

# Učinkovitost rada biološkog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda

---

**Mrgan, Ana; Kokša, Valentina; Oroz, Mirjana**

*Source / Izvornik:* **Proceedings of 6th International Conference "Vallis Aurea" focus on reseach and innovation, 2018, 285 - 293**

**Conference paper / Rad u zborniku**

*Publication status / Verzija rada:* **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:112:900395>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-06**



**VELEUČILIŠTE U POŽEGI**  
STUDIA SUPERIORA POSEGANA

*Repository / Repozitorij:*

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



## WORK EFFICIENCY OF THE WASTEWATER PURIFICATION DEVICE

### UČINKOVITOST RADA BIOLOŠKOG UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

MRGAN, Ana; KOKSA, Valentina & OROZ, Mirjana

**Abstract:** *The results of tracking the work efficiency of the utility wastewater purification device are shown in this course. Nitrogen and phosphorus concentration, suspended matters, biological oxygen demand (BOD), and chemical oxygen demand (COD) are the analyzed parametres. The analyzed patterns of the wastewater come from the purifier in Herešin in Koprivnica – Krizevci County. On the basis of conducted analysis, high efficiency of the biological purification device is confirmed, and the purified water satisfies the law regulations.*

**Key words:** *biological waste water treatment process, waste water, Koprivnica-Krizevci County*

**Sažetak:** *U radu su prikazani rezultati praćenja učinkovitosti rada biološkog uređaja za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda. Analizirani parametri su koncentracija dušika, fosfora, suspendirane tvari, BPK<sub>5</sub>, i KPK. Analizirani uzorci otpadnih voda su s pročištača u Herešinu, u Koprivničko-križevačkoj županiji. Na osnovu provedenih analiza, potvrđena je visoka učinkovitost biološkog pročištača, a pročišćena voda zadovoljava zakonske propise.*

**Ključne riječi:** *biološki uređaj, otpadna voda, Koprivničko-križevačka županija*



**Authors' data:** Ana Mrgan, dipl.,ing., Veleučilište u Požegi, Vukovarska 17, 34000 Požega; amrgan@vup.hr; Valentina Kokša, student, Veleučilište u Požegi, Vukovarska 17, 34000 Požega; valentina.koksa@gmail.com; Mirjana Oroz, dipl.inž, Oroz Pharm d.o.o., K. Zvonimira 24, Pleternica, mirjanaor@yahoo.com

## 1. Uvod

Voda je tekućina koja omogućava života na Zemlji. Multifunkcionalni je resurs, prirodno i gospodarsko dobro, životni prostor za biljke i životinje, transportni medij, izvor i prenositelj energije, prijamnik i otpremnik nečistoća, živežna namirnica, najznačajniji sastojak živih organizama, sredstvo koje grije, hladi, pere, otapa, razrjeđuje, sredstvo za industrijsku i poljoprivrednu proizvodnju, sredstvo za sport i rekreaciju, osnovni čimbenik gospodarskog i kulturnog razvoja. Sve civilizacije su nastajale uz vodotoke, pa je i naš opstanak povezan s osiguranjem dovoljne količine pitke vode. Hrana i voda su osnovne potrebe čovjeka, a proizvodnja hrane nije moguća bez dovoljne količine vode. Nedostatak kvalitetne vode postaje ograničavajući faktor razvoja neke zemlje. Količinom manjom od 1000 m<sup>3</sup>/stanovniku\*godišnje pitke vode, zaustavlja se ekonomski i zdravstveni razvoj neke zemlje, dok manje od 500 m<sup>3</sup>/stanovniku\*godišnje, ugrožava opstanak ljudi na nekom prostoru [1]. Prema vodnom bogatstvu Hrvatska se ubraja u skupinu zemalja, relativno bogatih vodom u kojoj vodni resursi zasada nisu ograničavajući čimbenik razvoja. Prema istraživanjima UNESCO-a iz 2003. godine, Hrvatska je 5. zemlja u Europi, a 42. u svijetu, po količinama obnovljivih izvora vode. Bilance površinskih i podzemnih voda pokazuju da Hrvatska raspolaže velikim nejednoliko prostorno i vremenski raspoređenim količinama površinskih i podzemnih voda, a institucije zadužene za upravljanje vodama imaju ovlasti i obvezu osmisliti kvalitetna i usklađena rješenja, održiva za sve dijelove vodnoga sustava i sve djelatnosti vodnoga i o vodi ovisnog gospodarstva [2]. U svijetu je prisutan problem smanjenja obnovljivih izvora vode, a uzrokovan je eksponencijalnim rastom stanovništva. Rastom populacije raste potrošnja pitke vode, povećava se industrijska i poljoprivredna proizvodnja, povećava količina otpadne vode, povećava količina otpadnih tvari u vodi, koje postojeći načini čišćenja vode ne mogu ukloniti [3]. Postupci prirodnog samo-pročišćavanja otpadnih voda odavno više nisu dostatni [4]. Problem otpadnih voda je ozbiljna prepreka zdravlju ljudi i onečišćenju okoliša. Zakonskom regulativom nastoji se prisiliti privredne subjekte na veću brigu za okoliš, pa tako i vodne sustave, ograničavajući maksimalno dozvoljene koncentracija onečišćujućih tvari u otpadnoj vodi prije ispuštanja u vodotoke [5].

Otpadnim vodama se smatraju sve vode čije su prvotne fizikalne, kemijske, biološke i radioaktivne osobine promijenjene. Otpadne vode potječu iz naselja, industrijskih pogona i poljoprivrednih djelatnosti. Njihovim ispuštanjem putem kanalizacije ili izravnim ispiranjem tla u površinske kopnene vode, može se smanjiti uporabna vrijednost vodenog sustava u koji dospijevaju [6]. Prema izvorima onečišćenja razlikujemo kućanske, industrijske i oborinske otpadne vode. Uvjeti za ispuštanje otpadnih voda u prijamnike, zakonski su propisani [7].

„Sanitarne otpadne vode“ su sve otpadne vode, koje se nakon korištenja ispuštaju iz stambenih objekata, ugostiteljskih ustanova, vojnih objekata i drugih neproizvodnih djelatnosti i uglavnom potječu od ljudskog metabolizma i aktivnosti kućanstava [6]. To su vrlo opterećene otpadne vode, onečišćene; uljima, mastima, ugljikovodicima,

deterdžentima, krupnim otpadnim tvarima, tamne su boje i neugodnog mirisa po trulim jajima odnosno  $H_2S$  [3].

„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 [6]. Ove vode sadrže različite toksične tvari anorganskog ili organskog porijekla, teške metale, ulja, masti, suspendirane tvari, emulzije, soli i dr. [4].

„Oborinske onečišćene vode“ su otpadne vode koje nastaju ispiranjem oborinama, površina prometnica, parkirališta ili drugih manipulativnih površina, postupno otapajući onečišćenja na navedenim površinama te otječu u sustave javne odvodnje ili izravno u površinske vode [6]. Oborinska voda se već pri prolasku kroz atmosferu onečišćuju otapanjem plinova i lebdećih čestica [4].

Zbog očuvanja vodnog sustava vodu koju smo upotrijebili i ona postaje otpadna voda, prije ispuštanja u vodne prijamnike potrebno je pročistiti. U Hrvatskoj je tek 43,6 % stanovništva priključeno na sustav javne odvodnje otpadnih voda, a samo 27 % otpadnih voda se pročišćava [8]. Zbog mješovitog sustava odvodnje (otpadne vode svih vrsta: iz kućanstva, industrijskih pogona, oborinske) i znatnih kolebanja količina i opterećenja otpadnih voda, veoma često se koristi SBR tehnologija biološkog čišćenja voda, s izvanredno visokim učinkom pročišćavanja do 99 %. Pročišćavanje obuhvaća dvije funkcionalne cjeline; I. stupanj pročišćavanja za uklanjanje krupnog otpada, brzo taložive krutine, ulja i masti. Organske i anorganske tvari u otopljenom ili koloidnom obliku, hranjive soli i deterdženti, uklanjaju u II. stupnju odnosno biološkom reaktoru, gdje mikroorganizmi razgrađuju mrtvu organsku tvar uz pomoć kisika, gradeći nove stanice uz stvaranje plinova i nerazgradivog ostatka ili aktivnog mulja [3]. Dio aktivnog mulja vraća se u bioreaktor, a dio odlazi na dehidraciju i deponiranje [5].

Cilj rada je bio pratiti učinkovitost rada biološkog pročišćavača otpadne vode SBR tehnologijom i kvalitetu pročišćene vode prije ispuštanja u prirodne prijamnike, na području Koprivničko–križevačke županije, tijekom 2016. god.

## 2. Materijali i metode

U radu je praćena učinkovitost rada biološkog uređaja za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda SBR tehnologijom, određivanjem koncentracija ukupnog dušika, fosfora,  $BPK_5$ ,  $KPK$  i suspendiranih tvari, prije i poslije pročišćavanja vode. Na pročišćavaču se pročišćava komunalna otpadna voda, koja se preko sustava kanala izljeva u rijeku Dravu. Osim kućanskih otpadnih voda u kanalizacijski sustav se izljevaju i industrijske, kao i oborinske otpadne vode. Privredni subjekti koji ispuštaju svoju otpadnu vodu u kanalizacijski sustav odvodnje, prema svojim „Vodopravnim dozvolama“ za ispuštanje, obvezni su raditi analize otpadne vode. Na prostoru RH „Vodopravne dozvole“ izdaju Hrvatske voda na pet ili više godina. Analizirani parametri kao i učestalost analiza od strane neovisnog laboratorija, ovise o djelatnosti privrednih subjekata. Ispuštanja su često bez pred-tretmana obrade vode,

što može dovesti do oscilacija u opterećenju otpadne vode, a time i o učinkovitosti rada pročistača.

<b>POKAZATELJI</b>	<b>JEDINICA</b>	<b>POVRŠINSKE VODE</b>
BPK <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /L	25
KPK	mgO <sub>2</sub> /L	125
Ukupni fosfor	mg P/L	2
Ukupni dušik	mg N/L	15
Suspendirana tvar	mg/L	35

Tablica 1. Granične vrijednosti emisija otpadnih voda prilikom ispuštanja u površinske vod [7]

#### 4.1. Određivanje ukupnog dušika

Spojevi dušika i fosfora uvijek su prisutni u otpadnim vodama, što pogoduje nastanku većih količina primarne organske tvari (fitoplankton), čime se u eko-sustavima povećava mogućnost od eutrofikacije. U otpadnim vodama dušik je uglavnom u obliku amonijaka, manje u obliku nitrita i nitrata. Biološko uklanjanje dušika iz otpadnih voda odvija se oksidacijom amonijaka (nitrifikacijom) do nitrita i nitrata, a redukcijom nitrata (denitrifikacijom) do plinovitog dušika. Nitrifikacijom i denitrifikacijom pod utjecajem mikroorganizama uklanjaju se dušikovi spojevi iz vode [4]. Ukupni dušik određivan je prema Standard Methods, HRN EN ISO 11261:1995, na TN analyzeru (Shimadzu). Postupak se zasniva na spaljivanju dušika na 720 °C u prisutnosti ozona i prelasku dušika u NO<sub>2</sub> i NO, što se detektira na kemiluminiscentnom detektoru. Rezultat je dobiven u mg N/L vode.

#### 4.2. Određivanje ukupnog fosfora

U otpadnoj vodi koja dolazi na uređaj za pročišćavanje, fosfor je prisutan u obliku ortofosfata, polifosfata i vezan u organskim tvarima [4]. Koncentraciju fosfora u vodi određivalo se spektrofotometrom na valnoj dužini od 690 nm, po Standard Methods, HRN EN ISO 11261:1995. Rezultat je dobiven u mg P/L vode.

#### 4.3. Određivanje biološke potrošnje kisika

Biokemijska potrošnja kisika je empirijski test, u kojem se standardni laboratorijski postupci upotrebljavaju za određivanje petodnevnog potrošnje kisika, potrebne za biološku oksidaciju organskih tvari. Postupak se primjenjuje za određivanje BPK<sub>5</sub> u otpadnim i zagađenim vodama. Testom se mjeri opterećenje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda i procjenjuje uspješnosti uklanjanja svih onih tvari, koje troše kisik za svoju razgradnju u sistemu za pročišćavanje, a rađen je prema Standard Methods, HRN EN ISO 11261:1995.

Iz razlike koncentracije otopljenog kisika (određuje se oksimetrom) prije i poslije inkubacije na 20 °C, određuje se količina kisika koju su mikroorganizmi potrošili za razgradnju organske tvari, a izražava se u mg O<sub>2</sub>/L. U vodnim eko-sustavima bitan je

odnos kisika (O) i organskog opterećenja (BPK), a glavni faktori koji utječu na to su: sunčeva energija, dotok otpadne vode, vodeni organizmi, hranjive soli, nitrifikacija, denitrifikacija, razgradnja organske tvari i dr. [4].

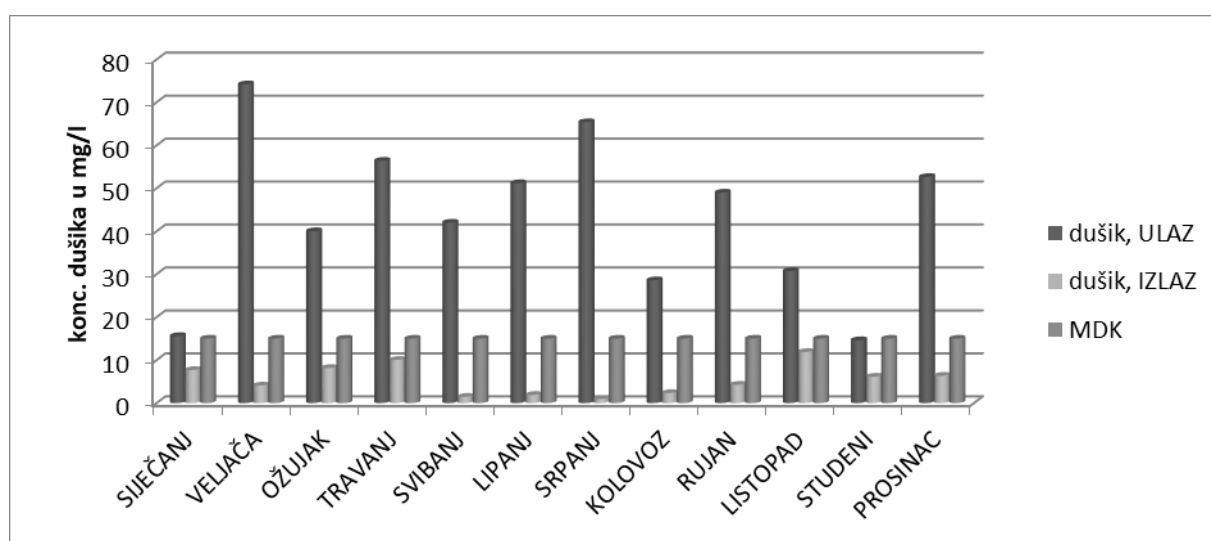
#### 4.4. Određivanje kemijske potrošnje kisika

Biološki nerazgradive organske tvari su tvari koje se vrlo sporo razgrađuju ili uopće ne razgrađuju, određuju se metodom po HRN ISO 15705:2003\*. Pokazatelj količine nerazgradive organske tvari u vodi je kemijska potrošnja kisika (KPK). Postupak određivanja kemijske potrošnje kisika temelji se na reakciji oksidacije nerazgradive organske tvari s kalijevim permanganatom ili kalijevim bikromatom, na povišenoj temperaturi u sumporno kiselom mediju uz srebro kao katalizator. Reakcija se provodi u zatvorenoj kiveti, a količina kisika mjeri se spektrofotometrijski. Rezultat je dobiven u mg O<sub>2</sub>/L vode.

#### 4.5. Određivanje suspendiranih tvari

Suspendirane tvar određuju se u otpadnoj, površinskoj i pitkoj vodi, po Standard Methods, HRN EN ISO 11261:1995. Ukupne suspendirane tvari su masa u vodi sadržane čvrste faze, koja se izdvaja mikrofiltracijom. Izračunava se iz razlike težine čistog filtera i filtera s talogom nakon sušenja na 105 °C, a izražava u mg/L.

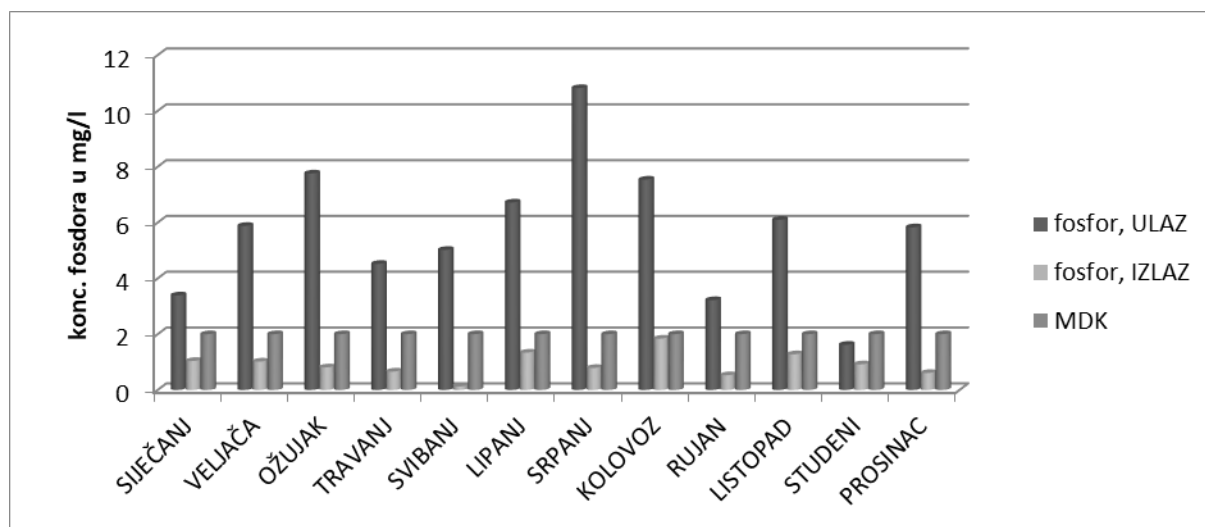
### 3. Rezultati i rasprava



Slika 1. Koncentracije ukupnog dušika u otpadnoj vodi prije i poslije pročišćavanja

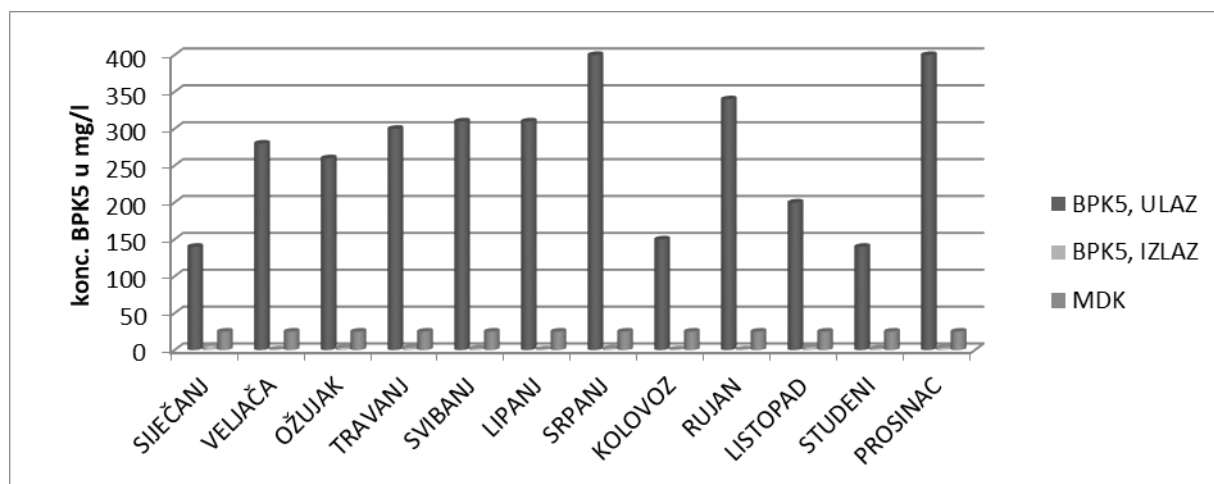
Na Slici 1 prikazane su vrijednosti koncentracija ukupnog dušika u otpadnoj vodi na ulazu i izlazu iz pročišćavača, te usporedba s MDK vrijednosti. Prateći prosječne mjesečne vrijednosti koncentracija kroz cijelu godinu, zabilježene su znatne oscilacije. Najmanje koncentracije ukupnog dušikom prije ulaza u pročišćavač zabilježene su u siječnju i studenom 15 mg N/L, što je jednako MDK vrijednosti, dok najveće opterećenje je zabilježeno u veljači oko 74 mg N/L i srpnju 65 mg N/L.

Neovisno o znatnim oscilacijama u koncentracijama na ulazu u pročištač, iz prikazanih rezultata je vidljivo da izlazne koncentracije također osciliraju, ali su tijekom cijele godine sve niže od MDK vrijednosti i zadovoljavaju zakonske parametre za otpadnu vodu prilikom ispuštanja u vodotoke.



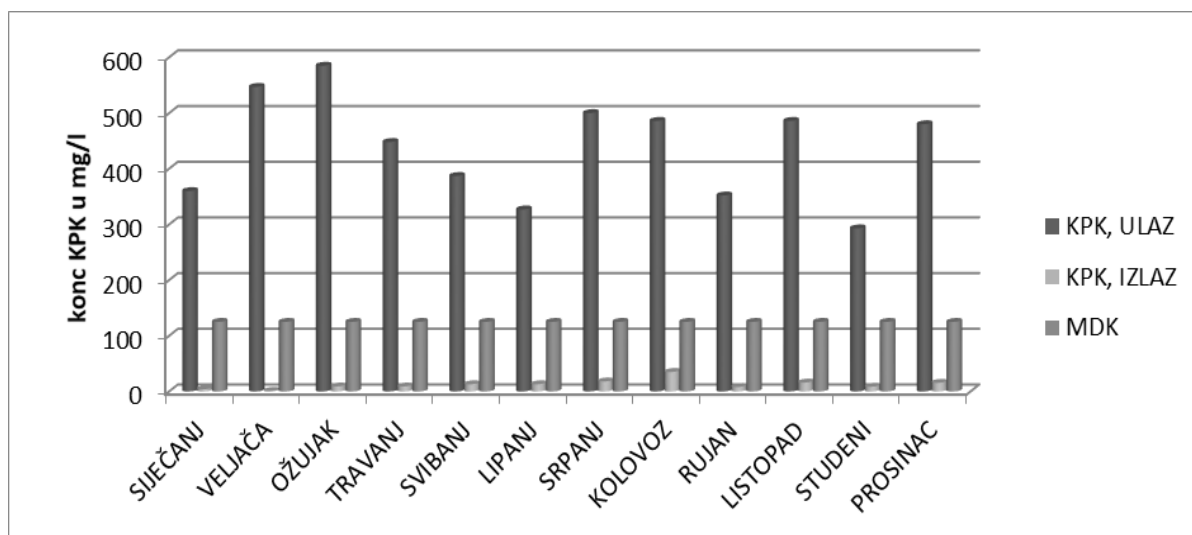
Slika 2. Koncentracije ukupnog fosfora u otpadnoj vodi prije i poslije pročišćavanja

Slika 2 prikazuje prosječne mjesečne vrijednosti koncentracija fosfora u otpadnoj vodi prije i poslije pročišćavanja te usporedba s MDK vrijednosti. Koncentracije fosfora kroz cijelu godinu, pokazuju znatne oscilacije. Najmanje opterećenje otpadne vode fosforom prije ulaza u pročištač zabilježeno je u siječnju 1,6 mg P/L, što je manje od MDK vrijednosti, a u rujnu i studenom od 3,2-3,4 mg P/L nešto više od MDK vrijednosti, dok je najveće opterećenje zabilježeno u srpnju 10,8 mg P/L. Iz prikazanih rezultata je vidljivo da su koncentracije fosfora u otpadnoj vodi na izlazu iz pročištača znatno niže od MDK vrijednosti, izuzev kolovoza kada je koncentracija fosfora bila neznatno niža od dozvoljene (2 mg P/L) i iznosila je 1,84 mg P/L u izlaznoj vodi.



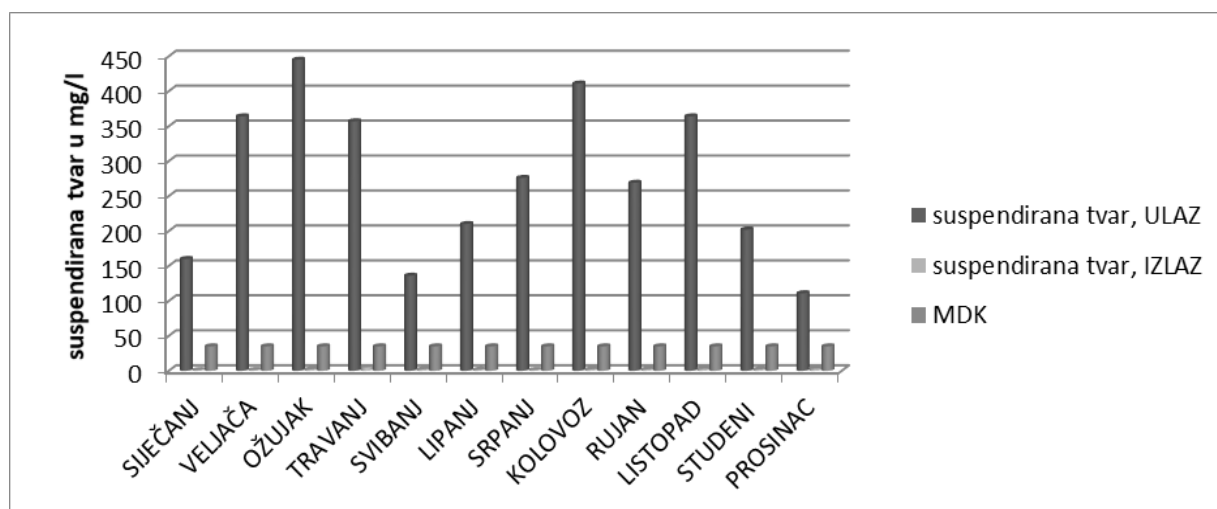
Slika 3. Koncentracije BPK<sub>5</sub> u otpadnoj vodi prije i poslije pročišćavanja

Rezultati prikazani na Slici 3 prikazuju biološku potrošnju kisika, koja nam je pokazatelj količine biološki razgradive organske tvari u otpadnoj vodi. Iz rezultata je vidljivo visoko opterećenje organskim tvarima u otpadnoj vodi, što je karakteristično za komunalne otpadne vode, jer velikim dijelom potječe iz kućanstava. Najveće vrijednosti ulaznih koncentracija su zabilježene u srpnju i prosincu 400 mg /L, a najniže u siječnju i studenom 140 mg/L. Neovisno o koncentracijama na ulazu u pročistač izlazne vrijednosti otpadne vode su 0, a MDK vrijednost je 25 mg/L i nisu zabilježene oscilacije na izlazu iz pročistača, što potvrđuje veliku učinkovitost pročistača.



Slika 4. Koncentracije KPK u otpadnoj vodi prije i poslije pročišćavanja

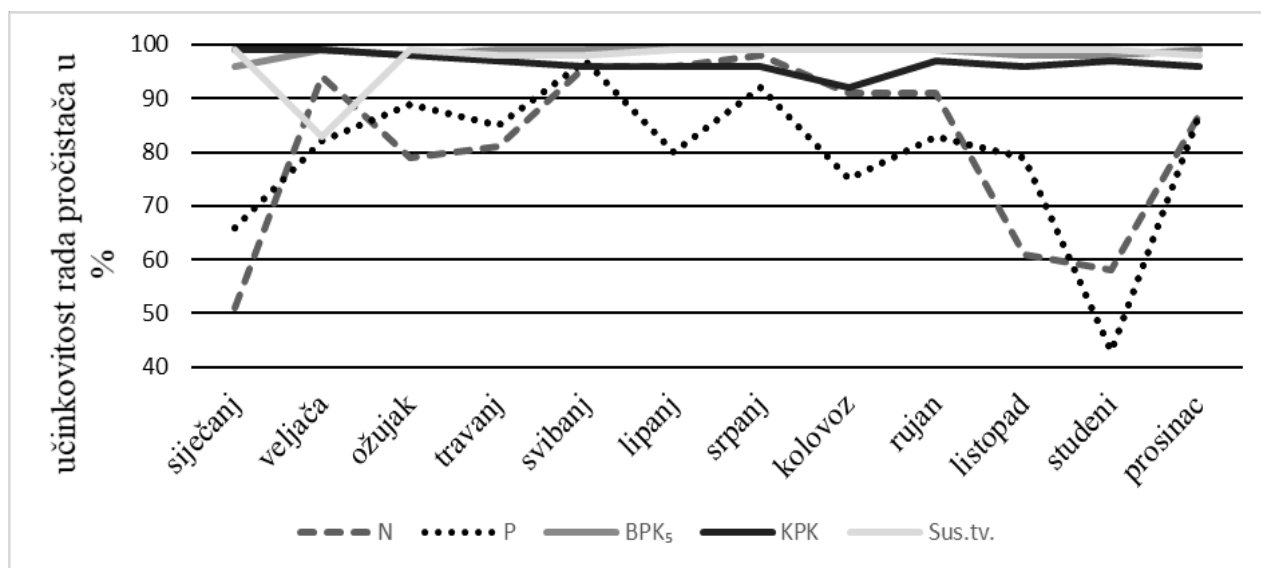
Slika 4 prikazuje koncentracije kemijske potrošnje kisika. U studenom, rujnu i siječnju su zabilježene najniže koncentracije kemijske potrošnje kisika u vodi na ulazu u pročistač. Tijekom šest mjeseci zabilježene su pet do šest puta veće vrijednosti koncentracija KPK u odnosu na MDK, dok su izlazne vrijednosti tijekom cijele godine ispod 125 mg/L što je MDK vrijednost.



Slika 5. Koncentracije suspendiranih tvari u otpadnoj vodi prije i poslije pročišćavanja



Slika 5 prikazuje koncentracije suspendiranih tvari, gdje je vidljivo veliko opterećenje otpadne vode suspendiranim tvarima, a to je za ovakav mješoviti tip otpadnih voda karakteristično. Izlazne vrijednosti suspendiranih tvari u pročišćenoj vode su 0, što potvrđuje veliki učinak pročišćavača.



Slika 6. Učinkovitost rada pročišćavača u % za ispitivane parametre

Na Slici 6 je vidljiva učinkovitost rada biološkog pročišćavača čišćenja komunalne otpadne vode SBR tehnologijom. Iz rezultata je vidljiv visoki učinak čišćenja suspendirane tvari tijekom cijele godine. Učinak čišćenja organske tvari je veći u toplijem dijelu godine, dok učinak čišćenja dušika i fosfora oscilira tijekom godine, što je vjerojatno uzrokovano oscilacijama onečišćenja otpadne vode.

#### 4. Zaključak

Otpadna voda koja dolazi na pročišćavač visoko je opterećena otpadna voda, u kojoj su zamijećene značajne oscilacije u koncentracijama onečišćujućih tvari. Ovakva kolebanja u koncentracijama mogu biti uzrokovana ispiranjem poljoprivrednog zemljišta, osobito kada su u pitanju koncentracije dušika i fosfora i to u periodima povećanih oborina u vrijeme prihrane biljaka. Osim ovih uzroka oscilacija koncentracija onečišćenja, velika je vjerojatnost da su oscilacije uzrokovane različitim nekontroliranim ispuštima otpadnih voda u kanalizacijski sustav pojedinih privrednih subjekata. Ukoliko privredni subjekti nisu obvezni raditi pred-tretmane obrade otpadnih voda prije ispuštanja u kanalizacijski sustav, moguća su velika trenutačna opterećenja otpadne vode, kao i opterećenja samog pročišćavača i oscilacije njegove učinkovitosti rada.

Oscilacije u učinkovitosti rada biološkog pročišćavača uzrokovane su i razlikama u temperaturi okoliša, kao i mogućim toksinima u otpadnoj vodi, koji inhibitorno djeluju na biološke procese, a posljedica su nekontroliranih ispuštanja otpadnih voda. Neovisno o kolebanjima učinkovitost rada pročišćavača je zadovoljavajuća i kvaliteta pročišćene vode je u granicama zakonski zadanih parametara za otpadne vode prije

ispuštanja u prirodne prijamnike, ali to ne isključuje potrebu povećanog nadzora nad subjektima koji produciraju i ispuštaju otpadne vode.

## 5. Literatura

- [1] Shiva, V.; (2006) *Ratovi za vodu*. DAF, ISBN 978-953-6331-2-7, Zagreb
- [2] Biondić, D. ur.(2009): *Strategija upravljanja vodama*. Hrvatske vode, ISBN: 978-953-7672-00-3, Zagreb, *Dostupno na:* [http://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/strategija\\_upravljanja\\_vodama.pdf](http://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/strategija_upravljanja_vodama.pdf). *Pristup:* 02.03.2018.
- [3] Tedeschi, S.; (1997) *Zaštita voda*. HDGI, ISBN 953-96085-8-9, Zagreb
- [4] Tušar, B.; (2009) *Pročišćavanje otpadnih voda*. Kigen d.o.o., ISBN 978-953-6970-65-0, Zagreb
- [5] Wastewaters treatment plants (2011): *Pročistač otpadnih voda Podturen*. *Dostupno na:* [http://www.medjimurske-vode.hr/Projekti/mura\\_wwtp/brosura\\_MURA\\_WWTP.pdf](http://www.medjimurske-vode.hr/Projekti/mura_wwtp/brosura_MURA_WWTP.pdf). *Pristup:* 03.04.2018.
- [6] Narodne novine, (2013, 2015, 2017) *Zakonom o vodi za ljudsku potrošnju*. Zagreb: Narodne novine d.d., 56/13, 64/15, 104/17.
- [7] Narodne novine, (2013, 2014, 2015, 2016) *Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda*. Zagreb: Narodne novine d.d., 80/13, 43/14, 27/15, 3/16.
- [8] Plišić, I. (n.d.): *Vodno-komunalna infrastruktura u RH u kontekstu EU fondova*. *Dostupno na:* <http://www.strukturnifondovi.hr/UserDocsImages/sites/web.mrrfeu.hr/files/cr-collections/4/6-plii-1393235597.pdf>. *Pristup:* 21.02.2018.