

9. SIMPOZIJUM
HEMIJA I ZAŠTITA
ŽIVOTNE SREDINE

ENVIROCHEM2023

*9th SYMPOSIUM
CHEMISTRY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION*

ENVIROCHEM2023

KNJIGA IZVODA

4-7. jun 2023. godine, KLADOVO, SRBIJA

KNJIGA IZVODA

BOOK OF ABSTRACTS

9. simpozijum
Hemija i zaštita životne sredine
EnviroChem2023
sa međunarodnim učešćem



9th Symposium
Chemistry and Environmental Protection
EnviroChem2023
with international participation

KNJIGA IZVODA
BOOK OF ABSTRACTS

Kladovo 4-7. jun 2023. godine

ENVIROCHEM2023

KNJIGA IZVODA

9. simpozijum Hemija i zaštita životne sredine

Kladovo, 4-7. jun 2023.

BOOK OF ABSTRACTS

9th Symposium Chemistry and Environmental Protection

Kladovo, 4-7th June 2023

Izdaje/Published by

Srpsko hemijsko društvo/Serbian Chemical Society

Karnegijeva 4/III, 11000 Beograd, Srbija

tel./fax: +381 11 3370 467; www.shd.org.rs, E-mail: office@shd.org.rs

Za izdavača/For Publisher

Dušan Sladić, predsednik Srpskog hemijskog društva

Urednici/Editors

Sanja Živković, Branka Lončarević, Minja Bogunović, Gordana Gajica

Slika sa naslovne strane/Photo from cover page

Foto Video Boce

Priprema za štampu i štampa/Prepress and printing

Razvojno-istraživački centar grafičkog inženjersva Tehnološko-metalurškog fakulteta,
Beograd

Tiraž/Circulation

150 primeraka/150 copies

ISBN 978-86-7132-082-5

Informacije i stavovi izneti u ovoj publikaciji su provizorni. Srpsko hemijsko društvo, urednici i naučni odbor nisu odgovorni za interpretacije, eventualne posledice i štamparske greške. The information and the opinions given in this publication are provisional. Serbian Chemical Society, Editors or Editorial Board are not responsible for any interpretations, their consequences or typographical errors.

Drage kolegice i kolege,

Dobrodošli na **9. SIMPOZIJUM Hemija i zaštita životne sredine „ENVIROCHEM2023”**.

Tradicionalno, ovaj Simpozijum organizuje Sekcija za hemiju životne sredine Srpskog hemijskog društva. Tokom svih ovih godina Simpozijum je, menjajući nazive i samog skupa i države u kojoj se održavao, uspeo da očuva kvalitet i unapredi značaj koji ima za naučnu zajednicu, ali i za društvo u celini. Istraživači, naučnici i stručnjaci, koji se bave različitim oblastima hemije životne sredine, prepoznali su mogućnosti koje Simpozijum pruža, a to je jedinstvena prilika da sa kolegama razmene svoje ideje, najnovija naučna dostignuća ili tehnološke inovacije, zbog čega je i broj učesnika tokom godina rastao.

Tako su se na skupu održanom 2018. godine u Kruševcu okupili istraživači, naučnici i stručnjaci iz raznih oblasti hemije životne sredine i, po tradiciji, iskoristili jedinstvenu platformu za razmenu ideja, najnovijih naučnih dostignuća i tehnoloških inovacija. Poseban značaj imalo je prisustvo lokalne industrije, pre svega Trayal korporacije, koja je na upečatljiv način obeležila ovaj susret. Podstaknuta je komunikacija između nauke, privrede i donosioca odluka koji se bave pitanjima zaštite životne sredine. Održana su 4 plenarna predavanja i 7 predavanja po pozivu, prezentovano je 13 usmenih saopštenja, 74 posterskih i 8 studentskih radova (nova kategorija te godine). Kao i sve prethodne skupove i skup u Kruševcu odlikovao je visok kvalitet prezentovanih radova i prijatna, kolegijalna, atmosfera.

Plenarna predavanja uvek su rezervisana za eminentne naučnike i stručnjake, kako iz zemlje tako i iz inostranstva. Na prethodnim skupovima učestvovali su gosti iz raznih delova sveta, Japana, Rusije, Nemačke, Grčke, Velike Britanije, Rumunije, Slovačke, Češke, Slovenije, Crne Gore... Pored redovnih saopštenja i postera, rad na skupovima bio je obogaćen pratećim mini simpozijumima i okruglim stolovima za koje su uvek birane aktuelne teme. Ovaj put će u sklopu večernjeg druženja u opuštenijoj atmosferi biti organizovana dva Naučna bara na kojima ćemo posebnu pažnju posvetiti upotrebi plastike i per- i polifluoroalkil jedinjenja.

Želimo da našim Simpozijumom doprinesemo podizanju svesti u društvu o značaju hemije u oblasti zaštite životne sredine. To je jedino moguće ukoliko se prepozna ključna uloga istraživanja i obrazovanja u ovoj oblasti. Zato Vas pozivamo da nam se pridružite i da svojim radom doprinesete našem zajedničkom razvoju.

Vaš EnviroChem2023 Tim

ENVIROCHEM2023

NAUČNI ODBOR
SCIENTIFIC COMMITTEE

Predsjednici:
Jovančičević Branimir
Ivančev-Tumbas Ivana

Članovi:
Agbaba Jasmina
Aničić Urošević Mira
Antić Mališa
Antić Vesna
Beškoski Vladimir
Bogunović Minja

Brčeski Ilija
Ćirković Veličković Tanja
Đurišić-Mladenović Nataša
Gajica Gordana
Ignjatović Ljubiša
Ilijević Konstatin
Kerkez Đurđa
Lončarević Branka
Lugonja Nikoleta
Lješević Marija
Maletić Snežana

Manojlović Dragan
Nikodinović Runić Jasmina
Popović Aleksandar
Radak Bojan
Radonić Jelena
Roglić Goran
Turk Sekulić Maja
Šolević Knudsen Tatjana
Tubić Aleksandra
Živančev Jelena
Živković Sanja



ORGANIZACIONI ODBOR
ORGANIZING COMMITTEE

Predsjednici:
Beškoski Vladimir
Tubić Aleksandra

Članovi:
Aćimović Danka
Anđelković Tatjana
Antić Igor
Antić Nevena
Antić Vesna
Avdalović Jelena
Brdarić Tanja
Đurović Pejčev Rada
Ignjatović Ljubiša
Ilijević Konstantin
Ivančev-Tumbas Ivana

Joksimović Kristina
Joldžić Vladan
Jovančičević Branimir
Jovašević Stojanović Milena
Kašanin-Grubin Milica
Kragulj Isakovski Marijana
Lješević Marija
Lugonja Nikoleta
Maletić Snežana
Mihajlović Vladimir
Miletić Srđan
Milićević Tijana
Milovanović Dubravka
Perović Ivana
Petrović Jelena
Radak Bojan

Radenković Marina
Relić Dubravka
Roglić Goran
Šajnović Aleksandra
Savić Branislava
Savić Slađana
Šolević Knudsen Tatjana
Spasić Snežana
Stamenković Stojanović
Sandra
Stevanović Jasmina
Stevanović Marija
Stojadinović Sanja
Tomašević Anđelka
Vukićević Emilija
Žerađanin Aleksandra



IZVRŠNI ODBOR
EXECUTIVE COMMITTEE

Bogunović Minja
Gajica Gordana
Lješević Marija
Živković Sanja

ENVIROCHEM2023



Srpsko hemijsko društvo
 Sekcija za hemiju životne sredine



Ova knjiga sadrži izvode
 dva plenarna predavanja,
 četiri predavanja po pozivu,
 devetnaest usmenih predavanja,
 šesdeset i tri posterske prezentacije,
 prihvaćenih za prezentovanje na
 9. simpozijumu Hemija i zaštita životne sredine.



*This book contains abstracts of
 two plenary lectures,
 four invited lectures,
 nineteen oral presentations,
 sixty-three poster presentations,
 accepted for presentation at
 the 9th Symposium Chemistry and Environmental Protection.*



Savetovanje je podržalo/Supported by

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

*Ministry of Science, Technological Development, and
 Innovation of Republic of Serbia*

ENVIROCHEM2023

SPONZORI

SPONSORS



ENVIROCHEM2023



PROGRAM

Nedelja, 4. jun 2023.		
Vreme	Aktivnost	
15:00-18:00	Izlet	Fakultativno krstarenje brodom Đerdap (Tekija-Trajanova tabla-Tekija)
17:00-19:00	Registracija	

Ponedjeljak, 5. jun 2023.			
Vreme	Tip prezentacije	Predavač	Naslov
08:00-	Registracija		
09:00-09:15	SVEČANO OTVARANJE SIMPOZIJUMA Vladimir Beškoski/Ivana Ivančev-Tumbas		
Sekcija 1	Analiza, sudbina i ponašanje zagađujućih supstanci u životnoj sredini		
Predsedavajući	Branimir Jovančićević/Jelena Živančev		
09:15-10:00	Plenarno predavanje	Jan Schwarzbauer, RWTH Aachen	Synthetic polymers in the Environment – new aspects and analytical challenges
10:00-10:15	Usmene prezentacije	Ljubiša Ignjatović, FFH, UB	Određivanje smeše 1,4-benzodiazepina u realnim tečnim uzorcima metodom tečne hromatografije visokih performansi (HPLC)
10:15-10:30		Igor Antić, TF, UNS	Development of a method based on solid-phase extraction and ultra-high performance liquid chromatography coupled with mass spectrometry for simultaneous analysis of compounds of emerging concern in water matrices
10:30-10:45		Minja Bogunović, PMF, UNS	Sustainable and cost-effective production of drinking water from eutrophic and micro-polluted water using a membrane hybrid process
10:45-11:00		Konstantin Ilijević, HF, UB	Can Portable X-ray fluorescence spectroscopy (PXRF) be applied to analysis of TiO ₂ in food samples?
11:00-12:00	Pauza za kafu/Poster sekcija 1		
12:00-12:30	Predavanje po pozivu	Miloš Momčilović,	Razvoj i primena LIBS-a kao ekološki prihvatljive metode hemijske analize

ENVIROCHEM2023

		VINČA, UB	
12:30-12:45	Usmena prezentacija	Snežana Maletić, PMF, UNS	Biomass based materials for a toxic free environment
Sekcija 2		Remedijacija zagađenih lokaliteta	
Predsedavajući		Aleksandra Tubić/Gordana Gajica	
12:45-13:00	Usmene prezentacije	Vladimir Beškoski, HF, UB	PFAS, večne hemikalije (ili možda ne)
13:00-13:15		Marija Lješević, IHTM, UB	Mikrobiološka degradacija bis (2-hidroksietil)-tereftalata
13:15-13:30		Branka Lončarević, IHTM, UB	Egzopolisaharidi mikroorganizama koji mogu da degraduju BHET: Optimizacija produkcije
13:30-15:00	Pauza*		
Sekcija 3		Integracija zelene hemije u zaštitu životne sredine	
Predsedavajući		Vladimir Beškoski/Jelena Lazić	
15:00-15:30	Predavanje po pozivu	Milica Balaban, PMF, UBL	Polimeri za energetska primjenu: Između efikasnosti i zelene hemije
15:30-15:45	Usmene prezentacije	Bojan Radak, TMF, UB	Zelena hemija u primeni - kakve su perspektive?
15:45-16:00		Nikola Srečković, PMF, UKG	Sustainable synthesized silver nanoparticles using <i>Lythrum salicaria</i> and <i>Salvia pratensis</i> extracts for catalytic degradation of methylene blue
16:00-17:15	Pauza za kafu/Poster sekcije 2 i 3		
17:15-18:15	Naučni bar	Per- i polifluorovana jedinjenja – od izazova do rešenja	
Moderator	Vladimir Beškoski		
Panelisti	Ivana Teodorović, Ivana Ivančev Tumbas, Jelena Živančev		
Sponzor	UNI-CHEM		

Utorak, 6. jun 2023.			
Vreme	Tip prezentacije	Predavač	Naslov
08:30-	Registracija		
Sekcija 4	Procena rizika, prevencija zagađenja, regulative i mišljenje javnosti u oblasti zaštite životne sredine		
Predsedavajući	Bojan Radak/Snežana Maletić		
09:00-09:45	Plenarno predavanje	Ivana Teodorović, PMF, UNS	Svet regulisanih hemikalija: gde smo i kuda idemo?
09:45-10:00	Usmena prezentacija	Jordana Ninkov, IFVC, UNS	Vezivanje ugljenika u zemljištu, studija slučaja na černozeu
10:00-10:15		Đurđa Kerkez, PMF, UNS	Wastewater reclamation - risks and opportunities
Sekcija 5	Hemija životne sredine u različitim obrazovnim programima i projekti EU za istraživanja u oblasti životne sredine		
10:15-10:45	Usmena prezentacija	Tatjana Božić, HF, UB	Pronalaženje programa finansiranja Evropske unije za istraživanja u oblasti Hemije životne sredine: Šta treba da znate
10:45-11:45	Pauza za kafu/Poster sekcije 4, 5 i 6[#]		
Sekcija 7	Unapredeni tretmani otpadnih tokova i nove tehnologije		
Predsedavajući	Ivana Ivančev-Tumbas/Marija Lješević		
11:45-12:15	Predavanje po pozivu	Sanja Jeremić, IMGGE, UB	Na raskršću puteva razgradnje plastike i produkcije biomaterijala
12:15-12:30	Usmene prezentacije	Vesna Vasić, TF, UNS	Adsorpcioni potencijal lignina izolovanog iz stabljike maline za uklanjanje emergentnih zagađujućih supstanci iz vode
12:30-12:45		Emilija Vukićević, HF, UB	Study on the physicochemical properties of biochar produced by pyrolysis of agricultural waste
12:45-13:00		Mirjana Petronijević, TF, UNS	Hidrougljevi dobijeni iz otpadne drvene biomase kao adsorbenti za uklanjanje aktivnih supstanci odabranih farmaceutika i pesticida iz vode
13:00-14:30	Pauza*		
Predsedavajući	Ivana Ivančev-Tumbas/Konstantin Ilijević		
14:30-15:00	Predavanje po pozivu	Vladana Rajaković-Ognjanović, GRF, UB	Multifunkcionalni materijali bazirani na primeni koncepta „NULA OTPADA“
15:00-15:15	Usmene prezentacije	Dragana Lukić	Preliminarna ispitivanja primene poljoprivrednog otpada kao

ENVIROCHEM2023

		TF, UNS	biosorbenta za uklanjanje emergentnih zagađujućih supstanci iz vode
15:15-15:30		Tijana Marjanović, PMF, UNS	Uklanjanje odabranih organskih i neorganskih polutanata iz efluenta postrojenja za prečišćavanje komunalne otpadne vode hibridnim membranskim procesima
15:30-16:30	Pauza za kafu/Poster sekcija 7		
17:00-18:00	Naučni bar	Od mikroplastike do bioplastike	
Moderator	Jasmina Nikodinović-Runić		
Panelisti	Tanja Ćirković Veličković, Aleksandra Tubić, Marina Cvijanović		
Sponzor	ANALYSIS		
19:00-	Svečana večera		

#Sekcija 6: Uticaj zagađujućih supstanci na biohemijske procese

Sreda, 7. jun 2023.	
Vreme	Aktivnost
09:30-11:00	Sastanak Sekcije za zaštitu životne sredine
11:00-11:15	Uručenje nagrada za najbolju usmenu prezentaciju i najbolji poster simpozijuma
11:15-11:30	SVEČANO ZATVARANJE SIMPOZIJUMA
12:00-	Pauza*
12:00-	Fakultativna poseta Hidroelektrane Đerdap

*Gostima hotela Đerdap ručak je uključen u cenu smeštaja

SADRŽAJ - SPISAK IZLAGANJA

PLENARNA PREDAVANJA

PLENARY LECTURES

PP-1	Synthetic polymers in the Environment –new aspects and analytical challenges <u>J. Schwarzbauer</u>	15-16
PP-2	Svet regulisanih hemikalija: gde smo i kuda idemo? <u>I. Teodorović</u>	17-18

PREDAVANJA PO POZIVU

INVITED LECTURES

PPP-1	Razvoj i primena LIBS-a kao ekološki prihvatljive metode hemijske analize <u>M. Momčilović</u>	21-22
PPP-2	Polimeri za energetska primjenu: Između efikasnosti i zelene hemije <u>M. Balaban</u>	23-24
PPP-3	Na raskršću puteva razgradnje plastike i produkcije biomaterijala <u>S. Jeremić</u>	25-26
PPP-4	Multifunkcionalni materijali bazirani na primeni koncepta „NULA OTPADA” <u>V. Rajaković-Ognjanović</u>	27-28

Sekcija 1: Analiza, sudbina i ponašanje zagađujućih supstanci u životnoj sredini (AS)

UAS-1	Određivanje smeše 1,4-benzodiazepina u realnim tečnim uzorcima metodom tečne hromatografije visokih performansi (HPLC) <u>Lj. Ignjatović, N. Đurković, I. Sredović Ignjatović</u>	31-32
UAS-2	Development of a method based on solid-phase extraction and ultra-high performance liquid chromatography coupled with mass spectrometry for simultaneous analysis of compounds of emerging concern in water matrices <u>I. Antić, J. Živančev, D. Rakić, M. Buljovčić, N. Đurišić-Mladenović</u>	33-34
UAS-3	Development of a method based on solid-phase extraction and ultra-high performance liquid chromatography coupled with mass spectrometry for simultaneous analysis of compounds of emerging concern in water matrices <u>I. Antić, J. Živančev, D. Rakić, M. Buljovčić, N. Đurišić-Mladenović</u>	35-36
UAS-4	Can Portable X-ray fluorescence spectroscopy (PXRF) be applied to analysis of TiO₂ in food samples? <u>I. Djekić, V. Rakić, N. Smigic, S. Lević, J. Orlić, K. Ilijević</u>	37-38
UAS-5	Biomass based materials for a toxic free environment <u>S. Maletić, M. Kragulj Isakovski, J. Beljin, T. Apostolović, N. Đukanović, S. Rakanović, S. Rončević</u>	39

Sekcija 2: Remedijacija zagađenih lokaliteta (REM)

UREM-1	PFAS, večne hemikalije (ili možda ne) <u>K. Kasalica, B. Jimenez, A. Yamamoto, H. Inui, M. Lješević, N. Radić, G. Gojgić-Cvijović, L. Slavković Beškoski, J. Radulović, T. Nakano, V.P. Beškoski</u>	41-42
UREM-2	Mikrobiološka degradacija bis (2-hidroksietil)-tereftalata	43-44

	<u>M. Lješević</u> , B. Lončarević, K. Joksimović, A. Žerađanin, B. Pantelić, G. Gojgić-Cvijović, V. Beškoski, J. Nikodinović-Runić	
UREM-3	Egzopolisaharidi mikroorganizama koji mogu da degraduju BHET: Optimizacija produkcije <u>B. Lončarević</u> , M. Lješević, K. Joksimović, A. Žerađanin, G. Gojgić-Cvijović, V. Beškoski, J. Nikodinović-Runić	45-46

Sekcija 3: *Intergracija zelene hemije u zaštitu životne sredine (IZH)*

UIZH-1	Zelena hemija u primeni - kakve su perspektive? <u>B. Radak</u> , V. Beškoski	47-48
UIZH-2	Vezivanje ugljenika u zemljištu, studija slučaja na černoze <u>J. Ninkov</u> , S. Jakšić, W. Vogt-Kaute, A. Urankar, M. Živanov, M. Đan, S. Milić	49-50
UIZH-3	Sustainable synthesized silver nanoparticles using <i>Lythrum salicaria</i> and <i>Salvia pratensis</i> extracts for catalytic degradation of methylene blue <u>N. Srećković</u> , V. Jakovljević, V. Mihailović	51-52

Sekcija 4: *Procena rizika, prevencija zagađenja, regulative i mišljenje javnosti u oblasti zaštite životne sredine (PR)*

UPR-1	The importance of regulation for a technologically correct approach to desirable economic activity <u>V. Joldžić</u>	53-54
UPR-2	Wastewater reclamation - risks and opportunities <u>Đ. Kerkez</u> , D. Tomašević Pilipović, A. Leovac Maćerak, D. Krčmar, A. Kulić Mandić, N. Duduković, M. Bečelić-Tomin	55-56

Sekcija 5: *Hemija životne sredine u različitim obrazovnim programima i projekti EU za istraživanja u oblasti životne sredine (HOP)*

UHOP-1	Pronalaženje programa finansiranja Evropske unije za istraživanja u oblasti Hemije životne sredine: Šta treba da znate <u>T. Božić</u>	57-58
--------	--	-------

Sekcija 7: Unapređeni tretmani otpadnih tokova i nove tehnologije(UT)

UUT-1	Adsorpcioni potencijal lignina izolovanog iz stabljike maline za uklanjanje emergentnih zagađujućih supstanci iz vode <u>V. Vasić</u> , D. Lukić, I. Antić, J. Živančev, M. Šćiban, N. Đurišić-Mladenović, D. Rakić, A. Lourenço, J. Gominho	59-60
UUT-2	Study on the physicochemical properties of biochar produced by pyrolysis of agricultural waste <u>E. Vukićević</u> , J. Isailović, D. Savić, I. Jovančičević, G. Gajica, M. Antić, B. Jovančičević, J. Schwarzbauer, V. Antić	61-62
UUT-3	Hidrougljevi dobijeni iz otpadne drvne biomase kao adsorbenti za uklanjanje aktivnih supstanci odabranih farmaceutika i pesticida iz vode <u>M. Petronijević</u> , S. Panić, V. Vasić, D. Kukić, I. Antić, N. Đurišić-Mladenović	63-64
UUT-4	Preliminarna ispitivanja primene poljoprivrednog otpada kao biosorbenta za uklanjanje emergentnih zagađujućih supstanci iz vode <u>D. Lukić</u> , V. Vasić, J. Živančev, I. Antić, M. Buljovčić, N. Đurišić-Mladenović, M. Šćiban	65-66
UUT-5	Uklanjanje odabranih organskih i neorganskih polutanata iz efluenta postrojenja za prečišćavanje komunalne otpadne vode hibridnim membranskim procesima <u>T. Marjanović</u> , M. Bogunović, J. Prodanović, I. Ivančev-Tumbas	67-68

POSTER PREZENTACIJE*POSTER PRESENTATIONS***Sekcija 1: Analiza, sudbina i ponašanje zagađujućih supstanci u životnoj sredini (AS)**

PAS-1	Potencijal huminskih kiselina i glina u remedijaciji životne sredine kontaminirane klomazonom <u>R. Đurović-Pejčev</u> , L. Kaluđerović, Lj. Šantrić, T. Dorđević, S. Radmanović	71-72
PAS-2	Decreased urinary boron levels as biomarker for lung adenocarcinoma? Preliminary results among patients in Vojvodina N. Milošević, D. Sazdanić Velikić, M. Milanović, M. Ševo, S. Bijelović, J. Sudji, M. Španović, J. Drljača, N. Milić	73
PAS-3	Evaluation of aquatic toxicity potential for six series of succinimide derivatives: <i>in silico</i> study N. Milošević, D. Vidović, M. Milanović, N. Milić, N. Todorović, J. Drljača, M. Lalić-Popović, N. Banjac	75-76
PAS-4	Arsenic as environmental pollutant among lung adenocarcinoma patients in Vojvodina M. Milanović, D. Sazdanić Velikić, N. Milošević, S. Bijelović, D. Lukić, M. Lukić Šarkanović, J. Drljača, N. Milić	77
PAS-5	Correlation of experimentally determined lipophilicity with <i>in silico</i> predicted toxicity on animal models for new succinimide derivatives D. Marjanović, M. Milanović, N. Milošević, N. Todorović, J. Čurčić, M. Lalić-Popović, N. Milić, N. Banjac	79-80
PAS-6	Ispitivanje efikasnosti izluženja olova iz ilovače M. Udilanović, A. Ćirić, V. Krstić	81-82
PAS-7	Simplified validation and optimization methods for determination polychlorinated biphenyls in tuna fish A. Tasić, I. Pavlović, D. Nikolić, T. Šolević Knudsen, I. Kojić, Ž. Nikolić	83-84
PAS-8	Organic acids as solvents for leaching PAHs out of impregnated wood Ž. Nikolić, D. Milovanović, M. Marčeta Kaninski, V. Nikolić, A. Radulović, A. Tasić	85-86

PAS-9	Elektrohemijsko određivanje nitrita u uzorcima vode primenom elektrode od ugljenične paste modifikovane Ni/Bi oksidom <u>T. Mutić</u> , V. Stanković, M. Ognjanović, D. Stanković	87-88
PAS-10	Izolovanje mikroplastičnih čestica iz uzoraka poreklom iz morskog ekosistema i karakterizacija primenom μFTIR spektroskopije <u>T. Mutić</u> , B. Anđelković, M. Ilić, J. Mutić, T. Ćirković Veličković	89-90
PAS-11	Procena stepena opterećenja površinskih voda organskim zagađujućim supstancama na području Kovina, Srbija <u>I. Kojić</u> , K. Stojanović, N. Radović, T. Tosti, S. Đurović	91-92
PAS-12	Ispitivanje efikasnosti ekstrakcije viših n-alkana iz vazduha <u>I. Kojić</u> , K. Stojanović, N. Radović, S. Đurović	93-94
PAS-13	Occurrence, Distribution Pattern and Origin of Saturated Hydrocarbons in the River Marina Sediments of the Kovin Dunavac (Kovin, Serbia) <u>T. Šolević Knudsen</u> , I. Kojić, A. Tasić	95-96
PAS-14	Detection of Metallic Impurities in Industrial Gases; The Argon Case Study Đ. Kapuran, S. Veličković, <u>F. Veljković</u> , M. Stoilković	97-98
PAS-15	Structural characterization of bio-modified epoxy by using MALDI-TOF A. Stajčić, <u>F. Veljković</u> , S. Veličković, M. Janković, B. Janković, M. Pijović, I. Stajčić	99
PAS-16	Mikroplastika u peloidima iz Srbije i Slovenije A. Šajnović, <u>G. Gajica</u> , F. Prosenc, S. Stojadinović, G. Veselinović, P. Trebše, P. Dabić, B. Jovančićević	101-102
PAS-17	Analiza odabranih procesnih parametara za uklanjanje nikla iz vode primenom statističke DSD metode M. Maletin, J. Nikić, A. Tubić, V. Gvoić, <u>J. Agbaba</u>	103-104
PAS-18	Proučavanje porekla organskih zagađujućih supstanci u sedimentima reke Vrbas (Banja Luka, Bosna i Hercegovina) G. Veselinović, S. Pržulj, S. Stojadinović, <u>B. Jovančićević</u>	105-106

PAS-19	Organsko-geohemijska karakterizacija priobalnih sedimenata reke Save i močvarnog zemljišta Obrenovačkog zabrana (Srbija) S. Stojadinović, M. Kašanin-Grubin, S. Štrbac, G. Veselinović, N. Antić, C. Ferreira, <u>B. Jovančičević</u>	107-108
PAS-20	Organic matter influence on pesticide content in soil <u>T. Anđelković</u> , I. Kostić Kokić, D. Bogdanović, J. Crnobrnja-Isailović, I. Stamenković	109-110
PAS-21	Analiza hemijskog sastava, raspodele i srednje veličine suspendovanih čestica u uzorcima vazduha u cementarama <u>Lj. Ignjatović</u> , S. Jevtić, S. Novaković, I. Sredović Ignjatović	111-112
PAS-22	Određivanje koncentracije teških metala u kori i pupoljcima drveta <i>Tillia cordata</i> na teritoriji grada Pančeva D. Pantović, T. Mutić, D. Manojlović, <u>I. Kodranov</u>	113-114
PAS-23	Presence of adsorbable organically bound halogens in wastewater <u>A. Mišković</u> , A. Rosić, N. Jokić, I. Brčeski	115-116
PAS-24	Preliminarno ispitivanje sastava aromatične frakcije ekstrakta prasine iz biblioteke Hemijskog fakulteta u Beogradu <u>S. Đurović</u> , I. Kojić, N. Radović, T. Tosti	117-118

Sekcija 2: Remedijacija zagađenih lokaliteta (REM)

PREM-1	Izolovanje i karakterizacija mikroorganizama visokotolerantnih naperfluorovana jedinjenja <u>K. Kasalica</u> , A. Žerađanin, K. Joksimović, M. Lješević, G. Butrić, G. Gojgić-Cvijović, V. Beškoski	119-120
PREM-2	Ispitivanje adsorpcije i bioremedijacije u kombinovanom postupku za prečišćavanja voda zagađenih dizelom <u>J. Avdalović</u> , J. Matić, S. Miletić, S. Spasić, N. Lugonja, V. Beškoski, Z. Lopičić	121-122
PREM-3	Unlocking the Remediation Potential of Waste-Derived Biochar: Arsenic Shuttle between Groundwater and Environmentally Friendly Medium	123

	S. Radovic, S. Pap, J. Prodanovic, J. Radonic, S. Dmitrasinovic, <u>M. Turk Sekulic</u>	
PREM-4	Ex situ bioremedijacija kao primer cirkularne ekonomije <u>S. Spasić</u> , N. Lugonja, J. Avdalović, K. Kasalica, A. Žerađanin, V. Beškoski, S. Miletić	125-126
PREM-5	Bioremedijacija zemljišta kao deo održive zelenehemije i inženjerstva <u>S. Miletić</u> , S. Spasić, J. Avdalović, N. Lugonja, K. Kasalica, K. Joksimović, V. Beškoski	127-128
PREM-6	Bioremedijacija kao tehnologija budućnosti održivograzvoja <u>N. Lugonja</u> , S. Spasić, S. Miletić, J. Avdalović, A. Žerađanin, M. Ilić, V. Beškoski	129-130
PREM-7	Uklanjanje sirove nafte iz vodene sredine – poređenje efikasnosti biougljeva i mikrobnih ćelija I. Despotović, N. Lugonja, S. Miletić, O. Mašek, V. Beškoski, B. Jovančičević, <u>G. Gajica</u>	131-132
PREM-8	Molekularna karakterizacija mikroorganizama izolovanih iz kontaminirane životne sredine i njihova primena za degradaciju bis(2-hidroksietil) tereftalata <u>N. Petronijević</u> , M. Lješević, B. Lončarević, K. Joksimović, A. Žerađanin, G. Gojgić-Cvijović, V. Beškoski, J. Nikodinović-Runić	133-134

Sekcija 3: *Integracija zelene hemije u zaštitu životne sredine (IZH)*

PIZH-1	Microbial powder formulation: influence of spray drying parameters on product quality <u>S. Stamenković Stojanović</u> , I. Karabegović, B. Danilović, S. Mančić, M. Lazić	135-136
PIZH-2	Characterization of microencapsulated formulation with plant growth-promoting capability <u>S. Stamenković Stojanović</u> , I. Karabegović, B. Danilović, S. Mančić, M. Lazić	137
PIZH-3	Perpetual struggle of doped carbon quantum dots surface chemistry with environmental contamination	139-140

	J.R. Prekodravac, B. Vasiljevic, D. Mijin, B. Todorovic Markovic	
PIZH-4	In-situ grafting of Fe and Cu nanoparticles on carbon for electrolytic hydrogen production J. Georgijević, J. Milikić, N. Zdolšek, S. Brković, I. Perović, P. Laušević, B. Šljukić	141-142
PIZH-5	Eco-friendly fabrication of graphene from apple biomass precursor S. Dorontić, S. Jovanović	143-144
PIZH-6	Photo-induced prooxidative and antioxidative properties of gamma-irradiated graphene quantum dots S. Dorontić, D. Milivojević, S. Jovanović, B. Todorović Marković	145-146

Sekcija 4: Procena rizika, prevencija zagađenja, regulative i mišljenje javnosti u oblasti zaštite životne sredine (PR)

PPR-1	Bioaccessibility and risk assessment study on vineyard samples from Serbia based on potentially toxic element concentrations T. Milićević, I. Kodranov, A. Popović, D. Relić	147-148
PPR-2	The element concentrations in human milk samples from Croatia and <i>in vitro</i> bioaccessibility assay T. Milićević, J. Đorđević, S. Herceg Romanić, B. Dojčinović, M. Matek Sarić, A. Popović, D. Relić	149-150
PPR-3	Non-carcinogenic health risk assessment via acute and chronic exposure to particle pollution in Novi Sad, Serbia S. Dmitrasinovic, M. Jovasevic Stojanovic, M. Davidovic, M. Turk Sekulic, S. Radovic, J. Radonic	151-152
PPR-4	Assessment of the health risks posed by arsenic-rich groundwater in the Banat region J. Vesković, A. Onjia	153-154
PPR-5	Evaluation of the biotoxicity potential of water from the Kovin Dunavac marina (Kovin, Serbia) to <i>Aliivibrio fischeri</i> K. Antić, I. Kojić, M. Lješević, J. Milić, M. Stošić, J. Radonić, T. Šolević Knudsen	155-156

Sekcija 5: Hemija životne sredine u različitim obrazovnim programima i projekti EU za istraživanja u oblasti životne sredine (HOP)

PHOP-1	Comm-On Environment: Mainstreaming Environmental Communication through Online Learning and Virtual Mobility – Erasmus+ KA220-HED-92DDFBD4 – <u>M. Novković</u> , S. Radulović, S. Rončević, J. Agbaba, A. Tubić, D. Andonov, D. Cvijanović	157-158
PHOP-2	Razvoj integrisanog hemijsko-biološkog pristupa monitoringu ugroženih i zaštićenih vrsta i područja kroz projektno baziranu nastavu hemije i biologije <u>T. Anđelković</u> , B. Zlatković, Đ. Milošević, I. Kostić Kokić, D. Bogdanović	159-160

Sekcija 6: Uticaj zagađujućih supstanci na biohemijske procese (UZS)

PUZS-1	Efekat odabranih neuroaktivnih supstanci na signalne puteve serotonina i dopamina u ćelijama humanog neuroblastoma <u>I. Vulin</u> , D. Tenji, I. Teodorović, S. Kaišarević	161-162
PUZS-2	The influence of polluting aromatic substances on biochemical processes in <i>P. aeruginosa</i> san ai-multiomics approach <u>A. Medić</u> , I. Karadžić	163-164
PUZS-3	Portable Vis/NIR spectrometry as hotzone detector of plant poisoning <u>S. Lekić</u> , D. Savić, D. Godevac, V. Vidaković, D. Pljevljakušić, B. Anđelković, V. Tešević, S. Milosavljević, Lj. Vujisić	165-166

Sekcija 7: Unapređeni tretmani otpadnih tokova i nove tehnologije (UT)

PUT-1	Food waste as a nutrient source for the production of biopigment in <i>Streptomyces sp. BV365</i> <u>M. Stevanović</u> , V. Janković, V. Filipović, T. Ilić-Tomić, S. Vojnović	167-168
PUT-2	Proces respiracije mikroorganizama u MFC sistemu tokom generisanja energije iz rečnog sedimenta	169-170

	B. Lončarević, K. Joksimovic, L. Popović, J. Avdalović, D. Randelović, V. P. Beškoski	
PUT-3	Food waste utilization in the production of pyocyanin, a valuable bacterial biopigment L. Pantelić, J. Lazić, D. Milivojević, J. Nikodinović-Runić	171-172
PUT-4	Zavisnost efikasnosti razgradnje karbamatnog pesticida metomila od početne pH vrednosti rastvora pri direktnoj elektrohemijskoj oksidaciji A.V. Tomašević, D. Ž. Mijin, B. N. Grgur, S. Lj. Stupar, P. N. Stojisavljević, N. D. Ivanković	173-174
PUT-5	Influence of the solution pH value on the adsorption of carbamate pesticide methomyl onto synthesized Cobalt-Beta Zeolite A. V. Tomašević, D. Ž. Mijin, S. Lj. Stupar, P. N. Stojisavljević, N. D. Ivanković, D. Dinić	174-176
PUT-6	Stabilization/solidification process of alkali lead waste slag: influence of pre-treatment and addition of selected additives J. Djokić, M. Štulović, M. Korać, Z. Anđić, Ž. Kamberović	177-178
PUT-7	Jarosite sludge - utilization and valuable metals recovery applying roasting-leaching process J. Djokić, N. Gajić, M. Ranitović, D. Anđić, Ž. Kamberović	179-180
PUT-8	Photocatalytic degradation of a fungicide difenoconazole and residual toxicity of its degradation products M. Stevanović, A. Jovanović, T. Đorđević, A. Tomašević, A. Marinković	181-182
PUT-9	Degradation of BPA using Fenton process M. Simić, B. Savić, T. Brdarić, M. Ječmenica Dučić, M. Kovačević, D. Vasić Aničijević, D. Aćimović	183-184
PUT-10	Zn-containing mixed metal oxides as photocatalyst for wastewater treatment Đ. Karanović, T. Vulić, M. Hadnađev-Kostić, V. Rajaković-Ognjanović	185-186
PUT-11	Ponašanje 3-(4-metilbenziliden) kamfora tokom UV/H₂O₂ unapredene oksidacije i adsorpcije na smeši tekstilnih vlakana	187-188

	<u>T. Simetić</u> , J. Molnar Jazić, S. Vasiljević, M. Vujić, J. Agbaba, A. Tubić	
PUT-12	Utilization of agricultural waste to obtain bio-oil with useful physicochemical parameters <u>J. Isailović</u> , E. Vukićević, D. Savić, I. Jovančićević, G. Gajica, M. Antić, B. Jovančićević, J. Schwarzbauer, V. Antić	189-190
PUT-13	Bioluženje cinka iz flotacionog koncentrata polimetalne rude pomoću <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> <u>J. Avdalović</u> , S. Miletić, S. Spasić, N. Lugonja, V. Conić	191-192
PUT-14	Praćenje dekolizacije boje Acid Yellow 99 primenom hlora - dioksida A. Malović, Ž. Ugrenović, D. Manojlović, <u>I. Kodranov</u>	193-194
PUT-15	Exploring PhaZ depolymerase sequence space for the bio-cyclable loop for biopolymers <u>M. Nenadović</u> , B. Pantelić, M. Ponjavić, J. Nikodinović-Runić	195-196

ENVIROCHEM2023

Plenarna predavanja

Plenary lectures

Synthetic polymers in the Environment – new aspects and analytical challenges

J. Schwarzbauer^{1,}, I. Jovancicevic¹, N. Vidovic¹, N. al Sandouk-Linke¹, C. Schwanen¹, O. Konechnaya¹, V. Antic², L.M.Krauskopf¹*

(1) Laboratory for organic-geochemical Analyses, RWTH Aachen University, Lochnerstrasse 4-20, Aachen, Germany, (2) Faculty of Agriculture, University of Belgrade, 6 Nemanjina Street, Zemun, Serbia;

**jan.schwarzbauer@emr.rwth-aachen.de*

The anthropogenic emission of synthetic polymers dominantly towards the aquatic ecosystems has gained great attention in the past decade. Due to their high molecular masses, traditional analytical methods and procedures were not suitable for polymer analyses and, consequently, new tools had to be developed. This development lasts till now.

The analytical challenges cover specific separation processes, microscopic approaches, unambiguous identification and quantitative pyrolysis. The problems arising throughout all individual analytical steps are closely connected to the wide range of physico-chemical and chemical properties of the macromolecules. Some individual approaches, specific problems and principal potentials are discussed in this short overview presentation (e.g. Fig. 1).

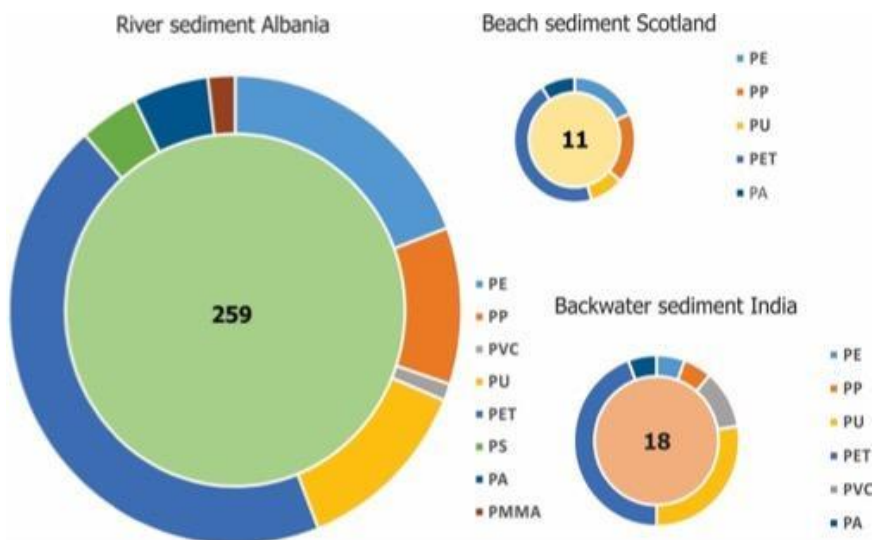


Figure 1. Microplastic particles in three different soil/sediment samples – polymer composition and particle number per 100g of sample (Konechnaya et al. 2021)

Further on, in the beginning the environmental and analytical focus was laid on the plastic particles down to the micro scale. However, the field of application of synthetic polymers is much wider especially for the water-soluble polymers. Here, the usage in cosmetics, wastewater treatment, food technology and package industry have to be mentioned. Very recently, some environmental protection agencies (e.g., in Germany and the US) became aware about the huge amounts of this polymer fraction and the corresponding emerging concerns. Also, some examples are discussed in this presentation (such as PVCL, see Fig. 2).

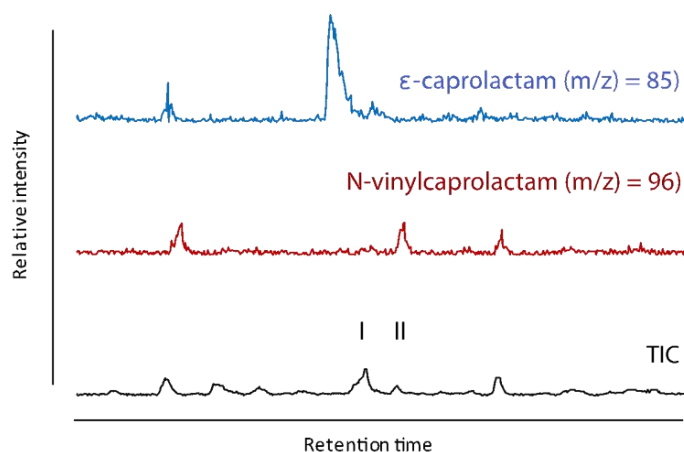


Figure 2. Specific pyrolysis products of PVCL as measured in sewage water (Vidovic et al. 2022)

Finally, not only fully synthetic polymers are produced and used by humans, also the chemical modification of natural macromolecules and their technical application are known. The high similarity of natural and modified polymers is a big challenge in particular for the identification of these polymer hybrids. A short insight into this topic will also be given.

References

1. Konechnaya, O., Schwanen, C., Schwarzbauer, J. *Wat. Sci. Technol.* 83 (2021) 532-542.
2. Vidovic, N., Krauskopf, L.M., Jovancevic, I., Antic, V., Schwarzbauer, J. *Discover Wat.* 3 (2022) 2.

Svet regulisanih hemikalija: gde smo i kuda idemo?**Universe of regulated chemicals: where are we now, and where are we going?**

I. Teodorović^{1,}*

(1) Univerzitet u Novom Sadu Prirodno-matematički fakultet Departman za biologiju i ekologiju, LECOTOX – laboratorija za ekofiziologiju i ekotoksikologiju, Trg Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad, Srbija;

**ivana.teodorovic@dbe.uns.ac.rs*

Još davne 2009. godine Rockström i sar. [1] su, postavljajući u tom trenutku sasvim nov koncept planetarnih granica za devet ključnih antropogenih pritisaka na planetu Zemlju, konstatovali da hemijsko zagađenje predstavlja jedan od pritisaka za koji uopšte nije moguće definisati prihvatljive planetarne granice. Kao osnovne razloge navode nedovoljno poznavanje štetnih efekata hemikalija u upotrebi, ali i nemogućnost integralne procene rizika i uticaja simultanog delovanja desetina hiljada hemikalija na živi svet.

Pitamo se kako je to moguće, kada znamo da su još od šezdesetih godina prošlog veka uvedene procedure za preventivnu procenu hemijskog rizika, koje se konstantno usložnjavaju i pooštavaju, u skladu sa novim naučnim saznanjima. Saznavali smo o efektima pojedinačnih supstanci i njihovih smeša, razvijali metodologije, pooštrvali regulative. Da li je problem u višedecenijskoj opsesnutosti perzistentnim, bioakumulativnim supstancama, gde polarne i mobilne ostaju „ispod radara” jer ne pripadaju ovim hazardnim klasama, pa se čudimo što su praktično svi vodni resursi kontaminirani biološki aktivnim supstancama? Kako je onda moguće da nas i dalje iznenađuju „nove” perzistente, „večite” hemikalije u životnoj sredini? Da li su hiljade životinja u regulativno-uslovljenim testovima (eko)toksičnosti u procesima preventivne procene rizika od hemikalija za ljudsko zdravlje i ekosisteme žrtvovane uzalud, ako ispitivanja nisu uspela da ukažu na specifične mehanizme toksičnog delovanja i negativne posledice na više nivoa biološke organizacije? Da li je savremena naučna metodologija konačno prihvaćena u regulatornoj (eko)toksikologiji, pa ćemo primenom specifičnih biomarkera, molekulskih tehnika, bioinformatike, neeksperimentalnih metoda i modela u regulatornom kontekstu konačno bolje upoznati efekte i preciznije proceniti rizik od hemikalija i njihovih smeša, pre nego što ih pustimo u široku upotrebu? Pa da se opet ne „začudimo” kako „nove” klase insekticida, koje su pobedonosno zamenile povučene, dovode do drastičnog pada brojnosti populacija i diverziteta oprašivača i ugrožavaju osnovne ekosistemske usluge na koje računamo? I da nam se konačno više ne dešava da prekasno otkrivamo da supstance u opštoj upotrebi ili farmaceutski preparati izazivaju značajne endokrine, neurotoksične i druge specifične biološke efekte sa negativnim posledicama po živi svet, stuktorni i funkcionalni integritet ekosistema.

Da li je višedecenijska segmentiranost procesa preventivne i retrospektivne procene rizika predstavljala ključni kamen spoticanja u integraciji upravljanja hemikalijama na globalnom nivou? Da li je problem i u nedovoljno integrisanom pristupu proceni rizika na zdravlje ljudi sa jedne, i proceni rizika za životnu sredinu sa druge strane? Da li problem leži delom i u sektorskom pristupu regulisanim supstancama u zavisnosti od njihove namene i

nedovoljnoj saradnji između nadležnih agencija? [2] Šta je pokazala opsežna analiza učinka sektorskog zakonodavstva u Evropskoj Uniji po pitanju integrisanog upravljanja regulisanim hemikalijama? Kako se u politike i postojeći regulatorni okvir uklapaju (ili možda obrnuto?) ambiciozne strategije poput Zelene Agende i dr. Da li će i kako predložene promene politika upravljanja hemikalijama doprineti boljem upravljanju i zaštiti životne sredine od hemijskog zagađenja?

Nedavno je objavljen prvi globalan izveštaj [3] u kome su zagađenje i otpad eksplicitno navedeni kao jedan od tri (uz klimatske promene i gubitak biodiverziteta) ključna problema današnjice. Ali za razliku od klimatskih promena i biodiverziteta, koji su predmet rada internacionalnih panela već godinama (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, odnosno IPBES biodivIntergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services), institucionalizacija okvira za internacionalno delovanje u oblasti zagađenja je tek u povoju. Da li smo zakasnili? Da li je neodrživ porast broja i količina upotrebljenih hemikalija u prethodnim decenijama odavno prevazišao kapacitet čovečanstva da ih prati u životnoj sredini, proceni rizike i uticaj [2] a kamoli sanira posledice?

Literatura

1. Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S.I., Lambin, E., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sorlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., Foley, J. *Ecol. Soc.* 14 (2) (2009) 32.
2. Brack W., Barcelo Culleres D., Boxall A.B., Budzinski H., Castiglioni S., Covaci A., Dulio V., Escher B.I., Fantke P., Kandje F., Fatta-Kassinos D., Hernández F.J., Hilscherová K., Hollender J., Hollert H., Jahnke A., Kasprzyk-Hordern B., Khan S.J., Kortenkamp A., Kümmerer K., Lalonde B., Lamoree M.H., Levi Y., Martín P.A.L., Montagner C.C., Mougín C., Msagati T., Oehlmann J., Posthuma L., Reid M., Reinhard M., Richardson S.D., Rostkowski P., Schymanski E., Schneider F., Slobodnik J., Shibata Y., Snyder S.A., Fabriz Sodr  F., Teodorovic I., Thomas K.V., Umbuzeiro G.A., Viet P.H., Gin Yew-Hoong K., Zhang X., Zuccato E. *Env. Sci. Eur.* 34 (21) (2022).
3. United Nations Environment Programme (2021) Making peace with nature. <https://www.unep.org/resources/making-peace-nature>
4. Persson, L., Carney Almroth, B.M., Collins, C.D., Cornell, S., de Wit, C.A., Diamond, M.L., Fantke, P., Hassell v, M., MacLeod, M., Ryberg, M.W., J rgensen, P.S., Villarrubia-G mez, P., Wang, Z. Hauschild, M.Z. *Environ. Sci. Technol.* 56 (2022) 1510-1521.

ENVIROCHEM2023
Predavanja po pozivu
Invited lectures

Развој и примена LIBS-а као еколошки прихватљиве методе хемијске анализе

Development and application of LIBS as an environmentally friendly method of chemical analysis

М. Момчиловић^{1*}, Ј. Пејровић¹, М. Рагенковић¹, Ј. Цијановић¹, С. Живковић¹

(1) Лабораторија за физичку хемију, Институт за нуклеарне науке "Винча" - Институт од националне значаја за Републику Србију, Универзитет у Београду, Мике Пејровића Аласа 12-14 11351 Винча, Београд, Србија;

* milos@vinca.rs

Спектроскопија ласерски индуковане плазме, позната по акрониму LIBS (енг. *Laser Induced Breakdown Spectroscopy*) је савремена метода оптичке емисионе спектроскопије намењена испитивању састава материјала. Када се ласерски импулс фокусира на материјал који је предмет испитивања, долази до серије физичкохемијских процеса који при довољно великим густинама ласерске енергије генеришу плазму. Ова плазма састоји се од ексцитованих атома, јона и молекула озраченог материјала који приликом релаксације емитују карактеристично зрачење. Спектрална анализа емитованог зрачења омогућава пре свега елементну али и молекулску и изотопску анализу материјала. Иако је први LIBS експеримент спроведен 1962. године, непосредно након открића ласера, тек у последњих пар деценија, са убрзаним развојем ласерских система и система за детекцију светлости, LIBS постаје „звезда у успону“ хемијске анализе.

Захваљујући јединственим карактеристикама ова ласерска технологија нашла је бројну и разноврсну примену, од индустрије, заштите животне средине, форензике, биомедицине до свемирских истраживања. Оно што је чини јединственом је могућност брзе, бесконтактне детекције свих хемијских елемената из периодног система без ограничења у погледу врсте материјала или агрегатног стања, без или са минималном припремом узорка, без употребе додатних хемикалија и генерисања хемијског отпада, уз могућности површинског мапирања и анализе узорака по дубини. Поред тога, ова техника је минимално деструктивна а маса узорка потребна за анализу је реда величине микрограма и мања.

Ову технику генерално карактерише велика флексибилност у погледу експерименталне поставке, избора ласера и врсте детектора. Најчешће, комерцијално доступне LIBS конфигурације састоје се од Nd: YAG ласера, спектрометра и детектора са временском резолуцијом. У оквиру Лабораторије за физичку хемију Института Винча развијен је оригинални LIBS систем који као ексцитациони извор користи угљен-диоксидни ласер [1]. Овај импулсни, наносекундни ласер, који је такође развијен и конструисан у нашој Лабораторији, ради у високо мултимодном режиму и емитује зрачење у инфрацрвеном делу спектра на 10,6 μm . За разлику од комерцијалних конфигурација у којима се користи временско разлагање сигнала, у овој експерименталној поставци се за детекцију емисионог сигнала примењује алтернативни приступ тзв. временски - интегрална просторно - разложена спектроскопија (енг. *Time Integrated Spatially Resolved Spectroscopy*, TISR).

Аналитичке могућности развијеног LIBS-а испитане су коришћењем различитих врста материјала: метала и металних легура [1-2], прашкастих биљних узорака [3-4], стакла [5], полимера [6]. Добијени резултати су показали да су аналитичке перформансе развијеног LIBS система, у погледу селективности, осетљивости и граница детекције, упоредљиве, а за неке материјале и боље у односу на најчешће коришћене LIBS конфигурације које укључују употребу Nd: YAG ласера и временску резолуцију сигнала. Истовремено, захваљујући много нижој цени целог система као и угљен-диоксидном ласеру који је потпуно безопасан за оператера, овај LIBS систем је у највећој мери у складу са прокламованим принципима зелене аналитичке хемије [7], који разматрају комплетан аналитички процес, од узорковања, преко припреме до самог процеса анализе.

Литература

1. Momcilovic, M., Kuzmanovic, M., Rankovic, D., Ciganovic, J., Stoilkovic, M., Savovic, J., Trtica, M. *Appl. Spectrosc.* 69 (2015) 419-429.
2. Zivkovic S., Savovic J., Trtica M., Mutic J., Momcilovic M. *J. Alloy. Comp.* 700 (2017) 175-184.
3. Zivkovic S., Momcilovic M., Staicu A., Mutic J., Trtica M., Savovic J. *Spectrochim. Acta B* 128 (2017) 22-29.
4. Zivkovic S., Savovic J., Kuzmanovic M., Petrovic J., Momcilovic M. *Microchem. J.* 137 (2018) 410-417.
5. Momčilović, M., Živković, S., Petrović, J., Cvijović-Alagić, I., Ciganović, J. *Appl. Phys. B-Lasers.* 80 (2019) 222.
6. Momčilović, M., Petrović, J., Nemoda, M., Ciganović, J., Krstulović, N., Ognjanović, M., Živković, S. *Appl. Phys. B-Lasers* 129 (2023) 62.
7. Gałuszka A., Migaszewski Z., Namiesnik J. *TrAC* 50 (2013) 78-84.

Захвалница - Ова истраживања су подржана од стране Министарства науке, технолошког развоја и иновација (број уговора 451-03-47/2023-01/ 200017).

Polimeri za energetska primjenu: Između efikasnosti i zelene hemije
Polymers for energy application: Between efficiency and green chemistry

M. Balaban¹

(1) Univerzitet u Banjoj Luci, Prirodno-matematički fakultet, Mladena Stojanovića 2, Banja Luka, Bosna i Hercegovina;

**milica.balaban@pmf.unibl.org*

Polimerni materijali danas su nezamjenjivi za održivu primjenu u djelatnostima kao što su transport, pakovanje, zdravstvo, građevinarstvo i druge. Ipak, višedecenijska intenzivna upotreba dovela je do trenutno veoma aktualnih ekoloških izazova, koji se odnose kako na procese proizvodnje i prerade monomera i polimera, tako i fabrikacije gotovih proizvoda, a na kraju i na problem odlaganja polimernog otpada i njegove sudbine u životnoj sredini. S tim u vezi, usvajanje paradigme održivosti i primjene principa zelene hemije u nauci o polimerima, fokusira se na tri glavna pravca koja uključuju što sveobuhvatniju reciklažu, proizvodnju biodegradabilnih materijala za proizvode široke upotrebe i korištenje biomase i drugih otpadnih materijala kao sirovinske baze za proizvodnju monomera.

S druge strane, intenzivna istraživanja novih tehnologija, posebno u oblasti elektronskih uređaja i obnovljivih izvora energije u posljednjih petnaest godina dovela su do potpuno novih primjena polimera kao ključnih materijala za konverziju i skladištenje energije. Nova generacija ovih uređaja zasnovana je razvoju organskih provodnika i poluprovodnika, u prvom redu poluprovodničkih polimera, koji se zahvaljujući dobrim optičkim i električnim svojstvima danas koriste u organskim solarnim ćelijama (OSC), organskim svijetlećim diodama (OLED), organskim tranzistorima sa efektom polja (OFET), te u fleksibilnim i elastičnim elektronskim uređajima. Glavne prednosti poluprovodničkih polimera u odnosu na neorganske poluprovodnike su pristupačan izvor sirovina i mogućnost obrade u rastvoru, kao i fleksibilnost, te mogućnost fabrikacije tankih filmova. Provodljivost ove relativno male grupe polimera zasniva se na prisustvu konjugovanih dvostrukih veza ili aromatičnih struktura na bazi fenilena, naftalena, antracena, pirola i tiofena, a njihova električna svojstva se daljim modifikacijama mogu znatno unaprijediti.

Napredak u oblasti organskih poluprovodnika bazira se kako na dizajnu i sintezi novih, do sada nepoznatih materijala, tako i na modifikaciji i poboljšanju svojstava već poznatih polimera, kako bi se zadovoljili zahtjevi savremenih tehnoloških rješenja. Jedan od novijih pristupa podrazumijeva takođe i potragu za potencijalnim novim primjenama već postojećih, dobro definisanih, nerijetko komercijalnih polimera kao aditiva za unapređenje karakteristika i performansi organskih i hibridnih elektronskih uređaja, tipa perovskitnih solarnih ćelija [1]. Međutim, sa aspekta životne sredine ozbiljno ograničenje za širu primjenu ovih materijala je to što njihova sinteza često zahtijeva veliki broj koraka i prisustvo stehiometrijske količine toksičnih metalnih reagensa.

ENVIROCHEM2023

U ovom radu diskutovaće se prednosti i nedostaci organskih i hibridnih solarnih ćelija zasnovanih na polimernim strukturama, kao i načini primjene različitih polimernih materijala kao aditiva za modifikaciju svojstava [2]. Na kraju će biti dat pregled potencijalnih štetnih efekata koje ovakvi materijali imaju na životnu sredinu, te alternativnih zelenih puteva za njihovu sintezu.

Literatura

1. Kim, K., Han, J., Maruyama, S., Balaban, M., Jeon, I. *Sol. RRL*, 5 (2021) 2000783.
2. Han, T. H., Zhao, Y., Yoon, J., Woo, J. Y., Cho, E. H., Kim, W. D., Lee, C., Choi, J.-M., Han, J., Nam, J.-S., Wang, K., Priya, S., Balaban, M., Yang, Y. *Adv. Funct. Mater.* 32 (2022) 2207142.

Zahvalnica - Ovaj rad je urađen uz podršku Matsumae International Foundation, Japan i Ministarstva za naučnotehnološki razvoj, visoko obrazovanje i informaciono društvo Republike Srpske (19.032/961-76/19).

Na raskršću puteva razgradnje plastike i produkcije biomaterijala

Crossing roads of plastic degradation and biomaterial production

S. Jeremić¹

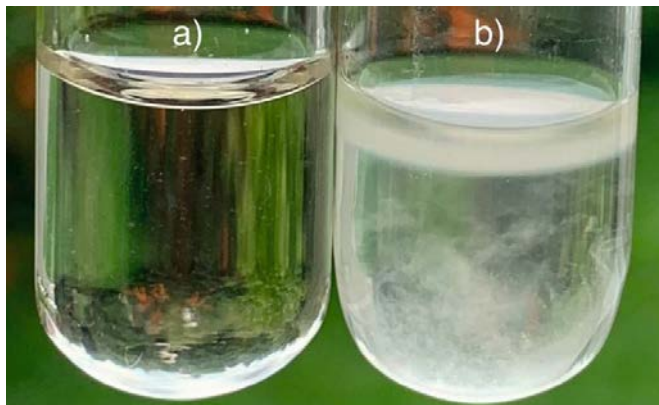
(1) Institut za molekularnu genetiku i genetičko inženjerstvo, Univerzitet u Beogradu
Vojvode Stepe 444a, 11042 Beograd 152, Srbija;

sanjajeremic@imgge.bg.ac.rs

Iako je već čitav vek prisutna u životima ljudi, plastika je i dalje jedan od najraznovrsnijih, najčešće proizvedenih i korišćenih materijala. Nekada najveća prednost plastike – izdržljivost – danas predstavlja veliki problem, jer je čini teško razgradivim materijalom koji se gomila u životnoj sredini [1]. Najčešće korišćen pristup za odlaganje ovog polimera je deponovanje, koje je pored ekološke pretnje ujedno i ekonomski izazov, jer se ovakvim odlaganjem plastike gubi uložena energija i mogućnost za ponovnu upotrebu materijala. Sa druge strane, biološki proces, zasnovan na enzimskoj razgradnji, pruža nekoliko prednosti: blage uslove, nizak utrošak energije, i odsustvo opasnih hemikalija [2]. Poseban značaj enzimske razgradnje plastike je što obezbeđuje niz metabolita - polaznih jedinjenja za proizvodnju novih vrednih polimera [3], čime se doprinosi uspostavljanju cirkularne ekonomije kada su u pitanju plastični materijali.

Paralelno sa razvijanjem i unapređivanjem bioloških pristupa u razgradnji plastičnog otpada, istražuju se i ekološki prihvatljivi materijali koji bi mogli zameniti plastiku, kao što je biorazgradiv biopolimer - bakterijska nanoceluloza (Slika 1). Zahvaljujući svojim izvanrednim svojstvima kao što su mehanička čvrstoća, hidrofилnost, biokompatibilnost, obnovljivost i netoksičnost, bakterijska nanoceluloza ima potencijal za primenu u različitim granama industrije [4]. Međutim, produkcija bakterijske nanoceluloze na industrijskoj skali je otežana visokom cenom medijuma za rast bakterija proizvođača. Iz tog razloga su svetska istraživanja poslednjih godina usmerena na optimizaciju produkcije bakterijske nanoceluloze korišćenjem različitih vrsta otpada [5].

Istraživanja Grupe za eko-biotehnologiju i razvoj lekova, Instituta za molekularnu genetiku i genetičko inženjerstvo nalaze se upravo na raskršnici puteva enzimske razgradnje različitih plastičnih materijala i puta produkcije bakterijske nanoceluloze. Oslanjajući se na potencijal bakterija i njihovih enzima uspostavljen je proces za razgradnju polimera kao što su poli(mlečna kiselina) (PLA), kompoziti polietilen tereftalata (PET), kao i kompleksne smeše različitih polimera. Dobijeni hidrolizati su zatim iskorišćeni kao medijum za rast bakterije proizvođača nanoceluloze, a metaboliti nastali biorazgradnjom polimera kao gradivne jedinice za bakterijsku nanocelulozu (Slika 1). Potvrđeno je da primena alternativnog medijuma za rast bakterije proizvođača ne utiče na izuzetne karakteristike ovog biopolimera, što otvara mogućnost za dalju optimizaciju i unapređenje predloženih procesa i uvođenje cirkularne ekonomije u upravljanje plastičnim otpadom.



Slika 1. Bakterijska nanoceluloza: a) kontrolni uzorak, sa puferom umesto medijuma za rast bakterije; b) hidrolizat nakon enzimske razgradnje PLA kao medijum za rast bakterije – nanoceluloza na vrhu hidrolizata

Literatura

1. Jeremic, S., Milovanovic, J., Mojicevic, M., Skaro Bogojevic, S., Nikodinovic-Runic, J. *J. Serb. Chem. Soc.* 85 (2020) 1507-1538.
2. Webb, H.K., Arnott, J., Crawford, R.J., Ivanova, E.P. *Polymers* 5 (2013)1–18.
3. Soong, Y.H.V., Sobkowicz, M.J., Xie, D. *Bioengineering* 9 (2022) 98.
4. Jeremic, S., Djokic, L., Ajdačić, V., Božinović, N., Pavlovic, V., Manojlović, D.D., Babu, R., SenthamaraiKannan, R., Rojas, O., Opsenica, I., et al. *Int. J. Biol. Macromol.* 129 (2019) 351-360.
5. Kadier, A., Ilyas, R.A., Huzaiifah, M.R.M., Harihastuti, N., Sapuan, S.M., Harussani, M.M., Azlin, M.N.M., Yuliasni, R., Ibrahim, R., Atikah, M.S.N., et al. *Polymers* 13 (2021) 3365.

Zahvalnica - Ovo istraživanje je realizovano uz finansijsku pomoć Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, projekat br. 451-03-68/2022-14/200042 i Evropske Unije u okviru Horizon 2020 programa – projekat BioICEP evidencioni br. 870292 i Horizon Europe programa – projekat EcoPlastiC, evidencioni br. 101046758.

Multifunkcionalni materijali bazirani na primeni koncepta „NULA OTPADA”

Multifunctional materials based on the application of the "ZERO WASTE" concept

V. N. Rajaković-Ognjanović^{1,*}, B. Lekić¹, Z. Naunović¹, O. Govedarica¹, D. Zakić¹, A. Radević¹, A. Savić¹, M. Aškrabić¹, T. Vulić², M. Hadnadjev-Kostić², Đ. Karanović²

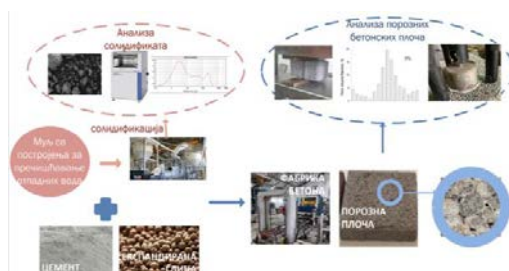
(1) Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11 000 Beograd,

(2) Tehnološki fakultet Novi Sad, Univerzitet u Novom Sadu, Bulevar Cara Lazara 1, 21 000 Novi Sad;

*vladana@grf.bg.ac.rs

U radu je prikazan razvoj multifunkcionalnog poroznog materijala (MFPM) koji ima višestruku ulogu za zaštitu od gradskih poplava i istovremeno uklanjanje zagađujućih materija iz atmosferskih voda (Slika 1). Koncept korišćenja otpadnih materijala uz nastanak novih, korisnih materijala predstavlja primenu koncepta nultog otpada. U radu će biti detaljno opisana i predstavljena ideja koja se bazira na unapređenju postojećih materijala koji se koriste za upravljanje poplavama u gradovima, odnosno unapređeno rešavanje odvođenja vode, u urbanim sredinama. Iz naučne i inženjerske perspektive, u pitanju je rad multifunkcionalnog prototipa poroznog materijala za zaštitu od gradskih poplava i istovremeno uklanjanje zagađujućih materija iz atmosferskih voda.

Ključne reči: prečišćavanje vode, otpadni materijali, koncept „nula-otpada”.



Slika 1. Put ka proizvodnji i karakterizaciji MFPM

Literatura

1. Govedarica, O., Askrabic, M., Hadnadjev-Kostic, M., Vulic, T., Lekic, B., Rajakovic-Ognjanovic, V., Zakic, D. *Materials*, 15 (2022) 14.
2. Winston, R.J., Arend, K., Dorsey, J.D., Hunt, W.F. *Blue-Green Syst.* 2 (2020) 91.
3. Sambito, M., Severino, A., Freni, G., Neduzha, L. *Sustainability* 13 (2021) 4509.
4. Djukic, A., Lekic, B., Rajakovic-Ognjanovic, Veljovic, D., Vulic, T., Djolic, M., Naunovic, Z., Despotovic, J., Prodanovic, D. *J. Environ. Manag.* 168 (2016) 104–110.

ENVIROCHEM2023

Zahvalnica - Ovo istraživanje su podržali Fond za nauku Republike Srbije, projekat #7737365, Koncept nultog otpada za gradove otporne na poplave i Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (broj granta 200092).

ENVIROCHEM2023

Usmene prezentacije

Oral presentation

Određivanje smeše 1,4-benzodiazepina u realnim tečnim uzorcima metodom tečne hromatografije visokih performansi (HPLC)

Determination of 1,4-benzodiazepines mixture in real liquid samples by high-performace liquid chromatography (HPLC)

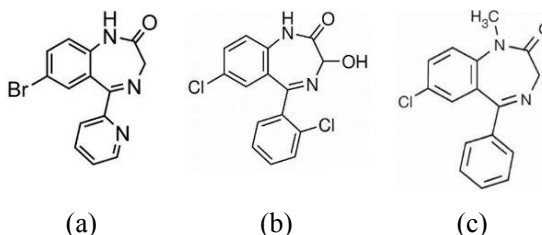
Lj. Ignjatović^{1,*}, N. Đurković¹, I. Sredović Ignjatović²

(1) Univerzitet u Beogradu – Fakultet za fizičku hemiju, Studentski trg 12-16, Beograd, Srbija, (2) Univerzitet u Beogradu – Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, Beograd, Srbija;

*ljignjatovic@ffh.bg.ac.rs

1,4-benzodiazepini predstavljaju grupu lekova, anksiolitika, sedativa i hipnotika, koji su zbog svojih brojnih farmakoloških efekata našli široku primenu u medicini [1]. Prema podacima Instituta za javno zdravlje Srbije „Dr Milan Jovanović Batut”, u periodu od 12 meseci lekove iz grupe anksiolitika, sedativa i hipnotika uzimalo je 22,4 % ispitanika. Manje od 10 % benzodiazepina unetog u organizam se izlučuje u neizmenjenom obliku urinom, a više od 90 % preko njihovih metabolita [1].

Ovim istraživanjem je optimizovana HPLC metoda za određivanje bromazepama, lorazepama i diazepamama u tabletama, smešama u uzorcima rečne vode i u sintetičkom urinu. Strukturne formule ispitivanih 1,4-benzodiazepina prikazane su na slici 1:



Slika 1. Ispitivani 1,4-benzodiazepini: a) bromazepam, b) lorazepam i c) diazepam

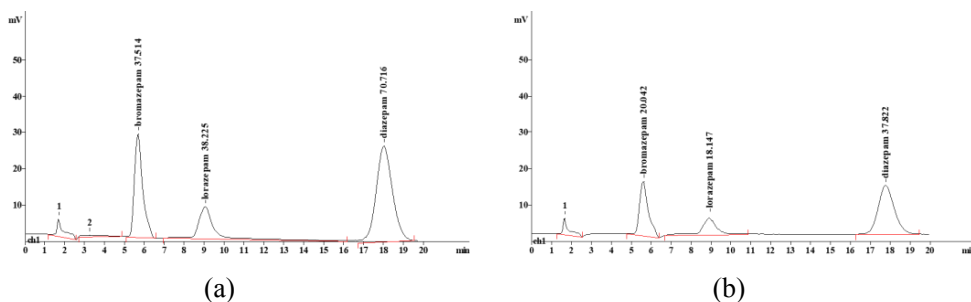
Izvršena je modifikacija postojećih HPLC metoda [2], optimizacija i validacija pri čemu su sledeći uslovi i parametri dali najbolje rezultate: razdvajanje je izvršeno izokratski na Bischoff Prontosil C18 AQ Plus (150 x 4,6 mm, 5 μm, 120 Å) koloni uz eluent 0,05 M vodeni rastvor NH₄H₂PO₄/metanol (50:50, v/v), pH 6,80. Protok eluenta od 1,3 mL/min. je ostvaren pomoću pumpe visokog pritiska (Bischoff HPLC pumpa, 2250) Komponente smeše su detektovane UV detektorom (Bischoff, 1010) na talasnoj dužini od 269 nm, koja je prethodnim spektrofotometrijskim merenjima izabrana kao optimalna za sva ispitivana jedinjenja. Injektovano je 20 μL rastvora uzorka/standarda.

Radni standardni rastvori ispitivanih benzodiazepina (Hemofarm, Vršac) u metanolu (Fluka) su bili u opsegu 1,0 – 50,0 mg/L u kojem je utvrđena linearna zavisnost površine pika (A) i koncentracije (C, mg/L), kao što je prikazano u tabeli 1. Odnos intenziteta signal/šum vrednosti 3 10 dobiven je pri koncentracijama od 0,8 mg/L (granica detekcije) i 3 mg/L (granica kvantifikacije). U tabeli 2 prikazani su rezultati analize realnih uzoraka.

Tabela 1. Kalibracioni podaci ispitivanih 1,4-benzodiazepina

Jedinjenje	Ukupno retenciono vreme (min.)	Jednačina kalibracione prave	Koeficijent korelacije, R
Bromazepam	6,335	$Q=0,963428 \times A-43,2656$	1,0000
Lorazepam	9,522	$Q=1,60822 \times A-77,7321$	0,9999
Diazepam	19,914	$Q=0,872005 \times A+89,6979$	0,9993

Na slici 2 prikazani su hromatogrami smeše ispitivanih jedinjenja u "spajkovanim" uzorcima rečne vode i sintetičkom urinu, pri čemu su uzorci pripremljeni filtriranjem kroz membranski najlonski filter 0,45 µm:



Slika 2. Hromatogrami smeše 1,4-benzodiazepina dodatih u: a) rečnu vodu i b) sintetički urin

Tabela 2: Vrednosti *Recovery*-testa kod ispitivanja 1,4-benzodiazepina u tabletnim formama različitih proizvođača, u rečnoj vodi i sintetičkom urinu

Jedinjenje	Očekivana koncentracija (mg/L)	Izmerena koncentracija (mg/L)			Recovery (%)		
		Tablete (T)	Rečna voda (V)	Sintetički urin (U)	T	V	U
Bromazepam	18,75	19,10	19,45	20,04	102	104	107
Lorazepam	18,75	18,15	17,65	17,20	97	94	92
Diazepam	37,50	37,82	38,50	39,33	101	103	105

Prema zahtevima FDA prihvatljive su vrednosti *recovery* testa za sadržaj aktivnih farmaceutskih supstanci u čvrstim formama prihvatljive vrednosti su od 95 % do 105 %, što znači da predstavljena metoda zadovoljava ovaj zahtev.

Literatura

1. Rudorfer M.V., Potter W.Z. *Drugs* 37 (1989) 713-738.
2. Perez-Lozano P., Garcia-Montoya E., Orriols A., Minarro M., Tico J.R., Sune-Negre J.M.J. *Pharm. Biomed. Anal.* 34 (2004) 979-987.

Development of a method based on solid-phase extraction and ultra-high performance liquid chromatography coupled with mass spectrometry for simultaneous analysis of compounds of emerging concern in water matrices

I. Antić^{1,}, J. Živančev¹, D. Rakić¹, M. Buljovčić¹, N. Đurišić-Mladenović¹*

(1) University of Novi Sad, Faculty of Technology Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1, Novi Sad, Serbia;

** antic@tf.uns.ac.rs*

The contamination of fresh water is a global concern. Continuous release of natural and anthropogenic organic substances, among them compounds of emerging concerns (CECs), into the aquatic environment pose a threat to aquatic organisms and humans. CECs represent the specific organic pollutants not considered under the European Union Directives (e.g. Directive 2013/39/EU) with the exception of substances and/or classes of substances listed under Watch Lists [1]. These compounds include “life-style” products, industrial chemicals, food additives, personal care products, active pharmaceutical ingredients, pesticides in current use, etc. Mass spectrometry in combination with liquid and gas chromatography represents the method of choice for CECs analysis due to the specificity and sensitivity and consequent undoubted identification and quantification with very low method detection limits [2]. For the CECs extraction and efficient reduction of interferences and matrix effects solid-phase extraction (SPE) is the most widely used technique [3].

The aim of this study was the development and validation of sample preparation and instrumental analysis method based on SPE and ultra-high performance liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry (UHPLC-MS/MS) for simultaneous analysis of selected CECs from water. For this purpose, the model water solution containing CECs was prepared - 20 pharmaceutically active compounds belonging to the groups of analgesics and antipyretics, antibiotics, non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs), diuretic drugs as well as 16 pesticides in current use belonging to the group of herbicides, insecticide, fungicides, etc. Sample preparation was based on universal polymeric reversed-phase sorbent (Oasis HLB cartridges, 200 mg) that was developed for the extraction of a wide range of acidic, basic, and neutral compounds from various matrices. Conditioning of SPE cartridges was carried out with methanol (MeOH) and water followed by the application of 200 mL CECs model solution. After the sorbent washing and drying steps, compounds of interest were eluted with 8 mL of MeOH. The eluent was evaporated to dryness and reconstituted in 1 ml of the first gradient phase used for chromatographic separation. For the efficient chromatographic separation of matrix components including CECs, a Hypersil GOLD column (500 mm × 2.1 mm i.d., 1.9 μm particle size) was used. For the chromatographic separation, the used mobile phases were water containing 5 mM ammonium acetate and 0.1% (v/v) formic acid and methanol (without the addition of salts and acids), operated at a flow rate of 400 μL/min. MS detection was performed with a TSQ Vantage™ triple-stage mass spectrometer connected to UHPLC by heated electrospray (HESI) probe operated in both positive and negative ionization modes. Optimization of MS parameters (finding the parent and product masses, collision energies, S-lens) in multiple reaction monitoring (MRM) mode was carried out by direct MS infusion of working standard solutions of each compound at the concentration of 1 μg/mL.

During the method validation the following validation parameters were evaluated, instrumental linearity of calibration curves (R^2), method quantification limits (MQLs), the efficiency of extraction (recovery), and precision (intra- and inter-day precision).

In total, 36 CECs were investigated. Satisfactory instrumental linearity of calibration curves ($R^2 > 0.990$) was obtained for all investigated compounds. Method quantification limits were in the range from 0.20 to 10 ng/L (for the majority of the analytes MQLs were lower than 1 ng/L) which are reliable results for the application of the method for CECs quantification in environmental matrices [3]. For 25 compounds the efficiency of extraction was in the range from 60 to 120 % while only 5 compounds showed an efficiency of extraction lower than 20 %. The lower recoveries for some compounds were expected as the model water solution consisted of CECs belonging to the different classes of pharmaceutically active compounds and pesticides with different physicochemical properties. This is clearly visible by observing the retention times of compounds which were in the range from 1.09 (for the most polar compound) to 4.70 min (for the most nonpolar compound). Repeatability and reproducibility of the method were proved as the intra- and inter-day precision was in all cases lower than 15 %.

Based on the obtained results, the developed method can be used for selected CECs determination in water matrices as the validation parameters were in the same range as the previously published results from similar studies. Additionally, the validation parameters must be checked by analysis of real water samples (surface and wastewaters) spiked with CECs where the influence of matrix components is more pronounced than in ultra-pure water used for the preparation of the CECs model solution.

References

1. Sousa, J.C.G., Ribeiro, A.R., Barbosa, M.O., Fernando, M., Pereira, R., Silva, A.M.T. *J. Hazard. Mater.* 344 (2018) 146-162.
2. Farré, M., Kantiani, L., Petrović, M., Pérez, S., Barceló, D. *J. Chromatogr. A* 1259 (2012) 86-99.
3. Petrović, M., Škrbić, B., Živančev, J., Ferrando-Climent, L., Barcelo, D. *Sci. Total Environ.* 468–469 (2014) 415-428.

Acknowledgement - Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or EU executive agency. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them. This study is conducted under the project TwiNSol-CECs that has received funding from Horizon Europe programme under grant agreement no.101059867.

Sustainable and cost-effective production of drinking water from eutrophic and micro-polluted water using a membrane hybrid process

M. Bogunović^{1,}, N. Khakimova², D. Denizer³, L. Landwehrkamp³, J. Simeunović², I. Ivančević-Tumbas¹ and S. Panglisch^{3,4,5,6}*

(1) University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, Trg Dositeja Obradovića 3, Novi Sad, Serbia, (2) University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Biology and Ecology, Trg Dositeja Obradovića 3, Novi Sad, Serbia, (3) Chair for Mechanical Process Engineering and Water Technology, University of Duisburg-Essen, Lotharstr. 1, Duisburg, Germany, (4) IWW Water Centre, Moritzstraße 26, Mülheim an der Ruhr, Germany, (5) DGMT German Society for Membrane Technology e.V., Universitätsstr. 2, Essen, Germany, (6) Centre for Water and Environmental Research (ZWU), Universitätsstr. 2, Essen, Germany;

**minja.bogunovic@dh.uns.ac.rs*

The contamination of water bodies with micropollutants that cannot be removed by conventional wastewater treatment and the occurrence of algal blooms caused by nutrient emissions to water bodies pose challenges to drinking water supplies. Thus, micropollutants are now ubiquitous, and their presence in aquatic environment has been documented in numerous studies [1]. Drinking water treatment techniques such as flocculation, sand filtration and chlorination can if at all only partially remove micropollutants [2] and activated carbon filtration and/or ozonation are recommended. The so-called “hybrid process” in which ultrafiltration (UF) is coupled with the dosage of powdered activated carbon (PAC), offers an innovative solution for provision of hygienically safe water and for the removal of micropollutants and algae toxins in just one process. The benefits of this UF/PAC process become even more evident when new, environmentally friendly adsorbents produced from water treatment residues are used instead of regular PAC, and when it is additionally combined with flocculation to remove phosphorus. Implementation and optimization of this process is the main objective of a joint project titled “Sustainable and cost-effective production of drinking water from eutrophic and micro-polluted water using a membrane hybrid process” realized by the teams of the University of Duisburg-Essen (Germany), Department of Process Engineering/Water Technology and the University of Novi Sad, Faculty of Sciences (Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection and Department of Biology and Ecology).

In order to optimize the UF/PAC process also for the removal of algae and algal toxins, the Serbian partners have started to survey algal populations in various Serbian freshwater resources to determine the predominant algal groups.

Seasonal monitoring of algal genera in three Serbian surface waters (Vrutci, Čelije and Bovan reservoirs) was performed. It was found that potentially problematic, mostly unicellular and colonial algae (*Bacillariophyta* and *Chlorophyta*) are present in Bovan and Čelijereservoirs, while in Vrutcireservoir mostly filamentous *Cyanophyta* are found. The relative abundance of microalgae fluctuated during the seasons, with the highest number of cells and individuals observed in all studied reservoirs in summer.

At the same time, the German partners are conducting laboratory-scale research on the production of environmentally friendly PAC by thermal activation of drinking water treatment sludge. Table 1 shows the characteristics of two examples of PACs produced from different drinking water treatment plant sludges in a laboratory rotary kiln under different conditions. Further types of eco-friendly PAC are currently in preparation. In addition, an iron-based pre-polymerized flocculant just developed is being tested to establish a new, innovative UF/eco-friendly-PAC/flocculation hybrid process.

Table 1. Characteristics of self-made eco-friendly PAC

Raw material	Activation temperature (°C)	Particle size (median value), µm	C content, %	H content, %	N content, %
Potato starch flocculated sludge	600	4.77	11	1.42	1.15
Potato starch flocculated sludge	950	5.09			
Potato starch flocculated sludge	600 and 850	9.58			
Iron containing flocculant sludge	600	10.14	5.3	1.51	0.18
Iron containing flocculant sludge	950	3.70			
Iron containing flocculant sludge	600 and 850	6.11			

The oral presentation will present data of the new hybrid process performance for the treatment of water contaminated by the selected algal groups in lab scale. Further on elimination data of micropollutants from synthetic eutrophic water made in lab will be presented.

References

1. Ternes T.A., Richardson S.D. *Anal. Chem.* 90 (2018) 398-428.
2. Nam, S.-W., Jo, B.-I., Yoon, Y., Zoh, K.-D. *Chemosphere* 95 (2014) 156-165.

Acknowledgment - This research is funded from German federal budget by the DLR Project Management Agency acting on behalf of Federal Ministry for Education and Research (Bundesministerium für Bildung und Forschung-BMBF), grant number 01DS21012A, funding period 01.06.2021-31.05.2024.

Can Portable X-ray fluorescence spectroscopy (PXRF) be applied to analysis of TiO₂ in food samples?

I. Djekić¹, V. Rakić¹, N. Smigic¹, S. Lević¹, J. Orlić², K. Ilijević^{2,*}

(1) Faculty of Agriculture, University of Belgrade, Belgrade, Serbia, (2) Faculty of Chemistry, University of Belgrade, Belgrade, Serbia;

*kilijevic@chem.bg.ac.rs

Titanium dioxide (TiO₂) is also known as E171, as defined in the list of additives [1]. Based on the latest EU Regulation, after the six-month transition period (February 7, 2022 – August 7, 2022), TiO₂ is not allowed to be used in any type of food [2]. TiO₂ in the form of nanoparticles has been used as food colorant and color enhancer for white color in many food products, or to increase the brightness of processed foods.

Portable X-ray fluorescence spectroscopy (PXRF) is an analytical technique which is non-destructive, fast and relatively inexpensive. Another important advantage of XRF methods is that they can measure concentrations of analyzed elements regardless of the type of compound that contains them. PXRF can be applied in standardless mode, but it is not often used for analysis of food samples. Can this method be applied to food samples and what are its limitations?

In order to estimate suitability of PXRF for quantification of TiO₂ in food, 2 types of fillings, chocolate based and vanilla based were spiked with TiO₂. Concentration of TiO₂ in the samples ranged from 0.00 to 0.75 g/kg.

Measured concentrations of TiO₂ were compared with theoretical (declared) concentrations based on known amount of TiO₂ added to the fillings. Parameters of linear regression which was used as tool for the comparison are given in Table 1.

Coefficient of determination (R Square – Table 1.) ranges from 0.9912 to 0.9999 which represents excellent correlation between measured and expected values. Intercept between regression line and Y axis is close to zero, while high P values (0.47 or higher) indicate that none of them is statistically significant. These results confirm good reproducibility of TiO₂ measurements.

Table 1. Linear regression parameters for comparison of measured with expected values of TiO₂ in food samples

	a coef.	P-value	Intercept	P-value	R Square
chocolate based 1	0.71	0.0044	0.0035	0.8885	0.9912
chocolate based 2	0.70	0.0016	0.0115	0.4732	0.9967
vanilla based 1	0.79	0.0000	0.0012	0.6258	0.9999
vanilla based 2	0.79	0.0009	0.0095	0.4904	0.9981

P values for regression coefficients (a coef. – Table 1) are either lower than 0.01 or even 0.001 which shows that regression is statistically significant, therefore, there is strong connection between amount of TiO₂ in the sample and the signal measured by the instrument.

Results demonstrate that PXRF can be used as the method for fast, easy and precise measurement of TiO₂ in food samples, but they also raise further questions. Regression coefficients should ideally be equal to the value of a=1. Nevertheless, in our research they ranged between a=0.70 and a=0.79, which implies that the method contains the source of systematic error. Further research should be performed in order to better understand its nature.

Measurements were also highly precise and analysis of linear regression residuals implies that method might successfully applied even to significantly higher concentrations.

It can be concluded that PXRF can be successfully applied to the measurement of TiO₂ in food samples, which might bring significant savings in time and resources, since this technique does not require sample digestion, nor repeated calibration of the instrument. On the other side, large systemic error was observed, therefore it is necessary to validate PXRF method prior to the introduction of any new matrix.

References

1. Regulation (EU) 2008/1333 of 16 December 2008 on food additives. In O. J. o. t. E. Communities (Ed.), OJ L 354 (Vol. 2008/1333, pp. 1–19). Brussels, Belgium: European Commission.
2. Regulation (EU) 2022/63 of 14 January 2022.
3. Winkler, H. C., Notter, T., Meyer, U., Naegeli, H. *J. Nanobiotechnol.* 16 (2018) 1-19.

Acknowledgment– This research was supported by Faculty of Chemistry University of Belgrade, Faculty of Agriculture University of Belgrade, Serbian Environmental Protection Agency and Ministry of Science, Technological Development and Innovation of Republic of Serbia (Contract numbers: 451-03-47/2023-01/200168 and 451-03-47/2023-01/200116).

Biomass based materials for a toxic free environment

S. Maletić^{1,}, M. Kragulj Isakovski¹, J. Beljin¹, T. Apostolović¹, N. Đukanović¹, S. Rakanović¹, S. Rončević¹*

(1) University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Trg Dositeja Obradovića 3, Novi Sad, Republic of Serbia;

**snezana.maletic@dh.uns.ac.rs*

Globally valuable resources are continuously lost through waste streams. Therein, carbon-based wastes such as biomass residues and biosolids can emit substantial amounts of greenhouse gases if landfilled or burned off. Thus, strategies to utilize these resources following concepts of circular economy are urgently needed. There is a wide pool of such resources: anaerobic digestate, manure, sewage sludge, compost, as well as biochar. These organic materials can be potentially widely used in different fields: (1) products for environmental applications; (2) organic soil amendments as source and/or a sink of nutrients, (3) for the remediation of organic and inorganic pollutants etc. Application as soil amendments is of high importance since current agricultural practices result in harmful environmental effects, including three key problems: deterioration of soil as a key non-renewable resource in our lifetime, groundwater pollution, and increasing agricultural residues [1]. It is estimated that (i) 83 % of EU arable soils, and consequently most of the groundwater is contaminated with residual pesticides at the level which put soil and ecosystem services at risk; (ii) in 65-75 % of agricultural soils, nitrogen and phosphorus cycles have exceeded their safe operating space, respectively by a factor of 3.3 and 2, resulting in diffuse pollution of terrestrial, aquatic and atmospheric ecosystems; (iii) arable soils are losing soil organic matter at a rate of 0.5 % per year which is associated with the reduction of soil fertility and productivity and an increase in greenhouse gas emissions and vulnerability against climate change [1] These organic amendments could affect soil structure, element cycling, and nutrient composition in the soil. They can be valuable and/or a sink of nutrients. However, organic amendments often contain a range of pollutants, including heavy metals, persistent organic pollutants, potential human pathogens, and emerging pollutants such as pharmaceuticals. Additionally, the introduction of microplastics to soil, via the application of organic amendments (mainly, sewage sludge), is a topic of much relevance [2]. Therefore, development of efficient strategies to mitigate the risks associated to the application of organic amendments to soil, while benefiting from their numerous advantages is needed.

References

1. Directorate-General for Research and Innovation (European Commission). Caring for Soil Is Caring for Life.; (2020).
2. Ura, J., Alakorta, I., Garbisu, C., *Agronomy* 9 (2019) 542.

Acknowledgment - Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or European Research Executive Agency (REA). Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them. GA No. 101059546.

Per- i polifluorovana jedinjenja, „večne hemikalije” (ili možda ne)**Per- and Polyfluorinated Substances, 'forever chemicals' (or maybe not)**

K. Kasalica¹, B. Jimenez², A. Yamamoto³, H. Inui⁴, M. Lješević¹, N. Radić¹, G. Gojgić-Cvijović¹, L. Slavković Beškosi⁵, J. Radulović⁵, T. Nakano⁶, V.P. Beškosi^{7,}*

(1) University of Belgrade - Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy, Njegoseva 12, Belgrade, Serbia, (2) Institute of Organic Chemistry (IQOG-CSIC), Juan de la Cierva 3, 28006, Madrid, Spain, (3) Tottori University of Environmental Studies, Tottori, Japan, (4) Biosignal Research Center - Kobe University, Japan, (5) Anahem laboratory ltd, Mocartova 10, Serbia, (6) Osaka University, Japan, (7) University of Belgrade-Faculty of Chemistry, St. trg. 12, Serbia;

**vbeskoski@chem.bg.ac.rs*

Danas se u životnoj sredini mogu pronaći brojna hemijska jedinjenja koja je stvorio čovek u svojim laboratorijama. Ideja vodilja sredinom dvadesetog veka je bila kreirati jedinjenja kvalitetnih osobina koja će dugo imati upotrebnu vrednost a samim tim i dugo trajati. Neka od tih jedinjenja su danas prepoznata i kao „večne hemikalije”. Per- i polifluorovana jedinjenja (PFAS) su grupa sintetičkih hemijskih jedinjenja koja poseduju C-F, najjaču kovalentnu vezu. Zbog hemijske strukture koja im omogućava stabilnost na povišenim temperaturama, otpornost na niske pH vrednosti kao i visoku površinsku aktivnost, ova jedinjenja su u vidu različitih formulacija već nekoliko decenija našla široku primenu u brojnim potrošačkim proizvodima. Međutim, PFAS su poslednje dve decenije otkriveni u vodi, zemljištu, sedimentu, vazduhu, hrani i uzorcima biote na svim kontinentima, što prepoznato kao rizik za životnu sredinu i zdravlje ljudi [1]. Zbog ovoga su u poslednjoj deceniji intenzivno testirane postojeće tehnologije za sanaciju i remedijaciju poput adsorpcije, filtracije, termalne destrukcije, oksidacije/redukcije kao i pranje zemljišta. Ipak, opisani su i brojni nedostaci ovih tehnologija [2].

Hipoteza naše studije je bila da će primenom naprednih oksidacionih tehnika praćenih tretmanom mikroorganizmima doći do smanjenja koncentracije PFOA kao model jedinjenja PFAS. Abiotička i biotička degradacija PFOA je u početnoj studiji testirana nezavisno. Za kvantitativnu analizu smanjenja PFOA upotrebljena je ciljana (targeted) LC-MS/MS, a za detekciju proizvoda razgradnje korišćena je neciljana (untargeted) LC-MS/MS analiza.

U studiji fotokatalize upotrebljeni su odabrani fotokatalizatori na bazi Ti i Al. Eksperimenti su realizovani na 20 °C u otvorenom cilindričnom polipropilenskom reaktoru, a kao izvor svetlosti korišćena je lampa koja simulira sunčevo zračenje.

Naša prethodna istraživanja su ukazala da mikroorganizmi izolovani iz sedimenta zagađenim ovim jedinjenjima imaju potencijal da opstanu u ovim uslovima [3]. U ovoj studiji, mikrobne zajednice su izolovane sa lokacija u Srbiji, Japanu i Italiji koje su poznate po zagađenju PFAS-om, a obogaćivanje je obavljeno na tečnim podlogama sa PFOA u ppm vrednostima. Mikrobne zajednice ali i pojedinačni izolati su upotrebljene kao inokulum u studiji biorazgradnje PFOA.

Rezultati fotodegradacija PFOA pomoću fotokatalizatora na bazi Ti i Al ukazuju na smanjenje koncentracije između 50 i 80 % u zavisnosti od upotrebljenog katalizatora. Na osnovu neciljane analize, detektovani su homolozi kraćih lanaca u poređenu sa PFOA. Koncentracija ovih jedinjenja se povećava tokom fotokatalize, što je praćeno smanjenjem početnog model jedinjenja. Fluoridni joni detektovani su jon-selektivnom elektrodom i jonskom hromatografijom. Pored toga, detektovano je polifluorovano jedinjenje sa m/z 395 kao kontaminacija standardne upotrebene hemikalije. Detektovano je smanjenje koncentracije ovog jedinjenja, što sugerise da je primenjena tehnologija aktivna ne samo na per- već i na polifluorovana jedinjenja.

U studiji biorazgradnje, izmereno je smanjenje koncentracije PFOA u rasponu od 21 do 36 % korišćenjem najaktivnijih mikrobnih konzorcijuma.

Naši rezultati su potvrdili da je fotokataliza uz upotrebu odgovarajućih fotokatalizatora metoda koja može da omogući smanjenje koncentracije PFOA u vodenim rastvorima, kao i da mikroorganizmi izolovani iz sredine zagađene PFAS hemikalijama ne samo da mogu da prežive u ovom oštrm okruženju, već mogu da doprinesu i razgradnji ovih hemikalija pod određenim uslovima. Dalje studije će se fokusirati na optimizaciju i kombinaciju ovih tehnika, što bi u narednoj fazi omogućilo skaliranje do nivoa pilota.

Literatura

1. Carlson, L.M., Angrish, M., Shirke, A.V., Radke, E.G. Schulz, B. Kraft, A., Judson, R., Patlewicz, G., Blain, R., Lin, C., Vetter, N., Lemeris, C., Hartman, P., Hubbard, H., Arzuaga, X., Davis, A., Dishaw, L.V., Druwe, I.L., Hollinger, H., Jones, R., Kaiser, J.P., Lizarraga, L., Noyes, P.D., Taylor, M., Shapiro, A.J., Williams, A.J. Thayer, K.A. *Environ. Health Perspect.* 130(5) (2022) 56001.
2. Bolan, N., Sarkar, B., Yan, Y., Li, Q., Wijesekara, H., Kannan, K., Tsang, D.C.W., Schauerte, M., Bosch, J., Noll, H., Ok, Y.S., Scheckel, K., Kumpiene, J., Gobindlal, K., Kah, M., Sperry, J., Kirkham, M.B., Wang, H., Tsang, Y.F., Hou, D., Rinklebe, J. *J. Hazard. Mater.*, 401 (2021) 123892.
3. Beškoski, V.P., Yamamoto, A., Nakano, T., Yamamoto, K., Matsumura, C., Motegi, M., SlavkovićBeškoski, L., Inui, H. *Sci. Total Environ.* 636 (2018) 355–359.

Zahvalnica -



PFAStwin project, GA No 101059534, Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author only and do not necessarily reflect those of the European Union or European Research Executive Agency. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

PFAStwin projekat, GA No 101059534, finansiran od strane Evropske unije. Izneti stavovi i mišljenja su, međutim, samo stavovi autora i ne odražavaju nužno stavove Evropske unije ili Evropske izvršne agencije za istraživanje. Za njih se ne može smatrati odgovornim ni Evropska unija ni organ koji dodeljuje sredstva.

Mikrobiološka degradacija bis (2-hidroksietil)-tereftalata**Microbial degradation of bis (2-hydroxyethyl) terephthalate**

M. Lješević^{1,*}, B. Lončarević¹, K. Joksimović¹, A. Žerađanin¹, B. Pantelić², G. Gojgić-Cvijović¹, V. Beškoski³, J. Nikodinović-Runić²

(1) Univerzitet u Beogradu, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Njegoševa 12, Beograd, Srbija, (2) Univerzitet u Beogradu, Institut za molekularnu genetiku i genetičko inženjerstvo, Vojvode Stepe 444a, Beograd, Srbija, (3) Univerzitet u Beogradu, Hemijski fakultet, Studentski trg 12-16, Beograd;

*marija.ljesevic @ihtm.bg.ac.rs

Proizvodnja plastike i zamena staklene i keramičke ambalaže plastičnim materijalima doveli su do nagomilavanja plastičnog otpada. Neophodno je naći povoljan sistem za degradaciju plastičnog otpada, bez nastanka toksičnih produkata ili dodatnog zagađenja životne sredine. Polietilen-tereftalat (PET) je jedan od najčešće proizvedenih plastičnih polimera. Proizvodnja PET-a započinje esterifikacijom tereftalne kiseline i etilen glikola, pri čemu nastaje bis-(2-hidroksietil)-tereftalat (BHET), koji se dalje polikondenzuje do polimera. U poslednje vreme, BHET se često koristi kao model jedinjenje za identifikovanje novih biokatalizatora za degradaciju PET-a [1,2].

Cilj ovog rada bio je ispitivanje mehanizma degradacije BHET-a pomoću mikroorganizama.

U preliminarnom testu na čvrstim podlogama, kapacitet za degradaciju BHET-a je testiran kod stotinak mikroorganizama, nakon čega su odabrani najefikasniji sojevi, koji su identifikovani sekvenciranjem gena za 16s rRNK. Dalje, ispitivana je degradacija u tečnoj podlozi gde je BHET bio glavni izvor ugljenika. Eksperiment je trajao 7 dana, a degradacija je praćena nakon drugog, petog i sedmog dana upotrebom tačne hromatografije (HPLC). Kao najefikasniji sojevi pokazali su se pripadnici roda *Pseudomonas*. Oni su u potpunosti transformisali BHET do različitih intermedijera.

Rezultati su pokazali da ispitivani sojevi mogu da transformišu BHET, korišćenjem najmanje dva različita puta, pa će se naredni eksperimenti usmeriti na identifikaciju intermedijera degradacije. Takođe, radi optimizacije degradacije, ispitivaće se simbiotsko i sinergističko dejstvo različitih konzorcijuma, kako bi se obezbedila potpuna degradacija ovog model jedinjenja.

Literatura

1. Qiu, L., Yin, X., Liu, T., Zhang, H., Chen, G., Wu, S., *J. Basic Microbiol.* 60 (2020) 699-711.
2. Djapovic, M., Milivojevic, D., Ilic-Tomic, T., Lješević, M., Nikolaivits, E., Topakas, E., Maslak, V., Nikodinovic-Runic, J., *Chemosphere* 275 (2021) 130005.

ENVIROCHEM2023

Zahvalnica - Sredstva za realizaciju istraživanja obezbedilo je Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Evidencioni broj: 451-03-68/2022-14/200026 i 451-03-68/2022-14/200168) i Evropska Unija u okviru Horizon 2020 programa za istraživanje i inovaciju (broj 870292, BioICEP).

Egzopolisaharidi mikroorganizama koji mogu da degraduju BHET: Optimizacija produkcije

Exopolysaccharides from microorganisms which degrade BHET: Optimization of production

B. Lončarević^{1,}, M. Lješević¹, K. Joksimović¹, A. Žerađanin¹, G. Gojgić-Cvijović¹, V. Bešković², J. Nikodinović-Runić³*

(1) Univerzitet u Beogradu, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Njegoševa 12, Beograd, Srbija, (2) Univerzitet u Beogradu, Hemijski fakultet, Studentski trg 12-16, Beograd, (3) Univerzitet u Beogradu, Institut za molekularnu genetiku i genetičko inženjerstvo, Vojvode Stepe 444a, Beograd, Srbija;

**branka.loncarevic@ihm.bg.ac.rs*

Niska cena i jednostavna proizvodnja sintetičkih plastičnih materijala dovela je do njihove raširene upotrebe za različita pakovanja, građevinarstvo, automobilsku i elektronsku industriju i izradu proizvoda za domaćinstva. Zbog toga se proizvodnja plastike u poslednjih pola veka povećala 20 puta [1]. Najviše se koristi polietilen tereftalat (PET), a procenjeno je da je njegova proizvodnja 2022. godine dostigla 87,17 miliona kubnih metara. Visoka otpornost PET-a, koja se ranije smatrala prednošću, danas dovodi do nekontrolisanog nagomilavanja otpada u brojnim ekosistemima na planeti [2]. Bis-(2-hidroksietil)-tereftalat (BHET) je komercijalni monomera strukturom sličnom jezgru PET-a, pa se široko koristi u ispitivanjima biodegradacije PET-a, jer je pokazano da pojedini mikroorganizmi imaju sposobnost da ga degraduju [3]. Osim mogućnosti razgradnje različitih štetnih jedinjenja, mikroorganizmi mogu da proizvode i egzopolisaharide (EPS), kao odgovor na različite selektivne pritiske životne sredine. EPS su zbog svojih fizičko-hemijskih svojstava našli primenu u farmaceutskoj, hemijskoj i prehrambenoj industriji [4].

Cilj ovog rada bio je selektovati mikroorganizme koji mogu da razgrade BHET kao model jedinjenje za ispitivanje degradacije plastičnog otpada na bazi PET-a i sa visokim prinosom proizvode EPS.

Sposobnost degradacije BHET-a ispitivana je na 100 bakterijskih izolata, pomoću čvrstih podloga sa BHET-om kao glavnim izvorom ugljenika. Potom je selektovano 7 sojeva sa najširim zonama prosvetljenja, koji su korišćeni za produkciju EPS-a u tečnim podlogama sa saharozom. Nakon fermentacije i odvajanja biomase, EPS su taloženi dvostrukom zapreminom etanola i njihova količina je određena gravimetrijskom metodom [5]. Masa dobijenih EPS varirala je od 2,4 – 33,7 g/L, a odabran je soj sa visokom produkcijom za dalje eksperimente. Pošto mikrobna produkcija polisaharida veoma zavisi od uslova fermentacije, ispitivan je uticaj pet faktora na prinos: temperature, aeracije, pH, količine saharoze i različitih izvora azota. Rezultati su pokazali da najoptimalnija podloga za dobijanje visokog prinosa EPS-a sadrži ekstrakt kvasca (izvor azota), 100 g/L saharoze (izvor ugljenika), a pH vrednost joj je 7.

Budući ekperimenti će biti usmereni na ispitivanje interakcija između ključnih faktora na proizvodnju EPS-a, radi naprednije optimizacije procesa i povećanja prinosa.

Literatura

1. Taniguchi, I., Yoshida, S., Hiraga, K., Miyamoto, K., Kimura, Y., Oda, K. *ACS Catal.* 9 (2019) 4089-4105.
2. Urbanek, A., Kosiorowska, K., Mirończuk, A. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 9 (2021) 1-15.
3. Qiu, L., Yin, X., Liu, T., Zhang, H., Chen, G., Wu, S. J. *Basic Microbiol.* 60 (2020) 699-711.
4. Altes, O. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 3 (2015) 1-15.
5. Kekez, B., Gojic-Cvijovic, G., Jakovljevic, D., Stefanovic Kojic, J. Markovic, M., Beskoski, V. *Appl. Biochem. Biotech.* 175 (2015) 3068-3083.

Zahvalnica - Sredstva za realizaciju istraživanja obezbedilo je Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Evidencioni broj: 451-03-68/2022-14/200026 i 451-03-68/2022-14/200168) i Evropska Unija u okviru Horizon 2020 programa za istraživanje i inovaciju (broj 870292, BiolCEP).

Zelena hemija u primeni - kakve su perspektive?**Green Chemistry in real life - what is the outlook?**

B. Radak^{1}, V. Beškoski²*

(1) Centar za čistiju proizvodnju Srbije, Univerzitet u Beogradu – Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, Srbija, (2) Univerzitet u Beogradu - Hemijski fakultet, Beograd, Srbija;

**bojanradak57@gmail.com*

O zelenoj hemiji (ZH), odnosno njenim principima, govori se već 25 godina. Sve u superlativima. Ipak, povremeno deluje da je primena ovih principa u praksi „nešto drugo” i da će sve uglavnom ostati u akademskoj sferi, a u praksi ideal kojem se večno teži. Ali, možda smo nestrpljivi. Možda je promena moguća samo postepeno. Možda se i dešava, a nismo toga svesni.

Još od prve ideje i postavljenih principa 1998. g. [1], pored Univerziteta Jejl (Yale) [2], mnogi stručni i univerzitetski centri su formirali svoje preporuke za nastavne programe, uključujući i cenjena stručna društva kao što su ACS (Američko hemijsko društvo) [3] i RSC (Kraljevsko hemijsko društvo Velike Britanije) [4]. Kod nas oni postoje već desetak godina (Univerziteti u Beogradu, Novom Sadu i Kragujevcu). Takođe, sve je veći broj tematskih kurseva, jednodnevnih i višednevnih, koji se održavaju širom sveta o ovom „novom pogledu” na industriju, zato što raste svest o činjenici da dosadašnji pristup nije više održiv. Ovome pomaže organizacija Ujedinjenih nacija i njene agencije, pre svega UNIDO i UNDP, organizovanjem finansijske podrške tim naporima.

Četiri glavna faktora utiču na primenu ZH u praksi: (1) svest o potrebi, (2) zakonska regulativa, (3) inovacije i (4) edukacija.

Svest o potrebi raste, te se pojam „zelena hemija” ili „održiva hemija” (odomaćeno u Evropi) sve više spontano uklapa u kontekste i programe održive privrede, čistije proizvodnje, cirkularne ekonomije, itd. Čak i u današnje krizno vreme, 73 % potrošača smatra da treba preduzimati aktivnosti na zaštiti životne sredine, a 36 % će birati proizvod od brenda koji podržava njihova uverenja u tom kontekstu [5]. Ova svest utiče na tržište, a time i na ekonomski kurs kompanija. Tako se može konstatovati stalni rast investicija u tzv. zelene tehnologije, iako se ogromna većina njih fokusira na energetiku, gde je rast skoro eksplozivno (u milijardama USD): 2013.g. 0,42; 2019.g. 16,1; 2021.g. 87,5 [6].

Zakonska regulativa je do sada pokazala solidnu uspešnost na globalnom nivou, recimo u oporavku ozonskog sloja atmosfere zabranom CFC [7]. Zabrane se ubrzano množe (Minamata, Stokholmska konvencija, REACH, itd.), ali teško održavaju korak sa „dovijanjem” kompanija koje stalno pronalaze nova još nezabranjena jedinjenja. Zato je u Evropi uvedena stalna aktivnost praćenja neispitanih hemikalija potencijalnih kandidata za zabranu CoRAP, što donekle ublažava situaciju i pravovremeno upozorava proizvođače. „Meki” doprinos čine nezavisne organizacije civilnog društva koje dodatno stvaraju atmosferu takmičenja među kompanijama u dostizanju zelenih standarda (npr. ChemSec).

Glad za inovacijama u ovoj oblasti je ogromna, jer pristup je potpuno nov i dosadašnjim rešenjima treba naći zamenu. Figurativno rečeno, od 6 miliona potrebnih rešenja imamo možda hiljadu ili dve. Iz saradnje Yale-UNIDO stvoren je i kompendijum nekih tehnoloških rešenja [7], ali to je samo početak, nekoliko stotina svetlih primera objavljenih kao uzor i podstrek.

Takođe, nije dovoljno imati „stručnjake za zelenu hemiju” koji će davati konsultantske usluge stručnjacima koji rade „po starom”. Potrebno je da svi stručnjaci od početka stiču obrazovanje kako se razmišljalo „po starom”, a kako treba razmišljati „po novom”.

Na kraju, potrebno je da svi mi, od malih nogu, stičemo ova nova znanja i pristupe. Zato što je potrebno da menjamo svoj pogled na svet i način života, jer tu je glavni resurs za promenu. Da li smo spremni? Ne bi to bilo samo sortiranje otpada, štednja energije, torba umesto jednokratne kese i slično. Da li smo spremni da se odrekemo posedovanja stvari? Veliki broj stvari ne moramo da posedujemo da bismo ih koristili. Od tepiha i bicikla do već mašine i automobila. Odeća? Modna industrija učestvuje sa do 4 % emisija na svetskom nivou (za poređenje - proizvodnja cementa sa 8 %). Ako pomislimo da ne možemo, treba samo da se setimo da ima stvari koje već koristimo, a ne posedujemo ih kao nekad. Veliki kapital ima svoje mišljenje koje treba uzeti u obzir, ali i sa rezervom [8]. Ipak, preslišajmo se. Mislimo o tome.

Literatura

1. Anastas, P.T., Warner J.C. *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press, 1998 (2000).
2. Beyondbenign – green chemistry education, (beyondbenign.org/curriculum_topic/he-green-chemistry)
3. American Chemical Society, (acs.org/content/dam/acsorg/about/governance/committees/training/acsapproved/degreeprogram/green-chemistry-in-the-curriculum-supplement.pdf)
4. Royal Society of Chemistry (rsc.org/globalassets/22-new-perspectives/sustainability/sustainability-curriculum/green-shoots-a-sustainable-chemistry-curriculum-for-a-sustainable-planet.pdf)
5. Growth from Knowledge, GfK Consumer Life Global Report 2022, (www.gfk.com/products/gfk-consumer-life)
6. Forbes, (forbes.com/sites/forbesfinancecouncil/2022/12/02/four-trends-in-green-technology-and-venture-investment/?sh=38e60bc94f63)
7. The Global Green Chemistry Initiative (global-green-chemistry-initiative.com/technology-compendium)
8. <https://www.weforum.org/agenda/2016/11/8-predictions-for-the-world-in-2030/>

Zahvalnica - Istraživanja je finansiralo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Evidencioni broj: 451-03-68/2022-14/200168).

Vezivanje ugljenika u zemljištu, studija slučaja na černozeu Soil carbon sequestration, a case study on Chernozem

J. Ninkov^{1,*}, S. Jakšić¹, W. Vogt-Kaute², A. Urankar³, M. Živanov¹, M. Đan⁴, S. Milić¹

(1) Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Institut od nacionalnog značaja za republiku Srbiju, Maksima Gorkog 30, Novi Sad, Srbija, (2) Naturlande.V. – Association for Organic Agriculture, KleinhadernerWeg 1, Graefelfing, Germany, (3) Kmetijski inštitut Slovenije/Agricultural Institute of Slovenia, Hacquetova ulica 17, Ljubljana, Slovenia, (4) Prirodno matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 3, Novi Sad, Srbija;

*jordana.ninkov@ifvcns.ns.ac.rs

Klimatske promene, degradacija zemljišta i gubitak biodiverziteta predstavljaju sve veće pretnje za čovečanstvo, a zaštita zemljišta ima ključnu ulogu u njihovom rešavanju [1]. Jedan od načina za smanjenje koncentracije ugljenika u atmosferi i ublažavanje efekata klimatskih promena je proces vezivanja ugljenika u zemljištu, poznat i kao sekvencijacija. Ovaj proces podrazumeva skladištenje organskog ugljenika iz ostataka biljaka u zemljište, sintezom i mineralizacijom zemljišne organske materije (OM) [2]. Iako je ovaj proces relativno spor, organskog ugljenika ima više u površinskom sloju zemljišta nego u atmosferi i nadzemnoj vegetaciji zajedno. Nažalost, procenjeno je da je skoro polovina svetskog fonda zemljišta degradirana u nekom obliku, što predstavlja ozbiljan izazov u održavanju procesa vezivanja ugljenika [3]. Organska materija je ključna za plodnost i normalne funkcije zemljišta. Pored toga što je izvor hraniva za biljke, čuva strukturu zemljišta, sprečava eroziju, povećava sposobnost zemljišta da zadrži vodu, održava biodiverzitet i utiče na sudbinu zagađujućih materija. Stoga međunarodna zajednica intenzivno radi na istraživanju i promociji praksi koje doprinose očuvanju organske materije u zemljištu [4].

U cilju proučavanja uticaja poljoprivrednih praksi na sadržaj organske materije u zemljištu tipa černozeu, uzorkovano je ukupno 50 uzoraka zemljišta, tokom maja meseca 2022. godine. Zemljište je uzorkovano sa dubine 0-30 cm, u pet ponavljanja, na dva lokaliteta: Rimski Šančevi - 30 uzoraka (karbonatni černozeu, udeo peska 39-61 %) i Futog - 20 uzoraka (karbonatni černozeu, sa većim udelom peska 63-80 %). Na lokalitetu R. Šančevi, zemljište je posmatranou sledećim sistemima gajenja: konvencionalna obrada (kukuruz i soja), redukovana obrada (kukuruz i pšenica). Na lokalitetu Futog zemljište je posmatrano u sistemu konvencionalne obrade (kukuruz i pšenica). Za svaki lokalitet uzetisu uzorci kontrola iz neposrednih šuma, sa zemljišta koja već nekoliko decenija nisu bila pod antropogenim uticajem obrade (15 uzoraka). Uzorci su analizirani u Laboratoriji za zemljište i agroekologiju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Laboratoriji akreditovanoj po standardu SRPS ISO/IEC 17025:2017 i ovlašćenou za ova ispitivanja. Sadržaj organske materije je određen oksidacijom organskog ugljenika sa $K_2Cr_2O_7$ (metod po Tjurin-u). Ukupni azot je određen suvim spaljivanjem elementalnom analizom, prema metodi AOAC 972.43, kao i ukupni organski ugljenik (TOC) prema metodi ISO 10694:2005. C/N odnos je dobijen računski. Kapacitet katjonske izmene (CEC) je određen ekstrakcijom zemljišta u amonijum acetatu, detekcijom na ICP-OES.

Na osnovu dobijenih rezultata (Tabela 1) dokazan je antropogeni uticaj gubitaka OM u zemljištu usled obrade zemljišta, poređenjem sa relevantnim kontrolama (šume). Na lokalitetu Futog, prirodni potencijal zemljišta za sadržaj OM je manji usled mehaničkih karakteristika ovog zemljišta koje sadrži veći udeo peska. Ovaj trend prati i ukupni sadržaj organskog ugljenika (TOC). Redukovana obrada na R. Šančevima je u malom procentu uticala na povoljniji sadržaj organske materije, što ukazuje da je potrebno da protekne još vremena za ispoljavanje pozitivnih efekta ove prakse.

Tabela 1. Prosečni sadržaj parametra zemljišta prema posmatranim praksama obrade zemljišta na dva lokaliteta

Lokacija	Obrada zemljišta	OM (%)	TOC (%)	C/N	CEC (cmol/kg)
R. Šančevi	Konvencionalna	2,32±0,52	1,56±0,43	9±2	20,00±7,96
R. Šančevi	Redukovana	2,40±1,55	1,55±0,09	9±0	19,55±3,33
R. Šančevi	Bez obrade, šuma	3,82±0,66	2,79±0,43	11±1	26,45±3,87
Futog	Konvencionalna	2,00±0,48	1,13±0,15	7±1	12,40±2,90
Futog	Bez obrade, šuma	2,72±0,41	1,83±0,17	9±1	12,66±1,32

Prema okvirnoj smernici, biljke najbolje uspevaju u zemljištu sa C:N odnosom od oko 10:1[5]. Evidentno je da zemljišta kontrola imaju bolji C/N odnos, jer sadrže više OM. Ovaj trend prati i CEC kapacitet katjonske izmene, kao pokazatelj sposobnosti zemljišta da vezuje pozitivno naelektrisane jone na površini zemljišnih čestica. Na osnovu provedenih istraživanja, može se zaključiti da je posmatrano zemljište degradirano usled gubitka OM, spram prirodnog potencijala proizvodnih karakteristika černozema.

Literatura

1. Panagos, P., Montanarella, L., Barbero, M., Schneegans, A., Aguglia, L., Jones, A. *GeodermaReg.* 29 (2022) e00510.
2. Lal, R., Negassa, W., Lorenz, K. *COSUST* 15(2015) 79-86.
3. Summary for Decision Makers. Global Land Outlook, second edition. *UNCCD Bonn* (2022).
4. EU Soil Strategy for 2030 Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate. COM (2021)699.
5. Persson, J., Kirchmann, H. *Agric.Ecosyst. Environ.* 51(1994)249-255.

Zahvalnica - Prikazana istraživanja su deo projekta „Improving C-Balances in Organic Farms” programa European Climate Initiative (EUKI). Deo finansijskih sredstava za istraživanje obezbedio je i Pokrajinski Sekretarijat za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost u okviru projekta: „Sredinska DNK - biomarker kvaliteta zemljišta Vojvodine”; broj: 142-451-3143/2022-01/2.

Sustainable synthesized silver nanoparticles using *Lythrumsalicaria* and *Salvia pratensis* extracts for catalytic degradation of methylene blueN. Srećković^{1,*}, V. Jakovljević¹, V. Mihailović¹*(1) Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Kragujevac*

*vladimir.mihailovic@pmf.kg.ac.rs

Treatment of wastewater polluted by synthetic dyes is important because many of the paints are poorly biodegradable and extremely carcinogenic. Recently, newer technological systems have been developed for dye removal, including chemical systems such as chlorination and ozonation, physical methods such as adsorption, and biological systems such as biodegradation. However, there is an interesting environmentally friendly, sustainable, and cheaper purification methods, as these systems are expensive and impractical [1]. The use of nanoparticles as catalysts in many chemical processes has been known for many years, but their synthesis requires the use of environmentally toxic chemicals and the consumption of a large amount of energy. Recently, green synthesis of various types of nanoparticles using plant extracts has been intensively developed. The biosynthesis of metal nanoparticles has many advantages over other methods, such as nontoxicity, environmental compatibility, and low cost [2]. In addition to having a lot of promise for use in medicine, pharmacy, and the food industry, these kinds of nanoparticles have also been demonstrated to exhibit catalytic and photocatalytic capabilities. For this reason, this work aimed to examine the catalytic activity of silver nanoparticles synthesized using aqueous extracts of aerial parts of *Lythrumsalicaria* (LSA-AgNPs) and *Salvia pratensis* (SPA-AgNPs) in the degradation of methylene blue (MB). The methods for synthesis and characterization of LSA-AgNPs and SPA-AgNPs were described in previously published papers [2,3]. UV-Vis spectrophotometry, Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), scanning electron microscopy (SEM/EDS), X-ray powder diffraction (XRPD), and Dynamic light scattering (DLS) analysis have confirmed the formation of silver nanoparticles with an average diameter about 60 nm for both nanoparticles. LSA-AgNPs and SPA-AgNPs also showed a catalytic reduction of Congo red and 4-nitrophenol in the same studies [2,3].

The catalytic potential of LSA-AgNPs and SPA-AgNPs in the degradation of MB was examined by combining 0.5 mL of nanoparticles solution (0.2 mg/mL), 0.5 mL NaBH₄ (0.2 M), and 5 mL of methylene blue (10 mg/L). Using a UV-Vis spectrophotometer, the reaction was monitored spectrophotometrically until the absorbance maximum at 664 nm originating from MB solution stopped decreasing at room temperature.

Figure 1A shows that after the addition of LSA-AgNPs, the color of the MB changed to colorless in 35 minutes, demonstrating their catalytic capability. Similar results were observed for SPA-AgNPs that significantly reduced the absorption intensity of MB but did not lead to complete discoloration in the same time interval. The absorbance values of MB in the presence of NaBH₄ remained almost unchanged for 35 minutes without the addition of AgNPs as a catalyst. AgNPs in this catalytic reaction are responsible for electron transfer from BH₄⁻ to MB. Obtained absorbance values in the degradation process of MB were fitted into different kinetic models and as the concentration of NaBH₄ (0.2 M) in this catalytic reaction was significantly higher than MB concentration (10 ppm), it can be assumed that

the rate of reaction is independent of NaBH_4 concentration, and the degradation pathway may be referred as pseudo-zero or -first order processes. The comparison of the calculated R^2 values for each model showed that the pseudo-first order best describes the rate of the catalytic degradation of MB using LSA-AgNPs ($R^2 = 0.9561$), while the pseudo-zero order fits the kinetics of degradation of MB using SPA-AgNPs ($R^2 = 0.9804$).

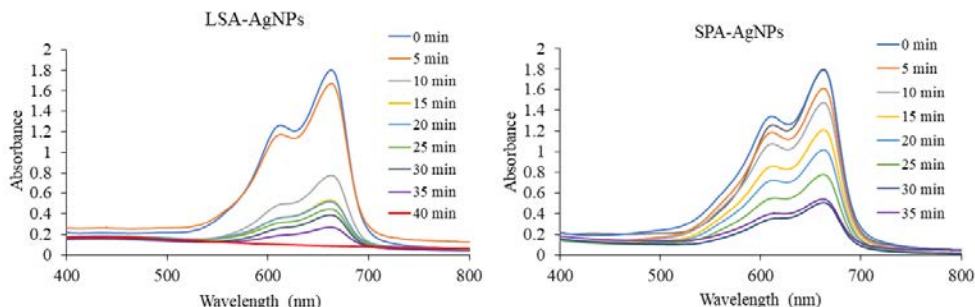


Figure 1. UV-Vis spectra of the catalytic degradation of methylene blue in the presence of LSA-AgNPs (A) and SPA-AgNPs (B)

The rate constants of these two reactions also supported the finding that LSA-AgNPs ($k = 0.0697 \text{ min}^{-1}$) possess better catalytic properties in the degradation of MB in comparison with SPA-AgNPs ($k = 0.0395 \text{ min}^{-1}$). Due to the demonstrated catalytic activity, future research may be focused on the possible use of biosynthesized nanoparticles in wastewater purification.

References

1. Zapata-Mendoza, P. C. O., Berrios-Taucaya, O. J., Tirado-Kulieva, V. A., Gonzales-Malca, J. A., Ricse-Reyes, D. R., Berrios-Zevallos, A. A., Seminario-Sanz, R. S. *Sustainability* 14 (2022) 14698.
2. Srećković, N. Z., Nedić, Z. P., Monti, D. M., D'Elia L., Dimitrijević, S. B., Mihailović, N. R., Katanić Stanković, J. S., Mihailović, V. B. *Molecules* 28 (2023) 1387.
3. Srećković, N. Z., Nedić, Z. P., Liberti, D., Monti, D.M., Mihailović, N., Katanić Stanković, J. S., Dimitrijević, S., Mihailović, V. B. *RSC Advances* 11 (2021) 35585-35599.

Acknowledgment - This work was funded by the Serbian Ministry of Education, Science, and Technological Development (Agreements No. 451-03-47/2023-01/ 200122).

**Значај регулативе
за исправан приступ пожељном привредном деловању**
**The importance of regulation for correct approach to desirable economic
activity**

V. Joldžić

Univerzitet u Beogradu, Republika Srbija

**joldzicvladan2@gmail.com*

У времену наглог технолошког развоја и пораста економских потреба, па тако и на терену Републике Србије, у потпуности је разумљив избор тема за 9. симпозијум „Хемија и заштита животне средине - ENVIROCHEM 2023”. Отуда и наша оријентација на седму групу наслова у оквиру овог научног скупа, то јест на сагледавање значаја правне регулативе за уобличавање односа хемије и животне средине.

Говорећи о односу хемије (унутар било које привредне области) и животне средине у раду указујемо на неколико битних чињеница. Пре свега људима је неопходно привређивање као и развој истог. То нас води ка стварању нових области рада, али и нових или иновираних технологија, самим тим и разноврсних али не увек и прихватљивих утицаја на околину. Из тог разлога државе формирају бројна легислативна решења са циљем да сачувају еколошке вредности од могућих негативних утицаја. Примера ради од рударења, производње метала, али и бројних других привредних активности. Јасније речено, државе су у етичкој отуда и правној обавези да када стартују и остварују какву привредну активност која производи негативне последице, међу којима и неотклоњиве, а нарочито оне које угрожавају или погађају само здравље/или живот човека, то чине тако да иста не производе опасност и/или последице на ширем ареалу и/или према здрављу и животу човека. Таква поступања, како ће наш текст објаснити, нису дозвољена, те их сваки привредни посленик не би требао да захтева и/или остварује, а сам државни апарат је у обавези да не дозволи ни стартовање истог или пак његово остваривање. А такође да не дозволи да се по окончању неке привредне активности (на пример рударења) оно што после истог преостане, не покаже као опасно по човека и животну средину.

Имајући све напред речено, приступајући сагледавању значаја правне регулативе за исправан приступ било којој врсти привредног деловања, у раду указујемо да унутар сваке државе, па тако и Србије, то морамо да чинимо поштујући:

- на првом месту генералне уставно-правне основе и границе таквом приступу, затим
- приступ ратификованим документима међународног јавног права који су од значаја за остваривање еколошки исправних поступања,
- законске и подзаконске одреднице од значаја за еколошки пожељне привредне приступе.

Размишљајући о односу хемије и животне средине пажњу смо по највише усмерили на следеће групне објекте: енергетику, хемијску индустрију (а посебно нафтну, фармацеутску и индустрију ђубрива), рударење, као и однос спремотпада. Сама оријентација ка овим групним предметима истраживања нужно нас усмерава и

ENVIROCHEM2023

на медијуме од кључног значаја за посматрану заштиту, што значи: ваздух, воду, и земљиште, који су истовремено основне еколошке вредности. Свему овоме ваља да се приступи на начин који не изазива опасности, а посебно последице, по ужи и шири животни простор, па тако и животни простор људи. У свом излагању о „Значају регулативе за исправан приступ пожељном привредном деловању” послужићемо се не само указивањем на један број елемената међународног јавног права већ и елемената законодавства Републике Србије, почев од оних из самог Устава, али потом и оних формираних и међусобно хијерархијски повезаних унутар низа за нашу тему битних закона и подзаконских аката.

Wastewater reclamation - risks and opportunities

Dj. Kerkez^{1*}, D. Tomašević Pilipović¹, A. Leovac Maćerak¹, D. Krčmar¹, A. Kulić Mandić¹, N. Duduković¹, M. Bečelić-Tomin¹

(1) University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Chemistry, Biochemistry and Environmental Protection, University of Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 3, 21102 Novi Sad, Republic of Serbia;

*djurdja.kerkez@dh.uns.ac.rs

One third of the European Union territory suffers from water stress all year round. According to climate change projections and human population increase, the problem will increase across the world in the next decades. Reduced availability of freshwater negatively affects everyday living and economic sectors - in the first place agriculture, tourism, industry, energy and transport [1].

Table 1. Key risk management elements (KRM) organized in four modules for the setup of a risk management plan for water reuse

Module	No KRM	Definition
Water reuse system	KRM 1	System description
	KRM 2	Parties, roles and responsibilities
Risk assessment	KRM 3	Hazards identification
	KRM 4	Populations and environments at risk and exposure routes
	KRM 5	Environmental and health risk assessment
	KRM 6	Additional requirements
	KRM 7	Preventive measures
Monitoring	KRM 8	Quality control systems
	KRM 9	Environmental monitoring system
Management and Communication	KRM 10	Incidents and emergency systems
	KRM 11	Coordination mechanisms

With rising spatial and temporal scarcity of water, municipalities are confronted with the challenge of identifying innovative yet cost-effective solutions to meet rising demands of urban, industrial, and agricultural communities. The sustainable framework for urban local bodies, businesses, and communities is to identify and optimize the nexus between water, energy, and agriculture. Bearing this in mind, the reuse of appropriately treated water from urban wastewater treatment plants (UWWTPs) has been identified as a reliable alternative of water supply for various purposes such as agricultural irrigation or aquifer recharge. However, water-reuse practices are still not systematically implemented in Europe, mainly due to

high governance complexity of related techniques and practices and the lack of social trust. In response, European Parliament has approved the *Regulation 2020/741 on minimum requirements for water reuse* [2] to standardise the legal requirements of wastewater to be considered fit for reuse. In addition, the limited use of reclaimed water is usually related to the risks associated with the pollutants contained in wastewater effluents, especially in developing countries with partially treated or even untreated wastewater. Ensuring safety of the environment and public health when using reclaimed water is essential. It may be achieved with implementing Water Reuse Risk Management Plans (WRRMPs), mandatory for all reclaimed water facilities. To better address and describe the risks associated with reclaimed water use, at European level, the most recent and comprehensive guidance elaborating the 11 key elements of the risk management (KRM) plans has been published (Table 1). Risk management is an essential component of a water reuse system to secure that the reclaimed water is used in a way that ensures the protection of the human and animal

health and of the environment. It is based on the identification of all the risks of a water reuse system and on their minimisation by using preventive measures and appropriate control procedures to timely implement necessary intervention. Figure 1 shows an overview of potential receptors and pathways associated to a water reuse system with different final uses of reclaimed water.

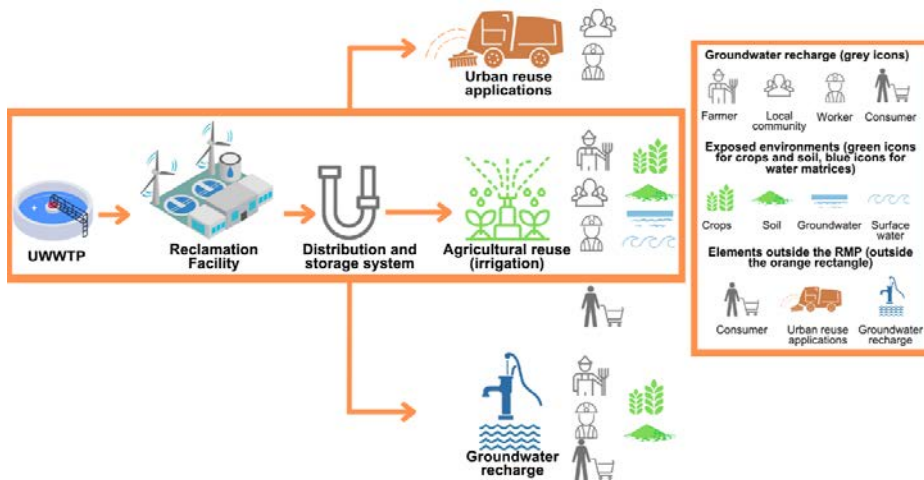


Figure 1. Exposed populations and environments associated to different final uses of reclaimed water (adapted from [3])

This is also expected to transform people's opinions and increasing their awareness of the benefits of reusing water while reducing their biased opinions on using reclaimed water. Sound reclaimed water management is a step forward towards circular economy approach in wastewater management.

References

1. Radini, S., Gonz´alez-Camejo, J., Andreola, C., Eusebi, A.L., Fatone, F. *Journal of Water Process Engineering* 53 (2023) 103690.
2. EU-Regulation 2020/741 on Minimum Requirements for Water Reuse, 2020.
3. JRC, R. Maffettone, B. Gawlik, Technical guidance water reuse risk management for agricultural irrigation schemes in Europe, 2022.

Acknowledgment



This project has received funding from the European Union’s Horizon Europe research and innovation programme, Horizon Europe – Work Programme 2021-2022 Widening participation and strengthening the European Research Area, HORIZON-WIDERA-2021-ACCESS-02, under grant agreement No [101060110], SmartWaterTwin.

Pronalaženje programa finansiranja Evropske unije za istraživanja u oblasti Hemije životne sredine: Šta treba da znate

Exploring European Union Funding Programs for Environmental Chemistry Research: What You Need to Know

T. Božić^{1,}*

(1) Univerzitet u Beogradu – Hemijski fakultet, Studentski trg 12-16, Beograd, Srbija;

**tbozic@chem.bg.ac.rs*

Istraživanja u oblasti Hemije životne sredine (HŽS) igraju ključnu ulogu u unapređenju našeg razumevanja kako ljudske aktivnosti utiču na svet prirode. Ipak, i pored važnosti i aktuelnosti ove naučne oblasti, obezbeđivanje sredstava za istraživačke projekte u oblasti HŽS može biti izazovno. Srećom, postoje brojne mogućnosti finansiranja koje su dostupne u okviru programa Evropske unije za istraživače iz ove oblasti. Cilj prezentacije je da pruži uvid u programe finansiranja dostupne za istraživačke projekte u oblasti HŽS, da ponudi savete kako da pronađete moguća finansiranja i kako da se krećete kroz proces prijave.

Identifikovanje programa finansiranja EU

Prvi korak ka obezbeđivanju EU finansiranja za istraživanja iz oblasti Hemije životne sredine je da se identifikuju dostupni programi finansiranja. Neki od glavnih programa EU finansiranja koji podržavaju istraživanja u ovoj oblasti uključuju Horizon Europe, Life program i grantove Evropskog istraživačkog saveta (ERC Grants) [1-3].

Izrada uspešnog predloga projekta

Kada se identifikuje relevantan program EU finansiranja, potrebno je napisati predlog projekta koji je u skladu sa ciljevima i zahtevima programa. Važno je pažljivo pregledati kriterijume podobnosti i smernice za svaki program i osigurati da predlog jasno opisuje kako će istraživački projekat doprineti oblasti hemije životne sredine. Važan deo predloga projekta je formiranje konzorcijuma, odnosno saradnja sa drugim organizacijama i istraživačima kako bi ojačali svoj predlog projekta i povećali šanse za dobijanje finansiranja.

Kretanje kroz proces prijave

Proces prijave za programe EU finansiranja može biti složen i dugotrajan. Istraživači moraju biti spremni da pažljivo pregledaju zahteve i rokove za prijavu i da pruže detaljne informacije o predloženom istraživačkom projektu, uključujući opis ciljeva istraživanja, metodologije i očekivanih rezultata. Takođe je važno osigurati da je predlog dobro napisan i da jasno prenosi relevantnost i važnost istraživačkog projekta.

Zaključak

Programi finansiranja EU nude dragocene mogućnosti istraživačima iz oblasti Hemije životne sredine da obezbede sredstva za svoje istraživačke projekte. Pažljivim identifikovanjem dostupnih programa finansiranja, izradom uspešnog predloga i navigacijom kroz proces prijave, istraživači mogu povećati svoje šanse da obezbede finansiranje i unaprede naše razumevanje o tome kako ljudske aktivnosti utiču na životnu sredinu.

Reference

1. Funding&Tenders Portal, <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/home> (pristupljeno 15.5.2023.)
2. LIFE Programme Portal, https://cinea.ec.europa.eu/programmes/life_en(pristupljeno 15.5.2023.)
3. ERC Programme Portal, <https://erc.europa.eu/homepage>(pristupljeno 15.5.2023.)

Zahvalnica -



PFAS₂win project, GA No 101059534, Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author only and do not necessarily reflect those of the European Union or European Research Executive Agency. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

PFAS₂win projekat, GA No 101059534, finansiran od strane Evropske unije. Izneti stavovi i mišljenja su, međutim, samo stavovi autora i ne odražavaju nužno stavove Evropske unije ili Evropske izvršne agencije za istraživanje. Za njih se ne može smatrati odgovornim ni Evropska unija ni organ koji dodeljuje sredstva.

**Адсорпциони потенцијал лигнина изолованог из стабљике малине за
уклањање емергентних загађујућих супстанци из воде**
**Adsorption potential of lignin isolated from raspberry stem for removal of
CECs from water**

В. Васић^{1,}, Д. Лукић¹, И. Анђић¹, Ј. Живанчев¹, М. Шћибан¹, Н. Ђуришић-Млагеновић¹,
Д. Ракић¹, А. Lourenço², Ј. Gominho²*

*(1) Универзитет у Новом Сагу, Технолошки факултет Нови Сад, Бул. Цара Лазара 1,
21 000 Нови Сад, Србија, (2) Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia,
Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-17 Lisboa, Portugal;*

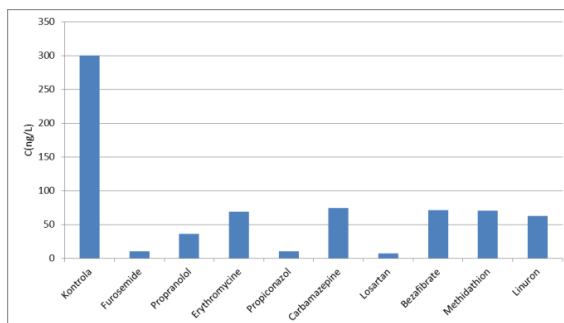
**vesna.vasic@uns.ac.rs*

Емергентне загађујуће супстанце, од којих су неке класификоване и као приоритетне, препознате су као супстанце за које се претпоставља да имају, или је већ утврђено њихово штетно дејство на животну средину и здравље људи [1,2]. Многа једињења обухваћена су појмом емергентних загађујућих супстанци, а најважније класе су: фармацеутски активне супстанце, производи за личну хигијену, микропластика, пестициди у тренутној употреби, пер- и полифлуороалкилна једињења, итд. Многа од њих се свакодневно користе у индустрији и домаћинствима [3], али велика већина ових загађујућих супстанци још увек није регулисана и није укључена у рутински мониторинг.

Главни циљ овог рада је био да се испита лигнин изолован из стабљике малине као адсорбент за уклањање изабраних емергентних контаминаната изводе. За експерименте су одабрана следећа једињења: фармацеутски активна једињења (фуросемид, пропранолол, еритромицин, пропиконазол, карбамазепин, лосартан, беафибрат) и пестициди (метидатион и линурон). Лигнин је из стабљике малине изолован диоксан методом [4], а за огледе адсорпције коришћена је моделна смеша загађујућих супстанци одабраних једињења у воду високог степена чистоће у концентрацијама од 300 ng/l. Огледи адсорпције су изведени у шаржним условима, мешањем 0,1 g адсорбента са 100 ml моделне смеше, а време контакта адсорбента и адсорбата износило је 24 h. Након адсорпције адсорбент је одводе одвојен помоћу апаратуре за „glassfiber” филтрацију, са мембранама пречника пора 0,45 µm. Пре инструменталне анализе једињења од интереса су екстрахована изводе адсорпцијом на чврстој фази (eng. solid-phase extraction, SPE). Квантификација анализата извршена је ултра притисном течном хроматографијом са троструким квадруполним масеним анализатором (UHPLC-MS/MS).

Метода припреме узорак и инструменталне анализе је валидована узимајући у обзир следеће валидационе параметре: линеарност калибрационе криве, границу квантификације, тачност (ефикасност екстракције) и поновљивост методе (изражена као релативна стандардна девијација четири понављања). Ефикасност екстракције одабраних загађујућих супстанције била у опсегу од 60-130 %. Сви добијени резултати су кориговани за ефикасност екстракције.

На слици 1 приказане су ефикасности адсорпције испитиваног биосорбента за одабрана једињења. Може се уочити да је ефикасност уклањања горе наведених једињења висока и износи: 96,6; 88,06; 77,06; 96,6;75,31; 97,57; 76,39; 76,44; и 79,06 %, редом.



Слика 1. Ефикасности адсорпције испитиваног биосорбента за одабрана једињења

Дакле, испитивани адсорбент има добре адсорпционе карактеристике у односу на изабране контаминенте. Даља испитивања биће усмерена на огледе са адсорпционим изотермама и испитивање кинетике адсорпције, као и карактеризацију испитиваног лигнина.

Литература

1. Directive 2000/60/EC.
2. Directive 2013/39/EU amending Directives 2000/60/EU and 2008/105/EC
3. Köck-Schulmeyer, M.et al. *Sci. Total. Environ.* 754 (2021) 142344.
4. Lourenço, A., Kukić, D., Vasić, V., Costa, R.A., Antov, M., Šćiban, M., Gominho, J. *Molecules* 27 (2022) 6246.

Захвалница - Финансира Европска унија. Изнети ставови и мишљења су, међутим, само аутора(а) и не одражавају нужно ставове Европске уније или Извршне агенције ЕУ. За њих се не може сматрати одговорним ни Европска унија ни орган који додељује средства. Ова студија је спроведена у оквиру пројекта TwiNSol-CECs који је добио средства из програма Хоризонт Европа у оквиру уговора о гранту бр.101059867.

Study on the physicochemical properties of biochar produced by pyrolysis of agricultural waste

E. Vukićević^{1}, D. Savić², J. Isailović², I. Jovančićević³, G. Gajica⁴, M. Antić², B. Jovančićević¹, J. Schwarzbauer³, V. Antić²*

(1) University of Belgrade - Faculty of Chemistry, Studentskitrg 12-16, Belgrade, Serbia, (2) University of Belgrade - Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Belgrade, Serbia, (3) Institute for Geology and Geochemistry of Petroleum and Coal, RWTH Aachen University, Lochnerstr. 4-20, 52056 Aachen, Germany, (4) Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Njegoševa 12, Belgrade, Serbia;

**emilija@chem.bg.ac.rs*

Biomass waste concerns an environmental problem due to the increase in its amount and pollution caused by incineration and disposal. Therefore, it is necessary to find an alternative way to reuse since it represents a renewable resource. In this study, four types of biomass samples are used for biochar production: tomato, tobacco, and two varieties of corn (corn BC 398 and corn ZP 6263). Tobacco is traditionally used for cigarette manufacturing worldwide, and after the drying process, a massive quantity of dry tobacco stalks is treated as waste. A popular vegetable, tomato, is widely cultivated and consumed. Accordingly, many tomato stalks remain in the fields and are treated as waste. Corn is a widely produced and used plant, thus there are huge amounts of it that remains as waste [1,2]. The pyrolysis process can convert biomass into liquid products (bio-oil), gases, and lignite-type coal called biochar, which is suitable for various purposes. Before the pyrolysis process, thermogravimetric analysis was performed to determine the optimal temperature for obtaining products with suitable physicochemical characteristics [3]. Pyrolysis was performed at a temperature of 400 °C, with a heating rate of 100 °C per minute, and nitrogen was used as a carrier gas. All biochar samples are air-dried before any analysis [4]. Obtained biochar was characterised by employing various analytical techniques (e.g., moisture content, ash content, pH value, calorific value, ICP, SEM, etc.). Dry matter and moisture content included oven drying at 105 °C till constant mass. Ash determination involved burning the samples in an oven at 750 °C, while the calorific value was measured by the standard calorimetric method, etc. (SRPS CEN/TS 16023:2014). pH value was measured using a pH meter. ICP analysis was performed according to the procedure of the standard EPA M 200.7.

Table 1 shows some of the results obtained by various physicochemical characteristics analyses. Regarding the pH value, it can be assumed that the obtained biochars are slightly alkaline. Biochars have a higher percentage of ash. It is very important to note that the calorific value is about 24 MJ/kg, slightly higher than the values for wood found in the literature (18-22 MJ/kg).

Table 1. Physicochemical characteristics of the obtained biochars

Parameter	Tobacco	Tomato	Corn BC398	Corn ZP 6263
Moisture (%)	7.63	8.18	6.01	6.47
Ash (%)	16.54	19.19	19.12	12.84
pH	8.24	8.71	7.74	7.75

Caloric value (MJ/kg)	23.09	24.12	25.78	26.24
Al (mg/kg)	234.88	676.01	/	/
Ca (mg/kg)	25399	49513	12949	9474
K (mg/kg)	74037	42518	16654	18930
Mg (mg/kg)	3030	11451	5440	4385
Na (mg/kg)	260.93	10285	<100	<100
S (mg/kg)	3753	4336	974.03	594.42
P (mg/kg)	3353	3001	3250	2148

/ - not determined

Based on the given results, the characteristics of produced biochar provide the possibility for different applications. Due to pH value and SEM analysis, described biochar can be used as an adsorbent for various classes of compounds. Calorific values classify biochar as a fuel. ICP analysis showed that biochars could be used as fertilisers and soil conditioners.

References

1. Mangut, V., Sabio, E., Gañán, J., González, J.F., Ramiro, A., González, C.M., Román, S., Al-Kassir, A. *Fuel Process. Technol.* 87 (2006) 109-115.
2. Memici, M., Ekinci, K. *Soil Tillage Res.* 202 (2020) 104652.
3. Cardoso, C.R., Miranda, M.R., Santos, K.G., Ataíde, C.H. *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 92 (2011) 392-400.
4. Chen, R., Zhang, J., Lun, L., Li, Q., Zhang, Y. *Bioresour. Technol.* 292 (2019) 121970.

Acknowledgement - This work is supported by the project “Agricultural residues and plastic waste materials as a sustainable source of alternative fuels and valuable chemicals” (AGRIPLAST), grant No. 01DS21008, 451-03-68/2023-14/20002 6 and 451-03-9/2023-14/200168.

Хидроугљеви добијени из отпадне дрвне биомасе као адсорбенти за уклањање активних супстанци одабраних фармацеутика и пестицида из воде

Waste wood-derived hydrochars as adsorbents for pharmaceuticals and pesticides removal from water

M. Petronijević^{1*}, S. Panić¹, V. Vasić¹, D. Kukić¹, I. Antić¹, N. Đurišić-Mladenović¹

(1) Универзитет у Новом Сагу, Технолошки факултет Нови Саг, Булевар цара Лазара 1, Нови Саг, Србија;

*mirjana.petronijevic@uns.ac.rs

Фармацеутски активна једињења (аналгетици/анти-инфламатори, регулатори липида и статини за снижавање холестерола, психијатријски лекови, антибиотици, итд.), као и пестициди (инсектициди, фунгициди, хербициди, итд.) присутни у животној средини, укључујући и водне ресурсе (површинске воде, отпадне воде, подземне воде) сврставају се у тзв. органске емергентне загађујуће супстанце (енг. *contaminants of emerging concern*, CECs). Ове загађујуће супстанцеу животну средину доспевају различитим антропогеним активностима, као што су производња и употреба производа који садрже ове супстанце, али најчешће преко токова отпадних вода. Иако се у природним водама могу наћи у ниским концентрацијама (од неколико ng/L до µg/L), они представљају потенцијалну еколошку претњу за екосистеме и људе, и утицај ових једињења на људско здравље је најчешће непознат, нарочито када се разматра истовремени утицај присуства великог броја ових једињења [1, 2].

Хидроугљеви добијени из различите биомасе хидротермалном карбонизацијом, представљају угљеничне материјале који су привукли значајну пажњу као ефикасни адсорбенти за уклањање загађујућих супстанцииз воде. Ови материјали се могу произвести од влажне отпадне биомасе без поступка сушења, што синтезу чини економичнијом, а ове материјале исплативијим и еколошки прихвативијим. Због својих специфичних својстава, као што су велика специфична површина и велика порозност, ови угљенични материјали представљају одрживе адсорбенте са високим потенцијалом у уклањању различитих органских загађујућих супстанцииз воде [3].

У овом раду је испитана ефикасност примене хидроугља као адсорбента у уклањању фармацеутика и пестицида из моделне смеше CECs-једињењаприпремљене у воденом матриксу. Хидроугаљ је синтетисан из пиљевине дрвета у комерцијалном реактору од нерђајућег челика при реакционим условима: однос чврсте/течне фазе је 1:10, температура 300 °C, притисак 20 bar, време трајања реакције 165 мин. Као моделна смеша „отпадне” воде коришћена је смеша од 12 фармацетика и 14 пестицида припремљена у води високог степена чистоће, у концентрацијама од по 300 ng/L за свако једињење. Адсорпција полутаната из воде вршена је применом хидроугља концентрације 1,0 g/L у периоду од 24 h. Из узорака воде након третмана хидроугљем полутанти су екстраховани применом екстракцијена чврстој фази (енг. *solid-phase extraction*, SPE) и квантификовани коришћењем ултра-притисне течне хроматографије у комбинацији са масеном спектрометријом (UHPLC-MS/MS).

Ефикасност примењеног хидроугља као адсорбента у уклањању пестицида и фармацеутика из воде је приказана на слици 1. Може се уочити да се ефикасност уклањања пестицида креће у опсегу 5,8-96 %. Пестициди чији је степен уклањања изнад 90 % су малатион, диазинон, пропиконазол, карбарил и линурон, док је најмањи степен уклањања забележен код трихлорфона. У случају фармацеутика, хидроугљем се постиже уклањање изнад 50 % код свих испитиваних једињења. Фармацеутици чији је степен уклањања изнад 90 % су: пропанол, дилтиазем хидрохлорид, еритромицин микс, кларитромицин и бензофибрат.



Слика 1. Процент уклањања емергентних загађујућих једињења из воде применом хидроугља након 24 h

Произилази да хидроугаљ добијен из отпадне дрвне биомасе може да представља ефикасан адсорбенсу третману отпадних вода, али је неопходно наставити истраживања у правцу реалних узорака и могућности регенерације и/или одлагања искоришћеног адсорбенса.

Литература

1. Antić, I., Škrbić, B.D., Matamoros, V., Bayona, J.M. *Environ. Res.*182 (2020) 109132.
2. Dionísio, J., Gonçalves, C., Guedes, P., Ribeiro, A.B., Couto, N. *Water.* 13 (2021) 520-532.
3. Cavali, M., Libardi Junior, N., de Sena, J.D., Woiciechowski, A.L., Soccol, C.R., Filho, P.B., Bayard, R., Benbelkacem, H., de Castilhos Junior, A.B. *Sci. Total Environ.* 857 (2023) 159627.

Захвалница - Ово истраживање је спроведено у оквиру пројекта TwiNSol-CECs који се финансира од стране Horizon Europe програма у оквиру уговора о гранту бр. 101059867.

Прелиминарна испитивања примене пољопривредног отпада као биосорбента за уклањање емергентних загађујућих супстанци из воде
Preliminary studies of agricultural waste as a biosorbent for the removal of chemicals of emerging concern from water

Д. Лукић^{1*}, В. Васић¹, Ј. Живанчев¹, И. Анђић¹, М. Буљовчић¹, Н. Буришић-Млагеновић¹, М. Шћибан¹

(1) Универзитет у Новом Сагу, Технолошки факултет Нови Саг,
Бул. Цара Лазара 1, 21 000 Нови Саг, Србија;

**dkukic@uns.ac.rs*

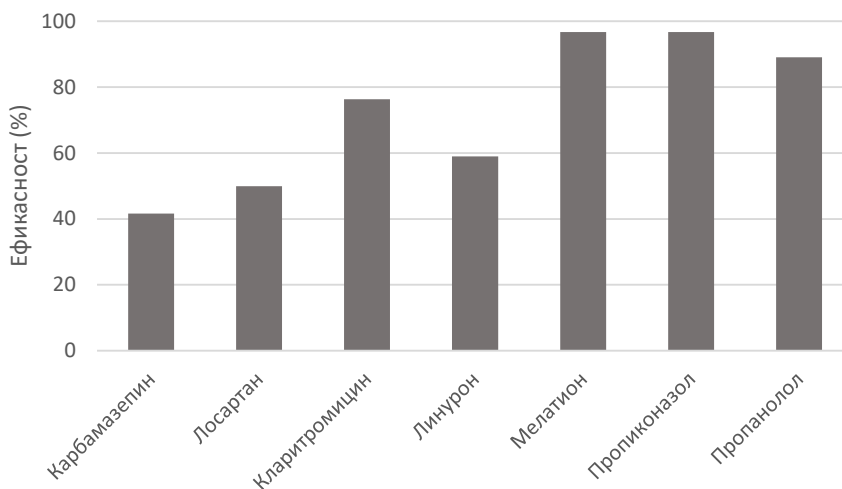
Емергентне загађујуће супстанце (енг. *contaminants of emerging concern*, CECs) већ дуго година привлаче пажњу јавности због присуства у животној средини као и недостатка података о њиховој судбини и утицају на здравље људи. Познато је да је њихова појава у водним телима повезана са испуштањем ефлуената са постројења за обраду отпадних вода индустријализованих и урбаних подручја. Конвенционална постројења за пречишћавање комуналних отпадних вода нису дизајнирана за уклањање оваквих органских једињења, па се због тога у обрађеној води могу наћи као хетерогене смеше. За њихово уклањање потребно је применити додатне напредне технике попут мембранске филтрације или адсорпције активним угљем у комбинацији са оксидационим процесима [1].

Један од могућих поступака обраде воде је биосорпција која подразумева примену биолошких материјала као адсорбената (биосорбенти), који би потенцијално заменили активни угаљ. Последњих неколико деценија, отпадни лигноцелулозни материјали се активно испитују за уклањање загађујућих једињења из воде због ниске цене, доступности, те могућности регенерације биосорбента и рекулерације адсорбата [2].

Због многобројних хидроксилних, карбоксилних, карбонилних, алдехидних и фенолних група присутних у структури, сува стабљика малине се показала као ефикасан биосорбент за уклањање јона шестовалентног хрома из воде [3], па је испитана могућност примене овог материјала за уклањање органских једињења који припадају групи емергентних загађујућих супстанци. Огледи су изведени у условима шаржне адсорпције, мешањем честица самлевене стабљике малине (224 – 400 µm) у концентрацији 1 g/L и моделне смеше 25 емергентних загађујућих супстанци током 24 h. Моделна смеша је припремљена од фармацеутски активних једињења и пестицида у води високог степена чистоће, у концентрацијама од по 300 ng/L за свако једињење. Из узорака воде након адсорпције, преостала загађујућа једињења су екстрахована применом екстракције на чврстој фази (енг. *solid-phase extraction*, SPE) и квантификовани коришћењем ултра-притисне течне хроматографије у комбинацији са масеном спектрометријом (UHPLC-MS/MS).

На слици 1 приказана је ефикасност уклањања појединих емергентних загађујућих супстанци честицама суве стабљике малине из моделне смеше. Ефикасност уклањања, за одабране супстанце, се кретала од 41 % до чак 96 %. На

испитани биосорбент најбоље су се везивали мелатион (96 %), пропиоконазол (96 %) и пропаноол (89 %).



Слика 1. Ефикасност уклањања емергентних загађујућих једињења из воде применом честица суве стабљике малине

Честице суве стабљике малине као јефтин биосорбент имају потенцијал за уклањање појединих једињења из групе емергентних загађујућих супстанци, али је потребно спровести даља истраживања како би се утврдили оптимални услови процеса, капацитет адсорпције те могућност десорпције везаних супстанци.

Литература

1. Morin-Crini, N., Lichtfouse, E., Fourmentin, M., Ribeiro, A.R.L., Noutsopoulos, C., Mapelli, F., Fenyvesi, E., Vieira, M.G.A., Picos-Corrales, L.A., Moreno-Piraján, J.C., Giraldo, L., Sohajda, T., Huq, M.M., Soltan, J., Torri, G., Magureanu, M., Bradu, C., Crini, G. *Environ. Chem. Lett.* 20 (2022) 1333-1375.
2. Karić, N., Maia, A.S., Teodorović, A., Atanasova, N., Langergraber, G., Crini, G., Ribeiro, A.R.L., Đolić, M. *Chem. Eng. J. Adv.* 9 (2022) 100239.
3. Kukić, D., Ivanovska, A., Vasić, V., Lađarević, J., Kostić, M., Šćiban, M. *BiomassConvers. Biorefin.* <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02502-4>.

Захвалница - Ова студија је спроведена у оквиру пројекта TwiNSol-CECs који је добио средства из програма Хоризонт Европа у оквиру уговора о гранту бр. 101059867.

Uklanjanje odabranih organskih i neorganskih polutanata iz efluenta postrojenja za prečišćavanje komunalne otpadne vode hibridnim membranskim procesima

Removal of selected organic and inorganic pollutants from wastewater treatment plant effluent by hybrid membrane process

T. Marjanović¹, M. Bogunović^{1,}, J. Prodanović², I. Ivančev-Tumbas¹*

(1) Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 3, Novi Sad, Srbija, (2) Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1, Novi Sad, Srbija;

**minja.bogunovic@dh.uns.ac.rs*

Pojedini organski mikropolutanti (OMP) se bez obzira na mogućnost dobrog uklanjanja velikog broja jedinjenja biološkim tretmanom i dalje detektuju u efluentima otpadnih voda (ng/L- μ g/L) [1]. Kofein, ibuprofen i diklofenak su među njima [2]. Iz tih razloga je poslednjih godina intenzivirano istraživanje naprednih tretmana otpadnih voda zbog potrebe za njihovim završnim poliranjem. U tu svrhu je primenjena adsorpcija na aktivnom uglju u prahu (PAC) zasebno, u kombinaciji sa ultrafiltracijom (UF) i koagulacijom [2,3,4,5]. Pored toga, komunalne otpadne vode sadrže i vrlo niske koncentracije neorganskih mikropolutanata. Skorašnji pregled literature je pokazao da su koncentracije arsena (As), hroma (Cr), bakra (Cu) i cinka (Zn) u sirovim komunalnim otpadnim vodama i efluentu postrojenja za prečišćavanje komunalne otpadne vode reda veličine od nekoliko μ g/L do mg/L [6].

U ovom radu je ispitana primena hibridnih membranskih procesa, UF u kombinaciji sa PAC (doza 5 mg/L) zasebno ili sa koagulantima za uklanjanje ibuprofena (IB), kofeina (CF) i diklofenaka (DCF) iz efluenta postrojenja za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda pri početnoj koncentraciji od 2 do 3 μ g/L. Pored lekova, ispitana je i efikasnost uklanjanja As, Cr, Cu i Zn pri početnim koncentracijama oko 100 μ g/L. Za koagulaciju su zasebno primenjeni gvožđe (III)-hlorid (FeCl_3) (doza 4 mg Fe/L) i prirodni koagulant, izolovan iz semena pasulja (doza 0,033 ml/L) u laboratoriji Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu. Sva istraživanja su sprovedena na laboratorijskom pilot postrojenju za ultrafiltraciju. Svaki eksperiment je ponovljen u tri filtraciona ciklusa, pri fluksu 80 L/(m²h).

Uočeno je da za sva četiri ispitivana procesa (UF, PAC/UF, PAC/ FeCl_3 /UF i PAC/prirodni koagulant/UF) uklanjanje fluktuiralo od toga da nije uočeno do 68 %, 87 %, 87 % i 50 %, redom. Što se tiče neorganskih mikropolutanata, hibridni membranski procesi su se pokazali najefikasniji u slučaju Zn (postignuti efekti su 44-50 % za PAC/UF proces, 78-87 % za PAC/ FeCl_3 /UF proces i 59-71 % za PAC/prirodni koagulant/UF proces) i Cr (postignuti efekti su 33-75 % za PAC/UF proces, 41-87 % za PAC/ FeCl_3 /UF proces i 58-76 % za PAC/prirodni koagulant/UF proces). Najmanja efikasnost je utvrđena za As (od toga da nema uklanjanja do 19 % za sve primenjene procese). U slučaju Cu, jedini relevantni rezultati su postignuti u slučaju PAC/ FeCl_3 /UF procesa 37-42 %, a primenom PAC/prirodni koagulant/UF procesa je uklonjeno 28-50 %.

Literatura

1. Guillosoy, R., Le Roux, L., Mailler, R., Pereira-Derome, C.S, Varrault, G., Bressy, A., Vulliet, E., Morlay, C., Nauleau, F., Rocher, V., Gasperi, J. *Water Res.* 172 (2020) 115487.
2. Bogunović, M., Ivančev-Tumbas, I., Česen, M., Đaković Sekulić, T., Prodanović J., Tubić A., Heath, D., Heath, E. *Sci. Total Environ.* 765 (2021) 142764.
3. Margot, J., Kienle, C., Magnet, A., Weil, M., Rossi, L., de Alencastro, L., Abegglen, C., Thonney, D., Chèvre, N., Schärer, M., Barry D.A. *Sci. Total Environ.* 461-462 (2013) 480-498.
4. Löwenberg, J., Zenker, A., Baggenstos, M., Koch, G., Kazner, C., Wintgens, T. *Water Res.* 56 (2014) 26-36.
5. Schwaller, C., Hoffmann, G., Hiller, C.X., Helmreich, B., Drewes, J.E. *Chem. Eng. J.* 414 (2021) 128801.
6. Marjanović, T., Bogunović, M., Prodanović, J., Banduka, N., Maletić, S., Zrnić Tenodi, K., Ivančev-Tumbas, I. *Chem. Pap.* 76 (2022) 6851-6860.

Zahvalnica - Istraživanja je finansiralo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Ev.br. 451-03-68/2022-14/200125). Autori se zahvaljuju JKP „Vodokanal”, Sombor za mogućnost dobijanja uzoraka i kolegi MSc Slavenu Tenodi za urađene analize metala i arsena na atomskom apsorpcionom spektrofotometru.

ENVIROCHEM2023

Poster prezentacije

Poster presentation

Potencijal huminskih kiselina i glina u remedijaciji životne sredine kontaminirane klomazonom

Potential of humic acids and clays in the remediation of clomazone-contaminated environment

R. Đurović-Pejčević^{1,*}, L. Kaluđerović², Lj. Šantrić¹, T. Đorđević¹, S. Radmanović²

(1) Institut za pesticide i zaštitu životne sredine, Banatska 31b, 11080 Beograd, Srbija, (2) Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu, Nemanjina 6, 11080 Beograd, Srbija;

*rada.djurovic@pesting.org.rs

Klomazon (IUPAC: 2-(2-hlorobenzil)-4,4-dimetil-1,2-oksazolidin-3-on) je selektivni herbicid iz grupe izoksazolidinona, koji se na osnovu svojih fizičko-hemijskih karakteristika može svrstati u grupu pesticida koji predstavljaju potencijalne kontaminante površinskih voda, dubljih slojeva zemljišta i podzemnih voda.

Glina i organska materija, pre svega huminske kiseline (HA), su glavne sorbujuće komponente zemljišta. Literaturni podaci ukazuju da u sorpciji klomazona u zemljištu učestvuje ili organska materija [1-3] ili glina i organska materija [4,5]. S toga je cilj ovog radabio ispitati potencijal HA i glina izdvojenih iz različitih tipova poljoprivrednog zemljišta sa područja Republike Srbije (rendzina, černozeem i smonica) u sorpciji klomazona, odnosno odrediti njihov remedijacioni potencijal.

Za proučavanje sorpcionog ponašanja klomazona i određivanje njegovih sorpcionih konstanti (K_d) za pomenute supstrate je korišćen *batch metod* [6], zasnovan na ravnotežnoj raspodeli molekula klomazona u sistemu supstrat/vodena faza. U slučaju HA, sistem se sastojao od smeše 25 mg supstrata i 2,5 mL rastvora određene koncentracije (0,5 – 25 [g/mL] klomazona u 0,01 M CaCl_2 , dok je u slučaju glina sistem sadržao 250 mg gline i 2 mL pomenutih rastvora. Svaka smeša je homogenizovana 24 h radi dostizanja ravnotežne raspodele ovog jedinjenja između dve faze sistema. Nakon centrifugiranja, vodena faza je analizirana HPLC-om opremljenim sa PDA detektorom, pri čemu su K_d koeficijenti klomazona za proučavane supstrate računati kao odnos koncentracije pesticida koja je sorbovana za supstrat (C_s) i koncentracije jedinjenja koja je zaostala u vodenoj fazi (C_e), u uslovima ravnotežne raspodele. Adsorpcione izoterme su dobijene primenom Frojndlihove jednačine na eksperimentalno dobijene rezultate, pri čemu su Frojndlihovi koeficijenti K_f i n , dobijeni primenom linearne forme Frojndlihove jednačine.

Dobijeni rezultati ukazuju da je sorpcija klomazona mnogo veća za HA nego za gline, i da opada u sledećem nizu: HA, rendzina ($K_d=114,02$ mL/g) > HA, smonica ($K_d=97,71$ mL/g) > HA, černozeem ($K_d=91,24$ mL/g) >> glina, smonica ($K_d=2,29$ mL/g) > glina, černozeem ($K_d=2,16$ mL/g) > glina, rendzina ($K_d=1,61$ mL/g).

Da je sorpcija klomazona za HA znatno veća nego za gline, ukazuju i vrednosti Frojndlihovih K_f koeficijenata, koji za pomenute supstrate imaju sledeće vrednosti: $K_f=188,63$ (HA, rendzina), $K_f=170,61$ (HA, smonica), $K_f=167,19$ (HA, černozeem), $K_f=1,80$ (glina, černozeem), $K_f=1,10$ (glina, rendzina) i $K_f=0,98$ (glina, smonica). Dobijene vrednosti Frojndlihovih $1/n$ koeficijenata ukazuju da su izoterme dobijene za sve analizirane HA L-

tpa (0,767, 0,698 i 0,708 za HA poreklom iz zemljišta tipa rendzina, černozem i smonica, redom), što ukazuje na snažnu sorpciju molekula klomazona za sorpcione centre analiziranih HA pri nižim koncentracijama pesticida, pri čemu ona opada kako koncentracija jedinjenja raste. Sa druge strane, izoterme dobijene za gline poreklom iz rendzine i smonice ($1/n=1,146$ i $1,342$, redom) su tzv. S-tipa, što ukazuje na slabiju adsorpciju klomazona za sorpcione centre supstrata pri nižim koncentracijama pesticida u sistemu, nakon čega se sorpcija pojačava, da bi pri većim količinama pesticida u sistemu, ona opet počela da se smanjuje (postepena saturacija sorpcionih centara supstrata). Izoterma dobijena za glinu izdvojenu iz zemljišta tipa černozem ($1/n=1,074$) je C-tipa i karakteriše je linearna zavisnost između sorbovane količine klomazona i količine ovog pesticida koja zaostaje u rastvoru u sistemu glina/voda.

Prikazani rezultati ukazuju da HA imaju dobar sorpcioni potencijal za klomazon, odnosno da se mogu koristiti za remedijaciju zemljišta i različitih vodenih sistema kontaminiranih klomazonom. Dodatne FTIR analize treba da pokažu koje funkcionalne grupe HA i glina su odgovorne za vezivanje molekula klomazona i samim tim objasne razlike u veličini sorpcije između različitih HA i glina poreklom iz različitih zemljišta.

Literatura

1. Gunasekara, A. S., Dela Cruz, I. D. P., Curtis, M. J., Claassen, V. P., Tjeerdema, R. S. *Pest. Manag. Sci.* 65 (2009) 711-716.
2. Pena, S., Lopez-Pineiro, D., Albarran, A., Sanchez-Lerena, A., Cox, J., Rato-Nunes, L., Rozas J., Gaytan, M. *Int. J. Energy Environ.* 9 (2015) 237-241.
3. Kirksey, K., Hayes, R., Krueger, W., Mullins, C., Mueller, T. *Weed Sci.* 44 (1996) 959-963.
4. Đurović, R. D., Gajić Umiljendić, J. S., Cupać, S. B., Ignjatović, Lj. M. *J. Braz. Chem. Soc.* 21 (2010) 985-994.
5. Đurović-Pejčev, R., Radmanović, S., Tomić, Z. P., Kaluđerović, L., Bursić, V., Šantrić, Lj. *J. Serb. Chem. Soc.* 85 (2020) 809-819.

Zahvalnica - Sredstva za realizaciju ovog istraživanja obezbedilo je Ministarstvo nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (ugovori 451-03-47/2023-01/200214 i 451-03-47/2023-01/200116).

Decreased urinary boron levels as biomarker for lung adenocarcinoma? Preliminary results among patients in Vojvodina

N. Milošević^{1,*}, D. Sazdanić Velikić², M. Milanović¹, M. Ševo², S. Bijelović³, J. Sudji⁴, M. Španović⁴,
J. Drljača¹, N. Milić¹

(1) University of Novi Sad, Faculty of Medicine, Department of Pharmacy, Hajduk Veljkova 3, Novi Sad, Serbia, (2) University of Novi Sad, Faculty of Medicine, Institute for pulmonary diseases of Vojvodina, Clinic for pulmonary oncology, Sremska Kamenica, Serbia, (3) University of Novi Sad, Faculty of Medicine, Institute of Public Health of Vojvodina, Novi Sad, Serbia, (4) University of Novi Sad, Faculty of Medicine, Institute of Occupational Health, Novi Sad, Serbia;

*natasa.milosevic@mf.uns.ac.rs

The data about boron (B) association with cancer and particularly with lung cancer are insufficient. Decreased boron intake was associated with increasing odds of lung cancer, while boron-enriched diets reduced the risk for prostate, cervical and lung cancer [1]. On the other hand, there are not enough data to observe boron or its compounds as carcinogenic.

A total of 36 male patients (39-84 y) with stage IIIB and IV inoperable lung adenocarcinoma from the Institute for Lung disease of Vojvodina, Sremska Kamenica were enrolled and asked for their morning urine samples. The urinary boron concentration was determined by ICP-MS. None of the patients was professionally exposed to boron.

Boron was detected in all 36 urine samples with 52.78 % (19/36) below the lower reference limit (700 µg/L) for healthy adults given by the Tox Guide of the US Agency for Toxic Substances and Disease Registry. One sample had urinary boron content that exceeded the upper reference value (6600 µg/L) defined by the ToxGuide with 6691.85 µgB/L or 7983.41 µgB/g creatinine (Cr). The 25th, the 50th, the 75th and the 95th percentile were 483.26 µgB/L, 664.89 µgB/L, 1058.94 µgB/L and 4007.43 µgB/L, respectively.

All lung adenocarcinoma patients (with inoperable stage IIIB-IV) from Vojvodina were detected with boron in their urine samples and more than 50 % had urinary boron content below the lower reference limit for healthy adults. One patient had urinary boron content that exceeded the urinary levels for healthy adults. Further investigations are needed to investigate if dietary boron may reduce lung cancer risk.

References

1. Khaliq, H., Juming, Z., Ke-Mei, P. *Biol. Trace Elem. Res.* 186 (2018) 31-51.

Acknowledgment - This work was supported by the Provincial Secretariat for Higher Education and Scientific Research, AP Vojvodina, Republic of Serbia [grant number 142-451-3120/2022-01]

Evaluation of aquatic toxicity potential for six series of succinimide derivatives: *in silico* study

N. Milošević^{1,*}, D. Vidović¹, M. Milanović¹, N. Milić¹, N. Todorović¹, J. Drljača¹, M. Lalić-Popović¹, N. Banjac²

(1) University of Novi Sad, Faculty of Medicine, Department of Pharmacy, Hajduk Veljkova 3, Novi Sad, Serbia, (2) University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Belgrade, Serbia;

*natasa.milosevic@mf.uns.ac.rs

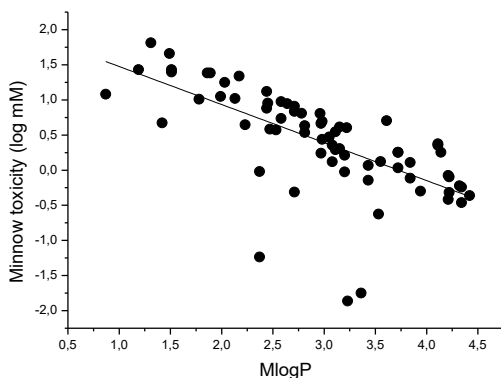
Succinimide derivatives have been examined for broad range of various pharmacological effects as antiepileptic, proapoptotic, antifungal, anticancer, antibacterial and cytotoxic, analgetic activity, and also have anticholinesterase and antioxidative potential [1-2]. Nevertheless, their influence on the environment has not been examined yet.

In silico techniques are applied for environmental hazard assessment in order to evaluate the persistence, bioaccumulative and toxicity potentials of organic chemicals. Fathead Minnow (*Pimephales promelas*) toxicity is an important basis of hazard and risk assessment for molecules in the aquatic environment. Several quantitative structure–toxicity relationship (QSTR) and quantitative structure–activity relationship (QSAR) models were developed to predict Minnow toxicity.

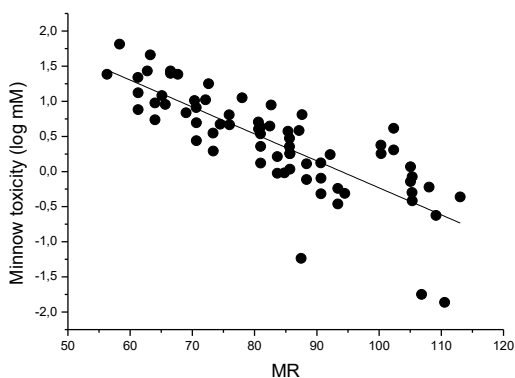
Newly synthesized succinimide derivatives (71 compounds divided in A, B, C, D, E and F series) were observed in this research. For each compound pkCSM [3] package was applied for calculating *in silico* their Minnow toxicity also expressed as log mM. Swissadme program [4] was applied to determine the physico-chemical properties of the observed compounds such as lipophilicity expressed as MlogP and molar refractivity (MR).

The minnow toxicity (log mM) had a range from -1.862 to 1.813 with mean \pm SD equal to 0.405 ± 0.716 . The predicted minnow toxicity was associated with both MlogP ($r^2=0.446$, $p<0.001$, Figure 1a) and MR ($r^2=0.638$, $p<0.001$, Figure 1b) in a statistically significant manner.

Based on *in silico* obtained data the Minnow toxicity of the 71 analysed succinimides decreases with increasing their lipophilicity and molar refractivity.



a)



b)

Figure 1. Association between aquatic (Minnow) toxicity and a) lipophilicity and b) molar refractivity

References

1. Vidović, D., Milošević, N., Pavlović, N., Todorović, N., Čanji Panić, J., Kovačević, S., Karadžić Banjac, M., Podunavac Kuzmanović, S., Banjac, N., Trišović, N., Božić, B., Lalić Popović, M. *J. Mol. Struct.* 1274 (2023) 134516.
2. Vidović, D., Milošević, N., Pavlović, N., Todorović, N., Čanji Panić, J., Čurčić, J., Banjac, N., Trišović, N., Božić, B., Lalić Popović, M. *Biomed.Chromatogr.* 36 (2022) e5413.
3. <http://biosig.unimelb.edu.au/pkcsm/prediction>
4. Swiss Institute of Bioinformatics, <http://www.swissadme.ch/>

Acknowledgment - The present research is financed in the framework of the projects of Ministry of Science of the R. Serbia (Projects No. 451-03-68/2022-14/200114).

Arsenic as environmental pollutant among lung adenocarcinoma patients in Vojvodina

M. Milanović^{1,*}, D. Sazdanić Velikić², N. Milošević¹, S. Bijelović³, D. Lukić³, M. Lukić Šarkanović⁴, J. Drljača¹, N. Milić¹

(1) University of Novi Sad, Faculty of Medicine, Department of Pharmacy, Hajduk Veljkova 3, Novi Sad, Serbia, (2) University of Novi Sad, Faculty of Medicine, Institute for pulmonary diseases of Vojvodina, Clinic for pulmonary oncology, Sremska Kamenica, Serbia, (3) University of Novi Sad, Faculty of Medicine, Institute of Public Health of Vojvodina, Novi Sad, Serbia, (4) University of Novi Sad, Faculty of Medicine, University Clinical Center of Vojvodina, Clinic for anesthesiology, intensive therapy and pain therapy, Novi Sad, Serbia;

*maja.milanovic@mf.uns.ac.rs

High levels of arsenic (As), whether ingested from drinking water and food or inhaled from the air, was recognized as the risk factor for lung cancer and cancer in general [1]. There are inconsistencies in whether low to moderate arsenic concentrations are associated with lung cancer.

In this research, 36 male patients (39-84 y) with stage IIIB and IV inoperable lung adenocarcinoma from the Institute for Lung disease of Vojvodina, Sremska Kamenica, were enrolled. ICP-MS was applied to determine the arsenic content in their morning urine samples. None of the patients was professionally exposed to arsenic.

Arsenic was detected above the quantification limit in all 36 urine samples. Moreover, 44.44% (16/36) had urinary arsenic above 10 µg/L. Among them, one had a level above 100 µgAs/L, the upper As reference limit for healthy adults given by the Tox Guide of the US Agency for Toxic Substances and Disease Registry. After dilution was taken into account, 47.22% (17/36) patients were observed with arsenic levels above 10 µg/g creatinine (Cr) in the urine morning samples. The 95th percentile for urinary arsenic level among adenocarcinoma patients was 74.51 µgAs/L without the dilution factor, and 94.33 µgAs/gCr with the dilution included.

All patients in the study with diagnosed lung adenocarcinoma (with inoperable stage IIIB-IV) from Vojvodina are exposed to arsenic. However, only one had a urinary arsenic level that exceeded the reference limits for healthy adults. It would be valuable to assess the main exposure pathways of As and to characterize the risk of lung adenocarcinoma among patients.

References

1. Modica, R., Benevento, E., Colao, A. *J. Endocrinol. Invest.* 46(2023)667-677.

Acknowledgment - This work was supported by the Provincial Secretariat for Higher Education and Scientific Research, AP Vojvodina, Republic of Serbia [grant number 142-451- 3120/2022-01]

Correlation of experimentally determined lipophilicity with *in silico* predicted toxicity on animal models for new succinimide derivatives

D. Vidović¹, M. Milanović^{1,*}, N. Milošević¹, N. Todorović¹, J. Čurčić², M. Lalić-Popović¹, N. Milić¹, N. Banjac³

(1) University of Novi Sad, Faculty of Medicine, Department of Pharmacy, Hajduk Veljkova 3, Novi Sad, Serbia, (2) University Business Academy in Novi Sad, Faculty of Pharmacy Novi Sad, Trg Mladenaca 5, Novi Sad, Serbia, (3) University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Belgrade, Serbia;

*maja.milanovic@mf.uns.ac.rs

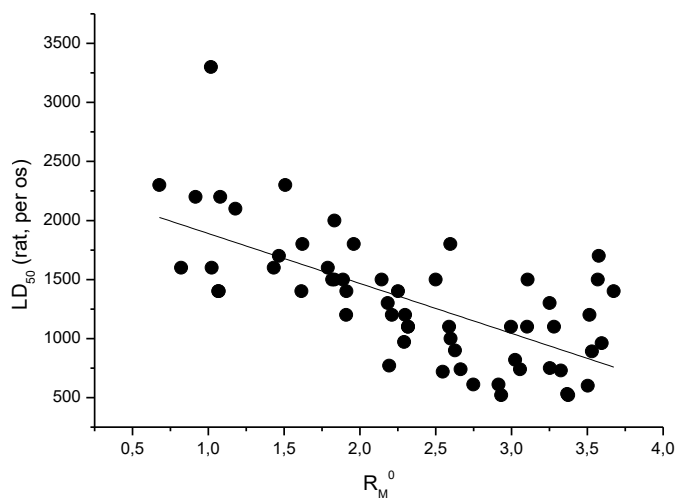
Drug safety is considered as one of the most important demands for the drug candidates. *In silico* and *in vitro* analysis in the early stage of the drug candidates design provide significant data that give an insight in their safety profile [1].

The retention behaviour of 59 newly synthesized succinimide derivatives divided in five series (A, B, C, D and E) was studied by reversed chromatography. As stationary phase precoated RP-18W/UV 254 plates were used and binary solutions of water with acetone with a varying volume fraction of organic solvent were applied as the mobile phase. After development, the spots were detected at 254 nm with UV lamp and R_f values were measured. Software package i-lab 2.0 [2] was applied for determining their *in silico* LD₅₀ on rats after per oral application (rats, p.o) based on the compounds structure.

The obtained LD₅₀ (rats, p.o) according to i-lab 2.0 varied from 520 to 3300 mg/kg (Table 1). Structurally similar registered antiepileptic mesuximide (Celontin[®]) has LD₅₀ (rats, p.o) 960 mg/kg. Most of the compounds have been predicted with LD₅₀ above the values of mesuximide and can be observed as generally safe. Only 12 compounds (all from the most lipophilic B-series, Table 1) have been predicted to have lower values for LD₅₀ (rats, p.o) which varied from 520 to 900 mg/kg. Retention constants R_M⁰ were determined as measurement of lipophilicity for each compound. Statistically significant negative linear association was observed between experimentally determined lipophilicity expressed as R_M⁰ and *in silico* predicted LD₅₀ (r²=0.439, p<0.001, Figure 1).

Table 1. LD₅₀ (rats, p.o) according to i-lab 2.0 for five series of succinimide derivatives

Series	N	Mean	SD	Minimum	Median	Maximum
A	12	1516.67	376.18	1100	1450	2300
B	14	687.86	129.21	520	725	970
C	13	1769.23	555.85	1200	1600	3300
D	11	1527.27	384.94	900	1500	2200
E	9	1138.89	212.16	890	1100	1600



The observed succinimide derivatives based on the *in silico* prediction can be observed as generally safe with high LD₅₀ values on rats which increased with structural changes that decreased their lipophilicity.

References

1. Milošević, N., Kojić, V., Ćurčić, J., Jakimov, D., Milić, N., Banjac, N., Ušćumlić, G., Kaliszan, R. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 137 (2017) 252-257.
2. <https://ilab.acdlabs.com/iLab2/>

Acknowledgment - The present research is financed in the framework of the projects of Ministry of Science of the R. Serbia (Projects No. 451-03-68/2022-14/200114).

Ispitivanje efikasnosti izluženja olova iz ilovače

Examination of the efficiency of lead leaching from loam

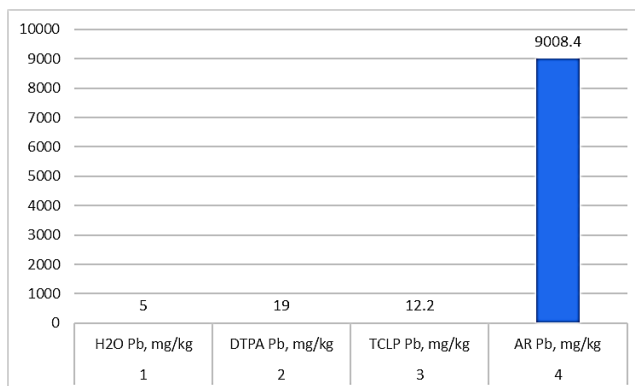
M. Udilanović¹, A. Ćirić¹, V. Krstić^{2,3}

(1) Prirodno-matematički fakultet, Institut za hemiju, Radoja Domanovića 12, 34000 Kragujevac, Srbija, (2) Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Zeleni bulevar 35, 19210 Bor, Srbija, (3) Tehnički fakultet Bor, Univerzitet u Beogradu, VJ 12, 19210 Bor, Srbija;

**marina.udjilanic@miphem.rs*

U ovom radu su prikazani rezultati ispitivanja sadržaja olova (Pb) u zemljištu teksturne klase ilovača. Kao sredstva za izluženje korišteni su ultračista voda, TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) [1] ekstrakcioni rastvor, DTPA (dietilenpentasilicetna kiselina) ekstrakcioni rastvor [2] i carska voda (*Aqua regia*, AR). Nakon izluženja vodom određivana je vodorastvorljiva forma Pb, sa TCLP je ispitivana toksična količina Pb, sa DTPA je ispitivana lako pristupačna forma Pb i sa carskom vodom ukupna količina Pb. Rezultati ispitivanja su pokazali da je sadržaj Pb najveći 9008.4 mg/kg u carskoj vodi, u DTPA 19 mg/kg, u TCLP sadržaj Pb je 12.2 mg/kg, a u vodi < 5 mg/kg Pb. Rezultati su ukazivali na to da je najveći udeo Pb vezan za silikatnu frakciju zemljišta, i kao takav se teško izlužuje sa TCLP, DTPA i vodom.

Podaci prikazani na slici 1 predstavljaju grafički prikaz nakon 24 satnog izluženja.



Slika 1. Sadržaj Pb u različitim ekstrakcionim sredstvima

Literatura

1. EPA, SW-846 Test Method 1311: Toxicity Characteristic Leaching Procedure, 1992.
2. SRPS ISO 14870:2005, Kvalitet zemljišta – Ekstrakcija elemenata u tragovima puferskim rastvorom DTPA.

ENVIROCHEM2023

Zahvalnica - Autori se zahvaljuju na pomoći i podršci Miphem d.o.o. laboratoriji Beograd i Ministarstvu nauke. Autori se takođe zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (ugovor br. 451-03-47/2023-01/200052) na delimičnom učešću u radu.

Simplified validation and optimization methods for determination polychlorinated biphenyls in tuna fish

A. Tasić^{1,*}, I. Pavlović¹, D. Nikolić², T. Šolević Knudsen³, I. Kojić⁴, Ž. Nikolić⁵

(1) Scientific Institute of Veterinary Medicine of Serbia, Janisa Janulisa 14, Belgrade, Serbia, (2) University of Belgrade – Institute for Multidisciplinary Research, Department of Biology and Inland Waters Protection, KnezaVišeslava 1, 11030 Belgrade, Serbia, (3) University of Belgrade, Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy, Department of Chemistry, Njegoševa 12, 11000 Belgrade, Serbia, (4) University of Belgrade, Innovative Centre of the Faculty of Chemistry, Studentski trg 12-16, 11000 Belgrade, Serbia, (5) Institute of General and Physical Chemistry, Studentski trg 12/V, 11000 Belgrade, Serbia;

*alekstasic79@gmail.com

Polychlorinated biphenyls (PCBs) represent important environmental pollutants from the group of persistent organic pollutants. Although the use of PCBs is banned in many countries, but they still figure in the environment. Due to its lipophilic character and accumulation in fats, food of animal origin is the one that is most exposed to accumulation and the possibility of the presence of PCB residues [2, 3]. It can be said that fish can be considered environmental indicators. Consumption of fish and fish products is growing globally, because consumers see fish as a natural and safe product. Fish safety control and testing for the presence of PCBs is important because it is an indicator of the state of the environment.

The aim of this research is to present the current determination of PCBs in fatty tissue of tuna fish. Gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC/MS) was used for the detection of selected polychlorinated biphenyls. The work was performed for validation of the most important congeners (PCB 28, 52, 101, 153, 138 and 180) which are defined by national and international legislation.

The first step in the analysis was the validation and optimization of the determination method with simple and quick preparation using commercial extraction kits. The validation of basic parameters was carried out according to the guidelines of the SANTE 11312/2021 guide for precise control of pesticides in food (European Commission, 2021). Calibration curve, correlation coefficient, limit quantification (LOQ), recovery for the spike level of 10 µg/kg and precision are shown in Table 1. The tuna fish matrix was used for validation, because it is necessary that the matrix of all the examined samples be identical with the matrix used for calibration. The linear calibration coefficient was between 0.9968 and 0.9999 and limit quantification ranged between 2.5 and 3.8 µg/kg (Table 1). Table 1 shows the signal-to-noise ratios for individual PCBs obtained at the lowest point of calibration, i.e. the value of the PCB standard of 10 µg/kg. The value of S/N for the mass spectrum acquisition frequency of the examined congeners were greater than 50. The enhancement in S/N is largely attributed to moving the signal to a higher frequency domain, and a higher value confirms greater accuracy, selectivity and precision in quantification. The signal-to-noise ratio for the peak congeners of PCB 153 in the fish matrix is shown in Figure 1. The validated method was used for the analysis of PCBs present in 30 samples of frozen tuna from the Adriatic Sea.

Extraction and clean-up procedural steps were applied with some modifications of the original developed QuEChERS method. The analysis was conducted on fish samples that

were frozen before analysis and measured after homogenization. The content of polychlorinated biphenyls is expressed as the amount of micrograms of PCB on wet fish in order to comply with the units (ng/g of wet weight) prescribed by the regulation. The presence of tested PCBs was not confirmed in the tested tuna samples.

Table 1. Basic validation data for selected polychlorinated biphenyl obtained by using GC/MS

Congener	Equation	R ²	LOQ, ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Recovery \pm (RSD) % spike 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$	Single to noise S/N (10 $\mu\text{g}/\text{kg}$)
PCB 28	$y=1.7187x+8.1233$	0.9968	2.8	112.5 \pm (12.8)	181.4
PCB 52	$y=0.9286x-1.0346$	0.9999	3.6	118.9 \pm (14.1)	90.7
PCB 101	$y=1.0429x-5.2194$	0.9988	2.5	98.2 \pm (11.6)	88.6
PCB 153	$y=0.6871x+14.507$	0.9984	3.8	97.7 \pm (9.7)	98.1
PCB 138	$y=0.7099x-2.3009$	0.9981	3.6	108.9 \pm (16.8)	51.6
PCB 180	$y=0.5010x+3.2130$	0.9974	3.5	119 \pm (14.2)	52.6

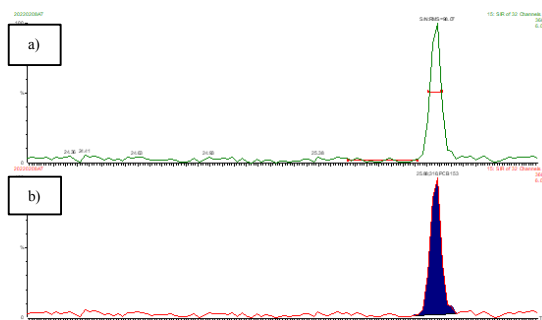


Figure 1. Chromatograms of PCB 153 in SIM mode. Spiked blank tuna fish sample after addition of 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ standard of congener, extraction and clean-up. a) Estimation of ratio single to noise (S/N) b) Peak area

The validated method can also be applied to routine analysis and monitoring of processed tuna fish products on the Serbian market and improve food safety.

References

1. EC (European Commission), 2021, SANTE 11312/2021- Analytical quality control and method validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed.
2. Kalachova, K., Pulkrabova, J., Drabova, L., Cajka, T., Kocourek, V., Hajslova, J. *Anal. Chim. Acta* 707 (2011) 84-91.
3. Beyer, A., Biziuk, M. *Food Res. Int.* 43 (2010) 831-837.

Acknowledgment - The study was funded by the Serbian Ministry of Science, Technological Development and Innovation (Contract No: 451-03-47/2023- 01/200026 and Contract No. 451-03-47/2023-01/200030).

Organic acids as solvents for leaching PAHs out of impregnated wood

Ž. Nikolić¹, D. Milovanović¹, M. Marčeta Kaninski¹, V. Nikolić¹, A. Radulović¹, A. Tasić^{2,*}

(1) Institute of General and Physical Chemistry, Studentski trg 12/V, 11000 Belgrade, Serbia, (2) Scientific Institute of Veterinary Medicine of Serbia, Janisa Janulisa 14, Belgrade, Serbia;

*alekstasic79@gmail.com

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) are a group of hydrophobic organic compounds, which are ubiquitous in the environment. Some of them exhibit toxicity, mutagenicity, and carcinogenicity [1]. There is a high PAH content in creosote impregnated wood [2].

Creosote impregnated wood which was used and discarded becomes hazardous waste. Concentration of PAHs in used impregnated wood can be reduced by leaching with suitable solvent systems. Thus, the aim of this study was to compare different organic acids solvent systems for leaching PAHs out of impregnated wood to obtain non-hazardous waste. Leaching tests on impregnated wood were performed with 15 % water solution of urea, concentrated formic acid, 15 % solution of urea in formic acid and glacial acetic acid [3]. Concentration of PAHs in extracts was measured by GC-FID technique. Polycyclic aromatic hydrocarbons that were determined are naphthalene, 1-methylnaphthalene, acenaphthene, fluorene, phenanthrene, anthracene, fluoranthene, pyrene, benzo[a] anthracene and chrysene.

Table 1. Relative concentration of PAHs in four different extracts from creosote impregnated wood.

Relative concentration	15 % water solution of urea	Concentrated formic acid	15 % solution of urea in formic acid	Glacial acetic acid
naphthalene	0.09	0.45	0.55	1
1-methylnaphthalene	0.05	0.68	0.68	1
acenaphthene	0.01	0.65	0.67	1
fluorene	0.01	0.59	0.61	1
phenanthrene	0.003	0.59	0.59	1
anthracene	0.005	0.43	0.45	1
fluoranthene	0.001	0.56	0.57	1
pyrene	0.002	0.59	0.57	1
benzo[a] anthracene	n.d.	0.50	0.50	1
chrysene	n.d.	0.64	0.57	1

n.d.- Not detected

Data presented in Table 1. show that water solution of urea had the lowest extraction ability according to PAHs among tested solvent systems. Concentrated formic acid and solution of urea in concentrated formic acid indicated similar extraction ability according to

PAHs which was higher than previous. Glacial acetic acid showed the highest extraction ability according to PAHs among all solvent systems.

References

1. Majd, M., Nojavan, S. *Microchem. J.* 171 (2021) 106852.
2. Ikarashi, Y., Kaniwa, M., Tsuchiya, T. *Chemosphere* 60 (2005) 1279-1287.
3. Dhapte, V., Mehta, P. *St. Petersburg Polytechnical University Journal: Physics and Mathematics* 1 (2015) 424-435.

Acknowledgement - This study was financed by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia (Contract number: 451-03-47/2023-01/200051).

Elektrohemijsko određivanje nitrita u uzorcima vode primenom elektrode od ugljenične paste modifikovane Ni/Bi oksidom**Electrochemical determination of nitrite in water samples using carbon paste electrode modified with Ni/Bi oxide**

T. Mutić¹, V. Stanković², M. Ognjanović³, D. Stanković^{4,*}

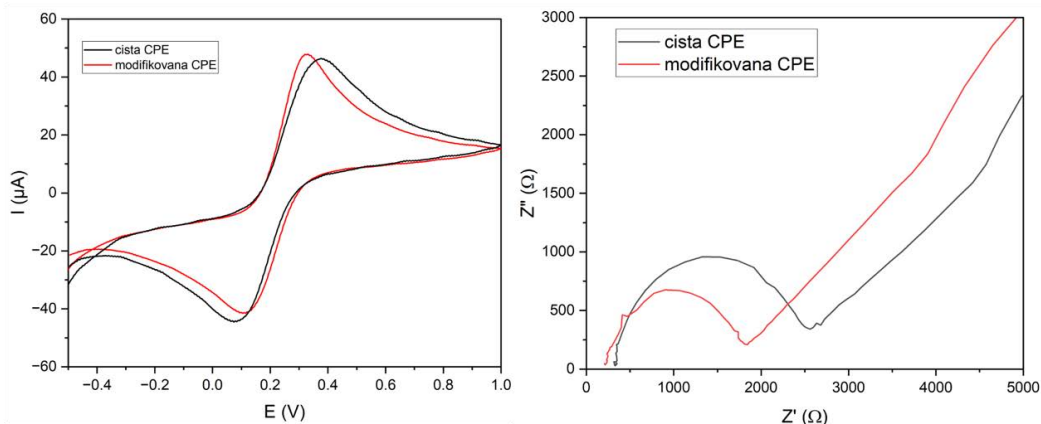
(1) Farmaceutski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Vojvode Stepe 450, Beograd, Srbija, (2) Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Univerzitet u Beogradu, Njegoševa 12, Beograd, Srbija, (3) Institut za nuklearne nauke VINCА, Univerzitet u Beogradu, Mike Petrovića Alasa 12-14, Beograd, Srbija, (4) Univerzitet u Beogradu – Hemijski fakultet, Studentski trg 12-16, Beograd, Srbija;

*dalibors@chem.bg.ac.rs

Određene soli nitrita se široko koriste u industrijskim proizvodnim procesima. Međutim, nitriti mogu imati štetne efekte po zdravlje ljudi posebno kada se unose u prekomernim koncentracijama. Kada se nitritni jon unese u ljudski organizam, dolazi do oksidacije ferohemoglobina u ferihemoglobin što dovodi do značajnog gubitka sposobnosti hemoglobina da prenosi kiseonik. Osim toga, nitriti mogu da reaguju sa sekundarnim aminima i proizvode nitrozamin, što može dovesti do pojave raka [1]. Prema podacima Centra za kontrolu bolesti (CDC), oko 80 % nitrita unetih u ljudski organizam je poreklom iz povrća, a preostalih 20 % je poreklom iz vode za piće. Nitriti utiču na kvalitet vode za piće i indikatori su zagađenja vode i zato je njihovo određivanje važno.

Zbog niskih maksimalno dozvoljenih koncentracija, veoma je važno razviti visoko osetljiv i pouzdan način za određivanje nitrita u vodi. Danas se koriste mnoge metode detekcije, kao što su spektrofotometrija, jonska hromatografija, spektrofluorimetrija, kapilarna elektroforeza, kao i gasna hromatografija-masena spektrometrija nakon odgovarajuće hemijske modifikacije [2]. Pored ovih metoda, elektrohemijski pristupi su povoljni za određivanje nitrita zbog brzog odgovora i jednostavnog rada, ali su takođe i ekološki prihvatljiviji od standardnih analitičkih metoda. Glavne elektrohemijske metode uključuju redukciju i oksidaciju nitrita na elektrodi. Međutim, na nemodifikovanoj čvrstoj elektrodi određivanje nitrita je ograničeno jer se može zaprljati površina elektrode i time smanjiti osetljivost i tačnost.

U ovom istraživanju, sintetisani su kompozitni nanomaterijali koji su korišćeni za modifikaciju elektrode od ugljenične paste. Materijali su sintetisani metodom koprecipitacije, a korišćene su soli nikla i bizmuta. Morfološke karakteristike materijala su ispitane skenirajućom i transmisionom elektronskom mikroskopijom i rendgenskom strukturnom analizom. Na osnovu ciklične voltametrije i elektrohemijske impedanse modifikovana elektroda pokazuje bolje elektrokatalitičke osobine od nemodifikovane elektrode (Slika 1). Optimizovani su radni uslovi (procenat modifikacije, pH, brzina skeniranja) i prikazani su u Tabeli 1.



Slika 1. Elektrohemijsko ponašanje modifikovane elektrode u odnosu na nedomifikovanu elektrodu u 5mM $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4-}$ i 0.1 M KCl

Tabela 1. Odabrani parametri za razvoj analitičke procedure

Parametar	Odabrane vrednosti
Procenat modifikatora	5 %
pH vrednost osnovnog elektrolita	6
Brzina skeniranja	50 mV/s

Za metodu detekcije i kvantifikacije nitrita je odabrana polarografija sa pravougaonim talasima i izvršena je optimizacija parametara (korak potencijala, amplituda i frekvencija). Kalibraciona kriva, snimljena pod optimizovanim uslovima, pokazala je širok opseg linearnosti razvijene metode, sa minimalnim efektom ometajućih čestica. Praktična upotreba u realnim uzorcima je pokazala minimalni efekat matriksa uzoraka i zadovoljavajuće slaganje sa pripremljenim uzorcima.

Literatura

1. Bruning-Fann C. S., Kaneene, J. B. *Vet. Hum. Toxicol.* 35 (1993) 521-38.
2. Zhang, Y., Luo, L., Ding, Y., Li, L. *Microchim. Acta* 167 (2009) 123-128.

Izolovanje mikroplastičnih čestica iz uzoraka poreklom iz morskog ekosistema i karakterizacija primenom μ FTIR spektroskopije

Isolation of microplastic particles from samples from the marine ecosystem and characterization using μ FTIR spectroscopy

T. Mutić¹, B. Anđelković¹, M. Ilić¹, J. Mutić¹, T. Ćirković Veličković^{1,2,3,4*}

(1) Univerzitet u Beogradu – Hemijski fakultet, Beograd, Srbija, (2) Ghent University Global Campus, Yeonsu-gu, Incheon, South Korea, (3) Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, Ghent, Belgium, (4) Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade, Serbia;

*tcirkov@chem.bg.ac.rs

Tokom protekle decenije došlo je do velikog naučnog i javnog interesovanja za uticaj plastike na životnu sredinu, žive organizme, uključujući ljude i živi svet u morskim ekosistemima. [1]

Izdvajanje plastičnih čestica iz uzorka radi njihove detekcije i dalje karakterizacije predstavlja veliki izazov jer su često pomešane sa velikim količinama mineralnih i biogenih organskih supstanci. Primenjeni protokoli treba da ostave intaktne sintetičke polimere prvenstveno u pogledu njihove hemijske strukture, a zatim i u pogledu njihove težine, zapremine, oblika i, ako je potrebno, boje. Očuvanje hemijske strukture ili površinske strukture i morfologije polimera u velikoj meri zavisi od odabira adekvatne metode digestije. [2]

U ovom istraživanju ekstrakcija mikroplastike (MP) iz morskih organizama se zasnivala na višestepenoj digestiji, kao i na kombinovanju hemijske i enzimске digestije. Prvi stepen je hemijska digestija, koja podrazumeva upotrebu jakih alkalnih uslova sredine (KOH koncentracije 10 %), a drugi stepen ekstrakcije je digestija sa dva enzima, prvo pepsinom i zatim pankreatinom. Poslednji korak koji je od velike važnosti za dalja spektralna ispitivanja je bila upotreba oksidativnih reagenasa, odnosno vodonik peroksida, koncentracije 15 %.

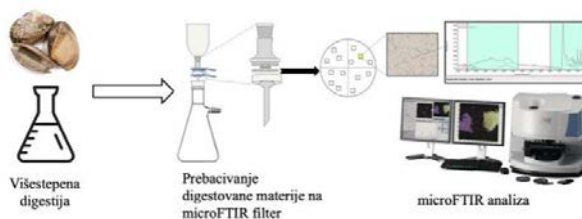
Analizirani su standardi čestica MP vrste PP veličine 500 μ m, PVC veličine 120 μ m, PS veličine 500 μ m i PET veličine 120 μ m. Čestice su dodate pre digestije (*spike*), a nakon što su prošle digestiju po optimizovanom protokolu su analizirane primenom μ FTIR-spektrometra.

Kod čestica PP, PVC i PS ne dolazi do promene strukture i nalažene su čestice sa velikim procentom podudaranja nakon digestije. Rezultati prikazani u Tabeli 1 pokazuju da se određeni tipovi plastike izloženi hemijskoj i enzimskoj digestiji, kao i eventualnom taloženju biološkog materijala, identifikuju sa manjim stepenom podudaranja sa bazama podataka, nego pre tretmana. I pored toga, procenat podudaranja sa bazama je iznosio za PP do 90 %, za PVC do 94 %, za PS do 68 % i za PET do 70 %.

Tabela 1. Podudaranje različitih vrsta mikroplastike sa bazom podataka pre i posle digestije

<i>Vrsta plastike</i>	<i>Veličina čestica</i>	<i>Podudaranje sa bazom pre digestije</i>	<i>Podudaranje sa bazom posle digestije</i>
Polipropilen (PP)	500 μm	93 %	90 %
Polivinil-hlorid (PVC)	120 μm	95 %	94 %
Polistiren (PS)	500 μm	76 %	68 %
Polietilen-tereftalat (PET)	120 μm	79 %	70 %

Podaci prikazani na slici 1 predstavljaju šematski prikaz toka analize koja uključuje višestepenu analizu uzoraka, prebacivanje digestovane materije sa mikroplastičnim česticama i karakterizaciju μFTIR spektrometrom.



Slika 1. Šematski prikaz toka analize

Literatura

1. Borrelle S.B., Ringma J., Law K.L., Monnahan C.C., Lebreton L., McGivern A., Murphy E. *Science* 369 (2020)1515-1518.
2. Enders K., Lenz R., Beer S., Stedmon C. A. *ICES J. Mar. Sci.* 74 (2017) 326-331.

Zahvalnica - This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under grant agreement No. 965173.

Процена степена оптерећења површинских вода органичним загађујућим супстанцама на подручју Ковина, Србија

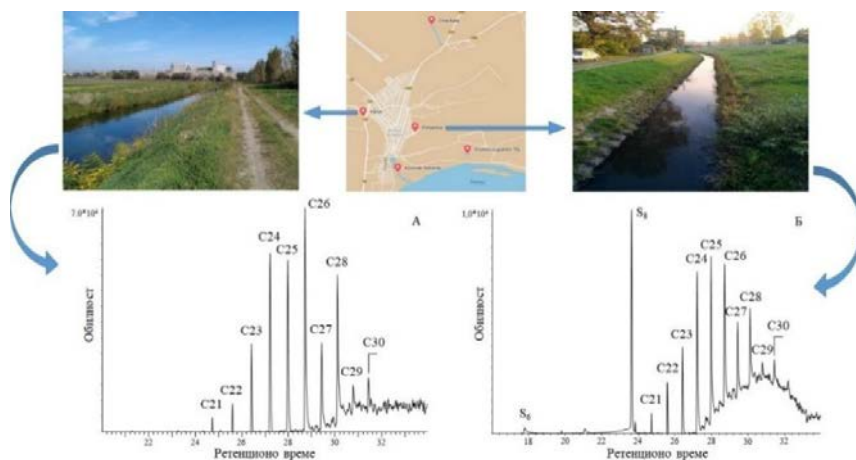
Estimation of surface water contamination by organic pollutants in the Kovin area, Serbia

И. Којић^{1,*}, К. Стојановић², Н. Раговић², Т. Тосић² С. Буровић³

(1) Иновациони центар Хемијског факултета у Београду, Сидгенјски брџи 12-16, Београд, Србија, (2) Универзитет у Београду – Хемијски факултет, Сидгенјски брџи 12-16, Београд, Србија, (3) Институт за отпадну и физичку хемију, Сидгенјски брџи 12, Београд, Србија;

*ivankojic@chem.bg.ac.rs

У индустријској зони града Ковина налазе се фабрике које се баве производњом алкохола и сточног квасца, хране за кућне љубимце, сечењем и завршном обрадом челика, производњом шприцева и амбалаже за вакцине и лекове, као и највећа на Балкану фарма печурака. Поред тога, на 11 km од Ковина је рудник који угљавди са дна језера које је повезано са Дунавом, и представља јединствену подводну експлоатацију угља на свету. Упркос наведеним бројним делатностима које могу имати утицаја на квалитет површинских вода, нема лабораторије која се бави њиховим мониторингом. Стога је циљ овог рада прелиминарна карактеризација степена оптерећења површинских вода укупно присутним и специфичним, најзаступљенијим угљоводоничним загађујућим супстанцама. Узорци коришћени у раду узети су током новембра 2022. године, са пет репрезентативних локација на подручју Ковина (слика 1).



Слика 1. Приказ локација узоркованих површинских вода (горе); хроматограм укупне јонске струје екстракта вода са локација Канал (А) и Поњавица (Б) (доле).

Након одређивања основних параметара (табела 1), воде су анализиране применом стандардне методе ASTM D1252-06 [1], како би се утврдиле вредности хемијске потрошње кисеоника (ХПК). У циљу специфицирања најзаступљенијих угљоводоничних загађујућих супстанци, примењена је екстракција узорака вода помоћу трихлорметана. Добијени екстракти су након сушења и концентровања

хроматографски пречишћени и анализирани на гасном хроматографу Agilent 7890A GC куплованом са квадруполним масеним детектором Agilent 5975C.

Табела 1. Карактеристике и вредности параметара испитиваних вода

Локација	Боја	Мирис	pH	T (°C)	XПК (mg/l O ₂)	CPI C ₁₆ -C ₃₄	CPI C ₁₅ -C ₂₀	CPI C ₂₅ -C ₃₄	n-C _{max}
Дунавац	без боје	без мириса	6,9	18,1	7	0,89	0,82	0,95	C ₂₆
Канал	жута	непријатан	6,8	17,3	75	1,28	0,95	1,54	C ₂₇
Поњавица	светложута	непријатан	7,1	17,6	27	1,15	1,02	1,25	C ₂₆
Шљункара	без боје	без мириса	6,8	18,0	31	1,04	1,43	1,08	C ₂₆
Црна Бара	светложута	има мирис	6,5	18,2	57	0,71	0,99	0,71	C ₂₈

CPI – Carbon Preference Index; n-C_{max} – n-алкански максимум.

Четири од пет анализираних узорака показују вредности ХПК карактеристичне за класу III површинских вода (табела 1; [2]). Најзаступљивија специфична угљоводонична једињења у свим узорцима су n-алкани (слика 1). Нижи n-алкани са мање од 20 угљеникових атома су присутни само у траговима, што указује да ове воде углавном нису изложене загађењу сировом нафтом, дизелом или керозином. У три узорка (Дунавац, Шљункара и Црна Бара), CPI вредности за цео опсег n-алкана (C₁₆-C₃₄), као и за и више (C₂₅-C₃₄) и ниже (C₁₅-C₂₀, са изузетком Шљункаре) n-алканске хомологе су ниже или блиске 1, што уз n-алканске максимуме у опсегу C₂₄-C₂₆ указује на допринос органске супстанце акватичних макрофита, бактерија, васкуларних биљака и маховина рода *Sphagnum* [3]. Присуство нижих n-алкана (C₁₅-C₂₀) карактерише алге и бактерије, док се доминација непарних нижих хомолога у узорку Шљункара може повезати за цијанобактеријама. У узорцима Канал и Поњавица CPI вредности за цео опсег n-алкана (C₁₆-C₃₄), као и за више хомологе (C₂₅-C₃₄) веће су од 1, што уз n-алкански максимум у узорку Канал на C₂₇ указује на допринос виших сувоземних биљака. Међутим поред наведених природних извора идентификованих n-алкана, треба истаћи да веома сличне n-алканске расподеле имају моторна уља, теже фракције уља за ложење и течни производи пиролизе лигнита. Од посебног значаја је и резултат да је у екстракту узорка воде са локације Поњавица доминантно једињење елементарни сумпор (слика 1), што се може повезати са великом количином муља у којем преовлађују аноксични услови, услед чега су фаворизовани редукциони хемијски/биохемијски процеси.

Резултати прелиминарног истраживања показују да је неопходно наставити континуално и знатно детаљније истраживање предметних вода, како би се предупредило њихово даље загађење и негативан утицај на живи свет у њима, као и на подземне воде и земљиште у непосредној околини.

Литература

1. ASTM International, ASTM D1252-06, 2020. <https://www.astm.org/d1252-06r20.html>
2. Уредба о граничним вредностима загађујућих материја у површинским и подземним водама и седименту и роковима за њихово достизање, Сл. гласник РС, бр. 50/2012, 2012.
3. Andersson, R.A., Kuhry, P., Meyers, P., Zebühr, Y., Crill, P., Mörth, M. *Org. Geochem.* 42 (2011) 1065-1075.

Захвалница - Министарство науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије Евиденциони број: 451-03-47/2023-01/200288 и 451-03-47/2023-01/200168.

Испитивање ефикасности екстракције виших n-алкана из ваздуха

Investigation of the efficiency of extraction of long-chain *n*-alkanes from air

И. Којух^{1,}, К. Стојановић², Н. Раговић², С. Ђуровић³*

(1) Иновациони центар Хемијској факултету у Београду, Студентски бр 12-16, Београд, Србија, (2) Универзитет у Београду - Хемијски факултет, Студентски бр 12-16, Београд, Србија, (3) Институт за отпад и физичку хемију, Студентски бр 12, Београд, Србија;

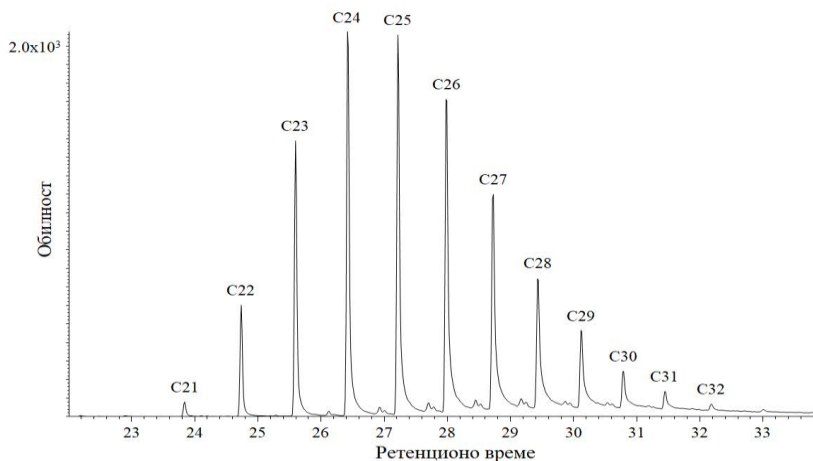
**ivankojic@chem.bg.ac.rs*

Испитивање угљоводоника у ваздуху претежно обухвата лакоиспарљива једињења и полицикличне ароматичне угљоводонике, док се мање пажње посвећује *n*-алканима дугог низа. Антропогено порекло виших *n*-алкана углавном се приписује угљу, биомаси, моторним уљима и уљима за ложење, док је њихово биогено порекло резултат физиолошких процеса виших сувоземних биљака, као и појединих микроорганизама [1]. Виши *n*-алкани ($>C_{20}$) су стабилна, неиспарљива, у води нерастворна једињења, те се у ваздуху претежно налазе адсорбовани на честицама, и то углавном $PM_{2.5}$. Стога је значајно да се ова једињења у ваздуху анализирају и да се детаљније расветли њихова хемодинамика. Циљ овога рада је испитивање брзе и јефтине методе за екстракцију виших *n*-алкана из ваздуха, при чему су као растварачи коришћени *n*-хексан и дихлорметан. Наведени растварачи су одабрани због способности да добро растварају угљоводонике и економске приступачности [3].

Узорци ваздуха узети су са висине од 2 метра, мерено од асфалта, на локацији Капетан Мишине улице у Београду. Ова улица се налази у центру града, умерено је оптерећена само аутомобилским саобраћајем, али је транспорт знатно мање интензиван него на аутопуту и прометним саобраћајницама кроз које се крећу возила градског превоза. Ваздух је помоћу аутоматског узоркивача са пумпом на електрични погон, уз константан проток, увођен у стаклену испираницу напуњену прописаним количинама *n*-хексана, односно дихлорметана. Након дефинисаног времена узорковања, из добијених екстраката је најпре уклоњена влага, а потом су концентровани на ротационом вакуум упаривачу. Добијени концентрати су пречишћени на хроматографској колони са активираним магнезијум-силикатом и анализирани на гасном хроматографу Agilent 7890A GC куплованом са квадруполним масеним детектором Agilent 5975C.

На слици 1 приказан је хроматограм виших *n*-алкана у узорку екстрахованом дихлорметаном, који је показао већи апсорпциони потенцијал у односу на *n*-хексан, при идентичним експерименталним условима. У екстрактима ваздуха идентификовани су виши *n*-алкани у опсегу од C_{21} до C_{32} . CPI (Carbon Preference Index) вредности за цео опсег *n*-алкана (C_{21} - C_{31}) износиле су 0,99. *n*-Алканске расподеле се карактеришу највећом заступљеношћу хомолога C_{23} - C_{26} , са максимумима на C_{24} и C_{25} . Веома сличне *n*-алканске расподеле са уједначеном заступљеношћу парних и непарних хомолога имају моторна уља, теже фракције уља за ложење и течни производи пиролизе лигнита. Природни извори C_{23} - C_{26} алкана су акватичне макрофите, бактерије, васкуларне биљке и маховине рода *Sphagnum* [3,4].

Непарни *n*-алкани C₂₇-C₃₁ карактеристични су за више сувоземне биљке, при чему се доминација C₂₇ и C₂₉ углавном везује за дрвеће и жбуње, а C₃₁ за траве и маховине [5].



Слика 1. Хроматограм виших *n*-алкана екстрахованих из ваздуха дихлорметаном.

Добијени резултати показују да је коришћени експериментални поступак екстракције дихлорметаном ефикасан за анализу виших *n*-алкана у ваздуху. Поред тога, у питању је брза, јефтина метода, која је креирана тако да захтева минималан број аналитичких фаза, чиме се губици анализита свде на најмању меру, што је важно узимајући у обзир њихову ниску концентрацију у ваздуху. Резултати испитивања су основа за наставак истраживања, у циљу оптимизације методе за екстракцију и квантификацију виших *n*-алкана у узорцима ваздуха.

Литература

1. Yang, J., Lei, G., Liu, C., Wu, Y., Hu, K., Zhu, J., Bao, J., Lin, W., Jin, J. *Atmos. Chem. Phys.* 23(2023)3015-3029.
2. Ram, F., Bera, M. K., Sarkar, A. *Org. Geochem.* 165 (2022) 104368.
3. Andersson, R.A., Kuhry, P., Meyers, P., Zebühr, Y., Crill, P., Mörth, M. *Org. Geochem.* 42 (2011)1065-1075.
4. Ficken, K.J., Li, B., Swain, D.L., Eglinton, G. *Org. Geochem.* 31 (2000) 745-749.
5. Bi, X., Sheng, G., Liu, X., Li, C., Fu, J. *Org. Geochem.* 36 (2005)1405-1417.

Захвалница - Министарство науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије, Евиденциони број: 451-03-47/2023-01/200288 и 451-03-47/2023-01/200168.

Occurrence, Distribution Pattern and Origin of Saturated Hydrocarbons in the River Marina Sediments of the Kovin Dunavac (Kovin, Serbia)

T. Šolević Knudsen^{1,*}, I. Kojić², A. Tasić³

(1) University of Belgrade, Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy, Department of Chemistry, Njegoševa 12, 11000 Belgrade, Serbia, (2) University of Belgrade, Innovative Centre of the Faculty of Chemistry, Studentski trg 12-16, 11000 Belgrade, Serbia, (3) Scientific Institute of Veterinary Medicine of Serbia, Janina Janulisa 14, Belgrade, Serbia;

*tatjana.solevic.knudsen@ihtm.bg.ac.rs

The KovinDunavac is a 1800 m long arm of the Danube river in the vicinity of Kovin, a small city in eastern Serbia. The KovinDunavacmarina is used by the local population as a natural shelter for smaller river crafts. In our previous research, the sediments from this locality were investigated for a possible contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)[1]. The resultsrevealed multiple sources of these contaminants in the sediments of this marina. Accordingly, it was concluded that the dominant pollution sources of the sediment in the KovinDunavac were petrogenic (diesel vehicular source) and pyrogenic (grass, wood, and coal combustion).

The aim of our present research is investigation of the occurrence, distribution pattern and origin of saturated hydrocarbons in the river marina sediments of the KovinDunavac near Kovin, Serbia.

The sediment samples were collected from seven representative sampling points, and extracted in a Soxhlet apparatus with dichloromethane as a solvent. The extracts were cleaned up and fractionated using column chromatography. The fractions of the saturated hydrocarbons were analysed by gas chromatography – mass spectrometry (GC-MS) in a selected ion monitoring (SIM) mode. The ions monitored were: $m/z = 71$ (*n*-alkanes), $m/z = 191$ (terpanes), and $m/z = 217$ (steranes).

In order to reveal the origin of the organic matter in the samples analysed in this research, the following saturated hydrocarbons proxies were used: short to long hydrocarbon chains ratio, average weighted carbon chain lengths forlong *n*-alkanes (for C24–C33 range) [2], the terrestrial-to-aquatic ratio [3], the carbon preference index for the entire alkane range [4], and the Paq proxy. Distribution of hopanes and steranes in the samples was analysed to confirm the presence of petroleum-derived residues [5].

The results revealed a similar abundance and distribution of *n*-alkanes, terpanes, andsteranesin all the samples analysed. GC-MS chromatograms of *n*-alkanes, terpanes, andsteranestypical of all the samples investigated in the present research are shown in Figure 1. The saturated hydrocarbons proxiesindicated that the organic matter in the sediments analysed was contributed from the multiple natural allochthonous and autochthonous organic sourcesuch as: algal, bacterial and terrestrial plant sources, aquatic macrophytes, and bacterialreworking. Presence of petroleum-sourced hydrocarbons was confirmed by the distribution of steranes and terpanes which were found in all the samples analysed in distributions typical of crude oils (Figure 1) indicating a contribution of the anthropogenic sources of hydrocarbons to the organic matter of the investigated samples.

All these results point to the complex processes of migration and mixing of the organic matter in the sediments at the investigated location. Considering the fact that the presence of the oil pollutants was confirmed in the sediment samples from this location, further

research is needed to reveal the environmental pollutions status of the environment at this locality.

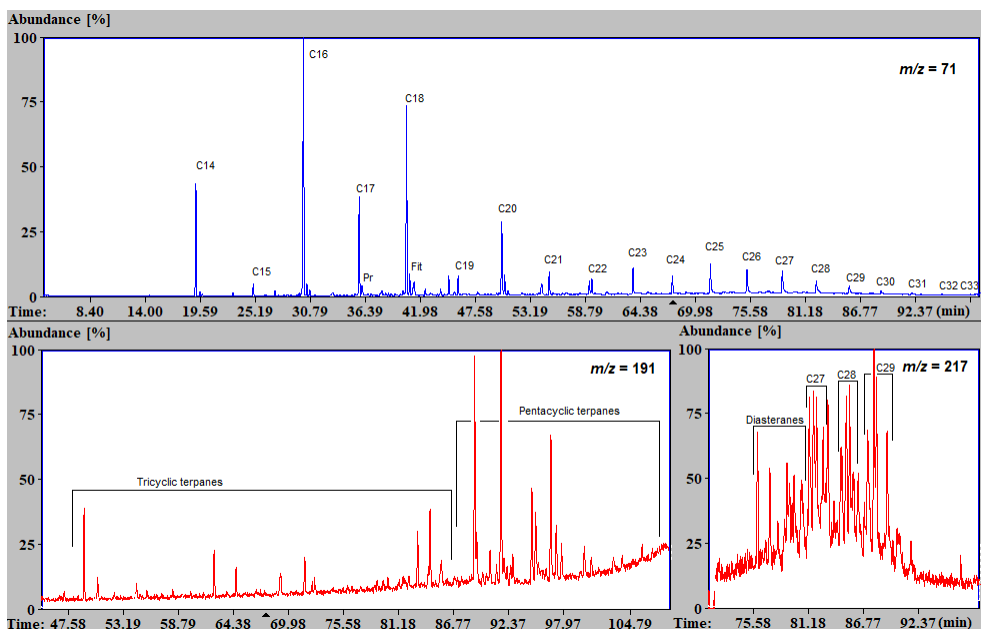


Figure 1. Distribution of *n*-alkanes ($m/z = 71$), terpanes ($m/z = 191$), and stranes ($m/z = 217$), typical for all the samples analysed

References

1. Antić, K., Kojić, I., Šolević Knudsen, T. 22nd European Meeting on Environmental Chemistry, Ljubljana, Slovenija, 5 – 8 December, 2022, Book of Abstracts, pp. 28.
2. Kumar, M., Boski, T., González-Vila, F.J., Jiménez-Morillo, N.T., González-Pérez Estuarine J.A. *Coastal and Shelf Science* 197(2020) 104076.
3. Bourbonniere, R.A., Meyers, P.A., *Limnol. Oceanogr.* 41(1996)352-359.
4. Bray, E.E. Evans, E.D. *Geochim. Cosmochim. Ac.* 22(1961) 2-15.
5. Ficken, K.J., Li, B., Swain, D.L., Eglinton, G. *Org. Geochem.* 31(2000) 745-749.
6. Peters, K. E., Walters, C. C., Moldowan, J. M. *The biomarker Guide*, Vol. 2: *Biomarkers and Isotopes in Petroleum Exploration and Earth History*, Cambridge University Press, Cambridge, 2005, p. 475.

Acknowledgment - This research has been financially supported by the Ministry of Science, Technological Development and Innovation of the Republic of Serbia (Contract No: 451-03-47/2023-01/200026)

DETECTION OF METALLIC IMPURITIES IN INDUSTRIAL GASES; THE ARGON CASE STUDY

Đ. Kapuran¹, S. Veličković¹, F. Veljković^{1}, M. Stoilković¹*

(1) Vinča Institute of Nuclear Sciences - National Institute of the Republic of Serbia, University of Belgrade P.O. Box 522, 11001 Belgrade, Serbia;

**filipveljkovic@vinca.rs*

We report a sensitive method for detecting metallic impurities in industrial gases. The method is based on laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS).

A CO₂ laser with a microsecond pulse of 10.6 μm was used to obtain the laser-induced breakdown plasma [1]. The laser beam is focused on the interface of a tantalum sheet where the plasma is formed, either in the air or in another atmosphere, by applying a flow of desired gas along the interface. Plasma spectra were recorded in the range of 210-290 nm and 390-470 nm using a Jobin-Yvon H25 monochromator equipped with an iDus CCD camera, Andor Technologies.

Spectra of plasmas generated in air and argon were evaluated. Argon with a purity of 5.0 [2] was randomly selected as a noble gas commonly used for laboratory purposes. Since the components of air are molecular gases (N₂ ~78 %, O₂ ~21 %, and Ar ~1 %), it is expected that the spectrum of argon plasma will not have corresponding molecular bands and the line spectrum will not be rich compared to the spectrum of air plasma. The molecular bands are missing but unexpectedly a number of spectral lines show in argon plasma, Figure 1.

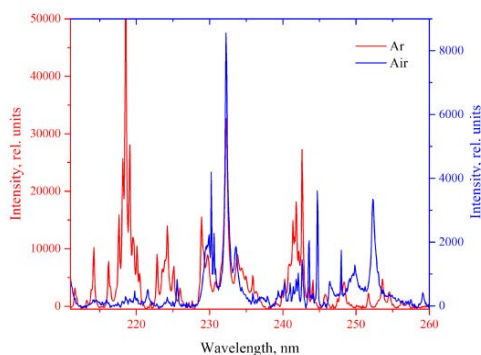


Figure 1. Emission spectra of the laser-induced plasmas generated in air and argon atmosphere

The spectrum of argon plasma was examined methodically using a NIST database and the spectral lines are precisely allocated [3]. The analysis has shown that the spectral lines correspond to vanadium and copper dominantly and the iron is possible too but with less reliability.

Argon is produced industrially by the partial distillation of liquid air as a by-product of oxygen and nitrogen production. Crude argon includes various impurities such as N₂, O₂,

ENVIROCHEM2023

H₂, CO₂, CO, H₂O, and hydrocarbons. For their removal, a number of patented adsorbents exist which are based on physical and/or chemical adsorption on metal-doped zeolite-based molecular sieves or metallic getters, or catalytic oxidation. The molecular sieve adsorbent units may include different pure metals, their oxides, or alloys. Among other elements, they may contain metallic vanadium or vanadium oxide and copper oxide.

We can reasonably conclude that vanadium and copper detected in argon plasma spectra originate from the argon purification system. During the process of purification under high pressures and elevated temperatures, argon can be contaminated with the material from which the adsorbents are made. Besides, due to the variety of molecular sieve materials, contamination with other metals is also possible.

A LIBS has been shown to be a highly sensitive technique for detecting metallic contaminants in industrial gases.

References

1. Savović, J., Stoiljković, M., Kuzmanović, M., Momčilović, M., Ciganović, J., Ranković, D., Živković S., Trtica, M., *Spectrochim. Acta B* 118 (2016) 127-136.
2. Messer,
https://www.messer.rs/documents/2227965/3986171/Argon_12_07_2016_.pdf,
(14.04.2023.)
3. National Institute of Standards and Technology (NIST),
https://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/lines_form.html, (15.04.2023.)

Acknowledgment - This study was supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia (grant N° 451-03-47/2023-01/200017).

Structural characterization of bio-modified epoxy resin by using MALDI-TOF

A. Stajčić¹, F. Veljković^{1*}, S. Veličković¹, M. Janković¹, B. Janković¹, M. Pijović¹, I. Stajčić¹

(1) Vinča Institute of Nuclear Sciences - National Institute of the Republic of Serbia, University of Belgrade P.O. Box 522, 11001 Belgrade, Serbia;

*filipveljkovic@vinca.rs

Polymers and polymer composites have wide application in every industrial field, and are a subject of continuous research from different scientific aspects [1,2]. However, most commercial polymers are oil refinery based products. Recently, due to a growing concern for oil depletion, researchers have been focused on modification of polymers, as well as reinforcements [3,4]. Epoxy resin is the most commonly used adhesive that can be improved with fiber or particle reinforcements, or by using chemical modifiers. Modifying agents from renewable resources show potential in replacing oil-based compounds, because of their abundance, low price and heterogeneous structure that offers number of reactive groups [5]. In our research, honey was used as a bio-based modifier for diglycidyl ether of bisphenolA (DGEBA) based epoxy resin, with the aim of investigating structural changes. MALDI-TOF mass spectrometry [6] was used as a powerful technique that is able to reveal presence of functional groups and modified epoxy resin structure. In this manner, successful chemical modification of epoxy resin was confirmed, which further opened the path for the investigation of honey potential as epoxy modifying agent.

References

1. Wang, H., Liu, Z., Wang, E., Zhang, X., Yuan, R., Wu, S., Zhu, Y. *Appl. Surf. Sci.* 357 (2015) 229-235.
2. Sharma, A., Jung, D.H., Cheon, J.S., Jung, J.P. *J. Weld. Join.* 37 (2019) 7-14.
3. Barbosa, A.Q., da Silva, L.F.M., Abenojar, J., Figueiredo, M., Öchsner, A. *Compos. B. Eng.* 114 (2017) 299-310.
4. Ramesh, M. *Prog. Mater. Sci.* 102 (2019) 109-166.
5. Vinod, A., Sanjay M.R., Suchart, S., Jyotishkumar, P. *J. Clean. Prod.* 258 (2020) 120978.
6. Hillenkamp, F., Karas, M. *Int. J. Mass. Spectrom.* 200 (2000) 71-77.

Acknowledgment - This study was supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia (grant N° 451-03-47/2023-01/200017).

Mikroplastika u peloidima iz Srbije i Slovenije**Microplastics in peloids from Serbia and Slovenia**

A. Šajnović¹, G. Gajica^{1*}, F. Prosenč^{2,3}, S. Stojadinović¹, G. Veselinović¹, P. Trebše², P. Dabić⁴, B. Jovančićević⁵

(1) Univerzitet u Beogradu, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Njegoševa 12, Beograd, Srbija, (2) Univerzitet u Ljubljani, Fakultet zdravstvenih nauka, Zdravstvena pot 5, 1000, Ljubljana, Slovenija, (3) University of Leeds, School of Civil Engineering, Leeds LS2 9JT, United Kingdom, (4) Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, Beograd, Srbija, (5) Univerzitet u Beogradu, Hemijski fakultet, Studentski trg 12-16, Beograd, Srbija;

*gordana.gajica@ihtm.bg.ac.rs

Mikroplastika (MP) i nanoplastika (NP) su prisutne u gotovo svim medijumima životne sredine, zbog čega privlače veliku pažnju istraživača poslednjih decenija. Nanoplastika veličine < 100 nm i mikroplastika veličine od 0,1 µm do 5 mm može biti rezultat hemijske degradacije, biorazgradnje, fotodegradacije, termičke degradacije i mehaničke abrazije plastičnih proizvoda ili materijala [1-2]. Nanočestice plastike je teško identifikovati, a relativno lako se mogu transportovati kroz vazduh, zemljište i vodu. Uticaj čestica plastike više i bolje je proučavan u uzorcima iz vodene sredine, kao i na organizme koji u njoj žive, dok je pažnja bila manje usmerena na transformacije, transport i sudbinu plastike u kopnenim i podzemnim sredinama. U kategoriju slabije proučavanih geoloških supstrata u pogledu čestica plastike spadaju i peloidi (lekovita blata). Iz tog razloga za ispitivanja mikroplastike u okviru ovog rada izabrani su peloidi sa teritorije Republike Srbije i Slovenije. Dodatni razlog je da su obe zemlje bogate banjama sa dugom tradicijom u balneoterapiji, gde se peloidi koriste u terapijske i estetske svrhe.

U Republici Srbiji banje se prostiru duž cele teritorije, a za ovu studiju uzorci peloidnog mulja uzeti su sa sledećih lokacija: Rusanda (Rus), Vrujci (Vru) i Ovča (Ovč). Rusanda i Vrujci su aktivne banje, dok Ovča pripada malim izvorima koji su bogati peloidima i ne eksploatišu se, a koje koristi lokalno stanovništvo. Pored navedenih, analiziran je uzorak iz Slovenije sa lokacije koja predstavlja jedno od najatraktivnijih prirodnih i kulturnih znamenitosti Slovenije, Park prirode Sečovelje (Seč). Ovaj lokalitet je poznat i po solani iz koje se so proizvodi na isti tradicionalan način, već vekovima unazad.

Prvi korak u analizi mikroplastike podrazumevao je određivanje sadržaja vlage u uzorcima peloida sušenjem do konstantne mase. Potom je rađeno mokro prosejavanje kroz seriju sita veličine otvora 1 mm, 500 µm, 250 µm i 100 µm od nerđajućeg čelika (Retsch, Nemačka). Svakafrakcija je sakupljanana GF/C 45 mm filterusaveličinompora 1,2 µm(Whatman, UK). Nakon toga filterisusušeni u pećina 60 °C. Iz najveće frakcije suvih filtera mikroplastika je izolovana ručno pod lupom, koristeći test vruće igle, a potom analizirana na ATR-FTIR (Cary 630, Agilent, SAD). Broj utvrđenih čestica mikroplastike (1-5 mm) je zatim normalizovan na 1 kg suvog peloidnog mulja.

Rezultati količine čestica mikroplastike (1-5 mm) koje su izolovane i kvantifikovane iz uzoraka peloidnog mulja su prikazane u tabeli 1. Peloid iz Rusande sadrži najveću (13,9 MP/kg suvog peloida), dok uzorak iz banje Vrujci najmanju (1,4 MP/kg suvog peloida)

kontaminaciju mikroplastikom (Tabela 1). Iako je malo verovatno da će mikropalstika dimenzija između 1 i 5 mm preći barijeru i pokazati bilo kakav fizički i toksični efekat na ljude, njihovo prisustvo ukazuje na to da je kontaminacija manjim mikro- i nanočesticama verovatna i moguća u ovim uzorcima. Male frakcije nanoplastike mogu izazvati toksični efekat [3]. Pored toga, oni takođe mogu da izazovu hemijske toksične efekte preko hemikalija koje su eventualno sadržane u njima [4]. Ovo može biti slučaj čak i kod veće frakcije mikroplastike, kao što je 1-5 mm.

Tabela 1. Sadržaj mikroplastike

Uzorak	Čestice mikroplastike (1-5 mm)/kg suvog peloida
Vru	1,4
Ovč	8,5
Rus	13,9
Seč	5,1

Čestice mikroplastike koje su izolovane iz uzorka Rusanda dodatno su analizirane na ATR-FTIR, pri čemu su identifikovane dve vrste plastičnih polimera polipropile nglikol i poliizobutilen. Polipropilen glikol se koristi kao dodatak poliuretanskim penama, dok je poliizobutilen sintetička guma koja se koristi u lepkovima i zaptivačima [5].

Novija istraživanja su pokazala da čestice mikroplastike formiraju agregate sa prirodnim mineralima ili čvrstim materijalima kao što su gline (npr. kaolinit ili bentonit) i druge koloidne čestice [6]. Stoga je dalja mineraloška analiza potrebna kako bi se pouzdanije interpretirali podaci i objasnilo ponašanje čestica mikroplastike u peloidima, budući da oni imaju široku i različitu primenu kod ljudi.

Literatura

1. da Costa, J., Santos, P., Duarte, A., Rocha-Santos, T. *Sci. Total Environ.* 566-567 (2016) 15-26.
2. Alimi, O., Budarż, J., Hernandez, L., Tufenkji, N. *Environ. Sci. Technol.* 52 (2018) 1704-1724.
3. Schröter, L., Ventura, N. *Small* 18 (2022) 2201680.
4. Gulizia, A., Patel, K., Philippa, B., Motti, C., van Herwerden, L., Vamvounis, G. *Sci. Total Environ.* 857 (2023) 159099.
5. Xu, Z., Cui, Y., Li, T., Dang, H., Li, J., Cheng, F. *Macromol. Chem. Phys.* 221 (2020) 2000082.
6. Besseling, E., Quik, J., Sun, M., Koelmans, A. *Environ. Pollut.* 220 (2017) 540-548.

Zahvalnica - Ovo istraživanje je deo bilateralnog projekta između Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije i Agencije za istraživanje Republike Slovenije „Geohemijski pristup u ispitivanju karakteristika terapeutskih peloida banja iz Srbije i Slovenije” (2021-2023.). Ovaj rad je finansijski podržalo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (br. 451-03-68/2023-14/200026 i 451-03-9/2023-14/200168), i projekat Agencije za istraživanje Republike Slovenije Agri-iMPact: Prevalencija i uticaj mikroplastike na poljoprivrednim poljima (Z2-2643).

Analiza odabranih procesnih parametara za uklanjanje nikla iz vode primenom statističke DSD metode

Analysis of selected process parameters for the removal of nickel from water using the statistical DSD method

M. Maletin¹, J. Nikić¹, A. Tubić¹, V. Gvoić¹, J. Agbaba^{}*

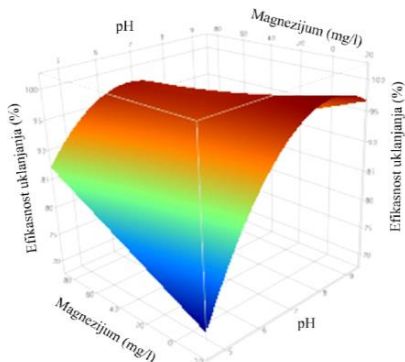
(1) Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine, Trg Dositeja Obradovića 3, Novi Sad, Republika Srbija;

**jasmina.agbaba@dh.uns.ac.rs*

Poslednjih decenija zagađenje voda organskim i neorganskim polutantima predstavlja narastajući problem globalnih razmera. Industrijske, poljoprivredne i komunalne otpadne vode su primarni izvori zagađenja životne sredine a pre svega resursa vode za piće. Jedan od vodećih izazova jeste obezbeđivanje dovoljne količine zdravstveno bezbedne vode za piće, koja je osnovna potreba svih živih bića. S obzirom na to da su metali postojani, nerazgradivi i toksični, predstavljaju jedne od najčešćih zagađujućih materija voda [1-5]. Pored antropogenih izvora, metali su zastupljeni u Zemljinoj kori, te do povećanja njihove koncentracije u vodenoj sredini može doći i prirodnim putem. Nikl je 24. najčešći element u Zemljinoj kori i koji se usled geohemijskih procesa u vodonosnom sloju izlučuje u podzemne vode. Prema Međunarodnoj agenciji za istraživanje raka (IARC), jedinjenja nikla su klasifikovana kao kancerogena za ljude (Grupa 1), zbog čega je neophodno njegovo uklanjanje iz vode [6]. Proces jonske izmene predstavlja jedno od rešenja tretmana vode zagađenja teškim metalima (uključujući nikl), jer ima niz prednosti, visoku efikasnost, sposobnost regeneracije korišćenih smola, minimalnu proizvodnju otpada i razumno nisku cenu.

U cilju analize odabranih procesnih parametara uklanjanja nikla iz vode procesom jonske izmene, ispitivanja su sprovedena na komercijalnoj makroporoznoj katjonskoj smoli READ-HM. U ispitivanjima je korišćen sintetički vodeni matriks sa odgovarajućim parametrima kvaliteta vode (20-200 µg Ni/l, 50-500 mg Ca/l, 5-100 mg Mg/l). Efekti početne koncentracije nikla, doze jonoizmenjivačke smole, pH vrednosti, vremena kontakta i koncentracije jona magnezijuma i kalcijuma ispitivani su statističkom metodom za eksperimentalni dizajn DSD (definitive screening design). Utvrđeno je da su pH, vreme kontakta, koncentracija nikla i koncentracija kalcijuma značajni faktori od kojih zavisi stepen uklanjanja nikla iz vode. Prema statističkom modelu uslovi pri kojima se postiže >80% uklanjanja nikla (inicijalna koncentracija 145 µg/l) primenom ispitivane jonoizmenjivačke smole su: pH 7, vreme kontakta 350 min, doza smole 0,5 ml/l, koncentracija kalcijuma 500 mg/l. Jedina statistički značajna dvofaktorska interakcija je pH*magnezijum (slika 1).

Dalja istraživanja će biti usmerena ka verifikaciji modela, tj. ispitaće se da li se pri modelom definisanim uslovima eksperimenta dobijaju predložene efikasnosti uklanjanja nikla.



Slika 1. 3D odzivna površina dvofaktorske interakcije pH i magnezijuma

Dobijani rezultati će poslužiti ne samo kao potvrda prikladnosti modela za opis procesa jonske izmene, već i kao podloga za odabir tehno-ekonomski najpogodnije jonoizmenjivačke smole za uklanjanje nikla iz vode.

Literatura

1. Basheer, A. A. *J. Mol. Liq.* 261 (2018) 583-593.
2. Vakili, M., Rafatullah, M., Yuan, J., Zwain, H. M., Mojiri, A., Gholami, Z., Gholami, F., Wang, W., Giwa, A. S., Yu, Y., Cagnetta, G., Yu, G. *Rev. Chem. Eng.* 37(2020) 755-778.
3. Hussain, C.M., Keçili, R. Environmental pollution and environmental analysis, *Modern Environmental Analysis Techniques for Pollutants*, (2020) ed. Hussain, C.M., Keçili, R., Elsevier, 1-36.
4. You, D., Shi, H., Xi, Y., Shao, P., Yang, L., Yu, K., Han, K., Luo, X. *Chem. Eng. J.* 400 (2020) 125359.
5. Ahmad, S.Z.N., Wan Salleh, W.N., Ismail, A.F., Yusof, N., MohdYusop, M.Z., Aziz, F. *Chemosphere* 248 (2020) 126008.
6. International Agency for Research on Cancer (2020) IARC Monographs on the identification of carcinogenic hazards to human.

Zahvalnica - Istraživanja je finansiralo Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije (Ev.br. 451-03-47/2023-01/200125).

**Proučavanje porekla organskih zagađujućih supstanci u sedimentima reke
Vrbas (Banja Luka, Bosna i Hercegovina)**

**Study of the origin of organic pollutants in sediments of the Vrbas River
(Banja Luka, Bosnia and Herzegovina)**

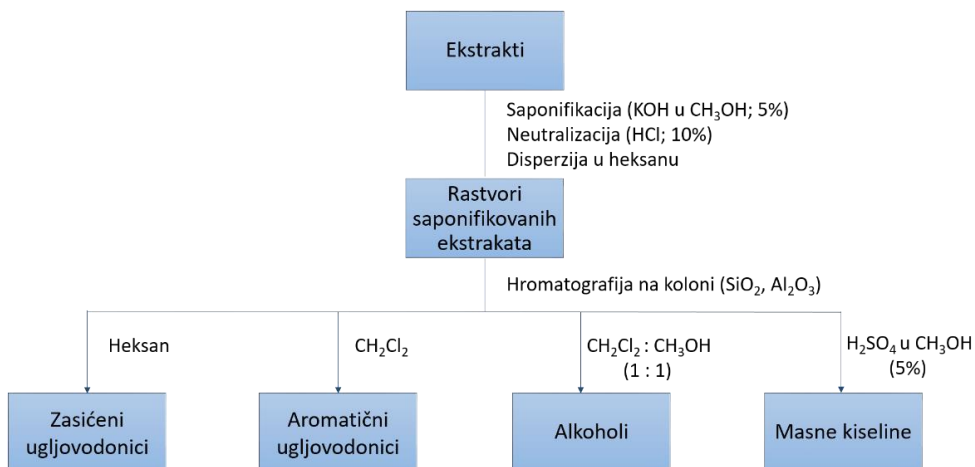
G. Veselinović¹, S. Pržulj², S. Stojadinović¹, B. Jovančičević^{3,}*

(1) Univerzitet u Beogradu, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Njegoševa 12, Beograd, Srbija, (2) Univerzitet u Banjoj Luci, Prirodno-matematički fakultet, Mladena Stojanovića 2, Banja Luka, Bosna i Hercegovina, (3) Univerzitet u Beogradu, Hemijski fakultet, Studentski trg 12-16, Beograd, Srbija;

**bjovanci@chem.bg.ac.rs*

Reka Vrbas, jedna od najvećih reka u Bosni i Hercegovini, duž svog toka od 250 km prolazi kroz naseljena područja, i tako veliki uticaj na njen kvalitet imaju poljoprivredne aktivnosti, kanalizacioni odvodi, industrijske otpadne vode, blizina termoelektrana i saobraćajnica [1]. Zagađujuće materije koje dospevaju u reke, u zavisnosti od prirode sedimenta, mogu se zadržati duže vreme, hemijski ili fizički adsorbovane na površini sedimenata. Sastav rečnog nanosa varira u najvećoj meri u zavisnosti od geologije posmatranog terena. Pored minerala koji erozijom dospevaju u reke, postoji i određena količina biljnih i životinjskih ostataka koji pod uticajem različitih fizičkih parametara nisu pretrpeli potpunu mikrobiološku razgradnju i oni predstavljaju nativnu organsku materiju u sedimentima. Osim prirodno prisutnih organskih jedinjenja, u sedimentima se mogu naći jedinjenja ili grupe jedinjenja čije prisustvo može ukazivati na antropogeni uticaj.

U okviru ovog rada analizirani su uzorci rečnih sedimenata reke Vrbas sa različitih lokaliteta duž celog njenog toka, od izvora do ušća u reku Savu, primenom organsko-geohemijskih metoda sa ciljem da se ispita poreklo organskih zagađujućih supstanci. Iz ukupno 19 uzoraka rečnog sedimenta izolovana je rastvorna organska supstanca metodom Sokslet ekstrakcije. Ekstrakti rastvorne organske supstance saponifikovani su sa 5 % rastvorom kalijum-hidoksida u metanolu (sa 1 % vode) i ostavljeni preko noći na sobnoj temperaturi, a potom neutralisani sa 10 % hlorovodoničnom kiselinom (Slika 1) [2]. Uzorci su rastvoreni u smeši dihlormetana (sa 1 % metanola) i heksana u odnosu 1:40 i potom pojedinačno razdvajani na frakcije hromatografijom na stubu SiO₂ i Al₂O₃. Zasićeni ugljovodonici, aromatični ugljovodonici, alkoholi i masne kiseline redom su eluirani heksanom, dihlormetanom, smešom dihlormetana i metanola (1:1) i 5 % rastvorom sumporne kiseline u metanolu. Poslednja frakcija tretirana je dodatno sa 20 % vodenim rastvorom NaCl i malim procentom *n*-heksana radi izdvajanja željenih jedinjenja. Frakcije su zatim analizirane gasnohromatografsko-masenospektrometrijski (GC-MS).



Slika 1. Šema frakcionisanja ekstrakata organske supstance.

Raspodela *n*-alkana u većini uzoraka je bimodalna i odlikuje se dominacijom viših neparnih *n*-alkanskih homologa sa maksimumom na C₂₉, dok među nižim dominiraju parni homologa sa maksimumom na C₁₆. Ovakva raspodela ukazuje na dominantno prisustvo native suvozemne organske supstance, ali i mali udeo mikroorganizama u prekursorskoj biomasi. S obzirom da mikroorganizmima odgovara dublja sredina koja nije tipična za ispitivane uzorke, i uzimajući u obzir dominaciju parnih homologa može se pretpostaviti da se radi o prisustvu naftnog zagađenja koje za posledicu ima povećanu obilnost nižih parnih *n*-alkana. Pretpostavlja se da su za razgradnju naftnih *n*-alkana, kao i za sintezu „novih“ parnih *n*-alkana, odgovorne alge kao što su dinoflagelati. Ova pretpostavka je potvrđena identifikacijom uglavnom nižih *n*-masnih kiselina sa prevlašću parnih članova (C₁₄–C₁₈), parnih *n*-alkohola, i nedvosmislenom identifikacijom holesterola [2]. Dodatno, raspodela policikličnih alkana tipa sterana i terpana jasno ukazuje na prisustvo naftnog zagađenja antropogenog porekla u svim ispitivanim uzorcima, a u aromatičnoj frakciji su identifikovani i policiklični aromatični ugljovodonici pirogenog i petrogenog porekla.

Literatura

1. Pržulj, S., Radojičić, A., Kašanin-Grubin, M., Pešević, D., Stojadinović, S., Jovančićević, B., Veselinović, G. *J. Serb. Chem. Soc.* 86 (2022) 519-530.
2. Jovančićević, B., Polić, P., Vrvić, M., Scheeder, G., Teschner, M., Wehner, H., *Environ. Chem. Lett.* 1 (2003) 73-81.

Zahvalnica - Rad je finansijski podržan od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije (br. 451-03-68/2023-14/200026 i 451-03-9/2023-14/200168).

Organsko-geohemijska karakterizacija priobalnih sedimenata reke Save i močvarnog zemljišta Obrenovačkog Zabrana (Srbija)

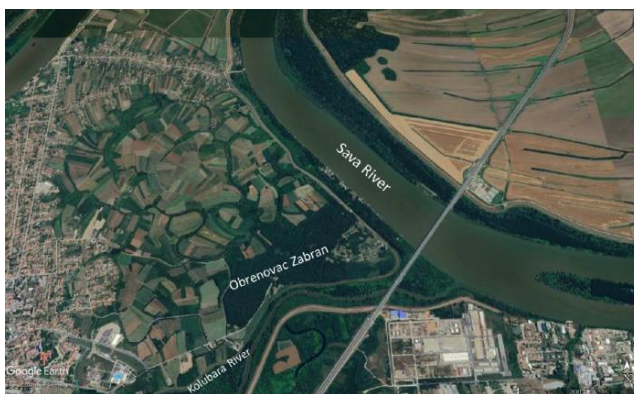
Organic geochemical characterization of the coastal sediments of the Sava River and the wetlands of Obrenovac Zabrana (Serbia)

S. Stojadinović¹, M. Kašanin-Grubin¹, S. Štrbac¹, G. Veselinović¹, N. Antić¹, C. Ferreira^{2,3}, B. Jovančićević^{4,*}

(1) Univerzitet u Beogradu, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Njegoševa 12, Beograd, Srbija, (2) Department of Physical Geography, Stockholm University, and Bolin Centre for Climate Research, Stockholm, Sweden (3) Research Centre for Natural Resources, Environment and Society (CERNAS), Polytechnic Institute of Coimbra, Coimbra Agrarian Technical School, Coimbra, Portugal, (4) Univerzitet u Beogradu, Hemijski fakultet, Studentski trg 12-16, Beograd, Srbija;

*bjovanci@chem.bg.ac.rs

Ispitivano područje, Obrenovački Zabrana (Slika 1), se nalazi na teritoriji opštine Obrenovac, oko 1,5 km vazdušnom linijom od Obrenovca i administrativno pripada gradu Beogradu. Zbog svojih vrednosti ispitivani lokalitet je, na temelju Zakona o zaštiti prirode Srbije, proglašen prirodnim dobrom III kategorije – Spomenik prirode botaničkog karaktera „Obrenovački Zabrana” [1]. Ukupna površina zaštićenog prirodnog dobra iznosi 4777,18 ha. Šire područje na kome je i zaštićena oblast je ravničarskog karaktera i obuhvata aluvijalne ravni reka Save i Kolubare.



Slika 1. Obrenovački Zabrana (Srbija).

U okviru rada analizirani su alifatični i aromatični ugljovodonici rastvorne organske supstance, u pet uzoraka priobalnih sedimenata reke Save i sedam uzoraka močvarnog zemljišta Obrenovačkog Zabrana sa ciljem njihove organsko-geohemijske karakterizacije. Velika energija rečnog toka reke Save uzrokuje stalni transport sedimentnog materijala, utičući istovremeno na raspodelu zagađujućih supstanci. Močvarno zemljište je takođe u čestom kontaktu sa vodom, pre svega sa podzemnim vodama Kolubare koje često plave ispitivano područje.

Za ekstrakciju rastvorne organske supstance korišćena je azeotropna smeša $\text{CH}_2\text{Cl}_2/\text{CH}_3\text{OH}$, nakon čega su dobijeni ekstrakti razdvojeni hromatografijom na koloni na zasićenu, aromatičnu i NSO-frakciju. Zasićena i aromatična frakcija su potom analizirane pomoću gasnohromatografsko-masenospektrometrijske (GC-MS) tehnike.

Grupni i specifični organsko-geohemijski parametri su pokazali da postoji razlika u kvalitetu i sadržaju rastvorne organske supstance između uzoraka močvarnog zemljišta i ispitivanih uzoraka savskog sedimenta. Obe grupe uzoraka u većoj meri sadrže nativnu organsku supstancu, ali je prisutna i organska supstanca antropogenog porekla.

Raspodela *n*-alkana ukazuje da nativna organska supstanca potiče od viših kopnenih biljaka, različitih vrsta trava, kao i od bakterija, algi i fitoplanktona. Ugljovodonici koji su karakteristični za naftu i njene derivate identifikovani su u svim ispitivanim uzorcima, s tim što je u uzorcima savskog sedimenta jasno uočljivo prisustvo geolipidnih hopanskih izomera i u hromatogramu ukupne jonske struje zasićene frakcije, što, pored prisustva nerazložene ugljovodonične smese (UCM), predstavlja potvrdu prisustva naftnog zagađivača, koji je već u nekoj meri podlegao biodegradaciji [2]. Zasićenu frakciju uzoraka močvarnog zemljišta posebno karakteriše prisustvo diploptena (hop-22(29)-ena), što ukazuje na pojačanu mikrobiološku aktivnost u ovom često plavljenom zemljištu. Prisustvo fenantrena i metilovanih fenantrena, vrednosti maturacionih fenantrenskih parametara, kao i prisustvo polikondenzovanih aromatičnih ugljovodonika uz vrednosti njihovih odnosa, jasno ukazuju na prisustvo organske supstance antropogenog porekla koje uključuje i naftno zagađenje i proizvode sagorevanja.

Rezultati istraživanja su osnova za dalja sveobuhvatnija istraživanja u Obrenovačkom Zabranu koja bi trebalo usmeriti na detaljnija periodična ispitivanja sedimenata i zemljišta.

Literatura

1. „Službeni glasnik RS”, br. 36/09, 88/10 i 91/10.
2. Stojadinović, S., Šajnović, A., Kašanin-Grubin, M., Gajica, G., Veselinović, G., Štrbac, S., Jovančićević, B., *J. Soil Sediments* 22 (2022) 640-655.

Zahvalnica-Rezultati ovog rada su deo rezultata Projekta u okviru Programa bilateralne saradnje između Republike Srbije i Portugalije: „Tok vode i sedimentnog materijala unutar urbanih i periurbanih područja”(2021-2022). Rad je finansijski podržan od strane Ministarstva prosvete, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije (br. 451-03-68/2023-14/200026 i 451-03-9/2023-14/200168).

Organic matter influence on pesticide content in soil

T. Anđelković^{1,}, I. Kostić Kokić¹, D. Bogdanović¹, J. Crnobrnja-Isailović², I. Stamenković²*

(1) Department of Chemistry, Faculty of Science and Mathematics, Višegradska 33, Niš, Serbia, (2) Department of Biology and Ecology, Faculty of Science and Mathematics, Višegradska 33, Niš, Serbia;

**tatjana.andjelkovic@outlook.com*

Pesticides are natural synthetic chemicals that are used in various activities of agriculture in order to control the spread of pests, weeds and diseases in plants.

All analysed samples of soil and humus (10 g) was measured using analytical balance with ± 0.0001 g precision. Samples were homogenized using magnetic stirrer (15 min) and 2 g of anhydrous Na_2SO_4 was added. After this step, 15 mL of the solvent mixture (methanol:acetone v/v 1:1) was added and once again samples were homogenized for 30 minutes using a magnetic stirrer. After homogenization, samples were centrifuged for 5 min at 4000 rpm, and supernatant was evaporated using vacuum evaporator at a temperature of 40°C. After evaporation, the residue was dissolved using 5 mL of a solvent mixture (ethyl acetate:acetone v/v 4:1). Previously prepared columns with a content of 1 g of Na_2SO_4 and 4 g of Florisil were conditioned with 30 mL of the previous solvent mixture, and 2 mL of the filtrate was passed through the column. Elution of the column was done using 30 mL of the same solvent mixture, and the eluate was evaporated to dryness and the residue was dissolved in 2 mL of acetone. Determination of pesticides in the sample was performed using GC-MS.

GC-MS analysis of soil and humus samples was performed on a HP 6890 gas chromatograph connected to a HP 5973 mass detector (MSD) and Agilent 7683 autosampler. The separation was achieved with SGE 25QC2/BPX5 0.25 capillary non-polar column (25 m \times 0.22 mm \times 0, 25 μm). The oven temperature was programmed from 90 °C (holding time 1 min) to 280 °C (4 min) at rate of 20 °C min^{-1} , with the option of post run at 300 °C (2 min). Volume of 1 μL was injected in the splitless mode. Helium (purity 99.999 %) was the carrier gas with constant flow rate 1.0 mL min^{-1} . The inlet temperature was 250 °C. The temperatures of MS Quad and MS Source were 150 °C and 230 °C. Energy of ionizing electrons was 70 eV. The MSD was operated in single ion tracking (SIM) mode. Identification and quantification of pesticides was based on relative retention time, presence of target ions and their relative intensities. Target ions for Cyprodinil and Cypermethrin are m/z 224, 210, 77 and m/z 165, 181, 163, respectively. The target ion for dibutylididipate (DBA) as internal standard was m/z 185. Data collection and processing was performed using Agilent MSD ChemStation® D.02.00.275 software.

Results obtained after analysing treated samples of soil and humus are presented in Table 1. The obtained results show that the content of cyprodinil in soil and humus after treatment with the recommended dose is approximately the same, while in samples of humus treated with a 10 times higher dose, the content was slightly higher than in soil treated with the same concentration of pesticide. Comparing the results obtained for the cyprodinil content in the samples treated with the recommended dose and 10 times higher, it is observed that the values are roughly corresponding, i.e. 10 times higher. Analysis of the samples for cypermethrin content showed that this pesticide was not detected in the soil sample treated with the recommended dose, while the content determined in the soil sample treated with a

10 times higher dose was almost the same as in the humus sample treated with the recommended dose. The analysis of the humus sample treated with 10 times higher than the recommended dose showed that the content was 2 times higher compared to the content determined in the sample treated with the recommended dose.

Table 1. Pesticide content in investigated samples (1 - soil treated with the recommended dose; 2 - soil treated with ten times higher concentration than recommended; 3 - humus treated with the recommended dose; 4 - humus treated with ten times higher concentration than recommended)

Sample	Cyprodinil ($\mu\text{g/g}$)	Cypermethrin ($\mu\text{g/g}$)
1	0,039 \pm 0,002	/
2	0,284 \pm 0,021	0,253 \pm 0,010
3	0,041 \pm 0,007	0,200 \pm 0,001
4	0,589 \pm 0,007	0,413 \pm 0,015

Data presented in Figure 1 shows chromatogram of analysed samples of humus treated with the recommended dose of pesticides.

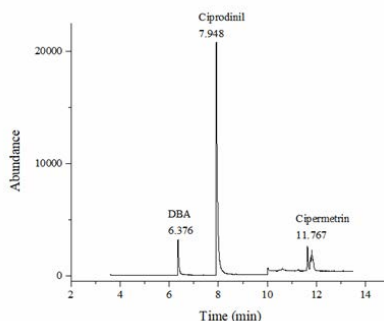


Figure 1. Chromatogram of analysed samples of humus treated with the recommended dose of pesticides

References

1. Sasine, A., Moura, S., Leo, V.M., Bustilos, O.V. *J. Anal. Toxicol.* 28 (2004) 238-241.
2. EL-Saeid, M., Hassanin, A., Bazeyad, A., Al-Otaibi, M. *Saudi J. Biol. Sci.* 28(8) (2021) 4173-4182.

Acknowledgment - This study was supported by the Ministry of Science, Technological Development and Innovation, Republic of Serbia (Contract Number 451-03-47/2023-01/200124).

Analiza hemijskog sastava, raspodele i srednje veličine suspendovanih čestica u uzorcima vazduha u cementarama**Analysis of chemical composition, distribution and mean size of suspended particles in air samples from cement plants**

Lj. Ignjatović^{1,*}, S. Jevtić¹, S. Novaković¹, I. Sredović Ignjatović²

(1) Univerzitet u Beogradu – Fakultet za fizičku hemiju, Studentski trg 12-16, Beograd, Srbija, (2) Univerzitet u Beogradu – Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, Beograd, Srbija;

*ljignjatovic@ffh.bg.ac.rs

Pod atmosferskim aerosolima se podrazumevaju kapljice tečnosti i čvrste čestice suspendovane u atmosferi, u kojoj učestvuju u različitim fizičko-hemijskim procesima. Aerosoli u atmosferi imaju značajan uticaj na životnu sredinu: rasipaju i apsorbuju vidljivo zračenje i tako smanjuju vidljivost, utiču direktno i indirektno na klimatske promene, omogućavaju niz reakcija na granicama faza, utiču na zdravlje ljudi, mogu biti centri heterogenih hemijskih reakcija (najznačajnije su one koje dovode do destrukcije ozona u stratosferi) itd [1]. Prilikom ispitivanja uzoraka aerosola sa filtera iz različitih postrojenja korišćene su sledeće metode jonske hromatografije i skenirajuće elektronske mikroskopije.

Analizirane su čestice u uzorcima vazduha iz cementara prikupljenih u letnjim mesecima u toku 2 godine, na staklenim filterima Whatman GF/A.

Priprema uzoraka i određivanje koncentracije ispitivanih anjona

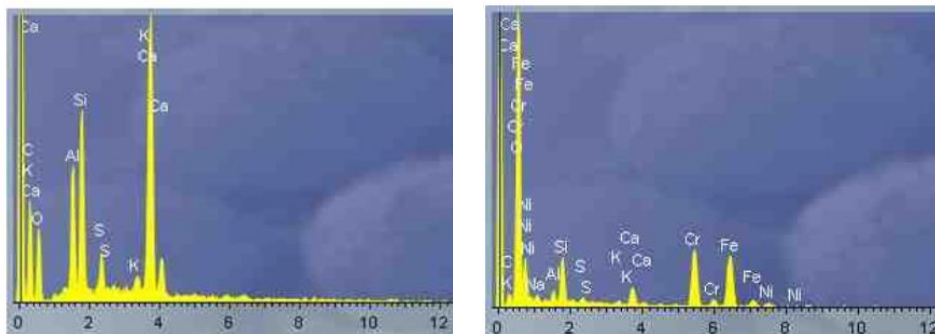
Polovine filtera su prenete u suve epruvete, zatim je dodato 10 mL dejonizovane vode i vršena je ekstrakcija na ultrazvučnom kupatilu na sobnoj temperaturi u trajanju od 2 x 15 min. sa međupauzom od 5 minuta. Dobijeni ekstrakti su proceđeni kroz mikrofiltere, veličine pora 0,2 μm . Tako dobijeni rastvori korišćeni su za određivanje anjona jonskom hromatografijom [2], pomoću Metrohm 761 Compact IC hromatografa sa detektorom na bazi provodljivosti, separacionom anjonskom kolonom Metrosep A Supp 1. Kao eluent je korišćen vodeni rastvor Na_2CO_3 (1,8 mmol/L) i NaHCO_3 (1,7 mmol/L) sa protokom od 1 mL/min. Injektirano je 20 μL vodenog ekstrakta. Oduzimanjem masa suvih filtera pre i posle ekstrakcije, određene su mase uzoraka.

Na osnovu hromatografskih merenja izračunate su koncentracije anjona u 0,50 m³ uzorkovanog vazduha. Izmerene koncentracije anjona su se kretale u sledećim opsezima (mg/m³): F⁻: 0,0026 – 0,0116; Cl⁻: 0,0324 – 0,1248; Br⁻: 0,0131 – 0,0315; NO₃⁻: 0,0134 – 0,0671; SO₄²⁻: 0,0345 – 0,0879. Prisustvo PO₄³⁻ nije detektovano ni u jednom uzorku.

Ispitivanje uzoraka skenirajućom elektronskom mikroskopijom

Ispitivanja su vršena pomoću skenirajućeg elektronskog mikroskopa (SEM), model Tescan-Vega TS 5130MM, uz korišćenje EDS detektora, model Oxford Instruments Inca PentaFETx3.

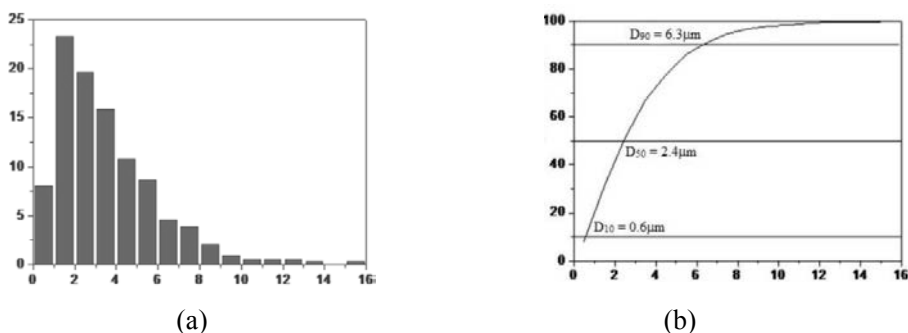
Različite boje čestica SEM mikrografije uzoraka u „back scattered” modu (BSE) ukazuju na različit hemijski sastav, koji je dalje utvrđen EDS analizom [3]. Na slici 1 prikazni su spektri čestica jednog od uzoraka.



Slika 1: Tipični EDS spektri uzorka bogatog težim elementima

U ispitivanim uzorcima utvrđeno je prisustvo većeg broja elemenata u različitim relativnim odnosima (%): C (18,0-49,6), O (37,1-48,4), Ca (6,6-14,2), Mg (0,3-0,7), Si (3,4-5,6), Al (1,8-2,1), Na (1,0-1,8), K (0,4-0,6), S (0,6-0,9), (Ti 0,1-0,4), Cr (0,5-3,37), Fe (2,5-5,7), Ni (0,1-0,49).

Na slici 2 prikazane su: (a) raspodela koja predstavlja broj čestica (%) u zavisnosti od veličine čestica (mm) i (b) kumulativna kriva raspodele veličine čestica, koja predstavlja kumulativnu raspodelu (%) u zavisnosti od veličine čestica (mm). Iz kumulativne krive su određeni karakteristični parametri raspodele (D_{10} , D_{50} i D_{90}) kao i srednja veličina čestica $D_{sr} = 3,53 \pm 0,09$ mm.



Slika 2. Raspodela i kumulativna raspodela veličine čestica

Literatura

1. Krause S., Clark, H.M., Ferris, J.P., Strong, R.L., Chemistry of the Environment, Elsevier science and technology Books, 2002.
2. Đorević, D., Mihajliđi-Zelić, A., Relić, D., Ignjatović, Lj., Huremović, J., Stortini, A.M., Gambaro, A. *Atmos. Environ.* 46 (2012) 309-317.
3. Goldstein, J., Scanning electron microscopy and x-ray microanalysis, Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2003.

Određivanje koncentracije teških metala u kori i pupoljcima drveta *Tillia cordata* na teritoriji grada Pančeva

Determination of the concentration of heavy metals in the bark and buds of the *Tillia cordata* tree in the territory of the city of Pančevo

D. Pantović¹, T. Mutić², D. Manojlović^{1,3}, I. Kodranov^{1,*}

(1) Univerzitet u Beogradu - Hemijski fakultet, Studentski trg 12-16, Beograd, Srbija, (2) Farmaceutski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Vojvode Stepe 450, Beograd, Srbija, (3) Južnouralski Državni Univerzitet, Lenjinov prospect 76, 454080 Čeljabinsk, Rusija;

*ikodranov@chem.bg.ac.rs

Sa razvojem industrije, zagađenje izazvano teškim metalima postaje sve značajnije, pošto se ne mogu razgraditi u prirodi, pa se tako zadržavaju u ekosistemima i čine štetu mnogim organizmima. Biljke su bioakumulatori, što znači da apsorbiraju teške metale iz zemljišta i akumuliraju ih u svojim organima. Teški metali izazivaju brojne fiziološke i metaboličke promene na biljkama [1].

Tilia cordata, sitnolisna lipa, je lekovito drvo koje dostiže visinu i do 25m. Kora mladog drveta je dugo glatka, smeđa i vlaknasta, dok je kora starije jedinke tamnije boje, uzdužno ispucala, ne ljušta se i ne otpada. Listovi su srcastog oblika, lice je glatko, zelene boje, a naličje plavičasto-zeleno, dlakavo. Izdanci su goli i sjajni, boja im varira od maslinasto-zelene do crvene [2].

U ovom radu određivana je koncentracija teških metala u kori i pupoljcima drveta sitnolisne lipe, drveta koje je široko zastupljeno u parkovima i naseljima na teritoriji grada Pančeva. Uzimani su uzorci kore sa mladih grana i novoiznikli pupoljci. Uzorci su uzeti 18.03.2023. godine sa 5 lokaliteta (slika 1).



Slika 1. Slika pozicije grada Pančeva u odnosu na industrijsku zonu i mesta uzorkovanja [3]

Uzorci kore i pupoljaka rastvoreni su pomoću smeše azotne kiseline (i vodonik – peroksida u mikrotalasnom digestoru. U razblaženim uzorcima je određivana koncentracija 11 metala: Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb i Zn. Određivanje je vršeno na instrumentu ICP – OES. Dobijeni rezultati merenja prikazani su u tabeli 1 i 2 i prikazani su kao srednja vrednost tri uzastopna merenja.

Tabela 1. Koncentracija metala u kori drveta sitnolisne lipe (mg/kg)

	Strelište	Tesla	Narodna bašta	Kotež	Misa
Al	34,714	10,004	17,992	27,063	9,073
Cd	0,043	0,006	0,024	0,039	0,012
Cr	0,669	0,615	0,473	0,628	0,423
Cu	3,773	2,613	2,427	2,928	2,357
Fe	48,652	20,734	23,286	39,047	16,110
Hg	0,008	0,022	0,038	0,013	0,005
Mn	7,363	5,559	7,538	5,504	12,453
Mo	0,137	0,062	0,189	0,088	0,024
Ni	0,899	0,361	3,950	1,406	0,376
Pb	1,790	1,062	1,927	1,550	0,105
Zn	13,288	4,811	5,635	6,825	3,274

Tabela 2. Koncentracija metala u pupoljcima sitnolisne lipe (mg/kg)

	Strelište	Tesla	Narodna bašta	Kotež	Misa
Al	2,082	3,214	6,332	3,011	2,190
Cd	0,010	0,009	0,025	0,012	0,006
Cr	0,312	0,307	0,381	0,270	0,280
Cu	2,483	3,088	3,237	0,246	4,714
Fe	7,351	9,833	13,507	8,790	6,948
Hg	0,005	0,004	0,055	0,010	0,013
Mn	2,974	3,190	7,541	2,150	4,467
Mo	0,050	0,034	0,061	0,032	0,093
Ni	0,474	0,439	0,540	0,373	0,266
Pb	0,084	0,109	0,424	0,260	0,720
Zn	5,251	4,322	7,114	4,852	5,091

Literatura

1. Gill, M. *Int. J. Adv. Res.* 2 (2014) 1043-1055.
2. Stravinskiene V., Snieškiene V., Stankevičiene A. *Urban For. Urban Gree.* 14 (2015) 115-122
3. Google Maps <https://www.google.com/maps/@44.861991,20.6689775,13.04z>

Presence of adsorbable organically bound halogens in wastewater

A. Mišković¹, A. Rosić¹, N. Jokić¹, I. Brčeski²

(1) Institute Mol, Stara Pazova, Serbia, (2) Faculty of Chemistry, University of Belgrade, Belgrade, Serbia;

**mol@mol.rs*

Organic halides constitute one of the largest groups of environmental pollutants. This group counts a wide range of substances, with many variations in the structure including simple volatile organic compounds such as chloroform, and complex compounds such as halogenated dioxins and furans [1].

AOX is defined as the sum of all halogenated organic compounds that can be adsorbed onto activated carbon. This parameter includes organic halogenated compounds with chlorine, bromine, and iodine. Chloride, bromide and iodine precipitate during detection by argentometric titration, while fluorine ion is soluble in water, which explains why organic fluorides were not detected in AOX measurements [2].

AOX can be produced naturally by marine strains, microorganisms and some insects, but this AOX can be used by living organisms, so negative impacts on the environment are not significant [3]. Synthetic AOX usually causes environmental pollution, both cytotoxicity and genotoxicity were highly related with brominated or iodinated disinfection products, and chlorophenols. Studies have shown that AOX pollution is mainly concentrated in areas with frequent agricultural and human activities, or strong industrial areas. One main source of AOX are industries where chlorine and chlorine chemicals are used for bleaching process, metal cleaning process, or wastewater treatments with chlorination [1,4].

The AOX analysis involved three main stages: (a) acidifying the sample, and enriching and isolating organic halogens by activated carbon, (b) washing with the nitrate solution to remove interfering inorganic halides, (c) combustion adsorbed organic halogens, and analyzing released halide ions by argentometric titration (microcoulometry).

In Serbia, AOX analysis is not widespread enough because it is a relatively expensive method that, in addition to the instrument, also requires special conditions for work. Although, the concentration of AOX in wastewater is regulated in Serbia by Regulation on limit values of emissions of polluting substances into water and deadlines for achieving them "Official Gazette of RS" No 1/2016. The Mol Institute is an accredited laboratory for AOX analysis with method SRPS EN ISO 9562:2008 on instrument AOX LTX Analyzer, LabTech Czech Republic. The method for determining AOX was validated in the laboratories of the Institute of Mol. The method validation process included checking the linearity of the detector, determining the accuracy and reproducibility, and repeatability of the method. Limit of detection (LOD) and limit of quantification (LOQ) were determined. The LOQ for this method is 10 µg/l.

Wastewater samples from the cement and metal industry and municipal wastewater were analyzed. Ten samples from each group were analyzed. The obtained values range from limit

of quantification to significant values for wastewater, but they did not exceed the limit values defined by the law. Results are shown in table 1.

Table 1. Results of AOX analysis in wastewater

Metal industry wastewater		Cement industry wastewater		Municipal wastewater	
min value	max value	min value	max value	min value	max value
$\leq 10 \mu\text{g/l}$	137 $\mu\text{g/l}$	$\leq 10 \mu\text{g/l}$	15 $\mu\text{g/l}$	$\leq 10 \mu\text{g/l}$	$\leq 10 \mu\text{g/l}$

Based on the obtained results, analyzed municipal wastewater and wastewater from the metal and cement industry is not loaded with adsorbed organic halides.

References

1. Xu, R., Xie, Y., Tian, J., Chen, L. *J. Clean. Prod.* 283 (2021) 124645.
2. Kinani, A. *Trac. Trends Anal. Chem.* 85 (2016).
3. Grimvall, A., De Leer, E.W. Springer Science & Business Media. (1995).
4. Salkinoja-Salonen, M., Outila, J., Jokela, J., Laine, M., Sasaki, E. *Environ. Health Perspect.* 103 (1995) 63-69.

Preliminarno ispitivanje sastava aromatične frakcije ekstrakta prasine iz biblioteke Hemijskog fakulteta u Beogradu

Preliminary investigation of aromatic fraction composition indust extract from the Library of the Faculty of Chemistry in Belgrade

S. Đurović^{1}, I. Kojić², N. Radović³, T. Tosti³*

(1) Institut za opštu i fizičku hemiju, Studentski trg 12, Beograd, Srbija, (2) Inovacioni centar Hemijskog fakulteta u Beogradu d.o.o, Studentski trg 12-16, Beograd, Srbija, (3) Hemijski fakultet, Studentski trg 12-16, Beograd, Srbija;

**sasatfns@uns.ac.rs*

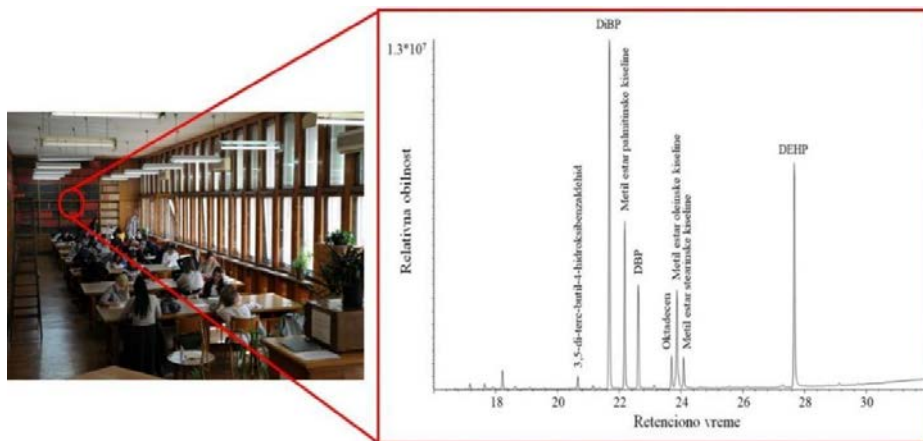
Usled modernog načina života ljudi provode oko 90 % vremena u zatvorenim prostorijama, kao što su kuće/stanovi, kancelarije, automobili itd. [1]. Prašina je sve prisutna u svim pomenutim sredinama i nalazi se kao čestice suspendovane u vazduhu ili istaložena na površinama. Čestice prašine se mogu lako udahnuti i mogu da oštete respiratorni sistem i pluća. Pored toga, čestice prašine akumuliraju hemikalije iz zatvorenih prostorija i predstavljaju važan putizlaganja ljudi tim jedinjenjima. U kućnoj prašini se mogu naći ftalati, policiklični aromatični ugljovodonici i ostala poluisparljiva jedinjenja [1].

Ftalati se često koriste kao plastifikator u proizvodnji polivinil hlorida (PVC-a) i predmeta opšte upotrebe kao što su građevinski materijal, dečije igračke i nameštaj, ali i u proizvodnji podnih obloga, veštačke kože, lepkova, tepiha, maziva, cevi, žica, sredstava za čišćenje kuće, proizvoda za negu tela (fiksatori mirisa, proizvodi za negu kože, pene i šamponi) i ambalaže za namirnice. Primena ftalata zavisi od njihove molekulske mase. Ftalati male molekulske mase, kao što su di-metil-ftalat (DMP), di-etil-ftalat (DEP), di-propil-ftalat (DPP), di-izobutil-ftalat (DiBP), di-*n*-butil ftalat (DBP), di-*n*-pentil-ftalat (DNPP) i benzil-butil-ftalat (BBP), se koriste u rastvaračima, lepkovima, voskovima, mastilu, lekovima, kozmetici i insekticidima. Visokomolekulski ftalati, kao di-2-etilheksil-ftalat (DEHP), di-ciklo-heksil-ftalat (DCHP) i di-izo-nonil-ftalat (DiNP), su plastifikatori u PVC proizvodima i predmetima od opšte upotrebe [1, 2].

Estri ftalata su povezani sa velikim brojem zdravstvenih problema kod ljudi. Pre svega, ftalati deluju kao endokrini disruptori i doprinose stvaranju varijacija u reprodukcijom sistemu kao što su opadanje broja spermatozoida, oštećenje DNK u spermatozoidima, prevremeni razvoj dojki i promena u reproduktivnim hormonima. Ftalati utiču na pojavu astme, alergija i poremećaja funkcije nervnog sistema. Pored toga, DEHP je okarakterisan kao 2b kancerogena supstanca, tj. kao potencijalno kancerogen za ljude, od strane IARC-a (Međunarodna agencija za istraživanje raka, eng. International Agency for Research on Cancer) [2]. Treba napomenuti da su pojedini metaboliti ftalata često toksičniji od samih nepromenjenih ftalata. Ljudi mogu biti izloženi ftalatima inhalacijom, ingestijom i apsorpcijom preko kože.

Oko 1 g istaložene prašine je sakupljen iz biblioteke Hemijskog fakulteta u Beogradu, sa visine iznad 1m od poda. Uzorci su odmereni, ekstrahovani, prečišćeni i aromatična frakcija

je snimljena metodom gasne hromatografije, povezanom sa masenim spektrometrom. Lokacija uzorkovanja i hromatogram aromatične frakcije je prikazan naslici 1.



Slika 1. Lokacija uzorkovanja i hromatogram aromatične frakcije ekstrakta prasine

Dobijeni rezultati ukazuju na to da, pored prirodnih proizvoda kao što su metil estri masnih kiselina (koje su najverovatnije znatno obilnije u alifatičnoj frakciji), uzorak sadrži 3,5-di-terc-butil-4-hidroksibenzaldehid, metabolit 2,6-di-terc-butil-4-metilfenola, koji se koristi kao antioksidans u namirnicama i kozmetičkim proizvodima [3]. Najzastupljenija jedinjenja u aromatičnoj frakciji su DiBP), DBP i DEHP. Interesantno je primetiti da se detektovani ftalati koriste u dve različite svrhe, kao aditivi u plastici i drugim proizvodima (DiBP i DBP) i kao plastifikatori u polimerima (DEHP). Kao što je prethodno pomenuto, DEHP je klasifikovan kao potencijalno kancerogena supstanca za ljude. Pored toga, primena DiBP, DBP i DEHP je ograničena od strane Evropske komisije [2]. Zbog prisustva ftalata koji imaju veliki uticaj na ljudsko zdravlje u ekstraktu prašine, potrebno je izvršiti dodatna ispitivanja na većem broju uzoraka i uraditi detaljnu kvantifikaciju i procenu rizika po ljudsko zdravlje.

Literatura

1. Promtes, K., Kaewboonchoo, O., Kawai, T., Miyashita, K., Panyapinyopol, B., Kwonpongsagoon, S., Takemura, S., *Science and Health, Part A* 54 (2019), 1269-1276.
2. Hantzidakis, E., Giagkou, M., Sakellaris, I., Tolis, E., Bartzis, J., *Atmosphere* 14 (2023), 418.
3. <https://hmdb.ca/metabolites/HMDB0240643>

Zahvalnica - Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, evidencioni broj: 451-03-47/2023-01/200051 (Institut za opštu i fizičku hemiju), 451-03-47/2023-01/200288 (Inovacioni centar Hemijskog fakultet d.o.o), 451-03-47/2023-01/200168 (Hemijski fakultet Univerziteta u Beogradu).

Izolovanje i karakterizacija mikroorganizama visokotolerantnih na perfluorovana jedinjenja

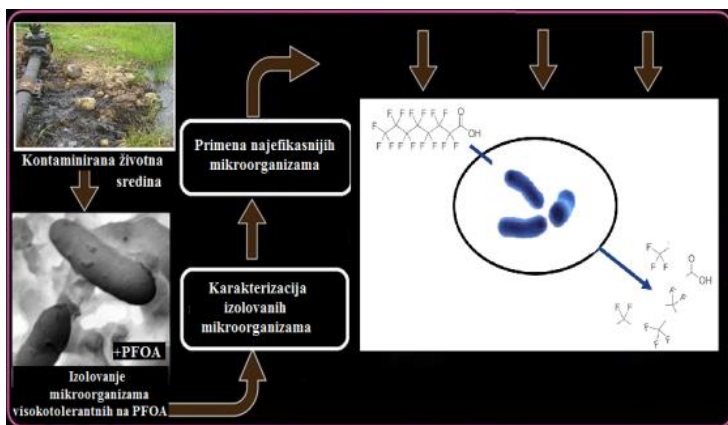
Isolation and characterization of microorganisms highly tolerant to perfluorinated compounds

K. Kasalica¹, A. Žerađanin^{1*}, K. Joksimović¹, M. Lješević¹, G. Butrić², G. Gojgić-Cvijović¹, V. Beškosić²

(1) Univerzitet u Beogradu - Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Njegoševa 12, Beograd, Srbija, (2) Univerzitet u Beogradu - Hemijski fakultet, Studentski trg 12-16, Beograd, Srbija;

*aleksandra.zeradjanin@ihtm.bg.ac.rs

Razvoj hemijske industrije u prošlom veku pozitivno je uticao na životni standard, ali je za sobom ostavio značajne količine toksičnih supstanci u životnoj sredini. Dugotrajne organske zagađujuće supstance (Persistent Organic Pollutants - POPs) su antropogene hemikalije koje se zadržavaju, akumuliraju u lancu ishrane i imaju štetne posledice po zdravlje ljudi i životnu sredinu [1]. Per- i polifluoralkil supstance (PFAS) kao što su perfluorooktanska kiselina (PFOA), perfluorooktan sulfonska kiselina (PFOS) i od 2022. godine perfluoroheksan sulfonska kiselina (PFHxS) se nalaze na listi POPs hemikalija [2]. Publikacije proistekle iz istraživanja na temu PFAS supstanci ukazuju da mikroorganizmi koji su izolovani iz životne sredine zagađene ovim jedinjenjima mogu smanjiti količinu istih usled biosorpcije, ali i potencijalne biotransformacije i biodegradacije [3,4].



Slika 1. Cilj rada – Izolovanje bakterijskih sojeva sa zagađenih lokaliteta i njihova potencijalna primena u biodegradaciji PFAS molekula

U ovom radu, izolovani su bakterijski sojevi sa nekoliko lokaliteta zagađenih PFAS supstancama (Slika 1). Mikrobiološko obogaćenje je rađeno na podlozi sledećeg sastava [5]: NH_4NO_3 , 5 g/L, NaCl, 2 g/L, KH_2PO_4 , 1 g/L, K_2HPO_4 , 1 g/L, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,5 g/L, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0,05 g/L, pH 7.0, sa postepenim dodatkom PFOA (250, 500, 1000 ppm). Pored analize ukupnog broja mikroorganizama na mikrobiološkim podlogama, izolovane su i

ENVIROCHEM2023

pojedinačne kulture koje su okarakterisane fiziološki, biohemijski i metodama molekularne biologije. Rezultati su pokazali da se u uzorcima sa zagađenih lokaliteta nalazi veliki broj aerobnih i anaerobnih hemoorganoheterotrofnih mikroorganizama, od kojih su dominantno prisutni rodovi *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Nocardia* i *Rhodococcus*.

Usled sposobnosti izolovanih mikroorganizama da rastu u prisustvu veoma visokih koncentracija PFOA isti će u budućim istraživanjima biti upotrebljeni u laboratorijskim studijama analize mehanizama potencijalne biodegradacije perfluoroalkil supstanci.

Literatura

1. Ighalo, J. O., Yap, P. S., Iwuozor, K. O., Aniagor, C. O., Liu, T., Dulta, K., Iwuchukwu, F. U., Rangabhashiyam, S. *Environ. Res.* 212 (2022) 113123.
2. Leung, S. C. E., Shukla, P., Chen, D., Eftekhari, E., An, H., Zare, F., Ghasemi, N., Zhang, D., Nguyen, N.-T., Li, Q. *Sci.Total. Environ.* 827 (2022) 153669.
3. Chetverikov, S. P., Loginov, O. N. *Microbiology* 88 (2019) 115-117.
4. Beškoski, V. P., Yamamoto, A., Nakano, T., Yamamoto, K., Matsumura, C., Motegi, M., Beškoski, L. S., Inui, H. *Sci.Total. Environ.* 636 (2018) 355-359.
5. Yi, L. B., Chai, L. Y., Xie, Y., Peng, Q. J., Peng, Q. Z. *Genet. Mol. Res.* 15 (2016) gmr.15028043.

Zahvalnica - Sredstva za realizaciju istraživanja obezbedilo je Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Evidencioni broj: 451-03-68/2022-14/200026 i 451-03-68/2022-14/200168) i Evropska Unija u okviru Horizon Europe programa za koordinaciju i podršku (broj 101059534, PFAStwin).

Ispitivanje adsorpcije i bioremedijacije u kombinovanom postupku za prečišćavanja voda zagađenih dizelom

Investigation of adsorption and bioremediation in a combined procedure for purification of water contaminated with diesel

J. Avdalović^{*1}, J. Matić², S. Miletić¹, S. Spasić¹, N. Lugonja¹, V. Beškoski², Z. Lopičić³

(1) Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Njegoševa 12, Belgrade, Serbia, (2) University of Belgrade-Faculty of Chemistry, Studentski trg 12-16, Belgrade, Serbia, (3) Institute for Technology of Nuclear and Other Mineral Raw Materials, Franše Deperea 86, Belgrade, Serbia;

*jelena.avdalovic@ihtm.bg.ac.rs

U savremenom svetu, jedan od vodećih ekoloških problema predstavljaju otpadne vode koje su posledica razvoja industrije i tehnologije i sve prisutnijeg zagađenja, koje je dovelo je do poremećaja u životnoj sredini. Danas se ulaže veliki trud u otkrivanje novih načina za rešavanje problema koji su nastali kao rezultat nebrige.

Sa pojavom nafte kao energenta došlo je do intenzivnog privrednog rasta. Međutim nafta i naftni derivati mogu da izazovu ekološke katastrofe usled akcidentnih izlivanja. Većina komponenata nafte je toksična za čoveka i živi svet uopšte, a naročitu pažnju privlače policiklični i aromatični ugljovodonici kod kojih je dokazana kancerogenost.

Postoji veliki broj postupaka za prečišćavanje kontaminiranih voda. Optimalno rešenje u slučaju izlivanja nafte i njenih derivata zavisi od brojnih faktora, i najčešće predstavlja kombinacija nekoliko različitih postupaka. Adsorpcija se često koristi u postupcima za prečišćavanje vode kontaminirane zagađujućim supstancama naftnog tipa. Savremena istraživanja se baziraju na pronalazhenju novih adsorbenata koji se mogu dobiti iz obnovljivih sirovina. Jedno od takvih rešenja jeste upotreba biouglja koji nastaje pirolizom otpadne poljoprivredne biomase (koštice kajsije, šljive, kukuruzna svila...) kao sorbenta u procesima prečišćavanja. Pored adsorpcije, i upotreba bioremedijacije kao tehnologije za smanjenje naftnih zagađujućih supstanci iz otpadnih voda je naširoko promovisana poslednjih decenija.

U ovom radu je ispitivano kombinovanje adsorpcije i bioremedijacije u postupku prečišćavanja voda kontaminiranih dizelom. Prva faza je ispitivanje adsorpcije dizela na biouglju, dobijenom pirolizom koštica šljive. Druga faza je biorazgradnja dizela zaostalog u rastvoru nakon adsorpcije. Oba procesa podržavaju koncept održivog razvoja, kome je imperativ obnovljivost, efikasnost i ekološka prihvatljivost.

Materijal i metode: Biouglj korišćen u prikazanim eksperimentima je dobijen pirolizom otpadne lignocelulozne mase, koštice šljive. Koštice šljive su oprane vodom iz česme kako bi se uklonile nečistoće sa površine, a potom su osušene na sobnoj temperaturi. Osušene koštice samlevene su pomoću mlina sa vibracionim diskovima „Siebtechnik – TS250” (Siebtechnik GmbH, Nemačka), zatim prosejane i razdvojene prema različitim veličinama čestica. Za potrebe ovog istraživanja korišćene su čestice klase od 0,1 do 0,5 mm. Uzorci samlevene šljive su pirolizovani na 500 °C pod uslovima sa smanjenom količinom kiseonika u Nabertherm 1300 sušnici sa brzinom zagrevanja od 10 °C min⁻¹, tokom 1 časa [1].

Biosorpcioni eksperimenti su obavljani u erlenmajerima od 250 ml u kojima je konstantna količina biosorbenta od 100 mg mešana sa 100 ml rastvora dizela u vodi u koncentracijama 2 mg/L, 4 mg/L, 8 mg/L, 12 mg/L, 14 mg/L, 16 mg/L i 18 mg/L. Sadržaj u erlenmajerima je mešan 24h na konstantnoj sobnoj temperaturi od 20 °C na horizontalnom šejkeru brzinom od 180 o/min. Nakon dekantovanja biouglja, sadržaj ugljovodonika je određivan u vodenom rastvoru. Ugljovodonici nafte su određivani prema standardu SRPS EN ISO 9377-2:2009 [2].

Za eksperimente biodegradacije dizela upotrebljen je mikrobn konzorcijum, koji se sastojao od sledećih rodova: *Bacillus*, *Pseudomonas* i *Rhodococcus*. Navedeni mikroorganizmi su izolovani iz podzemne vode zagađene naftnim ugljovodicima na teritoriji Republike Srbije.

Rezultati: Efikasnost sorpcije u posmatranom koncentracionom opsegu, pri datom odnosu čvrste i tečne faze, kretala se u intervalu od 89 do 91 %, što ukazuje na visok stepen uklanjanja primenom ovog sorbenta. Proračun sorpcionog kapaciteta urađen je na osnovu parametara dobijenih modelovanjem ravnotežnih podataka linearnom formom Langmuirovog modela, i on za ispitivani opseg iznosi 143 mg/g, dok Langmuirova konstanta K_L iznosi 0,069 L/mg. Takođe, izračunati separacioni faktor R_L se u ispitivanom koncentracionom opsegu kreće od 0,88 do 0,45, što ukazuje na to da je proces sorpcije spontan i povoljan. Koeficijent korelacije R^2 je blizak jedinici, što može da navede na zaključak da ovaj model dobro opisuje sorpcioni proces.

Rezultati pokazuju da je nakon adsorpcije dizela pomoću biouglja, iz rastvora početne koncentracije 18 mg/dm³, preostala koncentracija dizela u vodi iznosila 1,97 mg/dm³. Taj rastvor je dalje podvrgnut bioremedijaciji. Eksperiment je trajao 20 dana na horizontalnoj mućkalici, na prosečnoj temperaturi od 28 °C. Nakon završetka eksperimenta, sadržaj dizela je smanjen na 0,56 mg/dm³.

Zaključak: Tokom dvostepenog postupka uklanjanja dizela iz vode, ukupan sadržaj dizela je smanjen za 97 %. Navedeni postupak je obećavajući, ali je potrebno nastaviti istraživanja i u smeru tretmana biouglja sa adsorbovanim dizelom.

Literatura

1. Lopičić, Z., Avdalović, J., Milojković, J., Atanasković, A., Lješević, M., Lugonja, N., Šošarić T. *Hemijska Industrija* 75 (6) (2021) 329-339.
2. SRPS EN ISO 9377-2:2009: Water quality - Determination of hydrocarbon oil index - Part 2: Method using solvent extraction and gas chromatography.

Zahvalnica - Sredstva za realizaciju istraživanja obezbedilo je Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Evidencioni brojevi: 451-03-68/2022-14/200026, 451-03-68/2022-14/200023 i 451-03-68/2022-14/200168).

Unlocking the Remediation Potential of Waste-Derived Biochar: Arsenic Shuttle between Groundwater and Environmentally Friendly Medium

S. Radovic^{1,*}, S. Pap^{1,2}, J. Prodanovic³, J. Radonic¹, S. Dmitrasinovic¹, M. Turk Sekulic¹

(1) University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department of Environmental Engineering and Occupational Safety and Health, Trg Dositeja Obradovica 6, 21 000 Novi Sad, Serbia, (2) Environmental Research Institute, UHI North Highland, University of the Highlands and Islands, Thurso, Caithness, Scotland, KW14 7JD, UK, (3) Faculty of Technology in Novi Sad, University of Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1, 21 000 Novi Sad, Serbia;

*sanjaradovic@uns.ac.rs

Problem with arsenic contamination (recognised by the International Agency for Research on Cancer (IARC)) of aqueous systems is ubiquitous and alarming due to the various negative effects on human health [1]. Although the problem is widespread, the developing countries and rural areas are the most affected. In order to provide alternative (more affordable) solution, and promote circular economy and cleaner production, novel biochar was developed from abundant waste material from the oil industry – sunflower seed husks (SSH). SSH were iron (Fe)-functionalised and pyrolysed in order to convert into a magnetic biochar (FeBCH).

FeBCH was investigated for the removal of arsenate (As(V)) from aqueous solutions and groundwater. Influence of solution pH (2-10), initial As(V) concentration (0.1-100 mg/L), contact time (5 min – 24 h) and FeBCH dosage (1-8 g/L) was examined in single model solutions. Effect of competing ions on As(V) removal was investigated in a model solution containing both, As(V) and phosphates which are assumed to be competitive for the active sites on the biochar surface. Finally, groundwater enriched with As(V) underwent adsorption tests indicating the future potential of obtained adsorbent for this purpose.

Results showed that As(V) adsorption was facilitated at pH values between 4 and 8. pH 6 was chosen for further experiments. A contact time of 4 h was sufficient for the removal of 91.6±1.2% of As(V), while a small increase in removal efficiency (up to 5%) was observed after increasing contact time up to 24 h. The optimal biochar dosage was 2 g/L. Almost complete removal of arsenate was achieved for all initial concentrations. However, 20 mg/L was chosen as the initial concentration for further experiments. While As(V) reduction was hindered in the presence of competing phosphate ions (reached 47.2±0.5% under previously determined optimal conditions and after 23 h of contact time), 83.8±1% of As(V) was successfully removed from groundwater, indicating the good potential of synthesized biochar for the application in real systems.

References

1. Hu, X., Ding, Z., Zimmerman, A. R., Wang, S., Gao, B. *Water Res.* 68 (2015), 206-216.

Acknowledgment - This research was supported by the Science Fund of the Republic of Serbia, grant number 6707, Remote Water quality monitoring and Intelligence – REWARDING, European Union's Horizon Europe Marie Skłodowska-Curie Actions (MSCA) under Grant Agreement number 101086387 and British Scholarship Trust foundation/Environmental Research Institute through grant for short-term research at Universities through the United Kingdom.

Ex situ биоремедијација као пример циркуларне економије**Ex situ bioremediation as an example of circular economy**

С. Сивац^{1,*}, Н. Лутоња¹, Ј. Авдаловић¹, К. Касалица¹, А. Жерађанин¹, В. Бељкоски², С. Милетић¹

(1) Универзитет у Београду - Институт за хемију, технологију и металургију, Њевошјева 12, Београд, Србија, (2) Хемијски факултет - Универзитет у Београду, Свугенински брџи 12-16, Београд, Србија;

*svujin@chem.bg.ac.rs

Једна од технологија која се увелико користи за ремедијацију контаминираног станишта, пре свега земљишта је биоремедијација. Она се пре свега користи за пречишћавање земљишта загађеног нафтом и дериватима нафте, али све је више примера да се користи и за пречишћавање земљишта загађеног микропластиком, перфлуорираним једињењима и тешким металима [1-4].

Коришћење непатогених микроорганизама који су изоловани из самог загађивача се сматра најпогодније и најисплативије за процес биоремедијације загађеног станишта. Ови микроорганизми, који су природно присутни на загађеном месту, претварају отровне супстанце у производе који нису токсични за човека и животну средину.

У нашем раду смо испитивали процес биоремедијације земљишта загађеног мазутом који је потицао из топлане.

Биоремедијација је извођена на пројектованој гомили - халди додавањем микробног конзорцијума који је изолован са загађеног земљишта. Након тога су додавани нутријенти (биостимулација) који су омогућили бољи рад конзорцијума микроорганизама. Аерација халде је обезбеђена периодичним мешањем.

Биостимулација и инокулација халде у току 150 дана је довела до опадања количине укупних угљоводоника нафте за око 80 пута, док се је садржај хуминских киселина повећао. Повећање хуминских киселина се може сматрати почетком стварања плоднијег земљишта.

Овако изведена биоремедијација се може сматрати успешном технологијом у циркуларној економији, обзиром да су микроорганизми који потичу из самог загађења разградили мазут у нетоксични и инертни материјал. У исто време се садржај хуминских киселина, које су индикатор плодности земљишта повећао. Ово "примитивно" земљиште се затим користило као покривка за стабилизацију градске депоније.

Литература

1. Beškoski, V. P., Gojgić-Cvijović, G., Milić, J., Ilić, M., Miletić, S., Šolević, T., Vrvic, M. M. *Chemosphere* 83 (2011) 34-40.
2. Marić, N., Matić, I., Papić, P., Beškoski, V. P., Ilić, M., Gojgić-Cvijović, G., Miletić, S., Nikić, Z., Vrvic, M. M. *Environ. Monit. Assess.* 190(2018) 1-10.

ENVIROCHEM2023

3. Beškoski, V. P., Takemine, S., Nakano, T., Slavković Beškoski, L., Gojgić-Cvijović, G., Ilić, M., Miletić, S., Vrvic, M. M. *Chemosphere* 91 (2013) 1408-1415.
4. Miletić, S., Jednak, T., Avdalović, J., Beškoski, V., Ilić, M., Gojgić-Cvijović, G., Vrvic, M. M. *Solid State Phenom.* 262 SSP (2017) 622-625.

Захвалница - Средства за реализацију истраживања обезбедило је Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (Евиденциони број: 451-03-47/2023-01/200026 и Евиденциони број: 451-03-47/2023-01/200168).

Биоремедијација земљишта као део одрживе зелене хемије и инжењерства

Soil bioremediation as part of sustainable green chemistry and engineering

С. Милетић^{1,*}, С. Сіасић¹, Ј. Авгаловић¹, Н. Луїоња¹, К. Касалица¹, К. Јоксимовић¹, В. Бешкоски²

(1) Универзитет у Београду - Институт за хемију, технологију и металургију, Њеїошева 12, Београд, Србија, (2) Хемијски факултет - Универзитет у Београду, Сіуденики шрі 12-16, Београд, Србија;

*srdjan.miletic@ihm.bg.ac.rs

Када се говори о принципима зелене хемије у истраживањима, развоју и примени, ту се пре свега мисли на примену хемијских реагенаса, процеса и горива који доприносе одржању-преживљавању животне средине.

Земљиште које представља екосферу која у исто време садржи четири различита стања: чврсто, течно, гасовито и биолошко представља основу за производњу намирница за све већу популацију човечанства на планети. У исто време, земљиште је изложено свим облицима девастације, укључујући свеprisутно загађење са широким спектром штетних супстанци, као што су на пример нафта и деривати нафте, тешки и токсични метали, микропластика, перфлуорована једињења, полиароматични угљоводоници, пестициди и друго [1-4].

Поступак биоремедијације представља примену непатогених микроорганизама за биолошке трансформације и деконтаминацију загађеног земљишта уз разградњу загађивача под контролисаним условима. Најчешће, том приликом, услед деловања конзорцијума микроорганизама, долази до комплетне минерализације и стварања чистог земљишта, земљишног материјала као и хуминских киселина које су фундаменталне за његову плодност.

Биоремедијација је (био)технологија која је компатибилна са свим принципима зелене хемије и инжењерства. Она је одржива обзиром да чува и обнавља земљиште као ресурс.

У раду су представљени вишегодишњи резултати на микробиолошкој разградњи нафте и нафтних деривата кроз примену селекционисаних и адаптираних конзорцијума зимогених микроорганизама. Ови процеси су обухватили истраживања на лабораторијском нивоу, као и *in situ/ex situ* поступке биоремедијације која је примењена на хиљадама тона загађеног земљишта. Почетни нивои загађења су били до 40 g/kg (прерачунато на суву супстанцу), а на крају процеса биоремедијације који је трајао највише до 6 месеци концентрација је смањена на око 0,5 g/kg (прерачунато на суву супстанцу), што представља ефикасност од око 99 %. Том приликом су дезинтегрисани и дугоживећи стерани и тритерпани (хопани), као и сегменти NSO-фракције! Садржај хуминских киселина се је у почетку смањивао, док је до краја биоремедијације поново почео да расте. Састав конзорцијум микроорганизама се је

временом мењао у зависности од стања загађивача али је увек био у границама 10^8 до 10^{10} CFU/g [5,6].

Литература

1. Ambaye, T. G., Chebbi, A., Formicola, F., Prasad, S., Gomez, F. H., Franzetti, A., Vaccari, M. *Chemosphere* 293 (2022) 133572.
2. He, S., Wei, Y., Yang, C., He, Z. *Environ. Pollut.* 315 (2022) 120357.
3. Qi, C., Xu, X., Chen, Q., Liu, H., Min, X., Fourie, A., Chai, L. *Environ. Pollut.* 312 (2022) 120072.
4. Beškoski, V. P., Takemine, S., Nakano, T., Slavković Beškoski, L., Gojgić-Cvijović, G., Ilić, M., Miletić, S., Vrvic, M. M. *Chemosphere* 91 (2013) 1408-1415.
5. Beškoski, V. P., Gojgić-Cvijović, G., Milić, J., Ilić, M., Miletić, S., Šolević, T., Vrvic, M. M. *Chemosphere* 83 (2011) 34-40.
6. S. B. Miletić, S. D. Spasić, J. Avdalović, V. Beškoski, M. Ilić, G. Gojgić-Cvijović, M. M. Vrvic, *CLEAN - Soil, Air, Water* 42 (2014) 1280-1283.

Захвалница - Средства за реализацију истраживања обезбедило је Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (Евиденциони број: 451-03-47/2023-01/200026 и Евиденциони број: 451-03-47/2023-01/200168).

Биоремедијација као технологија будућности одрживог развоја Bioremediation as a technology of the future of sustainable development

Н. Лујоња^{1,*}, С. Спацић¹, С. Милетић¹, Ј. Авдаловић¹, А. Жерађанин¹, М. Илић¹, В. Бељоски²

(1) Универзитет у Београду - Институт за хемију, технологију и металургију, Неве ошова 12, Београд, Србија, (2) Хемијски факултет - Универзитет у Београду, Студентски тир 12-16, Београд, Србија;

*nikoleta@chem.bg.ac.rs

Загађење земљишта може настати из великог броја разлога. То могу бити дискретна, тачкаста загађења, дифузија, загађење од вештачких ђубрива, као и акцидентне ситуације. Главни извори загађења земљишта су пољопривреда, велики градови, индустријски комплекси, као и инцидентне ситуације.

Као логичан след ових загађења је враћање животе средине у првобитно или одрживо стање. Циљ ремедијације је да се садржај загађујућих супстанци смањи испод вредности које су прописане законом. Од свих технологија ремедијације, коришћење микроорганизама у процесу биоремедијације је најповољнији и најефикаснији за животну средину, зато што се приликом овог процеса не ствара нови отпад, већ се постојећи разграђује или претвара у мање токсичне форме (на пример код метала) [1]. Осим тога, у процесу биоремедијације повећава се и садржај хуминских киселина које су добар индикатор квалитета земљишта [2].

У нашем истраживању испитивали смо садржај укупних угљоводоника нафте и садржај хуминских киселина у земљишту контаминираном нафтом, пре и након 180 дана трајања биоремедијације. У процесу су коришћени микроорганизми који су изоловани са места загађења по процедури која је раније описана [3].

На крају студије, смањење укупних угљоводоника нафте је било 89 %, док је садржај хуминских киселина порастао за 39 %.

Из овог истраживања се може закључити да је биоремедијација технологија која се може користити у оживљавању загађене природне средине коришћењем бактерија, гљива и других микроорганизама, као и њихових ензима. Ово је такође добар пример зелене технологије где микроорганизми разлажу токсичне супстанце у животној средини, при чему стварају корисне молекуле као што су хуминске киселине и обнављају животну средину.

Литература

1. Miletic, S., Jednak, T., Avdalovic, J., Beškoski, V., Ilić, M., Gojgić-Cvijović, G., Vrvic, M. M. *Solid State Phenom.* 262 SSP (2017) 622-625.
2. Miletic, S. B., Spasic, S. D., Avdalovic, J., Beškoski, V., Ilić, M., Gojgić-Cvijović, G., Vrvic, M. M. *Clean - Soil, Air, Water* 42 (9) (2014) 1280-1283.
3. Beškoski, V. P., Gojgić-Cvijović, G., Milić, J., Ilić, M., Miletic, S., Šolević, T., Vrvic, M. M. *Chemosphere* 83 (2011) 34-40.

ENVIROCHEM2023

Захвалница - Средства за реализацију истраживања обезbedило је Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (Евиденциони број: 451-03-47/2023-01/200026 и Евиденциони број: 451-03-47/2023-01/200168).

Uklanjanje sirove nafte iz vodene sredine – poređenje efikasnosti biougljeva i mikrobnih ćelija

Removal of crude oil from water environment – comparison between biochars and microbial cells

I. Despotović¹, N. Lugonja², S. Miletić², O. Mašek³, V. Bežkoski¹, B. Jovančičević¹, G. Gajica^{2,}*

(1) Univerzitet u Beogradu, Hemijski fakultet, Studentski trg 12-16, Beograd, Srbija, (2) Univerzitet u Beogradu, Institut za Hemiju, Tehnologiju i Metalurgiju, Studentski trg 12-16, Beograd, Srbija, (3) University of Edinburgh, School of GeoSciences, The King's Buildings EH9 3FF Edinburgh, UK;

**gordana.gajica@ihtm.bg.ac.rs*

Nafta se na molekulskom nivou može okarakterisati kao skup velikog broja jedinjenja, od kojih mnoga mogu imati štetno dejstvo, stoga svako njeno dospevanje u životnu sredinu mora biti sanirano. Upotreba fizičkih ili hemijskih metoda za uklanjanje sirove nafte se često pokazala kao skupa ili nedovoljno efikasna. S druge strane, biološkim metodama pruža se ekološki prihvatljivije i jeftinije rešenje [1, 2].

Upotreba nosača mikrobnih ćelija pokazala je veću efikasnost mikroorganizama u odnosu na njihovu efikasnost kada se slobodno kreću u kontaminiranom sistemu[3]. Jedan od nosača koji se pokazao kao obećavajući jeste i biougalj. Zbog svojih fizičko-hemijskih osobina, velike moći adsorpcije i katalitičke sposobnosti, biougalj osim u funkciji nosača, može povećati efikasnost uklanjanja i polarnih i nepolarnih jedinjenja fizičkim i hemijskim procesima. Takođe, s obzirom da se biougalj dobija iz organskog otpada, još jednog velikog ekološkog problema, kao glavni ili sporedni proizvod u proizvodnji biodizela, njegova upotreba može biti od višestrukog značaja.

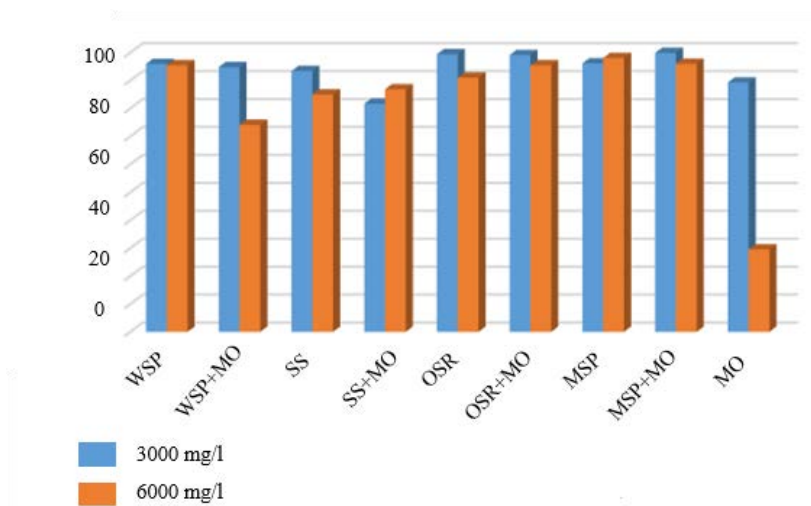
Cilj ispitivanja bio je da se uporedi efikasnost uklanjanja sirove nafte iz kontaminirane vodene sredine nakon mesec dana upotrebom biougljeva, biougljeva sa imobilizovanim mikrobnim ćelijama i samih mikrobnih ćelija. Ispitivanje je vršeno pri nižoj, 300 mg, i višoj koncentraciji nafte, 600 mg na 100 ml vode. Kao nosači i sredstva za uklanjanje korišćena su četiri tipa biouglja dobijena pirolizom peleta pšenične slame (WSP 550), kanalizacijskog mulja (SS 550), slame uljarice (OSR 550) i kineske šaši (MSP 550) [4], dok su mikroorganizmi izolovani iz zemlje kontaminirane naftnim zagađujućim supstancama.

Radi merenja efikasnosti uklanjanja nakon mesec dana, gravimetrijski je određena masa preostale nafte. Rezultati merenja prikazani su tabelarno (tabela 1) i grafički na slici 1. U tabeli i na grafiku su biougljevi sa imobilizovanim mikrobnim ćelijama označeni kao „Naziv biouglja” + MO.

Iz tabele i grafika se vidi da se efikasnost uklanjanja menja u zavisnosti od biouglja. Za detaljniji uvid neophodno je uraditi i gasnohromatografsku-masenospektrometrijsku analizu preostale nafte.

Tabela 1. Efikasnost uklanjanja nafte izražena u %

Uzorak	300 mg/100 mL	600 mg/100 mL
WSP 550	95,92	95,47
WSP 550 + MO	94,78	74,11
SS 550	93,37	84,96
SS 550 + MO	81,68	86,84
OSR 550	99,42	91,04
OSR 550 + MO	99,10	95,44
MSP 550	96,12	98,04
MSP 550 + MO	99,87	95,99
MO bez biouglja	89,29	29,54



Slika 1. Efikasnost uklanjanja nafte iz vodene sredine.

Literatura

1. Sayed, K., Baloo, L. Sharma, N. K. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 18(2021) 1-27.
2. Perdigão, R., Almeida, C. M. R., Magalhães, C., Ramos, S., Carolas, A. L., Ferreira, B. S., Carvalho M. F., Mucha, A. P. *Microorganisms* 2285 (9) (2021) 1-19.
3. Bayat, Z., Hassanshahian M., Cappello S. *Open Microbiol. J.* 9 (2015) 48-54.
4. https://www.biochar.ac.uk/standard_materials.php

Zahvalnica- Studija je finansirana od strane Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (br. 451-03-68/2023-14/200026 i 451-03-9/2023-14/200168).

Molekularna karakterizacija mikroorganizama izolovanih iz kontaminirane životne sredine i njihova primena za degradaciju bis(2-hidroksietil) tereftalata

N. Petronijević^{1,*}, M. Lješević², B. Lončarević², K. Joksimović², A. Žerađanin², G. Gojgić-Cvijović², V. Beškoski¹, Jasmina Nikodinović-Runić³

(1) Univerzitet u Beogradu, Hemijski fakultet, Studentski trg 12-16, Beograd, (2) Univerzitet u Beogradu, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Njegoševa 12, Beograd, Srbija, (3) Univerzitet u Beogradu, Institut za molekularnu genetiku i genetičko inženjerstvo, Vojvode Stepe 444a, Beograd, Srbija;

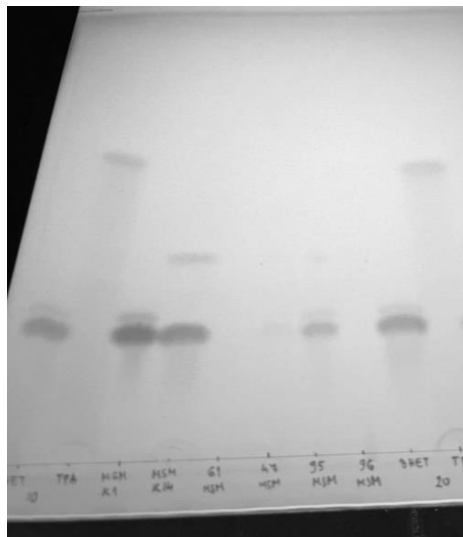
*npetronijevic@chem.bg.ac.rs

Plastika kao izvor zagađenja postaje sve veći globalni problem. Većina plastike je dizajnirana za jednokratnu upotrebu, što dodatno povećava količinu plastičnog otpada. Usled preopterećenja zemlje i voda plastičnim otpadom neophodno je razviti procese koji će omogućiti efikasno uklanjanje plastike iz životne sredine [1]. Polietilen-tereftalat (PET) spada u najkorišćenije polimere za izradu plastike, te je neophodno naći efikasan način za njegovu degradaciju. Kao povoljan metod degradacije PET plastike predlaže se enzimaska hidroliza korišćenjem mikroorganizama koji kao izvor ugljenika mogu koristiti PET [2]. Bis-(2-hidroksietil)-tereftalat (BHET) je intermedijer u izgradnji PET polimera, te je korišćen kao model sistem za ispitivanje degradacije PET plastike [3].

Cilj ovog rada je bila identifikacija mikroorganizama koji potencijalno razgrađuju BHET, kao i primena čistih kultura za degradaciju istog.

Tokom studije testirana je osetljivost mikroorganizama na antibiotike (penicilin i nalidiksinsku kiselinu). Praćena je pojava zona inhibicije 24h nakon zasejavanja mikroorganizama. Nakon antibiograma rađeno je izolovanje DNK po protokolu za Gram-pozitivne i Gram-negativne bakterije. Za svaki soj mikroorganizama umnoženi su geni za 16s rRNK lančanom reakcijom polimeraze (PCR). Rađena je preparativna agarozna elektroforeza sa PCR produktima i DNK je ekstrahovana iz gela. Uzorci su poslani na sekvenciranje i dobijene sekvence su spojene u programu BioEdit. Dobijene sekvence su poređene u NCBI BLAST bazi podataka i identifikovani su rodovi izolovanih mikroorganizama.

Ispitivana je degradacija BHET-a pomoću čistih kultura mikroorganizama, gde je korišćena mineralna podloga, a jedan od izvora ugljenika bio je BHET. Inkubacija je trajala 14 dana, a degradacija je praćena u prvom i poslednjem danu inkubacije pomoću tankoslojne hromatografije (TLC). Korišćen je sistem rastvarača benzen:dioksan:sirćetna kiselina (90:25:4, v/v/v). Na slici 1 su prikazani rezultati TLC-a gde su korišćeni sojevi *Pseudomonas*, *Bacillus* i *Rhodococcus*. Kao najefikasniji soj pokazao se *Rhodococcus*.



Slika 1. Hromatogram uzoraka nakon degradacije BHET-a

Kako je pokazano da sami mikroorganizmi mogu da potpuno ili delimično transformišu BHET, dalji eksperimenti će se odvijati u smeru ispitivanja potpune degradacije pomoću konzorcijuma mikroorganizama.

Literatura

1. Yan, Z., Wang, L., Xia, W., Liu, Z., Gu, L. and Wu, J. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 105 (2021) 4551-4560.
2. Qiu, L., Yin, X., Liu, T., Zhang, H., Chen, G. and Wu, S. *J. Basic Microb.* 60(8) (2020) 699-711.
3. Ion, S., Voicea, S., Sora, C., Gheorghita, G., Tudorache, M. and Parvulescu, V. *Catal. Today* 366 (2021) 177-184.

Zahvalnica - Sredstva za realizaciju istraživanja obezbedilo je Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Evidencioni broj: 451-03-47/2023-01/200026 i 451-03-47/2023-01/200168) i Evropska Unija u okviru Horizon 2020 programa za istraživanje i inovaciju (broj 870292, BiolCEP).

Microbial powder formulation: influence of spray drying parameters on product quality

S. Stamenković Stojanović^{1,*}, I. Karabegović¹, B. Danilović¹, S. Mančić¹, M. Lazić¹

(1) Faculty of Technology, University of Niš, Bulevar Oslobođenja 124; Leskovac, Serbia;

*sandrastamenkovic@tf.ni.ac.rs

Microbial powder formulations are natural and environmentally safe products that are supposed to replace overused agrochemicals that are polluting the environment. Microencapsulation of different *B. subtilis* isolates have been a subject of a few research groups. So far they examined the influence of different inert ingredients [1-2] on viability and stability of the formulation, with an emphasis on the bio-control effect. The effect of spray drying conditions have not been investigated yet, neither the possible interaction effects between the factors. Therefore, the aim of this work was to determine optimum spray drying conditions for *B. subtilis* NCIM 2063 and to evaluate the individual and combined effects of important spray drying variables.

NCIM 2063 isolate was cultivated in a 2.5 L bioreactor (KLFM, BioEngineering, Wald, Switzerland) containing sterilized DSM medium. After 48 h of cultivation, fermentation broth containing *B. subtilis* NCIM 2063 culture was exposed to a thermal shock for 1 h at 54 °C. Fermented broth samples were mixed with different amounts of maltodextrin (according to the Box-Benken experimental design). Each suspension was spray dried in a laboratory scale spray drier Büchimi B-290. The inlet temperature and the feed flow rate were set according to the Box-Benken experimental design. Moisture content and product yield were chosen as dependent variables.

The yield of dry powder after spray drying varied from 39.2 to 96.8 %. The influence of selected variables on product yield was determined by the response surface method. Based on response surface analysis, it can be concluded that the maximum yield was achieved by a simultaneous increase of maltodextrin concentration and temperature. On the other hand, an increase in temperature and decrease in feed flow rate decreased the moisture content. However, the influence of maltodextrin concentration is insignificant. Although maltodextrin concentration dose did not affect moisture content significantly, the influence of maltodextrin concentration became more pronounced at a lower feed flow rate in the examined range. According to desirability criteria the following conditions were proposed for spray drying of *B. subtilis* NCIM 2063: temperature 133 °C, maltodextrin concentration 50 g/L and feed flow rate 6.5 mL/min.

In conclusion, this research proved that *B. subtilis* NCIM 2063 can be successfully microencapsulated with maltodextrin using spray drying procedure. Determined predictive models will be of a great use for the selection of drying conditions depending of the plant growth promoting microorganism.

References

ENVIROCHEM2023

1. Meng, X., Yu, J., Yin, X., Liu, Y. *Bio. Control.* 85 (2015) 46-51.
2. Yáñez-Mendizábal, V., Viñas, I., Usall, J., Torres, R., Solsona, C., Abadías, M., Teixidó, N. *J. Appl. Microbiol.* 112 (2012) 954-965.

Acknowledgment - Ministry of science, technological development and innovation, Republic of Serbia, project no: 451-03-47/2023-01/200133.

Characterization of microencapsulated formulation with plant growth-promoting capability

S. Stamenković Stojanović^{1,*}, I. Karabegović¹, B. Danilović¹, S. Mančić¹, M. Lazić¹

(1) Faculty of Technology in Leskovac, University of Niš, Bulevar Oslobođenja 124, 16000 Leskovac, Serbia;

*sandrastamenkovic@tf.ni.ac.rs

The excessive use of agrochemicals has led to many negative impacts on the environment and human health. Microbial fertilizers are an eco-friendly alternative to agrochemicals that consist of plant growth-promoting microorganisms. The final product should be effective, stable and easy to apply. Achieving this challenge requires proper formulation and characterization [1-2]. Therefore, the aim of this paper was to formulate and characterize *Bacillus subtilis* NCIM 2063 formulation with plant growth promoting capability. Microbial powder formulations were prepared using spray drying with maltodextrin as a carrier. Powder formulation obtained under optimum conditions was analyzed for viability, hygroscopicity, solubility, dissolution time and morphology of the microparticles. The morphology of the formulation obtained at optimum conditions was investigated using a JEOL JSM-6610LV scanning electron microscope (30 kV accelerating voltage) with an energy-dispersive X-ray spectrometer (SEM/EDS; XMax Large Area Analytical Silicon Drift connected with INCAEnergy 350 Microanalysis System). Results have shown that the obtained formulation has retained high viability during the storage period. The morphology of microcapsules can be described as an amorphous glassy structure, varying from flat and deflated to round spherical particles with a porous surface. The diameter of spherical particles obtained in this study ranged from 5 to 300 µm. The dimensions of the particles are not of crucial importance as they can be modified subsequently, by granulation adjustment methods. The outer surfaces of the microcapsules were characterized by the presence of indentation, with a few cracks on the surface. On the other hand, variables such as hygroscopicity, dissolution time and solubility showed that the powder has enhanced stability and potential to be stored long-term, which was also proven by a high number of surviving cells after a one-year period.

References

1. Amiet-Charpentier, C., Gadille, P., Digat, B., Benoit, J.P, *J. Microencapsul.* 15 (1998) 639-659.
2. Vassilev, N., Vassileva, M., Lopez, A., Martos, V., Reyes, A., Maksimović, I., *Appl. Microbial. Biotechnol.* 99 (2015) 4983-4996.

Acknowledgment – Ministry of science, technological development and innovation, Republic of Serbia, project no: 451-03-47/2023-01/200133.

Perpetual struggle of doped carbon quantum dots surface chemistry with environmental contamination

J.R. Prekodravac^{1,}, B. Vasiljević¹, D. Mijin², B. Todorović Marković¹*

(1) Vinca Institute of Nuclear Sciences-National Institute of the Republic of Serbia, University of Belgrade, Mike Petrovića Alasa 12-14, 11000 Belgrade, Serbia, (2) Department of Organic Chemistry, University of Belgrade, Faculty of Technology and Metallurgy, 1 Studentski trg, 11000 Belgrade, Serbia;

**prekodravac@vin.b.ac.rs*

Industrialization today leads to a significant increase in the number of phenols, pesticides, paints, solvents and other organic pollutants with potentially carcinogenic effect in natural resources. One of the major problems is water pollution from the textile industry causing significant quantities of organic dyes released daily into the environment without special treatment [1]. The presented study reports an efficient and simple method for the green microwave-assisted production of doped carbon quantum dots (CQD) from glucose as carbon precursor (Figure 1) and their fight against water pollution.

Bottom-up MW synthesis

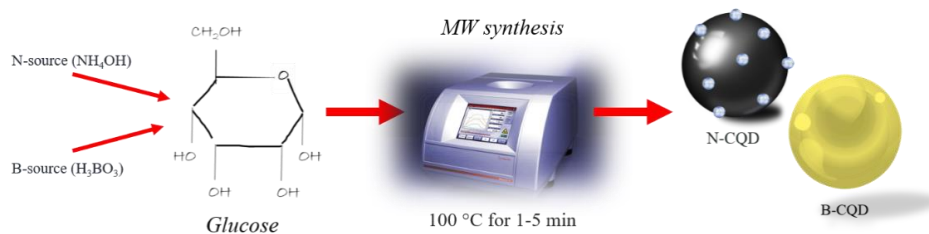


Figure 1. The illustration of the MW assisted synthesis of N-CQD and B-CQD from glucose.

The resulting N-CQD and B-CQD were negatively charged particles with a spherical shape. The good water dispersion properties of doped-CQDs came from oxygen-containing surface functional groups in the form of hydroxyl, carbonyl and carboxyl groups. The outcome of doped-CQDs surface chemistry towards a specific organic water contaminants removal efficiency was examined through the photocatalytic activity of selected photocatalysts.

A new type of carbon nanomaterials known as CQD, have exceptional physicochemical and optical features, tuneable photoluminescence and strong light absorption [2,3]. In addition to these characteristics, the variety of precursors and preparation techniques, along with the opportunity to modify the surface and dope the CQD to alter their properties, make them interesting candidates for a variety of applications [4–7].

Photocatalytic activity of N-CQD and B-CQD photocatalysts towards Rose Bengal (RB) removal efficiency was investigated under neutral pH, room temperature and constant pollutant (0.03 mM) and photocatalysts (0.2 mg/mL) concentration. Reaction in the dark

reaction conditions for 30 min (adsorption/desorption equilibrium) showed the better adsorption capacity for B-CQD photocatalyst while the N-CQD showed higher removal efficiency percentage towards decomposition of RB organic dye in a short time (Figure 2).

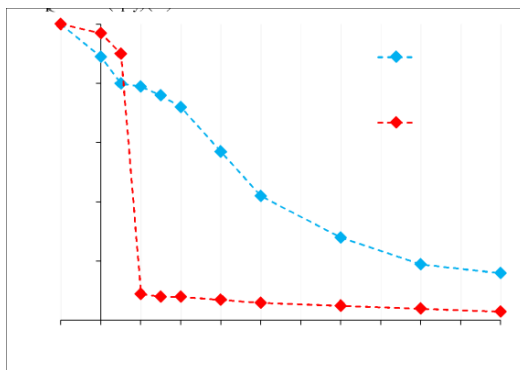


Figure 2. The removal efficiency percentage of RB organic dye in set time interval for B-CQD and N-CQD photocatalysts.

Both photocatalytic materials showed strong capacity for RB organic dye removal under UV light under 300 min with residual 16 % and 3 % of RB in the presence of B-CQD and N-CQD, respectively.

References

1. Chequer, F.M.D., Venancio, V.P., Bianchi, M.L.P., Antunes, L.M.G. *Chem. Toxicol.* 50 (2012) 3447-3451.
2. Singh, I., Arora, R., Dhiman, H., Pahwa, R. *Turkish J. Pharm. Sci.* 15 (2018) 219–230.
3. Wang, X., Feng, Y., Dong, P., Huang, J. *Front. Chem.* 7 (671) (2019) 1-9.
4. Wu, Y., Li, C., van der Mei, H.C., Busscher, H.J., Ren, Y., *Antibiotics* 10 (2021) 623.
5. Azam, N., Najabat Ali, M., Javaid Khan, T., *Front. Mater.* 8 (700403) (2021) 1-21.
6. Rasal, A.S., Yadav, S., Yadav, A., Kashale, A.A., Manjunatha, S.T., Altaee, A., Chang, J.-Y., *ACS Appl. Nano Mater.* 4 (2021) 6515-6541.
7. Prekodravac, J., Vasiljević, B., Marković, Z., Jovanović, D., Kleut, D., Špitalský, Z., Mičušik, M., Danko, M., Bajuk–Bogdanović, D., Todorović–Marković, B., *Ceram. Int.* 45 (2019) 17006-17013.

Acknowledgment - Presented work was financially supported by the Science Fund of the Republic of Serbia, #7741955, Are photoactive nanoparticles salvation for global infectious treatment? - PHOTOGUN4MICROBES and by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia grant number 451-03-47/2023-01/200017.

In-situ grafting of Fe and Cu nanoparticles on carbon for electrolytic hydrogen production

J. Georgijević^{1,}, J. Milikić², N. Zdošek¹, S. Brković¹, I. Perović¹, P. Laušević¹, B. Šljukić^{2,3}*

(1) University of Belgrade, VINČA Institute of Nuclear Sciences - National Institute of the Republic of Serbia, Department of Physical Chemistry, Mike Petrovića Alasa 12-14, 11000, Belgrade, Serbia, (2) University of Belgrade, Faculty of Physical Chemistry, Studentski trg 12-16, Belgrade, Serbia, (3) Center of Physics and Engineering of Advanced Materials, Laboratory for Physics of Materials and Emerging Technologies, Chemical Engineering Department, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, 1049-001 Lisbon, Portugal;

**georgijevic@vin.bg.ac.rs*

In order to reduce air pollution by green-house gases released during fossil fuels combustion, hydrogen has been suggested as an alternative, clean fuel [1]. The most promising method of obtaining green hydrogen (and oxygen) is electrolytic water splitting [2]. For splitting process to be efficient, it is necessary to use electrocatalysts with high activity, but they should also be economically accessible. Ionic liquids are used in the most diverse fields of science due to their unique physical and chemical properties, and in this regard, they can be used for the development of electrocatalysts by direct carbonization [3].

Within this study, carbon catalysts doped with iron and copper (Fe/C, Cu/C and FeCu/C) were prepared by carbonization of ionic liquids containing the corresponding metal and characterized for the hydrogen evolution reaction (HER) in alkaline (8 M KOH) media. Electrochemical measurements were made by cyclic voltammetry (CV), linear cyclic voltammetry (LSV), electrochemical impedance spectroscopy (EIS) and chronoamperometry (CA).

All electrocatalysts showed good activity for HER. Tafel slope (b) values of -132, -155 and -151 mV dec⁻¹ (Table 1) were obtained for HER at 25 °C for Fe/C, Cu/C and FeCu/C, respectively. Also, the exchange current density (j₀) was determined and the values ranged from 1.28 to 2.94 10⁻² mA cm⁻². The results (Table 1) show that Fe/C, Cu/C and FeCu/C are promising electrocatalysts for hydrogen gas production by water splitting.

Table 1. Parameters of HER activity of electrocatalysts in 8 M KOH at 25 °C.

Electrocatalysts	E _{onset} /mV	j ₄₀₀ / mAcm ⁻²	b /mV dec ⁻¹	j ₀ /10 ⁻² mA cm ⁻²
Fe/C	-308	4,70	-132	1,28
Cu/C	-290	4,66	-155	2,94
FeCu/C	-335	2,73	-151	1,42

Literature

1. Ćinci, M. *Sustain. Eng. Technol. Assessments*, 53(C) (2022) 102739.
2. Balčiūnaitė, A., Upadhyay, K.K., Radinović, K., Santos, D.M.F., Montemor, M.F., Šljukić, B., *RSC Advances* 12 (2022) 10020-10028.

ENVIROCHEM2023

3. Zdolšek, N., Vujković, M., Metin, Ö., Brković, S., Jocić, A., Dimitrijević, A., Trtić-Petrović, T., Šljukić, B., *Int. J. Hydrogen Eng.* 47(33) (2022) 14847-14858.

Acknowledgements - The authors would like to thank the Ministry of Science, Technological Development and Innovation of the Republic of Serbia (contract no. 451-03-47/2023-01/200146 and 451-03-47/2023-01/200017). Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT, Portugal) is acknowledged for a contract no. IST-ID/156-2018 (B. Šljukić).

Eco-friendly fabrication of graphene from apple biomass precursor*S. Dorontić^{1*}, S. Jovanović¹**(1) Vinča Institute of Nuclear Sciences - National Institute of the Republic of Serbia, University of Belgrade P.O. Box 522, 11001 Belgrade, Serbia;***sladjana.dorontic@vin.bg.ac.rs*

Graphene is a two-dimensional carbon nanomaterial, consisting of sp^2 hybridized carbon atoms, organized in a honeycomb hexagonal crystal lattice [1]. Due to their extraordinary physical and chemical properties such as high electrical conductivity of $10^6 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$, Young's module close to 1 TPa, as well as large surface area ($2630 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$), they attract the attention of researchers from science toward industry.

Graphene can be produced by different techniques such as chemical synthesis, chemical, mechanical or electrochemical exfoliation, thermal annealing, etc. Synthesis of graphene in that way usually includes the consumption of commercially available chemicals. To avoid disadvantages, researchers developed methods based on biomass and bio-waste materials for graphene synthesis [2]. Within these procedures, starting materials for graphene synthesis are wood parts [3], agricultural waste [4], fruits [5], and many others [2]. The main principle of graphene fabrication from biomass-derived sources consists of their pyrolysis under an inert atmosphere. Pyrolysis can be occurred on Cu support, in the presence of some activation agents such as base and salts, or in hydrothermal conditions. Activation agents lead to cutting, pore formation, and starting material exfoliation. KOH is an often used agent for activation. K^+ from KOH reacts with graphite microcrystals during the reaction by transferring a charge to the [graphene-H]⁻ complex. H atoms became removed from the complex, which cause the formation of sp^2 atoms. Also, the presence of KOH released CO_2 in reaction penetrates between graphene layers, separating them, and increasing the surface of the material [2].

Apple and products made of them are the most consumed fruit and products all over the world [6]. According to the Ministry of Agriculture, Forestry and Water Economy of the Republic of Serbia data, $26.1 \times 10^6 \text{ L}$ of fruit alcohol drinks including apple-based ones, were produced in 2021 [7]. Large amounts of solid and liquid apple wastes are generated during the apple processing [6]. Per each liter of produced fruit alcohol, around 8–15 L of wastewater (stillage) is produced. Due to high biodegradability, that waste has become a great environmental problem. Most of the waste goes to landfill, is burned, and contribute to an increase in the amount of greenhouse gases. It also reaches aquatic ecosystems, causing their eutrophication. Apple biomass and bio-waste were investigated as start carbon material for graphene production in many reported researches [8, 9].

In this study, graphene-like material was synthesized from biomass obtained during the apple alcohol drink preparation process. Raw biowaste was dried to the powder and mixed with KOH pastilles to create a homogenous powder. Then, the mixture was heated in the furnace at $850 \text{ }^\circ\text{C}$ for 1 hour, under an atmosphere of inert gas. After heating, the material was washed from KOH, until pH reached neutral. The structure of produced material was investigated using infrared spectroscopy with Fourier transformation (FTIR) and Raman spectroscopy. The structural analysis confirmed the presence of the graphene domains in biomass-derived material.

Stillage obtained from appleschnapps is a possible starting material in graphene fabrication. Thanks to low prices, eco-friendly, sustainable, and simple approach, as well as increasing graphene market, the presented method has a huge potential to become an important method in graphene production.

References

1. Huang, M., Wang, C., Quan, L., Nguyen, T.H.-Y., Zhang, H., Jiang, Y., Byun, G., Ruoff, R.S. *Matter* 3 (2020) 487-497.
2. Prekodravac, J.R., Kepić, D.P., Colmenares, J.C., Giannakoudakis, D.A., Jovanović, S.P. *J. Mater. Chem. C* 9 (2021) 6722-6748.
3. Ekhlesi, L., Younesi, H., Rashidi, A., Bahramifar, N. *Process Saf. Environ.* 113 (2018) 97-108.
4. Somanathan, T., Prasad, K., Ostrikov, K.K., Saravanan, A., Krishna V.M. *Nanomaterials (Basel)*, 5 (2015) 826-834.
5. Shah, J., Lopez-Mercado, J., Carreon, M.G., Lopez-Miranda, A., Carreon M.L. *ACS Omega*, 3 (2018) 455-463.
6. Dhillon, G.S., Kaur, S., Brar, S.K. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 27 (2013) 789-805.
7. sMinistry of Agriculture, Forestry and Water Management, Republic of Serbia ([http://www.minpolj.gov.rs/download/informacija-o-jakim-alkoholnim-picima-2021/?script=lat.](http://www.minpolj.gov.rs/download/informacija-o-jakim-alkoholnim-picima-2021/?script=lat))
8. Górka, J., Vix-Guterl, C., Ghimbeu, C. *J. Carb. Res.* 2 (2016) 24.
9. Abbas, A., Tabish, T.A., Bull, S.J., Lim, T.M., Phan, A.N. *Sci. Rep.* 10 (2020) 21262.

Acknowledgment - This work was financially supported by the Ministry of Science, Technological Development and Innovation of the Republic of Serbia [grant number 451-03-68/2023-14/200017] and by the project Twinning for new graphene-based composites in electromagnetic interference shielding - GrInShield (No. 101079151), funded by EU.

Photo-induced prooxidative and antioxidative properties of gamma-irradiated graphene quantum dots

S. Dorontić^{1,}, D. Milivojević¹, S. Jovanović¹, B. Todorović Marković¹*

(1) Vinča Institute of Nuclear Sciences - National Institute of the Republic of Serbia, University of Belgrade P.O. Box 522, 11001 Belgrade, Serbia;

**sladjana.dorontic@vin.bg.ac.rs*

The rapid increase in human population, urbanization, presence of pollutants in the environment, as well as climate change, harm natural and drinking water quality [1]. Except that, the widespread use of antibiotics led to one of the greatest global problems – antimicrobial resistivity. Resistive microbial species in water, devastate the aquatic living world and cause damage to human health. Therefore, clean and safe water is of crucial importance [2]. Standard methods for water disinfection such as chlorination or ozonation are very effective, but they show some drawbacks in the form of toxic by-products created during treatment [1]. In recent years, graphene quantum dots (GQDs) were identified as a promising carbon nanomaterial for eco-friendly antibacterial application due to their optical and chemical stability, high water solubility, non-toxicity, and biocompatibility. One of the reported GQD's antimicrobial mechanisms is the photo-induced production of singlet oxygen ($^1\text{O}_2$). Under light exposure, GQDs transfer the energy to molecular oxygen from the air. Oxygen molecules transform to their excited form $^1\text{O}_2$, which causes oxidative stress in bacterial cells and reduces their viability [3]. Among photooxidative, GQDs have shown antioxidative potential which may contribute to water and food quality [4].

In this research, photo-induced prooxidative and antioxidative features of GQDs were tested. GQDs were fabricated in an eco-friendly single-step, top-down approach of the electrochemical oxidation of graphite electrodes [5]. To improve their structural and optical properties, as well as antioxidative and pro-oxidative potential, their structure was modified using gamma irradiation. Samples were exposed to gamma rays at a dose of 200 kGy, where one sample was irradiated in the presence of ethylenediamine (EDA), while in the case of the second, the irradiation medium was air.

The morphology of GQDs was analysed using atomic force microscopy. Their structural analysis was performed by infrared spectroscopy with Fourier transformation, while the optical properties were investigated by photoluminescence and UV-Vis spectroscopies.

The ability of gamma-irradiated GQDs in an air medium to produce singlet oxygen was examined using electron paramagnetic resonance (EPR) spectroscopy. During the 5h of blue light exposure, GQDs in air produces singlet oxygen ($^1\text{O}_2$). In the presence of $^1\text{O}_2$, EPR inactive, 2,2,6,6-tetramethylpiperidine (TEMP) was transformed into EPR active (2,2,6,6-tetramethylpiperidin-1-yl)oxyl (TEMPO) which shows characteristic EPR signal. Antioxidative properties of GQD-EDA samples were analysed using Rhodamine B (RHB) test. RHB test was used to investigate the ability of GQDs-EDA to quench $\cdot\text{OH}$ radicals and protect colour from oxidation. For the RBH test, mixtures of RHB, H_2O_2 , and GQDs-EDA in different concentrations ($10\text{-}800\ \mu\text{g mL}^{-1}$) were exposed to UV irradiation for 1 hour, at 360 nm. According to recorded UV-Vis spectra, at the lowest GQDs concentration of GQDs-EDA, the absorption band at 554 nm originating from RHB almost disappeared. With increasing of GQDs-EDA concentration, the intensity of the band proportionally increased. Based on these results, can be seen that GQDs-EDA protects a dye from oxidation.

In summary, GQDs modified using gamma irradiation at the dose of 200kGy in the different irradiation media can produce singlet oxygen when they light up, as well as show the ability to quench oxygen-reactive species. This research opens the gate for the potential application of GQDs as efficient antibacterial agents for water treatment, as well as antioxidative agents.

References

1. Wang, L., Yuan, Z., Karahan, H.E., Wang, Y., Sui, X., Liu, F., Chen, Y. *Nanoscale* 11 (2019) 9819-9839.
2. Ghirardello, M., Ramos-Soriano, J., Galan, M.C. *Nanomaterials (Basel)* 11 (2021) 1877.
3. Marković, Z.M., Jovanović, S.P., Mašković, P.Z., Danko, M., Mičušić, M., Pavlović, V.B., Milivojević, D.D., Kleinová, A., Špitalský, Z., Todorović Marković, B.M. *RSC Advances* 8 (2018) 31337-31347.
4. Jovanovic, S., Bonasera, A., Dorontic, S., Zmejkoski, D., Milivojevic, D., Janakiev, T., Todorovic Markovic, B. *Materials* 15(19) (2022) 6525.
5. Jovanović, S., Dorontić, S., Jovanović, D., Ciasca, G., Budimir, M., Bonasera, A., Scopelliti, M., Marković, O., Todorović Marković, B. *Ceram. Int.* 46 (2020) 23611-23622.

Acknowledgment - The research was supported by the Science Fund of the Republic of Serbia, #7741955, "Are photoactive nanoparticles salvation for global infection threat? -PHOTOGUN4MICROBES and by the Ministry of Science, Technological Development and Innovation of the Republic of Serbia [grant number 451-03-68/2023-14/200017].

Bioaccessibility and risk assessment study on vineyard samples from Serbia based on potentially toxic element concentrations

T. Milićević^{1,}, I. Kodranov², A. Popović², D. Relić²*

(1) Institute of Physics Belgrade, National Institute of the Republic of Serbia, University of Belgrade, Pregrevica 118, 11080 Serbia, (2) Faculty of Chemistry, University of Belgrade, Studentski Trg 12-16, 11000 Belgrade, Serbia;

**tijana.milicevic@ipb.ac.rs*

In vineyard environments, frequent application of agrochemicals and surrounding activities can directly lead to increase concentrations of potentially toxic elements (PTEs) in soil and grapevine [1]. Based on our previous research in the vineyard ambient where we performed several experiments in different vineyards (conventional and organic) we identified the most significant pollutants by different methodologies and we assessed the workers' and consumers' risks by the exposure to the vineyard soil and grape [2, 3, 4, 5, 6]. Further, we continue to investigate environmental implications and human health risks in different vineyards based on PTE concentrations in soil, grape and grapevine leaves and in parallel we performed *in vitro* bioaccessibility assay on the samples collected from different vineyards (commercial and from small producers). This study was done as a pilot research which can promote producers and support them to be more competitive on the market.

The concentrations of potentially toxic elements (PTEs) were investigated in soil, soil bioavailable fractions, grapevine, and bioaccessible fractions of soil and grape samples. We investigated grapevine and soil samples from 40 parcels in 13 vineyards. For the pseudo-total concentration determination, the samples were prepared by the microwave digester where the soil samples were dissolved by HCl and HNO₃, and grape and leaf samples with HNO₃ and H₂O₂. The soil samples were extracted by single extraction procedures [procedures which were in detail presented in previous study 4] and by sequential extraction to assess element mobility and bioavailability. Performing *in vitro* unified bioaccessibility method (UBM BARGE) developed by the Bioaccessibility Research Group of Europe and validated at the University of Lorene in Nancy in France [7, 8] was performed on the soil and grape samples. This assay was performed to determine element concentrations available from soil and grape in the human gastrointestinal tract (GIT).

The concentrations of pseudo-total, mobile and bioavailable, but also bioaccessible to human from soil and pseudo-total and bioaccessible from grapes were determined by Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) and Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry (ICP-MS). By ICP-OES were determined concentrations of Al, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Si, Sr, V, Zn and by ICP-MS Li, Be, V, Cr, Co, Cu, As, Mo, Cd, Sn, Sb concentrations in soil, soil bioavailable extracts, grapevine, and soil and grapevine bioaccessible fractions.

The experiment is conducted to assess element mobility and bioavailability in the soil–grapevine system and to examine environmental implications, the worst–case scenario of workers' and consumers' health risk and the bioaccessibility of PTE in the human gastrointestinal tract (GIT).

Environmental risk assessments pointed out the most polluted locations between investigated vineyards. The worst-case scenario human health risk evaluation revealed some risk for workers and also moderate risk for consumers of several grape varieties. It was determined that Cr and Ni concentrations in soil and grape mostly contributed to environmental implications and increasing the human health risk. The highest contribution to risk for workers had pseudo-total concentrations of Ni, then Cr, Co and Mn from the soil, and for grape consumers Ni, Cr, Mo and B concentrations from grapes. However, these elements from soil and grapes were negligibly bioaccessible in human GIT assessed by the UBM bioaccessibility test, but anyhow the worst-case scenario risk assessment can be used as a precautionary measure in vineyard management. Also, Cr and Ni were highly bonded in residual soil fraction and they were not mobile, while Co and Mn were bonded in reducible soil fraction. Easily available were Mo and B from the soil, but they were negligibly bioaccessible to human GIT. Finally, this approach of PTEs investigation in samples from vineyards accompanied by environmental and human health risks with bioaccessibility assessments may improve vineyard production and management and can be beneficial to the producers.

References

1. Milićević, T., Relić, D., 2021. Chapter, Editors: Gorawala P., Mandhatri S. Vol. 36, 1-76, ISSN: 2160-1739, Nova Science Publisher, New York.
2. Milićević, T., Aničić Urošević, M., Relić, D., Jovanović, G., Nikolić, D., Vergel, K., Popović, A. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 28 (2021) 3361-3374.
3. Milićević, T., Aničić Urošević, M., Relić, D., Vuković, G., Škrivanj, S., Popović, A. *Ecotox. Environ. Safte.* 163 (2018) 245-254.
4. Milićević, T., Aničić Urošević, M., Relić, D., Vuković, G., Škrivanj, S., Popović, A. *Sci. Total Environ.* 626 (2018) 528-545.
5. Milićević, T., Aničić Urošević, M., Vuković, G., Škrivanj, S., Relić, D., Frontasyeva, M. V., Popović, A. *Ecotox. Environ. Safte.* 144 (2017) 208-215.
6. Milićević, T., Relić, D., Škrivanj, S., Tešić, Ž., Popović, A., *Chemosphere* 171 (2017) 282-293.
7. Denys, S., Caboche, J., Tack, K., Rychen, G., Wragg, J., Cave, M., Jondreville, C., Feidt, C. *Environ. Sci. Technol.* 46 (2012) 6252-6260.
8. Bioaccessibility Research Group of Europe:
https://www2.bgs.ac.uk/barge/docs/BARGE_UBM_DEC_2010.pdf

Acknowledgment - Funding was provided by Institute of Physics Belgrade (document: 0801-116/1) and Faculty of Chemistry (contract number: 451-03-9/2021-14/200168) through grants by the Ministry of Science, Technological Development and Innovation of the Republic of Serbia. This research was supported by Grant *For Women in Science* (for Dr. Tijana Milićević) awarded by L'ORÉAL-UNESCO. We are grateful to MSc students from Faculty of Chemistry who helped us in sample preparation (Katarina Petrović, Marija Stojanović and Nevena Filipović).

The element concentrations in human milk samples from Croatia and *in vitro* bioaccessibility assay

T. Milićević^{1,*}, J. Dorđević¹, S. Herceg Romanić², B. Dojčinović³, M. Matek Sarić⁴, A. Popović⁵, D. Relić⁵

(1) Environmental Physics Laboratory, Institute of Physics Belgrade, National Institute of the Republic of Serbia, University of Belgrade, Pregrevica 118, 11 080 Serbia, (2) Institute for Medical Research and Occupational Health, Ksaverska cesta 2, 10 001 Zagreb, Croatia, (3) Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy, Centre for Chemistry, Studentski trg 12-16, 11 000 Belgrade, (4) Department of Health Studies, University of Zadar, 23000 Zadar, Croatia, (5) Faculty of Chemistry, University of Belgrade, Studentski Trg 12-16, 11 000 Belgrade, Serbia;

*tijana.milicevic@ipb.ac.rs; jelenadj@ipb.ac.rs

Human milk represents the most significant food and source of nutrients for the newborn. It has immunological and health effects on the baby which is of major importance. Human milk samples were collected from healthy volunteer mothers from the general population living in urban or semi-urban areas in Zadar in Croatia. Each participant gave informed consent before donating the milk samples for the experiment. In our study 50 milk samples from healthy mothers were investigated. The aim of our study was to determine macro elements as nutrients in milk samples and to monitor the potentially toxic elements (PTEs) in human milk since they pose health risk for infants. Also, the *in vitro* bioaccessibility assay simulating gastrointestinal tract (GIT) was used for the assessment quantity of dissolution of PTEs in infant GIT [1, 2].

Milk samples were stored frozen before the analysis. The microwave digestions of milk samples, 10 mL of each sample, were done by using HNO₃ and H₂O₂ and concentration of 24 elements (Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Se, Sr, Zn) were determined by Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) and Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (ICP-MS). The skimmed milk powder ERM certified Reference Material (ERM®-BD150) was used and the blank samples were analysed. In parallel, the bioaccessibility assay was performed at the controlled temperature of 37 °C with solutions simulating gastric (GE) and gastrointestinal (GIE) fluids to simulate the GIT (stomach and small intestine, respectively) of infants [1, 2]. In the solutions GE and GIE we also analysed the PTE concentrations by ICP-OES and ICP-MS. GE simulates bioaccessibility in the infant's stomach and GIE in the small intestine. The macro elements were not determined in bioaccessible fraction because the solutions for the simulation GE and GIE contain salts and enzymes, and salts in the extracts make this procedure inappropriate for nutrients bioaccessibility assessment.

Observing the pseudo-total element content the macro element concentrations were determined in highest concentrations in the following order K > Ca > Na > P > S > Zn > Mg > Fe > Cu > Li > Al > Se > Sr > B > As > Mn > Ba > Cd > Pb. Concentrations of Co, Cr, Hg and Ni were not determined in human milk samples (concentrations were lower than the limit of the detection). Some of the measured elements are of an essential role in infant health and their concentrations were similar with nutritional studies and WHO reports, while the other elements such As, Cu, B, Cd and Pb can mostly originate from food consumption or environmental exposure of mothers. For As, Cd and Pb there are some pseudo-total extreme values in milk samples from mothers who consume cigarettes but also in some samples from

mothers who do not consume cigarettes were extreme or outlier values. Thus, we cannot have a clear connection because probably many of them can be indirectly exposed to the different sources of these toxic elements. Anyhow for further investigation, more details in observing the habits of mothers will be included (such as identification of the exposure, type of food they mostly consume, potential metal pollution sources at the home and in the working place etc).

Bioaccessibility assay was appropriate for the determination the bioaccessibility of elements Al, As, B, Ba, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb, Sr and Zn. The median values of bioaccessible element fractions in GE compared to the pseudo-total concentration (%) are Al (0.19 %), As (0.41 %), B (0.19 %), Ba (10.6 %), Cd (12.1 %), Cu (13.3 %), Fe (7.99 %), Mn (25.4 %), Pb (2.67×10^{-6} %), Sr (0.07 %) and Zn (8.25 %). The median values of bioaccessibility of elements in GIT compared to the pseudo-total content of elements in milk samples are Al (0.04 %), As (0.07 %), B (0.04 %), Ba (0.98 %), Cd (2.29 %), Cu (19.25 %), Fe (1.88 %), Mn (4.83 %), Pb (4.6×10^{-5} %), Sr (0.08 %) and Zn (8.25 %). The bioaccessibility of Al, As, B, Ba, Cd, Fe, and Mn is higher in GE (stomach) where the GE fluids were more acidic than in GIT. Similar bioaccessibility in GE and GIE fractions were obtained for Sr and Zn, but higher bioaccessibility of Cu and Pb were obtained in the small intestine than in the stomach. The highest bioaccessibility, among the investigated elements, were obtained for Ba, Cd, Cu, Fe, Mn, and Zn in the stomach, and Cu, Mn and Zn in the small intestine. Thus, mothers should avoid uncontrolled exposure to the Ba, Cd, Cu, Fe, Mn, and Zn in lactation periods, because their accumulation in milk and bioaccessibility to the infant is higher and can affect the infant's health.

References

1. Denys, S., Caboche, J., Tack., K., Rychen, G., Wragg, J., Cave, M., Jondreville, C., Feidt, C. *Environ. Sci. Technol.* 46 (11) (2012) 6252-6260.
2. Bioaccessibility Research Group of Europe:
https://www2.bgs.ac.uk/barge/docs/BARGE_UBM_DEC_2010.pdf

Acknowledgment - The authors received funding provided by Institute of Physics Belgrade (document number: 0801-116/1) and Faculty of Chemistry (contract number: 451-03-68/2020-14/ 200168) through grants by the Ministry of Science, Technological Development and Innovation of the Republic of Serbia; Croatian Science Foundation, Croatia (Project OPENTOX, No. 8366), institutional financing of scientific activity 2018–2021 Project “Persistent Organic Pollutants - Environmental Impact Assessment and Stability of Human Genetic Material” and ongoing project “Analysis of organic pollutants in biological systems and the environment “ at Institute for Medical Research and Occupational Health- Zagreb, Croatia; This work was done as part of postdoctoral research of Dr. Tijana Milićević supported by both the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia (contract number: 451- 03-1338/2020-14 for postdoctoral grant) and Institute for Medical Research and Occupational Health in Zagreb, supervised by Dr. Snježana Herceg Romanić. The authors are grateful to the bilateral contract between Institute of Physics and Institute for Medical Research and Occupational Health (337-00-205/2019-09/22).

Non-carcinogenic health risk assessment via acute and chronic exposure to particle pollution in Novi Sad, Serbia

S. Dmitrasinovic^{1,*}, M. Jovasevic Stojanovic², M. Davidovic², M. Turk Sekulic¹, S. Radovic¹, J. Radonic¹

(1) Faculty of Technical Sciences, Trg Dositeja Obradovica 6, Novi Sad, Serbia, (2) Institute of Nuclear Sciences "Vinča", Mike Petrovica Alasa 12-14, Belgrade, Serbia;

*dmitrasinovic@uns.ac.rs

Particle pollution levels experienced by people in cities should be continuously traced and monitored due to the negative health effects (HEf) of particle matter (PM) on humans [1]. During two periods of the year, the poor air quality in Novi Sad is reflected by heating (HS) and non-heating seasons (NHS), along with large urbanization and occasional local particle emissions. Fine particle matter (PM_{2.5}) is the major air pollutant, and several factors that influence the HEf resulting from PM pollution are absorbed dose, size and type of PM, chemical composition, and individual susceptibility [2]. The presented study provides insight into non-carcinogenic acute (AcuEx) and chronic (ChrEx) human exposures to PM_{2.5} during HS and NHS in 2020. by determining Hazard Quotient (HQ) at three urban locations in Novi Sad. Potential adverse effects of human exposure to PM_{2.5} were investigated by mean, minimum, and maximum PM_{2.5} concentration (conc.) in both seasons, using inhalation as one of the most rapid exposure pathways [3]. PM_{2.5} data were collected by Low-cost Optical Particle Counters (LCOPC), for 10 days in both seasons. Measuring sites were: urban-domestic (URBDS, private households heated by individual boilers), urban (URBS, households heated by city thermal power plant, low traffic), and urban-traffic (URBTS, households heated by city thermal power plant, high traffic intensity). LCOPC were previously calibrated with reference station for a certain period of time in order to analyse their accuracy. AcuEx and ChrEx were investigated for three age groups (male and female combined), seniors (65 years), adults (35 years), and children (10 years), following the referent values regarding age scale, inhale rates, body weights [4] and PM_{2.5} referent values provided by the literature [5]. Table 1. Shows equations used for the AcuEx, ChrEx, and HQ calculations and equation legends [1].

Table 1. Equations for AcuEx, ChrEx and HQ determination

Equations	Legend/HQ classification
AcuEx	AHD- average hourly dose ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{hour}$); C-PM concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$); IR- inhalation rate (m^3/hour or m^3/day); BW- bodyweight (kg); ADD- average daily dose ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$); ED-exposure duration (days); ET- exposure time (hour/day); EF- exposure frequency (days/year); DE- duration exposure (years); AT- averaging time (days)
$\text{AHD}=(\text{C} \times \text{IR})/\text{BW}$	
ChrEx	ADD= $(\text{C} \times \text{IR} \times \text{ED})/(\text{BW} \times \text{AT})$; ED= $\text{ET} \times \text{EF} \times \text{DE}$; AT= $365 \times \text{DE}$
HQ	
$\text{HQ}=\text{AHD}/\text{Ref} (\text{AcuEx})$	HQ = 1.0 - benchmark of safety; HQ < 1.0 - negligible risk; HQ > 1.0 - may be some levels of risks to sensitive individuals; HQ > 10 - high chronic risk; Ref – PM referent value
$\text{HQ}=\text{ADD}/\text{Ref} (\text{ChrEx})$	

Daily PM_{2.5} conc. during HS and NHS were in the ranges from 10.38-41.81 and 6.55-20.66 at URBDS; from 8.35-39 and 11.80-21.02 at URBS, and from 8.38-42.65 and 6.64-21.18 at URBTS. HQ values for AcuExat URBDS, URBS, and URBTS, during both seasons for senior, adult, and child population, were in the range from 0.003-0.19, which indicated that there is a negligible risk for the population, even for the sensitive one. Considering ChrEx, all calculated HQ were higher than 1, indicating high health risk for all age groups due to PM_{2.5} exposure, at mean, minimum, and maximum PM_{2.5} conc. Seniors had HQ values within the range from 4.48-17.30 (URBDS-HS), 2.69-8.50 (URBDS-NHS), 3.46-16.14 (URBS-HS), 4.86-8.65 (URBS-NHS), 3.47-17.65 (URBTS-HS), and 2.73-8.71 (URBTS-NHS). HQ values for adults ranged from 5.16-19.93 (URBDS-HS), 3.10-9.79 (URBDS-NHS), 3.98-18.59 (URBS-HS), 5.59-9.96 (URBS-NHS), 3.99-20.33 (URBTS-HS), and 3.15-10.04 (URBTS-NHS). Children were the most affected population by PM_{2.5} pollution, and under the highest potential risk due to ChrEx HQs at all three measuring sites. HQs for the children population were within the range of 9.84-37.97 (URBDS-HS), 5.91-18.66 (URBDS-NHS), 7.59-35.42 (URBS-HS), 10.66-18.98 (URBS-NHS), 7.61-38.74 (URBTS-HS), and 6-19.13 (URBTS-NHS). Determined HQs showed unacceptable chronic exposure conditions to PM_{2.5} for seniors, adults, as well as for children at URBTS, URBDS, URBS during HS and on URBS, URBTS, URBDS during NHS (by decreasing order).

References

1. Opara, A.I. et al., *Environ. Anal. Health Toxicol.* 36 (2021) e2021025-0, PMID: 34794213; PMCID: PMC8850163.
2. Amnuaylojaroen, T., et al., *Air Qual. Atmos. Health* 15 (2022) 10.1007/s11869-022-01231-x.
3. World Health Organization, Health effects of particulate matter, Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia 2013, ISBN: 978 92 890 0001 7
4. U.S. EPA (Environmental Protection Agency), (2011), Exposure factors handbook: 2011 edition. National Center for Environmental Assessment, Washington, DC; EPA/600/R-09/052F. Available from the National Technical Information Service, Springfield, VA, and online at <http://www.epa.gov/ncea/efh>.
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, (2020), Guidance for Inhalation Exposures to Particulate Matter. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.

Acknowledgment - This research has been supported by the Ministry of Science, Technological Development and Innovation through project no. 451-03-47/2023-01/200156 “Innovative scientific and artistic research from the FTS (activity) domain”, Provincial Secretariat for Higher Education and Scientific Research, AP Vojvodina, Republic of Serbia [Grant number 142-451-3120/2022-01] and by the Science Fund of the Republic of Serbia, grant number 6707, REmoteWATER quality monitoring Intelligence – REWARDING.

Assessment of the health risks posed by arsenic-rich groundwater in the Banat region

J. Vesković^{1,*}, A. Onjia¹

(1) Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Karnegijeva 4, 11120 Belgrade, Serbia;

*jelena.veskovic.12@gmail.com

Groundwater is one of the most important sources of drinking water. Clean groundwater is essential for drinking, agricultural practices and industrial processes. In recent decades, the demand for groundwater resources the world has increased, due to an increase in human population and urbanization. Therefore, assessing groundwater quality and evaluating potential contamination risks is crucial to ensure that human beings have access to clean water.

The western Banat Plain is located in the northeast part of the Republic of Serbia, representing a part of the Pannonian Basin, one of Europe's most significant agricultural areas. It is known that groundwater quality is questionable in this area. Moreover, the content of arsenic in groundwater in some parts of Banat is elevated [2], so it is vital to analyze the suitability of this water for drinking and its impact on human health.

The health risk assessment has been widely used as an efficient method for determining the harmful health impacts of groundwater pollutants. Hazards identification, dose-response analysis, exposure assessment, and risk characterization are the four major steps in the HRA process [3].

The health risk assessment can be categorized into non-carcinogenic and carcinogenic assessments. In this paper, groundwater samples were analyzed in order to determine health risks associated with the Serbian Banat's groundwater contaminants. Indicators proposed by U.S. Environmental Protection Agency [4] were used to determine non-carcinogenic risk from eleven contaminants: nitrates (NO_3^-), iron (Fe), manganese (Mn), chromium (Cr), zinc (Zn), copper (Cu), lead (Pb), cadmium (Cd), nickel (Ni), mercury (Hg), and arsenic (As), whereas As and Cr were tested using carcinogenic health risk assessment. The total hazard index (HI) was calculated to quantify non-carcinogenic risk, while incremental lifetime cancer risk (ILCR) was determined to quantify carcinogenic risk.

Concerning non-carcinogenic risk, the HI values for toxic substances for both adults and children were found to be in the order $\text{As} > \text{Fe} > \text{Mn}$, $\text{NO}_3^- > \text{Cr} > \text{Pb} > \text{Zn}$, $\text{Hg} > \text{Ni}$, Cu, and Cd (Figure 1a). The HI values for adults ranged between 0.07 and 102, with an average value of 10.2, indicating that 66.7% of the samples had HI value greater than 1. Regarding children, the HI values varied between 0.08 and 107, with a mean of 10.7. Thus, 69.4% of the samples exceeded the allowable HI value of 1, indicating a high non-carcinogenic risk for children. This suggests that consumption of this groundwater can potentially cause a non-carcinogenic impact on human beings. With regard to carcinogenic risk, the ILCR values for these two carcinogenic metals for both adults and children decreased in the order of

As>Cr (Figure 1b). ILCR for adults ranged from 2.5×10^{-5} to 1.0×10^{-1} with an average value of 1.0×10^{-2} . Unfortunately, 94.4% of the samples had ILCR greater than 1.0×10^{-4} , indicating high carcinogenic risk for adults. ILCR for children ranged between 1.8×10^{-5} and 7.9×10^{-2} , with an average value of 7.6×10^{-3} . So, 93.5% of the samples exceeded the ILCR threshold (ILCR= 1.0×10^{-4}), suggesting a high carcinogenic risk for children. This indicates that arsenic and chromium groundwater pose a high carcinogenic risk to the local population in some parts of Banat.

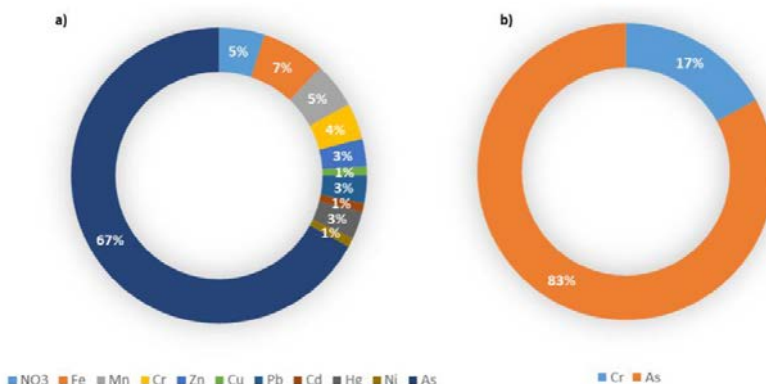


Figure 1. a) Contribution to hazard index for adults and children, b) Contribution to the incremental lifetime cancer risk for adults and children

It is concluded that both adults and children were mostly exposed to arsenic, indicating that arsenic was the major contaminant.

References

1. WHO Guidelines for drinking-water quality - 4th ed., 2011.
2. Rezultati ispitivanja kvaliteta površinskih i podzemnih voda - 2020, Ministarstvo zaštite životne sredine/Agencija za zaštitu životne sredine, Beograd 2020.
3. Onjia, A., Huang, X., Trujillo González, J. M., & Egbueri, J. C. *Front. Environ. Sci.* 10 (2022) 2559.
4. US EPA Risk assessment guidance for superfund, Volume I: Human health evaluation manual, Washington, D.C., USEPA/9285.7-01B, 1991.

Evaluation of the biotoxicity potential of water from the Kovin Dunavac marina (Kovin, Serbia) to *Aliivibrio fischeri*

K. Antić^{1,*}, I. Kojić², M. Lješević¹, J. Milić¹, M. Stošić³, J. Radonić³, T. Šolević Knudsen¹

(1) University of Belgrade, Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy, Department of Chemistry, Njegoševa 12, 11000 Belgrade, Serbia, (2) University of Belgrade, Innovation Center of the Faculty of Chemistry, Studentski trg 12-16, 11000 Belgrade, Serbia, (3) University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department of Environmental Engineering and Occupational Safety and Health, Dositej Obradović Square 6, 21000 Novi Sad, Serbia;

*katarina.antic@ihm.bg.ac.rs

Introduction

Sitting on the banks of the Danube River, Kovin is a municipality in Serbia located approximately 50 kilometers east of the nation's capital, Belgrade. The Danube River passes through Kovin for 46 kilometers, creating picturesque meanders, river islands, and backwaters. Dunavac, a Danube arm shown in Figure 1, is a 800-meter-long natural sanctuary for modest river crafts. This marina can accommodate 100 smaller nautical vehicles. The usage of diesel engines by many boats in this marina may constitute a risk of petroleum pollution in this small water body.

This research aimed to assess the biotoxicity of water from the Kovin Dunavac marina to *Aliivibrio fischeri*.



Figure 1. Kovin Dunavac marina (Kovin, Serbia)

Materials and methods

An acute toxicity detection test utilizing the Gram-negative bioluminescent bacteria *Aliivibrio fischeri* was used to evaluate the biotoxicity of the water samples from the Kovin Dunavac marina, I₁, I₂, I₃, I₄, and I₅. Measurements of toxicity were conducted following the SRPS ISO 11348-3 standard, utilizing freeze-dried *Aliivibrio fischeri* bacteria. The BioFix[®]Lumi luminescent bacteria used in the experiments were obtained from Macherey-Nagel GmbH & Co., Düren, Germany. By adding potassium hydroxide, the pH of the samples was modified to 7.00±0.2. The marina water samples were diluted to 50, 25, 12.5, and 6.25% of the initial concentrations of analyzed samples, I₁, I₂, I₃, I₄, and I₅. The sodium chloride was then dissolved in the following solutions to obtain a 2% NaCl concentration. The luminous bacteria inoculum was prepared and added to each sample. Following 30

minutes of incubation, the bacteria's luminescence was evaluated using a BioFix Lumi-10 toxicity analyzer.

Results

The biotoxicity test results of the water fromKovinDunavac marina, utilizing Gram-negative bacteria *Aliivibrio fischeri*, are demonstrated in Figure 2.

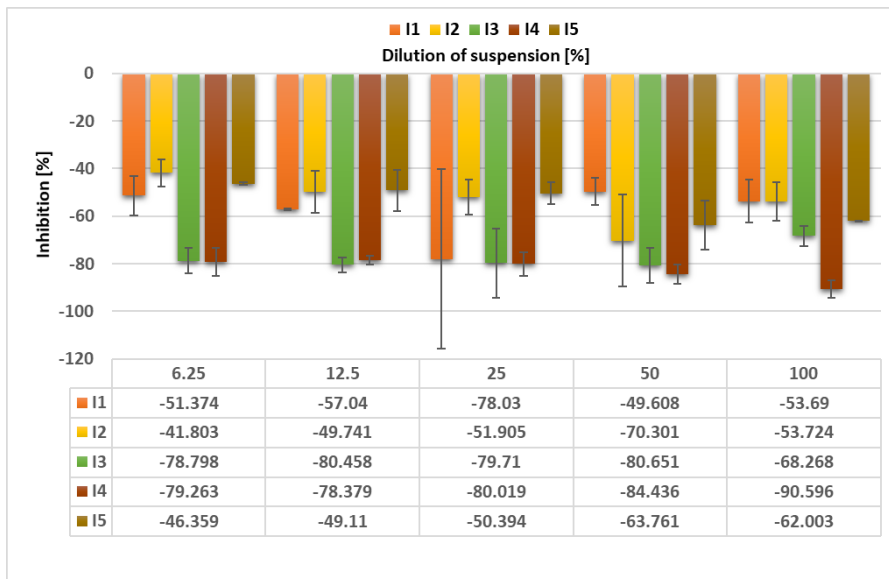


Figure 2. *Aliivibrio fischeri* bacteria inhibition after 30 minutes of incubation in diluted water samples fromKovin Dunavac marina

The experimental results indicated that water samples taken from Kovin, Dunavac marina, didn't demonstrate any signs of acute toxicity.

Conclusion

To corroborate the results obtained, it is required to investigate if seasonal fluctuations in physicochemical and organic characteristics of water from the investigated location affect the development of the acute toxicity effect.

References

1. Institute for Standardization of Serbia, SRPS EN ISO 11348-3:2009 - Water quality - Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of *Vibrio fischeri* (Luminescent bacteria test) - Part 3: Method using freeze-dried bacteria (ISO 11348-3:2007) (2009).

Acknowledgment- This research has been financially supported by the Ministry of Science, Technological Development and Innovation of the Republic of Serbia (Contract No: 451-03-47/2023- 01/200026).

Comm-On Environment: Mainstreaming Environmental Communication through Online Learning and Virtual Mobility**– Erasmus+ KA220-HED-92DDFBD4 –**

M. Novković^{1,}, S. Radulović¹, S. Rončević¹, J. Agbaba¹, A. Tubić¹, D. Andonov², D. Cvijanović¹*

(1) University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Trg Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad, Serbia, (2) Institute of Communication Studies, Jurij Gagarin 17-1-1, 1000 Skopje, Republic of North Macedonia;

**maja.novkovic@dbe.uns.ac.rs*

The Balkans represents the region on the edge of an environmental crisis. Multiple red alerts have risen in the last decade initiating a plethora of citizen and organizational actions with the goal to preserve and rehabilitate rare, important and endangered species and habitats. Many of such positive initiatives and actions were suppressed and or cancelled due to inadequate strategy, undefined aims and/or insufficient understanding of the problem itself. Environmental communication represents a practical discipline that enables understanding of complex environmental issues and in that way strengthens the role of the public in environmental governance in the light of the environmental crisis the Balkans is facing. It is also a powerful tool to raise awareness, change behaviour, influence public opinion, advocate for policies, address conflicts and pass legislation considering environmental protection.

Five higher education institutions from the region - Institute of Communication Studies (Macedonia), University of Zagreb (Croatia), University of Novi Sad (Serbia), University of Sarajevo (Bosnia and Herzegovina) and the University of Tirana (Albania) are implementing the international online program “Environmental communication” supported by the ERASMUS+ Programme of the European Commission through the National Agency for European Educational Programmes and Mobility of North Macedonia within the framework of KA2-HED project *Comm-On Environment: Mainstreaming Environmental Communication through Online Learning and Virtual Mobility* (Figure 1). The non-degree online program includes five one-month courses: National geography in the warming regions, Communicating in an age of ecological crises, Covering environmental topics and attracting audiences, Social marketing and environmental advocacy campaigns and Public participation and conflict resolution in environmental decisions followed by the online hackathon and environmental communication camp.

The environmental communication program is designed to empower communication skills of diverse groups of interested parties with different academic levels and backgrounds, such as students, teachers, scientists, journalists, educators, Civil Society Organizations and business representatives, but also the public officials.

The Program successfully started in January of 2023 with more than 180 participants from 10 countries actively involved. Through the courses, participants will acquire both theoretical knowledge and practical skills in the interdisciplinary field of environmental communication. Participants are actively dealing with environmental problems by solving the different tasks and working on case studies, led by professors who are experts in their

ENVIROCHEM2023

respective fields. The curriculum covers a variety of disciplines tackling environmental issues: environmental protection and management, environmental legislation, public participation, conflict resolution, risk communication, journalism, social marketing and advocacy. Therefore, the participants will have the opportunity to upgrade their skills and improve career and research opportunities in various sectors of society – civil society, media and creative industries, academia, government, and industry. The environmental communication program also offers a series of free learning materials (Open Educational Resources) in the form of quizzes and short video presentations on the selected topics at the project website (<https://communicating.green/>) available to any interested individual. In that way, the enrolled participants, but also the wide public auditorium has the opportunity to acquire new knowledge directly from the experts dealing with different aspects of environmental protection, management and advocacy.



Figure 1. Logos of the institutions supporting and participating in the Comm-on environment project

Acknowledgment – This program has been funded by the ERASMUS+ Programme of the European Commission through the National Agency for European Educational Programmes and Mobility of North Macedonia. Project: Comm-On Environment: Mainstreaming Environmental Communication through Online Learning and Virtual Mobility, 2021-1-MK01-KA220-HED-000027547

**Развој интегрисаног хемијско-биолошког приступа мониторингу
угрожених и заштићених врста и подручја кроз пројектно базирану
наставу хемије и биологије**

**Development of an integrated chemical-biological approach to the monitoring
of endangered and protected species and areas through project-based teaching
of chemistry and biology**

Т. Анђелковић^{1,}, Б. Злајковић², Ђ. Милошевић², И. Косић Кокић¹, Д. Бојдановић¹*

(1) Дејарман за хемију, Природно-математички факултет, Вишеградска 33, Ниш, Србија,

*(2) Дејарман за биологију и екологију, Природно-математички факултет, Вишеградска
33, Ниш, Србија;*

**tatjana.andjelkovic@outlook.com*

Увод

Током школске 2021/22. године на Природно-математичком факултету у Нишу реализован је пројекат „Развој интегрисаног хемијско-биолошког приступа мониторингу угрожених и заштићених врста и подручја кроз пројектно базирану наставу хемије и биологије”. Реализација је извршена кроз 6 планираних активности, а током реализације пројекта иновирани су предмет Основе хемије животне средине кроз увођење нових наставних садржаја и примену нових наставних метода и средстава. Такође, постигнут је и развој дигиталних и предузетничких вештина студената кроз увођење пројектно базиране наставе као и едукација студената у области анализе резултата хемијско-биолошког мониторинга коришћењем програмског језика „R-programming” за примену у биостатистици и процени значаја повезаности хемијских и биолошких параметара. Реализована је теренска настава (Слика 1) на подручју заштићеног природног добра „Лалиначка слатина” као и јавна презентација, дискусија и одбрана резултата истраживања, а набављена је и инсталирана лабораторијска опрема за мерење физичко-хемијских параметара животне средине.



Слика 1. Реализација теренске наставе

Резултати

Евалуација квалитета и степена реализације Пројекта је извршена анкетирањем студената на крају зимског семестра 2021/22. Укупно је учествовало 22 студента. Анкета је садржала следећа питања: 1. Да ли сматрате да су вам успешно презентовани најважнији елементи писања пројектних пријава, имплементације пројекта и презентовања пројектних резултата у току реализације наставе предмета?; 2. Да ли након реализоване наставе предмета знате да дефинишете специфичне и опште

циљеве пројекта, као и да израдите план пројектног истраживања?; 3. Да ли сматрате да сте током наставе на предмету увидели значај интегрисаног хемијско-биолошког мониторинга животне средине?; 4. Да ли сте задовољни могућностима које вам нуди програм "R programming" у дефинисању корелације између већег броја хемијских и биолошких параметара животне средине?; 5. Да ли сте овладали основним елементима презентовања резултата свог пројектног истраживања на предмету, преваходно у форми научног постера и усменог излагања и одбране?; 6. Да ли сте задовољни коришћењем методе „Rubrics” која је коришћена у евалуацији израђених постера и презентације пројеката?; 7. Да ли сматрате да је организована теренска настава у циљу физичко-хемијског и биолошког испитивања вода и земљишта успешно организована и реализована?; 8. Да ли сматрате да су инструменти добијени у току реализације пројекта, којима су вршена мерења на терену, турбидиметар и мерач концентрације кисеоника, били од користи за савладавање мерења основних параметара квалитета животне средине?; 9. Којом оценом бисте оценили идеју да наставу овог предмета заједнички реализују наставници Департмана за хемију и Департмана за биологију?; 10. Колико сматрате важним теме које су вам презентоване у току реализације наставе овог предмета, а тичу се Управљања пројектима, састављања ваше биографије, дефинисање улога чланова истраживачког тима и сл.?; 1 - најнегативнији, 5 - најпозитивнији одговор. Резултати евалуације реализације су приказани у Табели 1.

Табела 1. Резултати извршене евалуације реализације наставе

Питање	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)	5 (%)
1	0	0	0	5,3	94,7
2	0	0	0	52,6	47,4
3	0	0	0	26,3	73,7
4	0	5,3	42,1	21,1	31,6
5	0	0	0	10,5	89,5
6	0	0	10,5	26,3	63,2
7	0	0	0	15,8	73,7
8	0	0	0	10,5	89,5
9	0	0	0	26,3	73,7
10	0	0	0	21,1	78,9

Закључак

Настава на предмету Основе хемије животне средине је током 2021/22. године иновирана увођењем пројектног истраживачког задатка чија се реализација огледала у дефинисању пројектног решења, плана, метода и материјала за реализацију пројектног задатка, саме реализације испитивања и презентације пројектног решења. Спроведена анкета је показала да су студенти били веома задовољни оваквим начином иновирања наставе, тиме што је на 7 од 10 питања њих више од 70% одговорило највишом оценом.

Захвалница - Захваљујемо се Министарству просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије које је финансирао овај пројекат у оквиру програмске активности „Развој високог образовања“ током 2021. године.

Efekat odabranih neuroaktivnih supstanci na signalne puteve serotonina i dopamina u ćelijama humanog neuroblastoma

Effect of selected neuroactive compounds on serotonin and dopamine signaling pathways in human neuroblastoma cells

I. Vulin¹, D. Tenji¹, I. Teodorović¹, S. Kaišarević^{1}*

(1) Laboratorija za ekofiziologiju i ekotoksikologiju – LECOTOX, Departman za biologiju i ekologiju, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 2, Novi Sad, Srbija;

**sonja.kaisarevic@dbe.uns.ac.rs*

Neuroaktivne supstance (NS) predstavljaju grupu jedinjenja koja utiču na aktivnost nervnog sistema ciljnih organizama putem različitih primarnih mehanizama dejstva (engl. *Mode of Action*, MoA). Zbog globalne upotrebe dospevaju u životnu sredinu i to naročito u akvatične ekosisteme u kojima su detektovane u koncentracijama u opsegu ng/L - µg/L. Izlaganje neciljnih organizama ovim jedinjenjima dovodi do neželjenih efekata, a to su promene u ponašanju, lokomociji, ispoljavanje stresa i anksioznosti (prikazano u [1]). U cilju rasvetljavanja molekularnih mehanizama toksičnog delovanja NS, ispitan je efekat odabranih jedinjenja različitog primarnog MoA na elemente signalnih puteva neurotransmitera serotonina i dopamina.

Kao model supstance odabrani su lekovi sertralin i klozapin, stimulans kofein i pesticidi fipronil i diazinon. Ćelije humanog neuroblastoma SH-SY5Y tretirane su model supstancama u različitim koncentracijama, uključujući i ekotoksikološki relevantne (10 ng/L, 10 µg/L i 1 mg/L ili 10 mg/L). Primenom analize genske ekspresije lančanom reakcijom polimeraze u realnom vremenu (RQ-PCR), analizirana je ekspresija gena koji kodiraju subjedinice receptora za serotonin (*HTR3A*, *HTR1E*) i dopamin (*DRD2*), kao i enzime monoamin oksidazu A (*MAOA*) i B (*MAOB*) odgovorne za katabolizam ovih neurotransmitera.

Sve model supstance stimulisale su ekspresiju *DRD2*, a naročito diazinon (od 2,2 do 3,4 puta u odnosu na kontrolu, u zavisnosti od koncentracije) i klozapin (2,3 puta pri 10 µg/L). Izuzev viših koncentracija diazinona, ispitane supstance dovele su do inhibicije ekspresije *HTR3A*. Ovaj efekat je posebno ispoljio sertralin, koji je pri koncentraciji od 10 ng/L inhibisao ekspresiju *HTR3A* čak 7,1 puta a pri 10 µg/L 5,9 puta, zatim kofein (3,2 puta pri 10 ng/L) i klozapin (5,4 puta pri 10 mg/L). Za razliku od uniformnih odgovora gena koji kodiraju subjedinice receptora, efekat na ekspresiju *MAOA* i *MAOB* varirao je u zavisnosti od supstance i koncentracije. Diazinon je u koncentraciji 10 µg/L stimulisao ekspresiju *MAOA* (2,4 puta) i *MAOB* (3,8 puta), dok je sertralin u koncentraciji 10 µg/L inhibisao ekspresiju *MAOB* (3,3 puta).

Rezultati ukazuju na osetljivost elemenata signalnih puteva serotonina i dopamina na izlaganje neuroaktivnim supstancama i potencijalne molekularne mehanizme njihovog toksičnog delovanja. Kako ovi signalni putevi kontrolišu brojne procese u organizmu (embriogeneza, lokomocija, reprodukcija, ponašanje) registrovani odgovori na nivou

ENVIROCHEM2023

ekspresije gena mogu biti uzrok promena koje su potvrđene na višim nivoima biološke organizacije. Dobijeni rezultati predstavljaju i doprinos u ispitivanju potencijalnih biomarkera efekta NS, koji za ovu grupu jedinjenja još uvek nisu u potpunosti definisani.

Literatura

1. Kaisarevic, S., Vulin, I., Tenji, D., Tomic, T., Teodorovic, I. *Environ. Sci. Eur.* 33 (2021) 115.

Zahvalnica - Istraživanje je sprovedeno uz podršku Fonda za nauku Republike Srbije, PROMIS, #6061817, BIANCO i Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije (Ev.br. 451-03-47/2023-01/200125)".

The influence of polluting aromatic substances on biochemical processes in *P. aeruginosa* san ai-multiomics approach

A. Medić^{1,*}, I. Karadžić¹

(1) Department of Chemistry, Faculty of Medicine, University of Belgrade, Višegradska 26, 11000 Belgrade, Serbia;

*ana.medic@med.bg.ac.rs

Numerous aromatic compounds are regarded as environmental pollutants that can have harmful effects on both flora and fauna. This can lead to toxic compounds entering the food chain and causing significant health issues and genetic damage to humans. Due to their toxicity, mutagenicity, and carcinogenicity, the Environmental Protection Agency classifies aromatic compounds as priority pollutants [1].

Pseudomonas aeruginosa san ai is a polyextremophilic, hydrocarbonoclastic ecological isolate with the potential to degrade various xenobiotics due to its flexible carbon metabolism and branched secondary metabolic pathways.

To investigate the carbon metabolism of *P. aeruginosa* san ai and the microorganism's response to aromatic pollutants, comparative functional proteomics, targeted metabolomics, and genomics analytical approaches were used. A functional proteomic study of selected enzymes involved in the β -ketoadipate and Entner-Doudoroff pathways indicated a metabolic reconfiguration brought about by aromatic compounds (sodium-benzoate, 2,6-di-*tert*-butylphenol, fluorene) compared to glucose (Figure 1). The metabolome analysis implied that both catechol and protocatechuic branches of the β -ketoadipate pathway existed. Enzymatic study of benzoate grown cultures confirmed the activity of the orthocatechol branch of the β -ketoadipate pathway [2-5].

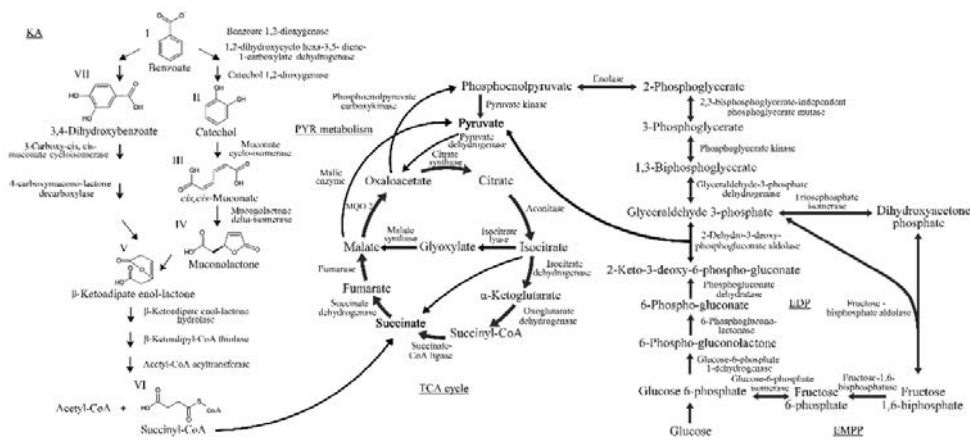


Figure 1. Degradation pathway map of catabolism of benzoate and glucose and its connection with the tricarboxylic acid cycle in *P. aeruginosa* san ai.

KA (β -ketoadipate pathway), TCA- tricarboxylic acid cycle, PYR- pyruvate, EDP- Entner-Doudoroff pathway, EMPP- Embden-Meyerhof-Parnas pathway

Additionally, a good understanding of metabolic pathways in microorganisms can lead to the development of new strategies for treating pollutants in agricultural and environmental surroundings.

Analytical omics methods enable the study of early molecular responses of the organism to sources of pollution and as such can be used to identify a specific metabolic response to a toxic substance, detect new biomarkers and predict the effects of pollutants on organisms and the environment.

References

1. Benedek, T., Szentgyörgyi, F., Szabó, I., Farkas, M., Duran, R., Kriszt, B., Táncsics, A. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 104 (2020) 6023-6043.
2. Medić, A., Stojanović, K., Izrael-Živković, L., Beškoski, V., Lončarević, B., Kazazić, S., Karadžić, I. *RSC Advances* 9 (2019) 23696-23710.
3. Medić, A., Lješević, M., Inui, H., Beškoski, V., Kojić, I., Stojanović, K., Karadžić, I. *RSC Advances* 10 (2020) 14060-14070.
4. Medić, A., Hüttmann, N., Lješević, M., Risha, Y., Berezovski, M., Minić, Z., Karadžić, I. *Microbiol. Res.* 259 (2022) 126998.
5. Medić, A., Karadžić, I. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 38 (2022)165.

Acknowledgment - This study was supported by the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia (grant no. 200110).

Portable Vis/NIR spectrometry as hotzone detector of plant poisoning

S. Lekić^{1,*}, D. Savić¹, D. Gođevac¹, V. Vidaković², D. Pljevljakušić³, B. Anđelković⁴, V. Tešević⁴, S. Milosavljević^{4,5}, Lj. Vujisić⁴

(1) University of Belgrade – Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy, National Institute of the Republic of Serbia, Njegoševa 12, Belgrade, Serbia, (2) University of Belgrade – Institute for Biological Research "Siniša Stanković", National Institute of the Republic of Serbia, Bulevar despota Stefana 142, Beograd, Serbia, (3) Institute for Medicinal Plants Reserach "Dr. Josif Pančić", Tadeuša Koščuška 1, Belgrade, Serbia, (4) University of Belgrade – Faculty of Chemistry, Studentski trg 12-16, Belgrade, Serbia, (5) Serbian Academy of Sciences and Arts, Kneza Mihaila 35, Belgrade, Serbia;

*stefan.lekic@ihtm.bg.ac.rs

Industry has created the need for a cost-effective and nondestructive quality-control analysis system. This requirement has increased interest in near-infrared (NIR) spectroscopy, leading to the development and marketing of handheld devices that enable new applications that can be implemented in situ. Portable NIR spectrometers are powerful instruments offering several advantages for nondestructive, online, in situ or even on-site analysis: small size, low cost, robustness, simplicity of analysis, sample user interface, portability, and ergonomic design [1].

Visible (VIS, 400–700 nm) and near infrared (NIR, 700–1100 nm) spectroscopy is a promising technique to measure plant leaf physiological and chemical properties rapidly and non-destructively [2].

Main idea is to design chemical stress experiment to test hypothesis could we use Portable Vis/NIR spectrometry as a detector of plant poisoning to support hotzone on-site analysis. For that purpose, ribwort plantain (*Plantago lanceolata*) was selected as a widespread cosmopolitan weed and meadow plant that can thrive on all types of soils with a wide range of water requirements. High concentration commercial malathion (MT) solution used as chemical treats. MT is chosen as an organophosphate insecticide and analog of more poisonous VX siblings.

Chemical stress experiment is conducted as single plant treatment. Exfoliated vermiculite was used as soilless substrate. Modified Hoagland 0.2% solution used for irrigation. Portable spectrometer CID Spectra Vue Leaf Spectrometer 710S was use for all leaf spectral measurements (Absorbance, Transparence and Reflectance spectra 330-1100nm). Analyzing numerous absorbance spectra of healthy leaf, it is confirmed that healthy leaves had similar spectra and it could be used as control spectra. Individual plant was treated with concentrated commercial malathion suspension (60% malathion) dissolving 1 g in 100 mL water. Spectral measurements were set to one spectral series (Absorbance, Transmittance and Reflectance) every three hours for next six days.

It is visible in absorbance spectra that peak at ~670 nm decreased over time with concentrate malathion commercial solution. To overcome slow data analysis in exported excel files authors create standalone application for data visualization and analysis, address is https://www.shanshoshiny.com/spectra_cia_int. Furthermore, sample data obtained

during CIA p-LABs project could be used as training data set and it is available from <https://github.com/Shansh/CIA-p-LABs>.

Chemometrics software SIMCA was used for further data profiling. PCA model with first 3 principal component was created, follow by OPLS model formation (Figure 2.) Pareto scaling was used (X – Spectral range; Y – time after MT C3 exposure), Model parameters $R^2Y = 0.956$ $Q^2 = 0.953$ OPLS model was successively validated using Permutation test and CV ANOVA. Critical lambda values observed for chemical (MT) stress test were: 540 nm, 655 nm, 675 nm, 734 nm, and 976 nm. The chemometrics data show significant spectral changes in range of 72-74 hours from initial MT treatment.

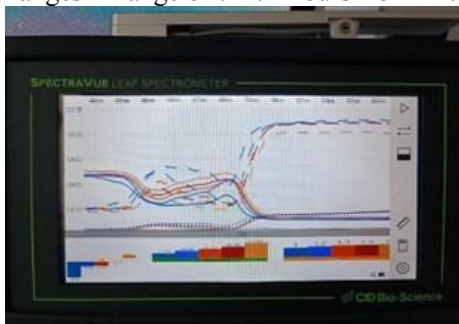


Figure 1. CID Spectra Vue Leaf Spectrometer 710S showing representative Absorbance, transmittance and reflectance spectra (330-1100 nm) recorded simultaneously.

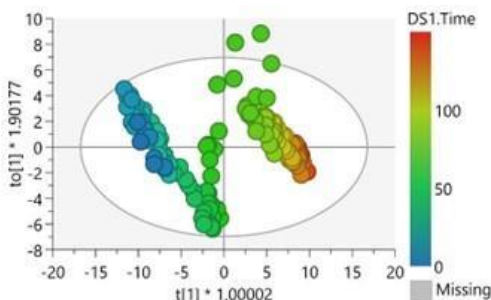


Figure 2. OPLS score plot of the preprocessed data showing time dependence, Pareto scaling was used (X – Spectralrange; Y – time after MT C3 exposure), Model parameters: $R^2Y = 0.956$ $Q^2 = 0.953$.

We demonstrate that portable Vis/NIR spectrometry in combination with multivariate analysis could be used for detection of plant poisoning with potential usages as tool for hotzone analysis.

References

1. Ge, Y., Atefi, A., Zhang, H., Miao, C., Ramamurthy, R. K., Sigmon, B., Yang, J., Schnable, J. C. *Plant Methods* 15 (66) (2019) 1-12.
2. Teixeira dos Santos A. C., Lopo, M., Páscoa, N. M. J. R., Lopes, A. J. *Appl. Spectrosc.* 67, 1215-1233 (2013) 1215-1233.

Acknowledgements - Authors appreciate financial support from Plant Biomarker Challenge grant from Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons and (CIA p-LABs project H-151), Ministry of Science, Technological Development and Innovation of Republic of Serbia Contract numbers: 451-03-47/2023-01/200168, 451-03-47/2023-01/200026, 451-03-47/2023-01/200007 and Serbian Academy of Sciences and Arts grant F-188.

Food waste as a nutrient source for the production of biopigment in *Streptomyces* sp. BV365

M. Stevanovic^{1§}, V. Jankovic^{1§}, V. Filipovic¹, T. Ilic-Tomic¹, S. Vojnović^{1,*}

(1) Institute of Molecular Genetics and Genetic Engineering, Vojvode Stepe 444a, Belgrade, Serbia; *sandravojnovic@imgge.bg.ac.rs

[§]These authors contributed equally to this work

The genus *Streptomyces* has been studied for the vast secondary metabolite production, biological activity of crude extracts, as well as colouring properties on textile materials [1, 2]. *Streptomyces* sp. BV365 is a potent producer of yellow pigments, used to efficiently colour different natural textiles [3]. Utilization of food waste for bacterial growth and production of pigments and antifungals [4] could contribute to conversion of waste to valuable molecules, providing more economically acceptable and more eco-friendly generated biotherapeutics, enzymes and pigments.

The aim of this study was to examine the potential of several food waste sources as components of growth media for yellow pigment production in *Streptomyces* sp. BV365. Also, different growth parameters for pigment production, biological activity, and dyeing properties of crude extracts on various materials were assessed.

Growth and production of biopigment in BV365 were tested in mannitol-soy flour medium and several variations, where either one or both components of the medium were substituted with food waste, including waste generated from cereals and seeds processing, potato peel and washing, reduced sugars from lignocellulose etc. Whole cultures were extracted with ethyl acetate, dried, and crude extracts were analysed using TLC and HPLC. Additionally, biological activity of crude extracts was tested. The possibility of crude extracts to colour different materials was also examined.

Preliminary results show that analysed waste streams can support the production of biopigment in *Streptomyces* sp. BV365. This could serve as a promising low-cost and greener pathway for the production of metabolites, potentially used as therapeutics or alternative to conventional chemical dyes.

References

1. Kramar, A., Ilic-Tomic, T., Petkovic, M., *World J. Microbiol. Biotechnol.* 30 (2014) 2231-2240.
2. Jankovic, V., Markovic, D., Nikodinovic-Runic, J., *World J. Microbiol. Biotechnol.* 39 (2023)
3. Ilic-Tomic, T., Kramar, A., Kostic, M., High yield production of the yellow pigment actinomycin D by novel *Streptomyces* BV365 for sustainable textile coloration, *Unpublished*.
4. Schalchli, H., Hormazabal, E., Astudillo, A., *PLoS ONE* 16 (2021) e0252113.

ENVIROCHEM2023

Acknowledgment – This work was supported by Science Fund of the Republic of Serbia’s Program IDEAS (7730810) and by the Ministry of Education, Science and Technological development of the Republic of Serbia (451-03-68/2022-14/200042).

Proces respiracije mikroorganizama u MFC sistemu tokom generisanja energije iz rečnog sedimenta

Respiration of microorganisms in the MFC system during the generation of energy from river sediment

B. Lončarević^{1,}, K. Joksimović¹, L. Popović², J. Avdalović¹, D. Randelović¹, V. P. Beškoski²*

(1) Univerzitet u Beogradu, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Institut od nacionalno značaja za Republiku Srbiju, Njegoševa 12, 11000 Beograd, Srbija, (2) Univerzitet u Beogradu, Hemijski fakultet, Studentski trg 12-16, 11000 Beograd, Srbija;

**branka.loncarevic@ihm.bg.ac.rs*

Uvod

Globalna kriza izazvana nedostatkom energenata, sve više traži rešenja u obnovljivim izvorima energije. Nedostatak fosilnih goriva, električne energije okreće industriju ka alternativnim rešenjima. Upotreba Sunčeve energije, energije dobijene radom vetra i vode su samo neki od načina koji mogu da doprinesu neophodnim promenama. Među njima se sve više javljaju i mikrobne gorivne ćelije (Microbial Fuel Cells-MFC). Sam koncept rada MFC obezbeđuje veću efikasnost sistema i električnu energiju bez emisije štetnih gasova, što ima povoljan uticaj na životnu sredinu [1]. Princip rada MFC podrazumeva upotrebu dve elektrode, organsku supstancu i mikroorganizme. Izvor organske komponente može biti različit, a sve više se pristupa upotrebi otpadnih organskih sirovina, kako bi se na taj način rešio i problem zagađenja i generisala električna energija. Stvaranje energije nastaje ekstrakcijom i transferom elektrona sa anodne na katodnu elektrodu, koji se oslobađaju prilikom redukcije dostupne organske supstance uz pomoć mikroorganizama [1,2].

Aktivnost mikroorganizama je direktno povezana sa njihovim disanjem. U prisustvu velikih količina biodostupne organske supstance, brzina disanja mikroorganizama je veća. Praćenje disanja je postalo bitan parametar u raznim procesima biodegradacije otpadne supstance. Stoga, cilj ovog rada obuhvata praćenje ćelijskog disanja pomoću Micro-Oxymax respirometra, kako bi se dobio bolji uvid u prisustvo dostupne organske supstance u upotrebljenom rečnom sedimentu za generisanje električne energije pomoću MFC [3].

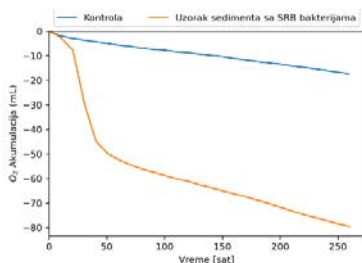
Materijal i metode

Za potrebe eksperimenta korišćen je sediment prikupljen sa ušća reke Save u Dunav, od koga je 300 g iskorišćeno za formiranje MFC sistema, a drugi deo, 10 g je upotrebljeno za praćenje ćelijskog disanja na respirometru. MFC sistem je formiran u jednoj komori, gde se između anodne i katodne elektrode našao rečni sediment. Merenja napona otvorenog kola su detektovana na PeakTech 2025 multimetru (PeakTech, Nemačka). Produkti respiracije, praćeni su sa 12-kanalnim Micro-Oxymax respirometrom (Columbus Instruments, USA) sa O₂ paramagnetnim senzorom i CO₂ infracrvenim senzorom. Očitavanja rezultata su prikupljana na 12 h.

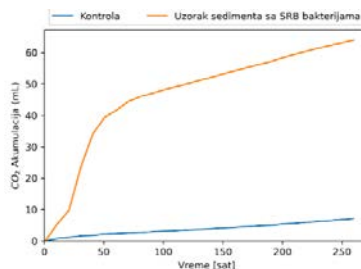
Rezultati i diskusija

Tokom deset dana, koliko su mereni naponi na poznatim vrednostima otpornika, preko Omovog zakona ($I=U/R$) izračunata je količina generisane struje MFC sistema. Tokom svih merenja, najveća vrednost generisanog napona je zabeležena 8 dana i iznosi 341,1 mV, dok je vrednost struje iznosila oko 35 mA/m². Paralelno sa merenjima napona MFC, praćena je potrošnja kiseonika i proizvodnja ugljen-dioksida sedimenta na respirometru. Sa grafika prikazanih na slici 1. i 2. vidi se da potrošnja kiseonika, odnosno produkcija ugljen-dioksida u poređenju sa kontrolom (sterilnim sedimentom) raste po danima, što odgovara aktivnosti MFC ćelije.

Slika 2. Potrošnja kiseonika



Slika 3. Produkcija ugljen-dioksida



Zaključak

Akumulacija ugljen-dioksida raste sa vremenom, što znači da su mikroorganizmi uspešno koristili organsku supstancu prisutnu u sedimentu. Treba naglasiti da se u nivou anode odvijaju procesi anaerobne respiracije tokom kojih se deo elektrona prebacije na elektrodu a vodonik oslobađa i putuje do katode. Kao posledica tih procesa došlo je do proizvodnje električne energije, pri čemu se kiseonik na katodi redukovao do vode i ujedno trošio, što je i pokazano na krivama potrošnje kiseonika i produkcije ugljen-dioksida.

Literatura

1. Yaqoob, A.A., Ibrahim, M.NM., Barajas, C.G. *Enviro. Technol. Inno.* 23 (2021) 101579.
2. Hincapie, J.D.L., Benitez, A.R.P., Cercado, B., Rodriguez, F., Garcia, A.R. *J. Water. Process. Eng.* 38 (2020) 101671.
3. Gomez, R.B., Lima, F.V., Ferrer, A.S. *Waste Manage. Res.* 24 (2006) 37-47.

Zahvalnica - Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (broj: 451-03-68/2022-14/200026 i 451-03-68/2022-14/200168).

Food waste utilization in the production of pyocyanin, a valuable bacterial biopigment

L. Pantelic^{1,*}, J. Lazic¹, D. Milivojevic¹, J. Nikodinovic-Runic

(1) Institute of Molecular Genetics and Genetic Engineering, University of Belgrade, Vojvode Stepe 444a, Belgrade, Serbia;

*lenapantelic@imgge.bg.ac.rs

Industrialization, as well as improper waste management, has led to the accumulation of a large amount of kitchen and food waste, making it omnipresent in every corner of the world [1]. This waste stream is considered to be a significant portion of the total biodegradable waste and a major contributor to greenhouse gases induced pollution [2]. According to the Food and Agriculture Organization official data, an astonishing 1.3 billion tons of food is wasted annually, emphasizing the need to establish multiple biorefining strategies in order to minimize waste pollution, whilst producing different valuable products in a sustainable process [3].

Pyocyanin (PYO, Figure 1A) is classified as a phenazine derivative and is produced extracellularly by various species of *Pseudomonas aeruginosa* [3]. This biopigment has valuable properties, including antibacterial, antifungal, and anticancer activities that could impart health benefits and offer their potential use in the field of medicine and pharmacy, as well as bio-controlling agents [4]. On the other hand, this is a redox active compound and can thus be used as an electron shuttle in microbial fuel cells [5]. PYO has also been reported as a colorimetric redox indicator and luminescence pH sensor [6]. However, the application of this remarkable compound is still limited due to its high commercial value (up to 27.800€ for one gram of PYO), which is arguably a consequence of the complex production steps and purification procedures. Therefore, we have identified PYO as a compound in need of an improved sustainable biorefining process.

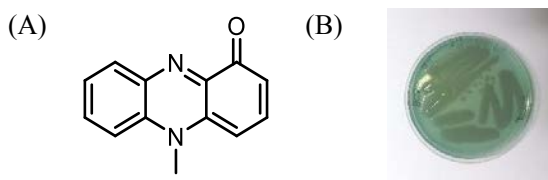


Figure 1. (A) The structure of pyocyanin; (B) Plated *P. aeruginosa* BK25H.

In this work, we aimed to establish a fermentative process which utilizes mixed canteen waste as a nutrient source to obtain biopigment PYO. Based on the growth and pyocyanin production on standard microbiological LB agar, *P. aeruginosa* BK25H strain (Figure 1B) was selected from our in-house collection of wild type *Pseudomonas* isolates.

The optimization of the cultivation medium was done by partially or fully replacing the commercial components of the LB medium with mixed canteen waste that contained a variety of cooked foods [7]. This approach afforded 50.3 mg/l PYO, which is a promising result and a steppingstone for further optimization of factors that influence the bioprocess of fermentative PYO production using food waste.

References

1. Sindhu, R., Gnansounou, E., Rabello S. *J. Environ. Manage.* 241 (2019) 619-630.
2. Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., The methodology of the FAO study: “Global Food Losses and Food Waste - extent, causes and prevention” FAO Rome 2011.
3. Gonçalves, T., Vasconcelo, U., *Molecules* 26 (2021) 927-944.
4. Marrez, D.A., Mohamad, H.S. *J. Biomed. Sci.* 2 (2020) 140-144.
5. Arulmani, S.R.B., Gnanamuth, H.L., Kandasamy, G., *Process Biochem.* 107 (2021) 27-37.
6. Ozdal, M., *3 Biotech.* 9 (2019) 374-381.
7. Pantelic, L, SkaroBogojevic, S., Vojnovic, S., Lazic, J., Ilic-Tomic, T., Milivojevic, D., Nikodinovic-Runic, J. *J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* under review

Acknowledgment - This research was funded by the financial support from the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia, Project No. 451-03-68/2022-14/200042 and the Science Fund of the Republic of Serbia, IDEAS, 7730810, BioECOLogics.

Zavisnost efikasnosti razgradnje karbamatnog pesticida metomila od početne pH vrednosti rastvora pri direktnoj elektrohemijskoj oksidaciji

Dependence of the degradation efficiency of the carbamate pesticide methomyl on the initial pH value during direct electrochemical oxidation

A. V. Tomašević^{1,*}, D. Ž. Mijin², B. N. Grgur², S. Lj. Stupar³, P. N. Stojisavljević⁴, N. D. Ivanković⁴

(1) Institut za pesticide i zaštitu životne sredine, Banatska 31b, 11080 Beograd-Zemun, Srbija, (2) Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Karnegijeva 4, 11120 Beograd, Srbija, (3) Vojnotehnički institut, Ministarstvo odbrane, Ratka Resanovića 1, 11030 Beograd, Srbija, (4) Vojna akademija, Univerzitet odbrane, Veljka Lukića Kurjaka 33, 11042 Beograd; Srbija;

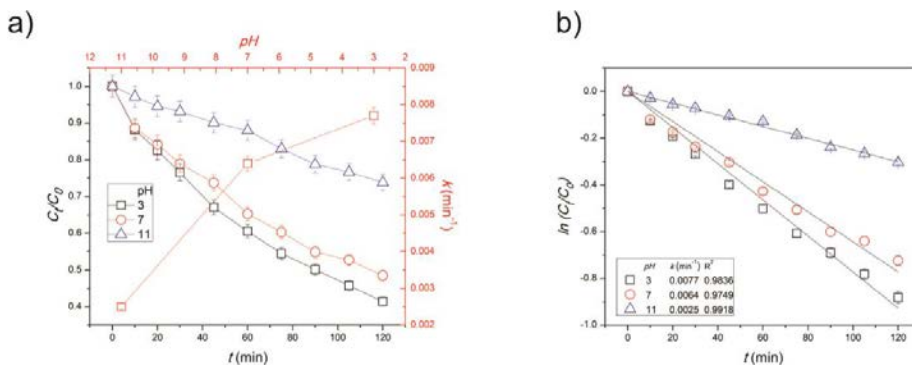
*andjelka.tomasevic@pesting.org.rs.

Porast populacije na planeti izaziva povećanje potrebe za pijaćom vodom i hranom. Stoga su zaštita vodnih resursa i poljoprivrednih dobara postale prioritet u savremenom društvu. Savremeni trendovi teže efikasnoj zaštiti bilja i povećanju prinosa uz što manju štetu po život ljudi i ekosistema. Zbog širokog spektra štetnih efekata pesticida, uključujući toksične, mutagene i kancerogene efekte, pokrenut je niz istraživanja u cilju pronalaska efikasnih metoda za uklanjanje pesticida iz vode i zemljišta [1]. Takođe, unos vode kontaminirane pesticidima i njihovim reziduama može povećati oksidativni stres i izazvati oštećenje ćelija i stvaranje toksičnih metabolita [2]. Upotreba velikih količina pesticida za zaštitu poljoprivrednih proizvoda može kontaminirati podzemne voda koje mogu negativno uticati na kvalitet vode koji se ogleda kroz povećanje ukupnog organskog ugljenika i hemijske potrebe za kiseonikom [3]. Pesticidi mogu inhibirati biološke procese u konvencionalnim postrojenjima za tretman otpadnih voda. U cilju otklanjanja nedostataka konvencionalnih metoda, elektrohemijska oksidacija predstavlja obećavajući postupak za uklanjanje organskih zagađujućih materija otpornih na biološki tretman. Ključni razlozi za razmatranje ove metode jesu visoka efikasnost u otklanjanju bionerazgradivih jedinjenja, neškodljivost po životnu sredinu i velika energetska efikasnost [4]. Ova metoda predstavlja transformaciju organskih zagađujućih materija u biorazgradivi proizvod ili potpunu razgradnju do CO₂ [4]. Direktna elektrohemijska oksidacija (DEO) predstavlja direktnu razmenu elektrona između organskog jedinjenja i aktivne površine anode, što dovodi do oksidacije organskih zagađujućih materija prisutnih u vodi.

Primarni cilj istraživanja prikazanih u ovom radu jeste određivanje zavisnosti kinetičkih parametara i efikasnosti DEO od početnog pH rastvora, korišćenjem aktivne IrO_x anode. Promena koncentracije metomila tokom vremena praćena je pomoću ultraljubičaste vidljive (UV-Vis) spektroskopije. Ispitivanje je vršeno na sobnoj temperaturi (~21 °C) u reaktoru zapremine 200 cm³. Početni uslovi tokom ispitivanja bili su: $C_{Na_2SO_4} = 0,25 \text{ moldm}^{-3}$, $C_{metomil} = 50 \text{ } \mu\text{moldm}^{-3}$, $I = 500 \text{ mA}$. Pločica površine 10 cm² izrađena od austenitnog čelika tipa 18Cr/8Ni serije 304 korišćena je kao katoda. Elektrode od IrO_x i nerđajućeg čelika su uronjene u elektrolit sa razmakom od 3 mm. Ispitivanje efikasnosti razgradnje vršeno je u neutralnom rastvoru pesticida (pH 7), u kiseloj (pH 3) i baznoj (pH 11) sredini. Podešavanje pH vrednosti izvršeno je dodavanjem 0,1 moldm⁻³ H₂SO₄ za pH 3 i rastvorom NaOH iste koncentracije za pH 11. Efikasnost procesa se može izračunati pomoću sledeće jednačine:

$$Efikasnost\ procesa = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \cdot 100$$

U navedenoj jednačini C_0 je početna koncentracija pesticida metomila, a C_t predstavlja koncentraciju pesticida u vremenu t .



Slika 1. (a) Promena relativne koncentracije pesticide tokom DEO za sisteme sa različitim pH vrednostima i zavisnost brzine reakcije od početne pH vrednosti; (b) Kinetika razgradnje pesticide direktnom elektrohemijском oksidacijom.

Prema rezultatima prikazanim na slici 1, razgradnja metomila direktnom elektrohemijском oksidacijom korišćenjem IrO_x anode efikasnija je u kiseloj sredini. Pri pH 3, nakon 120 minuta, koncentracija metomila je smanjena za 70 %, a brzina reakcije iznosila je $k = 0,0077 \text{ min}^{-1}$. Pri višim pH vrednostima efikasnost DEO opada. U neutralnoj sredini (pH 7) efikasnost je iznosila 52 % ($k = 0,0064 \text{ min}^{-1}$), dok je u baznoj sredini (pH 11) efikasnost iznosila 26 % ($k = 0,0025 \text{ min}^{-1}$). Isti trend uočen je i prilikom ispitivanja efikasnosti uklanjanja antrahinonske boje Acid Blue 111 direktnom elektrohemijском oksidacijom [5].

Literatura

1. Taghizadeh, S. F., Rezaee, R., Azizi, M., Hayes, A. W., Giesy, J.P., Karimi, G., *J. Food Compos. Anal.* 98 (2021) 103815.
2. Yang, C., Lim, W., Song, G. *Comp. Biochem. Physiol. Part C Toxicol. Pharmacol.* 234 (2020) 108758.
3. Zeyad, M. T., Kumar, M., Malik, A. *Biotechnol. Reports.* 24 (2019) e00389.
4. Samet, Y., Elaoud, S.C., Ammar, S., Abdelhedi, R. *J. Hazard. Mater. B* 138 (2006) 614-619.
5. Stupar, S. L., Grgur, B. N., Onjia, A. E., Mijin, D. *Int. J. Electrochem. Sci.* 12 (2017) 8564.

Zahvalnica - Autori ovog rada se zahvaljuju Ministarstvu nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije na finansijskoj pomoći (ugovori broj 451-03-47/2023-01/200214, 451-03-47/2023-01/200135 i 451-03-47/2023-01/200325).

Influence of the solution pH value on the adsorption of carbamate pesticide methomyl onto synthesized Cobalt-Beta Zeolite

A. V. Tomašević^{1,}, D. Ž. Mijim², S.Lj. Stupar³, P. N. Stojisavljević⁴, N. D. Ivanković⁴, D. Dinić⁴*

(1) Institute of Pesticides and Environmental Protection, Banatska 31b, P.O. Box 163, 11080 Belgrade-Zemun, Serbia, (2) Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Karnegijeva 4, 11120 Belgrade, Serbia, (3) Military Technical Institute, Ministry of Defence, RatkaResanovića 1, 11030 Belgrade, Serbia, (4) University of Defence, Military Academy, Generala Pavla Jurišića Šturma 33, 11000 Belgrade, Serbia;

**andjelka.tomasevic@peping.org.rs.*

Environmental pollution is a reality of modern human society, so in many countries around the world, constant efforts are being made to reduce the negative impact of this phenomenon on the health and quality of life of the human population, as well as the environment [1]. It has been proven that exposure of the organism to pesticides and their decomposition products can have carcinogenic and mutagenic effects, and the toxicity of pesticides certainly causes cell damage and the creation of metabolites harmful to the organism [2].

According to the broad spectra of the possibility of environmental and human contamination by pesticides from water and soil worldwide, extensive research and development of safe technologies for its effective removal was initiated. Adsorption is one of the most commonly used and most suitable considered methods as a simple, efficient, and highly effective method for pesticide removal from aqueous solutions [3]. The application of modern technologies in the production of materials in the field of water purification has enabled the development of various modified and functionalized high-capacity adsorbents, which should be thermostable, highly porous, with a good balance between micropores and macropores, and with the possibility of multiple applications, minimal environmental impact and financially viable in terms of exploitation [4]. Zeolites are crystalline microporous aluminosilicate minerals that are framework silicates built by SiO₄ and AlO₄ tetrahedrons. Beta zeolite can be defined as a zeolite with high silicon content and a three-dimensional structure built by perpendicular 12-ring channel systems characteristic of the three polymorphs [5]. Modifying zeolite structure is essential to improve the characteristics of zeolite in some industrial processes. Modification of zeolite by metal is possible using isomorphic substitution and metal impregnation [6]. In this study, the influence of solution pH value on methomyl adsorption onto Co-Beta zeolite synthesized by the wet ion-exchange method and sintered at 500 °C was investigated.

The carbamate pesticide methomyl was obtained from DuPont (USA). The zeolite material used for modification was H-Beta zeolite (CP811E-150, Si/Al=68) purchased from Zeolyst International (USA). CoCl₂ × 6 H₂O and HCl were obtained by Centrohem (Serbia). The adjustment of an aqueous solution pH value was done by the addition of sulfuric acid and ammonium hydroxide (30% w/w) (Fisher Scientific (USA)). The Arium® Pro Ultrapure Water System (Sartorius, Germany) provided deionized water (18 MΩ). Mettler Toledo pH Meter Seven Compact S220 (Switzerland) was used for the pH measurements. A UV/Vis Shimadzu 3600 spectrophotometer (Japan) was used for investigation of kinetics of removal. All adsorption experiments were carried out in a thermostatic water bath using glass reactor with the volume of 100 mL at 25 °C.

The influence of pH value on the system is manifested through surface tension, surface properties, degree of ionization of groups present on the surface of the adsorbent, and the speciation of ions in an aqueous solution at a specific pH value. The effect of pH on methomyl removal is presented in Figure 1. As mentioned above, methomyl retention depends on the nature of the pesticide and adsorbent. The examined pesticide efficiently hydrolyzes in basic solution ($\text{pH} > 8$), which negatively affects adsorption. The adsorption onto the zeolite surface of unhydrolyzed methomyl molecules is quicker due to its higher hydrophobicity than the hydrolyzed molecule. Also, in an acidic and basic aqueous environment, this pesticide efficiently hydrolyzes to more toxic metabolites, which is another reason why sorption experiments are performed at pH 7 [7]. The pesticide molecule could be more positively charged at a neutral state, with a cationic character, which can also explain this more significant adsorption. In an acidic solution, H_3O^+ ions attract surface oxygenated adsorbent groups, which could lead to the formation of a bond between H_3O^+ and adsorbent [8].

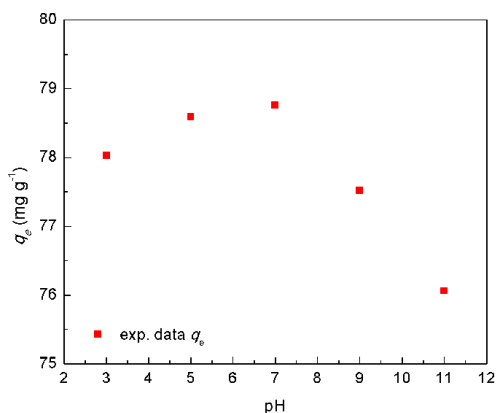


Figure 1. Influence of the initial solution pH value on methomyl removal: ($C_{\text{methomyl}} = 81.105 \text{ mg L}^{-1}$, $m/V = 1000 \text{ mg L}^{-1}$, $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$).

References

1. Stupar S. Lj., Vuksanović M. M., Totovski L. M., Jančić Heinemann R. M., Mijin D. Ž. *Sci. Sinter.* 53 (2021) 91.
2. Tarique M., Kumar M., Malik A. *Biotechnol. Rep.* 24 (2019) e00389.
3. Hokkanen S., Repo E., Sillanpää M. *Chem. Eng. J.* 223(2013) 40.
4. Gao L., Yin H., Mao X., Zhu H., Xiao W., Wang D. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22(2015) 14201.
5. Lu T., Yan W., Xu R. *Inorg. Chem. Front.* 6 (2019) 1938.
6. Tielens F., Dzwigaj S. *Chem. Phys. Lett.* 501 (2010) 59.
7. Yang G.P., Zhao Y.H., Lu X.L., Gao X.C. *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.* 264 (2005) 179.
8. Cox L., Hermosín M.C., Cornejo J. *Chemosphere* 27 (1993) 837.

Acknowledgment - The authors are grateful to the Ministry of Science, Technological Development and Innovation of the Republic of Serbia for financial support (451-03-47/2023-01/200135, 451-03-47/2023-01/200214 and 451-03-47/2023-01/200325).

Stabilization/solidification process of alkali lead waste slag: influence of pre-treatment and addition of selected additives

J. Djokić^{1,}, M. Štulović², M. Korać³, Z. Anđić¹, Ž. Kamberović³*

(1) Innovative Centre of the Faculty of Chemistry Ltd., Studentski trg 12-16, Belgrade, Serbia; (2) Innovation Center of the Faculty of Technology and Metallurgy Ltd., University of Belgrade, Karnegijeva 4, Belgrade, Serbia, (3) Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Karnegijeva 4, Belgrade, Serbia;

**djokic@chem.bg.ac.rs*

More than 90 % of lead produced in Europe comes from secondary lead flows, of which 85 % is attributed to waste lead-acid batteries (LAB). The main technological approach for LAB processing implies pyrometallurgy by which 100–400 kg of waste slag (WS) is generated per 1 ton of produced metallic lead. Due to recycling process parameters, generated WS has great potential for releasing toxic elements contributing to environmental pollution [1]. Namely, the most common flux in the recycling process is sodium-based (Na_2CO_3) when alkali lead waste slag (ALWS) is generated, characterized as hazardous due to its physical-chemical characteristics: high leachability, hygroscopic and pulverized nature and, ultimately, instability [2,3]. Therefore, ALWS treatment prior to disposal should be considered an integral part of waste LAB treatment systems. Immobilization of toxic elements contained in slag is crucial and can be achieved by stabilization/solidification processes (S/S) as one of the most widely used technologies in the treatment of heavy metal-containing wastes for final disposal or utilization.

In this research, ALWS generated in the waste LAB recycling is used to determine the S/S process efficiency as a function of the added binder amount (cement, in the range of 5 – 10 %), pre-treatment (the removal of water-soluble compounds), and activator addition (MgO). The liquid to solid (L/S) ratio was 1/4 in all S/S experiments. The basic parameters for the effectiveness assessments were compressive strength (UCS) and pollutants leaching (Method 1311 Toxicity characteristic leaching procedure, TCLP).

ALWS containing 3.5 Pb, 15.5 Na, 14.0 S, and 24.7 Fe was mixed with cement and water. The results of UCS showed that all produced solidificates exceeded the required value of 0.35 MPa [4], yet the mixture containing 7.5 % of the cement has the best mechanical properties (2.1 MPa). This sample was further analyzed and the TCLP results showed that the Pb concentration exceeds the limit values for stabilized slag (10.4 and 5 ppm, respectively). In the next set, ALWS was pre-treated by continuous rinsing (30 °C, 60 min, L/S 4). Obtained results of UCS (0.4 MPa) and TCLP (53.4 ppm) were unfavorable. The last set, besides the binder, included activator addition (MgO, 7.5 %) altogether with a high content of untreated ALWS (85 %). Analysis of the produced solidificates showed favorable and acceptable results (UCS - 3.3 MPa, TCLP – Pb 4.5 ppm). A comparative analysis of UCS and TCLP for all produced ALWS solidificates is presented in Figure 1.

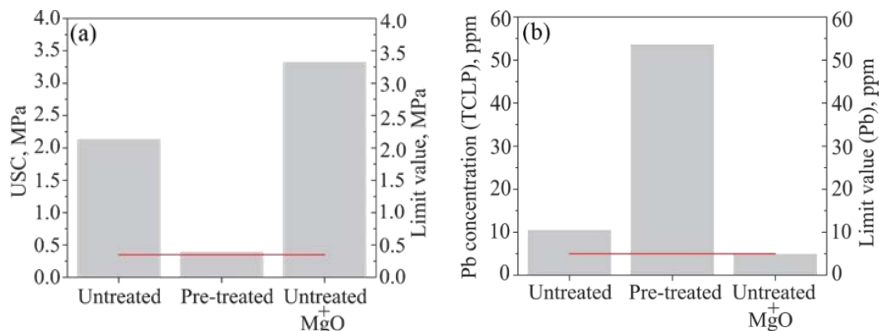


Fig. 1. Compressive strength (a) and lead concentration (b) of the solidificates

Generally, in an alkaline slag-leaching solution lead precipitates as a complex mixture (PbO , $\text{Pb}(\text{OH})_2$, $\text{PbO} \times \text{Pb}(\text{OH})_2$). Lead oxides are amphoteric and dissolve in an alkaline aqueous solution, leading to poor solidification. Also, lead present in surface coatings around cement grains prevents cement hydration. Simultaneously, the migration of lead to the surrounding water is promoted. The negative effect of the pre-treatment is a consequence of the sulfate ions absence, as well as the absence of the ettringite ($\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \times 26\text{H}_2\text{O}$) and sulfate- AFm phases [5], which negatively affect the strength of the product. The addition of MgO benefits the S/S process through hydrotalcite-like phase formation ($[\text{M}_{1-x}^{2+}\text{M}_x^{3+}(\text{OH})_2][\text{A}_{x/n}^{n-} \times m\text{H}_2\text{O}]$, $\text{M}^{2+} = \text{Mg, Zn, Ni, Fe}$; $\text{M}^{3+} = \text{Al, Cr, Fe}$; $\text{A} = \text{CO}_3^{2-}, \text{NO}_3^-, \text{Cl}^-$), a compound capable of metal adsorption, hence immobilization [6].

The conclusion is that, contrary to the pre-treatment process, the addition of MgO has an overall positive effect on the S/S process of ALSW, ensuring both mechanical and chemical stability. This ALWS solidificate, obtained through the S/S process by using MgO as an activator, is safe for disposal, according to environmental regulations.

References

1. Pana D., Lia L., Tiana X., Wua Y., Chengb N., Yuc H. *Resour. Conserv. Recycl.* 146 (2019) 140-155.
2. Štulović M., Mihajlović A., Anđić Z., Korać M., Kamberović Ž. *Metall. Mater. Eng.* 20(2014) 171-181.
3. European Waste Catalogue (EWC), Commission Decision 2000/532/EC.
4. De Angelis G., Medici F. *J. Solid Waste Technol. Manage* 38 (2012) 117-123.
5. Zhu X., Li L., Sun X., Yang D., Gao L., Liu J., Kumar R.V., Yang J. *Hydrometallurgy* 117-118 (2012) 24.
6. Štulović M., Ivšić-Bajčeta D., Ristić M., Kamberović Ž., Korać M., Anđić Z. *Environ. Prot. Eng.* 39 (2013) 149-163.

Acknowledgments - Ministry of Science, Technological Development and Innovation of Republic of Serbia, Contract No: 451-03-47/2023-01/200288, 451-03-47/2023-01/200287, 451- 03-4.

Jarosite sludge - utilization and valuable metals recovery applying roasting-leaching process

J. Djokić^{1,*}, N. Gajić², M. Ranitović², D. Anđić³, Ž. Kamberović³

(1) Innovative Centre of the Faculty of Chemistry Ltd., Studentski trg 12-16, Belgrade, Serbia, (2) Innovation Centre of the Faculty of Technology and Metallurgy Ltd., University of Belgrade, Karnegijeva 4, Belgrade, Serbia, (3) Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Karnegijeva 4, Belgrade, Serbia;

*djokic@chem.bg.ac.rs

During the conventional roast-leach-electrolysis (RLE) zinc production process, precipitation of the jarosite-type compounds is widely used to remove iron and other metal impurities from the solution. Above mentioned compounds, with the general formula $MFe_3(SO_4)_2(OH)_6$, ($M^+=NH_4, Na, K, Ag, etc.$), in addition to iron, contain a high concentration of Pb, Cd, Cr, As, Zn, In, Ga, Ge as metal oxides and/or sulfates [1]. Consequently, jarosite is considered hazardous yet valuable waste [2]. In addition, every year around 6-7 million tonnes of jarosite waste is generated globally [3]. Due to large waste volumes and its chemical characteristics, jarosite requires a lot of storage space and monitoring. Unfortunately, this type of waste is often landfilled causing serious environmental problems and irreversible metal and value losses. Hence, an urgent solution for both managing and utilization/recycling is required, to face needs regarding ecological demands and circular economy goals.

In this paper, jarosite sludge, as a specific type of hazardous industrial waste, is used to investigate transformation to the targeted compounds through the comprehensive thermodynamic analysis and experimental roasting process tests. The roasting was conducted to transform iron into insoluble hematite (Fe_2O_3), valuable metals (Zn, Cu, and In) into water-soluble sulfates, and to keep Pb in the form of water-insoluble anglesite ($PbSO_4$). The solid residue obtained after roasting was used in leaching tests to further evaluate the efficiency of the targeted phase transformations.

Theoretical considerations of chemical reactions and phase thermodynamics were performed using the HSC Chemistry v.9.2.3 software [4] to define potential chemical reactions, examine the feasibility of the target transformations, and set the limiting reaction parameters. Further, in the first part of the experimental work, the influence of the roasting process and reaction parameters on the transformation of jarosite sludge phases into target compounds was investigated. This included variations in the reaction time, temperature, and furnace atmosphere influence. The leaching conditions were kept constant (temperature of 25 °C, during 60 min, and solid to liquid ratio of 1/5) to determine the efficiency of phase transformations in the samples obtained by roasting. Changes in the chemical and mineralogical composition and microstructure were analyzed using different analytical methods, including XRD and SEM analysis.

According to the obtained results of the roasting process, it was determined that the phase transformation of jarosite sludge compounds into targeted insoluble hematite and water-soluble sulfates occurs at 730 °C, the time required is 60 min in the air (oxidizing)

atmosphere of 1-2 [dm³/h]/kg of the input material, which is in accordance with the results of the theoretical indications. Also, it is experimentally confirmed that the introduction of sulfate into the roasting atmosphere leads to the incomplete transformation of jarosite and the formation of the unwanted Fe₂(SO₄)₃. Leaching results of the sample obtained by the abovementioned optimal roasting conditions show that only 4.5 % of Fe is leached while the rest remains as solid targeted hematite. Also, more than 75 % of In and more than 90 % of other targeted metals (Cu and Zn) are leached, indicating the high efficiency of the roasting process. Phase transformation was confirmed by SEM analysis, showing that hexagonal crystals of jarosite, dominating in the starting material, were completely replaced with the globular microstructure of Fe₂O₃, in the roasted samples. SEM analysis of the leaching residue also confirmed the absence of the water-soluble sulfates and the presence of the anglesite as water-insoluble sulfate. The phase composition of the samples is confirmed by XRD analysis.

This research shows that the proposed process enables the recycling of jarosite through metal transformation and further utilization. The obtained products can be used in industry, while the metal ions can be selectively separated from the sulfate solution and returned to the production streams. This approach contributes to the utilization of jarosite, as hazardous waste, in order to obtain valuable metals, and generally reduces the negative environmental impact by decreasing the amount of disposed waste and reducing the need for primary exploitation.

References

1. Cruells, M., Roca A. *Metals*, 12 (2022) 802.
2. Environmental Protection Agency (EPA). *European Waste Catalogue and Hazardous Waste List*; Environmental Protection Agency (EPA): Washington DC, USA, (2002).
3. Cusano, G., Gonzalo, M.R., Farrell, F., Remus, R., Roudier, S., Sancho, L. D. *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Main Non-Ferrous Metals Industries*; Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control); European Commission: Seville, Spain (2017).
4. Roine, A. *HSC Chemistry® v 9 [Software]*; Outotec Research Oy Center: Pori, Finland, (2016).

Acknowledgment - Ministry of Science, Technological Development and Innovation of Republic of Serbia, Contract No: 451-03-47/2023-01/200288, 451-03-47/2023-01/200287, 451-03-47/2023-01/200135.

Photocatalytic degradation of a fungicide difenoconazole and residual toxicity of its degradation products

M. Stevanović^{1,*}, A. Jovanović², T. Dorđević¹, A. Tomašević¹, A. Marinković³

(1) Institute of Pesticides and Environmental Protection, Belgrade, Serbia, (2) Institute for Technology of Nuclear and Other Mineral Raw Materials, Belgrade, Serbia, (3) Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Belgrade, Serbia;

*marija.stevanovic@pestring.org.rs

Worldwide consumption of pesticide active ingredients reaches 2.7 million tons per year [1]. After being released into the environment significant portion of applied pesticides ends up in surface water bodies affecting nontarget organisms. Due to high environmental pollution, improvement in technological practices for water treatment has been a demand, and advanced oxidation processes stand out as a prominent method. In this study, photocatalytic degradation of a fungicide difenoconazole was investigated and residual toxicity was assessed using zebrafish embryos (*Danio rerio*).

Difenoconazole has been subjected to photocatalytic degradation in presence of the TiO₂ Degussa P-25 catalyst and artificial illumination (Osram Ultra Vitalux 300 W). Influence of different anions (carbonate, sulphate and nitrate), concentration of pesticide and mass of catalyst, on degradation process has been assessed. Decrease in absorbance (Shimadzu 1800 UV spectrophotometer) served as an indicator of the pesticide concentration in the reaction system. The environmental acceptability of the specified degradation process was assessed for optimal circumstances of total photodegradation. Residual toxicity of degradation product was assessed on the basis of toxicity comparison of initial, partly and completely degraded samples, according to OECD 210 [2]. Embryotoxicity assays were performed in triplicate and were terminated 120 hours post fertilization (hpf).

According to the results of assays engaged in assessment of the influence of the ions on photocatalytic processes, it was found that all ions have comparable catalytic effects on the kinetics of the difenoconazole degradation process. The presence of sulphates and carbonates had the greatest catalytic effect, while the nitrate ions showed the lowest catalytic capacity (Fig. 1). The most suitable conditions for photodegradation were obtained by using 0.2 g/l of TiO₂ and 5 mg/l of difenoconazole solution at atmospheric conditions. The embryotoxicity assays followed the analytical examination. Comparison of results obtained in embryotoxicity assays of the initial solution, partly and completely degraded samples confirmed suitability of applied degradation method. Significant decrease in toxicity, compared to the initial solution, was registered in both degraded samples. Based on cumulative mortality (120 hpf), medium lethal concentration (LC₅₀) of difenoconazole is 1.4 mg/l, while the same parameter could not be determined in partly and completely degraded samples, due to the lack of mortality (Fig. 2).

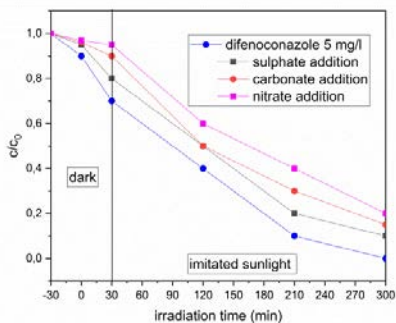


Figure 1. Impact of different ions on photocatalytic degradation of difenoconazole

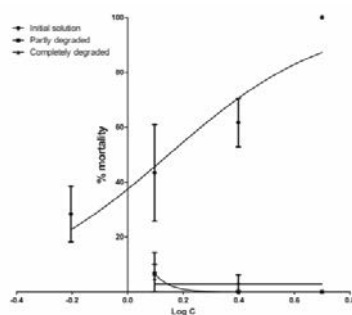


Figure 2. Regression curves of embryotoxicity for initial difenoconazole solution and partly and completely degraded samples

According to the obtained results it can be concluded that engaged photocatalytic degradation process is suitable for pesticide contamination water management.

References

1. FAO. 2022. Pesticides use, pesticides trade and pesticides indicators – Global, regional and country trends, 1990–2020. FAOSTAT Analytical Briefs, no. 46. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc0918en>
2. OECD, 2013. Test No. 210: Fish early life stage toxicity test. OECD Guideline for the testing of chemicals. Organization for Economic Cooperation and Development. <http://www.oecd-library.org/docserver/download/9713191e.pdf?expires=1421846895&id=id&accname=guest&checksum=E4A0448A9D96A39084055F97C44737B0>

Acknowledgment - This investigation was funded by the Ministry of Science, Technological Developments and Innovation of the Republic of Serbia (Grants No. 451-03-47/2023-01/200214, 451-03-47/2023-01/200023 and 451-03-47/2023-01/200135).

Degradation of BPA using Fenton process

M. Simić^{1,*}, B. Savić¹, T. Brdarić¹, M. Ječmenica Dučić¹, M. Kovačević¹, D. Vasić Aničijević¹, D. Aćimović¹

(1) Vinča Institute of Nuclear Sciences-National Institute of the Republic of Serbia, Department of Physical Chemistry, University of Belgrade, Mike Petrovića Alasa 12-14, 11001 Belgrade, Serbia;

*marija.simic@vin.bg.ac.rs

Bisphenol A (BPA) is an organic compound that is widely used in the plastics industry and it is considered to be major environmental pollutant. Research has shown that bisphenol A acts as an endocrine disruptor in living organisms, and interferes with normal functioning of the endocrine system by binding to estrogen receptors [1]. Numerous methods have been developed for decontamination of BPA from wastewaters, including biodegradation, adsorption and advanced oxidation processes (AOPs) [2,3]. AOPs are a common name for group of decontamination methods that via reactive oxygen species (ROS), such as hydroxyl radicals ($\bullet\text{OH}$), which can degrade or fully mineralize organic pollutants. Electrochemical oxidation, UV radiation, Fenton process and ozone-based processes are the main representatives of AOPs [4,5,6]. Fenton process could be a good option to treat and eliminate BPA from the environment. During Fenton process, hydroxyl radicals are produced in reaction between hydrogen peroxide (H_2O_2) and Fe^{2+} in solution, and they can further degrade pollutants, such as BPA. Beside concentration of BPA in solution, the main parameters affecting the degradation efficiency of Fenton process are pH, temperature and the $\text{Fe}:\text{H}_2\text{O}_2$ ratio [7,8]. Finally, the ultimate aim is the mineralization of pollutants by oxidizing agents to carbon dioxide and water, or their transformation into non-toxic products.

The aim of this study was to investigate the efficiency of BPA degradation in sulphate-rich wastewater, as a function of different concentrations of Fenton's reagent. Three selected concentrations of Fenton's reagent for BPA degradation contained H_2O_2 and FeSO_4 in mass ratios of 1:5 1:10 and 1:20, respectively, while the efficiency of degradation was determined by gas mass spectrometry. Based on the obtained results, it can be concluded that the most optimal mass ratio of the Fenton's reagent ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$) for BPA degradation was 1:5. In the first hour of BPA degradation by the Fenton process, the efficiency was about 82 %, while it reached 100 % after the third hour. The results maybe useful for the optimization and development of green environmental technologies for decontamination of wastewater contaminated with BPA.

References

1. Beausoleil, C. et al. *Mol. Cell. Endocrinol.* 475(2018)4-9.
2. Chang, B. V., Liu, J. H., Sen Liao, C. *Environ. Technol.* 35(2014) 416-424.
3. Zhang, L., Xu, J. Lv, T., Yang, L., Jiang, X., Li, Q. *Sep. Purif. Technol.* 116 (2013) 145-153.
4. Moreira, F. C., Boaventura, R. A. R., Brillas, E., Vilar, V. J. P. *Applied Catal. B. Environ.* 202 (2017) 217-261.

ENVIROCHEM2023

5. Moradi, M., Vasseghian, Y., Khataee, A., Kobya, M., Arabzade, H., Dragoi, E. N. *J. Ind. Eng. Chem.* 87 (2020) 18-39.
6. Wu, J., Lan, C., Yuk, G., Chan, S. *Chemosphere* 76 (2009) 1308-1314.
7. Yu, Q., Feng, L., Chai, X., Qiu, X., Ouyang, H., Deng, G. *Chemosphere* 220 (2019) 335-343.
8. Pliego, G., Zazo, J. A., Garcia-Muñoz, P., Munoz, M., Casas, J. A., Rodriguez, J. *J. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 45 (2015) 2611-2692.

Acknowledgment - The authors would like to thank the Ministry of Science, Technological Development and Innovation of the Republic of Serbia for the financial support to the research through institutional funding (Contract number 451-0347/2023-01/ 200017).

Zn-containing mixed metal oxides as photocatalyst for wastewater treatment

Đ. Karanović¹, T. Vulić¹, M. Hadnadjev-Kostić^{1,*}, V. Rajaković-Ognjanović²

(1) University of Novi Sad, Faculty of Technology Novi Sad, Novi Sad, Serbia (2) University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, Serbia;

*hadnadjev@uns.ac.rs

Photocatalytic wastewater treatment with semiconductor-based photocatalysts, is a promising, environmental-friendly approach in solving the occurring problem of water pollution [1]. When compared to other conventional treatments, the benefit of photocatalysis, as advanced oxidation process, is the ability to decompose various organic and inorganic pollutants using abundant solar radiation under mild process conditions, contributing to energy conservation [2]. Combining photocatalytic active materials with porous pavements, that gained popularity as a sustainable and innovative infrastructure design for managing pluvial floods [3], could enhance the treatment efficiency of pluvial rainwater, reducing the risk of pollution and protecting natural water sources. The possibility to induce different functional properties during the synthesis of mixed metal oxides is the reason for extensive research of these materials as photocatalysts. Taking in consideration that ZnO is widely used as photocatalyst [4], zinc based mixed oxides containing aluminum and iron were synthesized to achieve different heterojunctions and possible synergic effect.

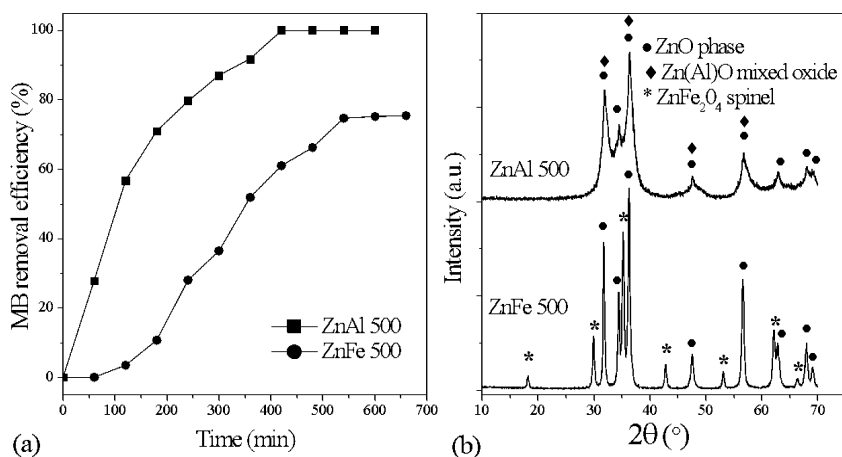


Figure 1. (a) Methylene Blue removal efficiency and (b) XRD diffraction peaks of ZnFe 500 and ZnAl 500

Photocatalysts were synthesized via low supersaturation coprecipitation method, with 70 mol % metal content of Zn and 30 mol % of Al or Fe. The precipitates were dried at 100 °C and thermally treated at 500 °C in air (denoted as ZnFe 500 and ZnAl 500). Structural and textural analyses, as well as test reaction of Methylene blue (MB) photodegradation, were performed. Both photocatalysts had significant MB photodegradation efficiency (Figure 1a). The complete degradation was achieved with ZnAl 500 photocatalyst, whereas ZnFe 500 degraded around 75 % of MB. XRD analysis (Figure 1b) showed that wurzite ZnO

was the dominant phase in both photocatalysts. The presence of additional, photocatalytic active phases was detected in both samples, Zn(Al)O mixed oxide phase in ZnAl 500 and highly crystalline ZnFe₂O₄ spinel phase in ZnFe 500. Textural analysis (Figure 2) showed the photocatalyst ZnAl 500 has more developed surface area (85.35 m²g⁻¹) than ZnFe 500 (27.45 m²g⁻¹), as well as larger amount of smaller mesopores.

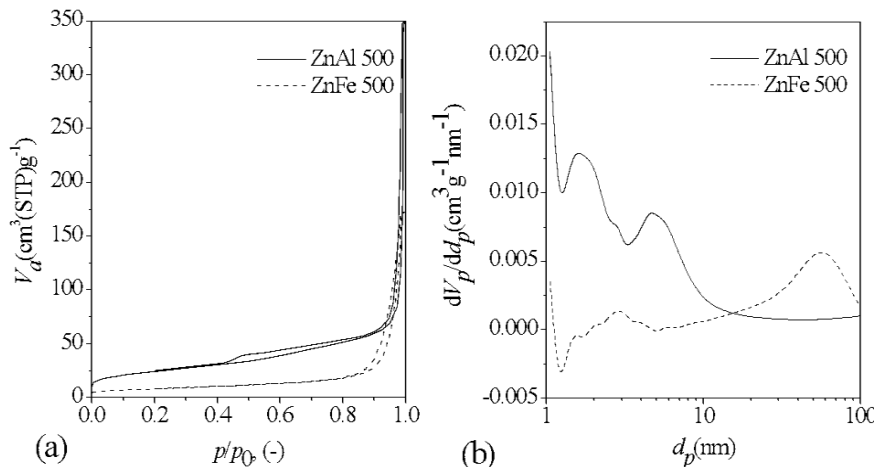


Figure 2. (a) Adsorption/desorption isotherms and (b) pore size distribution of ZnFe 500 and ZnAl 500 photocatalysts

The explanation for better photocatalytic efficiency of ZnAl 500 photocatalyst could be attributed to the presence of low crystalline mixed oxide phases with more defects in crystal structure, as well as more developed surface area that enables better accessibility of active sites to pollutants. These findings make these materials interesting for potential use in wastewater treatment giving also valuable insight for the preparation of porous pavements for pluvial rainwater treatment with photocatalytic properties.

References

1. Hadnadjev-Kostic, M., Vulic, T., Dostanic, J., Loncarevic, D. Chapter 3 in Elsevier, Eds. C.M., Hussain, A.K., Mishra, in *Handbook of Smart Photocatalytic Materials: Fundamentals, Fabrications & Water Resources Applications*, (2020) 65-99.
2. Hadnadjev-Kostic, M., Vulic, T., Marinkovic-Neducin, R., Lončarević, D., Dostanić, J., Markov, S., Jovanović, D. *J. Clean. Prod.* 164 (2017) 1-18.
3. Govedarica, O., Aškrić, M., Hadnadev-Kostic, M., Vulic, T., Lekic, B., Rajakovic-Ognjanovic, V., Zakic, D. *Materials*. 15 (2022) 4919-4936.
4. Seftel, E.M., Popovici, E., Mertens, M., De Witte, K., Van Tendeloo, G., Cool, P., Vansant, E.F. *Microporous Mesoporous Mater.* 113 (2008) 296-304.

Acknowledgment - This work was supported by the Science Fund of the Republic of Serbia, project no. 7737365, Zero-Waste Concept for Flood Resilient Cities – Ø-Waste-Water.

Ponašanje 3-(4-metilbenziliden) kamfora tokom UV/H₂O₂ unapredene oksidacije i adsorpcije na smeši tekstilnih vlakana**The behavior of 3-(4-methylbenzylidene) camphor during UV/H₂O₂ advanced oxidation and adsorption on complex mixture of textile fibers**

T. Simetić¹, J. Molnar Jazić^{1*}, S. Vasiljević¹, M. Vujić¹, J. Agbaba¹, A. Tubić¹

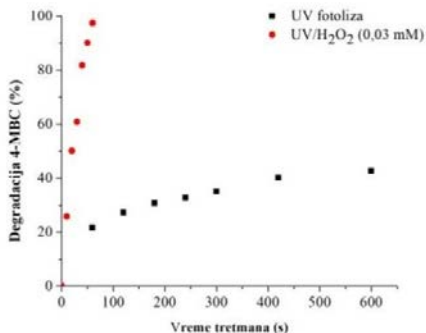
(1) Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine, Trg Dositeja Obradovića 3, Novi Sad, Republika Srbija;

*jelena.molnar@dh.uns.ac.rs

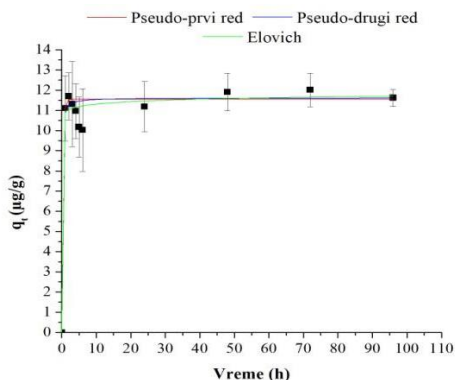
Kozmetički proizvodi za zaštitu od sunca koriste se više od 80 godina, a njihove bitne komponente su UV filteri. UV filteri dospevaju u vodenu sredinu ili direktno spiranjem sa kože tokom plivanja i kupanja, ili indirektno iz postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda. Proteklih godina brojne studije ukazuju na stabilnost UV filtera, bioakumulativnost, kao i na njihove toksične efekte na akvatične organizme [1]. 3-(4-metilbenziliden) kamfor (4-MBC) je jedno od najšire primenjivanih jedinjenja iz grupe UV filtera, predstavlja važnu aktivnu komponentu kozmetičkih sredstava kojima se dodaje u cilju zaštite od negativnog sunčevog zračenja [2]. Pored 4-MBC, u komunalnim otpadnim vodama se nalaze i brojne druge supstance, koje se primenjuju u svakodnevnom životu ljudi. U poslednjih nekoliko godina, prisustvo tekstilnih mikrovlakana u otpadnim vodama izaziva značajnu pažnju naučne i stručne javnosti, jer su sintetička vlakna postala jedan od najčešće korišćenih materijala u proizvodnji odeće, zajedno sa prirodnim vlaknima. U proizvodnji tekstilnih vlakana veliku primenu imaju poliester i najlon, ali se često koriste i poliamid, poliakrilonitril itd. Tokom pranja tekstila u domaćinstvima i komercijalnim delatnostima, kao i nakon industrijskih procesa, u otpadne vode dospeva velika količina sintetičkih tekstilnih vlakana, koje se mogu svrstati u mikroplastiku. Brojne studije ukazuju na to da prisustvo polimernih čestica mikroplastike u vodi može značajno uticati na ponašanje drugih organskih i neorganskih zagađujućih materija, pre svega kroz adsorpciju, ali i uticaj na efikasnost primenjenih tretmana [3]. Do sada, međutim, iako su u interakciji sa pojedinačnim vrstama polimera ispitana brojna jedinjenja, nema podataka o ponašanju 4-MBC u prisustvu sintetičkih mikrovlakana u vodi. Takođe, s obzirom da sintetička vlakna najčešće dospevaju u vodu u smeši sa prirodnim tekstilnim vlaknima, jedan od ciljeva ovog rada je bio da se ispita stepen adsorpcije 4-MBC na smeši tekstilnih vlakana. Konvencionalni fizičko-hemijski procesi često nisu dovoljno efikasni za uklanjanje UV filtera iz vode. Razvoj hemijskog tretmana voda išao je u pravcu primene dodatnih procesa, kao što su unapređeni oksidacioni procesi (eng. *advanced oxidation processes*, AOPs), koji su se pokazali kao efikasniji za uklanjanje mikropolutanata iz vode [4]. Zbog toga je drugi cilj ovog rada bio ispitivanje efikasnosti uklanjanja 4-MBC iz vode primenom UV/H₂O₂ unapredene oksidacije.

Rezultati ispitivanja efikasnosti primene AOPs su prikazani na slici 1. Primenom direktne UV fotolize, kao kontrolnog procesa, postignuta je razgradnja 4-MBC oko 43 % nakon 10 min. tretmana. Znatno efikasnija oksidativna razgradnja 4-MBC (oko 97 %) uočena tokom UV/H₂O₂ procesa, pri koncentraciji H₂O₂ od 0,03 mM i nakon 1 min. tretmana, usled generisanja visoko reaktivnih hidroksil radikala, koji nastaju

fotolitičkim razlaganjem H_2O_2 . Rezultati ispitivanja kinetike adsorpcije 4-MBC na smeši tekstilnih vlakana su prikazani na slici 2. Na osnovu prikazanih rezultata može se uočiti da do uspostavljanja adsorpciono-desorpcione ravnoteže dolazi nakon 48 h. Adsorpcioni afinitet 4-MBC na smeši tekstilnih vlakana u stanju ravnoteže je oko $12 \mu\text{g/g}$. Dobijeni adsorpcioni afinitet 4-MBC na smeši tekstilnih vlakana ukazuje na to da će se ispitivani organski polutant slabo adsorbovati na ovaj materijal, pri čemu će značajno manje uticati na njegov transport u životnoj sredini.



Slika 1. Degradacija 4-MBC ($c_0 \sim 10 \mu\text{g/l}$) u vodi primenom unapređenih oksidacionih procesa



Slika 2. Kinetika adsorpcije 4-MBC ($c_0 \sim 10 \mu\text{g/l}$) na smeši tekstilnih vlakana

Rezultati dobijeni ovim istraživanjem ukazuju da se UV/ H_2O_2 proces može efikasno primeniti za uklanjanje 4-MBC iz vode. S druge strane, bez obzira na slab afinitet 4-MBC prema tekstilnim mikrovlaknima, određeni procenat ciljnog jedinjenja se vezuje na materijal, te se mehanizam vezivanja i sorpcioni kapacitet mikrovlakana ka 4-MBC treba ispitati. Dodatno, ispitivanje ponašanja sintetičkih tekstilnih mikrovlakana iz otpadne vode nakon pranja veša koristeći UV/ H_2O_2 tretman takođe će biti fokus daljeg istraživanja, pri čemu će se pratiti kako procesni parametri kao što su koncentracija H_2O_2 , doza UV zračenja i vreme tretmana utiču na fizička i hemijska svojstva tekstilnih mikrovlakana.

Literatura

1. Huang, Y., Law, J.C-F., Lam, T-K., Leung, K. S-Y. *Sci. Total Environ.* 75 (2021) 142486.
2. Lai., W. W-P., Chen, K-L., Lin, A. Y-C. *Sci. Total Environ.* 722 (2020) 137860.
3. Vasiljević, S., Vujić, M., Agbaba, J., Federici, S., Ducoli, S., Tomić, R., Tubić, A. *Processes* 11(3) (2023) 820.
4. Molnar Jazić, J., Đurkić, T., Bašić, B., Apostolović, T., Tubić, A., Agbaba, J. *Environ. Sci. Water Res.* 6 (2020) 2800-2815.
5. Atugoda, T., Wijesekara, H., Werellagama, D.R.I.B., Jinadasa, K.B.S.N. Bolan, N.S., Vithanage, M. *Environ. Technol. Innov.* 19 (2020) 100971.

Zahvalnica - Istraživanje finansirano od strane Pokrajinskog sekretarijata za visoko obrazovanje i naučno istraživačku delatnost Autonomne Pokrajine Vojvodine (Projekat broj: 142-451-3182/2022-01/2).

Utilization of agricultural waste to obtain bio-oil with useful physicochemical parameters

J. Isailović^{1,}, E. Vukićević², D. Savić¹, I. Jovančićević³, G. Gajica⁴, M. Antić¹, B. Jovančićević², J. Schwarzbauer³, V. Antić¹*

(1) University of Belgrade - Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Belgrade, Serbia, (2) University of Belgrade - Faculty of Chemistry, Studentski trg 12-16, Belgrade, Serbia, (3) Institute for Geology and Geochemistry of Petroleum and Coal, RWTH Aachen University, Lochnerstr. 4-20, 52056 Aachen, Germany, (4) Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Njegoševa 12, Belgrade, Serbia;

**jelena.isailovic@agrif.bg.ac.rs*

The accelerated energy consumption growth rate and oil price increases incentivise the development of renewable fuels. With the increase in CO₂, NO_x, and SO_x emissions due to the use of fossil fuels, there is an increase in environmental pollution. Reduction of CO₂ emissions, global warming, petroleum depletion, and resource conservation requires the development of technologies to utilise biomass more efficiently. Unlike fossil fuels, biomass is more CO₂ neutral and renewable. Among the biomass thermochemical conversion technologies, pyrolysis is an attractive way to produce liquid fuels and value-added chemicals from solid biomass feedstock and is now widely studied. In this study, selected biomass feedstock were corn stalk sort ZP 6263, tomato, and tobacco. These are one of the most widely planted crops in the world, and after a significant amount of production, enormous amounts of residue remain. Agricultural residues may contain valuable compounds, and the optimised pyrolysis process can convert the organic matter into more useful, concentrated forms of energy [1,2].

Before the pyrolysis process, additional analyses were performed to determine the optimal conditions. First, a thermogravimetric analysis of the biomass was done, and based on the results, a temperature of 400 °C was chosen. Nitrogen was used as a carrier gas, and the heating rate was 100 °C per minute. All collected pyrolysis products (bio-oil in acetone) were air-dried before testing. The aim of this study was to estimate the quality of the obtained products based on physicochemical characteristics and, according to the results conclude whether the obtained bio-oil is similar to a biofuel. A large number of analyses were performed, such as moisture and ash content, viscosity, density, pH and calorimetric value, ICP analysis of Ca, K, Mg and S, GC-MS analysis of molecular composition [3] and the results of some of them are shown in Table 1.

Table 1. Physicochemical characteristics of the bio-oil

Parameters	Corn ZP 6263	Tobacco	Tomato
Moisture (%)	24.98	12.98	14.18
Ash (%)	0.04	0.02	0.12
Density (g/mL)	1.08	1.17	1.08
pH	2.43	2.73	2.94
Viscosity (25 °C; Pa·s)	0.01	0.01	0.01
Viscosity (40 °C; Pa·s)	0.01	0.01	0.01
Calorimetric value (MJ/kg)	22.62	23.8	23.34
Ca (mg/kg)	<100	<100	<100
K (mg/kg)	155.94	202.37	367.33
Mg (mg/kg)	<100	<100	<100
S (mg/kg)	722.38	348.81	891.49

Based on the results shown in Table 1, it can be noted that there is almost no ash in bio-oil. High amounts of alkaline and alkaline earth metals (the most active is potassium) in bio-oil agree with the conclusions reached because these metals form ash and can cause reduced liquid yield and quality. Also, it could be the result of a high amount of sulphur. The pH value of bio-oil is acidic due to the present compounds with carboxylic, hydroxyl, and phenolic groups. Regarding calorimetric value, the liquid product of pyrolysis shows good predispositions as a heat source, similar to calorimetric values for woods.

Based on the GC-MS analysis, it can be concluded that a large number of oxygen compounds are present in the final product. According to that, studies should be continued in the direction of co-pyrolysis with plastic waste, in order to increase the content of hydrocarbons, which are the leading carriers of good fuel characteristics. [4]

References

1. Burcu Uzun, B., Sarioğlu, N. *Fuel Process. Technol.* 90 (5) (2009)705-716.
2. Lv, G., Wu, S. *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 97 (2012) 11-18.
3. Pittman, C.U., Mohan, Jr. D., Eseyin, A., Li, Q., Ingram, L., Hassan, E. M., Mitchell, B., Guo, H., Steele, P. H. *Energy Fuels*, 26 (2012) 3816-3825.
4. F. Wu, H. Ben, Y. Yang, H. Jia, R. Wangand, G. Han, *Polymers* 12 (2020) 973.

Acknowledgment - This work is supported by the project “Agricultural residues and plastic waste materials as a sustainable source of alternative fuels and valuable chemicals” (AGRIPLAST), grant No. 01DS21008.

**Bioluženje cinka iz flotacionog koncentrata polimetalne rude pomoću
*Acidithiobacillus ferrooxidans***

**Bioleaching of zinc from a polymetallic ore flotation concentrate
by *Acidithiobacillus ferrooxidans***

J. Avdalović^{1,*}, S. Miletić¹, S. Spasić¹, N. Lugonja¹, V. Conić²

(1) Univerzitet u Beogradu, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Njegoševa 12, Beograd, Srbija, (2) Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Zeleni bulevar 35, Bor, Serbia;

*jelena.avdalovic@ihm.bg.ac.rs

Rezerve bogatih ruda, iz kojih je tehnološki moguće i ekonomski opravdano dobijanje metala, uglavnom pirometalurškim postupcima, iz godine u godinu su sve manje. Istovremeno, intenzivan razvoj tehnike u svetu uslovljava veću potrošnju metala, što kao posledicu ima višestruk porast cene metala poslednjih godina.

Proučavanje novih postupaka za korišćenje ruda sa niskim sadržajem metala i pronalaženje mogućnosti njihove prerade, uz poštovanje rigoroznih ekoloških propisa, ubraja se u aktuelne probleme ekstraktivne metalurgije razvijenih zemalja. Jedan deo ovih ruda predstavljaju polimetalne rude iz kojih često nije moguće, postupcima pripreme mineralnih sirovina, dobiti koncentrate zadovoljavajućeg sastava za dalju metaluršku preradu. Zbog toga se u poslednje vreme sve više radi na razvoju novih hidrometalurških i biohidrometalurških postupaka koji su selektivniji od klasičnih i koji bi omogućili uspešnu preradu ovakvih sirovina.

Proces luženja delovanjem mikroorganizama je ekonomična metoda za dobijanje metala iz minerala, naročito nekvalitetne rude i otpada iz tekućih rudarskih operacija, koja zahteva umerena kapitalna ulaganja i male operativne troškove. To je jedan od ekološki najprihvatljivijih procesa ekstrakcije metala koji je već nekoliko decenija i komercijalno prisutan u svetu.

Cilj našeg eksperimenta je bio da ispita potencijal *Acidithiobacillus ferrooxidans* za ekstrakciju cinka iz flotacionog koncentrata polimetalne rude ležišta Rudnik (Srbija)

Materijal i metode: Flotacioni koncentrat polimetalne rude je usitnjen i prosejan kroz sito od nerđajućeg čelika od 63 µm i kao takav korišćen u eksperimentu mikrobiološkog luženja. Za određivanje cinka, uzorak flotacionog koncentrata polimetalne rude je razložen mešavinom HClO₄, i HF. Metal je određen atomskom emisijom plamenom spektrofotometrijom.

Prisustvo alkalnih komponenti u flotacionom koncentratu polimetalne rude je neprihvatljivo zbog reakcije sa kiselim rastvorom gvožđe(III) sulfata, koji nastaje dejstvom bakterijske kulture na sulfid iz koncentrata polimetalne rude. Stoga je neophodno neutralisati supstrat pre dodavanja bakterijske kulture koja će stvoriti oksidant. Pre eksperimenta luženja, supstrat je dispergovan u 0,05 M rastvoru H₂SO₄, mućkan 48 h, filtriran iz rastvora, ispran dejonizovanom vodom i osušen na 110 °C [1].

Eksperiment luženja je izveden sa bakterijom *Acidithiobacillus ferrooxidans*. Eksperimentalni uslovi su bili: period luženja od 28 dana, 50 ml rastvora za luženje (g/dm^3): $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (3), K_2HPO_4 (0,5), $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ (0,5), KCl (0,1), $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (0,01), pri pH od 2,5 u erlenmajerima od 150 mL pri gustini pulpe od 10% (m/V) (5 g flotacionog koncentrata polimetalne rude u 50 ml rastvora). Početni broj mikroorganizama bio je 10^5 po mL, određen Metodom najverovatnijeg broja [2]. Kontrolna suspenzija je imala isti hemijski sadržaj i pH vrednost kao suspenzija sa *Acidithiobacillus ferrooxidans*, ali je kultura *Acidithiobacillus ferrooxidans* inaktivirana sterilizacijom. Studija je realizovana na horizontalnom šejkeru. Temperatura inkubacije bila je 28 °C, a brzina rotacije 180 o/min [1].

Rezultati: Na kraju eksperimenta je pokazano da je efektivno izluženje cinka (izračunato oduzimanjem procenta luženja cinka u kontrolnoj suspenziji od procenta izluženja cinka u suspenziji *Acidithiobacillus ferrooxidans*) iznosilo 40 %. Broj bakterijske kulture je povećan sa 10^5 na 10^7 po ml, što ukazuje da ispitivani supstrat nije toksičan za *Acidithiobacillus ferrooxidans*.

Zaključak: Prikazani rezultat pokazuje potencijal bakterijske kulture *Acidithiobacillus ferrooxidans* za dobijanje cinka iz flotacionog koncentrata polimetalne rude ležišta Rudnik. Mikrobiološki tretman je bio efikasan, ali je ipak potrebno optimizovati proces u cilju dobijanja većeg stepena izluženja ispitivanog metala, što se verovatno može postići reinokulacijom mikroorganizama.

Literatura

1. Jekić, J. S., Beškoski, V. P., Gojgić-Cvijović, G., Grbavčić, M., Vrvić M. M. *J. Serb. Chem. Soc.* 72 (2007) 615-619.
2. Collins, C. H., Lyne, P. M., Grange, J. M., Falkinham III J. O. *Collins and Lyne's Microbiological Methods*, Arnold, London, England, 2004 (ISBN 0 340 80896 9)

Zahvalnica - Sredstva za realizaciju istraživanja obezbedilo je Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Evidencioni broj: 451-03-47/2023-01/200026).

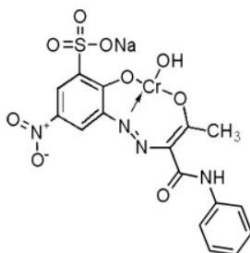
Praćenje dekolorizacije boje Acid Yellow 99 primenom hlor - dioksida
Monitoring the decolorization of Acid Yellow 99 dye by applying chlorine dioxide

A. Malović¹, Ž. Ugrenović¹, D. Manojlović^{1,2}, I. Kodranov^{1,}*

(1) Univerzitet u Beogradu - Hemijski fakultet, Studentski trg 12-16, Beograd, Srbija, (2) Južnouralski Državni Univerzitet, Lenjinov prospect 76, 454080 Čeljabinsk, Rusija;

**ikodranov@chem.bg.ac.rs*

Vodeni ekosistem čini oko 71 % Zemljine površine i predstavlja suštinski resurs za sve vrste života. Razvoj globalne industrijalizacije i urbanizacije doveo je do ekstenzivne proizvodnje otpadnih voda. Stoga je prečišćavanje i odlaganje otpadnih voda postalo jedno od najozbiljnijih pitanja u današnjem svetu. Jedan od glavnih proizvođača otpadnih voda je tekstilna industrija. Oko 20 % tekstilnih boja završi u vodenom ekosistemu. Glavni indikator zagađenja poreklom od tekstilne industrije je pojava raznih nijansi boja na površini vode. Acid Yellow-99 (slika 1) pripada klasi anjonskih azo boja. Koristi se u velikoj meri za bojenje proteinskih vlakana, svile, najlona itd [1].

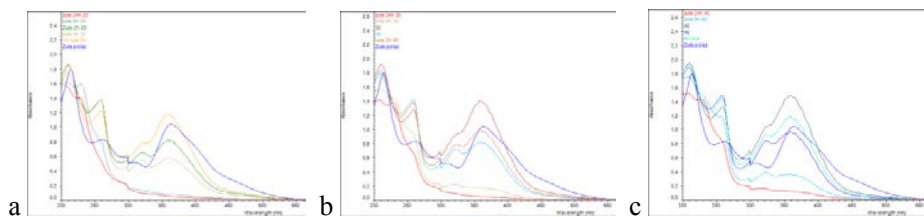


Slika 1. Struktura boje Acid Yellow-99

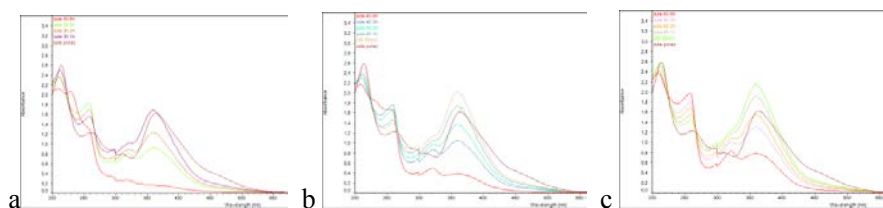
Hlor - dioksid je moćno sredstvo za dezinfekciju i izuzetno selektivan oksidans ($E_0 = 0,936$ V) koji može selektivno oksidovati specifične funkcionalne grupe kao što su fenolne grupe i tercijarni amini. Koristi se kao baktericid, fungicid, algicid i antiseptik. Reaguje nezavisno od pH vrednosti rastvora, a u odnosu na tretman hlorom ima prednost jer ne proizvodi toksične trihalometane. Mana hlor-dioksida je nastanak hloritinih i hloratnih anjona koji imaju negativne efekte na crvena krvna zrnca [2].

Cilj ovog rada bio je da se utvrdi da li hlor – dioksid može da se koristi kao sredstvo za deokolorizaciju boje Acid Yellow-99.

Ispitivana je dekolorizacija boje u koncentracijama od 60 i 80 mg/L. Pri tome vršena je degradacija sa 30, 40 i 50 mg/L hlor – dioksida (slike 2 i 3). Dekolorizacija je praćena na spektrofotometru nakon 1 h, 2 h, 3 h, 6 h i 24 h od trenutka dodavanja hlor – dioksida u rastvor boje.



Slika 2. Dekolorizacija boje Acid Yellow-99 koncentracije 60 mg/L sa 30 mg/L (a), 40 mg/L (b) i 50 mg/L hlora - dioksida (c)



Slika 3. Dekolorizacija boje Acid Yellow-99 koncentracije 80 mg/L sa 30 mg/L (a), 40 mg/L (b) i 50 mg/L hlora - dioksida (c)

Literatura

1. Joksimović K., Kodranov I., Randelović D, Stanković Beškoski L., Radulović J., Lješević M., Manojlović D., Beškoski V. *Bioelectrochemistry* 145 (2022) 108088.
2. Kodranov I., Pergal M., Avdin V., Manojlović D. *Environ. Monit. Assess* 192 (2020) 422.

Exploring PhaZ depolymerase sequence space for the bio-cyclable loop for biopolymers

M. Nenadović^{1,*}, B. Pantelić¹, M. Ponjavić¹, J. Nikodinović-Runić¹

(1) University of Belgrade - Institute of Molecular Genetics and Genetic Engineering, Vojvode Stepe 444a, Belgrade, Serbia;

*mnenadovic@imgge.bg.ac.rs

Polyhydroxyalkanoates (PHA) are a green substitute for conventional plastics, owing to their biological origin, biodegradability, biocompatibility and structural diversity. However, environmental biodegradation of PHA is achieved in a time frame of several months to several years, depending on environmental conditions, and properties of both PHA and PHA degrading enzymes (PhaZ) [1]. Taking into account the high production cost of PHA, landfilling at the end of life is not likely to be cost-effective, so enzymatic biodegradation as an alternative offers an eco-friendly bio-cyclable route to cost-effective PHA. Our study aims to tailor PhaZ properties to create suitable biocatalysts for the industrially relevant time frame and operating conditions. In order to do so, we decided to randomize PhaZ sequences and functionally screen enzyme variants for accelerated PHA degradation and improved biocatalyst stability. Up to this day, various *phaZ* genes have been mutated solely for mechanistic purposes eg. Catalytic residue identification, and elucidation of the substrate recognition process [2,3,4,5,6,7].

Structural information for PhaZ is scarce, so the sequence-function relationship remains unknown, therefore we employed error-prone PCR to randomize *phaZ* gene sequences. This approach requires a high-throughput functional screening platform in order to increase the likelihood of improved PhaZ sequence identification because beneficial mutations are rare evolutionary events. Evolution of *phaZ* genes, PHB depolymerase from *Comamonas testosteroni* 31A and PHOase from *Pseudomonas fluorescens* GK13, is directed towards advancement in degradation of both short- and medium-chain-length PHAs. In this work, we address the correlation between the commonly employed high-throughput methodology of monitoring emulsified PHA degradation with the lower throughput methodology for assessing commercial-grade PHA degradation. This is the first report addressing this question which is of the utmost importance to future research in synthetic enzyme creation for eco-friendly processing of post-consumer PHA.

References

1. Meereboer, K., Misra, M., Mohanty, A., *Green Chem.* 22 (2020) 5519-5558.
2. Hiraishi, T., Komiya, N., Matsumoto, N., Abe, H., Fujita, M., Maeda, M., *Biomacromolecules* 11 (2010) 113-119.

ENVIROCHEM2023

3. Hiraishi, T., Hirahara, Y., Doi, Y., Maeda, M., Taguchi, S., *Appl. Environ. Microbiol.* 72(2006) 7331-7338.
4. Jendrossek, D., Hermawan, S., Subedi, B., Papageorgiou, AC., *Mol. Microbiol.* 90 (2013) 649-664.
5. Tan, L., Hiraishi, T., Sudesh, K., Maeda, M., *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 97(2013) 4859-4871.
6. Murase, T., Suzuki, Y., Doi, Y., Iwata, T., *Biomacromolecules* 3 (2002) 312-317.
7. Schirmer, A., Jendrossek, D., *J. Bacteriol.* 176 (1994) 7065-7073.

Acknowledgment - Present study was conducted as a part of Bio Innovation of a Circular Economy for Plastics – BioICEP. This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 870292.

ENVIROCHEM2023

Sponsor

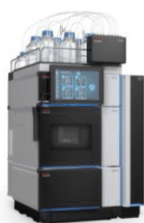
Sponsors

Since it was founded in 1996, **Analysis d.o.o.** offers high-quality instruments and reliable solutions for your laboratory.

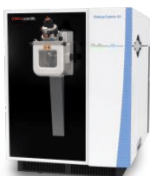
The primary activities of Analysis d.o.o. are **wholesale, maintenance and servicing of analytical, process, and general laboratory equipment**, along with training users and providing application support for successful and high-quality work on the instrument.

From analysis of organic contaminants to detecting contaminants of emerging concern, such as **PFAS**, instruments and sample preparation kits from our portfolio satisfy some of the most stringent regulatory requirements in the world.

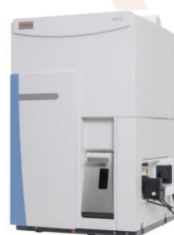
The broad range of *chromatography, mass spectrometry, trace elemental analysis, particulate monitoring, gas monitoring, and sample preparation systems* can detect and quantify contaminants, including: **inorganic ions, heavy metals, microplastics, pesticides**, persistent organic pollutants (POPs), **hormones**, and **pharmaceutical products** in **air, drinking water, wastewater, soils, sewage sludge** (biosolids), and **composts**.



Vanquish Core HPLC with
Orbitrap Exploris 120



Orbitrap Exploris GC
mass spectrometer



iCAP RQplus ICP-MS



Nicolet Raptir FTIR
Microscope



DX3 Raman Microscope

**thermo
scientific**

Authorized Distributor



Dionex ICS-6000
Capillary HPLC

Analysis d.o.o. Beograd • info@analysis.rs • 0113186446 • www.analysis.rs



Naši partneri u okviru laboratorijskog programa:



Honeywell



CORNING

Crnotravska 27,
11000 Beograd

www.uni-chem.rs
info@uni-chem.rs

Telefon: 011/3281-986
Fax: 011/3281-205



Najbolje za laboratoriju!



KEFO D.O.O | Bačka 1U | 11080 Zemun | SRBIJA
 Fon: +381 (0)011 3699 209 | Mail: info@kefo.rs | Web: www.kefo.rs

KADA JE U PITANJU ŽIVOTNA SREDINA, IDEMO U DETALJE



- | Gasna hromatografija
- | Tečna hromatografija
- | Masena spektrometrija - Q, QQQ, Q-TOF
- | Atomska spektroskopija - AAS, ICP-OES, MP-AES, ICP-MS, ICP-MSMS
- | Molekularna spektroskopija - FTIR, UV/Vis/NIR, fluorescencija, LDIR
- | Elementarna analiza - TOC/TN
- | Termička analiza
- | Komore za klimatizaciju i stabilizaciju
- | Laboratorijska oprema
- | Programi obrazovanja i obuke
- | Servis i podrška



DSP Chromatography d.o.o.
Milutina Milankovića 120g, 11000 Beograd, Srbija
t: 011 414 70 20 | e: prodaja@dsp-c.co.rs
www.dsp-c.co.rs



CIP - Каталогизација у публикацији Народна библиотека Србије, Београд

54(048)
502/504(048)
577.1(048)
66(048)
606(048)

СИМПОЗИЈУМ Хемија и заштита животне средине са међународним учешћем (9 ; 2023 ; Кладово)

Knjiga izvoda / 9. simpozijum Hemija i zaštita životne sredine sa međunarodnim učešćem, EnviroChem2023, Kladovo 4-7. jun 2023. godine = Book of Abstracts / 9th Symposium Chemistry and Environmental Protection, EnviroChem2023, with International Participation ; [urednici Sanja Živković ...[et al.]]. - Beograd : Srpsko hemijsko društvo, 2023 (Beograd : Razvojno-istraživački centar grafičkog inženjerstva Tehnološko-metalurškog fakulteta). - 203 str. : ilustr. ; 24 cm

Tekst na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 150. - Bibliografija uz svaki apstrakt.

ISBN 978-86-7132-082-5

a) Хемија -- Апстракти b) Животна средина -- Заштита -- Апстракти v)
Биохемија -- Апстракти g) Биотехнологија -- Апстракти

COBISS.SR-ID 116784905



Srpsko hemijsko društvo
Sekcija za hemiju životne sredine



9 788671 320825