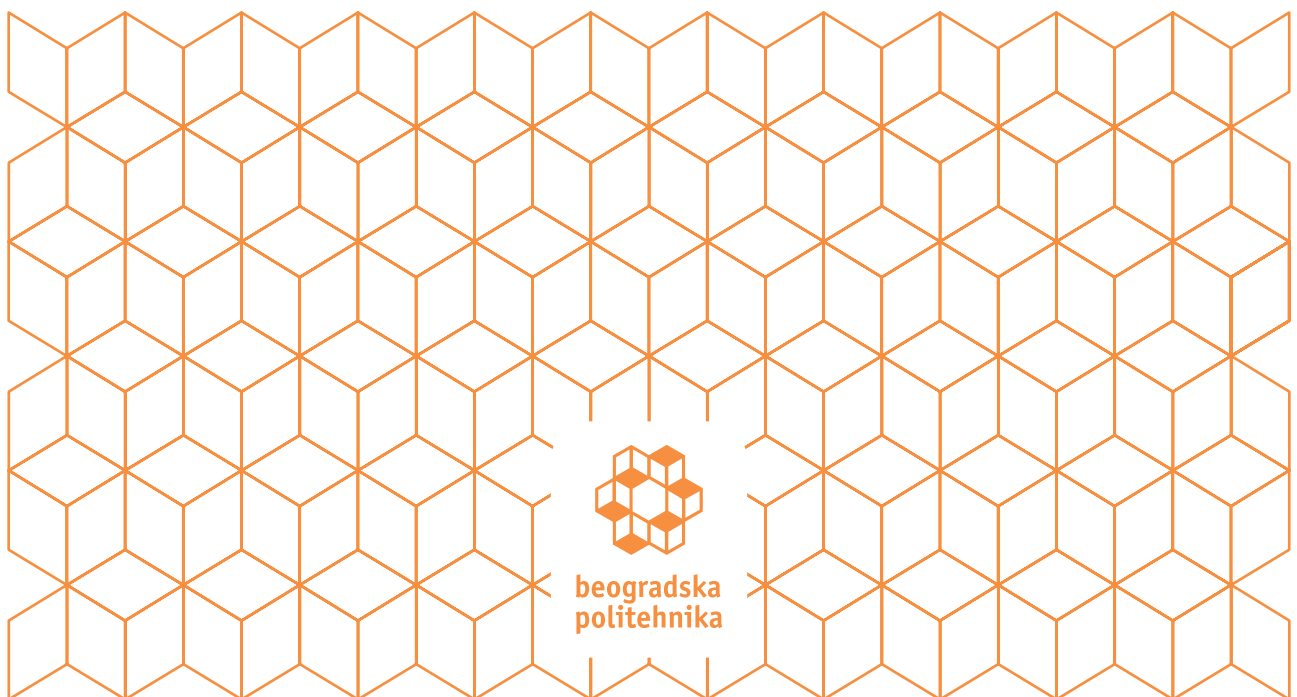




ČETVRTI NAUČNO-STRUČNI SKUP
POLITEHNIKA 2017

ZBORNİK Politehnika RADOVA 2017

Beograd, 8. decembar 2017. godine







**ČETVRTI NAUČNO-STRUČNI SKUP
POLITEHNIKA 2017**

**ZBORNÍK
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 Elshafli, 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>Uspori teorije komunikacija 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 tehnološkičnosti: 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



UKLANJANJE ORGANSKIH BOJA PRIMENOM KOMPOZITNIH UGLJENIČNIH MATERIJALA KAO ADSORBENATA

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

Izvod

Poslednjih godina velika pažnja se poklanja prečišćavanju otpadnih voda, koje u vodene ekosisteme unose niz različitih zagađujućih materija. Za uklanjanje organskih zagađujućih materija standardno se koriste različite fizičko-hemijske i biološke metode, kao što su filtracija, koagulacija, flokulacija, jonska izmena i fotokatalitička razgradnja. Međutim, efikasnost ovih metoda je često nezadovoljavajuća usled njihove visoke cene kao i velike količine toksičnih i kancerogenih nusprodukata koji njihovom primenom mogu nastati. Jedna od najekonomičnijih, najpouzdanijih i najefikasnijih metoda je adsorpcija. U ovom radu korišćeni su kompozitni ugljeni materijali dobijeni hidrotermalnom karbonizacijom, polazeći od glukoze, titan izopropoksida i melamina, kao izvora ugljenika, titana i azota. Variranjem količine melamina u reakcionoj smeši, dobijeni su kompozitni materijali različitih karakteristika. Ispitan je uticaj količine melamina na specifičnu površinu materijala, prisustvo površinskih funkcionlanih grupa i adsorpcione karakteristike. Adsorpcione karakteristike dobijenih materijala ispitane su adsorpcijom metilensko-plavog, kao modela organske zagađujuće materije. Dobijeni rezultati pokazuju da adsorpcioni proces prati kinetiku pseudo-drugog reda i može se opisati Lengmirovom adsorpcionom izotermom. Takođe, količina melamina dodata u reakcionu smešu utiče na adsorpcione karakteristike u smislu da najmanja količina dodatog melamina daje materijal sa najboljim adsorpcionim kapacitetom.

Ključne reči: Organske zagađujuće materije, kompozitni materijali, adsorpcija

COMPOSITE MATERIALS AS ADSORBENTS FOR REMOVAL OF ORGANIC POLLUTANTS

Abstract

In the recent years a great deal of attention is paid to the purification of wastewater which is responsible for spreading different kind of pollutants into the surrounding ecosystems. Adsorption is found to be the one of the most efficient, economic and reliable water treatment methods. In this work, composite carbon materials were used as adsorbents for removal of organic pollutants from water. Carbon composites were obtained by hydrothermal carbonization of glucose, titanium isopropoxide and melamine as a source of carbon, titan and nitrogen, respectively. By varying the amount of melamine in reaction mixture, the composite materials of different characteristics were obtained. The influence of melamine amount on specific surface area, nature of surface groups and adsorption characteristics were examined. Adsorption characteristics of obtained materials were tested by adsorption of methylene blue, as a model of organic pollutant. Obtained results showed that adsorption process follows the pseudo-second order kinetic, and it can be described by Langmuir isotherm equation. It was found that amount of melamine affects the adsorption

characteristics since the material with the lowest amount of melamine showed the highest adsorption capacity.

Keywords: Organic pollutants, composite materials, adsorption

UVOD

Poslednjih decenija velika pažnja se poklanja očuvanju vodenih resursa i sprečavanju njihovog zagađenja. Veliki procenat zagađenja vode potiče od boja iz industrije, uključujući industriju hrane, kože, tekstila, plastike, kozmetike, izrade papira i dr, pa je neophodno tretiranje industrijskih otpadnih voda pre ispusta u vodotokove. Za uklanjanje organskih zagađujućih materija standardno se koriste različite fizičko-hemijske i biološke metode, kao što su filtracija, koagulacija, flokulacija, jonska izmena i fotokatalitička razgradnja. Međutim, efikasnost ovih metoda je često nezadovoljavajuća usled njihove visoke cene kao i velike količine toksičnih i kancerogenih nusprodukata koji njihovom primenom mogu nastati. Jedna od najekonomičnijih, najpouzdanijih i najefikasnijih metoda za uklanjanje zagađujućih materija je adsorpcija. Efikasnost i ekonomičnost ovog postupka mogu se povećati izborom odgovarajućeg adsorbensa, pa se pored standardno korišćenog aktivnog uglja, za uklanjanje zagađujućih materija mogu koristiti različiti adsorbensi kao što su: zeolit, silicijum, biosorbenti, priordni polimerni materijali, ugljeni materijali i drugi (1,2).

U ovom radu korišćeni su kompozitni ugljeni materijali dobijeni hidrotermalnom karbonizacijom, polazeći od glukoze, titan izopropoksida i melamina, kao izvora ugljenika, titana i azota. Variranjem količine melamina u reakcionoj smeši, dobijeni su kompozitni materijali različitih karakteristika. Ispitan je uticaj količine melamina na specifičnu površinu materijala, prisustvo površinskih funkcionalnih grupa i adsorpcione karakteristike. Adsorpcione karakteristike dobijenih materijala ispitane su adsorpcijom metilensko-plavog (MB), kao modela organske zagađujuće materije.

EKSPERIMENTALINI DEO

Kompozitni ugljeni materijali sintetisani su metodom hidrotermalne karbonizacije, po sledećoj proceduri: 37 cm³ rastvora glukoze (30 g dm⁻³) pomešano je sa 3 cm³ 35% hlorovodonične kiseline, 6 cm³ titan izopropoksida i različitim količinama melamina (0,5; 0,1 i 0,05 g). Nakon toga, suspenzija je prenetu u teflonski autoklav (50 cm³) u kome je vršena hidrotermalna karbonizacija na temperaturi od 160°C u trajanju od 12 h. Posle završetka reakcije, autoklav je ohlađen do sobne temperature, a suspenzija centrifugirana. Dobijeni talog je ispiran destilovanom vodom i etanolom i na kraju sušen na 60°C preko noći. Variranjem količine melamina dobijeni su različiti kompozitni ugljeni materijali dopirani azotom (N-TiO₂/HTC), koji su označeni kao N_{0,5}-TiO₂/HTC, N_{0,1}-TiO₂/HTC i N_{0,05}-TiO₂/HTC.

Spčificna 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, eng. 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).

Adsorpcione karakteristike dobijenih materijala predstavljene su adsorpcionom kinetikom i adsorpcionim izotermama. Lagergrenovog model pseudo-prvog i model pseudo-drugog reda korišćeni su za ispitivanje kinetike adsorpcije, dok je ravnotežna adsorpcija na granici faza čvrsto-tečno opisana jednačinama Lengmirove i Frojndlihove adsorpcione izoterme (Tabela 1), pri čemu su: q_e ravnotežno adsorbovana količina adsorbata, q_t količina adsorbata u vremenu t , k_1 konstanta brzine pseudo-prvog reda, k_2 konstanta brzine pseudo-drugog reda, C_e ravnotežna koncentracija rastvora, Q_0 količina adsorbovane supstance po gramu adsorbenta, b Lengmirova konstanta i K_f i n su Frojndlihove empirijske konstante.

Tabela 1. Jednačine kinetike adsorpcije i adsorpcione izoterme

Model	Jednačina	Referenca
Lagergrenov model pseudo-prvog reda	$\log (q_e - q_t) = \log q_e - \left(\frac{k_1}{2,303} \right) \cdot t$	(2-5)
Model pseudo-drugog reda	$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 \cdot q_e^2} + \left(\frac{1}{q_e} \right) \cdot t$	
Lengmirova adsorpciona izoterma	$\frac{C_e}{q_e} = \left(\frac{1}{b \cdot Q_0} \right) + \left(\frac{1}{Q_0} \right) \cdot C_e$	(2,3,5,6)
Frojnlihove adsorpcione izoterme	$\ln q_e = \ln K_f + \frac{1}{n} \cdot \ln C_e$	

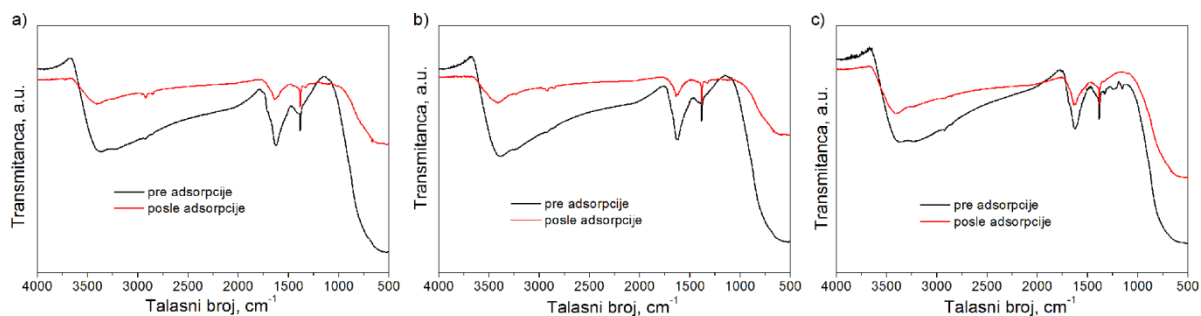
REZULTATI I DUSKUSIJA

Vrednosti specifične površine materijala, površina mikro i mezopora, zapremina mikropora, kao i vrednosti srednjeg i maksimalnog poluprečnika pora prikazane su u tabeli 2. S obzirom na to da su vrednosti srednjeg i maksimalnog poluprečnika oko 2 nm, to ukazuje da se ovi materijali mogu smatrati i mikro i mezoporoznim materijalima. Vrednosti S_{mic} i S_{meso} pokazuju da su svi ispitivani materijali mikroporozni, sa udelom mezoporoznosti od oko 10 % kod uzoraka $N_{0,5}$ -TiO₂/HTC i $N_{0,1}$ -TiO₂/HTC, odnosno 14 % kod uzorka $N_{0,5}$ -TiO₂/HTC. Uzorci sa najmanjom i najvećom količinom melamina imaju približno slične vrednosti specifične površine, dok uzorak sa srednjom količinom melamina ima manju specifičnu površinu.

Tabela 2. Porozne karakteristike N-TiO₂/HTC kompozita

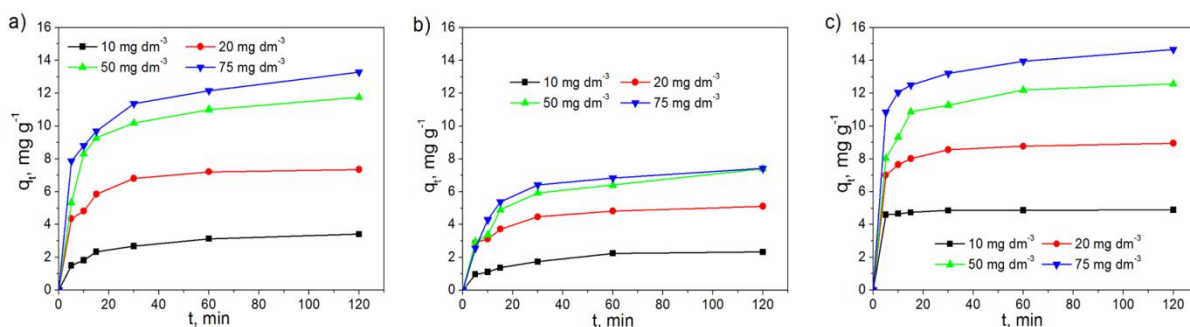
Uzorak	S_{BET} , $m^2 g^{-1}$	S_{meso} , $m^2 g^{-1}$	S_{mic} , $m^2 g^{-1}$	V_{mic} , $cm^3 g^{-1}$	r_{med} , nm	r_{max} , nm
$N_{0,5}$ -TiO ₂ /HTC	239	22	217	0,246	2,22	2,38
$N_{0,1}$ -TiO ₂ /HTC	186	17	169	0,194	2,14	2,11
$N_{0,05}$ -TiO ₂ /HTC	231	32	199	0,231	2,35	2,37

FTIR spektri kompozitnih materijala pre i posle adsorpcije MB prikazani su na slici 1. Široka traka koja se javlja u opsegu talasnog broja od 400-1000 cm^{-1} potiču od vibracija istezanja Ti-O i Ti-O-Ti veza (7-9). Pik na 3400 cm^{-1} potiče od vibracija istezanja OH u Ti-OH i vodi, koja pojačava prisustvo hidroksilnih grupa na površini materijala (8,9). Pored toga, pik na 1625 cm^{-1} potiče od vibracija savijanja O-H u molekulima vode adsorbovane na površini TiO₂ (8,9). Takođe, postoje dva slaba pika na 2850 i 2920 cm^{-1} koja potiču od C-H vibracija, što ukazuje na formiranje ugljeničnih slojeva (7). Pik na 1385 cm^{-1} može poticati od C-N veze, što ukazuje na prisustvo azota u dobijenim kompozitnim materijalima. Međutim, na ovoj vrednosti talasnog broja mogu se javiti i pikovi koji mogu poticati od C=C i O-H veza (10,11). Pomeranje pikova koji potiču od O-H grupa, kao i promene u njihovom intenzitetu, ukazuju da ove grupe imaju ulogu u adsorpciji MB na ispitivanim kompozitima.



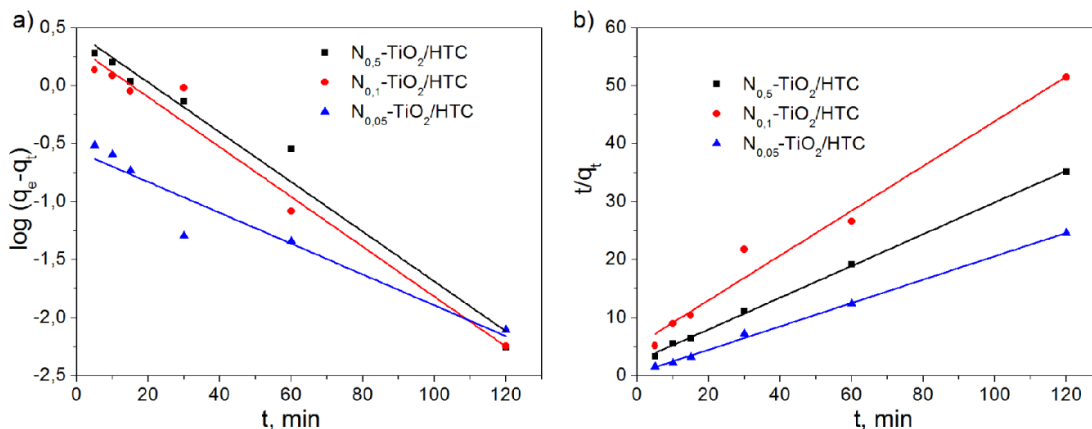
Slika 1. FTIR spektri pre i posle adsorpcije MB na: a) $N_{0,5}$ -TiO₂/HTC, b) $N_{0,1}$ -TiO₂/HTC i c) $N_{0,05}$ -TiO₂/HTC

Na slici 2 prikazana je zavisnost količine adsorbovanog MB na površini materijala tokom vremena adsorpcije. Pri nižim koncentracijama MB, kod uzoraka $N_{0,5}$ -TiO₂/HTC i $N_{0,1}$ -TiO₂/HTC, dolazi do uspostavljanja ravnotežne adsorpcije nakon 60 minuta (slika 2a i 2b), dok kod uzorka $N_{0,05}$ -TiO₂/HTC ravnotežna adsorpcija se uspostavljanja nakon 30 minuta (slika 2c). Pri višim koncentracijama MB nema karakterističnog plota, pa se može zaključiti da u ispitivanom vremenskom intervalu ne dolazi do zasićenja površine i uspostavljanja ravnotežne adsorpcije.



Slika 2. Zavisnost adsorbovane količine MB od vremena adsorpcije u prisustvu: a) $N_{0,5}$ -TiO₂/HTC, b) $N_{0,1}$ -TiO₂/HTC i c) $N_{0,05}$ -TiO₂/HTC

Na osnovu dobijenih eksperimentalnih podataka, primenom Lagergrenovog modela pseudo-prvog i modela pseudo-drugog reda ispitana je kinetika adsorpcije. Slaganje dobijenih eksperimentalnih podataka sa ispitanim kinetičkim modelima prikazano je na slici 3. Za sve ispitivane uzorke dobija se pravolinijska zavisnost primenom jednačine pseudo-drugog reda i može se zaključiti da se kinetika adsorpcije MB pokorava kinetici pseudo-drugog reda. Parametri ispitivanih modela kinetike određeni su iz nagiba i odsečka dobijenih linearnih zavisnosti (tabela 3).

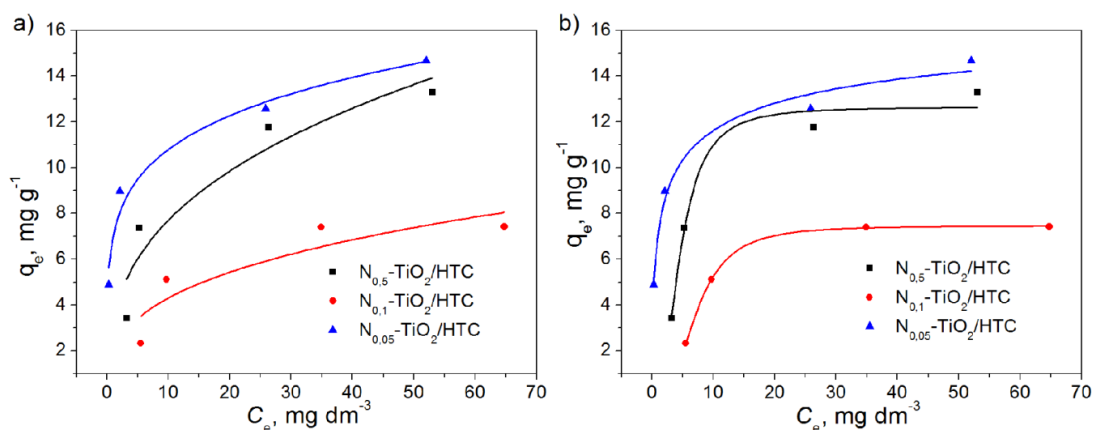


Slika 3. Slaganje eksperimentalnih podataka sa: a) pseudo-prvim i b) pseudo-drugim redom, za adsorpciju MB (10 mg dm^{-3}) na N -TiO₂/HTC kompozitima

Tabela 3. Parametri kinetike adsorpcije MB primenom Lagergrenov model pseudo-prvog i modela pseudo-drugog reda

Uzorak	Pseudo-prvi red	Pseudo-drugi red			$q_e, \text{exp}, \text{mg g}^{-1}$
	R^2	R^2	$q_e, \text{mg g}^{-1}$	$k_2, \text{g mg}^{-1} \text{min}^{-1}$	
$\text{N}_{0,5}\text{-TiO}_2/\text{HTC}$	0,9668	0,9988	3,655	0,0298	3,413
$\text{N}_{0,1}\text{-TiO}_2/\text{HTC}$	0,9687	0,9725	2,5932	0,0279	2,330
$\text{N}_{0,05}\text{-TiO}_2/\text{HTC}$	0,9061	0,9976	4,9652	0,0892	4,900

Na slici 4. prikazani su ravnotežni podaci dobijeni nakon adsorpcije na ispitivanim kompozitnim materijalima, pri različitim početnim koncentracijama MB. Adsorpcija MB na svim ispitivanim uzorcima pokazuje bolje slaganje sa Lengmirovom adsorpcionom izotermom, što se može primetiti i iz vrednosti korelacionih koeficijenata prikazanih u tabeli 4. Visoke vrednosti maksimalnog adsorpcionog kapaciteta dobijene su za uzorke $\text{N}_{0,05}\text{-TiO}_2/\text{HTC}$ i $\text{N}_{0,5}\text{-TiO}_2/\text{HTC}$, što je u saglasnosti sa vrednostima specifične površine (tabela 1). Najniža vrednost Frojndlihove konstante $1/n$ dobijena je za uzorak sa najmanjom količinom melamina, $\text{N}_{0,05}\text{-TiO}_2/\text{HTC}$, što ukazuje na povećanu heterogenost površine ovog uzorka u odnosu na ostale ispitivane kompozite.

Slika 4. Adsorpcione izoterme i nelinearno fitovanje eksperimentalnih podataka sa a) Frojndlihovim i b) Lengmirovim modelom u prisustvu N-TiO₂/HTC kompozitaTabela 4. Parametri Lengmirove i Frojndlihove adsorpcione izoterme i korelacioni koeficijenti adsorpcije MB na N-TiO₂/HTC kompozitima

Uzorak	Lengmirova ads. izoterma			Frojndlihova ads. izoterma		
	R^2	b	$Q_0, \text{mg g}^{-1}$	R^2	K_f	$1/n$
$\text{N}_{0,5}\text{-TiO}_2/\text{HTC}$	0,987	0,119	15,439	0,776	2,728	0,426
$\text{N}_{0,1}\text{-TiO}_2/\text{HTC}$	0,966	0,0963	8,849	0,693	1,450	0,427
$\text{N}_{0,05}\text{-TiO}_2/\text{HTC}$	0,991	0,594	14,925	0,944	6,853	0,199

ZAKLJUČAK

Različiti kompozitni ugljeni materijali sintetisani su metodom hidrotermalne karbonizacije, polazeći od glukoze, titan izopropoksida i melamina. Količina melamina dodata u polaznu reakcionu smešu utiče kako na specifičnu površinu dobijenih kompozita, tako i na njihove adsorpcione karakteristike. Kod svih ispitivanih uzoraka adsorpcija sledi zakon kinetike pseudo-drugog reda, i pokazuje bolje slaganje sa Lengmirovom adsorpcionom izotermom. Rezultati FTIR analize su pokazali da u adsorpciji metilensko-plavog na ispitivanim kompozitima značajnu ulogu imaju hidroksilne grupe prisutne na površini materijala. Najbolje adsorpcione karakteristike

pokazuje kompozit $N_{0,05}\text{-TiO}_2\text{/HTC}$, dobijen dodatkom najmanje količine melamina u polaznu reakcionu smešu.

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

LITERATURA

1. Tomić N, Dohčević-Mitrović Z., Paunović N, Mijin D, Radić N, Grbić B, Aškrabić S, Babić B, Bajuk-Bogdanović D., *Langmuir* 2014; 30: 11582–11590.
2. Fu J, Chen Z, Wang M, Liu S, Zhang J, Zhang J, Han R, Xu Q., *Chem Eng J* 2015; 259:53–61.
3. Borah L, Goswami M, Phukan P., *J Environ Chem Eng* 2015; 3: 1018–1028.
4. Foo K Y, Hameed B H., *Chem Eng J* 2010; 156: 2–10.
5. Kallel F, Chaari F, Bouaziz F, Bettaieb F, Ghorbel R, Chaabouni S E., *J Mol Liq* 2016; 219: 279–288.
6. Robati D, Bagheriyan S, Rajabi M, Moradi O, Ahmadi Peyghan A., *Physica E* 2016; 83:1–6.
7. He H, Wang H, Sun D, Shao M, Huang X, Tang Y., *Electrochim Acta* 2017; 236: 43–52.
8. Kalantari K, Kalbasi M, Sohrabi M, Royaei S J., *Ceram Int* 2017; 43: 973–981.
9. Tian H, Shen K, Hu X, Qiao L, Zheng W., *J Alloy Compd* 2017; 691: 369–377.
10. Jiang X, Yang X, Zhu Y, Jiang H, Yao Y, Zhao P, Li C., *J Mater Chem A* 2014; 2: 11124–11133.
11. Safardoust-Hojaghan H, Salavati-Niasari M., *J Clean Prod* 2017; 148: 31–36.

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 zahtevi: 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