

The background of the cover is a photograph of a waterfall cascading over mossy rocks in a lush green forest. The water is white and frothy as it falls, and the surrounding foliage is dense and vibrant green. The text is overlaid on this image.

SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE



38. MEĐUNARODNI
STRUČNO-NAUČNI SKUP

ZBORNIK RADOVA
VODOVOD I KANALIZACIJA '17

Kragujevac, 10 - 13. oktobar 2017.



SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

**38. Međunarodni
stručno - naučni skup**

VODOVOD I KANALIZACIJA '17

Zbornik radova

Kragujevac, 10 – 13. oktobar 2017.



Izdavač:

Savez inženjera i tehničara Srbije, Beograd

Za izdavača:

prof. dr Časlav Lačnjevac, dipl. inž, generalni sekretar

Programski odbor:

prof. dr Časlav Lačnjevac, (predsednik), prof. dr Srđan Kolaković,
prof. dr Srđan Rončević, prof. dr Rada Petrović, dr Mirjana Stojanović,
prof. dr Slavka Stanković, doc. dr Dragan Milićević, prof. dr Radomir
Kapor, Dušan Đurić, Zoran Matić, prof. dr Goran Sekulić, prof. dr Vaso
Novaković, prof. dr Milan Sak-Bosnar, prof. dr Fehim Korać, prof. dr
Dragica Chamovska, prof. dr Filip Kokalj, prof. dr Kiril Lisichkov

Organizacioni odbor:

mr Bogdan Vlahović (predsednik), prof. dr Jovan Despotović,
mr Zoran Pendić, Ivica Nikić, Zoran Dimitrijević, Saša Ilić,
Milan Đorđević, Nebojša Jakovljević, Olivera Ćosović i
Marijana Mihajlović

Glavni i odgovorni urednik:

prof. dr Časlav Lačnjevac, dipl. inž.

Lektura i korektura:

Olivera Ćosović

Tehnički urednik:

Olja Jovičić

Štampa:

Grafički atelje „Dunav”, Zemun

Naslovna strana:

Kanjon Nere, Rumunija

Tiraž: 220 primeraka

Organizator:

Savez inženjera i tehničara Srbije

Suorganizatori:

Inženjerska akademija Srbije

JKP »Beogradski vodovod i kanalizacija«

Inženjerska komora Srbije

Institut za tehnologiju nuklearnih

i drugih mineralnih sirovina, Beograd

Institut za vodoprivredu »Jaroslav Černi« Beograd

IPIN Institut za primjenjenu geologiju

i vodoinženjering, Bijeljina

Saobraćajni institut CIP, Beograd

Pokrovitelj:

**Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja
Republike Srbije**

CIP- Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије

628.1/.3(082)

**МЕЂУНАРОДНИ стручно-научни скуп Водовод и
канализација (38 ; 2017 ; Крагујевац)**

Zbornik radova / 38. Međunarodni stručno-naučni skup
Vodovod i kanalizacija '17, Kragujevac, 10-13. oktobar 2017. ;
[organizatori] Savez inženjera i tehničara Srbije ... [et al.] ;
[glavni i odgovorni urednik Časlav Lačnjevac]. - Beograd : Savez
inženjera i tehničara Srbije, 2017 (Zemun : "Dunav"). - 416 str. :
ilustr. ; 25 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tekst lat. i ćir. - Tiraž 220. -
Napomene uz tekst. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-80067-36-0

1. Савез инжењера и техничара Србије (Београд)
 - a) Водовод - Зборници
 - b) Канализација - Зборници
 - c) Отпадне воде - Зборници
 - d) Водозахвати - Зборници

COBISS.SR-ID 246436364



СИТС - САВЕЗ ИНЖЕЊЕРА И ТЕХНИЧАРА СРБИЈЕ ИСТОРИЈАТ И САДРЖАЈ РАДА

ИСТОРИЈАТ

Корени српске техничке цивилизације почињу још у доба Немањића. Зачеци инжењерства су у рударско-металуршким подухватима (Ново брдо) и грађењу величанствених сакралних објеката средњовековне српске државе.

Од Првог (1804), а посебно Другог српског устанка (1815), оживљава српско градитељство које је нарочито од тридесетих година било везано за изградњу саобраћајница, подизање јавних објеката, уређење вароши, и др.

У то време (1834/35. године) из аустријског царства долазе и први државни службеници – “правителствени инџинири” (Франц Јанке и барон Франц Кордон), а у том веку Србијом је прошло око 600 инжењера.

Започињање наставе на Техничком факултету Велике школе 1863. године значило је прекретницу у школовању српских инжењера. Поред школовања у земљи један број инжењера се школовао и у иностранству.

Истовремено са школовањем првих техничких кадрова јавља се и иницијатива за оснивањем стручне, еснафске организације. ТАКО ВЕЋ 3. ФЕБРУАРА 1868. ГОДИНЕ, САМО ГОДИНУ ДАНА ПОСЛЕ ПРЕДАЈЕ КЉУЧЕВА ГРАДА БЕОГРАДА ОД СТРАНЕ ТУРСКОГ ПАШЕ КНЕЗУ МИХАЈЛУ, ДОЛАЗИ ДО ОСНИВАЊА „ТЕХНИЧАРСКЕ ДРУЖИНЕ“, чији је први председник био Емилијан Јосимовић и тај датум је усвојен као година настанка наше органазације. Убрзо затим (1869.) оснива се и Удружење за пољску привреду, односно Српско пољопривредно друштво.

Године 1890. долази до оснивања Удружења српских инжењера, а од 1896. инжењера и архитеката.

Прво стручно гласило овог удружења «Српски технички лист» изашао је 1890. године.

ПРВИ ПОЧАСНИ ЧЛАН УДРУЖЕЊА СРПСКИХ ИНЖЕЊЕРА БИО ЈЕ НИКОЛА ТЕСЛА, КОЈИ ЈЕ ТО ПРИЗНАЊЕ ДОБИО ЗА ВРЕМЕ СВОГ КРАТКОГ И ЈЕДИНОГ БОРАВКА У БЕОГРАДУ 1892. ГОДИНЕ.

За време Првог светског рата у Солуну излазе два броја „Српског техничког листа” где се иначе налазио велики број инжењера који су били и војници. Ту је 1918. године одржана Скупштина са 463 инжењера.

УДРУЖЕЊЕ ЈЕ 1932/35. ГОДИНЕ СОПСТВЕНИМ СРЕДСТВИМА, КРЕДИТИМА И ДОБРОВОЉНИМ ПРИЛОЗИМА ИЗГРАДИЛО СВОЈ ДОМ У УЛИЦИ КНЕЗА МИЛОША 7, А ДОМ ИНЖЕЊЕРА „НИКОЛА ТЕСЛА“ УЛ. КНЕЗА МИЛОША 9-11, ИЗГРАЂЕН ЈЕ У ПЕРИОДУ ОД 1962. ДО 1969. ГОДИНЕ. У ОВА ДВА ДОМА ИНЖЕЊЕРА СМЕШТЕН ЈЕ И РАДИ САВЕЗ ИНЖЕЊЕРА И ТЕХНИЧАРА СРБИЈЕ СА СВОЈИХ 26 РЕПУБЛИЧКИХ СТРУКОВНИХ И МУЛТИДИСЦИПЛИНАРНИХ ДРУШТАВА, КОЈИ СЕ САМОСТАЛНО ФИНАНСИРАЈУ, ОД УКУПНО 41 ЧЛАНИЦЕ САВЕЗА.

Поред **Емијилана Јосимовића**, првог председника, који је био и ректор Лицеја и Велике школе и почасни члан Српске краљевске академије у раду нашег Савеза учествовали су и дали свој допринос и: **Коста Алковић**, проф. Велике школе, министар грађевина, члан Српског ученог друштва и Српске краљевске академије, **Димитрије Стојановић**, професор Техничког факултета и први директор Српских државних железница, члан Српског ученог друштва и Српске краљевске академије, **Милош Савчић**, министар грађевине Србије, председник града Београда, и познати привредник, који је дао највише средстава 1932. године за подизање Дома инжењера и техничара Србије, председници САНУ **Јосиф Паничић** и **Јован Жујовић**, **Симо Лозанић**, **Кирило Савић**, **Александар Деспић**, **Никола Хајдин** и многи други познати стручњаци и научни радници.

САДРЖАЈ РАДА

Савез инжењера и техничара Србије је добровољна, невладина, непрофитна, стручно-научна, интересна, професионална и ванстраначка организација инжењера и техничара и њихових организација у Републици Србији, отворена за сарадњу са другим научно-стручним, привредним и осталим организацијама, на бази међусобног уважавања, узајамног поштовања и самосталности у раду.

Савез инжењера и техничара Србије и његове чланице се самостално финансирају и самостално финансирају своје стручне активности и издавање стручних публикација.

Циљеви и задаци СИТС-а су:

- окупљање инжењера и техничара Србије ради увећања њиховог стручног знања, обезбеђења одрговарајућег статуса у друштву, на бази њиховог доприноса друштвено-економским, научно-технолошким и привредном развоју Републике Србије;
- обједињавање, јачање и омасовљавање основних инжењерско-техничарских организација Србије, развијање међусобне сарадње и сарадње са одговарајућим међународним организацијама инжењера и техничара;
- побољшање сталешког интереса, друштвеног угледа и заштите чланова инжењерско-техничарске организације Србије;
- пружање помоћи инжењерима и техничарима у научном и стручном усавршавању и организовању одговарајућих облика перманентног образовања;

- праћење савременог развоја технике и технологије и указивање на токове збивања и промене у овој области и давање мишљења о оптималности техничких и технолошких решења при инвестиционим и другим подухватима;
- неговање и развијање етике инжењерско-техничарског позива;
- подстицање, организовање и издавање научних и стручних радова, часописа и других публикација од интереса за инжењерско-техничарску организацију;
- рад на техничкој регулативи (законима, прописима и стандардима), обезбеђујући њену савременост, адекватност, актуелност и функционалност;
- разматрање и давање стручних мишљења о плановима, програмима, анализама и другим актима важним за развој технике, технологије и производње у Републици Србији;
- подстицање и помагање оних активности и иницијатива које су усмерене на очување човекове околине и уређење простора, уштеду и рационализацију потрошње свих врста енергије;
- припремање, одржавање и помагање одржавања скупова чији је циљ непрекидно стручно образовање и усавршавање инжењера и техничара;
- пружање помоћи у развоју и унапређењу технике и привреде чији су циљеви слични циљевима инжењерско-техничарске организације;
- организовање мултидисциплинарних стручних скупова и скупова од ширег друштвеног интереса;
- сарадња са одговарајућим друштвено-стручним, привредним организацијама и другим организацијама и органима на реализацији задатака од заједничког интереса;
- управљање Домом и осталом имовином Савеза инжењера и техничара Србије.

Савез и чланице Савеза имају развијену сарадњу са органима локалне самоуправе, одговарајућим градским и републичким министарствима и другим органима, Српском академијом наука, Инжењерском комором Србије, Инжењерском академијом Србије, Привредном комором Србије, са многим предузећима, привредним и стручним асоцијацијама, факултетима и универзитетима и многим другим институцијама. Имамо развијену и одговарајућу међународну сарадњу.

Савез већ дуги низ година на основу Закона и уговора са надлежним републичким министарствима организује и спроводи послове одржавања стручних испита из области инжењерских струка у Републици Србији.

Савез инжењера и техничара Србије – СИТС, данас има више хиљада својих чланова, 41 своју чланицу у Србији, и то: 19 републичких струковних савеза различитих инжењерских струка (архитекте, урбанисти, грађевински, машински, електро инжењери, рударски, геолози, геодети, агрономи, шумари, хемичари и др.), 7 републичких мултидисциплинарних друштава (екологија, стандарди и квалитет, информатика, заштита материјала и корозија), 1 покрајински Савез, 14 регионалних, градских и општинских удружења.

Савез је оснивач ИАС – Инжењерске академије Србије и колективни је члан Привредне коморе Србије.

У оквиру Савеза формиран је у 2002. години Развојни центар СИТС-а који ангажује наше научнике и стручњаке на решавању многих текућих и развојних садржаја из области привреде Србије.

Поред бројних периодичних публикација, редовно излази више стручних часописа, међу којима: „Техника“, „КГХ“ (Климатизација, грејање, хлађење), „Изградња“, „Процесна техника“, „Пољопривреда“, „Шумарство“, „Текстилна индустрија“, „Форум“, „Ecologica“, „Заштита материјала“ и други.

Огроман је број књига, зборника и друге стручне литературе издате и штампане од стране чланица и Савеза у протеклом периоду, послова на стручној едукацији инжењера, одржаних домаћих и међународних стручних скупова, програмских расправа и презентација са стручним ставовима и предлозима, о важним техничким и технолошким садржајима локалног и ширег друштвеног значаја.

Органи, руководство и стручна служба Савеза раде у складу са Законом, Статутом и другим општим актима и до сада нису одговарали ни по једном основу.

Савез укупан свој рад и пословање реализује у складу са процедурама и стандардима система менаџмент квалитета и има **домаћи сертификат YUQS и интернационални IQNet.**

Савез има своју покретну и непокретну имовину (Домове инжењера у Београду, Новом Саду и Нишу), самостално се финансира, редовно измирује своје обавезе према свим надлежним државним органима и својим добављачима и успешно послује.

Савез инжењера и техничара Србије, као национална инжењерска организација Србије, члан је међународних организација, и то:

- FEANI – Европска федерација националних инжењерских удружења;
- COPISSSE – Стална конференција инжењера Југоисточне Европе;

FEANI непосредно комуницира са одговарајућим органима Европске уније и учесник је у одређеним пројектима и програмима које финансирају органи Европске уније.

Савез као чланица FEANI посебно учествује у програмима који се односе на сталне облике едукације инжењера, затим у оквиру посебне Комисије за мониторинг у вези са добијањем EUR-ING титуле и друго.

Већина чланица Савеза, струковних и мултидисциплинарних удружења на републичком нивоу, чланови су одговарајућих међународних организација са којима имају конкретну сарадњу.

Корени су давно постављени и евидентни су резултати пређашњег рада. Налазећи инспирацију у прошлим временима сагласно многим и великим променама у свету, а посебно у техници и технологији, Савеза инжењера и техничара Србије и његове чланице у континуитету иновирају свој рад, од интереса за своје чланове, своје чланице, грађане и државу Србију.

SADRŽAJ

<i>Malcom Watson, Aleksandra Tubić, Jasmina Nikić, Marijana Kragulj Isakovski, Srđan Rončević, Jasmina Agbaba, Božo Dalmacija</i>	
Ispitivanje uklanjanja arsena iz vode primenom adsorbenata na bazi cerijuma	15
<i>Ivona Janković-Častvan, Slavica Lazarević, Rada Petrović, Đorđe Janačković</i>	
Uklanjanje katjonske boje iz vode adsorpcijom na sepiolitu	21
<i>Slavica Lazarević, Ivona Janković-Častvan, Rada Petrović, Đorđe Janačković</i>	
Simultana adsorpcija jona kadmijuma i katjonske boje iz vode na sepiolitu	27
<i>Miloš Rajković, Mirjana Stojanović, Ivana Mladenović</i>	
Analiza kvaliteta vode za piće kojom se snabdevaju naselja Vidikovac i Julino Brdo (Beograd) sa aspekta sadržaja teških metala	33
<i>Milica Milovanović, Vladimir Lukić, Dušan Đurić, Dušan Dobričić</i>	
Mogućnosti proširenja mreže hemijskog monitoringa podzemnih voda Republike Srbije	42
<i>Radojica Graovac, Dragomir Marković, Miloš Radojković</i>	
Planiranje opreme video nadzora za tehničku zaštitu izvorišta vode i fabrike vode	50
<i>Radojica Graovac, Milica Vlajić, Đorđe Milanović, Aleksandra Kuč</i>	
Modernizacija sistema za upravljanje (SCADA sistem) vodnim izvorima i fabrikom vode	57
<i>Stanko Stankov</i>	
Upravljanje i nadzor vodovodnog sistema	63
<i>Milan Đorđević</i>	
Bezbednost informacionog sistema vodovoda kao IKT sistema od posebnog značaja	73
<i>Larisa Jovanović, Milan Radosavljević</i>	
Integrativni menadžment vodnih resursa u skladu s evropskom pravnom regulativom	80
<i>Nemanja Sibinović, Slaviša Trajković, Dragan Milićević, Milan Gocić</i>	
Navodnjavanje u uslovima nedostatka vode, studija slučaja: Selo Hum kod Niša	88

<i>Stefan Jovanović, Dragan Milićević, Slaviša Trajković, Milan Gocić</i>	
Metodologija senzitivnog planiranja i projektovanja odvodnje atmosferskih voda, studija slučaja: Urbani sliv u Pirotu.....	95
<i>Radojica Stojković, Jurica Petrović, Nemanja Valisavljević</i>	
Iskustva JKP „Vodovod i kanalizacija“ Kragujevac u utvrđivanju gubitaka vode usled havarija na mreži metodom merenja minimalnog noćnog protoka	105
<i>Dejan Romić, Goran Orašanić</i>	
Smanjenje i kontrola neprihodovane vode u ograničenoj mjernoj oblasti vodovodnog sistema Istočno Sarajevo.....	111
<i>Radojica Stojković, Jurica Petrović, Saša Marković</i>	
Iskustva u uvođenju GIS u JKP „Vodovod i kanalizacija“ Kragujevac	117
<i>Milan Đorđević</i>	
Merenje potrošnje vode u funkciji efikasnosti poslovanja vodovoda i upravljanja vodovodnim sistemom.....	123
<i>Goran Gavrilović, Branislav Pačarić, Vladanka Đorđević</i>	
Prerada vode za piće u postrojenjima JKP „Vodovod i kanalizacija“ Kragujevac.....	132
<i>Milivoje Nedović, Ljilja Kurćubić, Ana Brdar, Jovana Stanojlović, Zvonko Marjanović, Snežana Petrović, Olivera Gojak</i>	
Trofički nivo akumulacionog jezera „Gruža“.....	139
<i>Vladimir Stojadinović, Dušan Stojadinović</i>	
Geološko-hidrogeološki sklop terena u funkciji zaštite izvorišta podzemnih voda	146
<i>Zoran Dimitrijević</i>	
Oprema i metode za kontroli gubitaka vode	152
<i>Miloš Petrović, Ivana Čipranić, Goran Sekulić</i>	
Primjena metoda optimizacije na primjeru Regionalnog vodovodnog sistema crnogorskog primorja	163
<i>Goran Sekulić, Jovo Božović, Milan Dopuđa</i>	
Koncept snabdijevanja vodom prioritetne dionice autoputa Bar - Boljari	169
<i>Jelena Milojković, Zorica Lopičić, Marija Petrović, Marija Mihajlović, Jelena Petrović, Marija Kojić, Mirjana Stojanović</i>	
Biosorpcija kao održiva metoda za uklanjanje polutanata iz otpadnih voda	175

<i>Anja Potokar, Urša Brodnik, Alenka Mubi Zalaznik, Danijel Vrhovšek</i> Ekoremedijacije za zaštitu i sanaciju životne sredine	181
<i>Dejan Krčmar, Srđan Rončević, Đurđa Kerkez, Nataša Varga, Marko Grgić, Slaven Tenodi, Božo Dalmacija</i> Uticaj neuređenih deponija na kvalitet podzemnih voda.....	186
<i>Darko Vuksanović, Dragan Radonjić</i> Efikasnost prečišćavanja sanitarno-fekalnih voda u tipskim postrojenjima	191
<i>Jelena Petrović, Marija Mihajlović, Mirjana Stojanović, Marija Petrović, Jelena Milojković, Zorica Lopičić, Tatjana Šoštarić</i> Potencijal hidročadi komine grožđa za uklanjanje odabranih teških metala iz vodenih rastvora.....	196
<i>Dragan Marinović, Zoran Milićević, Zorka Jugović, Marina Stojanović, Dušanka Marinović</i> Otpadne vode mlekarske industrije Raškog regiona.....	202
<i>Ivan Milojković, Miodrag Popović, Natalija Pavlović</i> Analiza prečišćavanja industrijskih otpadnih voda u HE „Đerdap 2“ metodom PROMETHEE.....	210
<i>Gordan Vrbaneć, Goran Strahija</i> Daljinski nadzor i upravljanje vodovodnim i kanalizacijskim sistemom – suvremena tehnološka rešenja.....	216
<i>Miran Flego, Saša Stefanović, Slobodan Štrbac</i> Primjena Burstlining metode u sanaciji kanalizacijskih i vodovodnih sustava.....	225
<i>Željka Ostojić, Jelena Rajković, Vladana Rajković Ognjanović, Strahinja Nikolić</i> Studija ocene uticaja životnog ciklusa kanalizacionog sistema turističkog naselja Luštica	238
<i>Srđan Šorak, Ivan Bogdanović, Dragan Kočet, Vladimir Stevanović</i> Sanacija gasne instalacije i rezervoara biogasa C.P.P.O.V. „Cvetojevac“	245
<i>Jovan Despotović, Jasna Plavšić, Andrijana Todorović, Dragutin Pavlović, Dušan Prodanović, Ljiljana Janković, Miloš Stanić, Aleksandar Đukić, Nenad Jaćimović, Marko Ivetić</i> Upravljanje kišnim oticajem u gradovima u 7 koraka.....	251

<i>Nebojša Pantelić, Simona Jaćimović, Biljana Dojčinović, Ivana Maloparac, Časlav Lačnjevac, Aleksandar Kostić</i>	
Procena kvaliteta prirodnih mineralnih voda sa teritorije Vrnjačke Banje sa aspekta sadržaja makro- i mikro elemenata.....	271
<i>Aleksandar Kostić, Biljana Dojčinović, Danijela Milovanović, Simona Jaćimović, Časlav Lačnjevac, Nebojša Pantelić</i>	
Procena zdravstvenog rizika upotrebe mineralnih voda na području Vrnjačke Banje – hemijski i mikrobiološki aspekt	279
<i>Goran Sekulić, Dragan Milićević, Sedat Engin</i>	
Predlog alternativne strategije upravljanja muljem na Postrojenju za prečišćavanje otpadnih voda u Herceg Novom	286
<i>Ivanka Kaut, Jelena Stojić</i>	
Kvalitet vode izvorišta Vodovoda Pančevo	292
<i>Aleksandra Simović, Milena Radomirović, Antonija Onjia, Slavka Stanković</i>	
Ispitivanje i kontrola deklariranih vrednosti flaširanih voda na osnovu merenja elektroprovodljivosti	297
<i>Stanko Stankov</i>	
Automatizacija filter polja u vodovodnom sistemu	304
<i>Nevena Jovanović, Dragoslava Đuran, Dragana Ilić</i>	
Efekti nadogradnje tehnološkog procesa prerade vode iz Akumulacije „Gruža“ procesom predozonizacije	311
<i>Veljko Đukić, Ljiljana Vujaković</i>	
Karakterizacija urbanih otpadnih voda opštine Gradiška.....	318
<i>Nikola Nikolić, Vaso Novaković, Aleksandar Tomić, Ranko Grujić</i>	
Rezultati analize rizika po kvalitet podzemnih voda u slivu reke Drine na prostoru Republike Srpske.....	325
<i>Ana Popović Sonja Milićević, Vladan Milošević, Dragan Povrenović, Jelena Čarapić</i>	
Priprema vode za kontejnerski uzgoj ribe	335
<i>Erhan Mustafa, Indji Selim, Kiril Lisichkov, Mirko Marinkovski, Stefan Kuvendzjev, Zoran Bozinovski, Aleksandar Radevski, Shaban Jakupi</i>	
Application od Zero Emission Concept in the Waste Water Treatment by Membrane Bio-reactor.....	340
<i>Magdalena Parlinska-Wojtan, Andrzej Kowal, Dragica Chamovska</i>	
Influence of Si Addition on Microstructure and Mechanical Properties of TiAlSiN Hard Protective Coating for Water Supply and Sewerage Applications	346

<i>Branislava Matić, Snežana Đuranović, Katarina Spasović, Miljan Rančić</i> Obim praćenja kvaliteta industrijskih otpadnih voda u mreži institucija javnog zdravlja u Srbiji i najčešći uzrok neispravnosti analiziranih uzoraka	353
<i>Ljiljana Jovanović, Zoran Pendić, Dragana Jovanović, Nebojša Veljković</i> Sprovođenje Protokola o vodi i zdravlju u Srbiji – dokle smo stigli?	363
<i>Zoran Pendić, Sanja Polak, Bojana Jakovljević, Ljiljana Jovanović, Hatidža Beriša, Marina Strizak, Časlav Lačnjevac, Olivera Čosović</i> Korporativna sigurnost i bezbednost – zadaci i mesto u organizacionoj strukturi	371
<i>Mila Jegeš, Hatidža Beriša</i> Zaštita strateških interesa Republike Srbije i korporativna bezbednost	379
Radovi sa Okruglog stola	
<i>Zorana Radibratović, Biljana Cakić, Marko Ljuboja</i> Unapređenje tehnologije prerade vode uslovljene značajnim pogoršanjem kvaliteta vode na primeru PPV u Užicu	387
<i>Ljilja Kurćubić, Jovana Stanojlović, Marija Nedić, Milivoje Nedović, Ana Brdar</i> Fitoplankton akumulacionog jezera „Gruža“	396
<i>Zoran Dimitrijević</i> Iskustva grada Kraljeva o javnim vodovodima u seoskim sredinama i načini rešavanja problema vodosnabdevanja u njima	402

POTENCIJAL HIDROČADI KOMINE GROŽĐA ZA UKLANJANJE ODABRANIH TEŠKIH METALA IZ VODENIH RASTVORA

POTENTIAL OF GRAPE POMACE HYDROCHAR FOR REMOVAL OF SELECTED HEAVY METALS FROM AQUEOUS SOLUTIONS

JELENA PETROVIĆ¹, MARIJA MIHAJLOVIĆ², MIRJANA STOJANOVIĆ³,
MARIJA PETROVIĆ⁴, JELENA MILOJKOVIĆ⁵, ZORICA LOPIČIĆ⁶,
TATJANA ŠOŠTARIĆ⁷

Rezime: U okviru ovog rada hidročad komine grožđa je ispitana kao potencijalni adsorbens jona olova i bakra iz vodenih rastvora. U cilju poboljšanja adsorpcionog kapaciteta dobijena hidročad je alkalno modifikovana rastvorom kalijum-hidroksida. Eksperiment je vršen u šaržnom sistemu pri različitim koncentracijama jona metala u rastvoru. Adsorpcioni testovi su pokazali da se pri koncentraciji jona metala od 0,5 mmol/L uspostavlja ravnoteža u sistemu i da modifikovana hidročad pokazuje skoro pet puta bolji adsorpcioni kapacitet u odnosu na nemodifikovanu za oba ispitivana jona. Dobijeni rezultati pokazuju da se alkalno modifikovana hidročad komine grožđa može efikasno koristiti kao adsorbens jona metala iz vodenih rastvora.

Ključne reči: hidrotermalna karbonizacija, hidročad, teški metali, adsorpcija

Abstract: In this paper, the grape pomace hydrochar was examined as potential adsorbents of lead and copper ions from aqueous solutions. In order to improve the adsorption capacity, the resulting hydrochar was alkali modified using potassium hydroxide solution. The experiment was carried out in the batch system at various concentrations of metal ions in the

¹ Jelena Petrović, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franše d'Eperea 86, Beograd

² Marija Mihajlović, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franše d'Eperea 86, Beograd

³ Mirjana Stojanović, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franše d'Eperea 86, Beograd

⁴ Marija Petrović, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franše d'Eperea 86, Beograd

⁵ Jelena Milojković, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franše d'Eperea 86, Beograd

⁶ Zorica Lopičić, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franše d'Eperea 86, Beograd

⁷ Tatjana Šoštarić, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franše d'Eperea 86, Beograd

solution. Adsorption tests showed that equilibrium was achieved at a metal ion concentration of 0.5 mmol/L and that the modified hydrochar exhibits almost five times better adsorption capacity compared to the unmodified for both investigated ions. The obtained results show that the alkali modified grape pomace hydrochar can be efficiently used as adsorbent of metal ions from aqueous solutions.

Key words: Hydrothermal carbonization, hydrochar, heavy metals, adsorption

1. Uvod

Poslednjih godina, kontaminacija voda toksičnim, teškim metalima uzrokovana ispuštanjem industrijskih otpadnih voda u rečne vodotokove, postaje sve veći ekološki problem [1]. Zbog svojih kumulativnih efekata, prisustvo teških metala, poput olova i bakra, u vodi predstavlja potencijalnu opasnost kako za ljude, tako i za druge žive organizme i može izazvati brojne bolesti i poremećaje [2]. Iz ovog razloga je neophodno zagađene vode prečistiti pre njihovog ispuštanja i odlaganja. Najčešće korišćene metode za uklanjanje teških metala iz kontaminiranih voda jesu hemijsko taloženje, jonska izmena, hemijska oksidacija, koagulacija/flokulacija, membranska filtracija i adsorpcija [2, 3]. Međutim, mnoge od ovih tehnika imaju brojna ograničenja i stoga je sve veća potreba za razvojem novih, jeftinih, ekološki unapređenih tehnika za prečišćavanje.

Uporedo sa razvojem biosorpcije, koja podrazumeva primenu otpadne biomase kao adsorbensa teških metala iz vodenih rastvora, razvoj novih metoda konverzije otpadne biomase u multifunkcionalne proizvode je u porastu. Jedna od takvih tehnologija je hidrotermalna karbonizacija (HTC) [4]. Ova metoda pruža brojne prednosti u odnosu na tradicionalne načine konverzije, poput blažih reakcionih uslova i konverzije vlažne biomase bez potrebe sušenja, uz to HTC doprinosi i sprečavanju emisije gasova staklene bašte i sprečavanju klimatskih promena [2, 5].

Dobijeni proizvod - hidročad, je hidrofobni, porozni, čvrsti materijal sa visokim sadržajem ugljenika i kiseoničnim funkcionalnim grupama (npr. hidroksilne i karboksilne). Zahvaljujući svojim karakteristikama hidročadi dobijene karbonizacijom različitih prekursora su do sada našle brojne primene, te se mogu koristiti kao izvor energije, za poboljšanje kvaliteta zemljišta, sekvestraciju ugljenika, ali i kao adsorbensi različitih polutanata [1, 5].

Cilj ovog rada jeste primena hidročadi dobijene HTC postupkom za uklanjanje olova i bakra iz vodenih rastvora. Kao sirovina za dobijanje hidročadi korišćena je komina grožđa. Prema statističkim podacima, proizvodnja grožđa u Srbiji se odvija na oko 58.000 hektara, sa ukupnom godišnjom proizvodnjom od oko 430.000 tona [6].

Međutim, do 25% iskorišćene sirovine nakon prerade grožđa ostaje u obliku taloga na trajnim ili improvizovanim deponijama zagađujući tako životnu sredinu. Kako bi se sprečio ovaj negativan uticaj, neophodno izvršiti sanaciju ovog otpada. S obzirom da kominu grožđa karakteriše visok sadržaj vlage koji otežava njeno iskorišćenje i reciklažu, HTC tretman predstavlja idealnu tehnologiju za njenu

konverziju. U okviru istraživanja biće ispitana mogućnost primene dobijene hidročadi kao adsorbensa jona olova i bakra iz vodenih rastvora, uticaj alkalne modifikacije na efikasnost uklanjanja i uticaj početne koncentracije jona metala u rastvoru na adsorpcioni kapacitet hidročadi pre i posle modifikacije.

2. Eksperimentalni deo

2.1. Biomasa

Korišćena otpadna komina grožđa je sakupljena sa otvorene deponije na ogleđnom polju Radmilovac, koje pripada Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Biomasa je potom sušena na vazduhu do konstantne mase, a potom mlevena kako bi se obezbedila homogenost uzorka. Frakcija od 0,5 mm je korišćena za pripremu hidročadi.

2.2. Hidrotermalna karbonizacija i alkalna modifikacija

Detaljna priprema uzoraka je opisana u našim prethodnim publikacijama [1, 5]. Ukratko, pripremljeni uzorak biomase je hidrotermalno karbonizovan u autoklavu zapremine 2000 mL (Deutsch & Neumann, model 10253), pri masenom odnosu 1:5 (biomasa:voda), na 220 °C tokom 60 min.

Za postupak alkalne modifikacije 5 g dobijene hidročadi (HC) je mešano na sobnoj temperaturi sa 500 mL 2M rastvora KOH tokom 60 min. Nakon reakcionog perioda alkalno modifikovana hidročađ (AHC) je odvojena od rastvora filtracijom i ispirana destilovanom vodom do neutralne pH i sušena u sušnici na 105°C do konstantne mase.

2.3. Adsorpcioni testovi

Uklanjanje jona olova i bakra primenom HC i AHC je vršeno u šaržnom sistemu. Kako bi se utvrdio adsorpcioni kapacitet i uporedila efikasnost pre i posle modifikacije vršeni su preliminarni adsorpcioni testovi u okviru kojih je doza od 0,5 g/L svake hidročadi mešana na orbitalnom šejkeru (Heidolph Unimax1010) sa 50 mL standardnog rastvora teškog metala (0,5 mmol/L, pH=5,0) tokom 2 h, na sobnoj temperaturi, brzinom od 250 rpm, dok su za ispitivanje uticaja početne koncentracije jona metala u rastvoru korišćene koncentracije jona metala od 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8 i 1,0 mmol/L.

Po završenom eksperimentu, uzorci su filtrirani kroz crnu filter hartiju i sadržaj metala u filtratima je određivan primenom AAS. Količina jona metala koja je uklonjena iz rastvora adsorpcijom, izračunata je na osnovu formule:

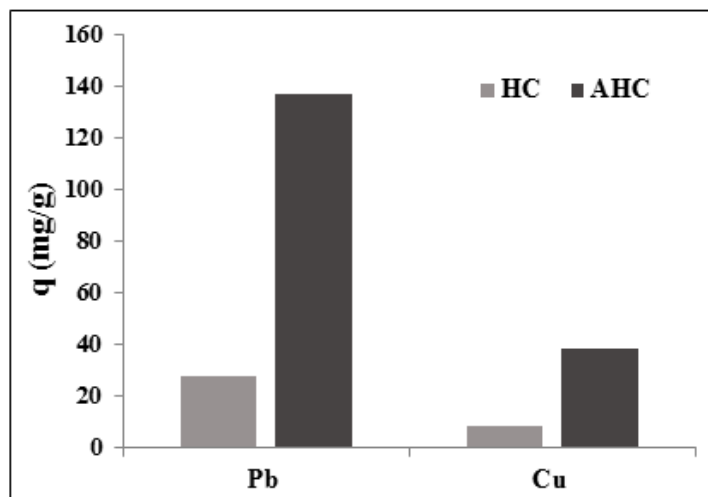
$$q_e = (c_0 - c_e) \cdot V / m \quad (1)$$

gde je: q_e -količina adsorbovanog jona metala na uzorku hidročadi (mg/g); c_0 -koncentracija jona metala u rastvoru pre početka adsorpcije (mg/L); c_e - koncentracija jona metala u rastvoru posle adsorpcije (mg/L); V -zapremina rastvora (L); m -primenjena masa hidročadi (g).

3. Rezultati i diskusija

3.1. Preliminarni adsorpcioni testovi

Rezultati preliminarnih adsorpcionih testova prikazani su na slici 1. Sa slike se može videti da se adsorpcioni kapacitet za oba ispitivana teška metala značajno povećava nakon alkalne modifikacije. Količina adsorbovanog olova na uzorku HC iznosi 27,8 mg/g, dok se primenom AHC ukloni 137,0 mg/g. Slično ovom trendu, uočeno je da HC adsorbuje 8,0 mg/g jona bakra, dok se nakon alkalne modifikacije ova vrednost uvećava gotovo 5 puta i iznosi 38,2 mg/g. Na osnovu prikazanih rezultata se može zaključiti da AHC pokazuje znatno veći kapacitet, a stoga i bolju sposobnost za adsorpciju jona olova i bakra iz vodenih rastvora u poređenju sa nemodifikovanim hidročadi, i kao takva se može uspešno koristiti za efikasno uklanjanje metalnih jona. Ovi rezultati su u saglasnosti sa prethodnim studijama u kojima je istaknuto da alkalna modifikacija značajno poboljšava adsorpcioni kapacitet ispitivanih hidročadi [1, 2].



Slika 1. Maksimalno adsorbovane količine jona olova i bakra primenom hidročadi komine grožđa pre (HC) i posle modifikacije (AHC)

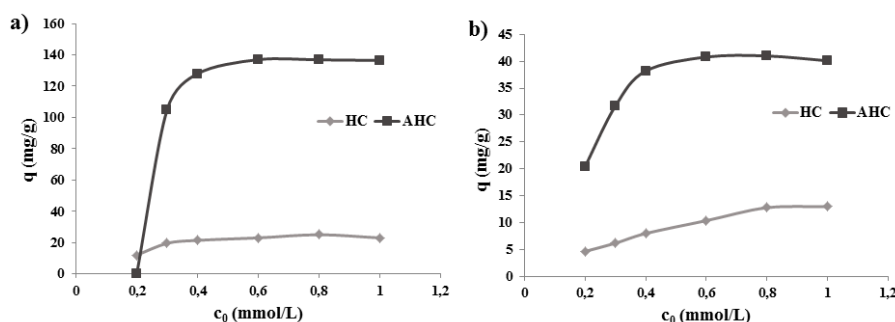
3.2. Uticaj početne koncentracije jona metala na adsorpcioni kapacitet

Adsorpcioni eksperimenti su urađeni pri različitim koncentracijama jona olova i bakra, koje su se kretale u intervalu od 0,2 do 1,0 mmol/L, a rezultati ovih ispitivanja su prikazani na slici 2. Sa prikazane slike se može videti da usled porasta početne koncentracije ispitivanih jona u rastvoru (c_0) raste i maksimalni adsorpcioni kapacitet ispitivanih hidročadi (q), sve do momenta uspostavljanja ravnoteže u sistemu. Nakon uspostavljanja ravnoteže, dalji porast koncentracije ispitivanih jona nema uticaj na adsorpcioni kapacitet.

Iz prethodnih istraživanja je poznato da tokom povećanja koncentracije metalnih jona u rastvoru dolazi do smanjenja broja aktivnih mesta na površini adsorbensa, kao posledica njihove međusobne interakcije. Kada se pri određenoj

koncentraciji jona u rastoru zauzmu sva aktivna mesta na površini adsorbensa, može se reći da je adsorpcioni proces postigao stanje ravnoteže [7, 8, 9].

Dodatno, na osnovu krivih prikazanih na slici 2 se može uočiti mala vrednost adsorpcionog kapaciteta postignuta pri niskim koncentracijama jona u rastvoru. Sa porastom koncentracije, raste i adsorpcioni kapacitet sve do 0,5 mmol/L, kada nastupa stanje ravnoteže. Dobijeni rezultati takođe pokazuju da se adsorpcioni kapaciteti značajno povećavaju nakon alkalne modifikacije, i da maksimalni adsorpcioni kapaciteti postignuti za uklanjanje jona olova i bakra primenom HC i AHC iznose 27,8; 137,0; 8,0 i 38,2, redom.



Slika 2. Uticaj početne koncentracije jona metala na uklanjanje jona olova (a) i bakra (b) primenom modifikovane i nemodifikovane hidročadi komine grožđa

Na osnovu ovih saznanja se može istaći da se hidročad dobijena HTC-om komine grožđa može koristiti kao efikasan i perspektivan adsorbens za uklanjanje jona olova i bakra iz vodenih rastvora, dok se alkalnom modifikacijom postiže višestruko poboljšanje adsorpcionih sposobnosti ovog materijala.

4. Zaključak

Potencijal hidročadi komine grožđa pre i posle alkalne modifikacije za uklanjanje jona olova i bakra iz vodenih rastvora, kao i uticaj početne koncentracije jona na adsorpcioni kapacitet ispitani su u šaržnom sistemu. Utvrđeno je da alkalna modifikacija uzrokuje porast adsorpcionog kapaciteta od 38,2 do 137,0 mg/g za olovo i od 8,0 do 38,2 mg/g za bakar. Rezultati prikazanih eksperimenata su pokazali da se pri koncentraciji oba ispitivana jona od 0,5 mmol/L uspostavlja ravnoteža u ispitivanom sistemu i da dalji porast koncentracije ne utiče na kapacitet uklanjanja. Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da je komina grožđa idealan prekursor za proizvodnju hidročadi koje se mogu koristiti kao efikasni adsorbensi olova i bakra iz vodenih rastvora.

5. Zahvalnica

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

6. Literatura

- [1] Petrović J, Stojanović M, Milojković J, Petrović M, Šoštarić T, Laušević M, Mihajlović M, Alkali modified hydrochar of grape pomace as a perspective adsorbent of Pb²⁺ from aqueous solution, *J. Environ. Manage.*, 182, 292-300, 2016.
- [2] Regmi P, Moscoso J. L. G, Kumar S, Cao X, Mao J, Schafran G, Removal of copper and cadmium from aqueous solution using switchgrass biochar produced via hydrothermal carbonization process, *J. Environ. Manage.*, 109, 61-69, 2012.
- [3] Anastopoulos I, Massas I, Ehaliotis C, Composting improves biosorption of Pb²⁺ and Ni²⁺ by renewable lignocellulosic materials. Characteristics and mechanisms involved, *Chem. Eng. J.*, 231, 245-254, 2013.
- [4] Liu Z, Quek A, Hoekman S. K, Balasubramanian R, Production of solid biochar fuel from waste biomass by hydrothermal carbonization, *Fuel*, 103, 943-949, 2013.
- [5] 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, *J. Anal. Appl. Pyrol.*, 118, 267-277, 2016.
- [6] Živanović J, Ekonomska obeležja proizvodnje grožđa i vina na porodičnim gazdinstvima, Master rad, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 2014.
- [7] Dundar M, Nuhoglu C, Nuhoglu Y, Biosorption of Cu(II) ions onto the litter of natural trembling poplar forest, *J. Hazard. Mater.*, 151, 86-95, 2008.
- [8] Petrović M, Šoštarić T, Stojanović M, Milojković J, Mihajlović M, Stanojević M, Stanković S, Removal of Pb²⁺ ions by raw corn silk (*Zea mays* L.) as a novel biosorbent, *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.*, 58, 407-416, 2016.
- [9] Petrović J, Optimizacija procesa hidrotermalne karbonizacije komine grožđa i primena dobijene hidročadi, Doktorska disertacije, TMF, Beograd, 2017.