

Nacionalni program humanega biomonitoringa: Prvi rezultati o izpostavljenosti PFAS pri otrocih in mladostnikih

Janja Snoj Tratnik¹, Agneta Runkel¹, Darja Mazej¹, Anja Stajnkó¹, Tina Kosjek¹, Alenka France-Štiglic², Ivan Eržen³, Milena Horvat¹

¹ Institut Jožef Stefan, Odsek za znanosti o okolju

² Univerzitetni klinični center Ljubljana, Inštitut za klinično kemijo in biokemijo

³ Nacionalni inštitut za javno zdravje

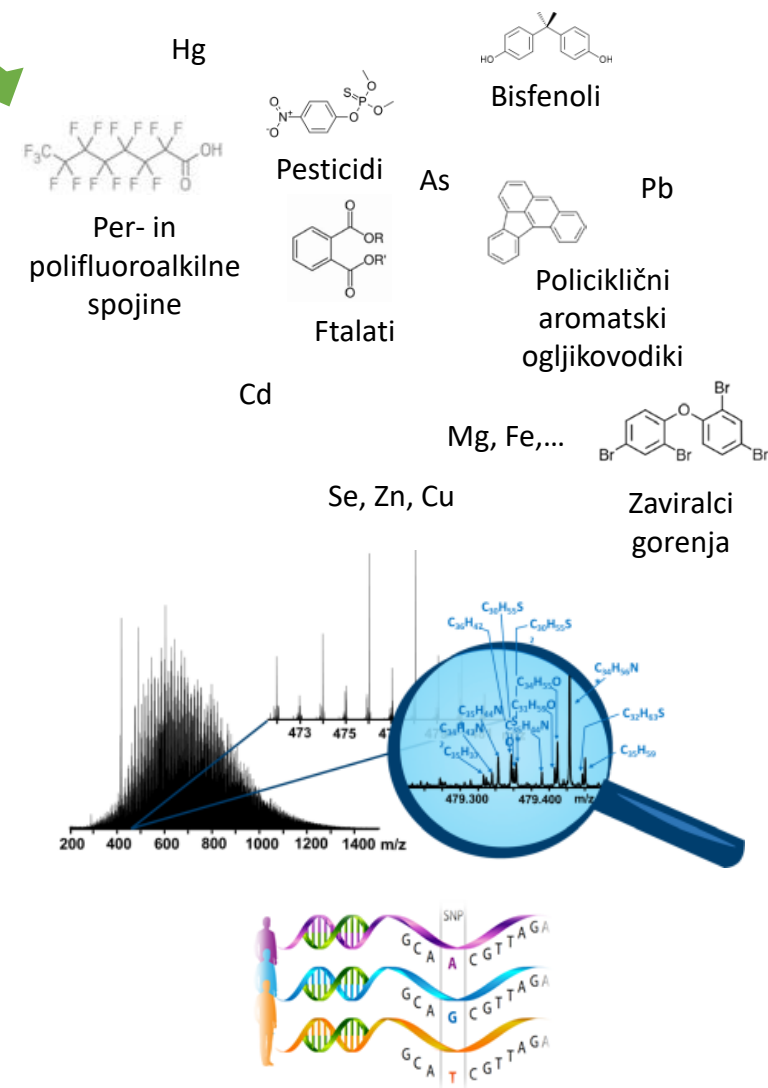
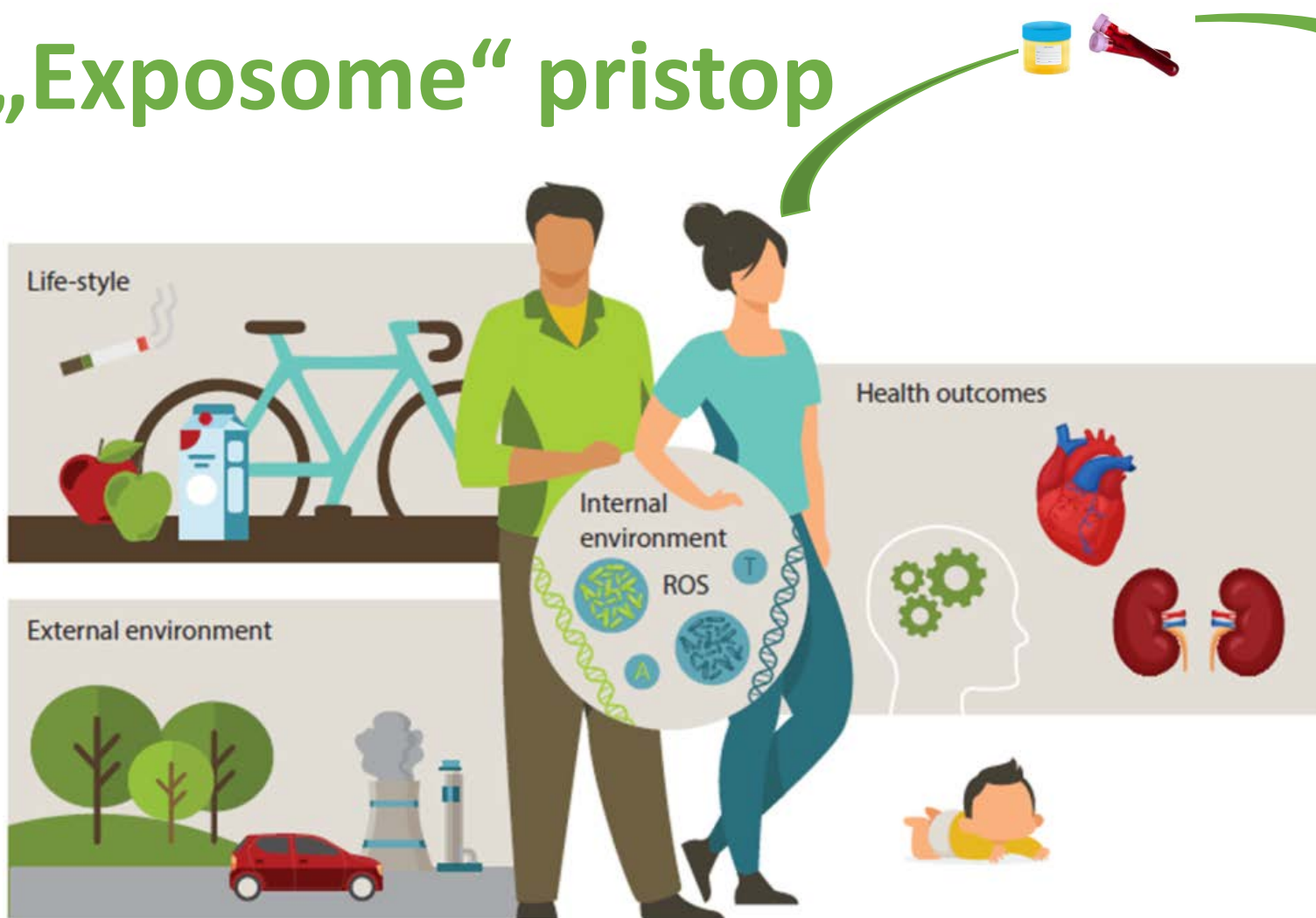
Humani biomonitoring (HBM)

- **Biomonitoring v ljudeh** = merjenje koncentracij kemikalij v krvi, urinu, slini, semenski tekočini, izdihanem zraku, materinem mleku, laseh, nohtih ali tkivih.
- Pridobljeni HBM podatki odražajo celotno obremenitev telesa s kemikalijami, ki je rezultat **vseh poti izpostavljenosti**, in tudi variabilnosti med posamezniki (na račun razlik v presnovi in stopnji izločanja kemikalij).



Končni cilj HBM je povezati informacije o ravni **izpostavljenosti**, **občutljivosti**, in **učinkih**, z namenom da bi bolje razumeli posledice izpostavljenosti okoljskim kemikalijam na zdravje → **izboljšana ocena tveganja za zdravje**

„Exposome“ pristop



Nacionalni HBM program

Podlaga za izvajanje: Zakon o kemikalijah (Uradni list RS, št. [110/03](#) - prečiščeno besedilo, [11/01](#) - ZFFS, [47/04](#) - ZdZPZ, [61/06](#) ZBioP, [16/08](#) in [9/11](#)) ([neuradno prečiščeno besedilo](#))

51.a člen (biomonitoring kemikalij)

Naročnik: Urad RS za kemikalije, Ministrstvo za zdravje

Izvajalec: Institut Jožef Stefan (prof. dr. Milena Horvat), Nacionalni Institut za javno zdravje (prof. dr. Ivan Eržen)

Podizvajalci: UKC Ljubljana, Regionalne bolnišnice in zdravstveni domovi, NLZOH

Kratkoročni cilji:

Pridobitev podatkov
o izpostavljenosti prebivalstva:

- osnovne vrednosti
- razlike v izpostavljenosti glede na geografsko lego

Dolgoročni cilji:

- časovni trendi
- ocena tveganja za zdravje ljudi
- zagotoviti ukrepe za zmanjšanje tveganja

Drugi nacionalni HBM program v Sloveniji

- **Otroci 6 - 9 let (2. – 4. razred)**
- **Najstniki 12 - 15 let (7. – 9. razred)**
- Otroci in mladostniki z dejanskim bivališčem v regiji že vsaj 3 leta, ki se ne zdravijo z zdravili zaradi kroničnih bolezni ali bolezni presnove

Vzorci: prvi jutranji urin, venska kri, lasje

Izbrane kemikalije: elementi v sledovih, ftalati in DINCH, fenoli, zaviralci gorenja, pesticidi, PAH, per- in polifluoroalkilne spojine (PFAS)

Standardni klinični markerji: hemogram, kazalci ledvičnih poškodb, holesterol, trigliceridi,...

Markerji občutljivosti: genotipizacija



200 otrok / območje

100 otrok, 100 najstnikov

50 : 50 fantje : dekleta

Drugi nacionalni HBM: območja

2018: Pilotna študija v Prekmurju ✓

2019 - 2022:

Mežiška dolina, Celje, Jesenice, Vrhnika ✓

(dodana še Logatec in Prestranek) ✓

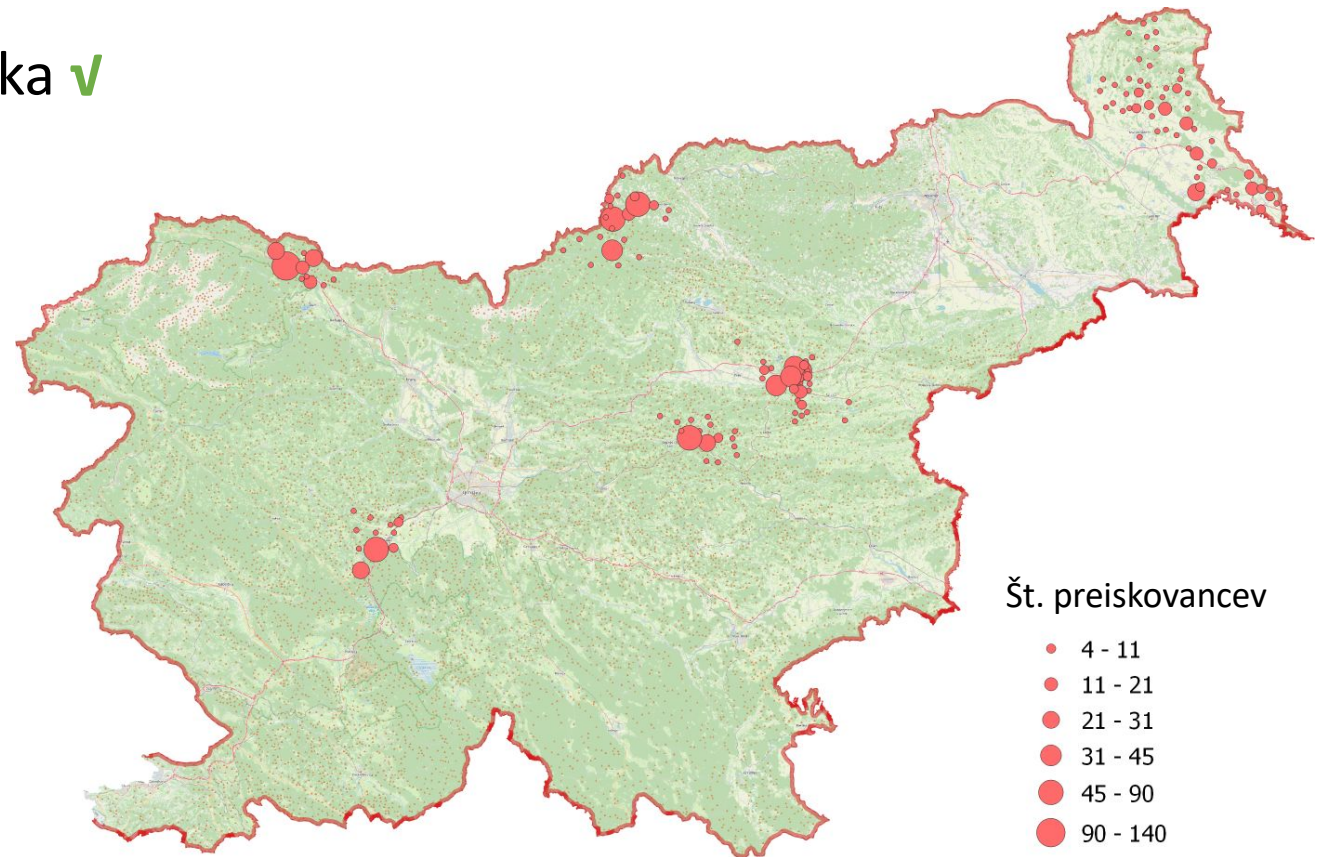
2022 - 2024:

Zasavje ✓

Idrija in Posočje

Obalno območje

Bela krajina



Drugi nacionalni HBM: Potek

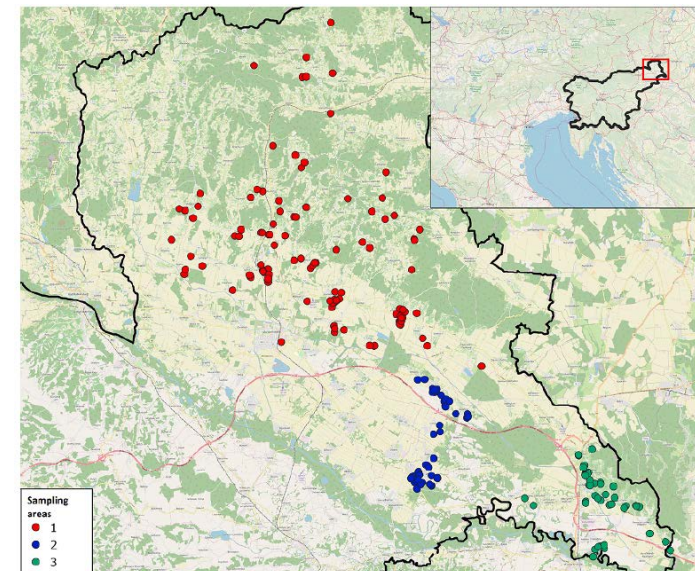


Časovnica velja za trenutno fazo izvajanja

Identifikacijska številka zagotavlja zasebnost podatkov.

Analiza vzorcev: Prekmurje

- Vzorci seruma 113 deklet in 112 fantov iz Prekmurja
Goričko, **Ravninski del**, **Lendavske gorice**
- Določili 12 PFAS spojin: **PFOA**, **PFOS**, **PFPA**, **PFHpA**, **PFNA**, **PFDA**, **PFUnDA**, **PFHxS**, **PFHpS**, **PFHxA**, **PFDoDA** in **PFBS**
- Analiza PFAS v serumu: tekočinska kromatografija sklopljena s tandemsko masno spektrometrijo QTrap 5500 (ABSciex, CA, USA) (po odstranitvi fosfolipidov) (RECETOX, Univerza Masaryk, Češka)



Rezultati analiz

- 9 od 12 analitov smo zaznali vsaj pri 30% preiskovancev
- Izmerjene koncentracije v serumu otrok in mladostnikov:

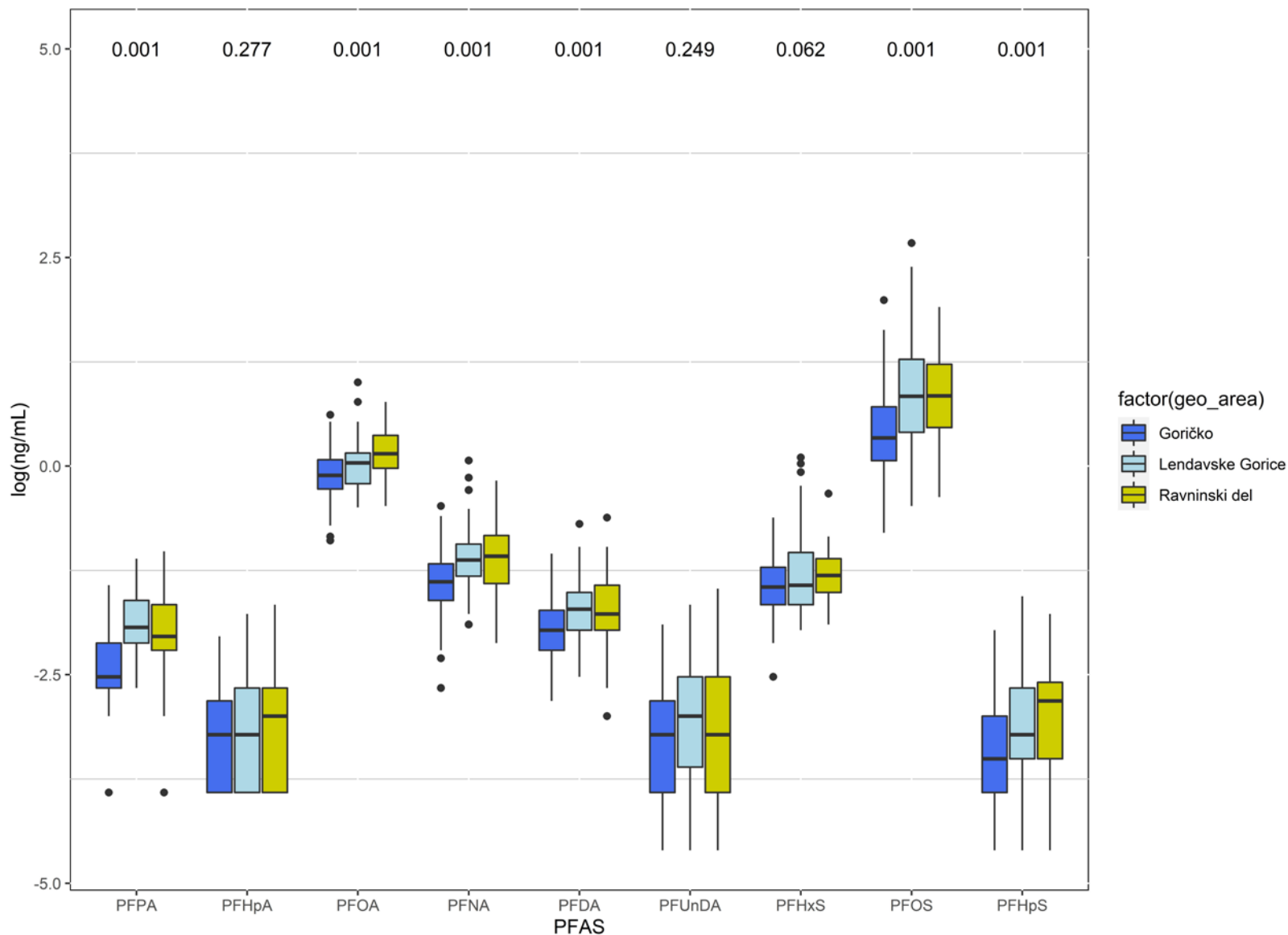
Geometrijske sredine PFAS (ng/mL serum)								
	Vsi	SPOL		Starostna skupina		Območje		
		Dekleta	Fantje	7-10	12 - 15	Goričko	Ravninski del	Lendavske gorice
PFPA	0.1	0.1	0.1	0.1	0.08	0.08	0.1	0.2
PFHpA	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04
PFOA	1.0	1.0	1.0	1.1	0.9	0.9	1.2	1.0
PFNA	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
PFDA	0.2	0.2	0.2	1.7	0.1	0.1	0.2	0.2
PFUnDA	0.04	0.04	0.04	0.03	0.05	0.03	0.04	0.04
PFHxS	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3
PFHpS	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.05	0.05
PFOS	1.9	1.7	2.1	1.9	1.8	1.5	2.3	2.4

PFOS
 ↓
PFOA
 ↓
PFHxS
 =
PFNA

- **Trije otroci** so presegli **PFOA HBM I** vrednost 2 ng/mL (2.2 ng/mL, 2.2 ng/mL, and 2.7 ng/mL)
- **13 otrok** je preseglo **PFOS HBM I** vrednost 5 ng/mL (5.1 ng/mL - 14.5 ng/mL)

Rezultati analiz

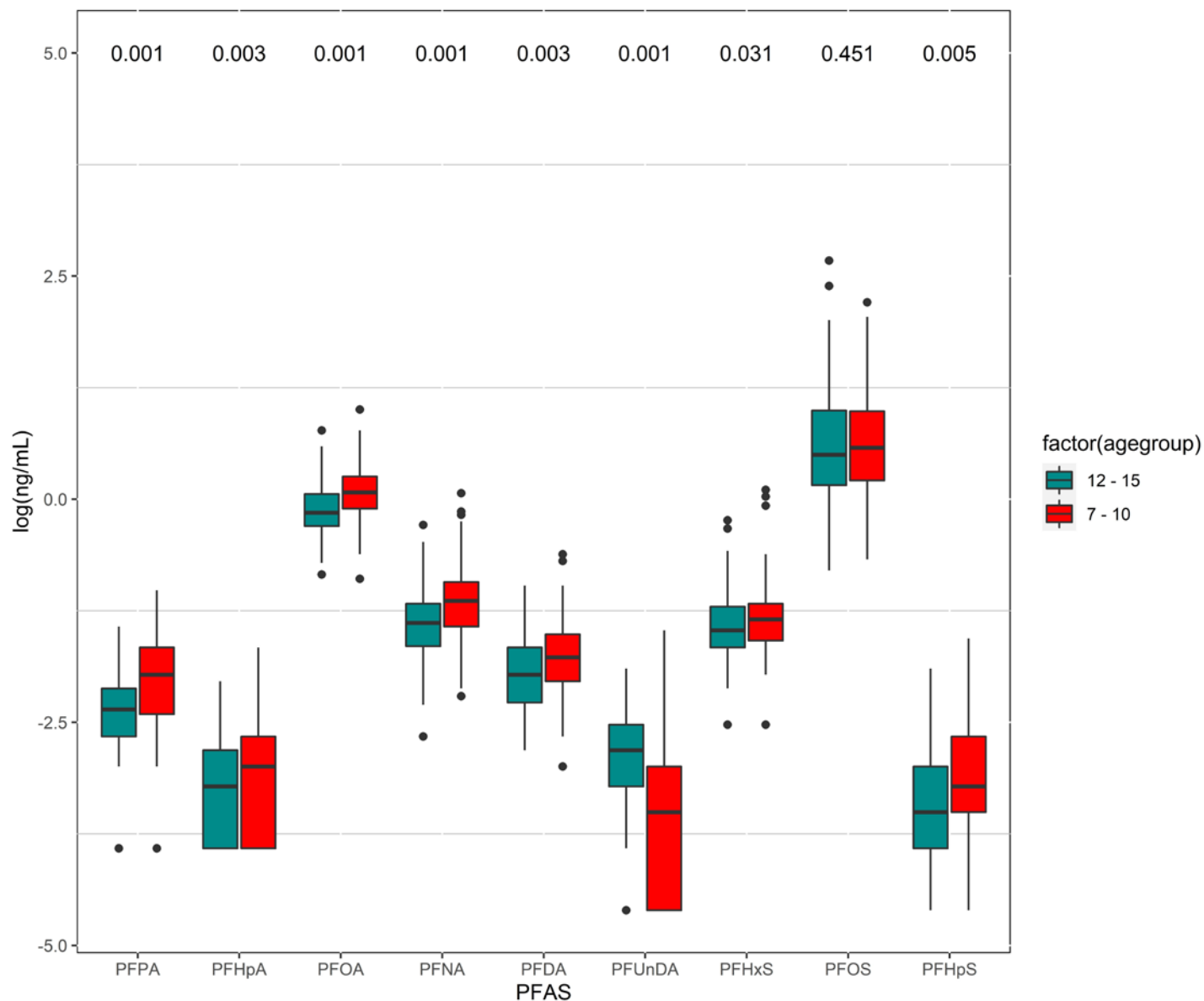
Glede na lokacijo vzorčenja



- Koncentracije PFOA, PFNA, PFDA, PFHxS, in PFHpS višje na **ravninskem delu**
- *Skladno s splošno nizko kakovostjo podtalnice na tem območju, tudi za PFOA in PFOS (nacionalni monitoring)*
- Preiskovanci iz **Goričkega** so imeli najnižje koncentracije večine spojin

Rezultati analiz

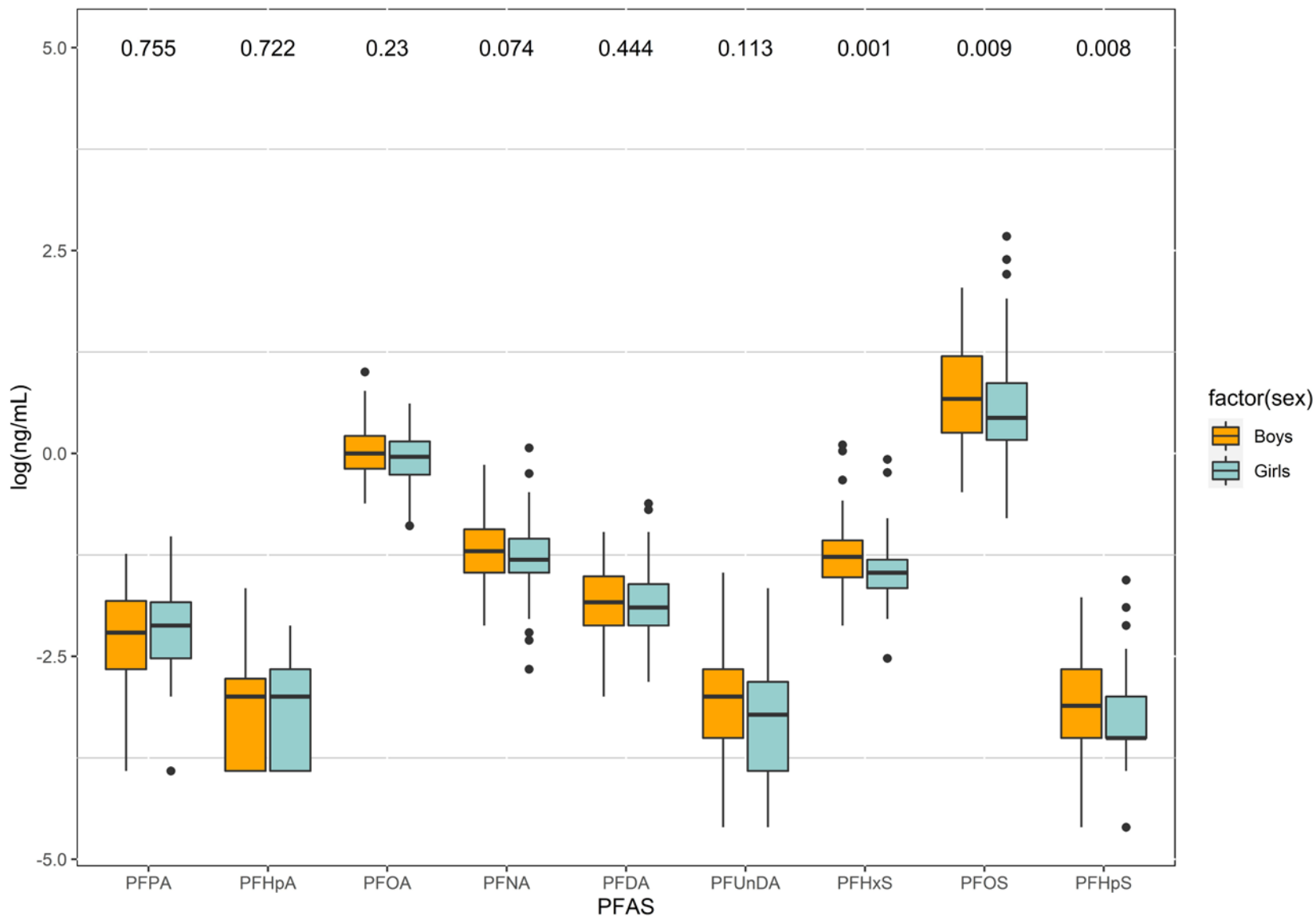
Glede na starostno skupino



- **Otroci** so imeli višje vrednosti skoraj vseh spojin (PFPA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFHxS, PFHpS, razen PFUnDA) v primerjavi z **najstniki**
- *Razlike v vedenju (npr. večji vnos s prahom)*

Rezultati analiz

Glede na spol

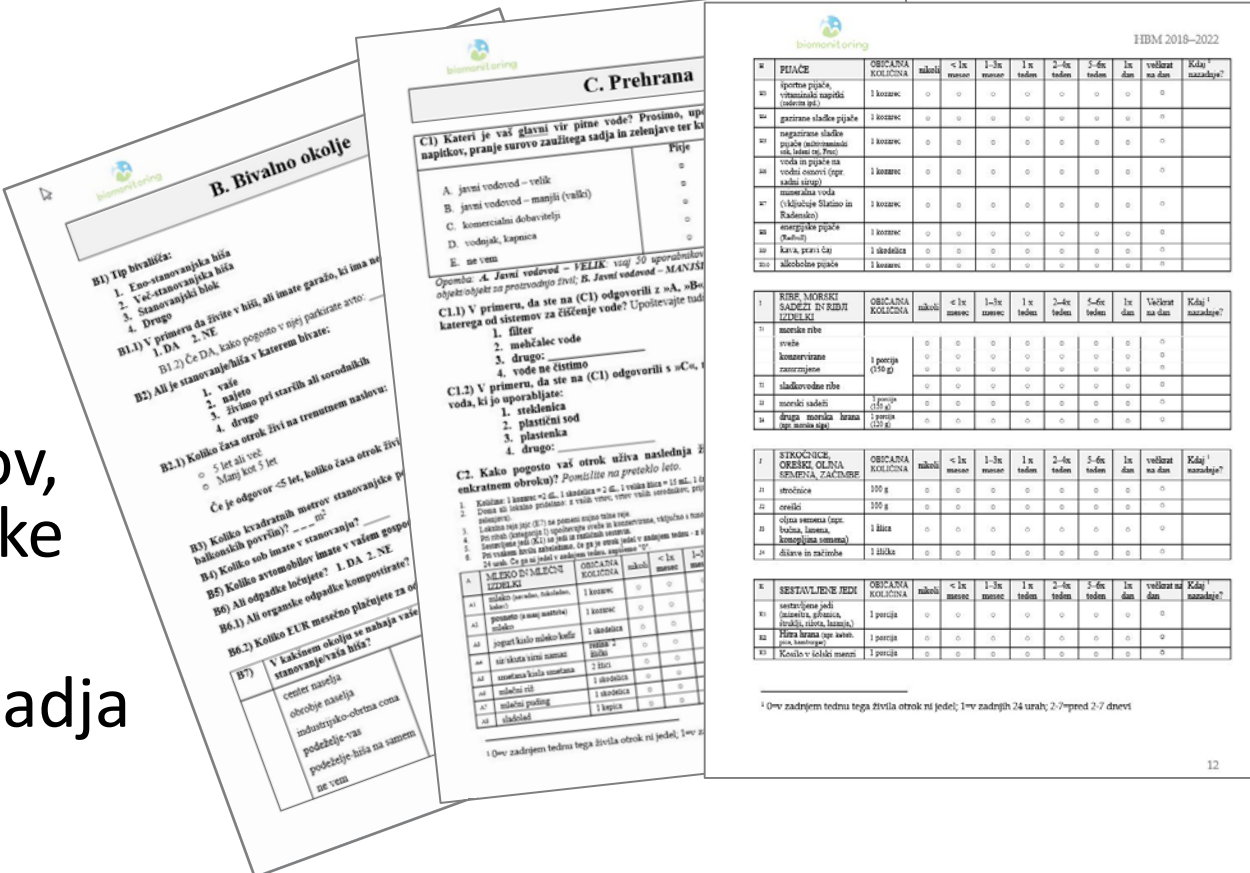


- **Dekleta** nižje vrednosti za PFHxS, PFOS in PFHpS kot fantje
- *Najverjetneje gre za hitrejšo izločanje pri dekletih*
- Otroci: ni opaznih razlik
- Najstniki: **dekleta** nižje vrednosti za PFHpA, PFOA, PFNA, PFHxS, PFOS in PFHpS kot fantje

Ugotavljanje virov izpostavljenosti

Z vprašalniki, ki smo jih izpolnjevali s preiskovanci smo dobili sledeče podatke:

- Prenova stanovanja
- Tip talnih in stenskih oblog
- Oblazinjeno pohištvo
- Tip vodne oskrbe
- Pogostost uživanja mlečnih izdelkov, mesa, žitaric, sladkarij, rib in morske hrane, različnih vrst maščob
- Pogostost uživanja (ne)lokalnega sadja in zelenjave, jajc in gob.



B. Bivalno okolje

B1) Tip bivaltita:
1. Eno-stanovanjska hiša
2. Več-stanovanjska hiša
3. Stanovanjski blok
4. Drugo

B1.1) V primeru da živite v hiši, ali imate garažo, ki ima na B1.2) Če-DA, kako pogosto v ojej parkirate avto:
1. DA 2. NE

B2) Ali je stanovanjska hiša v katerem hišate:
1. vafi
2. najeto
3. živimo pri starših ali sorodnikih
4. drugo

B2.1) Koliko časa otrok živi na trenutnem naslovu:
o 1 let ali več
o Manj kot 1 let
Če je odgovor <5 let, koliko časa otrok živi

B3) Koliko kvadratnih metrov stanovanjskega bivaltita (kot površina) ...

B4) Koliko sob imate v stanovanju?

B5) Koliko avtomobilov imate v rašem gospo

B6.1) Ali odpadke ločujete? 1. DA 2. NE

B6.2) Ali organizac odpadke kompostirate?

B7) V kakšnem okolju se nahajate vaše stanovanje/vaša hiša?

center naselja
obrobe naselja
industrijsko-obrtna cona
podeželje-rua
podeželje hiša na samem
na vnu

C. Prehrana

C1) Kateri je vas glavni vir pitne vode? Prosimo, up napitkov, pranje surovo zaužitega sadja in zelenjave ter ku

A. javni vodovod - velik
B. javni vodovod - manjši (vaški)
C. komercialni dobavitelji
D. vodovod, karnica
E. ne vem

Opomba: **A. Javni vodovod - VELIK** vsaj 20 uporabnikov objekte/objekt za proizvodnjo živit; **B. Javni vodovod - MANJSI**

C1.1) V primeru, da ste na (C1) odgovorili 1 oA, »B katerega od sistemov za čiščenje vode? Upoštevajte tudi

1. filter
2. mehčalec vode
3. drugo:
4. vode ne čistite

C1.2) V primeru, da ste na (C1) odgovorili s »C«, v voda, ki je uporabljate:

1. stensnica
2. plasteni sod
3. plasteni st
4. drugo:

C2. Kako pogosto vaš otrok uživa naslednja ž enkratnem obroku? Povežite na prostem leto.

1. Količina: 1 kumar <1 dl, 1 skodelica = 2 dl, 1 vsaka čizma = 1 ml, 1 k 2.
2. Količina (m): 87) se pomeni vsota tega in 3.
3. Pri otroh (določeno) 1 upoštevajte vsebo in konzervirane, vključno s 4.
4. Pri otroh (določeno) 1 upoštevajte vsebo in konzervirane, vključno s 5.
5. Pri otroh (določeno) 1 upoštevajte vsebo in konzervirane, vključno s 6.
6. Pri otroh (določeno) 1 upoštevajte vsebo in konzervirane, vključno s 7.
7. Pri otroh (določeno) 1 upoštevajte vsebo in konzervirane, vključno s 8.
8. Pri otroh (določeno) 1 upoštevajte vsebo in konzervirane, vključno s 9.

HBM 2018-2022

	OBICAJNA KOLIČINA	skoli	< 1x mesec	1-3x mesec	1 x teden	2-4x teden	5-6x teden	1x dan	vsilnat na dan	Kdaj ¹ nazadnje?
PIJACE										
101	športen pijavce, vohanske napitje (vredn na 200 ml)	1 kozarec								
102	gazirane sladke pijavce	1 kozarec								
103	nagazirane sladke pijavce (nagazirane ali, hitri na 200 ml)	1 kozarec								
104	voda iz pijavce na vodni osnovi (gpr, zlate, izgip)	1 kozarec								
105	minerálna voda (vključno Sladino in Radensko)	1 kozarec								
106	sturgijske pijavce (vredn)	1 kozarec								
107	kava, priro čaj	1 skodelica								
108	alchoholne pijavce	1 kozarec								
109	alkoholne pijavce	1 kozarec								

	OBICAJNA KOLIČINA	skoli	< 1x mesec	1-3x mesec	1 x teden	2-4x teden	5-6x teden	1x dan	vsilnat na dan	Kdaj ¹ nazadnje?
RIBE, MORSKI SADJE IN RIBNI IZDELKI										
110	morske rbe									
111	stevce konzervirane razmrazljive	1 porcija (150 g)								
112	sladkovodne rbe									
113	morski sadeži	1 porcija (150 g)								
114	druga morska hrana (npr. morski jastogi)	1 porcija (150 g)								
115	stevce									
116	stevce									
117	stevce									
118	stevce									
119	stevce									

	OBICAJNA KOLIČINA	skoli	< 1x mesec	1-3x mesec	1 x teden	2-4x teden	5-6x teden	1x dan	vsilnat na dan	Kdaj ¹ nazadnje?
ŽITNOČRNI, OREVKI, OLJNA SPENJENA, ZALCIBRE										
120	strobnice	100 g								
121	orevci	100 g								
122	oljna semena (gpr. helica, lenec, konoplina semena)	1 žlica								
123	šliva in račirbe	1 žlička								
124	šliva in račirbe	1 žlička								

	OBICAJNA KOLIČINA	skoli	< 1x mesec	1-3x mesec	1 x teden	2-4x teden	5-6x teden	1x dan	vsilnat na dan	Kdaj ¹ nazadnje?
SESTAVILNE JEDE										
130	starinjena jedi (naredna, pšenica, ovska, črna, beza)	1 porcija								
131	hlava hrana (npr. šunka, solina, slanina)	1 porcija								
132	Koliko v slednji meseri	1 porcija								

¹ Otv zadrjem tednu tega živila otrok ni jedel; 1=v zadrjem 24 urah; 2=v zadrjem 2-7 dnevi

Ugotavljanje virov izpostavljenosti

Pozitivna povezava PFAS spojin s pogostostjo uživanja:

- lokalno pridelanega **sadja in zelenjave**: PFDA, PFUnDA, PFHxS, PFOS
- lokalno nabranih **gob**: PFDA, PFUnDA, PFOS, PFNA
- lokalno pridelanega **kislega zelja**: PFHpA
- lokalno pridelanih **jajc**: PFNA, PFDA, PFHpS, PFOS
- **rib** in **morske hrane**: PFNA, PFDA, PFUnDA, PFOS
- **rdečega mesa**: PFNA, PFDA, PFUnDA
- **žitaric**: PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFHpS, PFOS

- lokalno nabranih **gob**, lokalno pridelanih **jajc** in **morske hrane**: **Vsota PFAS**

Ugotavljanje virov izpostavljenosti

Koncentracija PFAS v serumu preiskovancev glede na tip vodne oskrbe:

- Javni vodovod
- Privatni vir

Celotna populacija: višje vrednosti PFPA in PFOA v serumu pri preiskovancih, ki uporabljajo vodo iz **javnega vodovoda** (pitje, kuhanje) v primerjavi s tistimi, ki uporabljajo vodo iz privatnih virov

- **Goričko in Lendavske Gorice:** povezave nismo opazili
- **Ravninski del:** močna povezava med PFOA, PFNA in uporabo javnega vodovoda; mejno statistično pomembna za PFDA

Primerjava rezultatov z drugimi populacijami

V primerjavi z rezultati drugih študij v Evropi in po svetu, so koncentracije PFAS pri prekmurskih otrocih in najstnikih **nizke**.

Tudi vrednosti drugih obstojnih organskih spojin pri slovenski populaciji (dioksini in furani, PBDE, organoklorni pesticidi, PCB-ji) kažejo nižje vrednosti kot v drugih državah po svetu!

- Nizka pogostnost uživanja rib in druge morske hrane
- Alpska pregrada (transport spojin na dolge razdalje z zračnimi tokovi)

Delo v sklopu evropskega HBM

PARC = European Partnership for the Assessment of Risks from Chemicals

Prioritetne skupine kemikalij: per- in polifluoroalkilne spojine (PFAS), ftalati in DINCH, fenoli, zaviralci gorenja, pesticidi, policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH), kovine, UV filtri, akrilamidi, zmesi kemikalij

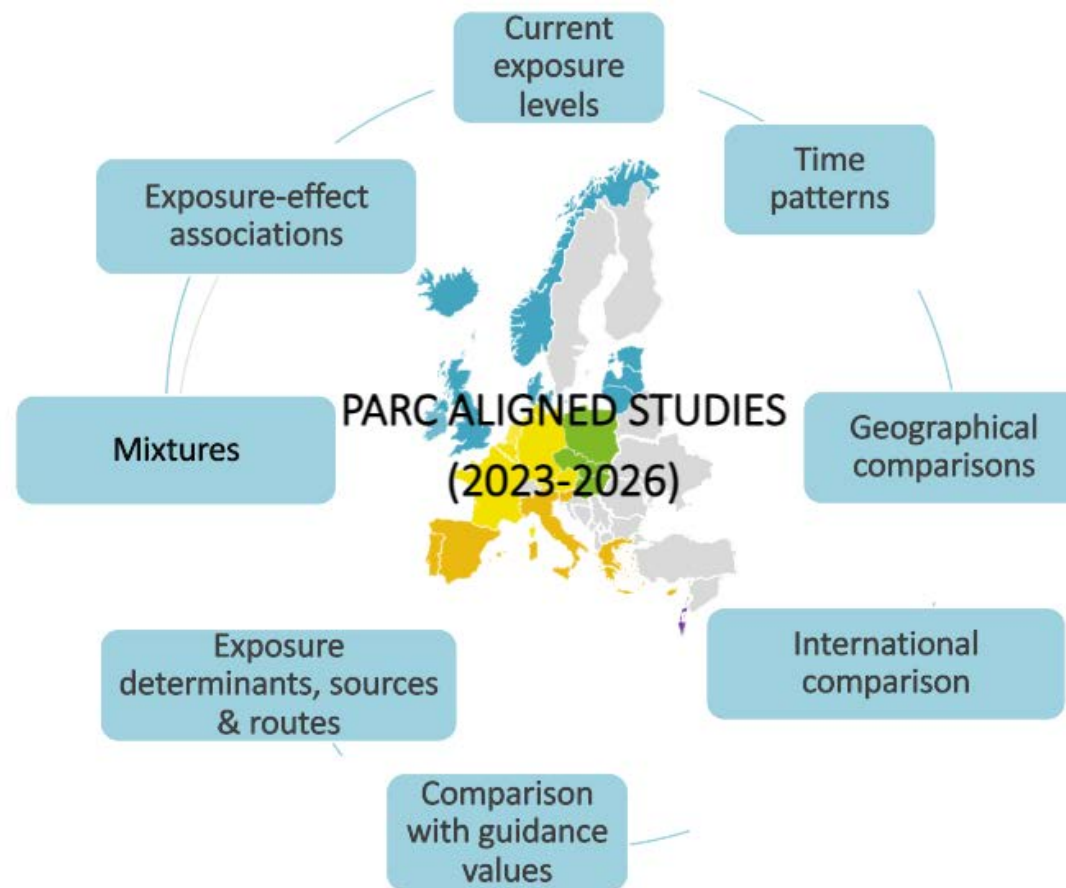


2017-2022



2022-2029

Poenotenje metodologije med državami, kontrola in zagotavljanje kakovosti analiz



Rezultati v kontekstu Evropskega HBM

Rezultati slovenske študije skladni z ugotovitvami evropske študije na najstnikih

Richterová in sod. (2023)

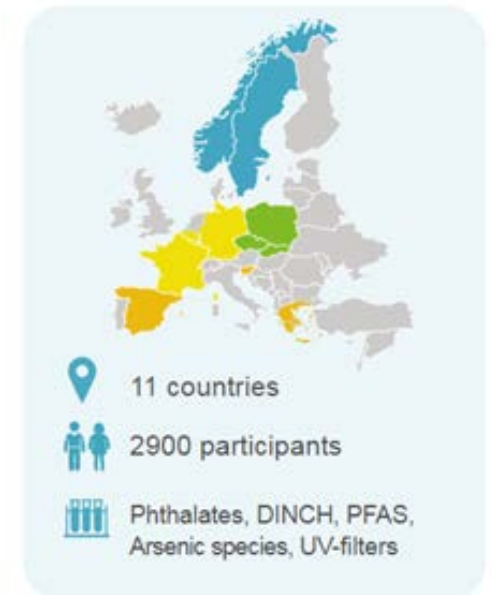
	GS (ng/mL) - SLO	GS (ng/mL) - EU
PFOS	1,9	2,13
PFOA	1,0	0,97
PFHxS	0,3	0,4
PFNA	0,3	0,3

- **morska hrana in jajca** kot glavni vir izpostavljenosti
- **lokalna hrana**
- Severna in zahodna regija Evrope > južna in vzhodna regija Evrope
- **Fantje** > dekleta



2017-2022

Teenagers 12-19 years



Zaključek

- Spojine, ki smo jih zaznali v najvišji koncentracijah, so tudi sicer najpogosteje zaznane v okoljskih in humanih vzorcih (PFOS, PFOA, PFHxS, PFNA)
- Glavni viri izpostavljenosti PFAS v slovenski populaciji iz Prekmurja so lokalno pridelano **sadje** in **zelenjava, gobe**, in **jajca; morska hrana; in pitna voda**.
- Rezultati so skladni z literaturo in kažejo na odsotnost specifičnih lokalnih virov izpostavljenosti.
- **Nizka izpostavljenost** pri slovenski populaciji otrok in najstnikov iz Prekmurja, v primerjavi z rezultati drugih držav!
- **Nadaljnje delo**: ocena izpostavljenosti in ponovno ovrednotenje najpomembnejših virov izpostavljenosti na celotni vzorčeni populaciji otrok in mladostnikov iz Slovenije



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Chemosphere

journal homepage: www.elsevier.com/locate/chemosphere



Exposure of children and adolescents from Northeastern Slovenia to per- and polyfluoroalkyl substances

Agneta A. Runkel^a, Anja Stajnko^a, Janja Snoj Tratnik^a, Darja Mazej^a, Milena Horvat^{a,b},
Petra Pribylová^c, Tina Kosjek^{a,b,*}

^a Jožef Stefan Institute, Department of Environmental Sciences, Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana, Slovenia

^b Jožef Stefan International Postgraduate School, Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana, Slovenia

^c RECETOX (Research Center for Toxic Compounds in the Environment), Masaryk University, Brno, Czech Republic



International Journal of Hygiene and Environmental Health 247 (2023) 114057



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

International Journal of Hygiene and Environmental Health

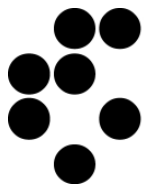
journal homepage: www.elsevier.com/locate/ijheh



PFAS levels and determinants of variability in exposure in European teenagers – Results from the HBM4EU aligned studies (2014–2021)

D. Richterová^a, E. Govarts^b, L. Fábelová^a, K. Rausová^a, L. Rodriguez Martin^b, L. Gilles^b,
S. Remy^b, A. Colles^b, L. Rambaud^c, M. Riou^c, C. Gabriel^{d,o}, D. Sarigiannis^{d,o,p},
S. Pedraza-Diaz^e, J.J. Ramos^e, T. Kosjek^f, J. Snoj Tratnik^f, S. Lignell^g, I. Gyllenhammar^g,
C. Thomsen^h, L.S. Haug^h, M. Kolossa-Gehringⁱ, N. Vogelⁱ, C. Franken^j, N. Vanlarebeke^j,
L. Bruckers^k, L. Stewart^l, O. Sepai^l, G. Schoeters^b, M. Uhl^m, A. Castaño^e, M. Esteban López^e,
T. Göenⁿ, E. Palkovičová Murínová^{a,*}





Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija



biomonitoring

NIJZ Nacionalni inštitut
za javno zdravje

Hvala za pozornost!

Financiranje:

**Ministrstvo za zdravje RS, Urad za kemikalije RS
Okvirni program Obzorje Evropa (HBM4EU, PARC)
ARRS program P1-048**

Kontakt: milena.horvat@ijs.si
janja.tratnik@ijs.si