



АГЕНЦИЈА ЗА ЗАШТИТУ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ
РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

ANALIZA REZULTATA MONITORINGA POPs SUPSTANCI U POVRŠINSKIM VODAMA SRBIJE¹

Nebojša Veljković, Tatjana Dopuđa-Glišić, Milorad Jovičić, Mirjana Balać¹
Aljoša Tanasković, Jelena Lukić²

¹ Agencija za zaštitu životne sredine Republike Srbije

² Gradski zavod za javno zdravlje Beograd, Srbija

REZIME

U radu je prezentovana analiza rezultata monitoringa POPs supstanci u površinskim vodama Srbije u okviru mera na identifikovanju kontaminiranih područja prema *Nacionalnom implementacionom planu za sprovođenje Stokholmske konvencije (2010)*. Analiza rezultata monitoringa POPs supstanci u površinskim vodama i sedimentu sa 54 merna mesta obuhvata tri grupe parametara: pesticide, industrijske hemikalije i nus-proizvode industrijskih procesa. Osim njih, analiza obuhvata i poseban monitoring sa 28 mernih stanica za vodno područje Beograd na više manjih vodotoka i reka Save i Dunava. Rezultati analize podataka o POPs supstancama su prikazani tabelarno. Prikupljeni podaci upoređeni su sa maksimalno dozvoljenim koncentracijama (MDK) propisanim *Uredbom*.

KLJUČNE REČI: dugotrajna organska zagađujuća jedinjenja, Štoholmska konvencija, nacionalni implementacioni plan

ANALYSIS OF RESULTS OF POPs MONITORING IN SURFACE WATER IN SERBIA

ABSTRACT

This paper reviews results of analysis of POPs substances in surface waters in the Serbia, as part of activities that were conducted in order to identify potentially contaminated areas, according to the National Implementation Plan for the Stockholm Convention (2010). Results of POPs monitoring on 54 stations of surface water and sediment comprises three groups of parameters: pesticides, industrial chemicals and by-products from industry. Beside this, evaluation included results for special monitoring on 28 stations in catchment areas for the Belgrade district, located on several smaller watercourses and River Sava and River Danube, as main "collectors" of untreated urban and industrial wastewater. Results of analysis of data for POPs are presented in tables. Collected data were compared with limits that are given in Directive.

KEY WORDS: POPs, Stockholm convention, National Implementation Plan

¹ Objavljeno u zborniku referata i prezentovano na konferenciji „VODA 2014, Srpsko društvo za zaštitu voda i Institut za vodoprivredu „J. Černi“, Tara, 2014, str. 105-110.

UVOD

Dugotrajna organska zagađujuća jedinjenja ili perzistentni organski polutanti (persistent organic pollutants, eng.; POPs, skr.) su toksična po ljude i ostali živi svet. Putem lanaca ishrane dospevaju u žive organizme i bioakumulativna su. Vrlo slabo su rastvorni u vodi, a veoma dobro u mastima i zato lako prolaze kroz fosfolipidne strukture bioloških membrana, nakon čega se deponuju u masnim tkivima živih organizama viših nivoa lanca ishrane (ribe, ptice grabljivice, sisari i ljudi) u koncentraciji mnogo puta višoj od dozvoljene. Ovaj proces bioakumulacije i biomagnifikacije izaziva efekte hronične intoksikacije - razvojne, reproduktivne, kancerogene, imunotoksične, poremećaje endokrinog sistema, kao i neurotoksične smetnje. Kod akutne intoksikacije ove hemikalije izazivaju dramatične efekte, što znači da treba da se vodi računa o ekspoziciji čoveka i živih organizama ovim hemikalijama. POPs jedinjenja su otporna na fotolitičku, biološku i hemijsku degradaciju, zbog čega se putem vazduha i vode, procesima isparavanja i kondenzacije prenose u nepromenjenom obliku u regije u kojima nisu upotrebljavani, pa se nalaze se u svim područjima Zemlje. Zato se u svetu ubrzano razvija globalni sistem kontrole i upravljanja toksičnim supstancama i otpadom. Donešeni su i primenjuju se međunarodne konvencije, uredbe i protokoli, koji regulišu određene pojedinosti vezane neposredno ili posredno za POPs hemikalije. To su: Stokholmska konvencija; Uredba 850/2004/EC o dugotrajnim organskim zagađujućim supstancama; Arhuska konvencija o dostupnosti informacijama; Protokol o Registru ispuštanja i prenosa zagađivača; Roterdamska konvencija o postupku davanja saglasnosti na osnovu prethodnog obaveštenja za određene opasne hemikalije i pesticide u međunarodnoj trgovini; Bazelska konvencija o kontroli prekograničnog kretanja opasnog otpada i njegovom odlaganju. Stokholmska konvencija je stupila na snagu 17.5.2004. godine koju su potpisale 152 zemlje, i ratifikovale 142 među njima i Srbija (2009). Osnovni cilj Stokholmske konvencije je da zabrani ili ograniči proizvodnju, upotrebu, emisiju, uvoz i izvoz veoma toksičnih supstanci, koje pripadaju grupi dugotrajnih organskih zagađujućih supstanci radi zaštite zdravlja ljudi i životne sredine. Usvajanjem Zakona o ratifikaciji Stokholmske konvencije Srbija se obavezala da ispunjava sve u njoj sadržane odredbe. Ovo znači da se usaglašavanje nacionalnog zakonodavstva sa konvencijom odvija kroz sve zakone koji imaju veze sa POPs. U konkretnom slučaju to se odnosi na zakone kojima se regulišu pitanja: upravljanja hemikalijama, sredstava za zaštitu bilja, kvaliteta hrane, otpada, vazduha, vode i dr. Pored toga norme za emisiju i imisiju, odnosno odgovarajuće metode kojima se to može odrediti takođe se moraju propisati. Konvencija trenutno obuhvata 12 hemikalija (hemijske supstance ili hemijske smeše) koje su organskog porekla i razvrstane su u tri grupe: Aneks A-hemikalije za eliminaciju (Aldrin, Dieldrin, Hlordan, Toksafen, Mireks, Endrin, Heptahlor, Heksahlorbenzen, Polihlorovani bifenili PCBs), Aneks B-hemikalije sa ograničenom upotrebom (Dihloro-difenil-trihloroetan DDT) i Aneks C-hemikalije koje su nenamerno proizvedene (Polihlorovani dibenzo-para-dioksini PCDD, Dibenzofurani PCDF, Heksahlorobenzen, Polihlorovani bifenili PCBs). Pored inventara POPs supstanci, akcionih planova upravljanja i njihovog uništavanja, sistematski monitoring ovih supstanci u površinskim vodama i redovno izveštavanje o njihovoj koncentraciji predstavlja kontrolu sprovedenih mera. Cilj rada je da prezentuje analizu rezultata monitoringa POPs supstanci u površinskim vodama Srbije u okviru mera na identifikovanju potencijalno kontaminiranih područja, što je u skladu sa *Nacionalnim implementacionim planom za sprovođenje Stokholmske konvencije* (2010).

UPRAVLJANJE POPs HEMIKALIJAMA

Stokholmska konvencija se zasniva na preventivnom pristupu koji je utvrđen u Principu 15 Deklaracije iz Rija o životnoj sredini i razvoju. Kategorija nenamerno emitovanih POPs hemikalija u skladu sa odredbama Stokholmske konvencije, Aneks S, obuhvata: (1) polihlorovane dibenzo-*p*-dioksine (PCDD) i dibenzofurane (PCDF), uobičajeno poznate kao dioksini i furani; (2) heksahlorbenzen (HCB); (3) polihlorovane bifenile (PCB). Polihlorovane dibenzo-*p*-dioksini i

dibenzofurani (PCDD/PCDF), heksahlorobenzen (HCB) i polihlorovani bifenili (PCB) se nenamerno formiraju i ispuštaju iz antropogenih izvora. U skladu sa odredbama Stokholmske konvencije, u grupu nenamerno emitovanih POPs hemikalija nisu uključeni policiklični aromatični ugljovodonici (PAH), ali su oni, kao toksični organski mikropolutanti, sastavni deo ovog dokumenta jer su obuhvaćeni odredbama Konvencije o prekograničnom zagađenju vazduha na velike udaljenosti, odnosno Arhuskog protokola o POPs. Kao i u slučaju inventara opreme i uređaja, rezultati preliminarnog inventara otpada kontaminiranog fluidom na bazi PCB su podeljeni u tri grupe: (1) Podaci o transformatorima, (2) Podaci o kondenzatorima, (3) Podaci o ostalom otpadu, što podrazumeva ulja, zemlju, građevinski materijal, (4) krpe i sudove kontaminirane fluidom na bazi PCB.

Potpisnice *Konvencije* se obavezuju da na nacionalnom i međunarodnom nivou preduzimaju odgovarajuća istraživanja, razvoj, monitoring i saradnju u vezi sa dugotrajnim organskim zagađujućim supstancama. Našim zakonodavstvom, zakonom o vodama (Sl.glasnik RS br.30/10) definiše se skup mera i aktivnosti kojima se kvalitet površinskih i podzemnih voda štiti i unapređuje radi: očuvanja života i zdravlja ljudi, smanjenja zagađenja i sprečavanja daljeg pogoršanja stanja voda, obezbeđenja neškodljivog i nesmetanog korišćenja voda za različite namene i zaštite vodnih i priobalnih ekosistema, odnosno postizanje standarda kvaliteta životne sredine. Između ostalog, Zakon reguliše oblast sistematskog praćenja statusa površinskih i podzemnih voda kroz definisanje: monitoringa statusa voda, sadržine godišnjeg programa monitoringa, organizacija nadležnih za sprovođenje programa monitoringa i klasifikaciju vodnih tela površinskih i podzemnih voda.

Monitoring statusa voda u delu koji se odnosi na biološke elemente kvaliteta, fizičko hemijske elemente, kao i prioritetne, prioritetne hazardne i ostale zagađujuće supstance (kojima pripadaju i POPs) je u nadležnosti Agencije za zaštitu životne sredine. Proces usklađivanja monitoringa sa preporukama Okvirne direktive o vodama (WFD 200/60/EC) otpočeo je 2012.godine. Nadzorni i operativni monitoring koji se sprovodi na 50, odnosno 87 mernih mesta na vodnim telima površinskih voda, obuhvata određivanje 29 specifičnih zagađujućih supstanci (prioritetne i prioritetne hazardne supstance) i 31 ostale specifične zagađujuće supstance. Nacionalna laboratorija Agencije za zaštitu životne sredine sprovodi određivanje sadržaja prioriternih hazardnih i ostalih zagađujućih supstanci (POPs) u vodi i sedimentu primenjujući međunarodno priznate standarde i metodologije, što omogućava poređenje i prihvatanje rezultata ispitivanja u okviru međudržavne saradnje.

REZULTATI MONITORINGA VODA

U ovom radu su prezentovani rezultati monitoringa POPs supstanci u površinskim vodama Srbije i to: sa onih profila iz programa monitoringa Agencije za zaštitu životne sredine čiji se podaci dostavljaju u okviru redovnog izveštavanja prema Evropskoj agenciji za životnu sredinu (EEA), i programu monitoringa koji sprovodi Gradski zavod za javno Zdravlje Beograd. Analiza rezultata se zasniva na vrednostima propisanim Uredbom za prioritetne i prioritetne hazardne supstance koje zagađuju površinske vode i rokovima za njihovo dostizanje (Sl. Glasnik RS br.35/2011).

Monitoring POPs supstanci u površinskim vodama i sedimentu obavljen je na 54 merna mesta i obuhvata tri grupe parametara: pesticide, industrijske hemikalije i nus-proizvode industrijskih procesa. Analiza rezultata sadržaja POPs supstanci u rečnoj vodi, pokazala je da je Lindan registrovan na najviše lokacija (9 od 54). Koncentracije za Aldrin, Hlordan (α,γ), Endrin, Heksahlorobenzen i Polihlorovane bifenile su na svim lokacijama bile ispod granice kvantifikacije (LOQ). Sve maksimalno izmerene koncentracije (MIK) su bile ispod propisanih vrednosti za parametre koji imaju definisane maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK). (Tabela 1)

Analiza rezultata sadržaja POPs supstanci u sedimentu, pokazala je da su Polihlorovani bifenili (PCB_{sum}) registrovani na najviše lokacija (8 od 47) u koncentracijama nižim od ciljanih vrednosti (CV) definisanim Uredbom o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje. Maksimalno izmerena koncentracija (MIK)

heksahlorbenzena je bila na granici kvantifikacije (LOQ), dok su koncentracije svih ostalih supstanci bile ispod granice kvantifikacije. (Tabela 2)

Tabela 1. Sadržaj POPs supstanci u rečnoj vodi (EPA 8270D:2007) [6]

Table 1. The content of POPs in the river water (EPA 8270D:2007) [6]

Supstanca	CAS broj	Jedinica mere	Limit kvantifikacije (LOQ)	Broj lokacija \geq LOQ	MIK ¹	MDK ²
Dieldrin	60-57-1	$\mu\text{g/l}$	0,002	3 od 54	0,006	-
Heptachlor	76-44-8	$\mu\text{g/l}$	0,001	1 od 54	LOQ	
Alpha hexachlorocyclohexane	319-84-6	$\mu\text{g/l}$	0,001	3 od 54	0,002	
Beta hexachlorocyclohexane	319-85-7	$\mu\text{g/l}$	0,001	4 od 54	0,023	
Gamma hexachlorocyclohexane (Lindane)	58-89-9	$\mu\text{g/l}$	0,001	9 od 54	0,009	
Pentachlorobenzene	608-93-5	$\mu\text{g/l}$	0,001	2 od 54	0,001	
Endosulfan i izomeri (Alfa-endosulfan*)	959-98-8*	$\mu\text{g/l}$	0,005	1 od 54	0,01	0,01
Endosulfan i izomeri (Beta-endosulfan*)	33213-65-9*	$\mu\text{g/l}$	0,005	1 od 54	0,006	0,01
p,p'-DDT	50-29-3	$\mu\text{g/l}$	0,001	2 od 54	0,003	-

Napomena: ¹ maksimalno izmerena koncentracija; ² maksimalno dozvoljena koncentracija

Tabela 2. Sadržaj POPs supstanci u sedimentu vodotoka (EPA 8270D:2007) [6]

Table 2. The content of POPs in the sediment of the river (EPA 8270D:2007) [6]

Supstanca	CAS broj	Jedinica mere	Limit kvantifikacije (LOQ)	Broj lokacija \geq LOQ	MIK ¹	CV ²	MDK ³
Hexachlorobenzene	118-74-1	$\mu\text{g/kg}$	1	1 od 47	LOQ		
Polychlorinated biphenyls (PCB) sum (28,52,101,118,138, 153,180)		$\mu\text{g/kg}$	1	8 od 47	8,8	20	200

Napomena: ¹ maksimalno izmerena koncentracija; ² ciljana vrednost; ³ maksimalno dozvoljena koncentracija

Osim rezultata monitoringa POPs supstanci u površinskim vodama Srbije prema programu monitoringa Agencije za zaštitu životne sredine, analiza obuhvata i rezultate monitoringa koji sprovodi Gradski zavod za javno Zdravlje Beograd. Ovaj program obuhvata 28 mernih mesta u okviru vodnog područja Beograd na više manjih vodotoka i rekama Savi i Dunavu. (Tabela 3)

Tabela 3. Rezultati monitoringa POPs u 2012 - Gradski zavod za javno zdravlje Beograd [7]
 Table 3. Results of monitoring of POPs in 2012 – Public Health Institute of Belgrade [7]

Dugotrajne organske zagađujuće supstance (POPs)	Izmerene koncentracije u 2012.	
	Voda (µg/l)	Sediment (µg/kg)
Aldrin	<0.05	<10.0
Chlordane (α,γ)	<0.05	<10.0
Dieldrin	<0.05	<10.0
Endrin	<0.05	<10.0
Heptachlor	<0.05	<10.0
Hexachlorobenzen	<0.05	<10.0
Alpha hexachlorocyclohexane	-	<10.0
Beta hexachlorocyclohexane	-	<10.0
Lindane	<0.05	<10.0
Endosulfan i izomeri	<0.05	<10.0
DDT	<0.05	<10.0
Hexachlorobenzene (HCB)	<0.05	<10.0
Polychlorinated biphenyls (PCB)	<0.01	<10.0 (528)*

*-Izmerena koncentracija PCB na reci Veliki Lug na profilu Most na putu za Jagnjilo
 Granice kvantifikacije LOQ (<0.05, <0.01, <10.0);

Analiza rezultata sadržaja POPs supstanci je pokazala da su koncentracije svih supstanci u vodi i sedimentu bile ispod granice kvantifikacije, osim koncentracije polihlorovanih bifenila (PCBsum) u sedimentu reke Veliki Lug na profilu Most na putu za Jagnjilo, koja je bila iznad maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) definisane Uredbom o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje. Ovi rezultati ukazuju da u širem području sigurno postoji kontaminirana lokacija kao izvor zagađenja PCB supstancom.

Značajno je napomenuti da u Srbiji ne postoje trajne lokacije za skladištenje ili dekontaminaciju opreme ili otpada kontaminiranog PCB, kao ni postrojenja za degradaciju fluida na bazi PCB. Kao i u slučaju inventara opreme i uređaja, rezultati preliminarnog inventara otpada kontaminiranog fluidom na bazi PCB su podeljeni u tri grupe: (1) Podaci o transformatorima, (2) Podaci o kondenzatorima, i (3) Podaci o ostalom otpadu, što podrazumeva ulja, zemlju, građevinski materijal, krpe i sudove kontaminirane fluidom na bazi PCB. Osim opreme koja je u upotrebi, preliminarnim inventarom je ustanovljeno da se na mnogim mestima u Republici Srbiji nalaze transformatori i kondenzatori koji su van upotrebe i sa aspekta upotrebne vrednosti predstavljaju otpad. Većina ove opreme je privremeno zbrinuta na koliko je to moguće bezbedan način. Uglavnom je prenetu u deo preduzeća predviđen za skladištenje, blizu mesta gde su bili u funkciji, (improvizovanim skladištima), s obzirom da u Republici Srbiji ne postoji deponija opasnog otpada. U pojedinim slučajevima procureli kondenzatori

ili ulja kontaminirana fluidom na bazi PCB smešteni su u burad i cisterne. Međutim, određeni broj iz mnogih razloga nije proglašen otpadom i nije privremeno skladišten. Transformatori u Republici Srbiji proizvodili su se u fabrici „Minel” - Mladenovac (današnji naziv: ABS „Minel - Trafo” a.d.), gde se koristio uvezeni fluid na bazi PCB kao izolacioni fluid i impregnant. Poslednji transformator sa fluidom na bazi PCB u ovoj fabrici je proizveden 1986. godine. Rezultati analize sedimenta reke Veliki Lug na profilu Most na putu za Jagnjilo i lokacija fabrike ABS „Minel - Trafo” a.d u slivu ove reke ukazuju na potencijali izvor zagađenja.

Visoke koncentracije PCB supstanci u sedimentu registrovane tokom 2012. godine na ovoj lokaciji potvrđuju perzistentnost POPs polutanata, odnosno dugotrajno zadržavanje u medijumima životne sredine. Polihlorovani bifenili (PCB) se akumuliraju u tkivima vodenih i kopnenih organizama, posebno u ribama, dostižući vrednosti veće od onih u vodi. Kratkotrajna ekspozicija nije od značaja, ali duža dovodi do toksičnih efekata na koži (hlorakne i hiperpigmentacije kože i noktiju), mišićne slabosti, poremećaja funkcija jetre, štitne žlezde, slabljenja imunog sistema i pojave kancera.

ZAKLJUČAK

Prezentovana analiza rezultata monitoring POPs supstanci u površinskim vodama Srbije potvrđuje značaj donošenja akcionog plana za PCB u cilju dekontaminiranja opreme koja sadrži PCB i odlaganja PCB otpada, čime će se sprečiti ispuštanje PCB u medijume životne sredine. Zato je potrebno u skladu sa *Nacionalnim implementacionim planom za sprovođenje Stokholmske konvencije* obezbediti donosiocima odluka, javnosti i međunarodnim organizacijama informacije o prisustvu POPs hemikalija u životnoj sredini i biološkim uzorcima kroz adekvatan monitoring i organizovan sistem prikupljanja podatka i izveštavanja. Treba predvideti i specifične ciljeve koji obuhvataju dopunjene propise za merenje POPs hemikalija u medijumima životne sredine, hrani i biološkim matriksima, i redovan monitoring POPs jedinjenja u medijumima životne sredine i biološkim uzorcima (uzorcima animalnog i humanog porekla). Strategijom javnog informisanja treba raditi na podizanju nivoa javne svesti o opasnosti i riziku od POPs. Pogotovu treba razvijati sistem za kontinuirano informisanje o primeni Stokholmske konvencije i sistem za kontinuirano sprovođenje obrazovanja o POPs hemikalijama i odredbama Stokholmske konvencije.

LITERATURA

- [1] Uredba o graničnim vrednostima prioriternih i prioriternih hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovima za njihovo dostizanje, „Sl.glasnik RS“ br.35/11.
- [2] Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje, „Službeni glasnik RS”, br. 50/2012.
- [3] Zakon o potvrđivanju Stokholmske konvencije o dugotrajnim organskim zagađujućim supstancama (Sl. Glasnik RS – međunarodni ugovori, br. 42/2009)
- [4] Nacionalni implementacioni plan za sprovođenje Stokholmske konvencije, Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja Republike Srbije, 20110.
- [5] Analize različitih sistema upravljanja POPs otpadom koji se koriste u zemljama EU, poređenje srpske prakse sa praksom u zemljama EU i opcije za poboljšanje, IPA SR 2008-IB –EN-01.
- [6] Rezultati ispitivanja kvaliteta površinskih i podzemnih voda za 2012, Agencija za zaštitu životne sredine, 2013.
- [7] Kvalitet površinskih voda na teritoriji Beograda u 2012, Gradski zavod za javno zdravlje Beograd, 2013.