

# Onečišćenje humanog mlijeka u Zadru: organska onečišćivala, antioksidacijski kapacitet i zdravstveni rizik

Gordana Jovanović<sup>1,2</sup>, Snježana Herceg Romanić<sup>3</sup>, Tijana Milićević<sup>1</sup>, Marijana Matek Sarić<sup>4</sup>, Gordana Mendaš<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institut za fiziku Sveučilišta u Beogradu, Pregrevica 118, 11080 Beograd, Srbija; <sup>2</sup>Sveučilište Singidunum, Danijelova 32, 11010, Beograd, Srbija; <sup>3</sup>Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Ksaverska cesta 2, 10000, Zagreb, Hrvatska; <sup>4</sup>Odjel za zdravstvene studije Sveučilišta u Zadru, Splitska 1, 23000, Zadar, Hrvatska  
e-mail address of presenting author: [sherceg@imi.hr](mailto:sherceg@imi.hr)

## Uvod

Majčino mlijeko sadrži hranjive tvari koje su djetetu potrebne u prvim mjesecima života, uključujući vitamine, minerale, proteine, masti i antitijela. Zbog svoje lipofilne prirode, može sadržavati određena onečišćivala iz okoliša. Lipofilni spojevi, poput organskih spojeva, mogu se prenijeti u mlijeko. U našim studijama ispitivane su razine i međusobni odnosi polikloriranih bifenila (PCB), organoklornih pesticida (OCP) i policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAU) u majčinom mlijeku iz Zadra, Hrvatska.

## Materijal i metode

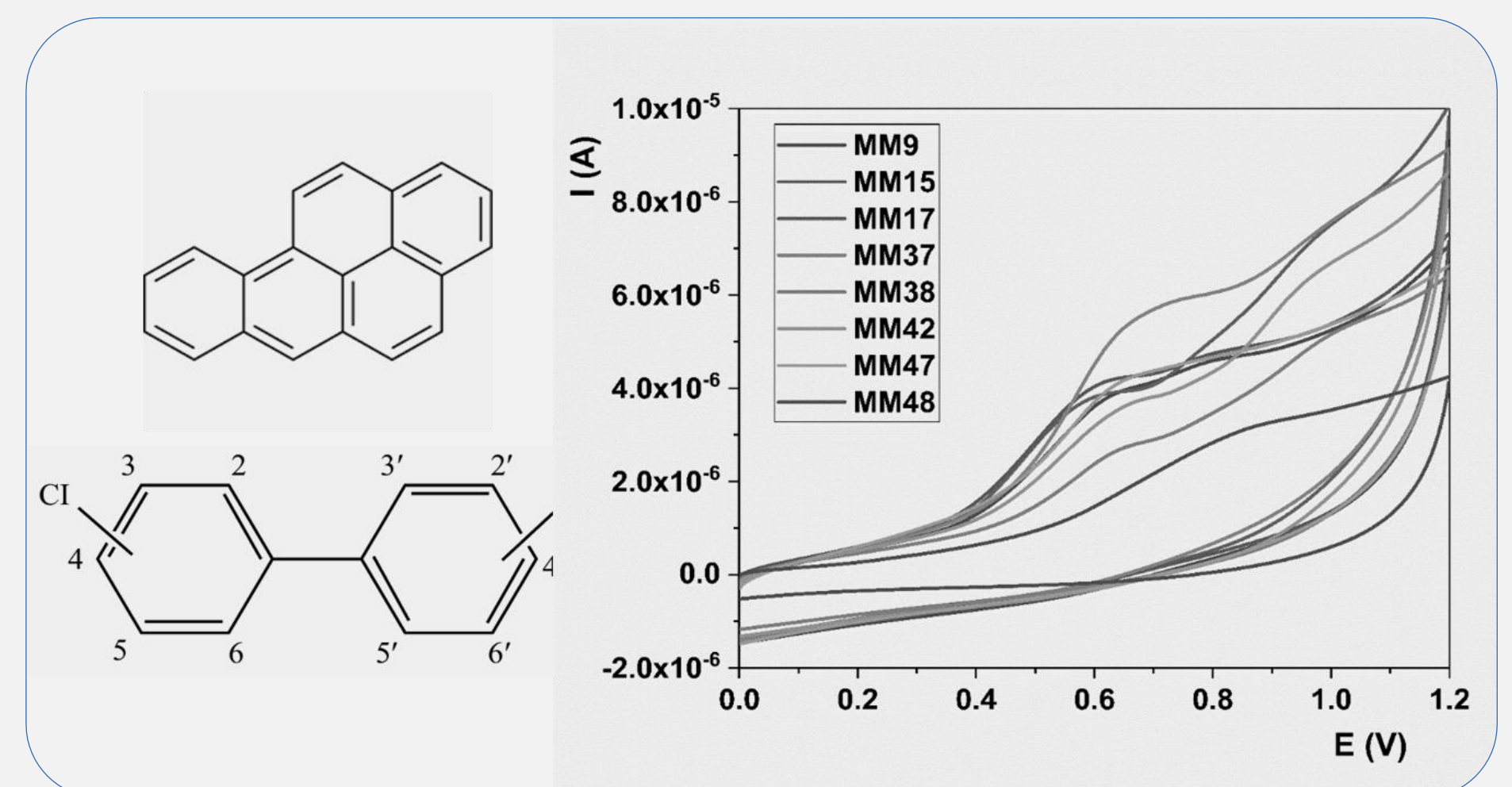
Sadržaj 16 US EPA PAU u uzorcima majčinog mlijeka sakupljenim u Zadru 2018. i 2019. godine, određen je primjenom tekuće kromatografije, dok su sadržaji 17 PCB-a i 7 OCP-a analizirani plinskom kromatografijom. Ukupni antioksidativni kapacitet (TAC) izmjeren je tehnikom ciklične voltametrije (Slika 1). Izračunati su zdravstveni rizici i dijagnostički omjeri PAH spojeva. Primijenjene su napredne statističke metode i tehnike strojnog učenja za dublju analizu odnosa OCP-a i PCB-a.

## Rezultati i preporuke

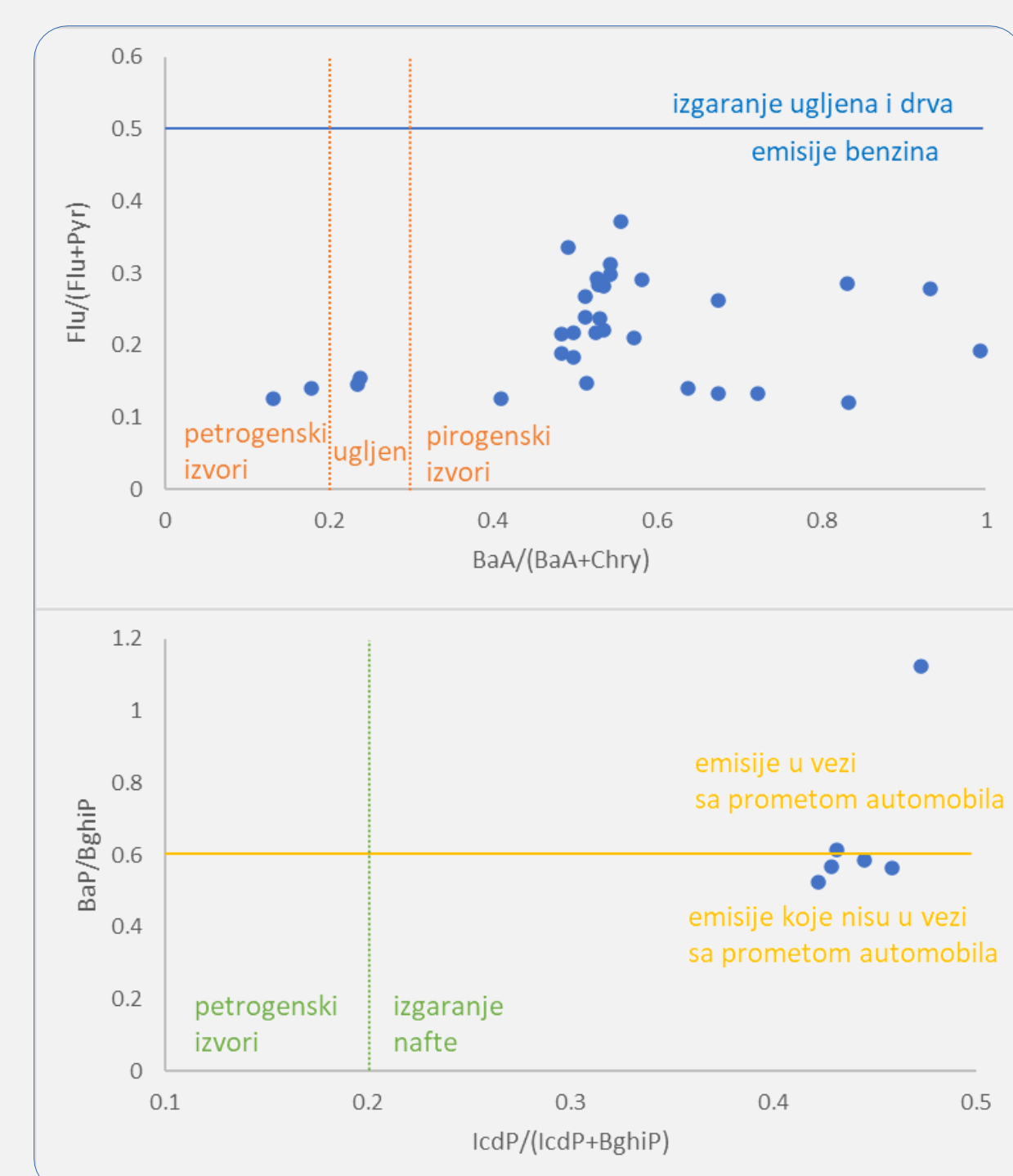
- U uzorcima majčinog mlijeka, spojevi iz DDT grupe bili su najzastupljeniji, a ostali prisutni spojevi po opadajućim vrijednostima su: PCB-153>PCB-138>PCB-180> $\beta$ -HCH>PCB-118> $\gamma$ -HCH>HCB>PCB-156>PCB-170, a najmanje zastupljeni su PCB-189<PCB-123<PCB-101 <PCB-167< $\alpha$ -HCH<PCB-157<PCB-28<PCB-105<PCB-60.
- Razine PAU u majčinom mlijeku u Hrvatskoj pokazuju umjerene do visoke razine onečišćenja u usporedbi s europskim zemljama. Najzastupljeniji PAU-ovi su: Flu, Pyr, BaA i Chry, a u više od 50 % uzoraka, B<sub>j</sub>F, B<sub>k</sub>F, B<sub>b</sub>F, BaP, DahA, B<sub>ghi</sub>P i IP su bili ispod granice detekcije.
- Dijagnostički omjer ukazao je na prometne emisije kao primarni izvor PAU-ova (Slika 2).
- Procijenjeni dnevni unos PCB-a i OCP-a sugerira minimalne rizike za novorođenčad, pri čemu je većina uzoraka ocijenjena sigurnima za konzumaciju prema referentnim razinama.
- Dobivena je negativna korelacija između organskih onečišćivala i antioksidativnog kapaciteta.
- Metode strojnog učenja otkrile su snažnu nelinearnu povezanost među onečišćivalima, ističući važnost određenih PCB-a u predviđanju metaboličkih procesa kod majki.
- Unmix je razlikovao 4 skupine uzoraka (Tablica 1). Prve dvije skupine karakteriziraju visoki udjeli  $\beta$ -HCH, HCB i  $\gamma$ -HCH. Treća skupina (30% ukupnog udjela), uključuje teže heksa- do heptahlorirane kongenere, a četvrta skupina prepoznata je kao metabolički put DDT.

## Zahvalnica

Istraživanje je financirano iz sredstava Europske unije, projekt NextGenerationEU–EnvironPollutHealth (br. 533-03-23-0006) i Instituta za fiziku Beograd kroz podršku Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije.



Slika 1. Elektrokemijski profili odabranih uzoraka majčinog mlijeka (MM).



Slika 2. Dijagnostički omjeri PAH-a u uzorcima mlijeka prikupljenim u Zadru.

Tablica 1. Unmix profili grupa uzoraka majčinog mlijeka.

Jedinjenje	Grupa 1	Grupa 2	Grupa 3	Grupa 4
$\alpha$ -HCH	10.1	36.1	39.8	14.1
$\beta$ -HCH	79.6	0	0	20.4
$\gamma$ -HCH	11.7	72.9	13.6	0
HCB	67.5	23.4	8.1	1
p,p'-DDE	13.3	33	53.3	0
p,p'-DDD	0	0	6.4	93.6
PCB – 138	0	0	52.9	9.7
PCB – 153	7.4	5	53.8	33.7
PCB – 180	4.4	1.3	8.8	8.9
PCB – 105	10.6	14.3	28.8	46.4
PCB – 118	18.3	8.4	28.8	29.7
PCB – 156	11.8	4.1	58.6	3.3
PCB – 167	12.3	12.8	28.8	44.5
PCB – 74	15.2	51.5	5	28.3
PCB – 170	0	4.7	80.6	14.7
Prosječni udio (%)	16.9	15.8	34.6	32.6

Mendaš et al. (2024) Sci. Total Environ. 931, 172911, [doi:10.1016/j.scitotenv.2024.172911](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172911)

Jovanović et al. (2019) Ecotox. Environ. Saf. 172, 341-347, <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.01.087>