



ANALIZA REZULTATA PREKOGRANIČNOG MONITORINGA ZAGAĐENJA VODE I SEDIMENTA U SRBIJI

ANALYSIS OF MONITORING RESULTS TRANSBOUNDARY WATER AND SEDIMENT POLLUTION IN SERBIA

IZVOD

U radu su predstavljeni rezultati kvaliteta sedimenta i vode reka u okviru monitoringa koji sprovodi Agencija za zaštitu životne sredine na osnovu godišnjih programa koji usvaja Vlada Republike Srbije. Prezentovana je analiza kvaliteta sedimenta za period 2012-2017. godina i kvaliteta vode reka za 2023. godinu za međugranične profile na rekama Dunav, Sava i Tisa. Izbor profila je urađen prema kriterijumu reprezentativnosti dobijanja uvida u mogući uticaj prekograničnog zagađenja u slivu reke Dunav. Analiza ima za cilj da prezentuje „istorijski zapis“ sedimenta i sa aktuelnim rezultatima kvaliteta vode na istim profilima ukaže na moguće uzročno-posledične veze. Za ocenu kvaliteta sedimenta reka korišćen je međunarodni kriterijum zasnovan na empirijskom pristupu, odnosno terenskim i laboratorijskim podacima o odgovorima bentičkih organizama na izlaganje zagađenom sedimentu. U zaključnim razmatranjima data je preporuka za definisanje standarda kvaliteta za tretirane sedimenta, čime će se proširiti postojeća regulativa koja uređuje oblast deponija i otpada, pri čemu bi se u obzir uzela specifična svojstva materijala bagerovanog sa rečnog dna.

Ključne reči: prekogranične vode, sediment, zagađenje

ABSTRACT

The paper presents the results of sediment and surface water quality as part of the monitoring carried out by the Environmental Protection Agency based on the annual program adopted by the Government of the Republic of Serbia. An analysis of sediment quality for the period 2012-2017 and water quality for the year 2023 was presented for transboundary profiles on the rivers Danube, Sava and Tisa. The selection of the profile was made according to the representativeness criterion of obtaining an insight into the possible impact of cross-border pollution in the Danube river basin. The analysis aims to present the “historical record” of the sediment and with the current water quality results on the same profiles to indicate possible cause-and-effect relationships. International criteria based on an empirical approach were used for sediment quality assessment, regarding laboratory data like the responses of benthic organisms to exposure to polluted sediment. In the final deliberations, a recommendation was made to define quality standards for treated sediments, which will expand the existing regulations governing the area of landfills and waste, thereby taking into account the specific properties of material dredged from the river bottom.

Key words: transboundary water, sediment, pollution

* Nebojša Veljković¹, Tamara Perunović Ćulić², Ljubiša Denić², Zoran Stojanović², Tatjana Dopuđa Glišić², Ivana Deršek², Ivana Marić²

¹ Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Simina 13, 11158 Beograd

² Ministarstvo zaštite životne sredine/Agencija za zaštitu životne sredine

* nebojsa.veljkovic55@gmail.com



1. UVOD

Sediment je mešavina različitog materijala, organskog i neorganskog porekla koji se prenosi vodom ili ledom i najčešće obuhvata mineralne soli, glinu, mulj, pesak i biološki materijal (alge). Erozijom u rečnom slivu pod uticajem vode razaraju se čestice na površini zemljišta i dolazi do njihovog transporta iz gornjih u donje delove sliva posredstvom energije površinskih voda koje se slivaju. Do slivanja atmosferskih voda i transportovanja pokrenutih čestica sedimenta dolazi kada intenzitet padavina postane veći od intenziteta upijanja palih voda na zemljište, pri čemu se transportuju i hemikalije i zagađujuće materije različitog porekla. Zagađeni sediment je akumulirani materijal rečnog korita koji sadrži toksične ili opasne materije koje su štetne za zdravlje ljudi i životnih zajednica u vodenoj sredini. Zagađanje potiče od tačkastih/koncentrisanih izvora (industrijska i komunalna otpadna voda ili drugi izvori otpadnih voda) i rasutih/difuznih izvora oticanjem preko kontaminiranih zemljišta (rudnički otpad, industrijske i komunalne deponije i gradska područja).

Pojedine zagađujuće materije mogu biti dugotrajni izvori problema u životnoj sredini. Najproblematičniji zagađivači u istaloženom i suspendovanom sedimentu su pojedini metali, a pogotovu bioakumulativne toksične supstance, kao što su POPs (Persistent Organic Pollutants) hemikalije (Sakan i sar., 2017). Sediment deluje kao potencijalni suder za mnoge toksične hemikalije. Istorijski posmatrano, od industrijske revolucije veštački proizvedene hemijske supstance spiranjem putem zemljišta ili emisijom u vode završavaju u površinskim vodama. Zbog svojih svojstava, mnoge od ovih hemikalija-zagađivača se akumuliraju u sedimentu. Na taj način, rečni tokovi ili akumulacije imaju svojstvo „dugog zapisa“ u sedimentu i odražavaju istoriju zagađenja u rečnom slivu. U slučaju poboljšanja kvaliteta površinske vode, nasleđe prošlosti i dalje može biti prisutno u sedimentima sakrivenim na dnu reka ili iza brana akumulacija. Zato sedimenti mogu postati sekundarni izvori zagađenja, kada se erodiraju zbog poplave i erozije i transportuju dalje nizvodno u slivu (Brils J., 2008).

Ako se budu ostvarile projekcije klimatskih promena za oblast Jugoistočne Evrope nastaviće se trend sezonskih hidroloških varijacija reka srpskog podunavlja, što će imati za posledicu izraženu neravnomernost vodnog režima koja će se manifestovati periodima visokih voda bujičnog tipa i dugim periodima malih voda (IPCC - Sixth Assessment Report Working Group I, 2021). Prethodni stav je potpuno u skladu sa informacijama iz jednog ranijeg izveštaja namenjenog, kako je navedeno,

„kreatorima politika za različite nivoe upravljanja i faze političkih formulacija kao podrška planiranju i primeni prilagođavanja na klimatske promene“ (*Adaptation in Europe*, 2013). Ovo je vredno pomena jer je u narednom izveštaju o stanju i izgledima evropske životne sredine naglašeno da će prekogranični transport zagađivača igrati sve veću ulogu sa potencijalno negativnim uticajima na kvalitet evropskih voda (*The European environment — state and outlook 2015*, SOER 2015). Konačno ono što je najvažnije, ovo predviđanje se ostvarilo avgusta 2022. godine na reci Odri. Suša i nizak vodostaj sa visokom temperaturom vode u kombinaciji sa ispuštanjem zagađene vode iz rudnika soli i pratećim zagađenjem fosforom i azotom iz gradskih otpadnih voda, koje je dovelo do masovne eutrofikacije duž celog toka, imalo je ekološki uticaj na oko 500 km reke Odre. Procenjeni mortalitet riba i drugih vodenih organizama bio je oko hiljadu tona. Početni akcident se dogodio u Poljskoj i tokom reke proširio kroz Nemačku (*Europe's state of water 2024*, 2024). Ovaj događaj je naglasio važnost razvoja praksi upravljanja rečnim slivovima kako bi se poboljšao prekogranični monitoring, komunikacije i upravljanje rizicima.

Prethodna iskustva koja smo izneli su bila dovoljan podsticaj da u ovom radu predstavimo ranije rezultate kvaliteta sedimenta u okviru monitoringa na prekograničnim profilima Dunava, Save i Tise i sa aktuelnim rezultatima kvaliteta vode na istim profilima ukažemo na moguće uzročno-posledične veze. Izbor profila je urađen prema kriterijumu reprezentativnosti dobijanja uvida u mogući uticaj prekograničnog zagađenja u slivu reke Dunav na teritoriji naše zemlje.

2. KRITERIJUMI ZA OCENU KVALITETA SEDIMENTA

Tokom proteklih decenija, tačnije od osamdesetih godina prošlog veka, razvijeno je više kriterijuma za ocenu kvaliteta sedimenta u nastojanju da se definišu granične vrednosti koje će pomoći u donošenju stavova u vezi upravljanja zagađenim sedimentima. U skladu sa opštom definicijom pojma kriterijum, da je to merilo procene ili ocene u odnosu na poželjnu ili referentnu vrednost, hemijska kontaminacija sedimenta određuje se merenjem koncentracija pojedinačnih elemenata ili jedinjenja u ukupnoj (rasutoj) masi sedimenta i njihovim poređenjem sa referentnim vrednostima. Generalno, analitičke hemijske metode su danas standardna procedura tako da je jednostavno određivanje koncentracija zagađujućih elemenata ili jedinjenja i ostaje samo definisanje kriterijuma za standarde, smernice, indikatore ili nivo upozorenja, kao polazište za donošenje zakonom utvrđene procedure delovanja

(*Sediment Screening Values*, 2004). Mere delovanja se odnose na ograničeno odlaganje iskopanog mulja iz korita reke i njegovog daljeg korišćenja, zbog moguće kontaminacije rečne vode u zoni deponovanog rečnog sedimenta i uticaja na riblji fond i ljudsko zdravlje.

Svi dosada korišćeni kriterijumi na međunarodnom nivou se mogu sistematizovati u dve grupe nastale iz dve vrste pristupa. Prvi pristup, koji se oslanja na hemizam sedimenta upoređenjem sa referentnim vrednostima tako da se dobija ocena kvaliteta. Drugi pristup, gde se kontaminacija sedimenta upoređuje sa štetnim efektima na živi svet u vodi. Primer kriterijuma iz prvog pristupa je regulativa koja se primenjuje u Srbiji kojom su utvrđene granične vrednosti zagađujućih supstanci u sedimentu (*Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje*, 2012) i preporuke ICPDR-a (*Joint Danube Survey 2*, 2008). Srpska uredba definiše ciljnu vrednost – maksimalno dozvoljenu koncentraciju (MDK) i remedijacionu vrednost za koncentracije pojedinačnih ili grupe zagađujućih materija. Ciljna vrednost je granična vrednost koncentracije zagađujuće materije ispod koje su negativni uticaji na okolinu zanemarljivi i ona predstavlja dugoročni cilj kvaliteta sedimenta, dok je maksimalno dozvoljena koncentracija (MDK) zagađujućih materija vrednost iznad koje su negativni uticaji na okolinu verovatni.

Drugi pristup definisanja kriterijuma kvaliteta sedimenta generalno postavlja dva praga nivoa

sadržaja zagađujućih materija u sedimentu, prvi, ispod kojeg se retko javljaju negativni efekti na akvatične beskičmenjake (makroinvertebrate) [nivo najnižeg efekta (LEL), prag nivoa efekta (TEL), nizak raspon efekta (ERL), prag minimalnog efekta (MET)], i drugi, iznad kojeg se negativni efekti verovatno javljaju [nivo ozbiljnog efekta (SEL), nivo verovatnog efekata (PEL), srednji raspon efekta (ERM), prag toksičnog efekta (TET)], (Burton G. A., 2002; *Kvalitet sedimenta reka i akumulacija Srbije*, 2019).

3. ANALIZA REZULTATA ISPITIVANJA KVALITETA SEDIMENTA

Analiza rezultata ispitivanja kvaliteta sedimenta na prekograničnim profilima reka Dunav (Bezdan – ulazni profil/Mađarska, Radujevac – izlazni profil/Rumunija), Sava (Jamena – ulazni profil/Hrvatska), Banatska Palanka (Dunav – državna granica Srbija/Rumunija) i Tisa (Martonoš – ulazni profil/Rumunija), (slika 1). Monitoring se odnosi na period od 2012 do 2017. godine koji je sprovedla Agencija za zaštitu životne sredine na osnovu godišnjih programa koji usvaja Vlada Republike Srbije. Za potrebe analize kvaliteta sedimenta primenjeni su sledeći statistički postupci: kod jednog uzorkovanja na jednom profilu u šestogodišnjem periodu korišćena je izmerena koncentracija; a za profile na kojima su vršena dva i više uzorkovanja u šestogodišnjem periodu izračunata je aritmetička sredina izmerenih koncentracija tokom perioda ispitivanja (*Kvalitet sedimenta reka i akumulacija Srbije*, 2019).



Slika 1. Prekogranični profili na rekama u slivu Dunava na teritoriji Srbije
(*Countries of the Danube river basin*, <https://www.icpdr.org/danube-basin/countries>)

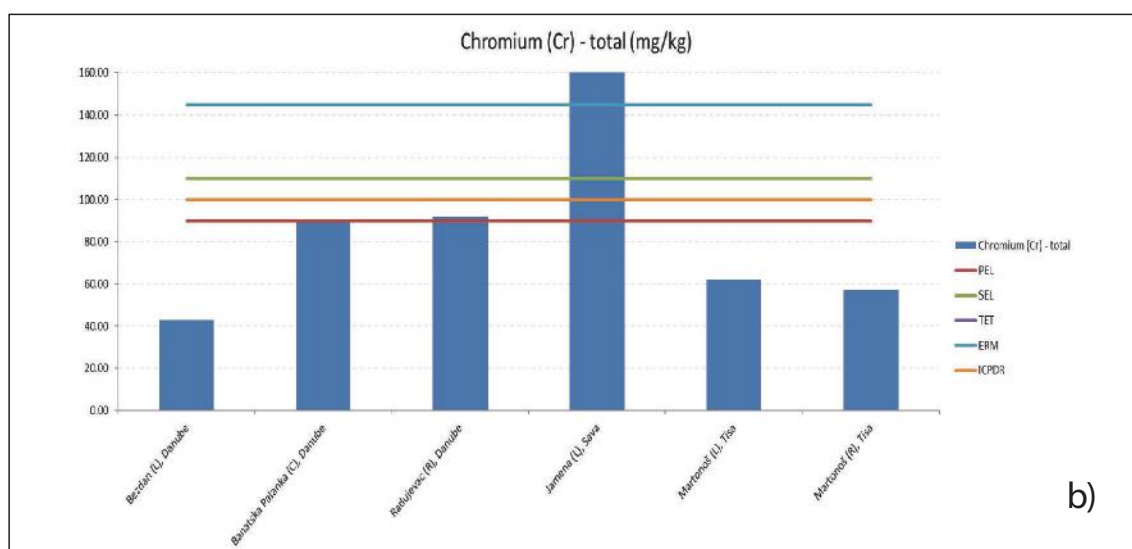
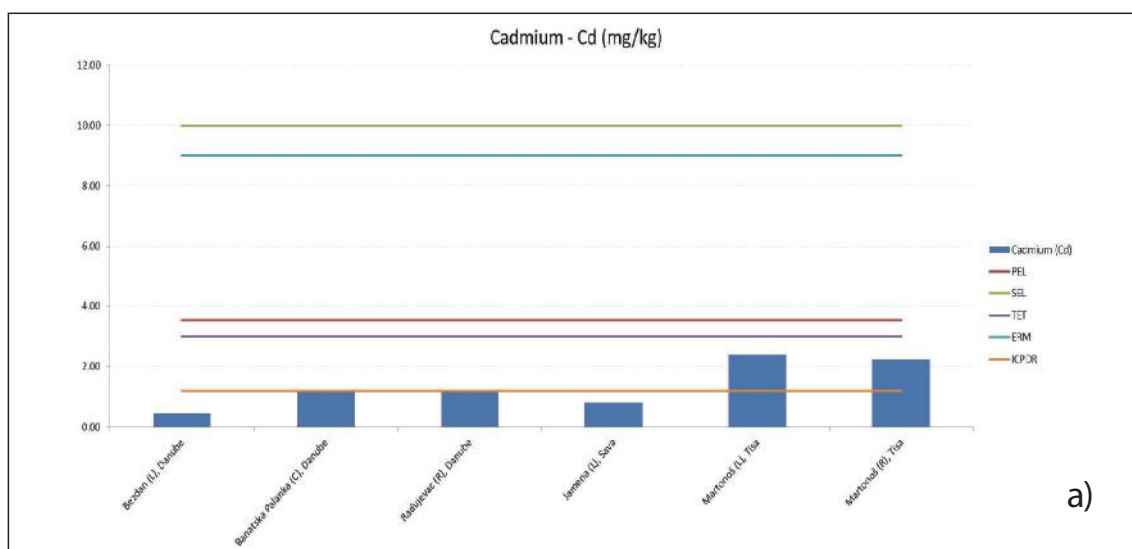


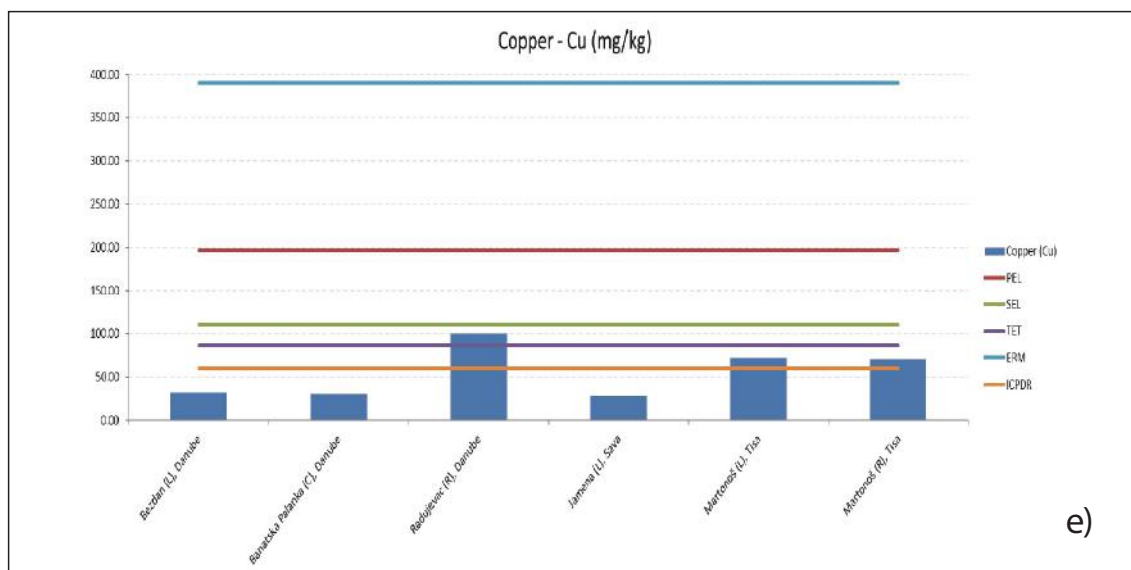
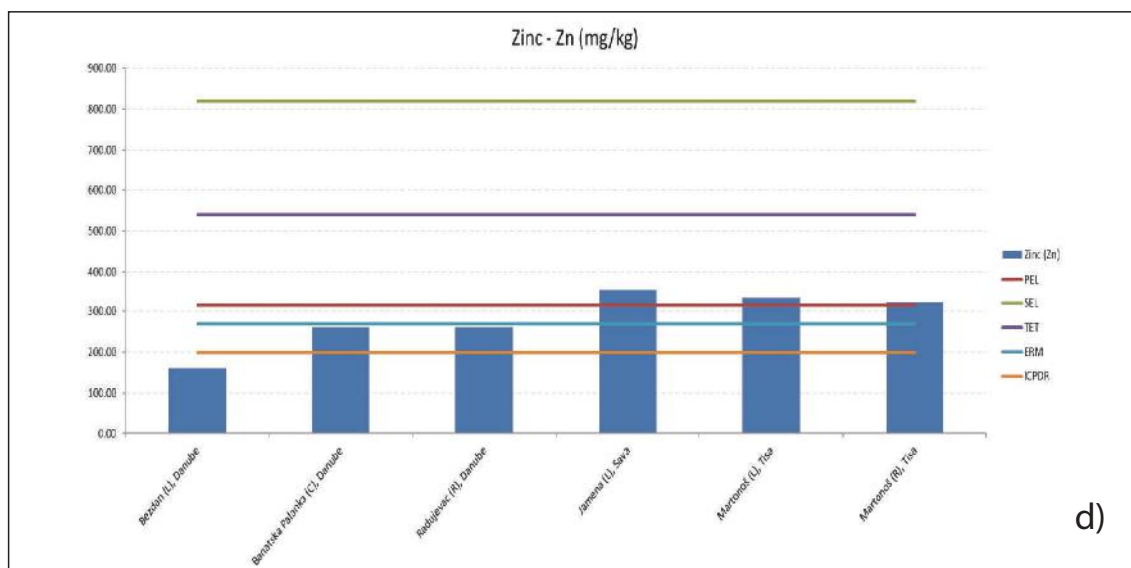
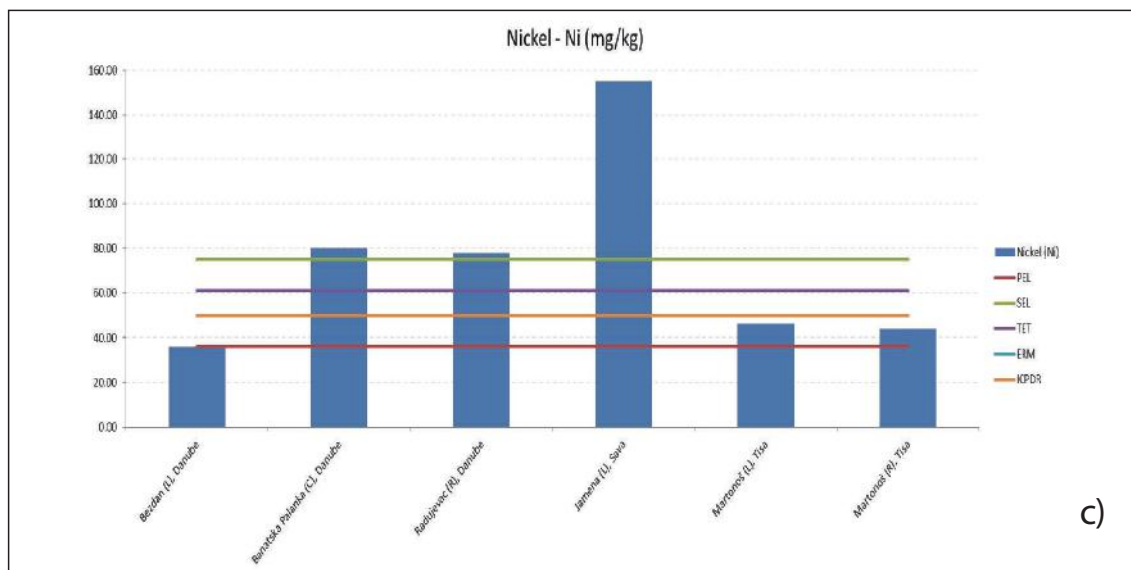
3.1. Koncentracije teških metala

Teški metali su izuzetno važna grupa polutanata zbog toksičnosti koju mogu da ispolje na živi svet i perzistencije u okolini usled nemogućnosti biološke razgradnje. U nastavku je prikazana analiza rezultata za pojedine metale, čije su izmerene visoke koncentracije prevazilazile definisane kriterijume. Sadržaj kadmijuma (Cd), cinka (Zn), nikla (Ni), bakra (Cu) i hroma (Cr) u sedimentu reka na prekograničnim profilima ocenjeni prema graničnim vrednostima nivo verovatnog efekta (PEL), srednji raspon efekta (ERM), nivo ozbiljnog efekta (SEL) i prag toksičnog efekta (TET) ukazuju na umeren, ozbiljan i toksičan efekat na živi svet u vodi, dok procena kvaliteta sedimenta na bazi preporuka ICPDR-a pokazuje na sadržaj veći od ciljne granične vrednosti (Quality target).

Procena kvaliteta sedimenta na sadržaj nikla pokazala je da izmerene koncentracije u sedimentima reke Dunav na profilima Banatska Palanka (80mg/kg) i Radujevac (78mg/kg) prevazilaze granične vrednosti

za PEL (Ni)=36mg/kg, ERM (Ni)=50mg/kg, TET (Ni)=61mg/kg i SEL (Ni)=75mg/kg, što ukazuje na nivo verovatnog, srednjeg, ozbiljnog i toksičnog efekta na akvatični živi svet. Ciljna granična vrednost za kadmijum u sedimentu prema preporukama ICPDR-a (Quality target (Cr)=1.2mg/kg) prevaziđena je na profilu Martonoš (Tisa), a u odnosu na sadržaj bakra prema preporuci ICPDR-a – na istom profilu (Martonoš (L) i Martonoš (D) – sadržaj bakra bio je veći od ciljne granične vrednosti (Quality target (Cu)=60mg/kg). Procena kvaliteta sedimenta na sadržaj hroma pokazala je da izmerene koncentracije u sedimentima reke Save na profilu Jamena (160mg/kg) prevazilaze definisane granične vrednosti za PEL (Cr)=90mg/kg, ERM (Cr)=145mg/kg, SEL (Cr)=110mg/kg i TET (Cr)=100mg/kg, što ukazuje na nivo verovatnog, srednjeg, ozbiljnog i toksičnog efekta na akvatični živi svet. Istovremeno je i ciljna granična vrednost za hrom u sedimentu prevaziđena na mernom profilu Jamena prema preporukama ICPDR-a (Quality target (Cr)=100mg/kg), (slika 2(a-e)).





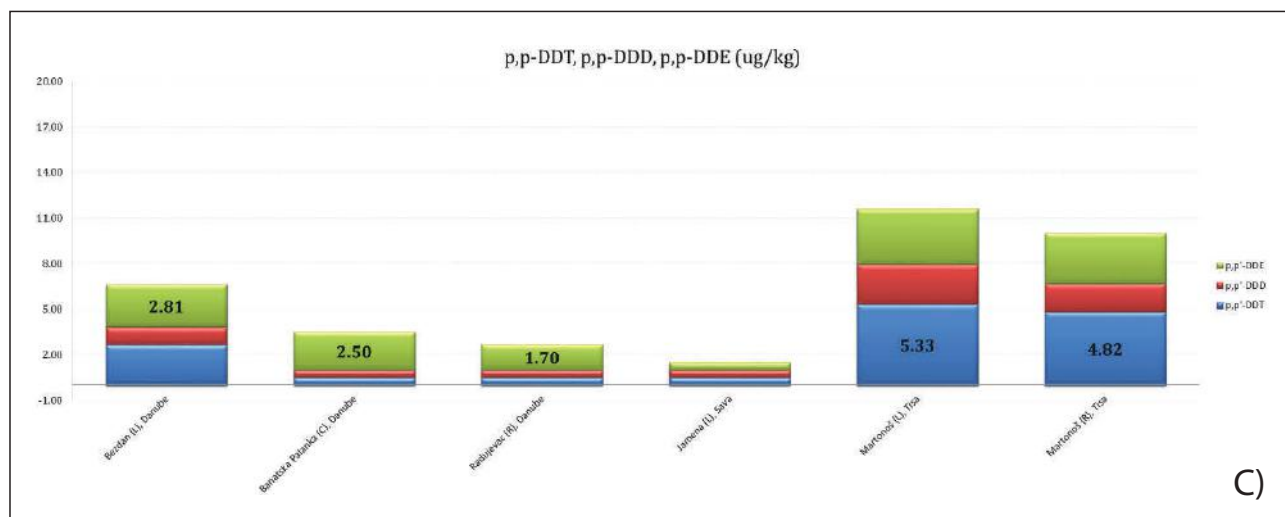
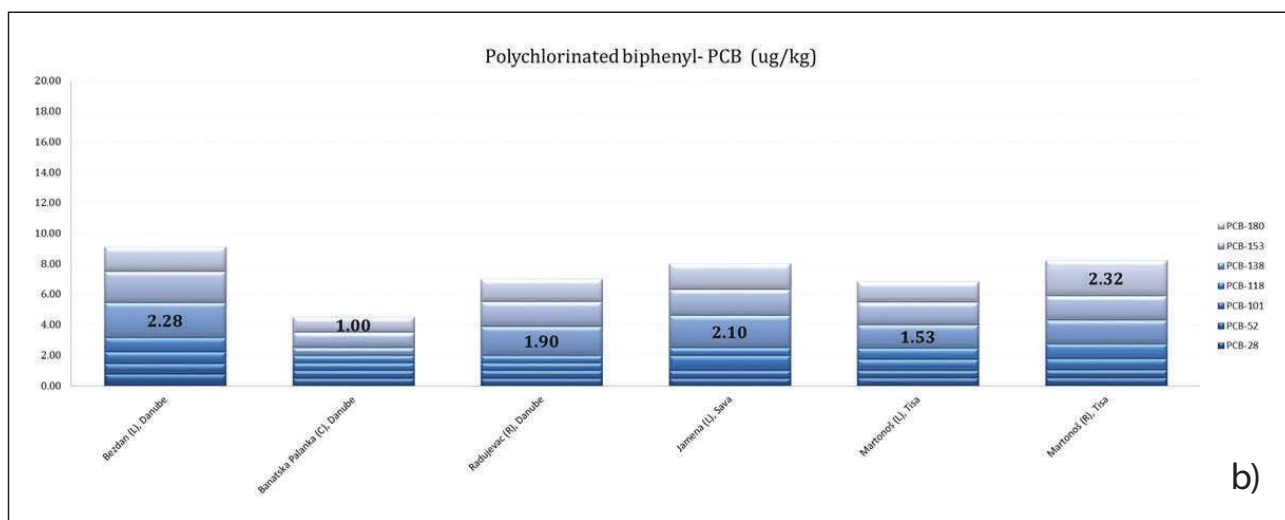
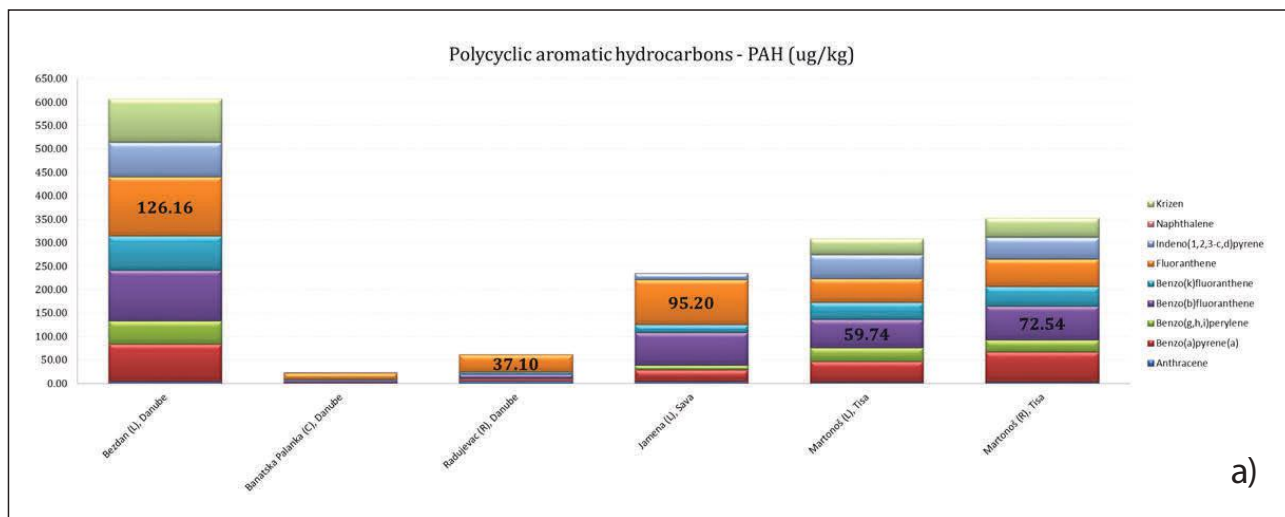
Slika 2 (a-e). Prosečne koncentracije sadržaja teških metala u sedimentu reka prekograničnog profila u slivu Dunava na teritoriji Srbije (2012-2017)

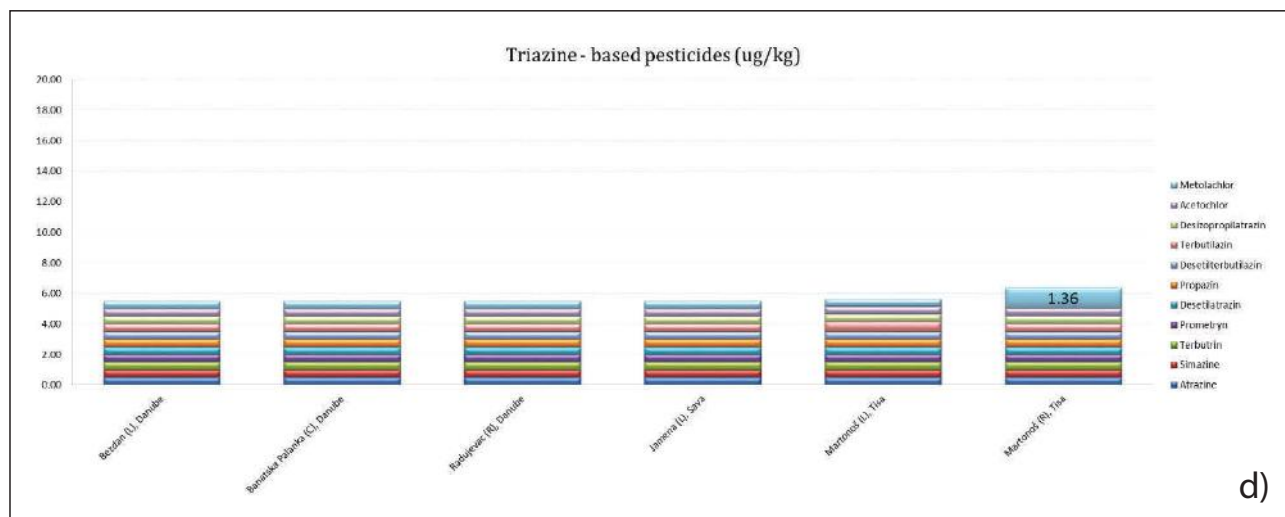


3.2. Koncentracije organskih polutanata

Od organskih polutanata određivani su policiklični aromatični ugljovodonici (PAH), polihlorovani bifenili (PCB), organohlorni pesticidi i pesticidi na bazi triazina (slika 3(a-d)).

Policiklični aromatični ugljovodonici (PAH) su detektovani u većini ispitivanih uzoraka sedimenta na prekograničnim profilima u koncentracijama značajno nižim od propisanih graničnih vrednosti. Bez obzira na niske detektovane koncentracije, važno je napomenuti da, emisije za dati izvor zavise od





Slika 3 (a-d). Prosečne koncentracije sadržaja organskih polutanata u sedimentu reka prekograničnih profila u slivu Dunava na teritoriji Srbije (2012-2017)

procesa koji su proizveli PAH-ove (Manoli i sar., 2004). Naime, tokom procesa sa niskim temperaturama, npr. sagorevanje drveta, najčešće se formiraju PAH molekuli niskih molekularnih masa. Sa druge strane, visokotemperaturni procesi sagorevanja (npr. goriva u motorima) izazivaju stvaranju PAH komponenti sa višim molekularnom masama (Mostert *et al.*, 2010). Upravo stoga se korišćenjem različitih PAH odnosa može ustanoviti izvor zagađenja PAH komponentama. Za analizirane PAH u ovim uzorcima sedimenta najprikladniji je dijagnostički odnos IcdP/ (IcdP + BghiP), koji za uzorak sedimenta Bezdan/ Dunav iznosi 0,6 što prema literaturnim izvorima ukazuje na pirogene izvore sagorevanjem drveta, uglja ili trave (Yunker i sar., 2002. i Tobieszewski, Namiesnik, 2012).

Sadržaj polihlorovanih bifenila (suma PCB) u uzorcima sedimenta je bio znatno ispod propisanih graničnih vrednosti za nivo verovatnog efekta (PEL (PCBs)=277µg/kg), srednjeg raspona efekta (ERM (PCBs)=400µg/kg), praga toksičnog efekta (TET (PCBs)=1000µg/kg) i nivoa ozbiljnog efekta (SEL (PCBs)=5300µg/kg). Ukupni DDTs, odnosno sume p,p-DDT, p,p-DDD i p,p-DDE u svim ispitivanim uzorcima su bile značajno ispod propisane vrednosti za nivo verovatnog efekta (PEL (DDTs)=4500µg/kg), srednji raspon efekta (ERM (DDTs)=350µg/kg) i nivo ozbiljnog efekta (SEL (DDTs)=120µg/kg). Sa druge strane, na profilu Bezdan (Dunav) detektovan sadržaj sedimenta p,p-DDE od 2.8ug/kg ukazuje na prekoračenje maksimalno dozvoljene koncentracije od MDK (p,p-DDE=1µg/kg) na osnovu kriterijuma definisanih Uredbom (Sl.glasnik RS br. 50/2012). Procena kvaliteta sedimenta na osnovu kriterijuma definisanih Uredbom (Sl. glasnik RS br. 50/2012), u odnosu na sadržaj p,p-DDD na profilima Martonoš_Leva obala/Tisa

(2.60µg/kg) i Martonoš_Desna obala/Tisa (1.86µg/kg), ukazuje na prekoračenje maksimalno dozvoljene koncentracije. Procena kvaliteta sedimenta na osnovu kriterijuma definisanih Uredbom (Sl. glasnik RS br. 50/2012), u odnosu na sadržaj p,p-DDE na profilima: Martonoš_Leva obala/Tisa (3.68µg/kg) i Martonoš_Desna obala/Tisa (3.35µg/kg).

4. ANALIZA REZULTATA ISPITIVANJA KVALITETA VODE I DISKUSIJA

Rezultati izvršenih hemijskih analiza uzoraka površinskih voda (vodotoka) u okviru monitoringa za 2023. godinu, koji je sprovedla Agencija za zaštitu životne sredine, za komparativne parametre kvaliteta sedimenta upoređene su sa graničnim vrednostima klasa kvaliteta propisanih podzakonskim aktom (Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje, 2012). Vrednosti prioriternih i prioriternih hazardnih supstanci upoređene su sa vrednostima standarda kvaliteta životne sredine (SKŽS), odnosno prosečnom godišnjom koncentracijom (PGK) i maksimalno dozvoljenom koncentracijom (MDK), propisanim podzakonskim aktom (Uredba o graničnim vrednostima prioriternih i prioriternih hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovima za njihovo dostizanje, 2014). Za utvrđivanje klase kvaliteta korišćeni su kriterijumi propisani prethodno navedenim podzakonskim aktom i prikazani u Tabeli 1, (Rezultati ispitivanja kvaliteta površinskih i podzemnih voda 2023, 2024).

Prezentovani rezultati analize kvaliteta monitoringa vode na prekograničnim profilima u slivu Dunava u svrhu utvrđivanja moguće uzročno-posledične veze



sa rezultatima monitoringa kvaliteta sedimenta, ukazuje na jednu važnu činjenicu. Cilj sprovođenja monitoringa kvaliteta površinskih voda i sedimenta je utvrđivanje prisustva zagađenja koje može biti jedna od prepreka za postizanje “dobrog ekološkog statusa” površinske vode. Dosadašnji rezultati monitoringa koje sprovodi Agencija za zaštitu životne sredine, a u ovom radu je prezentovan deo rezultata, pokazuje da ne postoje jednoznačne uzročno-posledične veze. Osim toga, objavljena istraživanja koja su sprovedena prethodnih godina su pokazala da kontaminirani sedimenti koji prevazilaze kriterijum zahtevanog kvaliteta ne utiču uvek svojom toksičnošću na životnu zajednicu na rečnom ili jezerskom dnu (bentos). Drugim rečima, nije primećeno smanjenje biološke raznovrsnosti kao rezultat kontaminiranog sedimenta. Ponekad je utvrđeno suprotno, da je sediment koji odgovara zahtevu kvaliteta izazvao negativne efekte na bentos zbog kombinovane toksičnosti ili prisustva neidentifikovanih jedinjenja (*Guidance for the use and application of sediment quality targets for the protection of sediment-dwelling organisms*, 2007).

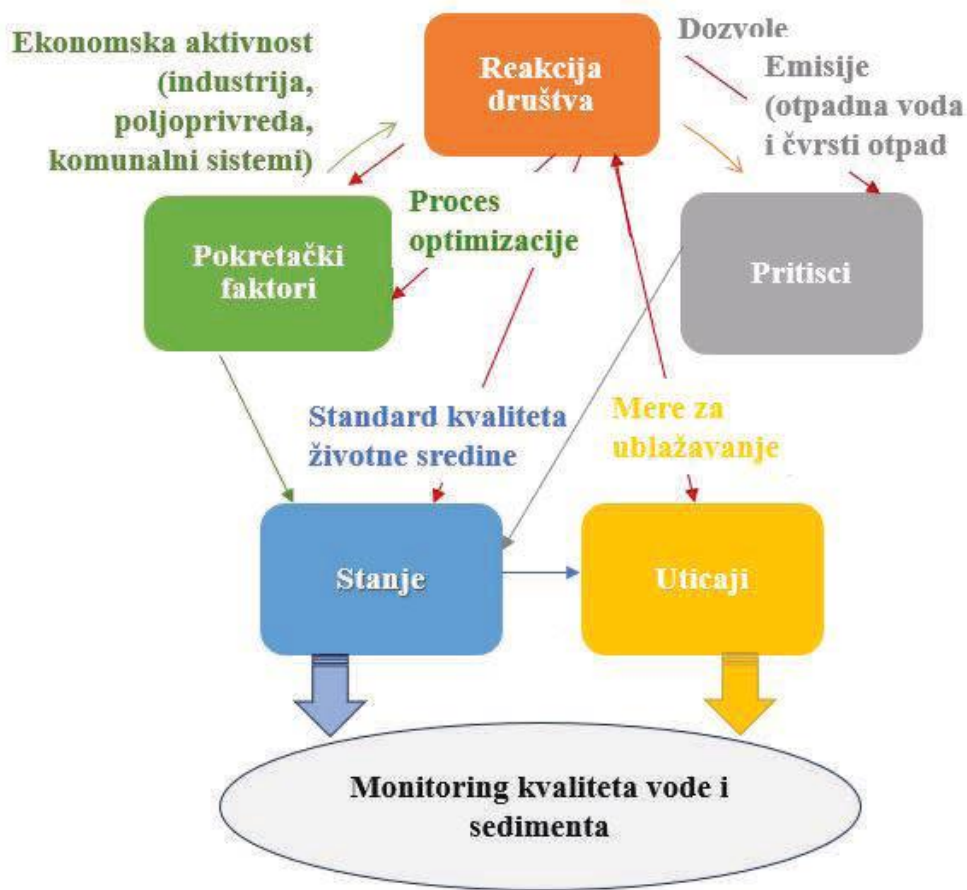
Važno je istaći da prezentovani rezultati opravdavaju uvođenje i razvoj monitoringa sedimenta. A to je zbog boljeg razumevanja odnosa između kontaminacije sedimenata (opasnosti) i njegovog stvarnog rizika za funkcionisanje ekosistema (ekološki status akvatične sredine), što je preduslov preduzimanja

delotvornih mera za očuvanje ili obnovu ekološkog statusa površinskih voda. Monitoring sedimenta omogućuje praćenje trenda i uz monitoring kvaliteta vode obezbeđuje informacije za valjanu indikaciju promena tokom dužeg perioda – povećanje ili smanjenje koncentracija zagađujućih materija tokom vremena. Prostorni monitoring sa matematičkim modeliranjem daje indikaciju stepena kontaminacije u nekom delu rečnog sliva (Veljković N. *et al.*, 2013). Ovakav monitoring je neophodan kako bi se otkrio horizontalni razmak zagađivača duž vodotoka i locirao njegov izvor i intenzitet emisije zagađenja u slivu. Drugim rečima, da bi se obezbedio uvid u ekološke procese i veze između ekonomskih aktivnosti i utvrdio njihov uticaj na životnu sredinu, kao što su rečni slivovi, Agencija za zaštitu životne sredine je uspostavila metodski okvir „pokretački faktori – pritisci – stanje – uticaji – reakcija društva” (*drivers - pressures - state - impact - response, DPSIR*), (*Pravilnik o nacionalnoj listi indikatora zaštite životne sredine*, 2011), (slika 4).

Sa druge strane, treba naglasiti da *Zakon o vodama* pojmovno definiše *standard kvaliteta životne sredine* kao koncentraciju pojedinačne zagađujuće supstance ili grupe zagađujućih supstanci u vodi, sedimentu ili bioti, koja ne može da bude prekoračena u cilju zaštite ljudskog zdravlja i životne sredine (*Zakon o vodama*, 2018).

Tabela 1: Rezultati analize klasifikacije vode na prekograničnim profilima u slivu Dunava (2023)

Profil	Reka	Hrom (ukupni) µg/	Cink µg/l	Bakar µg/l	Prioritetne i prioritetne hazardne supstance
		Klase kvaliteta vode			
Bezdan	Dunav	I	I	I-II	-
Banatska Palanka	Dunav	I	I	I-II	Ni-rast. 1x(III/IV)
Radujevac	Dunav	I	I	I-II	-
Martonoš	Tisa	I	I	I-II	-
Jamena	Sava	I	I	I-II	-
Ostružnica	Sava	I	I	I-II	Fluoranten 1x(III/IV)



Slika 4. Uzročno – posledični odnosi u rečnom slivu i položaj monitoringa kvaliteta vode i sedimenta

5. ZAKLJUČAK

Rezultati analiza kvaliteta sedimenta i vode u našim rekama prekograničnih profila sliva Dunava i diskusija, prezentovano u ovom radu, ukazuje na svu specifičnost problema u vezi upravljanja sedimentom i upućuje na sledeće preporuke koje imaju integralno polazište problemu:

1. Postojeća regulativa koja uređuje oblast deponija i otpada se mora proširiti uzimajući u obzir specifična svojstva materijala bagerovanog sa rečnog dna. Ovaj materijal tretirati kao „mulj od jaruženja“ koji može sadržati opasne materije.
2. Afirmisati nastojanje za korisnom upotrebom sedimenta sa ili bez prethodnog tretmana, tako

da se razmotri *standard kvaliteta životne sredine* za tretirane sedimente.

3. *Plan upravljanja slivom*, za delove slivnog područja za koja su urađene prethodne studije, dopuniti *Planom upravljanja sedimentom*.

Plan upravljanja sedimentom treba, najmanje, da sadrži: (a) Akcioni plan za smanjenje izvora zagađivanja, posebno iz difuznih izvora i sa kontaminiranih lokaliteta; (b) Plan čišćenja/ bagerovanja, deponovanja, eventualnog tretiranja i kasnijeg korišćenja sedimenta; i (c) Plan za smanjenje erozije zemljišta i redukciju deponovanja sedimenta sa pratećim zagađenjem u rečno korito.



LITERATURA

1. *Adaptation in Europe - Addressing risks and opportunities from climate change in the context of socioeconomic developments*, EEA Report No 3/2013.
2. Brils, J. (2008). *Sediment monitoring and the European Water Framework Directive*. Ann Ist Super Sanità, Vol. 44, No. 3: 218-223, Deltares, Utrecht, The Netherlands.
3. Burton, A. (2002). *Sediment quality criteria in use around the world*. Limnology 3: p. 65–75.
4. *Europe's state of water 2024 - The need for improved water resilience*, European Environment Agency (2024), p. 56.
5. *Guidance for the use and application of sediment quality targets for the protection of sediment-dwelling organisms in Minnesota*, Minnesota Pollution Control Agency, MPCA Document Number: tdr-gl-04, 2007.
6. *IPCC - Sixth Assessment Report Working Group I – The Physical Science Basis, Regional fact sheet – Europe* (2021). Retrived 20 september 2025 from <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/resources/factsheets/>
7. *Joint Danube Survey 2 - Final Scientific Report* (2008). *Technical Report of the International Commission for the Protection of the Danube River*. ICPDR.
8. *Kvalitet sedimenta reka i akumulacija Srbije*, Agencija za zaštitu životne sredine (2019). Preuzeto 15. septembra 2025. sa <https://sepa.gov.rs/wp-content/uploads/2024/10/Kvalitet-Sedimenta-Reka-Akumulacija-Srbije.pdf>
9. Levei, E. et al. (2014). *Assessment of contamination and origin of metals in mining affected river sediments: a case study of the Aries River catchment, Romania*, J. Serb. Chem. Soc. 79 (8) 1019–1036. Retrived 15 september 2025 from <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0352-5139/2014/0352-51391300086L.pdf>
10. Manoli, E. et al. (2004). *Profile analysis of ambient and source emitted particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons from three sites in northern Greece*, Chemosphere 56, p. 867–878.
11. Mosert, M. et al. (2010), *Application of chemometrics to analysis of soil pollutants*. TrAC Trends in Analytical Chemistry, Volume 29, Issue 5, p. 430-445.
12. *Pravilnik o nacionalnoj listi indikatora zaštite životne sredine* ("Sl. glasnik RS", br. 37/2011).
13. *Rezultati ispitivanja kvaliteta površinskih i podzemnih voda 2023*, Agencija za zaštitu životne sredine (2024), Preuzeto 12. septembra 2025. sa <https://sepa.gov.rs/wp-content/uploads/2024/12/KvalitetVoda2023.pdf>
14. Sakan, S. et al., *Persistent organic pollutants (POPs) in sediments from river and artificial lakes in Serbia*, Journal of Geochemical Exploration, Volume 180, September 2017, p. 91-100. Retrived 10 september 2025 from <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2017.06.008>
15. *Sediment Screening Values* (2004). *United States Environmental Protection Agency Region 5*. Retrived 8 september 2025 from <https://archive.epa.gov/reg5sfun/ecology/web/html/benchmemo.html>
16. *The European environment - State and outlook: Assessment of global megatrends 2015*. (2015). European Environment Agency, p. 10.
17. Tobiszewski, M, Namiesnik, J. (2012). *PAH diagnostic ratios for the identification of pollution emission sources*, Environmental Pollution, p. 110-119.
18. *Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje* ("Sl. glasnik RS", br. 50/2012).
19. *Uredba o graničnim vrednostima prioriternih i prioriternih hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovima za njihovo dostizanje* („Sl. glasnik RS“, broj 24/2014).
20. Veljković, N. i sar. (2013). *Analiza rezultata monitoringa POPs supstanci u površinskim vodama Srbije* (ppt prezentacija), Workshop on Stockholm Convention Persistent Organic Pollutants Supstances (POPs), Sarajevo.
21. Veljković, N. i sar. (2013). *Modeliranje i procena difuznog zagađenja vodotokova sliva Kolubare*. Voda i sanitarna tehnika, br. 3/2013, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Beograd, str. 47-52.
22. Veljković, N., et al. (2013). *Modeling and Assessment of Diffuse Water Pollution Load – Principles and application*, LAP Lambert Academic Publishing.
23. Yunker, M. et al. (2002). *PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition*, Organic Geochemistry, Volume 33, Issue 4, April 2002, p. 489-515.
24. *Zakon o vodama* ("Sl. glasnik RS", br. 30/2010, 93/2012, 101/2016, 95/2018 i 95/2018 - dr. zakon).