

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

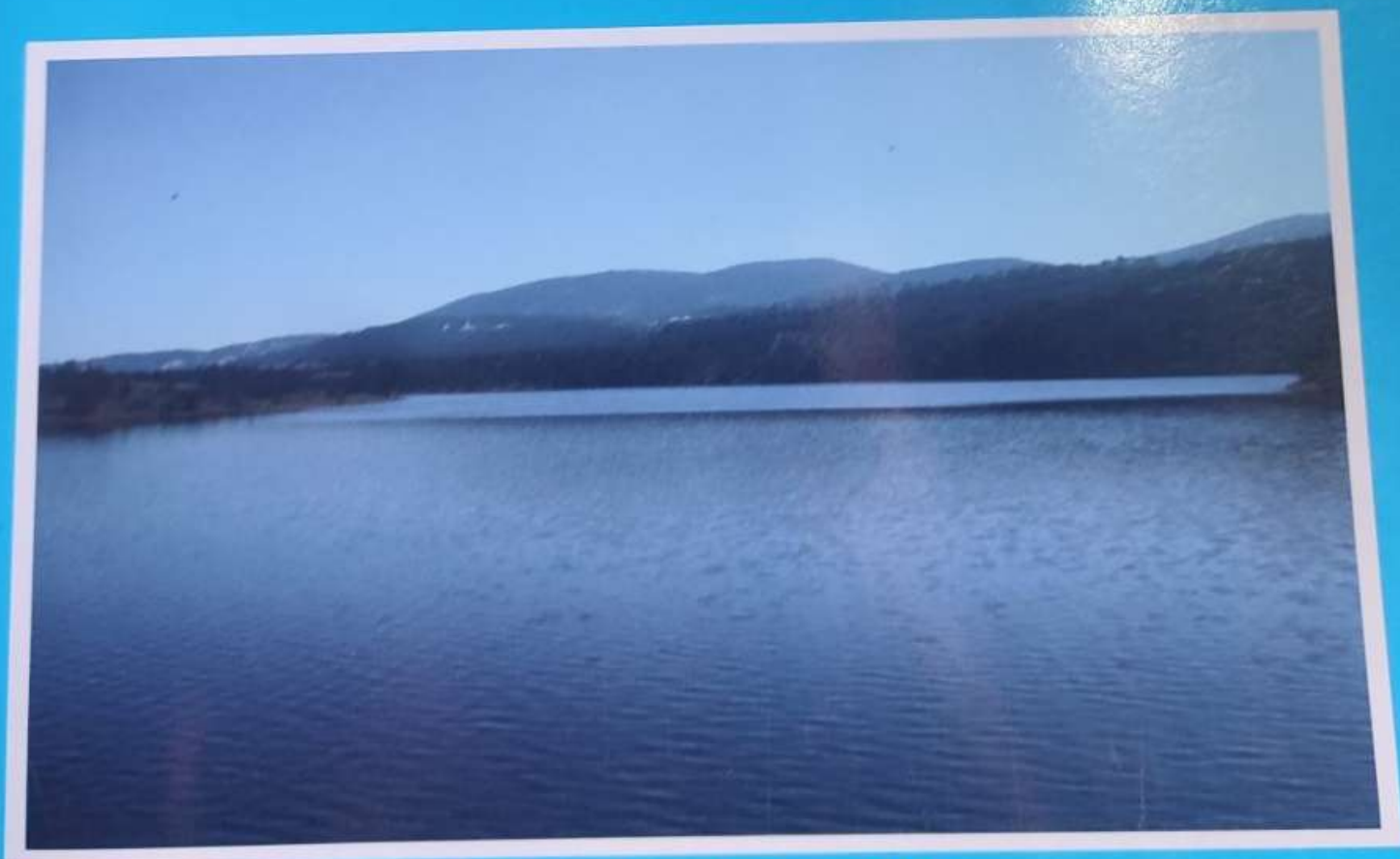
48. konferencija o aktuelnim temama korišćenja i zaštite voda

VODA 2019

The 48th Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society

WATER 2019

Conference Proceedings



Zlatibor, 4. – 6. jun 2019.

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

u saradnji sa

Institutom za vodoprivredu "JAROSLAV ČERNI", Beograd

uz podršku

Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije

ZBORNİK RADOVA

48. GODIŠNJE KONFERENCIJE O AKTUELNIM TEMAMA
KORIŠĆENJA I ZAŠTITE VODA

VODA 2019

*48th ANNUAL CONFERENCE OF THE
SERBIAN WATER POLLUTION CONTROL SOCIETY
"WATER 2019"
CONFERENCE PROCEEDINGS*

Zlatibor, 4. - 6. jun 2019.

IZDAVAČ (PUBLISHER):

Srpsko društvo za zaštitu voda, Kneza Miloša 9/1, Beograd, Srbija,
Tel/Faks: (011) 32 31 630

PROGRAMSKI ODBOR (PROGRAMME COMMITTEE):

Prof. dr Branislav ĐORĐEVIĆ, dipl.inž.građ., Beograd
Prof. dr Božo DALMACIJA, dipl.hem., Novi Sad
Prof. dr Milan DIMKIĆ, dipl.inž.građ., Beograd
Dr. Bela CSÁNYI, dipl.biol., Budimšešta-Mađarska
Prof. dr Peter KALINKOV, dipl.inž.građ., Sofija-Bugarska
Prof. dr Valentina SLAVEVSKA STAMENKOVIĆ, dipl.biol., Skoplje-R.Makedonija
Prof. Dr. Goran SEKULIĆ, dipl.inž.građ, Podgorica-Crna Gora
Prof. dr Violeta CIBULIĆ, dipl.hem., Beograd
Prof. dr Slavka STANKOVIĆ, dipl.inž.tehnol., Beograd
Prof. dr Zorana NAUNOVIĆ, dipl.inž.tehnol., Beograd
Dr Aleksandar JOKSIMOVIĆ, dipl.biol., Kotor-Crna Gora
Dr Momir PAUNOVIĆ, dipl.biol., Beograd
Dr Božica VASILJEVIĆ, dipl.biol., Beograd

UREDNIK (EDITOR):

Dr Aleksandar ĐUKIĆ, dipl.inž.građ.

Svi radovi u ovom zborniku radova su recenzirani. Stavovi izneti u ovoj publikaciji ne odražavaju nužno i stavove izdavača, urednika ili programskog odbora.

TIRAŽ (CIRCULATION):

250 primeraka

ŠTAMPA:

"Akademska izdanja", Zemun, 2019

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

502.51(082) 556.11(082) 628.3(082) 628.1(082)

ГОДИШЊА конференција о актуелним проблемима коришћења и заштите вода (48; 2019; Златибор)
Voda 2019 = Water 2019 : zbornik radova 48. godišnje konferencije o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda, Zlatibor, 4. - 6. jun 2019. = Conference Proceedings 48th Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society / [organizatori] Srpsko društvo za zaštitu voda u saradnji sa Institutom za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Beograd [i JKP "Vodovod Zlatibor", Čajetina]; [urednik, editor Aleksandar Đukić]. - Beograd : Srpsko društvo za zaštitu voda, 2019 (Zemun : Akademska izdanja). - X, [367] str. : Ilustr. ; 25 cm

Tekst ćir. i lat. - Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 250. - Str. X: Predgovor / Aleksandar Đukić. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-916753-5-6

1. Српско друштво за заштиту вода (Београд) 2. Институт за водопривреду "Јарослав Черни" (Београд) 3. ЈКП Водовод Златибор (Чаетина)

a) Воде - Зборници b) Отпадне воде - Зборници c) Снабдевање водом - Зборници

COBISS.SR-ID 276709644

IV

ORGANIZATORI KONFERENCIJE (*CONFERENCE ORGANISERS*):
Srpsko društvo za zaštitu voda (Beograd), u saradnji sa
Institutom za vodoprivredu "Jaroslav Černi" (Beograd) i
JKP "Vodovod Zlatibor", Čajetina

ORGANIZACIONI ODBOR KONFERENCIJE (*ORGANIZING COMMITTEE*):

KOPREDSIEDNICI: Rade JOVANOVIĆ, dipl.inž.el., Čajetina
Prof. dr Milan DIMKIĆ, dipl.inž.građ., Beograd

SEKRETAR: Milena MILORADOV, SDZV, Beograd

ČLANOVI:

Dušan DOBRIČIĆ, dipl.inž.građ., Beograd
Dr Nebojša VELJKOVIĆ, dipl.inž.građ., Beograd
Goran PUZOVIĆ, dipl.inž., Beograd
Slavko VRNDŽIĆ, dipl.inž.građ., Novi Sad
Milutin IGNJATOVIĆ, dipl.inž., Beograd
Mr Dragan ĐORĐEVIĆ, dipl.ecc, Beograd
Dr Momir PAUNOVIĆ, dipl.biol., Beograd
Dr Aleksandar ĐUKIĆ, dipl.inž.građ. Beograd
Dušan KOSTIĆ, dipl.inž.građ., Beograd
Mileta RADIŠIĆ, dipl.inž., Čajetina
Dušanka ŽILOVIĆ, dipl.inž.građ., Čajetina
Marija VILOTIJEVIĆ, dipl.inž.tehn. Čajetina
Zoran JEČMENICA, dipl.inž., Čajetina
Dragan MAKSIMOVIĆ, dipl.inž.građ., Kladovo
Dragoljub KOSTIĆ, dipl.inž.el., Užice
Mr Olivera DOKLESTIĆ, dipl.inž.građ., H. Novi, Crna Gora
Dr Mirko ĐUROVIĆ, dipl.biol., Dobrota, Kotor, Crna Gora
Zdravko MRKONJA, dipl.hem., Trebinje, R.Srpska-BiH
Duško VUJOVIĆ, dipl.inž.građ., Trebinje, R.Srpska-BiH
Sanja ČUČKOVIĆ, Trebinje, R.Srpska-BiH
Dr Milenko SAVIĆ, dipl.inž.tehn. Bijeljina, R.Srpska-BiH

ODRŽAVANJE KONFERENCIJE SU POMOGLI (*SPONSORED BY*):

- Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije
- Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine Republike Srbije,
Republička direkcija za vode

Slika na koricama: Ribnička akumulacija na Zlatiboru

SADRŽAJ

CONTENTS

1. TEMATSKA GRUPA: VODOPRIVREDNI, EKOLOŠKI, I ORGANIZACIONI ASPEKTI KORIŠĆENJA I ZAŠTITE VODA

1. S. Prohaska, P. Pekarova, A. Ilić (Beograd, Bratislava-Slovačka, Niš)
ISTORIJSKE POPLAVE DUŽ DUNAVA SA ASPEKTA KLIMATSKIH PROMENA 1
2. Momir Paunović, Petar Smiljanić Nikola Marinković, Jelena Čanak Atlagić, Stefan Andus, Jelena Đuknić, Nataša Popović, Maja Raković (Beograd)
NOVI KONCEPT ZAJEDNIČKIH ISTRAŽIVANJA REKE DUNAV – JDS4 PRISTUP 3
3. Z. Srdjević, P. Benka, B. Srdjević, T. Savić Šljivić (Novi Sad, Beograd)
NOVI PRISTUP SMANJENJU RIZIKA I UTICAJA SUŠE U REGIONU DUNAVA:
PROJEKAT DRIDANUBE 5
4. M. Tomić, M. Milanović, D. Radojičić, M. Marjanović, B. Ilić, S. Vukašinić
(Lazarevac, Beograd)
PRAĆENJE I ANALIZA DUGOROČNIH PROMENA MORFOLOGIJE POVRŠINSKIH
VODA KAO POSLEDICE POVRŠINSKE EKSPLOATACIJE LIGNITA 11
5. S. Čučković, M. Kalajdžić, B. Milišić (Trebinje - R.Srpska – BiH)
PRIMER DOBRE PRAKSE UNAPREDJENJA SISTEMA HIDROELEKTRANA TREBINJE
1 i TREBINJE 2 U CILJU ZAŠTITE POVRŠINSKIH VODA OD POTENCIJALNIH
ZAGADJENJA NASTALIH U TOKU RADA POSTROJENJA 21
6. Z. Bijelić, D. Pavlović, B. Milanović (Novi Sad, Čačak)
MODEL UPRAVLJANJA ENERGIJOM I EKOLOGIJOM NA BAZI ZNANJA O
RAZVOJNIM PROMENAMA..... 29
7. B. Milišić, S. Čučković, M. Kalajdžić (Trebinje – R.Srpska – BiH)
IMPLEMENTACIJA SOFTVERSKJE APLIKACIJE HYDRAS 3 U CILJU PRAĆENJA
PODATAKA SA AUTOMATSKIH STANICA NA SLIVU RIJEKE TREBIŠNICE 37
8. B. Batinić, D. Pavlović, A. Randjelović (Beograd)
VELIKE VODE I HIDROTEHNIČKA BEZBEDNOST ISPUNJENIH JALoviŠTA 45
9. S. Prohaska, P. Marjanović, J. Nikolić (Beograd)
METODOLOGIJA ZA OPTIMIZACIJU BROJA PROTIVGRADNIH RAKETA NA
LANSIRANE STANICE U SISTEMU ZA ODBRANU OD GRADA NA TERITORIJI
REPUBLIKE SRBIJE 51
10. O. Doklestić, M. Stojanović, D. Vlatković (Herceg Novi - Crna Gora)
UPRAVLJANJE VODOVODNIM SISTEMOM – ASPEKT BRZINA I KVALITET
POPRAVKI 61
11. B. Ristanović, B. Miljanović, M. Cimbalević, Đ. Miljković, M. Živković, A. Popović
(Novi Sad, Šid)
TEHNIČKO-HIDROLOŠKI OBJEKTI ZA ZAŠTITU BUJIČNIH POPLAVA U SLIVU
LIKODRE – RADJEVINA /ZAPADNA SRBIJA/ 69

2. TEMATSKA GRUPA: KVALITET VODA I PROCESI U PRIRODNIM VODAMA

2.1. Površinske vode i sedimenti

12. M. Domanović, Lj. Denić, Z. Stojanović, T. Dopuda Glišić, N. Veljković, V. Cibulić (Beograd)
HEMIJSKI ASPEKT KVALITETA VODE AKUMULACIJE VRUTCI 77
13. D. Žarić, S. Čađo, A. Đurković, Z. Stojanović (Beograd)
FITOPLANKTON AKUMULACIJE VRUTCI 85
14. S. Čađo, A. Đurković, D. Žarić, Z. Stojanović (Beograd)
FITOPLANKTON AKUMULACIONOG JEZERA GRLIŠTE 93
15. A. Đurković, S. Čađo, B. Novaković, D. Žarić, Z. Stojanović (Beograd)
EKOLOŠKI POTENCIJAL AKUMULACIJE GRLIŠTE 101
16. M. Nedović, Lj. Kurčubić, A. Brdar, J. Stanojlović, Lj. Bukvić (Kragujevac)
TROFIČKI STATUS AKUMULACIONOG JEZERA GRUŽA 109
17. G. Đelić, M. Topuzović, S. Branković, M. Novaković (Kragujevac)
UPOREDNA ANALIZA DIVERZITETA MAKROFITA AKUMULACIJA GRUŽA I
MEDJUVRŠJE 117
18. S. Branković, R. Glišić, M. Topuzović, G. Đelić, F. Grbović, V. Đekić, M. Marin (Kragujevac, Beograd)
PASOŠ INDIKATORA – VODENE MAKROFITE KAO INDIKATORI ZAGAĐENJA
VODE 125
19. P. Đurašković (Podgorica - Crna Gora)
STANJE I DISTRIBUCIJA NUTRIJENATA U VODI SKADARSKOG JEZERA 133
20. B. Damnjanović, S. Ilić (Šabac)
PRAĆENJE KVALITETA VODE TABANOVAČKE ŠLJUNKARE PRIMENOM SERBIAN
WATER QUALITY INDEX-a 141
21. V. Ćirković, A. Uzelac, I. Klun, O. Đurković Đaković (Beograd)
POVRŠINSKE VODE KAO REZERVOAR PROTOZOA GIARDIA LAMBLIA,
CRYPTOSPORIDIUM SPP. I TOXOPLASMA GONDII: NALAZ U NEKIM REKAMA
SRBIJE 147
22. Z. Repac, M. Živković, B. Miljanović, A. Andjelković, M. Novković, B. Damnjanović,
A. Bajić, S. Radulović (Novi Sad)
EKOLOŠKI STATUS REKE KARAŠ 153
23. A. Bajić, B. Ristanović, Š. Šipoš, N. Pankov, M. Živković, S. Pogrmić, T. Jurca, I. Mijić,
B. Miljanović (Novi Sad)
EKOLOŠKI STATUS VODOTOKA NERA SA POSEBNIM OSVRTOM NA IHTIOFAUNU 155
24. R. Tomić, N. Grba, M. Dubovina, M. Grgić, V. Pešić, S. Maletić, D. Krčmar (Novi Sad)
KVALITET VODE I SEDIMENTA KANALA BEGEJ 165
25. G. Babić, M. Vuković, D. Voza, I. Mladenović Ranisavljević (Bor, Leskovac)
TRENDOVI PROMENA PARAMETARA KVALITETA VODE REKE TISE U PERIODU
OD 2011. DO 2016. GODINE 173

26. S. Polavder, M. Radosavljević, K. Pantović Spajić, M. Grubišić, A. Adamović (Beograd)
HEMIJSKI I EKOLOŠKI STATUS VODA NA PRIMERU BEZIMENOG POTOKA, JI SRBIJA 181
27. D. Veličković, M. Krivokapić, G. Babić (Podgorica - Crna Gora, Bor - Srbija)
ANALIZA ZAGADJENJA RIJEKE LIM, KLASE KVALITETA, SAPROBNOST 187
28. G. Marković (Čačak)
EKSPANZIJA ALOHTONIH VRSTA RIBA U SLIVU ZAPADNE MORAVE 193
29. V. Đikanović, S. Skorić, M. Nikčević, B. Mičković (Beograd)
ZNAČAJ OČUVANJA MALIH PLANINSKIH VODOTOKOVA; PRIMER TEKUĆICA NA PODRUČJU REZERVATA "UVAC" 199
30. S. Lolić, D. Golub, R. Dekić, M. Manojlović, J. Paspalj (Banjaluka - R.Srpska - BiH)
KVALITET VODE NEKIH PRITOKA RIJEKE DRINE U REPUBLICI SRPSKOJ /BIH/: MIKROBIOLOŠKA I IHTIOLOŠKA ISTRAŽIVANJA 205
31. M. Kragulj Isakovski, T. Apostolović, S. Maletić, J. Tričković, A. Tubić, J. Molnar Jazić, J. Agbaba (Novi Sad)
ISPITIVANJE MEHANIZMA SORPCIJE ODABRANIH ORGANOFOSFORNIH PESTICIDA NA SEDIMENTU DUNAVA 2015
32. V. Đikanović, S. Skorić (Beograd)
KVALITET SEDIMENATA AKUMULACIJE MEDJUVRŠJE 217
- 2.2. Podzemne vode i vode u karstu**
33. S. Kovačević, N. Živančev, D. Mitrinović, M. Perović, A. Čalenić, M. Dimkić (Novi Sad, Beograd)
TRANSPORT I SMANJENJE KONCENTRACIJE ODABRANIH FARMACEUTKA U ALUVIJALNIM AKVITERIMA 225
34. J. Zarić, D. Mitrinović, O. Andjelković, M. Perović, M. Dimkić (Beograd, Novi Sad)
FORMIRANJE POLICIKLIČNIH SLOJEVA DUŽ PROFILA IZMEDJU BUNARA Rb-1 m I Rb-36 NA BEOGRADSKOM IZVORIŠTU, SA OSVRTOM NA LOKALNU TEKTONIKU 231
35. D. Krčmar, S. Tenodi, V. Pešić, J. Agbaba, A. Tubić, B. Dalmacija (Novi Sad)
PROCENA RIZIKA NA PODZEMNE VODE POD UTICAJEM DEPONIJE KOMUNALNOG OTPADA 243
36. S. Mrazovac Kurilić, V. Cibulić, V. Presburger Ulniković, N. Staletović, M. Trifunović, L. Stamenković (Beograd)
PODZEMNE VODE VOJVODINE I NJIHOVA PRIMENA ZA NAVODNJAVANJE 249
37. D. Grubač, A. Verigo (Herceg Novi, Igalo - Crna Gora)
DOPRINOS ANALIZI PRITISAKA I UTICAJA NA PODZEMNU AKUMUACIJU OPAČICA U HERCEG NOVOM 257
38. Lj. Grujičić Tešić, J. Kovačević (Ruma, Beograd)
KARSTNE VODE PEŠTERA 261

2.3. Priobalne vode Jadranskog mora

39. A. Joksimović, J. Dulčić, O. Marković, M. Đurović, Z. Ikica (Kotor - Crna Gora, Split - Hrvatska)
INVAZIVNE VRSTE RIBA I RAKOVA U JADRANU – IMA LI RAZLOGA ZA ZABRINUTOST 269
40. A. Castelli, D. Joksimović, A. Jovičić, M. Mitrić, R. Martinović, A. Perošević, V. Vuković (Kotor - Crna Gora)
MERENJE I PRAĆENJE TERMOHALINSKIH SVOJSTAVA MORSKE VODE U OBALNOM MORU CRNE GORE 275
41. S. Petović, N. Đorđević (Kotor - Crna Gora)
KARAKTERISTIKE BENTONSKIH ZAJEDNICA U LUČKIM AKVATORIJUMIMA CRNOGORSKOG PRIMORJA 281
42. D. Joksimović, D. Drakulović, R. Martinović, A. Castelli, M. Mitrić, A. Perošević, M. Peković (Kotor - Crna Gora)
ODREĐIVANJE STEPENA TROFIČNOSTI NA STANIŠTIMA PINNA NOBILIS 287
43. R. Martinović, S. Petović, A. Castelli, M. Mitrić, N. Đorđević, M. Mandić, D. Joksimović, (Kotor - Crna Gora)
EKSPERIMENTALNI UZGOJ PALASTURE PINNA NOBILIS U BOKOKOTORSKOM ZALIVU 295
44. S. Jokanović, S. Orlić, S. Perović (Kotor - Crna Gora, Zagreb - Hrvatska)
PROUČAVANJE BAKTERIJSKIH ZAJEDNICA U SEDIMENTU CRNOGORSKOG PRIMORJA 301

3. TEMATSKA GRUPA: SAKUPLJANJE I PREČIŠĆAVANJE OTPADNH VODA

3.1. Uticaji otpadnih voda na vodoprijemnike

45. A. Randjelović, N. Rosić, A. Ruvidić, B. Lekić (Beograd)
UTICAJ STEPENA PREČIŠĆAVANJA KOMUNALNIH OTPADNIH VODA NA KVALITET RECIPIJENATA – CASE STUDY: REKA DRINA U ZONI LOZNICE I BANJE KOVILJAČE 307
46. V. Cibulić, S. Mrazovac Kurilić, N. Staletović, V. Presburger Ulniković, M. Trifunović (Beograd)
PROCENA I UPRAVLJANJE HEMIJSKIM RIZIKOMU PROCESIMA ELEKTROLIZE 315

3.2. Savremene metode prečišćavanja otpadnih voda i obrade mulja

47. V. Presburger Ulniković, N. Jakimov, S. Mrazovac Kurilić, V. Cibulić, L. Stamenković (Beograd, Bosilegrad, Vranje)
SAVREMENE OPCIJE TRETMANA OTPADNIH VODA SA BRODOVA 321
48. I. Milojković (Beograd)
UPOREDNA ANALIZA PREČIŠĆAVANJA INDUSTRIJSKIH OTPADNIH VODA HE "ĐERDAP 1" METODAMA VIKOR I PROMETHEE 329

4. TEMATSKA GRUPA: VODOSNABDEVANJE NASELJA

4.1. Zaštita izvorišta vodosnabdevanja

49. I. Joksimović, D. Đurović (Podgorica - Crna Gora)
BRZA PROCENA RIZIKA OD ZAGAĐENJA VODOZAHVATA (RADWQ-SZO) 339

4.2. Savremeni postupci tretmana prirodnih voda u cilju dobijanja vode za piće

50. J. Molnar Lazić, T. Đurkić, A. Tubić, M. Kragulj Isakovski, D. Krčmar, B. Dalmacija, J. Agbaba (Novi Sad)
UKLANJANJE PRIRODNIH ORGANSKIH MATERIJAMA IZ VODE PRIMENOM UNAPREDJENIH OKSIDACIONIH PROCESA 345
51. M. Kojić, S. Stanković, M. Petrović, J. Petrović, Z. Lapičić, N. Petrović, M. Koprivica (Beograd)
HIDROČAĐ DOBIJENA OD SUPSTRATA ZA GAJENJE GLJIVA KAO ADSORBENT BAKRA IZ VODENIH RASTVORA 351
52. M. Petrović, T. Šoštarić, J. Petrović, M. Kojić, M. Koprivica, J. Milojković, S. Stanković (Beograd)
UKLANJANJE KADMIJUMA BIOSORBENTOM NA BAZI KUKURUZNE SVILE IZ VODENIH RASTVORA 357

4.3. Kvalitet vode isporučene potrošačima

53. T. Stamenković, O. Doklešić, M. Simović, I. Radosavljević (Herceg Novi - Crna Gora)
ISPRAVNOST VODE SA TUŠEVA HERCEGOVSKIH KUPALIŠTA TOKOM LETA 2018. GODINE 363

HIDROČAĐ DOBIJENA OD SUPSTRATA ZA GAJENJE GLJIVA KAO ADSORBENT BAKRA IZ VODENIH RASTVORA

Marija Kojić*, Slavka Stanković**, Marija Petrović*,
Jelena Petrović*, Zorica Lopičić*, Nikola Petrović**,
Marija Koprivica*

* *Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franše
d'Eperea 86 11000 Beograd, m.kojic@itnms.ac.rs*

** *Tehnološko-metalurški fakultet, Karnegijeva 4 11000 Beograd*

REZIME

U ovom istraživanju, korišćena je hidročad supstrata za gajenje gljiva radi ispitivanja mogućnosti njegove primene kao adsorbenta za uklanjanje Cu^{2+} iz vodenih rastvora. Hidročad je pripremana procesom hidrotermalne karbonizacije na temperaturi od 180°C pri reakcionom vremenu od 1h. Strukturna analiza hidročadi vršena je pomoću FTIR-a. Analizom je potvrđeno smanjenje inteziteta kiseoničnih funkcionalnih grupa (KFG) usled adsorpcije Cu^{2+} što ukazuje da su ove grupe odgovorne za uklanjanje ispitivanog metala iz vodenog rastvora. Vrednost adsorpcionog kapaciteta iznosila je $37,5 \text{ mg/g}$. Dobijeni rezultati pokazuju da se ovaj materijal može koristiti kao efikasan adsorbent bakra.

KLJUČNE REČI: hidrotermalna karbonizacija, hidročad, uklanjanje Cu^{2+}

HYDROCHAR PREPARED FROM SUPSTRATS FOR THE CULTIVATION MUSHROOMS AS ADSORBENT OF CUPPER FROM WATER SOLUTIONS

ABSTRACT

In this study, the hydrochar of substrate for the cultivation of mushrooms was used as adsorbent for Cu^{2+} removal from aqueous solutions. The hydrochar was prepared by hydrothermal carbonization at temperature of 180°C during reaction time of 1 h. Structural analysis of the hydrochars was performed using FTIR analysis. FTIR spectrum confirmed reduction of intensity of oxygen functional groups (KFG) after adsorption of Cu^{2+} suggesting that KFG groups are involved in copper removal. Calculated adsorption capacity of investigated material was 37.5 mg/g . Based on results it can be concluded that this hydrochar could be used as effective adsorbent for Cu^{2+} removal from water solutions.

KEY WORDS: hydrothermal carbonization, hydrochars, removal Cu^{2+}

UVOD

Kontaminacija vodenih tokova teškim metalima uzrokovana je povećanjem populacije i razvojem industrije (Cheng i sar., 2015). Bakar je visoko toksičan metal i uglavnom potiče iz industrijskih otpadnih voda. Pri niskim koncentracijama, Cu je esencijalan za žive organizme, međutim ukoliko koncentracija ovog metala pređe dozvoljenu granicu, dolazi do njegove bioakumulacije (Reddy i sar., 2012). Takođe, prevelika količina Cu u ljudskom organizmu može negativno uticati na zdravlje, izazivajući oštećenje bubrega, cirozu jetre, povraćanje i grčeve (Elaigwu i sar., 2014). Kako bi se izbegle visoke koncentracije teških metala u životnoj sredini, koriste se različite konvencionalne metode za prečišćavanje otpadnih voda kao što su: taloženje, jonska izmena, adsorpcija, elektrohemijski i membranski procesi (Elaigwu i sar., 2014) i dr.

Za razliku od konvencionalnih metoda prerade otpadnih voda, adsorpcija je tehnika koja nudi značajne prednosti kao što su niska cena, dostupnost i efikasnost uklanjanja širokog spektra organskih i neorganskih polutanata (Xu i sar., 2013). Poslednjih godina istraživanja su bazirana na potencijalnoj primeni hidročađi kao jeftinog adsorbenta za uklanjanje teških metala i organskih zagađivača. Hidročađ je čvrst proizvod bogat ugljenikom, koji nastaje konverzijom otpadnog organskog materijala procesom hidrotermalne karbonizacije (HTC) (Wanga i sar., 2018). Prednosti HTC-a u odnosu na druge termohemijske tehnike se ogledaju u tome što se proces odvija na umerenim reakcionim uslovima i ne zhteva sušenje materijala pre njene konverzije, čime se značajno redukuje potrošnja energije (Kumar i sar., 2011b). Konverzija materijala HTC procesom se vrši na temperaturama od 180 do 260°C u atoklavu sa vodom, kao reakcionim medijumom, i pri atugenom pritisku (Petrović i sar., 2016a). Kao glavni proizvod HTC-a dobija se hidročađ dok su procesna voda i male količine gasa sporedni proizvodi (Regmi i sar., 2012). Jain i sar. (2016) su u svom istraživanju potvrdili da se nakon procesa hidrotermalne karbonizacije povećava broj KFG u odnosu na osnovni material što je veoma bitno sa stanovišta adsorpcionih procesa. Naime, ove grupe imaju tendenciju ka interakciji kompleksacije sa teškim metalima pa samim tim i afinitet ka vezivanju metala na površinu hidročađi. Na osnovu ovoga se može zaključiti da se nakon HTC procesa povećava efikasnost materijala ka uklanjanju polutanta iz vodene sredine.

Cilj ovog rada je da se ispita mogućnost korišćenja hidročađi (nastale konverzijom otpadnog supstrata za gajenje gljiva) kao potencijalnog adsorpcionog sredstva za uklanjanje Cu^{2+} iz vodenih rastvora. Dodatno, vršena je strukturna karakterizacija hidročađi pre i nakon adsorpcije Cu^{2+} pomoću FTIR analize.

MATERIJALI I METODE

Materijal

Supstrat za gajenje gljiva (SG) je dobijen iz lokalne fabrike koja se bavi gajenjem gljiva u blizini Beograda. Supstrat je sačinjen od sledećih komponenti: pšenične slame, uree, gipsa i konjskog stajnjaka.

Priprema uzorka

HTC eksperiment je vršen u autoklavu, čija je zapremina iznosila 250 mL (Carl Roth, Model II). Reaktor je opremljen sitemom za hlađenje i regulatorom za pritisak i temperaturu. 10 grama supstrata je stavljeno u autoklav i pomešano sa 150 mL dejonizovane vode. Konverzija je vršena na temperaturi od 180°C tokom 1 h. Nakon hlađenja, dobijena hidročađ je ispirana nekoliko puta dejonizovanom vodom i sušena 24 h na 105°C (SG-180).

Adsorpcioni eksperiment i karakterizacija uzorka

Osnovni rastvor od 100 mg L⁻¹ Cu²⁺ je pripremljen rastvaranjem precizno prepačunate mase CuSO₄·5H₂O (p.a. čistoće). U Erlenmajer od 100 mL dodato je 0,05 g SG-180 i 50 mL Cu²⁺ rastvora. Suspenzija je mešana na orbitalnom šejkeru tokom 120 min, brizinom od 250 ob/min. Po završenom procesu, suspenzija je filtrirana kroz filter hartiju. Sadržaj Cu²⁺ u filtartu određivan je metodom Atomske Adsorpcione Spektrofotometrije (Perkin Elmer, AAS Analyst 300). Hidročađ zaostala na filter hartiji je osušena na 105°C (SM-180+Cu²⁺) i analizirana metodom Infracrvene Spektroskopije sa Furijeovom Transformacijom (FTIR; Thermo Scientific Nicolet iS50 FTIR spektrometar).

Adsorpcioni kapacitet q (mg/g) izračunat je prema sledećoj formuli:

$$q = (C_0 - C) \times V / m$$

Gde je: V , zapremina rastvora Cu²⁺ (mL); m je količina adsorbenta (SM-180) (g); C_0 i C su početne i ravnotežne koncentracije Cu²⁺ jona (mg L⁻¹).

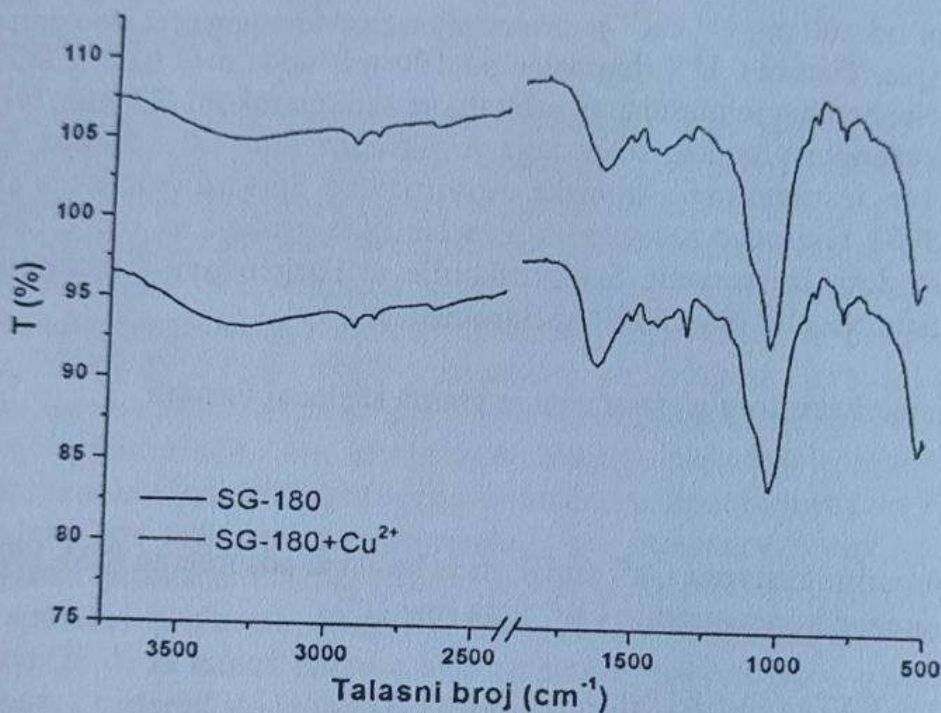
REZULTATI I DISKUSIJA

Izračunata vrednost adsorpcionog kapaciteta SM-180+Cu²⁺ dobijena preliminarnim adsorpcionim eksperimentom iznosi 37,5 mg/g. Ova vrednost ukazuje da ispitivani materijal ima afinitet ka vezivanju jona bakra na svoju površinu. Kako bi se ova konstatacija potvrdila tj. kako bi se identifikovale funkcionalne grupe na površini hidročađi i ustanovile promene nakon adsorpcije Cu²⁺ vršena je FTIR analiza u opsegu talasnih dužina od 4000 do 400 cm⁻¹. Na Slici 1. prikazani su FTIR spektri hidročađi pre i nakon uklanjanja Cu²⁺ iz vodenog rastvora: SM-180 i SM-180+Cu²⁺, respektivno.

Adsorpcioni pik na 3280 cm⁻¹ potiče od vibracija -OH grupa, iz hidrosilnih i karboksilnih grupa (Gascó i sar., 2018). Na 2920 i 2850 cm⁻¹ javljaju se dva pika koji potiču od vibracija -C-H alifatičnih grupa (Lin i sar., 2012). Ove grupe ukazuju na prisustvo celuloznih komponenti, koje su sastavni deo pšenične slame. Trake na 1620 cm⁻¹ se mogu pripisati -C=O vibracijama, dok pikovi na 1521 cm⁻¹ mogu poticati od -N-O grupa koje su sastvni deo proteina iz konjskog stajnjaka (Han i sar., 2017, Nanda i sar., 2016). Intezitet trake na 1420 cm⁻¹ može poticati od istežanja -C=C grupa iz aromatičnih prstenova i -C-H

aromatičnih grupa (Reza i sar., 2015). Na 1030 cm^{-1} se javlja traka koja može poticati od alifatičnih etara i primarnih alkohola (Petrović i sar., 2016b). Adsorpcioni maksimumi na 779 i 470 cm^{-1} predstavljaju aromatične i alifatične vibracije C-H grupa (Reza i sar., 2015).

Sa Slike 1. se može uočiti da nakon adsorpcije Cu^{2+} jona dolazi do smanjenja inteziteta pikova na 3280 i 1620 cm^{-1} . Ovi pikovi pripadaju KFG (-OH, -C=O) što ukazuje da su one odgovorne za interakciju površine hidročadi sa jonima metala iz rastvora. Smanjenje intenziteta ukazuje na formiranje kompleksa metala na površini hidročadi. Lu i sar. (2012) su u svom istraživanju došli do sličnog zaključka gde su naveli da usled adsorpcije Pb^{2+} jona na biočadi otpadnog mulja karboksilne i hidroksilne grupe (-COOH i -OH) imaju značajnu ulogu.



Slika 1. FTIR spektar SG-180 i SG-180+Cu²⁺ pre i nakon uklanjanja Cu²⁺
Figure 1. FTIR spectra of SG-180 and SG-180+Cu²⁺ before and after Cu²⁺ sorption

ZAKLJUČAK

U ovom radu ispitana je mogućnost primene hidročadi za uklanjanje jona bakra iz vodenog rastvora. Hidročad je dobijena konverzijom supstrata za gajenje gljiva procesom hidrotermalne karbonizacije na temperaturi od 180°C . Biosorpcioni eksperiment je potvrdio da vrednost biosorpcionog kapaciteta ovako pripremljenog materijala iznosi $37,5\text{ mg g}^{-1}$. Takođe, FTIR analizom je utvrđeno da usled vezivanja Cu^{2+} jona na površinu hidročadi dolazi do smanjenja inteziteta KFG, čime je potvrđeno da korišćeni materijal ima afinitet ka jonu bakra i sposobnost njegovog uklanjanja iz vodenih rastvora.

Na osnovu dobijenih rezultata u ovom radu može se zaključiti da se od otpadnog supstrata

Zahvalnica

Autori rada se ovom prilikom zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, koje je svojim finansiranjem kroz projekat br. TR 31003 pomoglo opisana istraživanja.

LITERATURA:

- Cheng, Z., Zhang, L., Guoa, X., Jiang, X., Li, T., Adsorption behavior of direct red 80 and Congo red onto activated carbon/surfactant: process optimization, kinetics and equilibrium, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 137 (2015) 1126–1143
- Elaigwu, S.E., Rocher, V., Kyriakou, G., Greenway, G.M., Removal of Pb^{2+} and Cd^{2+} from aqueous solution using chars from pyrolysis and microwave-assisted hydrothermal carbonization of *Prosopis africana* shell, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 20 (2014) 3467–3473.
- Gascó, G., Paz-Ferreiro, J., Álvarez, M.L., Saa, A., Méndez, A., Biochars and hydrochars prepared by pyrolysis and hydrothermal carbonisation of pig manure, *Waste Management* 79 (2018) 395-403
- Han, L., Sun, H., S. Ro, K., Sun, K., Libra, J.A., Xing, B., Removal of antimony (III) and cadmium (II) from aqueous solution using animal manure-derived hydrochars and pyrochars, *Bioresource Technology* 234 (2017) 77–85
- Jain, A., Balasubramanian, R., Srinivasan, M.P., Hydrothermal conversion of biomass waste to activated carbon with high porosity: a review, *Chemical Engineering Journal* 283 (2016) 789–805
- Kumar, S., Loganathan, V.A., Gupta, R.B., Barnett, M.O., An Assessment of U(VI) removal from groundwater using biochar produced from hydrothermal carbonization, *Journal of Environmental Management* 92 (2011b) 2504-2512
- Lin, Y., Wang, D., Wang, T., Ethanol production from pulp & paper sludge and monosodium glutamate waste liquor by simultaneous saccharification and fermentation in batch condition, *Chemical Engineering Journal* 191 (2012) 31–7
- Nanda, S., Dalai, Ajay, K., Gökalp, I., Kozinski, J. A., Valorization of horse manure through catalytic supercritical water gasification, *Waste Management* 52 (2016) 147–158
- Petrović, J., Perišić N., Dragišić-Maksimović, J., Maksimović, V., Kragović, M., Stojanović, M., Laušević, M., Mihajlović, M., Hydrothermal conversion of grape pomace: Detailed characterization of obtained hydrochar and liquid phase, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 118 (2016a) 267–277
- Petrović, M., Šoštarić, T., Stojanović, M., Milojković, J., Mihajlović, M., Stanojević, M., Stanković, S., Removal of Pb^{2+} ions by raw corn silk (*Zea mays* L.) as a novel biosorbent, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* 58 (2016b) 407–416
- Reddy, D. H. K., Lee, S.M., Seshaiyah, K., Removal of Cd(II) and Cu(II) from Aqueous Solution by Agro Biomass: Equilibrium, Kinetic and Thermodynamic Studies, *Environmental Engineering Research* 17 (2012) 125-132

- Regmi, P., Moscoso, J.L.G., Kumar, S., Cao, X., Maob, J., Schafran, G., Removal of copper and cadmium from aqueous solution using switchgrass biochar produced via hydrothermal carbonization process, *Journal of Environmental Management* 109 (2012) 61-69
- Reza, M.T., Rottler, E., Herklotz, L., Wirth, B., Hydrothermal carbonization (HTC) of wheat straw: influence of feedwater pH prepared by acetic acid and potassium hydroxide, *Bioresource Technology* 182 (2015) 336-344
- Wanga, T., Zhaia, Y., Zhuc, Y., Lia, C., Zenga, G., A review of the hydrothermal carbonization of biomass waste for hydrochar formation: Process conditions, fundamentals, and physicochemical properties *Renewable and Sustainable Energy*
- Xu, X., Cao, X., Zhao, L., Wang, H., Yu, H., Gao, B., Removal of Cu, Zn, and Cd from aqueous solutions by the dairy manure-derived biochar, *Environmental Science and Pollution Research* 20 (2013) 358-368
- Zhang, Z., Zhu, Z., Shen, B., Liu, L., Insights into biochar and hydrochar production and applications: A review, *Energy* 171 (2019) 581-598 *Reviews* 90 (2018) 223-247