

# **Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR**

**ve vztahu k životnímu prostředí**



Subsystém 5

**Zdravotní důsledky expozice lidského organismu**

**toxickým látkám ze zevního prostředí**

**(biologický monitoring)**

Odborná zpráva za rok 2014

Státní zdravotní ústav Praha,

září 2015

## **Ústředí systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí**

<b>Ředitelka ústředí:</b>	MUDr. Růžena Kubínová
<b>Subsystem 5:</b>	Zdravotní důsledky expozice lidského organismu toxickým látkám ze zevního prostředí (biologický monitoring)
<b>Ředitelské pracoviště:</b>	Státní zdravotní ústav v Praze
<b>Garant subsystemu:</b>	prof. MUDr. Milena Černá, DrSc.
<b>Spolupracující organizace:</b>	Vysoká škola chemicko-technologická v Praze
<b>Řešitelé:</b>	prof. MUDr. Milena Černá, DrSc. Mgr. Anna Grafnetterová Mgr. Andrea Krsková, Ph.D. Mgr. Anna Drgáčová Mgr. Lenka Hanzlíková Mgr. Lenka Sochorová Ing. Mája Čejchanová RNDr. Marek Malý, CSc. RNDr. Alena Fialová, Ph.D. Ing. Jiří Šmíd

Text Odborné zprávy za rok 2014 v české verzi je prezentován na internetových stránkách Státního zdravotního ústavu v Praze [www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/odborne-zpravy-1](http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/odborne-zpravy-1).

## Obsah

Základní informace o Subsystemu 5 .....	4
Úvod .....	4
Cíle Subsystemu 5 .....	4
Obsah Odborné zprávy za rok 2014 .....	4
Organizace Subsystemu 5 v roce 2014.....	5
Organizace a osoby zodpovědné za odběry vzorků, manipulaci, skladování a transport .....	5
Analyzující laboratoře – spektrum činností.....	6
Zhodnocení a interpretace výsledků.....	6
Vypracování Odborné zprávy.....	6
Metodická část.....	7
Nábor (oslovení) respondentů .....	7
Vstupní kritéria pro nábor matek:.....	7
Odběry biologického materiálu .....	7
Principy použitých analytických metod .....	8
Stanovení bromovaných zpomalovačů hoření (BFR), polychlorovaných bifenyly (PCB) a organochlorovaných pesticidů (OCP) .....	8
Stanovení perfluorovaných sloučenin (PFC) a vybraných bromovaných zpomalovačů hoření (BFR).....	8
Stanovení rtuti (Hg).....	8
Charakteristika sledované populační skupiny .....	9
Charakteristika sledovaných látek .....	9
Perfluorované uhlovodíky a jejich deriváty (PFC).....	12
Bromované zpomalovače hoření a jejich deriváty (BFR) .....	13
Výsledky analýz .....	16
Látky organické povahy sledované v mateřském mléku.....	16
Perfluorované uhlovodíky a jejich deriváty (PFC).....	20
Bromované zpomalovače hoření a jejich deriváty (BFR) .....	21
Závěr.....	25
Bibliografie.....	26
Seznam tabulek.....	29
Seznam obrázků.....	29
Seznam zkratk.....	30
Přílohy .....	32

## **Základní informace o Subsystemu 5**

### **Úvod**

Biologický monitoring zahrnuje *biomarkery expozice*, resp. interní dávky (kontaminanty nebo jejich charakteristické metabolity) a *biomarkery saturace* vybranými benefitními prvky analyzované v tělních tekutinách a tkáních jednotlivých populačních skupin.

Subsystem 5 (biologický monitoring) vychází z usnesení vlády České republiky č. 369/1991 Sb. V rutinním provozu je od roku 1994 pod garancí Státního zdravotního ústavu v Praze.

### **Cíle Subsystemu 5**

Výsledky biologického monitorování poskytují podklady k hodnocení celkového přívodu toxických látek do organismu z různých zdrojů, k určení referenčních hodnot pro populaci v našich podmínkách, k odhadu úrovně zátěže, k signalizaci potenciálního zdravotního rizika zvýšené expozice a k určení trendů expozice v dlouhodobých časových řadách. Současně přinášejí údaje o saturaci populace vybranými benefitními prvky. Biologický monitoring navazuje na výsledky monitorování toxických látek především v potravě, ovzduší a vodě.

### **Obsah Odborné zprávy za rok 2014**

Předmětem Odborné zprávy za rok 2014 jsou výsledky studie biologického monitoringu získané v roce 2014 v lokalitách Praha, Liberec, Ostrava a Uherské Hradiště.

## Organizace Substému 5 v roce 2014

<b>Sledované oblasti</b>	Praha, Liberec, Ostrava, Uherské Hradiště
<b>Populační skupina</b>	kojící matky (prvorodičky) 2-8 týdnů po porodu
<b>Počet osob</b>	50 dospělých/oblast
<b>Sledované matrice</b>	vlasý, mateřské mléko (MM)
<b>Sledované parametry</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• celková rtuť, methylrtuť, anorganická rtuť (vlasý)</li> <li>• vybrané indikátorové kongenery PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) + 170 (MM)</li> <li>• vybrané chlorované pesticidy (OCP) (o,p'-DDT, p,p'-DDT, o,p'-DDE, p,p'-DDE, o,p'-DDD, p,p'-DDD) ; <math>\alpha</math>-HCH; <math>\beta</math>-HCH; <math>\gamma</math>-HCH; HCB) (MM)</li> <li>• perfluorované uhlovodíky (PFC) a jejich deriváty (MM)</li> <li>• bromované zpomalovače hoření (BFR) a jejich deriváty (MM)</li> </ul>

### Organizace a osoby zodpovědné za odběry vzorků, manipulaci, skladování a transport

<b>SZÚ Praha</b> Pracoviště analýzy stopových prvků	Ing. Mája Čejchanová
<b>SZÚ Praha</b> Ústředí monitoringu zdravotního stavu obyvatelstva	Mgr. Anna Grafnetterová Mgr. Andrea Krsková, Ph.D.
<b>SZÚ Praha</b> Oddělení alternativních toxikologických metod	Ing. Jiří Šmíd

**Analyzující laboratoře – spektrum činností**

Analyt	Matrice	Organizace	Odpovědné osoby
<ul style="list-style-type: none"> <li>celková rtuť</li> <li>methylyrtuť</li> <li>anorganická rtuť</li> </ul>	vlasý	<b>SZÚ Praha</b> Pracoviště pro analýzu stopových prvků	RNDr. Lucie Kašparová (vedoucí laboratoře) Ing. Mája Čejchanová
<ul style="list-style-type: none"> <li>vybrané indikátorové kongenery PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) + 170</li> <li>vybrané chlorované pesticidy (OCP) (o,p'-DDT, p,p'-DDT, o,p'-DDE, p,p'-DDE, o,p'-DDD, p,p'-DDD, α-HCH; β-HCH; γ-HCH; HCB)</li> <li>perfluorované uhlovodíky (PFC) a jejich deriváty</li> <li>bromované zpomalovače hoření (BFR) a jejich deriváty</li> </ul>	MM	<b>VŠCHT</b> Technická 5, 166 28 Praha 6	prof. Ing. Jana Hajšlová, Csc. doc. Ing. Jana Pulkrabová, Ph. D.

**Zhodnocení a interpretace výsledků:**

prof. MUDr. Milena Černá, DrSc.  
Mgr. Anna Drgáčová  
Mgr. Lenka Hanzlíková  
Mgr. Lenka Sochorová  
RNDr. Marek Malý, CSc. (statistická analýza)  
RNDr. Alena Fialová, PhD. (statistická analýza)

**Vypracování Odborné zprávy:**

prof. MUDr. Milena Černá, DrSc.  
Mgr. Anna Drgáčová  
Mgr. Lenka Hanzlíková  
Mgr. Lenka Sochorová

## **Metodická část**

### **Nábor (oslovení) respondentů**

Pro studii byla vybrána populační skupina žen (prvorodiček), jež byly osloveny terénními pracovníky dislokovaných pracovišť, přímo ve vybraných porodnicích, a to v roce 2014 od března do července. Vybrané ženy byly požádány o vzorek mateřského mléka a vlasů.

V Praze bylo osloveno celkem 150 matek, v Liberci 120 matek, v Ostravě 75 matek a v Uherském Hradišti 38 matek. Z celkového počtu 383 oslovených matek poskytlo vzorek vlasů 181 žen, (tj. 47 %) a vzorek mateřského mléka 166 žen, (tj. 43 %).

### **Vstupní kritéria pro nábor matek:**

- věk min. 18 let,
- minimální doba pobytu v dané lokalitě alespoň 1 rok,
- písemný souhlas s odběrem vzorků,
- prvorodička,
- kojení jednoho dítěte (ne dvojčat či vícčrat).

### **Odběry biologického materiálu**

Odběry vzorků biologického materiálu byly definovány Standardním operačním postupem (SOP – Protokol odběru a manipulace se vzorky), který podrobně popisoval populační skupinu, požadovaný počet vzorků, dobu odběru, odběrové nádoby i jejich přípravu před odběrem, postup při odběru jednotlivých matric, značení vzorků, manipulaci s biologickým materiálem po odběru, teplotní požadavky na skladování vzorků, způsob předávání vzorků k analýzám a zodpovědnost jednotlivých osob. SZÚ Praha zajistil pro všechny zúčastněné oblasti jednotné nádoby na vzorky vlasů a mateřského mléka a další potřebné materiály včetně papírové dokumentace.

Mateřské mléko bylo odebíráno do skleněných nádobek (v domácím prostředí) v období od 2. do 8. týdne po porodu. Vzorek byl následně zamražen při -20 °C.

Vlasy byly ustříženy pomocí nerezových nůžek a uskladněny v plastových nádobkách, nebo v papírových obálkách v zip sáčkách v závislosti na délce vlasů.

Zájemkyním o studii byly předány potřebné informace jak v ústní, tak v písemné formě (informační dopis a leták o sledovaných látkách). Pokud oslovené ženy souhlasily se svou

účastí ve studii, byl s nimi vyplněn informovaný souhlas ve dvou vyhotoveních; přičemž jedno z těchto vyhotovení zůstalo participantce a druhé bylo určeno pro SZÚ Praha. Následně byly participantky požádány o vyplnění dotazníku, který obsahoval kód charakterizující lokalitu, populační skupinu, rok a pořadí odběru. Veškeré údaje z dotazníků byly po skončení všech odběrů zaznamenány do databáze vedené na SZÚ Praha a jsou společně s výsledky analýz vedeny anonymně pouze pod kódem.

## **Principy použitých analytických metod**

### ***Stanovení bromovaných zpomalovačů hoření (BFR), polychlorovaných bifenyliů (PCB) a organochlorovaných pesticidů (OCP)***

Analytická metoda pro stanovení vybraných BFR, PCB a OCP v mateřském mléce je založena na extrakci sledovaných látek do ethylacetátu, kdy je primární extrakt přečištěný pomocí gelové permeační chromatografie (GPC), či SPE silikagelových kolonek.

Identifikace a kvantifikace jednotlivých analytů se provádí pomocí kapilární plynové chromatografie (GC) s využitím hmotnostního detektoru s negativní chemickou ionizací (NCI) v případě vybraných BFR a ve spojení s tandemovým hmotnostním spektrometrem (MS/MS) v módu elektronové ionizace (EI) v případě PBDE, PCB a OCP.

### ***Stanovení perfluorovaných sloučenin (PFC) a vybraných bromovaných zpomalovačů hoření (BFR)***

Analytická metoda pro stanovení perfluorovaných sloučenin (PFC) a vybraných bromovaných zpomalovačů hoření (BFR) v mateřském mléce je založena na extrakci sledovaných látek do acetonitrilu, kdy je primární extrakt přečištěný pomocí dispersní extrakce na tuhou fázi. Identifikace a kvantifikace jednotlivých analytů se provádí pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie (UHPLC) ve spojení s tandemovým hmotnostním spektrometrem (MS/MS) v módu negativní ionizace elektrosprejem (ESI-).

### ***Stanovení rtuti (Hg)***

Stanovení se provádí pomocí metody atomové absorpční spektrometrie – technika studených par (CV AAS) za využití jednoúčelového spektrometru AMA 254. Koncentrace celkové rtuti se stanovuje přímo v pevném vzorku vlasů, koncentrace methylrtuti je zjišťována extrakcí



pomocí HCl (2 mol l<sup>-1</sup>). Stanovení anorganické rtuti se poté provádí odečtem methylrtuti od celkové rtuti.

### **Charakteristika sledované populační skupiny**

#### **Kojící ženy po porodu**

V roce 2014 byly odběry biologického materiálu uskutečněny celkem u 182 žen, přičemž bylo analyzováno 181 vzorků vlasů a 164 vzorků mateřského mléka. Údaje byly čerpány z dotazníků vyplněných při odběrech biologického materiálu od jednotlivých žen. Dotazníkové informace obsahovaly otázky týkající se délky pobytu ve sledované lokalitě, věku respondentek či případných chronická onemocnění. Dále se zjišťovala expozice tabákovému kouři, frekvence konzumace jednotlivých druhů potravin, přítomnost amalgámových zubních výplní, přítomnost spalovny v dosahu bydliště, či kontakt s rozbitým teploměrem, nebo úspornou žárovkou. Data jsou zpracována formou popisné statistiky v tabulkách 1-5.

### **Charakteristika sledovaných látek**

#### **Látky organické povahy sledované v mateřském mléku**

##### ***Polychlorované bifenyly (PCB)***

##### **Obecné informace**

Polychlorované bifenyly (PCB) jsou skupinou látek, zahrnující 209 kongenerů, lišících se fyzikálně-chemickými vlastnostmi i toxicitou. Jednotlivé kongenery se liší dle stupně chlorace a umístění chloru na aromatických jádrech (1; 2). Zdravotně významné jsou ty, které mají navázány atomy chlóru v poloze 2, 3, 7, 8 (3). Jedná se o antropogenní látky, které se v prostředí přirozeně nevyskytují. PCB se začaly vyrábět ve 20. letech 20. století, jejich průmyslové použití se však rozšířilo především v 50. letech (1). Jedná se o nehořlavé, chemicky stabilní látky s vynikajícími izolačními schopnostmi, i proto byly hojně využívány jako chladicí oleje v transformátorech napětí, kondenzátorech a jiných elektrických zařízeních (1; 4; 5). V důsledku širokého komerčního využití těchto substancí i jejich persistence, stoupala jejich koncentrace v prostředí, zejména v potravním řetězci.

Produkce PCB byla v druhé polovině 70. let zakázána (u nás v r. 1984). Bylo také regulováno používání PCB, což vedlo k postupnému poklesu jejich obsahu v prostředí (1; 6).

### Zdroje expozice

Hlavní expoziční cestou těchto látek u člověka představuje z více než 90 % živočišná potrava, resp. živočišný tuk včetně ryb (2).

### Zdravotní význam

PCB jsou dávány do souvislosti s širokým spektrem nepříznivých zdravotních účinků, zejména poruchy hormonálního systému a karcinogenity (5; 2). Také proto byly DL-PCB (dioxin like PCB) na základě experimentů na zvířatech nedávno zařazeny mezi prokázané lidské karcinogeny (kategorie 1 podle hodnocení IARC) (4).

### Biologický monitoring

Vzhledem k persistenci PCB a jejich rozpustnosti v tucích se tyto látky akumulují v tělních tekutinách a tkáních, především ve tkáni tukové (4; 2).

Pro sledování zátěže populace se nejčastěji používá jako matrice mateřské mléko. Monitoring zmíněných látek v mateřském mléce je i součástí plnění Stockholmské dohody úmluvy regulující vybrané persistentní organické látky v prostředí (7).

V posledních letech je stále častěji používána krev, popř. sérum či plazma. Obsah tuku v séru je však cca 10 x nižší než v mateřském mléce, takže je tato matrice náročnější na množství i na analytické postupy.

Historicky byly výsledky koncentrace v biologickém materiálu nejprve prezentovány jako suma PCB (v 70. – 80. letech), později byla prováděna kongenerová analýza se zaměřením na indikátorové kongenery, z nichž v živočišných tucích, tedy i u člověka, převažují kongenery 138, 153 a 180 (IUPAC). Orientačně lze součet hodnot kongenerů 138, 153 a 180 vynásobený koeficientem 1,7 (popř. 1,64, popř. 2,0 dle různých autorů) považovat za hodnotu srovnatelnou s hodnotou sumy PCB. Pro zjednodušené vyjádření zátěže PCB je v současné době preferován kongener PCB 153, který má z indikátorových kongenerů zpravidla nejvyšší zastoupení.

### ***Organochlorované pesticidy (OCP)***

#### Obecné informace

Jedná se o širokou skupinu perzistentních lipofilních látek, které byly používány jako pesticidy nejčastěji ve 40.-60. letech minulého století (6).

Tato skupina zahrnuje deriváty DDT (o,p' a p,p'-DDT, -DDD, -DDE),  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - a  $\delta$ -HCH (hexachlorcyklohexan), HCB (hexachlorbenzen), heptachlor, endosulfan, methoxychlor, aldrin, dieldrin, endrin, mirex a toxafen.

Insekticidní účinky DDT byly objeveny v průběhu 2. Světové války, kdy byl používán v armádě proti vším a blehám a hojně rozšířené bylo i jeho používání v zemědělství (8; 9; 10). V současné době je výroba a používání DDT omezeno Stockholmskou úmluvou o perzistentních organických polutantech (7).

DDT a jeho metabolity jsou velmi stálé, málo těkavé sloučeniny lipofilní povahy s nízkou rozpustností ve vodě a vysokou schopností se akumulovat v tukových tkáních organismů (8; 11). Vlastní účinnou látkou je p,p'-DDT, při jehož výrobě vzniká také izomer o,p'-DDT, jehož množství je závislé na reakčních podmínkách. Jako vedlejší produkty při výrobě DDT vznikají také p,p'-DDD a o,p'-DDD. V životním prostředí poté dochází k dehydrochloraci na DDE (12; 10). Všechny metabolity i izomery DDT jsou zdravotně i ekologicky závadné (10).

HCB byl široce využívaným fungicidem v zemědělství, především pro ochranu semen před plísněmi. Vzniká také jako vedlejší produkt při výrobě některých chlorovaných organických rozpouštědel, jako je tetrachloethylen, či trichlorethylen a využíval se i v metalurgickém průmyslu, například při zpracování hliníku. Používání HCB bylo v ČR ukončeno v 70. letech 20. století kvůli obavám z nežádoucích efektů na životní prostředí i lidské zdraví (1).

HCH je směsí izomerů  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - a  $\delta$ -. Nejvýraznější insekticidní účinky má  $\gamma$ -HCH, známý jako lindan, který je také nejvíce toxický (9). Využíval se jako insekticid pro ovoce, zeleninu a také pro ochranu dobytka a domácích zvířat. Dále se používal také pro hubení vší (6). Od roku 2009 je výroba a použití lindanu v zemědělství zakázáno (7).

### Zdroje expozice

K expozici běžné populace dochází téměř výhradně potravou (11; 13).

### Zdravotní význam

OCP mají vliv především na nervový a reprodukční systém člověka (11; 13; 10). Předpokládá se také jejich karcinogenní účinek, např. DDT je zařazen podle agentury IARC (International Agency for Research on Cancer) na základě experimentů na zvířatech mezi pravděpodobné

lidské karcinogeny v kategorii 2A. HCB je zařazen v kategorii 2B, jakožto možný karcinogen pro člověka a lindan je dle IARC v kategorii 1 jako prokázaný lidský karcinogen (14).

Používání těchto látek bylo u nás zakázáno již v 70. letech minulého století, ale i po několika dekádách je stále možno prokázat jejich přítomnost v lidském organismu (6).

### Biologický monitoring

V rámci biologického monitoringu jsou dlouhodobě sledovány deriváty DDT, HCH ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -) a HCB a to zejména v mateřském mléce. Další vhodná matrice je krevní sérum, které bylo poprvé začleněno do biologického monitoringu v roce 2005. Koncentrace jsou vyjadřovány ve vztahu na lipidickou složku.

## **Perfluorované uhlovodíky a jejich deriváty (PFC)**

### Obecné informace

Perfluorované uhlovodíky (PFC) patří mezi perzistentní organické polutanty životního prostředí s bioakumulačním potenciálem. Ve své molekule obsahují pouze atomy uhlíku a fluoru. Mezi nejvýznamnější zástupce patří perfluorooktanová kyselina (PFOA) a perfluorooktansulfonát (PFOS) (15).

V přírodě se přirozeně nevyskytují, zdroje jsou pouze antropogenního původu. Hlavní a nejdůležitější vlastností této skupiny látek je jejich stabilita a nereaktivita (16; 17). Vzhledem k tomu se používaly jako chladiva (součást směsí používaných jako náplně v chladících a mrazících zařízeních, klimatizacích a dalších strojích) a v protipožárních hasících pěnách (18). Dále se využívají v elektrotechnickém průmyslu při výrobě polovodičových součástí či ve fotografickém průmyslu (16; 19; 7). PFOA byla dále využívána především k výrobě a povrchové úpravě textilií, k povrchové úpravě kovů, ve fotografickém průmyslu, k výrobě nátěrových hmot, čisticích prostředků (19) a rovněž jako pomocné činidlo při výrobě polytetrafluorethylenu, známého pod názvy Teflon, Gore-Tex nebo ochranné spreje značky Scotchgard (do roku 2003) (21).

Komerční a průmyslové využití vedlo k značné environmentální akumulaci. Tyto sloučeniny byly detekovány ve vzduchu, vodě, vzorcích bioty i u volně žijících živočichů a v současné době se jedná o globální kontaminant (16; 20).

V květnu 2009 bylo v Ženevě na 4. konferenci smluvních stran Stockholmské úmluvy rozhodnuto o zařazení PFOS a jeho derivátů na listinu úmluvy o perzistentních organických látkách (7).

#### Zdroje expozice

Cestami expozice je vdechování domácího prachu, konzumace pitné vody a potravy (16; 17). Do potravin mohou tyto látky přejít také z obalů během skladování.

Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA – European Food Safety Authority) v roce 2008 určil tolerovatelný denní příjem (TDI) pro PFOA na  $1,5 \mu\text{g kg}^{-1}$  tělesné hmotnosti a pro PFOS  $150 \text{ ng kg}^{-1}$  tělesné hmotnosti (22).

#### Zdravotní význam

Na rozdíl od ostatních halogenovaných kontaminantů (polychlorované bifenyly, bromované zpomalovače hoření) se PFC neakumulují v tuku, ale jsou vázány na proteinovou složku tkání např. na krevní proteiny a akumulují se zejména v játrech, ledvinách a gonádách (16).

Z toxikologického hlediska je PFOA považována za pravděpodobný lidský karcinogen a vzhledem k možnému průchodu PFC přes placentu se zvažuje i jejich negativní vliv na vývoj plodu (23; 14).

#### Biologický monitoring

Pro sledování zátěže populace se nejčastěji využívá analýza PFC v mateřském mléku, avšak lze použít i krev.

### **Bromované zpomalovače hoření a jejich deriváty (BFR)**

#### Obecné informace

Zpomalovače hoření (retardéry hoření nebo samozhášecí přísady) jsou různorodou skupinou organických sloučenin bromu, které se používají jako přísada do hořlavých materiálů (plasty, textilie, apod.) s cílem omezit či zpomalit jejich hoření a zlepšit jejich požární bezpečnost (24). Dále se užívají v elektronice a elektronických zařízeních, v podlahových krytinách, v bytových doplňcích, ad. (25; 26).

Mezi nejznámější BFR patří polybromované difenyletery (PBDE), které mají 209 kongenerů založených na halogenaci fenylových kruhů (27). Z dalších látek do této skupiny

patří hexabromcyklododekan (HBCD), polybromované bifenyly (PBB) a bromované bisfenoly (např. tetrabrombisfenol A (TBBPA)) (28).

Dříve byly PBDE nejpoužívanějšími zpomalovači hoření spolu s HBCD a TBBPA. V roce 2009 byly komerční směsi penta-BDE a okta-BDE přidány na seznam Stockholmské úmluvy o perzistentních organických polutantech. V květnu 2013 byl přidán na tento seznam také HBCD za účelem regulace expozice (7).

Jako alternativa zpomalovačů hoření regulovaných legislativou jsou do použití zaváděny tzv. nové zpomalovače hoření. Významnými zástupci této skupiny jsou dekabromdiphenylethan (DBDPE) nebo bis(tribromfenoxy)ethan (BTBPE) (29). U části těchto látek jsou dnes prokázány rovněž bioakumulativní, toxické a potenciálně karcinogenní účinky (30).

### Zdroje expozice

Nejpravděpodobnější cesta expozice je inhalace s prachem v prostředí interiérů, přičemž většina pochází ze stavebních materiálů, textilií či elektroniky; do úvahy přichází také přívod konzumací kontaminovaných potravin (24; 25).

### Zdravotní význam

Nebezpečnost látek skupiny BFR je dána především jejich stabilitou a schopností bioakumulace. BFR se ukládají se v těle, zejména ve tkáních a orgánech s vysokým obsahem tuků. Jejich koncentrace stoupá směrem k vrcholu potravního řetězce (7; 31). PBDE patří do skupiny endokrinních disruptorů/modulátorů, negativně ovlivňujících hormonální rovnováhu organismu (31). Podle studií na zvířatech jsou i potenciálními neurotoxiny a karcinogeny (24; 25). HBCD se absorbuje skrze gastrointestinální trakt a akumuluje se stejně jako PBDE v tukových tkáních a orgánech s vysokým obsahem tuků. Komerční směs HBCD je spojována s neurobehaviorálními změnami a s neurotoxickými efekty, jako je snížená schopnost soustředění u dětí (7).

PBB nejsou mutagenní, ale mohou podporovat karcinogenní efekty jiných látek. Po expozici PBB bylo pozorováno zmenšení brzlíku, úbytek tělesné hmotnosti, histologické změny v játrech a brzlíku. Mají také vliv na regulaci steroidních hormonů (24).

TBBPA může ovlivňovat hormony štítné žlázy a také neurologické a reprodukční funkce (32).

### Biologický monitoring

Obsah BFR v těle je možno sledovat analýzou krve nebo mateřského mléka (33).

### **Látky anorganické povahy sledované ve vlasech**

#### ***Rtuť***

##### Obecné informace

Rtuť patří mezi významné a sledované kontaminanty prostředí (34). Vyskytuje se jak v mnoha přírodních materiálech a složkách biosféry, tak i ve zpracovávaných surovinách, výrobcích a odpadech. Vyskytuje se ve formě kovové rtuti nebo jako anorganické a organické sloučeniny (34; 35).

Pro běžnou populaci jsou důležité zejména organické formy rtuti (především methylrtuť), které se akumulují v organismech a postupně se koncentrují v potravních řetězcích (34; 36; 37).

##### Zdroje expozice

Nejvýznamnějším zdrojem expozice běžné populace methylrtuti je potrava, zejména ryby a mořské plody (34; 37; 38).

##### Zdravotní význam

Methylrtuť se absorbuje z 90 % v gastrointestinálním traktu, akumuluje se v mozku a u těhotných žen prochází placentou. Rizikovou skupinu představují především těhotné ženy vzhledem k možnému neurotoxickému působení na plod a následné neuropsychické poruchy u dětí (34; 37).

### Biologický monitoring

Koncentrace v krvi má vztah především k organickým formám rtuti (methylrtuti), jejichž zdrojem jsou zejména ryby. Referenční hodnoty pro dospělou populaci bez amalgámových výplní v SRN jsou  $2 \mu\text{g l}^{-1}$  (39).

Koncentrace v moči se vztahuje zejména k expozici kovové rtuti či jejím anorganickým formám a zvažuje se vliv amalgámových zubních výplní (40). U běžné populace jsou hodnoty obvykle pod  $10 \mu\text{g l}^{-1}$  (41).

Obsah rtuti ve vlasech vypovídá především o zátěži organismu organickou formou rtuti, která činila ve vlasech zhruba 80 % zjištěných hodnot z rtuti celkové (rok 2014). Výsledky analýzy methylrtuti ve vlasech je možno užít k retrospektivnímu odhadu expozice matky během těhotenství (35; 42). Obsah 10–20  $\mu\text{g g}^{-1}$  vlasů (odpovídá koncentraci v krvi 40–80  $\mu\text{g l}^{-1}$ ) signalizuje zvýšené riziko psychomotorické retardace pro plod (43).

Zdravotně významné hodnoty celkové rtuti pro ženy v reprodukčním věku jsou 1  $\mu\text{g g}^{-1}$  vlasu podle Environmental Protection Agency (US EPA), s pozdějším doporučením snížení meze na 0,58  $\mu\text{g g}^{-1}$  (38; 44).

### **Výsledky analýz**

Výsledky jsou prezentovány v tabulkách ve formě agregovaných dat pro jednotlivé oblasti i souhrnně pro celou populační skupinu. V případě zjištění koncentrace analytu v matrici pod limitem kvantifikace byla pro další hodnocení použita hodnota rovna 1/2 LOQ dané metody. U analytů, kde počet vzorků s hodnotou pod LOQ byl vyšší než 50 %, jsou výsledky komentovány pouze slovně.

K hodnocení a interpretaci výsledků je nutno přistupovat s vědomím nejistot ovlivňujících správnost a přesnost analytických výsledků, značných interindividuálních rozdílů typických pro výsledky biologického monitoringu a pravděpodobnostního charakteru zjištěných dat.

#### **Látky organické povahy sledované v mateřském mléku**

Výsledné koncentrace organických látek v mateřském mléku jsou uvedeny v **tab. 6**. V **tabulce 8** jsou uvedeny látky, které byly z více než 50 % hodnot nad limitem kvantifikace (LOQ). Analyty, které byly z více než 50 % hodnot pod kvantifikačním limitem jsou uvedeny v **tabulce 9**.

Z celkového počtu 66 sledovaných analytů bylo 16 nad limitem kvantifikace (LOQ). Analyzováno bylo celkem 164 vzorků mateřského mléka, přičemž 51 rodiček bylo z Prahy, 41 z Ostravy, 49 z Liberce a 23 z Uherského Hradiště. Z dotazníkového šetření bylo zjištěno, že významný vliv na koncentraci některých metabolitů má především věk, lokalita a dosažené vzdělání.



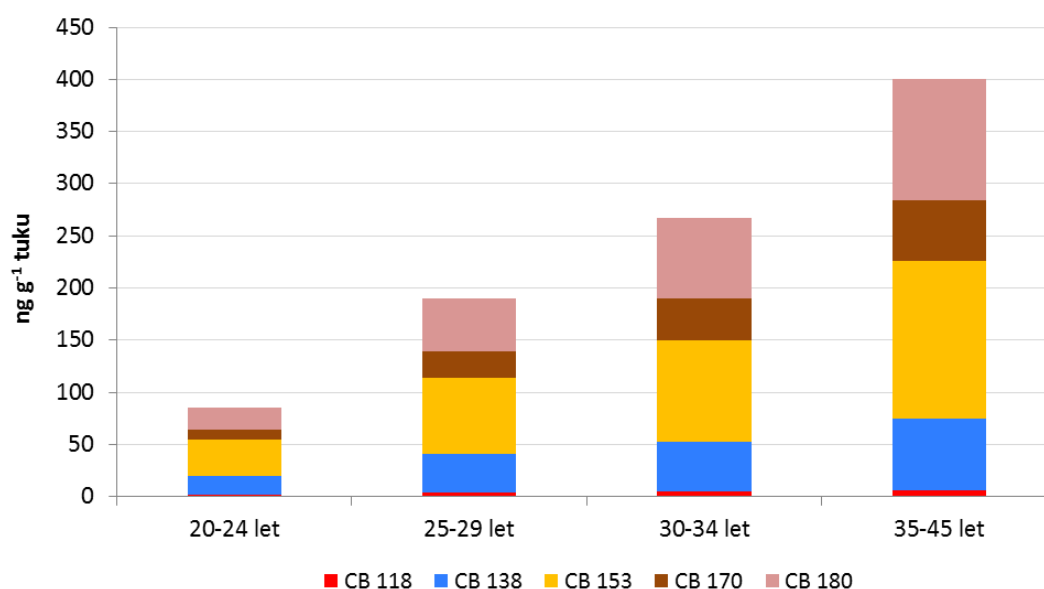
**Polychlorované bifenyly (PCB)**

Indikátorové kongenery PCB jsou v mateřském mléce kontinuálně monitorovány od roku 1994 (od r. 2005 v jiných městských aglomeracích). Data získaná v r. 2014 jsou uvedena formou popisné statistiky v **tab. 6**.

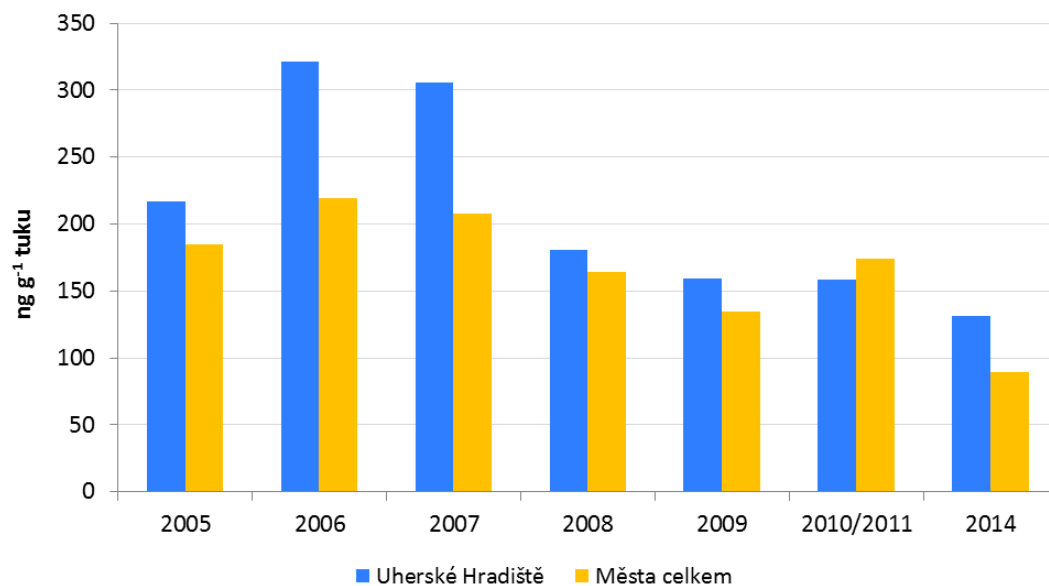
Výsledky monitoringu obsahu PCB v mateřském mléku potvrzují převahu vícechlorovaných kongenerů, zejména PCB 138, 153 a 180 (nejčastěji nacházené kongenery i ve spotřebním koši potravin) a jejich vzestup s věkem ženy (**obr. 1**). Obsah indikátorového kongeneru PCB 153 má ve sledovaných oblastech ve srovnání s výsledky zjištěnými v předchozích monitorovacích obdobích klesající trend s minimální hodnotou 89,2 ng g<sup>-1</sup> tuku v roce 2014. Vývoj obsahu kongeneru PCB 153 v mateřském mléce mezi lety 2005 a 2014 ukazuje **obr. 2**.

Sestupný trend byl pozorován i v oblasti Uherského Hradiště, kde byly v předchozích letech prokazovány vyšší hodnoty PCB v důsledku zátěže z dřívější činnosti závodu na výrobu nátěrových hmot. Ojedinelé vysoké hodnoty v souboru z Uherského Hradiště svědčí o existenci individuálních vyšších zátěží.

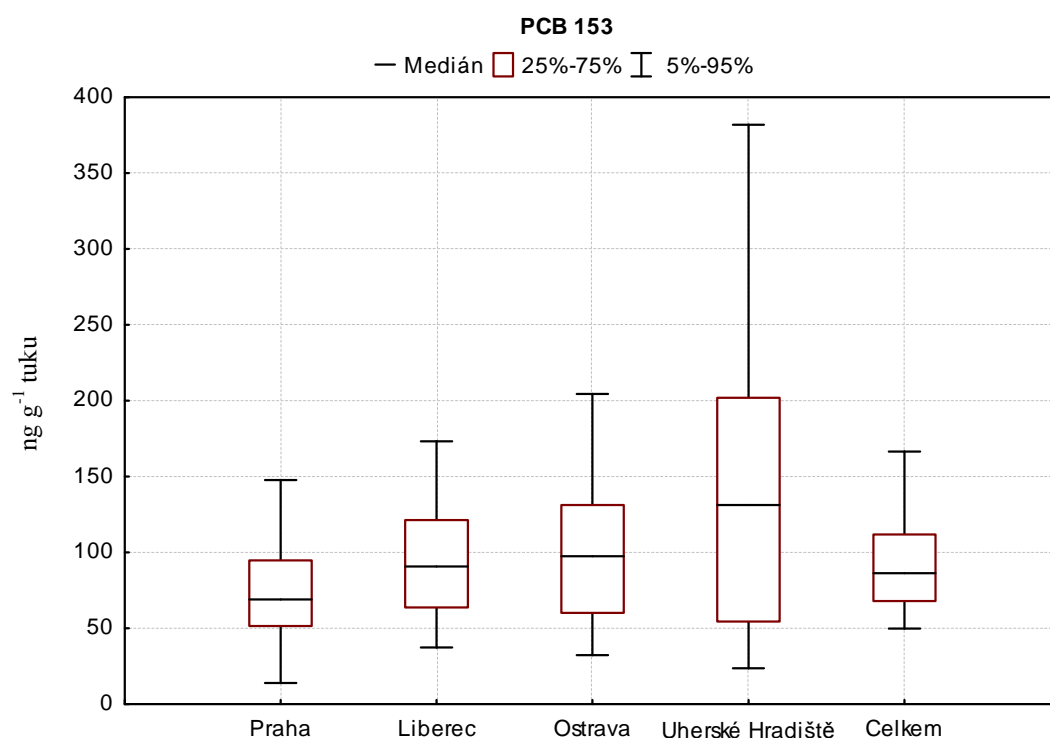
Při statistickém vyhodnocení byly zjištěny signifikantní rozdíly mezi lokalitami pro PCB 138 a PCB 153 (**obr. 3**), které byly detekované v Praze ve významně nižších koncentracích oproti ostatním lokalitám.



**Obr. 1** Hodnoty obsahu PCB (medián) v jednotlivých věkových skupinách v roce 2014.



**Obr. 2** Polychlorované bifenyly v mateřském mléce, indikátorový kongener PCB 153, medián koncentrace.



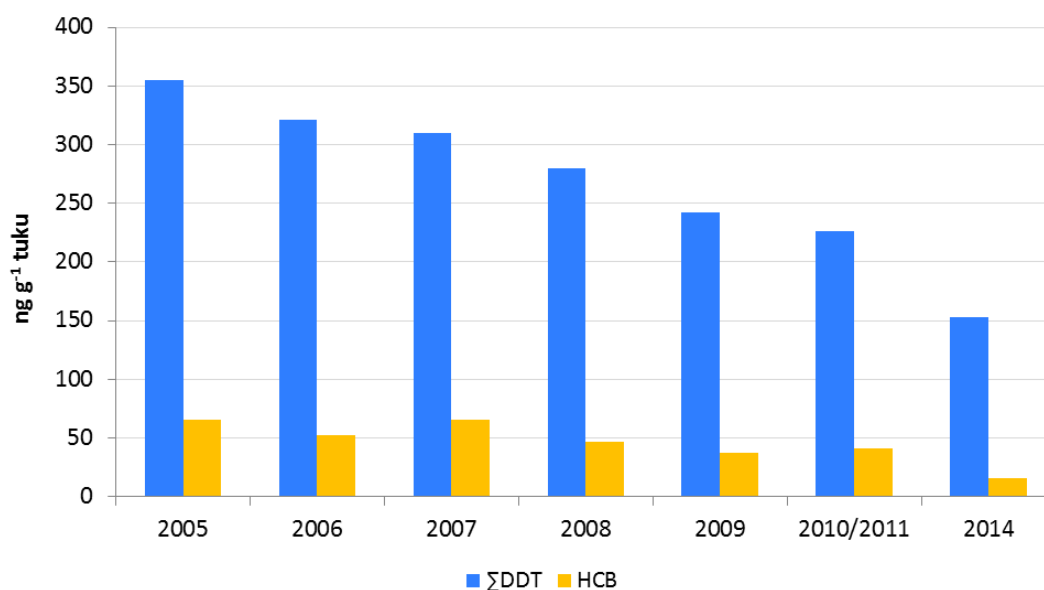
**Obr. 3** Koncentrace PCB 153 (medián) v jednotlivých lokalitách v roce 2014.

### **Organochlorované pesticidy (OCP)**

Koncentrace výše uvedených zástupců organochlorovaných pesticidů byly od roku 1994 každoročně monitorovány ve vzorcích mateřského mléka (od r. 2005 v jiných městských aglomeracích). Data získaná analýzou vzorků odebraných v r. 2014 jsou uvedena formou popisné statistiky v **tab. 6**.

Obsah DDT, vyjádřený jako suma izomerů DDT (s převahou p,p'-DDE), potvrzuje i v roce 2014 sestupný trend (**obr. 4**), navazující na postupně klesající zátěž dokumentovanou již od konce 80. let 20. století a opakovaně potvrzovanou v předchozích letech biomonitoringu. V roce 2014 činila koncentrace sumy derivátů DDT (medián) v mateřském mléce 152,6 ng g<sup>-1</sup> tuku. Nejvyšší hodnoty DDT byly zaznamenány v oblasti Uherského Hradiště, pravděpodobně v důsledku zemědělského charakteru lokality a tudíž staré zátěže.

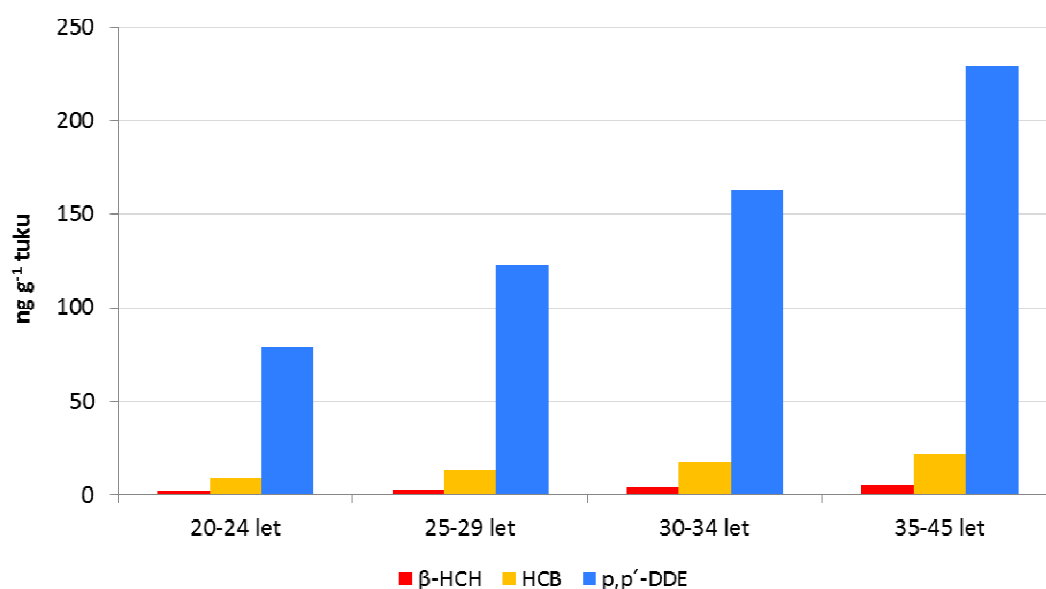
Také zjištěný obsah HCB v mateřském mléce (**obr. 4**) v roce 2014 (medián koncentrace 15,4 ng g<sup>-1</sup> tuku) odpovídá pozvolnému poklesu pozorovanému v průběhu let monitorování (jedná se o historicky nejnižší koncentrace HCB).



**Obr. 4** Chlorované organické látky v mateřském mléce, medián koncentrace sumy DDT a HCB.

Dalšími OCP nad LOQ byly  $\beta$ -HCH (3,63 ng g<sup>-1</sup> tuku) a  $\gamma$ -HCH (0,77 ng g<sup>-1</sup> tuku). Při statistickém vyhodnocení byla zjištěna závislost obsahu  $\beta$ -HCH na BMI a signifikantní nárůst koncentrací u  $\beta$ -HCH, HCB a p,p'-DDE s věkem ženy (**obr. 5**).

Signifikantní rozdíly byly také zjištěny mezi uvedenými lokalitami. Vyšší koncentrace HCB a p,p'-DDT byly detekovány v Liberci a prokazatelné vyšší hodnoty HCB a  $\beta$ -HCH byly zjištěny v Uherském Hradišti. Naopak významně nižší koncentrace byly zjištěny v oblasti Prahy a to u  $\gamma$ -HCH. Vliv vzdělání byl signifikantně prokázán u HCB a p,p'-DDE. Koncentrace těchto látek významně stoupá spolu s nejvyšším dosaženým vzděláním.



**Obr. 5** Hodnoty obsahu OCP (medián) v jednotlivých věkových skupinách.

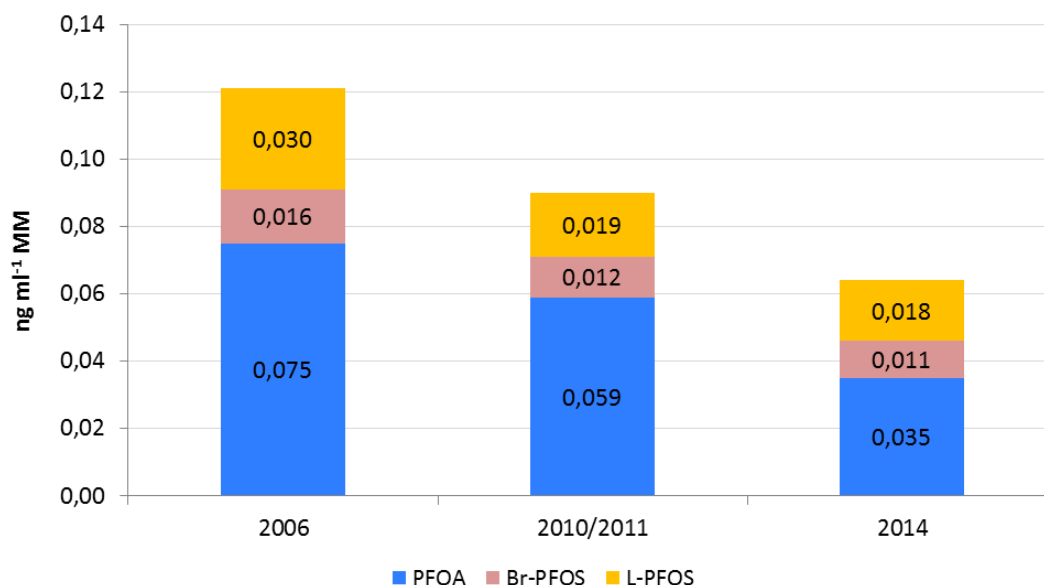
### Perfluorované uhlovodíky a jejich deriváty (PFC)

V roce 2014 bylo analyzováno celkem 19 zástupců perfluorovaných sloučenin. Sledovány byly perfluoroalkylkarboxylové kyseliny s délkou řetězce C4-C14, perfluoroalkylsulfonáty (C4, C6 a C10) a perfluoroalkylsulfonamidy (C8).

Obsah překračující ve více než 50 % vzorků mateřského mléka LOQ byl zjištěn u kyseliny perfluorooktanové (PFOA, 99 % vzorků nad LOQ) a perfluorooktansulfonátu (PFOS: Br-PFOS 95 % vzorků nad LOQ, L-PFOS 99 % vzorků nad LOQ). V porovnání se vzorky z let 2006 a 2010/2011 je patrný pokles koncentrací PFOA (**obr.6**). Obsah ostatních sledovaných zástupců PFC se pohyboval převážně pod limitem kvantifikace a pozitivní

nálezky byly ojedinělé. Jednalo se zejména o perfluorhexansulfonát (PFHxS, 14 % vzorků nad LOQ); podíl vzorků s obsahem dalších PFC nad LOQ se pohyboval v rozmezí od 0 do 7 %.

Při statistickém vyhodnocení byly zjištěny signifikantní rozdíly mezi lokalitami pro Br-PFOS a L-PFOS. V Liberci byly detekovány vyšší koncentrace oproti Praze, Uherskému Hradišti i Ostravě. Vliv vzdělání byl prokázán u obsahu PFOA, kdy dochází ke statisticky významnému nárůstu koncentrací spolu s nejvyšším dosaženým vzděláním.



**Obr. 6** Obsah perfluorovaných uhlovodíků (PFOA, PFOS) v mateřském mléku v ČR v letech 2006 - 2014.

### Bromované zpomalovače hoření a jejich deriváty (BFR)

V roce 2014 nebylo u žádného z 16 kongenerů PBDE zjištěno více než 50 % vzorků mateřského mléka nad LOQ (**Tab. 8**). Z tohoto důvodu nelze výsledky statisticky vyhodnotit.

Nejčteněji detekovaným kongenerem byl BDE 47 (nad LOQ 42,1% vzorků, rozmezí hodnot 0,151-55,8 ng g<sup>-1</sup> tuku), BDE 153 (nad LOQ 23,8 % vzorků, rozmezí hodnot 0,317-10,8 ng g<sup>-1</sup> tuku) a BDE 99 (nad LOQ 20,1 % vzorků, rozmezí hodnot 0,320-122 ng g<sup>-1</sup> tuku).

Mezní hodnota, tzv. biomonitoringový ekvivalent pro kongener BDE 99, činí 520 ng g<sup>-1</sup> tuku (45), maximální zjištěná koncentrace v mateřském mléce se nachází pod touto hranicí s dostatečnou rezervou. Měřitelné hodnoty ostatních kongenerů se v jednotlivých případech pohybovaly do 10 %.

Komerčně vyráběné produkty obsahují směs  $\alpha$ -,  $\beta$ - a  $\gamma$ - izomerů HBCD, které se relativně snadno uvolňují z výrobků do prostředí. Nálezy těchto tří izomerů ve vzorcích mateřského mléka byly kromě 8 vzorků v případě  $\alpha$ -HBCD (z celkového počtu 164) pod limitem kvantifikace.

Obsah tetrabrombisfenolu A (TBBPA) byl nad LOQ ( $0,031 \text{ ng ml}^{-1}$ ) zjištěn pouze u 6 ze 164 vzorků (tj. 4 %).

## Látky anorganické povahy sledované ve vlasech

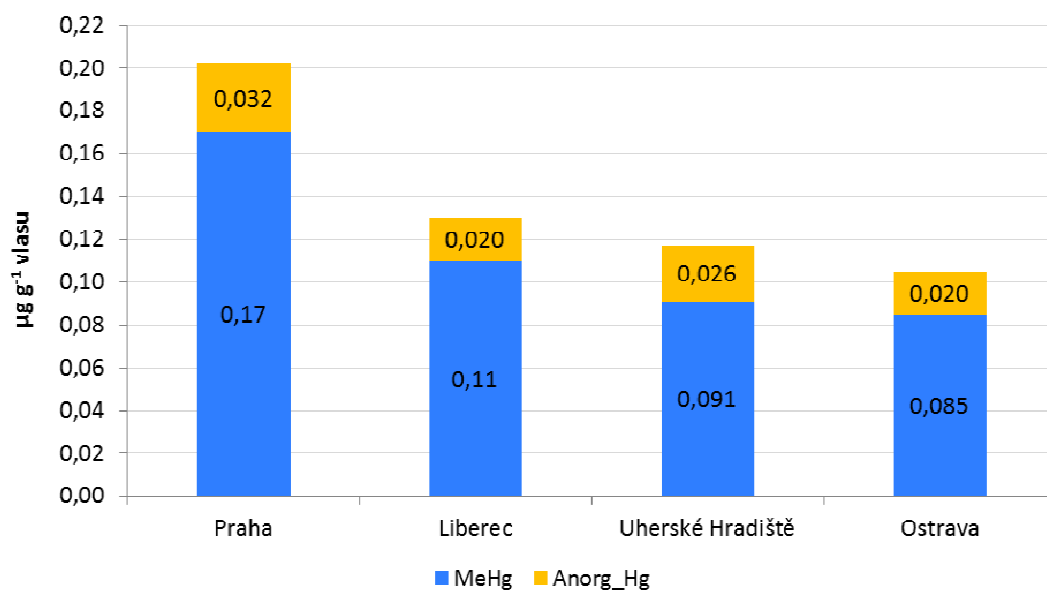
### *Rtuť*

Výsledky analýzy rtuti jsou uvedeny v **tab. 7** ( $\mu\text{g g}^{-1}$  vlasu). U jedné respondentky z Prahy nebylo možné odebrat vzorek vlasů, z toho důvodu bylo do analýzy zařazeno pouze 181 matek. Z důvodu malého množství vzorků byla u dvou žen analyzována pouze celková rtuť. Analýza methylrtuti a anorganické rtuti byla provedena u 179 vzorků.

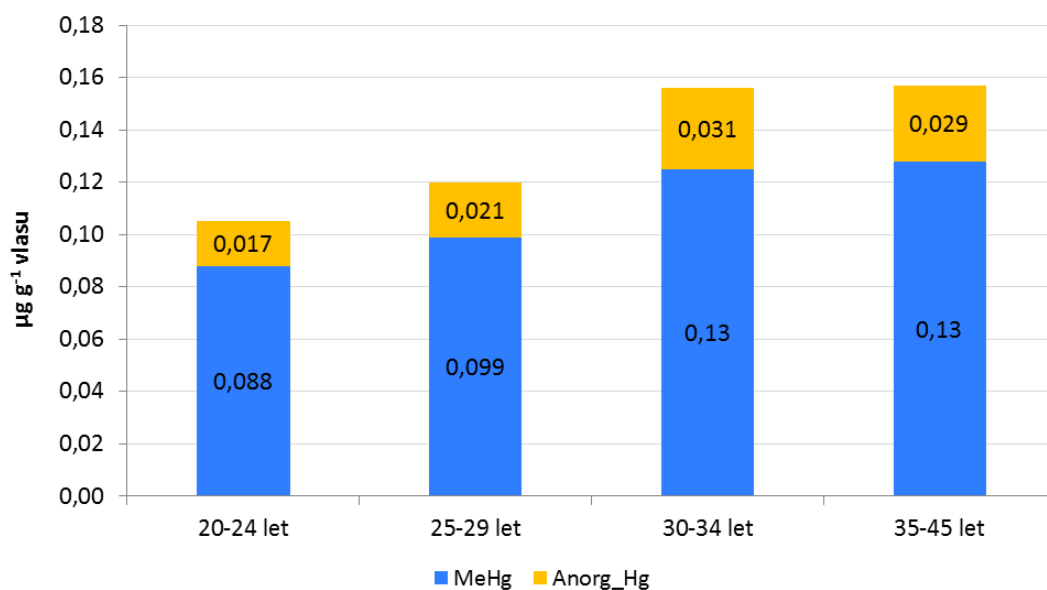
U celkové rtuti bylo pouze 6 vzorků a u methylrtuti 11 vzorků pod LOQ. Medián v rámci celé sledované populace byl pro celkovou rtuť  $0,13 \mu\text{g g}^{-1}$ , pro methylrtuť  $0,11 \mu\text{g g}^{-1}$  a pro anorganickou rtuť  $0,02 \mu\text{g g}^{-1}$ .

Významné rozdíly v naměřených hodnotách byly v roce 2014 zjištěny mezi jednotlivými lokalitami, přičemž nejvyšší naměřené hodnoty byly zaznamenány v Praze, dále v Liberci, Ostravě a Uherském Hradišti (**obr. 7**). Hladiny rtuti ve vlasech pozitivně korelovaly s věkem ženy (**obr. 8**). Pozitivní korelace byla zjištěna také u dosaženého stupně vzdělání (**obr. 9**) a u konzumace mořských ryb (**obr. 10**), mořských plodů a dalších mořských produktů a také u konzumace ryb sladkovodních. U ostatních expozičních zdrojů se nepotvrdil významný vliv na hladinu rtuti ve vlasech.

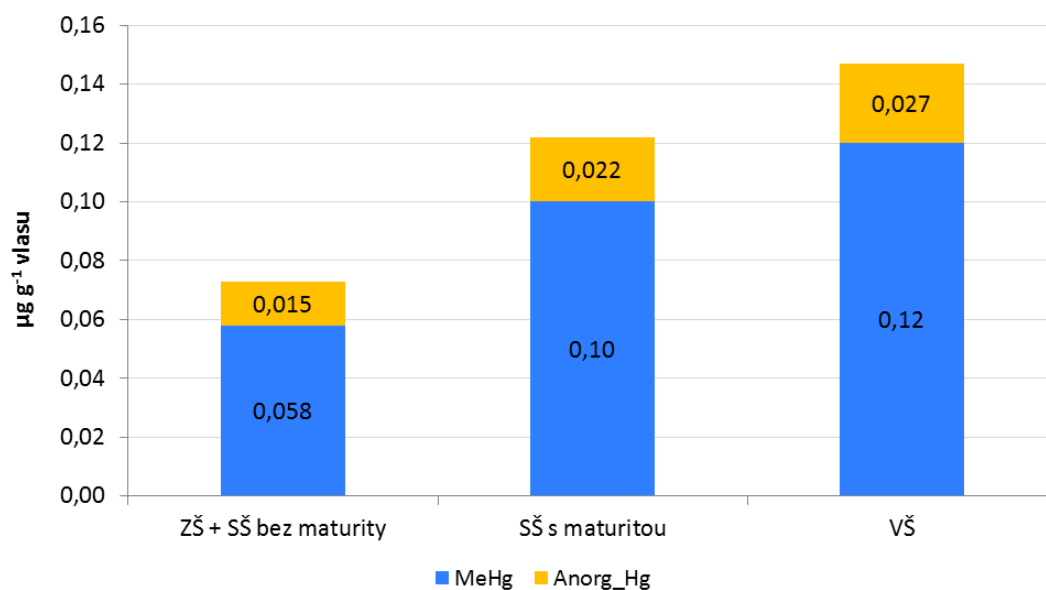
Zdravotně významné hodnoty celkové rtuti pro ženy v reprodukčním věku jsou podle Environmental Protection Agency (US EPA)  $1 \mu\text{g g}^{-1}$  vlasu, s pozdějším doporučením snížení meze na  $0,58 \mu\text{g g}^{-1}$ . Ze sledované skupiny matek po porodu pouze u jedné přesáhl obsah celkové rtuti ve vlasech hodnotu  $1 \mu\text{g g}^{-1}$  ( $1,62 \mu\text{g g}^{-1}$ ). U 97 % žen byly nalezeny koncentrace pod nižší mezí  $0,58 \mu\text{g g}^{-1}$ .



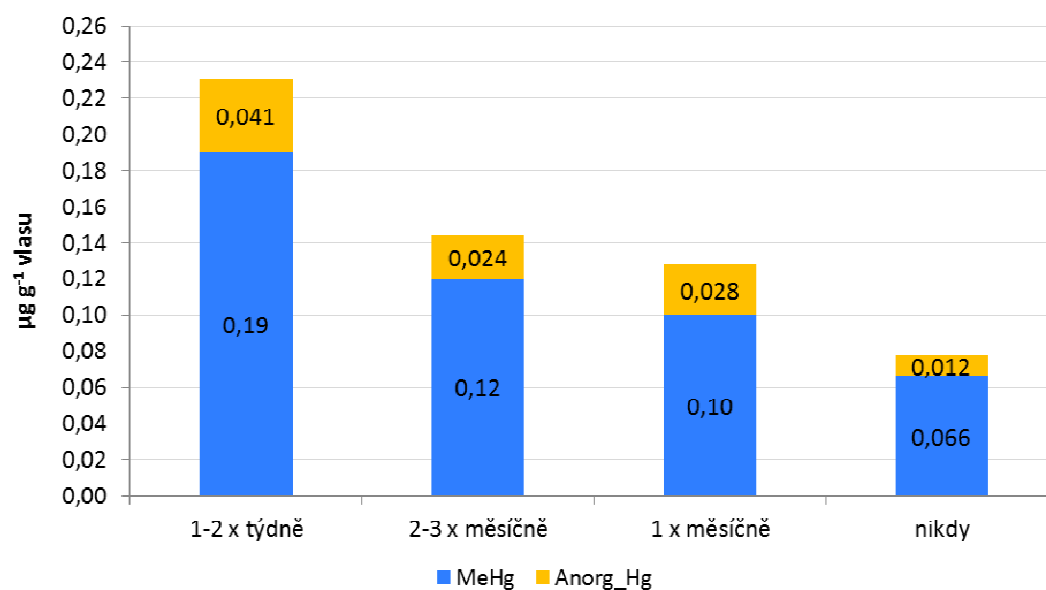
**Obr. 7** Hodnoty obsahu rtuti (medián) v jednotlivých lokalitách.



**Obr. 8** Hodnoty obsahu rtuti (medián) v jednotlivých věkových skupinách.



**Obr. 9** Hodnoty obsahu rtuti (medián) ve vztahu k nejvyššímu dosaženému vzdělání.



**Obr. 10** Hodnoty obsahu rtuti (medián) ve vztahu k četnosti konzumace mořských ryb.



## Závěr

Předložená zpráva sumarizuje výsledky Subsystému 5 – Biologický monitoring za rok 2014. Výsledky jsou prezentovány formou tabulek a grafů, které se vztahují k výsledkům Subsystému 5.

### Monitoring organických látek

Persistentní organické látky (indikátorové kongenery PCB, vybrané chlorované pesticidy) byly sledovány v mateřském mléce v návaznosti na předchozí monitorovací aktivity a v souladu se Stockholmskou úmluvou. Dále byly sledovány v mateřském mléce vybrané perfluorované uhlovodíky a jejich deriváty a bromované zpomalovače hoření a jejich deriváty, které byly na seznam Stockholmské úmluvy přidány v roce 2011. Tyto organické látky navazují na první výsledky Biologického monitoringu z roku 2013, kdy byly analyzovány vzorky mateřského mléka z roku 2006, 2010, 2011 uložené v biobance.

Hodnoty koncentrací PCB, HCB a sumy DDT vykazují v mateřském mléce sestupný trend. Naměřené hodnoty těchto organických látek v r. 2014 patří k nejnižším naměřeným koncentracím v rámci biologického monitoringu. U PCB, podobně jako v minulých letech, výsledky analýz pozitivně korelují s věkem.

V roce 2014 nebylo u žádného z BFR zjištěno více než 50 % vzorků mateřského mléka nad limitem kvantifikace. Při stanovení PFC byli nejčastěji detekované sloučeniny PFOS a PFOA.

### Monitoring rtuti

Celková rtuť a methylrtuť byla sledována ve vlasech kojících matek. Hladina rtuti ve vlasech v populaci těchto žen je nízká, u 97 % z nich byly koncentrace rtuti pod mezí  $0,58 \mu\text{g g}^{-1}$  doporučenou US EPA.

Hodnoty rtuti pozitivně korelují s věkem a dosaženým vzděláním. Dále byly pozorovány signifikantní rozdíly mezi jednotlivými lokalitami.

Jako významný expoziční zdroj rtuti byla potvrzena konzumace ryb, kdy ženy konzumující ryby častěji, měly vyšší hodnoty rtuti ve vlasech než ženy, které ryby nekonzumují vůbec nebo jen zřídka.

## Bibliografie

1. **Holoubek I.** Národní implementační plán Stockholmské úmluvy o perzistentních organických polutantech (2006). [Online] [Citace: 8. 7. 2015] [http://www.synergie-chemie.cz/res/file/NIP\\_2006.pdf](http://www.synergie-chemie.cz/res/file/NIP_2006.pdf).
2. **CENIA.** Integrovaný registr znečišťování (IRZ). [Online] [Citace: 8. 7. 2015] <http://www.irz.cz/node87>.
3. **Ritter L., Solomon K. R., Forget J., et al.** WHO. Persistent Organic Pollutants: An Assessment Report on DDT-Aldrin-Dieldrin-Endrin-Chlordane; Heptachlor-Hexachlorobenzene-Mirex-Toxaphene; Polychlorinated Biphenyls; Dioxins and Furans (1995). [Online] [Citace: 8. 7. 2015] [http://www.who.int/ipcs/assessment/en/pes\\_95\\_39\\_2004\\_05\\_13.pdf](http://www.who.int/ipcs/assessment/en/pes_95_39_2004_05_13.pdf).
4. **Huetos O., Bartolomé M., Aragonés N., et al.** Serum PCB levels in a representative sample of the SPANISH adult population: The BIOAMBIENT.ES project. *Science of the Total Environment*. 2014.
5. **Centers for Disease Control and Prevention (CDC).** Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). [Online] [Citace: 8. 7. 2015] <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/TF.asp?id=140&tid=26>.
6. **Holoubek I., et al.** Perzistentní organické polutanty. *Planeta*. [Online] 2001.
7. **UNEP.** Stockholm Convention on persistent organic pollutants (POPs). [Online] [Citace: 8. 7. 2015] [chm.pops.int](http://chm.pops.int).
8. **Environmental Protection Agency (EPA).** DDT: A Brief History and Status. [Online] [Citace: 21. 7. 2015] <http://www2.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/ddt-brief-history-and-status>.
9. **Li Y.F., Macdonald R.W.** Sources and pathways of selected organochlorine pesticides to the Arctic and the effect of pathway divergence on HCH trends in biota: a review. *Science of The Total Environment* . 2005.
10. **CENIA.** Integrovaný registr znečišťování (IRZ). [Online] [Citace: 8. 7. 2015] <http://www.irz.cz/repository/latky/ddt.pdf>.
11. **Centers for Disease Control and Prevention (CDC).** Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). [Online] [Citace: 21. 7. 2015] <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp35.pdf>.
12. **Azandjeme C.S., Delisle H., Fayomi B., et al.** High serum organochlorine pesticide concentrations in diabetics of a cotton producing area of the Benin Republic (West Africa). *Environment International*. 2014.
13. **Botela B., Crespo J., Rivas A., et al.** Exposure of women to organochlorine pesticides in Southern Spain. *Environmental Research*. 2004.
14. **WHO.** International Agency for Research on Cancer (IARC). [Online] [Citace: 20. 7. 2015] <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>.

15. **Hrádková P., Poustka J., Lacina O., et al.** Perfluorované uhlovodíky - možnosti jejich stanovení ve vzorcích životního prostředí a potravin. Abstrakt (Komorní Lhotka, ČR). [Online] [Citace: 8. 7. 2015]  
[http://www.emercon.cz/newsseminar/Hradkova\\_abstrakt%20Komorni%20Lhotka.pdf](http://www.emercon.cz/newsseminar/Hradkova_abstrakt%20Komorni%20Lhotka.pdf).
16. **Fromme H., Tittlemier SA., Voelkel W., et al.** Perfluorinated compounds - Exposure assessment for the general population in western countries. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2009.
17. **Lanková D., Lacina O., Pulkrabová J., Hašlová J.** The determination of perfluoroalkyl substances, brominated flame retardants and their metabolites in human breast milk and infant formula. *Talanta*. 2013.
18. **CENIA.** Integrovaný registr znečišťování (IRZ). [Online] [Citace: 8. 7. 2015]  
<http://www.irz.cz/node/84>.
19. **Carloni D.** Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) Production and Use: Past and Current Evidence. [Online] [Citace: 8. 7. 2015]  
[http://www.unido.org/fileadmin/user\\_media/Services/Environmental\\_Management/Stockholm\\_Convention/POPs/DC\\_Perfluorooctane%20Sulfonate%20Report.PDF](http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental_Management/Stockholm_Convention/POPs/DC_Perfluorooctane%20Sulfonate%20Report.PDF).
20. **Giesy J.P., Kannan K.** Global distribution of perfluorooctane sulfonate in wildlife. *Environmental Science & Technology*. 2001.
21. **Hájková, K.; Tomaniová, M.; Hajšlová, J.** Perfluorované perzistentní kontaminanty v potravních řetězcích. [Online] [Citace: 20. 7. 2015]  
<http://www.phytosanitary.org/projekty/2004/vvf-10-04.pdf>.
22. **European Food and Safety Authority (EFSA).** Perfluorooctane sulfonate (PFOS), perfluorooctanoic acid (PFOA) and their salts, Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food chain. *The EFSA Journal*. 2008.
23. **Casas M., Chevrier C., Hond E.D., et al.** Exposure to brominated flame retardants, perfluorinated compounds, phthalates and phenols in European birth cohorts: ENRIECO evaluation, first human biomonitoring results, and recommendations. *International Journal of hygiene and Environmental Health*. 2013.
24. **Centers for Disease Control and Prevention (CDC).** Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). [Online] [Citace: 8. 7. 2015]  
<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=1117&tid=237>.
25. **Rahman F., Langford K.H., Scrimshaw M.D., Lester JN.** Review-Polybrominated diphenyl ether (PBDE) flame retardants. *Science of the Total Environment*. 2001.
26. **Covaci A., Robin J. L., et al.** Hexabromocyclododecanes (HBCDs) in the Environment and Humans: A review. *Environmental Science and Technology*. 2006.
27. **Míkula P., Svobodova Z.** Brominated flame retardants in the environment: Their sources and effects (a review). *Acta Veterinaria Brno*. 2006.
28. **Birnbaum L.S., Staskal D.F.** Brominated flame retardants: Cause for concern? *Environmental Health Perspectives*. 2004.
29. **Covaci A., Harrad S., Abdallah M.A.E., et al.** Novel brominated flame retardants: A review of their analysis, environmental fate and behaviour. *Environment International*. 2011.

30. **European Food and Safety Authority (EFSA)**. Scientific Opinion on Emerging and Novel Brominated Flame Retardants (BFRs) in Food. *The EFSA Journal*. 2008.
31. **CENIA**. Integrovaný registr znečišťování (IRZ). [Online] [Citace: 8. 7. 2015] <http://www.irz.cz/node/18>.
32. **European Food and Safety Authority (EFSA)**. Scientific Opinion on Tetrabromobisphenol A (TBBPA) and its derivatives in food. *The EFSA Journal*. 2011.
33. **Domingo J.L., Martí-Cid R., Castell V., Llobet J.M.** Human exposure to PBDEs through the diet in Catalonia, Spain: Temporal trend: A review of recent literature on dietary PBDE intake. *Toxicology*. 2008.
34. **Environmental Protection Agency (EPA)**. Office of Air Quality Planning and Standards and Office of Research and Development: *Research Triangle Park, CA, USA*. 1997.
35. **Pirard C., Koppen G., De Cremer K., et al.** Hair mercury and urinary cadmium levels in Belgian children and their mothers within the framework of the COPHES/DEMOCOPHES projects. *Science of the total environment*. 2014.
36. **Fakour H., Esmaili-Sari A., Zayeri F.** Scalp hair and saliva as biomarkers in determination of mercury levels in Iranian women: Amalgam as a determinant of exposure. *Journal of Hazardous Materials*. 2010.
37. **Castaño A., Cutanda F., Esteban M., et al.** Fish consumption patterns and hair mercury levels in children and their mothers in 17 EU countries. *Environmental Research*. 2015.
38. **Díez S., Montuori P., Pagano A., et al.** Hair mercury levels in an urban population from southern Italy: Fish consumption as a determinant of exposure. *Environment International*. 2008.
39. **Umweltbundesamt (UBA)**. Institut für Wasser-, Boden-, und Lufthygiene des Umweltbundesamtes. [Online] [Citace: 21. 7. 2015] <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/hgref.pdf>.
40. **Tsuji J.S., Williams P.R.D, Edwards M.R.** Evaluation of Mercury in Urine as an Indicator of Exposure to Low Levels of Mercury Vapor. *Environmental Medicine*. [Online] 2003.
41. **Tuček M., Cikrt M., Pelclová D.** Pracovní lékařství pro praxi. 1.vyd. Praha: Grada Publishing. 2005.
42. **Wranová K., Čejchanová M., Spěváčková V., et al.** Mercury and methylmercury in hair of selected groups of czech population. *Central European Journal Public Health*. 2009.
43. **Elinder C.G., Friberg L., Kjellström T.** Biological monitoring of metals. In Chemical Safety Monographs. International Programme on Chemical Safety. Geneva. WHO. 1994.
44. **Grandjean P., Budtz-Jorgensen E.** Total imprecision of exposure biomarkers: Implications for calculating exposure limits. *American Journal of Industrial Medicine*. 2007.
45. **Krishnan K., Adamou T., Kirman Ch.R., Nong A.** Biomonitoring Equivalents for 2,2',4,4',5-pentabromodiphenylether (PBDE-99). *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2011.

## Seznam tabulek

<b>Tabulka 1:</b> Základní charakteristika sledovaného souboru .....	32
<b>Tabulka 2:</b> Věková charakteristika souboru .....	32
<b>Tabulka 3:</b> Výška a hmotnost .....	32
<b>Tabulka 4:</b> Způsob života a expozice .....	33
<b>Tabulka 5:</b> Přehled amalgámových výplní u sledované populace.....	33
<b>Tabulka 6:</b> Koncentrace polychlorovaných bifenyly, organochlorovaných pesticidů [ng g <sup>-1</sup> tuku] a perfluorovaných látek [ng ml <sup>-1</sup> mléka] v mateřském mléce, 2014 .....	34
<b>Tabulka 7:</b> Koncentrace celkové rtuti, anorganické rtuti a methylrtuti (Hg, MeHg a Anorg_Hg) [μg g <sup>-1</sup> vlasu] ve vlasech, 2014 .....	37
<b>Tabulka 8:</b> Limity kvantifikace (LOQ) u analytů s > 50 % hodnot nad LOQ.....	39
<b>Tabulka 9:</b> Analyty s více než 50 % hodnot pod LOQ.....	40
<b>Tabulka 10:</b> Srovnání hodnot PCB v mléku se zahraniční literaturou [medián (min-max), ng g <sup>-1</sup> tuku] .....	42
<b>Tabulka 11:</b> Srovnání hodnot OCP v mléku se zahraniční literaturou [medián (min-max), ng g <sup>-1</sup> tuku] .....	43
<b>Tabulka 12:</b> Srovnání hodnot Hg ve vlasech se zahraniční literaturou [μg g <sup>-1</sup> vlasu] (pouze ženy).....	44

## Seznam obrázků

<b>Obr. 1</b> Hodnoty obsahu PCB (medián) v jednotlivých věkových skupinách v roce 2014.....	17
<b>Obr. 2</b> Polychlorované bifenyly v mateřském mléce, indikátorový kongener PCB 153, medián koncentrace.....	18
<b>Obr. 3</b> Koncentrace PCB 153 (medián) v jednotlivých lokalitách v roce 2014.....	18
<b>Obr. 4</b> Chlorované organické látky v mateřském mléce, medián koncentrace sumy DDT a HCB.....	19
<b>Obr. 5</b> Hodnoty obsahu OCP (medián) v jednotlivých věkových skupinách. ....	20
<b>Obr. 6</b> Obsah perfluorovaných uhlovodíků (PFOA, PFOS) v mateřském mléku v ČR v letech 2006 - 2014.....	21
<b>Obr. 7</b> Hodnoty obsahu rtuti (medián) v jednotlivých lokalitách.....	23
<b>Obr. 8</b> Hodnoty obsahu rtuti (medián) v jednotlivých věkových skupinách.....	23
<b>Obr. 9</b> Hodnoty obsahu rtuti (medián) ve vztahu k nejvyššímu dosaženému vzdělání. ....	24
<b>Obr. 10</b> Hodnoty obsahu rtuti (medián) ve vztahu k četnosti konzumace mořských ryb. ....	24

## Seznam zkratk

BFR	bromované zpomalovače hoření
BMI	body mass index
Br-PFOS	větvený (Br, branched) izomer PFOS
BTBPE	1,2-bis(2,4,6-tribrom-fenoxy)ethan
CV AAS	atomová absorpční spektrometrie – technika studených par
DBDPE	dekabromodiphenyletan
DDD	1,1-Dichloro-2,2-bis(p-chlorophenyl)ethane
DDE	1,1'-Dichloroethenylidene(bis(4-chlorobenzene))
DDT	1,1,1-Trichloro-2,2-bis(4-chlorophenyl)ethane
DL-PCB	dioxin light PCB
EFSA	European Food Safety Authority
EI	mód elektronové ionizace
EPA	Environmental Protection Agency
ESI-	mód negativní ionizace elektrosprejem
FAO/WHO	Food and Agriculture organization/World Health organization
GC	kapilární plynová chromatografie
GPC	gelová permeační chromatografie
HBB	hexabrombenzen
HBCD	hexabromcyklododekan
H <sub>max</sub>	maximální hodnota
H <sub>min</sub>	minimální hodnota
HCH	hexachlorcyklohexan
HCB	hexachlorbenzen
HCl	Kyselina chlorovodíková
Hg	rtuť
IARC	International Agency for Research on Cancer
IUPAC	International Union of pure and applied chemistry
X <sub>0.1</sub>	10 % kvantil
X <sub>0.25</sub>	25 % kvantil, dolní kvartil
X <sub>0.75</sub>	75 % kvantil, horní kvartil
X <sub>0.9</sub>	90 % kvantil
X <sub>0.95</sub>	95 % kvantil
LOQ	limit kvantifikace
L-PFOS	lineární (L) izomer PFOS
Me	medián
MM	mateřské mléko
MeHg	methylyrtuť
MS/MS	tandemový hmotnostní spektrometr
N	počet vzorků
NBFR	„nové“ bromované zpomalovače hoření
NCI	negativní chemická ionizace

OCP	chlorované pesticidy
PBB	polybromované bifenyly
PBDE	polybromované difenyletery
PBT	pentabromtoluen
PCB	polychlorované bifenyly
PCDD	polychlorované dibenzo-p-dioxiny
PCDF	polychlorované dibenzofurany
PFC	perfluorované uhlovodíky
PFOA	perfluoroktanová kyselina
PFOS	perfluorooktansulfonát
SOP	Standardní operační protokol
SPE	solid-phase extraction (extraktce na tuhou fázi)
SZÚ	Státní zdravotní ústav
TBBPA	tetrabrombisfenol A
TDI	tolerovatelný denní příjem
TEF	toxický ekvivalenční faktor
UHPLC	vysokoučinná kapalinová chromatografie
VŠCHT	Vysoká škola chemicko-technologická
$X_g$	geometrický průměr

## Přílohy

Tabulka 1: Základní charakteristika sledovaného souboru

		Praha	Liberec	Ostrava	Uherské Hradiště	Celkem
Vlasy	Počet osob	50	41	52	38	181
	v %	27,6	22,5	28,6	20,9	100
Mateřské mléko	Počet osob	51	41	49	23	164
	v %	31,1	25,0	29,8	14,0	100
<b>Pobyť ve sledované lokalitě</b>						
Vlasy	Průměr (v celých rocích)	18,6	17,1	19,4	17,5	18,3
	Rozmezí (roky)	2-37	2-39	2-36	1-34	1-39
Mateřské mléko	Průměr (v celých rocích)	18,3	17,1	19,9	19,9	18,6
	Rozmezí (roky)	2-37	2-39	2-36	1-34	1-39
<b>Nejvyšší dosažené vzdělání (počet)</b>						
Vlasy	ZŠ + SŠ bez maturity	2	2	4	8	16
	SŠ s maturitou	13	14	21	15	62
	VŠ	36	25	27	15	103
Mateřské mléko	ZŠ + SŠ bez maturity	2	2	4	5	13
	SŠ s maturitou	13	14	19	9	55
	VŠ	36	25	26	9	96
<b>Chronické onemocnění</b>						
Vlasy	Počet osob	9	7	11	7	34
	v %	17,6	17,1	21,2	18,4	18,7
Mateřské mléko	Počet osob	9	7	11	4	31
	v %	5,5	4,3	6,7	2,4	18,9

Tabulka 2: Věková charakteristika souboru

		Praha	Liberec	Ostrava	Uherské Hradiště	Celkem
Vlasy	Průměrný věk	30,0	30,4	28,9	27,6	29,3
	Rozmezí	20-45	22-40	20-39	21-36	20-45
Mateřské mléko	Průměrný věk	30,0	30,4	28,6	28,8	29,5
	Rozmezí	20-45	22-40	20-36	21-36	20-45

Tabulka 3: Výška a hmotnost

		Praha	Liberec	Ostrava	Uherské Hradiště	Celkem
Vlasy	Výška (průměr v cm)	168,0	165,9	168,4	166,9	167,4
	Hmotnost (průměr v kg)	67,2	68,5	68,8	74,3	69,4
Mateřské mléko	Výška (průměr v cm)	168,0	165,9	168,8	165,7	167,4
	Hmotnost (průměr v kg)	67,2	68,5	69,1	75,5	69,2



**Tabulka 4:** Způsob života a expozice

		Praha	Liberec	Ostrava	Uherské Hradiště	Celkem
Vlasy	Počet aktivních kuřáček	0	3	3	0	6
Mateřské mléko		0	3	3	0	6
Vlasy	Počet osob, vystavených tabákovému kouři ("tzv. pasivní kouření")	4	6	7	11	28
Mateřské mléko		4	6	7	6	23
Vlasy	Počet bývalých kuřáček	15	13	17	17	62
Mateřské mléko		15	13	17	17	62
Vlasy	Chemická úprava vlasů (počet žen)	10	17	17	20	64
Mateřské mléko		10	17	16	13	56
Vlasy	Rozbitá úsporná žárovka v posledních 3 měsících (počet osob)	0	2	0	3	5
Mateřské mléko		0	2	0	1	3
Vlasy	Spalovna v dosahu 1 km od bydliště	4	11	7	6	28
Mateřské mléko		4	11	7	3	25

**Tabulka 5:** Přehled amalgámových výplní u sledované populace

Oblast	Počet žen se zubní výplní	Odvrtání výplně v posledním roce (počet žen)	Zhotovení poslední zubní výplně (průměr v měsících)
<b>Praha</b>	32	8	5,3
<b>Liberec</b>	33	4	4,5
<b>Ostrava</b>	39	11	5,9
<b>Uherské Hradiště</b>	27	9	4,9
<b>Celkem</b>	128	32	5,2

**Tabulka 6:** Koncentrace polychlorovaných bifenylů, organochlorovaných pesticidů [ng g<sup>-1</sup> tuku] a perfluorovaných látek [ng ml<sup>-1</sup> mléka] v mateřském mléce, 2014

	PFOA	Br-PFOS	L-PFOS	HCB	β-HCH	γ-HCH	p,p'-DDE	o,p'-DDT	p,p'-DDD	p,p'-DDT	PCB 28	PCB 118	PCB 138	PCB 153	PCB 170	PCB 180
<b>Celkem</b>																
N	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164
X <sub>g</sub>	0,034	0,011	0,018	17,4	3,54	0,65	126	0,65	0,43	7,71	0,52	4,10	39,9	78,8	31,0	58,0
<b>Me</b>	<b>0,035</b>	<b>0,011</b>	<b>0,018</b>	<b>15,4</b>	<b>3,63</b>	<b>0,77</b>	<b>144</b>	<b>0,70</b>	<b>0,42</b>	<b>7,42</b>	<b>0,57</b>	<b>4,37</b>	<b>40,3</b>	<b>89,1</b>	<b>32,6</b>	<b>62,5</b>
X <sub>0.1</sub>	0,019	0,004	0,007	7,94	1,57	0,15	56,8	0,15	0,15	3,08	0,15	2,00	18,5	37,0	12,5	22,2
X <sub>0.25</sub>	0,025	0,006	0,018	9,76	2,36	0,15	89,2	0,41	0,15	5,00	0,35	3,07	27,5	59,7	23,0	42,1
X <sub>0.75</sub>	0,048	0,019	0,029	22,8	5,73	2,0	216	1,1	0,78	11,3	0,84	6,12	59,1	127	46,8	91,4
X <sub>0.9</sub>	0,064	0,035	0,046	29,8	7,96	3,8	299	1,7	1,4	18,9	1,2	8,67	82,6	173	67,8	121
X <sub>0.95</sub>	0,083	0,059	0,062	35,3	9,26	5,3	359	2,4	2,4	31,9	1,6	11,6	95,7	206	86,3	167
H <sub>max</sub>	0,159	0,128	0,096	57,4	97,4	12	1384	16	15	601	3,7	20,8	330	847	328	641
H <sub>min</sub>	0,003	0,001	0,001	1,58	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	4,90	0,15	4,14	0,15
<b>Praha</b>																
N	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
X <sub>g</sub>	0,037	0,011	0,018	12,9	3,10	0,24	118	0,56	0,40	8,03	0,44	4,04	32,9	61,4	25,0	50,0
<b>Me</b>	<b>0,038</b>	<b>0,012</b>	<b>0,018</b>	<b>13,0</b>	<b>2,87</b>	<b>0,15</b>	<b>123</b>	<b>0,59</b>	<b>0,42</b>	<b>7,48</b>	<b>0,55</b>	<b>4,15</b>	<b>34,0</b>	<b>69,1</b>	<b>27,7</b>	<b>56,6</b>
X <sub>0.1</sub>	0,023	0,006	0,008	7,05	1,40	0,15	62,0	0,15	0,15	3,71	0,15	2,25	20,7	37,0	9,85	21,5
X <sub>0.25</sub>	0,028	0,008	0,014	8,99	1,88	0,15	91,1	0,41	0,15	5,23	0,15	3,28	26,1	51,5	18,9	36,8
X <sub>0.75</sub>	0,049	0,017	0,024	19,2	4,42	0,34	230	0,93	0,73	13,2	0,81	5,65	44,8	94,8	41,5	82,4
X <sub>0.9</sub>	0,055	0,026	0,040	23,7	8,60	0,78	302	1,4	1,0	22,8	1,2	7,97	62,9	135	46,1	93,3
X <sub>0.95</sub>	0,065	0,031	0,051	38,1	11,3	1,2	318	1,9	1,3	32,5	1,4	12,21	74,5	148	60,7	118
H <sub>max</sub>	0,100	0,034	0,084	57,4	97,4	7,9	359	2,4	2,4	101	1,6	18,93	82,6	165	65,1	124
H <sub>min</sub>	0,015	0,001	0,005	1,58	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,82	0,15	0,15	4,90	0,15	4,14	8,25

Tabulka 6: Pokračování

	PFOA	Br-PFOS	L-PFOS	HCB	$\beta$ -HCH	$\gamma$ -HCH	p,p'-DDE	o,p'-DDT	p,p'-DDD	p,p'-DDT	PCB 28	PCB 118	PCB 138	PCB 153	PCB 170	PCB 180
<b>Liberec</b>																
N	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
X <sub>g</sub>	0,037	0,025	0,028	16,6	3,53	0,68	116	0,78	0,51	10,8	0,60	4,20	44,7	79,5	33,0	55,4
<b>Me</b>	<b>0,040</b>	<b>0,025</b>	<b>0,030</b>	<b>16,7</b>	<b>3,87</b>	<b>1,1</b>	<b>142</b>	<b>0,78</b>	<b>0,42</b>	<b>9,60</b>	<b>0,64</b>	<b>4,79</b>	<b>44,3</b>	<b>90,8</b>	<b>32,7</b>	<b>67,2</b>
X <sub>0.1</sub>	0,021	0,009	0,013	9,27	1,81	0,15	50,0	0,31	0,15	3,83	0,31	2,08	22,0	51,0	18,3	31,8
X <sub>0.25</sub>	0,026	0,013	0,021	12,7	2,83	0,15	84,9	0,36	0,15	6,98	0,39	3,05	30,8	63,7	24,4	44,3
X <sub>0.75</sub>	0,048	0,053	0,045	24,4	5,68	1,8	182	1,5	0,97	17,3	0,85	6,50	59,4	121	47,2	92,0
X <sub>0.9</sub>	0,071	0,077	0,067	27,2	7,05	2,5	242	2,6	2,4	36,3	1,2	7,88	82,0	167	52,0	107
X <sub>0.95</sub>	0,087	0,101	0,073	28,9	8,20	4,8	500	3,9	3,1	76,9	2,0	8,67	88,2	173	67,8	115
H <sub>max</sub>	0,151	0,128	0,096	32,6	8,67	9,4	1384	16	15	600	3,3	19,40	255	507	166	301
H <sub>min</sub>	0,011	0,004	0,004	5,87	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	9,64	0,15	6,87	0,15
<b>Ostrava</b>																
N	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49
X <sub>g</sub>	0,034	0,007	0,016	16,4	3,26	1,2	128	0,71	0,37	6,56	0,56	3,84	41,3	85,7	33,4	61,9
<b>Me</b>	<b>0,035</b>	<b>0,0081</b>	<b>0,016</b>	<b>14,0</b>	<b>3,25</b>	<b>1,7</b>	<b>140</b>	<b>0,82</b>	<b>0,37</b>	<b>6,92</b>	<b>0,55</b>	<b>3,86</b>	<b>47,0</b>	<b>97,4</b>	<b>36,6</b>	<b>65,0</b>
X <sub>0.1</sub>	0,018	0,004	0,007	7,28	1,36	0,15	58,1	0,15	0,15	3,01	0,15	1,94	18,6	37,6	16,1	29,1
X <sub>0.25</sub>	0,027	0,005	0,012	9,35	2,37	0,52	86,4	0,43	0,15	4,56	0,39	2,92	28,4	60,3	24,3	44,2
X <sub>0.75</sub>	0,042	0,011	0,025	20,8	4,81	2,5	196	0,89	0,60	9,61	0,94	6,05	63,5	131	48,1	92,1
X <sub>0.9</sub>	0,064	0,018	0,037	19,6	7,61	4,2	245	1,6	1,2	13,0	1,4	8,95	90,5	197	71,2	122
X <sub>0.95</sub>	0,076	0,019	0,046	36,8	8,02	5,4	263	2,7	2,5	14,6	2,1	11,23	95,7	204	83,0	164
H <sub>max</sub>	0,103	0,037	0,062	50,1	10,2	12	394	5,7	5,3	19,0	3,7	12,05	126	236	90,1	187
H <sub>min</sub>	0,009	0,001	0,003	4,17	0,81	0,15	29,6	0,15	0,15	2,43	0,15	0,15	6,45	9,71	5,28	6,86

Tabulka 6: Pokračování

	PFOA	Br- PFOS	L- PFOS	HCB	$\beta$ - HCH	$\gamma$ - HCH	p,p'- DDE	o,p'- DDT	p,p'- DDD	p,p'- DDT	PCB 28	PCB 118	PCB 138	PCB 153	PCB 170	PCB 180
<b>Uherské Hradiště</b>																
N	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
X <sub>g</sub>	0,024	0,006	0,012	20,4	5,68	1,4	171	0,71	0,54	5,51	0,47	4,6	46,7	112	38,2	75,8
<b>Me</b>	<b>0,021</b>	<b>0,0061</b>	<b>0,014</b>	<b>20,5</b>	<b>6,41</b>	<b>1,8</b>	<b>201</b>	<b>0,82</b>	<b>0,70</b>	<b>6,04</b>	<b>0,55</b>	<b>4,8</b>	<b>53,3</b>	<b>131</b>	<b>37,0</b>	<b>62,5</b>
X <sub>0.1</sub>	0,008	0,001	0,003	13,6	2,42	0,15	55,5	0,33	0,15	2,59	0,15	1,9	11,8	26,2	9,08	22,2
X <sub>0.25</sub>	0,018	0,004	0,011	16,0	4,00	0,95	103	0,43	0,31	3,92	0,33	2,5	22,4	54,5	21,1	42,1
X <sub>0.75</sub>	0,038	0,010	0,019	28,7	7,15	3,6	291	1,1	1,0	7,42	0,68	7,2	89,3	201	84,8	91,4
X <sub>0.9</sub>	0,083	0,017	0,022	35,3	10,3	5,3	439	1,4	1,4	11,3	0,98	10	121	276	122	121
X <sub>0.95</sub>	0,101	0,019	0,039	34,9	15,6	5,6	526	1,7	1,7	11,5	1,5	18	182	382	129	167
H <sub>max</sub>	0,159	0,026	0,067	39,9	27,5	6,1	533	1,9	1,8	13,8	1,8	21	330	846	328	641
H <sub>min</sub>	0,003	0,001	0,001	7,43	1,55	0,15	31,4	0,15	0,15	2,12	0,15	1,2	7,57	15,3	4,48	0,15

**Tabulka 7:** Koncentrace celkové rtuti, anorganické rtuti a methylrtuti (Hg, MeHg a Anorg\_Hg) [ $\mu\text{g g}^{-1}$  vlasu] ve vlasech, 2014

	Hg	MeHg*	Anorg_Hg*
<b>Celkem</b>			
N	181	179	179
$X_g$	0,13	0,11	0,022
<b>Me</b>	<b>0,13</b>	<b>0,11</b>	<b>0,024</b>
$X_{0.1}$	0,050	0,04	0,007
$X_{0.25}$	0,081	0,07	0,013
$X_{0.75}$	0,22	0,18	0,040
$X_{0.9}$	0,39	0,33	0,067
$X_{0.95}$	0,48	0,44	0,095
$H_{\max}$	1,62	1,27	0,35
$H_{\min}$	0,017	0,015	0,001
<b>Praha</b>			
N	50	50	50
$X_g$	0,20	0,17	0,03
<b>Me</b>	<b>0,21</b>	<b>0,17</b>	<b>0,032</b>
$X_{0.1}$	0,088	0,073	0,010
$X_{0.25}$	0,13	0,10	0,017
$X_{0.75}$	0,39	0,32	0,061
$X_{0.9}$	0,47	0,44	0,086
$X_{0.95}$	0,57	0,53	0,12
$H_{\max}$	0,96	0,64	0,32
$H_{\min}$	0,021	0,017	0,004
<b>Liberec</b>			
N	41	40	40
$X_g$	0,14	0,12	0,02
<b>Me</b>	<b>0,12</b>	<b>0,11</b>	<b>0,020</b>
$X_{0.1}$	0,52	0,040	0,007
$X_{0.25}$	0,89	0,068	0,014
$X_{0.75}$	0,23	0,19	0,043
$X_{0.9}$	0,31	0,34	0,067
$X_{0.95}$	0,73	0,64	0,16
$H_{\max}$	1,62	1,27	0,35
$H_{\min}$	0,030	0,027	0,002

Tabulka 7: pokračování

	Hg	MeHg*	Anorg_Hg*
<b>Ostrava</b>			
N	52	52	52
X <sub>g</sub>	0,10	0,084	0,02
<b>Me</b>	<b>0,11</b>	<b>0,085</b>	<b>0,020</b>
X <sub>0.1</sub>	0,049	0,036	0,007
X <sub>0.25</sub>	0,071	0,061	0,013
X <sub>0.75</sub>	0,17	0,14	0,033
X <sub>0.9</sub>	0,20	0,14	0,050
X <sub>0.95</sub>	0,37	0,27	0,073
H <sub>max</sub>	0,52	0,41	0,12
H <sub>min</sub>	0,023	0,020	0,002
<b>Uherské Hradiště</b>			
N	38	37	37
X <sub>g</sub>	0,10	0,079	0,02
<b>Me</b>	<b>0,12</b>	<b>0,091</b>	<b>0,026</b>
X <sub>0.1</sub>	0,033	0,023	0,002
X <sub>0.25</sub>	0,067	0,057	0,011
X <sub>0.75</sub>	0,16	0,12	0,034
X <sub>0.9</sub>	0,27	0,22	0,057
X <sub>0.95</sub>	0,28	0,24	0,067
H <sub>max</sub>	0,31	0,29	0,18
H <sub>min</sub>	0,017	0,015	0,001

\*u 2 žen byla z důvodu malého množství vzorku analyzována pouze celková rtuť

**Tabulka 8:** Limity kvantifikace (LOQ) u analytů s > 50 % hodnot nad LOQ

<b>Polychlorované bifenyly</b>		
<b>Analyt</b>	<b>Název</b>	<b>LOQ [ng g<sup>-1</sup> tuku]</b>
PCB 28	2,4,4' – trichlorobiphenyl	0,3
PCB 118	2,3',4,4',5' – pentachlorobiphenyl	0,3
PCB 138	2,2',3,4,4',5' – hexachlorobiphenyl	0,3
PCB 153	2,2',4,4',5,5' – hexachlorobiphenyl	0,3
PCB 170	2,2',3,4,4',5,5' – heptachlorobiphenyl	0,3
PCB 180	2,2',3,3',4,4',5' – heptachlorobiphenyl	0,3
<b>Chlorované pesticidy</b>		
<b>Analyt</b>	<b>Název</b>	<b>LOQ [ng g<sup>-1</sup> tuku]</b>
p,p'-DDE	1,1'-Dichloroethenyliidene(bis(4-chlorobenzene))	0,3
o,p'-DDT	1-Chloro-2-(2,2,2-trichloro-1-[(4-chlorophenyl)ethy]benzene	0,3
p,p'-DDD	1,1-Dichloro-2,2-bis(p-chlorophenyl)ethane	0,3
p,p'-DDT	1,1,1-Trichloro-2,2-bis(4-chlorophenyl)ethane	0,3
HCB	Hexachlorobenzene	0,3
β-HCH	1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane (beta)	0,3
γ-HCH	1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane (gamma)	0,3
<b>Perfluorované uhlovodíky a jejich deriváty</b>		
<b>Analyt</b>	<b>Název</b>	<b>LOQ [ng ml<sup>-1</sup> mléka]</b>
PFOA	perfluoroktanová kyselina	0,006
Br-PFOS	větvený (Br, branched) izomer PFOS	0,001
L-PFOS	lineární (L, linear) izomer PFOS	0,002

**Tabulka 9:** Analyty s > 50 % hodnot pod LOQ

Analyt	Název	Hodnota LOQ	Počet vzorků < LOQ	% vzorků < LOQ
<b>Perfluorované uhlovodíky [ng ml<sup>-1</sup> mléka]</b>				
PFBA	perfluorbutanová kyselina	0,006	164	100
PFPeA	perfluorpentanová kyselina	0,006	163	99,4
PFHxA	perfluorhexanová kyselina	0,006	164	100
PFHpA	perfluorheptanová kyselina	0,006	163	99,4
PFNA	perfluornonanová kyselina	0,006	153	93,3
PFDA	perfludodekanová kyselina	0,006	159	97,0
PFUDA	perfluoro-n-undekanová kyselina	0,006	164	100
PFDoA	perfluoro-n-dodekanová kyselina	0,006	164	100
PFTTrDA	perfluoro-n-tridekanová kyselina	0,006	164	100
PFTeDA	perfluoro-n-tetradekanová kyselina	0,006	164	100
PFBS	perfluorbutansulfonát	0,003	162	98,8
PFHxS	perfluorhexansulfonát	0,003	141	86,0
PFDS	perfluordekansulfonát	0,003	164	100
PFOSA	perfluoroktansulfonamid	0,003	164	100
N-MeFOSA	N-methylperfluoro-1-oktansulfonamid	0,003	164	100
N-EtFOSA	N-ethylperfluoro-1-oktansulfonamid	0,003	164	100
<b>OCP [ng g<sup>-1</sup> tuku]</b>				
α-HCH	1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane (alpha)	0,3	158	96,3
o,p'-DDE	1-Chloro-2-(2,2-dichloro-1-(4-chlorophenyl) ethenyl)benzene	0,3	148	90,2
o,p'-DDD	2-(2-Chlorophenyl)-2-(4-chlorophenyl)-1,1-dichloroethane	0,3	151	92,1
<b>PCB [ng g<sup>-1</sup> tuku]</b>				
PCB 52	52 2,2',5,5' – tetrachlorobiphenyl	0,3	151	92,1
<b>Bromované zpomalovače hoření a jejich deriváty [ng g<sup>-1</sup> tuku]</b>				
BDE 28	2,4,4'-tribromdifenyl ether	0,1	155	94,5
BDE 47	2,2',4,4'-tetrabromdifenyl ether	0,1	95	57,9
BDE 49	2,2',4,5'-tetrabromdifenyl ether	0,1	155	94,5
BDE 66	2,3',4,4'-tetrabromdifenyl ether	0,3	162	98,8
BDE 85	2,2',3,4,4'-pentabromdifenyl ether	0,3	157	95,7
BDE 99	2,2',4,4',5-pentabromdifenyl ether	0,3	131	79,9
BDE 100	2,2',4,4',6-pentabromdifenyl ether	0,3	146	89,0
BDE 153	2,2',4,4',5,5'-hexabromdifenyl ether	0,3	125	76,2
BDE 154	2,2',4,4',5,6'-hexabromdifenyl ether	0,3	156	95,1
BDE 183	2,2',3,4,4',5',6-heptabromdifenyl ether	0,3	156	95,1
BDE 196	2,2',3,3',4,4',6,6'-oktabromdifenyl ether	0,3	164	100
BDE 197	2,2',3,3',4,4',6,6'-oktabromdifenyl ether	0,3	162	98,8
BDE 203	2,2',3,4,4',5,5',6-oktabromdifenyl ether	0,3	164	100
BDE 206	2,2',3,3',4,4',5,5',6-nonabromodifenyl ether	1,0	164	100



**Tabulka 9:** pokračování

BDE 207	2,2',3,3',4,4',5,6,6'-nonabromodiphenyl ether	1,0	164	100
BDE 209	dekabromdiphenyl ether	1,0	164	100
BTBPE	1,2-bis(2,4,6-tribrom-fenoxy)ethan	0,15	162	98,8
HBB	Hexabrombenzen	0,15	163	99,4
PBEB	pentabromometylbenzen	1,0	162	98,8
PBT	Pentabromtoluen	0,3	148	90,2
OBIND	oktabromtrimetylfenylindan	3,0	164	100
DBDPE	dekabromdiphenylethan	3,0	164	100
<b>Bromované zpomalovače hoření a jejich deriváty [ng ml<sup>-1</sup> mléka]</b>				
2,4 DBP	2,4-dibromfenol	0,313	164	100
2,4,6 TBP	2,4,6-tribromfenol	0,031	161	98,2
PBP	Pentabromfenol	0,016	164	100
OH-BDE 47	6-hydroxy-2,2',4,4'-tetrabromdiphenyl ether	0,006	164	100
OH-BDE 68	2'-hydroxy-2,3',4,5'-tetrabromdiphenyl ether	0,006	164	100
OH-BDE 49	4'-hydroxy-2,2',4,5'-tetrabromdiphenyl ether	0,006	164	100
OH-BDE 99	6'-hydroxy-2,2',4,4',5-pentabromdiphenyl ether	0,006	164	100
TBBPA	tetrabrombisfenol A	0,031	158	96,3
α-HBCD	α-1,2,5,6,9,10-hexabromcyklododekan	0,031	156	95,1
β-HBCD	β-1,2,5,6,9,10-hexabromcyklododekan	0,031	164	100
γ-HBCD	γ-1,2,5,6,9,10-hexabromcyklododekan	0,031	164	100

**Tabulka 10:** Srovnání hodnot PCB v mléku se zahraniční literaturou [medián (min-max), ng g<sup>-1</sup> tuku]

Studie	Populace	N	PCB 28	PCB 118	PCB 138	PCB 153	PCB 170	PCB 180
<b>Tato studie (2014)</b>	ČR	164	0,6	4,4	40,3	89,1	32,6	62,5
<b>Klinčić et al., 2014</b>	Chorvatsko	20	3,4 (0,6-12,4)	0,9 (0,5-2)	7,4 (1,4-21,6)	12,7 (2,2-53,7)	6,4 (0,9-19,9)	3,5 (0,7-14,8)
<b>Hassine et al., 2012</b>	Tunisko	36	-	2,6	65,6	80,4 (6,13-97,9)	-	48,4 (9-4-26,3)
<b>Croes et al., 2012</b>	Belgie	84	-	3,7	13,5	16,8	5,2	8,8
<b>Devanathan et al., 2012</b>	Indie (Kalkata)	7	2,8 (0,5-15)	3,4 (1,3-18)	7,6 (2,9-26)	8,5 (3,4-26)	2,1 (0,8-4,4)	4,9 (2-9,3)
<b>Škrbić et al., 2010</b>	Polsko	32	1 (0,07-5,06)	4,95 (0,63-22,2)	15,6 (2,1-169)	20,3 (2,52-179)	-	11,94 (1,68-120)
<b>Polder et al., 2008</b>	Rusko (Arkhangelsk)	23	3 (1-10)	19 (10-38)	39 (17-86)	46 (20-112)	5 (2-14)	13 (5-35)
<b>Raab et al., 2008</b>	Německo	39	-	9,71 (3,74-2,19)	40 (13-120)	57 (17-160)	-	26 (5-89)
<b>Jaraczewska et al., 2006</b>	Polsko	22	-	6,3 (4,3-15)	22,7 (9,3-64,1)	35,1 (14,7-101)	8,6 (4,2-26,1)	27 (10,8-91,9)

**Tabulka 11:** Srovnání hodnot OCP v mléku se zahraniční literaturou [medián (min-max), ng g<sup>-1</sup> tuku]

Studie	Populace	N	HCB	β-HCH	γ-HCH	p,p'-DDE	p,p'-DDD	p,p'-DDT
<b>Tato studie (2014)</b>	ČR	164	15,43	3,63	0,77	144,06	0,42	7,42
<b>Klinčić et al., 2014</b>	Chorvatsko	20	2,5 (0,6-7,3)	3,1 (0,6-17,6)	1,4 (0,4-5,14)	21 (2,3-97,5)	0,3 (0,3-0,7)	1,5 (0,6-3,9)
<b>Hassine et al., 2012</b>	Tunisko	36	203 (24,1-1470)	28,1	27,2	371 (73,3-3471)	92 (10,8-1702)	271,2 (27,8-2147)
<b>Croes et al., 2012</b>	Belgie	84	6,4	6,1	-	56,9	-	-
<b>Polder et al., 2009</b>	Norsko	377	11 (3,6-24)	4,7 (0,88-37)	-	46 (5,4-492)	-	-
<b>Mueller et al., 2008</b>	Austrálie	173	14,3	0,047	21	279	0,12	6,96
<b>Azeredo et al., 2008</b>	Brazílie	69	-	-	-	343,4	42,1	72
<b>Raab et al., 2008</b>	Německo	39	21 (11-140)	8 (4-330)	-	87 (20-1070)	-	4 (<LOQ-66)
<b>Lignell et al., 2006</b>	Švédsko	94	12	10	-	90		

**Tabulka 12:** Srovnání hodnot Hg ve vlasech se zahraniční literaturou [ $\mu\text{g g}^{-1}$  vlasu] (pouze ženy).

Studie	Populace	N	Průměr	Medián	Minimum	Maximum
<b>Tato studie (2014)</b>	Česká republika	181	0,13*	0,13	0,02	1,62
<b>Pirard et al., 2014</b>	Belgie	129	0,38*	0,44	< 0,08	1,97
<b>Vieira, 2013</b>	Brazílie	37	14,3	8,24	0,72	20,1
<b>Vieira, 2013</b>	Brazílie	27	7,40	1,32	0,28	6,09
<b>Hi-wen Hsiao et al., 2011</b>	Kazachstán	174	0,42	-	0,01	4,62
<b>Fakour et al., 2010</b>	Írán	195	2,95	-	0,07	24,5
<b>Karouna-Renier, 2008</b>	USA	449	0,28*	-	0,02	4,12
<b>Díez et al., 2008</b>	Itálie	115	0,56	0,51	0,23	1,53
<b>Pinheiro, 2005</b>	Brazílie	21	9,39*	-	5,25	21,0
<b>Knobeloch, 2005</b>	USA	414	0,29	0,32	0,21	1,23
<b>Johnsson, 2004</b>	Švédsko	51	1,10	0,70	-	-

\*Geometrický průměr

