

# Prikaz istraživanja zadržavanja teških metala u nanosu melioracijskih kanala

---

**Leko - Kos, Marija; Tadić, Lidija**

*Source / Izvornik:* **Hrvatske vode u zaštiti okoliša i prirode, 2019, 835 - 841**

**Conference paper / Rad u zborniku**

*Publication status / Verzija rada:* **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:133:019700>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-15**



GRAĐEVINSKI I ARHITEKTONSKI FAKULTET OSIJEK  
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

*Repository / Repozitorij:*

[Repository GrAFOS - Repository of Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek](#)



**dabar**  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI



R 2.24.

## **PRIKAZ ISTRAŽIVANJA ZADRŽAVANJA TEŠKIH METALA U NANOSU MELIORACIJSKIH KANALA**

**Marija Leko – Kos, Lidija Tadić**

*SAŽETAK:* U kontinentalnom dijelu Hrvatske, gdje je poljoprivreda dominantna gospodarska grana, pritisci na površinske i podzemne vode, u kvalitativnom i kvantitativnom smislu su značajni. Problem onečišćenja nanosa u melioracijskim kanalima drugi je važan aspekt onečišćenja, a puno je manje istraživanja koja se njime bave. Godišnja akumulacija nanosa u kanalima je velika, a povećava se smanjeno održavanje kanala, zadržavanje na vegetaciji i smanjena količina vode kao posljedica učestalijih suša. Koncentracije teških metala variraju ovisno o hidrološkim uvjetima, prisutnim uzrocima onečišćenja i lokalnim uvjetima. Prema veličini koncentracije trebala bi se odrediti mogućnost odlaganja izvađenog sedimenta na poljoprivredne površine za što u mnogim zemljama ne postoje propisane mjere praćenja, kao ni granične vrijednosti, a Hrvatska je među tim zemljama. U radu se daje prikaz istraživanja provedenog tijekom dvogodišnjeg razdoblja (2016. - 2018.). Rezultati su pokazali vrlo varijabilne koncentracije teških metala u sedimentu kanala, posebice bakra. Takav onečišćeni nanos uglavnom se zadržava u kanalima dok ga se, u okviru tehničkog održavanja ne izmulji i onda se postavlja problem njegovog odlaganja.

*KLJUČNE RIJEČI:* melioracijski kanal, nanos, onečišćenje, teški metali

### **RESEARCH OVERVIEW OF THE HEAVY METAL RETENTION IN THE SEDIMENT OF AMELIORATION CANALS**

*ABSTRACT:* In the continental part of Croatia, in which agriculture is the dominant sector of the economy, pressures on surface waters and groundwater are significant, both in the quantitative and qualitative sense. Another important aspect of pollution, which is far less investigated, is sediment pollution. The annual accumulation of sediment in amelioration canals is high, increased by poor canal maintenance, sediment retention by vegetation and reduced water quantities caused by increasingly frequent droughts. Heavy metal concentrations vary depending on the hydrological conditions, present sources of pollution and local conditions. The possibility of dredged sediment deposition on agricultural should be determined according to the levels of heavy metal concentrations, for which there are no proscribed monitoring measures or threshold values in many countries, Croatia included. The paper presents the research carried out in a two-year period (2016 – 2018). The re-

sults revealed very variable concentrations of heavy metals, copper in particular, in the canal sediment. Such polluted sediment remains mostly in the canals until it is dredged out as part of regular maintenance activities, which leaves open the issue of its disposal.

**KEYWORDS:** amelioration canal, sediment, pollution, heavy metals

## 1. UVOD

Pojava sedimenta u vodotocima je hidrološka i hidraulička pojava koja utječe na morfologiju vodotoka, kako prirodnih tako i umjetnih. Iako nizinska područja u pravilu nisu jako ugrožena erozijom, ipak se tisuće tona muljnog sedimenta godišnje izvadi iz melioracijskih kanala (Ferrero, 2002). Kvaliteta, odnosno stupanj onečišćenosti sedimenta također se razlikuje u prirodnim i umjetnim vodotocima, primjerice koncentracija teških metala višestruko je veća u umjetnim vodotocima (kanalima) nego u prirodnim vodotocima (Fermato i drugi, 2013). Godišnja akumulacija sedimenta u kanalima je velika, a povećava je smanjeno održavanje kanala, zadržavanje uslijed obrasta kanala vegetacijom i smanjena količina vode, što u kvalitativnom smislu utječe na njegovu stabilnost i mogućnost pronosa u okoliš, posebice podzemne vode (Haetley i Dickinson, 2010). Važnost ovog problema proizlazi i iz ukupne dužine kanalske mreže, odnosno količine mulja koji se istaloži i koji treba ukloniti da bi se održala funkcionalnost melioracijskih sustava (Savić i drugi, 2009). Slična situacija je i u Hrvatskoj, gdje je samo na području malog sliva Vuka u 2016. godini izvađeno oko 112.000 m<sup>3</sup> sedimenta, a to je područje koje prema riziku od vodne erozije, spada u područje niskog rizika (Husnjak, 2000).

Istraživanjima u svijetu najviše je obuhvaćen problem onečišćenja teškim metalima u riječnom sedimentu (Szalinska i drugi, 2006; Pandey i drugi 2017), a zatim u akumulacijama (Avila - Perez i drugi, 1999; Carneiro i drugi, 2014). Problemi vezani uz onečišćenje sedimenta u melioracijskim kanalima posljednjih godina postaju sve češće predmet istraživanja, posebice u Nizozemskoj i Italiji (Lawrence, 1998; Kalderman, 2000, 2001; Maggi, 2002). Onečišćujuće tvari koje dominiraju u sedimentu su fosfor i teški metali, a najveći uzročnici onečišćenja su promet i poljoprivreda, a koncentracije variraju ovisno o hidrološkim i hidrografskim karakteristikama sliva (trajanju i intenzitetu oborina, pojavnosti velikih voda i povezanosti s ostalom hidrografskom mrežom i uvjetima onečišćenja u njoj), lokalnim geografskim uvjetima i slično. Stoga se javlja potreba pristupanja sedimentu kao spremnicima onečišćujućih tvari. Općenito, ovaj problem ima dvojaki karakter - problem definiranja statusa sedimenta s obzirom na stupanj onečišćenosti i problem kategorizacije sedimenta u cilju određivanja mogućnosti njegovog odlaganja.

Pristupimo li sedimentu kao bitnom čimbeniku u okolišnim istraživanjima i monitoringu, budući da ima svojstva svojevrsnog vremenskog zapisa onečišćenja, poznavanje njegovog sastava prilikom odlaganja izvan kanala isto tako predstavlja bitan čimbenik.

Kako u Hrvatskoj ne postoji regulativa koja se odnosi na odlaganje izumljenog sedimenta s obzirom na sastav ili količinu, s materijalom se postupa u okvirima postojeće regulative, odlaže se unutar zaštitnog pojasa ili se tretira kao otpad.

Problem onečišćenosti sedimenta akumuliranog u kanalima postaje tema interesa znanstvenika osobito nakon donošenja Okvirne direktive o vodama EU (WFD 2000/60/EC) koja mijenja pristup na području upravljanja vodnim sustavima te nalaže praćenje kvalitete sedimenata kao sastavnih dijelova akvatičnih sustava. Upravo zbog karakteristi-

ka izmuljenog materijala, važeći propisi zemalja koje imaju relevantnu legislativu, nalažu rukovanje s izmuljenim materijalom na ekološki prihvatljiv način s ciljem sprječavanja širenja onečišćenja u okoliš (Dalmacija, 2013).

To otvara nekoliko novih problema: problem monitoringa, problem legislative u smislu dozvoljenih graničnih vrijednosti onečišćenja, problem odlaganja i problem remedijacije (Leko - Kos, 2019). Prihvaćenjem Okvirne direktive o vodama preuzeta je i obaveza monitoringa površinskih voda i sedimenta prema kojoj svaka zemlja članica treba izvršiti identifikaciju onečišćenih sedimenata budući da isti mogu predstavljati prepreku u uspostavljanju dobrog ekološkog statusa vodnog tijela. Zakon o vodama (Narodne novine, br. 153/09, 63/11, 130/11, 56/13, 14/14, 46/18), standard kakvoće voda definira kao koncentraciju određene onečišćujuće tvari ili skupine onečišćujućih tvari u vodi, sedimentu ili bioti koje ne bi smjele biti prekoračene u cilju zaštite ljudskog zdravlja i vodnog okoliša.

U nastavku se daju granične vrijednosti koncentracije teških metala u sedimentima prema kriterijima raznih zemalja (tablica 1).

*Tablica 1. Granične vrijednosti koncentracije teških metala u sedimentima prema kriterijima raznih zemalja*

Teški metal	Prijedlog hrvatskih graničnih vrijednosti	Kriteriji za kvalitetu sedimenta drugih zemalja - granične vrijednosti (mg kg <sup>-1</sup> )				
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Živa	0,25	0,5 - 1	-	-	-	0,3
Bakar	28	60 - 90	197	36	35,7	36
Kadmij	0,6	0,5 - 1	3,53	0,8	0,6	0,8
Krom	57	40 - 80	90	100	37,3	100
Nikal	47	30 - 50	36	35	-	35
Olovo	31	50 - 100	91,3	85	35	85
Cink	90	60 - 150	315	140	123	-

Prema praksi zemalja koje imaju propisane vrijednosti kvalitete sedimenta, definirano je po nekoliko klasa, odnosno kriterija prema kojima se propisuje način postupanja s izmuljenim sedimentom. Usporedba u tablici je dana prema ciljanim vrijednostima nekih od zemalja, onih vrijednosti onečišćenja do kojih sedimenti mogu biti dislocirani bez posebnih mjera zaštite.

U nastavku su navedeni kriteriji obuhvaćeni tablicom 1:

Izrada prijedloga graničnih vrijednosti za određene opasne tvari u sedimentu kopnenih površinskih voda (Institut Ruđer Bošković, 2017), u sklopu kojega je dan prijedlog graničnih vrijednosti za 7 teških metala i 1 metaloid u sedimentu kopnenih površinskih voda koji ide u pravcu sljedećega koraka u razvoju monitoringa sedimenta i odnosi se na procjenu njegovog onečišćenja. U Hrvatskoj ovaj prijedlog čini značajniji pomak, jer su, kako se i navodi u samom zaključku prijedloga, predložene granične vrijednosti dobra osnova za buduću legislativu u tom području. Isto tako se navodi kako je poželjno narednih 5 godina pratiti trendove vrijednosti koncentracija elemenata u sedimentima hrvatskih

rijeka na svim dosada praćenim postajama koje ne udovoljavaju predloženim kriterijima. Predlaže se također provođenje još jedne detaljne evaluacije nakon čega je moguća i korekcija graničnih vrijednosti;

Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (Narodne novine, br. 9/14) - podaci o graničnim vrijednostima su dani prema karakteristikama tla (pjeskovito, praškasto - ilovasto i glinovito tlo). Vrijednosti su navedene s obzirom na praksu odlaganja izumljenoga materijala iz kanala;

Razina mogućeg efekta (US EPA 2001);

Nizozemski sustav klasifikacije maksimalno dopuštenih koncentracija metala - ciljana vrijednost;

Kanadski propisi - teorijski moguća vrijednost utjecaja na vodene organizme;

Uredba o graničnim vrijednostima zagađujućih materijala u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo postizanje Republike Srbije. Uredbom su definirane i vrijednosti teških metala prilikom odlaganja, čije su ciljane vrijednosti istovjetne navedenima, osim za vrijednost žive za koju je ciljana vrijednost jednaka nuli. Vrijednosti se odnose na standardni sediment koji se sastoji od 10 % organske tvari i 25 % gline, a za sve ostale izmijenjene odnose sadržaja gline i organske tvari propisani su korekcijski faktori.

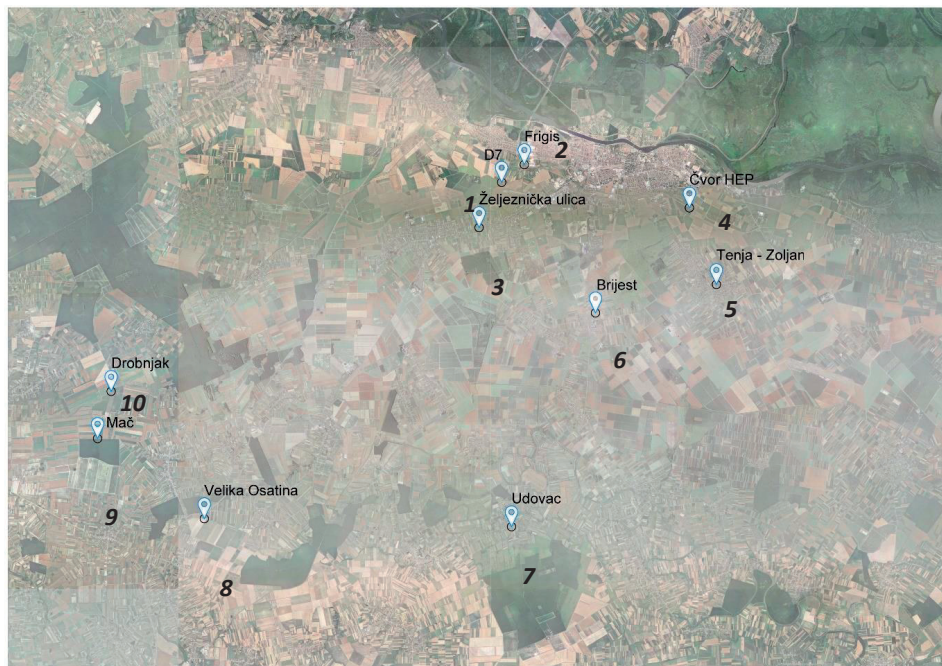
## 2. OPIS ISTRAŽIVANJA

Istraživanje onečišćenosti sedimenta u melioracijskim kanalima provedeno je u razdoblju od 2016. do 2018. godine na slivu rijeke Vuke. Ovaj sliv ima sustav površinske odvodnje vrlo velike gustoće, a samim tim su i potrebe za održavanjem vrlo velike. U tablici 2. prikazane su količine izmuljenog sedimenta u razdoblju od 5 godina.

*Tablica 2. Količine izvađenog sedimenta iz melioracijskih kanala materijala (mali sliv Vuka, 2013. - 2017.)*

<b>Godina</b>	<b>Količina (m<sup>3</sup>)</b>
<b>2013.</b>	69.220
<b>2014.</b>	75.518
<b>2015.</b>	38.815
<b>2016.</b>	116.719
<b>2017.</b>	184.036

Istraživanje je provedeno u dvije faze. U prvoj fazi je na deset lokacija izvršeno uzorkovanje sedimenta iz melioracijskih i cestovnih kanala (slika 1).



Slika 1. Situacija područja istraživanja i lokacije uzimanja uzoraka sedimenta

Zatim su laboratorijski ispitane koncentracije teških metala koje su se kretale u određenom rasponu (tablica 3) i uspoređene su s najstrožim graničnim vrijednostima. Iz tablice je vidljivo da su u uzorcima uzetim na lokacijama 3, 6 i 8 koncentracije bakra višestruko veće (crvena boja) od bilo kojeg kriterija opisanog u tablici 1. Oba kanala nalaze se u područjima s evidentnim antropogenim utjecajima (cesta, farma i slično). Koncentracije kadmija, olova, nikla i kroma pokazuju neznatno povećanje koncentracije (žuta boja) u odnosu na ranije opisane, dok je koncentracija žive unutar dozvoljenih granica.

Tablica 3. Analiza teških metala odabranih lokacija

mg kg <sup>-1</sup>	8	5	6	4	3	1	2	7
<b>Cd</b>	0,62	0,22	0,22	0,36	0,22	0,19	0,19	0,58
<b>Pb</b>	15,6	22,8	17,3	139	21,8	15,6	11,6	14,3
<b>Ni</b>	27,8	27,1	36,9	34,8	40,2	24,7	16,9	39,6
<b>Hg</b>	0,14	0,12	0,15	0,12	0,12	0,1	0,07	0,17
<b>Cu</b>	362	22,2	247	25,5	1543	14,6	8,11	27,3
<b>Cr</b>	50,6	47,6	53,8	53,1	48,7	46,7	28,7	55,7

Kako je već navedeno, nakon uzimanja uzoraka u širem području, odabran je kanal s oznakom „10“ koji je okružen poljoprivrednim površinama i gdje je bio pretpostavljen utjecaj otpadnih voda farme, a time i prisustvo teških metala u sedimentu. Koncentracije teških metala u kanalu „10“ po stacionažama prikazane su u tablici 4.



Tablica 4. Analiza teških metala u sedimentu na kanalu „10“

element (mg kg <sup>-1</sup> )	Stacionaže kanala „10“					
	2 + 500	2 + 200	1 + 900	2 + 500	0 + 800	0 + 120
Cd	0,15	0,38	0,51	0,47	0,25	0,18
Pb	18,5	19,1	8,9	11,8	19,9	20,9
Ni	41,6	50,5	29,6	31,6	41,5	48,3
Hg	0,17	0,24	0,87	0,35	0,18	0,24
Cu	40,9	485	1239	1489	139	89,5
Cr	75,9	78,3	38,4	44	69,6	85,6

Tablica 4 pokazuje da su u uzorcima uzetim duž kanala „10“ ponovo značajno povišene koncentracije bakra (crvena boja). Kadmij i olovo ne premašuju dopuštene vrijednosti, a nikal, živa i krom imaju različite vrijednosti koncentracije, od dopuštenih do neznatno povećanih (žuta i crvena boja). Prekoračenja su izraženija u sredini kanala (od stac. 2 + 200 do stac. 0 + 800) i prema ušću, odnosno kraju kanala. Opet su za granične vrijednosti uzete u obzir sve preporuke kriterija opisanih u tablici 1. Sediment prema analizi pripada klasi izuzetno onečišćenoga sedimenta za koji je obavezna remedijacija ili čuvanje materijala u kontroliranim uvjetima uz posebne mjere zaštite kako bi se spriječilo rasprostiranje onečišćujućih materijala u okoliš (Uredba o graničnim vrijednostima RS). Izvršena analiza ukazuje na opravdanost uvođenja kontrole izmuljenog materijala iz melioracijskih kanala kako bi se u što skorije vrijeme spriječilo odlaganje uz ili na poljoprivredne površine materijala koji po prisutnosti bakra (tablica 3, tablica 4) višestruko premašuje dozvoljene vrijednosti.

## ZAKLJUČAK

Onečišćenost sedimenta prisutna je u melioracijskim kanalima ravničarskih područja što se pokazalo ispitivanjem. Na širem analiziranom području onečišćenja teškim metalima ne prelaze granice maksimalno dopuštenih, koja su definirana pravilnicima različitih europskih i izvanoeuropskih zemalja. Na užem analiziranom području (mikro slivu) koncentracije teških metala i nadalje ostaju unutar maksimalno dopuštenih granica, osim u slučaju bakra, što se može pripisati točkastom izvoru onečišćenja. Istraživanja su provedena indikativno, daljim postupcima potrebno utvrditi i jesu li izvađeni sedimenti ekološki prihvatljivi za samo vodno tijelo, ali upućuju na nužnost provođenja analize prilikom iskopa sedimenta i njegovog odlaganja na poljoprivredna zemljišta.

Bitno je za naglasiti, da su analizirana manja vodna tijela, dok su analizama u Planu upravljanja vodnim područjima obuhvaćene tekućice sa slivnom površinom većom od 10 km<sup>2</sup> i stajaćice s površinom vodnog lica od 0,5 km<sup>2</sup>. Istovremeno, 80 % duljine evidentiranih tekućica i 2 % površine evidentiranih stajaćica otpada na vrlo mala vodna tijela za koje se ne provodi tipizacija ni ocjenjivanje prema odredbama Okvirne direktive o vodama. Za sva takva tijela ocjenjivanje se vrši prema standardima koji vrijede za veće vodno tijelo s kojim su u površinskom kontaktu ili koji vrijede za najbliže ili

najprimjerenije tijelo. Monitoring sedimenta na većim vodotocima ne daje realnu sliku onečišćenog sedimenta. Mali vodotoci, uključujući i kanale, su upravo oni na kojima onečišćenje brže ostavlja traga, a teže je vratiti ga u prirodno ili zadovoljavajuće stanje. Uzroci onečišćenja sedimenta u melioracijskim kanalima su dominantno antropogeni, sve ljudske aktivnosti vezane uz korištenje zemljišta i voda od izgradnje i održavanja do poljoprivredne proizvodnje.

Osim što su monitoringom obuhvaćeni veći vodotoci, isti se provodi i za registrirane točkaste izvore onečišćenja. Kako proces uspostavljanja monitoringa iziskuje još dosta vremena, kontrola izmuljenoga materijala i propisivanje načina rukovanja u ovisnosti o razini onečišćenja doprinijelo bi sprečavanju nekontroliranog zadržavanja onečišćenja na površinama uz male vodotoke.

## LITERATURA

- [1] Avila-Perez, P., Balcazar, M., Zarazua-Ortega, G. et al. (1999): *Heavy metal concentrations in water and bottom sediments of a Mexican reservoir*, The Science of the Total Environment, 234, 1999, str. 185-196.
- [2] Dalmacija, B., Rončević S. (2013) *Kvalitet površinskih voda i sedimenta - procena i upravljanje rizikom*, Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno - matematički fakultet, Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine.
- [3] Ferrero A., Lisa L., Parena S., Sudiro L. (2002): *Runoff and soil erosion from tilled and controlled grass - covered vineyards in a hillside catchment*, 9th Conference of the European Network of Experimental and Representative Basins (ERB) Demänovská dolina (Slovakia), 25 - 28 September 2002, str. 105-111.
- [4] Ferronato, C., Antisari, L. V., Modesto, M. M., Vianello, G. (2013): *Speciation of heavy metals at water-sediment interface*, <https://eqa.unibo.it/article/view/3932> [20.04. 2016].
- [5] Frančičković-Bilinski, S., Mlakar, M., Bilinski, H., (2017): *Izrada prijedloga graničnih vrijednosti za određene opasne tvari u sedimentu kopnenih površinskih voda*, (elaborat).
- [6] Hartley, W., Dickinson, N.M. (2010): *Exposure of anoxic and contaminated canal sediments: Mobility of metal(loid)s*, *Environmental Pollution*, 158 (3), str. 649-658.
- [7] Husnjak S. (2000): *Procjena rizika erozije tla vodom metodom kartiranja u Hrvatskoj*. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, disertacija.
- [8] Kelderman P., Drossaert, W.M.E., Zhang M. et al. (2000): *Pollution assessment of the canal sediments in the city of Delft (the Netherlands)*, *Water Research* 34 (3), str. 936-944.
- [9] Lawrence, P., Atkinson, E. (1998): *Deposition of fine sediments in irrigation canals*, *Irrigation and Drainage Systems* 12, str.371-385.
- [10] Leko - Kos, M. (2019): *Nastanak i pokretljivost sedimenta onečišćenog teškim metalima u melioracijskim kanalima ravničarskih područja*, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek. Disertacija.
- [11] Maggi I., Maraga F., Ottone C. (2002): *Erosive rains related to in-channel sedi-*



- ment delivery in a small Alpine basin (North-Western Italy)*. 9th Conference of the European Network of Experimental and Representative Basins, Demänovská dolina (Slovakia), 25 - 28 September str. 91-99.
- [12] Pandey, J., Singh, R. (2017): *Heavy metals in sediments of Ganga River: up - and downstream urban influences*, Appl Water Sci. 7:1669. <https://doi.org/10.1007/s13201-015-0334-7>.
- [13] Savić R., Pantelić S., Belić Anđelka. (2009): *Utjecaj kanalskih sedimenata na životnu sredinu*, Zaštita prirode, vol. 60, br. 1-2, str. 663-670.
- [14] Službeni glasnik RS. *Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje*. Službeni glasnik RS, 50/12 (2012).
- [15] Szalinska, E., Drouillard, K.G., Fryer, B., Haffner, G.D. (2006): *Distribution of Heavy Metals in Sediments of the Detroit River*, J. of Great Lakes Research, Volume (32) 3, str. 442-454.
- [16] *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000* <https://www.voda.hr/hr/okvirna-direktiva-o-vodama>.
- [17] *Plan upravljanja vodnim područjima za razdoblja 2013. - 2015.* (Narodne novine, broj 82/13).
- [18] *Plan upravljanja vodnim područjima za razdoblja 2016. - 2021.* (Narodne novine, broj 66/16).
- [19] *Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja* (Narodne novine, broj 9/14).
- [20] *Pravilnik o tehničkim, gospodarskim i drugim uvjetima za uređenje sustava melioracijske odvodnje te osnovama za tehničko i gospodarsko održavanje sustava* (Narodne novine, broj 4/98).
- [21] *Uredba o standardu kakvoće voda* (Narodne novine, br. 73/13, 151/14, 78/15, 61/16 i 80/18).
- [22] *Zakon o održivom gospodarenju otpadom* (Narodne novine, br. 94/13, 73/17 i 14/19).
- [23] *Zakon o vodama* (Narodne novine, br. 153/09, 63/11, 130/11, 56/13, 14/14, 46/18).

## AUTORI

dr. sc. Marija Leko – Kos <sup>a</sup>

prof. dr. sc. Lidija Tadić <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Institut IGH d.d., PC Osijek, Drinska 18, Osijek, 31000, Hrvatska, marijalekokos@gmail.com

<sup>b</sup> Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Ul. Vladimira Preloga 3, Osijek, 31000, Hrvatska, ltadic@gfos.hr