

 **Processing '22**

# ZBORNİK RADOVA

**35. Međunarodni kongres  
o procesnoj industriji**

**Holiday Inn, Beograd**

**1–3. jun 2022.**



**SET**  
SAMIT ENERGETIKE TREBINJE



# ZBORNİK RADOVA

---

pisanih za 35. Međunarodni kongres o procesnoj industriji  
PROCESING '22



2022

**ZBORNİK RADOVA**  
**pisanih za 35. Međunarodni kongres o procesnoj industriji**  
**PROCESING '22**  
Holiday Inn, Beograd

**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 Dušan Todorović, dipl. inž.  
Prof. dr Miroslav Stanojević, dipl. inž.  
Prof. dr Aleksandar Jovović, dipl. inž.

**Tiraž**  
150 primeraka

**CD umnožava**  
Paragon, Beograd

**ISBN**  
978-86-85535-12-3

**Godina izdavanja**  
2022.



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

621(082)(0.034.2)

66.01(082)(0.034.2)

МЕЂУНАРОДНИ конгрес о процесној индустрији ПРОЦЕСИНГ (35 ; 2022 ; Београд)

Zbornik radova [pisanih za] 35. Međunarodni kongres o procesnoj industriji, PROCESING '22, 1-3. jun 2022, Beograd [Elektronski izvor] / [organizator Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara Srbije (SMEITS), Društvo za procesnu tehniku] ; [urednici Dušan Todorović, Miroslav Stanojević, Aleksandar Jovović]. - Beograd : Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara Srbije (SMEITS), Društvo za procesnu tehniku, 2022 (Beograd : Paragon). - 1 elektronski optički disk (CD-ROM) ; 12 cm

Sistemska zahteva: Nisu navedeni. - Radovi na srp. i engl. jeziku. - Nasl. sa naslovne strane dokumenta. - Tiraž 150. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-85535-12-3

a) Mašinstvo -- Zbornici b) Procesna industrija -- Zbornici

COBISS.SR-ID 78806281

Održavanje 35. Procesinga finansijski je pomoglo  
Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog  
razvoja Republike Srbije



**Programski pokrovitelji**

- MAŠINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU, BEOGRAD
- TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU, BEOGRAD
- FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA UNIVERZITETA U NOVOM SADU, NOVI SAD
- DEPARTMAN ZA ENERGETIKU I PROCESNU TEHNIKU FAKULTETA TEHNIČKIH NAUKA UNIVERZITETA U NOVOM SADU, NOVI SAD
- FAKULTET ORGANIZACIONIH NAUKA UNIVERZITETA U BEOGRADU, BEOGRAD

**35. Procesing se održava uz podršku**



Ministarstvo rudarstva i  
energetike  
Republike Srbije



Privredna komora Srbije  
Beograd



Inženjerska komora Srbije  
Beograd

**Sponzori**



Indija



Beograd



Beograd



Beograd



Beograd



Beograd



Subotica



Beograd



Beograd



Mionica



Ruma



Beograd

## MEĐUNARODNI NAUČNI ODBOR

- Dr Ivan Božić** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*  
**Dr Mirko Dobrnjac** *Mašinski fakultet Banja Luka, BiH*  
**Dr Damir Đaković** *Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*  
**Dr Maja Đolić** *Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd*  
**Dr Mladen Đurić** *Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd*  
**Dr Srbislav Genić** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*  
**Dr Milan Gojak** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*  
**Dr Zvonimir Guzović** *Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Hrvatska*
- Dr Jelena Janevski** *Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet, Niš*  
**Dr Rade Karamarković** *Fakultet za mašinstvo i građevinarstvo, Kraljevo*  
**Dr Nikola Karličić** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*  
**Dr Mirjana Kijevčanin** *Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd*  
**Dr Miroslav Kljajić** *Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*  
**Dr Atanas Kočov** *Univerziteta Skopje, Mašinski fakultet, Severna Makedonija*  
**Dr Dejan Krčmar** *Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad*
- Dr Čedo Lalović** *Akademija strukovnih studija Šumadija – Odsek Aranđelovac*  
**Dr Dorin Lelea** *University Politehnica Timisoara, Rumunija*  
**Dr Stefan Mandić-Rajčević** *University of Milan, Italija*  
**Dr Ljiljana Medić-Pejić** *Universidad Politécnic de Madrid Madrid, Španija*  
**Dr Sanda Midžić-Kurtagić** *Univerzitet u Sarajevu, Mašinski fakultet, Sarajevo, BiH*  
**Dr Sanja Milivojević** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*  
**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*  
**Dr Nataša Petrović** *Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd*  
**Dr Dejan Radić** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd*  
**Dr Ivona Radović** *Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd*  
**Dr Niko Samec** *Univerzitet u Mariboru, Mašinski fakultet, Slovenija*  
**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 Dušan Todorović** *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd (predsednik)*  
**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, Srbija*

## ORGANIZACIONI ODBOR

<b>Dr Miroslav Stanojević</b>	<i>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd (predsednik)</i>
<b>Dr Aleksandar Petrović</b>	<i>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd</i>
<b>Dr Miloš Ivošević</b>	<i>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd</i>
<b>Dr Gorica Ivaniš</b>	<i>Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd</i>
<b>Jelena Jolić</b>	<i>Beo čista energija, Beograd</i>
<b>Dr Jelena Ruso</b>	<i>Fakultet organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu, Beograd</i>
<b>Dr Milica Karanac</b>	<i>Envico doo, Beograd</i>
<b>Dr Marta Trninić</b>	<i>Akademija tehničkih strukovnih studija Beograd – Odsek Beogradska politehnika, Beograd</i>
<b>Branislav Todorović</b>	<i>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd</i>
<b>Milan Travica</b>	<i>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd</i>
<b>Aleksandar Branković</b>	<i>SET Trebinje, Bosna i Hercegovina</i>
<b>Jelena Salević</b>	<i>SMEITS, Beograd</i>
<b>Vladan Galebović</b>	<i>SMEITS, Beograd</i>

## POČASNI ODBOR

<b>Prof. dr Bratislav Blagojević</b>	<i>predsednik SMEITS-a</i>
<b>Prof. dr Vladimir Popović</b>	<i>dekan Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu</i>
<b>Prof. dr Petar Uskoković</b>	<i>dekan Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu</i>
<b>Prof. dr Milan Martić</b>	<i>dekan Fakulteta organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu</i>
<b>Prof. dr Srđan Kolaković</b>	<i>dekan Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu</i>
<b>Prof. dr Martin Bogner</b>	<i>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu</i>
<b>Prof. dr Goran Jankeš</b>	<i>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu</i>
<b>Prof. dr Snežana Pajović</b>	<i>Institut za nuklearne nauke "Vinča" - Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju – Univerzitet u Beogradu</i>
<b>Marica Mijajlović</b>	<i>Inženjerska komora Srbije, Beograd</i>
<b>Vladimir Milovanović</b>	<i>Beo čista energija, Beograd</i>
<b>Aleksandar Branković</b>	<i>SET Trebinje</i>
<b>Bratislav Sadžaković</b>	<i>GasTeh, Indija</i>
<b>Dušan Durković</b>	<i>Grundfos Srbija, Beograd</i>
<b>Jovanka Jovanović</b>	<i>Robert Bosch, Beograd</i>
<b>Bojan Sretenović</b>	<i>Ovex inženjering, Beograd</i>
<b>Čaba Kern</b>	<i>Cim Gas, Subotica</i>
<b>Mario Mrkonjić-Detmers</b>	<i>APIS Centar, Beograd</i>
<b>Nemanja Tubić</b>	<i>Wilo Beograd, Beograd</i>
<b>Aleksandar Klevernić</b>	<i>Vupis, Ruma</i>
<b>Dejan Margetić</b>	<i>Vodavoda, Mionica</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

*Od preko 50 radova prijavljenih za ovogodišnji Procesing, za izlaganje je prihvaćeno 47 radova autora iz zemlje i inostranstva.*

*Zbornik celih radova će u režimu slobodnog pristupa biti objavljen na sajtu [www.izdanja.smeits.rs](http://www.izdanja.smeits.rs). Kao integralni dokument biće dostupan na sajtu [www.smeits.rs](http://www.smeits.rs)*

*Međunarodni karakter Procesinga '22 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 '22 obuhvata osnovne procesne operacije – mehaničke, hidromehaničke, toplotne, difuzione, hemijske i biohemijske, kao i procesna postrojenja i opremu (aparate i mašine).*

*Program Procesinga '22 obuhvata oblasti: procesne tehnologije; projektovanje, izgradnja, eksploatacija i održavanje procesnih postrojenja; 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; modelovanje i optimizacija procesnih i termoenergetskih postrojenja; merenja i upravljanje u procesnoj industriji; menadžment kvaliteta i standardizacija u organizacijama.*

*Osim izlaganja radova, program Procesinga '22 obuhvata i dva okrugla stola na sledeće teme:*

- Nova domaća zakonska regulativa u oblasti opreme pod pritiskom.*
- Savremeni postupci termičkog tretmana otpada. Iskustva u primeni biomase kao goriva.*

*Procesing '22 organizuje Društvo za procesnu tehniku pri SMEITS-u, a u Naučnom i Organizacionom odboru prisutni su predstavnici svih Mašinskih fakulteta u Srbiji kao i Tehnoloških i drugih fakulteta u okviru kojih je oblast procesne tehnike zastupljena u nastavi.*

*Pomoć u organizovanju Procesinga '22 dali su članovi Katedre za procesnu tehniku Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu i mnogih drugih fakulteta iz Srbije.*

*Ovogodišnji skup završava se posetom novom Centru za upravljanje otpadom u Vinči.*

*U Beogradu  
juni 2022.*



# SADRŽAJ

## Procesne tehnologije

1. ISPITIVANJE MEŠLJIVOSTI SA VODOM  
METANOLA KAO PETROHEMIKALIJE  
Matilda LAZIĆ, Dragan HALAS, Duško SALEMOVIĆ, Aleksandar DEDIĆ . . . . . 13
2. KONTROLISANO OTPUŠTANJE KOFEINA IZ TRODIMENZIONIH MREŽA  
NA BAZI POLI(METAKRILNE KISELINE) I KAZEINA – ISPITIVANJE UTICAJA  
KONCENTRACIJE KOFEINA NA PROCES OTPUŠTANJA  
Maja D. MARKOVIĆ, Rada V. PJANOVIĆ,  
Pavle M. SPASOJEVIĆ, Sanja I. SAVIĆ, Vesna V. PANIĆ . . . . . 19
3. ISPITIVANJE ANTIMIKROBNIH SVOJSTAVA  
NEKIH BIĐINELI-AZO PIRIDONSKIH BOJA  
Julijana TADIĆ, Ivana GAZIKALOVIĆ, Jelena LAĐAREVIĆ,  
Aleksandra MAŠULOVIĆ, Milica SVETOZAREVIĆ,  
Slavica POROBIĆ, Dušan MIJIN . . . . . 25
4. PROUČAVANJE A-CIJANOSTILBENA KAO  
POTENCIJALNIH MOLEKULSKIH PREKIDAČA METODOM  
LINEARNE KORELACIJE ENERGIJE SOLVATACIJE  
Anita LAZIĆ, Nemanja TRIŠOVIĆ, Nataša VALENTIĆ . . . . . 29
5. ISPITIVANJE ANTIOKSIDATIVNE AKTIVNOSTI AZO BOJA  
NA BAZI 6-HIDROKSI-4-METIL-2-PIRIDONA  
Aleksandra MAŠULOVIĆ, Jelena LAĐAREVIĆ, Julijana TADIĆ,  
Vanja VERUŠEVSKI, Luka MATOVIĆ,  
Milica SVETOZAREVIĆ, Dušan MIJIN . . . . . 37
6. KOMPOZITNI MATERIJALI NA BAZI NEZASIĆENIH POLIESTARSKIH SMOLA  
DOBIJENIH IZ BIOOBNOVLJIVIH IZVORA I OTPADNE KAFE  
Olga PANTIĆ, Vesna PANIĆ, Sanja SAVIĆ, Maja MARKOVIĆ,  
Melina KALAGASIDIS KRUŠIĆ, Pavle SPASOJEVIĆ . . . . . 41
7. TERMIČKA OBRADA PREHRAMBENIH PROIZVODA POMOĆU  
UHT (ULTRA HIGH TEMPERATURE) TEHNOLOGIJE U FABRICI POLIMARK  
Lazar MANDIĆ . . . . . 49
8. UTICAJ ČUVANJA U KONTROLISANOJ ATMOSFERI  
NA KVALITET PLODOVA JABUKE  
Snežana M. STEVANOVIĆ, Dragan MARKOVIĆ,  
Uroš MILOVANČEVIĆ, Milena OTOVIĆ . . . . . 55

## Projektovanje, izgradnja, eksploatacija i održavanje procesnih postrojenja

9. DODATNA ZAŠTITA OD KOROZIJE KULA ZA HLAĐENJE VODE  
Nemanja STOJANOVIĆ, Mirko DIMITRIJEVIĆ, Martin BOGNER . . . . . 61
10. ANALIZA I PRORAČUN GMRS I PRIMARNE GASNE DISTRIBUTIVNE MREŽE  
U URBANOJ SREDINI – STUDIJA SLUČAJA KUČEVO  
Aleksandar MADŽAREVIĆ, Pavle JANKOVIĆ . . . . . 67
11. OSNOVNI ASPEKTI ODRŽAVANJA, EKSPLOATACIJE  
I PROJEKTOVANJA NAFTOVODA  
Jasna TOLMAČ, Slavica PRVULOVIĆ,  
Saša JOVANOVIĆ, Milan MARKOVIĆ . . . . . 89

12.	ANALIZA KORELACIJA ZA PRORAČUN KOEFICIJENTA TRENJA ZA FORMIRANJE NUMERIČKOG MODELA ZA PRORAČUN PADA PRITISKA ZA SLUČAJ PNEUMATSKOG TRANSPORTA LETEĆEG PEPELA LIGNITA U TERMOENERGETSKIM POSTROJENJIMA Nikola KARLIČIĆ, Marko OBRADOVIĆ, Dušan TODOROVIĆ, Milan M. PETROVIĆ, Dejan RADIĆ, Aleksandar JOVOVIĆ . . . . .	99
13.	UTICAJ SADRŽAJA VLAGE U DRVNOJ SEČKI NA GUBITKE SA DIMNIM GASOVIMA I EFIKASNOST KOTLA Marko OBRADOVIĆ, Nikola KARLIČIĆ, Dušan TODOROVIĆ, Dejan RADIĆ, Aleksandar JOVOVIĆ . . . . .	101
14.	FAKTOR SAGOREVANJA I NJEGOVA PRIMENA U PROCENI OTPORNOSTI NA POŽAR Ivan ARANĐELOVIĆ, Branislav GAJIĆ, Filip JEKIĆ . . . . .	103
15.	OTPORNOST PREMA POŽARU NOSEĆE KONSTRUKCIJE OBJEKTA KOTLARNICA NA ČVRSTO GORIVO Marko SAVANOVIĆ, Ivan ARANĐELOVIĆ, Nikola TANASIĆ, Radenko RAJIĆ . . . . .	107
16.	GLAVNO PROVETRAVANJE JAMA PODZEMNIH RUDNIKA UGLJA U SRBIJI Dejan DRAMLIĆ, Vladica RISTIĆ, Dragan ZLATANOVIĆ, Duško ĐUKANOVIĆ . . . . .	113
17.	ZNAČAJNO POVEĆANJE INDEKSA TROŠKOVA PROCESNIH POSTROJENJA I OPREME TOKOM 2021. Srbislav GENIĆ, Branislav JAČIMOVIĆ, Vladislav STANKOVIĆ, Branislav GAJIĆ . . . . .	115
18.	POVEĆAN HIDRAULIČKI OTPOR U CEVIMA JEDNOPROTOČNOG PARNOG KOTLA USLED ZAPRLJANJA: STUDIJA SLUČAJA NA PARNOM BLOKU SNAGE 650 MWE NA LIGNIT Vladimir D. STEVANOVIĆ, Sanja MILIVOJEVIĆ, Milan M. PETROVIĆ, Milica ILIĆ . . . . .	117
19.	INVESTIGATION OF THERMAL AND DIMENSIONAL BEHAVIOR OF 3D PRINTED MATERIALS USING THERMAL IMAGING AND 3D SCANNING Zorana GOLUBOVIĆ, Milan TRAVICA, Isaak TRAJKOVIĆ, Aleksandar PETROVIĆ, Nenad MITROVIĆ . . . . .	131

## **Inženjerstvo životne sredine i održivi razvoj u procesnoj industriji**

20.	MAGNEZIJUM I HIPERTENZIJA U PROCESNOJ INDUSTRIJI Nikolina BANJANIN . . . . .	133
21.	UPOTREBA MIKROREAKTORSKIH SISTEMA U PROCESIMA PREČIŠĆAVANJA OTPADNE VODE Ana DAJIĆ, Marina MIHAJLOVIĆ, Milica SVETOZAREVIĆ . . . . .	137
22.	IMOBILIZACIJA PEROKSIDAZE IZ KROMPIROVIH LJUSKI U OBLIKU UMREŽENIH ENZIMSKIH AGREGATA ZA „ZELENU“ RAZGRADNJU ANTRAHINONSKE BOJE Milica SVETOZAREVIĆ, Nataša ŠEKULJICA, Ana DAJIĆ, Marina MIHAJLOVIĆ, Zorica KNEŽEVIĆ-JUGOVIĆ, Dušan MIJIN . . . . .	141
23.	BIOSORPCIJA NIKLA IZ OTPADNIH VODA KORIŠĆENJEM EGZOPLOISAHARIDA IZOLOVANOG IZ BAKTERIJSKOG SOJA KLEBSIELLA OXYTOCA J7 Verica LJUBIĆ, Jovana PERENDIJA, Slobodan CVETKOVIĆ, Mina POPOVIĆ . . . . .	147

24. PRIPREMA KOMPANIJE ELIXIR GROUP ZA UVOĐENJE PREKOGRANIČNOG MEHANIZMA ZA PRILAGOĐAVANJE UGLJENIKA NA GRANICAMA (CBAM)  
Alija SALKUNIĆ, Nikola BELOBABA, Bajro SALKUNIĆ,  
Ljiljana STANOJEVIĆ, Slavica BOGDANOVIĆ . . . . . 155

### **Energetska efikasnost u procesnoj industriji**

25. UTICAJ RADNIH FLUIDA ZA ORC NA EFIKASNOST  
KOMBINOVANOG SISTEMA INTEGRISANOG SA GORIVOM ČELIJOM,  
GASNOM TURBINOM, ORGANSKIM RANKINOVIM CIKLUSOM  
I PARNOM TURBINOM  
Nurdin ČEHAJIĆ, Jasmin FEJZIĆ . . . . . 165
26. MOGUĆNOSTI UŠTEDE VODE I ISKORIŠTENJA  
OTPADNE TOPLOTE IZ PROCESA ODMULJIVANJA  
I ODSOLJAVANJA INDUSTRIJSKIH PARNIH KOTLOVA  
Jasmin FEJZIĆ, Indira BULJUBAŠIĆ, Nurdin ČEHAJIĆ . . . . . 183
27. POTENCIJAL KOGENERATIVNIH POSTROJENJA  
NA BIOMASU U POSTIZANJU KLIMATSKE NEUTRALNOSTI  
BIH DO 2050.GODINE  
Azrudin HUSIKA, Nurin ZEČEVIĆ, Ejub DŽAFEROVIĆ . . . . . 195
28. METODOLOGIJA AEROAKUSTIČNE ANALIZE  
TROKRAKE H-DARIJUS VETROTURBINE  
Boško RAŠUO, Marta TRNINIĆ, Mirko DINULOVIĆ . . . . . 205
29. EKSPERIMENTALNA I CFD ANALIZA TURBULATORA  
U OBLIKU OPRUGE KOD KOTLOVA NA BIOMASU  
Đorđe A. NOVČIĆ, Miloš V. NIKOLIĆ, Dušan M. TODOROVIĆ,  
Rade M. KARAMARKOVIĆ, Marko O. Obradović . . . . . 215
30. PRODAJA ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ KOGENERACIONIH POSTROJENJA, NA  
ORGANIZOVANIM TRŽIŠTIMA  
U JUGOISTOČNOJ EVROPI  
Zorana BOŽIĆ, Dušan DOBROMIROV . . . . . 217

### **Procesi i postrojenja u pripremi i prečišćavanju vode u procesnoj industriji**

31. DEFINSANJE POTROŠNJE VAZDUHA U PROCESU BIOLOŠKE OBRADE  
SANITARNIH OTPADNIH VODA U SEKVENCIJALNOM ŠARŽNOM  
REAKTORU (SBR) NA PRIMERU POSTROJENJA KAPACITETA 1000 ES  
Ognjen ĐORĐEVIĆ, Nikola KARLIČIĆ, Miroslav STANOJEVIĆ . . . . . 219
32. PRIMENA KOMPOZITNOG GRAĐEVINSKOG OTPADA  
U PREČIŠĆAVANJU INDUSTRIJSKIH OTPADNIH VODA  
Ivana JELIĆ, Dragi ANTONIJEVIĆ,  
Marija ŠLJIVIĆ-IVANOVIĆ, Slavko DIMOVIĆ . . . . . 225
33. KVALITET OTPADNIH VODA MLEKARA  
NA TERITORIJI CENTRALNE SRBIJE  
Radmila LIŠANIN, Čedo LALOVIĆ . . . . . 227

### **Modelovanje i optimizacija procesnih i termoenergetskih postrojenja**

34. MODELIRANJE SAGOREVANJA PREDMEŠANOG CH<sub>4</sub>/VAZDUH PLAMENA  
PRI RAZLIČITIM TURBULENTNIM REŽIMIMA STRUJANJA  
Andrijana STOJANOVIĆ, Srđan BELOŠEVIĆ, Nenad CRNOMARKOVIĆ,  
Ivan TOMANOVIĆ, Aleksandar MILIĆEVIĆ . . . . . 237

35. PIROLIZA STABLJIKE KUKURUZA U ŠARŽNOM REAKTORU:  
UTICAJ PARAMETARA PROCESA NA PRODUKTE  
Biljana MILJKOVIĆ . . . . . 239

### **Merenja i upravljanje u procesnoj industriji**

36. ZAKONSKA REGULATIVA I STANDARDIZACIJA  
U OBLASTI MERENJA PRIRODNOG GASA  
Mileva CVETKOVIĆ . . . . . 255
37. ISPITIVANJE OTPORNOSTI PREMA POŽARU  
POŽARNO OTPORNIH KLAPNI  
Aleksandar KIJANOVIĆ,  
Milica MIRKOVIĆ MARJANOVIĆ, Snežana ILIĆ . . . . . 257

### **Menadžment kvaliteta i standardizacija u organizacijama**

38. MODEL OPTIMANOG UPRAVLJANJA INTEGRISANIM KVALITETOM  
U PROCESNOJ INDUSTRIJI  
Mitar BIJELIĆ, Biljana MILANOVIĆ, Zdravko BIJELIĆ . . . . . 259
39. ODNOS MENADŽMENTA KVALITETA I BLOKČEJN TEHNOLOGIJE  
U LANCIIMA SNABDEVANJA  
Andrej POPADIĆ, Mladen ĐURIĆ, Luka POPADIĆ . . . . . 261
40. ANALIZA STANDARDA ISO 30405 ZA REGRUTACIJU KADROVA  
I NJEGOV ZNAČAJ U POSLOVANJU ORGANIZACIJA  
Milica STOJILJKOVIĆ, Mladen ĐURIĆ, Jelena RUSO . . . . . 285
41. PRELED STANDARDA ZA KOMPANIJE IZ  
PREHRAMBENE INDUSTRIJE I NJIHOV LANAC SNABDEVANJA  
Milena TOKIĆ, Mladen ĐURIĆ . . . . . 295
42. PRELED STANDARDA ZA MENADŽMENT LJUDSKIH RESURSA,  
UZ ANALIZU METRIKE KOJA SE KORISTI U NJIMA  
Valentina MARKOVIĆ, Mladen ĐURIĆ . . . . . 309

### **Oglasni deo**

# ISPITIVANJE ANTIOKSIDATIVNE AKTIVNOSTI AZO BOJA NA BAZI 6--HIDROKSI-4-METIL-2-PIRIDONA

## INVESTIGATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITY OF 6-HYDROXY-6-METHYL-2-PYRIDONES

Aleksandra MAŠULOVIĆ<sup>1\*</sup>, Jelena LAĐAREVIĆ<sup>2</sup>, Vanja VERUŠEVSKI<sup>2</sup>,  
Luka MATOVIĆ<sup>1</sup>, Milica SVETOZAREVIĆ<sup>1</sup>, Dušan MIJIN<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Beograd,

<sup>2</sup> Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

*Uzimajući u obzir značajnu antioksidativnu aktivnost 6-hidroksi-4-metil-2-piridona, u okviru ovog rada ispitana je antioksidativna aktivnost četiri serije arilazo piridonskih azo boja pomoću ABTS testa. U prvom delu su urađeni preliminarni testovi aktivnosti pri koncentracij od 1 mg/ml kako bi se ispitaio uticaj različitih supstituenata na antioksidativnu aktivnost. Na osnovu ovih rezultata izabrane su boje sa najvećom antioksidativnom aktivnošću, i u drugom delu je za njih određena IC<sub>50</sub> vrednost i upoređena sa vrednošću askorbinske kiseline koja je korišćena kao standard. Rezultati su pokazali da pet boja imaju značajniju aktivnost od askorbinske kiseline.*

**Ključne reči:** piridon; azo boja; ABTS; antioksidativna aktivnost

*Considering a significant antioxidant activity of 6-hydroxy-6-methyl-2-pyridones, in this paper four series of arylazo pyridone dyes were subjected to antioxidant ABTS assay. Firstly, preliminary tests were conducted at concentration of 1 mg/ml in order to investigate the effects of different substituents on the dye activity. Based on the preliminary results, dyes with the highest activity were selected for further evaluation of IC<sub>50</sub> values and these values were compared with IC<sub>50</sub> value of ascorbic acid used as standard. It has been shown that five arylazo pyridone dyes exhibit more potent activity when compared to the ascorbic acid.*

**Key words:** Pyridone; azo dyes; ABTS; antioxidant activity

### Introduction

Nowadays, modern medicine investigations have proven the toxic effect of free radicals on people and animals and therefore antioxidant activity is in the focus of many inquiries. All of the substances that delay or stop oxidation processes and diminish harmful influence of free radicals in the organism are considered antioxidants [1]. Today, different dietary antioxidants, like vitamin C and vitamin E are recommended in order to ensure that the human organism has antioxidant substances [2]. Reactive oxygen species (ROS), regularly serve as cell signaling molecules in the organism for normal biological processes, but the some of them can also provoke damage to the organism disrupting normal physiology [3]. Aromatic heterocyclic, especially, six membered rings, such as pyridine, pyridone and piperidine, scaffolds gain growing attention due to their biological activity. The growing literature reports pyridine nucleus as part of many compounds with remarkable antibacterial, antifungal and antiviral properties [4]. 2-Pyridone derivatives are scaffolds found in many molecules possessing antibacterial, anti-inflammatory, antiviral or anticancer activities. Moreover, these compounds are used in the color industry, additives for fuels, acid-base indicators or derivatives of many drugs [5].

Since 6-hydroxy-6-methyl-2-pyridones are proven to exhibit significant antioxidant activity [6], herein, we report the antioxidant activity of four series of arylazo pyridone dyes derived from these pyridones. The dyes were subjected to ABTS assays based on capability of the antioxidant molecule to scavenge stabile bisradical cations of 2,2-azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate (ABTS<sup>•+</sup>).

\* Corresponding author, e-mail: amasulovic@tmf.bg.ac.rs

The series differ by used pyridone scaffold, while dyes within one series differ on the position and the nature of the substituents. The preliminary results revealed that dyes bearing electron-accepting groups in the phenyl ring exhibit low to moderate antioxidant activity, while dyes with electron-donor substituents, especially in *para*-position of the phenyl ring, are shown to possess a significant antioxidant activity. Therefore, dyes with the highest activity were selected for further evaluation of IC<sub>50</sub> values (dye concentration which inhibits 50% of ABTS radicals in the solution) and these values are compared with IC<sub>50</sub> value of ascorbic acid used as standard.

## 1 Experimental

### 1.1 The structure of the investigated arylazo pyridone dyes

The structures of the investigated compounds are depicted in Fig. 1. Different series are based on the different pyridones, wherein series A, B, C and D bear 3-cyano-6-hydroxy-1-(2-hydroxyethyl)-4-methyl-2-pyridone, 3-cyano-6-hydroxy-4-methyl-2-pyridone, 1-carboxymethyl-3-cyano-6-hydroxy-4-methyl-2-pyridone and 3-amido-6-hydroxy-4-methyl-2-pyridone, respectively. On the other hand, within one series the dyes differ on the position and the nature of the substituents.

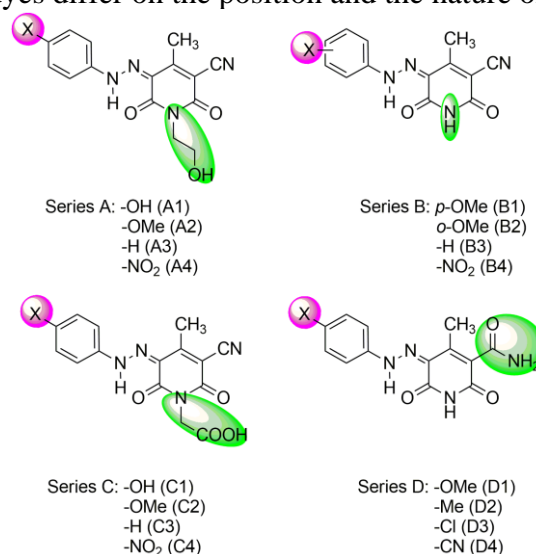


Figure 1. The structure of the investigated azo pyridone dyes

### 1.2 The ABTS assay

Antioxidant activities of pyridone based azo dyes were evaluated using ABTS assay reported in the literature [6]. Concentrations of azo dye test solutions were 1 mg/mL during initial screening of activity. After that, for 5 pre-selected dyes concentration dependent activities were measured at the following points (0.5, 1, 2.5, 3.75, and 5 mM).

## 2 Results and discussion

### 2.1 Prescreening of the antioxidant activity

Dyes of the A series bear a substituent of different electronic properties in the *p*-position of the phenyl scaffold, and it is used to investigate the influence of the electronic effect on the antioxidant activity. As seen from the results depicted in Fig. 2 it can be concluded that the best activity is found for the dye A1 bearing -OH group in the *p*-position of the phenyl scaffold. Moreover, another dye (A2) with electron-donating substituent has significant antioxidant activity, wherein it is slightly lower than in the case of dye A1. Other dyes of this series do not show potential to be used as antioxidants.

Within the dyes of series B, dye B1, bearing electron-donor group (-OMe) in *para*-position of the phenyl ring, exhibits the most prominent antioxidant activity, while introduction of this group into *ortho*-position (B2) significantly decreases the antioxidant capability. On the other hand, unsubsti-



tuted dye (B3) showed low activity, whereas nitro-substituted dye (B4) exhibited no antioxidant capability. Dyes of series C showed a lower antioxidant activity than corresponding dyes of series A and B bearing differently *N*-substituted pyridones, while nitro-substituted dye (C4) stands out with its prominent activity. 3-Amido substituted dyes of the series D showed the similar trend as other groups, wherein the dyes with electron-donating groups (D1 and D2) promote antioxidant activity, while dyes with electron-accepting groups showed low potential for scavenge ABTS radicals. Furthermore, dye with halogen atom in the phenyl ring showed good activity (D4).

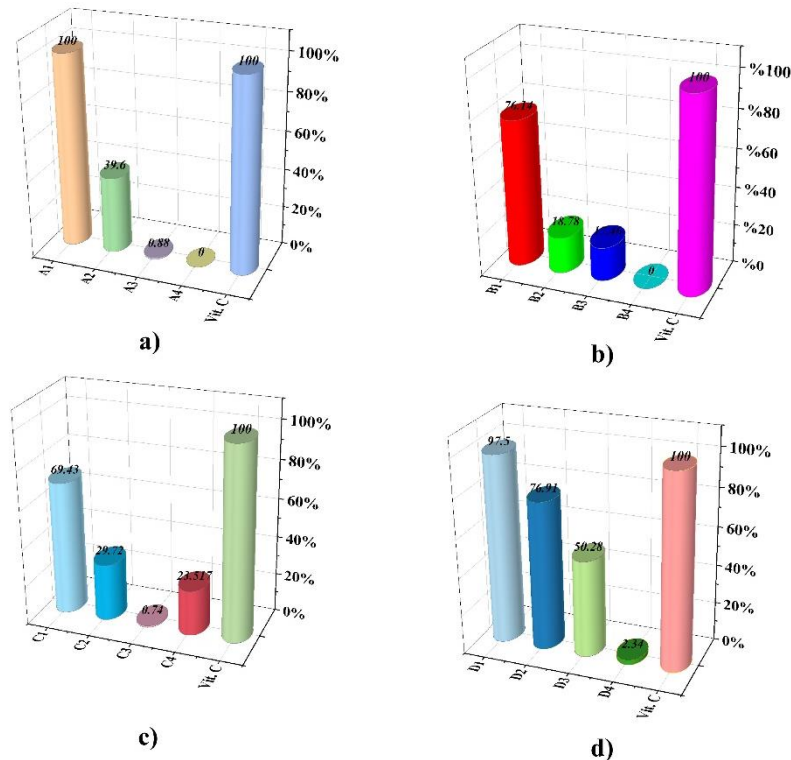


Figure 2. Antioxidant activity of series a) A, b) B, c) C and d) D

## 2.2 The evaluation of $IC_{50}$ values

In order to evaluate the concentration of the dyes needed to decrease the initial ABTS radical concentration by 50% ( $IC_{50}$ ), the solution of five selected (A1, A2, B1, D1, D2) dyes with most prominent antioxidant activities were prepared in concentrations as presented at Fig. 3. It can be concluded that values obtained for all of the used dyes in all the concentrations used are higher than the value obtained for vitamin C. Moreover  $IC_{50}$  values for the dyes A1, A2, B1, D1 and D2, are 0.525, 1.863, 1.538, 1.582 and 0.859 mM, respectively. These values are lower than the one obtained for vitamin C (1.956 mM) indicating more potent antioxidant activity with respect to vitamin C. The better antioxidant activity can be ascribed to electron-donating group in the phenyl scaffold.

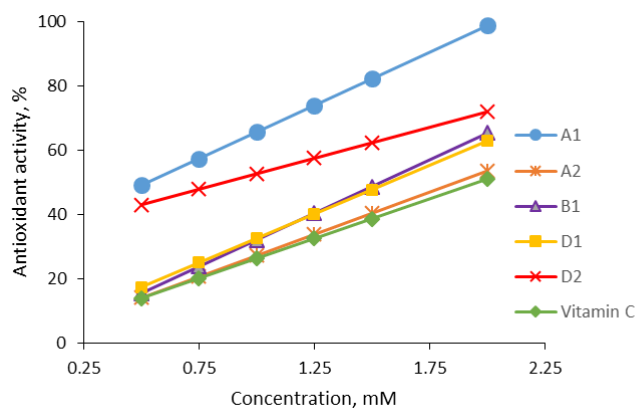


Figure 3. Concentration dependence of the antioxidant activity

### 3 Conclusion

In this work the evaluation of antioxidant activity of four series of arylazo pyridone dyes has been conducted and compared with the activity of vitamin C, using ABTS assay. Results revealed that dyes bearing electron-accepting groups in the phenyl ring exhibit low to moderate antioxidant activity, while dyes with electron-donor substituents, especially in *para*-position of the phenyl ring, are shown to possess a significant antioxidant activity. It has been shown that five arylazo pyridone dyes exhibit more potent activity when compared to the ascorbic acid, wherein 5-(4-hydroxyphenylazo)-3-cyano-6-hydroxy-1-ethylhydroxy-2-pyridone (A1) could be considered as a prominent antioxidant molecule.

### 4 Acknowledgment

This work was supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia (Contract Nos. 451-03-68/2022-14/200287 and 451-03-68/2022-14/200135).

### 5 References

- [1] **Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., Chandra, N.** (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacogn Rev.* 4(8), 118-126, <https://doi.org/10.4103/0973-7847.70902>
- [2] **Traber, M. G., Stevens, J. F.** (2010). Vitamins C and E: Beneficial effects from a mechanistic perspective. *Free Radic. Biol. Med.* 51(5), 1000-1013, <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2011.05.017>
- [3] **Auten, R. L., Davis J. M.** (2009). Oxygen Toxicity and Reactive Oxygen Species: The Devil Is in the Details. *Pediatr. Res.* 66, 121–127. <https://doi.org/10.1203/PDR.0b013e3181a9eafb>
- [4] **Marinescu, M., Popa, C.-V.,** (2022) Pyridine Compounds with Antimicrobial and Antiviral Activities. *Int. J. Mol. Sci.*, 23, 5659. <https://doi.org/10.3390/ijms23105659>
- [5] **Mašulović, A. D., Ladarević, J. M., Radovanović, L. D., Vitnik, Ž. J., Vitnik, V. D., Rogan, J. R., Mijin, D. Ž.** (2021). Charge assisted assembly of zwitterionic pyridone hydrates. *J. Mol. Struct.* 1237, ID 130419, <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2021.130419>
- [6] **Lunić, T., Ladarević, J., Mandić, M., Veruševski, V., Božić Nedeljković, B., Mijin, D., Božić, B.** (2022). Antioxidant and neuroprotective activities of selected 2-pyridones: *In vitro* and *in silico* study. *J. Mol. Struct.* 1256, ID 132546, <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2022.132546>