

## ZHODNOCENÍ VÝSKYTU REZIDUÍ PESTICIDŮ A POLYCHLOROVANÝCH BIFENYLŮ V MLÉCE PŘEŽVÝKAVCŮ V ČESKÉ REPUBLICE V LETECH 2006–2020

*Climova Natalia<sup>1</sup>, Hasoňová Lucie<sup>1</sup>, Samková Eva<sup>1</sup>, Hálová Karolína<sup>1</sup>, Honesová Simona<sup>1</sup>, Hanuš Oto<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,

Fakulta zemědělská a technologická

<sup>2</sup> Výzkumný ústav mlékárenský, Praha

### Evaluation of the occurrence of pesticide and polychlorinated biphenyl residues in ruminant milk in the Czech Republic in 2006–2020

#### Abstrakt

Cílem práce bylo posoudit výsledky monitoringu Státní veterinární správy ČR na přítomnost vybraných pesticidů a polychlorovaných bifenylnů (PCB) v mléce přežvýkavců za období 2006–2020. V rámci monitoringu bylo na přítomnost reziduí pesticidů testováno celkem 7094 vzorků mléka, největší podíl tvořilo mléko kravské (76 %). Pozitivní nálezy byly zjištěny pouze u organochlorových pesticidů (7,2 %). Nejvyšší záchyt byl v mléce kravském (7,5 %), dále v kozím (6,0 %) a ovčím (5,4 %). V průběhu sledovaného období se podíl pozitivních vzorků snižoval z 12,1 % na 0,2 %. Na počátku sledování (2006–2010) byl prokázán vysoký podíl pozitivních vzorků na DDT (69,8 %) a HCB (37,5 %). V posledním období sledování (2016–2020) byl podíl pozitivních vzorků obou látek již velmi nízký (2,1 %, resp. 0 %). V případě PCB bylo za patnáctileté období analyzováno celkem 517 vzorků mléka, z toho bylo 16,8 % vzorků pozitivních. Nejvyšší záchyt reziduí PCB byl v mléce kravském (18,3 %), dále v kozím (11,8 %) a ovčím (7,7 %). Rovněž u PCB docházelo postupně k snižování výskytu pozitivních vzorků, a to z 24,0 % na 6,6 %.

**Klíčová slova:** mléko, kontaminace, rezidua pesticidů, rezidua PCB

#### Abstract

The aim of the work was to assess the results of the monitoring of the State Veterinary Administration of the Czech Republic for the presence of selected pesticides and polychlorinated biphenyls (PCBs) in the milk of ruminants for the period 2006–2020. As part of the monitoring, a total of 7094 milk samples were tested for the presence of pesticide residues, the largest part was cow's milk (76%). Positive findings were found only for organochlorine pesticides (7.2%). The highest concentration was in cow's milk (7.5%), followed by goat's milk (6.0%) and sheep's milk (5.4%). During the monitored period, the proportion of positive samples decreased from 12.1% to 0.2%. At the beginning of monitoring (2006–2010), a high proportion of positive samples for DDT (69.8%) and HCB (37.5%) was demonstrated. In the last monitoring period (2016–2020), the proportion of positive samples for both substances was already very low (2.1% and 0%, respectively). In the case of PCBs, a total of 517 milk samples were analyzed over a fifteen-year period, of which 16.8% were positive. The highest concentration of PCB residues was in cow's milk (18.3%), followed by goat's milk (11.8%) and sheep's milk (7.7%). There was also a gradual decrease in the occurrence of positive samples for PCBs, from 24.0% to 6.6%.

**Keywords:** dairy cow, milk, treatment, residues of inhibitors

#### Úvod

Mléko je pravidelně kontrolováno na přítomnost reziduí kontaminujících látek, které mají původ převážně v zemědělské prvovýrobě. Některé z kontaminujících látek mohou inhibovat růst mlékárenských kultur při zpracování mléka a vyvolávat různé zdravotní problémy u konzumentů. Ačkoliv v souvislosti s mlékem patří bezpochyby k nejčastěji skloňovaným kontaminujícím látkám antibiotika, pravidelně jsou vyhodnocovány

i obsahy dalších látek jako jsou rezidua pesticidů a polychlorovaných bifenylů (PCB).

Pojem pesticidy zahrnuje přípravky na ochranu rostlin včetně adjuvantů a biocidní přípravky (dezinfekční prostředky, konzervační prostředky, insekticidy a repelenty). Jejich definici, použití či podmínky schvalování lze nalézt v evropských právních předpisech (*Směrnice EP a Rady 2009/128/ES; Nařízení (ES) č. 1107/2009; Nařízení (EU) č. 528/2012*). Pesticidy jsou látky používané k ničení hmyzu, plevelů, hub, hlodavců apod. (*Jayaraj a kol., 2016*). První zaznamenané použití pesticidů bylo asi 4500 let př. n. l. Sumery, kteří sloučeninami síry hubili hmyz a roztoče. Přibližně 3200 let př. n. l. používali Číňané rtuť a sloučeniny arsenu k hubení vši. Až do 40. let 20. století byly při hubení škůdců stále široce používány anorganické látky, jako je chlorečnan sodný a kyselina sírová, nebo organické chemikálie pocházející z přírodních zdrojů. Rozvoj syntetických pesticidů se zrychlil po druhé světové válce s objevem účinků DDT (dichlordifenyltrichlorethan), HCB (hexachlorbenzen), aldrinu, dieldrinu, endrinu, chlordanu a dalších (*IUPAC, 2010*). Spektrum chemických látek proti různým škodlivým organismům se postupně rozšiřovalo, a to nejen v zemědělské produkci, ale i pro použití v domácnostech a k ochraně zdraví lidí (*Tabulka 1*).

Oblast zemědělství však zůstává oblastí s nejhojnějším používáním pesticidů, a to hlavně v rozvojových zemích. Uvádí se, že přibližně jedna třetina celosvětové zemědělské produkce je ročně znehodnocena škůdci (*Jayaraj a kol., 2016*), cílené použití pesticidů lze tedy v tomto ohledu označit za obhajitelné. Vedle toho *Pimentel (1995)* poukázal na to, že pouze 0,3 % aplikovaných pesticidů dosahuje cílového organismu, zatímco většina (99,7 %) se dostává do různých složek prostředí. Uvedené potvrdila i nedávná studie ze severní Itálie, která se zaměřovala na míru kontaminace veřejných míst pesticidy v zemědělsky intenzivně využívaných oblastech (*Linhart a kol., 2021*).

PCB jsou skupinou perzistentních organochlorových sloučenin, které zahrnují 209 chemicky příbuzných látek (kongenerů), lišících se počtem a polohou atomů chloru navázaných na aromatickém uhlovodíku bifenylu tvořeném dvěma benzenovými jádry (*Borja a kol., 2005*).

Podle toxikologických vlastností lze rozdělit do dvou skupin: 12 kongenerů má podobné toxikologické vlastnosti jako dioxiny, a jsou proto často označovány jako PCB s dioxinovým efektem. Ostatní polychlorované bifenylly jsou nazývané PCB bez dioxinového efektu a jsou charakterizovány sumou šesti indikátorových kongenerů (28, 52, 101, 138, 153 a 180). Tato suma je považována za vhodný ukazatel výskytu této skupiny PCB v potravinách (*Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006*).

PCB byly masivně vyráběny a používány v období od 30. do 80. let 20. století. Největším světovým producentem byla firma Monsanto (USA, Velká Británie). Využití PCB bylo široké, v zemědělství především jako přísady v nátěrových hmotách a pesticidech (*Korrick a Sagiv, 2008*). Prodávaly se pod různými obchodními názvy, např. Asbestol, Bakola, Chlorinol, Hydeler. Poté, co byly prokázány jejich toxické účinky, byla výroba postupně ukončena – nejprve v Japonsku (1972) a v USA (1977). Ostatní průmyslové země (např. bývalé Československo, Chemko Strážske) pokračovaly ve výrobě až do poloviny 80. let 20. století (*Totevova a kol., 1997; Beránek a Petrlík, 2005; Wimmerová a kol., 2015*).

Společnou charakteristikou většiny pesticidů a PCB je jejich lipofilní povaha, dlouhý poločas rozpadu v prostředí (*Wang a kol., 2018*) a vysoká schopnost kumulovat se v živočišných tkáních, zejména v tkáni tukové (*Hamadamin a Hassan, 2020*). Tyto vlastnosti jsou z hlediska kontaminace potravního řetězce lidí podstatné. Z prokázaných negativních účinků na lidský organismus lze jmenovat karcinogenní, imunosupresivní, narušení hormonální rovnováhy a s tím související snížení reprodukčních funkcí (*Tabulka 2*).

I když je použití mnoha z těchto látek vzhledem k negativnímu působení na zdraví lidí i na životní prostředí již zakázáno (*Gonçalves a kol., 2021*), jejich rezidua se z důvodu hojného až neuváženého používání v minulosti a velmi pomalé biodegradace mohou dosud objevovat v zemědělských surovinách včetně mléka (*Borja a kol., 2005; Parra-Arroyo a kol., 2022; Boudebbouz a kol., 2022*).

Cílem práce bylo vyhodnotit výsledky monitoringu reziduí vybraných pesticidů a PCB v syrovém kravském,

**Tab. 1** Klasifikace pesticidů z různých hledisek

Klasifikace	Příklady skupin
dle původu	přírodní, syntetické
dle cílového organismu	baktericidy, insekticidy, herbicidy, fungicidy, rodenticidy, baktericidy, molluskocidy, algicidy
dle vstupu	systémové, kontaktní, požerové, respirační
dle mechanismu účinku	inhibitory acetylcholinesterázy, inhibitory kyseliny gama-aminomáselné, inhibitory syntetázy proteinů
podle spektra účinku	totální, širokospektrální, selektivní
dle chemického hlediska	organochlorové, organofosforové, karbamáty, pyrethroidy, fenylamidy
dle formy použití	tekuté, práškové, granule, aerosoly
dle oblasti použití	v zemědělství, v domácnostech, k prevenci přenosu nemocí
dle toxicity	extrémně nebezpečné (Ia), vysoce nebezpečné (Ib), středně nebezpečné (II), mírně nebezpečné (III), nepravděpodobné akutní riziko (U)
dle poločasu rozpadu	neperzistentní, středně perzistentní, vysoce perzistentní

Zdroj: *Yadav a Devi (2017); WHO (2020)*

Tab. 2 Přehled toxických účinků vybraných pesticidů

Pesticid <sup>1</sup>	Status <sup>2</sup>	Akutní toxicita	Chronická toxicita				
			Karcinogenní	Mutagení	Reprodukční poruchy	Endokrinní disruptor	Neurotoxické
Cypermethrin	p	●					
Deltamethrin	p					●	
Permethrin	np/2003		●		●	●	●
Chlordan	np/1981	●	●	●	●	●	●
DDT	np/1986		●	●	●	●	●
HCB	np/1981		●			●	
Heptachlor	np/1984		●		●		●
HCH (Σ)	np/1981		●	●			●
Aldrin	np/1991		●			●	●
Lindan (gama-HCH)	np/2003						●
Diazinon	np/2006			●			●
Forát	np/2020						●
Pirimifos-methyl	p			●			
Malathion	np/2006	●				●	●
Chlorpyrifos	np/2020				●	●	●

Zdroje: Pereira a kol. (2015); Soto a Sonnenschein (2015); Bilal a kol. (2019); EFSA (2019); Evropská komise 2020/1068; Lee a Choi (2020); Dhankhar a Kumar (2023); PPDB (2023); PAN Europe (2023)

<sup>1</sup> DDT – dichlordifenytrichlorethan; HCB – hexachlorbenzen; HCH – hexachlorcyklohexan;

<sup>2</sup> p – povolené; np – nepovolené/rok zákazu;

ovčím a kozím mléce za období 2006 až 2020 v rámci České republiky.

## Materiál a metodika

K vyhodnocení přítomnosti reziduí pesticidů a PCB v syrovém kravském, ovčím a kozím mléce za patnáctileté období (2006–2020) byla použita data z monitoringu prováděného Státní veterinární správou ČR. Vzorke syrového kravského mléka byly odebírány jako směsné přímo v jednotlivých chovech, v případě ovčího a koziho syrového mléka jen v oblastech s vyšším počtem chovaných ovcí nebo koz (SVS ČR, 2023).

Celkem bylo analyzováno 7094 vzorků mléka na přítomnost vybraných pesticidů a 517 vzorků na přítomnost PCB (Tabulka 3). Byly zjišťovány počty pozitivních a nadlimitních vzorků, jejich průměrné a nejvyšší naměřené hodnoty.

Při statistickém zpracování dat byly pro výpočty využity programy Microsoft Excel a Statistica Cz 12 (Statsoft ČR). V případě kvantitativních proměnných

byly vyhodnoceny předpoklady pro užití parametrických metod a k analýze vlivu období (2006–2010; 2011–2015; 2016–2020) na průměrný obsah daného rezidua byla použita jednofaktorová analýza rozptylu. Pro porovnání (post-hoc testy) ve skupinách byl použit Tukeyův HSD test pro nestejná n na hladině významnosti  $p < 0,05$ .

## Výsledky a diskuze

Podle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2017/625 je každý členský stát povinen zavést plán monitorování přítomnosti reziduí kontaminujících látek v produktech živočišného původu určených k lidské spotřebě. Každý rok tedy provádějí orgány státního dozoru odběry vzorků rovněž na kontrolu přítomnosti reziduí pesticidů a PCB.

### Pesticidy

V průběhu hodnoceného období bylo na přítomnost pesticidů vyšetřeno celkem 7094 vzorků syrového mléka (kravského, ovčího a koziho). Největší pozornost byla

Tab. 3 Celkové počty vyšetřených vzorků na přítomnost reziduí vybraných pesticidů a polychlorovaných bifenyliů (PCB) v mléce přežvýkavců v České republice v letech 2006–2020

Skupina kontaminantů		Látka <sup>1</sup>	Počet (n)	z toho (%)		
				kravské	ovčí	kozí
Pesticidy	Pyrethroidy	lambda-cyhalothrin, cyhalothrin, cypermethrin (Σ), deltamethrin, permethrin (Σ), cis-permethrin, trans-permethrin	1084	81	5	14
	Organochlorové	aldrin, aldrin + dieldrin (Σ), chlordan, DDT (Σ), 2,4'-DDT, 4,4'-DDD, 4,4'-DDE, 4,4'-DDT, dieldrin, endrin, endosulfan (Σ), HCB, heptachlor, alfa-HCH, beta-HCH, alfa- + beta-HCH (Σ), gama-HCH (lindan)	5221	80	4	16
	Organofosforové	chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl, diazinon, malathion, forát, pirimifos-methyl	789	49	9	42
	Celkem		7094	76	5	19
PCB		suma kongenerů (28, 52, 101, 138, 153, 180)	517	80	5	15

Zdroj dat: SVS ČR, 2023

<sup>1</sup> DDT – dichlordifenytrichlorethan, DDD – dichlordifenyldichlorethan, DDE – dichlordifenyldichlorethylen, HCH – hexachlorcyklohexan, HCB – hexachlorbenzen.

**Tab. 4** Celkové počty vyšetřených a pozitivních vzorků na přítomnost reziduí pesticidů a polychlorovaných bifenyliů (PCB; suma kongenerů) v syrovém mléce přežvýkavců v letech 2006–2020

Skupina kontaminantů	Vzorky		
	vyšetřené	z toho pozitivní	
	n	n	%
Pyrethroidy	1084	0	0
Organochlorové	5221	375	7,2
Organofosforové	789	0	0
Celkem	7094	375	5,3
PCB	517	87	16,8

zaměřena na analyzování organochlorových pesticidů. Podíl pozitivních vzorků tvořil 5,3 %, přičemž se jednalo pouze o organochlorové pesticidy. Pozitivní vzorky u organofosforových pesticidů a pyrethroidů nebyly za sledované období zjištěny (Tabulka 4).

Vzhledem k tomu, že je v ČR v největším měřítku produkováno a průmyslově zpracováváno mléko kravské,

vztahují se na něj četnější kontroly ve srovnání s mlékem kozím a ovčím. Za patnáctileté období bylo na přítomnost reziduí organochlorových pesticidů zjištěno 7,5 % pozitivních vzorků kravského mléka, 6 % kozího a 5,4 % ovčího (Tabulka 5).

V prvním období (2006–2010) byl na organochlorové pesticidy vyšetřen nejvyšší počet vzorků a současně byl zjištěn i nejvyšší podíl pozitivních vzorků (12,1 %). Počet vyšetřovaných vzorků mléka se postupně snižoval a podíl pozitivních vzorků klesal až na 0,2 %.

Ze skupiny organochlorových pesticidů byla pozorována zaměřena na vybrané dlouhodobě zakázané látky (DDT, HCB, alfa, beta a gama HCH) (Tabulka 6). V prvním období (2006–2010) byl zjištěn vysoký podíl pozitivních vzorků v případě DDT (69,8 %) a HCB (37,5 %). Maximální naměřená koncentrace DDT v tomto období, konkrétně v roce 2006 byla 0,4180 mg/kg tuku. Do roku 2010 však pro DDT na našem území platil hygienický limit 1,0 mg/kg tuku, tudíž i přesto, že naměřená hodnota byla vysoká, limit pro dané období

**Tab. 5** Počty vyšetřených a pozitivních vzorků na přítomnost reziduí organochlorových pesticidů a polychlorovaných bifenyliů (PCB; suma kongenerů) v syrovém mléce v závislosti na druhu mléka a sledovaném období

Skupina kontaminantů	Druh mléka	Vzorky		
		vyšetřené	z toho pozitivní	
		n	n	%
Organochlorové pesticidy	Kravské	4161	313	7,5
	Ovčí	203	11	5,4
	Kozí	857	51	6,0
PCB	Kravské	415	76	18,3
	Ovčí	26	2	7,7
	Kozí	76	9	11,8

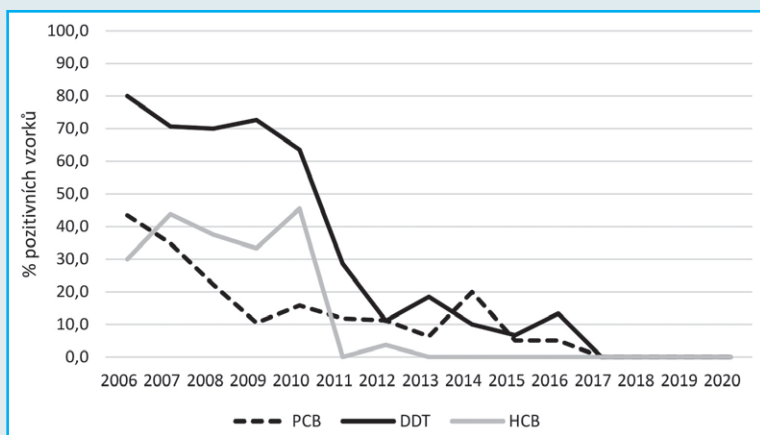
Období	Vzorky		
	vyšetřené	z toho pozitivní	
	n	n	%
2006–2010	2920	352	12,1
2011–2015	1352	21	1,6
2016–2020	949	2	0,2
2006–2010	262	63	24,0
2011–2015	149	17	11,4
2016–2020	106	7	6,6

**Tab. 6** Vyhodnocení monitoringu vybraných reziduí organochlorových pesticidů (mg/kg tuku) a polychlorovaných bifenyliů (PCB – suma kongenerů; v ng/g tuku) v syrovém mléce přežvýkavců v závislosti na období

Látka <sup>1</sup>	Období	Vyšetřené vzorky	z toho pozitivní		Obsah			
			n	n	%	$\bar{x}$	$s_x$	max.
DDT ( $\Sigma$ )	2006–2010	232	162	69,8	0,0104 <sup>b</sup>	0,0069	0,4180	<0,001
	2011–2015	122	19	15,6	0,0008 <sup>a</sup>	0,0007	0,0091	
	2016–2020	94	2	2,1	0,0007 <sup>a</sup>	0,0005	0,0049	
HCB	2006–2010	232	87	37,5	0,0026 <sup>b</sup>	0,0012	0,0550	<0,001
	2011–2015	122	2	1,6	0,0003 <sup>a</sup>	0,0001	0,0005	
	2016–2020	95	0	0,0	0,0003 <sup>a</sup>	0,0001	0,0005	
alfa-HCH	2006–2010	232	2	0,9	0,0013 <sup>b</sup>	0,0005	0,0040	<0,001
	2011–2015	122	0	0,0	0,0002 <sup>a</sup>	0,0001	0,0005	
	2016–2020	95	0	0,0	0,0003 <sup>a</sup>	0,0001	0,0005	
beta-HCH	2006–2010	232	7	3,0	0,0013 <sup>b</sup>	0,0005	0,0080	<0,001
	2011–2015	122	0	0,0	0,0003 <sup>a</sup>	0,0001	0,0005	
	2016–2020	95	0	0,0	0,0003 <sup>a</sup>	0,0001	0,0005	
gama-HCH (lindan)	2006–2010	232	2	0,9	0,0007 <sup>b</sup>	0,0008	0,0040	0,0103
	2011–2015	122	0	0,0	0,0003 <sup>a</sup>	0,0001	0,0005	
	2016–2020	95	0	0,0	0,0003 <sup>a</sup>	0,0001	0,0005	
PCB	2006–2010	viz tabulka 5			4,1333	1,8366	77,00	0,1846
	2011–2015				5,8114	3,0821	76,32	
	2016–2020				4,5153	2,5033	25,75	

a, b = průměry s odlišnými horními indexy ve sloupcích se v rámci dané kontaminující látky statisticky významně liší ( $p < 0,05$ );

<sup>1</sup> DDT – dichlordifenyiltrichlorethan; HCB – hexachlorbenzen; HCH – hexachlorcyklohexan;



**Graf 1** Vývoj podílu pozitivních vzorků DDT (dichlordifenyltrichlorethan), HCB (hexachlorbenzen) a PCB (polychlorované bifenyly, suma kongenerů) v kravském mléce

nepřekročila. Od roku 2011 byl maximální reziduální limit (MRL) pro mléko snížen na současných 0,04 mg/kg tuku (EU, 2023). V dalších obdobích se již takto vysoké koncentrace neprokázaly a celkově byla pozorována snižující se koncentrace. Obdobný trend byl zaznamenán rovněž v procentu pozitivních vzorků v jednotlivých letech (Graf 1). Tento pokles lze demonstrovat na příkladu porovnání naměřených průměrných hodnot DDT s MRL (použita aktuální hodnota - 0,04 mg/kg tuku), které byly v prvním období 4× nižší (0,0104 mg/kg tuku), ve druhém období již 50× nižší (0,0008 mg/kg tuku) a ve třetím období dokonce 58× nižší (0,0007 mg/kg tuku) než je MRL pro DDT.

I když jsou v současnosti v ČR pozorovány koncentrace nepovolených pesticidů v mléce hluboko pod úrovní MRL, mohou se jejich rezidua do potravního řetězce dostat z dovezených potravin. Stále totiž existují země, kde jsou některé pesticidy povolené pro kontrolu přenašečů tropických chorob (Rêgo a kol., 2019). I v této souvislosti jsou velmi cenné publikace, které sledují možnosti degradace reziduí během zpracování mléka a mléčných výrobků (Bilal a kol., 2019; Schopf a kol., 2022).

## PCB

Nejvyšší výskyt pozitivních vzorků s rezidui PCB byl zjištěn u kravského mléka (18,3 %), nejnižší u ovčího mléka (7,7 %), což mohlo být způsobeno i nižším počtem vyšetřených vzorků ovčího mléka. Na druhé straně byl během sledovaného patnáctiletého období pozorován značný pokles pozitivních vzorků. Zatímco v letech 2006–2010 byl počet zjištěných pozitivních vzorků 24,0 %, v období 2016–2020 se toto procento snížilo na 6,6 % (Tabulka 5). Snížení je patrné i v průběhu jednotlivých let (Graf 1). V grafu 1 je zohledněno pouze mléko kravské vzhledem k nízkým počtům vyšetřených vzorků koziho a ovčího mléka nepřesahujících počet 10.

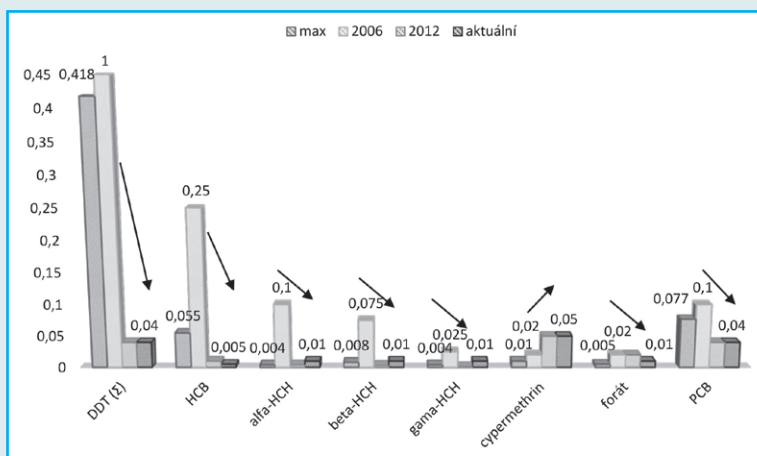
Průměrné hodnoty PCB v jednotlivých obdobích nepřekračovaly MRL (Tabulka 6). V období 2006–2010 byla zjištěna nejvyšší hodnota 77 ng/g tuku (kravské mléko, rok 2007), která však s ohledem na tehdy platný limit (100 ng/g tuku) nebyla označena jako nadlimitní. Na druhé straně v období 2011–2015 byla zjištěna nejvyšší hodnota 76,32 ng/g tuku (kravské mléko, rok 2014), což v daném roce již nadlimitní hodnotu představovalo, protože od 1. ledna 2012 podle Nařízení Komise (EU) č. 1259/2011 již platil současný MRL (40 ng/g tuku). Šetřením SVS ČR na místě a vyšetřováním dalších vzorků mléka, svaloviny poražených telat, mladého skotu a dojníc bylo zjištěno, že zdrojem kontaminace byly staré nátěrové barvy na hrazení. Chovateli

byla nařízena sanace prostředí a zakázáno uvádění mléka do oběhu, dokud nebude vyhovovat legislativně stanoveným limitům (SVS, 2023).

Na základě zjištěných výsledků lze konstatovat, že mléko přežvýkavců pravděpodobně nepředstavuje v současnosti z hlediska PCB výrazné riziko. Z literatury je známo, že mezi potravinami živočišného původu jsou problémem hlavně ryby a mořští živočichové (Saktrakulka a kol., 2020). Zvýšené hodnoty PCB v těchto produktech pak mají za následek zvýšený obsah PCB i v mateřském mléce (Witczak a kol., 2022), které může být významným indikátorem expozice lidské populace (Brajenović a kol., 2018). Východní a západní Evropa jsou podle průzkumu oblastmi s nejvyššími naměřenými hladinami PCB v mateřském mléce (van den Berg a kol., 2017).

## Vývoj v MRL

Během hodnoceného období docházelo často k úpravám hodnot MRL pro řadu kontaminujících látek, včetně látek sledovaných v této práci. Graf 2 znázorňuje



**Graf 2** Nejvyšší naměřené hodnoty (mg/kg tuku) reziduí DDT (dichlordifenyltrichlorethan), HCB (hexachlorbenzen), HCH (alfa, beta a gama-hexachlorcyklohexan), cypermethrinu, forátu a PCB (polychlorované bifenyly, suma kongenerů) v mléce a jejich porovnání s MRL platným v roce 2006 (SVS ČR, 2023), 2008 (Nařízení Komise 149/2008 a 839/2008) a aktuální (EU, 2023).

porovnání nejvyšších naměřených hodnot z období 2006–2020 a hodnot MRL platných v roce 2006, 2012 a v současnosti. Některé MRL platné v ČR se zejména v počátcích sledování, tj. v období 2006–2010, lišily, resp. byly mírnější v porovnání s MRL platnými v EU (*Narizení Komise 149/2008 a 839/2008*). To způsobilo, že nejvyšší naměřené hodnoty v některých případech překračovaly limity platné v EU (např. výše zmíněné DDT).

Dříve používaná vyšší MRL odpovídala četnějšímu zachytu pozitivních vzorků a vyšších koncentrací sledovaných látek. S poklesem pozitivních nálezů pak docházelo ve většině případů ke zpřísnování původních limitů, u některých se jednalo o 2,5× přísnější MRL (např. PCB) oproti původnímu, v případě HCB byl původní limit zpřísněn dokonce 50×. Tyto úpravy jsou z hlediska efektivního monitoringu a snahy o minimalizování kontaminujících látek v potravinách nezbytné.

## Závěr

Kontaminující látky pocházející z chemického, strojírenského a zemědělského průmyslu jsou nevyžádaným dědictvím průmyslových revolucí a intenzifikace ve všech oblastech lidské činnosti během 20. století. Přes původní příznivější tvrzení jsou poločasy rozpadu řady z těchto tzv. perzistentních polutantů mnohem delší, přesahující zřejmě i staletí. Zejména v oblastech původních výrobců těchto látek jsou lidé dosud vystavováni poměrně silné kontaminaci z prostředí. Jinde je situace pravděpodobně lepší, ale je třeba si uvědomit, že globalizace trhu se zemědělskými a potravinářskými produkty může vést k výskytu kontaminujících látek prakticky kdekoliv.

U mléka je podstatné, že se jedná o základní potravinu, která je navíc ve velké míře konzumována nejmladšími věkovými kategoriemi, jejichž vnímavost ke kontaminujícím látkám je vysoká.

Závěrem lze říci, že v současné době nastavená MRL, důsledný monitoring cizorodých látek a systémy rychlého varování významně napomáhají k zajištění bezpečných potravin pro konzumenty.

## Poděkování

Příspěvek byl zpracován s podporou Ministerstva zemědělství ČR (NAZV QJ21010326) a Grantové agentury Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (GAJU 005/2022/Z).

## Seznam literatury

(bez právních předpisů)

BERÁNEK, M., PETRLÍK, J. (2005): POPs pesticides in the Czech Republic. *The International POPs Elimination Project*, s. 5.

BILAL, M., IQBAL, H.M.N., BARCELÓ, D. (2019): Persistence of pesticides-based contaminants in the environment and their effective degradation using laccase-assisted biocatalytic systems. *Science of The Total Environment*, 695, s. 133896.

BORJA, J., TALEON, D.M., AURESENIA, J., GALLARDO, S. (2005): Polychlorinated biphenyls and their biodegradation. *Process Biochemistry*, 40, 6, s. 1999–2013.

BOUDEBBOUZ, A., BOUDALIA, S., BOUSSADIA, M.I., GUEROUI, Y., HABILA, S., BOUSBIA, A., SYMEON, G.K. (2022): Pesticide residues levels in raw cow's milk and health risk assessment across the globe: A systematic review. *Environmental Advances*, 9, s. 100266.

BRAJENOVIĆ, N., BRČIĆ KARAČONJI, I., JURIČ, A. (2018): Levels of polychlorinated biphenyls in human milk samples in European countries. *Arhiv za Higijenu Rada i Toksikologiju*, 69, s. 135–153.

DHANKHAR, N., KUMAR, J. (2023): Impact of increasing pesticides and fertilizers on human health: A review. *Materials Today: Proceedings*, Online: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.766>

EFSA (2019): *Chlorpyrifos: assessment identifies human health effects* (online). Staženo 17. 05. 2023. Dostupné z: <https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/chlorpyrifos-assessment-identifies-human-health-effects>

EU (2023): *European Commission MRLs search* (on line). Staženo 17. 5. 2023. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/mrls/searchpr>

GONÇALVES, A.M.M., ROCHA, C.P., MARQUES, J.C., GONÇALVES, F.J.M. (2021): Enzymes as useful biomarkers to assess the response of freshwater communities to pesticide exposure – A review. *Ecological Indicators*, 122, s. 107303.

HAMADAMIN, A.Y., HASSAN, K.I. (2020): Gas chromatography–mass spectrometry based sensitive analytical approach to detect and quantify non-polar pesticides accumulated in the fat tissues of domestic animals. *Saudi Journal of Biological Science*, 27, s. 887–893.

IUPAC (2010): *History of pesticide use* (online). Staženo 10.5.2023. Dostupné z: [https://agrochemicals.iupac.org/index.php?option=com\\_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=3&sobi2Id=31](https://agrochemicals.iupac.org/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=3&sobi2Id=31)

JAYARAJ, R., MEGHA, P., SREEDEV, P. (2016): Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment. *Interdisciplinary Toxicology*, 9, s. 90–100.

KORRICK, S.A., SAGIV, S.K. (2008): Polychlorinated biphenyls, organochlorine pesticides and neurodevelopment. *Current Opinion in Pediatrics*, 20(2), s. 198–204.

LEE, G.H., CHOI, K.C. (2020): Adverse effects of pesticides on the functions of immune system. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C*, 235, s. 108789.

LINHART, C., PANZACHI, S., BELPOGGI, F., CLAUSING, P., ZALLER, J., HERTOGE, K. (2021): Year-round pesticide contamination of public sites near intensively managed agricultural areas in South Tyrol. *Environmental Sciences Europe*, 33, s. 1–12.

PAN EUROPE (2023): *Pesticides Action Network Europe* (on line). Staženo 17. 5. 2023. Dostupné z: <https://www.pan-europe.info/old/Archive/About%20Pesticides/Banned%20and%20authorised.htm>

PARRA-ARROYO, L., GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, R.B., CASTILLO-ZACARÍAS, C., MELCHOR MARTÍNEZ, E.M., SOSA-HERNÁNDEZ, J.E., BILAL, M., IQBAL, H.M.N., BARCELÓ, D., PARRA-SALDÍVAR, R. (2022): Highly hazardous pesticides and related pollutants: Toxicological, regulatory, and analytical aspects. *Science of The Total Environment*, 807, s. 151879.

PEREIRA, L.C., OLIVEIRA DE SOUZA, A., FRANCO BERNANDES, M.F., PAZIN, M., TASSO, M.J., PEREIRA, P.H., DORTA, D.J. (2015): A perspective on the potential risks of emerging contaminants to human and environmental health. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, s. 13800–13823.

PIMENTEL, D. (1995): Amounts of pesticides reaching target pests: Environmental impacts and ethics. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 8, s. 17–29.

PPDB (2023): *Pesticide properties DataBase* (online). Staženo 17. 5. 2023. Dostupné z: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/search.htm>

RÊGO, I.C.V., SANTOS, G.N.V., SANTOS, G.N.V., RIBEIRO, J.S., LOPES, R.B., SANTOS, S.B., SOUSA, A., MENDES, R.A., TAKETOMI, A.T.F., VASCONCELOS, A.A., TAUBE, P.S. (2019). Organochlorine pesticides residues in commercial milk: a systematic review. *Acta Agronómica*, 68(2), s. 99–107.

SAKTRAKULKLA, P., LAN, T., HUA, J., MAREK, R.F., THORNE, P.S., HORNBUCKLE, K.C. (2020): PCBs in food. *Environmental Science & Technology*, 54, s. 11443–11452.

- SCHOPF, M.F., PIERZAN, M.D., ROCHA, R., PIMENTEL, T.C., ESMERINO, E.A., MARSICO, E.T., LINDNER, J.D., DA CRUZ, A.G., VERRUCK, S. (2022): Pesticide residues in milk and dairy products: An overview of processing degradation and trends in mitigating approaches. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, doi: 10.1080/10408398.2022.2103642.
- SOTO, A.M., SONNENSCHIN, C. (2015): DDT, endocrine disruption and breast cancer. *Nature Reviews Endocrinology*, 11, s. 507–508.
- SVS ČR (2023). *Kontaminace potravních řetězců* (on line). Staženo 17.5.2023. Dostupné z: <https://www.svs.cz/category/dokumenty-a-publikace/prehled-podle-temat/kontaminace-potravnich-retezcu/>
- TOTEVOVA, S., PROUZA, M., BRENNER, V., DEMNEROVA, K. (1997): Bacterial degradation of PCBs. *Chemické listy*, 91, s. 858–866.
- VAN DEN BERG, M., KYPKE, K., KOTZ, A., TRITSCHER, A., LEE, S., MAGULLOVA, K., FIEDLER, H., MALISCH, R. (2017): WHO/UNEP global surveys of PCDDs, PCDFs, PCBs and DDTs in human milk and benefit-risk evaluation of breastfeeding. *Archives of Toxicology*, 91, s. 83–96.
- WANG, Y., LAI, A., LATINO, D., FENNER, K. HELBLING, D.E. (2018): Evaluating the environmental parameters that determine aerobic biodegradation half-lives of pesticides in soil with a multivariable approach. *Chemosphere*, 209, s. 430–438.
- WHO (2020): *The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification, 2019 edition* (online). Staženo 17.5.2023. Dostupné z: [https://www.who.int/publications/item/9789240005662\\_s\\_92](https://www.who.int/publications/item/9789240005662_s_92).
- WIMMEROVÁ, S., WATSON, A., DROBNÁ, B., ŠOVČÍKOVÁ, E., WEBER, R., LANCZ, K., PATAYOVÁ, H., RICHTEROVÁ, D., KOŠTIAKOVÁ, V., JUREČKOVÁ, D., ZÁVACKÝ, P., STRÉMY, M., JUSKO, T.A., PALKOVIČOVÁ MURÍNOVÁ, L., HERTZ-PICCIOTTO, I., TRNOVEC, T. (2015): The spatial distribution of human exposure to PCBs around a former production site in Slovakia. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, s. 14405–14415.
- WITCZAK, A., POHORYŁO, A., AFTYKA, A., POKORSKA-NIEWIADA, K., WITCZAK, G. (2022): Changes in polychlorinated biphenyl residues in milk during lactation: levels of contamination, influencing factors, and infant risk assessment. *International Journal of Molecular Sciences*, 23, s. 12717.
- YADAV, I., DEVI, N. (2017): *Pesticides classification and its impact on human and environment*. Environmental Science and Engineering, Studium Press LLC, USA, s. 140–158. ISBN 978-1626990944

**Korespondující autor:** Climova Natalia, Ing. Mgr.,  
Katedra potravinářských biotechnologií a kvality  
zemědělských produktů, Fakulta zemědělská a technolo-  
gická, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,  
Studentská 809, 370 05 České Budějovice,  
Česká republika; e-mail: climon00@jcu.cz

*Přijato do tisku: 20. 5. 2023*

*Lektorováno: 8. 6. 2023*