

KVALITET SEDIMENTA AKUMULACIJE MEDJUVRŠJE

Đikanović Vesna*, Skorić Stefan**

* *Univerzitet u Beogradu, Institut za biološka istraživanja "Siniša Stanković",
Bulevar despota Stefana 142, Beograd; e-mail: djiki@ibiss.bg.ac.rs*

** *Univerzitet u Beogradu, Institut za multidisciplinarna istraživanja, Kneza
Višeslava 1a, Beograd*

REZIME

Tokom jula i septembra 2013. godine na akumulaciji Međuvršje prikupljeni su uzorci sedimenta na tri lokaliteta radi utvrđivanja ukupnog sadržaja 18 elemenata (Ag, Al, As, B, Ba, Hg, Cd, Co, Cr, Li, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, Sr i Li) u njima. Koncentracije bakra u svim uzorcima bile su više od ciljnih i MDK vrednosti, a u dva uzorka (brana Međuvršje-juli i Zgrade-septembar) prevazilaze su i verifikacioni nivo. Takođe, u svim uzetim uzorcima koncentracije nikla i cinka prevazilaze su ciljne i MDK vrednosti (izuzev Zn kod brane Međuvršje u septembru).

KLJUČNE REČI: metali, koncentracija, podloga, veštačko jezero.

SEDIMENT QUALITY IN MEDJUVRŠJE RESERVOIR

ABSTRACT

During the months of July and September 2013 sediment samples were collected at three locations from the Međuvršje reservoir in order to determine the total content of 18 elements (Ag, Al, As, B, Ba, Hg, Cd, Co, Cr, Li, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, Sr and Li). Copper concentrations in all collected samples were more than targeted and MAC values, and in two samples (Međuvršje dam-July and Zgrade locality-September) they exceeded the verification level also. As well, in all collected samples, the concentrations of Ni and Zn exceeded targeted and MAC values (except for Zn at the Međuvršje dam in September).

KEY WORDS: metals, concentrations, bottom, artificial lake.

UVOD

Ovčarsko-kablarska klisura je, sa pripadajućim kopnenim i vodenim ekosistemima, zaštićena kao predeo izuzetnih odlika. Klisuru je formirala reka Zapadna Morava

probijajući se između planina Ovčar (visina 985 m) na jugoistoku i Kablar (885 m) na severozapadu. U geološkoj podlozi Ovčarsko-kablarske klisure dominiraju krečnjaci, uz manju zastupljenost serpentina, dolomita, škriljaca i peščara. Duž rečnih obala najviše je zastupljeno smeđe-rudo zemljište (Popović, 1996; Kovačević i sar., 1997).

Neposredni tok Zapadne Morave je 1953. godine pregrađen betonskim branama HE Ovčar Banja na 195km + 700m i HE Međuvršje na 183km + 100m rečnog toka. Time je ostvaren uspor toka i tokom narednih godina formirane su Ovčarsko-kablarska (površine 72ha) i akumulacija Međuvršje (150ha). Transformacija rečnog u slabo protočne jezerske ekosisteme (akumulacije) dovela je do drastičnih promena ambijentalnih uslova za odvijanje osnovnih životnih aktivnosti riba i drugih vodenih organizama na koje su se oni različito adaptirali.

Jezero Međuvršje je najveće veštačko jezero na Zapadnoj Moravi. Zapremina akumulacije je, pri formiranju, iznosila $15.4 \times 10^6 \text{ m}^3$, ali je zasuto više od 70% prvobitne zapremine (po podacima iz 1987. godine zapremina iznosi $5.6 \times 10^6 \text{ m}^3$). Prosečan godišnji proticaj iznosi $34.1 \text{ m}^3/\text{s}$ sa tendencijom opadanja poslednjih godina (po podacima JP "Elektromorava" Čačak, prosečni proticaj za 2000. godinu iznosio je $23.5 \text{ m}^3/\text{s}$). Trenutno se kao akumulacija može tretirati samo deo korita reke oko 500 metara uzvodno i prostor neposredno uz branu. Po izgradnji brane počelo je vrlo brzo zasipanje, i može se reći da je proces zasipanja praktično i završen u akumulaciji Međuvršje (zasuto 82% ukupne zapremine, 62% korisne), ali se uočava pomeranje nanosa iz gornjeg u donji deo akumulacije. Dakle, može se očekivati eventualno pokretanje i premeštanje nanosa lokalnog karaktera, i to samo pri velikim vodama (Babić-Mladenović i sar., 2003).

Dno akumulacije je najvećim delom muljevito, u manjoj meri peskovito. Glavni tok reke ide blizu desne obale što dovodi do potkopavanja i zasipanja leve obale akumulacije. Posledica ovih procesa je postepeno izdizanja ostrvaca obraslih hidrofilnim makrofitama. Providnost vode leti iznosi 0.5 do 0.8 m, zimi 4.3 m.

Aktivnost HE Međuvršje dovodi do oscilovanja u litoralnoj zoni od 20 do 30cm. Režim rada HE ne ugrožava biološki minimum reke koji je procenjen na $3.75 \text{ m}^3/\text{s}$. Stalno taloženje rečnog nanosa dovodi do stvaranje malih zaravni koje usporavaju tok i menjaju izgled rečnog korita.

Sediment je suštinska, dinamična komponenta svih vodenih ekosistema, zahvaljujući svojoj izraženoj tendenciji/sklonosti da prikuplja i zadržava toksična i nerazgradiva antropogena jedinjenja (US EPA, 2001). Akumulacija toksičnih supstanci u sedimentu može imati brojne štetne uticaje na ekosistem, od onih jasno vidljivih do pojedinačnih/izolovanih i nevidljivih uticaja. Upravo iz tog razloga, neophodna je Regulativa koja postavlja standarde kvaliteta za procenu kvaliteta sedimenta, uporedo sa procenom rizika u pogledu štetnih uticaja zagađenog sedimenta i odgovarajućim pristupom koji je neophodan za njegovu obradu, kao i standarde kvaliteta koji su osnov za primenu odgovarajućih metoda obrade/tretmana sedimenta u slučaju njegove kontaminacije.

Metali spadaju među značajne zagađivače akvatičnih ekosistema, s obzirom na njihovu stabilnost u ekosistemu i transport kroz lanac ishrane. Rečni sedimenti mogu deponovati visoke koncentracije metala, a brojni akvatični organizmi koriste sediment za različite potrebe u različitim fazama svog životnog ciklusa. Metali se ne razgrađuju, već ostaju deponovani u prirodnoj sredini nakon prerade njihovih ruda, utičući na sve vrste u ekosistemu (Fernandes i sar., 2007; Abdel-Baki i sar., 2011).

Postoje dva glavna načina na koji metali dospevaju do vodenih ekosistema: prirodno (erozijom, spiranjem zemljišta, vulkanskom aktivnošću i depozicijom meteorita) (Rauch i Graedel, 2007; Rauch i Pacyna, 2009) i kao posledica ljudskih aktivnosti koje su kombinacija urbanih, industrijskih i poljoprivrednih aktivnosti, spiranja kišnice i odlaganja kanalizacionih voda (Schueler 2000; Čevik i sar., 2009).

Cil rada je kvalitativna i kvantitativna analiza ukupnog sadržaja 18 elemenata u površinskom sloju sedimenta akumulacije Međuvršje, i procena kvaliteta uzorkovanih sedimenata u skladu sa maksimalno dozvoljenim koncentracijama (MDK) za Republiku Srbiju.

MATERIJAL I METODA

Na terenu su, u junu i septembru 2013. godine, uzeti uzorci sedimenta do 15 cm dubine korišćenjem Ekmanovog bagera (zahvatna površina 225 cm²), sa tri lokacije (Slika 1). Uzorci sedimenta, osušeni na 70 °C do dostizanja konstantne težine, homogenizovani su u avanu. Za određivanje ukupne koncentracije metala i mikroelemenata u sedimentu oko 0.4g usitnjenog materijala je mineralizovano u 10 ml 69% HNO₃ u mikrotalasnoj peći (speedwave MWS-3+; Bergof Products+Instruments GmbH, Eningem, Germany) i razblaženo do 25 ml zapremine destilovanom vodom. Svi uzorci su filtrirani pre merenja. Koncentracije elemenata su utvrđene metodom indukovano spregnute plazme - optičko emisione spektrometrije (ICP-OES, Spectro Genesis EOP II, Spectro Analytical Instruments GmbH, Kleve, Germany).

Utvrđene su koncentracije sledećih metala i mikroelemenata: srebro (Ag), aluminijum (Al), arsen (As), bor (B), barijum (Ba), živa (Hg), kadmijum (Cd), kobalt (Co), hrom (Cr), litijum (Li), bakar (Cu), gvožđe (Fe), mangan (Mn), nikal (Ni), olovo (Pb), cink (Zn), stroncijum (Sr) i litijum (Li).

Za ocenu kvaliteta sedimenta/mulja korišćene su vrednosti definisane regulativom Republike Srbije (Službeni glasnik RS 50/12), kao i najčešće korišćene kanadske i holandske smernice za kvalitet sedimenta (Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, 1999; Kelderman P., 2002).



Slika 1. Lokaliteti na akumulaciji Međuvršje (● – mesto uzimanja uzorka)
 Figure 1. Localities on Međuvršje reservoir (● – sampling position)

REZULTATI I DISKUSIJA

Izmerene ukupne koncentracije ispitivanih elemenata u sedimentu akumulacije Međuvršje predstavljene su u Tabeli 1.

Regulativa o graničnim vrednostima emisije u sedimentu/mulju određuje/propisuje granične vrednosti zagađujućih supstanci u sedimentu, uporedo sa rokovima za dostizanje tih vrednosti. Za procenu kvaliteta sedimenta, koriste se sledeće granične vrednosti: ciljna vrednost, maksimalno dozvoljena koncentracija i verifikacioni nivo (Tabela 2) (Službeni glasnik RS 50/12). Ciljna vrednost predstavlja graničnu vrednost koncentracije zagađujućih supstanci u sedimentu ispod koje su negativne posledice po okolinu zanemarljive/beznačajne; predstavlja dugoročan cilj za kvalitet sedimenta. Maksimalno dozvoljena koncentracija (MDK), predstavlja graničnu vrednost koncentracije zagađujuće supstance u sedimentu iznad koje su moguće negativne posledice po okolinu. Verifikacioni nivo je je maksimalna tolerantna koncentracija zagađujuće supstance u sedimentu iznad koje se zahteva remedijacija.

Tabela 1. Ukupne koncentracije elemenata u sedimentu akumulacije (mg/kg)
 Table 1. Total concentrations of elements in the sediment of the Međuvršje reservoir

Lokalitet Ele.	Zagradje IX 2013.	Zagradje VII 2013.	Jovanje IX 2013.	HE Međuvršje IX 2013.	HE Međuvršje VII 2013.
Ag	0.406	0.275	0.384	0.208	0.392
Al	20737.654	11694.476	15603.406	10185.227	17540.459
As	14.75	13.6	11.35	10.25	14.3
B	11.903	9.452	13.335	8.417	10.985
Ba	51.246	39.305	50.627	27.975	51.846
Cd	1.91	1.623	1.089	1.061	1.979
Co	12.644	11.032	12.629	12.002	12.125
Cr	61.363	44.862	52.227	44.705	58.219
Cu	261.425	181.342	150.487	112.563	276.51
Fe	63676.9	54269.21	60247.93	58065.91	61216.79
Hg	0.2	0.16	0.13	0.087	0.22
Li	141.4	122.291	136.618	133.775	137.138
Mn	488.452	407.697	449.148	368.813	471.558
Ni	80.774	67.919	72.141	72.538	78.321
Pb	26	23.4	25.5	18.05	25.85
Sr	53.22	39.728	48.574	37.781	55.429
Zn	179.3	141.195	165.268	121.212	189.614

Tabela 2. Granične vrednosti za ocenu statusa i trenda kvaliteta sedimenta
 Table 2. Limit values for assessing the status and trend of sediment quality

Parametar	Jedinica mere	Ciljna vrednost	Maksimalno dozvoljena koncentracija	Verifikacioni nivo
Arsen (As)	mg/kg	29	42	55
Kadmijum (Cd)	mg/kg	0,8	6,4	12
Hrom (Cr)	mg/kg	100	240	380
Bakar (Cu)	mg/kg	36	110	190
Živa (Hg)	mg/kg	0,3	1,6	10
Olovo (Pb)	mg/kg	85	310	530
Nikal (Ni)	mg/kg	35	44	210
Cink (Zn)	mg/kg	140	430	720

Izmerene vrednosti As, Cd, Cr, Hg i Pb u svim uzetim uzorcima sedimenta bile su ispod ciljnih vrednosti. Koncentracije bakra u svim uzorcima bile su više od ciljnih i MDK vrednosti, a u uzorcima uzetih kod brane Međuvršje (juli mesec) i lokaliteta Zagrađe (septembar mesec) prevazilaze verifikacioni nivo. U svim uzetim uzorcima sedimenta koncentracije nikla prevazilaze ciljne i MDK vrednosti. Izmerene vrednosti cinka u svim uzorcima sedimenta, izuzev uzorka uzetog kod brane Međuvršje u septembru, prevazilaze ciljne vrednosti.

Koncentracija bakra u sedimentu uzorkovanom kod brane Međuvršje (juli mesec) i lokaliteta Zagrađe (septembar mesec) prevazilaze remedijacionu vrednost od 190 mg/kg (Službeni glasnik RS 50/12), koja predstavlja graničnu vrednost iznad koje je moguć neočekivani rizik po vodnu sredinu ili rizik o daljem prenosu zagađenja kroz akvatičnu sredinu.

Takođe, u Tabeli 3 prikazane su u svetu najčešće korišćene (holandske i kanadske) smernice za kvalitet sedimenta (Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, 1999; Kelderman P., 2002).

U poređenju sa graničnim koncentracijama metala u sedimentu prema holandskim i kanadskim smernicama izmerene vrednosti As, Cd, Cr, Pb, Hg i Zn u sedimentu akumulacije Međuvršje, u svim uzorcima, su niže od propisanih. Izmerene vrednosti bakra su više od propisanih holandskih, dok su u odnosu na kanadske više u uzorcima uzetim kod brane Međuvršje u julu mesecu i na lokalitetu Zagrađe u septembru. Vrednosti nikla u sedimentu akumulacije Međuvršje prevazilaze one propisane holandskim smernica.

Tokom perioda 2012-2017 ispitivan je kvalitet sedimenta površinskih vodotokova Srbije i utvrđeno je da su izmerene koncentracije elemenata Zn, Cr, Pb, Cd, Ni i As na lokalitetu koji se nalazi uzvodno od akumulacije Međuvršje (Gugaljski most) bile višestruko veće od vrednosti koje smo izmerili 2013 (Agencija za zaštitu životne sredine, 2019). U Zapadnoj Moravi, bakar je identifikovan kao teški metal koji je od najvećeg rizika po vodotok. Glavni izvori zagađenja Zapadne Morave jesu antropogene aktivnosti (poljoprivredne aktivnosti), kao i otpadne vode tekstilne, drveno-prerađivačke i metalske industrije (Morina i sar., 2016).

Tabela 3. Kanadske i holandske smernice za kvalitet sedimenta (mg/kg)
Table 3. Canadian and Dutch Sediment Quality Guidelines (mg/kg)

Polutant	Granične koncentracije prema holandskim smernicama (MPC-maximum permissible concentration)	Granične koncentracije prema kanadskim smernicama (PEL-probable effect level)
Arsen	55	17
Kadmijum	12	3,5
Hrom	380	90
Bakar	73	197
Olovo	530	91,3
Nikl	44	-
Živa	10	0,486
Cink	620	315

Iako su u sedimentu akumulacije Međuvršje registrovane povišene koncentracije pojedinih metala u odnosu na regulativama propisane vrednosti, ekotoksikološka istraživanja akumulacije metala u mesu različitih vrsta riba pokazala su da nema opasnosti po zdravlje ljudi usled njihovog konzumiranja (Službeni glasnik SRJ. 5/92, 11/92 - cor. 32/2002, Djikanović i sar., 2016).

ZAKLJUČAK

Rečni sedimenti mogu deponovati visoke koncentracije metala koje mogu imati brojne štetne uticaje na ekosistem, od onih jasno vidljivih do pojedinačnih/izolovanih i nevidljivih uticaja. S obzirom na veliku količinu rečnog nanosa u akumulaciji Međuvršje i njenog zasipanja, koncentracije bakra iznad remedijacione vrednosti mogu imati štetne posledice po akvatični ekosistem i živi svet u njemu.

Zahvalnica:

Istraživanje je podržano od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (br. projekta TR 37009)

LITERATURA:

- Abdel-Baki A, Dkhil M, Al-Quraishy S., Bioaccumulation of some heavy metals in tilapia fish relevant to their concentration in water and sediment of Wadi Hanifah, Saudi Arabia, *African Journal of Biotechnology* 10 (2011) 2541-2547
- Agencija za zaštitu životne sredine (2019) Kvalitet sedimenta reka i akumulacija Srbije. Ministarstvo za zaštitu životne sredine. Republika Srbija. ISBN 9778-86-87159-23-5
- Babic Mladenovic M, Obuskovic Z, Knezevic Z., Zasipanje akumulacija u Srbiji – Problemi i pravci resavanja, *Vodoprivreda* 35 (2003) 387-393
- Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: Introduction (1999. (updated 2002.)) Canadian Council of Ministers of the Environment, except from Publication No.1299; ISBN 1-896997-34-1
- Çevik F, Göksu M, Derici O, Findik O., An assessment of metal pollution in surface sediments of Seyhan dam by using enrichment factor, geoaccumulation index and statistical analyses, *Environmental Monitoring and Assessment* 152 (2009) 309-317.
- Djikanovic V, Skoric S, Gacic, Z., Concentrations of Metals and Trace Elements in Different Tissues of Nine Fish Species from the Meduvrsje Reservoir (West Morava River Basin, Serbia), *Archives of Biological Sciences* 68(4) (2016) 811-819
- Fernandes D, Bebianno MJ, Porte C., Hepatic levels of metal and metallothioneins in two commercial fish species of the Northern Iberian shelf, *Science of Total Environment* 391 (2008) 159-167

- Kelderman P. (2002) Pollution sources and abatement measures for dredged sediments in the city of Delft (The Netherlands), International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering (IHE), Delft, The Netherlands, European Water Management Online, Official Publication of the European Water Association (EWA)
- Kovačević, B., Kovačević, R., Labus, D., Popović, I. (1997) Moravički okrug. Glas Srbije, Kraljevo
- Morina A, Morina F, Djikanović V, Spasić S, Krpo-Četković J, Lenhardt M., Seasonal variation in element concentrations in surface sediments of three rivers with different pollution input in Serbia, *Journal of Soils Sediment* 16(1) (2016) 255-265
- Popović, I. (1996) Opština Čačak – geografska proučavanja. Litopapir, Čačak
- Rauch J, Graedel T., Earth's anthropiogeochemical copper cycle, *Global Biogeochemical Cycles* 21 (2007) GB2010, doi:10.1029/2006GB002850
- Rauch J, Pacyna J., Earth's global Ag, Al, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, and Zn cycles, *Global Biogeochemical Cycles* 23 (2009) GB2001, doi:10.1029/2008GB003376
- Schueler T. (2000) Cars are leading source of metal loads in California. *The Practice of Watershed Protection*, Ellicott City
- Službeni glasnik RS 50/12. Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje.
- Službeni glasnik SRJ. 5/92, 11/92 - cor. 32/2002. Pravilnik o količini pesticida, metala i metaloida i drugih otrovnih supstancija, hemioterapeutika, anabolika i drugih supstancija koje se mogu nalaziti u namirnicama.
- US EPA (2001) *Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediment for Chemical and Toxicological Analysis: Technical Manual*. EPA 823-B-01-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC