

# **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 2013

Státní zdravotní ústav Praha,  
září 2014

## 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 subsystému:</b>	Mgr. Andrea Krsková, Ph.D.
<b>Spolupracující organizace:</b>	Ostravská univerzita v Ostravě – lékařská fakulta 3. LF UK v Praze Vysoká škola chemicko-technologická v Praze
<b>Řešitelé:</b>	prof. MUDr. Milena Černá, DrSc. Ing. Mája Čejchanová Mgr. Anna Grafnetterová Mgr. Andrea Krsková, Ph.D. RNDr. Marek Malý, CSc. Ing. Jiří Šmíd

Text Odborné zprávy za rok 2013 v české verzi je prezentován na internetových stránkách Státního zdravotního ústavu v Praze (<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/odborne-zpravy-1>).

## Obsah

<b>Základní informace o Subsystému 5</b> .....	5
Úvod.....	5
Cíle Subsystému 5.....	5
Obsah Odborné zprávy za rok 2013.....	5
Obsah dodatku.....	5
<b>Organizace Subsystému 5 v roce 2013</b> .....	6
Organizace a osoby zodpovědné za odběry vzorků, manipulaci, skladování a transport ...	6
Analyzující laboratoře – spektrum činností .....	6
Zhodnocení a interpretace výsledků.....	6
Vypracování Odborné zprávy .....	6
<b>Metodická část</b> .....	7
Nábor (oslovení) studentů.....	7
<i>Praha</i> .....	7
<i>Ostrava</i> .....	7
Vstupní kritéria pro nábor studentů: .....	7
Odběry biologického materiálu.....	7
Principy použitých analytických metod .....	8
<i>Stanovení polyaromatických uhlovodíků, bisfenolu A a metabolitů ftalátů</i> .....	8
<i>Stanovení kreatininu</i> .....	8
Meze stanovitelnosti (LOQ).....	8
Charakteristika sledované populační skupiny .....	9
<i>Dospělí – studenti VŠ</i> .....	9
Charakteristika sledovaných látek.....	9
<i>Polyaromatické uhlovodíky (PAU) (1-hydroxypyren a 3-hydroxy-benzo[a]pyren) ....</i>	9
<i>Bisfenol A (2,2-bis(4-hydroxyfenyl)propan)</i> .....	10
<i>Metabolity ftalátů (5-hydroxy-monoethylhexylftalát a 5-oxo-monoethylhexylftalát)</i>	11
<b>Výsledky analýz</b> .....	13
Polyaromatické uhlovodíky .....	13
<i>1-hydroxypyren</i> .....	13
<i>3-hydroxy-benzo[a]pyren</i> .....	13
Bisfenol A .....	13
Metabolity ftalátů.....	14
<b>Závěr</b> .....	15

<b>Dodatek</b> .....	16
<b>Organizace analýz vzorků mateřských mlék</b> .....	17
Organizace a osoby zodpovědné za skladování, manipulaci a transport .....	17
Analyzující laboratoř – spektrum činností .....	17
<b>Metodická část</b> .....	17
Odběry biologického materiálu.....	17
Principy použitých analytických metod .....	17
<i>Analýza perfluoralkylovaných sloučenin (PFAS) a vybraných bromovaných zpomalovačů hoření (BFR)</i> .....	17
<i>Analýza bromovaných retardérů hoření (BFR)</i> .....	18
Charakteristika sledované populace .....	18
Charakteristika sledovaných látek.....	18
<i>Perfluorované uhlovodíky a jejich deriváty (PFC)</i> .....	18
<i>Bromované retardéry hoření a jejich deriváty (BFR)</i> .....	20
<b>Výsledky analýz</b> .....	21
Perfluorované uhlovodíky a jejich deriváty (PFC) .....	21
<i>PFOA</i> .....	21
<i>Br-PFOS, L-PFOS</i> .....	22
Bromované retardéry hoření a jejich deriváty (BFR) .....	23
<i>BDE 47</i> .....	23
<i>BDE 99</i> .....	23
<i>BDE 100</i> .....	23
<b>Závěr</b> .....	24
<b>Seznam tabulek</b> .....	25
<b>Seznam grafů</b> .....	25
<b>Seznam zkratk</b> .....	26

## **Základní informace o Subsystému 5**

### **Úvod**

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

Subsystém 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. Do roku 2002 byl realizován ve spolupráci s příslušnými krajskými a okresními hygienickými stanicemi, od r. 2003 ve spolupráci s příslušnými zdravotními ústavu a od roku 2008 s dislokovanými pracovišti Státního zdravotního ústavu.

V roce 2004 byla dokončena a vyhodnocena první desetiletá etapa biologického monitoringu, která probíhala v letech 1994-2003 v Benešově, Plzni, Ústí nad Labem a Žďáru nad Sázavou.

V roce 2005 byly aktivity biologického monitoringu zahájeny v dalších vybraných městských oblastech – Praha, Liberec, Ostrava, Kroměříž a Uherské Hradiště.

### **Cíle Subsystému 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 2013**

Předmětem Odborné zprávy za rok 2013 jsou výsledky pilotní studie biologického monitoringu získané v roce 2013 v lokalitách Praha a Ostrava.

### **Obsah dodatku**

Dodatek obsahuje výsledky analýz vybraných archivovaných vzorků mateřských mlék z let 2006, 2010 a 2011 na stanovení perfluorovaných uhlovodíků a jejich derivátů a polybromovaných difenyléterů a jejich derivátů, které proběhly ve spolupráci s VŠCHT v roce 2013.

**Organizace Subsystemu 5 v roce 2013**

<b>Sledované oblasti</b>	Praha, Ostrava
<b>Populační skupina</b>	dospělí – studenti VŠ
<b>Počet osob</b>	50 dospělých/oblast
<b>Sledované matrice</b>	moč
<b>Sledované parametry</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1-hydroxypyren a 3-hydroxy-benzo[a]pyren</li> <li>• bisfenol A</li> <li>• 5-hydroxy-monoethylhexylftalát a 5-oxo-monoethylhexylftalát</li> <li>• kreatinin</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
<b>Ostravská univerzita v Ostravě</b> Ústav epidemiologie a ochrany veřejného zdraví	RNDr. Vítězslav Jiřík, Ph.D.
<b>3. LF UK v Praze</b>	RNDr. Sylva Rödlová, Ph.D.

**Analyzující laboratoře – spektrum činností**

Analyt	Matrice	Organizace	Odpovědné osoby
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1-hydroxypyren</li> <li>• 3-hydroxy-benzo[a]pyren</li> <li>• bisfenol A</li> <li>• 5-hydroxy-monoethylhexylftalát</li> <li>• 5-oxo-monoethylhexylftalát</li> </ul>	moč	<b>SZÚ Praha</b> Oddělení pro chemickou bezpečnost výrobků	Ing. Karel Vrbík (vedoucí laboratoře)  Ing. Jana Pavloušková Ing. Adam Vavrouš
<ul style="list-style-type: none"> <li>• kreatinin</li> </ul>	moč	<b>SZÚ Praha</b> Oddělení pro hodnocení expozice chemickým látkám na pracovišti	RNDr. Jaroslav Mráz, CSc. (vedoucí laboratoře)  Mgr. Ludmila Dabrowská

**Zhodnocení a interpretace výsledků:**

prof. MUDr. Milena Černá, DrSc.  
Mgr. Anna Grafnetterová  
Mgr. Andrea Krsková, Ph.D.  
RNDr. Marek Malý, CSc. (statistická analýza)

**Vypracování Odborné zprávy:**

prof. MUDr. Milena Černá, DrSc.  
Mgr. Anna Grafnetterová  
Mgr. Andrea Krsková, Ph.D.

## **Metodická část**

### **Nábor (oslovení) studentů**

#### *Praha*

Pro studii byli v Praze primárně vybráni studenti 3. lékařské fakulty, kteří byli osloveni emailem či ústně na přednáškách.

Dne 5. září 2013 vyšly informace o studii a náboru do studie ve fakultním časopise Vita Nostra 26/2013. Od 11. září 2013 byli studenti všech forem studia průběžně oslovováni emailem a ústní formou. Dne 13. září 2013 byly informace o studii vyvěšeny na studijním oddělení 3. LF UK.

Dále byl v průběhu studie osloven (osobně či emailem) malý počet studentů jiných fakult v Praze, aby byl získán dostatečný počet jedinců pro pilotní studii. Celkem takto byly doplněny 3 vzorky.

#### *Ostrava*

Za pomoci pracovníků všech kateder a ústavu Lékařské fakulty OU bylo osobně a opakovaně (3x) e-maily osloveno cca 400 studentů, z čehož převážnou část tvoří ženy (cca 320 žen a 80 mužů).

Proběhly 4 informativní schůzky s prezentací projektu (RNDr. Vítězslav Jiřík, Ph.D.) v různých dnech (7. a 9. října) a časech (ve 12 a 15 hodin), aby nezasahovaly do výuky. Zde byla předána necelá polovina (cca 25 ks) vzorkovnic. Další předávání vzorkovnic probíhalo pomocí poučených dobrovolných studentů.

V Praze bylo osloveno celkem 595 studentů, v Ostravě bylo osloveno 400 studentů. Response se pohybovala okolo 10 % v obou lokalitách.

### **Vstupní kritéria pro nábor studentů:**

- student VŠ s obvyklým bydlištěm v Praze (platí pro Prahu),
- student VŠ s obvyklým bydlištěm v Ostravsko-Karvinském regionu ve znečištěné oblasti (platí pro Ostravu)
- písemný souhlas s odběrem,
- nekuřáctví,
- nepřítomnost chronického onemocnění ledvin

### **Odběry biologického materiálu**

Odběry vzorků biologického materiálu byly definovány Standardním operačním postupem (SOP – Protokol odběru a manipulace se vzorky), který podrobně popisoval populační skupiny, počet vzorků, dobu odběru, odběrové nádoby a jejich přípravu před odběrem, odběr 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 moče a další potřebné materiály včetně papírových dokumentů.

Zájemcům o studii byly předány potřebné informace jak v ústní, tak v písemné formě (informační dopis a leták o sledovaných látkách). Pokud oslovení souhlasili se svou účastí ve studii, byl s nimi vyplněn informovaný souhlas ve dvou vyhotoveních s tím, že jedno vyhotovení zůstalo participantovi a druhé bylo určeno pro SZÚ Praha. Následně byli participantů požádáni o vzorek první ranní moči a o vyplnění dotazníku. Každému participantovi byl přidělen kód, který charakterizuje oblast, 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 pod tímto kódem.

### Principy použitých analytických metod

#### *Stanovení polyaromatických uhlovodíků, bisfenolu A a metabolitů ftalátů*

Analyty byly stanovovány ve vzorcích moče metodou kapalinové chromatografie s tandemovou hmotnostně-spektrometrickou detekcí typu trojitý kvadrupól (LC-MS/MS). Možné matriční efekty byly kompenzovány vztažením na izotopově značené analogy analytů. Vzhledem k formě vylučovaných metabolitů (volné látky spolu s glukuronidy a sulfáty) byly vzorky podrobeny enzymové hydrolýze směsí  $\beta$ -glukuronidasy a arylsulfatasy, přičemž byla vždy sledována účinnost hydrolýzy. Použité enzymy byly následně sraženy naředěním vzorku acetonitrilem (1:1) a pevné částičky byly odstředěny. Takto připravené vzorky byly rovnou analyzovány. Metoda nebyla v roce 2013 akreditována.

#### *Stanovení kreatininu*

Při stanovení koncentrace kreatininu bylo postupováno podle SOP 6/1.7 SZÚ/CLČ (zdroj metody: P. Schneiderka, V. Pacáková, K. Štulík, K. Jelínková: A HPLC determination of creatinine in serum. J Chromatogr.: 614, 221, 1993). Metoda je akreditována.

HPLC separace byla provedena kapalinovým chromatografem Agilent 1100 Series s autosamplerem na koloně Hema Bio 1000SB Tessek 3x150mm, detekce Diode-Array detektorem při vlnové délce 234 nm.

Nejistota měření: 2,5 %

### Meze stanovitelnosti (LOQ)

Analyt	LOQ
1-hydroxypyren	0,7 $\mu\text{g/l}$
3-hydroxy-benzo[a]pyren	9,3 $\mu\text{g/l}$
bisfenol A	1,8 $\mu\text{g/l}$
5-hydroxy-monoethylhexylftalát	0,7 $\mu\text{g/l}$
5-oxo-monoethylhexylftalát	0,5 $\mu\text{g/l}$
kreatinin	0,054 mmol/l



## Charakteristika sledované populační skupiny

Údaje byly čerpány z dotazníků vyplňovaných při odběrech biologického materiálu od jednotlivých osob. Data jsou zpracována formou popisné statistiky. Vzor dotazníku je uveden v příloze (str. 43).

### *Dospělí – studenti VŠ*

V roce 2013 byly odběry biologického materiálu uskutečněny celkem u 97 dospělých osob (50 v Praze, 47 v Ostravě). Ve sledovaném souboru bylo téměř rovnoměrné zastoupení mužů (46 %) a žen (54 %). Délka pobytu ve sledované lokalitě činila 9,5 roku v Praze a 17,2 let v Ostravě. Chronickým onemocněním trpělo 16 % osob z celkového počtu sledovaných (**tab. 1**), kdy převažují alergie a onemocnění štítné žlázy.

Průměrný věk sledovaného souboru byl 22,7 roku s rozmezím 20–29 let (**tab. 2**). Průměrná výška u mužů byla 182,4 cm a hmotnost 76,7 kg, u žen byla průměrná výška 168 cm a hmotnost 60,3 kg (**tab. 3**). Průměrná hodnota BMI vypočtená u mužů byla 23 a u žen 21,3. Dva muži a osm žen patřili do kategorie „podváha“ (BMI <18,5), deset osob (5 mužů a 5 žen) do kategorie „nadváha“ (BMI 25,1–30) a 1 muž do kategorie „obezita I. stupně“ (BMI 30,1–35). Normální hmotnost dle BMI (18,5–25) mělo 36 mužů a 39 žen (**tab. 4**).

Tabákovému kouři bylo vystaveno celkem 32 osob. Celkem 52 osob využívá pro vaření zemní plyn/propan-butan a 45 osob elektrickou energii. Z hlediska expozice metabolitům ftalátů jsme sledovali i přítomnost PVC v prostředí, ve kterém se studenti pohybují. Z dotazníků bylo zjištěno, že 36 participantů má PVC na podlahách v domácnosti, 80 ve škole a celkem 40 osob má v domácnosti plovoucí podlahu (**tab. 5**). Zdravý životní styl se dle dat z dotazníků snaží dodržovat 84 osob; 60 osob sleduje složení a úpravu konzumovaných potravin. Celkem 46 osob z dotázaných má při studiu navíc zaměstnání nebo brigádu (**tab. 5**).

## Charakteristika sledovaných látek

### *Polyaromatické uhlovodíky (PAU) (1-hydroxypyren a 3-hydroxy-benzo[a]pyren)*

- Obecné informace

Skupina PAU představuje velmi širokou škálu chemických struktur vznikajících obecně nedokonalým spalováním organické hmoty. Ve své molekule obsahují kondenzovaná aromatická jádra. Do skupiny PAU náleží např. naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz[a]antracen, chrysen, benzo[b]fluoranten, benzo[k]fluoranten, benzo[a]pyren, dibenzo[a,h]antracen, indeno[1,2,3-c,d]pyren a benzo[ghi]perylen.

- Zdroje expozice

PAU jsou jako skupina látek obsaženy v celé řadě běžných produktů dnešního průmyslu, jako např. motorová nafta, výrobky z černouhelného dehtu, asfalt a materiály používané při pokrývání střech a při stavbě silnic. Vznikají v rámci spalovacích procesů jakýchkoli materiálů obsahujících uhlík, pokud není spalování dokonalé. Vyskytují se při výrobě dehtu, asfaltu, v koksárenství, při rafinerii ropy, zplyňování a zkapalňování uhlí.

Dalšími zdroji jsou spalovací motory dopravních prostředků nebo lokální topeniště. Ve vnitřním prostředí mohou být významným zdrojem PAU kouření, hoření svíček, vonných tyčinek nebo tepelná úprava potravin jako je grilování, uzení, pražení, sušení a smažení. Významným zdrojem benzo[a]pyrenu jsou cigarety, proto do studie byli zařazeni pouze nekuřáci, aby bylo možno sledovat expozici pouze ze zdrojů prostředí. K expozici člověka PAU dochází požitím kontaminované potravy, popř. i vody (maso po tepelné úpravě jako grilování, pečení apod. či rostlinné produkty znečištěné spadem polévatého prachu z ovzduší), inhalací (kouření, pobyt ve znečištěném ovzduší), případně kožní resorpcí, která převažuje u profesní expozice.

- Zdravotní význam

Řada PAU jsou významné karcinogeny či kokarcinogeny (IARC, 1998). Ohrožují zdravý vývoj plodu. Experimentální studie na zvířatech ukázaly nepříznivé účinky na kůži, krvetvorbu, poškození dýchacího a imunitního systému, reprodukce, apod.

- Biologický monitoring

PAU jsou v organismu biotransformovány působením monooxygenáz závislých na cytochromu P450 a následnou konjugací metabolitů s kyselinou glukuronovou a sírovou. Před vlastní analýzou 1-hydroxypyrenu je nutno tyto konjugáty rozštěpit a uvolnit. Biologický poločas vylučování PAU z organismu je 6–35 hodin. Individuálně rozdílné výsledky jsou dány genetickým polymorfismem enzymů účastnících se biotransformace.

Koncentrace 1-hydroxypyrenu (metabolit pyrenu) v moči je sledována jako vhodný biomarker expozice PAU, především u profesní expozice. V posledních letech se zařazuje i do expozičních studií zaměřených na běžnou populaci s vyšší expozicí znečištěnému ovzduší.

Z dosud publikovaných prací vyplývá, že koncentrace 1-hydroxypyrenu v moči se pohybuje od 1–5 nmol.l<sup>-1</sup> (0,2–1,1 µg/l) u neexponovaných osob.

- Reference

**HOLOUBEK, I.** *Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAHs) v prostředí*. Český ekologický ústav, Praha 1996, ISBN 80-85087-44-8.

**VELÍŠEK, J.** *Chemie potravin 3*. OSSIS, Tábor 1999, ISBN 80-902391-5-3.

**BAREK, J.** a kol.: *Stanovení 1-hydroxypyrenu vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií s elektrochemickou detekcí*. Chem. Listy 91, 871–876 (1997).

**ABID, Z., ROY, A., HERBSTMAN, J.B., ETTINGER, A.S.**: *Urinary Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Metabolites and Attention/Deficit Hyperactivity Disorder, Learning Disability, and Special Education in U.S. Children Aged 6 to 15*. Journal of Environmental and Public Health (2014), <http://dx.doi.org/10.1155/2014/628508>.

<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/index.asp>

<http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76519.aspx>

<http://www.irz.cz/node/86>

*Bisfenol A (2,2-bis(4-hydroxyfenyl)propan)*

- Obecné informace

Bisfenol A (BPA) je organická chemická sloučenina, která se využívá při výrobě plastů. Poprvé byl připraven kondenzací fenolu s acetonem v roce 1891.

- Zdroje expozice

Používá se jako monomer při výrobě polykarbonátů, které mají využití při výrobě např. CD a DVD, kojeneckých lahví, barelů na vodu, plastových přístrojů, dóz na potraviny, sportovních pomůcek, dále ve stavebnictví, elektronice, stomatologii nebo medicíně.

- Zdravotní význam

Vzhledem ke svým účinkům na endokrinní systém se řadí mezi estrogení endokrinní disruptory/modulátory (látky, které napodobují účinek hormonů a tím narušují fyziologické funkce). V důsledku těchto nežádoucích účinků se expozice BPA uvádí do souvislosti s diabetem nebo rakovinou prsu, varlat či prostaty.

V roce 2011 došlo k omezení, resp. zákazu používání BPA v plastových kojeneckých lahvích a po 1. 6. 2011 smějí být v tržní síti prodávány již pouze kojenecké lahve bez obsahu BPA (označené např. 0 % BPA či BPA FREE).

- Biologický monitoring

Expozice BPA může být odhadnuta z nalezených hodnot v moči. Po požití ústy je BPA rychle metabolizován ve střevě a játrech. Většina BPA v moči je vylučována konjugované formě jako BPA-glukuronid nebo BPA-sulfát. Pro měření celkového (volného/nekonjugovaného a konjugovaného) BPA v moči se používá enzymatická úprava (rozštěpení konjugované vazby např. glukuronidázou a/nebo sulfatázou).

Zdravotně významná limitní hodnota pro BPA v moči pro dospělé osoby je 2500 µg/l moče.

- Reference

**Stoffmonographie Bisphenol A (BPA) - Referenz- und Human-Biomonitoring-(HBM)-Werte für BPA im Urin.** Bundesgesundheitsbl 55, 1215–1231 (2012). DOI 10.1007/s00103-012-1525-0.

**VOLKEL, W., VOLNIT, T., CSANADY, G.A., FILSER, J.G., DEKANT, W.:** *Metabolism and kinetics of bisphenol a in humans at low doses following oral administration.* Chem Res Toxicol 15, 1281–1287 (2002).

**VANDEBERG, L. N., HAUSER, R., MARCUS, M., OLEA, N., WELSHONS, W.V.:** *Human exposure to bisphenol A (BPA).* Reproductive Toxicology 24, 139–177 (2007).

<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/index.asp>

[http://www.khshk.cz/articles.php?article\\_id=421](http://www.khshk.cz/articles.php?article_id=421)

<http://nutriweb.cz/cs/clanky/ostatni/bisfenol-skryta-hrozba-plastu>

### *Metabolity ftalátů (5-hydroxy-monoethylhexylftalát a 5-oxo-monoethylhexylftalát)*

- Obecné informace

Ftaláty představují skupinu látek odvozených od kyseliny ftalové a zahrnujících několik set různých derivátů kyseliny ftalové a jejích solí. Odvozené estery jsou obecně bez barvy, zápachu, chuti a jsou netěkavé. Jsou to syntetické sloučeniny vyráběné a používané při výrobě plastů, k výrobě jednorázových laboratorních a lékařských pomůcek, ubrusů, podlahových dlaždic, čalounění nábytku a automobilů, sprchových zástěn, zahradních hadic, nepromokavých oděvů, dětských plen, obalových materiálů, nátěrových hmot, imitací kůže, hraček, obuvi, izolace drátů a kabelů, apod. Jejich účelem je zvýšit pružnost, trvanlivost a

životnost plastů, používají se také jako rozpouštědla. Ve finálním výrobku se ftaláty vyskytují spolu s dalšími materiály (jako je např. PVC). Nejrozšířenější z ftalátů je DEHP (di-2-ethylhexyl ftalát), jehož metabolity jsou 5-hydroxy-monoethylhexylftalát a 5-oxo-monoethylhexylftalát, zkráceně 5-OH-MEHP a 5-oxo-MEHP).

- Zdroje expozice

Ftaláty jsou v prostředí prakticky všudypřítomné. K expozici osob dochází zejména při konzumaci jídel a nápojů, které byly v kontaktu s obalovým materiálem obsahujícím ftaláty. Druhým důležitým zdrojem expozice je inhalace kontaminovaného ovzduší v interiérech (např. doma či na pracovišti z plastových výrobků obsahujících ftaláty) a používání přípravků denní péče (např. kosmetiky), v nichž mohou být ftaláty rovněž přítomny. U dětí lze očekávat vyšší expozici vzhledem k jejich specifickému chování (víření prachu v místnostech, aktivity ruka-ústa, používání hraček obsahujících ftaláty).

- Zdravotní význam

Účinky nízkých dávek ftalátů na lidské zdraví nejsou známy. Kontinuální a opakovaná expozice vysokým dávkám určitých ftalátů je spojena mimo jiné s poruchami imunitního systému, může způsobovat předčasné porody, reprodukční a genitální defekty, nižší produkci spermií, časný nástup puberty, je spojena s rizikovými faktory rakoviny, astmatu a alergií. V současné době se věnuje výrazná pozornost sledování nežádoucím zdravotním účinkům dlouhodobé expozice nízkým koncentracím ftalátů. DEHP je tzv. endokrinním disruptorem/modulátorem (může napodobovat vlastnosti hormonů) pro některé živočichy.

- Biologický monitoring

Ftaláty jsou přítomny prakticky ve všech složkách prostředí, odkud vstupují do organismu člověka. Mohou tak kontaminovat vzorky odebíraného biologického materiálu v průběhu odběru vzorků i následných analytických postupů. Po vstupu do organismu se však ftaláty rychle metabolizují a jejich metabolity jsou vylučovány močí. Přítomnost a kvantifikace těchto metabolitů v moči dokazuje pak expozici člověka a proto je biomonitoring založen na sledování metabolitů ftalátů v moči. V současnosti je biomonitoring zaměřen pouze na vybrané metabolity ftalátů.

Zdravotně významná limitní hodnota je stanovena pouze na součet dvou hlavních metabolitů DEHP ( $\Sigma$  5-OH-MEHP a 5-oxo-MEHP) je pro ženy v reprodukčním věku 300  $\mu\text{g/l}$ , pro děti 500  $\mu\text{g/l}$  a 750  $\mu\text{g/l}$  pro muže  $\geq 14$  let.

- Reference

SCHULZ, CH., WILHELM, M., HEUDORF, U., KOLOSSA-GEHRING, M.: *Update of the reference and HBM values derived by the German Human Biomonitoring Commission*. Int. J. Hyg. Environ. Health 215, 26–35 (2011).

Leták o sledovaných látkách z projektu DEMOCOPHES, <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/cophes-democophes>

<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/index.asp>

<http://www.irz.cz/node/28>

## 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 mezí stanovitelnosti byla pro další hodnocení použita hodnota rovna 1/2 meze stanovitelnosti dané metody. U analytů, kde počet vzorků s hodnotou pod mezí stanovitelnosti byl vyšší než 50 %, jsou výsledky komentovány pouze slovně. Analyty pod mezí stanovitelnosti jsou uvedeny v **tab. 8**.

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.

### Polyaromatické uhlovodíky

#### *1-hydroxypyren*

Nalezené hodnoty byly z více než 50 % pod mezí stanovitelnosti (z celkového počtu 95 vzorků bylo 86 vzorků pod LOQ, tj. 91 %) (**tab. 8**).

#### *3-hydroxy-benzo[a]pyren*

V žádném ze vzorků moči nebyla nalezena hodnota, která by převyšovala mez stanovitelnosti použité metody. (**tab. 8**).

### Bisfenol A

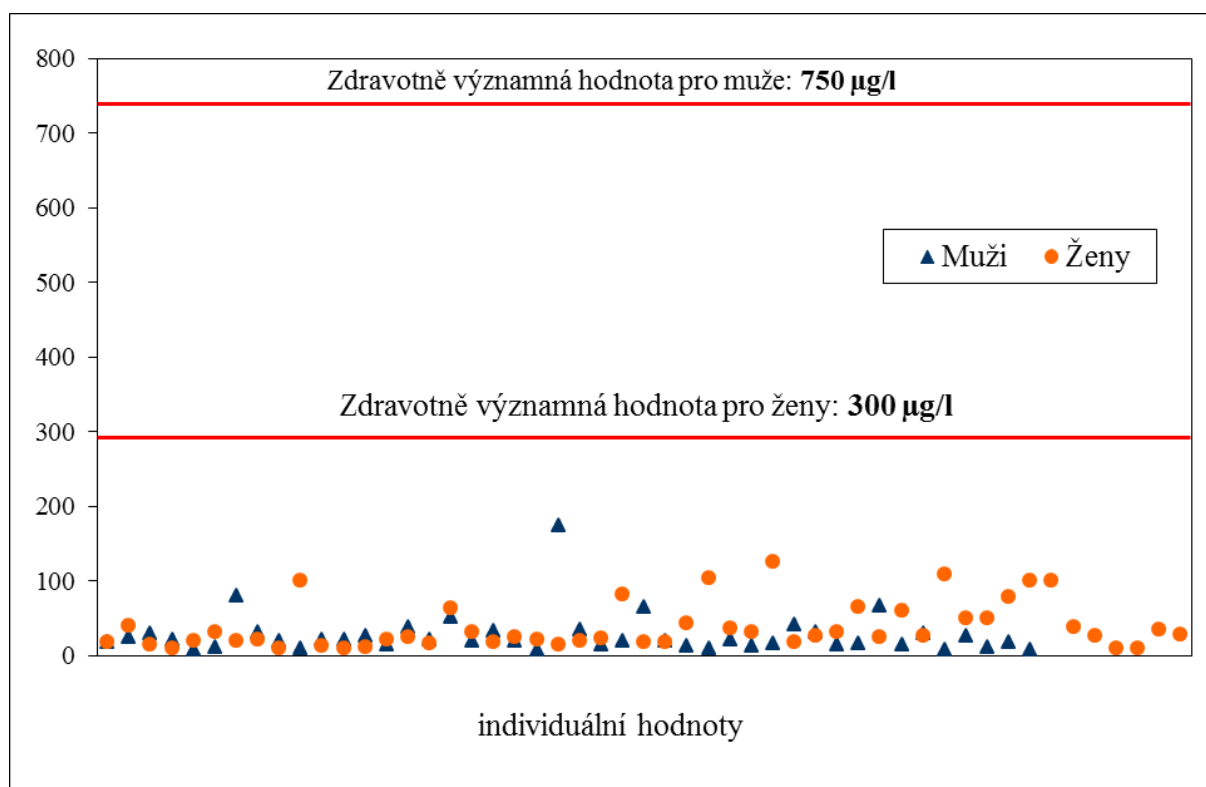
Nalezené hodnoty byly z více než 50 % pod mezí stanovitelnosti (z celkového počtu 95 vzorků bylo 50 vzorků pod LOQ, tj. 53 %) (**tab. 8**).

## Metabolity ftalátů

Výsledky analýz metabolitů ftalátů jsou uvedeny v **tab. 6** (v  $\mu\text{g/l}$ ) a **tab. 7** (v  $\mu\text{g/g}$  kreatininu). Žádná z nalezených hodnot nebyla  $< \text{LOQ}$ . Medián pro  $\Sigma$  5-OH-MEHP a 5-oxo-MEHP byl pro celou skupinu 21,9  $\mu\text{g/l}$  (20,5  $\mu\text{g/g}$  kreatininu) s hodnotami 21  $\mu\text{g/l}$  (21,1  $\mu\text{g/g}$  kreatininu) v Praze a 27  $\mu\text{g/l}$  (19,9  $\mu\text{g/g}$  kreatininu) v Ostravě.

Limitní hodnoty pro  $\Sigma$  5-OH-MEHP a 5-oxo-MEHP nepřesáhla žádná osoba jak ve skupině mužů, tak ve skupině žen (**graf 1**). Nejvyšší hodnota sumy těchto dvou metabolitů ftalátů byla 125  $\mu\text{g/l}$  u žen a 175  $\mu\text{g/l}$  u mužů.

**Graf 1:**  $\Sigma$  5-OH-MEHP a 5-oxo-MEHP [ $\mu\text{g/l}$ ] v moči mužů a žen, 2013



## **Závěr**

V této pilotní studii byly využity metodické zkušenosti z evropského projektu COPHES/DEMOCOPHES, který probíhal v letech 2009-2012.

Předběžné výsledky neprokázaly výrazný rozdíl v expozici ftalátům mezi oběma oblastmi. Zdravotně významný limit nebyl překročen u žádné ze sledovaných osob. Statisticky bylo možné vyhodnotit pouze metabolity ftalátů, protože ostatní sledované biomarkery byly z více než 50 % pod mezi kvantifikace použité analytické metody. Bylo zjištěno, že délka pobytu v lokalitě nemá vliv na koncentraci sledovaných metabolitů ftalátů v moči. Tento výsledek je plausibilní vzhledem ke skutečnosti, že ftaláty se v organismu rychle metabolizují a vylučují a expozice ftalátům z prostředí je kontinuální a závisí na charakteru prostředí, kde sledovaná osoba právě pobývá. Rovněž další parametry sledované v dotazníku statisticky významně neovlivňovaly expozici. Jednalo se však o poměrně malou pilotní studii, jejíž závěry jsou pouze orientační. V dalších studiích je nezbytné zvýšit respondenci a počet osob zařazených do studie, tak aby bylo možné data lépe statisticky hodnotit. Pro sledování ostatních biomarkerů by bylo potřeba zvýšit citlivost analytických metod.

## **Dodatek**

Výsledky analýz vybraných vzorků mateřských mlék z let  
2006, 2010 a 2011



## Organizace analýz vzorků mateřských mlék

V roce 2013 byly ve spolupráci s VŠCHT stanoveny ve vybraných archivovaných vzorcích mateřského mléka odebraných v letech 2006, 2010 a 2011 a uskladněných v zamraženém stavu perfluorované uhlovodíky a jejich deriváty (PFC) a polybromované difenylétery a jejich deriváty (= bromované retardéry hoření a jejich deriváty, BFR).

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

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

### Analyzující laboratoř – spektrum činností

Analyty	Matrice	Organizace	Odpovědné osoby
perfluorované uhlovodíky a jejich deriváty polybromované difenylétery a jejich deriváty	mateřské mléko	VŠCHT Technická 5, 166 28 Praha 6	prof. Ing. Jana Hajšlová, Csc. doc. Ing. Jana Pulkrabová, Ph.D.

## Metodická část

### Odběry biologického materiálu

Odběry vzorků mateřského mléka byly definovány Standardními operačními protokoly (SOP – Protokol odběru a manipulace se vzorky) z let 2006, 2010 a 2011. Matky byly s účelem studie seznámeny informačním dopisem a ústním vysvětlením a byl s nimi podepsán informovaný souhlas.

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.

Matky současně vyplnily krátký dotazník. Každé matce byl přidělen kód, který charakterizuje oblast, populační skupinu, rok a pořadí odběru. Veškeré údaje z dotazníků byly po skončení všech odběrů zaznamenány do databáze a jsou společně s výsledky analýz vedeny anonymně pod tímto kódem.

### Principy použitých analytických metod

#### *Analýza perfluoralkylovaných sloučenin (PFAS) a vybraných bromovaných zpomalovačů hoření (BFR)*

Analytické metody pro stanovení perfluoralkylovaných sloučenin (PFAS) a vybraných bromovaných zpomalovačů hoření (BFR) v mateřském mléce jsou založeny na extrakci sledovaných látek do acetonitrilu, kdy primární extrakt je přečištěn 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 elektrospřejem (ESI-).

#### *Analýza bromovaných retardérů hoření (BFR)*

Analytické metody pro stanovení bromovaných retardérů hoření (BFR) v mateřském mléce jsou založeny na extrakci sledovaných látek do etylacetátu, kdy primární extrakt je přečištěn pomocí gelové permeační chromatografie (GPC) či SPE silikagelových kolonek. Identifikace a kvantifikace jednotlivých analytů se provádí pomocí kapilární plynové chromatografie (GC) s využitím hmotnostně selektivního detektoru s negativní chemickou ionizací (NCI) v případě BFR a ve spojení s tandemovým hmotnostním spektrometrem (MS/MS) v módu elektronové ionizace (EI) v případě vybraných PBDE.

- Reference

LANKOVA DARINA, LACINA ONDREJ, PULKRABOVA JANA, HAJŠLOVA JANA: The determination of perfluoroalkyl substances, brominated flame retardants and their metabolites in human breast milk and infant formula. *Talanta* 117, 318–325 (2013).

Celkový seznam sledovaných analytů je uveden v tabulce 16. Tabulka č. 9 udává meze stanovitelnosti pouze pro látky, u nichž bylo více než 50 % hodnot nad touto mezí.

#### **Charakteristika sledované populace**

Jednalo se o kojící ženy, prvoroďičky, odběry mateřského mléka probíhaly v letech 2006, 2010 a 2011. V těchto letech byly provedeny analýzy odebraných vzorků na obsah PCB a OCP, výsledky jsou uvedeny v příslušných odborných zprávách (<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/odborne-zpravy-1>)

V roce 2013 pak byly u vybraného počtu (242 ks) archivovaných vzorků analyzovány PFC a BFR.

Z hlediska souboru analyzovaných vzorků v roce 2013 se průměrný věk žen po porodu zvýšil z 26,6 let v roce 2006 na 29,4 let v roce 2011. Průměrná výška a hmotnost po porodu byly 167,4 cm a 62,7 kg (rok 2006), 167,0 a 69,2 kg (rok 2010) a 166,3 cm a 70,2 kg (rok 2011). Nejnižší průměrnou hodnotu BMI měly ženy v roce 2006, a to 19,4. Délka bydliště v lokalitě činila v letech 2010 a 2011 v průměru 14,7 a 15,2 roku. (tab. 10).

#### **Charakteristika sledovaných látek**

##### *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. Hlavní a nejdůležitější vlastností této skupiny látek je jejich stabilita a nereaktivita. Jedná se o látky vytvořené člověkem. Vzhledem ke stabilitě a dobrým tepelným vlastnostem jsou látky této skupiny vhodné pro použití jako chladiva (součástí směsí používaných jako

náplně v chladících a mrazících zařízeních, klimatizacích a dalších strojích). Dále jsou využívány v elektrotechnickém průmyslu při výrobě polovodičových součástek, v léčivech, kosmetice či hasicích systémech.

Perfluorooktanová kyselina (PFOA) a perfluorooktansulfonát (PFOS) jsou nejčastěji detekované sloučeniny a to i díky pevné kovalentní vazbě C-F, která nepodléhá hydrolýze, fotolýze ani biodegradaci a je příčinou perzistence těchto polutantů v životním prostředí. Používají se při výrobě přípravků k ošetření povrchů různých předmětů – obuvi, textilu, kůže, kobereců, čalounění, papíru a různých obalů, přidávají se do barev a dalších produktů. PFOA se také používá jako pomocné činidlo při výrobě polytetrafluorethylenu, známého pod názvy Teflon, Gore-Tex nebo Scotchgard.

V květnu 2009 bylo v Ženevě na 4. konferenci smluvních stran Stockholmské úmluvy rozhodnuto o zařazení PFOS na listinu úmluvy o perzistentních organických látkách.

- Zdroje expozice

Dietární přívod (konzumace potravy a pitné vody) je považován za hlavní cestu expozice. V úvahu připadá i inhalační expozice či vstup domácího prachu orální cestou. Do potravy se mohou perfluorované látky dostat během skladování z obalů.

Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA – European Food Safety Authority) v roce 2008 určil tolerovatelný denní příjem (TDI) pro PFOA na 1,5 µg/kg tělesné hmotnosti a pro PFOS 150 µg/kg tělesné hmotnosti.

- Zdravotní význam

Studie na zvířatech indikují hepatotoxicitu, reprodukční, vývojovou a neurobehaviorální toxicitu, immunotoxicitu a účinky na hormonální systém.

- Biologický monitoring

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

- Reference

**HRÁDKOVÁ PETRA, POUSTKA JAN, LACINA ONDŘEJ, PULKRABOVÁ JANA, HAJŠLOVÁ JANA:** *Perfluorované uhlovodíky – možnosti jejich stanovení ve vzorcích životního prostředí a potravin. Abstrakt, 18.–20. října 2010, Komorní Lhotka., Česká republika.* <http://www.emercon.cz/newsseminar.html>

*Perfluorooctane sulfonate (PFOS), perfluorooctanoic acid (PFOA) and their salts, Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food chain. Question N o EFSA-Q-2004-163. Adopted on 21 February 2008. The EFSA Journal 653, 1–131 (2008).*

Stockhol Convention on persistent organic pollutants (POPs), 9. 4. 2010.

<http://chm.pops.int/Home/tabid/2121/mctl/ViewDetails/EventModID/1126/EventID/468/xmid/6921/Default.aspx>

<http://www.irz.cz/node/84>

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

- Obecné informace

Zpomalovače hoření (retardéry hoření nebo samozhášecí přísady) jsou látky, které zpomalují nebo zabraňují hoření. 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. Dále se užívají v elektronice a elektronických zařízeních, v podlahových krytinách, apod.

Bromované difenyletery jsou skupinou 209 bromovaných organických látek příbuzných strukturou a vlastnostmi. Podle chemické povahy je možné bromované zpomalovače rozdělit na polybromované difenyletery (PBDE), hexabromcyklododekan (HBCD), polybromované bifenyly (PBB) a bromované bisfenoly.

PBDE patří v současnosti k nejpoužívanějším retardérům hoření spolu s HBCD a tetrabrombisfenolem A (TBBPA). TBBPA v současné době tvoří 50 % celosvětové spotřeby BFR.

V květnu 2013 byl jako 23. položka přidán HBCD na seznam Stockholmské úmluvy o persistentních organických polutantech za účelem regulace expozice.

- Zdroje expozice

Nejpravděpodobnější cesta expozice je inhalace s prachem ve vnitřním prostředí, přičemž většina pochází ze stavebních materiálů a textilií; v menší míře přichází v úvahu přívod konzumací kontaminovaných potravin. Zpomalovače hoření tak vstupují do organismu dýchacím či gastrointestinálním traktem a hromadí se v tělesném tuku.

- Zdravotní význam

Nebezpečnost látek skupiny PBDE je dána především jejich stabilitou a schopností bioakumulace. Jejich koncentrace stoupá směrem k vrcholu potravního řetězce. PBDE jsou látky s nežádoucím zdravotním účinkem u člověka. Mezi bezprostřední projevy expozice patří dráždění pokožky a očí. Ukládají se v těle, zejména ve tkáních a orgánech s vysokým obsahem tuků. Mohou způsobit poškození jater či zbytnění štítné žlázy. Údaje o možné karcinogenitě nejsou zcela jednoznačné, nicméně zvyšují pravděpodobnost vzniku rakoviny jater u zvířat. Některé látky z této skupiny mohou navíc ohrožovat zdravý vývoj plodu. Patří rovněž do skupiny endokrinních disruptorů/modulátorů, negativně ovlivňující hormonální rovnováhu organismu. Zvažují se i jako potenciální neurotoxiny a karcinogeny.

- Biologický monitoring

Obsah PBDE v těle je možno sledovat analýzou krve nebo mateřského mléka.

- Reference

<http://www.irz.cz/node/18>

<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/index.asp>

## Výsledky analýz

Výsledky jsou prezentovány v tabulkách a grafech ve formě agregovaných dat pro jednotlivé oblasti i souhrnně pro celou populační skupinu. V případě zjištění koncentrace analytu v matrici pod mezí stanovitelnosti byla pro další hodnocení použita hodnota rovna 1/2 meze stanovitelnosti dané metody. U analytů, kde byl počet vzorků s hodnotou pod mezí stanovitelnosti vyšší než 50 %, jsou výsledky komentovány pouze slovně. Analyty pod mezí stanovitelnosti jsou uvedeny v tab. 14.

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.

Při hodnocení výsledků je nutno zohlednit počet analyzovaných vzorků, který je v jednotlivých letech rozdílný. Nejvíce analyzovaných vzorků je z roku 2010 (N = 149), nejméně v roce 2011 (N = 34). Z roku 2006 bylo analyzováno 59 vzorků mateřského mléka. Charakteristiky jako je průměrný věk, hmotnost atd. mohou být ovlivněny výběrem vzorků – výsledky nelze tedy zobecnit na celou populaci ČR, neboť se nejedná o náhodný výběr.

### Perfluorované uhlovodíky a jejich deriváty (PFC)

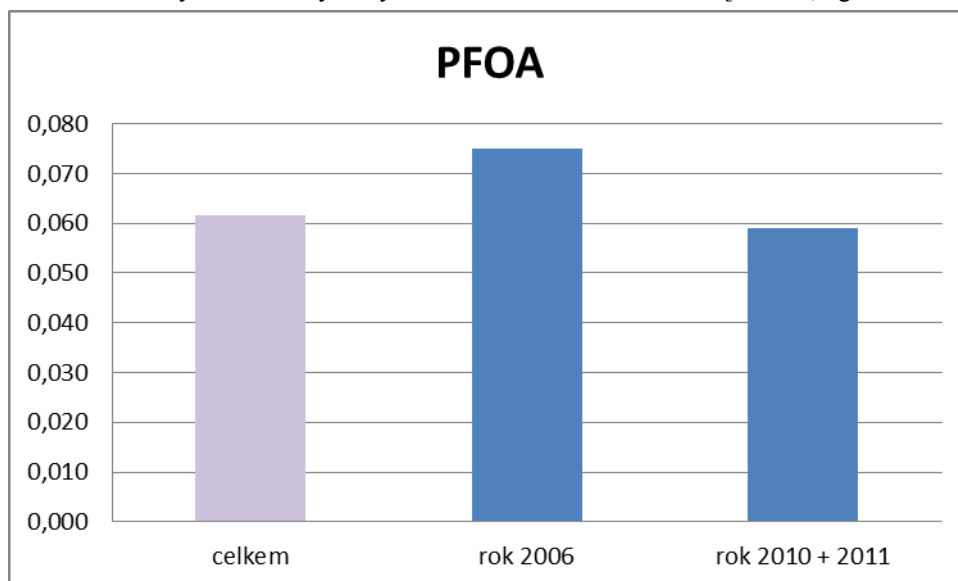
Ve vybraných vzorcích mateřského mléka bylo stanoveno celkem 19 perfluorovaných uhlovodíků. Hodnoty z více než 50 % nad mezí stanovitelnosti měly 3 analyty: PFOA (6 hodnot pod LOQ tj. 2,5 %), Br-PFOS (81 hodnot pod LOQ, 33 %) a L-PFOS (5 hodnot pod LOQ, tj. 2,1 %).

U ostatních analytů je počet a procento hodnot pod LOQ uvedeno v tab. 14.

#### *PFOA*

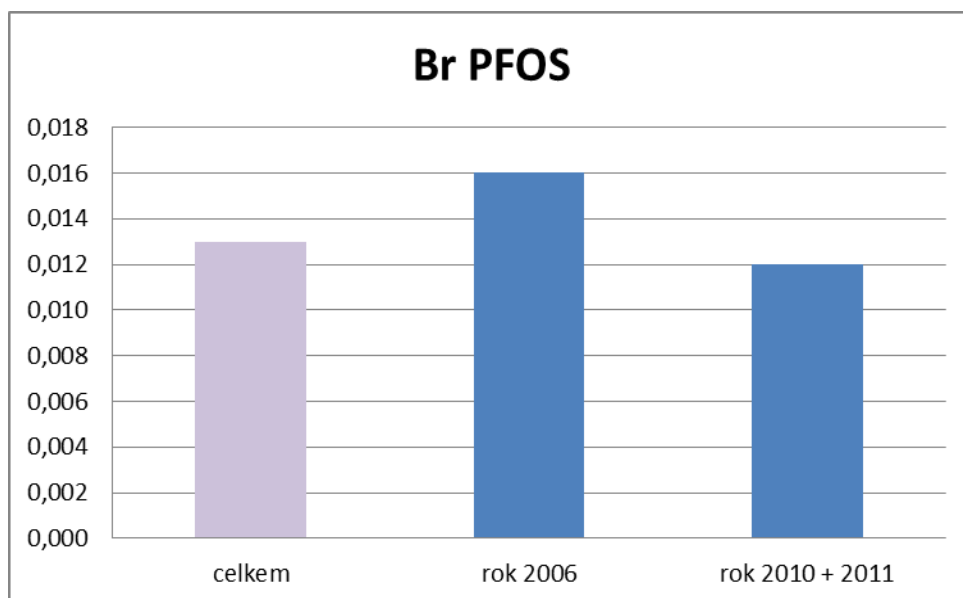
Výsledky analýzy PFOA jsou uvedeny v tab. 11, 12, 13 a grafu 2.

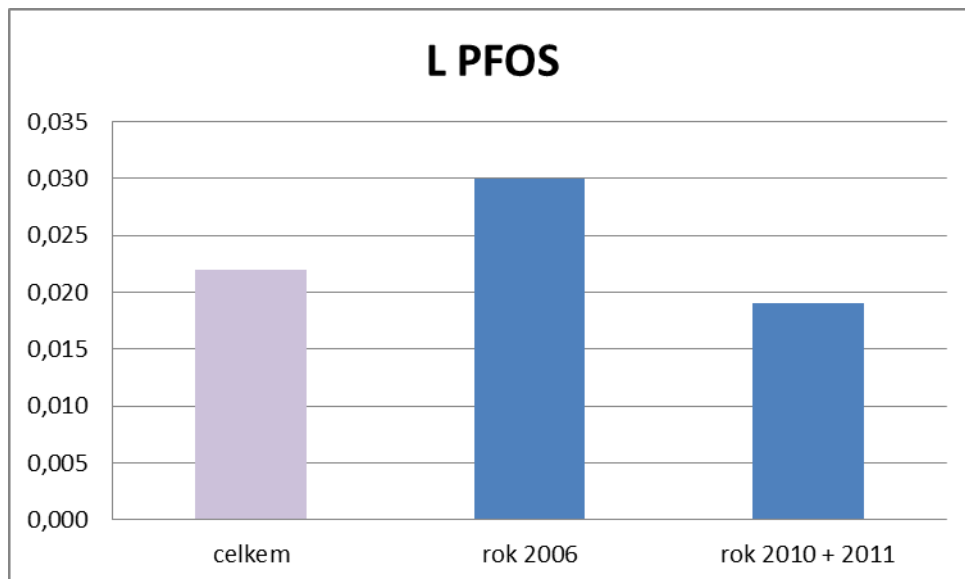
Hodnoty PFOA byly v letech 2010 a 2011 nižší (mediány v obou letech 0,06 ng/ml mléka) ve srovnání s rokem 2006 (medián 0,08 ng/ml mléka). Maximální hodnota ze všech sledovaných let (0,23 ng/ml mléka) byla zjištěna v roce 2006 v lokalitě Ostrava.

**Graf 2:** Hodnoty PFOA ve vybraných vzorcích mateřského mléka [medián, ng/ml mléka]

### *Br-PFOS, L-PFOS*

Pokles hodnot mezi lety 2006 a 2010/2011 lze pozorovat i u Br-PFOS a L-PFOS (tab. 11, 12, 13 a grafy 3, 4). Hodnoty Br-PFOS se pohybují na hranici meze stanovitelnosti. Maximální hodnota Br-PFOS a L-PFOS byla nalezena v roce 2010 (0,09 a 0,11 ng/ml mléka) v lokalitě Liberec.

**Graf 3:** Hodnoty Br-PFOS ve vybraných vzorcích mateřského mléka [medián, ng/ml mléka]

**Graf 4:** Hodnoty L-PFOS ve vybraných vzorcích mateřského mléka [medián, ng/ml mléka]

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

Ve vybraných vzorcích mateřského mléka bylo stanoveno celkem 33 bromovaných retardérů hoření a jejich derivátů. Hodnoty z více než 50 % nad mezí stanovitelnosti měly 3 analyty: BDE 47 (47 hodnot pod LOQ, tj. 17 %), BDE 99 (68 hodnot pod LOQ, tj. 28 %) a BDE 100 (83 hodnot pod LOQ, tj. 34 %).

U ostatních analytů je počet a procento hodnot pod LOQ uvedeno v tab. 14.

#### *BDE 47*

Naměřené koncentrace BDE 47 vykazují vyšší hodnotu v roce 2010 (Me 0,59 ng/g tuku) ve srovnání s roky 2006 a 2011 (tab. 11, 12, 13). Celková mediánová hodnota za všechny sledované roky byla 0,56 ng/g tuku.

#### *BDE 99*

Vyšší hodnoty BDE 99 byly nalezeny v roce 2010 (Me 0,44 ng/g tuku) ve srovnání s roky 2006 a 2011 (tab. 11, 12, 13). Celková mediánová hodnota za všechny sledované roky byla 0,38 ng/g tuku.

#### *BDE 100*

I v případě BDE 100 byla nalezena vyšší hodnota v roce 2010 (Me 0,19 ng/g tuku). V letech 2006 a 2010 byly mediánové hodnoty 0,05 a 0,09 ng/g tuku (tab. 11, 12, 13) a celková mediánová hodnota za všechny sledované roky byla 0,13 ng/g tuku.

Nejvyšší hodnoty BDE 47 (21,5 µg/g tuku), BDE 99 (15,5 µg/g tuku) i BDE 100 (3,13 µg/g tuku) byly nalezeny v roce 2006 v lokalitě Brno (tab. 11).

Porovnání námi nalezených hodnot BDE 47, BDE 99 a BDE 100 se zahraničními studii ukazuje tab. 15.

### **Závěr**

Jedná se o první výsledky, které budou představovat základ pro hodnocení expozice české populace a sledování dlouhodobých časových řad v dalších studiích.



## Seznam tabulek

<b>Tabulka 1:</b> Základní charakteristika sledovaného souboru.....	28
<b>Tabulka 2:</b> Věková charakteristika souboru .....	28
<b>Tabulka 3:</b> Výška a hmotnost .....	28
<b>Tabulka 4:</b> Body mass index.....	29
<b>Tabulka 5:</b> Způsob života a expozice.....	29
<b>Tabulka 6:</b> Koncentrace 5-hydroxy-monoethylhexylftalátu (5-OH-MEHP) a 5-oxo-monoethylhexylftalátu (5-oxo-MEHP) [ $\mu\text{g/l}$ ] v moči, 2013 .....	30
<b>Tabulka 7:</b> Koncentrace 5-hydroxy-monoethylhexylftalátu (5-OH-MEHP) a 5-oxo-monoethylhexylftalátu (5-oxo-MEHP) [ $\mu\text{g/g}$ kreatininu] v moči, 2013 .....	31
<b>Tabulka 8:</b> Analyty s více než 50 % hodnot pod mezí stanovitelnosti .....	32
<b>Tabulka 9:</b> Meze stanovitelnosti (LOQ) u analytů s > 50 % hodnot nad LOQ .....	32
<b>Tabulka 10:</b> Přehled počtu vzorků a charakteristika vybrané populace žen .....	32
<b>Tabulka 11:</b> Koncentrace perfluorovaných [ $\text{ng/ml}$ ] a polybromovaných látek [ $\text{ng/g}$ tuku] v mateřském mléce, 2006 .....	33
<b>Tabulka 12:</b> Koncentrace perfluorovaných [ $\text{ng/ml}$ ] a polybromovaných látek [ $\text{ng/g}$ tuku] v mateřském mléce, 2010 .....	35
<b>Tabulka 13:</b> Koncentrace perfluorovaných [ $\text{ng/ml}$ ] a polybromovaných látek [ $\text{ng/g}$ tuku] v mateřském mléce, 2011 .....	37
<b>Tabulka 14:</b> Analyty s více než 50 % hodnot pod mezí stanovitelnosti .....	38
<b>Tabulka 15:</b> Srovnání hodnot BDE 47, BDE 99 a BDE 100 se zahraniční literaturou [medián, $\text{ng/g}$ tuku] .....	40
<b>Tabulka 16:</b> Seznam sledovaných analytů v archivovaných vzorcích mateřského mléka z let 2006, 2010 a 2011 .....	41

## Seznam grafů

<b>Graf 1:</b> $\Sigma$ 5-OH-MEHP a 5-oxo-MEHP [ $\mu\text{g/l}$ ] v moči mužů a žen, 2013 .....	14
<b>Graf 2:</b> Hodnoty PFOA ve vybraných vzorcích mateřského mléka [medián, $\text{ng/ml}$ mléka] .....	22
<b>Graf 3:</b> Hodnoty Br-PFOS ve vybraných vzorcích mateřského mléka [medián, $\text{ng/ml}$ mléka].....	22
<b>Graf 4:</b> Hodnoty L-PFOS ve vybraných vzorcích mateřského mléka [medián, $\text{ng/ml}$ mléka] .....	23

## Seznam zkratek

5-OH-MEHP	5-hydroxy-monoethylhexylftalát
5-oxo-MEHP	5-oxo-monoethylhexylftalát
BDE100	2,2',4,4',6-pentabromdifenyl ether
BDE47	2,2',4,4'-tetrabromdifenyl ether
BDE99	2,2',4,4',5-pentabromdifenyl ether
BFR	bromované retardéry hoření
BPA	bisfenol A
BPA FREE	bez obsahu bisfenolu A
Br-PFOS	větvený (Br, branched) izomer PFOS
CD	compact disc
CLČ	Centrum laboratorních činností
DEHP	di-2-etylhexyl ftalát
DVD	digitální videodisk
EFSA	European Food Safety Authority
EI	mód elektronové ionizace
ESI-	mód negativní ionizace elektrosprejem
GC	kapilární plynová chromatografie
GPC	gelová permeační chromatografie
HBCD	hexabromcyklododekan
H <sub>max</sub>	maximální hodnota
H <sub>min</sub>	minimální hodnota
HPLC/UHPLC	vysokoúčinná kapalinová chromatografie
K <sub>V0.1</sub>	10 % kvantil
K <sub>V0.25</sub>	25 % kvantil, dolní kvartil
K <sub>V0.75</sub>	75 % kvantil, horní kvartil
K <sub>V0.9</sub>	90 % kvantil
K <sub>V0.95</sub>	95 % kvantil
LOQ	mez stanovitelnosti
L-PFOS	lineární (L) izomer PFOS
Me	medián
MS/MS	tandemový hmotnostní spektrometr
N	počet vzorků
NCI	negativní chemická ionizace
PAU	polyaromatické uhlovodíky
PBB	polybromované bifenyly
PBDE	polybromované difenyletery
PFAS	perfluoralkylované sloučeniny
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
VŠ	vysoká škola
VŠCHT	Vysoká škola chemicko-technologická
$X_a$	aritmetický průměr
$X_g$	geometrický průměr

**Tabulka 1:** Základní charakteristika sledovaného souboru

	<b>Praha</b>	<b>Ostrava</b>	<b>Celkem</b>
<b>Počet osob</b>	50	47	97
% osob	52	48	100
<b>Počet mužů</b>	25	20	45
% mužů	50	43	46
<b>Počet žen</b>	25	27	52
% žen	50	57	54
<b>Pobyt ve sledované lokalitě</b>			
průměr (v celých rocích)	9,5	17,2	13,2
rozmezí (roky)	1–29	0–28	0–29
<b>Počet osob s chronickým onemocněním</b>	10	5	15
v %	20	11	16

**Tabulka 2:** Věková charakteristika souboru

	<b>Praha</b>	<b>Ostrava</b>	<b>Celkem</b>
<b>Celý soubor</b>			
průměrný věk	22,9	22,6	22,7
rozmezí	20–29	20–28	20–29
<b>Muži</b>			
průměrný věk	23,0	22,7	22,8
rozmezí	20–29	20–28	20–29
<b>Ženy</b>			
průměrný věk	22,8	22,6	22,7
rozmezí	20–28	20–27	20–28

**Tabulka 3:** Výška a hmotnost

	<b>Praha</b>	<b>Ostrava</b>	<b>Celkem</b>
<b>Muži</b>			
výška (průměr v cm)	183,1	181,5	182,4
rozmezí (v cm)	167–193	173–197	167–197
hmotnost (průměr v kg)	75,6	78,0	76,7
rozmezí (v kg)	59–120	60–93	59–120
<b>Ženy</b>			
výška (průměr v cm)	167,8	168,2	168,0
rozmezí (v cm)	152–184	152–175	152–184
hmotnost (průměr v kg)	60,7	60,0	60,3
rozmezí (v kg)	48–80	48–74	48–80

**Tabulka 4:** Body mass index

		<b>Praha</b>	<b>Ostrava</b>	<b>Celkem</b>
<b>Muži</b>				
BMI (průměrná hodnota)		22,5	23,6	23,0
rozmezí		18–35	19–29	18–35
Počty mužů v kategoriích BMI				
podváha	< 18,5	2	0	2
normální hmotnost	18,5–25,0	19	17	36
nadváha	25,1–30,0	2	3	5
obezita 1. stupně	30,1–35,0	1	0	1
obezita 2. stupně (závažná)	35,1–40,0	0	0	0
obezita 3. stupně (těžká)	40 a více	0	0	0
<b>Ženy</b>				
BMI (průměrná hodnota)		21,5	21,1	21,3
rozmezí		18–29	18–26	18–29
Počty žen v kategoriích BMI				
podváha	< 18,5	2	6	8
normální hmotnost	18,5–25,0	20	19	39
nadváha	25,1–30,0	3	2	5
obezita 1. stupně	30,1–35,0	0	0	0
obezita 2. stupně (závažná)	35,1–40,0	0	0	0
obezita 3. stupně (těžká)	40 a více	0	0	0

**Tabulka 5:** Způsob života a expozice

	<b>Praha</b>	<b>Ostrava</b>	<b>Celkem</b>
Počet osob, vystavených tabákovému kouři ("tzv. pasivní kouření")			
v domácím prostředí	9	8	17
ve venkovním prostředí	8	7	15
Počet osob, které používají jako zdroj energie na vaření			
zemní plyn, propan-butan	21	31	52
elektrickou energii	29	16	45
Počet osob, které mají PVC na podlahách			
doma	17	19	36
ve škole	41	39	80
Počet osob, které mají doma plovoucí podlahu	20	20	40
Počet osob, které se snaží dodržovat zdravý životní styl	45	39	84
Počet osob, které sledují složení a úpravu konzumovaných potravin	30	30	60
Počet osob, které mají při studiu zaměstnání/brigádu	20	26	46

**Tabulka 6:** Koncentrace 5-hydroxy-monoethylhexylftalátu (5-OH-MEHP) a 5-oxo-monoethylhexylftalátu (5-oxo-MEHP) [ $\mu\text{g/l}$ ] v moči, 2013

	5-OH-MEHP	5-oxo-MEHP	$\Sigma$ 5-OH-MEHP a 5-oxo-MEHP
<b>Celkem</b>			
N	95	95	95
$X_a$	13,7	19,4	33,1
$X_g$	10,4	14,6	25,1
Me	9,30	13,0	21,9
$Kv_{0,1}$	4,40	5,54	10,0
$Kv_{0,25}$	6,45	9,25	16,4
$Kv_{0,75}$	14,5	20,0	35,0
$Kv_{0,9}$	30,0	42,0	73,2
$Kv_{0,95}$	41,6	56,9	100
$H_{max}$	62,0	113	175
$H_{min}$	3,10	4,30	7,40
<b>Praha</b>			
N	50	50	50
$X_a$	11,6	17,3	28,9
$X_g$	9,17	13,1	22,4
Me	8,25	12,0	21,0
$Kv_{0,1}$	4,74	5,59	10,2
$Kv_{0,25}$	6,18	9,00	15,0
$Kv_{0,75}$	12,0	18,8	30,7
$Kv_{0,9}$	20,5	31,8	52,3
$Kv_{0,95}$	31,7	49,6	81,1
$H_{max}$	62,0	113	175
$H_{min}$	3,10	4,30	7,40
<b>Ostrava</b>			
N	45	45	45
$X_a$	16,0	21,8	37,8
$X_g$	12,0	16,4	28,4
Me	12,0	16,0	27,0
$Kv_{0,1}$	4,40	5,56	9,90
$Kv_{0,25}$	7,00	9,60	16,6
$Kv_{0,75}$	21,0	29,0	50,0
$Kv_{0,9}$	38,2	50,6	91,2
$Kv_{0,95}$	42,6	62,2	103
$H_{max}$	55,0	70,0	125
$H_{min}$	3,30	4,30	7,60

**Tabulka 7:** Koncentrace 5-hydroxy-monoethylhexylftalátu (5-OH-MEHP) a 5-oxo-monoethylhexylftalátu (5-oxo-MEHP) [ $\mu\text{g/g}$  kreatininu] v moči, 2013

	5-OH-MEHP	5-oxo-MEHP	$\Sigma$ 5-OH-MEHP a 5-oxo-MEHP
<b>Celkem</b>			
N	95	95	95
$X_a$	10,8	15,2	26,0
$X_g$	9,01	12,6	21,7
Me	8,24	11,5	20,5
$Kv_{0,1}$	4,51	6,40	10,8
$Kv_{0,25}$	5,97	8,42	14,3
$Kv_{0,75}$	13,1	18,0	30,7
$Kv_{0,9}$	18,7	28,2	46,5
$Kv_{0,95}$	24,6	33,6	58,6
$H_{max}$	39,5	67,3	104
$H_{min}$	2,10	2,77	4,87
<b>Praha</b>			
N	50	50	50
$X_a$	10,6	15,5	26,0
$X_g$	9,12	13,1	22,3
Me	9,13	12,4	21,1
$Kv_{0,1}$	5,10	6,62	12,1
$Kv_{0,25}$	6,31	8,85	16,5
$Kv_{0,75}$	12,1	18,1	29,5
$Kv_{0,9}$	15,8	25,3	40,8
$Kv_{0,95}$	19,8	31,3	50,3
$H_{max}$	39,5	67,3	104
$H_{min}$	2,92	4,81	7,74
<b>Ostrava</b>			
N	45	45	45
$X_a$	11,0	14,9	25,9
$X_g$	8,88	12,1	21,0
Me	8,02	11,3	19,9
$Kv_{0,1}$	3,92	6,10	10,0
$Kv_{0,25}$	5,48	7,42	13,7
$Kv_{0,75}$	15,1	17,4	32,7
$Kv_{0,9}$	22,2	29,7	52,3
$Kv_{0,95}$	25,6	35,5	59,8
$H_{max}$	33,1	49,2	81,3
$H_{min}$	2,10	2,77	4,87

**Tabulka 8:** Analyty s více než 50 % hodnot pod mezí stanovitelnosti

Matrice	Analyt	% hodnot	LOQ	min	max
Moč	1-hydroxypyren	91	0,7	0,8	1
	3-hydroxy-benzo[a]pyren	100	9,3	-	-
	bisfenol A	53	1,8	1,9	29

**Tabulka 9:** Meze stanovitelnosti (LOQ) u analytů s > 50 % hodnot nad LOQ

Perfluorované uhlovodíky a jejich deriváty		
Analyt	Název	LOQ [ng/ml mléka]
PFOA	perfluoroktanová kyselina	0,010
Br-PFOS	větvený (Br, branched) izomer PFOS	0,010
L-PFOS	lineární (L) izomer PFOS	0,004
Bromované retardéry hoření		
Analyt	Název	LOQ [ng/g tuku]
BDE 47	2,2',4,4'-tetrabromdifenyl ether	0,1
BDE 99	2,2',4,4',5-pentabromdifenyl ether	0,1
BDE 100	2,2',4,4',6-pentabromdifenyl ether	0,1

**Tabulka 10:** Přehled počtu vzorků a charakteristika vybrané populace žen

Rok odběru	2006	2010	2011
Počet analyzovaných vzorků	59	149	34
Průměrný věk	26,6	28,8	29,4
rozmezí	19–30	17–37	19–38
Výška (v cm)	167,4	167,0	166,3
rozmezí (v cm)	148–178	154–190	144–179
Hmotnost po porodu (v kg)	62,7	69,2	70,2
rozmezí (v kg)	47–95	51–105	49–123
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	19,4	25,1	25,3
rozmezí	17,3–36,7	16,7–37,5	18,9–45,2
Délka bydliště v lokalitě (v letech)	*	14,7	15,2
rozmezí	*	1–36	1–35
Pohlaví dítěte			
chlapec	*	70	19
dívka	*	79	15
Kuřáctví			
aktivní	*	10	1
pasivní	*	22	5

\* data nejsou k dispozici



**Tabulka 11:** Koncentrace perfluorovaných [ng/ml] a polybromovaných látek [ng/g tuku] v mateřském mléce, 2006

	<b>PFOA</b>	<b>Br-PFOS</b>	<b>L-PFOS</b>	<b>BDE 47</b>	<b>BDE 99</b>	<b>BDE 100</b>
<b>Celkem</b>						
N	59	59	59	59	59	59
X <sub>a</sub>	0,08	0,02	0,04	1,97	1,29	0,31
X <sub>g</sub>	0,08	0,02	0,03	0,51	0,25	0,12
<b>Me</b>	<b>0,08</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,54</b>	<b>0,18</b>	<b>0,05</b>
K <sub>V0,1</sub>	0,04	0,01	0,02	0,05	0,05	0,05
K <sub>V0,25</sub>	0,06	0,01	0,02	0,14	0,05	0,05
K <sub>V0,75</sub>	0,10	0,02	0,04	1,39	0,99	0,23
K <sub>V0,9</sub>	0,13	0,03	0,06	6,81	3,94	0,76
K <sub>V0,95</sub>	0,17	0,04	0,09	11,8	5,85	1,31
H <sub>max</sub>	0,23	0,07	0,10	21,5	15,5	3,13
H <sub>min</sub>	0,03	0,01	0,01	0,05	0,05	0,05
<b>Praha</b>						
N	18	18	18	18	18	18
X <sub>a</sub>	0,10	0,02	0,04	1,02	0,74	0,16
X <sub>g</sub>	0,09	0,02	0,03	0,61	0,26	0,09
<b>Me</b>	<b>0,08</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,58</b>	<b>0,28</b>	<b>0,05</b>
K <sub>V0,1</sub>	0,06	0,01	0,02	0,24	0,05	0,05
K <sub>V0,25</sub>	0,07	0,01	0,02	0,39	0,05	0,05
K <sub>V0,75</sub>	0,10	0,02	0,04	0,96	0,83	0,15
K <sub>V0,9</sub>	0,17	0,03	0,06	1,48	1,56	0,29
K <sub>V0,95</sub>	0,18	0,04	0,09	2,42	2,55	0,51
H <sub>max</sub>	0,18	0,07	0,09	7,15	5,35	1,23
H <sub>min</sub>	0,04	0,01	0,01	0,09	0,05	0,05
<b>Liberec</b>						
N	10	10	10	10	10	10
X <sub>a</sub>	0,07	0,02	0,04	1,89	1,48	0,41
X <sub>g</sub>	0,06	0,02	0,03	0,37	0,17	0,14
<b>Me</b>	<b>0,07</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,42</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>
K <sub>V0,1</sub>	0,04	0,01	0,02	0,05	0,05	0,05
K <sub>V0,25</sub>	0,05	0,01	0,02	0,05	0,05	0,05
K <sub>V0,75</sub>	0,08	0,03	0,05	1,31	0,42	0,50
K <sub>V0,9</sub>	0,11	0,03	0,09	4,61	1,74	0,84
K <sub>V0,95</sub>	0,12	0,05	0,10	8,28	7,45	1,57
H <sub>max</sub>	0,12	0,06	0,10	11,9	13,2	2,29
H <sub>min</sub>	0,04	0,01	0,02	0,05	0,05	0,05

Tabulka 11 pokračování

	PFOA	Br-PFOS	L-PFOS	BDE 47	BDE 99	BDE 100
<b>Ostrava</b>						
N	13	13	13	13	13	13
X <sub>a</sub>	0,09	0,02	0,04	0,77	0,29	0,09
X <sub>g</sub>	0,08	0,02	0,04	0,22	0,09	0,07
<b>Me</b>	<b>0,08</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>
KV <sub>0,1</sub>	0,05	0,01	0,02	0,05	0,05	0,05
KV <sub>0,25</sub>	0,06	0,01	0,03	0,05	0,05	0,05
KV <sub>0,75</sub>	0,10	0,03	0,05	1,20	0,05	0,06
KV <sub>0,9</sub>	0,14	0,03	0,07	2,04	0,87	0,21
KV <sub>0,95</sub>	0,18	0,03	0,07	2,97	1,49	0,23
H <sub>max</sub>	0,23	0,04	0,08	4,10	2,12	0,24
H <sub>min</sub>	0,03	0,01	0,02	0,05	0,05	0,05
<b>Brno</b>						
N	8	8	8	8	8	8
X <sub>a</sub>	0,07	0,01	0,03	4,27	3,45	0,78
X <sub>g</sub>	0,07	0,01	0,03	1,18	1,09	0,28
<b>Me</b>	<b>0,06</b>	<b>0,01</b>	<b>0,03</b>	<b>1,15</b>	<b>0,97</b>	<b>0,20</b>
KV <sub>0,1</sub>	0,05	0,01	0,02	0,32	0,23	0,05
KV <sub>0,25</sub>	0,05	0,01	0,02	0,49	0,55	0,12
KV <sub>0,75</sub>	0,09	0,02	0,03	3,48	3,33	0,87
KV <sub>0,9</sub>	0,12	0,02	0,03	11,5	9,65	2,33
KV <sub>0,95</sub>	0,13	0,02	0,03	16,5	12,6	2,73
H <sub>max</sub>	0,13	0,02	0,04	21,5	15,5	3,13
H <sub>min</sub>	0,04	0,01	0,02	0,05	0,05	0,05
<b>Kroměříž</b>						
N	5	5	5	5	5	5
X <sub>a</sub>	0,08	0,01	0,03	6,34	2,98	0,62
X <sub>g</sub>	0,07	0,01	0,03	2,29	1,08	0,36
<b>Me</b>	<b>0,07</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>6,73</b>	<b>3,61</b>	<b>0,65</b>
KV <sub>0,1</sub>	0,04	0,01	0,02	0,25	0,14	0,09
KV <sub>0,25</sub>	0,05	0,01	0,02	0,26	0,27	0,14
KV <sub>0,75</sub>	0,09	0,02	0,03	11,8	5,25	1,06
KV <sub>0,9</sub>	0,11	0,02	0,05	12,3	5,53	1,16
KV <sub>0,95</sub>	0,12	0,02	0,06	12,5	5,62	1,19
H <sub>max</sub>	0,13	0,02	0,06	12,7	5,71	1,22
H <sub>min</sub>	0,04	0,01	0,02	0,24	0,05	0,05

Tabulka 11 pokračování

	PFOA	Br-PFOS	L-PFOS	BDE 47	BDE 99	BDE 100
<b>Uherské Hradiště</b>						
N	5	5	5	5	5	5
X <sub>a</sub>	0,08	0,02	0,03	0,65	0,38	0,13
X <sub>g</sub>	0,07	0,01	0,03	0,31	0,15	0,10
<b>Me</b>	<b>0,08</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,88</b>	<b>0,05</b>	<b>0,08</b>
K <sub>V0,1</sub>	0,05	0,01	0,02	0,05	0,05	0,05
K <sub>V0,25</sub>	0,06	0,01	0,02	0,05	0,05	0,05
K <sub>V0,75</sub>	0,10	0,02	0,05	0,93	0,57	0,13
K <sub>V0,9</sub>	0,11	0,02	0,05	1,18	0,93	0,24
K <sub>V0,95</sub>	0,12	0,02	0,05	1,26	1,05	0,28
H <sub>max</sub>	0,12	0,02	0,05	1,34	1,17	0,32
H <sub>min</sub>	0,04	0,01	0,01	0,05	0,05	0,05

Tabulka 12: Koncentrace perfluorovaných [ng/ml] a polybromovaných látek [ng/g tuku] v mateřském mléce, 2010

	PFOA	Br-PFOS	L-PFOS	BDE 47	BDE 99	BDE 100
<b>Celkem</b>						
N	149	149	149	149	149	149
X <sub>a</sub>	0,06	0,02	0,03	1,28	1,28	0,35
X <sub>g</sub>	0,06	0,01	0,02	0,52	0,43	0,18
<b>Me</b>	<b>0,06</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,59</b>	<b>0,44</b>	<b>0,16</b>
K <sub>V0,1</sub>	0,03	0,01	0,01	0,05	0,05	0,05
K <sub>V0,25</sub>	0,05	0,01	0,01	0,19	0,09	0,05
K <sub>V0,75</sub>	0,08	0,02	0,03	1,50	1,66	0,40
K <sub>V0,9</sub>	0,10	0,04	0,05	3,59	3,47	0,93
K <sub>V0,95</sub>	0,11	0,05	0,06	5,46	6,09	1,47
H <sub>max</sub>	0,16	0,09	0,11	8,71	10,0	2,34
H <sub>min</sub>	0,01	0,01	0,00	0,05	0,05	0,05
<b>Praha</b>						
N	48	48	48	48	48	48
X <sub>a</sub>	0,08	0,02	0,02	1,50	1,46	0,44
X <sub>g</sub>	0,07	0,01	0,02	0,75	0,65	0,27
<b>Me</b>	<b>0,07</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,70</b>	<b>0,58</b>	<b>0,27</b>
K <sub>V0,1</sub>	0,04	0,01	0,01	0,11	0,09	0,06
K <sub>V0,25</sub>	0,06	0,01	0,01	0,39	0,33	0,15
K <sub>V0,75</sub>	0,09	0,02	0,03	1,69	1,89	0,47
K <sub>V0,9</sub>	0,13	0,03	0,04	3,47	3,99	1,33
K <sub>V0,95</sub>	0,14	0,04	0,05	6,29	6,10	1,54
H <sub>max</sub>	0,16	0,05	0,08	8,71	9,95	2,21
H <sub>min</sub>	0,01	0,01	0,01	0,05	0,05	0,05

Tabulka 12 pokračování

	PFOA	Br-PFOS	L-PFOS	BDE 47	BDE 99	BDE 100
<b>Liberec</b>						
N	50	50	50	50	50	50
X <sub>a</sub>	0,05	0,03	0,03	1,21	1,39	0,32
X <sub>g</sub>	0,05	0,02	0,03	0,36	0,33	0,14
<b>Me</b>	<b>0,05</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,35</b>	<b>0,33</b>	<b>0,08</b>
KV <sub>0,1</sub>	0,03	0,01	0,01	0,05	0,05	0,05
KV <sub>0,25</sub>	0,04	0,01	0,02	0,05	0,05	0,05
KV <sub>0,75</sub>	0,07	0,04	0,04	1,39	1,71	0,38
KV <sub>0,9</sub>	0,09	0,06	0,05	3,65	5,24	0,93
KV <sub>0,95</sub>	0,09	0,06	0,07	5,99	7,23	1,65
H <sub>max</sub>	0,11	0,09	0,11	6,79	7,86	1,88
H <sub>min</sub>	0,01	0,01	0,01	0,05	0,05	0,05
<b>Ostrava</b>						
N	36	36	36	36	36	36
X <sub>a</sub>	0,06	0,01	0,02	1,28	1,11	0,34
X <sub>g</sub>	0,05	0,01	0,02	0,55	0,43	0,18
<b>Me</b>	<b>0,06</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,72</b>	<b>0,39</b>	<b>0,15</b>
KV <sub>0,1</sub>	0,04	0,01	0,01	0,06	0,05	0,05
KV <sub>0,25</sub>	0,05	0,01	0,01	0,17	0,14	0,06
KV <sub>0,75</sub>	0,07	0,01	0,03	1,47	1,45	0,38
KV <sub>0,9</sub>	0,08	0,02	0,03	3,40	3,01	0,92
KV <sub>0,95</sub>	0,09	0,02	0,04	4,04	3,86	1,04
H <sub>max</sub>	0,09	0,02	0,06	8,64	7,95	2,34
H <sub>min</sub>	0,02	0,01	0,00	0,05	0,05	0,05
<b>Uherské Hradiště</b>						
N	15	15	15	15	15	15
X <sub>a</sub>	0,06	0,01	0,02	0,85	0,76	0,14
X <sub>g</sub>	0,06	0,01	0,01	0,45	0,26	0,09
<b>Me</b>	<b>0,06</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,43</b>	<b>0,33</b>	<b>0,06</b>
KV <sub>0,1</sub>	0,04	0,01	0,01	0,17	0,05	0,05
KV <sub>0,25</sub>	0,05	0,01	0,01	0,29	0,07	0,05
KV <sub>0,75</sub>	0,08	0,01	0,02	0,62	0,58	0,13
KV <sub>0,9</sub>	0,10	0,02	0,03	1,64	2,22	0,39
KV <sub>0,95</sub>	0,10	0,02	0,04	3,16	3,62	0,58
H <sub>max</sub>	0,11	0,02	0,05	5,34	4,43	0,64
H <sub>min</sub>	0,02	0,01	0,00	0,05	0,05	0,05

**Tabulka 13:** Koncentrace perfluorovaných [ng/ml] a polybromovaných látek [ng/g tuku] v mateřském mléce, 2011

	<b>PFOA</b>	<b>Br-PFOS</b>	<b>L-PFOS</b>	<b>BDE 47</b>	<b>BDE 99</b>	<b>BDE 100</b>
<b>Celkem</b>						
N	34	34	34	34	34	34
X <sub>a</sub>	0,06	0,01	0,01	0,81	0,69	0,15
X <sub>g</sub>	0,05	0,01	0,01	0,40	0,25	0,11
<b>Me</b>	<b>0,06</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,47</b>	<b>0,36</b>	<b>0,09</b>
K <sub>V0,1</sub>	0,02	0,01	0,01	0,06	0,05	0,05
K <sub>V0,25</sub>	0,04	0,01	0,01	0,18	0,05	0,05
K <sub>V0,75</sub>	0,08	0,01	0,02	0,85	0,60	0,20
K <sub>V0,9</sub>	0,08	0,01	0,02	1,42	1,39	0,31
K <sub>V0,95</sub>	0,11	0,02	0,03	1,98	2,11	0,43
H <sub>max</sub>	0,15	0,02	0,03	7,65	8,12	0,59
H <sub>min</sub>	0,01	0,01	0,00	0,05	0,05	0,05
<b>Ostrava</b>						
N	15	15	15	15	15	15
X <sub>a</sub>	0,06	0,01	0,01	1,12	1,05	0,15
X <sub>g</sub>	0,04	0,01	0,01	0,51	0,37	0,12
<b>Me</b>	<b>0,06</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,53</b>	<b>0,39</b>	<b>0,11</b>
K <sub>V0,1</sub>	0,01	0,01	0,00	0,11	0,06	0,05
K <sub>V0,25</sub>	0,04	0,01	0,01	0,26	0,15	0,09
K <sub>V0,75</sub>	0,08	0,01	0,02	1,02	0,70	0,20
K <sub>V0,9</sub>	0,10	0,01	0,02	1,79	1,90	0,28
K <sub>V0,95</sub>	0,11	0,01	0,03	3,72	3,92	0,28
H <sub>max</sub>	0,11	0,02	0,03	7,65	8,12	0,28
H <sub>min</sub>	0,01	0,01	0,00	0,05	0,05	0,05
<b>Uherské Hradiště</b>						
N	19	19	19	19	19	19
X <sub>a</sub>	0,06	0,01	0,01	0,57	0,41	0,16
X <sub>g</sub>	0,05	0,01	0,01	0,34	0,19	0,10
<b>Me</b>	<b>0,05</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,39</b>	<b>0,19</b>	<b>0,05</b>
K <sub>V0,1</sub>	0,02	0,01	0,01	0,05	0,05	0,05
K <sub>V0,25</sub>	0,04	0,01	0,01	0,17	0,05	0,05
K <sub>V0,75</sub>	0,07	0,01	0,02	0,81	0,57	0,18
K <sub>V0,9</sub>	0,08	0,01	0,02	1,30	0,90	0,40
K <sub>V0,95</sub>	0,09	0,02	0,03	1,45	1,06	0,59
H <sub>max</sub>	0,15	0,02	0,03	1,95	2,11	0,59
H <sub>min</sub>	0,01	0,01	0,00	0,05	0,05	0,05

**Tabulka 14:** Analyty s více než 50 % hodnot pod mezí stanovitelnosti

Analyt	Název	Počet vzorků < LOQ	% vzorků < LOQ
<b>Perfluorované uhlovodíky</b>			
PFBA	perfluorbutanová kyselina	242	100,0
PFPeA	perfluorpentanová kyselina	242	100,0
PFHxA	perfluorhexanová kyselina	241	99,6
PFHpA	perfluorheptanová kyselina	215	88,8
PFNA	perfluornonanová kyselina	238	98,3
PFDA	perfludodekanová kyselina	241	99,6
PFUDA	perfluoro-n-undekanová kyselina	242	100,0
PFDoA	perfluoro-n-dodekanová kyselina	241	99,6
PFTTrDA	perfluoro-n-tridekanová kyselina	242	100,0
PFTeDA	perfluoro-n-tetradekanová kyselina	241	99,6
PFBS	perfluorbutansulfonát	241	99,6
PFHxS	perfluorhexansulfonát	227	93,8
PFDS	perfluordekansulfonát	242	100,0
PFOSA	perfluoroktansulfonamid	242	100,0
N-MeFOSA	N-methylperfluoro-1-oktansulfonamid	242	100,0
N-EtFOSA	N-ethylperfluoro-1-oktansulfonamid	242	100,0
<b>Bromované retardéry hoření</b>		<b>Celkové N</b>	<b>242</b>
BDE 28	2,4,4'-tribromdifenyl ether	174	71,9
BDE 49	2,2',4,5'-tetrabromdifenyl ether	211	87,2
BDE 66	2,3',4,4'-tetrabromdifenyl ether	213	88,0
BDE 85	2,2',3,4,4'-pentabromdifenyl ether	218	90,1
BDE 153	2,2',4,4',5,5'-hexabromdifenyl ether	192	79,3
BDE 154	2,2',4,4',5,6'-hexabromdifenyl ether	224	92,6
BDE 183	2,2',3,4,4',5',6-heptabromdifenyl ether	242	100,0
BDE 197	2,2',3,3',4,4',6,6'-oktabromdifenyl ether	242	100,0
BDE 196+203	2,2',3,3',4,4',6,6'-oktabromdifenyl ether + 2,2',3,4,4',5,5',6-oktabromdifenyl ether	242	100,0
BDE 206	2,2',3,3',4,4',5,5',6-nonabromdifenyl ether	242	100,0
BDE 207	2,2',3,3',4,4',5,6,6'-nonabromdifenyl ether	242	100,0

**Tabulka 14 pokračování**

BDE 209	dekabromdifenyl ether	242	100,0
BB 153	2,2',4,4',5,5'-hexabromobifenyl	242	100,0
BTBPE	1,2-bis(2,4,6-tribrom-fenoxy)ethan	242	100,0
HBB	hexabrombenzen	241	99,6
OBIND	oktabromtrimetylfenylindan	242	100,0
PBEB	pentabromometylbenzen	242	100,0
PBT	pentabromtoluen	240	99,2
DBDPE	dekabromdifenylethan	242	100,0
<b>Bromované retardéry hoření a jejich deriváty</b>		<b>Celkové N</b>	<b>242</b>
2,4 DBP	2,4-dibromofenol	242	100,0
2,4,6 TBP	2,4,6-tribromfenol	242	100,0
PBP	pentabromfenol	242	100,0
OH-BDE 47	6-hydroxy-2,2',4,4'-tetrabromdifenyl ether	242	100,0
OH-BDE 68	2'-hydroxy-2,3',4,5'-tetrabromdifenyl ether	242	100,0
OH-BDE 49	4'-hydroxy-2,2',4,5'-tetrabromdifenyl ether	242	100,0
OH-BDE 99	6'-hydroxy-2,2',4,4',5-pentabromdifenyl ether	242	100,0
TBBPA	tetrabrombisfenol A	238	98,3
$\alpha$ -HBCD	$\alpha$ -1,2,5,6,9,10-hexabromcyklododekan	242	100,0
$\beta$ -HBCD	$\beta$ -1,2,5,6,9,10-hexabromcyklododekan	242	100,0
$\gamma$ -HBCD	$\gamma$ -1,2,5,6,9,10-hexabromcyklododekan	242	100,0

**Tabulka 15:** Srovnání hodnot BDE 47, BDE 99 a BDE 100 se zahraniční literaturou [medián, ng/g tuku]

Lokalita	Rok/období studie	N	BDE 47	BDE 99	BDE 100	Citace
ČR	2006, 2010, 2011	242	0,56	0,38	0,13	
Belgie	2009–2010	84	0,16	0,06	0,06	Croes, K., et al. Chemosphere 89, 988–994 (2012)
UK	2001–2003	54	2,70	0,80	0,50	Kalantzi, Ol., et al. Environmental Health Perspectives 12, 10 (2004)
Norsko	2003–	43	0,99	0,27	0,25	Thomsen, C., et al. Environment International 36, 68–74 (2010)
Česká republika (Olomouc)	2003	103	0,61	0,22	0,12	Kazda, R., et al. Analytica Chimica Acta 520, 237–243 (2004)
Slovensko (Krompachy)	2006–2007	10	0,16	0,04	0,05	Chovancová, J., et al. Chemosphere 83, 1383–1390 (2011)
Slovensko (Šal'a)	2006–2007	14	0,12	0,03	0,04	Chovancová, J., et al. Chemosphere 83, 1383–1390 (2011)
Polsko	2004	22	0,73	0,33	0,05	Jaraczewska, K. et al. Science of the Total Environment 372, 20–31 (2006)
Austrálie	2002–2003	157	5,59	1,84	1,25	Toms, L.L-M., et al. Chemosphere 68, 797–803 (2007)
Austrálie (Brisbane, Queensland)	2007–2008	10	4,20	0,90	1,10	Toms, L.L-M., et al. Environment International 35, 864–869 (2009)
USA (New Hampshire)	2005–2006	40	13,4	2,02	2,54	Dunn, R.L., et al. Chemosphere 80, 1175–1182 (2010)
USA (Austin, Texas)	2007	29	24,0	4,30	3,50	Schecter, A., et al. Chemosphere 78, 1279–1284 (2010)
Jižní Korea (Soul)		21	1,01	0,31	0,25	Kim, T.H., et. al. Chemosphere 87, 97–104 (2012)
Japonsko	2004	105	0,68	0,41	0,38	Eslami B., et al. Chemosphere 63, 554–561 (2006)
Jižní Taiwan	2007–2008	46	0,54	0,14	0,17	Chao, H.A., et. al. Journal of Hazardous Materials 175, 492–500 (2010)
Filipíny	2008	30	0,94	0,22	0,19	Malarvannan, G., et al., Science of the Total Environment 442, 366–379 (2013)
Jižní Čína (Guangzhou)		27	1,30	0,23	0,17	Bi, X, et al. Environmental Pollution 144, 1024–1030 (2006)
Čína (Shandong Province)	2007	15	4,40*	4,80*	4,70*	Jin, J., et al. Environment International 35, 1048–1052 (2009)
Čína (Shanghai)	2006–2007	47	0,99	1,39	0,97	Cui, C., et al. Science of the Total Environment 433, 331–335 (2012)
Čína (12 provincií)	2007	1237	0,38	0,08	0,08	Zhang, L., et al. Chemosphere 84, 625–633 (2011)
S. Čína (Shijiazhaung)	2006–2007	20	0,22	0,05	0,05	Sun, S., et al. Chemosphere 80, 1151–1159 (2010)
S. Čína (Tianjin)	2006–2007	20	0,26	0,04	0,06	Sun, S., et al. Chemosphere 80, 1151–1159 (2010)
S. Čína (Yantai)	2006–2007	20	0,71	0,07	0,16	Sun, S., et al. Chemosphere 80, 1151–1159 (2010)
S. Čína (Tianjin)	2006	80	0,76	0,22	0,15	Zhu, L., et al. Chemosphere 74, 1429–1434 (2009)
Čína (10 lokalit Beijing)	2005	205	0,47	0,10	0,07	Li, J., et al. Chemosphere 73, 182–186 (2008)



**Tabulka 16:** Seznam sledovaných analytů v archivovaných vzorcích mateřského mléka z let 2006, 2010 a 2011

<b>Perfluorované uhlovodíky a jejich deriváty:</b>		
<b>Analyt</b>		<b>CAS #</b>
PFBS	perfluorbutansulfonát	29420-49-3
PFHxS	perfluorhexansulfonát	82382-12-5
PFOS	perfluoroktansulfonát	1763-23-1
PFDS	perfluordekansulfonát	N/A
PFBA	perfluorbutanová kyselina	375-22-4
PFPeA	perfluorpentanová kyselina	2706-90-3
PFHxA	perfluorhexanová kyselina	307-24-4
PFHpA	perfluorheptanová kyselina	375-85-9
PFOA	perfluoroktanová kyselina	335-67-1
PFNA	perfluornonanová kyselina	375-95-1
PFDA	perfludodekanová kyselina	335-76-2
PFUdA	perfluoro- <i>n</i> -undekanová kyselina	2058-94-8
PFDoA	perfluoro- <i>n</i> -dodekanová kyselina	307-55-1
PFTTrDA	perfluoro- <i>n</i> -tridekanová kyselina	72629-94-8
PFTeDA	perfluoro- <i>n</i> -tetradekanová kyselina	376-06-7
FOSA	perfluoroktansulfonamid	754-91-6
N-MeFOSA	N-methylperfluoro-1-oktansulfonamid	31506-32-8
N-EtFOSA	N-ethylperfluoro-1-oktansulfonamid	4151-50-2
<b>Bromované retardéry hoření a jejich deriváty:</b>		
$\alpha$ -HBCD	$\alpha$ -1,2,5,6,9,10-hexabromcyklododekan	134237-50-6
$\beta$ -HBCD	$\beta$ -1,2,5,6,9,10-hexabromcyklododekan	134237-51-7
$\gamma$ -HBCD	$\gamma$ -1,2,5,6,9,10-hexabromcyklododekan	134237-52-8
TBBPA	tetrabrombisfenol A	79-94-7
2,3-DBP	2,4-dibromofenol	615-58-7
2,4,6-TBP	2,4,6-tribromfenol	118-79-6
PBP	Pentabromfenol	608-71-9
6-OH-BDE-47	6-hydroxy-2,2',4,4'-tetrabromdifenyl ether	79755-43-4
4'-OH-BDE-49	4'-hydroxy-2,2',4,5'-tetrabromdifenyl ether	N/A
2'-OH-BDE-68	2'-hydroxy-2,3',4,5'-tetrabromdifenyl ether	N/A
6'-OH-BDE-99	6'-hydroxy-2,2',4,4',5-pentabromdifenyl ether	N/A

**Tabulka 16 pokračování:**

Seznam sledovaných analytů v archivovaných vzorcích mateřského mléka z let 2006, 2010 a 2011

<b>Bromované retardéry hoření:</b>		
BDE 28	2,4,4'-tribromdifenyl ether	CAS: 41318-75-6
BDE 47	2,2',4,4'-tetrabromdifenyl ether	CAS: 5436-43-1
BDE 49	2,2',4,5'-tetrabromdifenyl ether	CAS: 243982-82-3
BDE 66	2,3',4,4'-tetrabromdifenyl ether	CAS: 189084-61-5
BDE 85	2,2',3,4,4'-pentabromdifenyl ether	CAS: 182346-21-0
BDE 99	2,2',4,4',5-pentabromdifenyl ether	CAS: 60348-60-9
BDE 100	2,2',4,4',6-pentabromdifenyl ether	CAS: 189084-64-8
BDE 153	2,2',4,4',5,5'-hexabromdifenyl ether	CAS: 68631-49-2
BDE 154	2,2',4,4',5,6'-hexabromdifenyl ether	CAS: 207122-15-4
BDE 183	2,2',3,4,4',5',6-heptabromdifenyl ether	CAS: 207122-16-5
BDE 196	2,2',3,3',4,4',6,6'-oktabromdifenyl ether	CAS: N/A
BDE 197	2,2',3,3',4,4',6,6'-oktabromdifenyl ether	CAS: N/A
BDE 203	2,2',3,4,4',5,5',6-oktabromdifenyl ether	CAS: N/A
BDE 206	2,2',3,3',4,4',5,5',6-nonabromoifenyl ether	CAS: N/A
BDE 207	2,2',3,3',4,4',5,6,6'-nonabromoifenyl ether	CAS: N/A
BDE 209	Dekabromdifenyl ether	CAS: 1163-19-5
BTBPE	1,2-bis(2,4,6-tribrom-fenoxy)ethan	CAS: 37853-59-1
HBB	Hexabrombenzen	CAS: 87-82-1
PBEB	Pentabromometylbenzen	CAS: 85-22-3
PBT	Pentabromtoluen	CAS: 87-83-2
OBIND	Oktabromtrimetylfenylindan	CAS: N/A
DBDPE	Dekabromdifenyloethan	CAS: 84852-53-9