

# **System monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR**

**ve vztahu k životnímu prostředí**



Subsystem 5

**Biologický monitoring člověka**

Odborná zpráva za rok 2016

Státní zdravotní ústav Praha,  
září 2017

## **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>Řešitelské pracoviště:</b>	Státní zdravotní ústav v Praze
<b>Garant subsystemu:</b>	prof. MUDr. Milena Černá, DrSc.
<b>Spolupracující organizace:</b>	Endokrinologický ústav Praha
<b>Řešitelé:</b>	prof. MUDr. Milena Černá, DrSc. Mgr. Lenka Sochorová Mgr. Lenka Hanzlíková Ing. Mája Čejchanová RNDr. Lucie Kašparová Mgr. Kateřina Žádná Ing. Karel Vrbík Ing. Adam Vavrouš RNDr. Alena Fialová, Ph.D.

Text Odborné zprávy za rok 2016 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

<b>Základní informace o Subsystému 5</b> .....	4
Úvod .....	4
Cíle Subsystému 5 .....	4
Obsah Odborné zprávy za rok 2016 .....	4
Organizace Subsystému 5 v roce 2016.....	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
<b>Metodická část</b> .....	7
Nábor (oslovení) participantů .....	7
Vstupní kritéria pro nábor participantů: .....	7
Odběry biologického materiálu .....	7
Principy použitých analytických metod .....	8
Charakteristika sledované populační skupiny .....	9
Charakteristika sledovaných látek .....	9
<b>Výsledky analýz</b> .....	18
<b>Závěr</b> .....	29
Bibliografie.....	30
Seznam obrázků .....	36
Seznam zkratk .....	37
Přílohy .....	38

## **Základní informace o Subsystemu 5**

### **Úvod**

Biologický monitoring zahrnuje *biomarkery expozice*, resp. interní dávky (kontaminanty nebo jejich charakteristické metabolity) a *biomarkery saturace* vybranými benefičními 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 benefičními prvky. Biologický monitoring navazuje na výsledky monitorování toxických látek především v potravě, ovzduší a vodě.

### **Obsah Odborné zprávy za rok 2016**

Předmětem Odborné zprávy za rok 2016 jsou výsledky studie biologického monitoringu získané v roce 2016 v lokalitách Praha, Liberec, Ostrava, Žďár nad Sázavou a Kutná Hora.

**Organizace Subsystemu 5 v roce 2016**

<b>Sledované oblasti</b>	Praha, Liberec, Ostrava, Žďár nad Sázavou, Kutná Hora
<b>Populační skupina</b>	Děti (5 a 9 let)
<b>Počet osob</b>	419 dětí (162 5-letých a 257 9-letých)
<b>Sledované matrice</b>	Moč, plná krev a sérum
<b>Sledované parametry</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kadmium (Cd), rtuť (Hg), jód (I), mangan (Mn), olovo (Pb), arsen (As), selen (Se), zinek (Zn)</li> <li>• kreatinin (pomocný parametr pro standardizaci obsahu látek v moči)</li> <li>• vybrané metabolity ftalátů: mono(2-ethylhexyl) ftalát (MEHP); mono(2-ethyl-5-hydroxy-hexyl)ftalát (5-OH-MEHP); mono(2-ethyl-5-oxo-hexyl)ftalát (5-oxo-MEHP); mono-benzyl ftalát (MBzP); mono-isobutyl ftalát (MiBP); mono-n-butyl ftalát (MnBP)</li> <li>• 25-hydroxy vitamin D</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. Lenka Sochorová Mgr. Lenka Hanzlíková
<b>Detašovaná pracoviště SZÚ/KHS</b>	Zdenka Říhová (Žďár nad Sázavou) Mgr. Petra Lisníková (Ostrava) Monika Žoltá (Ostrava) MUDr. Dana Zemanová (Liberec)

## Analyzující laboratoře – spektrum činností

Analyt	Matrice	Organizace	Odpovědné osoby
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cd, Hg, Mn, Pb, Se</li> </ul>	Plná krev	<b>SZÚ Praha</b> Pracoviště pro analýzu stopových prvků	RNDr. Lucie Kašparová (vedoucí laboratoře) Ing. Mája Čejchanová Mgr. Kateřina Žádná
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cd, Hg, I, As, kreatinin</li> </ul>	Moč	<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 metabolity ftalátů: mono(2-ethylhexyl) ftalát (MEHP); mono(2-ethyl-5-hydroxy-hexyl)ftalát (5-OH-MEHP); mono(2-ethyl-5-oxo-hexyl)ftalát (5-oxo-MEHP); mono-benzyl ftalát (MBzP); mono-isobutyl ftalát (MiBP); mono-n-butyl ftalát (MnBP)</li> </ul>	Moč	<b>SZÚ Praha</b> Oddělení pro chemickou bezpečnost výrobků	Ing. Karel Vrbík Ing. Adam Vavrouš
<ul style="list-style-type: none"> <li>25-hydroxy vitamin D</li> </ul>	Sérum	<b>Endokrinologický ústav</b> Oddělení klinické biochemie	RNDr. Michala Vosátková

**Zhodnocení a interpretace výsledků:**

prof. MUDr. Milena Černá, DrSc.  
Mgr. Lenka Sochorová  
Mgr. Lenka Hanzlíková  
RNDr. Alena Fialová, PhD. (statistická analýza)

**Vypracování Odborné zprávy:**

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

## **Metodická část**

### **Nábor (oslovení) participantů**

Do studie byly zařazeny děti, jež byly oslovovány pediatry v rámci preventivních prohlídek v průběhu roku 2016. Nábor dětí byl uskutečněn celkem u 17 pediatrů. Organizace studie byla provedena ve spolupráci s pracovníky z příslušných poboček SZÚ a KHS. Pro snadnější nábor dětí do studie byla vytvořena řada materiálů, vč. informačního letáku umístěného v čekárně u pediatrů. Po příchodu dítěte na preventivní prohlídku vysvětlil pediatr rodičům stručně smysl studie a poskytl jim dokumenty obsahující detailní informace o celém projektu a o sledovaných látkách. Se zájemci o účast ve studii byl vyplněn informovaný souhlas ve dvou vyhotoveních; přičemž jedno z těchto vyhotovení zůstalo participantovi a druhé bylo určeno pro SZÚ Praha. Následně byly participanti požádáni o poskytnutí vzorků krve i moče a o vyplnění dotazníku.

### **Vstupní kritéria pro nábor participantů:**

- Věk dítěte (5 a 9 let),
- písemný souhlas rodiče s odběrem vzorků u dítěte,
- vyplnění krátkého dotazníku rodičem zaměřeného na faktory související s expozicí sledovaným látkám.

### **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 oblasti jednotné nádoby na odběr vzorků moče i krve a další potřebné materiály včetně papírové dokumentace.

Následný odběr biologického materiálu probíhal v ordinacích dětských lékařů nebo na odběrových místech zdravotnických zařízení. Vzorky moče byly odebírány do jednotných, speciálně vymytých plastových nádobek a tentýž den zamrazeny při -18 až -20 °C. Vzorky krve byly odebírány do dvou typů zkumavek Vacuette, jedna zkumavka byla určena pro

získání vzorků plné krve, druhá pro získání vzorků séra. Získané vzorky byly zamraženy při -18 až -20 °C.

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 stopových prvků***

Ke stanovení prvků Cd, I, Mn, Pb, As a Se byla použita metoda ICP-MS. Stanovení bylo prováděno v mineralizátech (vzorky krve) nebo v nemineralizovaných vzorcích (moč). Hg byla stanovena přímo v původních vzorcích pomocí jednoúčelového analyzátoru AMA 254. Analýzy probíhaly v akreditovaných laboratořích SZÚ v Praze.

### ***Stanovení kreatininu***

Ke stanovení se využívá modifikace Jaffeho reakce (metoda je akreditována ČIA).

### ***Stanovení metabolitu 25-hydroxy vitaminu D***

Vitamin D (celkový 25(OH)D, tj. 25(OH)D<sub>2</sub>+25(OH)D<sub>3</sub>) byl stanoven imunoanalyticky metodou ECLIA (Cobas 6000, Roche, Mannheim, SRN) v Endokrinologickém ústavu v Praze.

### ***Stanovení vybraných metabolitů ftalátů***

Analýzy probíhaly v laboratoři SZÚ v Praze. Pro stanovení obsahu jednotlivých metabolitů byla použita vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC) ve spojení s tandemovým hmotnostním spektrometrem (MS/MS). Sledovány byly vybrané metabolity ftalátů v moči - konkrétně mono(2-ethylhexyl) ftalát (MEHP); mono(2-ethyl-5-hydroxy-hexyl)ftalát (5-OH-MEHP); mono(2-ethyl-5-oxo-hexyl)ftalát (5-oxo-MEHP); mono-benzyl ftalát (MBzP); mono-isobutyl ftalát (MiBP); mono-n-butyl ftalát (MnBP).



## **Charakteristika sledované populační skupiny**

### **Děti**

V roce 2016 byly odběry biologického materiálu uskutečněny u 419 dětí ve věku 5 a 9 let (průměrný věk 7,4 let), přičemž bylo analyzováno 419 vzorků krevního séra, 418 vzorků plné krve a 400 vzorků moče. Ve vzorcích plné krve a moče byly analyzovány vybrané toxické kovy (kadmium-Cd, olovo-Pb, rtuť-Hg, arsen-As), esenciální stopové prvky (jód-I, mangan-Mn, selen-Se) a vybrané metabolity ftalátů. V séru byl analyzován 25-hydroxy vitamin D. Důležitou součástí studie bylo také dotazníkové šetření u zúčastněných dětí, jež bylo zaměřeno především na otázky týkající se sociodemografických charakteristik, antropometrických ukazatelů, expozici tabákovému kouři, přítomnosti amalgámových zubních výplní a pobytu na slunci. Dále byly zjišťovány informace o stravovacích zvyklostech a konzumaci potravinových doplňků. Data jsou zpracována formou popisné statistiky v tabulce 5.

Studie navazuje na dosud poslední opakování z roku 2008, kdy byly sledovány děti ve věku 8-10 let. Nově byla navíc zařazená věková skupina 5-letých dětí, která přinesla orientační výsledky o zátěži předškolních dětí, které dosud nebyly sledovány.

## **Charakteristika sledovaných látek**

### **Toxické kovy a esenciální prvky v krvi, v moči a v krevním séru**

#### **Arsen (As)**

##### Obecné informace

Arsen je polokov vyskytující se v přírodě většinou v anorganických sloučeninách, vázaný převážně na síru (tzv. „anorganický arsen“), nebo ve sloučeninách organických, vázaný na uhlík (tzv. „organický arsen“) (CCME, 2001; WHO, 2001). Do životního prostředí se dostává z přírodních zdrojů (eroze půdy a minerálů, sopečný původ) i z lidské činnosti (tepelné elektrárny spalující uhlí, chemický průmysl, slévárny, hutnictví, zemědělství - používání pesticidů apod.) (WHO, 2004).

##### Zdravotní význam

K expozici dochází zejména potravou a vodou, nejvýznamnějším expozičním zdrojem arsenu jsou ryby, rybí výrobky a rýže (ATSDR 2007a; Ruprich et al., 2010). V lidském organismu dochází po absorpci arsenu k oxidačně-redukčním změnám mezi anorganicky vázaným  $As^{3+}$  a

As<sup>5+</sup> a k enzymatické methylaci arsenu na monometyl- (MMA) a dimetyl- (DMA) arseničnou kyselinu. Bylo zjištěno, že většina arsenu je rychle vylučována jako směs As<sup>5+</sup>, As<sup>3+</sup>, MMA a DMA močí, přičemž hlavním metabolitem je DMA (55-75%) (Rasheed et al., 2016). MMA tvoří 10-20% a anorganicky vázaný arsen 10-30%. Poměry mezi těmito formami jsou variabilní a závisí na původní formě, ve které byl arsen přijímán, a na způsobu expozice (National Research Council, 1999).

Účinek arsenu na organismus se projevuje dermatologickými změnami, neurotoxickými - vývojovými poruchami, kardiovaskulárními onemocněními, ad. Rovněž byla nalezena souvislost mezi kumulativním obsahem inhalovaného arsenu a výskytem rakoviny plic. Dalšími projevy vyšší expozice arsenu je zvýšený výskyt laryngitidy a bronchitidy u sledované populace (Rasheed et al., 2016; Smith et al., 2006). Podle klasifikace agentury IARC je arsen a jeho anorganické sloučeniny zařazený mezi prokázané lidské karcinogeny (kategorie 1). Organické formy arsenu, které nejsou po expozici v organismu metabolizovány, jsou zařazeny do kategorie 3 (neklasifikováno jako karcinogenní pro člověka).

#### Biologický monitoring

Vzhledem ke krátkému poločasu vylučování arsenu z krve (několik hodin), je krev vhodná pouze pro zjišťování akutní expozice. Pro sledování nedávné expozice je vhodnější matricí moč, do které se arsen dostává jak při inhalační tak při dietární expozici, přičemž doba transportu se pohybuje v rozmezí 1-2 dní. Podle literárních zdrojů se obsahy arsenu v moči pohybují pod 10µg/l. Hodnoty nad 100 µg/l již indikují vyšší expozici (ATSDR, 2007a; Health Canada, 2013; WHO, 2001).

#### ***Kadmium (Cd)***

##### Obecné informace

Kadmium je toxický kov, který se vzácně vyskytuje v zemské kůře a do životního prostředí je především uvolňován z antropogenních zdrojů. Do zemědělské půdy se dostává především z fosfátových hnojiv těžených v oblastech se zvýšeným výskytem Cd.. Má schopnost bioakumulace a hromadí se napříč potravními řetězci (ATSDR, 2012a).

##### Zdroje expozice

Zdrojem kadmia pro běžnou populaci je především dietární expozice, jako např. vnitřnosti, obiloviny a rýže, dále kouření (aktivní, v menší míře i pasivní) a venkovní ovzduší zejména v okolí znečištěných průmyslových zdrojů (ATSDR, 2012a).

### Zdravotní význam

Nadměrná expozice vede k poškození funkce ledvin, podílí se na vzniku osteoporózy a má vztah k poruše hormonální rovnováhy. Nejvíce se kadmium akumuluje v ledvinách (Satarug & Moore, 2004). Kadmium může způsobovat rakovinu plic a prostaty, podle klasifikace agentury IARC je zařazeno mezi prokázané lidské karcinogeny v kategorii 1 (IARC, 2012).

### Biologický monitoring

Zátěž organismu kadmiem lze sledovat ve vzorcích krve a moče. Hladina Cd v krvi vyjadřuje především aktuální celkovou expozici a poskytuje spolehlivý odhad průměrného příjmu Cd v posledních měsících. Na tuto hladinu má výrazný vliv kouření, aktivní i pasivní (ATSDR, 2012a). Naopak obsah kadmia v moči charakterizuje především dlouhodobou zátěž. Odhadovaný biologický poločas kadmia v lidském těle je 30 let (Satarug & Moore, 2004).

### ***Olovo (Pb)***

#### Obecné informace

Jedná se o toxický těžký kov, dlouhodobě využívaný v různých průmyslových odvětvích (např. sklářství, elektrotechnika, chemie, strojírenství). Používá se také při výrobě baterií, kabelů a barviv (ATSDR, 2007). V minulosti (v ČR do r. 2001) byly organické sloučeniny olova přidávány do benzínu (ve formě tetraethylolova), jako antidetonační aditivum pro zvýšení oktanového čísla; olovo tak bylo součástí prašného aerosolu v ovzduší, což vedlo zejména v místech s vyšší dopravní zátěží k významné inhalační expozici.

#### Zdravotní význam

Zvýšená expozice olovu představuje zdravotní riziko především pro lidský plod (v důsledku průchodu olova placentou) a pro malé děti, u kterých byl prokázán negativní vliv na nervový systém, neurobehaviorální funkce, vývojové změny a pokles IQ (ATSDR, 2007). Důkazy o karcinogenitě pro člověka nejsou zatím dostatečné. Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC) zařazuje olovo do skupiny 2B (možný karcinogen pro člověka), anorganické sloučeniny do skupiny 2A (pravděpodobný karcinogen pro člověka) a jeho organické sloučeniny do skupiny 3 (neklasifikovatelné jako karcinogen pro člověka).

#### Zdroje expozice

V současné době je pro běžnou populaci nejvýznamnějším zdrojem dietární expozice, ale přesto může docházet k inhalační expozici i kontaminovaným prachem v místech zvýšené automobilové dopravy. K expozici může docházet i pitnou vodou. (ATSDR, 2007).

### Biologický monitoring

V rámci biologického monitoringu je sledována hladina olova v krvi (plumbémie). Zátěž olovem lze dále sledovat analýzou mléčných dětských zubů či vlasů; hladina olova v moči nemá jednoznačnou výpovědní hodnotu.

### ***Rtuť (Hg)***

#### Obecné informace

Rtuť patří mezi významné a sledované kontaminanty prostředí. 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 (Pirard et al., 2014). Obzvláště nebezpečné jsou zejména organické formy rtuti (především methylrtuť), které se akumulují v organismech a postupně se koncentrují v potravních řetězcích (Castaño et al., 2015; Pirard et al., 2014).

#### Zdroje expozice

Nejvýznamnějším zdrojem expozice běžné populace methylrtuti je potrava, zejména dravé ryby (žralok, mečoun) a mořské plody (Castaño et al., 2015). Zdrojem expozice anorganickým formám rtuti mohou být amalgámové zubní výplně, případně rozbité rtuťové teploměry nebo žárovky.

#### Zdravotní význam

Hlavní nebezpečnou vlastností methylrtuti je její neurotoxicita (tj. schopnost působit na centrální nervový systém). Důležitá je schopnost jejího průchodu placentou. Následky neurotoxických účinků rtuti jsou psychické poruchy u dětí, například mentální retardace a vývojové poruchy, poruchy zraku a sluchu, poruchy řeči a paměti (ATSDR, 1999).

### Biologický monitoring

V rámci biologického monitoringu je rtuť analyzována v krvi i v moči. Koncentrace v krvi má vztah především k organickým formám rtuti (methylrtuti). Koncentrace v moči se vztahuje zejména k expozici kovové rtuti či jejím anorganickým formám (Tsuji et al., 2003).

### ***Jód (I)***

#### Obecné informace

Jód je nezbytný pro syntézu hormonů štítné žlázy, reguluje mnoho fyziologických procesů v organismu včetně růstu, vývoje, metabolismu a reprodukčních funkcí. Nedostatečná saturace

populace je řešena obohacením jodlé soli sloučeninami jódu (110/1997 Sb. Zákon o potravinách a tabákových výrobcích) (Zamrazil & Čerovská, 2014).

#### Zdroje expozice

Přívod jódu do organismu zajišťuje především konzumace pečiva, masných a mléčných výrobků, mořských ryb, mléka, vajec a minerální vody obsahující jód (Ruprich et al., 2015).

#### Zdravotní význam

Jód má podobně jako ostatní esenciální prvky, určité optimální rozmezí denního příjmu. Deficit jódu může mít za následek snížení funkce štítné žlázy tzv. hypotyreózu, která se projevuje převážně ospalostí, zimomřivostí, a únavou. Naopak nadměrný přívod jódu způsobuje zvýšení funkce štítné žlázy, tzv. hypertyreózu, při níž dochází k produkci více hormonů, než organismus potřebuje, což může vést k poklesu hmotnosti, svalové slabosti, aj. (WHO, 2007). Mezinárodní rada pro kontrolu poruch z nedostatku jódu (ICCIDD) a Světová zdravotnická organizace (WHO) považují za doporučený denní přívod jódu pro dospělého člověka 150 µg.

#### Biologický monitoring

Až 90 % z přijatého jódu je průměrně vylučováno močí, z tohoto důvodu je vhodným ukazatelem pro sledování saturace populace jodem jodurie (množství jódu vylučované močí) (Zimmermann, et al., 2008). Jednotlivé kategorie jodurie a jejich zhodnocení uvádí následující tabulka.

**Tab. 1** Kritéria hodnocení přívodu jódu podle obsahu jódu v moči (jodurie). Hodnoceno podle kritérií WHO/UNICEF/ICCIDD.

Hodnota I v moči (medián; µg/l)	Klasifikace saturace	Hodnocení (rizika)
< 19	Nedostatečná saturace	<b>Vážný nedostatek</b> (endemický kretenismus, těžká hypotyreóza, struma)
20 – 49	Nedostatečná saturace	<b>Střední nedostatek</b> (struma, hypotyreóza, poruchy vývoje)
50 – 99	Nedostatečná saturace	<b>Mírný nedostatek</b>
100 – 199	Optimální saturace	<b>Adekvátní příjem</b>
200 – 299	Mírně nadprůměrná s.	<b>Riziko hypertyreózy</b> u citlivých jedinců
> 300	Nadměrná saturace	<b>Riziko škodlivého efektu jódu</b> (hypertyreóza, autoimunitní onemocnění štítné žlázy)

## ***Mangan (Mn)***

### Obecné informace

Mangan je všudypřítomný prvek, přirozeně se vyskytující v abiotických i biotických složkách prostředí. Do prostředí se uvolňuje zejména při vulkanické činnosti a erozi. Vyskytuje se v anorganické i v organické formě. Mangan a jeho sloučeniny mají široké použití. Používá se například při výrobě oceli pro zlepšení vlastností jako je tvrdost a pevnost, ale také při ohňostrojích, nebo v zápalkách. V organické formě může být obsažený také v palivu jako antidetonační přísada (ATSDR, 2012).

### Zdroje expozice

Hlavním zdrojem manganu pro člověka je potrava. Nejvýznamnějšími zdroji je běžné pečivo, čaj, mouka, ad. (Ruprich et al., 2011). Potencionální zdroj expozice může být také inhalace znečištěného ovzduší v průmyslových oblastech.

### Zdravotní význam

Mangan je nezbytný pro normální vývoj a funkci organismu. Je jedním z prvků nezbytných v určitém množství pro funkci organismu, avšak toxických (zejména pro nervovou soustavu) při vyšším než optimálním přívodu (Goldhaber, 2003). Dlouhodobý nedostatek manganu vede k negativním změnám v metabolismu cholesterolu, k jeho ukládání v cévních stěnách a tím ke zvýšenému riziku vzniku kardiovaskulárních chorob (Koh et al., 2014).

### Biologický monitoring

Mangan byl u dětí sledovaný v roce 2016 poprvé. Jako matrice byla použita krev. V mnoha studiích se však mangan sleduje také ve vlasech či v moči.

## ***Selen (Se)***

### Obecné informace

Selen se přirozeně vyskytuje v půdě odkud se dále dostává do rostlinných a živočišných organismů. Množství selenu v půdě se v různých oblastech světa liší. Česká republika patří s některými dalšími zeměmi střední a severní Evropy k oblastem s nízkým obsahem selenu v půdě (Kvíčala et al., 1999; Navarro-Alarcon & Cabrera-Vique, 2008). Selen je esenciální prvek nezbytný pro reprodukci, metabolismus hormonů štítné žlázy, syntézu DNA a pro ochranu před oxidativním poškozením organismu (ATSDR, 2003).

### Zdroje expozice

Zdrojem selenu pro člověka je zejména potrava. Vysoké množství selenu obsahují zejména živočišné produkty, jako jsou vejce, masné výrobky a ryby. Nejbohatším zdrojem rostlinného původu jsou obiloviny, česnek, či brokolice (Navarro-Alarcon & Cabrera-Vique, 2008; Ruprich et al., 2015b). Selen absorbovaný ze stravy je přítomný spíše v organických formách, což je přínosné vzhledem k poměrně rychlé eliminaci anorganických forem močí (IOM, 2000).

### Zdravotní význam

Selen patří mezi esenciální stopové prvky s poměrně úzkým rozmezím mezi příznivými a nepříznivými účinky (Hays et al., 2014). Zasahuje do mnoha fyziologických i biochemických pochodů a je součástí mnoha enzymů s antioxidantními účinky (Kvíčala et al., 1999). Preventivní význam selenu se předpokládá u kardiovaskulárních a nádorových onemocnění, při předcházení poruchám reprodukční funkce a změnám metabolismu hormonů štítné žlázy (Kvíčala et al., 1999). Oproti tomu nadměrný příjem selenu může vést k selenóze, projevující se křehkými nehty a vlasy, depresí, nervozitou nebo zvracením (Goldhaber, 2003).

### Biologický monitoring

Nutriční stav selenu je nejčastěji hodnocený stanovením hladiny selenu v krvi a moči (ATSDR, 2003). Koncentrace selenu měřená v plné krvi odráží dlouhodobou expozici, především kvůli přítomnosti erytrocytů, které obsahují selen vázaný v proteinech (Hays et al., 2014). Koncentrace selenu v moči jsou naopak vhodným ukazatelem nedávné expozice. Vylučování selenu močí se mění v souvislosti s příjmem selenu potravou; 50-60 % selenu se vylučuje z organismu během 24 hodin (Thomson et al., 1996). Pro interpretaci dat lze využít referenční koncentrace, které jsou uváděny v rozmezí od 80 do 250 µg/l krve. Hodnoty nižší než 60 µg Se/l krve jsou považovány za deficitní (Batáriová et al., 2005), přičemž pro těžký deficit selenu v krvi jsou stanoveny hodnoty nižší než 40 µg/l krve (Hays et al., 2014; Koller & Exon, 1986; Thomson, 2004).

## **Vybrané metabolity ftalátů sledované v moči**

### Obecné informace

Ftaláty představují skupinu látek odvozených od kyseliny ftalové a zahrnují různé deriváty této kyseliny a jejích solí. Klasifikovány jsou dle délky řetězce jako vysokomolekulární (C7-C13) a nízkomolekulární (C3-C6) (Koch et al., 2013). Jedná se o syntetické sloučeniny používané při výrobě plastů, jednorázových lékařských pomůcek, podlahových dlaždic,

čalounění nábytku a automobilů, sprchových zástěn, dětských plen, obalových materiálů, nátěrových hmot, syntetické kůže, hraček, obuvi, izolace drátů a kabelů, apod. Jejich účelem je zvýšit pružnost, trvanlivost a životnost plastů; používají se také jako rozpouštědla (Bernard et al., 2014; Geens et al., 2014; Sturgeon et al., 2016). Ve finálním výrobku nejsou ftaláty pevně vázané. Nejrozšířenější z ftalátů je DEHP (di-2-ethylhexyl ftalát), mezi jehož hlavní sekundární metabolity patří 5-hydroxy-monoethylhexylftalát (5-OH-MEHP) a 5-oxomonoethylhexylftalát (5-oxo-MEHP) (Becker et al., 2009).

#### 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 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). V úvahu připadá také dermální expozice (Koch et al., 2013; Pei, Song, Guo, Mo, & Shen, 2013; Tranfo et al., 2013).

#### Zdravotní význam

Zdravotní význam je odlišný dle jednotlivých ftalátů a dle doby a délky expozice. Všeobecně však expozice vede k poruchám imunitního systému, jako je astma a alergie, k obezitě, k předčasným porodům, či nižší produkci spermií (Kasper-sonnenberg et al., 2014; Katsikantami et al., 2016; Pan et al., 2015). Některé ftaláty jsou považovány za endokrinní disruptory a jsou označovány jako toxické pro reprodukci (Hartmann et al., 2015). Mohou způsobovat také neuro-vývojové poruchy a ovlivňovat IQ dětí (Katsikantami et al., 2016).

#### Biologický monitoring

Ftaláty jsou přítomny prakticky ve všech složkách prostředí, odkud vstupují do organismu člověka. Mohou tak kontaminovat i vzorky odebíraného biologického materiálu v průběhu odběru vzorků i při následných analytických postupech. Po vstupu do organismu se však ftaláty rychle metabolizují a jejich metabolity jsou vylučovány močí (Geens et al., 2014). 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 na vybrané metabolity ftalátů. Pro děti je zdravotně významná limitní hodnota (HBM



I) stanovena pouze pro součet dvou hlavních metabolitů DEHP ( $\Sigma$  5-OH-MEHP a 5-oxo-MEHP) a činí 500  $\mu\text{g/l}$  moče (Human Biomonitoring Commission, 2015).

### **Metabolit 25-hydroxyvitamin D v krevním séru**

#### Obecné informace

Vitamin D patří do skupiny vitaminů rozpustných v tucích. Podle způsobu vzniku jsou rozlišovány dvě chemicky rozdílné hlavní formy vitaminu D: vitamin D2 – ergokalciferol a vitamin D3 – cholekalciferol.

#### Zdroje expozice

Saturace vitaminem D se odvíjí od formy vitaminu D. Vitamin D2 lze získat zejména ze stravy naopak vitamin D3 je vytvářený především v kůži vystavené slunečnímu světlu a vzniká přeměnou 7-dehydrocholesterolu. Účinnost syntézy vitaminu D tímto způsobem závisí na době expozice, na zeměpisné šířce, ročním období, denní době, pigmentaci kůže, věku, tělesné hmotnosti, používání opalovacích krémů a podílu povrchu těla krytém oblečením (Klingberg et al., 2015; Poopedi et al., 2017; Sioen et al., 2012).

#### Zdravotní význam

Dlouhodobý nedostatek vitaminu D je aktuálním problémem veřejného zdraví, neboť je stále jasněji prokazován jeho negativní vliv na celou řadu dějů v lidském organismu (Palacios & Gonzalez, 2015). Je potřebný pro využití vápníku v těle, což je zásadní pro mineralizaci kostí a neuromuskulární funkce. Jeho nedostatek působí poruchy vývoje kostí u dětí a vznik osteoporózy u dospělých, ovlivňuje vznik a průběh aterosklerózy, kardiovaskulárních a cerebrovaskulárních chorob, většiny maligních onemocnění, diabetu 1. i 2. typu. Studie přinášejí poznatky o nepříznivém vlivu nedostatku vitaminu D také na vznik infekčních onemocnění. Úroveň zásobení vitaminem D ovlivňuje imunitní systém, pozornost se zaměřuje zejména na autoimunitní procesy. Byl zkoumán vliv na věkem podmíněnou makulární degeneraci. Jeho nedostatek také pravděpodobně působí nepříznivě na plodnost a na průběh těhotenství (Boyle, 2014; Day et al., 2013; Figueiredo et al., 2017; Muscogiuri et al., 2017; Palacios & Gonzalez, 2015; Poopedi et al., 2017; Sioen et al., 2012).

#### Biologický monitoring

Nejlepším ukazatelem stavu zásobení vitaminem D je jeho metabolit 25(OH)D v krevním séru, který zohledňuje vitamin D vytvořený endogenně v kůži i přívod potravou nebo potravinovými doplňky (Richter et al., 2014). Dostatečné zásobení organismu vitaminem D (měřeno pomocí koncentrací 25(OH)D v séru) není zcela jednoznačně definováno. Tradičně

jsou hodnoty pod 25 nmol/l považovány v Evropě za deficitní. Komise pro referenční dietární přívod Institutu medicíny Spojených Států definuje hranici pro riziko nedostatečného zásobení ve výši 30 nmol/l. Řada odborníků považuje za rozumnou mezní hodnotu pro dostatečné zásobení 50 nmol/l (Bouillon et al., 2013), nicméně odborná pracovní skupina subkomise pro klinické směrnice Endokrinní společnosti doporučuje pro prevenci nemocí obsah 25(OH)D v séru nad 75 nmol/l (Holick et al., 2011).

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

Hladiny vybraných toxických a benefičních prvků v krvi jsou uvedeny v tab. 4. Výsledky jsou prezentovány formou deskriptivní statistiky. Koncentrace v moči jsou uvedeny jak na litr moče (tab. 5), tak v přepočtu na kreatinin (tab. 6). Podle doporučení WHO (WHO, 1996) byly hodnoceny pouze vzorky s hodnotou kreatininu 0,3 – 3,0 g/l (399 ze 416 vzorků moče).

Pro některé toxické prvky jsou stanoveny Německou komisí pro biologický monitoring dvoustupňové zdravotně významné hodnoty odvozené z výsledků toxikologických a epidemiologických studií (HBC, 2015); viz. Tab. 2. Jsou definovány jako HBM I a HBM II (human biomonitoring values I a II), přičemž HBM I určují koncentraci dané látky ve vzorcích biologického materiálu, která, není-li překročena, nepředstavuje zdravotní riziko a nevyžaduje následné opatření. HBM II je pak definována jako koncentrace, jejíž překročení znamená zvýšené zdravotní riziko a vyžaduje intervenci a další opatření. Koncentrace pohybující se v rozsahu mezi HBM I a HBM II vyžadují zvýšenou pozornost a podrobnější sledování.

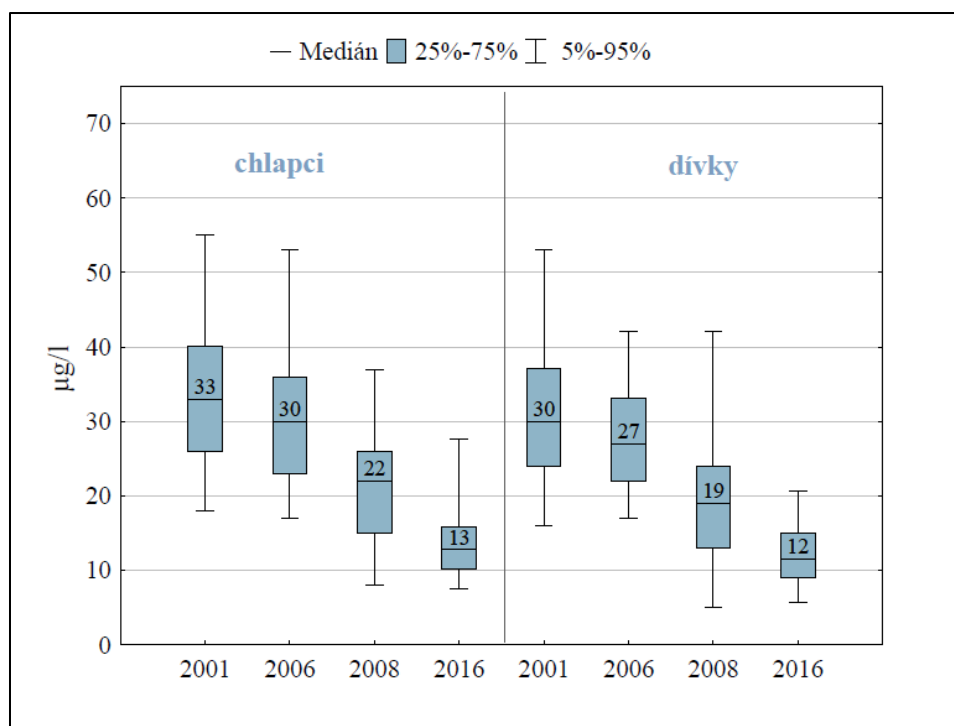
**Tab. 2** Zdravotně významné hodnoty pro sledované toxické prvky v krvi a moči dětí (HBC, 2015)

<b>Analyt, matrice</b>	<b>HBM I</b>	<b>HBM II</b>
<b>Kadmium v moči</b>	0,5 µg/l;	2 µg/l;
<b>Rtuť v moči</b>	7 µg/l (5 µg/g kreatininu)	25 µg/l (20 µg/g kreatininu)
<b>Rtuť v krvi</b>	5 µg/l	15 µg/l

Hladina celkového **arsenu** v moči (medián) se v jednotlivých lokalitách pohybovala od 10,1 do 11,6  $\mu\text{g/l}$ , a byla statisticky významně ( $p < 0,05$ ) nižší u starších dětí. Podle agentury ATSDR hodnoty nad 100  $\mu\text{g/l}$  indikují vyšší expozici (ATSDR, 2007a). Tuto hodnotu překročilo 7 ze 400 dětí (2 %). Získané výsledky celkového arsenu budou základem pro stanovení jednotlivých forem v následujících letech.

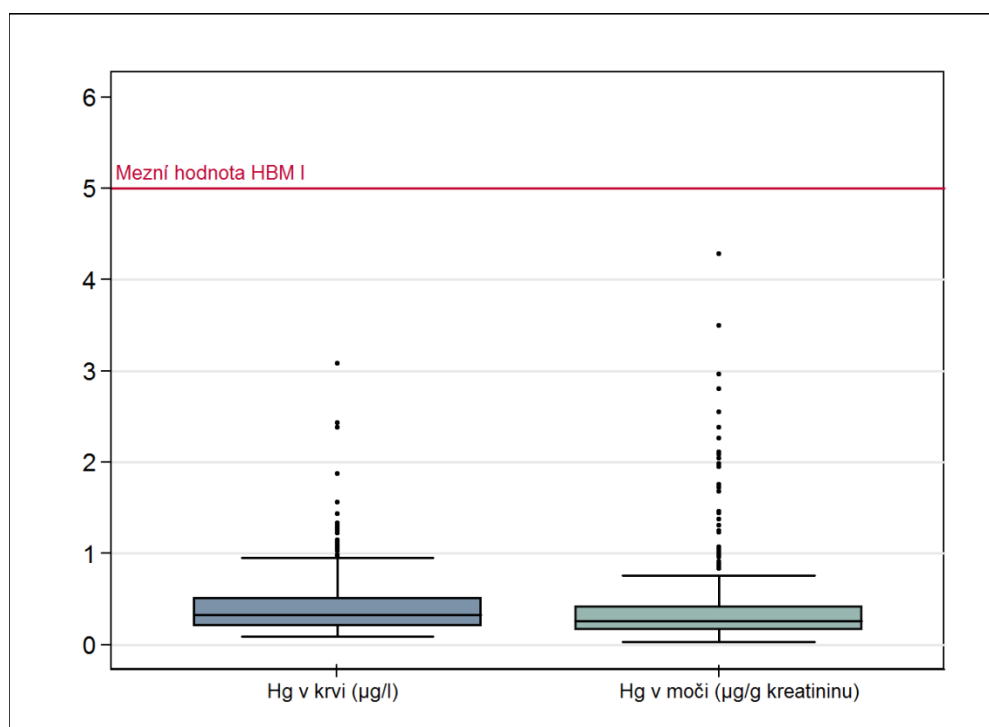
Obsah **kadmia** v krvi je ukazatelem současné aktuální expozice. Střední koncentrace kadmia v krvi dětí se ve sledovaných lokalitách pohybovala od 0,16 do 0,38  $\mu\text{g/l}$  (medián 0,32  $\mu\text{g/l}$ ). Tyto hodnoty jsou srovnatelné s koncentracemi získanými v předchozích letech monitoringu. Obsah kadmia v moči charakterizuje dlouhodobou zátěž. Střední koncentrace kadmia v moči (medián) byla nižší, než v předchozí etapě monitorování v roce 2008 a srovnatelná s koncentrací získanou z mezinárodního projektu Democophes 2011 (Forysová et al., 2017). Překročení zdravotně významné mezní hodnoty stanovené německou Komisí pro biomonitoring pro obsah kadmia v moči (HBM I - 0,5  $\mu\text{g/l}$ ) (Human Biomonitoring Commission, 2015) bylo zjištěno u tří dětí (0,58; 0,61 a 1,89  $\mu\text{g/l}$ ). Zdravotně významná mezní hodnota (HBM II - 2  $\mu\text{g/l}$ ) nebyla překročena u žádného dítěte. Vliv věku nebyl v případě kadmia jednoznačný.

Obsah **olova** v krvi (plumbémie) dětí má od roku 2001 sestupný trend související se snižováním emisí olova do životního prostředí, zejména po zákazu používání olovnatého benzínu; pokles pokračuje i v roce 2016 (obr. 1). Střední hodnota obsahu olova v krvi (medián) ve sledovaných lokalitách byla 12,8  $\mu\text{g/l}$  u chlapců a 11,5  $\mu\text{g/l}$  u dívek. Mladší, pětileté děti měly významně vyšší koncentrace než devítileté (14,9  $\mu\text{g/l}$  vs. 12,7  $\mu\text{g/l}$ ).



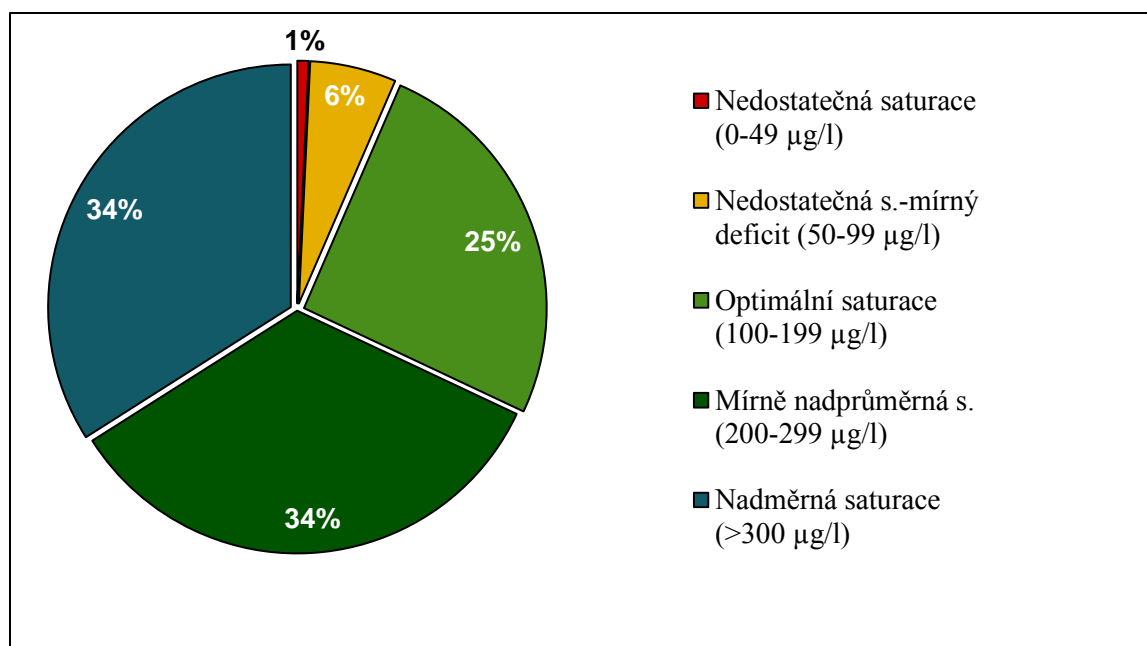
**Obr. 1** Koncentrace olova v krvi dětí (2001-2016)

Obsah **rtuti** v krvi je ukazatelem současné aktuální expozice a vztahuje se zejména k organickým formám rtuti (methylrtuť); oproti tomu hladina v moči vypovídá o dlouhodobější zátěži organismu, a to zejména anorganickými formami a parami rtuti. Výsledky stanovení obsahu rtuti v krvi a v moči dětí nepřesahují zdravotně významné hodnoty HBM (HBM I = 5 µg/l krve; HBM I = 5 µg/g kreatininu) (Human Biomonitoring Commission, 2015) a nepředstavují tedy zvýšené zdravotní riziko (obr. 2). Z hlediska věku nebyl pozorován statisticky významný rozdíl. V souladu s předchozími výsledky biomonitoringu byl potvrzen vliv konzumace mořských i sladkovodních ryb na obsah rtuti v krvi. Konzumace rybího masa by však neměla být omezována, důležitý je výběr druhů s nižší kontaminací. Opakovaně byl potvrzen také vliv počtu amalgámových zubních výplní na obsah rtuti v moči dětí.



**Obr. 2** Obsah rtuti v krvi a moči dětí

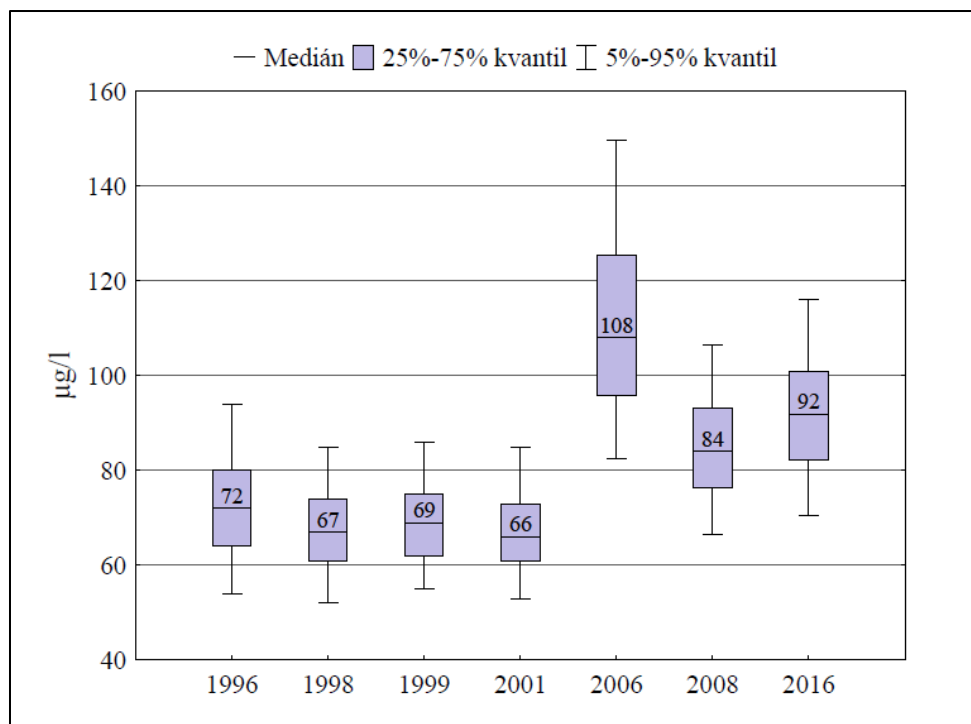
Vhodným ukazatelem pro sledování **saturace populace jódem** je jodurie, neboli množství jódu vylučované močí. Podle Světové zdravotnické organizace (WHO, 2007) je ukazatelem dostatečné saturace organismu koncentrace jódu v moči v rozsahu 100-199 µg/l; hodnoty od 100 do 299 µg/l jsou pokládány za vyhovující a charakterizují populaci bez jódového deficitu. Hodnoty nižší než 100 µg/l značí nedostatečnou saturaci. Na obr. 3 je znázorněna distribuce jodurie u dětí. Vyšetření jodurie u sledované skupiny dětí upozornilo na problém spíše nadměrné saturace. Střední hodnota (medián) jodurie činila 248 µg/l. Optimální obsah jódu v moči byl zjištěn pouze u čtvrtiny dětí (102 dětí ze 400). Nadměrné hodnoty jodurie (nad 300 µg/l) mělo 34 % dětí. Pouze 7 % dětí bylo zásobeno jódem nedostatečně. Pětileté děti měly statisticky významně ( $p < 0,05$ ) vyšší koncentrace jódu v moči než devítileté (279 µg/l vs. 265 µg/l).



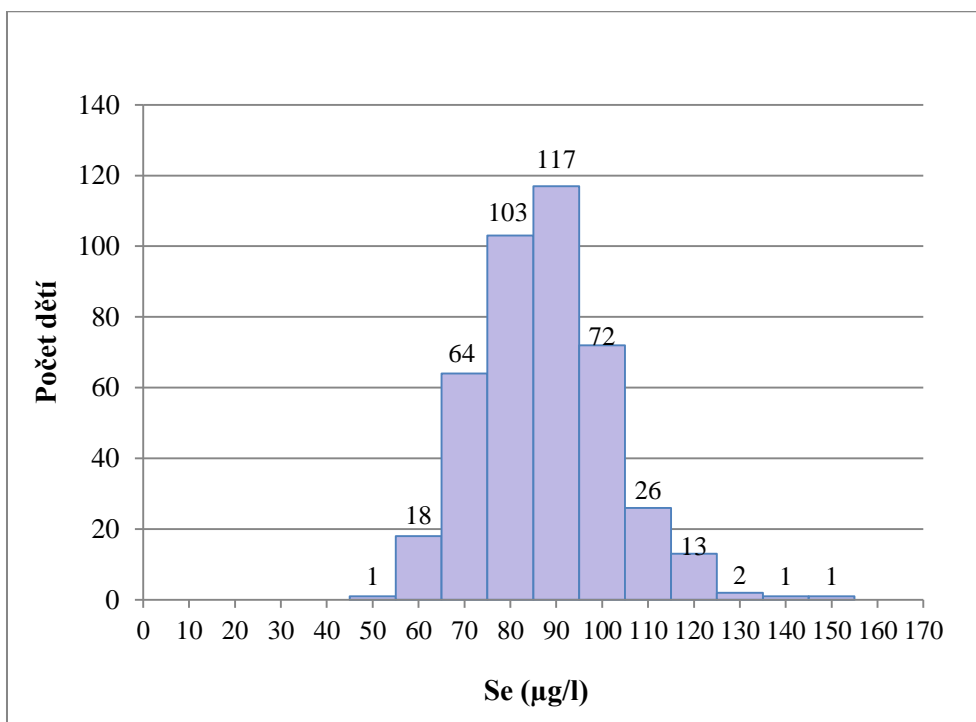
**Obr. 3** Distribuce jodurie podle hodnocení WHO (2016)

**Mangan** je jedním z prvků v určitém množství nezbytných pro funkci organismu, avšak toxických při vyšším než optimálním přívodu. Závažné jsou zejména negativní účinky na vývoj nervové soustavy u dětí. Medián koncentrace v krvi dětí činil 14,1 µg/l. Z hlediska věku dětí nebyl pozorován statisticky významný rozdíl. Bezpečná hladina manganu v krvi pro účely ochrany veřejného zdraví nebyla stanovena. Při srovnání se zahraničními studii je zjištěná střední hodnota srovnatelná s koncentrací získanou v Jižní Koreji (medián: 14 µg/l) (Kim et al., 2009). Naopak je o něco vyšší než koncentrace získaná v Kanadě (9,9 µg/l) (Health Canada, 2013).

**Selen** byl analyzován v plné krvi, která je ukazatelem spíše dlouhodobé saturace (Batáříová et al., 2005; Hays et al., 2014). Střední koncentrace (medián) selenu v krvi dětí činila 92 µg/l, což je mírně vyšší hodnota ve srovnání s předchozím šetřením z roku 2008 (obr. 4). Jako referenční jsou uváděny koncentrace v rozmezí mezi 80 a 250 µg/l plné krve (Thomson, 2004); tomuto rozmezí vyhovovalo 81 % dětí. Deficitní hodnoty (méně než 80 µg/l) mělo 19 % dětí. U žádného dítěte nebyla nalezena hodnota ukazující na těžký deficit selenu (méně než 40 µg/l) – viz. obr. 5. Na obsah selenu v krvi měla významně pozitivní vliv konzumace sladkovodních ryb a mořských plodů. Pětileté děti měly statisticky významně ( $p < 0,05$ ) nižší koncentrace v krvi v porovnání s devítiletými (90,2 µg/l vs. 93,8 µg/l).



**Obr. 4** Koncentrace selenu v krvi dětí (1996-2016)



**Obr. 5** Distribuce selenu v krvi dětí (2016)

Výsledné koncentrace **vybraných metabolitů ftalátů** v moči dětí jsou uvedeny na litr moče (tab. 7), i v přepočtu na kreatinin (tab. 8). Podle doporučení WHO (WHO, 1996) byly

hodnoceny pouze vzorky s hodnotou kreatininu 0,3 – 3,0 g/l (378 ze 395 vzorků moče). Vzhledem k přítomnosti ftalátů prakticky ve všech složkách životního prostředí, nedochází při expozice na rozdíl od persistentních chlorovaných organických látek ke kumulaci v organismu, avšak expozice je kontinuální, tudíž byly všechny sledované metabolity nad limity kvantifikace (LOQ) z více než 50 %. V tabulce 12 jsou uvedeny limity kvantifikace všech sledovaných metabolitů a jejich úplný název.

Sledování obsahu vybraných metabolitů ftalátů v moči navazuje na mezinárodní projekt Democophes, do nějž byly zařazeny matky a jejich děti ve věku 6-11 let (Černá et al., 2015). Získané výsledky projektu poukazovaly na vyšší hladiny některých metabolitů ftalátů u dětí oproti jejich matkám; také z toho důvodu byly tyto látky zařazeny do dalšího sledování u dětí předškolního i školního věku. Analýzy probíhaly v laboratoři SZÚ v Praze. Pro analýzy byla použita vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC) ve spojení s tandemovým hmotnostním spektrometrem (MS/MS).

Sledovány byly vybrané metabolity ftalátů v moči - mono(2-ethylhexyl) ftalát (MEHP); mono(2-ethyl-5-hydroxy-hexyl)ftalát (5-OH-MEHP); mono(2-ethyl-5-oxo-hexyl)ftalát (5-oxo-MEHP); mono-benzyl ftalát (MBzP); mono-isobutyl ftalát (MiBP); mono-n-butyl ftalát (MnBP). Z analyzovaných metabolitů ftalátů převládaly MnBP, MiBP a suma 5-OH-MEHP a 5-oxo-MEHP. MEHP tvoří v moči pouze minoritní část, vzhledem k rychlé biotransformaci na sekundární metabolity. Ve srovnání s daty získanými u české dětské populace v rámci projektu Democophes jsou hodnoty jednotlivých metabolitů zjištěné v roce 2016 nižší. MiBP a MnBP nebyly v rámci mezinárodního projektu v ČR sledovány, z toho důvodu jsou v obr. 6 vynechány.

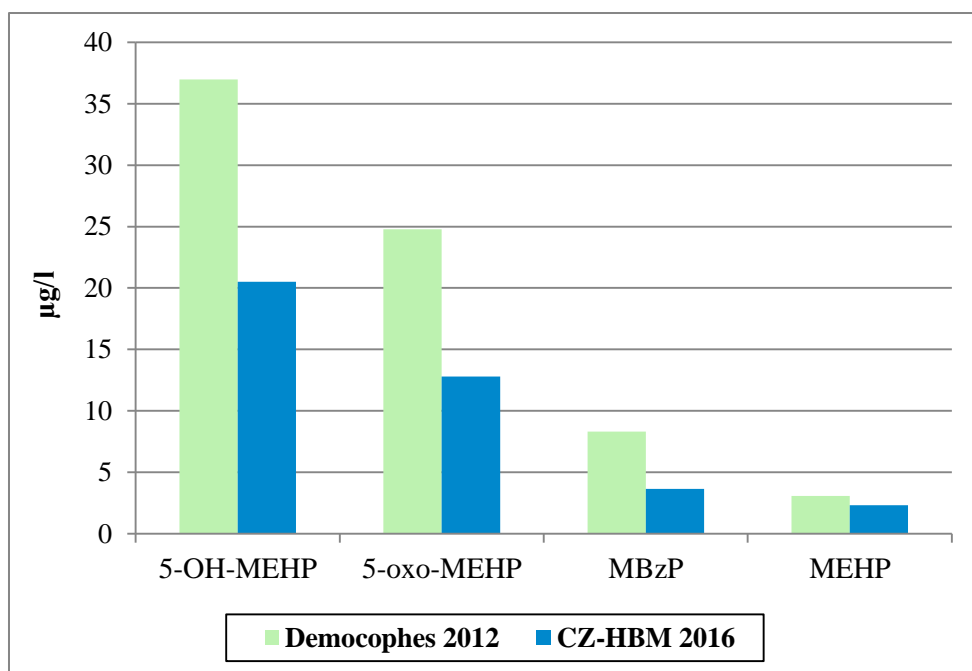
Zdravotně významná limitní hodnota (HBM I) stanovená německou Komisí pro biomonitoring pro součet dvou hlavních sekundárních metabolitů bis(2-ethylhexyl) ftalátu DEHP, 5-OH-MEHP a 5-oxo-MEHP, činí pro děti 500 µg/l moče. Tuto hodnotu nepřekročilo v roce 2016 žádné z dětí, střední hodnota koncentrace v moči činila 33,8 µg/l (34,2 µg/g kreatininu).

Před statistickým vyhodnocením byla data standardizována na obsah kreatininu. U všech sledovaných metabolitů byl pozorován statisticky významný ( $p < 0,05$ ) pokles koncentrací se vzrůstajícím věkem dětí, s výjimkou MEHP, jehož medián byl mírně nižší u mladších dětí. Obsah jednotlivých metabolitů ftalátů se také lišil podle lokality bydliště

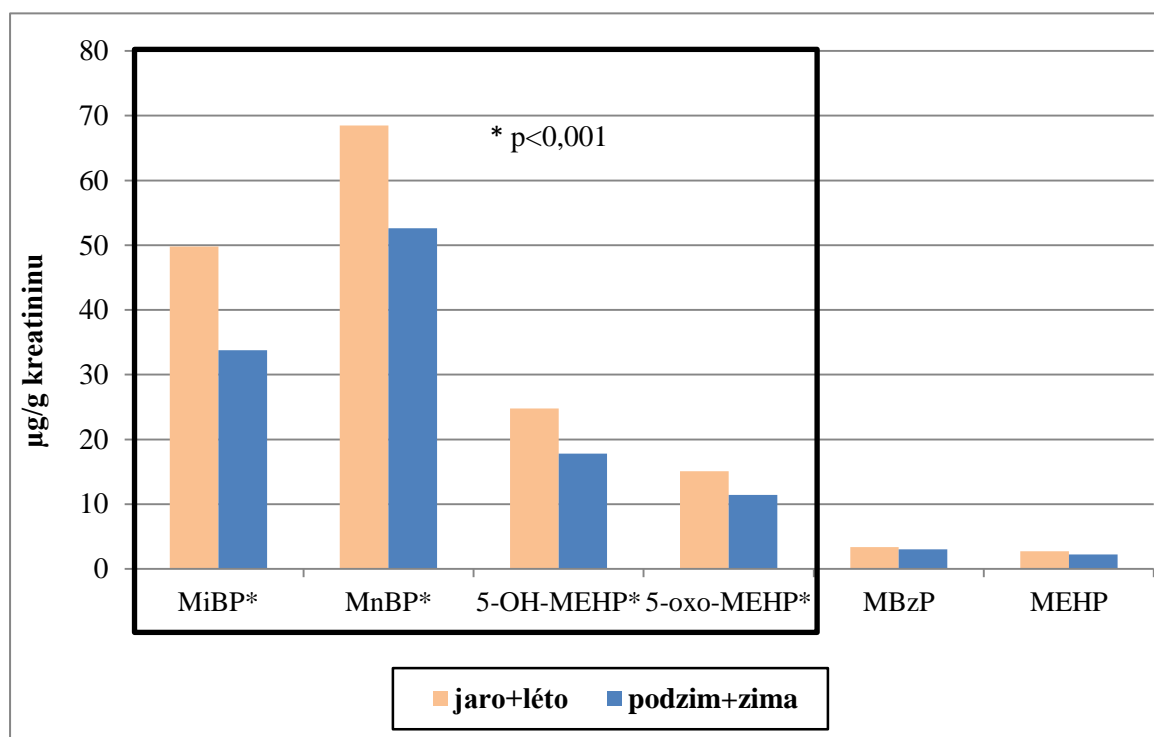


( $p < 0,05$ ). V případě výskytu místního zdroje znečištění, nacházejícího se v blízkosti bydliště, byly u dětí detekovány vyšší hladiny jednotlivých metabolitů; statisticky významné rozdíly ( $p < 0,05$ ) však byly prokázány pouze pro MiBP a MnBP. Významný vliv na obsah MiBP a MnBP v moči ( $p < 0,05$ ) vykazovala také vyšší četnost kontaktu s plastovými výrobky, jako jsou měkké gumové hračky, figurky z umělé hmoty, nafukovací hračky do vody/plovací ploutve, apod. Na základě údajů rodičů o finanční situaci rodiny, měly děti z rodin s uspokojivou finanční situací nižší obsah jednotlivých metabolitů v moči oproti dětem z rodin s neuspokojivou finanční situací, avšak významná souvislost byla prokázána pouze pro MnBP. Významným faktorem ( $p < 0,05$ ) pro vybrané metabolity (MEHP, 5-OH-MEHP, 5-oxo-MEHP, MBzP) je také vzdělání matky, kdy děti vysokoškolsky vzdělaných matek mají nižší obsah výše uvedených metabolitů v moči, než děti matek s nižším vzděláním. Pohlaví dítěte ani další parametry sledované v dotazníku (nedávná renovace a rekonstrukce domácnosti, konzumace vybraných potravin, či tělesná hmotnost) neovlivňovaly expozici významně.

Zajímavým faktorem, ovlivňujícím obsah vybraných metabolitů v moči bylo roční období, konkrétně jaro a léto versus podzim a zima, kdy byl pozorován statisticky významný rozdíl ( $p < 0,001$ ) u sledovaných metabolitů s výjimkou MBzP a MEHP – viz obr. 7. Obdobné výsledky byly zjištěny také u těhotných žen v Číně (Gao et al., 2017). Toto pozorování může být ovlivněno vyšší mírou uvolňování DEHP a DnBP z vybraných materiálů při vyšších teplotách, na což poukazuje také studie zabývající se emisí těchto látek do prostředí (Fujii et al., 2003). Podle studie provedené v letech 2013-2014 v České republice, v oblasti Moravy, jsou nalezené koncentrace DEHP a DnBP v ovzduší vyšší v letních měsících oproti zimě, avšak pouze v některých lokalitách (Růžičková et al., 2016).



**Obr. 6** Srovnání dat získaných v roce 2016 s daty z projektu Democophes

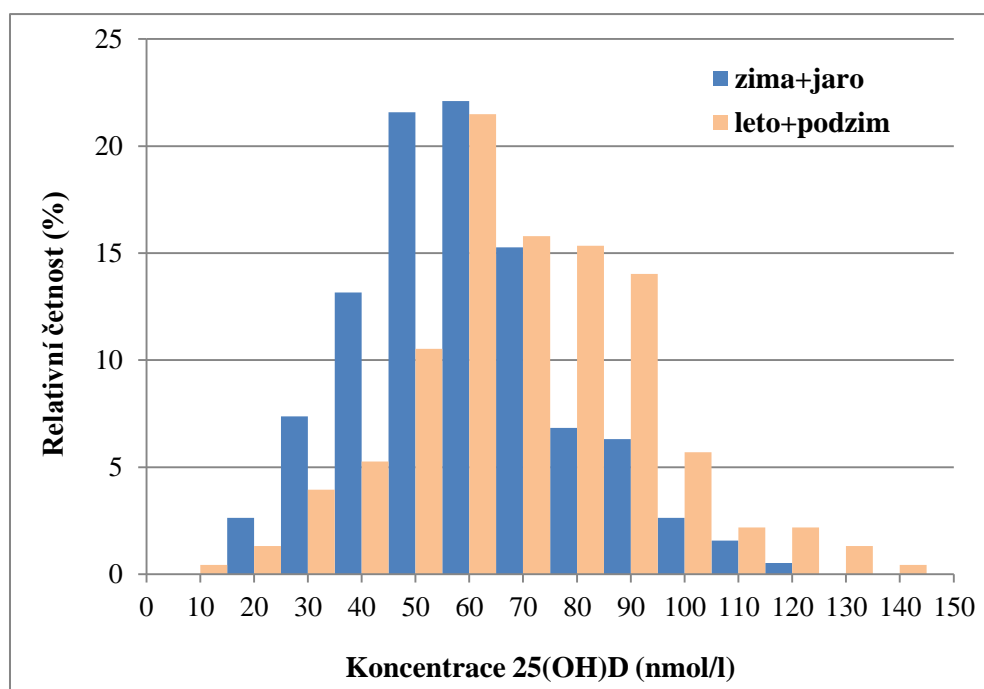


**Obr. 7** Srovnání metabolitů ftalátů v moči dětí v závislosti na ročním období

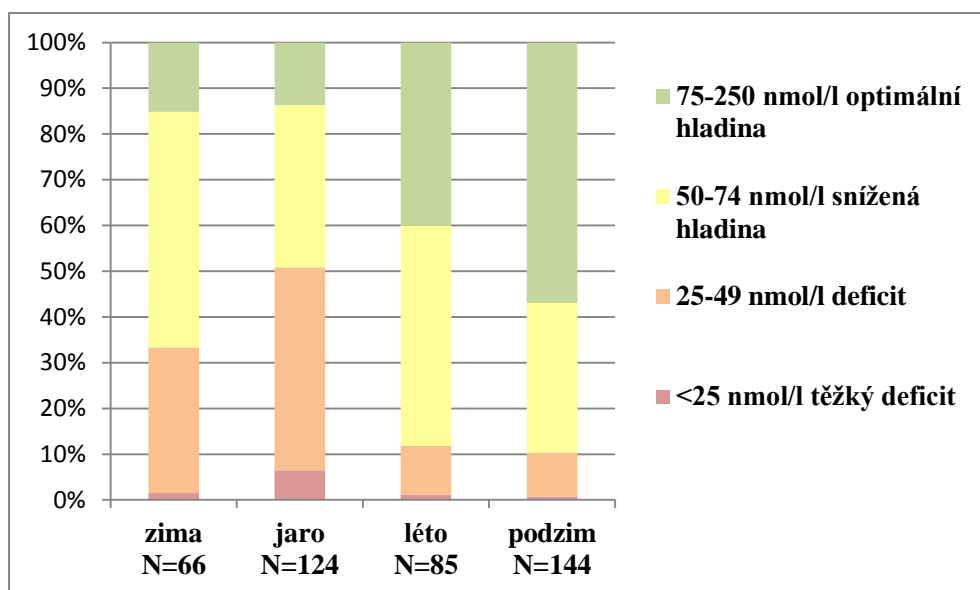
V České republice je dosud velmi málo publikovaných dat, která by mapovala stav zásobení běžné populace **vitaminem D**. V rámci biologického monitoringu byly hladiny metabolitu 25(OH)D v séru sledovány v roce 2016 poprvé. Z celkového počtu sledovaných dětí ve věku

5 a 9 let (N=419) mělo optimální hodnotu zásobení organismu 75 nmol/l pouze 34 % dětí (N=143). Z hlediska věku nebyl pozorován statisticky významný rozdíl. Je známo, že hladiny 25(OH)D mají výraznou sezonalitu v závislosti na intenzitě slunečního záření. Zásadní nedostatek vitamínu D byl pozorován, podobně jako v jiných studiích, v zimních a jarních měsících (tab. 9, obr. 8). V jarních měsících mělo pouze 14 % dětí hodnoty 25(OH)D v pásmu optimální saturace vitamínem D a více než jedna třetina dětí nedosáhla ani dostatečné saturace (obr. 9). Střední hodnota (medián) 25(OH)D za jarní měsíce (březen-květen) činila 49,8 nmol/l, naproti tomu v podzimních měsících (září-listopad) byla zjištěná hodnota 78,7 nmol/l.

Šetření potvrdilo významný vliv expozice dítěte slunečnímu záření na obsah 25(OH)D v séru, především doby výskytu dítěte na slunci a velikosti povrchu těla exponovaného slunci. Děti užívající potravinové doplňky obsahující vitamin D měly významně vyšší hladiny 25(OH)D v séru ( $p < 0,05$ ). Souvislost mezi koncentrací 25(OH)D v séru a přívodem potravy (ryby, mléko, houby, vejce) se neprokázala, pravděpodobně pro nízký dietární přívod vitamínu D.



**Obr. 8** Distribuce 25(OH)D v krevním séru dětí (2016)



**Obr. 9** Koncentrace 25(OH)D v krevním séru dětí v závislosti na ročním období (2016)

## Závěr

Předložená zpráva sumarizuje výsledky Subsystému 5 – Biologický monitoring za rok 2016. Výsledky navazují na dosud poslední opakování z roku 2008, kdy byly sledovány děti ve věku 8-10 let. Nově byla navíc zařazená věková skupina 5-letých dětí, která přinesla první výsledky o zátěži předškolních dětí, které dosud nebyly sledovány. Získané výsledky jsou velmi důležité z hlediska doplnění časových řad, a také k zjištění aktuálního stavu zátěže těmito látkami u dětské populace. V rámci biologického monitoringu byl v roce 2016 poprvé sledován také 25-hydroxyvitamin D v krevním séru. Dlouhodobý nedostatek vitamínu D je aktuálním problémem veřejného zdraví a nedostatečná saturace souvisí s řadou dalších onemocnění.

Ve vzorcích plné krve a moče byly analyzovány vybrané toxické kovy (kadmium, olovo, rtuť, arsen) a esenciální stopové prvky (jód, mangan, selen). Výše uvedené toxické kovy navazují převážně na sestupný trend pozorovaný v průběhu dlouhodobých časových trendů biomonitringové aktivity. Vyšetření jodurie u sledované skupiny dětí upozornilo na problém spíše nadměrné saturace. Optimální obsah jódu v moči byl zjištěn pouze u čtvrtiny dětí (102 dětí ze 400). Nadměrné hodnoty jodurie (nad 300 µg/l) mělo 34 % dětí. Pouze 7 % dětí bylo zásobeno jódem nedostatečně, je tedy nutné dále sledovat vývoj a podporovat optimální saturaci populace. Obsah selenu v krvi je u 81 % dětí v normálním rozmezí.

Sledování hladin vybraných metabolitů ftalátů v moči navazuje na mezinárodní projekt Democophes, v jehož rámci byly sledovány matky a jejich děti ve věku 6-11let. V rámci projektu bylo potvrzeno, že hodnoty vybraných metabolitů u dětí jsou vyšší než u jejich matek, což potvrzuje řada zahraničních studií. Ve srovnání s výsledky zjištěnými v rámci Democophesu došlo u dětí k poklesu všech sledovaných metabolitů. Z dotazníkového šetření bylo zjištěno, že významný vliv na koncentraci vybraných analytů má především věk, lokalita, vzdělání matky a finanční situace rodiny.

Obsah 25-hydroxyvitamínu D v krevním séru představuje základ pro nezbytný monitoring v následujících letech vzhledem k nedostatečné saturaci u 66 % dětí.

## Bibliografie

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (1999). Toxicological Profile for Mercury. *Department of Health and Human Services, Public Health Service*.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2003). Toxicological Profile for Selenium. *Department of Health and Human Services, Public Health Service*.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2007a). Toxicological Profile for Arsenic. *Department of Health and Human Services, Public Health Service*.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2007b). Toxicological Profile for Lead. *Department of Health and Human Services, Public Health Service*.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2012a). Toxicological Profile for Cadmium. *Department of Health and Human Services, Public Health Service*.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2012b). Toxicological Profile for Manganese. *Department of Health and Human Services, Public Health Service*.
- Altman, A., Lerner, A., Oren, Y., Shapira, Y., Agmon-levin, N., Kivity, S., ... Altman, A. (2010). Vitamin D insufficiency in a sunny environment: A demographic and seasonal analysis. *Vitamin D Insufficiency in a Sunny Environment: A Demographic and Seasonal Analysis*, (July).
- Batáriová, A., Černá, M., Spěváčková, V., Čejchanová, M., Beneš, B., & Šmíd, J. (2005). Whole blood selenium content in healthy adults in the Czech Republic. *Science of the Total Environment*, 338(3), 183–188. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.06.024>
- Becker, K., Güen, T., Seiwert, M., Conrad, A., Pick-Fuß, H., Müller, J., ... Kolossa-Gehring, M. (2009). GerES IV: Phthalate metabolites and bisphenol A in urine of German children. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 212, 685–692. <http://doi.org/10.1016/j.ijheh.2009.08.002>
- Bernard, L., Décaudin, B., Lecoœur, M., Richard, D., Bourdeaux, D., Cueff, R., ... Study, A. (2014). Talanta Analytical methods for the determination of DEHP plasticizer alternatives present in medical devices: A review. *Talanta*, 129, 39–54. <http://doi.org/10.1016/j.talanta.2014.04.069>
- Bouillon, R., Schoor, N. M. Van, Gielen, E., Boonen, S., Mathieu, C., Vanderschueren, D., & Lips, P. (2013). Optimal Vitamin D Status: A Critical Analysis on the Basis of Evidence-Based Medicine, 98(August), 1283–1304. <http://doi.org/10.1210/jc.2013-1195>
- Boyle, V. (2014). Vitamin D and pregnancy. *Obstetrics, Gynaecology & Reproductive Medicine*, 24(10), 315–316. <http://doi.org/10.1016/j.ogrm.2014.07.005>
- Caldwell, K. L., Jones, R., & Hollowell, J. G. (2005). Urinary iodine concentration: United States National Health And Nutrition Examination Survey 2001-2002. *Thyroid: Official Journal of the American Thyroid Association*, 15(7), 692–699. <http://doi.org/10.1089/thy.2005.15.692>
- Caldwell, K. L., Jones, R. L., Verdon, C. P., Jarrett, J. M., Caudill, S. P., & Osterloh, J. D. (2009). Levels of urinary total and speciated arsenic in the US population: National Health and Nutrition Examination Survey 2003 – 2004, 59–68. <http://doi.org/10.1038/jes.2008.32>
- Cashman, K. D., Hill, T. R., Cotter, A. A., Boreham, C. A., Dubitzky, W., Murray, L., ...

- Kiely, M. (2008). Low vitamin D status adversely affects bone health parameters. *American Society for Clinical Nutrition*, (21).
- Castaño, A., Cutanda, F., Esteban, M., Pärt, P., Navarro, C., Gómez, S., ... Posada, M. (2015). Fish consumption patterns and hair mercury levels in children and their mothers in 17 EU countries. *Environmental Research*, 141, 58–68. <http://doi.org/10.1016/j.envres.2014.10.029>
- CCME. (2001). Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health - Arsenic (Inorganic).
- Černá, M., Malý, M., Rudnai, P., Középesy, S., Náray, M., Halzlová, K., ... Vrbík, K. (2015). Case study: Possible differences in phthalates exposure among the Czech, Hungarian, and Slovak populations identified based on the DEMOCOPHES pilot study results. *Environmental Research*, 141, 118–124. <http://doi.org/10.1016/j.envres.2014.10.025>
- Day, S., Acquah, K., Platt, A., Lee, P. P., Mruthyunjaya, P., & Sloan, F. A. (2013). Association of Vitamin D Deficiency and Age-Related Macular Degeneration in Medicare Beneficiaries. *Archives of Ophthalmology*, 130(8), 1070–1071. <http://doi.org/10.1001/archophthalmol.2012.439>. Association
- European Food Safety Authority. (2012). EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); Scientific Opinion on Emerging and Novel Brominated Flame Retardants (BFRs) in Food. *EFSA Journal*, 10(10), 125. <http://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2908>.
- Figueiredo, A. C. C., Trujillo, J., Freitas-vilela, A. A., Beatriz, A., Rebelo, F., Cunha, G. M., ... Beatriz, A. (2017). Association between plasma concentrations of vitamin D metabolites and depressive symptoms throughout pregnancy in a prospective cohort of Brazilian women. *Journal of Psychiatric Research*. <http://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2017.07.009>
- Forysová, K., Pinkr-Grafnetterová, A., Malý, M., Krsková, A., Mráz, J., Kašparová, L., ... Černá, M. (2017). Urinary Cadmium and Cotinine Levels and Hair Mercury Levels in Czech Children and Their Mothers Within the Framework of the COPHES / DEMOCOPHES Projects. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 1–10. <http://doi.org/10.1007/s00244-017-0412-y>
- Fujii, M., Shinohara, N., Lim, A., Otake, T., Kumagai, K., & Yanagisawa, Y. (2003). A study on emission of phthalate esters from plastic materials using a passive flux sampler. *Atmospheric Environment*, 37, 5495–5504. <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2003.09.026>
- Gao, H., Zhu, Y., Xu, Y., Zhang, Y., Yao, H., Sheng, J., & Jin, Z. (2017). Season-dependent concentrations of urinary phthalate metabolites among Chinese pregnant women: Repeated measures analysis. *Environment International*, 104, 110–117. <http://doi.org/10.1016/j.envint.2017.03.021>
- Geens, T., Bruckers, L., Covaci, A., Schoeters, G., Fierens, T., Sioen, I., ... Hond, E. Den. (2014). Determinants of bisphenol A and phthalate metabolites in urine of Flemish adolescents. *Environmental Research*, 134, 110–117. <http://doi.org/10.1016/j.envres.2014.07.020>
- Goldhaber, S. B. (2003). Trace element risk assessment: Essentiality vs. toxicity. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 38(2), 232–242. [http://doi.org/10.1016/S0273-2300\(02\)00020-X](http://doi.org/10.1016/S0273-2300(02)00020-X)

- Hartmann, C., Uhl, M., Weiss, S., Koch, H. M., Scharf, S., & K??nig, J. (2015). Human biomonitoring of phthalate exposure in Austrian children and adults and cumulative risk assessment. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 218(5), 489–499. <http://doi.org/10.1016/j.ijheh.2015.04.002>
- Hayek, J. El, Egeland, G., & Weiler, H. (2010). Vitamin D Status of Inuit Preschoolers Reflects Season and Vitamin D Intake 1 , 2. *The Journal of Nutrition Nutritional Epidemiology*, 25, 1839–1845. <http://doi.org/10.3945/jn.110.124644.1839>
- Hays, S. M., Macey, K., Nong, A., & Aylward, L. L. (2014). Biomonitoring Equivalents for selenium. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 70(1), 333–339. <http://doi.org/10.1016/j.yrtph.2014.07.017>
- Health Canada. (2013). *Second report on Human biomonitoring of environmental Chemicals in Canada - Results of Canadian Health Measures Survey Cycle 2 (2009-2011)* (Vol. 2).
- Heitland, P., & Köster, H. D. (2006). Biomonitoring of 30 trace elements in urine of children and adults by ICP-MS. *Clinica Chimica Acta*, 365(1–2), 310–318. <http://doi.org/10.1016/j.cca.2005.09.013>
- Holick, M. F., Binkley, N. C., Bischoff-Ferrari, H. A., Gordon, C. M., Hanley, D. A., Heaney, R. P., ... Weaver, C. M. (2011). Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: An endocrine society clinical practice guideline. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 96(7), 1911–1930. <http://doi.org/10.1210/jc.2011-0385>
- Howe, P., Hughes, M., Kenyon, E., Lewis, D. R., Moore, M., Ng, J., ... Becking, G. (2001). Arsenic and arsenic compounds. *WHO, Geneva, Second edi.*
- Human Biomonitoring Commission. (2015). Human-Biomonitoring(HBM) values for blood and/or urine. Retrieved from [http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/bilder/dateien/tabelle\\_hbm-werte\\_engl.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/bilder/dateien/tabelle_hbm-werte_engl.pdf)
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. (2012). Arsenic, metals, fibres, and dusts. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans / World Health Organization, International Agency for Research on Cancer*, 100(Pt C), 11–465.
- IOM (Institute of Medicine). (2000). *Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids.*
- Johner SA, Thamm M, Schmitz R, R. T. (2015). Examination of iodine status in the German population: an example for methodological pitfalls of the current approach of iodine status assessment. *European Journal of Nutrition*, 55(3), 1275–1282. <http://doi.org/10.1007/s00394-015-0941-y>
- Kasper-Sonnenberg, M., Koch, H. M., Wittsiepe, J., Brüning, T., & Wilhelm, M. (2014). Phthalate metabolites and bisphenol A in urines from German school-aged children : Results of the Duisburg Birth Cohort and Bochum Cohort Studies. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 217(8), 830–838. <http://doi.org/10.1016/j.ijheh.2014.06.001>
- Katsikantami, I., Sifakis, S., Tzatzarakis, M. N., Vakonaki, E., Kalantzi, O., Tsatsakis, A. M., & Rizos, A. K. (2016). Review article A global assessment of phthalates burden and related links to health effects. *Environment International*, 97, 212–236.



<http://doi.org/10.1016/j.envint.2016.09.013>

- Kim, Y., Kim, B., Hong, Y., Shin, M., Yoo, H., Kim, J., ... Cho, S. (2009). Co-exposure to environmental lead and manganese affects the intelligence of. *NeuroToxicology*, 30, 564–571. <http://doi.org/10.1016/j.neuro.2009.03.012>
- Klingberg, E., Petzold, M., Konar, J., & Hammarsten, O. (2015). Seasonal variations in serum 25-hydroxy vitamin D levels in a Swedish cohort. *Endocrine*, 25, 800–808. <http://doi.org/10.1007/s12020-015-0548-3>
- Koch, H. M., Lorber, M., Christensen, K. L. Y., Pälme, C., Koslitz, S., & Brüning, T. (2013). Identifying sources of phthalate exposure with human biomonitoring: Results of a 48h fasting study with urine collection and personal activity patterns. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 216(6), 672–681. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2012.12.002>
- Koh, E. S., Kim, S. J., Yoon, H. E., Chung, J. H., Chung, S., Park, C. W., ... Shin, S. J. (2014). Association of blood manganese level with diabetes and renal dysfunction: a cross-sectional study of the Korean general population. *BMC Endocrine Disorders*, 14(1), 24. <http://doi.org/10.1186/1472-6823-14-24>
- Koller, L. D., & Exon, J. H. (1986). The two faces of selenium-deficiency and toxicity--are similar in animals and man. *Canadian Journal of Veterinary Research = Revue Canadienne de Recherche Veterinaire*, 50, 297–306.
- Kvíčala, J., Zamrazil, V., & Jiránek, V. (1999). Characterization of selenium status of inhabitants in the region Usti nad Orlici, Czech Republic by INAA of blood serum and hair and fluorimetric analysis of urine. *Biological Trace Element Research*, 71–72, 31–39. <http://doi.org/10.1007/BF02784188>
- Lapatsanis, D., Moulas, A., Cholevas, V., Soukakos, P., Papadopoulou, Z. L., & Challa, A. (2005). Vitamin D: A Necessity for Children and Adolescents in Greece. *Calcified Tissue International*, 77(6), 348–355. <http://doi.org/10.1007/s00223-004-0096-y>
- Mansbach, J., Ginde, A., & Camargo, C. (2013). Serum 25-Hydroxyvitamin D Levels Among US Children Aged 1 to 11 Years: Do Children Need More Vitamin D? *Pediatrics*, 124(5), 1404–1410. <http://doi.org/10.1542/peds.2008-2041.Serum>
- Muscogiuri, G., Annweiler, C., Duval, G., Karras, S., Tirabassi, G., Salvio, G., ... Colao, A. (2017). Vitamin D and cardiovascular disease: From atherosclerosis to myocardial infarction and stroke. *International Journal of Cardiology*, 230, 577–584. <http://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.12.053>
- National Research Council (US) Subcommittee on Arsenic in Drinking Water. (1999). Arsenic in Drinking Water. *National Academies Press*, 330.
- Navarro-Alarcon, M., & Cabrera-Vique, C. (2008). Selenium in food and the human body: A review. *Science of the Total Environment*, 400(1–3), 115–141. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.06.024>
- Palacios, C., & Gonzalez, L. (2015). Is vitamin D deficiency a major global public health problem? Cristina. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 144, 138–145. <http://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2013.11.003.Is>
- Pan, Y., Jing, J., Dong, F., Yao, Q., Zhang, W., & Zhang, H. (2015). Association between phthalate metabolites and biomarkers of reproductive function in 1066 Chinese men of

- reproductive age. *Journal of Hazardous Materials*, 300, 729–736. <http://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.08.011>
- Pei, X. Q., Song, M., Guo, M., Mo, F. F., & Shen, X. Y. (2013). Concentration and risk assessment of phthalates present in indoor air from newly decorated apartments. *Atmospheric Environment*, 68, 17–23. <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.11.039>
- Petersen, A. (2015). EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain). Scientific Opinion on acrylamide in food. *European Food Safety Authority*. <http://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4104>
- Pirard, C., Koppen, G., De Cremer, K., Van Overmeire, I., Govarts, E., Dewolf, M. C., ... Charlier, C. (2014). 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*, 472, 730–740. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.028>
- Poopedi, M. A., Norris, S. A., & Pettifor, J. M. (2017). Factors influencing the vitamin D status of 10-year-old urban South African children. *Public Health Nutrition*, 14(2), 334–339. <http://doi.org/10.1017/S136898001000234X>
- Rasheed, H., Slack, R., & Kay, P. (2016). Human health risk assessment for arsenic: A critical review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 46(19–20), 1529–1583. <http://doi.org/10.1080/10643389.2016.1245551>
- Richter, K., Breitner, S., Webb, A. R., Huth, C., Thorand, B., Kift, R., ... Schneider, A. (2014). Influence of external, intrinsic and individual behaviour variables on serum 25(OH)D in a German survey. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 140, 120–129. <http://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2014.07.018>
- Ruprich et al. (2009). Arsen. *CZVP SZÚ*, 1–3.
- Ruprich et al. (2011). Mangan. *CZVP SZÚ*, 1–3.
- Ruprich et al. (2015a). Jód. *Zpráva MZSO, Projekt IV, Rok 2014, CZVP SZÚ*, 1–3.
- Ruprich et al. (2015b). Selen. *Zpráva MZSO, Projekt IV, Rok 2014, CZVP SZÚ*, 1–3.
- Růžičková, J., Raclavská, H., Raclavský, K., & Juchelková, D. (2016). Phthalates in PM2.5 airborne particles in the Moravian-Silesian Region, Czech Republic. *Perspectives in Science*, 7, 178–183. <http://doi.org/10.1016/j.pisc.2015.11.029>
- Satarug, S., & Moore, M. R. (2004). Adverse health effects of chronic exposure to low-level cadmium in foodstuffs and cigarette smoke. *Environmental Health Perspectives*, 112(10), 1099–1103. <http://doi.org/10.1289/ehp.6751>
- Sioen, I., Mouratidou, T., Kaufman, J., Bammann, K., Michels, N., Pigeot, I., ... Vyncke, K. (2012). Determinants of vitamin D status in young children: results from the Belgian arm of the IDEFICS (Identification and Prevention of Dietary- and Lifestyle-Induced Health Effects in Children and Infants) Study. *Public Health Nutrition*, 6(15), 1093–1099. <http://doi.org/10.1017/S1368980011002989>
- Smith, A. H., Marshall, G., Yuan, Y., Ferreccio, C., Liaw, J., Ehrenstein, O. Von, ... Selvin, S. (2006). Increased Mortality from Lung Cancer and Bronchiectasis in Young Adults after Exposure to Arsenic in Utero and in Early Childhood. *Environmental Health Perspectives*, 114(8), 1293–1296. <http://doi.org/10.1289/ehp.8832>
- Sturgeon, S. R., Flynn, D., Kaiser, A. B., & Reeves, K. W. (2016). Urinary levels of phthalate

- metabolites and cardiovascular disease mortality (NHANES, 1999 – 2008). *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 219(8), 876–882. <http://doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.07.006>
- Thomson, C. D., Smith, T. E., Butler, K. A., Packer, M. A. (1996). An evaluation of urinary measures of iodine and selenium status. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 10(4), 214–222.
- Thomson, C. D. (2004). Assessment of requirements for selenium and adequacy of selenium status: a review. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58(3), 391–402. <http://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601800>
- Tranfo, G., Papaleo, B., Caporossi, L., Capanna, S., Rosa, M. De, Pignini, D., ... Paci, E. (2013). Urinary metabolite concentrations of phthalate metabolites in Central Italy healthy volunteers determined by a validated HPLC/MS/MS analytical method. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 216(4), 481–485. <http://doi.org/10.1016/j.ijheh.2012.11.003>
- Tratnik, J. S., Mazej, D., Miklav, A., Krsnik, M., Kobal, A. B., Osredkar, J., ... Horvat, M. (2013). Biomonitoring of selected trace elements in women, men and children from Slovenia. *E3S Web of Conferences, Vol. 1*, 2–4.
- Tsuji, J. S., Williams, P. R. D., Edwards, M. R., Allamneni, K. P., Kelsh, M. A., Paustenbach, D. J., & Sheehan, P. J. (2003). Evaluation of mercury in urine as an indicator of exposure to low levels of mercury vapor. *Environmental Health Perspectives*, 111(4), 623–630. <http://doi.org/10.1289/ehp.5717>
- WHO. (1996). Biological monitoring of chemical exposure in the workplace: guidelines.
- WHO. (2004). Guidelines for drinking-water quality: recommendations.
- WHO. (2007). Assessment of the iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. *WHO, Geneva*, 1–107.
- Zamrazil, V., & Čeřovská, J. (2014). Jód a štítná žláza. Optimální příjem jódu a poruchy z jeho nedostatku. *Praha: Mladá Fronta*, 1–49.
- Zimmermann, M. B., Jooste, P. L., & Pandav, C. S. (2008). Iodine-deficiency disorders. *The Lancet*, 372(9645), 1251–1262. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)61005-3](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)61005-3)

## Seznam tabulek

<b>Tab. 1</b> Kritéria hodnocení přívodu jódu podle obsahu jódu v moči (jodurie).....	13
<b>Tab. 2</b> Zdravotně významné hodnoty pro sledované toxické prvky v krvi a moči dětí .....	18
<b>Tab. 3</b> Základní charakteristika sledovaného souboru .....	38
<b>Tab. 4</b> Koncentrace kovů a esenciální prvků v krvi [ $\mu\text{g/l}$ ] .....	39
<b>Tab. 5</b> Koncentrace kovů a esenciální prvků v moči [ $\mu\text{g/l}$ ].....	40
<b>Tab. 6</b> Koncentrace kovů a esenciální prvků v moči [ $\mu\text{g/g}$ kreatininu] .....	41
<b>Tab. 7</b> Obsah metabolitů ftalátů v moči dětí [ $\mu\text{g/l}$ ] .....	42
<b>Tab. 8</b> Obsah metabolitů ftalátů v moči dětí [ $\mu\text{g/g}$ kreatininu] .....	43
<b>Tab. 9</b> Koncentrace vitamínu D v séru dětí .....	45
<b>Tab. 10</b> Limity kvantifikace (LOQ) u analytů s $> 50\%$ hodnot nad LOQ .....	45
<b>Tab. 11</b> Srovnání hodnot kovů v krvi s vybranou zahraniční literaturou .....	46
<b>Tab. 12</b> Srovnání hodnot kovů v moči s vybranou zahraniční literaturou .....	46
<b>Tab. 13</b> Srovnání hodnot metabolitů ftalátů v moči s vybranou zahraniční literaturou .....	47
<b>Tab. 14</b> Srovnání hodnot 25-hydroxyvitamínu D v séru s vybranou zahraniční literaturou ...	47

## Seznam obrázků

<b>Obr. 1</b> Koncentrace olova v krvi dětí (2001-2016) .....	20
<b>Obr. 2</b> Obsah rtuti v krvi a moči dětí.....	21
<b>Obr. 3</b> Distribuce jodurie podle hodnocení WHO (2016) .....	22
<b>Obr. 4</b> Koncentrace selenu v krvi dětí (1996-2016).....	23
<b>Obr. 5</b> Distribuce selenu v krvi dětí (2016).....	23
<b>Obr. 6</b> Srovnání dat získaných v roce 2016 s daty z projektu Democophes .....	26
<b>Obr. 7</b> Srovnání metabolitů ftalátů v moči dětí v závislosti na ročním období.....	26
<b>Obr. 8</b> Distribuce 25(OH)D v krevním séru dětí (2016) .....	27
<b>Obr. 9</b> Koncentrace 25(OH)D v krevním séru dětí v závislosti na ročním období (2016) .....	28

## Seznam zkratek

25(OH)D	25-hydroxy vitamin D
5-OH-MEHP	Mono(2-ethyl-5-hydroxy-hexyl)ftalát
5-oxo-MEHP	Mono(2-ethyl-5-oxo-hexyl)ftalát
As	Arsen
ATSDR	Americká agentura pro toxické látky a registr nemocí
DMA	Dimethylarseničná kyselina
Cd	Kadmium
EFSA	Evropský úřad pro bezpečnost potravin
HBM	Human biomonitoring value –tzv. mezní hodnota
Hg	Rtuť
H <sub>max</sub>	Maximální hodnota
H <sub>min</sub>	Minimální hodnota
HPLC	Vysokoúčinná kapalinová chromatografie
I	Jód
IARC	Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny
ICP-MS	Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
ICCIDD	Mezinárodní rada pro kontrolu poruch z nedostatku jódu
IQ	Intelligenční kvocient
KHS	Krajská hygienická stanice
LOQ	Limit kvantifikace
MBzP	Mono-benzyl ftalát
Me	Medián
MEHP	Mono(2-ethylhexyl) ftalát
MiBP	Mono-isobutyl ftalát
MMA	Monomethylarseničná kyselina
Mn	Mangan
MnBP	Mono-n-butyl ftalát
MS/MS	Tandemový hmotnostní spektrometr
N	Počet vzorků
Pb	Olovo
Se	Selen
SOP	Standardní operační protokol
SZÚ	Státní zdravotní ústav
UNICEF	Dětský fond organizace spojených národů
WHO	Světová zdravotnická organizace
x <sub>0,25</sub>	25 % kvantil, dolní kvartil
x <sub>0,75</sub>	75 % kvantil, horní kvartil
x <sub>0,95</sub>	95 % kvantil
x <sub>g</sub>	Geometrický průměr

## Přílohy

**Tab. 3** Základní charakteristika sledovaného souboru

Počet dětí		Celkem	5-ti leté	9-ti leté
Moč	N	400	158	242
Krev	N	418	162	256
Sérum	N	419	162	257
<b>Výška a hmotnost</b>				
Moč	průměr (cm)	145	113	137
	průměr (kg)	39,7	20	32,1
Krev	průměr (cm)	145	113	137
	průměr (kg)	39,3	20	32,2
Sérum	průměr (cm)	145	113	113
	průměr (kg)	39,3	20	32,2

**Tab. 4** Koncentrace kovů a esenciální prvků v krvi [ $\mu\text{g/l}$ ], 2016

	<b>Pb</b>	<b>Cd</b>	<b>Hg</b>	<b>Se</b>	<b>Mn</b>
<b>Celkem</b>					
<b>N</b>			418		
<b>x<sub>g</sub></b>	12,3	0,304	0,321	91,3	14,2
<b>Me</b>	12,4	0,317	0,330	92,0	14,1
<b>x<sub>0,25</sub></b>	9,65	0,220	0,210	82,3	12,2
<b>x<sub>0,75</sub></b>	15,3	0,452	0,510	101	16,2
<b>x<sub>0,95</sub></b>	26,2	0,681	1,03	116	20,2
<b>H<sub>min</sub></b>	3,81	0,030	0,090	59,7	7,67
<b>H<sub>max</sub></b>	61,1	0,859	3,08	155	28,0
<b>Praha</b>					
<b>N</b>			99		
<b>x<sub>g</sub></b>	11,7	0,362	0,376	96,5	14,0
<b>Me</b>	11,5	0,380	0,400	97,6	13,9
<b>x<sub>0,25</sub></b>	8,76	0,268	0,250	87,0	12,1
<b>x<sub>0,75</sub></b>	14,7	0,533	0,590	105	15,9
<b>x<sub>0,95</sub></b>	22,9	0,659	1,14	123	19,6
<b>H<sub>min</sub></b>	4,83	0,123	0,0900	71,2	7,67
<b>H<sub>max</sub></b>	36,7	0,743	1,32	133	27,2
<b>Liberec</b>					
<b>N</b>			82		
<b>x<sub>g</sub></b>	14,3	0,299	0,303	96,9	14,9
<b>Me</b>	13,2	0,274	0,310	96,3	15,1
<b>x<sub>0,25</sub></b>	10,9	0,186	0,220	87,9	13,0
<b>x<sub>0,75</sub></b>	17,4	0,511	0,430	107	16,5
<b>x<sub>0,95</sub></b>	33,4	0,826	1,08	128	21,8
<b>H<sub>min</sub></b>	6,62	0,0614	0,0900	61,9	9,05
<b>H<sub>max</sub></b>	49,9	0,859	3,08	155	22,7
<b>Ostrava</b>					
<b>N</b>			104		
<b>x<sub>g</sub></b>	10,8	0,315	0,291	88,2	13,8
<b>Me</b>	10,9	0,328	0,330	91,4	13,5
<b>x<sub>0,25</sub></b>	8,53	0,224	0,195	79,6	11,8
<b>x<sub>0,75</sub></b>	13,4	0,452	0,495	98,9	16,2
<b>x<sub>0,95</sub></b>	19,2	0,787	0,800	108	20,3
<b>H<sub>min</sub></b>	3,81	0,0732	0,0900	61,6	8,84
<b>H<sub>max</sub></b>	61,1	0,859	1,33	121	25,7
<b>Žďár nad Sázavou</b>					
<b>N</b>			98		
<b>x<sub>g</sub></b>	13,0	0,301	0,314	87,9	14,2
<b>Me</b>	12,9	0,320	0,330	87,0	14,1
<b>x<sub>0,25</sub></b>	10,2	0,240	0,220	81,4	12,3
<b>x<sub>0,75</sub></b>	16,6	0,398	0,460	94,8	16,1
<b>x<sub>0,95</sub></b>	23,1	0,590	0,910	111	20,2
<b>H<sub>min</sub></b>	5,33	0,0604	0,0900	59,7	8,83
<b>H<sub>max</sub></b>	40,1	0,737	2,38	125	28,0

<b>Kutná Hora</b>					
<b>N</b>	34				
<b>x<sub>g</sub></b>	13,1	0,181	0,338	84,1	14,4
<b>Me</b>	13,3	0,156	0,315	82,6	15,1
<b>x<sub>0,25</sub></b>	9,65	0,134	0,200	77,6	11,8
<b>x<sub>0,75</sub></b>	17,0	0,279	0,540	92,4	16,7
<b>x<sub>0,95</sub></b>	26,2	0,414	1,06	105	19,4
<b>H<sub>min</sub></b>	5,09	0,030	0,0900	61,0	10,1
<b>H<sub>max</sub></b>	35,3	0,437	1,12	108	19,7

**Tab. 5** Koncentrace kovů a esenciální prvků v moči [ $\mu\text{g/l}$ ], 2016

	<b>Cd</b>	<b>Hg</b>	<b>I</b>	<b>As</b>
<b>Celkem</b>				
<b>N</b>	399			
<b>x<sub>g</sub></b>	0,0958	0,276	239	11,5
<b>Me</b>	0,0956	0,280	247	10,4
<b>x<sub>0,25</sub></b>	0,0646	0,200	176	7,22
<b>x<sub>0,75</sub></b>	0,155	0,380	338	14,8
<b>x<sub>0,95</sub></b>	0,356	1,26	502	54,2
<b>H<sub>min</sub></b>	0,0250	0,100	44,5	1,85
<b>H<sub>max</sub></b>	1,89	4,23	1321	248
<b>Praha</b>				
<b>N</b>	94			
<b>x<sub>g</sub></b>	0,0833	0,245	202	12,8
<b>Me</b>	0,0816	0,260	203	10,6
<b>x<sub>0,25</sub></b>	0,620	0,100	138	7,52
<b>x<sub>0,75</sub></b>	0,118	0,350	310	20,3
<b>x<sub>0,95</sub></b>	0,271	0,870	494	93,1
<b>H<sub>min</sub></b>	0,025	0,100	44,5	2,29
<b>H<sub>max</sub></b>	0,577	1,35	844	248
<b>Liberec</b>				
<b>N</b>	80			
<b>x<sub>g</sub></b>	0,131	0,233	223	11,3
<b>Me</b>	0,142	0,230	230	10,8
<b>x<sub>0,25</sub></b>	0,0678	0,100	167	7,64
<b>x<sub>0,75</sub></b>	0,275	0,35	316	14,5
<b>x<sub>0,95</sub></b>	0,419	1,09	522	51,3
<b>H<sub>min</sub></b>	0,0250	0,100	69	1,85
<b>H<sub>max</sub></b>	0,481	4,23	718	120
<b>Ostrava</b>				
<b>N</b>	99			
<b>x<sub>g</sub></b>	0,0835	0,302	260	11,0
<b>Me</b>	0,0921	0,300	265	9,98
<b>x<sub>0,25</sub></b>	0,0571	0,210	202	7,37
<b>x<sub>0,75</sub></b>	0,134	0,410	347	14,3
<b>x<sub>0,95</sub></b>	0,251	1,35	510	38,1
<b>H<sub>min</sub></b>	0,025	0,100	48,5	2,51
<b>H<sub>max</sub></b>	0,370	4,09	642	79,4



<b>Žďár nad Sázavou</b>				
<b>N</b>	93			
<b>x<sub>g</sub></b>	0,0935	0,292	257	10,3
<b>Me</b>	0,100	0,280	268	10,1
<b>x<sub>0,25</sub></b>	0,0662	0,210	212	6,37
<b>x<sub>0,75</sub></b>	0,151	0,390	351	13,5
<b>x<sub>0,95</sub></b>	0,269	1,10	477	61,1
<b>H<sub>min</sub></b>	0,0250	0,100	48,0	1,99
<b>H<sub>max</sub></b>	0,355	3,17	550	140
<b>Kutná Hora</b>				
<b>N</b>	33			
<b>x<sub>g</sub></b>	0,106	0,390	277	13,3
<b>Me</b>	0,0834	0,310	329	11,6
<b>x<sub>0,25</sub></b>	0,0593	0,220	191	8,04
<b>x<sub>0,75</sub></b>	0,190	0,950	410	16,4
<b>x<sub>0,95</sub></b>	0,610	2,64	548	64,5
<b>H<sub>min</sub></b>	0,0250	0,100	54,6	1,89
<b>H<sub>max</sub></b>	1,89	3,07	1321	232

**Tab. 6** Koncentrace kovů a esenciální prvků v moči [ $\mu\text{g/g}$  kreatininu], 2016

	<b>Cd</b>	<b>Hg</b>	<b>I</b>	<b>As</b>
<b>Celkem</b>				
<b>N</b>	399			
<b>x<sub>g</sub></b>	0,0971	0,280	242	11,6
<b>Me</b>	0,0923	0,262	237	9,91
<b>x<sub>0,25</sub></b>	0,0639	0,163	181	7,17
<b>x<sub>0,75</sub></b>	0,143	0,417	356	16,2
<b>x<sub>0,95</sub></b>	0,336	1,31	551	49,1
<b>H<sub>min</sub></b>	0,0148	0,0353	63,8	3,67
<b>H<sub>max</sub></b>	1,39	4,28	1461	238
<b>Praha</b>				
<b>N</b>	94			
<b>x<sub>g</sub></b>	0,0872	0,256	211	13,4
<b>Me</b>	0,0887	0,275	215	11,3
<b>x<sub>0,25</sub></b>	0,0621	0,163	145	7,72
<b>x<sub>0,75</sub></b>	0,118	0,367	296	18,4
<b>x<sub>0,95</sub></b>	0,226	0,843	476	66,0
<b>H<sub>min</sub></b>	0,0214	0,0353	63,8	3,94
<b>H<sub>max</sub></b>	0,425	1,02	585	238
<b>Liberec</b>				
<b>N</b>	80			
<b>x<sub>g</sub></b>	0,142	0,251	241	12,2
<b>Me</b>	0,149	0,242	239	10,9
<b>x<sub>0,25</sub></b>	0,0719	0,144	174	7,25
<b>x<sub>0,75</sub></b>	0,300	0,379	322	16,0
<b>x<sub>0,95</sub></b>	0,471	1,15	556	56,3
<b>H<sub>min</sub></b>	0,0148	0,0546	70,9	3,67
<b>H<sub>max</sub></b>	0,799	4,28	1167	196

<b>Ostrava</b>				
<b>N</b>		99		
<b>x<sub>g</sub></b>	0,0794	0,287	247	10,4
<b>Me</b>	0,0821	0,267	246	8,70
<b>x<sub>0,25</sub></b>	0,0585	0,155	187	6,97
<b>x<sub>0,75</sub></b>	0,114	0,447	349	14,8
<b>x<sub>0,95</sub></b>	0,192	1,76	581	40,6
<b>H<sub>min</sub></b>	0,0203	0,0573	87,9	3,91
<b>H<sub>max</sub></b>	0,622	2,96	806	61,8
<b>Žďár nad Sázavou</b>				
<b>N</b>		93		
<b>x<sub>g</sub></b>	0,0971	0,303	267	10,7
<b>Me</b>	0,0984	0,265	261	9,43
<b>x<sub>0,25</sub></b>	0,0776	0,200	199	6,46
<b>x<sub>0,75</sub></b>	0,139	0,490	363	15,6
<b>x<sub>0,95</sub></b>	0,184	1,00	590	49,1
<b>H<sub>min</sub></b>	0,0252	0,0444	98,2	3,73
<b>H<sub>max</sub></b>	0,332	2,81	964	153
<b>Kutná Hora</b>				
<b>N</b>		33		
<b>x<sub>g</sub></b>	0,0971	0,358	254	12,2
<b>Me</b>	0,0774	0,283	254	9,87
<b>x<sub>0,25</sub></b>	0,0633	0,144	182	8,25
<b>x<sub>0,75</sub></b>	0,153	1,07	304	20,6
<b>x<sub>0,95</sub></b>	0,447	2,55	619	45,9
<b>H<sub>min</sub></b>	0,0266	0,0566	129	4,27
<b>H<sub>max</sub></b>	1,39	3,49	1461	131

**Tab. 7** Obsah metabolitů ftalátů v moči dětí [μg/l], 2016

	<b>MEHP</b>	<b>5-OH-MEHP</b>	<b>5-oxo-MEHP</b>	<b>MBzP</b>	<b>MiBP</b>	<b>MnBP</b>
<b>Celkem</b>						
<b>N</b>		377				
<b>x<sub>g</sub></b>	2,31	20,5	12,8	3,65	43,5	62,4
<b>Me</b>	2,37	21,2	13,5	3,20	38,7	61,6
<b>x<sub>0,25</sub></b>	1,00	12,1	7,61	0,950	23,1	37,7
<b>x<sub>0,75</sub></b>	3,81	34,7	19,7	6,87	72,3	103
<b>x<sub>0,95</sub></b>	7,38	66,7	41,3	37,1	237	235
<b>H<sub>min</sub></b>	1,00	2,99	1,00	0,950	4,31	7,8
<b>H<sub>max</sub></b>	16,7	245	99,8	265	843	523
<b>Praha</b>						
<b>N</b>		90				
<b>x<sub>g</sub></b>	1,91	17,2	10,4	3,22	34,0	52,4
<b>Me</b>	2,00	17,9	12,1	3,03	34,6	49,2
<b>x<sub>0,25</sub></b>	1,00	9,41	6,19	0,950	20,2	31,4
<b>x<sub>0,75</sub></b>	3,35	29,1	17,6	6,48	54,3	91,2
<b>x<sub>0,95</sub></b>	5,76	59,6	35,6	24,8	135	231
<b>H<sub>min</sub></b>	1,00	2,99	1,00	0,950	4,31	7,80
<b>H<sub>max</sub></b>	8,36	114	69,9	54,0	179	320

<b>Liberec</b>						
<b>N</b>	72					
<b>x<sub>g</sub></b>	2,50	18,7	12,1	2,81	37,4	49,9
<b>Me</b>	2,53	20,8	12,7	2,71	33,3	53,1
<b>x<sub>0,25</sub></b>	1,39	11,5	6,98	0,950	19,9	27,1
<b>x<sub>0,75</sub></b>	3,91	32,6	20,0	3,88	56,7	80,5
<b>x<sub>0,95</sub></b>	9,72	49,9	37,1	17,5	150	156
<b>H<sub>min</sub></b>	1,00	4,43	2,56	0,950	7,04	9,58
<b>H<sub>max</sub></b>	11,6	65,7	42,7	64,4	460	342
<b>Ostrava</b>						
<b>N</b>	94					
<b>x<sub>g</sub></b>	2,41	22,9	14,6	3,36	57,6	83,7
<b>Me</b>	2,47	22,2	14,3	2,94	48,6	78,7
<b>x<sub>0,25</sub></b>	1,00	14,2	9,57	0,950	31,4	46,3
<b>x<sub>0,75</sub></b>	4,12	34,5	22,3	6,59	92,0	137
<b>x<sub>0,95</sub></b>	7,41	92,8	44,3	29,2	385	267
<b>H<sub>min</sub></b>	1,00	5,05	2,69	0,950	12,1	17,6
<b>H<sub>max</sub></b>	16,7	245	99,8	143	843	523
<b>Žďár nad Sázavou</b>						
<b>N</b>	88					
<b>x<sub>g</sub></b>	2,35	22,6	14,1	5,45	42,5	64,3
<b>Me</b>	2,42	22,2	15,1	5,78	41,8	63,6
<b>x<sub>0,25</sub></b>	1,00	13,8	8,57	2,32	19,7	40,0
<b>x<sub>0,75</sub></b>	3,81	36,6	20,5	12,8	72,6	103
<b>x<sub>0,95</sub></b>	7,90	71,9	44,0	61,2	239	229
<b>H<sub>min</sub></b>	1,00	3,42	1,00	0,950	5,94	8,36
<b>H<sub>max</sub></b>	13,7	116	70,6	265	757	328
<b>Kutná Hora</b>						
<b>N</b>	33					
<b>x<sub>g</sub></b>	2,77	23,0	13,7	4,11	57,8	66,2
<b>Me</b>	2,89	21,0	14,3	3,83	55,8	74,1
<b>x<sub>0,25</sub></b>	2,27	15,1	9,14	2,14	32,8	46,6
<b>x<sub>0,75</sub></b>	3,69	36,3	19,2	6,29	80,7	90,8
<b>x<sub>0,95</sub></b>	6,40	66,7	41,6	42,8	301	152
<b>H<sub>min</sub></b>	1,00	6,23	4,71	0,950	13,9	19,3
<b>H<sub>max</sub></b>	8,04	88,2	53,6	116	397	242

**Tab. 8** Obsah metabolitů ftalátů v moči dětí [μg/g kreatininu], 2016

	<b>MEHP</b>	<b>5-OH-MEHP</b>	<b>5-oxo-MEHP</b>	<b>MBzP</b>	<b>MiBP</b>	<b>MnBP</b>
<b>Celkem</b>						
<b>N</b>	377					
<b>x<sub>g</sub></b>	2,35	20,8	13,0	3,71	44,2	63,4
<b>Me</b>	2,38	20,4	12,6	3,24	38,9	61,9
<b>x<sub>0,25</sub></b>	1,57	13,4	8,82	1,75	24,1	40,6
<b>x<sub>0,75</sub></b>	3,50	31,3	19,9	6,36	69,5	95,0
<b>x<sub>0,95</sub></b>	6,19	54,7	37,6	36,1	231	200
<b>H<sub>min</sub></b>	0,516	4,18	1,29	0,509	8,96	11,5
<b>H<sub>max</sub></b>	21,9	158	74,5	253	691	745

<b>Praha</b>						
<b>N</b>	90					
<b>x<sub>g</sub></b>	1,99	17,8	10,8	3,35	35,4	54,5
<b>Me</b>	1,96	16,7	10,6	3,36	37,3	57,1
<b>x<sub>0,25</sub></b>	1,29	11,1	8,00	1,61	20,4	34,2
<b>x<sub>0,75</sub></b>	3,12	26,3	16,1	5,81	54,7	87,0
<b>x<sub>0,95</sub></b>	4,96	52,9	30,7	15,9	119	176
<b>H<sub>min</sub></b>	0,524	4,67	1,29	0,561	8,96	13,9
<b>H<sub>max</sub></b>	6,70	85,5	59,3	41,4	231	305
<b>Liberec</b>						
<b>N</b>	72					
<b>x<sub>g</sub></b>	2,75	20,6	13,3	3,09	41,2	54,9
<b>Me</b>	2,80	21,9	14,5	2,84	35,1	57,7
<b>x<sub>0,25</sub></b>	1,76	13,6	8,70	1,54	22,1	35,5
<b>x<sub>0,75</sub></b>	4,07	30,1	19,7	4,39	71,4	82,7
<b>x<sub>0,95</sub></b>	7,09	54,7	40,2	17,6	217	141
<b>H<sub>min</sub></b>	0,566	4,18	2,08	0,711	9,38	11,5
<b>H<sub>max</sub></b>	21,9	121	72,4	122	288	347
<b>Ostrava</b>						
<b>N</b>	94					
<b>x<sub>g</sub></b>	2,32	22,1	14,1	3,24	55,5	80,7
<b>Me</b>	2,41	20,1	13,1	2,72	48,0	75,7
<b>x<sub>0,25</sub></b>	1,46	14,9	9,24	1,64	29,3	47,3
<b>x<sub>0,75</sub></b>	3,64	33,8	21,5	5,65	89,1	133
<b>x<sub>0,95</sub></b>	6,94	56,0	52,4	22,7	282	257
<b>H<sub>min</sub></b>	0,529	6,53	3,70	0,509	11,4	22,2
<b>H<sub>max</sub></b>	11,1	158	64,3	134	691	744
<b>Žďár nad Sázavou</b>						
<b>N</b>	88					
<b>x<sub>g</sub></b>	2,41	23,1	14,4	5,57	43,4	65,7
<b>Me</b>	2,45	24,0	14,7	5,04	36,5	63,7
<b>x<sub>0,25</sub></b>	1,61	14,7	10,4	2,18	22,7	42,9
<b>x<sub>0,75</sub></b>	3,88	35,1	21,3	11,8	65,7	97,3
<b>x<sub>0,95</sub></b>	6,58	51,1	36,1	58,5	269	188
<b>H<sub>min</sub></b>	0,516	6,47	3,01	0,566	11,5	19,3
<b>H<sub>max</sub></b>	12,5	134	74,5	253	438	240
<b>Kutná Hora</b>						
<b>N</b>	33					
<b>x<sub>g</sub></b>	2,54	21,1	12,6	3,77	53,1	60,8
<b>Me</b>	2,45	20,7	11,4	2,85	48,8	60,4
<b>x<sub>0,25</sub></b>	1,83	15,9	9,66	1,91	31,7	45,6
<b>x<sub>0,75</sub></b>	3,45	28,0	16,9	7,14	84,7	87,5
<b>x<sub>0,95</sub></b>	5,90	55,2	26,3	42,8	376	129
<b>H<sub>min</sub></b>	0,733	4,59	3,47	0,628	12,9	23,7
<b>H<sub>max</sub></b>	8,71	88,2	53,6	45,1	394	177

**Tab. 9** Koncentrace vitamínu D v séru dětí [nmol/l], 2016

	<b>Celý rok</b>	<b>Zima</b>	<b>Jaro</b>	<b>Léto</b>	<b>Podzim</b>
<b>N</b>	419	66	124	85	144
<b>x<sub>g</sub></b>	61,3	54,6	48,0	69,8	73,9
<b>Me</b>	63,0	56,0	49,8	67,8	79,0
<b>x<sub>0,25</sub></b>	48,6	45,1	39,6	60,2	61,1
<b>x<sub>0,75</sub></b>	82,7	66,7	62,5	86,7	91,5
<b>x<sub>0,95</sub></b>	104	93,9	86,4	113	113
<b>H<sub>min</sub></b>	12,1	23,7	12,1	19,6	21,2
<b>H<sub>max</sub></b>	147	114	104	139	147

**Tab. 10** Limity kvantifikace (LOQ) u analytů s > 50 % hodnot nad LOQ

<b>Analyt</b>	<b>Název</b>	<b>LOQ</b>
<b>Metabolity ftalátů [µg/l]</b>		
MEHP	mono(2-ethylhexyl) ftalát	2,0
5-OH-MEHP	mono(2-ethyl-5-hydroxy-hexyl)ftalát	1,5
5-oxo-MEHP	mono(2-ethyl-5-oxo-hexyl)ftalát	2,0
MBzP	mono-benzyl ftalát	1,9
MiBP	mono-isobutyl ftalát	2,7
MnBP	mono-n-butyl ftalát	1,6
<b>25-hydroxyvitamin D [nmol/l séra]</b>		
25(OH)D	25-hydroxyvitamin D	12,5
<b>Kovy [µg/l]</b>		
Pb	Olovo	(0,18)*
Cd	Kadmium	0,05 (0,06)*
Hg	Rtuť	0,2 (0,18)*
As	Arsen	1,8*
Se	Selen	(2,4)*
Mn	Mangan	(3,0)*
I	Jód	1,0 *

\*Hodnota LOQ při analýzách moči (krve)

**Tab. 11** Srovnání hodnot kovů v krvi s vybranou zahraniční literaturou [ $\mu\text{g/l}$  krve]

Studie	Populace	N	Pb	Cd	Hg	Se	Mn	Parametry
<b>Tato studie (2016)</b>	ČR	418	12,4 (3,81-61,1)	0,317 (0,0300-0,859)	0,330 (0,0900-3,08)	92,0 (59,7-155)	14,1 (7,67-28,1)	Me ( $H_{\min}$ - $H_{\max}$ )
Kim et al. (2009)	Jižní Korea	261	15,5 (4,2-49,1)	-	-	-	14 (5,3-29,0)	Me ( $H_{\min}$ - $H_{\max}$ )
Health Canada (2013)	Kanada	961	7,4 (4,3-18)	0,090 (LOD-0,20)	0,21 (LOD-2)	170 (140-210)	11 (7,7-16)	Me ( $X_{0,1}$ - $X_{0,95}$ )
Tratnik et al. (2013)	Slovinsko	174	16,1	0,24	0,77	60	-	$X_g$

**Tab. 12** Srovnání hodnot kovů v moči s vybranou zahraniční literaturou [ $\mu\text{g/l}$  moči;  $\mu\text{g/g}$  kreatininu]

Studie	Populace	N	Jednotky	Cd	Hg	I	As	Parametry
<b>Tato studie (2016)</b>	ČR	399	$\mu\text{g/l}$	0,0956 (0,0250-1,89)	0,280 (0,100-4,23)	247 (44,5-1321)	10,4 (1,85-248)	Me ( $H_{\min}$ - $H_{\max}$ )
<b>Tato studie (2016)</b>	ČR	399	$\mu\text{g/g}$ kreat.	0,0923 (0,0148-1,39)	0,262 (0,0353-4,28)	237 (63,8-1461)	9,91 (3,67-238)	Me ( $H_{\min}$ - $H_{\max}$ )
Health Canada (2013)	Kanada	1062	$\mu\text{g/l}$	0,27 (0,076-0,86)	-	-	6,8 (2-44)	Me ( $X_{0,1}$ - $X_{0,95}$ )
Health Canada (2013)	Kanada	1058	$\mu\text{g/g}$ kreat.	0,28 (0,12-0,8)	-	-	6,6 (2,9-54)	Me ( $X_{0,1}$ - $X_{0,95}$ )
Caldwell et al. (2009)	USA	290	$\mu\text{g/l}$	-	-	-	6,7 (2,4-46,9)	Me ( $X_{0,1}$ - $X_{0,95}$ )
Caldwell et al. (2009)	USA	290	$\mu\text{g/g}$ kreat.	-	-	-	7,14 (3,21-38,2)	Me ( $X_{0,1}$ - $X_{0,95}$ )
Heitland & Köster (2006)	Německo	72	$\mu\text{g/l}$	0,13	-	-	12	$X_g$
Caldwell et al. (2005)	USA	3058	$\mu\text{g/l}$	-	-	249	-	Me
Johner et al. (2015)	Německo	-	$\mu\text{g/l}$	-	-	117	-	Me

**Tab. 13** Srovnání hodnot metabolitů ftalátů v moči s vybranou zahraniční literaturou [geometrický průměr, µg/l moči; µg/g kreatininu]

Studie	Populace	N	Jednotky	MEHP	5-OH-MEHP	5-oxo-MEHP	MBzP	MiBP	MnBP
<b>Tato studie (2016)</b>	ČR	377	µg/l	2,31	20,5	12,8	3,65	43,5	62,4
			µg/g kreat.	2,35	20,8	13,0	3,71	44,2	63,4
Larsson et al. (2014)	Švédsko	97	µg/l	2,74	24,6	15,7	19,9	-	76,9
			µg/g kreat.	3,08	27,8	17,7	22,5	-	86,8
Cutanda et al. (2015)	Španělsko	60	µg/l	6,94	44,5	28,1	17,2	75,9	53,3
			µg/g kreat.	6,94	44,5	28,1	17,2	75,9	53,3
Kasper-Sonnenberg et al. (2012)	Německo	104	µg/l	3,9	29,3	26,2	12,5	66,2	48,1
			µg/g kreat.	3,08	28,6	25,6	12,2	64,6	46,9
Frederiksen et al. (2013)	Dánsko	143	µg/l	4,5	32	16	11	74	39
			µg/g kreat.	4,1	31	15	11	71	37
Arbuckle et al. (2016)	Kanada	1044	µg/l	3,33	31,5	20,0	21,2	-	33,1
Calafat et al. (2017)	USA	122	µg/l	1,00	9,20	6,00	6,20	7,90	10,4

**Tab. 14** Srovnání hodnot 25-hydroxyvitaminu D v séru s vybranou zahraniční literaturou [medián, nmol/l séra]

Studie	Populace	N	25(OH)D	Sezonalita	Parametry
<b>Tato studie (2016)</b>	ČR	419	63,0	Celý rok	Me
Lapatsanis et al. (2005)	Řecko	43	46,3	Celý rok	X <sub>g</sub>
Hayek et al. (2010)	Kanada	282	48,3	Léto	Me
Cashman et al. (2008)	UK	505	62,3	Celý rok	Me
Altman et al. (2010)	Izrael	195	57,3	Celý rok	X <sub>g</sub>
Mansbach et al. (2013)	USA	4558	68	Celý rok	X <sub>g</sub>