

# PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA S AGLOMERACIJE SLAVONSKOG BRODA

---

**Zubović, Andrea**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Polytechnic in  
Pozega / Veleučilište u Požegi**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:112:906440>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-29**



**VELEUČILIŠTE U POŽEGI**  
STUDIA SUPERIORA POSEGANA

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Polytechnic in Pozega - Polytechnic in  
Pozega Graduate Thesis Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

# VELEUČILIŠTE U POŽEGI



Andrea Zubović, 1416/14

## PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA S AGLOMERACIJE SLAVONSKOG BRODA

### *ZAVRŠNI RAD*

Požega, 2019. godine.

VELEUČILIŠTE U POŽEGI  
POLJOPRIVREDNI ODJEL  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

**PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA S  
AGLOMERACIJE SLAVONSKOG BRODA**

***ZAVRŠNI RAD***

IZ KOLEGIJA TEHNOLOGIJA VODE I OBRADA OTPADNIH VODA

MENTOR: Ana Mrgan, dipl. ing.

STUDENT: Andrea Zubović

Matični broj studenta: 1416/14 PT

Požega, 2019. godine

## **Sažetak:**

U radu je prikazana učinkovitost rada uređaja za pročišćavanje otpadnih voda s aglomeracije Slavonski Brod za period od četiri godine 2015., 2016., 2017. i 2018. Analizirani parametri su: suspendirana tvar, KPK, BPK<sub>5</sub>, ukupni fosfor i ukupni dušik. Analize su obavljene u ovlaštenom laboratoriju za analizu otpadnih voda u skladu s Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 80/13, 43/14, 27/15 i 3/16). Uređaj je smješten na području grada Slavenskog Broda, a voda se pročišćava do trećeg stupnja pročišćavanja. Otpadne vode koje pristižu na uređaj su s područja grada Slavenskog Broda, općina: Podvinje, Brodski Varoš, Brodskog Vinogorje, te naselja: Tomica, Podcrkavlje, Grabarje, Rastušje, Gromačnik, Slobodnica, Bartolovci, Završje, Sibirj, Gornji Andrijevc, Bukovlje, Vranovci, Gornja Vrba, Donja Vrba, i Ruščica. Pročišćena otpadna voda odlazi u recipijent rijeku Savu.

Ključne riječi: uređaj, analize, parametri, otpadne vode.

## **Abstract:**

This paper presents the efficiency of wastewater equipment from the agglomeration of Slavonski Brod in the period of four years, 2015., 2016., 2017., 2018. The analysed parameters are: suspended matter, COD, BOD<sub>5</sub>, total phosphorus and total nitrogen. The analysis was carried out in an authorized laboratory used for analyzing wastewater in accordance with the Ordinance on the limited values of wastewater emissions (NN 80/13, 43/14, 27/15 i 3/16). The device is located in Slavonski Brod, water is being purified to the third stage of the purification process. Wastewater that comes from the city of Slavonski Brod, from city councils: Podvinje, Brodski Varoš, Brodsko Vinogorje, and from settlements: Tomica, Podcrkavlje, Grabarje, Rastušje, Gromačnik, Slobodnica, Bartolovci, Završje, Sibirj, Gornji Andrijevc, Bukovlje, Vranovci, Gornja Vrba, Donja Vrba, i Ruščica. Purified wastewater then goes into the receiving river Sava.

Key words: device, analysis, parameters, wastewater.

## SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE.....	2
2.1. Voda.....	2
2.2. Otpadna voda.....	3
2.2.1. Industrijske otpadne vode.....	3
2.2.2. Kućanske otpadne vode.....	4
2.2.3. Oborinske otpadne vode.....	4
2.3. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda.....	4
2.3.1. Mehaničko pročišćavanje otpadnih voda.....	5
2.3.2. Biološko pročišćavanje otpadnih voda.....	7
2.3.3. Linija mulja i plina.....	8
3. MATRIJALI I METODE.....	9
3.1. Zadatak.....	9
3.2. Metode određivanja.....	10
3.2.1. Određivanje suspendiranih tvari.....	10
3.2.2. Određivanje kemijske potrošnje kisika.....	11
3.2.3. Određivanje biološke potrošnje kisika.....	11
3.2.4. Određivanje ukupnog fosfora.....	12
3.2.5. Određivanje ukupnog dušika.....	13
4. REZULTATI.....	14
5. RASPRAVA.....	17
6. ZAKLJUČAK.....	19
LITERATURA.....	20
POPIS TABLICA, I SLIKA.....	22
POPIS KRATICA.....	22
IZJAVA O AUTORSTVU RADA.....	24

## 1. UVOD

U prirodi nema potpuno čiste vode. Voda već pri nastanku iz vodene pare otapa plinove i krute čestice koje se nalaze u atmosferi. Sastav tla i onečišćenje tla ima veliki utjecaj na sastav i kakvoću vode.

U toku padanja, kiša apsorbira atmosfersko onečišćenje zbog povećane količine CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, čestice prašine, čađi i drugih onečišćenja. Pri tome dolazi do promjene pH vrijednosti kiše, a kada ta vrijednost padne na pH 4, govorimo o tzv. "kiselim kišama". Ovisno o sastavu tla površinske vode mogu biti u direktnom kontaktu s podzemnim vodama i pri tome izazvati onečišćenje podzemnih voda. Onečišćenje podzemne vode uvijek je nepovoljno, jer ako se voda onečisti otrovnim tvarima voda može biti izvan upotrebe ne samo desetljećima, već i stoljećima ili zauvijek. Zato mjere obavezne zaštite vode kod planiranja, gradnje i održavanja objekata moraju biti efikasne, rigorozne, zakonski predvidive i obvezujuće. Pravilnicima se propisuju granične vrijednosti pojedinih tvari koje vodu čine opasnom za ljudsko zdravlje ili okoliš, ako se nalaze u koncentracijama većim od dopuštenih.

Fizikalnim, kemijskom i bakteriološkim analizama određuju se svojstva i kvaliteta vode, kao što su: temperatura, mutnoća, boja, elektrovodljivost, pH vrijednost, otopljeni plinovi, organske i anorganske tvari, te mikrobiološka kvaliteta vode.

Veoma je važno da se primjenjuje i Pravilnik o zaštitnim mjerama i uvjetima za određivanje zona sanitarne zaštite izvorišta vode za piće, te Pravilnik o izradi studije utjecaja na okoliš, kao i svi ostali zakonski akti o kvaliteti površinskih voda.

U radu je praćena učinkovitost rada pročišćavača komunalnih otpadnih voda s aglomeracije Slavonski Brod za period od četiri godine, te kvaliteta pročišćene vode koja se ispušta u rijeku Savu. Slavonski Brod je drugi po veličini hrvatski grad na rijeci Savi i veoma je bitno da ispuštanjem njegove komunalne otpadne vode ne dođe do narušavanja ekosustava riječnog toka Save koja je najdulja hrvatska rijeka i najvodonosnija pritoka Dunava.

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. Voda

Voda se u prirodi nalazi u sva tri agregatna stanja: krutom, tekućem i plinovitom. Na Zemlji, količina vode je stalna i nalazi se u stalnom kruženju tzv. hidrološkom ciklusu. Kruženje vode na Zemlji važan je proces koji omogućava održavanje života. Voda konstantno cirkulira između atmosfere, mora, rijeka, jezera i kopna. Voda koju danas trošimo nalazi se na Zemlji već stotine milijuna godina, od njezina samog nastanka (Sarvan, 2016: 30).

Porastom broja stanovnika na Zemlji rastu globalne potrebe za vodom zbog zadovoljavanja osnovnih životnih potreba, kao što je proizvodnja hrane i energije, ali i zbog određenih životnih navika. Osim toga povećanje svjetskog stanovništva utječe na povećano onečišćenje vodenih resursa iz procesa proizvodnje hrane, industrijske proizvodnje, kao i nedostatka tehnika pročišćavanja otpadnih voda.

Koncentracija stanovništva u urbanim središtima iziskuje potrebe dopremanja sve većih količina vode sa većih udaljenosti, kao i pročišćavanje velikih količina visoko opterećenih sanitarnih voda na relativno malom području urbanog središta (Sarvan, 2016: 76).

Otpadne vode domaćinstava koje nisu spojene na sustave javne odvodnje, rješavaju se otpadnih voda putem septičkih jama i vrlo često se smatraju raspršenim izvorom zagađenja. Septičke jame često nisu propisno izgrađene, uzrokuju zagađenje podzemnih voda i priobalnog mora, te se stoga naselja bez kanalizacije smatraju glavnim izvorom onečišćenja podzemnih voda određenih prostora. Bakteriološko onečišćenje podzemnih voda karakteristično je za Gorski kotar zbog većeg broja naselja bez kanalizacije, s propusnim septičkim jamama (Vukić Lušić, n. d., URL).

Veliko zagađenje podzemnih i površinskih voda uzrokovano je i ispiranjem poljoprivrednih površina. Poljoprivrednici često koriste razna kemijska sredstva kako bi zaštitili usjeve od bolesti i štetnika, poboljšali rast usjeva, kao i protiv korovskog bilja. Sve ove kemijske tvari ispiru se s obradivih površina i dospijevaju u podzemne vode i/ili površinske vode, što uzrokuje njihovo zagađenje.

S razvojem industrije i tehnologije sve više različitih kemijskih tvari dospijeva u vodotoke kao što su npr. razni lijekovi, kozmetički proizvodi, boje, deterdženti, ulja, ali i tehnologija koje ih mogu determinirati (Voda, n. d., URL).

Osim zagađenja ispuštanjem u prirodne prijemnike otpadnih voda ili ispiranjem obradivih i drugih površina, velike količine štetnih tvari i plinova ispuštaju se iz stacionarnih i mobilnih izvora i putem oborina se vraćaju na zemlju i u vodonosne slojeve. Veliki izvor zagađenja voda su i neodgovarajući deponiji otpada.

U Hrvatskoj postoji 126 legalnih i 300 divljih deponija otpada, nerijetko i uz sama vodocrpilišta. Zagađenja s odlagališta kreću se neprimjetno, ali stalno i sa sasvim izvjesnim i pogubnim ishodom za vode (Aquaphor, n. d., URL).

## 2.2. Otpadne vode

Otpadne vode su tekućine koje se sastoje od tekućeg otpada otopljenog u vodi, odnosno disperzije krutog otpada u vodi. Otpadne vode potječu iz kućanstava, naselja i gradova, tvornica i industrijskih pogona ili poljoprivrednih djelatnosti. Njihovim ispuštanjem, bilo putem kanalizacije (točkasti ispusti), bilo izravnim ispiranjem tla (raspršeni ispust) u površinske vode rijeke, jezera ili more, mogu se onečistiti površinske ili podzemne vode, odnosno smanjiti uporabna vrijednost vodenog sustava u koji dospijevaju. Opasnost od zagađivanja sprječava se tehnološkim postupcima pročišćavanja otpadnih voda.

Prodoranjem nepročišćenih otpadnih voda u površinske i podzemne vode, onečišćuju se osnovne zalihe pitke vode. Ispuštanje otpadnih voda uređeno je zakonskim aktima o emisijama onečišćujućih tvari u vodi i podložno je stalnom nadzoru ovlaštenih državnih organa (Otpadne vode, n. d., URL).

## 2.3. Industrijska otpadna voda

Industrijske otpadne vode u pravilu su visoko opterećene različitim onečišćivačima te s toga ne zadovoljavaju kriterije za direktno ispuštanje u prirodne prijemnike. Iz istih razloga takve vode nije moguće ponovo koristiti kao procesnu vodu bez prethodnog pročišćavanja.

"Tehnološke otpadne vode" su sve otpadne vode koje nastaju u tehnološkim postupcima i ispuštaju se iz industrijskih objekata za obavljanje bilo kakve gospodarske djelatnosti, osim sanitarnih otpadnih voda i oborinskih onečišćenih voda (Lončarić Božić, 2014: 1, URL).

Industrijske otpadne vode mogu sadržavati: teške metale, kiseline, lužine, mineralne soli, mineralna ulja i ugljikovodike, fenole i aromatske organske spojeve, radioaktivne tvari i sintetičke kemijske proizvode kojih ne sadrže prirodne vode (Onečišćenje i zaštita voda, n. d., URL).



## 2.4. Kućanske otpadne vode

Kućanske otpadne vode nastaju u seoskim i gradskim naseljima. To su vode iskorištene u kućanstvima, ugostiteljstvu, zdravstvu, školstvu, uslužnim i drugim neproizvodnim djelatnostima.

Sastav i svojstva otpadnih voda ovisi o načinu upotrebe voda. Ista voda iz vodoopskrbnih sustava upotrebljava se za obavljanje svih životnih funkcija, sanitarnih potreba kao i za komunalnu potrošnju (pranje ulica, zalijevanje zelenila, pranje automobila i dr.).

Biološka razgradivost temeljno je svojstvo kućanskih otpadnih voda. Kućanske otpadne vode sadrže organske tvari koje se počinju razgrađivati čim dospiju u vodu. Sastav otpadnih tvari u kućanskim otpadnim vodama ovisi o mnogo činitelja, a posebno o načinu života, klimatskim prilikama, izgrađenosti vodoopskrbnih podsustava i raspoloživim količinama vode. Svježe kućanske otpadne vode su sivo–smeđe boje, neugodna mirisa po sumporovodiku.

Kućanske otpadne vode sadrže znatne količine krupnih otpadnih tvari kao što su papir, krpe, plastične vrećice, ostatci voća i povrća (Onečišćenje i zaštita voda, n. d., URL).

## 2.5. Oborinske otpadne vode

Oborinske otpadne vode su otpadne vode koje nastaju ispiranjem površina prometnica, parkirališta ili drugih manipulativnih površina, posebno otapajući onečišćenja na navedenim površinama, te utječu u sustav javne odvodnje ili izravno u površinske vode (Odvodnja Rovinj-Rovigno d.o.o., 2018, URL).

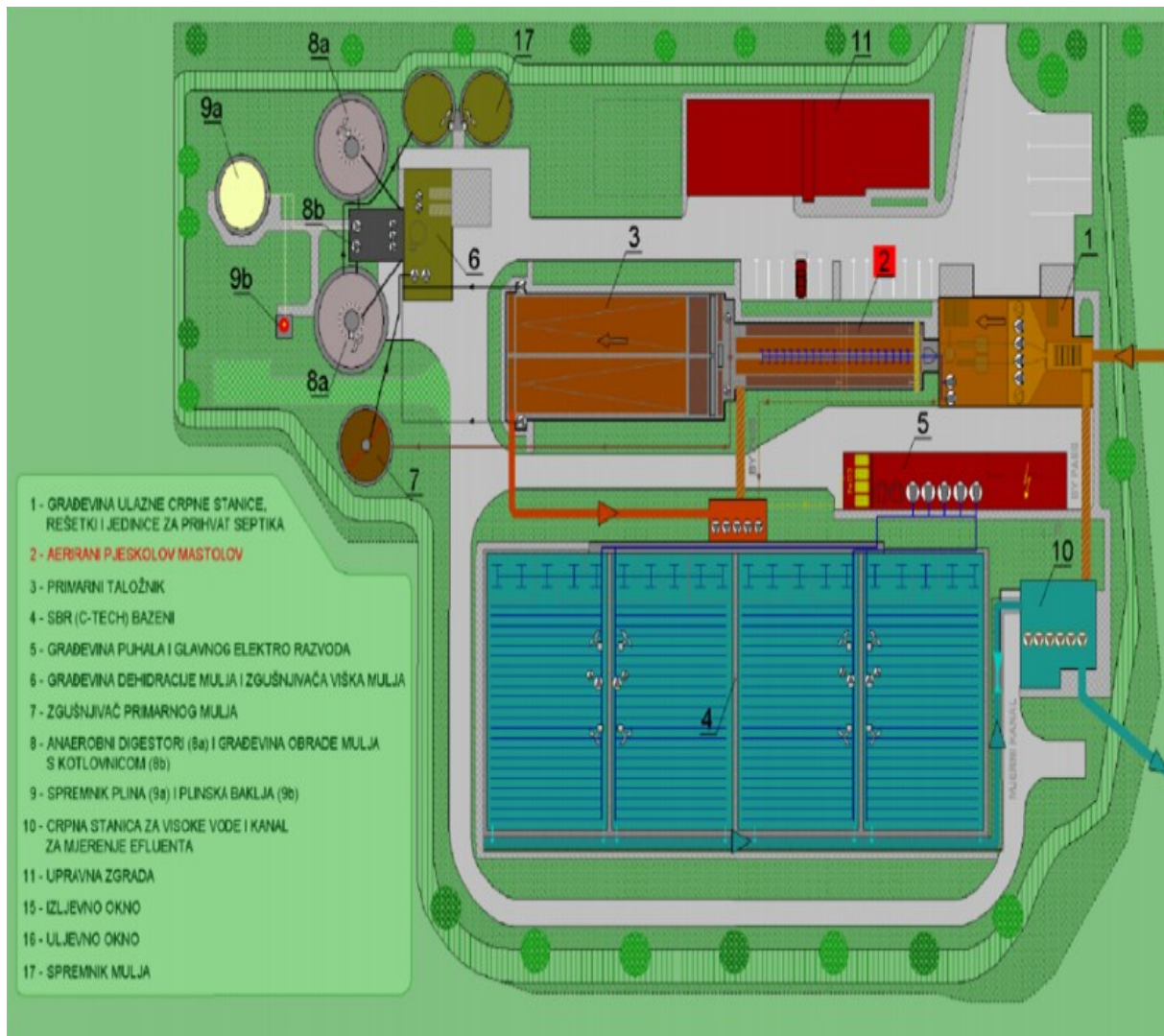
Oborinske otpadne vode se uvjetno mogu nazvati otpadnim vodama. Ponekad se pri istraživanju utjecaja otpadnih tvari na kakvoću prirodnih voda predstavlja da su oborinske vode čiste, a moguće onečišćenje prouzročeno u oborinskim vodama smatra se "prirodnim" onečišćenjem sliva (Onečišćenje i zaštita voda, n. d., URL).

## 2.3. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda u Slavonskom Brodu

Kapacitet uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u Slavonskom Brodu je 80 000 ES (ekvivalent stanovnika označava jedinicu opterećenja koja se primjenjuje u izražavanju kapaciteta uređaja za čišćenja otpadnih voda ili opterećenja) i godišnje se na njemu obradi 8 mil. m<sup>3</sup> otpadne vode. Uređaj obuhvaća treći stupanj pročišćavanja, tj. strožu obradu komunalnih otpadnih voda, gdje se uz prethodne fizikalno-kemijske i biološke postupke,

postizu zahtjevi i za fosfor i dušik, a prema Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda NN 80/13, 43/14 i 27/15. Tako pročišćena otpadna voda ispušta se u rijeku Savu i ne izaziva ugrožavanje prirodnog stanja okoliša.

Uređaj je smješten na lokaciji Poloj na lijevoj obali rijeke Save, nizvodno od središta grada i gradskog kupališta, te je zaštićen nasipom od poplava uzduž rijeke (Vodovod Slavonski Brod, n. d., URL).



Slika 1. Pogon za pročišćavanje otpadnih voda Slavonski Brod (Interni akti)

### 2.3.1. Mehaničko pročišćavanje otpadne vode

Mehanički pred-tretman se sastoji od grube i fine rešetke, te pjeskolova–mastolova što je prikazano na Slikama 2, 3 i 4).

Sustav grube rešetke od 22 mm uklanja krupni otpad kao što su krpe, komadi drveta, komadi plastike i dr. Nakon grube rešetke otpadna voda protječe do 2 fine rešetke od 6 mm. Otpad s fine rešetke se pomoću zajedničkog pužnog transportera ispire, dehidrira i transportira u kontejner. U ulaznoj građevini nalazi se i prihvat septičkog mulja.

Nakon finih rešetki voda protječe do aeriranog pjeskolova–mastolova, gdje dolazi do uklanjanja pijeska i plutajuće masti, odakle voda odlazi u primarni taložnik ili direktno u SBR bazene (Vodovod Slavonski Brod, n. d., URL).



Slika 2. Gruba rešetka (Vodovod Slavonski Brod, n. d., URL)



Slika 3. Fina rešetka (Vodovod Slavonski Brod, n. d., URL)

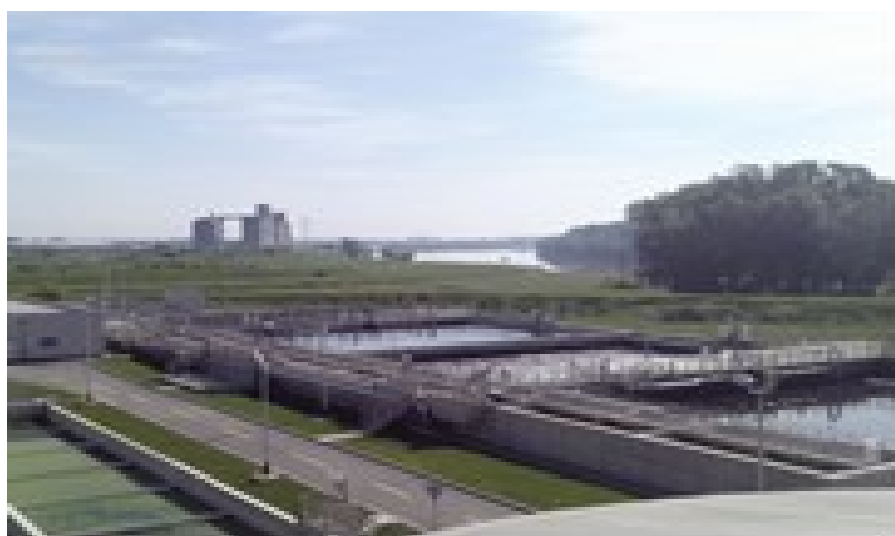


Slika 4. Pjeskolov–mastolov (Vodovod Slavonski Brod, n. d., URL)

### 2.3.2. Biološko pročišćavanje otpadnih voda

Biološko pročišćavanje otpadne vode temelji se na C-TECH sustavu. Sustav se sastoji od 4 SBR bazena ili reaktora, i u svakom reaktoru odvija se naizmjenično sva 4 ciklusa: punjenje/aeracija, aeracija, taloženje i dekantiranje.

Zahvaljujući kisiku iz zraka i mikroorganizmima iz aktivnog mulja uklanjaju se dušik, fosfor i ugljik, i u izlaznoj vodi koja se ispušta u rijeku Savu postižu se dopuštene koncentracije onečišćujućih tvari kao što su: ukupni dušik, ukupni fosfor, suspendirana tvar, KPK, BPK<sub>5</sub> i dr. (Vodovod Slavonski Brod, n. d., URL)



Slika 5. SBR bazeni (Vodovod Slavonski Brod, n. d., URL)

### 2.3.3. Linija mulja i plina

Uslijed biološkog pročišćavanja otpadne vode nastaje i suvišni otpadni mulj koji se pomoću pumpi crpi iz pojedinog reaktora u ciklusu dekantiranja. Višak mulja iz SBR bazena odlazi na mehaničku pred-dehidraciju koja se odvija pomoću polielektrolita. Takav pred-dehidrirani mulj se obrađuje 21 dan na temperaturi 35 °C – 37 °C u dva anaerobna digestora, te dolazi do smanjenja organske tvari za oko 45 % i stvaranja bioplina (54 % CH<sub>4</sub>, 44 % CO<sub>2</sub>). Stvoreni bioplin se skladišti u spremniku plina i koristi za zagrijavanje digestora.

Digestirani mulj se mehanički dehidrira pomoću centrifuge i nastaje dehidrirani mulj s 25 % suhe tvari. Takav mulj se može koristiti u poljoprivredi, šumarstvu, cvjećarstvu i sl. (Vodovod Slavonski Brod, n. d., URL).

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Zadatak

Zadatak rada je prikazati učinkovitost rada uređaja za pročišćavanje otpadnih voda na području Slavenskog Broda za 2015., 2016., 2017. i 2018. godinu. Lokacija uređaja je Poloj istočno od grada Slavenskog Broda uz rijeku Savu.

Otpadne vode (oborinske, kućanske, industrijske) koje sustavom odvodnje dospijevaju na pročistač su s područja grada Slavenskog Broda, općina Podvinje, Brodski Varoš i Brodsko Vinogorje, te naselja Tomica, Podcrkavlje, Grabarje, Rastušje, Gromačnik, Slobodnica, Bartolovci, Završje, Sibinj, Gornji Andrijevići, Bukovlje, Vranovci, Gornja Vrba, Donja Vrba i Rušćica.

Praćeni parametri koji nam prokazuju učinkovitost rada pročistača su: suspendirana tvar, KPK, BPK<sub>5</sub>, ukupan fosfor, ukupan dušik. Pročišćena otpadna voda se ispušta u rijeku Savu i zahvaljujući pročišćavanju ne dolazi do ugrožavanja prirodnog stanja okoliša.

Granične vrijednosti parametara u otpadnim vodama koje se ispuštaju u prirodni prijemnik (rijeka Sava) iz UPOV-a propisane su zakonskim aktima (Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda, NN 80/13, 43/14, 27/15 i 3/16, URL).

Tablica 1. Dozvoljene granične vrijednosti za ispuštanje kanalizacijskih otpadnih voda (Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda, NN 80/13, 43/14, 27/15 i 3/16, URL)

<b>PARAMETRI</b>	<b>JEDINICA</b>	<b>GRANIČNA VRIJEDNOST</b>
Suspendirana tvar	mg/L	35
KPK	mg O <sub>2</sub> /L	125
BPK <sub>5</sub> (20 °C)	mg O <sub>2</sub> /L	25
Ukupan fosfor	mg P/L	2
Ukupan dušik	mg N/L	15

Ispitivanje parametara se provodi u uzorcima prikupljenim tijekom 24-satnog uzorkovanja automatski uzorkivačem, na zadnjem obilježenom izljevnom mjestu na ulazu i izlazu iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda.



Slika 6. Automatski uzorkivač (Izvor: autor)

### 3.2. Metode određivanja

#### 3.2.1. Određivanje suspendirane tvari

Suspendirana tvar se određuje membranskom filtracijom vode na Buchnerovom lijevku (Slika 7). Membranski filter se stavi u lijevak, natoči odmjerena količina destilirane vode i uz pomoć vakuuma profiltrira. Nakon što se profiltrira sva destilirana voda, filter se stavlja na sušenje na 105 °C, nakon čega se u eksikatoru ohladi i važe. Isti postupak ponovimo i s uzorkom otpadne vode na ulazu i izlazu iz UPOV-a.

Ukupna suspendirana tvar se izračunava iz razlike težina suhog filtera s destiliranom i otpadnom vodom (Interni akti).



Slika 7. Buchnerov lijevak (Izvor: autor)

### 3.2.2. Određivanje kemijske potrošnje kisika (KPK)

Kemijska potrošnja kisika označava količinu nerazgradivih organskih tvari u otpadnoj vodi i provodi se pomoću kivetnih testova na spektrofotometaru (Slika 8).



Slika 8. Spektrofotometar (Izvor: autor)

Priprema uzorka za određivanje KPK se sastoji od mješanja uzorka u mješalici kako bi se uzorak homogenizirao, tj. da se čestice ravnomjerno rasprše po čitavom uzorku.

Homogenizirani uzorak se dalje priprema prema uputstvima za rad sa kivetnim testovima.

U zatvorenim kivetama se događa reakcija oksidacije organskih tvari s kalijevim bikromatom ili kalijevim permanganatom na temperaturi od 170 °C (15 min) u sumporno kiselom mediju uz srebro kao katalizator. Rezultat očitavamo na spektrofotometru u mjernoj jedinici mg O<sub>2</sub>/L (Interni akti).

### 3.2.3. Određivanje biološke potrošnje kisika (BPK<sub>5</sub>)

Biološka potrošnja kisika označava količinu kisika potrebnu za biološku razgradnju organske tvari pomoću mikroorganizama u 1 L otpadne vode.

BPK<sub>5</sub> se određuje pomoću respirometrijskog elektroničkog uređaja "OxiTop" koji mjeri potrošnju kisika u uzorku otpadne vode i potrošnju automatski preračunava u BPK<sub>5</sub> vrijednost (Slika 9).



Slika 9. Respirometrijski elektronički uređaj " OxiTop " (Izvor: autor)



U "OxiTop" bocu se stavi magnet, zatim uzorak koji se analizira, ovisno o izmjerenoj vrijednosti KPK (vrijednost BPK<sub>5</sub> je manja od KPK), te inhibitor nitrifikacije (ATH) u kapima, a količina kapi ovisi o količini uzorka (Tablica 2).

Tablica 2. Volumen uzorka u odnosu na očekivani BPK (Interni akti)

<b>VRIJEDNOST BPK (mg/L)</b>	<b>VOLUMEN UZORKA (mL)</b>	<b>KAPI ATH</b>
0 - 40	428	10
0 - 80	360	10
0 - 200	244	5
0 - 400	157	5
0 - 800	94	3
0 - 2000	56	3
0 - 4000	21,7	1

Nakon dodavanja kapi ATH, stavlja se gumeni umetak na otvor boce i u njega se kapaljkom nanosi 3 - 4 kapi standardne otopine kalijeveg hidroksida. "OxiTop" boca se zatvori i stavi u uređaj "OxiTop" na temperaturu od 20 °C. Vrijednost BPK se očitava nakon 5 dana (Interni akti).

#### 3.2.4. Određivanje ukupnog fosfora

U vodenim sustavima spojevi fosfora se razgrađuje veoma sporo. Fosfati se određuju pomoću volfram – molibdenova reagensa s kojim daje modro obojenje. Da bi se odredio opći ili ukupno fosfor, uzorak se najprije treba spaliti ("mokra" spaljivanje koncentriranom sulfatnom kiselinom i vodikovim peroksidom), pri čemu fosforni spojevi prelaze u ortofosfate.

Volfram – molibdenovim reagensom određuje se ukupna količina ortofosfata. Dobivene vrijednosti određujemo uz pomoć spektrofotometra. Ukupni fosfor se izražava u mg P/L (Tušar, 2009: 341).

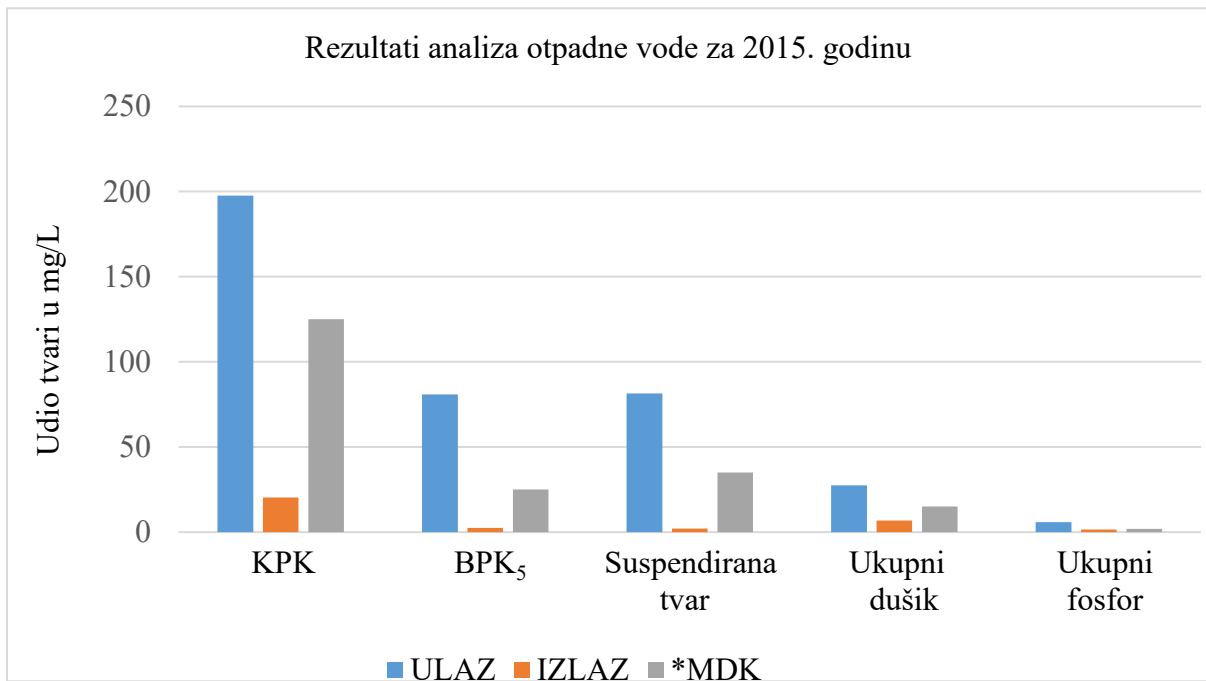
### 3.2.5. Određivanje ukupnog dušika

Kjeldahlov postupak je analitička metoda za određivanje dušika u bjelančevinama i nekim drugim organskim spojevima.

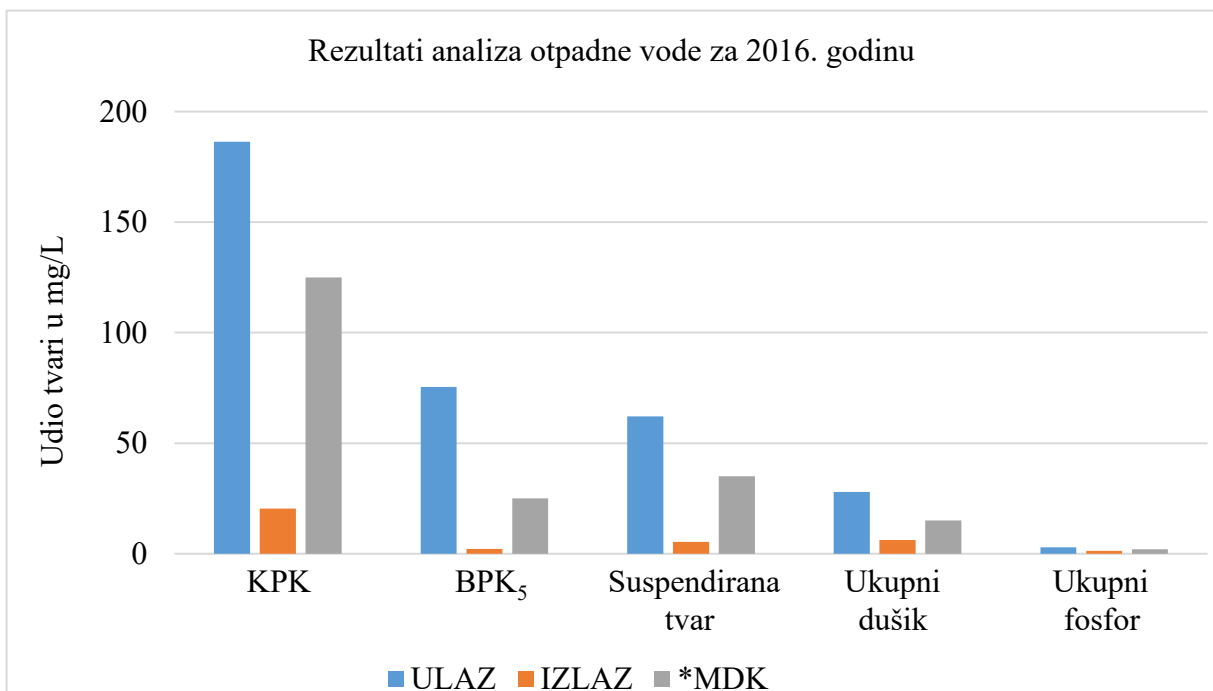
U otopinu s uzorkom doda se malo bezvodnog kalijevog sulfata i koncentrirane sulfatne kiseline. Smjesa se zagrijava, često uz prisutnost katalizatora (npr. bakrova sulfata). Dušik se veže u amonijev sulfat iz kojeg se kuhanjem s natrijevim hidroksidom oslobađa amonijak. Oslobođeni amonijak se odvoji destilacijom i skuplja u točno određenom volumenu standardne kiseline (Kemijski rječnik, n. d., URL).

Dobivena vrijednost koncentracije dušika u ispitivanom uzorku očitava se na spektrofotometru i izražava u mg N/L.

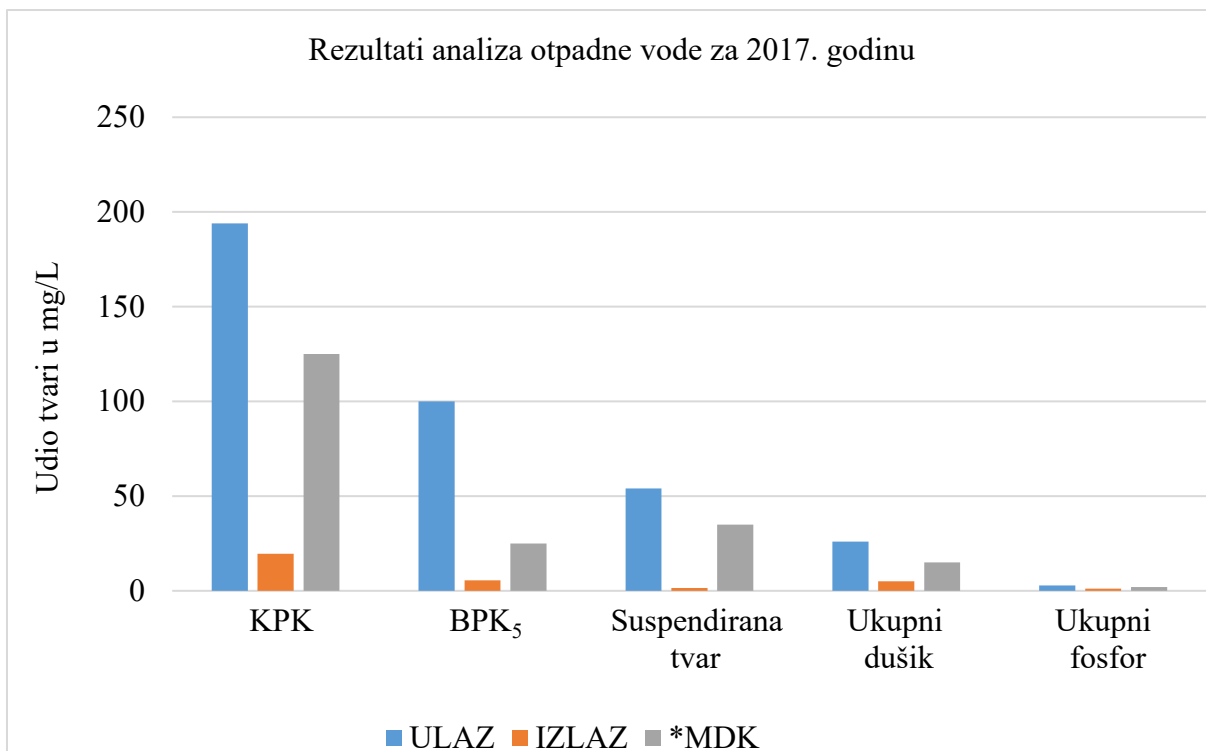
## 4. REZULTATI



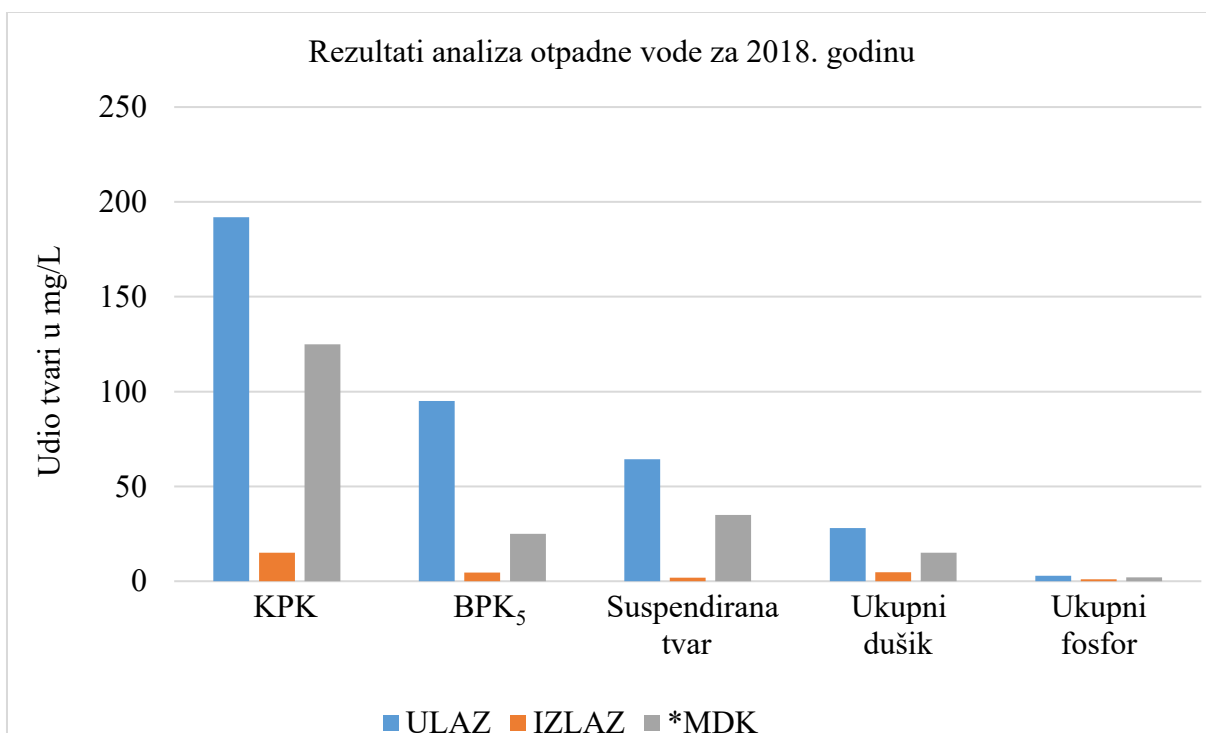
Slika 10. Rezultati analiza komunalne otpadne vode prije i poslije pročišćavanja, za 2015. godinu



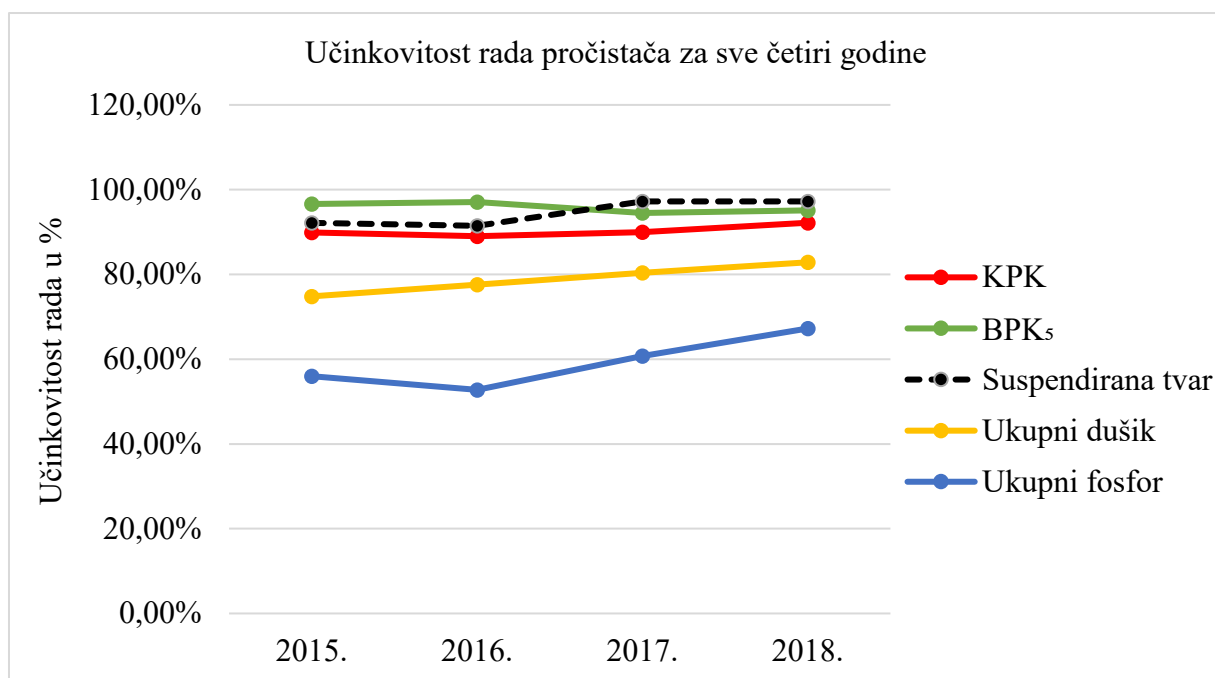
Slika 11. Rezultati analiza komunalne otpadne vode prije i poslije pročišćavanja, za 2016. godinu



Slika 12. Rezultati analiza komunalne otpadne vode prije i poslije pročišćavanja, za 2017. godinu



Slika 13. Rezultati analiza komunalne otpadne vode prije i poslije pročišćavanja, za 2018. godinu



Slika 14. Učinkovitost rada uređaja za sve četiri godine, 2015., 2016., 2017. i 2018. god.

## 5. RASPRAVA

Na slikama 10, 11, 12, i 13, prikazane su prosječne vrijednosti koncentracija za KPK, BPK<sub>5</sub>, suspendirane tvari, ukupni dušik i ukupni fosfor za 2015., 2016., 2017. i 2018. god., u otpadnoj komunalnoj vodi prije i poslije pročišćavanja, te usporedba dobivenih koncentracija s MDK vrijednostima.

Iz rezultata za KPK vrijednosti za sve četiri godine je vidljivo da se koncentracije na ulazu u pročištač kreću se od 192 mg/L u 2018. god. do 197,57 mg /L u 2015. god., što su znatno veće koncentracije od MDK vrijednost koja iznosi 125 mg/L. Vrijednosti na izlazu iz pročištača su znatno niže od ulaznih i kreću se od 15 mg/L u 2018. god. do 20,46 mg/L u 2016. god., što je znatno ispod MDK vrijednosti.

Dobivene koncentracije za BPK<sub>5</sub> vrijednosti u analizirane četiri godine su se kretale od 95 mg/L u 2018. god. do 100 mg/L u 2017. god. na ulazu u pročištač, što je više od 25 mg/L koliko iznosi MDK vrijednost. Izlazne vrijednosti su znatno ispod MDK i kretale su se od 2,2 mg/L u 2016. god. do 5,5 mg/L u 2017. god. Ovi rezultati potvrđuju veliko opterećenje otpadne vode razgradivom organskom tvari, što je karakteristika komunalnih otpadnih voda.

Vrijednosti za koncentracije suspendiranih tvari na ulazu u pročištač kretale su se od 54 mg/L u 2017. god. do 81,37 mg/L u 2015. god., što pokazuje da su za sve četiri godine ulazne koncentracije iznad MDK vrijednosti koja iznosi 35 mg/L. Koncentracije suspendiranih tvari na izlazu iz pročištača bile su znatno ispod MDK vrijednosti i kretale su se od 1,5 mg/L u 2017. god. do 5,3 mg/L u 2016. god., što potvrđuje dobru učinkovitost pročištača.

Dobivene koncentracije za ukupni dušik na ulazu u pročištač su se kretale od 26 mg/L u 2017. god. do 28 mg/L u 2018. god. što potvrđuje povećane vrijednosti u odnosu na MDK koja iznosi za ukupni dušik 15 mg/L. Vrijednosti koncentracije ukupnog dušika na izlazu iz pročištača su se kretale od 4,8 mg/L u 2018. god. do 6,91 mg/L u 2015. god., što su zadovoljavajuće vrijednosti za pročišćenu otpadnu vodu.

Koncentracije ukupnog fosfora na ulazu u pročištač kao i ostali analizirani parametri pokazuju povećane koncentracije u odnosu na MDK vrijednosti, koja za ukupni fosfor iznosi 2 mg/L. Ulazne vrijednosti su se kretale od 5,92 mg/L u 2015. god. do 2,8 mg/L u 2017. god., da bi na izlazu iz pročištača bile ispod MDK vrijednosti i kretale se od 0,95 mg/L u 2018. god. do 1,55 mg/L u 2015.god.

Slika 14 nam pokazuje učinkovitost rada pročištača za sve četiri analizirane godine izražena u postocima.

Smanjenje vrijednosti KPK za sve četiri godine su se kretale od 89,02 % u 2016. god. do 92,19 % u 2018. god. Rezultati potvrđuju da vrijednosti smanjenja KPK za svaku pojedinu godinu se ne razlikuju bitno, te potvrđuju dobru učinkovitost rada pročištača.

Dobiveni rezultati smanjenja vrijednosti BPK<sub>5</sub> za sve četiri godine prikazuju da su se vrijednosti kretale od 94,50 % u 2017. god. do 97,08 % u 2016. god. Ovim rezultatima je prikazan vrlo zadovoljavajući rad pročištača s obzirom da su vrijednosti BPK<sub>5</sub> u periodu od 2015. do 2018. god. smanjene za više od 94 %.

Rezultati smanjenja vrijednosti suspendiranih tvari kreću se od 91,47 % u 2016. god. do 97,22 % u 2017. god., što potvrđuje dobru učinkovitost rada pročištača.

Vrijednosti smanjenja ukupnog dušika su se kretale od 74,82 % u 2015. god. do 82,86 % u 2018. god. S obzirom na prethodno analizirane parametre, vidljivo je da su rezultati smanjenja ukupnog dušika u analiziranom periodu od četiri godine u postotku nešto manji, ali zadovoljavaju zadane kriterije.

Smanjenje vrijednosti ukupnog fosfora se kreću od 52,76 % u 2015. god. do 67,24 % u 2018. god. Ovim rezultatima je prikazano da ukupni fosfor ima najlošije smanjene vrijednosti u postotcima, u periodu od četiri godine u odnosu na ostale parametre, ali koncentracije u izlaznoj vodi su zadovoljavajuće.

## 6. ZAKLJUČAK

Na temelju dobivenih rezultata iz otpadnih voda koje se pročišćavaju na pročištaču na području Slavonskog Broda može se zaključiti sljedeće:

- otpadne koje dopijaju sustavom odvodnje na uređaj za pročišćavanje sadrže povišene koncentracije parametara: KPK, BPK<sub>5</sub>, suspendirane tvari, ukupni dušik, ukupni fosfor;
- analize parametara na prosječnoj godišnjoj razini, od 2015. - 2018. g. i na ulazu i na izlazu imaju slične vrijednosti, što potvrđuje da nije došlo do značajnih odstupanja;
- koncentracije analiziranih parametara izlazne odnosno pročišćene vode su ispod maksimalno MDK vrijednosti koje su propisane Pravilnikom i Vodopravnom dozvolom za ispuštanje otpadnih voda;
- sva pročišćena otpadna voda koja izlazi iz uređaja u recipijent Savu, ne utječe na promjene prirodnog stanja okoliša jer su vrijednosti onečišćujućih parametara smanjene za 70 – 90 %;
- uređaj za pročišćavanje otpadnih voda radi vrlo učinkovito, što je vidljivo iz provedenih analiza.



## LITERATURA

### Knjige:

1. Interni akti, *Vodovod Slavonski Brod*
2. Sarvan, D. (2016) *Ljudsko pravo na vodu*. Zagreb: Novi informator d.o.o.
3. Tušar, B. (2009) *Pročišćavanje otpadnih voda*. Zagreb: Kigen d.o.o.

### Pravni izvori:

1. Narodne novine, (2013, 2014, 2015, 2016) *Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda*. Zagreb: Narodne novine d.d. NN 80/13, 43/14, 27/15, 3/16.
2. Narodne novine, (2011) *Pravilnik o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta*. Zagreb: Narodne novine d.d. NN 66/11
3. Narodne novine, (2000, 2004) *Pravilnik o izradi studije utjecaja na okoliš*. Zagreb: Narodne novine d.d. NN 59/00, 136/04.
4. Zakonski akti o kvaliteti površinskih voda

### Mrežne stranice:

1. Aquaphor (n. d.) Koji su najčešći uzroci zagađenja otpadne vode? URL: <https://www.aquaphor.com.hr/cista-voda/filtriranje/koji-su-najcesci-uzroci-zagadenja-vode> [pristup: 03.03.2019.]
2. Kemijski rječnik (n. d.) Kjeldahlov postupak. URL: <https://glossary.periodni.com/glosar.php?hr=Kjeldahlov+postupak> [pristup: 03.03.2019.]
3. Lončarić Božić, A. (2014) Obrada industrijskih otpadnih voda. URL: [https://www.fkit.unizg.hr/download/repository/1\\_OIOV\\_26\\_11\\_2014.pdf](https://www.fkit.unizg.hr/download/repository/1_OIOV_26_11_2014.pdf) [pristup: 11.01.2019.]
4. Odvodnja Rovinj-Rovigno d.o.o. (2018) Osnovni pojmovi vezani uz prikupljanje, odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda. URL: <http://odvodnjarovinj.eu/osnovni-pojmovi-vezani-uz-prikupljanje-odvodnju-i-prociscavanje-otpadnih-voda/> [11.01.2019.]
5. Onečišćenje i zaštita voda (n. d.) URL: [http://www.unizd.hr/portals/4/nastavni\\_mat/2\\_godina/zastita\\_ok/predavanje\\_9.pdf](http://www.unizd.hr/portals/4/nastavni_mat/2_godina/zastita_ok/predavanje_9.pdf) [pristup: 11.01.2019.]
6. Otpadne vode (n. d.) URL: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=45899> [pristup: 11.01.2019.]

7. Voda (n. d.) URL: <http://www.ssb.hr/libraries/0000/6489/VODA.pdf> [pristup: 07.05.2019]
8. Vukić Lušić, D. (n. d.) *Pitke vode*. URL: <http://www.zzzpgz.hr/nzl/62/pitke-vode.htm> [pristup: 07.05.2019]
9. Vodovod Slavonski Brod (n. d.) Kvaliteta vode.  
<http://www.vodovod.sb.hr/index.php/voda/kvaliteta-vode/kvaliteta-vode> [pristup: 10.01.2019.]
10. Vodovod Slavonski Brod (n. d.) UPOV. URL:  
<http://www.vodovod-sb.hr/index.php/voda/odvodnja/upov> [pristup: 12.01.2019.]

## **POPIS TABLICA, SLIKA I KRATICA**

### **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Dozvoljene granične vrijednosti za ispuštanje kanalizacijskih otpadnih voda

Tablica 2. Volumen uzorka u odnosu na očekivani BPK<sub>5</sub>

### **POPIS SLIKA**

Slika 1. Pogon za pročišćavanje otpadnih voda Slavonski Brod

Slika 2. Gruba rešetka

Slika 3. Fina rešetka

Slika 4. Pjeskolov – mastolov

Slika 5. SBR bazeni

Slika 6. Automatski uzorkivač

Slika 7. Buchnerov lijevak

Slika 8. Spektrofotometar

Slika 9. Respirometrijski elektronički uređaj "OxiTop"

Slika 10. Rezultati analiza komunalne otpadne vode prije i poslije pročišćavanja, za 2015. godinu

Slika 11. Rezultati analiza komunalne otpadne vode prije i poslije pročišćavanja, za 2016. godinu

Slika 12. Rezultati analiza komunalne otpadne vode prije i poslije pročišćavanja, za 2017. godinu

Slika 13. Rezultati analiza komunalne otpadne vode prije i poslije pročišćavanja, za 2018. godinu

Slika 14. Učinkovitost rada uređaja za sve četiri godine, 2015., 2016., 2017. i 2018.

### **POPIS KRATICA**

KPK – kemijska potrošnja kisika

BPK<sub>5</sub> – biološka potrošnja kisika

NN – narodne novine

COD – chemical oxygen demand

BOD<sub>5</sub> – biochemical oxygen demand

URL - UniformResourceLocator, *adresa web stranice u online svijetu*

d. o. o. – Društvo s ograničenom odgovornošću

ES – ekvivalent stanovnika

m<sup>3</sup> – metara kubnih

mm - milimetar

SBR – Sequencing Batch Reactors

°C - Celzijev stupanj

% - postotak

UPOV- Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda

min – minuta

L – litra

mg – miligram

ATH – inhibitor nutrifikacije

MDK – maksimalno dopuštena koncentracija

## IZJAVA O AUTORSTVU RADA

Ja, **Andrea Zubović**, pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću izjavljujem da sam isključivi autor završnog / diplomskog rada pod naslovom: **Pročišćavanje otpadnih voda sa aglomeracije Slavenskog Broda** te da u navedenom radu nisu na nedozvoljen način korišteni dijelovi tuđih radova.

U Požegi, 03.06.2019.

Andrea Zubović