le-te pa zaradi agresivnosti snovi, ki prihaja v stik z opremo, večkrat prihaja tudi do nepričakovanih okvar, ki povzročijo dodatne stroške.

Na letni ravni tako ostali stroški predstavljajo cca. 25.000 €, na kar pa nimamo neposrednega vpliva, razen s posodabljanjem tehnološke opreme, ki pa predstavlja enormen strošek, saj je vsa tehnološka oprema izjemno draga.

### **4.3 Ugotovitve**

Ne glede na dejstvo, da je CČNT praktično nova, se je v času od pričetka obratovanja pojavilo nič koliko težav, predvsem v tehnološkem procesu. Nekatere od njih so bile do sedaj že uspešno odpravljene, nekaj pomembnejših je navedenih in opisanih v naslednjih podpoglavjih.

Iz prejšnjega poglavja lahko ugotovimo, da so obratovalni stroški tehnoloških objektov, kot so ČN, precej visoki. V ta namen upravljavci teh objektov venomer stremimo k zniževanju letnih. Nekateri ukrepi za zniževanje obratovalnih stroškov so že bili uvedeni in uspešno delujejo, vsi pomembnejši so naštetih in opisanih v naslednjih podpoglavjih. Zagotovo pa je še veliko možnosti in idej, kako v čim večji meri optimizirati delovanje CČNT, hkrati pa neposredno delovati prijaznejše do okolja.

#### 4.3.1 Izvedene izboljšave na CČNT

Večji del težav, ki so se pokazale med samim obratovanjem, je bilo do sedaj že uspešno odpravljenih. Nekatere zgolj z manjšimi programerskimi popravki oz. z manjšimi posegi v same tehnološke dele ČN, nekatere težave pa so bile odpravljene z večjimi popravili oz. delnimi dograditvami ali spremembami na napravah. Nekaj pomanjkljivosti se je odpravilo s povsem samostojnimi, novo umeščenimi tehnološkimi napravami, kar je zahtevalo precejšen razmislek ter natančno načrtovanje in izvedbo.

V nadaljevanju so predstavljene le nekatere najpomembnejše komponente tehnologije, na katerih so bili izvedeni večji posegi v času obratovanja CČNT.

##### **Fine grablje**

Med pomembnejšimi posegi je v prvi vrsti zagotovo popolna predelava finih grabelj, ki so na začetku obratovanja dopuščale vnos precejšnjemu odstotku mehanskih delcev v nadaljnji proces čiščenja, kar je v nadaljevanju povzročalo velike težave. Fine grablje so se tako nadgradile z namestitvijo dodatnih perforiranih pločevin ob straneh, kjer je prej skozi uhajal precejšen delež mehanskih delcev, prav tako so se namestile dodatne čistilne krtače, ki mehanskim delcem dodatno preprečujejo prehod skozi fine grablje. Ob večjih nalivih je občasno prišlo tudi do mehanskih poškodb perforiranih lamel, kar smo odpravili z dodatnimi ojačitvami lamel. Pojavile so se tudi težave pri izpiranju lamel in čistilnih krtač, kar smo odpravili z namestitvijo dodatnih brizgalnih šob, s čimer smo sicer povečali porabo vode, vendar s tem občutno zmanjšali prehajanje mehanskih delcev skozi fine grablje.



Slika 19: Fine grablje med popravilom (vir: osebni arhiv)

Težave s prehajanjem mehanskih delcev skozi fine grablje sicer še vedno niso v celoti odpravljene, zato smo v prezračenem peskolovu in lovilniku maščob, kamor se prečrpava odpadna voda, potem ko se očisti na finih grabljah, namestili lovilno košaro, ki je nameščena na dotočni cevi ter se vanjo nalagajo mehanski delci, ki preidejo skozi fine grablje. Lovilna košara je sicer dolgoročno gledano začasna rešitev, vendar se je izkazala za zelo dobro, saj se v njej ujame praktično večina mehanskih delcev, ki jih fine grablje ne odstranijo iz odpadne vode. Problem, ki se pojavlja z lovilno mrežo, je pogosta potreba po čiščenju, ki ga morajo vzdrževalci izvajati povsem fizično.

## Dekanterji

Posebnost CČNT je bila zagotovo verjetno edinstvena izvedba plavajočih dekanterjev, ki se je že v prvih mesecih obratovanja izkazala za izredno neuporabno in tvegano rešitev dekantiranja prečiščene odpadne vode iz reaktorjev. Dekanterji so bili izvedeni v plavajoči obliki, kar pomeni, da so ves čas plavali na gladini vsebine posameznega reaktorja. To je povzročilo, da je med fazo vtoka in prezračevanja, ko je bila vsebina premešana, le-ta vdirala v sam dekanter ter ga tako delno napolnila s premešano vsebino. Ta pomanjkljivost se je kazala predvsem kot močno povečana vsebnost neraztopljenih (suspendiranih) snovi v začetnih minutah iztoka.



Slika 20: Plavajoči dekanter (vir: osebni arhiv)

Rešitev pomanjkljivosti oz. napačne odločitve za sistem dekantiranja prečiščene odpadne vode je bila izvedba verižnega sistema za dvigovanje in spuščanje dekanterjev. Vzpostavili smo mehanizem, ki na podlagi že obstoječih merilnikov nivojev v posameznih SB prilagajajo nivojski položaj dekanterjev. Dekanterji so vodeni preko obstoječega SCADA sistema, ki se v prvi fazi, fazi vtoka in prezračevanja, dvignejo z gladine ter mirujejo vse do konca faze usedanja, ko se ti spustijo na gladino ter tako z nje odstranijo potrebno količino očiščene odpadne vode. Ko nivo gladine doseže ti. minimalni nivo, oz. ko poteče 60-minutna faza iztoka, se dekanter s pomočjo verige ter elektromotorja zopet dvigne ter čaka na naslednjo fazo iztoka.



Slika 21: Sistem mehanskega prilagajanja nivoja dekanterjev (vir: osebni arhiv)

Izvedba mehanskega prilagajanja nivojskega položaja dekanterjev je pripomogla k občutnemu zmanjšanju vsebnosti neraztopljenih snovi v iztoku iz CČNT, saj smo z izvedbo sistema preprečili vdor vsebine sekvenčnih bazenov, ki vsebuje razpršeno biomaso v dekanterje.

### **Poraba pitne vode**

Razmišljanje o zmanjšanju obratovalnih stroškov oz. o optimizaciji delovanja CČNT nam je dalo idejo o hkratnem zmanjšanju stroškov zaradi porabe vodovodne vode ter neposrednem doprinosu k varstvu narave zaradi zmanjšanja porabe vodovodne vode.

Večino vodovodne vode smo porabili za izpiranje tehnoloških naprav, s katerimi obdelujemo oz. čistimo odpadno vodo. Nesmiselno je z vodovodno vodo izpirati tehnološke naprave, ki so v neposrednem stiku z odpadno vodo, zato smo se odločili investirati v neke vrste interno vodovodno omrežje, ki se napaja iz prečiščene odpadne vode.

Ob koncu leta 2014 se je na CČNT izvedel sistem uporabe prečiščene odpadne vode v tehnološke namene. Na iztoku iz ČN se je zgradilo črpališče prečiščene odpadne vode, od koder dve fiksno nameščeni potopni črpalčki črpata prečiščeno odpadno vodo v izoliran silos, kapacitete 16 m<sup>3</sup>, od koder se s pomočjo hidroforja ti. tehnološka voda dobavlja na dotok vode v fine grablje ter na dotok vode v napravo za sprejem vsebin iz greznic. S tem posegom je bila dosežena optimalna poraba vodovodne vode, saj se je poraba vodovodne vode zmanjšala za cca. 2/3, kar je razvidno tudi iz tabele 5 na strani 54.

### **Ogrevanje poslovnih prostorov**

Ogrevanje poslovnih prostorov v hladnejšem zimskem času sicer ni neposredno vezano na delovanje ČN, vendar se uvedeni sistem ogrevanja močno dotika same ČN in njene tehnologije. Ideja o rentabilnem in hkrati ekološko usmerjenem sistemu ogrevanja je obrodila sadove in z nekaj začetnimi napakami uspešno zaživela. Lahko je dober primer pametne uporabe toplote, s katero razpolagamo na ČN.

Ob izgradnji ti. tehnološkega vodovodnega omrežja se nam je porodila ideja o uporabi tehnološke vode za potrebe ogrevanja poslovnih prostorov. V ta namen smo ob izgradnji nekoliko povečali dimenzije cevovodov ter s tem zagotovili večje pretoke za investicijo v ogrevanje na toploto, ki jo vsebuje očiščena odpadna voda. Odločitev se je izkazala za dobro, saj se je ob koncu leta 2016 v kotlovnici CČNT postavilo postrojenje toplotne črpalke tipa voda-voda, toplotne moči 27 kW, kot je opisano v poglavju 4.2 Obratovalni stroški CČNT. Ob začetku so se sicer pojavile težave zaradi prisotnosti manjše količine neraztopljenih snovi, ki pa so se nalagale v filtru, nameščenem pred toplotnim izmenjevalnikom, kar je povzročalo zmanjševanje pretoka skozi sam toplotni izmenjevalnik, s tem pa prenizko temperaturo vira toplote v mrzlih zimskih mesecih, kar je povzročalo napake v delovanju TČ. Prepogosta in nekontrolirana potreba po čiščenju filtra je pokazala potrebo po namestitvi avtomatskega samočistilnega filtra, kar je odpravilo težave, in sistem sedaj deluje nemoteno. O gotovem prihranku sicer še ne moremo govoriti, lahko pa trdimo, da je veliko bolj ekološko ter delno zagotovo tudi bolj rentabilno uporabljati sistem ogrevanja z izkoriščanjem toplote odpadne vode kot sistem ogrevanja na UNP.

#### 4.3.2 Predlogi za nadaljnjo optimizacijo delovanja CČNT

Kot je predstavljeno že v prejšnjih poglavjih, je bilo za izboljšanje samega delovanja in prav tako zaradi težnje po optimizaciji delovanja na CČNT izvedenih že precej ukrepov. Vsekakor pa ne smemo počivati na dosedanjih, uspešno zaključenih projektih. Zagotovo nam mora biti v interesu, da se izboljšave ter optimiziranje delovanja tehnološkega objekta, kot je CČNT, nenehno in ves čas poskušajo vpeljati v proces, saj le tako lahko dosegamo zadovoljive rezultate.

Ostaja še nekaj nerešenih težav v sami tehnologiji, ki jih želim v tem poglavju izpostaviti ter podati kot predloge za optimizacijo oz. na določen način sanacijo tehnoloških procesov na CČNT. V prvi vrsti so pereč problem neraztopljene snovi, ki se pojavljajo na iztoku iz ČN, prav tako pa velik problem predstavljajo velike količine mehanskih delcev, ki povzročajo težave na finih grabljah. Kar se tiče same optimizacije delovanja CČNT, pa imam v mislih predvsem poskus izboljšanja rezultatov dehidracije presežnega blata ter optimiziranje prezračevanja SB v fazi vtoka in aeracije.

#### **Zmanjšanje količine neraztopljenih snovi v očiščeni vodi**

Na iztoku iz ČN se večkrat pojavijo povečane količine neraztopljenih snovi, ki so posledica mehanskih poškodb na gibljivih ceveh, ki so nameščene na dekanterjih z namenom pregibanja v fazah dvigovanja oz. spuščanja dekanterjev. Ob izgradnji CČNT so bili v SB nameščeni dekanterji v plavajoči obliki, kar pomeni, da so bili sesalni deli dekanterjev ves čas potopljeni, kar je v fazi vtoka in prezračevanja povzročalo vdor aktivnega blata v dekanterje. Z izvedbo mehanskega dvigovanja in spuščanja dekanterjev se je ta problematika sicer rešila, kar se močno pozna tudi na rezultatih čiščenja, vendar se sedaj pojavlja drug problem, in sicer prihaja do mehanskih poškodb gibljivih cevi dekanterjev, kar pa prav tako povzroča vdor aktivnega blata v fazi vtoka in prezračevanja.



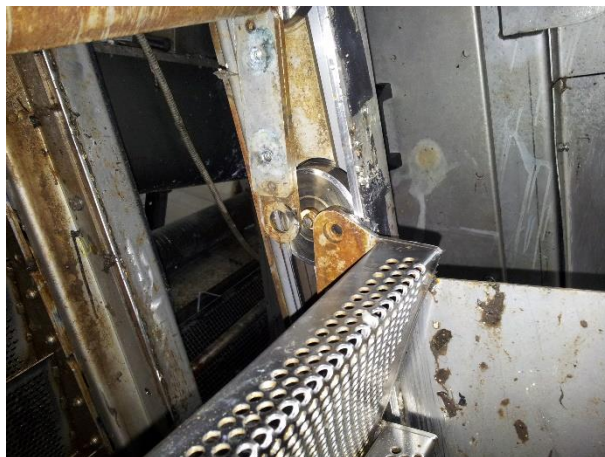


Slika 22: Gibljive cevi (vir: osebni arhiv)

Rešitev za preprečevanje mehanskih poškodb gibljivih cevi dekanterjev je popolna odstranitev gibljivih cevi, namestitve fiksnih povezovalnih elementov ter sprememba vpetja dekanterjev na iztočne zapornice. V obstoječem stanju so dekanterji na iztočne zapornice vpeti fiksno, kar ob zamenjavi gibljivih cevi s fiksnimi, ne bi več omogočalo spreminjanja položajev dekanterjev. Gibanje dekanterjev bi omogočili z namestitvijo cevni ležajev, ki bi omogočali vrtenje glavne iztočne cevi okrog svoje osi, s tem pa spreminjanje položajev dekanterjev. S fiksnimi cevni povezavami bi tako preprečili mehanske poškodbe na sedanjih gibljivih ceveh, s čimer bi se preprečilo vdiranje neraztopljenih snovi v iztočne cevi.

### **Omejitev vdora večjih mehanskih delcev na fine grablje**

Vdor večjih mehanskih delcev na fine grablje povzroča mehanske poškodbe finih grabelj ter posledično prehod manjših mehanskih delcev preko njih, saj bi jih sicer fine grablje odstranile iz surove odpadne vode. Manjši mehanski delci, ki zaradi poškodb na finih grabljah prehajajo v sistem, neposredno povzročajo zamašitve črpalk in občasno celo manjših tlačnih cevovodov.



Slika 23: Poškodbe finih grabelj (vir: osebni arhiv)

Ukrep za preprečitev vdora večjih mehanskih delcev na fine grablje je vgradnja grobih grabelj neposredno pred priključitvijo primarnega kanalizacijskega cevovoda na CČNT. Element grobih grabelj bi iz surove odpadne vode odstranil večje mehanske delce že pred samim vtokom na CČNT, s tem pa razbremenil fine grablje, ki so ob obstoječem sistemu izjemno obremenjene, prav tako pa bi z veliko manj težav deloval tudi celoten sistem čiščenja v sledečih postopkih.

### **Optimizacija dehidracije presežnega blata**

Dehidracija presežnega blata se, kot na večini ČN, na CČNT izvaja s centrifugalnim dehidracijskim dekanterjem, ki z mešanjem suspenzije aktivnega blata in polielektrolita ločuje tekočino in blato. Z odstranjevanjem vode se suspenzija aktivnega blata zgošča in tako nastaja blato. S centrifugiranjem se na CČNT sicer dosega dokaj zadovoljive rezultate. Za upravljavca CČNT pa predstavlja blato iz čiščenja komunalnih odpadnih voda največji strošek, zato venomer stremimo k čim boljšim rezultatom (tj. manjši količini blata), posledično pa k nižjim stroškom.

Povprečna vrednost suhe substance v suspenziji aktivnega blata, ki priteka v centrifugalni dehidracijski dekanter je med 1,7 in 2,3 %. Po obdelavi s centrifugalnim dehidracijskim dekanterjem, se z odstranjevanjem vlage doseže povprečna vrednost suhe snovi v blatu 21 %. Za pripravo polielektrolita, ki se z vijačno črpalko dozira v centrifugalni dehidracijski dekanter, se uporablja praškasti flokulant, ki se v napravi za pripravo polielektrolita meša z vodo.

V času izdelave tega dela smo poskusno prešli na uporabo tekočega flokulanta, s katerim smo dosegli bistveno boljše rezultate, saj smo pri enaki povprečni suspenziji aktivnega blata po obdelavi le-te s centrifugalnim dehidracijskim dekanterjem dosegli povprečno vrednost suhe snovi med 22,5 in 23 %, ob optimalnih pogojih pa celo presegli 24 % vrednosti suhe snovi. Pri uporabi tekočega flokulanta je potrebna sicer nekoliko večja doza flokulanta, s čimer je nekoliko večja tudi poraba le-tega, vendar je okvirna cenovna kalkulacija izkazala prihranek oz. nižje stroške. Natančna slika pa se bo zagotovo videla ob kalkulaciji po končani preskusni dobi.

Ideja, ki se poraja ob vprašanju optimizacije dehidracije presežnega blata, je vgradnja merilnika motnosti na dotoku suspenzije aktivnega blata v centrifugalni dehidracijski dekanter, ki bi na podlagi meritve motnosti podajal podatke o vsebnosti suhe snovi v suspenziji aktivnega blata. Ti podatki bi potovali v procesni računalnik, ki bi na podlagi vhodnih podatkov o nastavitvah naprave za pripravo polielektrolita, parametrov centrifugalnega dehidracijskega dekanterja, hitrosti doziranja suspenzije aktivnega blata in podatka merilnika motnosti z matriko preračunaval potrebno hitrost doziranja polielektrolita v centrifugalni dehidracijski dekanter. S tem bi dosegali optimalne rezultate, saj v realnosti neprekinjena ročna kontrola parametrov ni izvedljiva, s čimer pa doseženi rezultati zagotovo niso optimalni.

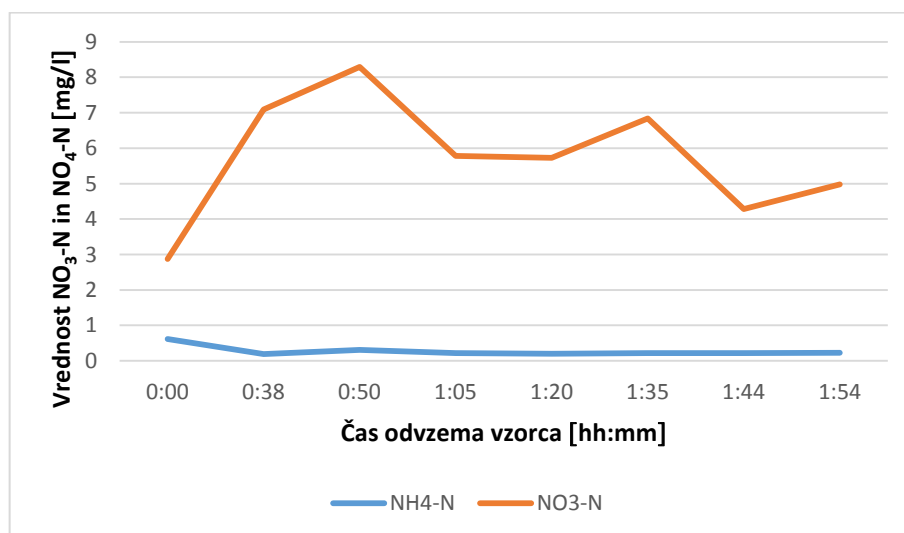
### **Optimizacija delovanja puhal**

Možnosti zmanjševanja porabe električne energije in s tem optimizacija obratovalnih stroškov se kažejo tudi pri spremembi regulacije delovanja puhal. V trenutnem režimu delovanja se na kontrolnem sistemu po potrebi nastavljajo zelene mejne vrednosti, vsebnosti  $O_2$  v SB, v fazi vtoka in aeracije. Mejne oz. zelene vrednosti  $O_2$  se lahko spreminjajo na kontrolnem sistemu, vendar je treba zelene vrednosti parametrov vnašati ročno, kar pa pomeni, da je dejansko potrebno ročno ugotavljanje potrebnih mejnih vrednosti  $O_2$ , kar pa je tako rekoč nemogoče. Surova odpadna voda, ki priteka na CČNT, nikoli nima konstantnih lastnosti, s čimer pa nikoli nima konstantnih potreb po vsebnosti  $O_2$  za potek reakcij. Tako je trenutna najpogostejša nastavitev mejnih vrednosti  $O_2$  sledeča:

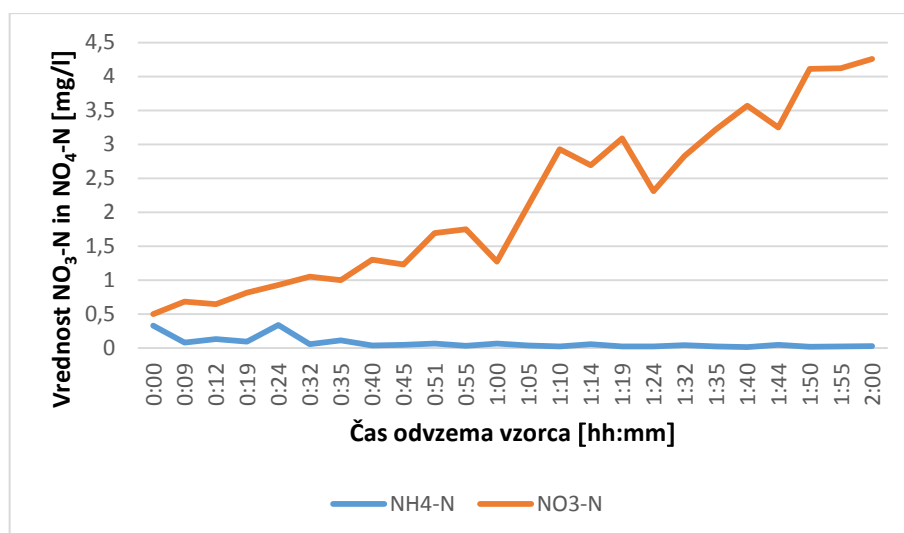
- minimalna vrednost vsebnosti  $O_2$  oz. vklop puhala pri 1,50 mg/l,
- maksimalna vrednost vsebnosti  $O_2$  oz. izklop puhala pri 3,00 mg/l ter
- kot zelena vsebnosti  $O_2$  2,50 mg/l.

Zagotovo pa vedno niso potrebne tolikšne vrednosti vsebnosti  $O_2$  v odpadni vodi, da se zniža vrednost amonijevega dušika na predpisano vrednost. Že iz rezultatov monitoringov je videti, da so vrednosti amonijevega dušika na vtoku na CČNT precej nizke, predvsem pa je možnost za zmanjševanje delovanja puhal jasno videti iz vrednosti amonijevega dušika na iztoku. Ta je namreč izredno nizka, saj je povprečna vrednost za obdobje petih let le 0,64 mg/l, medtem ko je predpisana vrednost 10 mg/l.

Izvedli smo preskus, s katerim smo opazovali dogajanje v SB v času vtoka in prezračevanja pri različnih vrednostih vsebnosti  $O_2$ . Zaradi okvirnih smernic vzorčenja smo izvedli vzorčenje pri vsakem vklopu in izklopu puhal. Ob odvzemu vzorca smo izpisali čas, temperaturo in koncentracijo  $O_2$  ter vzorce nato še analizirali v laboratoriju, kjer smo analizirali koncentraciji  $NO_3-N$  in  $NH_4-N$ . Rezultati preskusov so podani v prilogah, nekaj pa je prikazanih z naslednjimi grafikoni.



Grafikon 9: Gibanje vrednosti  $NO_3-N$  in  $NH_4-N$  v SB pri max.  $O_2$  3,00 mg/l

Grafikon 10: Gibanje vrednosti NO<sub>3</sub>-N in NH<sub>4</sub>-N v SB pri max. O<sub>2</sub> 2,00 mg/l

Iz grafikonov je razvidno, da zniževanje zgornje meje vsebnosti O<sub>2</sub> bistveno ne vpliva na nitrifikacijo in denitrifikacijo, kar nam pove, da lahko z zniževanjem zgornje meje vsebnosti O<sub>2</sub> dosegamo primerljive oz. kot je videti iz grafikonov, celo boljše rezultate, s tem pa nekoliko prihranimo z zmanjševanjem obratovanja puhal. Zagotovo pa je potrebno ob zniževanju zgornje meje vsebnosti O<sub>2</sub> in časa obratovanja puhal upoštevati dejstvo, da se odpadna voda, ki priteka na ČN, ves čas spreminja, kar pa pomeni, da je treba zgornjo mejo O<sub>2</sub> prilagajati trenutnim razmeram v SB. Obe analizi, ki sta grafično podani, sta bili izvedeni pri precej povečanih volumnih blata v SB, vendar z zadovoljivimi indeksi blata. Z grafikonom 9 je prikazana analiza SB št. II, izvedena v mesecu septembru, pri temperaturi odpadne vode 19,4° C ter pri volumnu aktivnega blata 600 ml/l, % SS 0,53 in pripadajočim volumskim indeksom blata 113 ml/g. Z grafikonom 10 je prikazana analiza SB št. IV, izvedena v mesecu februarju, pri temperaturi odpadne vode 10,2° C ter pri volumnu aktivnega blata 700 ml/l, % SS 0,60 in pripadajočim volumskim indeksom blata 117 ml/g. Pogoji v času vzorčenja niso bili idealni, vendar se iz grafikonov lepo vidi, da je regulacija nitrifikacije in denitrifikacije zelo pomembna ter se z njo ob boljših rezultatih lahko celo privarčuje.

Zelo uporaben ukrep, s čimer bi si upravljavec pomagal pri optimalnem obratovanju puhal, je namestitev regulatorjev nitrifikacije in denitrifikacije. Za uspešno regulacijo nitrifikacije in denitrifikacije potrebujemo merilnike vsebnosti NO<sub>3</sub>-N in NH<sub>4</sub>-N, ki bi ves čas merili vsebnosti parametrov, podatke pa pošiljali na računalnik, na katerem je nameščena programska oprema, ki na podlagi prejetih podatkov regulira delovanje puhal.

## 5 SKLEP

Osnovni namen raziskave je bil ugotoviti učinkovitost delovanja Centralne čistilne naprave Trbovlje ter na podlagi delovnih izkušenj iz konkretnega tehnološkega objekta in krajšega preverjanja ugotoviti morebitne pomanjkljivosti v delovanju. Prav tako pa je bil cilj raziskave izvesti stroškovno analizo in poiskati morebitne možne ukrepe za zmanjšanje stroškov na konkretnih tehnoloških segmentih ter poiskati morebitne možne ukrepe oz. izboljšave na tehnologiji za izboljšanje rezultatov.

V delu sem tako predstavil Centralno čistilno napravo Trbovlje, njeno tehnologijo ter v nadaljevanju izvedel analizo delovanja. Analiza delovanja je vsebovala pregled poročil o internih analizah, ki se izvajajo na tej napravi ter pregled poročil obratovalnih monitoringov zanjo. Izvedlo pa se je tudi 6 vzorčenj v sekvenčnih bazenih. Ves čas raziskave sem aktivno sodeloval pri rednih vzorčenjih in analizah. Iz obratovalnih monitoringov je videti, da v splošnem Centralna čistilna naprava Trbovlje deluje v skladu s predpisanimi mejnimi vrednostmi parametrov, s čimer je osnovni namen investicije v čistilno napravo izpolnjen.

Učinek čiščenja odpadne vode na Centralni čistilni napravi Trbovlje je sicer dober, saj je povprečni, petletni učinek čiščenja na KPK, 89,43 % ter na BPK<sub>5</sub> 92,99 %. Povprečna petletna koncentracija celotnega vezanega dušika na iztoku je 4,9 mg/l, pri mejni vrednosti 15 mg/l ter celotnega fosforja 1,21 mg/l pri mejni vrednosti 2 mg/l.

V preteklih letih je bilo na Centralni čistilni napravi Trbovlje izvedenih nekaj posodobitev oz. izboljšav v tehnologiji, kar je vplivalo tudi na delovanje čistilne naprave. Zaradi neučinkovitega mehanskega predčiščenja so bile delno dodelane in spremenjene fine grablje, kar je pripomoglo k učinkovitejšemu odstranjevanju mehanskih delcev iz odpadne vode. Poseg se očitno kaže na manj okvarah centrifugalnih potopnih črpalk, prav tako pa je boljšo učinkovitost zaznati s povečanjem količine odpadkov na grabljah in sitih. Prav tako je bila v letu 2013 izvedena večja sprememba v tehnologiji dekantiranja prečiščene vode iz sekvenčnih bazenov. Plavajoči dekanterji so bili predelani z izvedbo mehanskega gibanja dekanterjev, kar je v veliki meri pripomoglo k znižanju vsebnosti neraztopljenih snovi na iztoku. Sprememba je jasno vidna, saj je bila v letu 2012 povprečna vsebnost neraztopljenih snovi na iztoku 18,3 mg/l, v letu 2014 pa le 10,5 mg/l (mejna vrednost znaša 35 mg/l).

Stroški obratovanja ČN (brez stroškov dela) so na letni ravni ocenjeni na 110.000 €, v kar so vključeni le stroški materiala, energije in surovin za obratovanje. Ocena stroškov je pridobljena na podlagi podatkov o stroških za leto 2016. Ugotovljeno pa je bilo, da so se stroški precej znižali z izgradnjo internega vodovodnega omrežja ter uporabo prečiščene odpadne vode v tehnološke namene, saj se je poraba vodovodne vode znižala iz 756 na le 162 m<sup>3</sup>/letno. Pred izvedbo internega vodovodnega omrežja so bili stroški obratovanja na letni ravni ocenjeni na cca.126.500 €, kar je v primerjavi s sedanjimi stroški 16.500 € več. Zagotovo pa se bo dodaten prihranek pokazal tudi po izvedbi novega sistema ogrevanja upravne stavbe na toplotno črpalko, ki bo kot vir toplote uporabljala prečiščeno odpadno vodo iz iztoka.

Ugotovljeno je tudi pozitivno preseganje mejnih vrednosti, predvsem NH<sub>4</sub>-N, katerega 5-letni povpreček na iztoku je 0,64 mg/l pri mejni vrednosti 10 mg/l. Ta podatek nam je dal vzpodbudo za razmislek o optimizaciji prezračevanja sekvenčnih bazenov v fazi vtoka in prezračevanja, saj je očitno, da se lahko precej zniža čas prezračevanja sekvenčnih bazenov.

Z zniževanjem zgornje meje vsebnosti O<sub>2</sub> v sekvenčnih bazenih minimalno vplivamo na vrednosti NH<sub>4</sub>-N ob koncu faze vtoka in prezračevanja. Zaradi šaržne tehnologije čiščenja se namreč vrednosti parametrov v samem sekvenčnem bazenu in na iztoku bistveno ne razlikujejo. Podana je bila idejna rešitev, ki bi bistveno optimizirala rezultate čiščenja, hkrati pa vplivala tudi na obratovalne stroške. Energetska učinkovitost CČNT, izražena z razmerjem med porabljeno električno energijo in količino prečiščene vode, se giblje med 0,25 in 0,31 kWh/m<sup>3</sup>. V razmerju se med leti pojavlja velik razpon, kar kaže na ne najbolj optimalno delovanje CČNT.

Bistvena ugotovitev raziskave je, da se na Centralni čistilni napravi Trbovlje mnogo premalo izvajajo sprotne analize delovanja čistilne naprave ter s tem prilagoditve delovanja določenih segmentov tehnologije čiščenja, kar je posledica pomanjkanja kadra oz. preobremenitve zaposlenih na Centralni čistilni napravi Trbovlje, ki poleg upravljanja Centralne čistilne naprave Trbovlje izvajajo še mnogo ostalih nalog, ki so del njihovega delovnega procesa. V ta namen je podan predlog nadgradnje nadzornega sistema, ki bi potrebne analize in prilagoditve delovanja nekoliko nadomestila. Vsaka čistilna naprava potrebuje analitika in operaterja, ki skrbita za ustrezen nadzor delovanja tehnološkega procesa, prav tako pa nobena tehnologija ne more nadomestiti človekovega uma in njegovih ostalih sposobnosti, vsekakor pa je vsaka tehnološka novost lahko dobrodošlo orodje, s katerim si človek pomaga pri doseganju načrtanih ciljev.

Sam tudi v prihodnje vidim Centralno čistilno napravo Trbovlje kot vodilno in osrednjo čistilno napravo na območju zasavske regije. Menim, da se bo tudi v prihodnje stremelo k optimizaciji delovnih in tehnoloških procesov, predvsem z optimizacijo prezračevanja in dehidracije presežnega blata. Prav tako pa možnost za izboljšanje učinkov čiščenja vidim v predelavi obtoječega sistema dekantiranja prečiščene vode iz sekvenčnih bazenov.



## 6 LITERATURA

Cenik – osnovne komunalne dejavnosti, veljaven od 1. 1. 2017, Javno podjetje Komunala Trbovlje d.o.o.. Medmrežje: <http://www.komunala-trbovlje.si/dejavnosti>, (24. 4. 2017).

Cenik oskrbe in storitev v ponudbi od 22. 5. 2015, Elektro energija d.o.o.. Medmrežje: <http://www.elektro-energija.si/za-dom/dokumenti-in-ceniki>, (27. 1. 2017).

Cenik utekočinjen naftni plin, veljaven od 8. 3. 2017, Istrabenz plini d.o.o.. Medmrežje: <http://www.istrabenzplini.si/sl/products.cp2?cid=8C222B01-8C53-FE90-5C7D-41ED70318202&linkid=product>, (24. 4. 2017).

Elaborat o oblikovanju cene storitve zbiranja določenih vrst komunalnih odpadkov (mešanih odpadkov) in za oblikovanje nove cene storitve zbiranja biološko razgradljivih kuhinjskih odpadkov in zelenega vrtnega odpada v občini Trbovlje. Medmrežje: [http://www.komunala-trbovlje.si/data/files/Zakoni/ELABORAT\\_ZBIRANJE\\_ODVOZ.pdf](http://www.komunala-trbovlje.si/data/files/Zakoni/ELABORAT_ZBIRANJE_ODVOZ.pdf), (8. 11. 2016).

Ilar, I. (2015). Obratovanje ČN Novo mesto. Zbornik 5. problemske konference komunalnega gospodarstva, Rogaška Slatina, september 2015: str. 187 – 197.

Jevšnikar, I. (2011). Spremljanje delovanja biološke čistilne naprave Mežica v poskusnem obratovanju. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Enota medoddelčnega študija mikrobiologije, 73 str.

Krampe, J. (2015). Proces optimizacije delovanja čistilnih naprav. Vodni dnevi 2015, Zbornik referatov, Podčetrtek 2015: str.

Kurent, E., Navratil, J. (2016). Vpliv koncentracije kisika na aerobno čiščenje odpadnih voda. Trbovlje. Gimnazija in ekonomska srednja šola Trbovlje, 63 str.

Metodološko pojasnilo. Javna kanalizacija, Slovenija. Medmrežje: <http://www.stat.si/statweb/File/DocSysFile/8213>, (21. 3. 2017).

Najžer, M., Glušič, I., Kostanjšek, T. (2014). Optimizacija vodenja čistilne naprave. Vodni dnevi 2014, Zbornik referatov, Portorož 2014: str. 143 – 154.

Odlok o načinu opravljanja lokalne gospodarske javne službe odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode v občini Trbovlje, UVZ, št. 32/2013.

Okolje in podnebne spremembe. Medmrežje: [http://eur-lex.europa.eu/summary/chapter/environment.html?root\\_default=SUM\\_1\\_CODED=20&locale=sl](http://eur-lex.europa.eu/summary/chapter/environment.html?root_default=SUM_1_CODED=20&locale=sl) (15. 1. 2016).

Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne in odpadne vode (Novelacija za obdobje od leta 2005 do leta 2017). Medmrežje: [http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/zakonodaja/varstvo\\_okolja/operativni\\_programi/operativni\\_program\\_komunalne\\_vode.pdf](http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/zakonodaja/varstvo_okolja/operativni_programi/operativni_program_komunalne_vode.pdf), (18. 7. 2017).

Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda, Ur. l. RS, št. 94/14 in 98/15.

Pravilnik o tehnični izvedbi in uporabi objektov in naprav javnega kanalizacijskega omrežja v občini Trbovlje, UVZ, št. 21/2014.

Princ, G. (2013). Idejna rešitev odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode v naselju Škofja Riža v občini Trbovlje. Dobovec, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, 98 str.

Program odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode v občini Trbovlje za obdobje 2013 – 2016. Medmrežje: [http://www.komunala-trbovlje.si/data/files/Razno/Program\\_odvajanja\\_in\\_ciscenja2013\\_2016.pdf](http://www.komunala-trbovlje.si/data/files/Razno/Program_odvajanja_in_ciscenja2013_2016.pdf) (19. 9. 2016).

Rosenwinkel, K. H. (2012). Technologies and Development of Small and Medium Wastewater treatment Plants. Vodni dnevi 2012, Zbornik referatov, Portorož 2012: str. 1 – 36.

Roš, M. (2015). Sodobni postopki čiščenja odpadnih vod. Celje, Fit media, 208 str.

Roš, M., Zupančič, G. D. (2010). Čiščenje odpadnih voda. Velenje, Visoka šola za varstvo okolja, 330 str.

Sklep Komisije z dne 18. decembra 2014 o spremembi Odločbe Komisije 2000/532/ES o seznamu odpadkov v skladu z Direktivo 2008/98/ES Evropskega parlamenta in Sveta, 2014/955/EU, Ur. l. EU, št. L370, z dne 30. 12. 2014.

Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo, Ur. l. RS, št. 64/12, 64/14 in 98/15.

Uredba o odlagališčih odpadkov, Ur. l. RS, št. 10/14, 54/15 in 36 /16.

Uredba o odpadkih, Ur. l. RS, št. 37/15 in 69/15.

Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpade vode, Ur. l. RS, št. 98/2015, str. 12234-12248.

Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode, Ur. l. RS, št. 98/15.

Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda, Ur. l. RS, št. 80/12 in 98/15.

Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu, Ur. l. RS, št. 62/08.

Uredbo o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digesta, Ur. l. RS, št. 99/13 in 56/15.

Varstvo voda in gospodarjenje z njimi. Medmrežje:

[http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/sl/displayFtu.html?ftuld=FTU\\_5.4.4.html](http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/sl/displayFtu.html?ftuld=FTU_5.4.4.html)

(13. 1. 2016).

Vrečko, D., Babič, R., Zupančič, U. (2013). Izboljšanje regulacije prezračevanja prezračevalnikov na CČN Ljubljana. Vodni dnevi 2013, Zbornik referatov, Portorož 2013: str.

Zakon o gospodarskih javnih službah – ZGJS, Ur. l. RS, št. 32/93, 30/98 – ZZLPPO, 127/06 – ZJZP, 38/10 – ZUKN in 57/11 – ORZGJS40.

Zakon o gospodarskih javnih službah – ZGJS, Ur. l. RS, št. 32/93, 30/98 – ZZLPPO, 127/06 – ZJZP, 38/10 – ZUKN in 57/11 – ORZGJS40.

Zakon o prostorskem načrtovanju – ZPNačrt, Ur. l. RS, št. 33/07, 70/08 – ZVO-1B, 108/09, 80/10 – ZUPUDPP, 43/11 – ZKZ-C, 57/12, 57/12 – ZUPUDPP-A, 109/12, 76/14 – odl. US in 14/15 – ZUUJFO.

Zakon o prostorskem načrtovanju – ZPNačrt, Ur. l. RS, št. 33/07, 70/08 – ZVO-1B, 108/09, 80/10 – ZUPUDPP, 43/11 – ZKZ-C, 57/12, 57/12 – ZUPUDPP-A, 109/12, 76/14 – odl. US in 14/15 – ZUUJFO.

Zakon o varstvu okolja – ZVO-1, Ur. l. RS, št. 39/06 – uradno prečiščeno besedilo, 49/06 – ZmetD, 66/06 – odl. US, 33/07 – ZPNačrt, 57/08 – ZFO-1A, 70/08, 108/09, 108/09 – ZPNačrt-A, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15 in 30/16.

Zakon o vodah – ZV-1, Ur. l. RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14 in 56/15.

## **7 PRILOGE**

PRILOGA 1: Tehnološka shema CČNT

PRILOGA 2: Povprečne vrednosti letnih monitoringov za obdobje 2012-2016

PRILOGA 3: Obratovalni monitoring za leto 2012

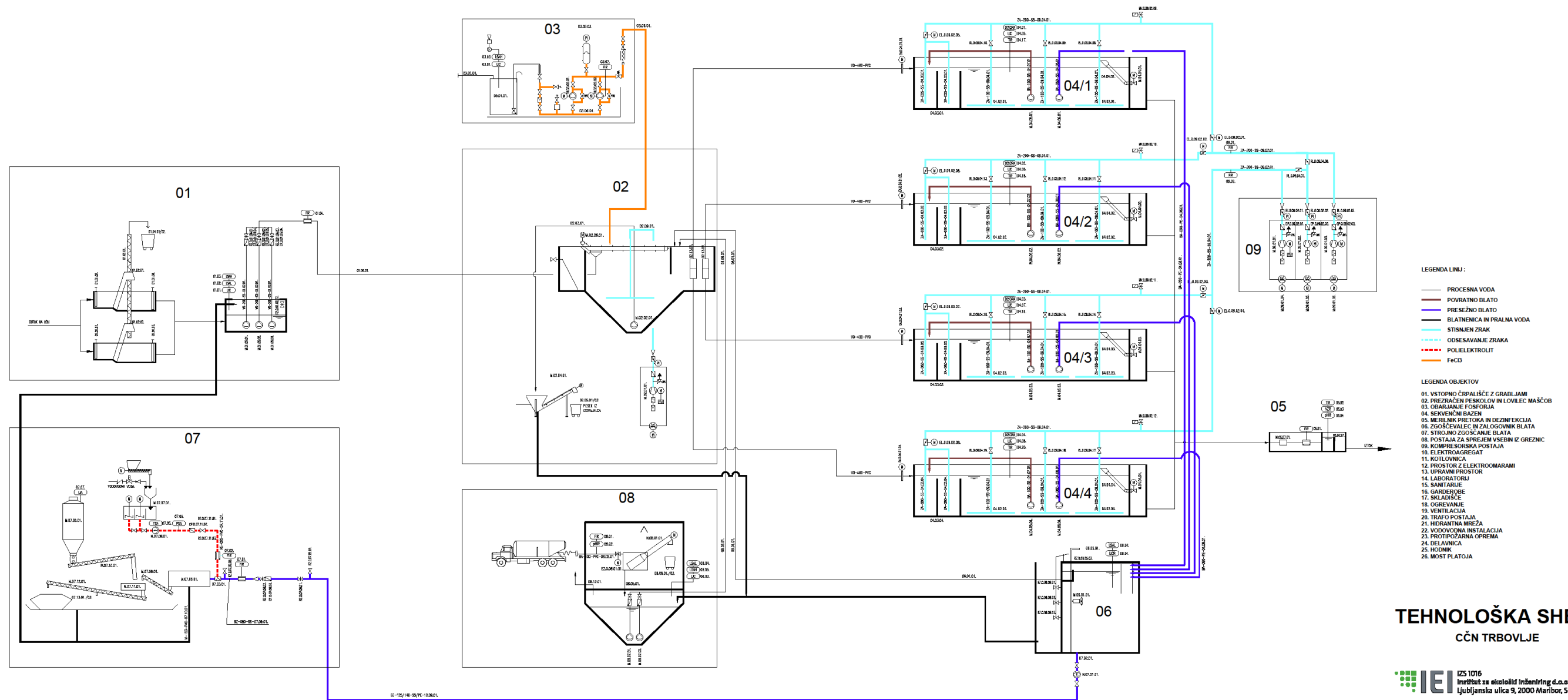
PRILOGA 4: Obratovalni monitoring za leto 2013

PRILOGA 5: Obratovalni monitoring za leto 2014

PRILOGA 6: Obratovalni monitoring za leto 2015

PRILOGA 7: Obratovalni monitoring za leto 2016

PRILOGA 1: Tehnološka shema CČNT



PRILOGA 2: Povprečne vrednosti letnih monitoringov za obdobje 2012-2016

PARAMETER		LETO MERITEV					POVPREČJE
		2012	2013	2014	2015	2016	
<b>letna količina čiščene vode (10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>)</b>		1.437,70	1.469,75	1.410,24	1.201,95	1.220,08	1.347,94
<b>Q v času vzorčenja (m<sup>3</sup>)</b>	vtok	-	-	3.612,4	3.681,8		
	iztok	3.763,8	4.656,2	3.463,9	3.747,2	3.249,8	3.776,18
<b>pH</b>	vtok	8,0	8,0	8,1	8,1	8,1	8,1
	iztok	7,2	7,1	7,2	7,2	7,1	7,2
<b>temperatura (°C)</b>	vtok	14,5	14,3	14,4	14,1	14,9	14,4
	iztok	14,0	13,5	15,2	14,5	15,3	14,5
<b>neraztopljene snovi (mg/l)</b>	vtok	157,3	225,7	153,6	154,9	169,2	172,14
	iztok	18,3	15,3	10,5	29,2	13,3	17,3
<b>celotni fosfor (mg/l)</b>	vtok	2,95	3,21	3,63	3,36	4,58	3,55
	iztok	1,38	1,19	1,35	1,65	1,49	1,21
	učinek	49,61	59,85	64,4	50,17	65,36	57,88
<b>amonijev dušik (mg/l)</b>	vtok	22,23	19,16	19,45	19,6	23,7	20,83
	iztok	0,6	0,5	0,76	0,64	0,68	0,64
<b>celotni dušik (mg/l)</b>	vtok	29,8	27,7	26,9	26,7	34,4	29,1
	iztok	5,1	4,8	4,8	4,8	4,8	4,9
	učinek	81,54	80,91	83,05	81,9	85,12	82,51
<b>KPK (mg/l)</b>	vtok	275	278	238	243	275	262
	iztok	27	20	22	37	30	27,2
	učinek	89,97	93,07	91,15	84,42	88,54	89,43
<b>BPK<sub>5</sub> (mg/l)</b>	vtok	43	52	44	45	43	45,4
	iztok	3	3	3	3	3	3
	učinek	93,25	94,35	93,22	92,29	91,87	92,99

## PRILOGA 3: Obratovalni monitoring za leto 2012

PARAMETER		MESEC MERITVE												POVPREČJE
		JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	
Q v času vzorčenja (m <sup>3</sup> )	vtok													
	iztok	3602	2570	5710	4722	3931	3548	2087	1927	2888	2546	6379	5255	<b>3763,8</b>
pH	vtok	8,3	8,2	7,6	7,8	8,0	8,7	7,3	7,8	8,0	8,6	8,3	8,4	<b>8,0</b>
	iztok	7,0	6,9	7,0	7,0	7,0	7,9	7,3	7,1	7,2	7,5	7,5	7,4	<b>7,2</b>
temperatura (°C)	vtok	11,0	8,5	11,2	12,3	14,8	16,3	19,7	20,8	18,4	18,0	12,4	10,9	<b>14,5</b>
	iztok	11,0	8,0	12,0	12,7	14,9	16,9	21,7	21,9	18,7	18,4	12,3	10,7	<b>14,0</b>
neraztopljene snovi (mg/l)	vtok	126	245	457	211	39	109	198	83	184	59	80	97	<b>157,3</b>
	iztok	19	15	3	29	<b>49</b>	12	8	29	34	17	8	12	<b>18,3</b>
celotni fosfor (mg/l)	vtok	2,57	4,60	2,47	2,87	1,68	1,57	4,62	3,96	2,19	3,63	2,41	2,81	<b>2,95</b>
	iztok	1,46	1,61	1,45	1,90	1,34	1,43	1,77	1,70	1,44	1,85	1,08	0,52	<b>1,38</b>
	učinek	43	65	41	34	20	9	62	57	34	49	55	81	<b>49,61</b>
amonijev dušik (mg/l)	vtok	26,1	32,3	15,5	19,8	15,1	15,9	30,4	32,8	22,1	28,7	12,9	15,2	<b>22,23</b>
	iztok	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	<b>0,60</b>
celotni dušik (mg/l)	vtok	27,40	45,60	25,40	25,10	19,50	23,40	38,10	35,60	33,30	39,70	20,20	24,80	<b>29,80</b>
	iztok	LOQ	5,73	4,10	4,12	5,34	5,42	4,24	9,06	6,06	5,22	5,27	6,44	<b>5,10</b>
	učinek	93	87	84	84	73	77	89	75	82	87	74	74	<b>81,54</b>
KPK (mg/l)	vtok	279	405	411	237	177	225	324	259	255	362	148	220	<b>275</b>
	iztok	LOD	56	25	32	LOQ	43	LOQ	42	43	43	LOQ	LOD	<b>27</b>
	učinek	98	86	94	86	89	81	94	84	83	88	86	98	<b>89,97</b>
BPK <sub>5</sub> (mg/l)	vtok	57	103	56	48	28	6	29	64	50	9	37	32	<b>43</b>
	iztok	5,0	3,4	5,0	2,6	3,2	2,3	0,9	1,5	2	1,4	3,5	0,7	<b>3</b>
	učinek	91	97	91	95	89	62	97	98	96	84	91	98	<b>93,25</b>



## PRILOGA 4: Obratovalni monitoring za leto 2013

PARAMETER		MESEC MERITVE												POVPREČJE
		JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	
Q v času vzorčenja (m <sup>3</sup> )	vtok													
	iztok	3054	7738	6970	6062	5941	3935	2578	2079	3253	3257	6922	4085	<b>4656,2</b>
pH	vtok	7,9	8,1	8,2	8,3	8,1	8,5	7,9	7,8	7,7	8,1	7,8	8,0	<b>8,0</b>
	iztok	7,1	7,2	7,1	7,1	7,0	7,5	7,2	7,4	7,1	7,1	7,1	7,0	<b>7,1</b>
temperatura (°C)	vtok	11,3	7,7	8,7	10,9	14,9	15,7	18,6	20,8	19,4	17,2	14,3	12,2	<b>14,3</b>
	iztok	11,2	8,1	8,9	11,0	15,8	17,0	20,2	22,3	19,7	17,1	15,0	11,9	<b>13,5</b>
neraztopljene snovi (mg/l)	vtok	269	199	210	860	228	113	230	59	140	225	60	115	<b>225,7</b>
	iztok	8	7	15	34	16	14	29	3	27	10	8	14	<b>15,3</b>
celotni fosfor (mg/l)	vtok	3,79	0,84	3,46	8,70	LOQ	2,20	4,32	4,52	3,31	3,53	1,33	2,49	<b>3,21</b>
	iztok	1,70	0,68	0,73	2,32	LOQ	1,45	1,59	1,41	1,66	2,22	0,87	1,35	<b>1,19</b>
	učinek	55	19	79	73	0	34	63	69	50	37	35	46	<b>59,85</b>
amonijev dušik (mg/l)	vtok	26,6	5,6	12,1	28,8	11,7	15,8	26,8	31,4	24,7	20,9	6,9	18,6	<b>19,16</b>
	iztok	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOD	LOD	LOD	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	<b>0,50</b>
celotni dušik (mg/l)	vtok	41,50	11,20	20,00	51,40	21,80	20,70	33,40	39,50	32,80	24,10	12,10	23,70	<b>27,70</b>
	iztok	6,81	3,88	3,82	6,26	3,58	4,10	5,90	4,50	5,70	6,40	3,30	7,20	<b>4,80</b>
	učinek	84	65	81	88	84	80	82	89	83	73	73	70	<b>80,91</b>
KPK (mg/l)	vtok	240	91	156	1313	54	100	369	270	243	175	105	218	<b>278</b>
	iztok	40	LOD	LOD	LOQ	LOD	LOQ	54	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	52	<b>20</b>
	učinek	83	95	97	98	91	80	85	93	92	89	81	76	<b>93,07</b>
BPK <sub>5</sub> (mg/l)	vtok	43,4	3,73	32,0	190,0	10,0	27,0	35,0	151,0	57,0	33,0	19,0	23,0	<b>52</b>
	iztok	2,5	2,0	3,4	3,1	1,2	2,6	2,9	1,6	1,5	1,1	4,6	3,5	<b>3</b>
	učinek	94	46	89	98	88	90	92	99	97	97	76	85	<b>94,35</b>

PRILOGA 5: Obratovalni monitoring za leto 2014

PARAMETER		MESEC MERITVE												POVPREČJE
		JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	
Q v času vzorčenja (m <sup>3</sup> )	vtok	4238	2739	4526	3155	3249	3017	4683	2491	4689	3676	2935	3951	3612,4
	iztok	4292	2728	4526	3133	3217	2776	3311	2431	4276	3948	2931	3998	3463,9
pH	vtok	8,3	8,4	8,6	8,4	8,1	7,9	8,0	8,3	6,7	8,1	7,8	8,5	8,1
	iztok	6,9	7,2	7,5	7,5	7,7	7,1	7,0	7,2	7,8	7,1	7,1	6,6	7,2
temperatura (°C)	vtok	11,8	9,9	12,0	13,5	8,0	16,5	17,5	19,7	18,5	16,9	15,5	12,9	14,4
	iztok	11,8	9,3	12,2	14,0	14,9	17,4	18,5	20,7	18,9	17,7	15,6	12,9	15,2
neraztopljene snovi (mg/l)	vtok	195	82	85	300	83	330	56	53	46	174	230	275	153,6
	iztok	32	6	4	4	3	3	12	8	4	12	LOQ	27	10,5
celotni fosfor (mg/l)	vtok	6,96	2,47	2,52	5,06	3,11	4,04	1,37	3,73	2,43	4,44	4,72	3,57	3,63
	iztok	2,74	1,14	1,09	1,44	0,05	1,18	0,40	1,45	1,24	1,48	2,00	1,60	1,35
	učinek	60	54	57	72	98	73	79	62	53	64	58	55	64,40
amonijev dušik (mg/l)	vtok	20,5	11,5	19,4	27,1	21,5	26,1	7,9	22,1	15,8	21,0	27,9	19,7	19,45
	iztok	LOQ	LOQ	LOQ	2,1	LOD	LOQ	LOQ	LOQ	1,0	1,0	LOQ	LOQ	0,76
celotni dušik (mg/l)	vtok	27,40	19,10	26,60	41,60	31,30	32,00	12,10	28,00	18,80	30,30	36,80	28,00	26,90
	iztok	6,20	3,80	4,70	4,64	4,80	4,00	4,30	4,12	4,26	7,93	LOQ	4,73	4,80
	učinek	78	80	82	89	85	88	75	86	79	72	95	83	83,05
KPK (mg/l)	vtok	331	148	208	452	239	215	77	168	113	343	347	290	238
	iztok	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOD	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	34	LOQ	39	22
	učinek	94	87	90	96	98	91	82	88	84	89	94	86	91,15
BPK <sub>5</sub> (mg/l)	vtok	40	32	49	81	22	106	11	33	40	70	41	16	44
	iztok	4,1	3,5	3,4	5,7	1,0	2,8	2,8	1,2	LOQ	3,5	3,7	5	3
	učinek	90	89	93	93	95	98	82	96	99	95	91	72	93,22

## PRILOGA 6: Obratovalni monitoring za leto 2015

PARAMETER		MESEC MERITVE												POVPREČJE
		JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	
Q v času vzorčenja (m <sup>3</sup> )	vtok	4283	6231	3522	2877	2327	4811	5542	2399	2654	2255	3085	4196	<b>3681,8</b>
	iztok	4164	6227	3500	2889	2331	5707	5535	2383	2630	2271	3149	4180	<b>3747,2</b>
pH	vtok	8,0	8,1	8,2	8,3	8,2	7,9	8,3	8,1	8,1	8,1	7,9	8,1	<b>8,1</b>
	iztok	7,0	6,8	7,2	7,1	7,4	7,3	7,7	7,6	7,2	7,4	7,0	7,3	<b>7,2</b>
temperatura (°C)	vtok	10,8	9,1	10,1	12,0	14,9	15,4	16,9	20,7	19,9	19,1	15,3	12,7	<b>14,1</b>
	iztok	10,5	9,2	10,1	12,1	16,0	15,9	17,7	22,3	20,7	20,0	15,4	12,7	<b>14,5</b>
neraztopljene snovi (mg/l)	vtok	155	126	167	113	275	126	127	155	130	235	185	170	<b>154,9</b>
	iztok	<b>73</b>	34	21	12	<b>43</b>	33	25	10	24	8	9	26	<b>29,2</b>
celotni fosfor (mg/l)	vtok	2,72	1,73	3,37	3,54	6,34	2,59	2,30	4,83	5,25	5,21	3,54	3,77	<b>3,36</b>
	iztok	1,82	1,10	1,36	1,15	1,47	1,81	1,82	2,11	2,49	2,15	1,32	1,68	<b>1,65</b>
	učinek	35	36	60	67	77	17	21	57	53	58	62	56	<b>50,17</b>
amonijev dušik (mg/l)	vtok	18,30	12,60	18,20	24,90	30,90	15,00	12,20	25,40	27,80	33,10	22,50	19,80	<b>19,60</b>
	iztok	1	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	<b>0,64</b>
celotni vezani dušik (mg/l)	vtok	26,40	18,05	27,60	30,80	30,90	21,60	17,30	35,80	39,90	35,00	36,40	27,30	<b>26,70</b>
	iztok	7,18	5,23	3,72	3,33	5,00	4,87	5,10	LOQ	5,26	3,51	3,67	5,45	<b>4,80</b>
	učinek	74	71	87	89	84	73	71	94	87	90	90	80	<b>81,90</b>
KPK (mg/l)	vtok	292	156	308	167	406	114	139	356	332	379	354	237	<b>243</b>
	iztok	106	47	LOQ	LOQ	44	40	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	38	<b>37</b>
	učinek	65	70	94	88	89	58	86	94	94	95	94	84	<b>84,42</b>
BPK <sub>5</sub> (mg/l)	vtok	53	45	69	59	117	29	13	49	50	102	21	9	<b>45</b>
	iztok	5,5	4,6	3,0	3,8	3,0	3,0	1,9	1,7	3,2	2,4	4,8	3,0	<b>3,0</b>
	učinek	90	90	96	94	97	88	85	97	94	98	77	67	<b>92,29</b>

## PRILOGA 7: Obratovalni monitoring za leto 2016

PARAMETER		MESEC MERITVE												POVPREČJE
		JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC	
Q v času vzorčenja (m <sup>3</sup> )	vtok													
	iztok	2459	3039	4300	2525	5782	3339	3857	2749	3012	3342	1944	2639	<b>3249,8</b>
pH	vtok	8,2	8,1	8,1	8,2	8,2	8,1	8,0	8,0	7,8	8,0	7,9	8,0	<b>8,1</b>
	iztok	7,2	7,2	7,2	7,2	7,1	7,2	6,9	7,0	7,1	7,0	7,2	7,1	<b>7,1</b>
temperatura (°C)	vtok	10,4	9,9	11,5	14,1	12,5	16,2	18,0	19,7	20,3	17,8	15,0	12,8	<b>14,9</b>
	iztok	10,5	10,2	11,9	14,8	12,8	17,2	19,0	21,2	21,1	18,3	15,3	12,9	<b>15,3</b>
neraztopljene snovi (mg/l)	vtok	360	119	152	108	103	152	78	155	312	79	243	169	<b>169,17</b>
	iztok	<b>37</b>	22	23	15	10	11,2	5	7	5	18	2	4	<b>13,29</b>
celotni fosfor (mg/l)	vtok	7,33	6,75	4,33	4,84	1,96	4,78	3,06	4,92	3,59	3,05	4,58	5,82	<b>4,58</b>
	iztok	<b>2,31</b>	1,72	1,56	1,15	1,11	1,82	1,21	1,17	1,23	1,76	1,58	1,66	<b>1,49</b>
	učinek	68	75	64	76	43	62	60	76	66	42	66	71	<b>65,36</b>
amonijev dušik (mg/l)	vtok	36,3	27,5	19,7	27,9	9,29	24,2	17,8	29,5	21,4	18,8	27,5	23,8	<b>23,64</b>
	iztok	1,32	1,09	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	LOQ	<b>0,68</b>
celotni vezani dušik (mg/l)	vtok	50,8	37,7	31,9	39,9	9,29	50,4	25,5	37,4	24,5	33,3	35,5	36,6	<b>34,4</b>
	iztok	7,04	4,55	5,88	4,03	LOQ	5,94	4,83	6,20	5,07	3,66	5,55	5,41	<b>4,76</b>
	učinek	85	88	82	90	78	88	81	83	79	89	84	85	<b>85,12</b>
KPK (mg/l)	vtok	524	343	375	260	108	216	234	283	168	174	236	375	<b>275</b>
	iztok	83	45,8	43	26	17,9	24,4	26,9	19,0	17,2	25,3	16,9	23,6	<b>30</b>
	učinek	84	87	89	90	83	89	89	93	90	85	93	94	<b>88,54</b>
BPK <sub>5</sub> (mg/l)	vtok	96	75	59	21	20	30	22	24	32	52	29	50	<b>43</b>
	iztok	8,4	5	2,1	1,6	3	3	2,3	2,4	2,6	3,0	2,2	6,0	<b>3,0</b>
	učinek	91	93	96	92	85	90	90	90	90	92	94	92	<b>91,87</b>