

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

53. konferencija o aktuelnim temama korišćenja i zaštite voda

VODA 2024

The 53rd Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society

WATER 2024

Conference Proceedings



Palić, 27. – 29. maj 2024.



www.sdzv.org.rs

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

SERBIAN WATER POLLUTION CONTROL SOCIETY



INŽENJERSKA KOMORA SRBIJE

II

IZDAVAČ (*PUBLISHER*):

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

PROGRAMSKI ODBOR (*PROGRAMME COMMITTEE*):

Prof. dr Branislav ĐORĐEVIĆ, dipl.inž.građ, Beograd
Prof. dr Božo DALMACIJA, dipl.hem, Novi Sad
Dr Momir PAUNOVIĆ, naučni savetnik, dipl.biol, Beograd
Dr. Bela CSÁNYI, dipl.biol, Budimpešta-Mađarska
Prof. dr Peter KALINKOV, dipl.inž.građ, Sofija-Bugarska
Prof. dr Valentina SLAVEVSKA STAMENKOVIĆ, dipl.biol, Skoplje-R.Makedonija
Prof. Dr. Goran SEKULIĆ, dipl.inž.građ, Podgorica-Crna Gora
Prof. dr Violeta CIBULIĆ, dipl.hem, Beograd
Prof. dr Slavka STANKOVIĆ, dipl.inž.tehnol, Beograd

UREDNIK (*EDITOR*): Dr Aleksandar ĐUKIĆ, dipl. građ.inž.

RECENZENTI (*Reviewers*):

Dr Zorana NAUNOVIĆ, dipl.inž.tehnol, Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet
Dr Aleksandar ĐUKIĆ, dipl. građ.inž, Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet
Dr Aleksandar JOKSIMOVIĆ, dipl.biol, Univerzitet Crne Gore, Kotor-Crna Gora
Dr Božica VASILJEVIĆ, dipl.biol, Univerzitet u Beogradu – Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković“
Dr Maja RAKOVIĆ, dipl.biol, Univerzitet u Beogradu – Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković“

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

TIRAŽ (*CIRCULATION*): 150 primeraka

ŠTAMPA: "Akademska izdanja", Zemun, 2024

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Narodna biblioteka Srbije, Beograd

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

ГОДИШЊА конференција о актуелним проблемима коришћења и заштите вода (53 ; 2024 ; Палић)

Voda 2024 : zbornik radova 53. godišnje konferencije о актуелним проблемима коришћења и заштите вода = Water 2024 : conference proceedings 53rd Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society, Palić, 27-29. maj 2024. / [urednik, editor Aleksandar Đukić]. - Beograd : Srpsko društvo za zaštitu voda, 2024 (Zemun : Akademska izdanja). - X, 372 str. : ilustr. ; 24 cm

Tiraž 150. - Str. IX: Predgovor / Aleksandar Đukić. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-82674-01-6

a) Воде -- Зборници б) Отпадне воде -- Зборници в) Снабдевање водом -- Зборници

COBISS.SR-ID 145168649

SRPSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU VODA

ZBORNİK RADOVA

**53. GODIŠNJE KONFERENCIJE O AKTUELNIM TEMAMA
KORIŠĆENJA I ZAŠTITE VODA**

VODA 2024

*53RD ANNUAL CONFERENCE OF THE
SERBIAN WATER POLLUTION CONTROL SOCIETY
"WATER 2024"
CONFERENCE PROCEEDINGS*

Palić, 27. – 29. maj 2024.

ORGANIZATOR KONFERENCIJE (*CONFERENCE ORGANISERS*):

Srpsko društvo za zaštitu voda (Beograd),

uz podršku

Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije i
Inženjerske komore Srbije

ORGANIZACIONI ODBOR KONFERENCIJE (*ORGANIZING COMMITTEE*):

PREDSEDNIK: Dr Momir PAUNOVIĆ, dipl.biol, Beograd

SEKRETAR: Suzana VASIĆ, Beograd

ČLANOVI:

Dr Branko MILJANOVIĆ, dipl.biol, Novi Sad

Dr Aleksandar ĐUKIĆ, dipl.građ.inž, Beograd

Slavica ŽIVKOVIĆ, Beograd

Dr Maja RAKOVIĆ, dipl. biol, Beograd

ODRŽAVANJE KONFERENCIJE SU POMOGLI (*SPONSORED BY*):

- Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije
- Inženjerska komora Srbije

Slika na koricama: jezero Palić (fotografija A.Đukić)

SADRŽAJ

CONTENTS

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

1. O.Govedarica, B.Lekić, V.Rajaković-Ognjanović, A.Radević, D.Zakić
UNAPREĐENJE ODRŽIVE GRADNJE KROZ KONCEPT NULTOG OTPADA ZA
ZAŠTITU GRADOVA OD KIŠNIH POPLAVA 1
2. I.Krtolica
PRIMENA METODE VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U PROCENI KVALITETA
POVRŠINSKIH VODA 9
3. O.Govedarica, A.Đukić, V.Rajaković-Ognjanović
PROCENA KOEFICIJENATA OPTEREĆENJA ZAGAĐENJEM POVRŠINSKOG OTICAJA
SA RURALNIH POVRŠINA 15
4. V.Đukić, R.Kovačević, D.Pavlović
POREĐENJE VLAŽNOSTI ZEMLJIŠTA DOBIJENE SATELITSKIM OSMATRANJIMA I
PRIMENOM HIDROLOŠKOG MODELA NA PRIMERU SLIVA REKE JIČINKE U
ČEŠKOJ REPUBLICI 23
5. S.Ketin, B.Kostić
KONTROLA KVALITETA ZEMLJIŠTA U URBANIM SREDINAMA 37

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

2.1. Površinske vode

6. S.Čađo, N.Jelača, T.Važić, T.Dopuđa-Glišić, Z.Stojanović
FITOPLANKTON REKE DUNAV NA GRANIČNOM LOKALITETU BEZDAN 49
7. K.Jovičić, J.Vranković, V.Đikanović
ZDRAVSTVENI ASPEKT DVE KOMERCIJALNE VRSTE RIBA BEOGRADSKOG
SEKTORA DUNAVA 59
8. M.Raković, N.Popović, B.Tubić, J.Đuknić, M.Paunović, S.Jarić, U.Živković
UTICAJ ALOHTONE VODENE VEGETACIJE NA FAUNU MAKROBESKIČMENJAKA
KANALSKE MREŽE LEVE OBALE DUNAVA 65
9. J.Stanković, P.Simonović**, Vera Nikolić**, Ana Marić**, Nikola Marinković*,
Tamara Mitić*, Jelena Čanak Atlagić
IHTIOFAUNA DUNAVA NIZVODNO OD BRANE HE „ĐERDAP 2“ U SRBIJI 77
10. J.Tomović, J.Čanak Atlagić, S.Andus, B.Tubić, B.Vasiljević, M.Paunović, M.Raković
KVALITET VODE DUNAVA NA OSNOVU ZAJEDNICA AKVATIČNIH
MAKROBESKIČMENJAKA NA PODRUČJU PANČEVAČKE ADE 83
11. Lj.Takić, I.Mladenović-Ranisavljević, N.Živković, V.Stefanović
EKOLOŠKI STATUS DUNAVA U SRBIJI U FUNKCIJI KISEONIČNOG REŽIMA 91

VI

12. A.Bajić, N.Pankov, S.Pogrmić, I.Mijić Oljačić, D.Kostić, Z.Njenjić, B.Miljanović CRNI AMUR (<i>MYLOPHARYNGODON PICEUS</i>), NOVA ALOHTONA VRSTA RIBE U SRBIJI, INVAZIVNOST I POTENCIJALNI PROBLEMI	97
13. S.Simić, K.Markeljić, P.Simović, V.Simić PRELIMINARNA PROCENA EKOLOŠKOG STATUSA REKA RZAV, BELI RZAV I CRNI RZAV (BOSNA I HERCEGOVINA).....	103
14. B.Miljanović, I.Mijić Oljačić, A.Bajić, S.Pogrmić, N.Pankov, T.Jurca VIŠEGODIŠNJE PROMENE HIDROBIOLOŠKIH PARAMETARA PARKA PRIRODE "TIKVARA"	111
15. N.Grujić, B.Miljanović OCENA EKOLOŠKOG STATUSA SREDNJEG TOKA REKE IBAR	119
16. N.Grujić, B.Miljanović ODNOSI FUNKCIONALNIH HRANIDBENIH GRUPA MAKROZOOBENTOSA KAO POKAZATELJI EKOSISTEMSKIH OSOBENOSTI SREDNJEG TOKA REKE IBAR	129
17. B.Tubić, N.Popović, A.Atanacković, K.Zorić, J.Tomović, M.Paunović, N.Marinković DIVERZITET VODENIH MAKROBESKIČMENJAKA REKE RIBNICE (SLIV KOLUBARE)	137
18. O.Jakovljević, D.Predojević EKOLOŠKI STATUS LUDAŠKOG JEZERA NA OSNOVU ZAJEDNICE SILIKATNIH ALGI	143
19. V.Đikanović, J.Vranjković, K.Jovičić, K.Zorić, N.Pankov, B.Miljanović ZAJEDNICA RIBA BELOCRKVANSKIH JEZERA	149
20. S.Skorić, D.Nikolić KONCENTRACIJE PESTICIDA I PCB-A U TRI CIPRINIDNE VRSTE RIBA SA AKUMULACIJE MEĐUVRŠJE	155
21. T.Talevski, B.Trajčeski BIODIVERZITET IHTIOFAUNE VELIKIH PRIRODNIH MAKEDONSKIH JEZERA (PRESPANSKO, OHRIDSKO I DOJRANSKO JEZERO) SA POSEBNIM OSVRTOM NA UNEŠENE VRSTE RIBA	161
22. E.Veljanoska Sarafiloska, O.Tasevska, L.Lokoska, S.Patčeva, J.Lešoski UTICAJ REKA NA KVALITET VODE U LITORALNOJ ZONI PRESPANSKOG JEZERA, (R.S. MAKEDONIJA)	167
23. O.Tasevska, G.Kostoski, E.Veljanoska Sarafiloska ZAJEDNICA ROTIFERA KAO POKAZATELJ EKOLOŠKOG STATUSA PRESPANSKOG JEZERA (R.S. MAKEDONIJA)	175
24. L.Lokoska, E.Veljanoska-Sarafiloska KVALITET VODE PRESPANSKOG JEZERA	181
25. G. Kostoski, O. Tasevska SEZONSKA DINAMIKA ZAJEDNICE PLANKTONA ROTIFERA, CRUSTACEA (COPEPODA I CLADOCERA) IZ PELAGIJALA PRESPANSKOG JEZERA - LOKALITET KAZAN	187

26. S.Stojanovski, D.Blazhekovikj-Dimovska, L.Velkova-Jordanovska, E.Veljanoska Sarafiloska CONTRIBUTION TO PARASITE FAUNA OF PRESPA BLEAK (ALBURNUS BELVICA KARAMAN, 1924) (PISCES: CYPRINIDAE) IN LAKE PRESPA, REPUBLIC OF NORTH MACEDONIA	195
27. M.Talevska, S.Trajanovska, E.Veljanoska-Sarafiloska RASPROSTRANJENOST ELODEA CANADENSIS SA VELIKOG PRESK ANSKOG JEZERA	205
28. M.Stanković, M.Živković REZULTATI ISTRAŽIVANJA FLORE I VEGETACIJE KANALA ZA PROŠIRENJE GRANICA SRP „KRALJEVAC“	211
29. M.Stanković, M.Živković NOVI PODACI O FLORI I MAKROALGAMA PODRUČJA SRP „KRALJEVAC“	219
2.2. Podzemne vode i vode u karstu	
30. S.Mrazovac Kuričić, V.Cibulic PRIMENA PODZEMNIH VODA VOJVODINE U POLJOPRIVREDI	221
2.3. Sedimenti	
31. S.Tenodi, D.Krčmar, M.Bečelić Tomin, D.Radenović, T.Tomić, Đ.Pejin, D.Tomašević Pilipović VIŠEKRITERIJUMSKA PROCENA RIZIKA ZAGAĐENOG SEDIMENTA U VODOTOKU	229
32. D.Stefanović, J.Bašić, S.Krsmanović, G.Milojković, S.Lečić ANALIZA SPROVOĐENJA PROCESA REVITALIZACIJE VELIKOG BAČKOG KANALA	237
2.4. Priobalne vode Jadranskog mora	
33. I.Kokić, S.Nikolić, M.Mandić PLUTAJUĆI OTPAD NA PODRUČJU BOKOKOTARSKOG ZALIVA (JUGOISTOČNI JADRAN)	243
34. V.Vukanić, M.Malović PRILOG POZNAVANJU VREMENSKE I PROSTORNE DISTRIBUCIJE VRSTA IZ RODA ACARTIA (COPEPODA) U JUŽNOM JADRANU	253
2.5. Monotoring	
35. V.Slavevska Stamenkovic, J.Hinić-Jordanovska, M.Raković, M.Paunović AQUATIC INVERTEBRATES AS KEY TOOL IN DEVELOPING METHODOLOGY AND IDENTIFICATION OF PRIORITY BARRIERS FOR REMOVAL	259
36. M.Ćirić, C.Lemonnier, B.Alric, B.Dojčinović, J.Avdalović, S.Miletić, V.Petrović, Ž.Milovanović, D.Vidaković, A.Marković, F.Rimet, A.Ballot PROCENA EKOLOŠKOG POTENCIJALA MARKOVAČKOG JEZERA – NOVI PRISTUP U BIOMONITORINGU	273

3. TEMATSKA GRUPA: SAKUPLJANJE I PREČIŠĆAVANJE OTPADNH VODA

37. D.Krčmar, M.Bečelić-Tomin, V.Pešić, D.Tomašević-Pilipović, Đ.Kerkez
AKCIONI PLAN ZA DOSTIZANJE GRANIČNIH VREDNOSTI EMISIJE ZAGAĐUJUĆIH
MATERIJA U OTPADNIM VODAMA – PRIMER ZA JAVNO KOMUNALNO
PREDUZEĆE.....283
38. J.Jovanović Marić
ISPITIVANJE UTICAJA OTPADNIH VODA NA KVALITET VODE SAVE I DUNAVA NA
TERITOTIJI GRADA BEOGRADA PRIMENOM MIKROBIOLOŠKIH ANALIZA291
39. I.Milojković, N.Prašćević
IZBOR OPTIMALNE TEHNOLOGIJE IZGRADNJE KANALIZACIONE CRPNE STANICE
MAKIŠ KORIŠĆENJEM METODE AHP-VIKOR SA FAZI PRISTUPOM297
40. S.Branković, R.Glišić, F.Grbović, G.Đelić, N.Joksimović, I.Bogdanović,
J.Bogosavljević
INOVATIVNI PRISTUP NEUTRALIZACIJI POLUTANATA IZ KANALIZACIONOG
MULJA PRIMENOM ORGANSKOG α - DIKETONATA NA BILJNOM MODELU
TRIFOLIUM PRATENSE L.305
41. A.Crnogaj, K.Buljan, Đ.Pejić
IMPLEMENTACIJA MALIH BIOLOŠKIH UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH
VODA U LOKALNIM ZAJEDNICAMA: PERSPEKTIVE I REALIZACIJE313
42. K.Buljan, A.Crnogaj, Đ.Pejić
OPTIMIZACIJA PROCESA ZA TRETMAN OTPADNIH VODA U KOKSNOJ
INDUSTRIJI: IZAZOVI I INOVATIVNA REŠENJA319
43. T. Marković, N.Pilipović, V.Presburger Ulniković, V.Cibulić
ANAEROBNA DIGESTIJA OTPADNOG MULJA IZ POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE
OTPADNIH VODA – SAVREMENI TRENDOVI I PERSPEKTIVE327
44. N.Pilipović, T.Marković, V.Presburger Ulniković, V.Cibulić
OZONIRANJE PRIMENJENO U SEKVENCIRANOM ŠARŽNOM BIOFILTERSKI
GRANULIRANOM REAKTORU (SBBGR)333
45. V.Cibulić, S.Mrazovac Kurilić, N.Staletović
PROCENA I UPRAVLJANJE HEMIJSKIM RIZIKOM341

4. VODOSNABDEVANJE NASELJA

46. T.Ivetić, N.Pankov, S.Bognár, D.Jovanović, V.Despotović, D.Šojić Merkulov,
B.Miljanović
ZELENA SINTEZA CINK OKSIDNIH NANOČESTICA ZA FOTOKATALITIČKO
UKLANJANJE MIKROPOLUTANATA IZ VODA.....347
47. O.Doklešić
IZVORIŠTA I SLIVNA PODRUČJA U POJASU BUDUĆE BRZE SAOBRAĆAJNICE OD
SUTORINE DO ZELENIKE355
48. O.Doklešić
PLANSKI PRISTUP SNABDIJEVANJU VODOM MALIH NASELJA I AGLOMERACIJA U
OPŠTINI ŽABLJAK365

ZDRAVSTVENI ASPEKT DVE KOMERCIJALNE VRSTE RIBA BEOGRADSKOG SEKTORA DUNAVA

Katarina Jovičić*, Jelena Vranković*, Vesna Djikanović*

* *Univerzitet u Beogradu, Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković” – Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Bulevar despota Stefana 142, 11108 Beograd, Srbija, katarina.jovicic@ibiss.bg.ac.rs, ORCID:0000-0002-5105-1532; jeca.s@ibiss.bg.ac.rs, ORCID:0000-0002-2060-8633; djiki@ibiss.bg.ac.rs, ORCID:0000-0002-3876-3420*

REZIME

U ovoj studiji utvrđene su koncentracije sedam metala kod dve komercijalne vrste riba, bodorka i krupatice ulovljenih na dve različite lokacije u beogradskom delu Dunava. Izmerene koncentracije metala bile su ispod standardnih koncentracija preporučenih propisima EU i Republike Srbije. Vrednosti indeksa procenjenog dnevnog unosa (EDI) su daleko ispod referentnih doza, što znači da je rizik od konzumiranja analizirane ribe minimalan. Iako dobijeni rezultati ne pokazuju jasan uticaj neprečišćenih otpadnih voda na koncentraciju metala u mišićima riba, kontinuirano praćenje ovih zagađivača se i dalje preporučuje.

KLJUČNE REČI: bodorka, krupatica, metali, EDI, Dunav

HEALTH ASPECT OF TWO COMMERCIAL FISH SPECIES FROM THE BELGRADE DANUBE SECTOR

ABSTRACT

In this study, the concentrations of seven metals were determined in two commercial fish species, roach and white bream caught at two different sites in the Belgrade part of the Danube. The measured metal concentrations were below the standard concentrations recommended EU and the Republic of Serbia regulations. The EDI index values are far below the reference doses, which means that the risk of eating the fish analysed is minimal. The results obtained show no clear influence of untreated wastewater on the concentration of metals in the muscle of fish, but continuous monitoring of these pollutants is still necessary.

KEY WORDS: roach, white bream, metals, EDI, Danube

UVOD

Reke su recipijenti svih tipova otpadnih voda (industrijskih, poljoprivrednih, komunalnih). Ribe su često izložene visokom stepenu zagađenja u vodi što dovodi do različitih promena, koje se mogu kretati od biohemijskih promena na nivou pojedinačne ćelije do promena u celoj populaciji. Pored toga, malo se zna o nivou kontaminiranosti riba kao namirnica za ishranu teškim metalima i drugim polutantima.

Teški metali se, usled njihove sposobnosti da se akumuliraju duž lanaca ishrane, smatraju jednim od ključnih zagađivača akvatičnih ekosistema. S obzirom da se ribe obično nalaze na vrhu lanaca ishrane u vodenoj sredini, često u organizmu akumuliraju velike količine pojedinih teških metala, a takođe spadaju u akvatične organizme koji su i najosetljiviji na prisustvo toksičnih materija u vodi.

Bodorika (*Rutilus rutilus*) je svaštojed i hrani se biljkama i raznim malim beskičmenjacima kao što su insekti, rakovi i mekušci. Krupatica (*Blicca bjoerkna*) je bentivorna riba koja se hrani bentosnim beskičmenjacima kao što su larve insekata, mekušci, rakovi i sitne ribe, kao i vodenom vegetacijom (Kottelat i Freyhof, 2007).

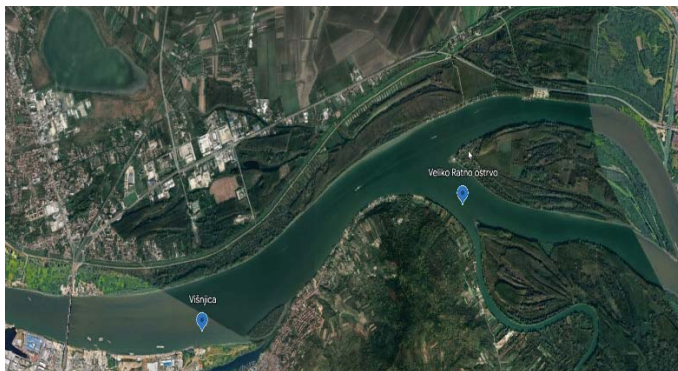
Beograd je najznačajnija industrijska zona u Srbiji, a najveći industrijski kapaciteti nalaze se uglavnom na obalama Dunava. Glavni problem zagađenja u Beogradu je ispuštanje otpadnih voda u reke Savu i Dunav bez prethodnog tretmana (Milanović i sar., 2010).

Sasvim je izvesno da su i ribe iz ribolovnih voda Beograda izložene i organskim i neorganskim polutantima koji mogu uticati na zdravlje ljudi koji ih konzumiraju. Ukupan godišnji ulov rekreativnih ribolovaca i alasa oko Beograda čini između 24 % i 31 % ukupnog godišnjeg ulova u Srbiji, i kreće se između 772 i 1.386 tona ribe, sa prosekom od 1.036 tona, u periodu od 2006. do 2012. godine.

Cilj rada je da se proceni rizik u slučaju konzumiranja bodorke i krupatice iz beogradskog sektora Dunava.

MATERIJAL I METODE

Uzorci bodorke i krupatice prikupljeni su uz pomoć profesionalnih alasa u aprilu 2021. godine. Ovo istraživanje je sprovedeno na Dunavu: lokalitet Višnjica (1162 rkm), koji je izložen najvećem kolektoru otpadnih voda u Beogradu i lokalitet Veliko Ratno ostrvo (1170 rkm) koji se nalazi na ušću reke Save u Dunav, a uzvodno od kolektora otpadnih voda (Slika 1). Na terenu su mereni težina (g) i totalna dužina (cm) svake individue, a identifikacija vrsta izvršena je prema Simonović (2006) i Kottelat i Freyhof (2007). Uzorci mišićnog tkiva uzeti su od svake jedinke radi analize koncentracije metala i elemenata u tragovima.



Slika 1. Lokaliteti uzorkovanja materijala
Figure 2. Sampling locations

Oderedjen je i Fultonov faktor kondicije (CF) po formuli:

$CF = WTL^{-3} \times 100$, gde je W težina ribe, a TL njena totalna dužina (Ricker, 1975).

Priprema uzoraka

Uzorci mišićnog tkiva svake jedinke osušeni su procesom liofilizacije, a zatim je oko 0,3 g svakog uzorka suvog materijala procesuirano u mikrotalasnom digestoru (ETHOS EASY, Milestone, Italy), uz dodavanje 6 ml 65 % HNO_3 (Merck, Germany) i 4 ml 30 % H_2O_2 (Merck, Germany), korišćenjem temperaturnog programa 180–240 °C tokom 35 minuta.

Analiza elemenata

Analiza elemenata izvršena je pomoću optičke emisije spektroskopije sa induktivno spregnutom plazmom (ICP-OES, Spectro Genesis EOP II, Spectro Analytical Instruments DmbH, Germany). Izmerene su koncentracije sledećih elemenata: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb i Zn. Vrednosti koncentracija su bile u opsegu 90–115% sertifikovanih vrednosti za sve ispitivane elemente. Blank uzorci procesuirani su na isti način radi utvrđivanja i kontrole prisustva analiziranih elemenata u korišćenim reagensima. Nakon procesuiranja, tečni uzorci filtrirani su i razblaženi destilovanom vodom do ukupne zapremine od 25 ml. Koncentracije elemenata izražene su u $\mu g/g$ suve mase.

Dobijene vrednosti koncentracije analiziranih elemenata upoređene su sa propisanim maksimalno dozvoljenim koncentracijama za upotrebu u ljudskoj ishrani (MDK), koje se izražavaju po jedinici sveže mase, prema Zakonodavstvu Evropske Unije (EU, 2006) i nacionalnom zakonodavstvu (Službeni glasnik RS", 22/2018-3, 90/2018-22, 76/2019-35, 81/2019-17).

Procenjeni dnevni unos

Procenjeni dnevni unos (EDI; u $\text{mg kg}^{-1} \text{ dan}^{-1}$) metala i elemenata u tragovima kroz potrošnju mišića ribe izračunat je korišćenjem sledeće jednačine (Javed and Usmani, 2016):

$$\text{EDI} = (\text{Mc} \times \text{IR}) / \text{Bm}$$

gde je: Mc koncentracija elementa u mišiću ribe (mg kg^{-1} vlažne težine); IR je stopa usvajanja mišića ribe ($13.4 \times 10^{-3} \text{ kg day}^{-1}$) prema navodima Speedy (2003), a Bm je prosečna telesna težina (70 kg za odrasle).

Dobijene vrednosti EDI su upoređene sa referentnom (bezbednom) oralnom dozom elementa (RfD). Ako je odnos EDI vrednosti elementa prema vrednosti referentne doze ili prihvatljivog dnevnog unosa (RfD) jednak ili manji od RfD, rizik će biti na minimalnom nivou; ako je 1-5 puta veći od RfD, rizik je nizak; ako je 5-10 puta veći od RfD, rizik je nizak; ako je 10 puta veći od RfD, rizik će biti visok.

REZULTATI I DISKUSIJA

Sakupljene jedinke bodorke i krupatice iz beogradskog sektora Dunava bile su uzrasta od 3⁺ do 5⁺. Kondicioni faktor jedinki na lokalitetu Veliko ratno ostrvo bio je ujednačen (1,45-1,98), dok je na lokalitetu Višnjica bio viši i kretao se u rasponu od 1,22 do 2,50. Izmerene dužine i težine jedinki prikazane su u Tabeli 1.

Tabela 1. Dužina, težina i uzrast sakupljenih jedinki riba na lokalitetima uzorkovanja
Table 1. Size and age of the two fish species sampled for each sampling site

	Veliko Ratno ostrvo		Višnjica	
	<i>R. rutilus</i>	<i>B. bjoerkna</i>	<i>R. rutilus</i>	<i>B. bjoerkna</i>
Dužina (cm)				
Min – max	27.0–29.0	30.2–34.0	24.0–27.0	22.0–27.5
Srednja vrednost	28.05	32.25	25.3	24.87
Težina (g)				
Min – max	360.0–400.0	400.0–780.0	200.0–300.0	190.0–390.0
Srednja vrednost	380.0	607.5	247.5	267.5
Uzrast	4 ⁺	5 ⁺	4 ⁺	3 ⁺ –4 ⁺

Izmerene koncentracije elemenata bile su različite u zavisnosti od lokaliteta uzorkovanja i od vrste ribe. Krupatice sa lokaliteta Veliko ratno ostrvo se izdvajaju po najvišim koncentracijama As, Cr, Hg i Ni, dok su u mišićima bodorki sa lokaliteta Višnjica izmerene najviše koncentracije Cu, Pb i Zn.

Tabela 2. Koncentracije analiziranih elemenata u mišiću krupatice i bodorka, beogradski sektor Dunava
 Table 2. Concentration of analyzed elements in roach and white bream muscle, belgrade sector of the Danube

Element	Višnjica		Veliko Ratno ostrvo	
	Krupatica	Bodorka	Krupatica	Bodorka
As	0.036± 0.467	0.048± 0.049	0.095± 0.074	0.019± 0.003
Cr	0.038± 0.0337	0.012± 0.026	0.088± 0.194	0.019± 0.033
Cu	0.229± 0.155	0.473± 0.157	0.191± 0.205	0.264± 0.255
Hg	0.049± 0.0222	0.075± 0.041	0.101± 0.042	0.080± 0.067
Ni	0.378± 0.467	0.163± 0.087	0.536± 0.232	0.317± 0.510
Pb	0.048± 0.0627	0.103± 0.171	0.026± 0.008	0.023± 0.004
Zn	15.922±9.515	21.945± 9.940	11.407± 7.420	9.002± 8.040

Koncentracije metala i elemenata u tragovima su bile ispod dozvoljenih vrednosti prema nacionalnom zakonodavstvu kao i zakonodavstvu Evropske Unije, s tim što je koncentracija Pb prevazilazila tu vrednost u jednom uzorku.

Ribe akumuliraju toksične hemikalije direktno iz vode i kroz lance ishrane, tako da polutanti i njihovi ostaci na kraju mogu dostići koncentracije koje su stotine ili hiljade puta veće od onih u vodi, sedimentu i njihovoj prirodnoj hrani. Iz tog razloga, praćenje kontaminacije tkiva riba ima važnu funkciju kao indikator ranog upozorenja na probleme vezane za kvalitet vode i sedimenta. Praćenje kontaminacije omogućava otkrivanje toksičnih hemikalija u ribama koje mogu biti štetne za potrošače, što omogućava preduzimanje odgovarajućih mera radi zaštite javnog zdravlja i okruženja.

Prema Babović i sar. (2011) poslednjih godina u Srbiji proizvodnja ribe se kreće oko 12,500 tona godišnje, dok potrošnja per capita iznosi 5,7 kg. Oko 30 % u potrošnji odnosi se na domaću proizvodnju i ulov iz reka i jezera. Dakle, u Srbiji potrošnja ribe poreklom iz otvorenih voda iznosi oko 0,51 kg per capita, a u Beogradu je i nešto veća i iznosi oko 0,63kg.

EDI indeks je pokazao da su dobijene vrednosti daleko manje od referentnih doza, što znači da je rizik konzumiranja ispitivanih riba na minimalnom nivou.

Naši rezultati se razlikuju od prethodnih analiza koncentracija metala u mišićima ribe na istim mestima uzorkovanja kao u prethodnim studijama (Kostić-Vuković i sar., 2021; Subotić i sar., 2015; Subotić i sar., 2019). Što se tiče lokaliteta Veliko Ratno ostrvo, koncentracije Cr u mišićima ribe određene u ovoj studiji su u skladu sa rezultatima Subotić i sar., (2015, 2019). Koncentracije As, Cr i Cu u mišićima jedinki na zagađenom lokalitetu Višnjica bile su znatno niže nego u deverici uzorkovanoj na istom lokalitetu 2014. godine (Kostić-Vuković i sar., 2021).

ZAKLJUČAK

Dobijeni rezultati ne pokazuju jasan uticaj neprečišćenih otpadnih voda na koncentraciju metala u mišiću bentivornih riba beogradskog sektora Dunava, međutim neophodno je kontinuirano praćenje pomenutih polutanata.

Zahvalnica

Ovu studiju je finansiralo Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, broj ugovora 451-03-47/2023-01/200007.

LITERATURA:

- Babović, J., Ignjatijević, S. i Đorđević, D. (2011). Ponuda, tražnja i elastičnost potrošnje ribe. *Ekonomika poljoprivrede*, 58 (4): 595-608.
- EU. Commission Regulation (EC) No. 1881/2006 of 19 december 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (text with EEA relevance). *Off. J. Eur. Union* 2006, 364, 5–24.
- Javed, M., Usmani, N., 2016. Accumulation of heavy metals and human health risk assessment via the consumption of freshwater fish *Mastacembelus armatus* inhabiting thermal power plant effluent loaded canal. *SpringerPlus* 5, 776.
- Kostić-Vuković, J.; Kolarević, S.; Kračun-Kolarević, M.; Višnjic-Jeftić, Ž.; Rašković, B.; Poleksić, V.; Gačić, Z.; Lenhardt, M.; Vuković-Gačić, B. Temporal variation of biomarkers in common bream *Abramis brama* (L., 1758) exposed to untreated municipal wastewater in the Danube River in Belgrade, Serbia. *Environ. Monit. Assess.* 2021, 193, 465.
- Kottelat, M., Freyhof, J.(2007), *Handbook of European freshwater fishes* 660. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin Germany
- Pravilnik o o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje i o hrani i hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja. "Službeni glasnik RS", 22/2018-3, 90/2018-22, 76/2019-35, 81/2019-17
- Ricker, W.E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, Bulletin 191, Ottawa. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/Library/1485.pdf>
- Simonović, P. (2006) *Ribe Srbije*. NNK International, Biološki fakultet & Zavod za zaštitu prirode Srbije, Beograd.
- Speedy, A.W., 2003. Global production and consumption of animal source foods. *J. Nutr.* 133, 4048S-4053S.
- Subotić, S.; Višnjic-Jeftić, Ž.; Đikanović, V.; Spasić, S.; Krpo-Ćetković, J; Lenhardt, M. Metal Accumulation in Muscle and Liver of the Common Nase (*Chondrostoma nasus*) and Vimba Bream (*Vimba vimba*) from the Danube River, Serbia: Bioindicative Aspects. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 2019, 103, 261–266.
- Subotić, S.; Višnjic-Jeftić, Ž.; Spasić, S.; Hegediš, A.; Krpo-Ćetković, J; Lenhardt, M. Concentrations of 18 Elements in Muscle, Liver, Gills, and Gonads of Sichel (*Pelecus cultratus*), Ruffe (*Gymnocephalus cernua*), and European Perch (*Perca fluviatilis*) in the Danube River near Belgrade (Serbia). *Water Air Soil Pollut.* 2015, 226, 287.