

MODELOVANJE SASTAVA SANITARNIH OTPADNIH VODA I RADA MBR POSTROJENJA SA DENITRIFIKACIJOM I NITRIFIKACIJOM

MODELLING OF SANITARY WASTEWATER COMPOSITION AND OPERATION OF MBR PLANT WITH DENITRIFICATION AND NITRIFICATION

David MITRINOVIĆ^{1*}, Marija PEROVIĆ¹, Srđan KOVAČEVIĆ²,
Miodrag POPOVIĆ¹, Zorana RADIBRATOVIĆ¹

¹ Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ a.d., Beograd, Republika Srbija

² Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, Srbija

Odnos koncentracija ukupnog azota i BPK₅ u sanitarnoj otpadnoj vodi jednog objekta energetske infrastrukture u Srbiji je višestruko veći nego što je uobičajeno za ovaj tip otpadnih voda, zbog čega se u PPOV (MBR sa anoksičnim i aerobnim reaktorom) denitrifikacijom eliminiše samo polovina ukupnog azota iz otpadne vode. Prvi korak analize je predstavljalo matematičko modelovanje geneze otpadnih voda da bi se ustanovio uzrok neuobičajeno velikog udela organskog i neorganskog azota. Prema projektnom zadatku za PPOV bio je predviđen skoro deset puta veći broj radnika od sada prisutnih, i kuhinja i tuševi za osoblje kojih nema ili se ne koriste. Na osnovu podataka iz naučne literature o sastavu ljudskog urina i ekskrementa i podataka o sastavu vode koja se koristi za piće, određena je specifična potrošnja vode i faktor umanjenja produkcije ekskrementa tokom radnog vremena u odnosu na srednju dnevnu vrednost uz dobro poklapanje za utvrđenim kvalitetom otpadnih voda. Osim azota, u efluentu je prisutna praktično ista koncentracija ukupnog fosfora kao u influentu. Da bi se ispitalo funkcionisanje PPOV i isprobali efekti različitih mogućih modifikacija u procesu, napravljen je model u programu BioWin (Envirosim Associates Ltd.).

Ključne reči: BioWin; ekskrement; acetat

The ratio of concentrations of TN and BOD₅ in the sanitary wastewater of an energy infrastructure facility in Serbia is many times higher than usual, resulting in only half of the TN being eliminated in WWTP (MBR with anoxic and aerobic reactors) by denitrification. The first step of analysis was mathematical modelling of the composition and origins of wastewater. Based on the scientific literature data on the composition of human excrement and data on the composition of water used for sanitary purposes, the consumption of water per person and the share of defecations during work hours in the daily defecation occurrences were determined. To examine the functioning of the WWTP and test the effects of several possible modifications to the process, a model was created in BioWin wastewater treatment simulation software. A good match with the quality of the effluent determined by laboratory analyses was achieved. Several variants of dosing of the acetate in the anoxic reactor, ferric chloride dosing for phosphate elimination and 50% sodium hydroxide solution dosing for pH regulation in the MBR were tested. The results showed a tenfold decrease in the TN concentration and a fortyfold decrease in the TP concentration in the effluent.

Key words: BioWin; excrement; acetate

* Corresponding author, e-mail: david.mitrinovic@jcerni.rs

Rad je izložen na 36. Međunarodnom kongresu o procesnoj industriji i predložen je za objavljivanje u časopisu "Hemijska industrija".



Processing '23

36. Međunarodni kongres o procesnoj industriji

1. i 2. jun 2023, Centar za stručno usavršavanje, Šabac

ZBORNİK RADOVA Proceedings



ElixirGroup

ZBORNİK RADOVA
pisanih za 36. Međunarodni kongres o procesnoj industriji
PROCESING '23

Centar za stručno usavršavanje, Šabac

Izdavač

Savez mašinskih i elektrotehničkih
inženjera i tehničara Srbije (SMEITS)
Društvo za procesnu tehniku
Kneza Miloša 7a/II,
11000 Beograd

**Predsednik Društva za procesnu tehniku
pri SMEITS-u**

prof. dr Aleksandar Jovović, dipl. inž.

Urednici

Prof. dr Marko Obradović, dipl. inž.
Prof. dr Miroslav Stanojević, dipl. inž.
Prof. dr Aleksandar Jovović, dipl. inž.

Tiraž

50 primeraka

CD umnožava

Paragon, Beograd

ISBN

978-86-85535-15-4

Godina izdavanja

2023.



Društvo za procesnu tehniku
pri SMEITS-u



Katedra za procesnu tehniku
Mašinskog fakulteta u Beograd



Samit energetike Trebinje
Trebinje

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

MEĐUNARODNI NAUČNI ODBOR

- Dr Nikolina Banjanin** *Univerzitet u Beogradu, Medicinski fakultet, Institut za higijenu sa medicinskom ekologijom, Beograd*
- Dr Maja Đolić** *Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd*
- Dr Mirko Dobrnjac** *Mašinski fakultet Banja Luka, BiH*
- Dr Damir Đaković** *Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*
- Dr Srbislav Genić** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*
- Dr Zvonimir Guzović** *Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Hrvatska*
- Dr Gorica Ivaniš** *Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd*
- Dr Jelena Janevski** *Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet, Niš*
- Dr Rade Karamarković** *Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet za mašinstvo i građevinarstvo, Kraljevo*
- Dr Mirjana Kijevčanin** *Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd*
- Dr Atanas Kočov** *Univerziteta Skopje, Mašinski fakultet, Severna Makedonija*
- Dr Dorin Lelea** *University Politehnica Timisoara, Rumunija*
- Dr Stefan Mandić-Rajčević** *University of Milan, Italija*
- Dr Ljiljana Medić-Pejić** *Universidad Politécnica de Madrid, Španija*
- Dr Sanda Midžić-Kurtagić** *Mašinski fakultet, Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo, BiH*
- Dr Dobrica Milovanović** *Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac*
- Dr Biljana Miljković** *Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*
- Dr Srđan Nešić** *Ohio University, Russ College of Engineering and Technology, Ohio, SAD*
- Dr Branislava Nikolovski** *Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad*
- Dr Nataša Nord** *Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norveška*
- Dr Marko Obradović** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd (predsednik)*
- Dr Goran Orašanić** *Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Mašinski fakultet, Sarajevo, Bosna i Hercegovina*
- Dr Nataša Petrović** *Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Katedra za menadžment tehnologije, inovacija i održivog razvoja, Beograd*
- Dr Dejan Radić** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*
- Dr Ivona Radović** *Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd*
- Dr Jelena Ruso** *Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Katedra za menadžment kvaliteta i standardizaciju, Beograd*
- Dr Niko Samec** *Univerzitet u Mariboru, Mašinski fakultet, Slovenija*
- Dr Anastasija Selaković** *Udruženje energetičara Subotica, Subotica*
- Dr Stojan Simić** *Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Mašinski fakultet, Sarajevo, Bosna i Hercegovina*
- Dr Dunja Sokolović** *Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*
- Dr Mirjana Stamenić** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*
- Dr Olivera Stamenković** *Univerzitet u Nišu, Tehnološki Fakultet, Leskovac*
- Dr Jasna Tolmač** *Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin*
- Dr Radoje Vujadinović** *Univerzitet Crne Gore, Mašinski fakultet, Crna Gora*
- Dr Igor Vušanović** *Univerzitet Crne Gore, Mašinski fakultet, Crna Gora*
- Dr Nikola Živković** *Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Laboratorija za termotehniku i energetiku, Beograd*
- Dr Milan Gojak** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*
- Dr Čedo Lalović** *Akademija strukovnih studija Šumadija – Odsek Aranđelovac*

ORGANIZACIONI ODBOR

Dr Miroslav Stanojević	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd (predsednik)</i>
Dr Nikola Karličić	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd (potpredsednik)</i>
Slavica Bogdanović	<i>inženjer specijalista za zaštitu životne sredine, Elixir Zorka, Šabac</i>
Dr Dušan Todorović	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd</i>
Dr Zoran Simić	<i>Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd</i>
Doc. dr Nemanja Milenković	<i>Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd (Katedra za operaciona istraživanja i statistiku)</i>
Dr Milica Karanac	<i>Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd</i>
Dr Marta Trninić	<i>Akademija tehničkih strukovnih studija Beograd – Odsek Beogradska politehnika</i>
Branislav Todorović	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd</i>
Aleksandar Branković	<i>SET Trebinje, Bosna i Hercegovina</i>

POČASNI ODBOR

Prof. dr Bratislav Blagojević	<i>Predsednik SMEITS-a</i>
Prof. dr Vladimir Popović	<i>dekan Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu</i>
Prof. dr Petar Uskoković	<i>dekan Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu</i>
Prof. dr Milan Martić	<i>dekan Fakulteta organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu</i>
Prof. dr Srđan Kolaković	<i>dekan Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu</i>
Prof. dr Svetlana Karić	<i>Predsednik Akademije strukovnih studija Šabac</i>
Prof. dr Martin Bogner	<i>Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd</i>
Prof. dr Snežana Pajović	<i>Institut za nuklearne nauke "Vinča" – Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju – Univerzitet u Beogradu</i>
Jovana Jovanović	<i>ATS – Akreditaciono telo Srbije, Beograd</i>
Mijodrag Martić	<i>pomoćnik direktora za proizvodnju i tehnološki razvoj hemijske divizije, Elixir Group, Šabac</i>
Aleksandar Branković	<i>SET Trebinje</i>
Veljko Todorović	<i>Grundfos Srbija, Beograd</i>
Dejan Dotlić	<i>Kazantrade Solution, Beograd</i>
Čaba Kern	<i>Cim gas, Subotica</i>
Nemanja Tubić	<i>Wilo Beograd, Beograd</i>

ORGANIZATOR

Savez mašinskih i elektrotehničkih
inženjera i tehničara Srbije (SMEITS),
Društvo za procesnu tehniku
Kneza Miloša 7a/II, 11000 Beograd
Tel. +381 (0) 11 3230-041, +381 (0) 11 3031-696,
tel./faks +381 (0) 11 3231-372
E-mail: office@smeits.rs
web: www.smeits.rs

PREDGOVOR

Za ovogodišnji 36. Procesing, koji se održava u Šapcu 1. i 2. juna prihvaćeno je 66 radova autora iz zemlje i inostranstva.

Zbornik celih radova će u režimu slobodnog pristupa biti objavljen na sajtu www.izdanja.smeits.rs. Kao integralni dokument biće dostupan na sajtu www.smeits.rs

Međunarodni karakter Procesinga '23 i ove godine ostvaren je inostranim učesnicima sa radovima, kao i članovima naučnog odbora. Zvanični jezici za izlaganje radova na kongresu su srpski i engleski.

Osnovni ciljevi kongresa su inoviranje i proširivanje znanja inženjera u procesnoj industriji, energetici, rudarstvu, komunalnom sektoru (vodovodima, toplanama) i podrška istraživačima u predstavljanju ostvarenih rezultata istraživačkih projekata.

Tematika Procesinga '23 obuhvata osnovne procesne operacije – mehaničke, hidromehaničke, toplotne, difuzione, hemijske i biohemijske, kao i procesna postrojenja i opremu (aparate i mašine).

Program Procesinga '23 obuhvata oblasti: procesne tehnologije; projektovanje, izgradnja, eksploatacija i održavanje procesnih postrojenja; osnovne i pomoćne operacije, aparati i mašine u procesnoj industriji; inženjerstvo životne sredine i održivi razvoj u procesnoj industriji; energetska efikasnost u procesnoj industriji; procesi i postrojenja u pripremi i prečišćavanju vode u procesnoj industriji; sušenje i sušare; gasna tehnika; modelovanje i optimizacija procesnih i termoenergetskih postrojenja; merenja i upravljanje u procesnoj industriji; menadžment kvaliteta i standardizacija u organizacijama.

Osim izlaganja radova, program Procesinga '23 obuhvata i četiri okrugla stola na sledeće teme:

1. Monitoring emisija i kvalitet ambijentalnog vazduha;
2. Dekarbonizacija industrije u Srbiji;
3. Oprema pod pritiskom,
4. Primena modela, standarda i alata za menadžment kvaliteta i životne sredine u procesnim industrijama.

Procesing '23 organizuje Društvo za procesnu tehniku pri SMEITS-u, a u Naučnom i Organizacionom odboru prisutni su predstavnici Mašinskih, Tehnoloških i drugih fakulteta u okviru kojih je oblast procesne tehnike zastupljena u nastavi.

Pomoć u organizovanju Procesinga '23 dali su članovi Katedre za procesnu tehniku Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu kao i drugih fakulteta iz Srbije.

Ovogodišnji skup ima organizovan obilazak proizvodnih pogona kompanije Elixir Group u Šapcu.

U Beogradu
jun 2023.

	Alija SALKUNIĆ, Ljiljana STANOJEVIĆ, Nikola BELOBABA, Slavica BOGDANOVIĆ, Bajro SALKUNIĆ	93
13.	OD OTPADNE LJUSKE JAJA I KORIŠĆENOG KUHINJSKOG ULJA DO TEČNIH I ČVRSTIH BIOGORIVA POŠTUJUĆI POSTULATE CIRKULARNE EKONOMIJE Gorica R. IVANIŠ, Zoran V. SIMIĆ, Sofija P. MIŠKOV PANIĆ, Mirjana Lj. KIJEVČANIN, Ivona R. RADOVIĆ	95
14.	OTPORNOST ZIDA OD BALIRANE SLAME NA POŽAR Biljana M. MILJKOVIĆ	97
15.	MODELOVANJE SASTAVA SANITARNIH OTPADNIH VODA I RADA MBR POSTROJENJA SA DENITRIFIKACIJOM I NITRIFIKACIJOM David MITRINOVIĆ, Marija PEROVIĆ, Srđan KOVAČEVIĆ, Miodrag POPOVIĆ, Zorana RADIBRATOVIĆ	99
16.	ZELENE TEHNOLOGIJE – REŠENJA ZA PRILAGOĐAVANJE KLIMATSKIM PROMENAMA Titomir OBRADOVIĆ, Violeta ERIĆ	101
17.	KONTINUALNI SISTEM ZA OBEZBOJAVANJE OTPADNIH VODA. PRIMENA UMREŽENE PEROKSIDAZE IZ POLJOPRIVREDNOG OTPADA U UKLANJANJU BOJE Milica SVETOZAREVIĆ, Nataša ŠEKULJICA, Maja MARKOVIĆ, Ana DAJIĆ, Marina MIHAJLOVIĆ, Dušan MIJIN	107
18.	UTICAJ ENERGETSKE SANACIJE STAMBENIH ZGRADA NA POTROŠNJU TOPLOTNE ENERGIJE U SISTEMIMA DALJINSKOG GREJANJA Đorđe KARIĆ	113
19.	STABILIZACIJA MATRICE LETEĆEG PEPELA PRIMENOM KALCIJUM – OKSIDA, HIDROKSIDA I KARBONATA Mirjana ČUJIĆ, Marina VITOROVIĆ, Milica STOJKOVIĆ, Maja ĐOLIĆ, Aleksandra PERIĆ-GRUJIĆ	115
20.	PREVRELI OSTATAK IZ BIOGASNIH POSTROJENJA VISOKOKVALITETNO ĐUBRIVO Stojan SIMIĆ, Davor MILIĆ, Goran ORAŠANIN, Srđan VASKOVIĆ, Jovana BLAGOJEVIĆ, Krsto BATINIĆ	117
21.	BIOGAS U PROIZVODNJI BIOVODONIKA REFORMINGOM VODENOM PAROM Slobodan CVETKOVIĆ, Jovana PERENDIJA, Aleksandra RADOMIROVIĆ, Dragana MILOŠEVIĆ, Mirjana KIJEVČANIN	125

Projektovanje, izgradnja, eksploatacija i održavanje procesnih postrijenja

22.	PRAĆENJE PROJEKTNIH PARAMETARA KOD BAC KULA ZA HLAĐENJE Nemanja STOJANOVIĆ, Martin BOGNER	127
23.	PRORAČUN VEZE IZMEĐU CEVI CEVNOG SNOPA I CEVNE PLOČE RAZMENJIVAČA TOPLOTE PO JUS M.E2.259 (AD 2000) I SRPS EN 13445-3:2010 – UPOREDNA ANALIZA Lazar ĐORĐEVIĆ	131
24.	OPTIMIZACIJA PRI PROJEKTOVANJU OPREME POD PRITISKOM I NJENA PRIMENA TOKOM UPOTREBE OPREME POD PRITISKOM Milan PESEKI	135
25.	CFD ANALIZA PARKINGA SA JET VENTILATORIMA	