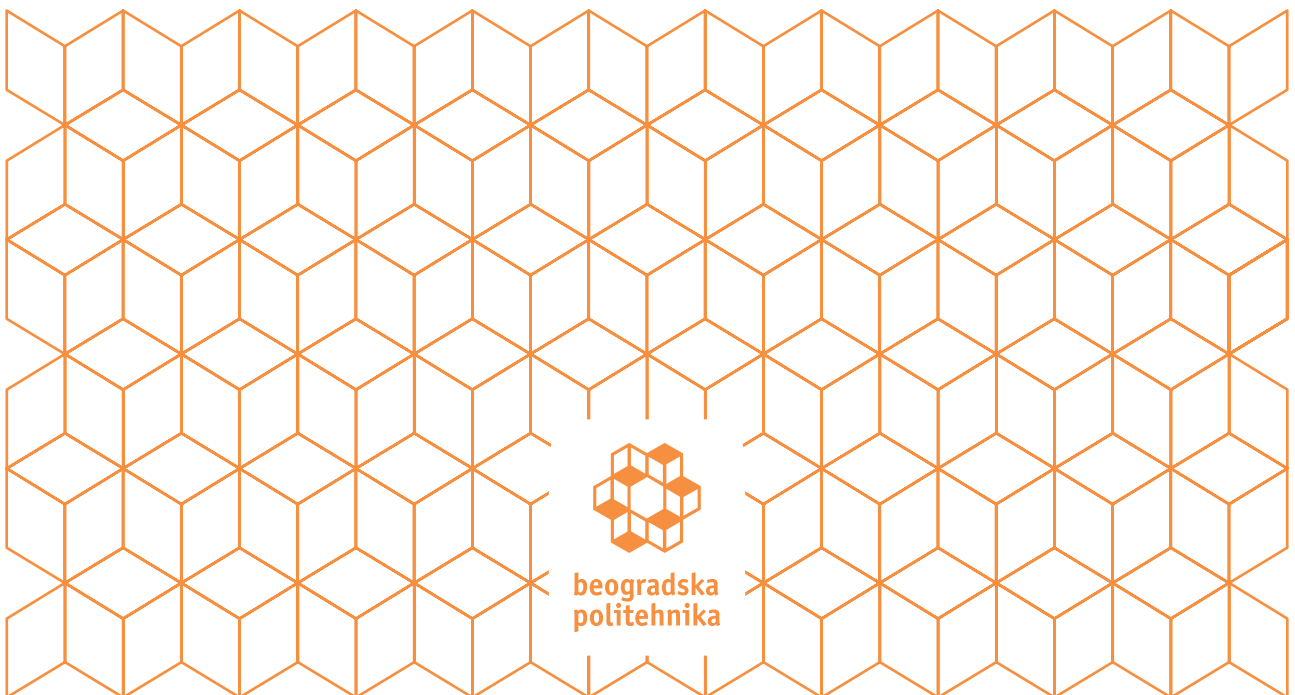




ČETVRTI NAUČNO-STRUČNI SKUP
POLITEHNIKA 2017

ZBORNİK Politehnika RADOVA 2017

Beograd, 8. decembar 2017. godine




beogradska
politehnika





**ČETVRTI NAUČNO-STRUČNI SKUP
POLITEHNIKA 2017**

**ZBORNİK
RADOVA**

Izdavač

VISOKA ŠKOLA STRUKOVNIH STUDIJA
BEOGRADSKA POLITEHNIKA

Za izdavača

prof. dr Marina Stamenović

Urednici sekcija:

mr Vesna Alivojvodić

prof. dr Šimon Đarmati

prof. dr Dragoslav Ugarak

prof. dr Dragutin Jovanović

prof. dr Natalija Simeonović

Tehnička priprema i dizajn korica

prof. mr Duško Trifunović



**ČETVRTI NAUČNO-STRUČNI SKUP
POLITEHNIKA 2017**

ZBORNİK RADOVA

**Upravljanje otpadom
Zaštita životne sredine
Bezbednost i zdravlje na radu
Menadžment kvalitetom
Dizajn i tehnologije**

Beograd, 2017.

Skup podržali:

Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije
Ministarstvo zaštite životne sredine Republike Srbije
Konferencija akademija strukovnih studija Srbije
Uprava za bezbednost i zdravlje na radu
Inženjerska akademija Srbije

Sponzori:

TEHPRO, Beograd
ALBO, Batajnica – Zemun
E-RECIKLAŽA, Niš
A.D. INSA, Zemun
SUPERLAB, Beograd
FILD, Pančevo
ANAHM, Beograd

PROGRAMSKI ODBOR:

Prof. dr Aleksandar Jovović, *Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, predsednik*
Radmila Šerović, *Ministarstvo zaštite životne sredine*
prof. dr Branko Savić, *Konferencija akademija strukovnih studija Srbije*
Marina Furtula, *Uprava za bezbednost i zdravlje na radu*
prof. dr Filip Kokalj, *Univerzitet u Mariboru, Mašinski fakultet, Maribor, Slovenija*
prof. dr Elizabeta Bahtovska, *Univerzitet St. Kliment Ohridski, Tehnički fakultet, Bitolj, Makedonija*
doc. dr Katarina Kaplarski, *Univerzitet Metropolitan, Fakultet digitalnih umetnosti, Beograd*
prof. dr Žarko Janković, *Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu, Niš*
prof. dr Nikola Vujanović, *Q-Expert Consulting, Beograd*
prof. dr Milivoj Pavlović, *Univerzitet umetnosti u Beogradu, Fakultet likovnih umetnosti, Beograd*
prof. dr Miloš Jelić, *Istraživačko razvojni centar "ALFA TEC", Niš*
dr Radoslav Raković, *Energoprojekt ENTEL, Beograd*
prof. dr Dragoslav Ugarak, *Beogradska politehnika, Beograd*
prof. dr Marina Stamenović, *Beogradska politehnika, Beograd*
prof. dr Šimon Đarmati, *Beogradska politehnika, Beograd*
prof. dr Dragutin Jovanović, *Beogradska politehnika, Beograd*
prof. mr Duško Trifunović, *Beogradska politehnika, Beograd*
mr Rade Pejović, *Beogradska politehnika, Beograd*
Aleksandar Kutrički, *Beogradska politehnika, Beograd*

ORGANIZACIONI ODBOR:

mr Vesna Alivojvodić, *predsednik*
prof. dr Natalija Simeonović, *zamenik predsednika*
Nebojša Ćurčić
Srđan Trajković
Željko Zdravković
Nataša Bukumirić
Novak Milošević

RECENZENTI:

prof. dr Šimon Đarmati, prof. dr Olivera Jovanović, dr Ivana Matić Bujagić, prof. dr Saša Marković, doc. dr Vladimir Pavićević, prof. dr Marina Stamenović, dr Aleksandra Božić, mr Vesna Alivojvodić, prof. dr Dragoslav Ugarak, prof. dr Dragutin Jovanović, prof. dr Svetozar Sofijanić, prof. dr Živko Stjelja, prof. dr Miloš Jelić, prof. dr Vitimir Miladinović, prof. dr Koviljka Banjević, prof. dr Aleksandra Nastasić, mr Jelena Zdravković, prof. mr Duško Trifunović, prof. dr Natalija Simeonović

PREDGOVOR

Naučno-stručni skup POLITEHNIKA 2017, Visoka škola strukovnih studija – Beogradska politehnika organizovala je u saradnji i uz podršku Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, Ministarstva zaštite životne sredine, Konferencije akademija strukovnih studija Srbije, Uprave za bezbednost i zdravlje na radu, Inženjerske akademije Srbije.

Stvaralačka energija povezala je i okupila na ovom Skupu eksperte, stručnjake i istraživače iz privrede, istraživačkih i obrazovno-naučnih ustanova kao i nadležnih državnih institucija, radi razmene rezultata i iskustava proisteklih iz teorijskih i praktičnih istraživanja i dobijanja mogućih smernica i projekcija za vremena koje slede. Njihova naučna i stručna dostignuća, promišljanja, analize i kompetentni stavovi uokvirena su brojnim radovima koji predstavljaju solidnu osnovu za dalje uspešno unapređenje i povezivanje visokog obrazovanja i profesionalnog okruženja.

POLITEHNIKA 2017 uvela je novu, veoma značajne tematsku oblast – Upravljanje otpadom, koja je ne samo podigla kvalitet i učinila Skup raznovrsnijim i integrativnijim, već otvorila i nove prostore angažovanja i delovanja.

Beogradska politehnika se i ovom prilikom zahvaljuje institucijama, ustanovama i kompanijama koje su podržale organizovanje skupa POLITEHNIKA 2017, sponzorima koji su pružili materijalnu podršku, kao i svim autorima, učesnicima, recenzentima, članovima Programskog i Organizacionog odbora na značajnom doprinosu uspešnoj realizaciji ovog Skupa.

Od velikog broja prispelih radova recenzenti su odabrali najbolje. Prihvatanje samo najvrednijih, u praksi primenljivih radova kao i onih koji nude rešenja i otvaraju nove vidike, bilo je dug prema Programskom odboru sastavljenom od respektabilnih imena nauke, struke i društvenog života kao i institucija koje su podržale ovaj skup.

Raduje nas činjenica da su mnogi mladi upravo POLITEHNIKU 2017 odabrali za stavljanje svojih rezultata na sud naučne i stručne javnosti, videvši u njemu šansu za afirmaciju i dalji podstrek na napornom putu koji su odabrali.

Zbornik u vašim rukama, najbolje je svedočanstvo da i u ovim složenim vremenima nauka i struka nisu zapostavljeni. Šta više.

Urednici ovog Zbornika, zalažući svoju stručnost i profesionalno iskustvo, bezrezervno potpisuju isti, uvereni da time generacijama koje slede, ostavljaju vredan materijal i svedočanstvo o naučno-stručnom skupu POLITEHNIKA 2017.

UREDNICI

SADRŽAJ

SEKCIJA UPRAVLJANJE OTPADOM

Boban Cvetanović, Miloš Ristić, Petar Đekić <i>Analiza stanja i potencijali reciklaže u Republici Srbiji</i>	17
Petar Đekić, Biljana Milutinović, Aleksandra Boričić <i>Mogućnost primene cirkularne ekonomije u upravljanju otpadnom auto-gumom</i>	23
Vladana Đurđević, Tihomir Kovačević, Jelena Rusmirović, Aleksandra Božić, Nataša Tomić, Jovica Nešić, Saša Brzić <i>Primena otpadnih polimernih materijala dobijenih preradom optičkih sočiva kao ojačanja u nezasićenim poliestarskim smolama dobijenim iz otpadnog PET-a</i>	29
Vladimir Pavićević, Ana Popović, Novak Kukrić <i>Reciklaža i ponovna upotreba ambalažnog otpada u Srbiji u periodu 2010–2016. godina</i>	35
Biljana Milutinović, Aleksandra Boričić, Petar Đekić <i>Analiza društvene prihvatljivosti sistema upravljanja otpadom u gradu Nišu</i>	41
Jelena Bijeljić, Nemanja Petrović, Natalija Tošić, Nenad Ristić <i>Građevinski otpad iz javnih objekata kao posledica koncepta linearnog upravljanja otpadom</i>	47
Ljiljana Plećević, Brankica Luković, Vahid Ibrulj <i>Livnice kao operateri za tretman metalnog otpada-livnica „Topola“</i>	53
Aleksandra Grujić, Vera Petrović, Đorđe Pavlović <i>Spalionica otpada Inciner i8 na Visokoj školi elektrotehnike i računarstva strukovnih studija u Beogradu</i>	57
Jovica Sokolović, Rodoljub Stanojlović, Zoran Štirbanović, Marko Guševac, Dragana Marilović, Vladimir Nikolić <i>Matematičko predodređivanje tehnoloških pokazatelja u procesu flotiranja topioničke šljake</i>	63
Dragutin Jovanović, Ljubomir Petrović, Svetozar Sofijanić <i>Pričvrščivanje tereta u funkciji bezbednosti transporta opasnog otpada</i>	69
Milica Cvetković, Aleksandra Boričić, Dejan Blagojević <i>Ocena kvaliteta sistema za upravljanje medicinskim otpadom u kliničkom centru u Nišu</i>	75
Zoran Štirbanović, Dragana Marilović, Jovica Sokolović, Vladimir Nikolić <i>Ispitivanje mogućnosti briketiranja kukuruzovine</i>	81
Nataša Bukumirić, Vesna Alivojvodić, Marina Stamenović, Šimon Đarmati <i>Stavovi građana Republike Srbije prema otpadu – stanje i perspektive</i>	87
Silvana Dimitrijević, Stevan Dimitrijević, Aleksandra Ivanović, Vesna Alivojvodić <i>Smanjenje povratnog materijala u procesu rafinacije bakra iz anoda dobijenih procesima reciklaže</i>	92
Srdjan Trajković, Dragana Gardašević, Miloš Kocić <i>Google education kao rešenje za online learning na smeru za upravljanje otpadom</i>	96
STUDENSKI RADOVI	
Nataša Mladenović <i>Zbrinjavanje neupotrebljivih lekova kao opasnog otpada na području grada Beograda</i>	102

Jasmina Stuparević <i>Odlaganje čvrstog otpada u opštini Bor</i>	107
Veljko Vasilić, Stefan Spasić, Nada Nikolić <i>Kompostiranje u kućnim uslovima</i>	112
Dejana Petković, Jovana Šaula <i>Reciklaža otpadnih automobila</i>	117
Vojislav Pantelić <i>Reciklaža asfalta u funkciji održivog razvoja</i>	122

SEKCIJA ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE

Gordana Janevska, Elizabeta Bahtovska <i>SBR – Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda: inženjerski pristup izbora hidromašinske opreme</i>	130
Marko Ilić, Vladanka Presburger Ulniković <i>Odabir optimalnog tretmana komunalnih otpadnih voda na primeru postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda grada Skoplja</i>	136
Marina Maletić, Marija Vukčević, Ana Kalijadis, Biljana Babić, Tatjana Đurkić, Mila Laušević <i>Aktivirani hidrotermalni karbon na bazi piljevine kao novi SPE sorbent za analizu lekova i pesticida u vodenim uzorcima</i>	142
Danijela Prokić, Marija Vukčević, Ivana Matić Bujagić, Marina Maletić, Ana Kalijadis, Tatjana Đurkić <i>Uklanjanje estrona, 17β-estradiola i 17α-etinilestradiola iz vode na aktivnim ugljeničnim tkaninama</i>	148
Jovica Sokolović, Branislav Stakić, Radmila Marković, Vojka Gardić <i>Značaj i primena filter-antracita u prečišćavanju voda</i>	154
Vladimir Nikolić, Zoran Štirbanović, Dragana Marilović <i>Primena elektroflotacije u prečišćavanju otpadnih voda</i>	160
Ana Popović, Radoje Laušević, Vladimir Pavićević <i>Key steps and indicators for local water security action planning</i>	166
Mitko Kostov, Stojanče Nusev <i>Algoritam za izdvajanje rubova dimnih gasova pomoć u wavelet transformacije i best fitting aproximacija</i>	171
Živko Ralić, Srđan Tomić, Tatjana Ilić Kosanović, Damir Ilić <i>Posledice industrijskog organizovanja proizvodnje na održivi razvoj i emisiju CO₂</i>	177
Maja Poznanović Spahić, Dragan Manojlović, Sanja Sakan, Sandra Škrivanj, Bojan Trbić Glavaš, Pavle Tančić, Srebrenka Petrović <i>Koncentracija i biodostupnost toksičnih metala u zemljištu Srednjeg Banata (Vojvodina, Srbija)</i>	183
Eleonora Gvozdić, Ivana Matić Bujagić, Tatjana Đurkić, Svetlana Grujić <i>Maseni spektri odabranih veštačkih zaslađivača</i>	188
Marina Stamenović, Milica Karanac, Maja Đolić, Zlate Veličković, Tihomir Kovačević, Nevena Prlainović, Aleksandar Marinković <i>Uklanjanje jona bakra primenom modifikovanog pepela iz termoelektrana</i>	193

Branko Babić <i>Preventivno delovanje i uspešno upravljanje rizicima u vanrednim situacijama</i>	199
Nebojša Nikolić <i>Incidenti u skladištima opasnih materija i hibridno ratovanje</i>	205
Vesna Nikolić, Žarko Janković <i>Inovativnost i ekološka proaktivnost javnih preduzeća u zaštiti životne sredine</i>	211
Radule Tošović <i>Mesto, uloga i značaj geokoloških faktora u geološko-ekonomskoj oceni mineralnih resursa kao dela prirodnih resursa</i>	219
Marina Maletić, Marija Vukčević, Ana Kalijadis, Mila Laušević <i>Uklanjanje organskih boja primenom kompozitnih ugljeničnih materijala kao adsorbenata</i>	225
Tatjana Marinković, Kristina Vojvodić, Dragan Marinković <i>Molekularni mehanizmi uklanjanja opasnih materija od strane genetički modifikovanih bakterija</i>	231
Ivana Matić Bujagić, Ljiljana Tolić, Svetlana Grujić, Mila Laušević <i>Pregled regulativa usmerenih na emergentne zagađujuće materije u vodenoj sredini</i>	237
Ljubomir Sindelić, Dominik Brkić, Aleksandra Božić, Milena Milošević, Jelena Rusmirović, Nataša Tomić <i>Antikorozivna svojstva premaza na bazi epoksidnih smola i tanina</i>	243
Duško Radaković, Dragan Cvetković, Zoran Radaković <i>Biomimikrija – osnova održive budućnosti</i>	249
Anica Milošević, Slađana Nedeljković <i>Uticaj hidroelektrane „Piroć“ na životnu sredinu</i>	255
Dejan Milenković, Milica Stepanović <i>Sekundarni izvori prava EU u oblasti obnovljivih izvora energije i njihov uticaj na pravno-političke dokumente i zakonodavstvo Republike Srbije</i>	261
Jasmina Nikolić, Dominik Brkić, Predrag Petrović, Ivan Todorov, Hana Elshafu, Saša Drmanić <i>Kompleksi derivata izatina sa bakrom i njihovo antimikrobno dejstvo</i>	267
STUDENSKI RADOVI	
Nikoleta Cesnak <i>Aerozagađenost grada Pančeva i moguće mere poboljšanja kvaliteta vazduha</i>	272
Bojan Vojinović <i>Geotermalna energija</i>	277
Dušica Mirović <i>Rudničke vode i njihov uticaj na životnu sredinu</i>	282
Valentina Janković <i>Uticaj termoelektrane na životnu sredinu</i>	287
Miloš Milenković, Vladanka Presburger Ulniković <i>Tretman vode za pice, primer akumulacije “Prvonek”, Vranje</i>	291

PLENARNI RAD

Žarko Janković, Vesna Nikolić, Milan Mišić*Bezbednost opreme za rad u svetlu OH&S politike*

298

RAD PO POZIVU

Miloš Grahovac, Miodrag Brzaković*Preventivni inženjering u funkciji bezbednosti i zaštite života i zdravlja učesnika u saobraćaju*

305

Dragoslav Ugarak, Nebojša Ćurčić*Analiza bezbednosti na poslu*

309

Elizabeta Bahtovska, Gordana Janevska*Kontrola izloženosti buci na radnom mestu*

316

Svetozar Sofijanić, Miloš Dimitrijević*Prednosti primene IMS sa stanovišta bezbednosti i zdravlja na radu u servisu za održavanje mehaničkih i automatskih menjača za komercijalna vozila*

322

Jasmin Hodžić, Safet Kalač, Denis Lukač*Zaštita na radu učesnika u transportu opasnog tereta željeznicom*

329

Novak Milošević*Istraživanje i analiza incidenata na radnom mestu vozača autobusa u JKP GSP Beograd*

335

Dragan Živanić, Anto Gajić, Radomir Đokić, Atila Zelić*Bezbednosne mere pri radu trakastih transportera*

341

Dragan Živanić, Anto Gajić, Atila Zelić, Radomir Đokić*Kontrolno upravljački i sigurnosni uređaji kod kofičastih elevatora*

347

Dejan Milenković, Mirjana Sklabinski*Značaj standarda EU koji se odnose na upotrebu azbesta na zaštitu zdravlja ljudi i zaštitu na radu*

354

Nebojša Ćurčić, Dragoslav Ugarak*Uticao komunalne buke u radnoj sredini na primeru Beogradske politehnike*

365

Nebojša Ćurčić, Dragoslav Ugarak*Analiza i upravljanje vibracijama šaka-ruka u radionici za izradu modela*

371

Mile Vajkić, Nikola Šobat*Primjena zaštite na radu u industriji stakloplastike*

378

Dragutin Jovanović, Vesna Crnjanski, Ružica Grabovac*Uticao zamora na radnu efikasnost operatera*

384

Dragan Kostadinović, Nenad Džagić, Milan Petrović*Procena rizika u transportu opasnih tereta u sistemu odbrane primenom FMECA metode*

392

Sanja Pavlović, Snežana Stanković, Dušan Popović, Goran Poparić*Merenje koeficijenta apsorpcije zvučnih talasa tekstilnih materijala izrađenih od prirodnih i regenerisanih celuloznih vlakana*

400

STUDENSKI RADOVI

Jovana Aritonović*Vaspitanje i obrazovanje kao preventivna mera u bezbednosti i zdravlju na radu*

405

Siniša Dragić <i>Bezbednost i zdravlje na radu u preduzeću SRBOAUTO na radnom mestu metalostrugar</i>	411
Tanja Đikić, Smiljana Tomašević <i>Primena mera zaštite na radu pri korišćenju građevinskih skela</i>	416
Tijana Pejić <i>Značaj obuke rukovaoca autodizalicom sa stanovišta bezbednosti i zdravlja na radu</i>	423

SEKCIJA MENADŽMENT KVALITETOM

PLENARNI RAD

Radoslav Raković <i>Integracija sistema menadžmenta u organizaciji - prednosti i izazovi</i>	430
Svetlana Vukotić, Nebojša Zakić, Nikola Ćurčić <i>Menadžment znanja i upravljanje inovacijama kao izvor poslovnog uspeha i konkurentske prednosti preduzeća</i>	436
Tatjana Marinković, Marko Vojvodić, Anka Vojvodić, Dragan Marinković <i>Menadžment u visokim strukovnim medicinskim školama - specifičnosti i izazovi</i>	443
Miloš Jelić <i>Sistemi menadžmenta protiv mita - realni dometi</i>	447
Danijela Anđelković, Danijela Zubac, Milan Vujić, Ana Liberakos <i>Modeli menadžmenta za merenje poslovne uspešnosti preduzeća</i>	453
Srđan Stanojković <i>Ocenjivanje zainteresovanih strana grafičke industrije</i>	460
Dragana Rošulj, Aleksandra Nastasić <i>Uloga i značaj procesnog pristupa u upravljanju organizacijama</i>	469
Duško Belović <i>Kvalitet i poslovna izvrsnost u funkciji reindustrijalizacije</i>	478
Verica Dančevska, Ile Cvetanovski <i>Management system standard for road traffic safety</i>	483
Aleksandra Nastasić, Milan Nikolić, Koviljka Banjević, Dragana Rošulj <i>Značaj sistemskog pristupa menadžmentu inovacijama</i>	487
Tatjana Sarajlić, Tatjana Baroš, Velibor Vitor <i>Analiza geoportala republičke uprave za geodetske i imovinsko pravne poslove Republike Srpske</i>	496
Nena Tomović, Mladen Dobrić, Ištvan Bodolo <i>Analiza dostignutog nivoa primene SMS u transportnim organizacijama</i>	502
Nebojša Nikolić <i>Razvoj koncepta simulacionog modela raseljavanja skladišta opasnih materija</i>	508
Tamara Ribarić, Zoran Ribarić, Boris Ribarić <i>Motivacija zaposlenih u vazduhoplovstvu</i>	514
Dragutin Jovanović, Ljubomir Petrović, Duško Vujanović, Jovana Janković <i>Primena indikatora kvaliteta u upravljanju uslugom transporta opasnog tereta</i>	520

Siniša Arsić <i>Upravljanje kvalitetom procesa snabdevanja prodajnih mesta mobilnim uređajima</i>	527
Snežana Tadić, Slobodan Zečević, Vukašin Pajić <i>Intermodalne transportne jedinice u funkciji održivog razvoja</i>	532
Slobodan Zečević, Snežana Tadić, Jelena Ristić <i>Logistički centri i održivost urbane sredine</i>	537
Nikola Radić, Vlado Radić <i>Zašto je važna satisfakcija potrošača?</i>	543
Dragana Gardašević, Koviljka Banjević, Srđan Trajković <i>Statistički alati i metode u funkciji ocene uticaja motivacije na radne performanse nastavnika</i>	549
Vlado Radić, Nikola Radić <i>Korišćenje istraživanja tržišta pri razvoju novog proizvoda</i>	554
Danijela Anđelković, Ana Liberakos, Milan Vujić, Danijela Zubac <i>Istraživanje tržišta za potrebe menadžmenta</i>	560
Jovanka Šaranović <i>Naučna istraživanja u funkciji praktičnih politika - Implementacija rodne perspektive u Ministarstvu odbrane i Vojsci Srbije</i>	565
Svetlana Janković, Zorica Mršević <i>Antidiskriminacioni mehanizam "osobe od poverenja" u funkciji unapređenja rodne ravnopravnosti</i>	574

SEKCIJA DIZAJN I TEHNOLOGIJE

PLENARNI RAD

Milivoj Miško Pavlović <i>Bioumetnost u gradskom prostoru - Aktivnosti i misija grupe Topiary Art Trust</i>	583
PLENARNI RAD	
Katarina Kaplarski <i>Dizajn interakcije i korisničkog iskustva u virtuelnim prodavnicama</i>	588
Maja Stanković <i>Digitalni alati u vizuelnim umetnostima</i>	592
Adam Pantić <i>Univerzalna priroda grafa</i>	596
Ljubomir Maširević <i>Dinamika modne industrije odeće početkom dvadeset prvog veka</i>	600
Ljiljana Miličić <i>Komunikacija i uticaj modnih proizvoda kroz modnu fotografiju na društvo</i>	605
Jelena Nikolić Vanović <i>Moda: Indiferentni označitelj moći</i>	609
Predrag Maksić <i>Dizajn institucija - Skriveni kurilulum u školama za dizajn</i>	612

Predrag Maksić <i>Usporič teorije komunikacije i semiotike u dizajnu</i>	618
Tamara Petković, Miodjub Lazarević, Svetlana Lazarević Petrović <i>Elementi interaktivnog dizajna</i>	622
Milan Ličina <i>Mentor ili autor? – računarski vid u digitalnoj umetnosti</i>	627
Duško Radaković, Dragan Cvetković, Zoran Radaković <i>Dizajn vođen simulacijom</i>	633
Željko Zdravković <i>Domino Porta</i>	641
Maja Milinić Bogdanović <i>Digitalna umetnost inspirisana biomimikrijom primenjena aditivnom proizvodnjom</i>	646
Ana Cvijanović <i>Multimedijalna umetnost i tekstil u prostoru</i>	652
Rade Pejović <i>Termohromatske boje – interaktivni dizajn</i>	657
Miloš Ristić, Boban Cvetanović, Milan Pavlović, Miloš Kosanović <i>Projektovanje proizvoda sa aspekta tehnološnosti: primer kućišta prenosnika snage</i>	663
Natalija Jovanović <i>Odnos unutrašnjeg i spoljašnjeg prostora savremenih predškolskih ustanova</i>	672
Duško Radaković, Dragan Cvetković, Zoran Radaković <i>Uticaj Ere pametne i povezane tehnologije na budućnost dizajna proizvoda</i>	678
Zoran Kalinić, Mesud Adžemović, Ivana Jelić, Miloš Nikolić, Ivana Petrić <i>Legislativa i standardizacija zaštite životne sredine</i>	684

AKTIVIRANI HIDROTERMALNI KARBON NA BAZI PILJEVINE KAO NOVI SPE SORBENT ZA ANALIZU LEKOVA I PESTICIDA U VODENIM UZORCIMA

Marina Maletić, Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, mvukasinovic@tmf.bg.ac.rs

Marija Vukčević, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, marijab@tmf.bg.ac.rs

Ana Kalijadis, Institut za nuklearne nauke "Vinča", Univerzitet u Beogradu, anaudovicic@vinca.rs

Biljana Babić, Institut za fiziku, Univerzitet u Beogradu, babicb@ipb.ac.rs

Tatjana Đurkić, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, tanjav@tmf.bg.ac.rs

Mila Laušević, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, milal@tmf.bg.ac.rs

Izvod

Predmet ovog rada bio je ispitivanje mogućnosti primene aktivnog uglja na bazi hidrotermalno tretirane piljevine, kao sorbenta u metodi ekstrakcije na čvrstoj fazi (engl. solid phase extraction SPE), pri analizi ostataka lekova i pesticida iz površinskih i podzemnih voda. U cilju dobijanja novih SPE sorbenata, otpadna piljevina je najpre hidrotermalno karbonizovana, a zatim je aktivirana korišćenjem KOH kao aktivirajućeg agensa. Variranjem količine aktivirajućeg agensa dobijeni su različiti uzorci aktiviranog hidrotermalnog karbona (AcHTC). Površina dobijenih materijala okarakterisana je određivanjem specifične površine, prečnika i zapremine pora, kao i vrste i količine površinskih grupa. U cilju postizanja maksimalnih prinosa ispitivanih ostataka lekova i pesticida, izvršena je optimizacija SPE metode odabirom odgovarajuće zapremine i pH vrednosti uzorka vode, kao i organskog rastvarača za eluiranje. Optimizovana SPE metoda primenjena je za analizu vode korišćenjem različitih uzoraka AcHTC kao SPE sorbenta. Dobijeni rezultati su pokazali da se aktivirani hidrotermalni karbon na bazi piljevine može uspešno koristiti za predkoncentrisanje lekova i pesticida iz vode.

Ključne reči: Aktivirani hidrotermalni karbon, ekstrakcija na čvrstoj fazi, lekovi, pesticidi

APPLICATION OF ACTIVATED HYDROTHERMAL CARBON AS A NEW SOLID-PHASE EXTRACTION SORBENT FOR ANALYSIS OF DRUGS AND PESTICIDES IN WATER SAMPLES

Abstract

The main objective of this work was to test the possibility of using activated carbon, based on hydrothermally treated sawdust, as solid phase extraction sorbent for the isolation and enrichment of multiclass pesticides and pharmaceuticals from the surface and groundwater, prior to liquid chromatography-tandem mass spectrometry analysis. In this work, beech sawdust, was used as low-cost precursor for production of activated carbon samples (AcHTC). The first step in carbon material preparation was hydrothermal carbonization of the waste sawdust. Following hydrothermal treatment, obtained material was activated, using different amounts of KOH as an activating agent. The specific surface area of obtained samples was examined by N₂ adsorption, while the nature and thermal stability of the surface oxygen groups was investigated by Fourier transform infrared spectroscopy and temperature programmed desorption method. The following parameters that may affect the solid-phase extraction (SPE) procedure efficiency were optimized: different elution solvents, the sample pH and the sample volume. Optimized SPE procedure was

applied for water analysis using different AcHTC samples for analyte preconcentration. Obtained results indicate that activated carbon based on hydrothermally treated sawdust could be successfully applied as a solid-phase sorbent for the analysis of selected drugs and pesticides in water samples.

Keywords: Activated hydrothermal carbon, solid-phase extraction, drugs, pesticides

UVOD

Ekstrakcija na čvrstoj fazi (engl. solid phase extraction SPE) predstavlja najčešće korišćenu tehniku za predkoncentrisanje analita prilikom analize tragova pesticida i lekova u uzorcima vode iz životne sredine. U cilju postizanja što viših prinosa, potrebno je izvršiti optimizaciju SPE metode u smislu izbora odgovarajuće zapremine i pH vrednosti uzorka vode koji se analizira, odgovarajućeg organskog rastvarača za ekstrakciju, zapremine eluenta, kao i izbora odgovarajućeg SPE sorbenta. Kako vrsta sorbenta, njegova struktura i priroda interakcije između sorbenta i analita u velikoj meri utiču na efikasnost predkoncentrisanja, izbor sorbenta predstavlja ključni faktor u postizanju visokih prinosa SPE metode. Pored standardno korišćenih SPE kertridža (Oasis HLB, C18, zeolit), kao SPE sorbenti sve se više koriste i različiti ugljeni materijali. Između ostalih, višeslojne ugljenične nanotube su se pokazale kao dobar SPE sorbent za predkoncentrisanje različitih organskih zagađujućih materija (1,2). Međutim, nekad je pored dobrih analitičkih performansi sorbenta potrebno uzeti u obzir i njegovu cenu, pa se u poslednje vreme ispituje mogućnost korišćenja otpadne biomase kao polazne sirovine za dobijanje jeftinih SPE sorbenta (3).

Bukova piljevina, koja se dobija kao otpad iz drvne industrije, korišćena je kao polazna sirovina za dobijanje ugljeničnih SPE sorbenata. Polazeći od piljevine, korišćenjem hidrotermalne karbonizacije, koja je sa ekonomskog i ekološkog aspekta isplativija od klasične karbonizacije, dobijen je hidrotermalni karbon. Uzorci aktiviranog hidrotermalnog karbonsa (AcHTC) dobijeni su aktivacijom u prisustvu KOH kao aktivirajućeg agensa. Ispitana je mogućnost korišćenja aktiviranog hidrotermalnog karbonsa kao sorbenata u metodi ekstrakcije na čvrstoj fazi, za predkoncentrisanje lekova i pesticida iz vodenih rastvora, kao i uticaj parametara aktivacije na efikasnost dobijenih sorbenata i prinos SPE metode.

EKSPERIMENTALNI DEO

Hidrotermalna karbonizacija piljevine izvršena je u autoklavu na temperaturi od 180 °C, pod povišenim generisanim pritiskom, u trajanju od 24 h. Reakciona smeša za karbonizaciju sastojala se iz 6 g piljevine, 400 cm³ destilovane vode i 0,015 g limunske kiseline koja je korišćena kao katalizator. Nakon hidrotermalne karbonizacije, čvrsti proizvod je profiltriran i ispran metanolom i destilovanom vodom. Aktivacija hidrotermalnog karbonsa uz korišćenje KOH kao aktivirajućeg agensa vršena je u električnoj peći, u inertnoj atmosferi azota, do temperature od 900 °C, brzinom grejanja 5 °C/min. Variranjem masenih odnosa KOH i hidrotermalnog karbonsa (HTC), dobijenu su različiti uzorci ugljeničnih sorbenata: AcHTC0 (KOH/HTC=0/1), AcHTC0.5 (KOH/HTC=0,5/1) i AcHTC1 (KOH/HTC=1/1).

Spetsifična površina materijala, površina mikro i mezopora, zapremina mikropora, kao i srednji maksimalni poluprečnik pora dobijeni su BET metodom korišćenjem Surfer (Thermo Fisher Scientific, USA) instrumenta. Infracrvena spektroskopija sa Furijeovom transformacijom (FTIR, engl. Fourier transform infrared spectroscopy) korišćena je u cilju karakterizacije funkcionalnih grupa na površini ugljeničnih materijala. FTIR spektri uzoraka snimani su u opsegu talasnih brojeva 400–4000 cm⁻¹, u formi KBr pastila na Bomem MB-Series (Hartmann Braun, Kanada). Sadržaj površinskih funkcionalnih grupa određen je temperaturno-programiranom desorpcijom (TPD) u kombinaciji sa masenom spektrometrijom. Degazirani uzorci materijala zagrevani su u vakuumu do 900 °C brzinom od 10 °C/min. Otpuštanje CO i CO₂ sa površine materijala praćeno je kvadropolnim masenim spektrometrom Extorr 300 (Extorr Inc., USA) i dobijeni su TPD profili ispitivanih uzoraka.

Ispitivanje mogućnosti korišćenja aktiviranog hidrotermalnog karbona kao sorbenata u metodi ekstrakcije na čvrstoj fazi, ispitivano je korišćenjem vodenog rastvora smeše odabranih pesticida (imidaklopid, acetamiprid, dimetoat, atrazin, propazin, malation i tebufenozid) i lekova (eritromicin, karbamazepin, lorazepam, diazepam, klopidogrel i dva metabolita metamizola, 4-AAA i 4-FAA). SPE kertridži su pripremljeni punjenjem praznih SPE kolona sa po 0,05 g materijala između dve polipropilenske frite. Optimalna zapremina vodenog rastvora smeše analita odabrana je na osnovu prinosa SPE metode korišćenjem 50, 100 i 200 cm³ vodenog rastvora. Nakon kondicioniranja SPE kolone, vodeni rastvor smeše analita (bez podešavanja pH vrednosti) je propušten kroz kertridž, koji je osušen na vakuumu nakon nanošenja analita. Eluiranje organskim rastvaračem je vršeno do zapremine eluenta od 15 cm³. Eluent je uparen do suva, nakon čega je smeša analita rekonstituisana u 1 cm³ metanola. Finalni ekstrat u metanolu je filtriran kroz 0,45 μm poliviniliden difluorid (PVDF) filter i analiziran HPLC-MS/MS metodom. Postupak SPE je ponovljen uz podešavanje pH vrednosti vodenog rastvora na 4, 5, 6, 7 i 8 i odabrana je optimalna pH vrednost. Odgovarajući organski rastvarač za eluiranje analita sa SPE kolone izabran je nakon ispitivanja efikasnosti metode korišćenjem: metanola, smeše metanol-dihlormetan u odnosu 1:1 i acetonitrila. Optimizovana SPE metoda korišćena je za ispitivanje mogućnosti upotrebe različitih uzoraka aktiviranog hidrotermalnog karbona kao sorbenata za predkoncentrisanje analita prilikom analize pesticida i lekova iz vode. Razdvajanje odabranih analita izvršeno je HPLC sistemom (Thermo Fisher Scientific, USA) na reverzno-faznoj koloni Zorbax Eclipse XDB-C18, dužine 75 mm, 4.6 mm i.d. i veličine čestica 3.5 μm (Agilent Technologies, USA). Korišćen je gradijent mobilne faze koja se sastojala od metanola (A), vode (B) i 10% sirćetne kiseline (C). Gradijent mobilne faze prikazan je u Tabeli 1. Za detekciju i kvantifikaciju lekova i pesticida korišćen je LCQ Advantage (Thermo Fisher Scientific, USA) maseni spektrometar sa jonskim trapom.

Tabela 1. Gradijent mobilne faze

t, min	Protok, cm ³ /min	A, %	B, %	C, %
0	0,5	33	66	1
20,00	0,5	100	0	0
20,01	1	100	0	0
30,00	1	100	0	0
30,01	0,5	33	66	1
40,00	0,5	33	66	1

REZULTATI I DISKUSIJA

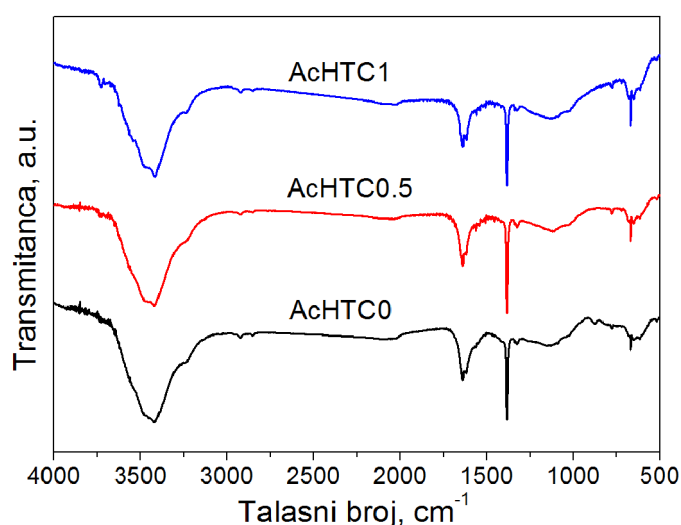
Hidrotermalnom karbonizacijom piljevine i aktivacijom u prisustvu KOH dobijeni su mikroporozni materijali sa neznatnim udelom mezoporoznosti. Kao što se iz Tabele 2 može primetiti, vrednosti specifične površine uzoraka kreću se u opsegu od 213 do 729 m²/g, dok su vrednosti srednjeg prečnika pora ispod 2 nm. Korišćenje veće količine KOH za aktivaciju dovodi do otvaranja pora i povećanja specifične površine aktiviranog hidrotermalnog karbona. Takođe, povećanje količine aktivirajućeg agensa dovodi do povećanja srednjeg prečnika pora kao i zapremine mikropora.

Tabela 2. Teksturalne karakteristike i količine površinskih grupa uzoraka aktiviranog hidrotermalnog karbona

Sample	S _{BET} (m ² /g)	S _{meso} (m ² /g)	S _{mic} (m ² /g)	V _{mic} (cm ³ /g)	r _{med} (nm)	Količina površinskih grupa, μmol/g		
						Q(CO)	Q(CO ₂)	Q(CO)+Q(CO ₂)
AcHTC0	213	3	210	0,187	1,5	68,15	585,78	653,93
AcHTC0.5	514	3	511	0,255	1,6	0,390	338,25	338,64
AcHTC1	729	6	723	0,375	1,9	26,25	545,94	572,19

Uticaj parametara aktivacije na vrstu i sadržaj funkcionalnih grupa na površini uzoraka AcHTC ispitan je korišćenjem temperaturno programirane desorpcije i infracrvene spektroskopije. Nakon snimanja TPD profila, dobijenih praćenjem CO i CO₂ otpuštenih tokom termalne dekompozicije površinskih grupa, i njihove integracije, dobijene su količine grupa koje kao produkte razgradnje daju CO i CO₂ (Tabela 2). Svi uzorci AcHTC poseduju veću količinu CO₂ otpuštajućih grupa u koje pre svega spadaju karboksilne, laktonske i anhidridne grupe, dok je količina CO otpuštajućih (fenolnih, karbonilnih, etarskih i hinonskih) grupa jako mala. Takođe, najveća količina funkcionalnih grupa prisutna je na površini uzorka AcHTC0 koji je karbonizovan do temperature od 900 °C bez prisustva aktivirajućeg agensa, dok uzorak AcHTC0.5 poseduje najmanju količinu površinskih grupa. U literaturi (4) je primećeno da ako tokom aktivacije u prisustvu KOH može doći do redukcije površinskih kiseoničnih grupa vodonikom, koji nastaje kao proizvod u procesu aktivacije. TPD rezultati ukazuju da aktivacija u prisustvu KOH dovodi do smanjenja količine grupa prisutnih na površini ugljeničnog materijala, kao i do obrazovanja novih, povećanjem količine KOH korišćenog za aktivaciju (5).

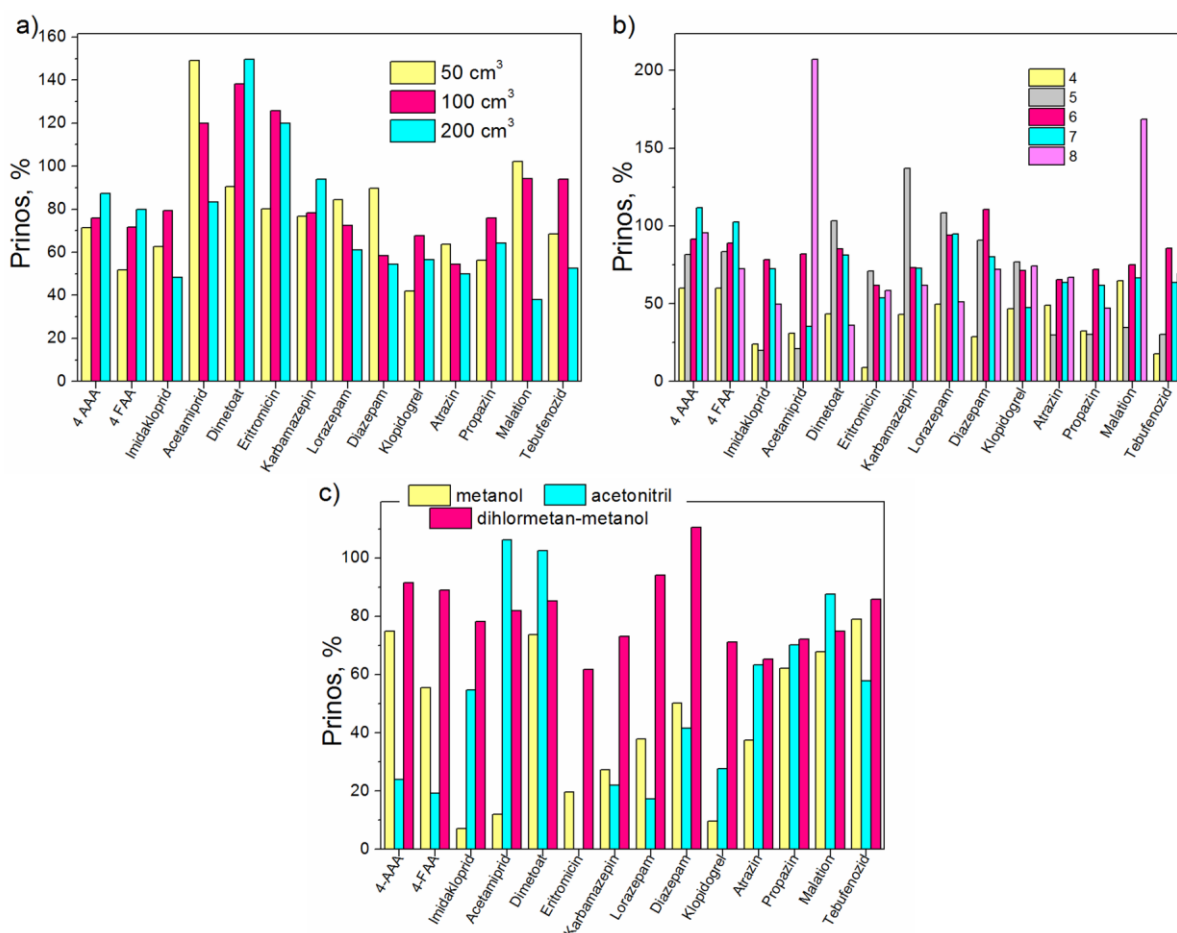
FTIR spektri, prikazani na Slici 1, pokazuju kvalitativnu sliku funkcionalnih grupa prisutnih na površini uzoraka AcHTC.



Slika 1. FTIR spektri uzoraka aktiviranog hidrotermalnog karbona

Svi ispitivani uzorci pokazuju veoma slične FTIR spektre sa neznatnim razlikama u intenzitetu pikova, što ukazuje da aktivacija u prisustvu KOH nema značajnog uticaja na prirodu površinskih funkcionalnih grupa. Intenzivna široka traka, u oblasti 3600-3300 cm⁻¹ potiče od vibracija istezanja O-H veze kod hidroksilnih ili karboksilnih grupa. Traka umerenog intenziteta na 1640 cm⁻¹ može poticati od vibracija savijanja O-H veze ili istezanja alifatične C=C veze, dok traka na 1620 cm⁻¹ potiče od vibracija aromatične C=C veze (6). Intenzivni pik na 1384 cm⁻¹ potiče od deformacione vibracije C-O veze u karboksilnoj grupi (7). Traka niskog intenziteta u opsegu od 1300-1000 cm⁻¹ može poticati od vibracija istezanja C-OH ili savijanja O-H veze, ukazujući na prisustvo hidroksilnih grupa (6). Pik slabog intenziteta na 875 cm⁻¹, prisutan na spektru uzorka AcHTC0, potiče od vibracija uvijanja aromatične C-H veze, i gubi se nakon aktivacije uzorka kalijum-hidroksidom. Pik na 669 cm⁻¹, čiji intenzitet raste sa povećanjem količine KOH korišćenog za aktivaciju, potiče od deformacionih vibracija prstena.

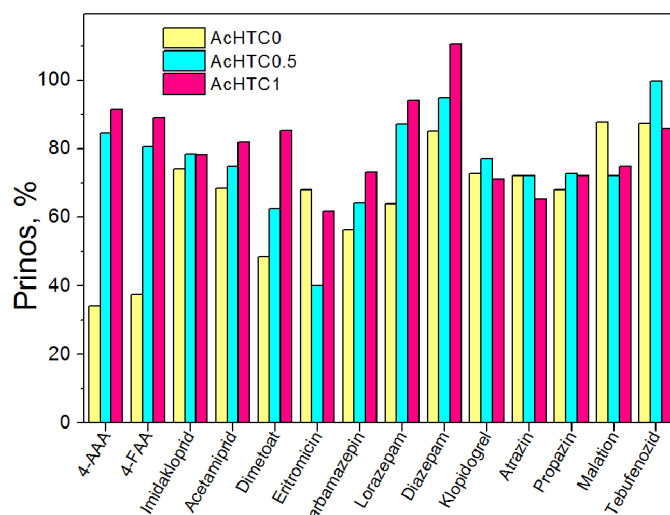
Za optimizaciju SPE metode kao sorbent korišćen je uzorak sa najvećom specifičnom površinom, AcHTC1. Prinosi SPE metode, dobijeni prilikom izbora optimalne zapremine i početne pH vrednosti vodenog rastvora smeše analita, kao i organskog rastvarača korišćenog za eluiranje analita, prikazani su na Slici 2.



Slika 2. Optimizacija SPE metode: a) zapremine i b) pH vrednosti vodenog rastvora smeše analita; c) organskog rastvarača

Kako prinosi SPE metode moraju biti u opsegu 70-120 % da bi se ona efikasno koristila za predkoncentrisanje smeše lekova i pesticida, odabrana je zapremina vodenog rastvora smeše analita od 100 cm³ i početne pH vrednosti 6, kao i smeša dihlormetan-metanol (1:1) za eluiranje analita sa SPE kolone. Na osnovu ovih rezultata dobijena je konačno optimizovana procedura za ekstrakciju ispitivanih lekova i pesticida: SPE kolone sa aktiviranim hidrotermalnim karbonom kao sorbentom (masa sorbenta – 0,05 g) kondicioniraju se propuštanjem 5 cm³ smeše dihlormetan-metanol, 5 cm³ dejonizovane vode i 5 cm³ dejonizovane vode pH vrednosti podešene na 6. Vodeći računa da se pakovanje kertridža ne osuši, odmah nakon kondicioniranja sledi propuštanje 100 cm³ vodenog rastvora pesticida, pH vrednosti podešene na pH 6, protokom od 1 cm³/min. Nakon propuštanja rastvora, kertridži se suše 10 minuta na vakuumu. Eluiranje pesticida vrši se odabranom smešom rastvarača, dihlormetan-metanol, dok se ne sakupi 15 cm³ eluiranog ekstrakta. Ekstrakt se upari do suva i rekonstituiše u 1 cm³ metanola, nakon čega se filtrira kroz 0,45 μm PVDF filtere i analizira HPLC-MS/MS metodom.

Ovako optimizovana SPE procedura korišćena je za ispitivanje mogućnosti upotrebe različitih uzoraka aktiviranog hidrotermalnog karbonsa (AcHTC0, AcHTC0.5 i AcHTC1) kao SPE sorbenata. Prinosi SPE metode dobijeni na ovaj način prikazani su na Slici 3. Korišćenjem neaktiviranog hidrotermalnog karbonsa dobijeni su dobri prinosi za šest ispitivanih analita. Uzorak AcHTC0.5 daje dobre prinose SPE metode za većinu ispitivanih analita, osim za dimetoat, eritromicin i karbamazepin, dok korišćenje AcHTC1 daje slabije prinose za samo dva analita (eritromicin i atrazin). Efikasnost SPE sorbenata raste sa povećanjem specifične površine materijala pa se efikasni SPE sorbenti dobijaju aktivacijom hidrotermalnog karbonsa u prisustvu veće količine KOH.



Slika 3. Prinosi SPE metode za različite uzorke aktiviranog hidrotermalnog karbona

ZAKLJUČAK

Hidrotermalnom karbonizacijom i aktivacijom u prisustvu KOH dobijeni su mikroporozni materijali razvijene specifične površine. Povećanje količine aktivirajućeg agensa dovodi do rasta vrednosti specifične površine i količine površinskih grupa aktiviranih hidrotermalnih karbona, ali ne utiče na vrstu grupa prisutnih na površini materijala. Visoki prinosi SPE metode za ekstrakciju većine ispitivanih lekova i pesticida, dobijeni su korišćenjem hidrotermalnog karbona na bazi piljevine aktiviranog kalijum-hidroksidom u odnosu KOH/HTC=1/1, što ukazuje da se on može uspešno koristiti kao SPE sorbent.

Zahvalnica: Ovaj rad je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Republike Srbije kroz projekat OI 172007.

LITERATURA

1. El-Sheikh A, Sweileh J, Al-Degs Y, Insisi A, Al-Rabady N., Talanta 2008; 74: 1675–1680.
2. Lalović B, Đurkić T, Vukčević M, Janković-Častvan I, Kalijadis A, Laušević Z, Laušević M., Environ Sci Pollut Res 2017; 24: 20784–20793.
3. Vukčević M, Kalijadis A, Radišić M, Pejić B, Kostić M, Laušević Z, Laušević M., Chem Eng J 2012; 211-212: 224–232.
4. Calo J M, Cazorla-Amoros D, Linares-Solano A, Roman-Martinez M C, Salinas-Martinez De Lecea C., Carbon 1997; 35: 543–554.
5. Vukčević M, Kalijadis A, Vasiljević T, Babić B, Laušević Z, Laušević M., Micropor Mesopor Mat 2015; 214: 156–165.
6. Kalijadis A, Đorđević J, Trtić-Petrović T, Vukčević M, Popović M, Maksimović V, Rakočević Z, Laušević Z., Carbon 2015; 95: 42–50.
7. Zhou J H, Sui Z J, Zhu J, Li P, Chen D, Dai Y C, Yuan W K., Carbon 2007, 45: 785–796.

CIP- Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије

502/504(497.11)(082)(0.034.2)

628.477(082)(0.034.2)

331.45/.46(082)(0.034.2)

005.6(082)(0.034.2)

7.05(082)(0.034.2)

НАУЧНО-стручни скуп Политехника (4 ; 2017 ; Београд)

Politehnika 2017 [Elektronski izvor] : zbornik radova / Četvrti naučno-stručni skup Politehnika 2017, Beograd, 8. decembar 2017.godine ; [urednici Vesna Alivojvodić ... et al.]. - Beograd : Visoka škola strukovnih studija Beogradska politehnika, 2017 (Beograd : Visoka škola strukovnih studija Beogradska politehnika). - 1 elektronski optički disk (CD-ROM) ; 12 cm

Sistemska zahteva: Nisu navedeni. - Nasl. sa nasl. ekrana. - Tiraž 220. - Napomene i bibliografske reference uz tekst. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts

ISBN 978-86-7498-074-3

- a) Животна средина - Заштита - Зборници
- b) Отпадне материје - Рециклажа - Зборници
- c) Заштита на раду - Зборници
- d) Управљање квалитетом - Зборници
- e) Дизајн - Зборници

COBISS.SR-ID 252201228



**beogradska
politehnika**



9 788674 980743 >
ISBN 978-86-7498-074-3