

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně
Sekce zemědělských vstupů



**KONTROLA A MONITORING CIZORODÝCH LÁTEK
V POTRAVNÍCH ŘETĚZCÍCH**

Zpráva za rok 2024

Zpracovali: Mgr. Šárka Poláková, Ph.D.
Ing. Ladislav Kubík, Ph.D.
Ing. Lenka Prášková, Ph.D.
Ing. Jaroslav Houček
Mgr. Stanislav Malý, Ph.D.
Ing. Jiří Fiala, Ph.D.

Předkládá: Ing. Josef Svoboda, Ph.D.
ředitel Sekce zemědělských vstupů

Schválil: Ing. Daniel Jurečka, ředitel ústavu

Brno, duben 2025

OBSAH

1. KONTROLA A MONITORING CIZORODÝCH LÁTEK V ZEMĚDĚLSKÉ PŮDĚ A VSTUPECH DO PŮDY	5
1.1 ÚVOD.....	5
1.2 CÍLE.....	7
1.3 METODIKA PRACÍ.....	9
1.4 VÝSLEDKY	11
1.4.1 Bazální monitoring půd.....	11
1.4.1.1 Polychlorované bifenyly v půdě.....	11
1.4.1.2 Polycyklické aromatické uhlovodíky v půdě.....	14
1.4.1.3 Persistentní chlorované pesticidy v půdě.....	19
1.4.1.4 Účinné látky používané v přípravcích na ochranu rostlin v půdě.....	24
1.4.1.5 Uhlovodíky C10-C40 v půdě.....	27
1.4.1.6 Minerální dusík v půdě.....	28
1.4.1.7 Monitoring mikrobiálních parametrů půd ČR	34
1.4.1.8 Monitoring rostlinné produkce – obsahy rizikových prvků v rostlinách	42
1.4.2 Kontrola hnojiv a pomocných látek	45
1.4.3 Monitoring kalů ČOV	46
1.4.3.1 Rizikové prvky v kalech.....	46
1.4.3.2 Polychlorované bifenyly v kalech	54
1.4.3.3 Polycyklické aromatické uhlovodíky v kalech	57
1.4.3.4 Halogenové organické sloučeniny v kalech	63
1.4.3.5 Organochlorové pesticidy v kalech	64
1.4.3.6 Polybromované difenylethery v kalech	68
1.4.3.7 Perfluoroalkylové sloučeniny v kalech.....	70
1.4.4 Hodnocení rybníčních sedimentů.....	73
1.5 CITOVANÉ ZDROJE	80
2. VÝSLEDKY ANALÝZY KRMIV ODEBRANÝCH V RÁMCI CÍLENÉ KONTROLY A MONITORINGU	81
2.1 Sledování zakázaných látek	82
2.1.1 Cílená kontrola přítomnosti zpracovaných živočišných bílkovin v krmivech	82
2.1.2 Cílená kontrola rybí moučky mikroskopicky na přítomnost cizích příměsí.....	83
2.2 Sledování nežádoucích látek	84
2.2.1 Monitoring vybraných perzistentních organických polutantů (POP)	84
2.2.2 Cílená kontrola dioxinů, furanů a PCB dioxinového typu	85
2.2.3 Monitoring mykotoxinů	86
2.2.4 Cílená kontrola přítomnosti těžkých kovů v krmivech	88
2.2.5 Cílená kontrola přítomnosti dalších nežádoucích látek v krmivech.....	89
2.3 Sledování správného používání doplňkových látek	92
2.3.1 Cílená kontrola používání kokcidostatik.....	92
2.3.2 Cílená kontrola dodržování limitů doplňkových látek	95
2.3.3 Cílená kontrola kontaminace krmiv léčivy	107
2.4 Sledování dalších bezpečnostních a jakostních ukazatelů	111
2.4.1 Cílená kontrola parametrů glycerolu, používaného jako krmná surovina	111



2.4.2	Cílená kontrola pesticidů	112
2.4.3	Cílená kontrola přítomnosti a označování genetických modifikací v krmivech	113
2.4.4	Cílená kontrola výskytu zakázaných stimulatorů nebo inhibitorů růstu	113
2.4.5	Monitoring výskytu perfluoroalkylových sloučenin (PFAS)	114
2.5	Závěr	115

1. Kontrola a monitoring cizorodých látek v zemědělské půdě a vstupech do půdy

1.1 ÚVOD

Přehled prací prováděných Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským, Sekcí zemědělských vstupů (Oddělení půdy a lesnictví, Oddělení krmiv, Oddělení hnojiv, Odbor kontroly zemědělských vstupů) ve spolupráci s Národní referenční laboratoří ÚKZÚZ, v roce 2024 v oblasti kontroly a monitoringu cizorodých látek v zemědělské půdě a vstupech do půdy:

1) Bazální monitoring zemědělských půd (BMP)

- odběry vzorků půd a vyhodnocení obsahů organických polutantů na vybraných pozorovacích plochách,
- odběry a analýzy vzorků rostlin v subsystému kontaminovaných ploch a na referenčních plochách v základním subsystému,
- odběry vzorků půd a vyhodnocení mikrobiologických parametrů na vybraných pozorovacích plochách,
- odběry vzorků půd a vyhodnocení obsahů minerálního dusíku na vybraných pozorovacích plochách,
- výkop a popis pedologických sond na pozorovacích plochách BMP, včetně analýz vzorků půd z jednotlivých horizontů,
- vedení databáze výsledků.

2) Monitoring vstupů do půdy

- Monitoring kvality kalů a kvality půdy a rostlin po aplikaci kalů ČOV
 - odběry a analýzy vzorků kalů s přednostním výběrem ČOV, jejichž kaly jsou využity v zemědělství,
 - odběry a analýzy vzorků půd na pozemcích po aplikaci kalů,
 - odběry a analýzy vzorků rostlin na pozemcích po aplikaci kalů, na nichž byly zjištěny nadlimitní obsahy rizikových prvků,
 - vedení databáze výsledků všech uvedených matric (kalů, rostlin, půdy).
- Monitoring rybničních a říčních sedimentů
 - Odběry a analýzy vzorků sedimentů (sledování výživových charakteristik, obsahu rizikových prvků, organických polutantů), včetně vedení databáze výsledků.
- Aktivní biomonitoring
 - tato aktivita byla z důvody úspory finančních a lidských zdrojů v roce 2019 přerušena.

- Monitoring atmosférické depozice
 - od října 2005 je monitoring atmosférické depozice pozastaven a převeden na tzv. „přerušovaný“ cyklus sledování.

3) Registr kontaminovaných ploch

- zahušťování odběrů na územích se zjištěnými nadlimitními obsahy sledovaných rizikových prvků,
- zahušťování odběrů na územích s dosud neprovedenými analýzami (extrakce lučavkou královskou),
- odběry vzorků půd u ekologicky hospodařících zemědělců.

4) Kontrola hnojiv

- kontrolní činnost vyplývající ze zákona č. 156/1998 Sb., ve znění pozdějších předpisů

5) Kontrola krmiv

- přítomnost zakázaných látek a produktů v krmivech,
- kontrola výskytu nežádoucích látek a produktů v krmivech,
- dodržování podmínek používání doplňkových látek v krmivech,
- sledování dalších problematik týkajících se bezpečnosti krmiv.

Zpráva hodnotí výsledky za rok 2024, navazuje na výsledky z minulých let a pokud je to možné, hodnotí též vývoj sledovaných parametrů.

1.2 CÍLE

Cíle kontroly a monitoringu rizikových prvků a rizikových látek jsou formulovány v souladu s požadavky MZe a MŽP tak, aby výsledky sloužily především jako podpora pro rozhodování na všech úrovních státní správy a při přípravě návrhů a novely legislativních předpisů. Současně jsou výsledky všech oblastí sledování využívány jako zdroje dat pro vědeckovýzkumné projekty.

Bazální monitoring půd

- Pro orgány státní správy poskytuje informace o stavu a vývoji vlastností půd. Tyto informace slouží především jako soubor referenčních hodnot pro posuzování výsledků dalších šetření. Data jsou porovnávána s výsledky programu AZZP.
- Na úrovni ÚKZÚZ, MZe a MŽP je systém monitoringu navázán na zahraniční systémy monitoringů, slouží k prezentaci výsledků na mezinárodní úrovni a spolupráci se zahraničními odborníky (vazba zejména na Německo, Slovensko, Švýcarsko, Rakousko, Maďarsko).
- Výsledky jsou využívány také pro hodnocení a validaci analytických metod.
- Poskytuje materiály pro ročenky a statistické přehledy.

Monitoring vstupů do půdy

- a) Monitoring kvality kalů a kvality půdy a rostlin po aplikaci kalů ČOV
 - V návaznosti na registr kontaminovaných ploch byla v roce 1997 zahájena postupná tvorba databáze pozemků s aplikací kalů ČOV. Tato databáze slouží k hodnocení rizik na konkrétních pozemcích, kde byly kaly aplikovány.
 - V roce 2003 byla zahájena postupná tvorba databáze rostlin pěstovaných na pozemcích s aplikací kalů. Také tato databáze slouží k hodnocení rizik na konkrétních pozemcích, kde byly kaly aplikovány.
 - Výsledky inventarizace jsou využívány pro přípravu legislativních předpisů.
- b) Monitoring rybničních a říčních sedimentů
 - Ústav provádí testování sedimentů s ohledem na další způsoby nakládání s vytěženými sedimenty, především s ohledem na jejich použití v zemědělských ekosystémech.
 - Databáze získaných analytických dat slouží jako zdroj informací pro orgány státní správy.
 - Databáze analytických dat tvoří samostatnou vrstvu v LPIS a měla by usnadnit vyhodnocení vhodnosti aplikace sedimentů na zemědělskou půdu.
 - Výsledky šetření byly použity při tvorbě legislativních opatření.

Registr kontaminovaných ploch

- a) Výsledky registru tvoří celoplošnou databázi charakterizující stav kontaminace zemědělských půd rizikovými prvky.
- b) Na úrovni MZe a MŽP slouží výsledky jako podkladové materiály k přípravě legislativních opatření.
- c) Je umožněno využití výsledků pro správní činnost s využitím aplikace do GIS.
- d) Databáze analytických výsledků tvoří samostatnou vrstvu v LPIS a usnadňuje např. vyhodnocení jiných šetření.

Kontrola hnojiv

V rámci procesu registrace hnojiv a následné kontroly jsou zjišťovány obsahy rizikových prvků a látek v hnojivech jako nutný podklad pro vlastní registraci nebo pro případné stažení výrobku z oběhu.

Kontrola krmiv

Výsledky poskytují informace o plošné úrovni bezpečnosti vyrobených krmných produktů. Slouží jako podkladové materiály ÚKZÚZ pro systematické zaměření kontrol v následujícím období.

V rámci kontrolního systému ÚKZÚZ data umožňují detekovat závadné produkty na trhu a cíleně dohledávat a odstraňovat nedostatky při jejich výrobě nebo zpracování.

Výrobci krmných produktů zveřejněné informace využívají při modifikaci interních preventivních a kontrolních systémů řízení rizik.

1.3 METODIKA PRACÍ

Terénní, analytické a vyhodnocovací práce jsou prováděny v souladu s platnými metodikami vypracovanými pro jednotlivé úkoly a s požadavky MZe (metodické postupy Sekce zemědělských vstupů; Zbíral, J. a kol., 2011–2022: Analýza půd I, II, III, jednotné pracovní postupy; Zbíral, J. a kol., 2014: Analýza rostlinného materiálu, jednotné pracovní postupy).

Terénní a vyhodnocovací práce byly zabezpečovány pracovníky Sekce zemědělských vstupů, analytické práce převážně Národní referenční laboratoří. Vlastní laboratorní analýzy byly prováděny v regionálních laboratořích v Plzni, Brně a Opavě, vybrané analýzy krmiv ve smluvních laboratořích. Všechny laboratoře jsou zapojeny do vnitřního systému řízení jakosti, organizovaného Národní referenční laboratoří a všechny jsou akreditovány ČIA. Laboratoře se pravidelně účastní mezilaboratorních porovnávacích zkoušek na národní i mezinárodní úrovni.

Z důvodu úspor jsou od roku 2012 prováděny odběry půdních vzorků na stanovení organických polutantů pouze z orničního horizontu. Odběry těchto půdních vzorků jsou od roku 2015 prováděny na jaře (v březnu), před započatím agrochemických operací.

Dále byly vzhledem ke změnám ve využívání pozemků provedeny následující změny v souboru půd orných (OP) a trvalých travních porostů (TTP) určených ke stanovení organických polutantů: od roku 2007 je plocha 8904KO evidována v souboru ploch TTP (změna kultury z orné půdy na TTP). V roce 2011 byla do souboru ploch TTP zařazena plocha 5905KO (změna ve využívání pozemku z orné půdy na TTP). V roce 2008 byl ukončen monitoring na ploše 4901KO (TTP) (výstavba rodinných domů), jako náhrada byla založena plocha 4904KO (TTP) – monitoring byl v plném rozsahu zahájen v roce 2009. V tomtéž roce byla ze souboru ploch TTP převedena plocha 4903KO do souboru ploch orných půd (rozorání travního porostu, zemědělská výroba). V roce 2013 došlo k přesunu monitorovací plochy 8026BO (orná půda) přibližně o 500 m a to z důvodu výstavby rodinných domů. V témže roce byl na přesunuté ploše (8026BOP) zahájen monitoring v plném rozsahu (včetně vzorkování v základním odběrovém cyklu). V roce 2019 byla založena nová plocha 6031B Volanov jako náhrada za plochu 6004B Trutnov, která musela být zrušena. V roce 2020 byl ukončen monitoring organických polutantů (a také pravidelné odběry zemědělských plodin) na ploše 4902KO, a to z důvodů dlouhodobého odmítání spolupráce. Od roku 2021 jsou tyto aktivity v plném rozsahu navázány na plochu 4013BO. V roce 2022 došlo k posunu plochy 8019BO zcela mimo původní uložení, a proto bude plocha přecíslována na 8028BO. Na ploše zůstávají zachovány všechny dosavadní aktivity.

V roce 2012 byl zahájen screening obsahů vybraných kongenerů PBDE v zemědělských půdách a dalších environmentálních matricích (sedimentech a od roku 2010 kalech ČOV), jako odezva na zařazení PBDE na seznam látek Stockholmské úmluvy a na návrh EFSA na monitoring těchto látek v potravinách. Jelikož v půdních vzorcích nebyly nalezeny obsahy PBDE nad mezí stanovitelnosti, od roku 2016 již nejsou PBDE v půdních vzorcích stanovovány. Ve vzorcích kalů analýzy pokračují.

Současně s PBDE byly na seznam Stockholmské úmluvy zařazeny i perfluorované látky (PFAS). Screening vybraných PFAS byl zahájen v roce 2013 analýzami odpadních kalů z ČOV.

V roce 2019 byly z úsporných důvodů sníženy počty vzorků kalů z 80 na 40 a zároveň došlo k omezení monitoringu organických polutantů z 21 vzorků na 14.

Halogenové organické sloučeniny (AOX) ve vzorcích kalů byly stanovovány od roku 1999. Analýzy byly prováděny NRL ÚKZÚZ Brno, v letech 2018, 2020 a 2021 externí laboratoří. Dále se již stanovení obsahu AOX v kalech neprovádí z důvodu finančních úspor.

V období 2016–2021 byly v externí laboratoři stanovovány ve vzorcích z vybraných čtyř ČOV mikrobiologické parametry.

1.4 VÝSLEDKY

1.4.1 Bazální monitoring půd

1.4.1.1 Polychlorované bifenyly v půdě

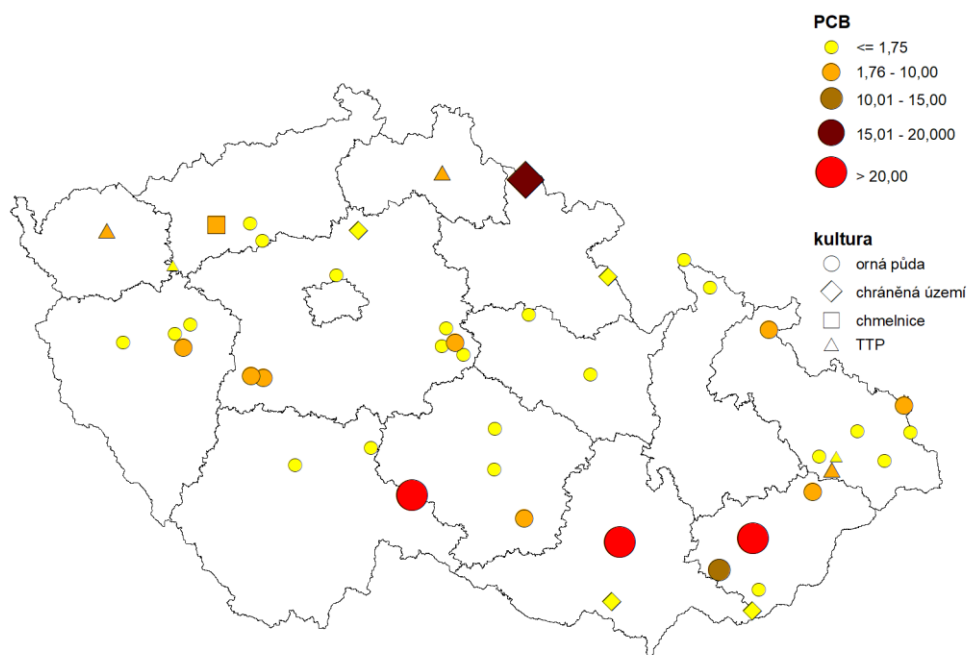
Šárka Poláková

Polychlorované bifenyly (PCB) jsou skupinou organických sloučenin skládajících se z bifenyly ($C_{12}H_{10}$) a různého počtu připojených atomů chlóru. Důvodem pro jejich produkci byla mimořádná chemická stálost (nehořlavost) a výborné elektroizolační schopnosti. Spolu s jejich toxicitou představuje právě jejich chemická stálost zásadní problém, neboť jejich biodegradace probíhá v přírodě jen velmi pomalu a za specifických podmínek. Nejvýznamnějším transportním médiem je atmosféra. PCB jsou transportovány v plynné formě, nebo vázané na pevné částice. Po depozici většinou dojde k silné adsorpci na půdní částice. K vertikálnímu pohybu v půdním tělese dochází především prostřednictvím promíchávání, a to jak technogenního (orba), tak biologického (např. žížaly) původu. V letních měsících, za zvýšených teplot, dochází ke „ztrátám“ volatilizací (k výparu) zejména nízechlorovaných PCB.

Půdní vzorky ke stanovení PCB byly v roce 2024 odebrány ze 40 stálých monitorovacích ploch Bazálního monitoringu půd (pouze z orničních horizontů) a 5 lokalit v chráněných územích.

Výsledky stanovení PCB v roce 2024 uvádí příloha 1 a 2. V příloze 1 jsou ke každé pozorovací ploše uvedeny obsahy jednotlivých kongenerů PCB i celková suma 7 stanovovaných kongenerů. V příloze 2 jsou graficky znázorněny obsahy PCB na všech pozorovacích plochách. Obsahy vyšší než mez stanovitelnosti byly nalezeny pouze na 16 pozorovacích plochách zemědělské půdy a jedné ploše v chráněném území (CHÚ).

Obrázek 1 **Obsahy PCB na monitorovacích plochách BMP v roce 2024 (suma 7 kongenerů, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)**



Základní statistické charakteristiky souboru jsou uvedeny v tabulce 1 (a příloze 3), hodnoty jsou uváděny zvlášť pro ornou půdu, trvalé travní porosty (TTP) a chráněná území.

Tabulka 1 **Základní statistická charakteristika obsahů PCB na monitorovacích plochách BMP v roce 2024 (suma 7 kongenerů, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)**

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Počet
Orná půda	4,98	1,75	1,75	35,8	34
TTP	2,53	2,11	1,75	4,08	5
Chráněná území	4,57	1,75	1,75	15,9	5

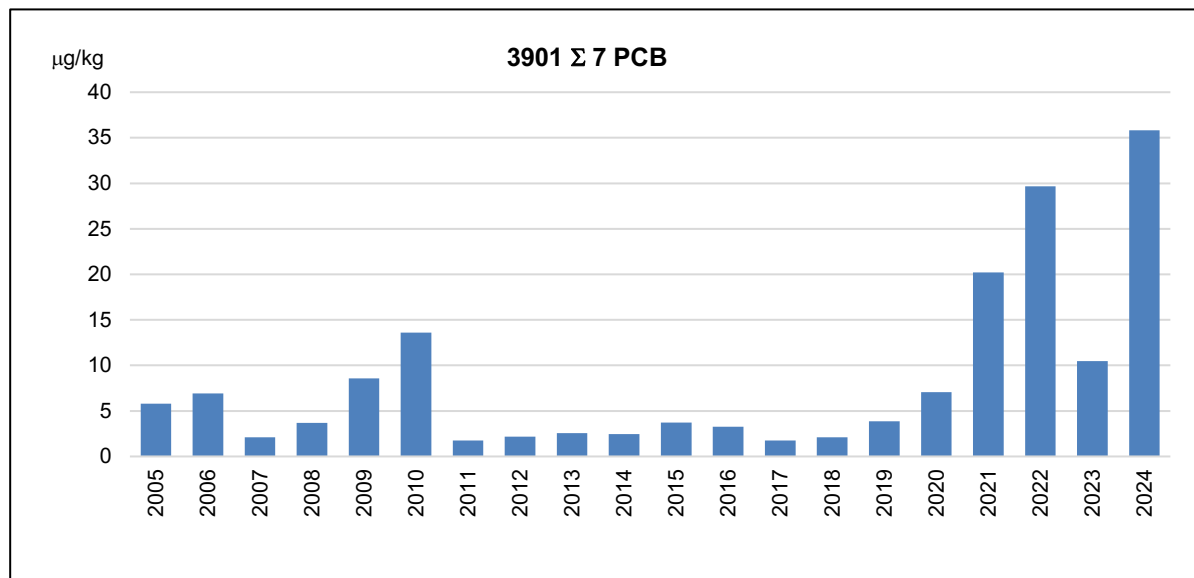
Medián sumy 7 kongenerů PCB v orných půdách se v období 2005–2024 pohybuje v rozmezí 1,75 až 3,60 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Medián z roku 2024 činí 1,75 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Rozsah mediánů v půdních vzorcích z chráněných území činí 1,75–4,80 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2024: 1,75 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Hodnoty jsou velmi podobné orným půdám. Mediány obsahů PCB v TTP kolísají v rozsahu 1,75–4,08 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (medián 2024: 2,11 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a jsou vyšší než hodnoty mediánů v orných půdách a CHÚ. Jedním z důvodů, proč tomu tak je, může být menší hloubka odběru vzorku. Nicméně je nutné mít stále na paměti, že v tomto souboru ploch je pouze pět travních porostů.

V půdních vzorcích BMP je stanovováno 7 kongenerů PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180). Nálezy jednotlivých kongenerů jsou ve většině případů nižší než mez stanovitelnosti (LOQ = 0,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). V roce 2024 byl nejčastěji nad mezí stanovitelnosti detekován kongener 153 (17x), následovaly kongenery 138 a 180 (oba 13 nálezů). Tříkrát byly detekovány kongenery 101 a 118, jedenkrát kongener 28. LOQ nebyla ani jednou překročena u kongeneru 52. Nejvyšší obsah byl naměřen u kongeneru 153, a to 13,6 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.

Nejvyšší obsahy PCB jsou pravidelně zjišťovány na plochách 7902KO (medián sumy 7 kongenerů PCB 2005–2024 činí 35,6 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.), 7901KO (35,3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a 7045BO (11,1 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Na pomyslném čtvrtém místě se umístila Studniční hora (6,67 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a první pětku doplňuje lokalita 4904KO (5,38 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.).

Obsahy rizikových prvků a látek v půdě se hodnotí na základě vyhlášky č. 153/2016 Sb., o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. Vyhláška definuje preventivní a indikační hodnoty. Preventivní hodnoty představují horní mez geogenního a antropogenního pozadí obsahů látek v půdě a jejich překročení může vést k ohrožení funkcí půdy. V takovém případě je zakázáno na půdu aplikovat sedimenty či čistírenské kaly. Při překročení indikačních hodnot může vzniknout riziko ohrožení zdraví lidí, zvířat i ohrožení kvality pěstovaných plodin.

Vyhláška č. 153/2016 Sb. uvádí pro obsah PCB v půdě preventivní hodnotu 20 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., a to pro sumu 7 kongenerů (25, 52, 101, 118, 138, 153 a 180). Preventivní hodnota pro obsah PCB v půdě byla v roce 2024 překročena na dvou monitorovacích plochách – 3901KO (k.ú. Žirovnice, okres Pelhřimov) a 7902KO (k.ú. Chrlice, okr. Brno-město), obě lokality na orné půdě. Nad 20 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. bylo naměřeno také na lokalitě 7901KO (k.ú. Tečovice, okres Zlín), po přihlédnutí k nejistotě měření obsah PCB požadavkům vyhlášky vyhovuje. Indikační hodnota nebyla překročena. Na lokalitě 3901KO zaznamenáváme nárůst obsahů PCB; medián za období 2005–2024 činí 3,78 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.

Obrázek 2 Obsahy sumy 7 kongenerů PCB na pozorovací ploše 3901KO ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

Počty vzorků překračující limit stanovený vyhláškou č. 153/2016 Sb. jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2 Počty vzorků překračujících preventivní hodnotu pro obsah PCB

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
orná půda	1	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	1	1	0	2	2	2	2	1	2
TTP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Závěry

- V roce 2024 byly PCB stanoveny na 34 plochách s ornou půdou, 5 plochách s TTP, na 1 chmelnici a v pěti vzorcích nenarušených půd CHÚ.
- Rozsah mediánů obsahů sumy 7 kongenerů PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) v letech 2005–2024 se pohybuje v ornici orných půd mezi 1,75 až 3,60 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Pro rok 2024 byl pro ornou půdu vypočten medián 1,75 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- Mediány obsahů 7 kongenerů PCB v půdách chráněných území se vyskytují v rozsahu 1,75–4,80 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2024: 1,75 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.).
- Mediány obsahů 7 kongenerů PCB v půdách TTP jsou mírně vyšší než v orných půdách a kolísají v rozmezí 1,75 až 4,08 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2024: 2,11 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.).
- Preventivní hodnota obsahu PCB v zemědělských půdách, 20 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., stanovená vyhláškou č. 153/2016 Sb., byla v roce 2024 překročena v ornici 2 pozorovacích ploch na orné půdě.

1.4.1.2 Polycyklické aromatické uhlovodíky v půdě

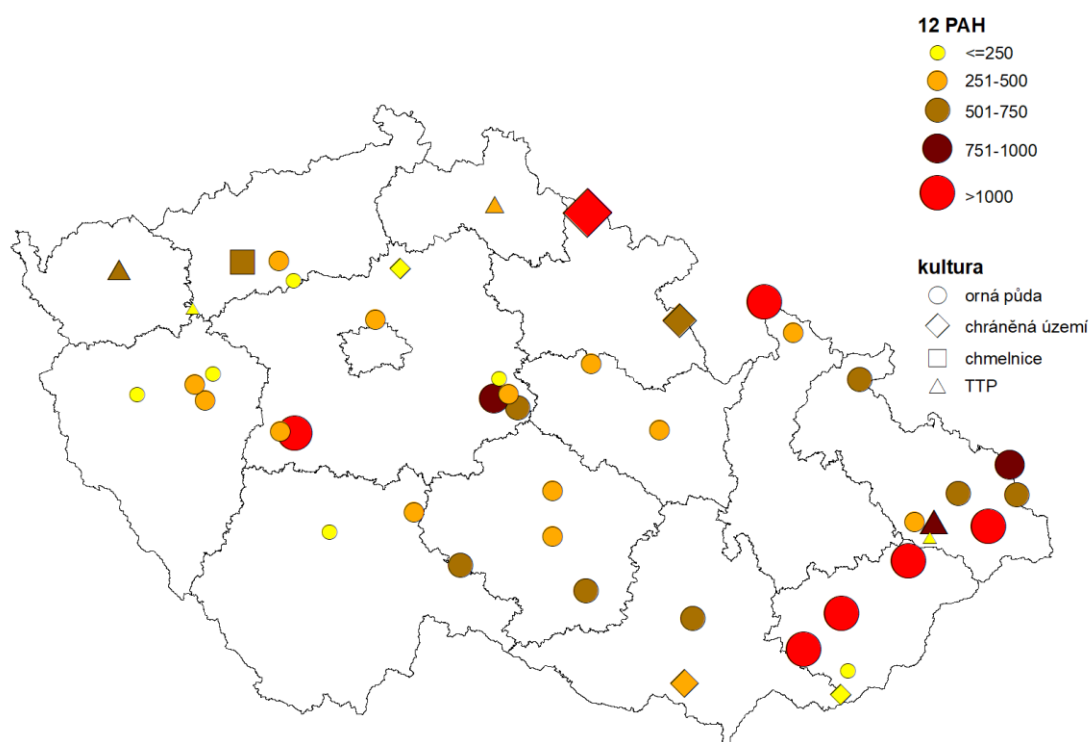
Šárka Poláková

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH), jsou chemické sloučeniny složené z uhlovodíkových cyklů (aromatických jader) bez heterogenních atomů nebo substituentů. V životním prostředí se vyskytují především v důsledku lidské činnosti – zejména nedokonalého spalování uhlíkatých paliv. V závislosti na struktuře mají některé z nich karcinogenní účinky. Vázané na pevné částice se snadno pohybují vzduchem, v půdě jsou nejčastěji vázané na organickou hmotu. Nejdůležitějším procesem jejich odbourávání z půdního prostředí je biodegradace, v menší míře se uplatňuje vymývání do podzemních vod a odpar do půdního vzduchu. Půdu je nutné chápat jako zásobárnu mnoha znečišťujících látek, včetně PAH. Obsahy PAH tedy odráží spíše dlouhodobou akumulaci než okamžité vstupy.

Polycyklické aromatické uhlovodíky jsou ve vzorcích BMP stanovovány od roku 1997. Od roku 2006 je stanovováno všech 16 EPA PAH.

V roce 2024 byly obsahy 16 individuálních PAH stanoveny ve vzorcích ze 40 vybraných pozorovacích ploch BMP a z 5 lokalit v chráněných územích, a to pouze v orničním (svrchním) horizontu (příloha 4). Součástí přílohy je také vypočtená suma všech stanovovaných PAH (suma 16 PAH) a suma 12 PAH uvedených ve vyhlášce č. 153/2016 Sb. Graficky jsou obsahy sumy 12 PAH na všech plochách BMP i v CHÚ vyjádřeny v příloze 5.

Obrázek 3 **Obsahy sumy 12 PAH na monitorovacích plochách BMP v roce 2024 (suma 12 PAH, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)**



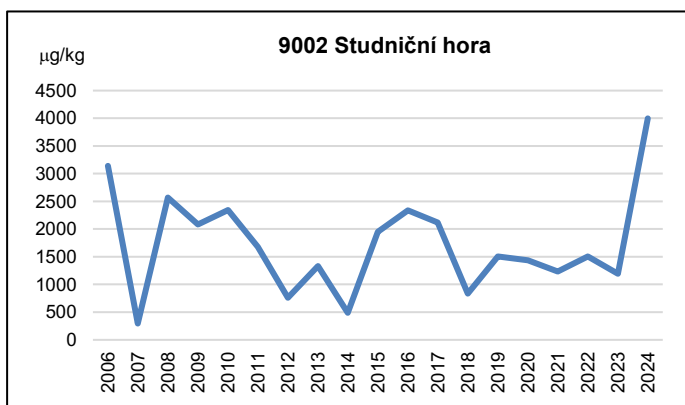
Základní statistická charakteristika souboru za rok 2024 je uvedena v tabulce 3. Přehled základní statistiky pro sumu 12 PAH od roku 2005 shrnuje příloha 6.

V souboru ploch s ornou půdou kolísaly hodnoty pro sumu 12 PAH v ornici v roce 2024 v rozmezí 114 až 18395 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Rozsah mediánů (2005–2024) činí 470–710 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., nejnižší medián byl vypočten pro rok 2023. Ve svrchním horizontu TTP kolísají mediány v letech sledování 2005–2024 mezi 286 až 1174 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., nejnižší medián byl opět v roce 2023. Mediány obsahů sumy 12 PAH v půdách CHÚ jsou vyrovnané a zhruba 3x nižší než obsahy v orných půdách, rozsah činí 98–277 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., nejvyšší v roce 2024. Mediány orných půd a půd v chráněných územích nevykazují žádný trend, u TTP pozorujeme postupný pokles mediánů.

Tabulka 3 Základní statistická charakteristika obsahů PAH na monitorovacích plochách BMP v roce 2024 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., ornice)

		Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Počet
Orná půda	Σ 12 PAH	641	489	114	1839	34
	Σ 16 PAH	679	529	149	1896	34
Trvalé travní porosty	Σ 12 PAH	456	480	181	850	5
	Σ 16 PAH	517	565	251	883	5
Chráněná území	Σ 12 PAH	1044	277	207	3998	5
	Σ 16 PAH	1110	308	234	4172	5

Obrázek PAH Průběh obsahů Sumy 12 PAH na lokalitě Studniční hora (KRNP)



Nejvyšší obsah PAH ve sledovaném souboru 45 ploch byl zjištěn ve vzorku z lokality 9002 Studniční hora v Krkonošském národním parku (3998 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)! Obsah sumy 12 PAH na této lokalitě často překračuje preventivní hodnotu pro zemědělské půdy (dlouhodobý medián činí 1505 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Důvod nárůstu neznáme.

Obsahy PAH v půdě se hodnotí podle vyhlášky č. 153/2016 Sb. Preventivní hodnota pro sumu PAH činí 1,0 mg.kg^{-1} suš., přičemž do sumy PAH se započítává 12 individuálních uhlovodíků (antracen ANT, benzo(a)antracen BAA, benzo(b)fluoranten BBF, benzo(k)fluoranten BKF, benzo(a)pyren BAP, benzo(ghi)perylene BPE, fenantren PHE, fluoranten FLT, chrysen CHR, indeno(123-cd)pyren IPY, naftalen NAP, pyren PYR). Preventivní hodnotu překročilo v roce 2024 celkem 7 vzorků, z toho byl 1 vzorek z CHÚ (KRNP, Studniční hora). Po zohlednění nejistoty by požadavkům vyhlášky nevyhovělo 5 vzorků z ploch na orné půdě a vzorek ze Studniční hory.

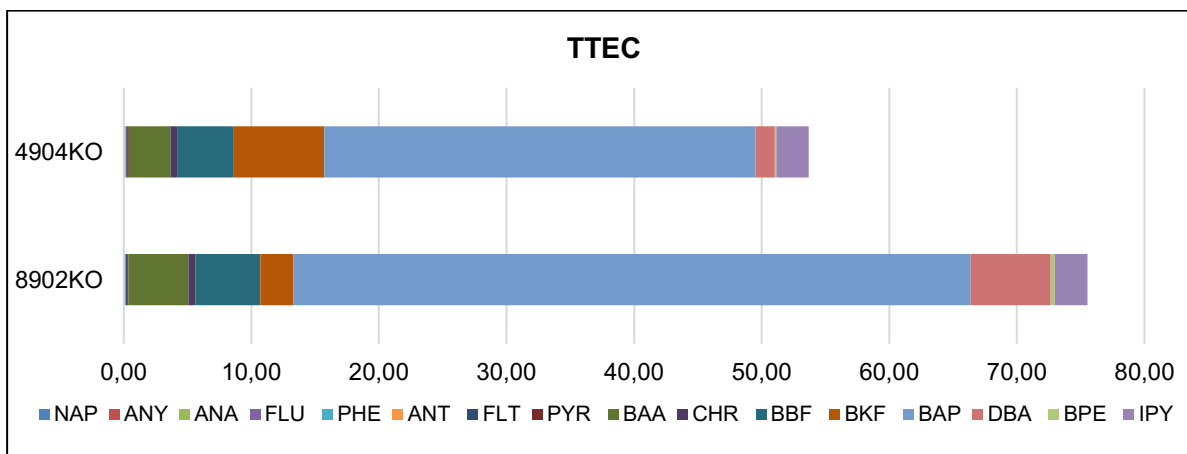
Tabulka 4 Počty vzorků překračujících stanovenou preventivní hodnotu pro obsah PAH v půdě (orná půda včetně chmelnice)

Rok	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Orná půda	5	7	5	5	6	5	6	2	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	2	5
TTP	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Polycyklické aromatické uhlovodíky se běžně hodnotí dohromady jako suma 12, nebo 16 individuálních uhlovodíků. Jednotlivé látky však mají rozdílnou chemickou strukturu, která je zodpovědná za rozdílné chemické vlastnosti, chování v životním prostředí a za rozdílnou zdravotní závadnost. K objektivnímu posouzení toxicity směsí PAH byl zaveden faktor toxického ekvivalentu (Toxicity Equivalent Factor, TEF, příloha 7), pomocí kterého je vyjádřena toxicita jednotlivých uhlovodíků vzhledem k nejtoxičtější z nich – benzo(a)pyrenu (BAP) a dibenzo(a,h)antracenu (DBA). Celková toxicita směsi je pak sumou součinů koncentrací jednotlivých látek a příslušného TEF, tzv. TTEC (Total Toxicity Equivalent Concentration).

TTEC ve vzorcích z monitoringu půd (2024) se pohybuje v rozsahu 10,6–408 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (příloha 4) a představuje 7,0–13,9 % z celkové sumy 16 PAH. Příklad využití TTEC lze dokumentovat na plochách 4904KO a 8902KO, které mají prakticky stejný obsah PAH (suma 16 PAH ve vzorcích z těchto ploch činí 618 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., resp. 624), ale toxicita směsí PAH je rozdílná (obrázek 4).

Obrázek 4 TTEC na vybraných monitorovacích plochách ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)



V sumě 12 PAH jsou nejvíce zastoupeny FLT a PYR, jejichž podíl činí v zemědělských půdách, tj. v orných půdách, chmelnici a travních porostech 19, resp. 15 %. BAP je zastoupen přibližně 8 %. Také ve vzorcích z chráněných území dosahují největších podílů FLT (15 %) a PYR (13 %), podíl BAP se pohybuje kolem 5 %.

Benzo(a)pyren (BAP)

BAP je jeden ze dvou nejtoxičtějších uhlovodíků ve směsi monitorovaných PAH. V roce 2024 se obsah BAP v zemědělských půdách pohyboval v rozsahu 6,2–178 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (tabulka 5). Mediánové obsahy BAP v zemědělských půdách a v půdách chráněných území od roku 2006 jsou znázorněny na obrázku 4. Mediány kolísají, ale trend není patrný.

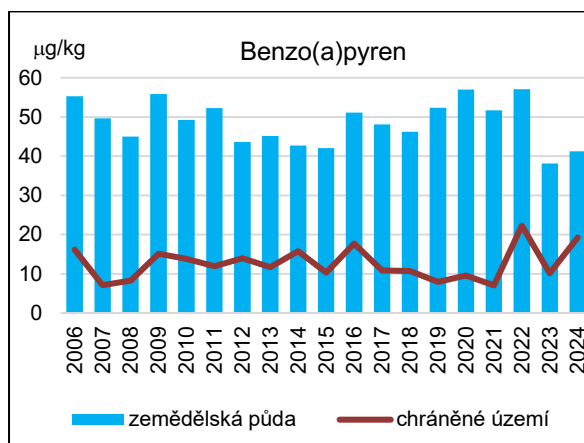
V zemědělských půdách se podíl BAP v sumě 12 PAH v roce 2024 pohyboval v rozmezí 5,4 až 10,3 %, se střední hodnotou 8,6 %. V rámci sledovaných pěti lokalit v chráněných územích procento zastoupení BAP kolísá více než je tomu u zemědělských půd, průběh je velmi podobný.

Podíl BAP v sumě 12 PAH na sledovaných lokalitách má stále rostoucí trend (obrázek 6). Procento BAP v sumě PAH roste i když celkový obsah PAH (mediány) mírně klesá v případě zemědělských půd, případně stagnuje v případě půd v chráněných územích (obrázek 7).

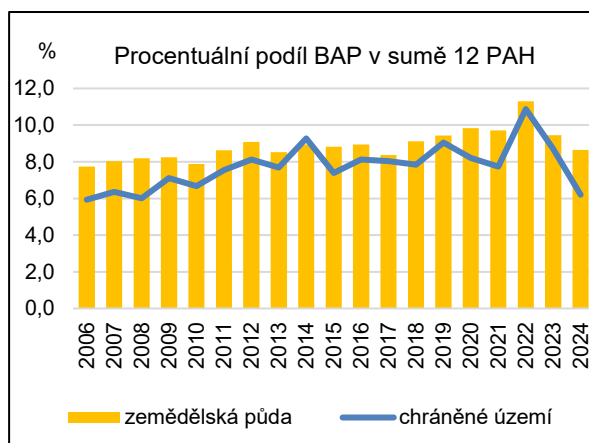
Tabulka 5 Základní statistika obsahů BAP v zemědělských půdách a půdách chráněných území (2024, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

2024	zemědělská půda	chráněná území
Průměr	53,7	56,7
Medián	41,2	19,3
Minimum	6,2	13,8
Maximum	178	216
Počet	40	5

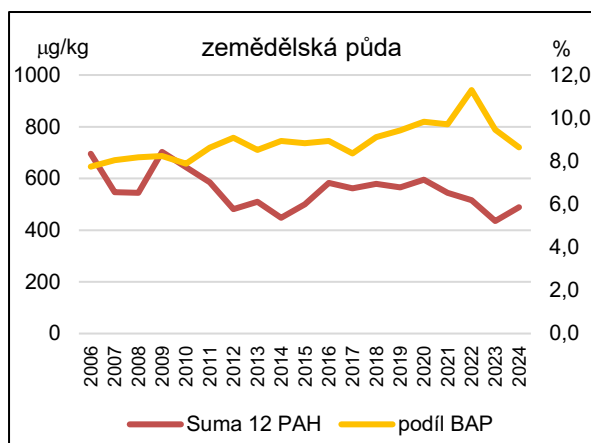
Obrázek 5 Obsah BAP v zemědělských půdách a půdách CHÚ (medián, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)



Obrázek 6 Procentuální zastoupení BAP v sumě 12 PAH v zem. půdách a půdách CHÚ (medián, %)



Obrázek 7 Obsah sumy 12 PAH v zemědělských půdách a procentuální podíl BAP (mediány)



Závěry

- V roce 2024 byly PAH stanoveny na 34 plochách s ornou půdou, 5 plochách s TTP, na 1 chmelnici a v 5 vzorcích nenarušených půd CHÚ.
- Rozsah mediánů sumy 12 PAH v orných půdách (ornice, 2005–2024) činí 470 až 710 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2024: 489 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Ve svrchním horizontu TTP kolísají hodnoty mediánů mezi 286 až 1174 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2024: 480 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a na plochách CHÚ v rozsahu 98–277 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián 2024: 277 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.).
- Preventivní hodnotu stanovenou vyhláškou č. 153/2016 Sb. (1,0 mg.kg^{-1} suš.) pro polycyklické aromatické uhlovodíky celkem (suma 12 PAH) překročilo v roce 2024 pět vzorků orné půdy a vzorek z lokality Studniční hora (KRNAP).
- Obsahy PAH na monitorovaných plochách byly vyjádřeny pomocí TEF. TTEC tvoří přibližně 7 až 13,9 % z celkové sumy 12 PAH.
- Největší podíl v sumě 12 PAH zaujímají FLT a PYR.
- Podíl BAP v sumě 12 PAH činí v roce 2024 přibližně 8,6 % (zemědělské půdy)

1.4.1.3 Persistentní chlorované pesticidy v půdě

Šárka Poláková

Do skupiny organochlorových pesticidů (OCP) patří HCH (hexachlorcyklohexan), HCB (hexachlorbenzen) a DDT (dichlordifenyltrichlorethan) a produkty jeho rozpadu – DDE a DDD. Masivní aplikace OCP v první polovině 20. století stála u úspěšného vymýcení chorob přenášených bodavým hmyzem (malárie, tyfus) v Evropě a Severní Americe. Jejich průkazná toxicita a vysoce pravděpodobná karcinogenita u člověka, jejich chemická odolnost a hromadění v tělech vyšších organismů stojících na vrcholu potravního řetězce vedly v druhé polovině 20. století k téměř celosvětovému zákazu jejich používání.

Po dobu čtyř let (1994–1997) byly obsahy organochlorových pesticidů na našem území sledovány na proměnlivém souboru pozorovacích ploch. V letech 1998 a 1999 nebyly tyto látky v půdě vůbec stanovovány. Od roku 2000 se provádí sledování na stálém souboru pozorovacích ploch (40 pozorovacích ploch na zemědělské půdě a 5 pozorovacích ploch v chráněných územích). Od roku 2012 jsou z úsporných důvodů odebírány pouze vzorky ornice.

Výsledky stanovení za rok 2024 jsou pro všechny pozorovací plochy uvedeny v příloze 8. Grafické znázornění obsahů jednotlivých pesticidů lze nalézt v přílohách 9–13, s výjimkou HCH, jehož hodnoty jsou pouze u tří pozorovacích ploch vyšší než mez stanovitelnosti ($0,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Popisnou statistiku výsledků uvádí tabulka 6 (a příloha 14).

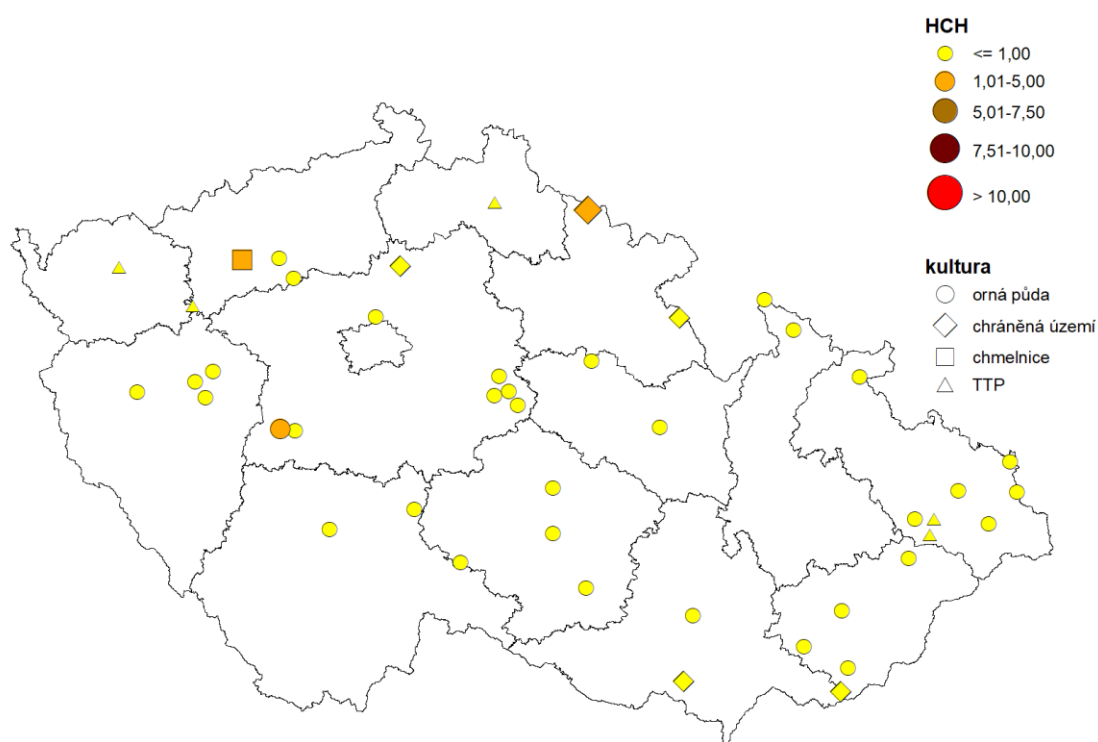
Tabulka 6 Základní statistická charakteristika jednotlivých OCP na monitorovacích plochách BMP v roce 2024 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., ornice)

		Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Počet
Orná půda	HCH	1,05	1,00	1,00	2,59	34
	HCB	2,57	1,97	0,25	8,94	34
	DDTtotal	28,03	14,29	1,99	193,45	34
Trvalé travní porosty	HCH	1,00	1,00	1,00	1,00	5
	HCB	4,81	2,02	0,25	17,60	5
	DDTtotal	23,51	8,30	5,94	70,82	5
Chráněná území	HCH	1,37	1,00	1,00	2,84	5
	HCB	1,48	0,58	0,25	3,73	5
	DDTtotal	16,24	4,50	1,50	68,10	5

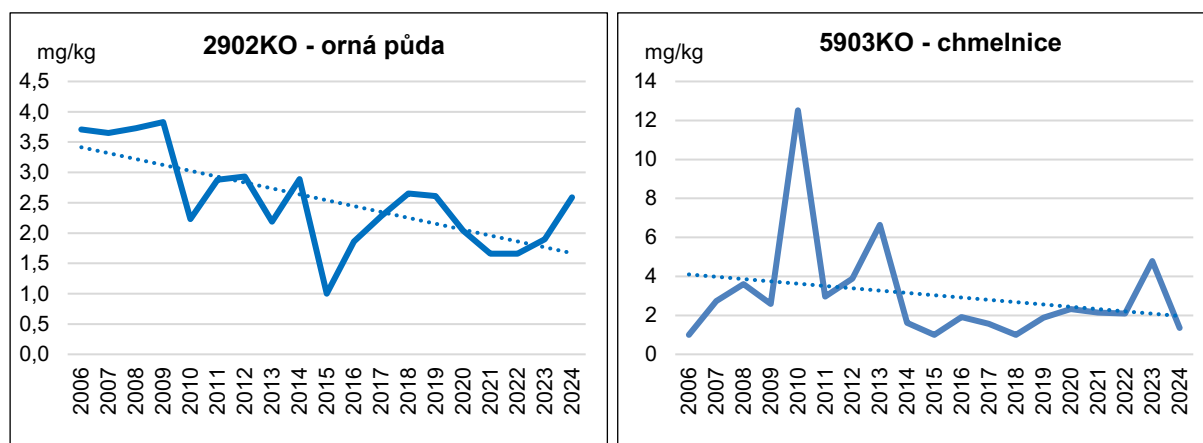
Obsahy **HCH** na plochách Bazálního monitoringu půd jsou dlouhodobě zanedbatelné. Mezi stanovitelnosti ($LOQ = 0,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) byla v roce 2024 překročena pouze na chmelnici (5903KO), v jednom vzorku orné půdy (2902KO) a ve vzorku z lokality v CHÚ, na Studniční hoře (9002). Nálezy na zemědělské půdě jsou opakované (obrázek 9). Ve vzorku z plochy 5903KO je každoročně detekován β -izomer HCH, někdy doprovázený α -izomerem. Na ploše 2902KO opakovaně nacházíme pouze γ -HCH. Ve vzorcích ze Studniční hory se objevuje mix α -, β - a γ - izomerů HCH.

Medián sumy všech čtyř izomerů HCH v orných půdách, TTP i CHÚ je $1,0 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (orniční/svrchní horizont).

Obrázek 8 Obsahy HCH na monitorovacích plochách BMP v roce 2024 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)



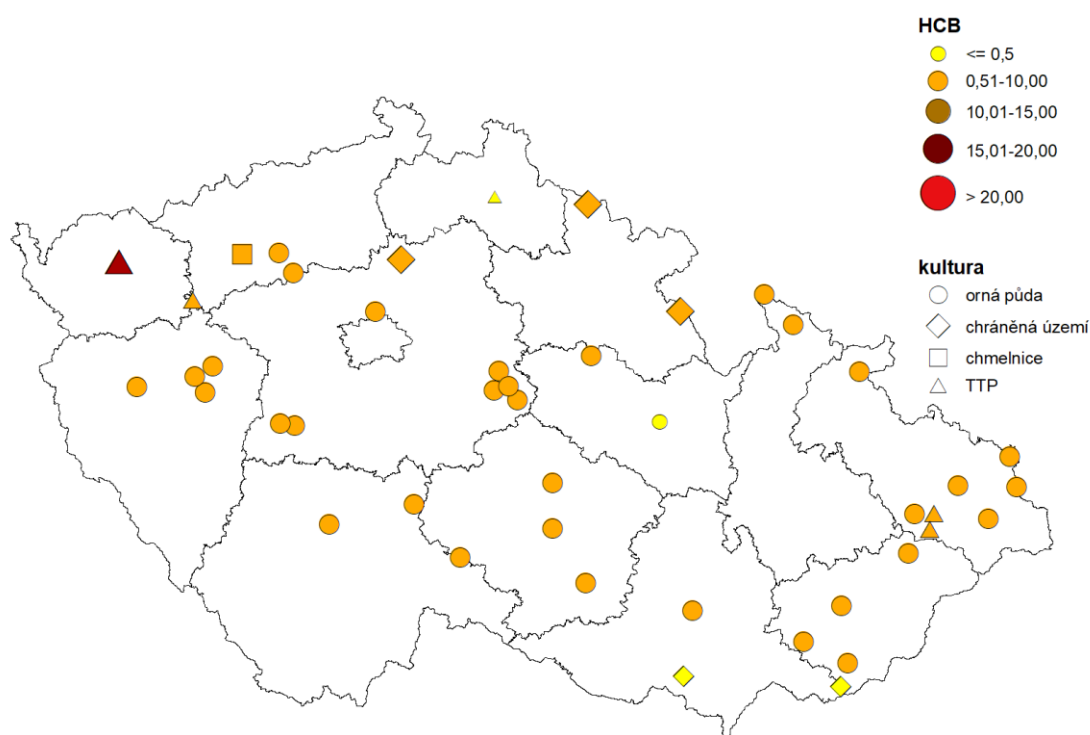
Obrázek 9 Obsahy HCH na plochách s opakovanými nálezy



Od roku 2005 kolísají mediány obsahů **HCB** v ornici orných půd v rozmezí 1,73–3,93 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (medián vypočtený pro rok 2024: 1,97 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Rozsah mediánů obsahů HCB ve vzorcích trvalých travních porostů činí 1,48–5,28 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. ve svrchním horizontu (medián 2024 činí 2,02 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Průběh i rozsah hodnot mediánů HCB na orné půdě a TTP je srovnatelný.

Obsahy HCB v půdách chráněných území jsou přibližně 3x nižší (rozsah mediánů od < 0,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. do 1,46 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.; v roce 2024 0,58 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) – nejvyšší obsahy HCB jsou zjišťovány na lokalitě Kroužek (9001) se střední hodnotou od roku 2005 3,66 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Ve vzorcích z lokality Děvín (9004) byl HCB nalezen pouze jedenkrát v roce 2019, na lokalitě Porážky (9005) nebyl HCB nikdy detekován.

Obrázek 10 Obsahy HCB na monitorovacích plochách BMP v roce 2024 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)



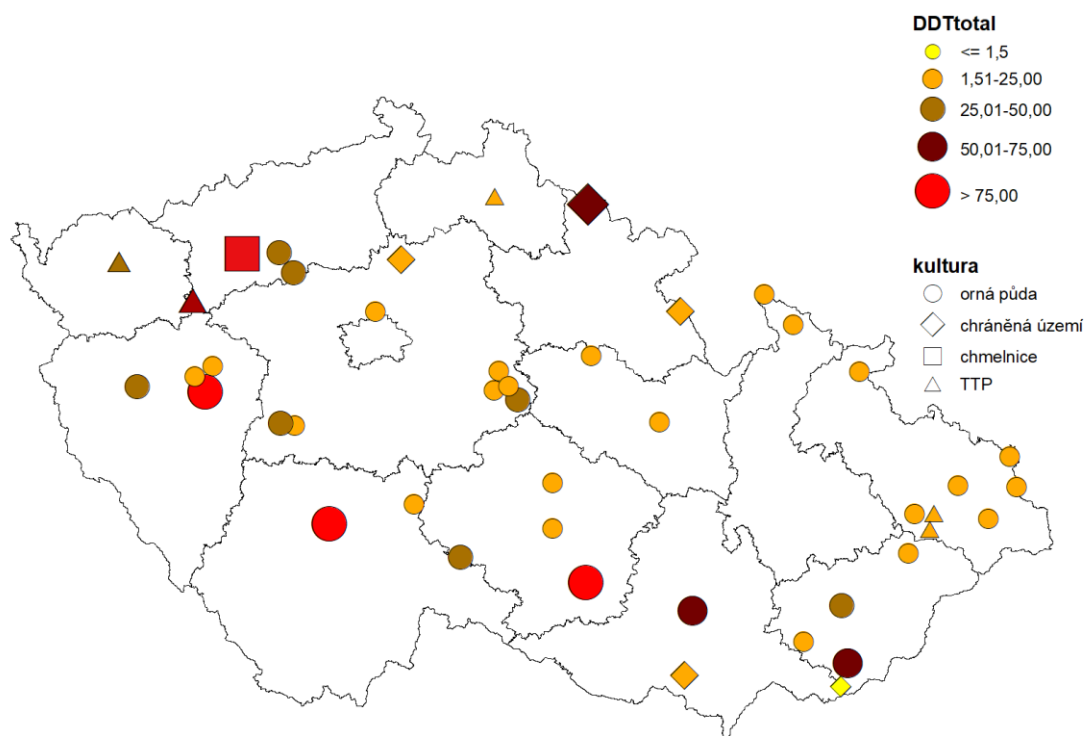
Mediány **sumy DDT** v orné půdě (suma o,p'- a p,p'- izomerů DDT) kolísají od roku 2005 v rozmezí 4,79–16,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (2024: 5,60 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Mediány obsahů sumy DDT ve vzorcích půd z trvalých travních porostů kolísají ve svrchním horizontu v rozmezí 3,33 až 14,4 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (2024: 5,81 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Mediány DDT z chráněných území mají podobný průběh jako je tomu u TTP a orných půd, v roce 2024 medián činil 1,96 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Stále platí, že obsahy DDT klesají v pořadí orná půda > TTP > chráněná území, přičemž mediány se stále více vzájemně vyrovnávají. Medián obsahů DDT v orných půdách vytrvale klesá.

Mediány **sumy DDE** v orných půdách kolísají v letech 2005–2024 mezi 3,80 a 13,3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (2024: 7,00 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a v půdách s TTP v rozmezí 3,46 až 15,2 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (2024: 4,33 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Průběh mediánů na orné půdě a TTP je, stejně jako v předchozích případech, velmi podobný, mediány TTP jsou nižší než u orné půdy. Nicméně v posledních letech se hodnota mediánů vyrovnala. Půdy chráněných území vykazují nejnižší mediány DDE (rozsah 2005–2024 činí 1,34–4,00 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián 2024: 2,04 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.).

Obsahy **sumy DDD** na monitorovaných plochách (orná půda, TTP i chráněné území) jsou velmi nízké. V roce 2024 byly obsahy DDD nižší než LOQ nalezeny na 25 monitorovacích plochách.

Základní statistika k uvedeným parametrům je uvedena v příloze 14.

Obrázek 11 Obsahy DDTtotal na monitorovacích plochách BMP v roce 2024 ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ suš.)



V příloze 14 jsou uvedeny také základní statistické parametry celkové sumy látek skupiny DDT (DDTtotal). Od roku 2021 je vidět velké snížení průměrné a maximální hodnoty u orných půd – toto je důsledek změn v souboru ploch. Z důvodu naprostého nerespektování monitorovací činnosti jsme museli ukončit každoroční vzorkování na ploše 4902KO (nahrazena plochou 4013BO), na které byly pravidelně měřeny nejvyšší obsahy látek skupiny DDT.

Průběh obsahů jednotlivých organochlorových pesticidů na plochách, na kterých došlo v období (2005–2024) k překročení preventivní hodnoty pro obsah HCB a sumy látek skupiny DDT, je graficky znázorněn v přílohách 15 a 16.

Počty vzorků, u nichž došlo k překročení preventivní hodnoty podle vyhlášky č. 153/2016 Sb. jsou uvedeny v tabulce 7. V roce 2024 došlo k překročení preventivní hodnoty pro sumu látek DDT na třech plochách s ornou půdou a na chmelnici. Preventivní hodnoty pro HCB a HCH překročeny nebyly. K překročení indikačních hodnot nedošlo.

Tabulka 7 Počty vzorků překračujících preventivní hodnotu (prev.h., $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) pro obsah organochlorových pesticidů v půdě podle vyhlášky č. 153/2016 Sb. – orná půda + chmelnice a TTP (ornice, svrchní horizont)

Orná půda																					
	prev.h.	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
HCB	20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σ DDT	75	7	5	6	5	4	4	7	5	4	3	4	2	4	5	3	4	3	3	3	4
HCH	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
z celkového počtu		35	35	35	35	35	34	34	34	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35

Trvalé travní porosty																					
	prev.h.	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
HCB	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Σ DDT	75	1	1	1	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCH	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
z celkového počtu		5	5	5	5	5	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Závěry

- V roce 2024 bylo sledování persistentních organochlorových pesticidů provedeno pouze v ornici (svrchní vrstvě) na stálém souboru 40 pozorovacích ploch na zemědělské půdě a 5 pozorovacích plochách v chráněných územích.
- Obsahy jednotlivých izomerů HCH se ve většině případů nachází pod mezí stanovitelnosti ($0,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Medián (pro všechny kultury) je $1,0 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- Medián obsahu HCB v ornici orných půd činil v roce 2024 $1,97 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Medián obsahu HCB ve vzorcích z trvalých travních porostů dosáhl $2,02 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Průběh i rozsah hodnot mediánů HCB na orné půdě a TTP je srovnatelný. Obsahy HCB v půdách CHÚ jsou přibližně 3x nižší, medián se drží pod hodnotou $1 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- Látky skupiny DDT: mediány obsahů DDT, DDE a DDD v orných půdách vypočtené pro rok 2024 činí, 5,60, 7,00 resp. $0,50 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Nejnižší obsahy těchto látek se nacházejí v půdách chráněných území, následují travní porosty a nejvyšší obsahy nacházíme v orných půdách.
- K překročení preventivních hodnot podle vyhlášky č. 153/2016 Sb. došlo v roce 2024 pouze u parametru DDTtotal ve třech vzorcích orných půd a ve vzorku z chmelnice. Preventivní hodnoty pro HCB a HCH překročeny nebyly, stejně tak nedošlo k překročení indikačních hodnot pro žádný parametr.

1.4.1.4 Účinné látky používané v přípravcích na ochranu rostlin v půdě

Šárka Poláková

Obsoletní pesticidy jsou v rámci monitoringu půd sledovány od 90. let minulého století. V roce 2014 byl zahájen monitoring moderních přípravků na ochranu rostlin, resp. v současnosti používaných účinných látek. Tyto látky musí vykazovat vysoký rozdíl mezi toxicitou pro cílové a necílové organismy, dobrou biodegradabilitu a neovlivňovat endokrinní systém savců. Jsou dlouhodobě sledovány v povrchových i podzemních vodách, ale pro jejich obsahy v půdách nejsou stanoveny žádné limitní hodnoty. Monitoring účinných látek POR probíhá na 40 pozorovacích plochách BMP a na 5 plochách v chráněných územích a jeho prostřednictvím získáváme informace o reálných obsazích těchto sloučenin v půdě, které můžeme porovnat s informacemi o aplikaci POR na monitorovacích plochách BMP získávaných přímo od zemědělců dotazníkovým způsobem.

V roce 2014 byly půdní vzorky odebrány při sklizni nebo těsně po ní (květen–říjen), v roce 2015 došlo k úpravě metodiky, a to především u termínu vzorkování. Půdní vzorky jsou nyní odebírány v průběhu února a března proto, aby se maximálně omezila pravděpodobnost aplikace POR před odběrem vzorku a vzorek reprezentoval zbytkové obsahy látek v půdě.

Ke stanovení byly vybrány látky nejčastěji aplikované na tyto plochy v období pěti let před začátkem samotného monitoringu (1998–2012), a látky nejčastěji aplikované v zemědělské praxi obecně. V roce 2014 bylo v každém vzorku stanoveno celkem 52 účinných látek. V následujících letech byl seznam stanovovaných látek rozšiřován. V roce 2019 byl rozsah sledovaných látek v BMP dále obohacen o účinné látky, u kterých po převedení analýz na tehdy pořízený systém UPLC-MS/MS TQ-XS Xevo Waters, došlo ke zlepšení pracovních charakteristik. V roce 2020 došlo k revalidaci analytické metody, což vedlo ke snížení kvantifikačních limitů u většiny stanovovaných látek a tedy i k většímu počtu pozitivních nálezů.

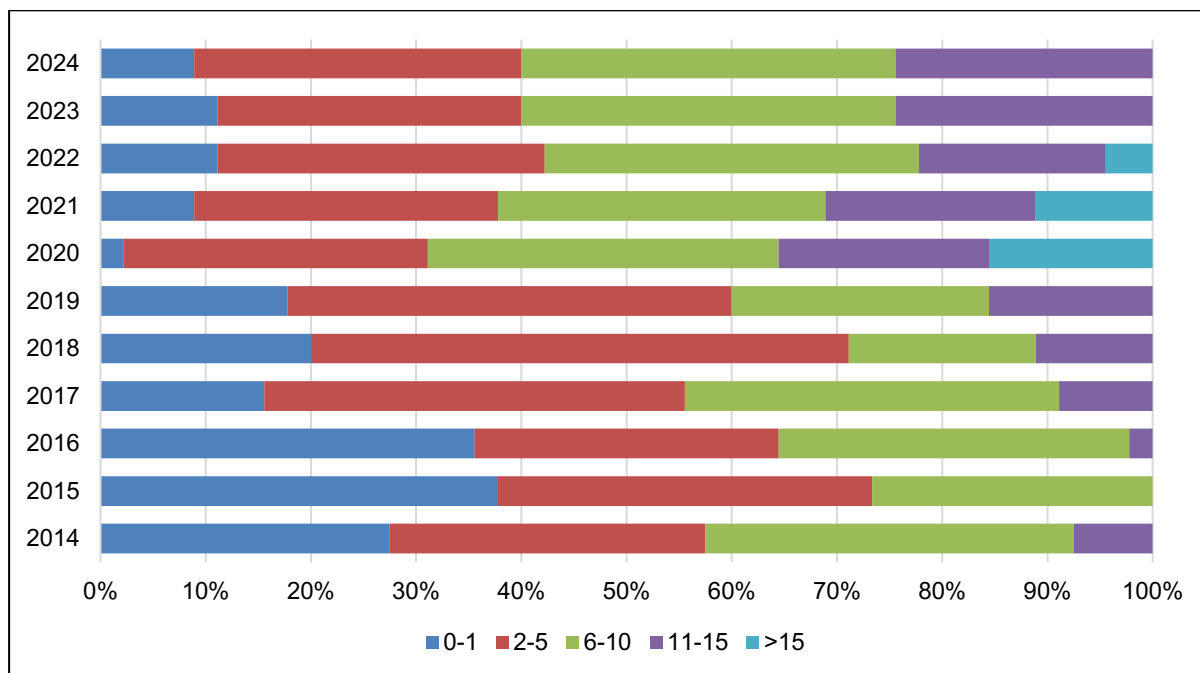
Tabulka 8 Počet sledovaných účinných látek (rozdělení podle účinku)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Celkem	52	68	71	70	70	90	100	100	100	100	102
Herbicidy	30	38	41	42	42	61	64	64	64	64	66
Fungicidy	20	22	22	22	22	21	27	27	27	27	27
Insekticidy	2	5	4	4	4	6	6	6	6	6	6
Metabolity	-	3	4	2	2	2	3	3	3	3	3

V půdních vzorcích BMP bylo v roce 2024 nalezeno celkem 42 účinných látek, z toho 18 herbicidů, 21 fungicidů a 3 metabolity. Jejich přehled a základní statistické parametry jsou uvedeny v příloze 17. Příloha 18 zobrazuje počet nálezů jednotlivých účinných látek v roce 2024. V příloze 19 je zobrazeno 43 účinných látek, které se ve vzorcích vyskytly průměrně více než 1x v roce.

Následující obrázek zobrazuje počty účinných látek detekované v jednom vzorku. Aby byl graf přehlednější, byly vytvořeny kategorie / skupiny počtu nálezů po pěti nálezech (0–1 detekovaná účinná látka, 2–5 detekovaných účinných látek, 6–10 úč. l., 11–15 úč. l. a více než 15 detekovaných účinných látek). Revalidace analytické metody, ke které došlo v roce 2020 se zcela jasně projevila zvýšeným zastoupením lokalit v kategoriích s 11–15 a více než 15 detekovanými účinnými látkami. Průměrný (i mediánový) počet detekovaných účinných látek v období 2020–2024 je 8 účinných látek v jednom půdním vzorku, tj. na lokalitě.

Obrázek 12 Zastoupení lokalit v jednotlivých kategoriích podle počtu účinných látek detekovaných v jednom vzorku (tj. na jedné lokalitě)



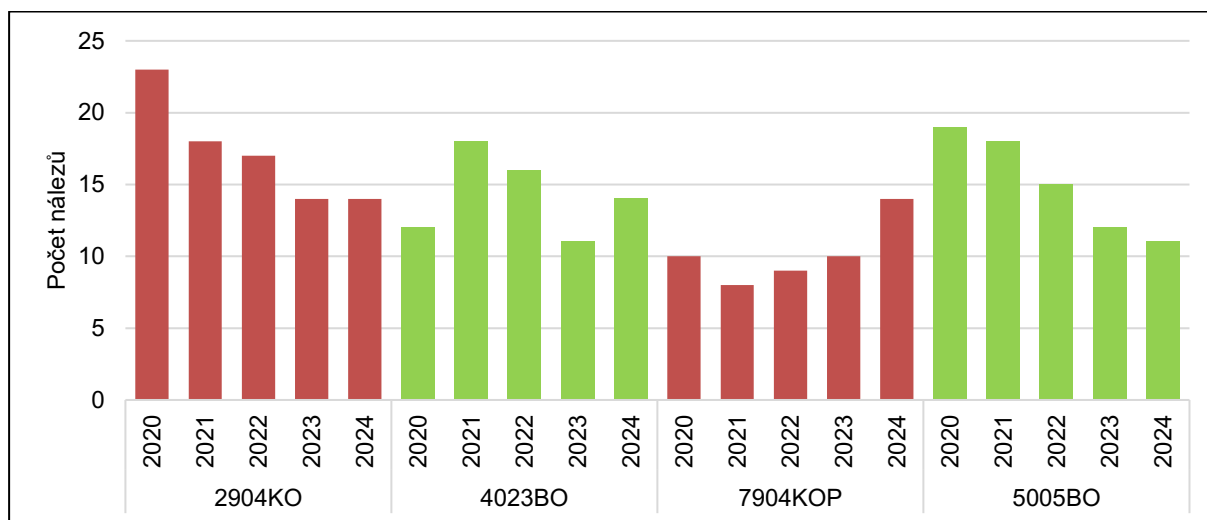
V loňském roce byl nejčastěji detekovanou látkou metabolit atrazinu 2-hydroxyatrazin – detekován na 39 lokalitách, a to ve všech sledovaných kulturách včetně 2 lokalit v chráněných územích (9002 Studniční hora, KRNAP a 9003 Bukačka, CHKO Orlické hory). Se 36 nálezy následoval metabolit terbuthylazinu 2-hydroxyterbuthylazin, opět detekován ve všech kulturách a na třech lokalitách v chráněných územích (9002 Studniční hora, KRNAP a 9003 Bukačka, CHKO Orlické hory, 9005 Porážky, CHKO Bílé Karpaty). Na 3. až 5. místě co do četnosti nálezů byly v půdních vzorcích stanoveny tyto látky: epoxykonazol (26 lokalit), diflufenikan (25 lokalit) a tebukonazol (21 lokalit). Tyto látky patří také do prvních pěti nejčastěji detekovaných látek celkově.

Na jednotlivých monitorovaných plochách bylo v roce 2024 detekováno 0–14 různých účinných látek. Průměrný (i mediánový) počet za rok 2024 činí 7 účinných látek v jednom vzorku.

Maximální počet detekovaných účinných látek (14) byl v roce 2024 zjištěn na monitorovací ploše 2904KO, stejně jako v předchozím roce. Stejný počet účinných látek byl dále detekován na lokalitách 4023BO a 7904KOP.

V příloze 20 jsou uvedeny průměrné počty účinných látek na jednotlivých monitorovacích plochách od roku 2020 (po revalidaci analytické metody a snížení kvantifikačních limitů). Nejvyšší průměrný počet nálezů ročně se vyskytuje na již zmíněné ploše 2904KO, a to 17,2. Druhý nejvyšší průměrný počet nálezů za rok je na ploše 5005BO, a to 15. Na následujícím obrázku jsou zobrazeny konkrétní počty nálezů na lokalitách s 14 účinnými látkami nalezenými v roce 2024 a lokalita 5005BO. Zatímco na lokalitách s průměrně nejvyššími počty detekovaných účinných látek (2904KO, 5005BO) pozorujeme během uvedených pěti let snižování počtu nálezů, na lokalitě 7904KO dochází spíše k jejich zvyšování.

Obrázek 13 Počty nálezů účinných látek POR na třech lokalitách s nejvyššími počty nálezů v roce 2024 a na lokalitě 5005BO



Pouze na třech lokalitách nebyla v roce 2024 detekována žádná účinná látka. Jedná se o dvě plochy v chráněných územích (9001 Kroužek, 9004 Děvín) a jeden travní porost (5017BO). I na těchto plochách však již byly v minulosti některé látky detekovány: v chráněných územích to byly metabolity 2-hydroxyterbuthylazin a 2-hydroxyatrazin v roce 2020 v koncentracích těsně nad LOQ; na lokalitě 9001 Kroužek dokonce diflufenikan v roce 2022. Na ploše 5017BO byl od roku 2014 detekován pouze fenpropidin v roce 2020.

V současné době (s dostupnou analytickou technikou) byl během sledování, tj. od roku 2014 zaznamenán výskyt alespoň jedné účinné látky na každé monitorovací ploše.

Závěry

- V roce 2024 byly účinné látky POR stanoveny v půdních vzorcích ze 40 monitorovacích ploch (34 ploch s ornou půdou, 5 ploch s TTP, 1 chmelnice) a také z 5 ploch v chráněných územích.
- Bylo stanovováno celkem 102 účinných látek POR.
- Celkem bylo v roce 2024 detekováno 42 účinných látek, z toho 18 herbicidů, 21 fungicidů a 3 metabolity. Nejčastěji byl ve vzorcích detekován metabolit atrazinu, 2-hydroxyatrazin, následovaný metabolitem terbuthylazinu 2-hydroxyterbuthylazinem, na více než 20 plochách byl nalezen epoxykonazol, diflufenikan a tebukonazol.
- Na jednotlivých monitorovacích lokalitách bylo v roce 2024 detekováno 0–14 účinných látek. Průměrný počet účinných látek v jednom půdním vzorku je 7 (medián: 7 úč. l.).
- Na každé monitorované ploše, včetně ploch v chráněných územích, byla v průběhu sledování detekována minimálně 1 účinná látka (2014–2024).

1.4.1.5 Uhlovodíky C10-C40 v půdě

Šárka Poláková

Uhlovodíky C10-C40 jsou látky omezeně rozpustné ve vodě, jedná se především o tuky, oleje a ropné produkty. Za znečištěním půdy těmito látkami stojí úniky benzinu, nafty nebo maziv.

Pro obsahy uhlovodíků C10-C40 je od roku 2016 vyhláškou č. 153/2016 Sb. stanovena preventivní hodnota 100 mg.kg⁻¹. O reálných obsazích v půdě bylo k dispozici pouze omezené množství informací. Proto ÚKZÚZ v roce 2016 přistoupil k postupnému screeningu tohoto parametru na 40 plochách BMP v rámci sledování organických polutantů. Vzorby byly postupně odebrány a zanalyzovány v letech 2016–2019. Hodnota nad mezí stanovitelnosti byla zjištěna pouze na pěti z nich – 4904KO, 5903KO, 7045BO, 7901KO a 7902KO. Jistou zajímavostí je, že plocha 4904KO je travní porost. Od roku 2020 se parametr C10-C40 stanovuje právě na těchto pěti monitorovacích plochách (příloha 21).

K překročení preventivní hodnoty dochází na jedné lokalitě – 7901KO.

Závěry

- V roce 2024 byl parametr C10-C40 stanoven v 5 půdních vzorcích.
- K překročení preventivní hodnoty došlo na jedné ploše s ornou půdou.

1.4.1.6 Minerální dusík v půdě

Lenka Prášková

Anorganický dusík představuje podle RICHTERA *et* HLUŠKA (1994) 1–2 % celkového obsahu a je reprezentován hlavně nitrátovými a amonnými ionty. Přechodně se v půdě vyskytují také oxidy dusíku (N_2O , NO , NO_2) a meziprodukty mikrobiálních procesů např. hydroxylamin (NH_2OH), nitramid ($\text{N}_2\text{H}_2\text{O}_2$), které jsou však nestabilní a podléhají oxidačním a redukčním procesům. V konečném důsledku z nich vznikají NH_4^+ resp. NO_3^- ionty. Sorpce aniontu NO_3^- v půdě je velmi nízká z důvodu převládající sorpce kationtů a proto se nalézá převážně v půdním roztoku. Jeho obsah v půdním roztoku ovlivňuje resorpce rostlinami a mikroorganismy a vodní srážky. Na zvýšení obsahu se podílí biologická aktivita a intenzita hnojení (FECENKO *et* LOŽEK, 2000). Amonný iont je převážně výměně sorbován na půdní koloidní komplex, v půdním roztoku jsou jeho koncentrace velmi malé a rostliny jej přijímají převážně při kontaktu kořenů s pevnou půdní fází a při nižší teplotě (BALÍK *et al.*, 2001).

V průběhu roku dochází ke značným změnám anorganického dusíku v půdě. Sezónně může být v půdě od několika miligramů minerálního dusíku v kilogramu půdy až po více než 100 mg.kg^{-1} . V jarním období se zintenzivňuje činnost nitrifikačních bakterií, minerální dusík dosahuje svého jarního maxima a NH_4^+ se mění na pohyblivou formu NO_3^- (BIELEK, 1998). Odběr dusíku rostlinami a sezónní pokles nitrifikace se stabilizuje na letní minimum. Příznivé vlhkostní a teplotní podmínky v závěru léta a na podzim zvyšují obsah minerálního dusíku na podzimní maximum. Tuto sezónní variabilitu minerálního dusíku je třeba respektovat a využívat při stanovování dávek dusíku jak k základnímu hnojení, tak i pro přihnojování během vegetace. Aplikace organické hmoty s širokým poměrem C:N může dusík dočasně imobilizovat (FECENKO *et* LOŽEK, 2000).

V půdách BMP jsou od roku 1993 v podzimním období odebírány vzorky ornice (O) a podorničí (P). V letech 1993–1996 a po přestávce v roce 2000 byly vzorky odebírány ze všech pozorovacích ploch BMP, přičemž u ploch TTP byly odebírány 3 vrstvy (O, P, R). Od roku 2004 jsou vzorky odebírány každoročně a pouze z 23 vybraných pozorovacích ploch (15 orných, 3 TTP, 1 sad, 4 plochy, kde se v průběhu let střídala orná půda a TTP) a odebírány jsou pouze vrstvy O, P (včetně TTP).

Vzorky jsou odebírány po ukončení všech agrotechnických operací k předešlé i následné plodině a zároveň před zamrznutím půdního profilu. Podmínkou zahájení vzorkování je uplynutí alespoň 14 dní po poslední operaci s půdou a 3–4 týdny po hnojení statkovými hnojivy nebo opožděné zaorávce jetelovin. Ve vyšších polohách s časným zámrzem lze s odběry vzorků začít po 15. říjnu, v nižších polohách s pozdějším nástupem zimy je možné odběry ukončit do 15. prosince. Hloubka odběrů se řídí kulturou.

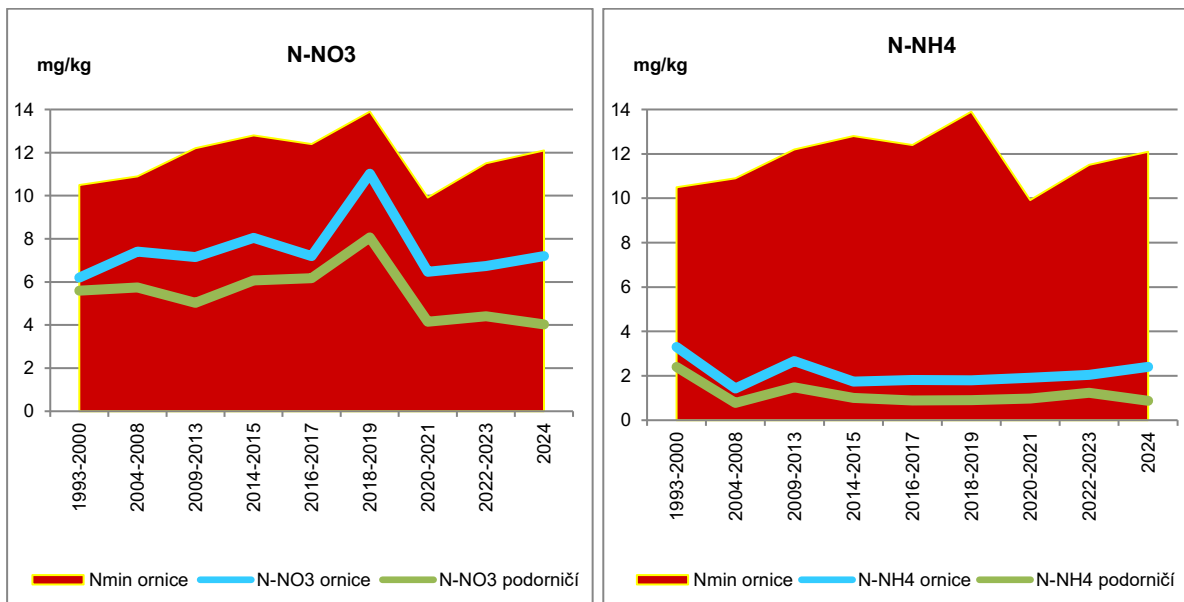
Ve vzorcích byl stanoven nitrátový (N-NO_3) a amonný (N-NH_4) dusík. Minerální dusík (Nmin) je vypočítán ze součtu obsahů $\text{N-NO}_3 + \text{N-NH}_4$. Výsledky obou forem dusíku jsou vyjádřeny v mg.kg^{-1} sušiny; v odběrových letech do roku 2000 byl nitrátový dusík stanoven v původním vzorku půdy, poté se již vyjadřoval v mg.kg^{-1} sušiny. Nitrátový dusík se stanovoval dusičnanovou iontově selektivní elektrodou a nově spektrofotometricky v ultrafialové oblasti při 210 nm. Amoniakální dusík se stanovoval fotometricky indofenolovou metodou nebo na amoniakální iontově selektivní elektrodě a nově spektrofotometricky s použitím činidla salicylanu sodného.

Tabulka 9 Základní statistická charakteristika obsahů minerálního dusíku ve vzorcích z odběrů v roce 2024 ($N\text{-NO}_3$ v mg.kg^{-1} sušiny, $N\text{-NH}_4$ v mg.kg^{-1} sušiny, N_{min} v mg.kg^{-1} sušiny)

	Horizont	Počet vzorků	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	10% percent.	90% percent.
$N\text{-NO}_3$	O	23	9,42	7,20	0,61	28,8	2,97	17,0
	P	23	5,12	4,03	1,34	15,7	1,81	8,83
$N\text{-NH}_4$	O	23	4,49	2,40	< 0,20	19,8	0,38	11,8
	P	23	1,56	0,87	< 0,20	6,89	0,15	3,06
N_{min}	O	23	13,9	12,1	5,40	42,2	7,24	22,6
	P	23	6,67	5,14	2,25	15,7	3,03	10,8

Statistické hodnocení obsahů $N\text{-NO}_3$, $N\text{-NH}_4$ a N_{min} v půdách BMP pro roky 1993–2024 je uvedeno v příloze 22 a pro rok 2024 je v tabulce 9. Medián $N\text{-NO}_3$ z celé periody let pro orníční horizont má hodnotu $6,50 \text{ mg.kg}^{-1}$ (pro rok 2024 má hodnotu $7,20 \text{ mg.kg}^{-1}$). Podorníčí vykazuje nižší obsahy než ornice ($5,38 \text{ mg.kg}^{-1}$ – 1993–2024; $4,03 \text{ mg.kg}^{-1}$ – 2024). Medián $N\text{-NH}_4$ je rovněž jako nitrátový dusík vyšší v horizontu O ($2,80 \text{ mg.kg}^{-1}$ – 1993–2024; $2,40 \text{ mg.kg}^{-1}$ – 2024) proti P ($1,90 \text{ mg.kg}^{-1}$ – 1993–2024; $0,87 \text{ mg.kg}^{-1}$ – 2024). Při podrobnějším pohledu na řadu výsledků z let 1993–2024 (obrázek 14) můžeme říci, že v posledním desetiletí obsahy nitrátového dusíku odpovídají hodnotám z počátku sledování; (s výkyvem v letech 2018–2019).

Obrázek 14 Vývoj mediánů obsahu nitrátového a amonného dusíku v půdě na vzorkovaných plochách BMP v letech 1993–2024, mg.kg^{-1} sušiny



Nitrátový dusík v ornici představuje určité nebezpečí pro jakost vod, protože v závislosti na průběhu počasí, zejména intenzity srážek, může být v různé míře vyplavován do hlubších vrstev půdy. Největším potenciálním rizikem je vysoký obsah $N\text{-NO}_3$ na konci podzimu, kdy

již nemůže být ve větší míře využit vegetací, ale naopak vytváří zásobu snadno pohyblivých nitrátových iontů, které jsou z hlediska vyplavování nejnebezpečnější.

Pro hodnocení obsahu N-NO₃ v půdě bylo použito rozdělení oblastí do dvou skupin podle nadmořských výšek podle kritérií zavedených a provozně odzkoušených při řešení problematiky „Stanovení ekologicky únosných obsahů minerálního dusíku v půdách pásem hygienické ochrany vodních zdrojů“ – zpráva ÚKZÚZ Brno, 1995. Hodnocení bylo prováděno s ohledem na nadmořskou výšku stanoviště (tabulka 10).

Tabulka 10 *Hodnocení obsahu N-NO₃ v půdě (mg.kg⁻¹)*

obsah N-NO ₃	do 450 m n. m.	nad 450 m n. m.
velmi bezpečný	do 5,0	do 4,0
bezpečný	5,1 – 10,0	4,1 – 8,0
přiměřený	10,1 – 15,0	8,1 – 12,0
nadměrný	15,1 – 20,0	12,1 – 16,0
rizikový	nad 20,1	nad 16,1

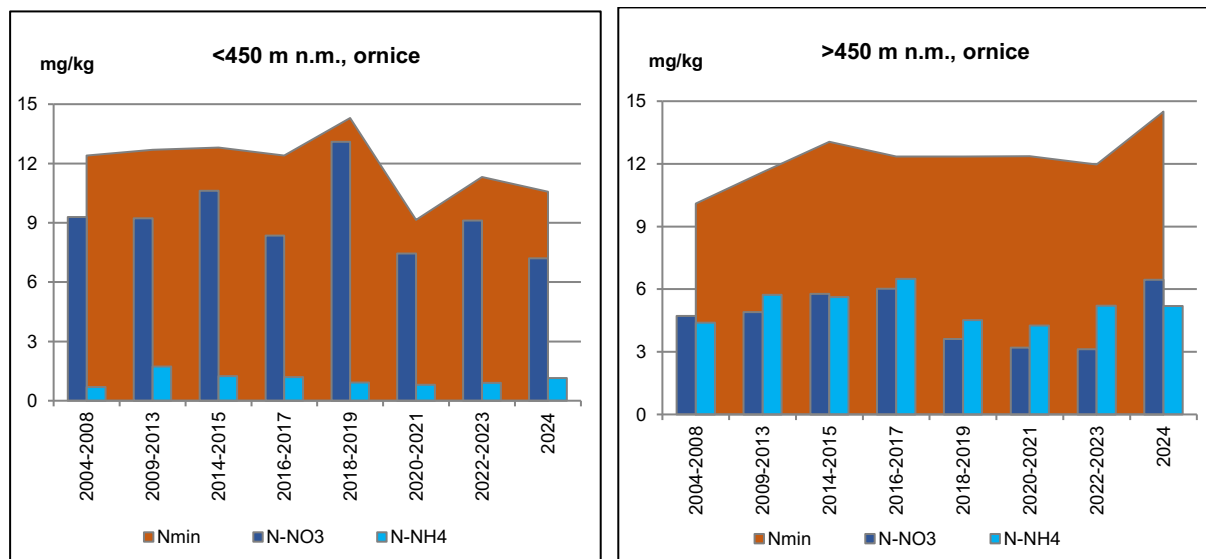
Tabulka 11 *Základní statistická charakteristika obsahů minerálního dusíku ve vzorcích ze stálého počtu 23 ploch BMP v letech 2004–2024 s rozdělením ploch podle nadmořské výšky, (mg.kg⁻¹ sušiny)*

Nadm. výška		Horizont	Počet vzorků	Průměr	Medián	Min.	Max.	10% percent.	90% percent.
< 450	N-NO ₃	O	298	12,7	9,71	0,53	94,3	3,12	26,1
		P	294	9,23	7,04	0,10	83,1	1,85	19,4
	N-NH ₄	O	294	2,36	1,14	0,10	19,3	0,10	6,70
		P	294	1,47	0,70	0,10	16,9	0,10	3,79
	Nmin	O	298	15,1	12,4	1,10	94,8	4,93	28,1
		P	294	10,7	8,22	0,20	83,9	2,67	21,7
> 450	N-NO ₃	O	164	7,24	4,82	0,61	69,1	1,92	14,3
		P	164	5,11	2,46	0,10	38,7	0,95	11,8
	N-NH ₄	O	164	6,10	5,18	0,10	22,9	1,65	11,7
		P	164	2,43	2,11	0,10	10,0	0,64	4,51
	Nmin	O	164	13,4	11,6	2,70	77,1	6,57	21,7
		P	164	7,57	5,66	0,10	40,0	2,77	14,4

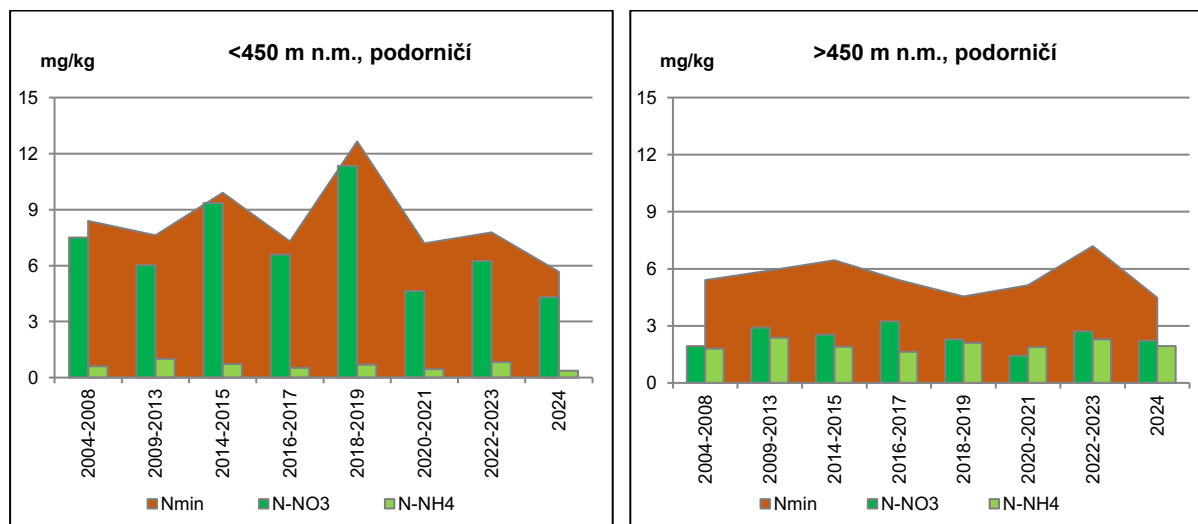
Rozdělení oblastí podle nadmořských výšek bylo použito pro hodnocení odběrů z let 2004–2024, kdy byly odběry vzorků prováděny každoročně na stálém počtu 23 ploch (tabulka 11). Rozdělení na oblasti bylo použito nejen pro hodnocení obsahu dusíku nitrátového, ale i amonného. Z výsledků zřetelně vyplynulo, že oblasti do 450 m n. m. obsahují v orničním i podorničním horizontu vyšší množství nitrátového dusíku než oblasti nad 450 m n. m. U amonného dusíku je tomu přesně naopak (vyšší obsahy jsou v ornici i podornici u oblastí s nadmořskými výškami nad 450 m). Obrázky 15 a 16 ukazují vývoj v uvedené periodě let v ornici a podornici v závislosti na nadmořských výškách. Je zde patrný pokles obsahu minerálního dusíku v ornici v oblastech do 450 m n.m. a v podornici v oblastech nad 450 m n.

m. Zvýšení v roce 2024 zaznamenal minerální dusík v ornici na plochách nad 450 m n. m. Výkyv v obsahu nitrátů v letech 2018–2019, který je patrný na obrázku 15, se ukázal být vázán pouze na plochy v oblastech do 450 m n.m.

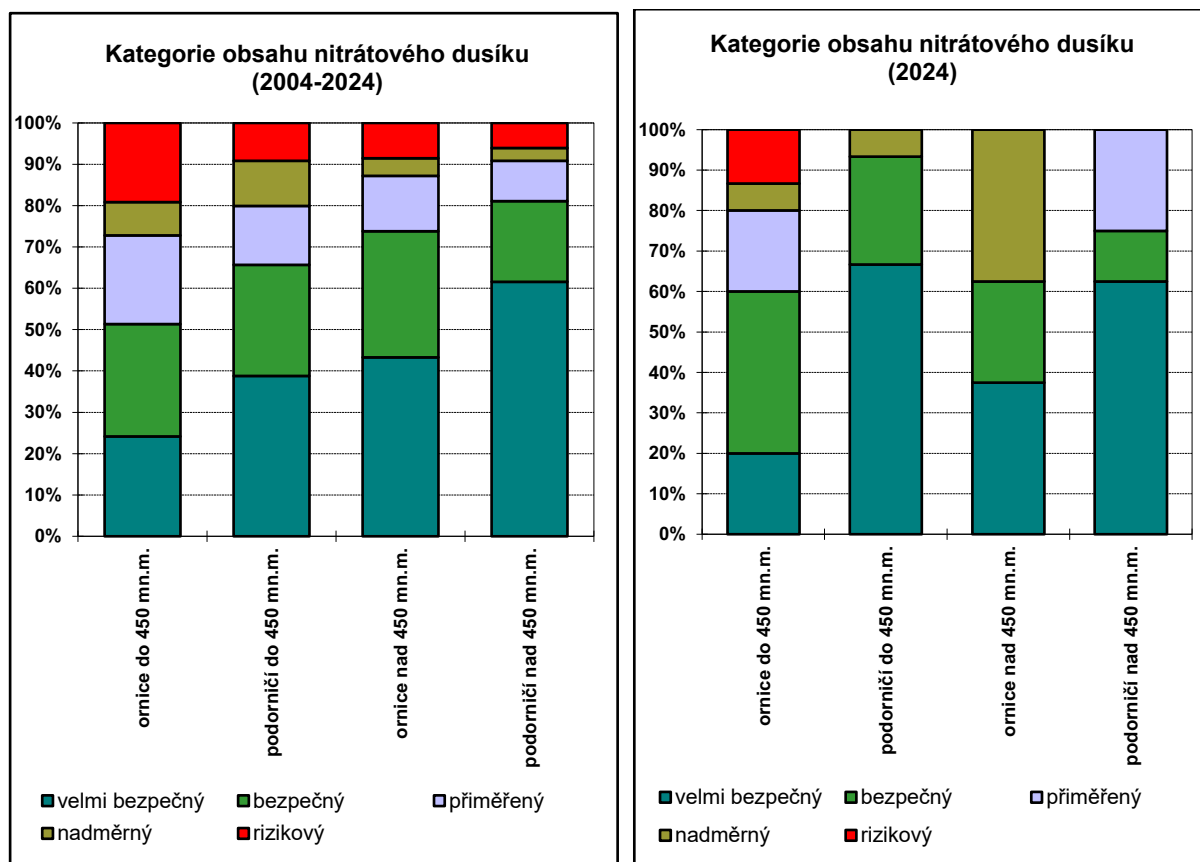
Obrázek 15 Vývoj mediánů obsahu dusíku v ornici s ohledem na nadmořskou výšku (do 450 m n.m. a nad 450 m n.m.) na stálých 23 plochách BMP v letech 2004–2024, mg.kg^{-1} sušiny



Obrázek 16 Vývoj mediánů obsahu dusíku v podorníci s ohledem na nadmořskou výšku (do 450 m n.m. a nad 450 m n.m.) na stálých 23 plochách BMP v letech 2004–2024, mg.kg^{-1} sušiny



Obrázek 17 Procentické zastoupení vzorků v jednotlivých kategoriích obsahů nitrátového dusíku v ornici a podorníci 23 stálých ploch BMP, perioda let 2004–2024, rok 2024



Rozčlenění na jednotlivé kategorie podle obsahů nitrátového dusíku z tabulky 10 bylo použito ke grafickému zobrazení zjištěných obsahů N-NO_3 v půdě z let 2004–2024 a z roku 2024 (obrázek 17). Obsahy N-NO_3 jsou zařazeny do pěti kategorií (velmi bezpečný, bezpečný, přiměřený, nadměrný a rizikový) podle nadmořských výšek do 450 m n. m. a nad 450 m n. m. Obrázek ukazuje velmi zřetelný rozdíl mezi oblastmi. U ploch s nadmořskou výškou nad 450 m v letech 2004–2024 převládají kategorie bezpečných obsahů (velmi bezpečný a bezpečný). V těchto dvou kategoriích se nalézají více jak 70 % vzorků odebraných jak v ornici, tak v podorníci, naproti tomu v oblastech do 450 m n. m. je to 51 % (ornice) a 66 % (podorníci). V roce 2024 výrazně narostl podíl kategorií bezpečných obsahů v ornici i podorníci v oblastech do 450 m n. m. V podorníci u obou oblastí se v roce 2024 nevyskytoval žádný vzorek s rizikovým obsahem N-NO_3 .

Závěry

- Minerální dusík je na plochách BMP stanovován od roku 1993.
- Od roku 2004 je prováděno stanovení nitrátového i amonného dusíku v ornici a podorničí na 23 stálých plochách BMP (15 orných, 3 TTP, 1 sad, 4 plochy, kde se v průběhu let střídala orná půda a TTP(chmelnice)).
- Medián souboru vzorků z let 1993–2024 měl pro nitrátový dusík v ornici hodnotu $6,50 \text{ mg.kg}^{-1}$ a pro amonný dusík $2,80 \text{ mg.kg}^{-1}$; pro rok 2024 hodnotu $7,20 \text{ mg.kg}^{-1}$ – nitrátový dusík a $2,40 \text{ mg.kg}^{-1}$ – amonný dusík. Ornice za rok 2024 vykazuje vyšší obsahy pro nitrátový dusík a nižší obsahy pro amonný dusík v porovnání s celkovými mediány 1993–2024.
- Medián souboru vzorků z let 1993–2024 měl pro nitrátový dusík v podorničí hodnotu $5,38 \text{ mg.kg}^{-1}$ a pro amonný dusík $1,90 \text{ mg.kg}^{-1}$; pro rok 2024 hodnotu $4,03 \text{ mg.kg}^{-1}$ – nitrátový dusík a $0,87 \text{ mg.kg}^{-1}$ – amonný dusík. Podorničí za rok 2024 vykazuje nižší obsahy pro nitrátový i pro amonný dusík v porovnání s celkovými mediány 1993–2024.
- Oblasti do 450 m n. m. jak v orničním, tak i podorničním horizontu vykazaly v půdě vyšší obsahy nitrátového a nižší obsahy amonného dusíku ve vzorcích v porovnání s oblastmi nad 450 m n. m.
- Porovnání obsahů podle kategorií ukázalo, že se v roce 2024 v žádném vzorku z podorničí nevyskytoval rizikový obsah nitrátového dusíku.

1.4.1.7 Monitoring mikrobiálních parametrů půd ČR

Stanislav Malý

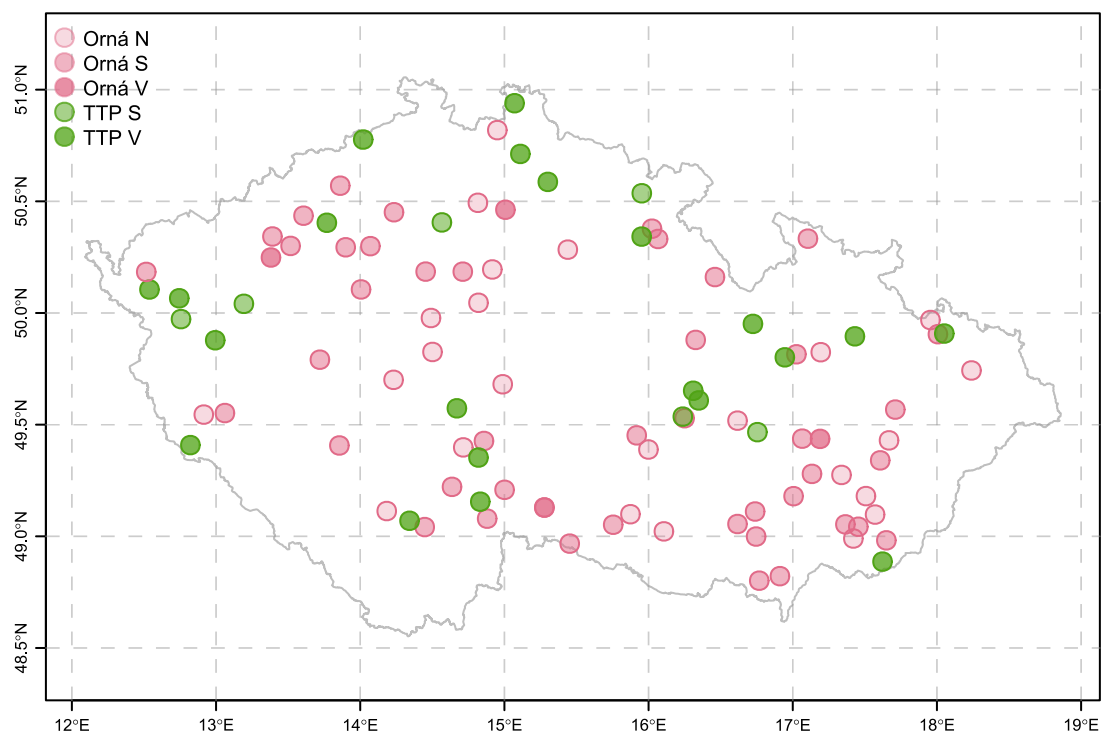
Během prvního týdne měsíce října bylo vzorkováno 35 lokalit bazálního monitoringu ÚKZÚZ a 5 lokalit CHKO za účelem provedení mikrobiálních analýz. Půda byla odebírána z horních 15 cm, vzorky byly v čerstvém stavu prosety (2 mm) a uskladněny při -20 °C. Před analýzou byly rozmrazovány týden v lednici a před vlastním měřením preinkubovány a to v závislosti na dané metodě. Stanovení enzymatických aktivit pomocí fluorogenních substrátů a analýza DNA byly zahájeny ihned po rozmražení. Přehled laboratorních analýz uvádí tabulka 12.

Tabulka 12 *Přehled analýz provedený v rámci monitoringu mikrobiálních vlastností půd ČR v roce 2024 (OdMB – Národní referenční laboratoř, oddělení mikrobiologie a biochemie)*

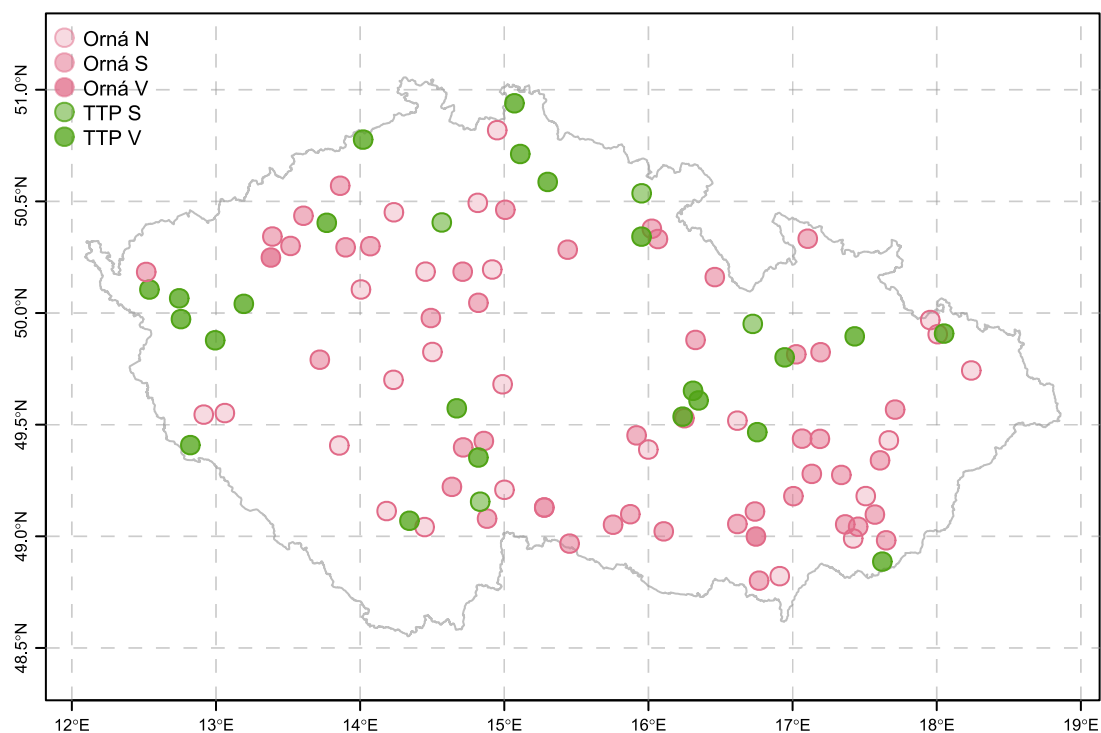
metoda	počet vzorků	pracoviště ÚKZÚZ
oxidovatelný uhlík (Cox)	40	OdMB Brno
pH (KCl)	40	Odbor NRL Brno
zrnitostní rozbor	40	Odbor NRL Brno
kationtová výměnná kapacita	40	Odbor NRL Brno
uhlík mikrobiální biomasy (MBC)	40	OdMB Brno
dusík mikrobiální biomasy (MBN)	40	OdMB Brno
bazální respirace titračně	40	OdMB Brno
bazální respirace systémem OxiTop	40	OdMB Brno
substrátem indukovaná respirace systémem OxiTop	40	OdMB Brno
růstové křivky: specifická růstová rychlost (μ)	40	OdMB Brno
amonifikace	40	OdMB Brno
nitrifikační aktivita	40	OdMB Brno
aktivita ureázy	40	OdMB Brno
restrikční analýza fragmentu genu amoA	26	OdMB Brno
aktivita vybranných půdních enzymů (6)	40	OdMB Brno

Dlouhodobé sledování umožnilo analyzovat časové změny obsahu Cox a MBC. Pro výpočty byly vzaty půdy z lokalit, na kterých během doby sledování nedošlo ke změně obhospodařování (obrázek 18 a obrázek 19). Celkem se jednalo o 99 lokalit, zvláště byly hodnoceny půdy orné a půdy trvalých travních porostů (TTP). Na 49 plochách probíhá sledování od roku 1999 (orná 27 / TTP 22), na 48 (44/4) od roku 2005. Na jedné lokalitě započalo sledování v roce 2002 (TTP) a na jedné v roce 2006 (orná). Odběry probíhaly každoročně v období 1999–2004, od roku 2005 je každá plocha vzorkována jednou za tři roky. Půda z pěti ploch CHKO byla po celou dobu sledování odebírána každoročně. Deskriptivní statistika pro oba parametry je uvedena v tabulce 13. Obsah Cox v půdách TTP je přibližně $1,8 \times$ vyšší než v půdách orných, pro MBC je tento poměr asi 2.

Obrázek 18 Mapa odběrových ploch se zobrazením Cox (N: <1,48; S: 1,48 – 2,6; V: >2,6, vždy v %)



Obrázek 19 Mapa odběrových ploch se zobrazením MBC (N: <173; S: 173 - 308; V: >308, vždy v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)



Mediánová hodnota variačního koeficientu vypočteného pro každou lokalitu z dat získaných během sledování byla v případě Cox pro oba typy obhospodařování okolo 10 %. Přibližně dvojnásobná byla nalezena pro MBC, což je pravděpodobně způsobeno skutečností,

že mikroorganismy citlivěji reagují na výkyvy teploty a srážek. V případě orných půd lze navíc očekávat vliv agrotechnických zásahů, zejména orby, vstupu hnojiv a přípravků. Oba parametry jsou z hlediska přirozené variability akceptovatelné jako indikátory kvality půdy. Základní statistické údaje o časové variabilitě jsou shrnuty v tabulce 14, graficky na obrázcích 20–24. Plocha 3012 je díky extrémnímu rozptylu a zejména maximálním hodnotám zobrazena individuálně.

Tabulka 13 *Deskriptivní statistika Cox a MBC. Z každé lokality byl vzat medián z hodnot naměřených během doby sledování.*

		Orná	TTP
Cox [%]	minimum	0,84	1,83
	medián	1,67	3,02
	maximum	3,50	5,35
MBC [μg g⁻¹]	minimum	77,8	248
	medián	186	385
	maximum	610	1054

Tabulka 14 *Hodnoty minimální, maximální a mediánové variačních koeficientů (%) vypočtených pro každou lokalitu.*

		Orná	TTP
Cox	minimum	2,25	4,58
	medián	9,78	10,9
	maximum	51,3	42,7
MBC	minimum	7,42	8,44
	medián	19,9	25,5
	maximum	48,0	60,4

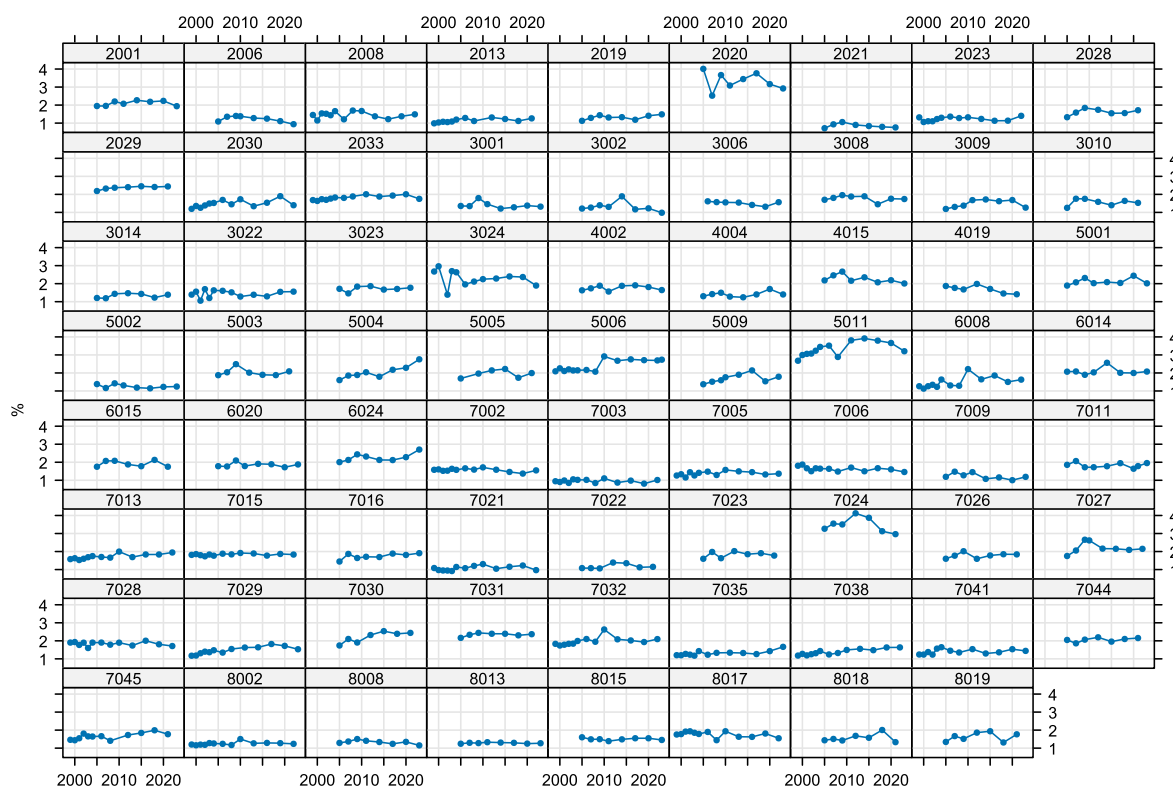
Za účelem hodnocení trendu Cox a MBC byla vypočtena regresní závislost obou parametrů na čase pomocí smíšeného modelu. Tento přístup umožňuje jednak výpočet průměrných regresních koeficientů, jednak variabilitu studovaného vztahu. V případě Cox na orných půdách byl nalezen sice signifikantní ($p < 0,001$), nicméně zanedbatelný nárůst v čase. Ročně se jednalo o 0,0055 % (obrázek 25). Z praktického hlediska můžeme konstatovat, že obsah Cox v orných půdách byl konstantní. Zároveň je důležité uvést, že na žádné jednotlivé ploše nebyl detekován pokles. Analýza nezahrnuje data z lokality 3012, která byla v regresní analýze detekována jako odlehlá. Regrese provedená na datech TTP neprokázala změnu Cox v čase (obrázek 26). Protože v půdách 9104 a 9117 byl zaznamenán poměrně dramatický pokles Cox, čímž se lišily od ostatních, analýza byla provedena i na sadě s vyloučením těchto dat. V tomto případě byl zaznamenán signifikantní nárůst obsahu Cox, který činil $0,02 \text{ \%} \cdot \text{r}^{-1}$ ($p < 0,001$). Co se týká lokalit 9104 a 9117, bude třeba získat podrobnější informace ze správ daných CHKO (České středohoří, Třeboňsko).

Hodnoty MBC na orných půdách vykázaly mírný vzestup ($0,523 \text{ μg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{r}^{-1}$, $p = 0,0716$, obrázek 27), přičemž do analýzy nebyly vzaty výsledky z plochy 5011, které byly identifikovány jako odlehlé. Důvodem je pravděpodobně podstatně větší rozptyl než v případě ostatních ploch (obrázek 23). Je to zřejmě dáno vysokým obsahem jílovitých částic, jehož průměrná hodnota činí 53,1 %, což do značné míry ztěžuje úpravu čerstvého vzorku. Pohled na obrázek 27 naznačuje pokles MBC v půdách s velmi nízkými hodnotami C mikrobiální biomasy a naopak nárůst v půdách s hodnotami vysokými. Patrně se jedná o dlouhodobou tendenci, podmínky

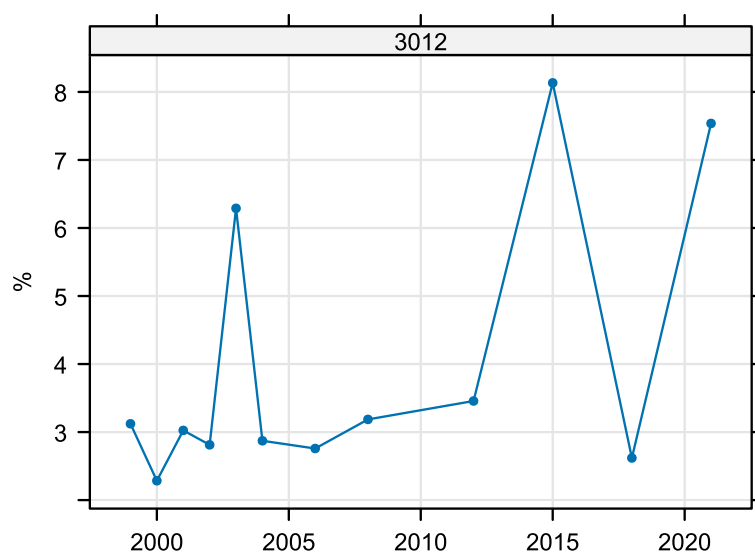
vedoucí k poklesu/vzrůstu MBC v minulosti se projeví i během sledovaného období. Trend MBC na plochách TTP by spočten jak pro celou sadu, tak pro porovnání s Cox i bez lokalit 9104 a 9117, ačkoliv pouze na ploše 9117 byl pokles Cox doprovázen i poklesem MBC (obrázek 28). V obou případech byl nalezen signifikantní vzestup MBC, ve druhém případě byl logicky vyšší ($4,42 \mu\text{g.g}^{-1}.\text{r}^{-1}$, $p<0,020$; $5,98 \mu\text{g.g}^{-1}.\text{r}^{-1}$, $p<0,001$).

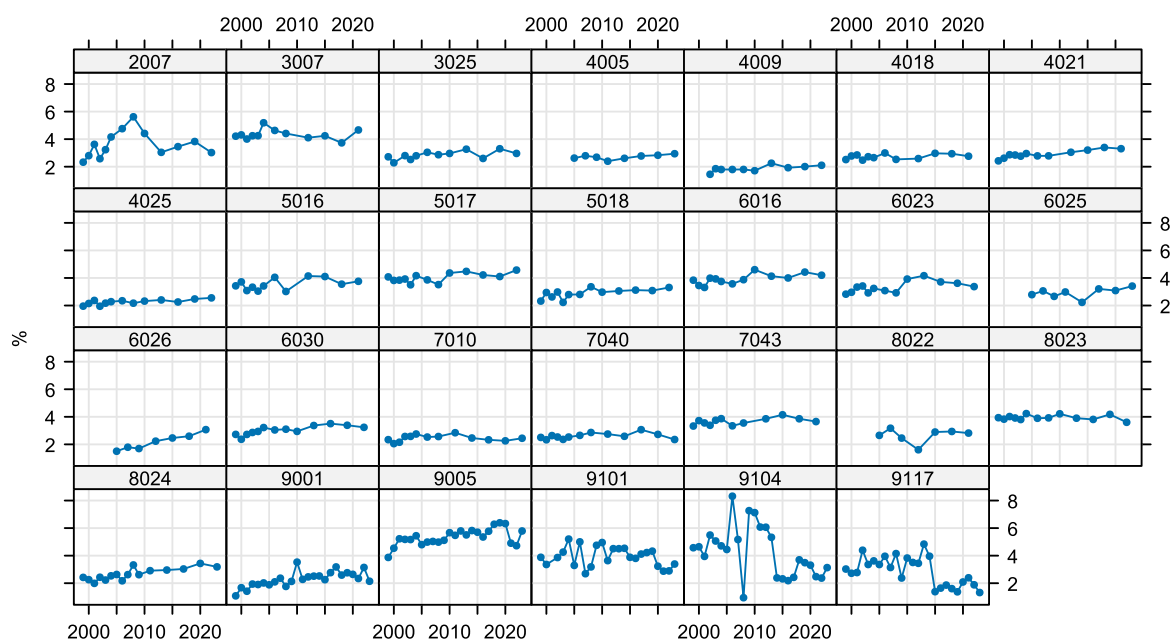
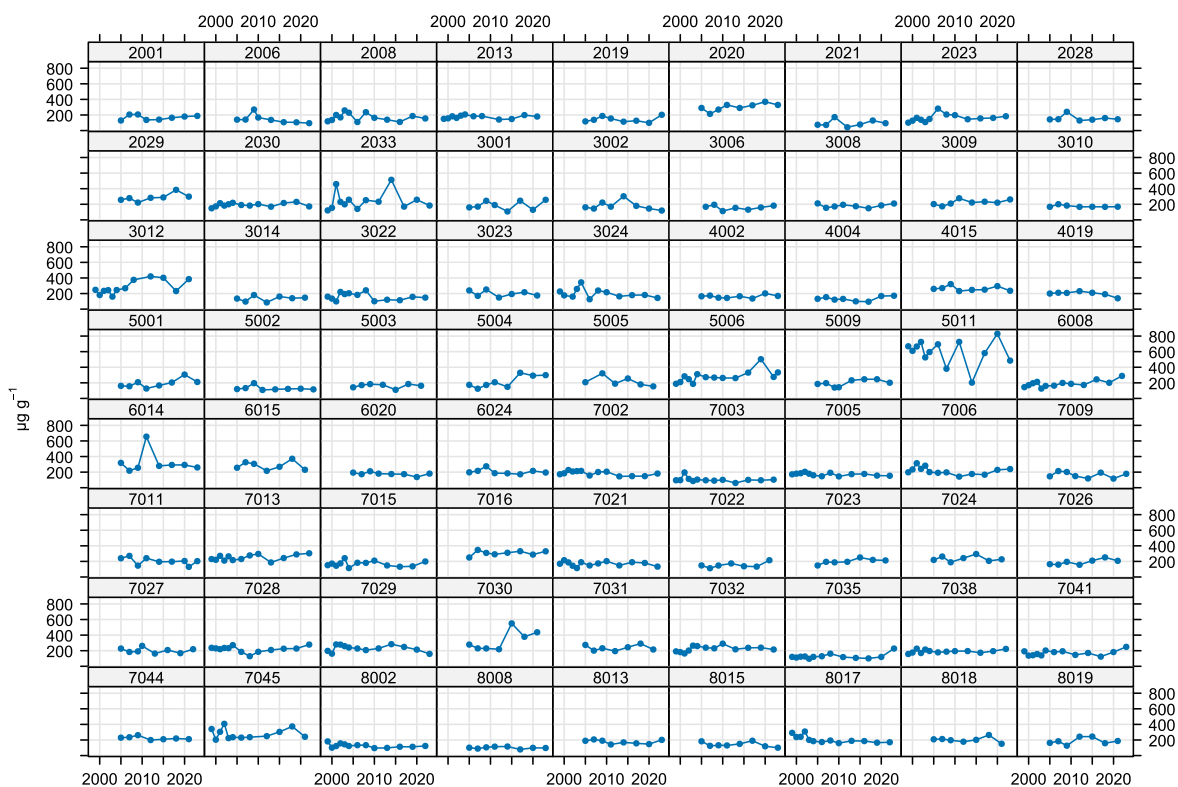
Analýza celkového obsahu půdní organické hmoty (Cox) a mikrobiální biomasy (MBC) ukázaly prakticky setrvalý stav (Cox) nebo mírný vzestup (MBC) v půdách orných. V půdách TTP bylo v obou případech identifikováno zvýšení obsahu v čase.

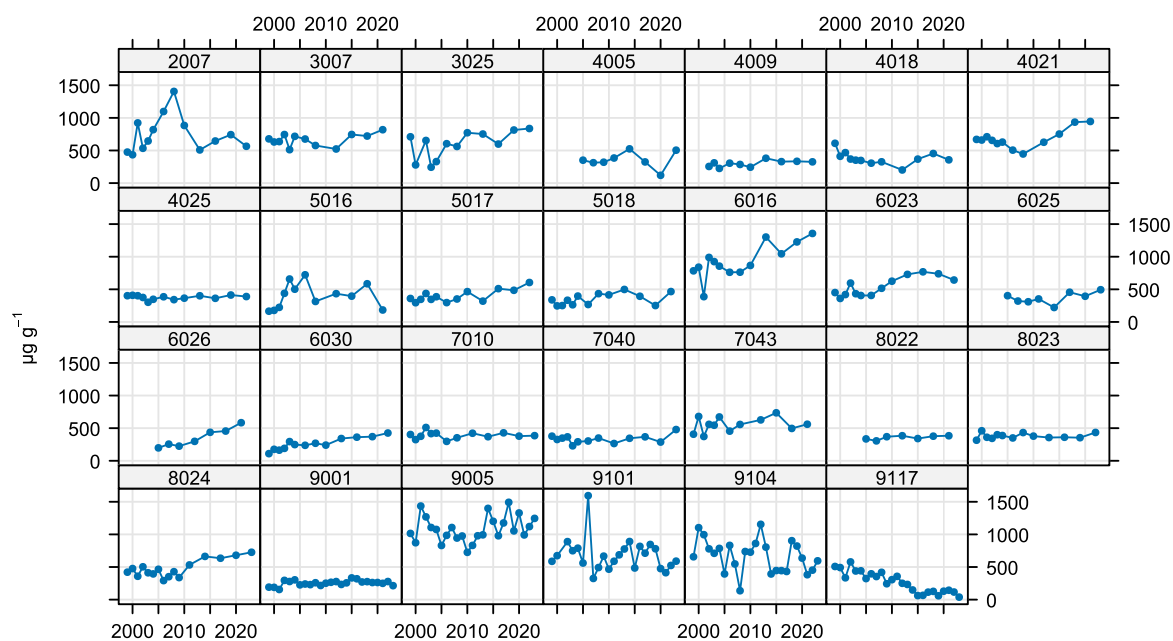
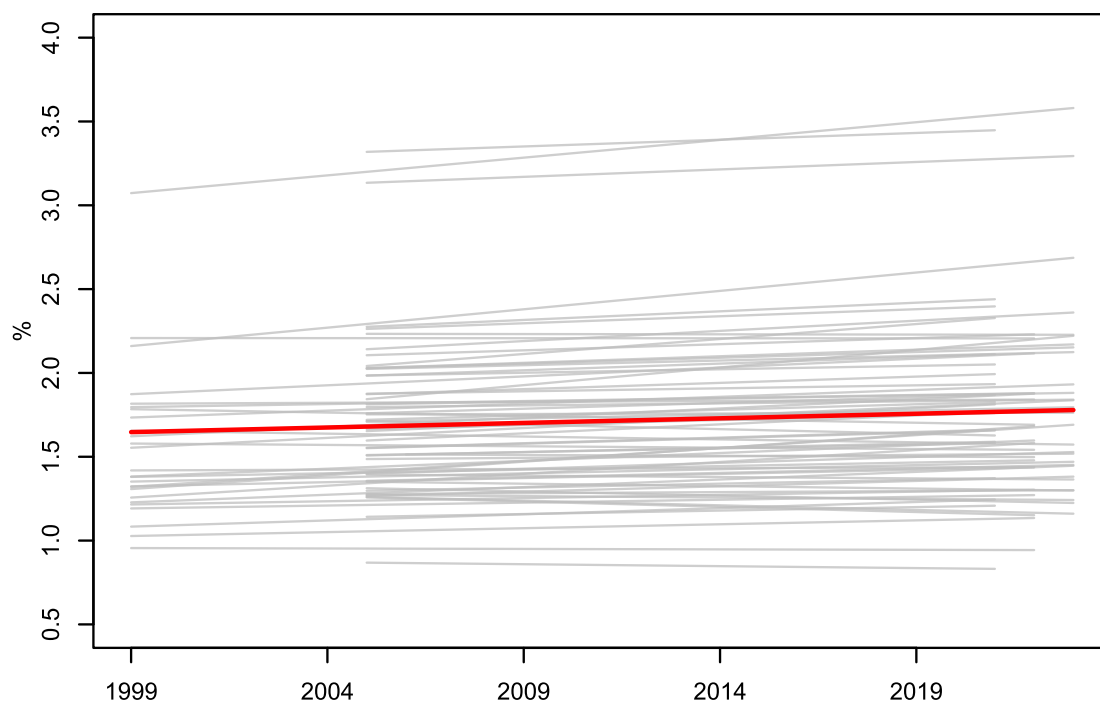
Obrázek 20 Časový průběh Cox v orných půdách



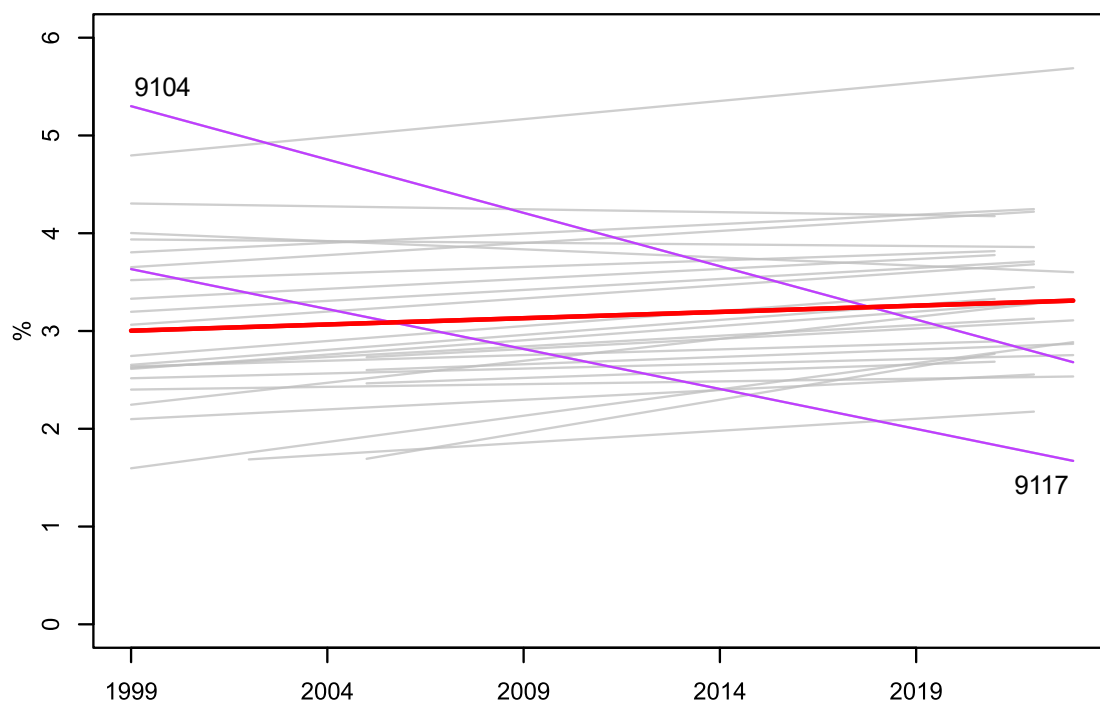
Obrázek 21 Časový průběh Cox na ploše 3012



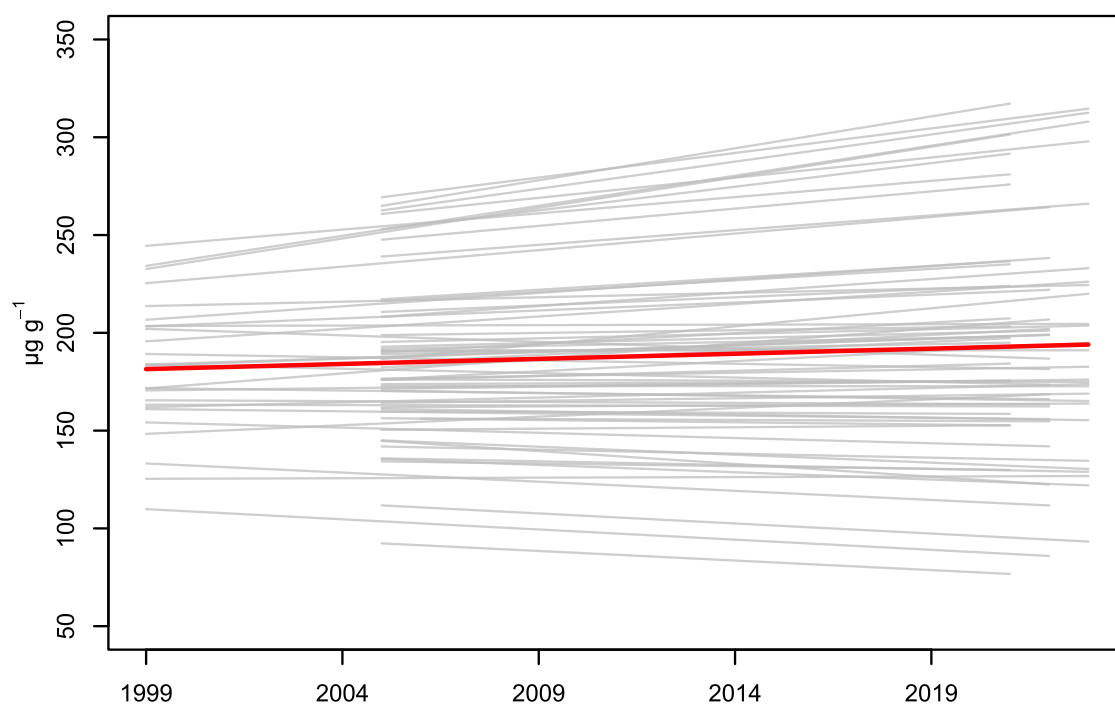
Obrázek 22 Časový průběh Cox v půdách TTP**Obrázek 23** Časový průběh MBC v orných půdách

Obrázek 24 Časový průběh MBC v půdách TTP**Obrázek 25** Regresní závislost Cox na čase v orných půdách. Červenou barvou je zobrazena průměrná regresní přímka, šedou jednotlivé plochy.

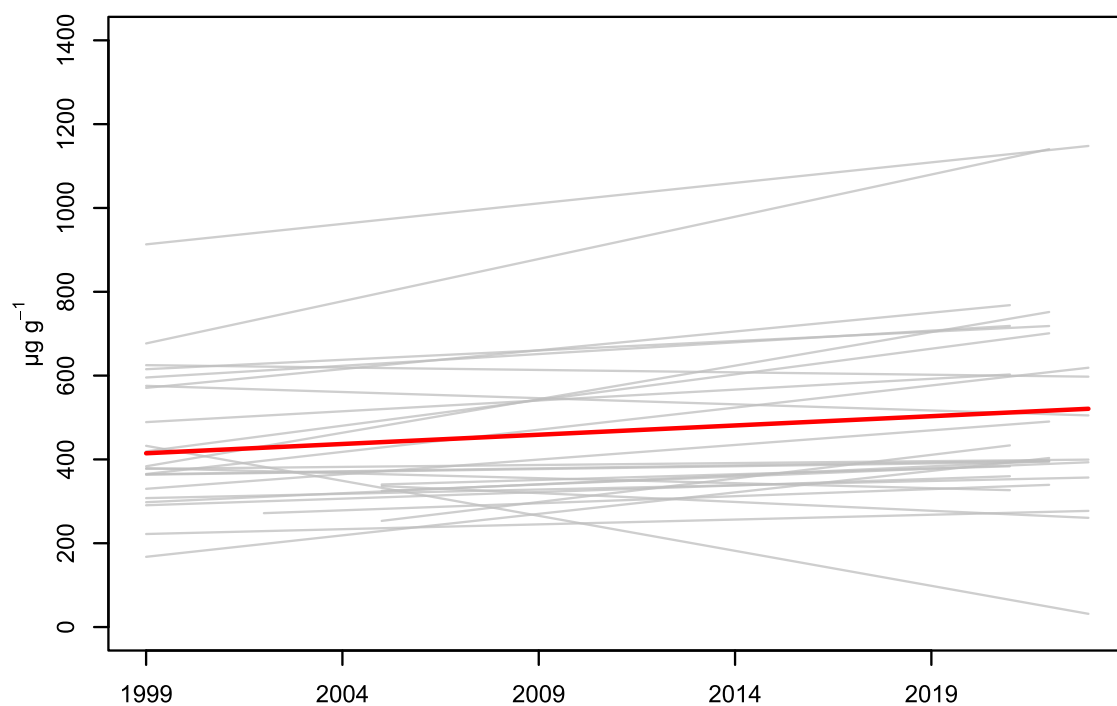
Obrázek 26 Regresní závislost Cox na čase v půdách TTP. Červenou barvou je zobrazena průměrná průměrná regresní přímka, šedou jednotlivé plochy, fialovou plochy 9104 a 9117.



Obrázek 27 Regresní závislost MBC na čase v orných půdách. Červenou barvou je zobrazena průměrná průměrná regresní přímka, šedou jednotlivé plochy.



Obrázek 28 Regresní závislost MBC na čase v půdách TTP. Červenou barvou je zobrazena průměrná průměrná regresní přímka, šedou jednotlivé plochy.



1.4.1.8 Monitoring rostlinné produkce – obsahy rizikových prvků v rostlinách

Lenka Prášková

V roce 2024 bylo analyzováno 84 vzorků rostlin z 52 lokalit Bazálního monitoringu půd na obsah rizikových prvků. V příloze 23 jsou uvedeny výsledky těchto měření ve 100% sušiny. Pro celé období sledování (1997–2024) byly vypočítány průměrné obsahy (příloha 24). V některých případech se jedná o výsledek jedné nebo několika málo analýz, kdy nebyly vyloučeny extrémní hodnoty a tyto hodnoty by proto měly být chápány jako orientační.

Hodnocení vzorků v této zprávě je prováděno podle limitů pro potraviny (Nařízení Komise (EU) 2023/915, které nahradilo zrušené Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006). Dále je prováděno podle limitů pro krmiva (Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/32/ES). Abychom mohli obsahy prvků v rostlinách s uvedenou legislativou porovnávat, musíme nejprve od výsledku analýzy odečíst laboratorní nejistotu měření a poté provést převedení na čerstvou hmotu (v případě Nařízení pro potraviny) a převedení na 88% sušinu (v případě Směrnice pro krmiva). K přepočtu na čerstvou hmotu posloužily tabulkové hodnoty sušiny (Čvančara, 1962).

Nadlimitními byly shledány v roce 2024 z hlediska potravin 3 vzorky. Tyto vzorky nevyhověly limitu kadmia a jeden vzorek nevyhověl zároveň i obsahem olova. Všechny 3 vzorky byly zrna pšenice ozimé z ploch 2902KO (naměřená hodnota byla 0,73 mg Cd.kg⁻¹ 100% sušiny), 7901KO (naměřená hodnota byla 0,20 mg Cd.kg⁻¹ 100% sušiny) a 8905KO (naměřená hodnota byla 0,41 mg Cd.kg⁻¹ 100% sušiny). Nařízením je stanoven limitní obsah pro zrno obilovin 0,1 mg Cd.kg⁻¹ čerstvé hmoty. Limitu olova nevyhověla zrna pšenice ozimé z plochy 2902KO (naměřená hodnota byla 0,33 mg Pb.kg⁻¹ 100% sušiny). Nařízením je stanoven limitní obsah pro zrno obilovin 0,2 mg Pb.kg⁻¹ čerstvé hmoty. Všechny uvedené plochy náleží do subsystému kontaminovaných ploch. **Vzorky nadlimitní z hlediska potravin vyhověly limitům pro krmiva.**

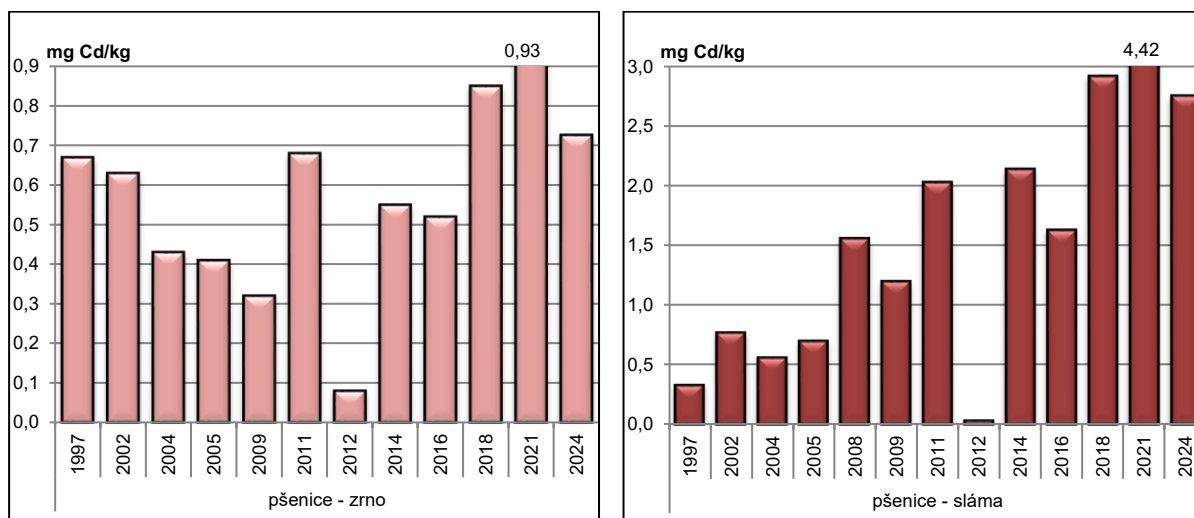
Z hlediska krmiv, jejichž limity jsou stanovené Směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2002/32/ES ve znění Nařízení Komise (EU) 2017/2229, bylo nadlimitních 5 vzorků (1x sláma pšenice ozimé z plochy 2902KO, nadlimitními byly rovněž jako v případě zrna (viz. text výše) dva prvky a to Cd a Pb (naměřená hodnota u kadmia byla 2,76 mg Cd.kg⁻¹ 100% sušiny a naměřená hodnota u olova byla 13,7 mg Pb.kg⁻¹ 100% sušiny). Nevyhověl 1x vzorek jetelotravní směsky – první seč z plochy 2901KO z hlediska obsahu kadmia (naměřená hodnota byla 1,42 mg Cd.kg⁻¹ 100% sušiny). Dále nevyhověly 2x vzorky na obsah arzenu (sláma ječmene jarního z plochy 6904KO – naměřená hodnota byla 3,34 mg As.kg⁻¹ 100% sušiny a sláma kukuřice na zrno z plochy 2905KO – naměřená hodnota byla 3,40 mg As.kg⁻¹ 100% sušiny). Pokud by sláma ječmene jarního a kukuřičná sláma byly použity na rostlinnou moučku, která má povolený vyšší obsah arzenu (4 mg.kg⁻¹), pak by tyto dva vzorky požadavkům vyhlášky vyhověly. Posledním nadlimitním vzorkem z hlediska krmiv byla zelená hmota z druhé seče z trvalého travního porostu z plochy 5905KO. Nadlimitním prvkem byla rtuť (naměřená hodnota byla 1,053 mg Hg.kg⁻¹ 100% sušiny). Na této ploše byl tento rok proveden i odběr první seče. Zajímavé bylo jejich porovnání, neboť obsahy rtuti ve vzorku z první seče, byly výrazně nižší (naměřená hodnota byla 0,012 mg Hg.kg⁻¹ 100% sušiny). Všechny uvedené plochy náleží do subsystému kontaminovaných ploch.

V roce 2024 byl celkem v 8 vzorcích zjištěn nadlimitní obsah prvku (3 vzorky hodnocené jako potraviny a 5 vzorků hodnocených jako krmivo).

Vzorky rostlin s překročenými limitními hodnotami u jednotlivých plodin uvádí příloha 25. V příloze 26 jsou vypsány limitní hodnoty vycházející z platných Nařízení.

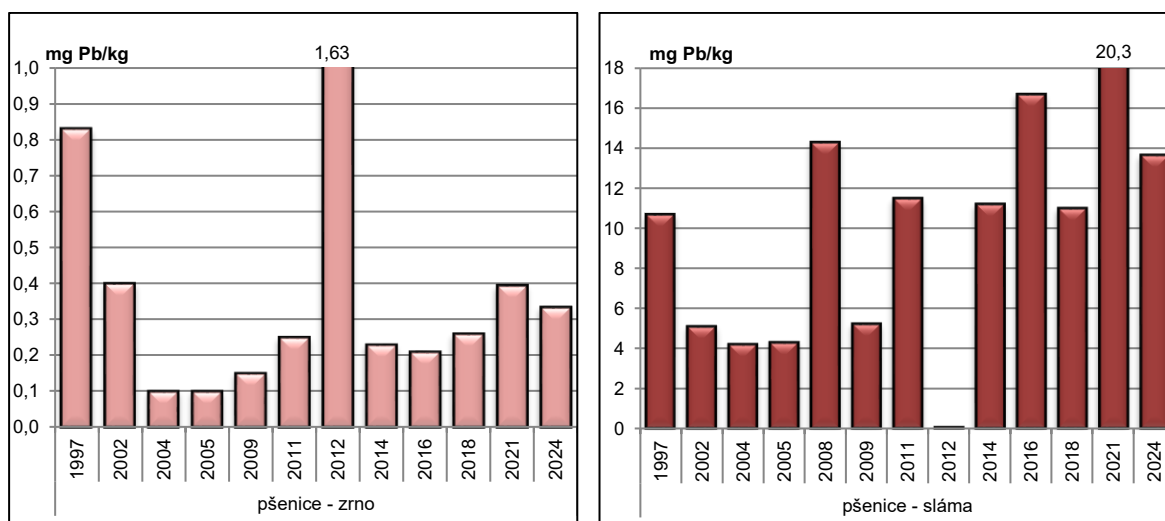
Jelikož z plochy 2902KO v roce 2024 nevyhověla pšenice svými vzorky zrna i slámy legislativním limitům jak z hlediska obsahů kadmia, tak z hlediska obsahů olova, podívejme se na vývoj těchto dvou prvků ve vzorcích pšenice v celé periodě odběrových let (obrázek 29 a 30). V posledních deseti letech byla pšenice na ploše pěstována celkem pětkrát. Za tuto dobu ve všech pěstebních letech obsah kadmia v zrna několiknásobně převyšoval limit platného Nařízení. Z obrázků je patrný i zvyšující se obsah obou prvků v zrna i ve slámě. Vysoké hodnoty v plodinách jsou dány obsahy Cd a Pb v půdě, které na ploše 2902KO převyšují indikační hodnoty. Důvodem nárůstu obou prvků v plodině může být podpora zpřístupňování prvků pro kořeny klesajícím pH (pokles z 5,80 (rok 2013) na 5,55 (rok 2019)).

Obrázek 29 Vývoj obsahů kadmia v pšenici pěstované na ploše 2902KO v letech 1997–2024 (mg.kg^{-1} 100% sušiny)



Pozn.. V roce 2012 patrně došlo k výměně kódů pro hlavní a vedlejší produkt. Vyšší obsahy prvků v zrna v tomto roce s ohledem na obsahy v ostatních letech v hlavním a vedlejším produktu odpovídají spíše vzorku slámy než zrna (i přesto se ale jeví výrazně nižší).

Obrázek 30 Vývoj obsahů olova v pšenici pěstované na ploše 2902KO v letech 1997–2024 (mg.kg^{-1} 100% sušiny)



Pozn.. V roce 2012 patrně došlo k výměně kódů pro hlavní a vedlejší produkt. Vyšší obsahy prvků v zrna v tomto roce s ohledem na obsahy v ostatních letech v hlavním a vedlejším produktu odpovídají spíše vzorku slámy než zrna.

Závěry

- V roce 2024 byla provedena analýza 84 vzorků rostlin z 52 pozorovacích ploch BMP.
- V osmi případech došlo k překročení limitních hodnot; a to jak u rostlinných produktů k potravinářskému využití (3 vzorky), tak pro využití z hlediska krmiv (5 vzorků).
- K překročení limitních hodnot došlo pouze ve vzorcích ze subsystému kontaminovaných ploch.

1.4.2 Kontrola hnojiv a pomocných látek

Jaroslav Houček

Oddělení hnojiv schvaluje hnojiva (včetně rostlinných biostimulantů, pomocných půdních látek a substrátů – dále jen hnojiva) uváděná do oběhu čtyřmi legálními způsoby. Jedná se o registraci a ohlášení (podle zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech), vzájemné uznávání (podle Nařízení EP a Rady (ES) č. 2019/515) a CE hnojiva (podle Nařízení EP a Rady (ES) č. 2019/1009). CE hnojiva jsou však evidována a následně zveřejněna v Registru hnojiv pouze na základě žádosti výrobce, resp. dodavatele, protože tato hnojiva ze své podstaty žádné evidenci ani povinnému hlášení nepodléhají.

Podle zákona o hnojivech bylo vydáno celkem 510 rozhodnutí v režimu registrace a ohlášeno bylo 255 hnojiv. V režimu vzájemného uznávání bylo ohlášeno 125 výrobků, dále bylo evidováno 78 CE hnojiv.

V rámci odborného dozoru byly odebrány celkem 264 vzorky, z toho 158 registrovaných hnojiv, 35 ohlášených hnojiv, 48 CE hnojiv, 7 vzájemně uznaných výrobků a 16 hnojiv určených k aplikaci na vlastní pozemky. Na základě nevyhovujících výsledků analýz vzorků bylo zrušeno 8 rozhodnutí o registraci a 3 ohlášení hnojiva. Důvodem bylo kromě nevyhovujících jakostních ukazatelů také překročení limitu rizikových prvků (tabulka 15).

Cílené kontroly (tabulka 16) zaměřené na komposty, digestáty a statková hnojiva byly prováděny jednak u registrovaných a ohlášených výrobků (jako součást odborného dozoru), jednak jako kontrola výrobků určených pro vlastní potřebu.

Do působnosti oddělení patří také schvalování programů použití kalů podle zákona č. 541/2020 Sb., o odpadech. Byla podána 341 žádost, z toho 4 žádosti byly zamítnuty. Důvodem zamítnutí programů bylo např. zamýšlené použití kalů v ochranných pásmech vodních zdrojů.

Tabulka 15 Hnojiva, u nichž byly v roce 2024 zjištěny nadlimitní obsahy rizikových prvků (červeně vyznačen limit rizikových prvků)

Výrobek	Překročení limitů rizik. prvků (v mg prvku/kg vysuš. vz.)
Kompost	Ni (57,6/ 50)
Kompost	Ni (56,5/ 50)
Kompost	Ni (38,8/ 25*)
Kompost	Zn (690/ 600)

Tabulka 16 Cílené kontroly v roce 2023 – komposty, digestáty, statková hnojiva (červeně vyznačen limit rizikových prvků)

	Počet odebraných vzorků (překroč. limitů rizik. prvků/ nedodržení jakostních ukazatelů)	Překročení limitů rizik. prvků (v mg prvku/ kg vysuš. vzorku)
Komposty	98 (4/2)	Ni (57,6/ 50) Ni (56,5/ 50) Ni (38,8/ 25*) Zn (690/ 600)
Digestáty	13 (0/0)	
Statková hnojiva	11 (0/-)	

* limit pro ekologické zemědělství

1.4.3 Monitoring kalů ČOV

Lenka Prášková

Na základě zákona č. 147/2002 Sb., o Ústředním kontrolním a zkušebním ústavu zemědělském, ve znění pozdějších předpisů, §3, jsou kaly monitorovány jako jeden ze vstupů do půdy. Monitoring je zaměřen především na ty ČOV, u nichž je předpoklad, že určitá část produkce kalů je směřována v konečné fázi na zemědělskou půdu a dále na velké, dlouhodobě monitorované ČOV. Tím je dán náš předvýběr a proto se naše výsledky nemohou vztahovat na čistotu kalů celorepublikově.

V roce 2024 byly vzorky kalů odebrány v jarním období na 40 vybraných ČOV.

V laboratořích ÚKZÚZ byl stanoven obsah rizikových prvků (RP) a ve vybraných vzorcích organické polutanty. Z rizikových prvků je sledován obsah arzenu (As), kadmia (Cd), chromu (Cr), rtuti (Hg), niklu (Ni), olova (Pb), mědi (Cu) a zinku (Zn), které jsou hodnoceny vyhláškou, a dále prvky beryllium (Be), kobalt (Co), molybden (Mo) a vanad (V). Z organických polutantů jsou to polychlorované bifenylly, polycyklické aromatické uhlovodíky a organochlorové pesticidy. Od roku 2012 je stanovováno 9 kongenerů PBDE. Od roku 2013 jsou ve vzorcích určených ke stanovení organických polutantů stanovovány také vybrané perfluorované sloučeniny – PFAS. V období 2016–2021 byly v externí laboratoři stanovovány ve vzorcích z vybraných čtyř ČOV mikrobiologické parametry. Halogenové organické sloučeniny (AOX) ve vzorcích kalů byly stanovovány od roku 1999. Analýzy byly prováděny NRL ÚKZÚZ Brno, v letech 2018, 2020 a 2021 externí laboratoři. Dále se již stanovení obsahu AOX v kalech neprovádí z důvodu finančních úspor.

Obsahy jednotlivých prvků a organických polutantů jsou od roku 2021 hodnoceny podle vyhlášky č. 273/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů.

Jednotlivé ČOV jsou uváděny pod interními kódy.

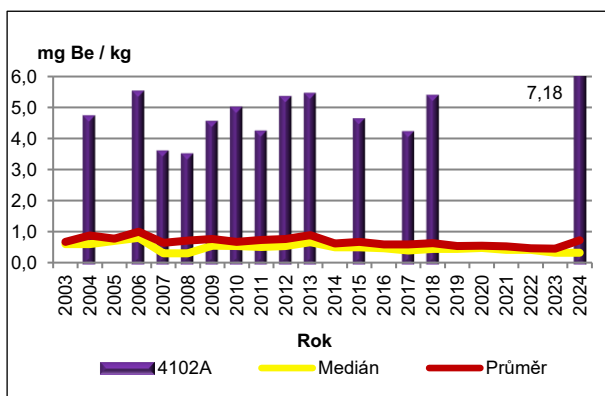
1.4.3.1 Rizikové prvky v kalech

Statistické vyhodnocení obsahů rizikových prvků v kalech ČOV za rok 2024 je uvedeno v příloze 27. Byly odebrány vzorky z 12 krajů. Nebyl zastoupen kraj Hlavní město Praha a Královéhradecký. Příloha 28 graficky zobrazuje průměry a mediány obsahů rizikových prvků v jednotlivých krajích. Kraj Karlovarský a Ústecký se vyznačoval vysokými hodnotami As. Tento výskyt je však ovlivněn faktem, že v kraji Karlovarském bylo odebráno pouze po jednom vzorku kalu a v kraji Ústeckém dva vzorky.

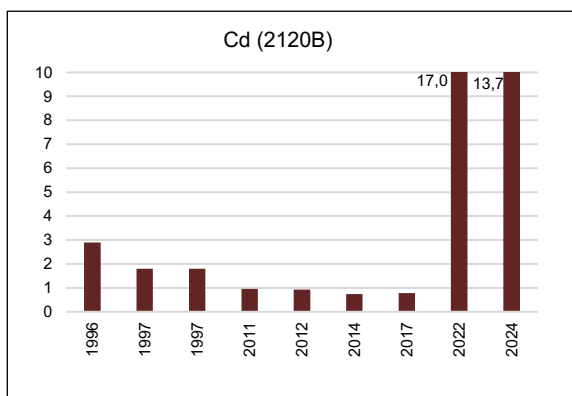
Obsah molybdenu byl velmi výrazný v minulém vzorkování v roce 2023 v Moravskoslezském kraji ($170 \text{ mg Mo.kg}^{-1}$); bylo zjištěno, že zde byl odebrán pouze jeden vzorek kalu (8103A); z tohoto důvodu byl v roce 2024 kal z této ČOV znovu odebrán. Obsahu molybdenu činil 137 mg.kg^{-1} . Vysoké obsahy byly tak potvrzeny. Molybden není svým obsahem v kalech limitován, nicméně tato hodnota je svou úrovní výjimečná. Kal z této ČOV byl odebírán celkem 12 krát za dobu monitorování kalů z ČOV (1994–2023); naposledy v roce 2023 a v roce 2017. Za dobu sledování bylo dosaženo u této ČOV průměrné hodnoty $21,6 \text{ mg Mo.kg}^{-1}$ a mediánu $8,77 \text{ mg Mo.kg}^{-1}$. V celém souboru kalů (2398 vzorků) se obsah molybdenu pohyboval ve vzorkovaných letech 1994–2023 v rozmezí $0,84\text{--}270 \text{ mg.kg}^{-1}$, přičemž průměrný obsah byl $7,03 \text{ mg.kg}^{-1}$ a medián $5,00 \text{ mg.kg}^{-1}$. Obsahy nad 100 mg.kg^{-1} byly v souboru výjimečné (vyskytovaly se u 0,38 % vzorků). Molybden se využívá v metalurgii při výrobě speciálních ocelí, kde zajišťuje jejich tvrdost, mechanickou a korozní odolnost. Může se také vyskytovat v odpadech ze sklářského, keramického a elektrotechnického průmyslu (<https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/molybden>).

Výrazný byl obsah **beryllia** v roce 2024 z Karlovarského kraje, kde dosáhl hodnotu $7,18 \text{ mg Be.kg}^{-1}$. Byl zde odebrán pouze jeden vzorek kalu (4102A). Kaly z této ČOV jsou pravidelně vzorkovány a v letech rovněž zaznamenávají vysokých hodnot Be (obrázek 31) v porovnání s průměry a mediány sumy vzorkovaných kalů. Beryllium podobně jako molybden rovněž není svým obsahem v kalech limitováno. Beryllium se začalo v monitoringu kalů stanovovat až od roku 2003. V průběhu let 2003–2024 se obsahy Be pohybovaly v celém souboru kalů (1734 vzorků) v rozmezí $< 0,05\text{--}12 \text{ mg.kg}^{-1}$, přičemž průměrný obsah byl $0,70 \text{ mg.kg}^{-1}$ a medián $0,52 \text{ mg.kg}^{-1}$. Beryllium je řazeno mezi nebezpečné závadné látky silně toxické pro životní prostředí. Jeho antropogenním zdrojem je metalurgický a elektrotechnický průmysl, výroba skla a osvětlovacích těles, jaderné reaktory, raketová paliva. Značné množství Be je obsaženo ve fosilních palivech a v popelu ze spalování černého a hnědého uhlí. Velké množství Be přechází do životního prostředí při spalování ropy a ropných produktů (topných olejů). Výroba Be není v ČR realizována. V ČR je Be spotřebováváno především ve slévárenském a v chemickém průmyslu. V metalurgii jsou slitiny berylia především s mědí ceněny pro svoji vysokou tvrdost, pevnost a zároveň dobrou elektrickou a tepelnou vodivost. Slitiny s beryliem se dále používají v elektronice pro výrobu odolných elektrických kontaktů a pro nízkou hustotu a vysokou pevnost jsou používány pro konstrukci součástí letadel. Velmi důležitou vlastností kovového berylia je jeho velmi vysoká propustnost pro rentgenové záření. Proto je cenným materiálem v jaderné energetice. V České republice se beryllium v těžitelném množství vyskytuje na Šumavě (<https://cs.wikipedia.org/wiki/Beryllium>).

Obrázek 31 Vývoj obsahu Be v kalu ČOV 4102A, který vykázal nejvyšší hodnotu Be v roce 2024 a střední hodnoty Be v kalech odebraných v ČR v průběhu vzorkovaných let



Obrázek 32 Vývoj obsahu Cd v kalu ČOV 2120B, který v roce 2022 a 2024 výrazně ovlivnil střední hodnotu souboru monitorovaných kalů Středočeského kraje, mg.kg^{-1}



Kraj Středočeský se vyznačoval v roce 2024 velkým rozdílem mezi průměrným obsahem a mediánem u kadmia (průměr byl $3,17 \text{ mg.kg}^{-1}$ a medián $0,58 \text{ mg.kg}^{-1}$). V tomto kraji bylo odebráno pět vzorků, přičemž čtyři z nich měly obsahy mezi $0,39$ a $0,60 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$. Příčinou vysokého rozdílu mezi středními hodnotami byl kal s označením 2120B, který dosáhl obsahu $13,7 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$, což je téměř trojnásobek limitní hodnoty (limitní hodnota podle vyhlášky č. 273/2021 Sb. je 5 mg Cd.kg^{-1}). Kal z této ČOV byl v roce 2024 odebíráván z důvodu zopakování vzorkování z roku 2022, kdy dosáhl obsahu $17,0 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$. Vývoj obsahů Cd na této ČOV dokumentuje obrázek 32.

V příloze 29 je uveden výčet všech ČOV (celkem 5 ČOV), na kterých byl v roce 2024 zjištěn nadlimitní výskyt sledovaných RP. Přehled počtu vzorků kalů s nadlimitním obsahem

rizikových prvků uvádí tabulka 17. Z této tabulky je patrné, že z celkových odebraných 40 vzorků kalů bylo 5 vzorků nadlimitních a u těchto vzorků bylo zjištěno 6 překročení limitních obsahů rizikových prvků. Ze 40 vzorků nejvíce krát překročil limitní hodnotu arzén (2 překročení, což odpovídá 5 % vzorků) a nikl (2 překročení, 5 % vzorků).

Tabulka 17 *Počty vzorků kalů překračující limitní hodnoty stanovené vyhláškou č. 273/2021 Sb., ve znění pozdějších předpisů s počtem překračujících jednotlivých rizikových prvků a počty ČOV s nadlimitním obsahem alespoň jednoho rizikového prvku*

Rok 2024	Počet nadlimitních prvků								Počet vzorků kalů z ČOV		
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Celkem	Z toho nadlimitní	
										počet	%
	2	1	0	0	0	2	0	1	40	5	12,5

Vzorky kalů z ČOV, které v roce 2024 překročily limitní hodnotu podle vyhlášky č. 273/2021 Sb. byly odebírány i v minulých letech (kromě ČOV 4206A, která byla v roce 2024 vzorkována poprvé); vývoj jejich obsahů dokumentuje obrázek 33. Limitní hodnota dle vyhlášky je nastavená pro obsah arzenu v kalech 30 mg As.kg⁻¹, pro obsah kadmia 5 mg Cd.kg⁻¹, pro obsah niklu 100 mg Ni.kg⁻¹ a pro obsah zinku 2500 mg Zn.kg⁻¹.

Z našich zjištění vyplývá, že kal z těchto ČOV není přímo aplikován na zemědělský půdní fond (ZPF), ale je používán ke kompostování, či jiným způsobem upravován a případně poté aplikován na ZPF. Kaly, které se kompostují, nemusí z hlediska obsahu rizikových prvků vyhovovat žádným legislativním limitům – v současné době jsou obsahy prvků v surovinách do kompostu upravovány pouze ČSN 46 5735 Průmyslové komposty, která není obecně závazná a má pouze doporučující charakter (tabulka 18). Podle této normy by kaly 4206A, 2120B, 6103A doporučení z hlediska obsahu rizikového prvku ve vstupující surovině nevyhověly.

Tabulka 18 *Limitní hodnoty obsahu rizikových prvků v surovinách určených ke kompostování dle normy ČSN 46 5735, mg.kg⁻¹ vysušeného vzorku*

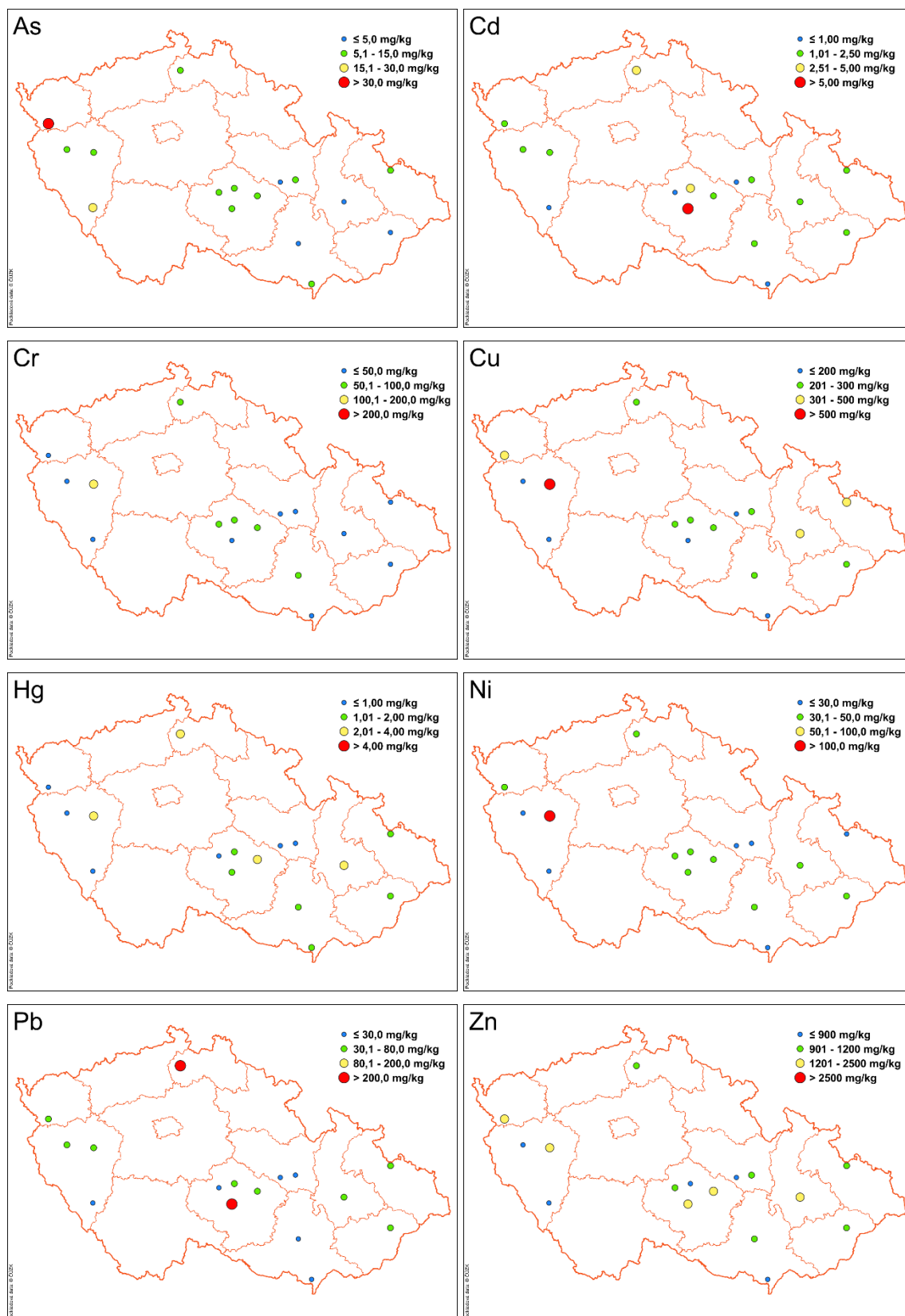
	mg.kg ⁻¹ vysušeného vzorku								
Norma ČSN 46 5735	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Zn
	50	13	1000	1200	10	25	200	500	3000

Hodnoty mediánů jsou graficky znázorněny na obrázku 34, a to u těch ČOV, které byly odebírány 8–10x za posledních 10 let. Celkem se jedná o 16 ČOV. Nejvyšší kategorie (označená červeně) představuje překročení limitní hodnoty obsahu podle vyhlášky. Z obrázku je patrné, že soubor 16 ČOV měl z hlediska mediánů obsahů As, Cd, Ni a Zn za uplynulou dekádu největší zastoupení v kategoriích nízkých obsahů (na mapě zelené označení). Z toho medián přesahující hodnotu limitního obsahu byl shledán u As (ČOV 4105A), Cd (ČOV 6105A) a u Ni (ČOV 3209A). Vývoj obsahů na těchto ČOV za celou dobu monitorování je znázorněn na obrázku 35.

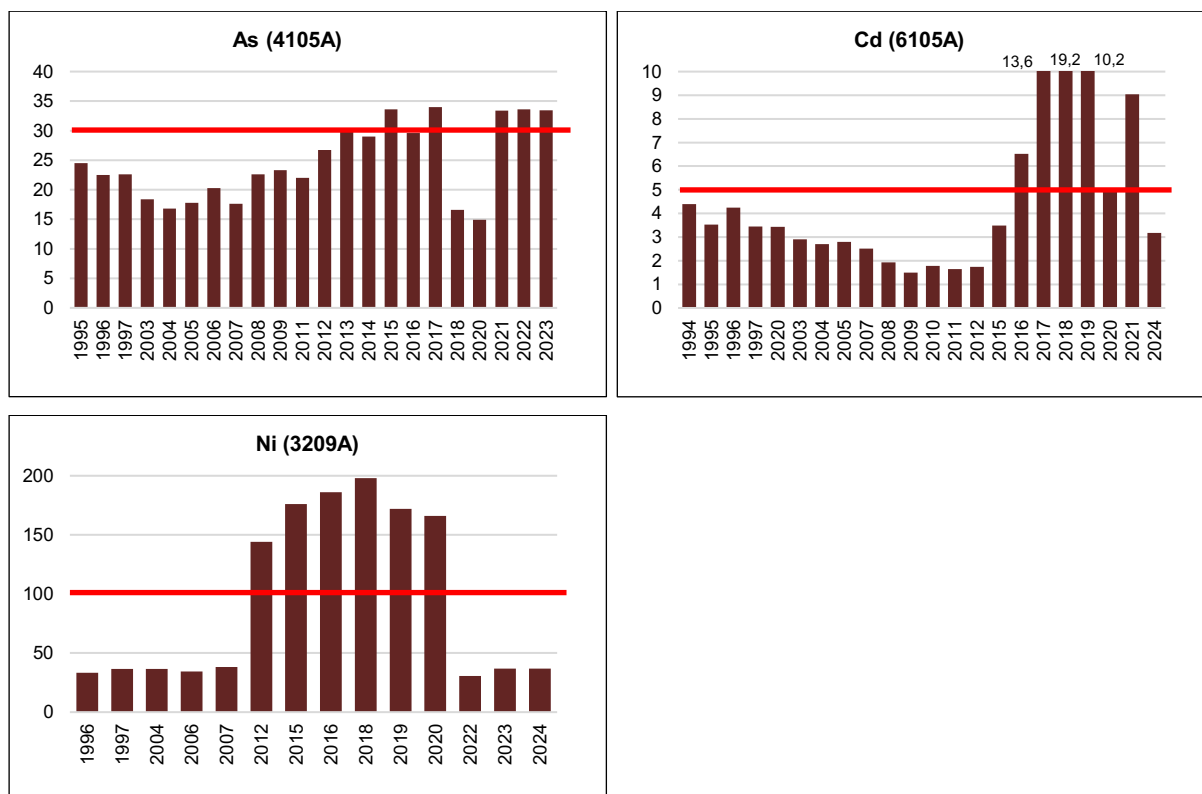
Obrázek 33 Vývoj obsahu rizikových prvků v kalech ČOV, které v roce 2024 překročily limitní hodnotu danou vyhláškou č. 273/2021 Sb. (mg.kg^{-1}). Limitní hodnota je označena červenou linií



Obrázek 34 Obsah rizikových prvků ve vzorcích kalů ČOV, které byly v průběhu 10 let (2015–2024) odebírány 8–10x, nejvyšší kategorie je limitní hodnotou (medián, mg.kg^{-1})



Obrázek 35 Vývoj obsahu As, Cd, Ni ve vzorcích kalů z ČOV, které v průběhu 10 let (2015–2024) vykazaly nejvyšší mediány obsahů (mg.kg^{-1}). Limitní hodnota je označena červenou linií



Grafické znázornění vývoje aritmetických průměrů a mediánů obsahů RP v kalech ČOV za období sledování 2001 až 2024 je uvedeno v příloze 31. Při porovnání obsahů na počátku sledování (polovina 90. let) a v současnosti lze říci, že došlo k výraznému snížení obsahů kadmia, rtuti, olova a zinku. U těchto prvků se v polovině 90. let pohybovaly průměrné obsahy na úrovni $4,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ u rtuti, 5 mg.kg^{-1} u kadmia, 120 mg.kg^{-1} u olova a 1600 mg.kg^{-1} u zinku. U mědi, niklu a zinku bylo možné pozorovat pokles hodnot mediánů přibližně do roku 2010, poté se tento trend zastavil a projevuje se opět nárůst s meziročními výkyvy. Dnes jsou průměrné hodnoty uvedených prvků následující: $0,94 \text{ mg.kg}^{-1}$ u rtuti, $1,81 \text{ mg.kg}^{-1}$ u kadmia, $40,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ u olova a 1032 mg.kg^{-1} u zinku. U arzénu a chromu se hodnoty mediánů udržují víceméně na stejné úrovni roku 2001.

V rámci České republiky nevyhověly v roce 2024 limitním hodnotám rizikových prvků stanoveným ve vyhlášce č. 273/2021 Sb. 5 vzorků kalů ze 40 ČOV (12,5 %). Tyto kaly by tedy nebylo možné aplikovat na zemědělskou půdu. K limitním hodnotám pro rizikové prvky navíc přistupují další kritéria (obsah organických polutantů, mikrobiální znečištění), takže lze očekávat, že pro přímé použití na zemědělskou půdu bude počet nevyhovujících vzorků kalů ještě vyšší.

V průběhu let dochází z pohledu překračování limitních obsahů rizikových prvků ke snižování počtu nevyhovujících vzorků kalů (tabulka 19). Za posledních 10 let nepřekročil počet nadlimitních vzorků jednu čtvrtinu z odebraných vzorků a v roce 2023 dosáhl rekordního minima za celou periodu sledování.

Tabulka 19 Počet vzorků s nadlimitním obsahem alespoň jednoho rizikového prvku v kalech z ČOV v České republice (2001–2024)

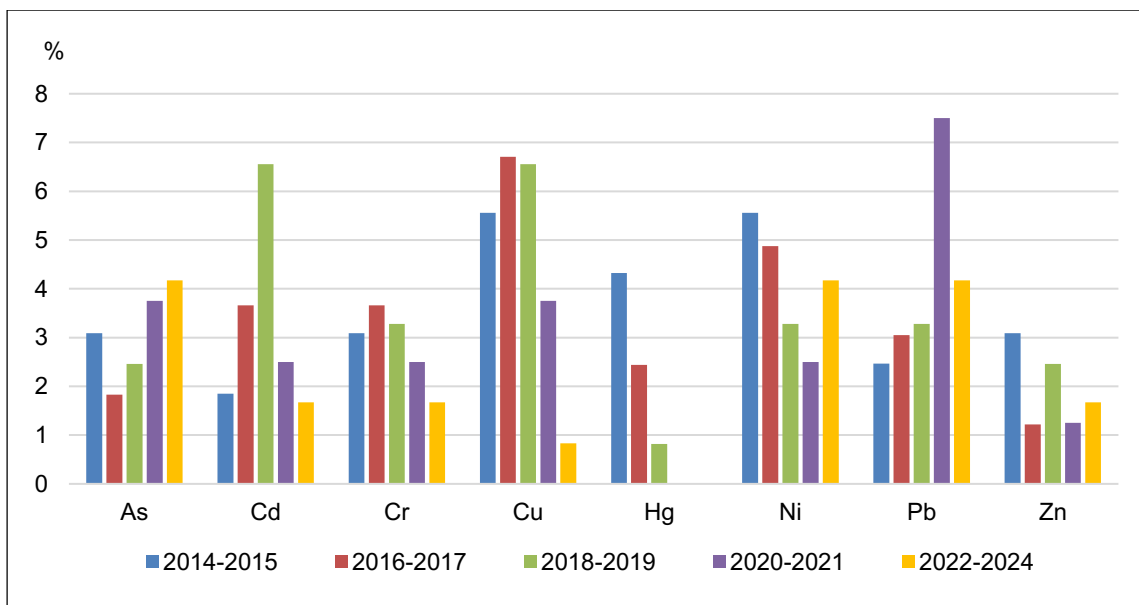
Rok		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Celkem ČOV		195	199	96	101	100	101	107	106	102	103	90	88	78
Z toho nadlimitních	Počet	90	87	34	33	29	42	23	23	26	16	18	13	13
	%	46,2	43,7	35,4	32,7	29,0	41,6	21,5	21,7	25,5	15,3	20,0	14,8	16,7

Rok		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Celkem ČOV		78	82	80	82	82	40	40	40	40	40	40
Z toho nadlimitních	Počet	15	14	18	13	16	7	9	7	6	3	5
	%	19,2	17,1	22,5	15,9	19,5	17,5	22,5	17,5	15,0	7,50	12,5

Následující obrázek 36 a příloha 30 demonstrují změny v obsazích rizikových prvků v posledních 10 letech, které jsou vyjádřeny pomocí mezních hodnot (platných od roku 2016). Na počátku dekády byla nejvíce nadlimitním prvkem měď a nikl. Nikl převažuje i v posledních dvou letech a to spolu s olovem a arzénem, u nichž počet nadlimitních vzorků narůstá. V posledních třech letech jsme v našem výběru nezaznamenali ani jeden vzorek s nadlimitním obsahem rtuť.

V průběhu monitoringu kalů docházelo k postupné redukci počtu vzorků, kdy od roku 2013 bylo vzorkováno 80 ČOV a od roku 2019 do současnosti 40 vzorků kalů ročně. Jedná se tedy o vybraný soubor ČOV a uvedená tvrzení nelze úplně zobecnit.

Obrázek 36 Procentuální překročení mezních hodnot u rizikových prvků



Závěry

- V roce 2024 bylo na obsah rizikových prvků v rámci monitoringu kalů z ČOV odebráno a zanalyzováno 40 vzorků kalů z ČOV. Z tohoto souboru nevyhovělo vyhlášce č. 273/2021 Sb. 5 vzorků ČOV, tedy 12,5 %.
- Dvakrát byla limitní hodnota v kalech překročena v případě arzenu a niklu a jednou v případě kadmia a zinku.
- Při porovnání obsahů na počátku sledování (polovina 90-tých let) a v současnosti došlo k výraznému snížení obsahů kadmia, rtuti, olova a zinku. Přibližně do roku 2010 byl patrný klesající trend, který i nadále pokračuje u Hg a Cd. Opětný nárůst se projevuje u obsahů niklu. Střední hodnoty obsahů arzenu a chromu se nemění a udržují se na úrovni roku 2001.
- Počet ČOV, které produkují kaly s nevyhovujícími obsahy rizikových prvků s nadlimitním obsahem alespoň jednoho rizikového prvku se v rámci monitoringu, který provádí ÚKZÚZ na vybraném souboru ČOV směřovanou k využití na zemědělském půdním fondu za posledních 10 let ustálil na hodnotě okolo 20 % s výrazným poklesem až na 7,5 % v roce 2023 a 12,5 % v roce 2024.

1.4.3.2 Polychlorované bifenyly v kalech

Polychlorované bifenyly jsou v kalech ČOV stanovovány od roku 1998. K původně sledovaným šesti kongenerům (28, 52, 101, 138, 153, 180) přibyl v roce 2002 sedmý (118). Celkem byly obsahy PCB v roce 2024 stanoveny ve 14 vzorcích kalů. Podrobnou tabulku obsahů jednotlivých kongenerů PCB i sumy 7 kongenerů uvádí příloha 32. Grafické znázornění obsahů sumy 7 kongenerů PCB ve vzorcích z jednotlivých ČOV je uvedeno v příloze 33. Základní statistické charakteristiky souboru jsou uvedeny v tabulce 20. Od roku 2016 byly kaly hodnoceny podle vyhlášky č. 437/2016 Sb., která udávala limitní hodnotu pro sumu 7 kongenerů PCB (do roku 2016 platila vyhláška č. 382/2001 Sb., která udávala limitní hodnotu pro sumu 6 kongenerů). V současné době je hodnocení prováděno podle nové vyhlášky č. 273/2021 Sb.

Tabulka 20 Základní statistické charakteristiky obsahu PCB v kalech ČOV (2024, 14 vzorků, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

	Kongenery PCB							Suma 7 kongenerů
	28	52	101	118	138	153	180	
Průměr	3,52	3,93	4,70	2,41	7,86	13,1	8,90	44,5
Medián	1,24	1,51	3,41	1,49	7,11	11,5	8,29	34,6
Minimum	0,25	0,25	0,93	0,25	1,25	2,49	1,53	7,00
Maximum	14,5	13,8	19,0	13,8	17,7	26,9	15,9	116
10.percentil	0,34	0,88	1,98	0,89	4,01	7,38	4,83	22,2
90.percentil	11,8	11,8	5,77	2,58	11,8	21,7	14,1	71,8
Limitní hodnota pro sumu 7 kongenerů PCB podle vyhlášky č. 273/2021 Sb.								600
Počet překročení limitu v roce 2024								0

Nejnižší medián v roce 2024 vykazoval kongener 28. Kongenery 52 a 118 běžně rovněž vykazují nízké hodnoty v řádu jednotek. Výjimkou byl rok 2019, kdy jeden vzorek kalu (6103A z kraje Vysočina) dosáhl u kongeneru 28 resp. 52 hodnot 259 resp. 136 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a tím ovlivnil celkovou sumu 7 kongenerů. V roce 2020 byl tento kal znovu odebrán a takto vysoké hodnoty se nepotvrdily, rovněž tak předcházející vzorkování z let 2009–2012 a 2018 vykazovalo nízké hodnoty.

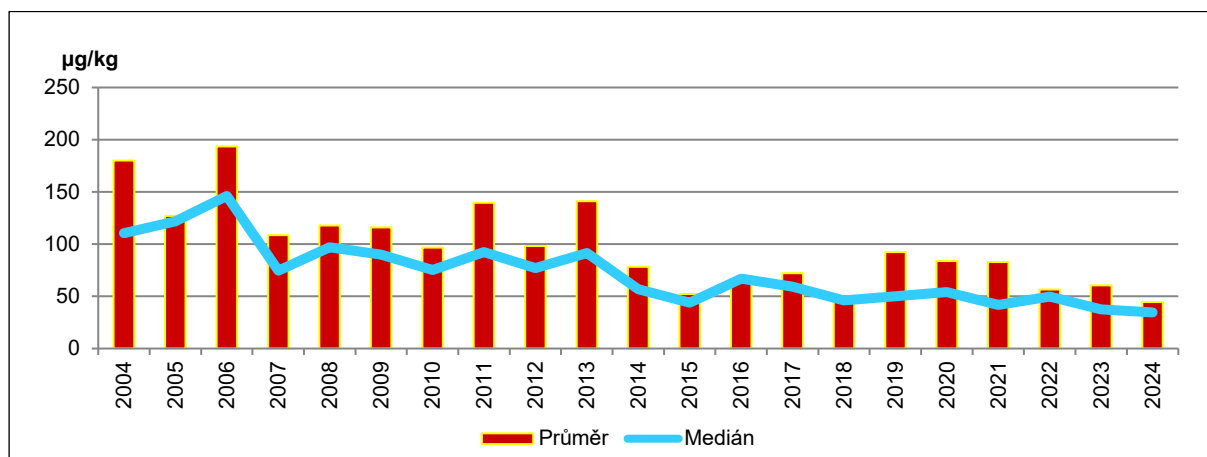
Sumy 7 kongenerů PCB v kalech kolísaly v roce 2023 v rozpětí od 7,00 (vzorek kalu 5109B) do 116 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (vzorek kalu 2120B), aritmetický průměr činil 44,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a medián 34,6 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.

Vývoj středních hodnot obsahů sumy 7 kongenerů PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153 a 180) v kalech ČOV je zobrazen na obrázku 37; od roku 2007 došlo k jejich snížení a relativní stabilitě mediánů a od roku 2014 došlo k dalšímu snížení.

Příloha 50 graficky znázorňuje procentuální překročení vzorků jednotlivých organických polutantů v periodách od roku 2004 a příloha 51 uvádí celkový počet odebraných vzorků u daného organického polutantu a jeho celkový počet překročení.

Limitní hodnota pro obsah PCB v kalech (7 kongenerů) činí 0,6 mg.kg^{-1} suš. Od roku 2014 tuto limitní hodnotu nepřesáhl žádný vzorek.

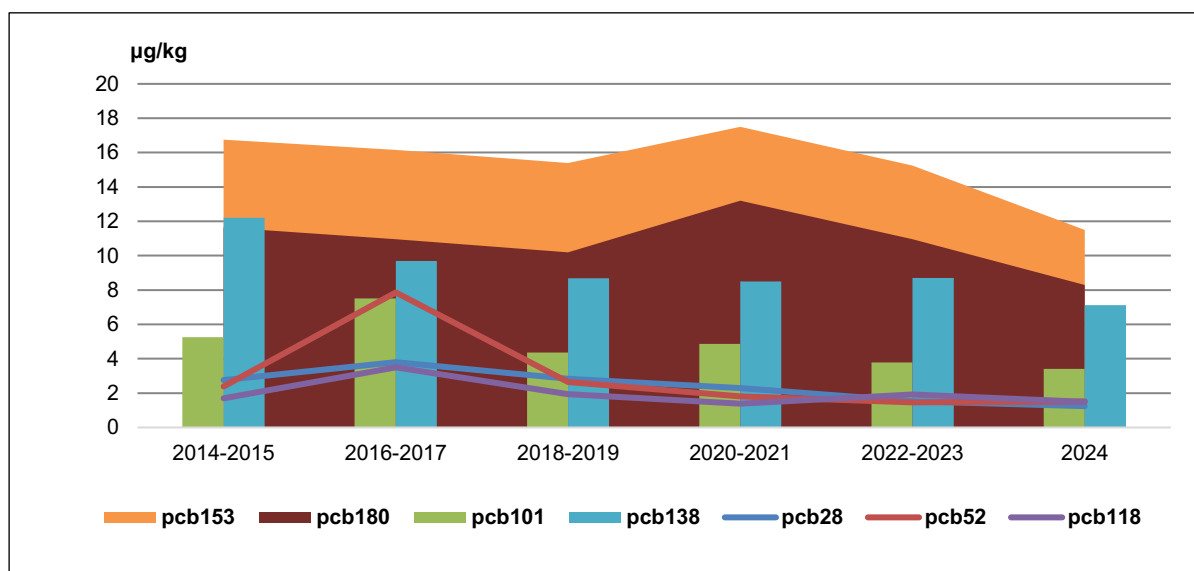
Obrázek 37 Střední hodnoty obsahů sumy 7 kongenerů PCB v kalech ČOV (2004–2024, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)



Obrázek 38 vyjadřuje změny obsahu mediánů jednotlivých kongenerů PCB v posledních 11 letech. Z obrázku je patrná tendence ve snižování obsahů většiny kongenerů. Jednotlivé kongenery poklesly při porovnání roku 2024 a začátku dekády o 55,1 % (PCB 28), o 37,0 % (PCB 52), o 35,1 % (PCB 101), o 12,6 % (PCB 118) o 41,7 % (PCB 138), o 31,3 % (PCB 153), o 28,8 (PCB 180). Medián celkové sumy 7 kongenerů PCB poklesl vzhledem k začátku dekády o 36,5 %.

V průběhu monitoringu kalů docházelo k postupné redukci počtu vzorků, kdy od roku 2013 bylo vzorkováno na organické polutanty 21 ČOV a od roku 2019 do současnosti 14 vzorků kalů ročně. Jedná se tedy o vybraný soubor ČOV a uvedená tvrzení nelze úplně zobecnit.

Obrázek 38 Vývoj mediánových hodnot obsahů jednotlivých kongenerů PCB v kalech ČOV v poslední dekádě let (2014–2023), $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.



Závěry

- V roce 2024 byl obsah polychlorovaných bifenyly stanoven ve 14 vzorcích kalů.
- Sumy 7 kongenerů PCB v kalech kolísaly v roce 2024 v rozpětí hodnot od 7,00 do 116 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., aritmetický průměr činil 44,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a medián 34,6 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- Střední hodnoty obsahů PCB v kalech od roku 2007 mají klesající tendenci.
- Z odebraných vzorků kalů ČOV v roce 2024 žádný vzorek nepřekročil limitní hodnotu obsahu sumy 7 kongenerů PCB pro aplikaci kalů na zemědělskou půdu stanovenou ve vyhlášce č. 273/2021 Sb. (0,6 mg.kg^{-1} suš.).

1.4.3.3 Polycyklické aromatické uhlovodíky v kalech

Polycyklické aromatické uhlovodíky jsou ve vzorcích kalů sledovány od roku 2000. Zpočátku bylo stanovováno 15 individuálních uhlovodíků, ke kterým v roce 2006 přibyl poslední zbývající uhlovodík (acenaphtylene ANY) a od té doby je stanovováno 16 indikátorových PAH podle US EPA.

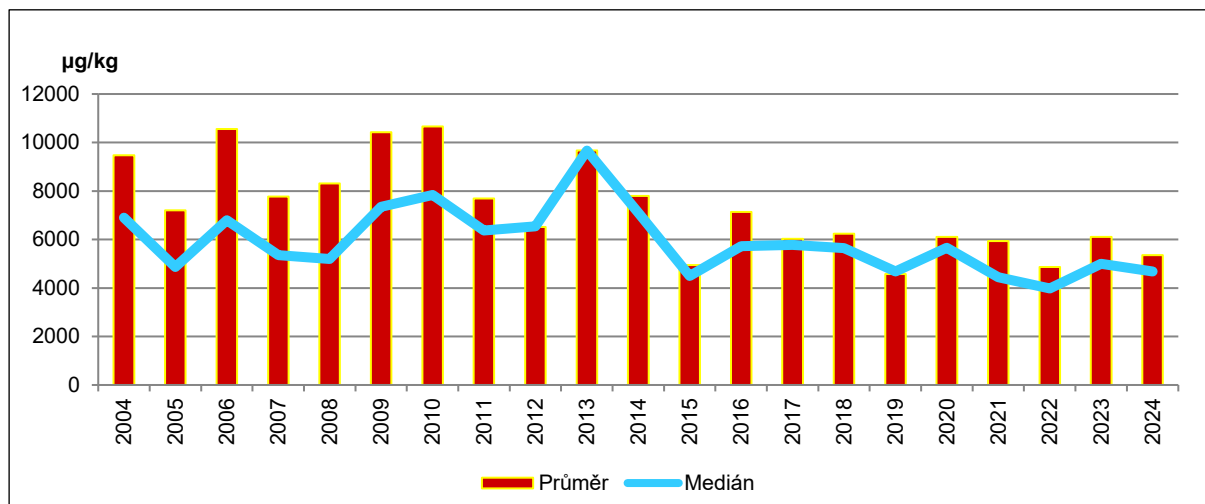
V roce 2024 byly PAH stanoveny ve 14 vzorcích kalů. Přehled obsahů všech 16 individuálních PAH a jejich sumy jsou uvedeny v příloze 34, základní statistické charakteristiky v tabulce 21. Grafické znázornění sumy 12 PAH významných z hlediska určení limitní hodnoty (podle vyhlášky č. 273/2021 Sb.) je uvedeno v příloze 35.

Tabulka 21 Základní statistické charakteristiky obsahů individuálních PAH v kalech ČOV (2024, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

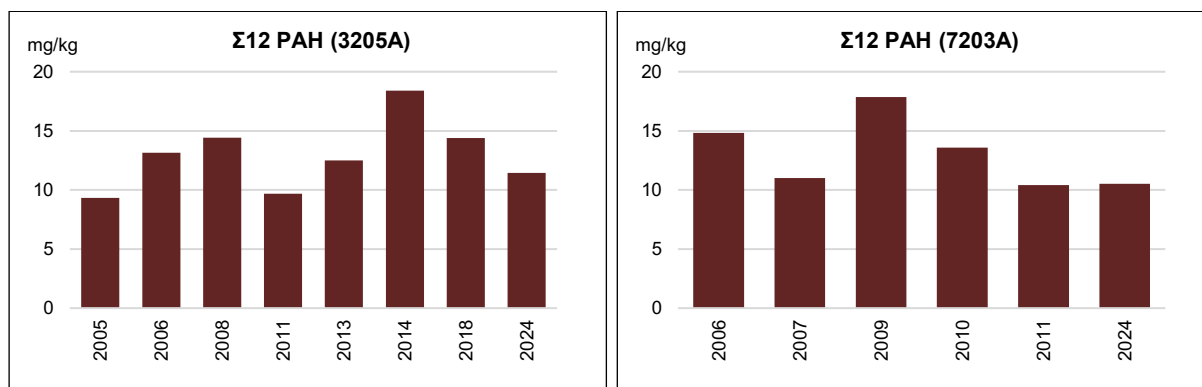
Individuální PAH	Průměr	Medián	Minimum	Maximum
NAP	158	124	28,9	524
ANY	<30	<30	<30	<30
ANA	68,3	51,5	23,2	200
FLU	155	131	31,7	329
PHE	428	467	56,7	1046
ANT	72,7	66,1	2,39	213
FLT	943	823	35,6	1944
PYR	834	712	33,3	1887
BAA	400	332	2,00	1000
CHR	467	412	11,3	996
BBF	515	415	4,59	1005
BKF	248	204	2,27	553
BAP	458	373	6,59	1020
DBA	58,6	45,9	1,50	142
BPE	428	358	2,50	904
IPY	400	331	5,00	838
SUMA16 PAH	5648	4897	357	12033
SUMA12 PAH	5351	4685	271	11443

Suma 16 PAH v kalech ČOV odebraných v roce 2024 se pohybuje v rozmezí od 0,36 do 12,0 mg.kg^{-1} , medián souboru činí 4,90 mg.kg^{-1} , průměrná hodnota je 5,65 mg.kg^{-1} . Suma 12 PAH je v rozsahu 0,27–11,4 mg.kg^{-1} , medián 4,69 mg.kg^{-1} , průměr 5,35 mg.kg^{-1} .

Obrázek 39 a příloha 36 uvádí průběh aritmetických průměrů a mediánů obsahů PAH v odebíraných vzorcích kalů ČOV od roku 2004 a příloha 50 procentické zastoupení nadlimitních vzorků kalů. PAH patřily k nejneproblematictějším parametrům; z celkových 507 analyzovaných vzorků byl ve 112 (v 22,1 % vzorků) zjištěn vyšší obsah sumy 12 PAH než 10 mg.kg^{-1} (mezní hodnota obsahu PAH v kalech aplikovaných na zemědělskou půdu platná od roku 2016).

Obrázek 39 Střední hodnoty obsahů sumy 12 PAH v kalech ČOV (2004–2024, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

Hodnocení obsahů PAH v kalech z hlediska jejich využití v zemědělství v současné době umožňuje vyhláška č. 273/2021 Sb., která stanovuje mezní (maximální) hodnotu koncentrace PAH v kalech 10 mg.kg^{-1} suš. pro sumu 12 individuálních PAH (antracen, chrysen, fenantren, fluoranten, pyren, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)antracen, benzo(a)pyren, benzo(ghi)perylen, indeno(123cd)pyren a naftalen). Limitní hodnotu 10 mg.kg^{-1} překročily v roce 2024 dva vzorky kalů s označením 3205A z Plzeňského kraje ($11,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ suš. sumy 12 PAH) a 7203A ze Zlínského kraje ($10,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ suš. sumy 12 PAH). Oba kaly po započtení nejistoty měření vykázaly podlimitní hodnotu. Průběh obsahů sumy 12 PAH v jednotlivých letech u ČOV 3205A a 7203A je vyobrazen na obrázku 40.

Obrázek 40 Vývoj obsahů sumy 12 PAH v kalu z ČOV 3205A a 7203A v jednotlivých odběrových letech ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

Grafické zastoupení nadlimitních vzorků kalů z hlediska sumy 12 PAH znázorňuje příloha 50 a celkový počet odebraných vzorků a celkový počet překročení příloha 51. Zobrazení vývoje mediánů sumy 12 PAH v periodách od roku 2004 znázorňuje příloha 52.

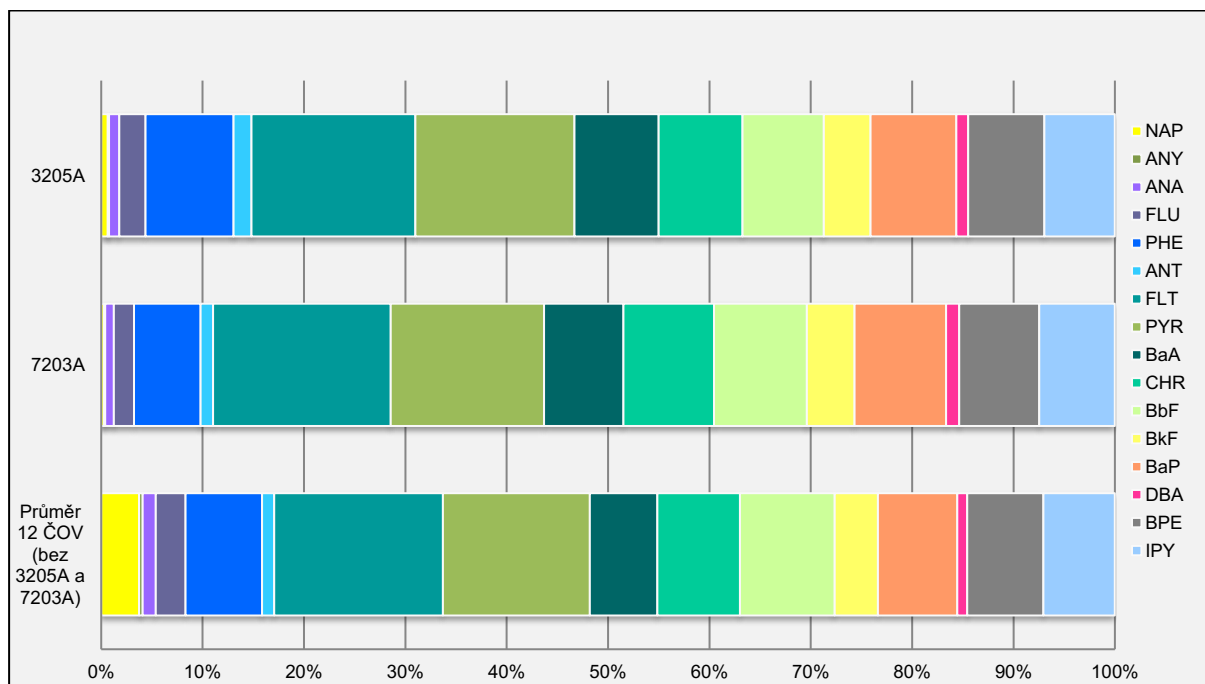
Z příloh lze konstatovat snížení podílu nadlimitních vzorků a to o 44,8 % a snížení hodnot mediánů sumy 12 PAH o 19,5 % v roce 2024 oproti periodě 2004–2007. V poslední dekádě let postupuje snižování mediánů obsahů sumy 12 PAH a to z 7115 mg.kg^{-1} suš. v roce 2014 na 4685 mg.kg^{-1} suš. v roce 2024 (tj. o 34,1 %). Je zde nutné zopakovat, že se jedná o výběr ČOV a výsledky nelze zcela zobecnit.

K objektivnímu posuzování toxicity směsí PAH byl zaveden faktor toxického ekvivalentu (Toxicity Equivalent Factor, TEF), který umožňuje vyjádřit toxicitu každého individuálního uhlovodíku vzhledem k nejtoxičtějším z nich – benzo(a)pyrenu (BAP) a dibenzo(a,h)antracenu (DBA), jejichž TEF je roven 1 (příloha 7) (Nisbet et LaCoy, 1992). Celkový toxický ekvivalent směsi PAH se vyjádří pomocí hodnoty TTEC (Total Toxicity Equivalent Concentration), která je vypočítána jako suma součinu koncentrací jednotlivých složek směsi a příslušného TEF. Lze tedy stanovit, které z látek ve směsi se na celkové karcinogenitě podílí významně, a které jsou zanedbatelné.

Toxický ekvivalent TTEC se v kalech v sumě 16 PAH v roce 2024 pohybuje v rozmezí 10,0 až 1521 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., v případě sumy 12 PAH se pohyboval v rozmezí 8,37–1382 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (příloha 34). Pokud chceme porovnat nadlimitní kal 3205A a kal 7203A z hlediska toxického ekvivalentu TTEC, podílu BAP a podílu DBA na celkové sumě, musíme pro porovnání zvolit sumu všech 16 PAH (do limitní hodnoty sumy 12 individuálních PAH podle vyhlášky č. 273/2021 Sb. není zahrnut DBA). Pro sumu 16 PAH, dosáhl kal 3205A 1521 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. TTEC, 67,0 % BAP a 9,14 % DBA a kal 7203A hodnotu 1477 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., 67,1 % BAP a 9,59 % DBA.

Obsah BAP a DBA dosáhl v kalech 3205A a 7203A nejvyšších hodnot ze všech kalů v roce 2024 (1020 $\mu\text{g BAP.kg}^{-1}$ suš. a 139 $\mu\text{g DBA.kg}^{-1}$ suš. u kalu 3205A a 991 $\mu\text{g BAP.kg}^{-1}$ suš. a 142 $\mu\text{g DBA.kg}^{-1}$ suš. u kalu 7203A); průměrná hodnota byla 458 $\mu\text{g BAP.kg}^{-1}$ suš. a medián 373 $\mu\text{g BAP.kg}^{-1}$ suš.; 58,6 $\mu\text{g DBA.kg}^{-1}$ suš. a medián 45,9 $\mu\text{g DBA.kg}^{-1}$ suš. Pro zajímavost je podíl jednotlivých uhlovodíků na sumě 16 PAH v kalech 3205A a 7203A v porovnání s ostatními dvanácti kaly graficky znázorněn na obrázku 41. Na obrázku je viditelné, že zastoupení BAP a DBA není v měřítku nejvyšší; vyšší zastoupení má FLT a PYR, nicméně tyto uhlovodíky co do toxicity nedosahují hodnot BAP a DBA.

Obrázek 41 Poměrné zastoupení jednotlivých uhlovodíků v celkové sumě 16 PAH v kalu 3205A a 7203A v porovnání s ostatními 12 kaly z ČOV odebranými v roce 2024 (%)



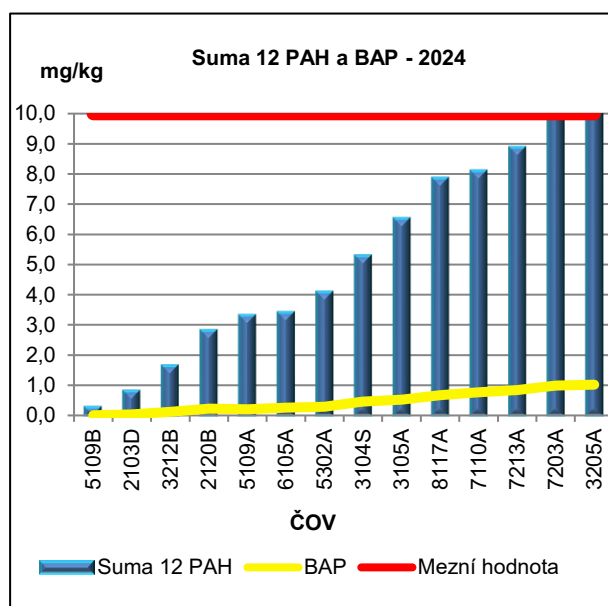
Benzo(a)pyren

BAP patří ke dvěma nejtoxičtějším uhlovodíkům ve směsi PAH. V roce 2024 se jeho obsahy pohybovaly v rozsahu 6,59–1020 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a kopírovaly celkový obsah PAH. Velmi zjednodušeně lze říci, že s rostoucí sumou 12 PAH se zvyšuje také obsah BAP (obrázek 42).

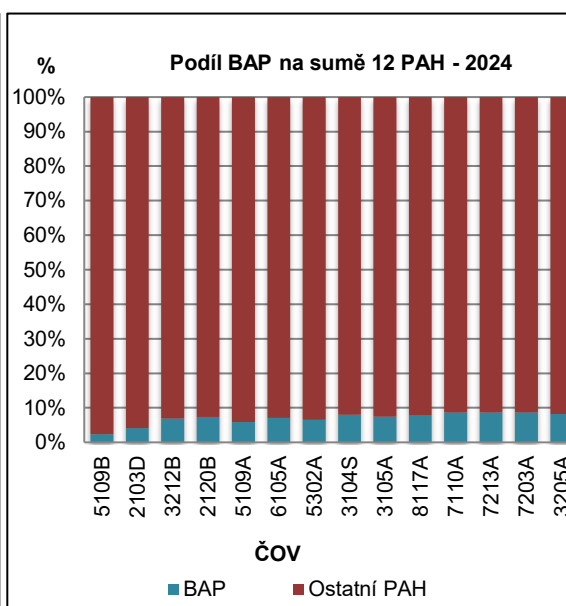
Na obrázku 43 je znázorněn podíl BAP ve vzorcích kalů z roku 2024. Pohybuje se v rozmezí 2,43–9,49 %. V roce 2022 byl jeho podíl mezi 10,4 a 17,0 % (12,5 %, medián) a znamenal zatím nejvyšší hodnotu zastoupení BAP na sumě 12 PAH v kalech (v předchozích letech se jednalo přibližně o 8 %). Vývoj podílu BAP v kalech ČOV, které byly vzorkovány v roce 2024 a alespoň jedenkrát v uplynulých letech, je znázorněn v příloze 37.

Od roku 2020 má podíl BAP v sumě 12 PAH zvyšující se tendenci (obrázek 43). V roce 2022 byl jeho podíl v těchto kalech, jak už bylo řečeno, nad 10 % a to bez ohledu na to, zda celkový obsah PAH či pouze obsah BAP proti předchozím odběrům vzrostl či klesl. Pro kaly z roku odběru 2024 bylo zjištěno (příloha 37), že více než polovina kalů vykázala navýšení obsahů BAP oproti předchozímu vzorkování (tři kaly nebyly do výčtu zahrnuty, neboť byly v roce 2024 vzorkovány poprvé).

Obrázek 42 Suma 12 PAH a obsah BAP v kalech v roce 2024
(maximum osy y tvoří mezní hodnota obsahů PAH v kalech dle vyhlášky č. 273/2001 Sb.)



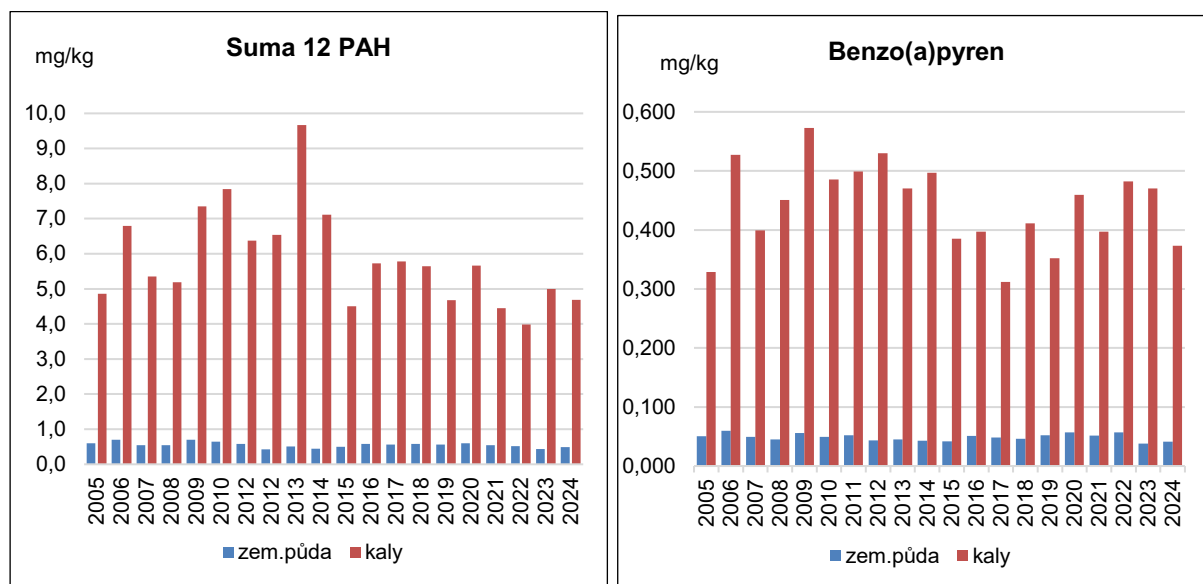
Obrázek 43 Procentuální podíl BAP v sumě 12 PAH v kalech v roce 2024



Zemědělské půdy vs. kaly

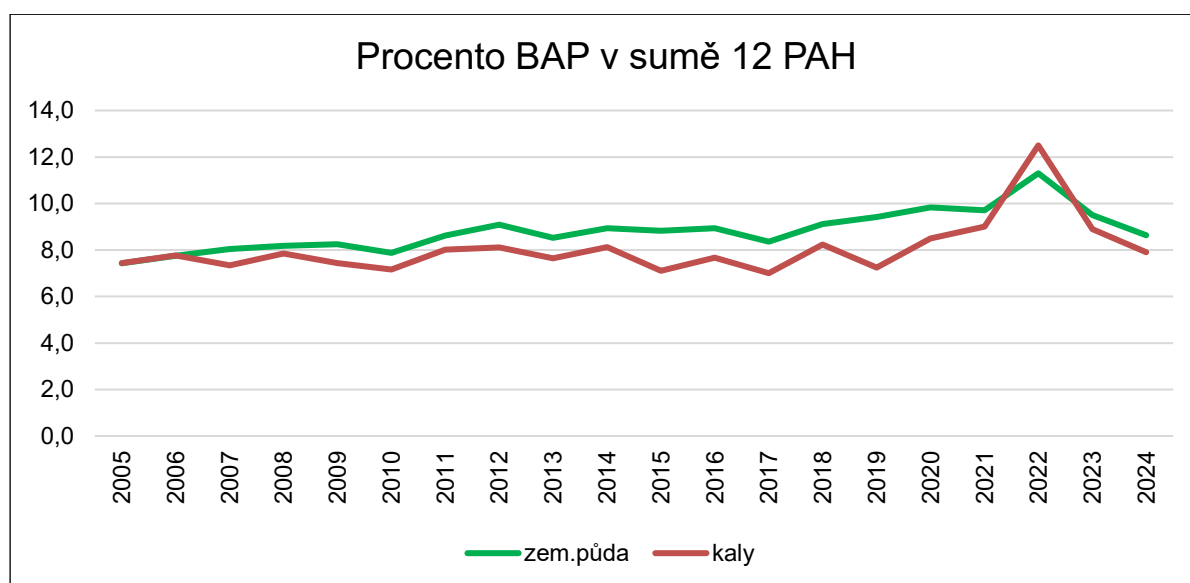
Na obrázku 44 jsou zobrazeny mediány obsahů sumy 12 PAH v zemědělské půdě a v kalech. Obsahy PAH v zemědělských půdách jsou řádově nižší než v kalech a stejně je tomu i u benzo(a)pyrenu.

Obrázek 44 Porovnání obsahů sumy 12 PAH a BAP v zemědělských půdách a kalech (mg.kg⁻¹ suš.)



Podíl BAP v sumě 12 PAH je však u zemědělských půd i kalů přibližně stejný (obrázek 45) – kolem 9 %, v zemědělských půdách je tento podíl dokonce vyšší než v kalech. U zemědělských půd procento zastoupení BAP v sumě 12 PAH vytrvale mírně roste. U kalů lze pozorovat rostoucí podíl BAP v posledních přibližně pěti letech.

Obrázek 45 Procentuální zastoupení BAP v sumě 12 PAH v zemědělské půdě a v kalech



Závěry

- V roce 2024 byl obsah polycyklických aromatických uhlovodíků stanoven ve 14 vzorcích kalů.
- Suma 16 PAH se pohybuje v rozmezí 0,36–12,0 mg.kg⁻¹, medián souboru je 4,90 mg.kg⁻¹, průměrná hodnota činí 5,65 mg.kg⁻¹. Suma 12 PAH je v rozsahu 0,27–11,4 mg.kg⁻¹, medián 4,69 mg.kg⁻¹, průměr 5,35 mg.kg⁻¹.
- Podle nové vyhlášky č. 273/2021 Sb. je limitní hodnota stanovena na 10 mg.kg⁻¹ pro sumu 12 PAH. Tuto hodnotu překročily v roce 2024 dva vzorky.
- Ve vybraném souboru ČOV se počet ČOV s nadlimitním obsahem 12 PAH postupně snižuje.
- Celkový toxický ekvivalent vyjádřený jako TTEC se ve vzorcích kalů v roce 2024 pohyboval v rozmezí 10,0 až 1521 µg.kg⁻¹ suš., v případě sumy 12 PAH je TTEC v rozsahu 8,37–1382 µg.kg⁻¹ suš.
- Podíl BAP v sumě 12 PAH dlouhodobě činil přibližně 8 %. Od roku 2020 lze pozorovat nárůst až nad 10 % v roce 2022. Od roku 2023 je patrný opětovný pokles pod 10 %.

1.4.3.4 Halogenové organické sloučeniny v kalech

Halogenové organické sloučeniny (AOX) se ve vzorcích kalů stanovují od roku 1999. Analýzy byly prováděny NRL ÚKZÚZ Brno, od roku 2018 externí laboratoří. V roce 2019, 2022–2024 nebylo stanovení na obsah AOX v kalech provedeno z důvodu finančních úspor. Grafické zastoupení nadlimitních vzorků kalů z hlediska obsahu AOX znázorňuje příloha 50. Celkový počet odebraných vzorků a celkový počet překročení příloha 51. Zobrazení vývoje mediánů v periodách od roku 2004 znázorňuje příloha 52.

1.4.3.5 Organochlorové pesticidy v kalech

Obsahy HCB a látky skupiny DDT se ve vzorcích kalů stanovují od roku 2008. Obsahy HCH se stanovují od roku 2010. V roce 2024 bylo stanovení provedeno ve 14 vzorcích. Jejich základní statistika je uvedena v tabulce 22. V příloze 38 jsou uvedeny konkrétní obsahy k jednotlivým vzorkům a graficky jsou vyjádřeny v přílohách 39, 40 a 41. Základní statistika vzorků za jednotlivé roky 2008–2024 je uvedena v příloze 42.

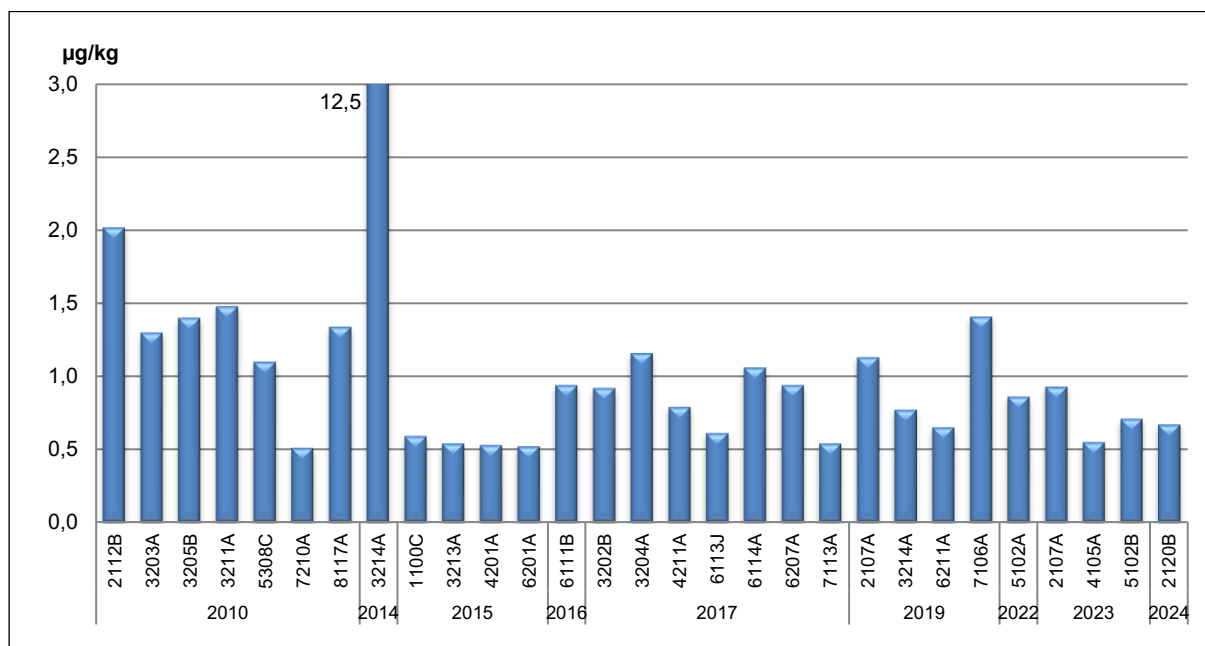
Tabulka 22 *Základní statistické charakteristiky obsahu jednotlivých organochlorových pesticidů v kalech ČOV (2024, 14 vzorků, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ sušiny)*

	HCH ($\alpha\beta\gamma\delta$)	HCB	DDE	DDD	DDT	DDT _{total}
Průměr	1,03	1,95	13,0	13,8	1,60	28,4
Medián	< 1,00	1,97	13,6	6,70	1,20	21,3
Minimum	< 1,00	< 0,50	1,40	< 0,50	< 0,50	2,66
Maximum	1,42	3,84	19,2	115	3,39	135
10.percentil	< 1,00	1,01	9,32	1,07	< 0,50	12,9
90.percentil	< 1,00	3,13	17,2	11,0	3,09	30,1

Obsahy všech izomerů α , β , γ , δ **HCH** byly v roce 2024 u analyzovaných vzorků pod mezí stanovitelnosti ($\text{LOQ} = 0,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) kromě kalu s označením 2120B, u kterého byl nad mezí stanovitelnosti zjištěn obsah β -HCH ($0,67 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Také v ostatních letech se hodnoty izomerů pohybují víceméně pod mezí stanovitelnosti s výjimkou izomeru β -HCH. Od roku 2010, kdy se začaly analýzy na obsah HCH provádět, do roku 2024 bylo na HCH analyzováno 290 vzorků. Z nich bylo u β -HCH 90,0 % pod mezí stanovitelnosti. Zbýlých 10 % dosahovalo obsahů u izomeru β -HCH od 0,51 do $12,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. Maximální hodnota $12,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. se vyskytla u kalu 3214A v roce 2014. V roce 2014 se tento obsah β -HCH spolu s vysokou hodnotou α -HCH ($19,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) podílel na dosud nejvyšší hodnotě sumy HCH zjištěné za celé období sledování ($37,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., příloha 42). Tento kal byl odebrán opět v roce 2019, kdy vykázal nízkou hodnotu izomeru β -HCH $0,77 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (obrázek 46). Hodnoty obsahu α -HCH zatím pouze dvakrát za období 2010–2024 vystoupaly nad mez stanovitelnosti a to u již zmíněného kalu 3214A v roce 2014 a u kalu 5102A v roce 2022. Kal 3214A navíc v roce 2014 vykázal také obsah δ -HCH nad mezí stanovitelnosti ($4,94 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) a to zatím poprvé za období 2010–2024. Izomer γ -HCH dosáhl hodnot nad mezí stanovitelnosti zatím šestkrát (u kalu 3214A v roce 2014 a v roce 2015, u kalu 3105D v roce 2016, u kalu 3204A v roce 2017 a u kalu 6111B v roce 2011 a v roce 2016).

Příloha 51 uvádí celkový počet odebraných vzorků na stanovení obsahu HCH za dobu jejich sledování od roku 2010 do roku 2024.

Obrázek 46 Obsahy izomeru β -HCH v kalech ČOV, u kterých byly hodnoty vyšší než je mez stanovitelnosti (2010–2024, $\mu\text{g.kg}^{-1}$)

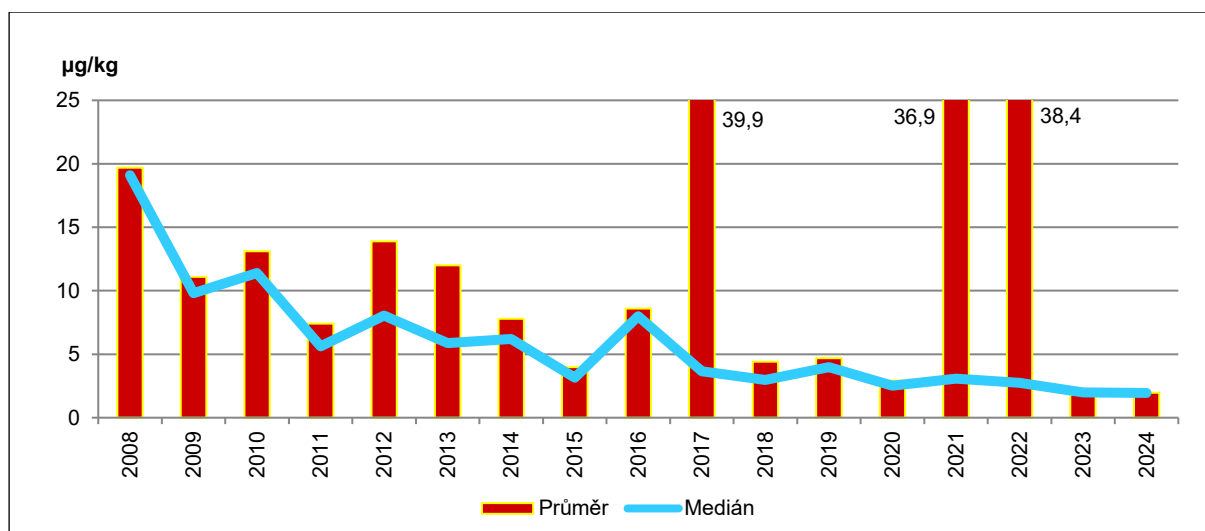


Obsahy **HCB** v roce 2024 kolísají v rozsahu $< 0,50$ – $3,84 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (tabulka 22). Za období sledování 2008–2024 jsou hodnoty zpracovány do tabulky v příloze 42. Zatím nejvyšší hodnota HCB v kalu ($753 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) byla zjištěna v roce 2017 a druhé dvě nejvyšší v roce 2021 a 2022 (474 a $497 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Tyto hodnoty byly zjištěny v kalech s identifikačním kódem 4214A z Ústeckého kraje a výrazně ovlivnily v těchto letech průměrnou hodnotu celého souboru ($39,9$, $36,9$ a $38,4 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. – obrázek 47, příloha 42). Medián ovlivněn nebyl. Kal s tímto kódem byl vzorkován také v roce 2013, kdy dosáhl hodnoty HCB $120 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.

Z obrázku 47 jasně vyplývá snižování mediánů obsahů HCB v kalech.

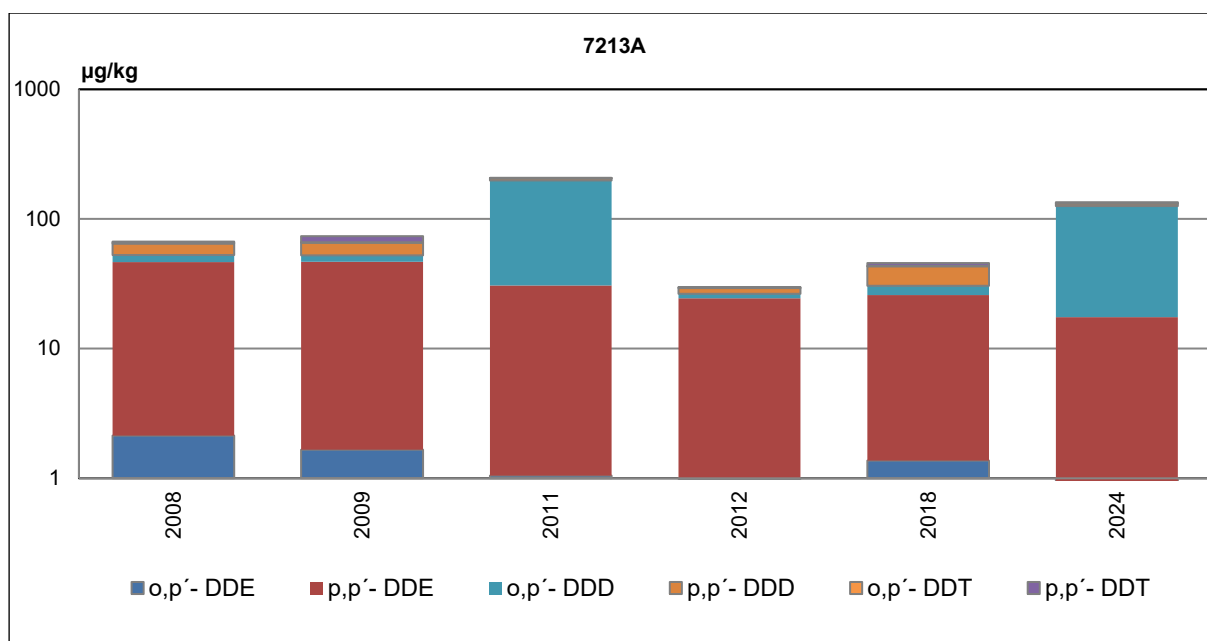
Příloha 51 uvádí celkový počet odebraných vzorků na stanovení obsahu HCB za dobu jejich sledování od roku 2008 do roku 2024. Zobrazení vývoje mediánů v periodách do roku 2024 znázorňuje příloha 52.

Obrázek 47 Střední hodnoty HCB v kalech ČOV (2008–2024 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)



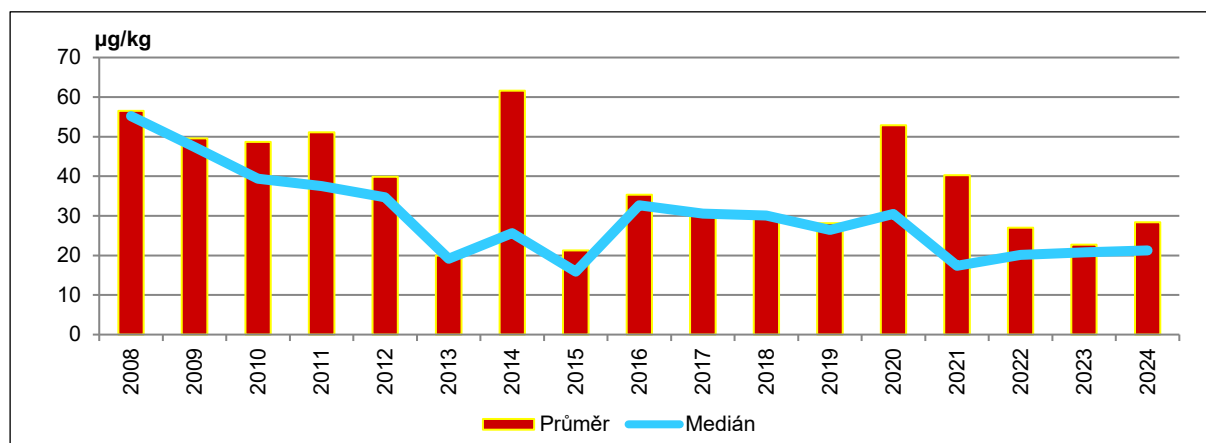
Hodnoty **látek skupiny DDT** ($\text{DDT}_{\text{total}}$) kolísají v roce 2024 v rozmezí 2,66–135 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián činí 21,3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., průměr činí 28,4 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (tabulka 22). Suma každé jednotlivé látky (DDE, DDD, DDT) je tvořena součtem jejich o,p'- a p,p'- izomerů. Vzájemný poměr jednotlivých látek skupiny DDT obecně vzrůstá v pořadí $\text{DDT} < \text{DDD} < \text{DDE}$. DDE vzniká transformací DDT a DDD při výrobě DDT, nebo jako produkt mikrobiálního rozkladu DDT v půdě. V roce 2021 byl nalezen nejvyšší obsah $\text{DDT}_{\text{total}}$ (298 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) v kalu s kódem 4214A, na tomto vysokém obsahu měl vliv vysoký obsah DDD (289 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Tento kal byl znovu odebrán v roce 2022 a jeho obsah $\text{DDT}_{\text{total}}$ byl na nižší úrovni 69,3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., obsah DDD 55,6 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. U tohoto kalu vzájemný poměr jednotlivých látek vzrůstá v tomto pořadí: $\text{DDT} < \text{DDE} < \text{DDD}$. Rovněž tak v roce 2024 měl v kalu s kódem 7213A nejvyšší zastoupení obsah DDD (115 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). U tohoto kalu vzájemný poměr jednotlivých látek rovněž vzrůstal v pořadí: $\text{DDT} < \text{DDE} < \text{DDD}$. Tento kal byl odbíráán i v předchozích letech, 2008, 2009, 2011, 2012 a 2018, jak dokumentuje obrázek 48, kdy i v roce 2011 byl zaznamenán vysoký obsah DDD (175 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.).

Obrázek 48 Vývoj obsahů jednotlivých látek DDT v kalu z ČOV 7213A v jednotlivých odběrových letech ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)



Příloha 51 uvádí celkový počet odebraných vzorků na stanovení obsahu DDT za dobu jejich sledování od roku 2008 do roku 2024. Zobrazení vývoje mediánů v periodách do roku 2024 znázorňuje příloha 52.

Limitní hodnoty pro obsah organochlorových pesticidů (HCH, HCB, DDT) v kalech nejsou vyhláškou č. 273/2021 Sb. stanoveny.

Obrázek 49 Střední hodnoty DDT_{total} v kalech ČOV (2008–2024, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

Závěry

- V roce 2024 bylo provedeno stanovení organochlorových pesticidů ve 14 vzorcích kalů.
- Obsahy HCH jsou dlouhodobě zanedbatelné.
- Obsahy HCB kolísají v rozsahu $< 0,50\text{--}3,84 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš, medián je $1,979 \mu\text{g.kg}^{-1}$.
- Suma látek skupiny DDT (DDT_{total}) kolísá v rozmezí $2,66\text{--}135 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián činí $21,3 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.
- Vzájemný poměr jednotlivých látek obecně vzrůstá v pořadí $DDT < DDD < DDE$.

1.4.3.6 Polybromované difenylethery v kalech

Polybromované difenylethery (PBDE) jsou látky ze skupiny bromovaných zpomalovačů/retardátorů hoření (brominated flame retardants, BFR). Tyto látky jsou součástí široké škály textilií, plastů, stavebních materiálů, elektroniky. Jejich chemická struktura je podobná chemické struktuře PCB, DDT a PBB (polybromovaných bifenyly), a proto i jejich chemické a environmentální vlastnosti jsou podobné – jedná se o hydrofobní látky (vazba na tuky, bioakumulace), v prostředí perzistentní (odolné proti chemické i biologické degradaci), toxické pro živé organismy a schopné dálkového transportu. Prokázané nálezy PBDE v lidské tukové tkáni, mateřském mléce a krvi a vlastnosti shodné s vlastnostmi POPs vedly v roce 2009 k zařazení PBDE do seznamu látek uvedených ve Stockholmské úmluvě o perzistentních organických polutantech.

PBDE se velmi snadno sorbují na pevné částice (např. zeminu, sedimenty, prachové částice). Vdechování kontaminovaného prachu je společně s konzumací tučných ryb hlavním zdrojem PBDE pro lidský organismus. Jsou popisovány také případy transportu PBDE ze zeminy a čistírenských kalů do rostlin jako další možnost vstupu těchto látek do potravního řetězce.

V roce 2010 ÚKZÚZ poprvé přistoupil ke stanovení těchto látek v kalech metodou GC MS/MS. V témže roce byla metoda akreditována. ÚKZÚZ provádí stanovení 9 kongenerů PBDE: 28, 47, 66, 85, 99, 100, 153, 154, 183.

Od roku 2010 byl obsah 9 kongenerů PBDE stanoven vždy v 10 až 14 vzorcích kalů. V roce 2024 byly PBDE stanoveny v 10 vzorcích kalů.

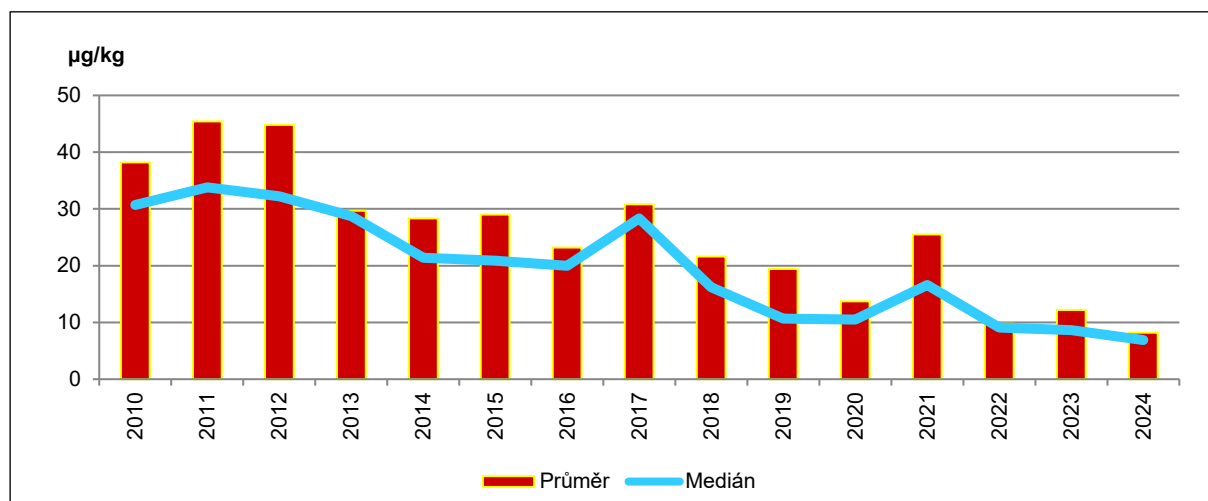
Obsahy jednotlivých kongenerů PBDE stanovených ve vzorcích kalů odebraných v roce 2024 jsou uvedeny v příloze 43 a grafické znázornění sumy 9 kongenerů v příloze 44. Základní statistiku obsahů sumy 9 kongenerů PBDE pro vzorky odebrané v roce 2024 a odebírané od roku 2010, shrnuje tabulka 23 a příloha 45.

Tabulka 23 Základní statistika obsahů PBDE v kalech ČOV (2024, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., 10 vzorků)

	BDE 28	BDE 47	BDE 66	BDE 85	BDE 99	BDE 100	BDE 153	BDE 154	BDE 183
Průměr	0,14	2,24	0,11	0,16	2,85	0,61	0,58	0,37	1,11
Medián	0,14	1,98	0,11	0,13	2,42	0,51	0,52	0,28	1,02
Minimum	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Maximum	0,30	4,86	0,21	0,41	8,09	1,62	1,55	0,95	2,39
10. perc.	< 0,10	1,07	< 0,10	< 0,10	1,27	0,34	0,25	0,19	0,37
90. perc.	0,20	4,18	0,17	0,37	4,45	0,97	0,89	0,61	2,12

Průměrná hodnota sumy 9 kongenerů PBDE ve vzorcích z roku 2024 činí $8,17 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., medián $6,90 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. a jak je patrné na obrázku 50 střední obsahy sumy 9 kongenerů PBDE se v kalech snižují.

U analyzovaných vzorků se obsah některého z kongenerů nalézal pod mezí stanovitelnosti ($\text{LOQ} = 0,10 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.). Nejvyšší průměrný a zároveň i mediánový obsah vykázal kongener BDE 99. Jeho maximální obsah byl $8,09 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš. (kal s identifikačním číslem 3212B z Plzeňského kraje). Nejnižší střední obsahy vykázal kongener BDE 66. Příloha 51 uvádí celkový počet odebraných vzorků na stanovení obsahu PBDE za dobu jejich sledování od roku 2010 do roku 2024. Zobrazení vývoje mediánů v periodách do roku 2024 znázorňuje příloha 52.

Obrázek 50 Střední hodnoty sumy 9 PBDE v kalech ČOV (2010–2024, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

Limitní hodnoty pro obsah PBDE v kalech nejsou vyhláškou č. 273/2021 Sb. stanoveny.

Závěry

- V roce 2024 bylo provedeno stanovení PBDE v 10 vzorcích kalů.
- Průměrný obsah 9 kongenerů PBDE v kalech v roce 2023 činil $8,17 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.; medián měl hodnotu $6,90 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.

1.4.3.7 Perfluoroalkylové sloučeniny v kalech

Perfluoroalkylové sloučeniny (PFAS) patří mezi perzistentní halogenované kontaminanty. Je to velká skupina synteticky vyráběných látek, které mají výjimečné fyzikální a chemické vlastnosti – jsou extrémně stabilní. Vykazují vysokou schopnost bioakumulace (ale na rozdíl od běžných perzistentních polutantů – POPs se neukládají v tukové tkáni, ale vážou se na proteinové složky tkání; ukládají se především v játrech). Mají potenciál k dálkovému transportu, jsou proto přítomny i v oblastech, kde nebyly nikdy vyráběny ani používány.

Pro uvedené vlastnosti jsou PFAS využívány při povrchové úpravě tkanin, koberec, obalových materiálů na potraviny, u ochranných nátěrů. PFAS snižují povrchové napětí a tím chrání povrchy před nečistotami – mastnotou, špínou, ale i před samotným smáčením vodou. Uplatňují se při výrobě polovodičů, jsou používány jako aditiva do hasicích pěn určených k hašení hořlavých tekutin. Dále jsou známy aplikace ve fotografickém průmyslu, lékařství, hornictví. Jsou součástí průmyslových a domácích čistících prostředků, nátěrových hmot, hydraulických kapalin pro letecký průmysl, pesticidů. Perfluorooctanová kyselina (PFOA) se také používá jako pomocné činidlo při výrobě polytetrafluorethylenu známého spíše pod názvy Teflon, Gore-Tex nebo Scotchgard.

I přes vysokou stabilitu perfluorovaných sloučenin dochází v životním prostředí k jejich (částečnému) rozkladu. PFAS podléhají degradaci na PFOA a perfluorooctansulfonát a jeho soli (PFOS), které se v současné době považují za výsledný produkt degradace PFAS, a které se již v životním prostředí dále nerozkládají.

Uvedené skutečnosti vedly v roce 2009 k zařazení PFOS na seznam zakázaných látek Stockholmské úmluvy o perzistentních organických polutantech. 17. března 2010 vydal Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) doporučení o monitorování přítomnosti PFAS v potravinách.

ÚKZÚZ přistoupil ke stanovení obsahů vybraných PFAS ve vzorcích odpadních kalů ČOV v roce 2013. Tyto látky se stanovovaly v 21 vzorcích. V roce 2024 byly laboratorní rozborů provedeny u 14 vzorků kalů z ČOV.

Celkem je ve vzorcích stanovováno 6 látek:

PFHxA	perfluorohexanová kyselina
PFHpA	perfluoroheptanová kyselina
PFOA	perfluorooctanová kyselina
PFNA	perfluorononanová kyselina
PFDA	perfluorodekanová kyselina
PFOS	perfluorooctansulfonan

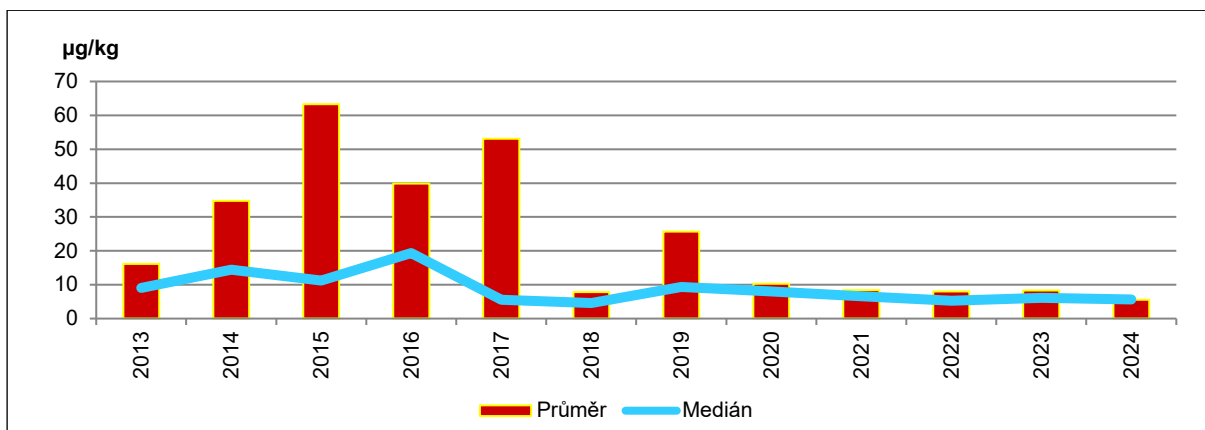
Detekované obsahy PFAS v jednotlivých vzorcích kalů jsou uvedeny v příloze 46 a graficky v příloze 47. Průměrné hodnoty obsahů a rozsah stanovených hodnot uvádí tabulka 24.

Tabulka 24 Základní statistické charakteristiky vybraných perfluoroalkylových sloučenin ve 14 vzorcích kalů ČOV odebraných v roce 2024 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)

	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFOS
Průměr	0,15	0,08	0,71	0,29	1,44	2,92
Medián	0,08	< 0,10	0,62	0,27	1,60	2,34
Minimum	< 0,10	< 0,10	0,24	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Maximum	0,46	0,14	1,44	0,64	3,17	8,56

Ve vzorcích kalů se nejnížší obsahy nalézaly u látek PFHpA, PFHxA. U těchto látek hodnoty často ležely pod mezí stanovitelnosti ($\text{LOQ} = 0,1 \mu\text{g.kg}^{-1} \text{ suš.}$). Nejvyšších středních hodnot dosahoval PFOS, přičemž nejvyšší obsah PFOS ($8,56 \mu\text{g.kg}^{-1} \text{ suš.}$) se nalézal u kalu 8117A z Moravskoslezského kraje, nejnížší ($< 0,10 \mu\text{g.kg}^{-1} \text{ suš.}$) ve vzorku 5109B z Libereckého kraje.

Obrázek 51 Střední hodnoty sumy 6 PFAS v kalech ČOV (2013–2024, $\mu\text{g.kg}^{-1} \text{ suš.}$)



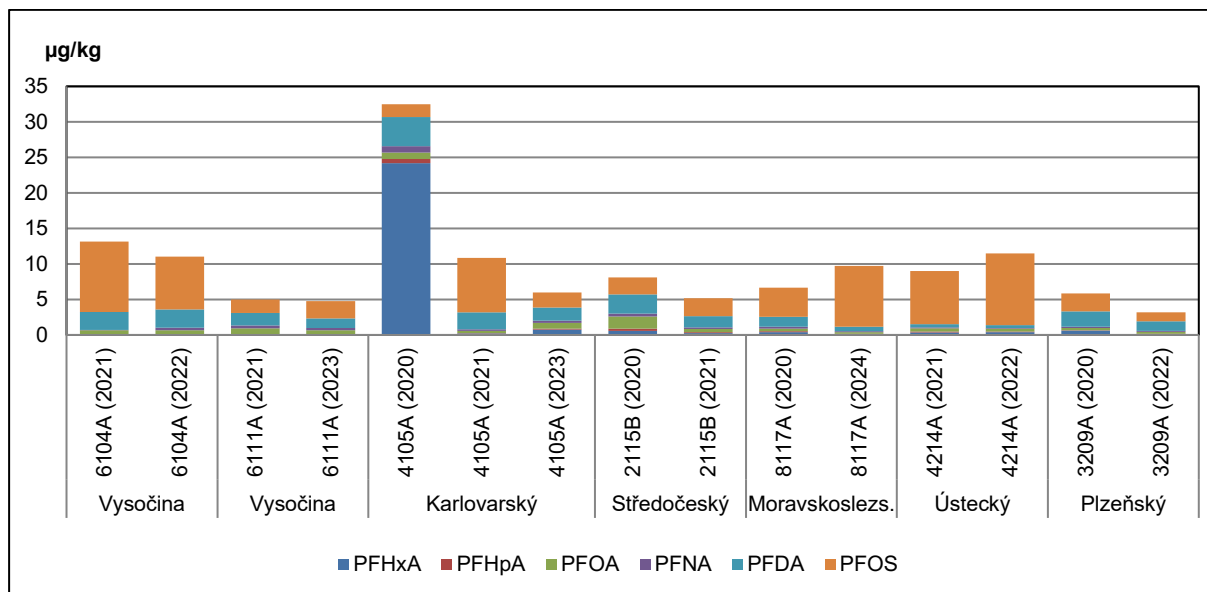
Průměry a mediány sumy 6 PFAS z let 2013–2024 jsou zobrazeny na obrázku 51, základní statistika v příloze 48. Hodnoty vykazují v letech snižující se tendenci, nicméně je třeba brát v potaz fakt, že hodnoty jsou odvislé od vzorkovaných ČOV, které byly do souboru zrovna v daném roce zahrnuty. Podle dostupných informací lze předpokládat, že obsahy PFAS budou souviset s velikostí ČOV.

Od roku 2020 se zjišťuje u ČOV jejich velikost (koeficient EO) skutečná nebo projektovaná, proto můžeme obsahy sledovaných perfluoroalkylových sloučenin vztáhnout k tomuto údaji. V příloze 49 jsou zobrazeny grafy perfluoroalkylových sloučenin v závislosti na velikosti ČOV za období 2020–2024. Grafy ukazují, že pro jednotlivé perfluoroalkylové sloučeniny a jejich sumu neexistuje stejná závislost na koeficientu EO. Rovněž tak v rámci jedné ČOV se při opakovaných odběrech ukázala různorodost ve výši obsahů jednotlivých látek (obrázek 52).

Příloha 51 uvádí počet vzorků odebraných za dobu sledování PFAS od roku 2013 do roku 2024. Grafické zobrazení vývoje mediánů v periodách znázorňuje příloha 52.

Limitní hodnoty pro obsah PFAS v kalech nejsou vyhláškou č. 273/2021 Sb. stanoveny.

Obrázek 52 Obsahy jednotlivých PFAS v ČOV, které byly mezi roky 2020–2024 opakovaně vzorkovány. ČOV jsou v grafu řazeny dle velikosti EO (6104A – 8 tis., 6111A – 11 tis., 4105A – 17 tis., 2115B – 37 tis., 8117A – 71 tis., 4214A – 169 tis., 3209A – 374 tis., ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.)



Závěry

- V roce 2024 bylo provedeno stanovení PFAS ve 14 vzorcích kalů.
- S nejvyšším mediánem se ve vzorcích vyskytovala látka: PFOS ($2,34 \mu\text{g.kg}^{-1}$).
- Nejnížší mediány vykázaly látky: PFHpA a PFHxA.
- Nejvyšší obsah byl nalezen u látky PFOS ve vzorku 8117A – $8,56 \mu\text{g.kg}^{-1}$ suš., z Moravskoslezského kraje.

1.4.4 Hodnocení rybníčních sedimentů

Ladislav Kubík

Sediment z vodního toku či vodní nádrže (rybníku) vzniká prostou sedimentací (usazováním) erodovaných pevných částic, které jsou přirozeně unášeny vodou. Při poklesu rychlosti proudění, a to jak rozšířením profilu, poklesem spádu toku nebo zvětšením hloubky vodoteče, dochází k přirozené sedimentaci unášených částic. Vzniklý materiál může mít povahu šterkopísků a písků v proudných úsecích toků, nebo až jílovitohlinitých až jílovitých substrátů v rybnících. Jde o přirozený děj, který je urychlován antropogenními zásahy do krajiny. Surový sediment vykazuje značný podíl zvodnění až do 80 %, může obsahovat různé látky a cizorodé předměty v závislosti na struktuře zemědělské a průmyslové výroby v povodí.

Důvodem kumulace sedimentů a zanášení dna jsou nadále přetrvávající splachy zemědělské půdy z okolí rybníků, vodních děl a toků. Nevhodné hospodaření v povodí způsobuje nadměrnou erozi, pronikání a usazování rizikových prvků a látek v rybnících a tocích. V České republice vykazuje třetina rybníků nadměrné zatížení sedimenty. Sedimenty jsou ve velkých objemech do rybníků transportovány podle charakteru a stavu říční sítě a hospodářské činnosti v povodí a způsobují velmi rychlé zanášení méně proudných úseků povrchových vod. Důsledkem ukládání sedimentů je postupné omezování až znemožňování vodohospodářských, biologických a ekologických funkcí vodních nádrží a toků.

Od 1. ledna 2021 je v účinnosti nový zákon o odpadech č. 541/2020 Sb., který pokládá sedimenty za odpad. Přímé použití sedimentů na zemědělský půdní fond však není zakázáno a řídí se zvláštními právními předpisy – zákonem č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších předpisů, zákonem o hnojivech č. 156/1998 Sb. ve znění pozdějších předpisů a ustanoveními vyhlášky č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě.

Rozhodujícím ukazatelem pro využití sedimentů na zemědělskou půdu je míra kontaminace rizikovými prvky a organickými polutanty ve vztahu k vyhlášce č. 257/2009 Sb. Pro využití sedimentů k aplikaci na zemědělskou půdu je také významná "hnojivá" hodnota sedimentů, tzn. zrnitostní složení, podíl organické hmoty, pH a obsah živin. Zrnitostní složení sedimentů může být značně rozdílné, což vyplývá ze zákonitostí sedimentačních procesů. S variabilitou zrnitostního složení sedimentů do značné míry koreluje i jejich chemické složení. Látky organické i anorganické povahy jsou poutány především na povrchu nejjemnějších půdních částic splavených z orniční vrstvy zemědělské půdy. Jako vhodný ukazatel pro hodnocení jejich přínosu k zúrodnění půd se jeví přístupný obsah živin, který je používán pro hodnocení úrodnosti v rámci Agrochemického zkoušení zemědělských půd, proto ve vzorcích byla zjišťována výměnná půdní reakce sedimentů (pH/CaCl₂) a obsah základních živin P, K, Ca a Mg podle Mehlicha 3 a ve výluhu lučavky jako celkové obsahy.

Tabulka 25 Sedimenty – základní statistické parametry – zrnitost, spalitelné látky, pH a obsahy živin (1995–2024)

	zrnitost (% částic < 0,01 mm)	spalitelné. látky (% sušiny)	pH/CaCl ₂	přístupné živiny v mg.kg ⁻¹ (Mehlich 3)				celkové živiny v mg.kg ⁻¹ (lučavka královská)			
				P	K	Mg	Ca	P	K	Mg	Ca
Průměr	32,50	9,44	5,82	38,4	215	355	4384	1408	3214	6053	9671
Medián	33,37	8,30	5,70	25,3	187	318	2685	1407	2244	5382	4591
Min.	2,00	0,50	2,80	1,00	8,70	7,10	261	280	1129	1990	2249
Max.	75,25	97,90	7,80	287	1070	1640	38100	4706	8456	17840	72790
Poč. vz.	349	591	625	568	589	589	588	20	20	20	20

Tabulka 26 Sedimenty – základní statistické parametry – obsahy rizikových prvků (1995–2024)

	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg ¹	Ni	Pb	V	Zn
	mg.kg ⁻¹ sušiny (extrakce lučavkou královskou)										
Průměr	12,6	1,27	9,91	13,2	55,4	30,1	0,12	35,9	45,8	51,3	148
Medián	8,11	1,17	0,45	12,8	48,1	24,5	0,10	32,4	26,6	47,9	113
Min.	0,75	0,15	0,05	1,03	1,75	1,20	0,01	1,15	2,50	4,00	6,32
Max.	274	7,16	1660	59,7	439	1250	1,85	452	3350	290	2010
Poč. vz.	669	526	677	623	678	676	680	675	670	521	678
Limit	30	5	1	30	200	100	0,8	80	100	180	300

¹ obsah Hg je stanoven jako celkový obsah

Tabulka 27 Sedimenty – základní statistické parametry – obsahy PCB (2002–2024), DDT, HCH, HCB (2007–2024), PAH (2009–2024) a C10-C40 (2016–2024)

	PCB ¹	PAH ²	DDT ³	HCH ⁴	HCB	C10-C40
	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	μg.kg ⁻¹	μg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹
Průměr	0,010	4,78	0,029	1,00	1,16	80,7
Medián	0,004	1,98	0,015	1,00	0,73	52,5
Min.	0,0002	0,03	0,002	1,00	0,25	10,0
Max.	0,136	50,3	0,353	1,29	8,28	944
Poč. vz.	124	87	92	85	92	182
Limit	0,2	6	0,1	-	-	300

¹ suma 7 kongenerů PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)

² suma 12 PAH

³ suma DDT včetně metabolitů

⁴ suma 4 izomerů HCH (α, β, γ, δ)

Tabulka 28 Sedimenty – průměrné hodnoty sledovaných parametrů (zrnitost, spalitelné látky, pH a obsahy živin) – celkový průměr, vodní toky, polní, návesní a lesní rybníky a vodní nádrže (1995–2024)

	zrnitost (% částic < 0,01 mm)	spalitelné. látky (% sušiny)	pH/CaCl ₂	přístupné živiny v mg.kg ⁻¹ (Mehlich 3)				celkové živiny v mg.kg ⁻¹ (lučavka královská)			
				P	K	Mg	Ca	P	K	Mg	Ca
Celkový průměr	32,5	9,4	5,8	37,9	214	355	4380	1408	3214	6053	9671
Vodní tok	28,1	10,2	5,9	56,2	203	344	4721	2111	2418	5106	9108
Polní rybník	33,4	8,5	5,8	34,7	199	359	3981	1172	4039	7776	4992
Návesní rybník	30,9	10,4	6,0	43,5	272	374	5485	821	2114	3867	27611
Lesní rybník	35,7	11,5	5,2	25,9	161	305	3322	768	4349	5757	3446
Vodní nádrže	38,1	6,5	6,6	51,6	187	283	4816	-	-	-	-

Tabulka 29 Sedimenty – průměrné hodnoty sledovaných parametrů (rizikové prvky) – celkový průměr, vodní toky, polní, návesní a lesní rybníky a vodní nádrže (1995–2024)

	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg ¹	Ni	Pb	V	Zn
	mg.kg ⁻¹ sušiny (extrakce lučavkou královskou)										
Celkový průměr	12,6	1,27	9,9	13,2	55,4	30,0	0,12	35,9	45,8	51,3	148
Vodní tok	21,7	1,08	0,77	12,8	54,3	63,5	0,15	32,4	40,8	52,4	193
Polní rybník	12,5	1,26	18,1	12,6	54,2	24,9	0,10	33,5	33,1	50,4	122
Návesní rybník	12,7	1,23	0,67	15,0	60,2	35,5	0,15	43,2	79,6	56,9	207
Lesní rybník	7,81	1,54	0,66	11,4	47,4	21,0	0,12	29,5	27,1	45,0	103
Vodní nádrže	8,49	1,04	0,66	13,6	72,4	29,1	0,12	48,6	23,7	44,8	125

¹ obsah Hg je stanoven jako celkový obsah

Tabulka 30 Sedimenty – základní statistické parametry – obsahy PCB (2002–2024), DDT, HCH, HCB (2007–2024), PAH (2009–2024) a uhlovodíky C10-C40 (2016–2024) – celkový průměr, vodní toky, polní, návesní a lesní rybníky a vodní nádrže

	PCB ¹	PAH ²	DDT ³	HCH ⁴	HCB	C10-C40
	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	μg.kg ⁻¹	μg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹
Celkový průměr	0,010	4,66	0,029	1,00	1,16	80,7
Vodní toky	0,018	20,02	0,024	1,00	2,48	136
Polní rybníky	0,008	2,26	0,012	1,00	0,59	66
Návesní rybníky	0,009	6,07	0,058	1,01	1,23	106
Lesní rybníky	0,018	1,24	0,026	1,00	0,25	44
Vodní nádrže	0,002	0,58	0,003	1,00	0,25	61

¹ suma 7 kongenerů PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)

² suma 12 PAH

³ suma DDT včetně metabolitů

⁴ suma 4 izomerů HCH (α, β, γ, δ)

Od roku 1995 do konce roku 2024 bylo odebráno a zanalyzováno celkem 683 vzorků sedimentů. Jednotlivé sedimenty jsou rozděleny do kategorií – z uvedeného počtu je 364 rybníků polních, 192 rybníků návesních (tato klasifikace vyplynula z postupného hodnocení

výsledků, kdy návesní rybníky vykazovaly častěji vyšší hodnoty zjišťovaných živin a hlavně rizikových prvků a látek), dále je v souboru 73 rybníků lesních, 45 sedimentů z toků a 9 sedimentů z vodních nádrží.

Protože převaha rozborů byla přibližně do roku 2000 prováděna na základě objednávek projektantů, nebo přímo vlastníků jednotlivých nádrží, byl rozsah stanovení převážně podřizován jejich požadavkům, takže často byly prováděny pouze rozborů na obsah rizikových prvků (zhruba v polovině případů nebyla zjišťována „hnojivá hodnota“ sedimentů). Přesný počet jednotlivých stanovení je vždy uveden ve statistickém zhodnocení každé sledované hodnoty (tabulky 25, 26, 27 a přílohy 54, 55).

Tabulka 31 Sedimenty – počty a procenta vzorků překračující limitní hodnoty – celkem, vodní toky, polní, návesní, lesní rybníky a vodní nádrže (1995–2024) – vyhláška č. 257/2009 Sb.

		As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg ¹	Ni	Pb	V	Zn	PCB ²	PAH ³	DDT ⁴	C10–C40
Celkem	poč. vz.	669	526	677	623	678	676	680	675	670	521	678	124	87	92	182
	počet nadlim. *	35	2	64	2	5	4	3	9	13	2	34	0	14	3	3
	% nadlim.	5,2	0,4	9,5	0,3	0,7	0,6	0,4	1,3	1,9	2,4	5,0	0	16,1	3,3	1,6
Vodní toky	poč. vz.	45	43	45	45	45	45	45	45	43	43	45	10	6	8	22
	počet nadlim. *	6	0	4	0	1	1	0	0	0	1	5	0	4	0	1
	% nadlim.	13,3	0	8,9	0,0	2,2	2,2	0	0	0	2,3	11,1	0	66,7	0	4,5
Polní rybníky	poč. vz.	355	277	359	329	362	360	361	359	359	277	362	61	44	45	94
	počet nadlim. *	16	1	34	0	3	1	0	2	6	0	11	0	2	0	1
	% nadlim.	4,5	0,4	9,5	0	0,8	0,3	0	0,6	1,7	0,0	3,0	0	4,5	0	1,1
Návesní rybníky	poč. vz.	188	130	192	170	189	189	192	189	187	125	189	42	29	30	41
	počet nadlim. *	13	0	18	2	1	2	3	7	7	1	17	0	8	3	1
	% nadlim.	6,9	0,0	9,4	1,2	0,5	1,1	1,6	3,7	3,7	0,8	9,0	0	27,6	10,0	2,4
Lesní rybníky	poč. vz.	72	67	72	70	73	73	73	72	72	67	73	9	7	8	23
	počet nadlim. *	0	1	7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	% nadlim.	0	1,5	9,7	0	0	0	0	0	0	0	1,4	0	0	0	0
Vodní nádrže	poč. vz.	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	2	1	1	2
	počet nadlim. *	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	% nadlim.	0	0	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

* vzorek je brán jako nadlimitní po započítání nejistoty měření pro daný prvek

¹ obsah Hg je stanoven jako celkový obsah

² suma 7 kongenerů PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)

³ suma 12 PAH

⁴ suma DDT včetně metabolitů

Základní charakteristiky jednotlivých kategorií sedimentů a obsahy rizikových prvků

Sedimenty **vodních toků** (tabulka 28) jsou hlavně hrubší zrnitosti, podle Novákovy klasifikační stupnice půdních druhů by patřily mezi písčitohlinité půdy (středně těžké), jejich pH je převážně slabě kyselé. Mají spíše lehce nadprůměrné obsahy spalitelných látek (organické hmoty) a nízké průměrné obsahy přístupných živin (K, Mg) až na Ca a P, jejichž hodnoty jsou nadprůměrné až vysoce nadprůměrné. Od loňského roku se zjišťují i celkové živiny v lučavce

královské. Ze zatím malého souboru dat vyplívají podobné skutečnosti jako v případě přístupných živin a to, že průměrné obsahy K, Mg jsou nižší než celkový průměr a P spolu s Ca mají průměrné obsahy vyšší. Z rizikových prvků (tabulka 29) mají dlouhodobě vysoce nadprůměrné obsahy As, Cu, Hg a Zn. Z rizikových látek mají nadprůměrné hodnoty PAH a uhlovodíky C10-C40.

Polní rybníky (tabulka 28) jsou převážně střední zrnitosti, podle Novákovy klasifikační stupnice půdních druhů by patřily mezi hlinité půdy (středně těžké), s pH většinou v oblasti kyselé, mají lehce podprůměrné obsahy spalitelných látek (organické hmoty). Obsahy přístupných živin u polních rybníků vykazují lehce podprůměrné až průměrné hodnoty. Obsahy celkových živin jsou prozatím podprůměrné u P a Ca a nadprůměrné u K a Mg. Sedimenty polních rybníků (tabulka 29) mají v průměru nejvyšší obsahy Cd. Obsahy ostatních prvků v polních rybnících se shodují s celkovými průměry nebo jsou nižší.

Návesní rybníky (tabulka 28) mají podobně jako polní rybníky střední zrnitost, pH převážně v oblasti slabě kyselé, mají lehce nadprůměrné obsahy spalitelných látek (organické hmoty). Obsahy přístupných živin jsou nadprůměrné (K, Mg) až velmi nadprůměrné (P, Ca), z hlediska celkových živin zatím vychází podprůměrné obsahy pro P, K a Mg a vysoce nadprůměrné obsahy Ca. Sedimenty návesních rybníků mají zpravidla vyšší průměrné obsahy rizikových prvků než ostatní kategorie rybníků (tabulka 28), nejmarkantnější je to zejména u Pb a Zn, naopak obsahy Cd jsou hluboce pod celkovým průměrem.

Sedimenty **lesních rybníků** (tabulka 28) jsou v průměru zrnitostně těžší než předchozí druhy sedimentů, podle Novákovy klasifikační stupnice půdních druhů by patřily mezi hlinité půdy (středně těžké). Mají vysoký podíl jemných částic zejména organického původu, dosahují také nejvyšších průměrných obsahů spalitelných látek (organické hmoty), avšak jejich výměnné pH patří k nejnižším (kyselé) a stejně tak i obsahy přístupných živin (P, K, Mg, Ca) stanovených v Mehlichu 3 jsou velmi nízké, u celkových obsahů je nadprůměrný obsah K ostatní živiny jsou podprůměrné nejvíce je to patrné u Ca. Z rizikových prvků (tabulka 29) v porovnání s celkovými průměry jsou nadprůměrné obsahy Be, ostatní rizikové prvky vykazují nižší nebo podobné hodnoty vůči celkovým průměrům.

Sedimenty **vodních nádrží** (tabulka 28) obsahují ze všech sledovaných kategorií největší procento jemných částic, podle Novákovy klasifikační stupnice půdních druhů by patřily mezi hlinité středně těžké půdy. Obsahy spalitelných látek jsou v průměru nízké, hodnoty pH jsou spíše neutrální. Obsahy živin se pohybují kolem celkových průměrů až na obsahy P, které jsou poměrně vysoké a Ca, které jsou lehce vyšší. Celkové obsahy se zatím nedají hodnotit, protože v loňském roce, kdy se začalo s tímto měřením, nebyl odebrán žádný vzorek z vodní nádrže. Vyšší průměrné obsahy z rizikových prvků (tabulka 29) mají Co, Cr a Ni, obsahy ostatních prvků jsou nižší nebo shodné s celkovým průměrem.

V roce 2024 z odebraných 20 vzorků sedimentů překročilo limitní hodnoty po započítání nejistoty měření celkem 7 vzorků pro rizikové prvky uvedené ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. Z těchto sedmi vzorků čtyři překročily limitní hodnotu pro As, dva pro V a jeden pro Cr jak uvádí příloha 53.

Obsahy rizikových látek (PCB, PAH, DDT, HCH, HCB a uhlovodíky C10-C40)

V letech 2002–2024 byly stanoveny obsahy PCB ve 124 vzorcích sedimentů, v období 2007–2024 byly stanoveny obsahy organochlorových pesticidů (HCH, HCB, látek skupiny DDT) v 92 vzorcích, dále pak v 87 vzorcích sedimentů stanoveny obsahy 12 PAH v letech sledování 2009–2024 a ve 182 vzorcích stanoveny obsahy C10-C40 (2016–2024). Konkrétní

hodnoty a grafy jednotlivých parametrů pro vzorky odebrané v roce 2024 jsou uvedeny v příloze 57.

Sedimenty **vodních toků** (tabulka 30) mají nadprůměrné obsahy PCB a značně nadprůměrné obsahy PAH, než je celkový průměr. Hodnoty PAH jsou stanoveny zatím u šesti vzorků sedimentů vodních toků, z tohoto počtu 4 vzorky překročily limitní hodnotu a z nich dva vzorky s extrémně vysokými obsahy PAH jsou odebrány z jedné lokality (Pustějovský potok) v časovém rozestupu 6 let. Také průměrné hodnoty HCB jsou v porovnání s celkovým průměrem dvojnásobné. Průměrné obsahy DDT se pohybují lehce pod celkovým průměrem a hodnoty HCH jsou pod mezí stanovitelnosti. Obsahy C10-C40 jsou nejvyšší ze všech sledovaných kategorií.

Polní rybníky (tabulka 30) mají průměrné obsahy rizikových látek v porovnání s celkovými průměry většinou nižší nebo srovnatelné.

U **návesních rybníků** jsou průměrné obsahy PAH, DDT, HCH, HCB a C10-C40 vyšší než celkový průměr, naopak průměrné obsahy PCB nepřekračují celkový průměr.

Sedimenty **lesních rybníků** (tabulka 30) mají průměrné obsahy rizikových látek v porovnání s celkovými průměry nižší nebo srovnatelné, výjimkou jsou obsahy PCB, které jsou nadprůměrné.

Vodní nádrže nejsou výrazně zastoupeny v analýzách na rizikové látky, z celkového počtu 9 vzorků pouze dva byly analyzovány na PCB (tabulka 30), a jen jeden vzorek na DDT, HCH, HCB a PAH. Obsahy těchto rizikových látek v sedimentu vodních nádrží jsou hluboce pod průměrnými hodnotami. Obsahy C10-C40 jsou lehce pod průměrnou hodnotou.

Mediány sledovaných parametrů pro všechny kategorie sedimentů jsou graficky uvedeny v příloze 56.

V tabulce 31 jsou prezentovány počty a procenta vzorků překračující limitní hodnoty po započtení nejistoty měření uvedené ve vyhlášce č. 257/2009 Sb. Za celé sledované období bylo zjištěno 112 překročení limitních hodnot platných pro rizikové prvky po započtení nejistoty měření. U některých vzorků sedimentů je indikováno překročení limitních hodnot více prvků současně. Nejčastěji překračovanými rizikovými prvky jsou Cd (9,5 %), následuje As (5,2 %) a Zn (5,0 %). Vodní nádrže s devíti vzorky v databázi mají jeden vzorek přesahující limitní hodnotu pro Cd. Ze zbývajících kategorií mají lesní rybníky nejméně vzorků (9) překračujících limitní hodnoty. Problematickými prvky pro lesní rybníky jsou Cd (9,7 %), Be (1,5 %) a Zn (1,4 %). V počtu překročených limitních hodnot pro rizikové prvky následují vodní toky (18), nejčastěji je překračována limitní hodnota pro As (13,3 %), následuje Zn (11,1 %) a Cd (8,9 %). Polní (74) a návesní (74) rybníky mají stejný počet nadlimitních vzorků. U všech sledovaných skupin sedimentů, je problematickým rizikovým prvkem Cd, po něm následuje As. Limitní hodnoty pro PCB dosud nepřekročil žádný vzorek, limitní hodnoty pro PAH překročilo celkem 14 vzorků, z toho nejvíce u návesních rybníků (8), limitní hodnoty DDT překročily 3 vzorky, všechny z kategorie návesních rybníků. Limitní hodnotu pro C10-C40 překročily 3 vzorky – jeden z vodního toku, který limitní hodnotu překročil více než trojnásobně (944 mg.kg^{-1}), jeden z polního rybníku a jeden z návesního rybníku.

Závěry

- Z uvedených výsledků vyplývá značná variabilita sedimentů ve všech zjišťovaných parametrech, která je silně závislá na charakteru povodí.
- Zrnitostně sedimenty zahrnují prakticky všechny kategorie podle Novákovy klasifikační stupnice pro půdy, přičemž více než polovinu tvoří sedimenty „středně těžké“. Do určité míry je zrnitost odrazem charakteru půd v povodí jednotlivých vodních ploch.
- Pro zemědělskou půdu je významný obsah organické hmoty, která je základem pro tvorbu humusu. V sedimentech je obsah organické hmoty stanoven jako spalitelné látky. Jejich obsah ovšem rovněž silně kolísá v závislosti na kategorii sedimentu, nejvyšších průměrných hodnot dosahují lesní rybníky, po nich následují návesní rybníky, vodní toky, poté polní rybníky, nejméně spalitelných látek se nachází v sedimentech vodních nádrží. Medián obsahu spalitelných látek se dlouhodobě pohybuje kolem 9 % sušiny.
- pH sedimentů se nachází u většiny vzorků v oblasti kyselé až slabě kyselé, kyselá reakce ($\text{pH} < 5,9$) byla zjištěna u 55 % sedimentů, neutrální ($\text{pH} = 5,9\text{--}7,1$) u 32 % a alkalická ($\text{pH} > 7,1$) u 13 %. Předpokládá se, že po vytěžení a provzdušnění sedimentu může dojít k poklesu pH a k jeho následnému okyselení.
- Obsah přístupných živin podle kritérií pro hodnocení orných půd se v procesu sedimentace mění oproti obsahům v půdách v povodí; prokazují se v porovnání s hodnotami z AZPP především nižší obsahy fosforu oproti obsahům zjišťovaným v průměru u orných půd, obsahy draslíku jsou podobné obsahům v orných půdách, naopak obsahy vápníku a hořčíku jsou jedenapůlkrát vyšší.
- Obsah rizikových prvků hodnocených podle vyhlášky č. 257/2009 Sb. (extrakt lučavkou královskou) ukazuje na nejčastější kontaminaci kadmíem (Cd) – 64 vzorků (9,5 %), arsenem (As) – 35 vzorků a (5,2 %). zinkem (Zn) – 34 vzorků (5,0 %) Nejvyšší počet nadlimitních vzorků na rizikové prvky mají rybníky polní (74) spolu s návesními rybníky (74), následují vodní toky (18), lesní rybníky (9) a vodní nádrže (1).
- Vzorky testované na PCB dosud nepřekročily limitní hodnotu danou vyhláškou. Limitní hodnota pro obsah DDT v sedimentu byla překročena u 3 vzorků a to pouze u sedimentů z návesních rybníků. Limitní hodnota pro PAH byla překročena u 14 vzorků z toho čtyřikrát u toků, dvakrát u polního rybníku a osmkrát u návesního rybníku. Limitní hodnota pro C10–C40 byla překročena třikrát, jednou vzorkem z návesního a polního rybníku a jednou vzorkem z vodního toku, ten ji překročil trojnásobně (944 mg.kg^{-1}).
- V roce 2024 se odebralo 20 vzorků sedimentů na rozbor obsahů rizikových prvků, z toho u 5 vzorků byla provedena rozšířená analýza o rizikové látky (organické polutanty). Z těchto vzorků nevyhovělo vyhlášce č. 257/2009 Sb. z hlediska obsahů rizikových prvků po započítání nejistoty měření 7 vzorků, z toho 4 vzorky překročily limitní hodnotu pro As, 2 pro V a 1 pro Cr, z hlediska obsahů rizikových látek nevyhověl jeden vzorek na obsah uhlovodíků C10–C40. Nejčastěji byla v roce 2024 překročena limitní hodnota pro rizikový prvek – As (4 nadlimitní vzorky). Z hlediska aplikace sedimentů na ZPF se jako nejproblémovější z rizikových látek a prvků dlouhodobě jeví Cd, As, Zn a PAH, výjimečně se objeví kontaminace DDT a uhlovodíky C10–C40.

1.5 CITOVANÉ ZDROJE

Balík, J.; Černý, J.; Tlustoš, P.; Sýkora, K.; Štípek, K. Výživa a hnojení ozimé řepky sírou. In *Sborník z konference „Racionální použití průmyslových hnojiv“*. ČZU, Praha, **2001**.

Bielek, P. *Dusík v poľnohospodárskych pôdach Slovenska*; VÚPÚ, Bratislava, **1998**. ISBN 80-85361-44-2

Čvančara, F. *Zemědělská výroba v číslech, I. díl.*, Státní zemědělské nakladatelství, Praha, **1962**.

Fecenko, J.; Ložek, O. *Výživa a hnojenie poľných plodín*; SPU, Nitra, **2000**. ISBN 80-7137-777-5

Nařízení Komise (EU) 2023/915

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/32/ES

Nisbet, I. C.; LaGoy, P. K. Toxic equivalency factors (TEFs) for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Regul. Toxicol. Pharmacol.* **1992**, 3, 290–300.

Richter, R.; Hlušek, J. *Výživa a hnojení rostlin*; VŠZ, Brno, 1994.

<https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/molybden> (14.2.2024)

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Beryllium> (6.2.2025)

2. Výsledky analýzy krmiv odebraných v rámci cílené kontroly a monitoringu

Jiří Fiala

V roce 2024 prováděl Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský sledování cizorodých zakázaných a nežádoucích látek a produktů v krmivech na základě zjištění v předchozích letech, doporučení Komise k monitoringu a podle dalších právních předpisů. Vzorky odebírali pracovníci odboru zemědělské inspekce a analyzovány byly v akreditovaných laboratořích ústavu nebo smluvních laboratořích.

Sledování bylo rozděleno do čtyř hlavních částí:

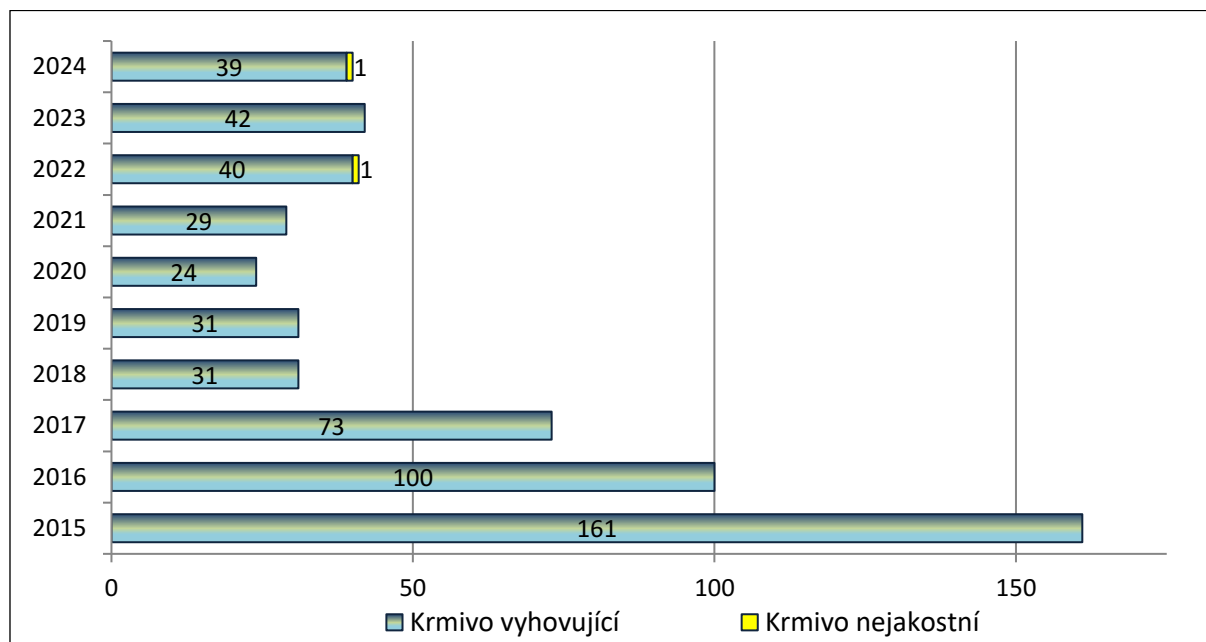
- Sledování výskytu zakázaných látek a produktů v krmivech
- Sledování výskytu nežádoucích látek a produktů v krmivech
- Sledování správného používání doplňkových látek v krmivech
- Sledování dalších problematik, týkajících se bezpečnosti a kvality krmiv

2.1 Sledování zakázaných látek

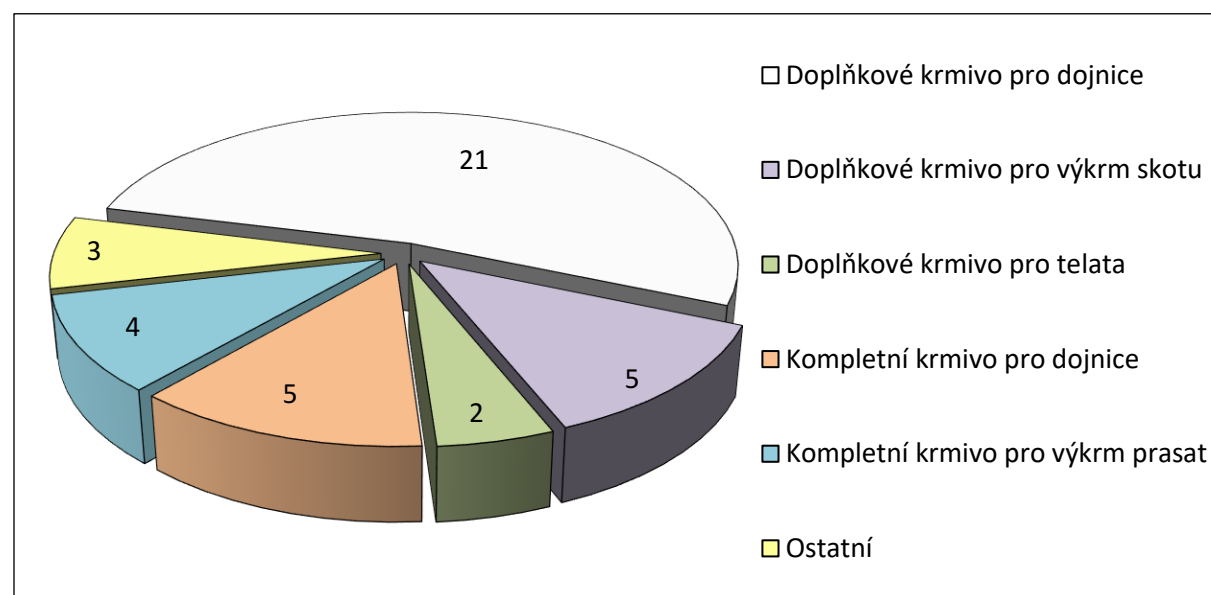
2.1.1 Cílená kontrola přítomnosti zpracovaných živočišných bílkovin v krmivech

Kontrola je zaměřená na možnou kontaminaci krmiv zpracovanými živočišnými bílkovinami (PAP). V roce 2024 bylo prověřeno 40 vzorků krmiv, určených převážně pro přežvýkavce. Všechny vzorky vyhověly nepřítomností tkání PAP, avšak 1 vzorek doplňkového krmiva pro dojnice byl posouzen jako nejakoštní pro odchylku od deklarovaného složení.

Obrázek 53 Výsledky cílené kontroly přítomnosti PAP v krmivech v období 2015–2024



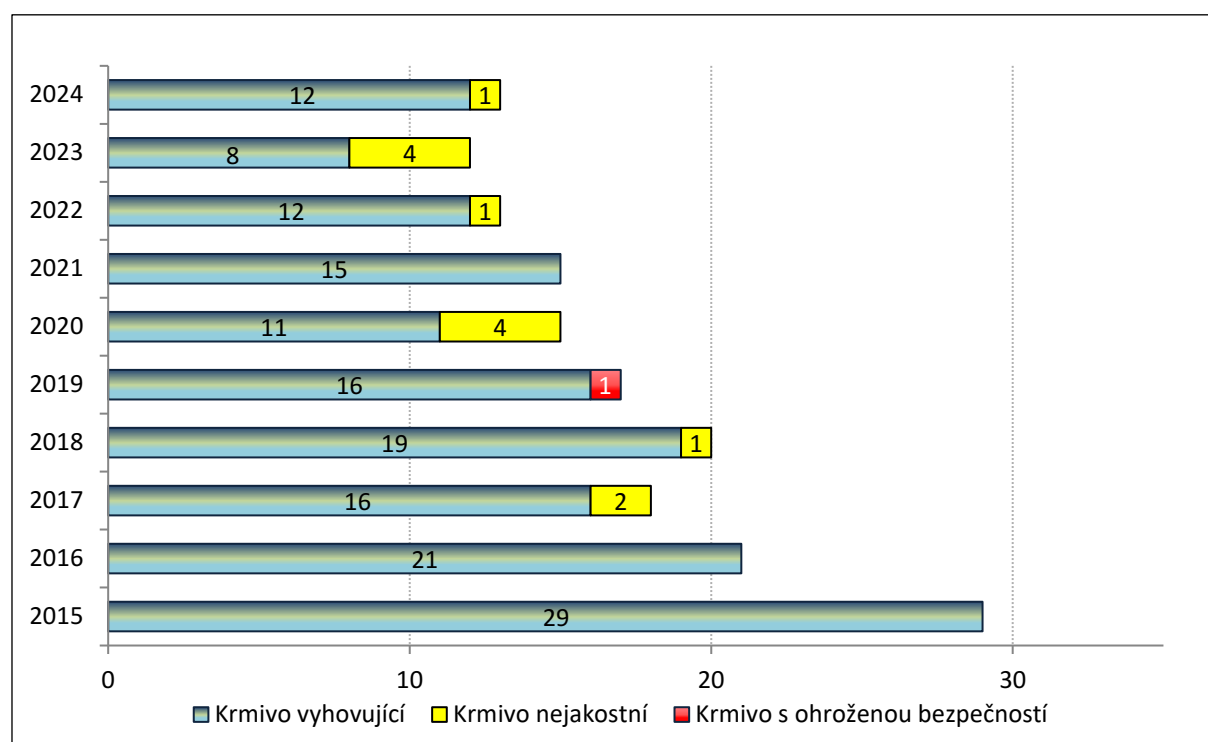
Obrázek 54 Zastoupení vzorků v rámci cílené kontroly přítomnosti zpracovaných živočišných bílkovin



2.1.2 Cílená kontrola rybí moučky mikroskopicky na přítomnost cizích příměsí

Cílem kontroly je ověřit nepřítomnost cizích příměsí nebo nedeklarovaných tkání suchozemských živočichů v rybí moučce, které snižují jakost krmné suroviny, nebo také v souvislosti s povolením používat rybí moučku do mléčných krmných směsí pro přežvýkavce. Pro mikroskopické posouzení bylo v roce 2024 odebráno 13 vzorků krmiv. V žádném vzorku nebyla zjištěna přítomnost tkání suchozemských živočichů, ale 1 nejakostní vzorek nevyhověl deklarovanému obsahu hrubého tuku.

Obrázek 55 Výsledky cílené kontroly přítomnosti cizích příměsí v rybí moučce v období 2015–2024

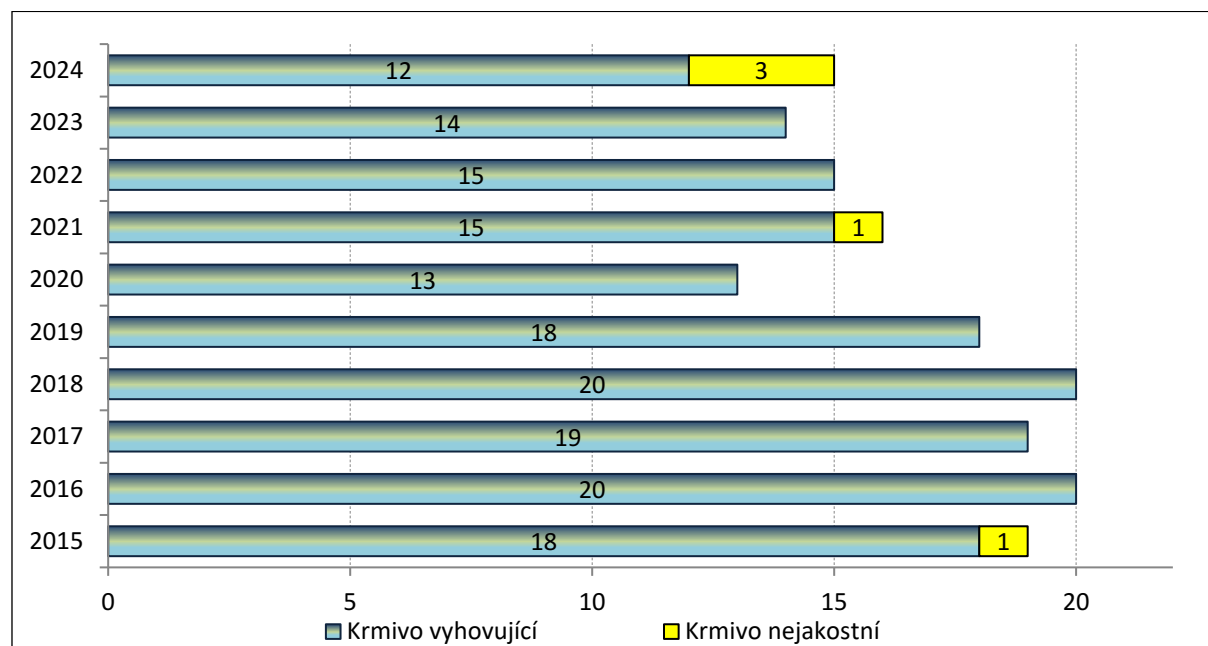


2.2 Sledování nežádoucích látek

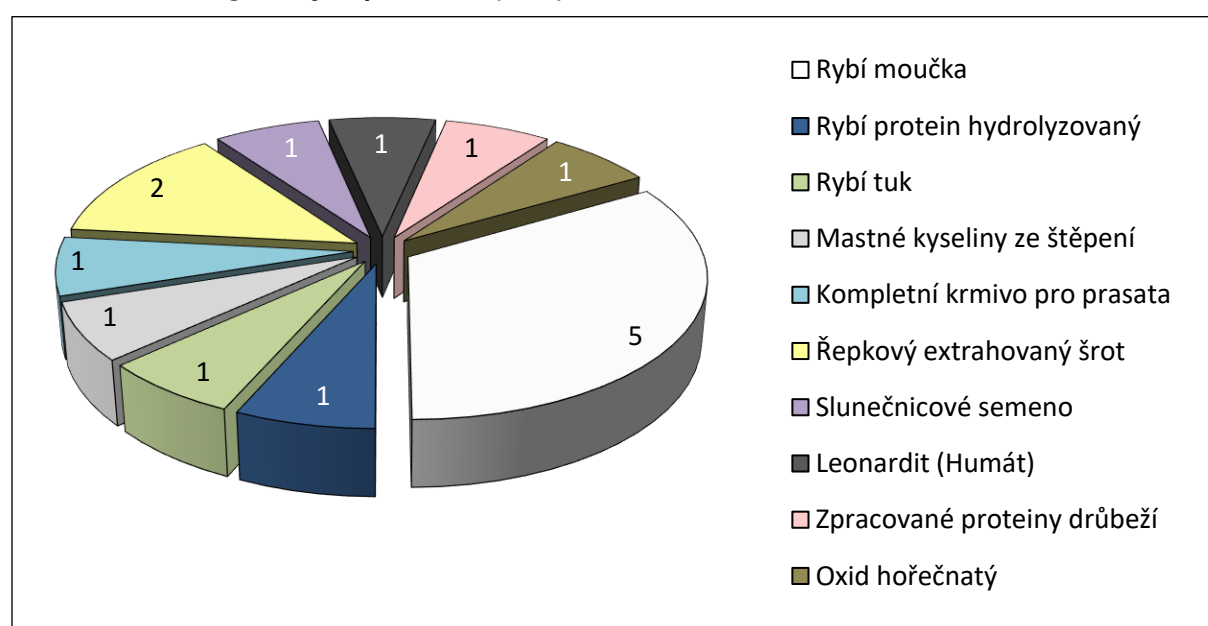
2.2.1 Monitoring vybraných perzistentních organických polutantů (POP)

V rámci kontroly bylo analyzováno 15 vzorků krmných surovin, nejčastěji rybí moučky. Obsah PCB byl sledován současně s přítomností dioxinů, aby bylo možné posoudit expozici zvířete všemi souvisejícími toxiny. Všechny vzorky vyhověly zaměření cílené kontroly, avšak 3 vzorky (2x rybí moučka, 1x rybí protein hydrolyzovaný) nevyhověly zjištěným obsahem hrubého tuku resp. hrubého popela deklarované jakosti.

Obrázek 56 Výsledky cílené kontroly přítomnosti POP v krmivech v období 2015–2024



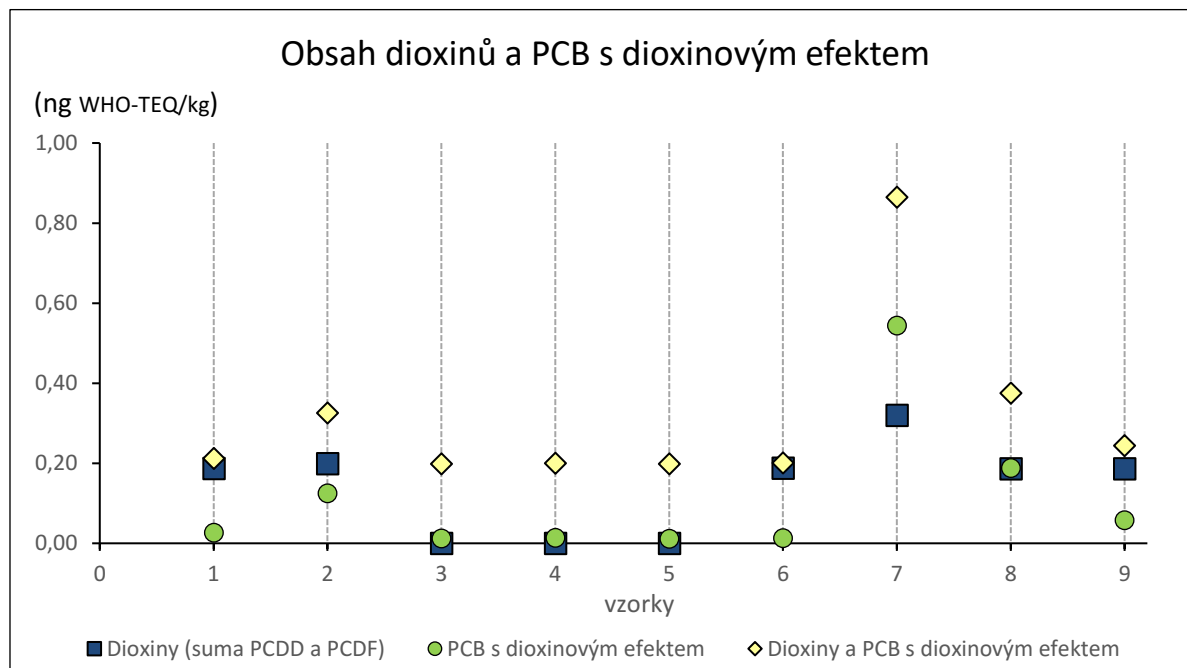
Obrázek 57 Zastoupení vzorků v rámci cílené kontroly vybraných perzistentních organických polutantů (POP)



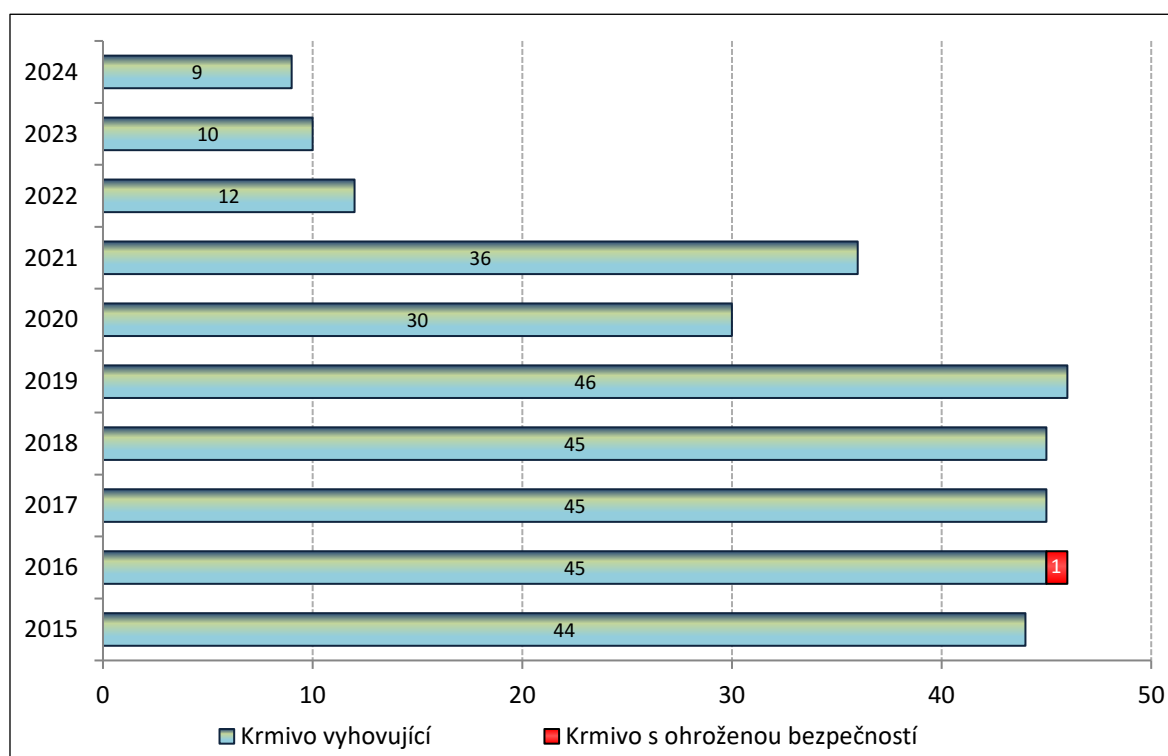
2.2.2 Cílená kontrola dioxinů, furanů a PCB dioxinového typu

V rámci cílené kontroly bylo analyzováno celkem 9 vzorků krmiv. V akreditované laboratoři je ověřován obsah dioxinů (suma PCDD a PCDF), kongenerů PCB s dioxinovým efektem a látek PCB bez dioxinového efektu (suma PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180). Všechny vzorky vyhověly platným limitům sledovaných analytů.

Obrázek 58 Zjištěné obsahy dioxinů a PCB s dioxinovým efektem v krmivech



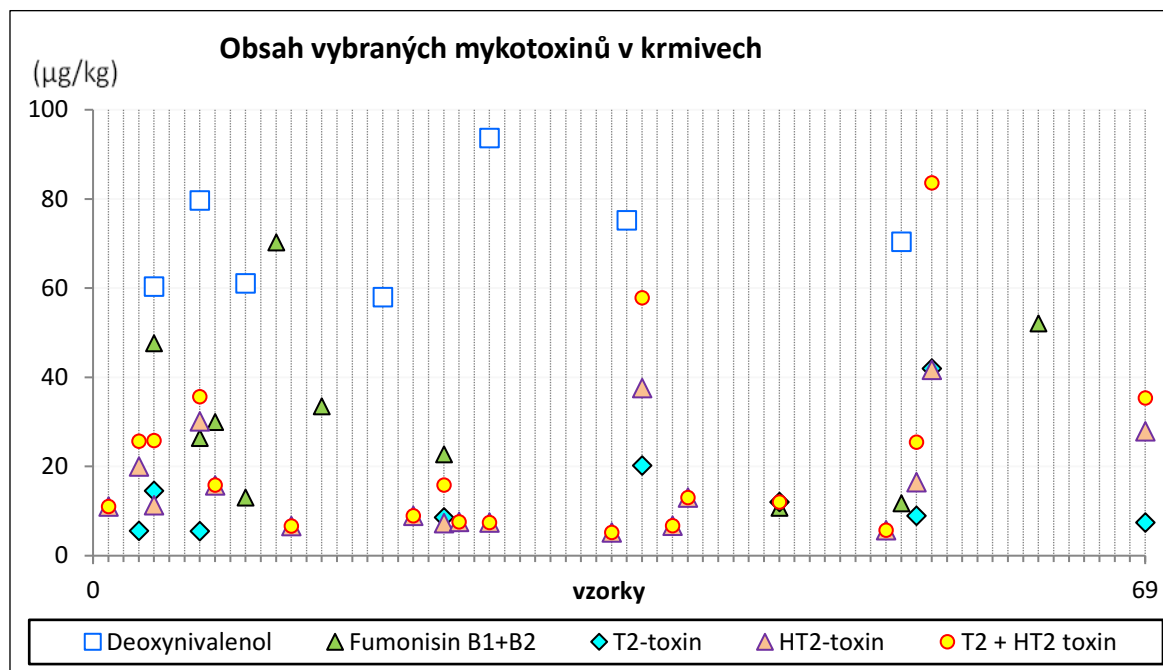
Obrázek 59 Výsledky cílené kontroly dioxinů v krmivech v období 2015–2024



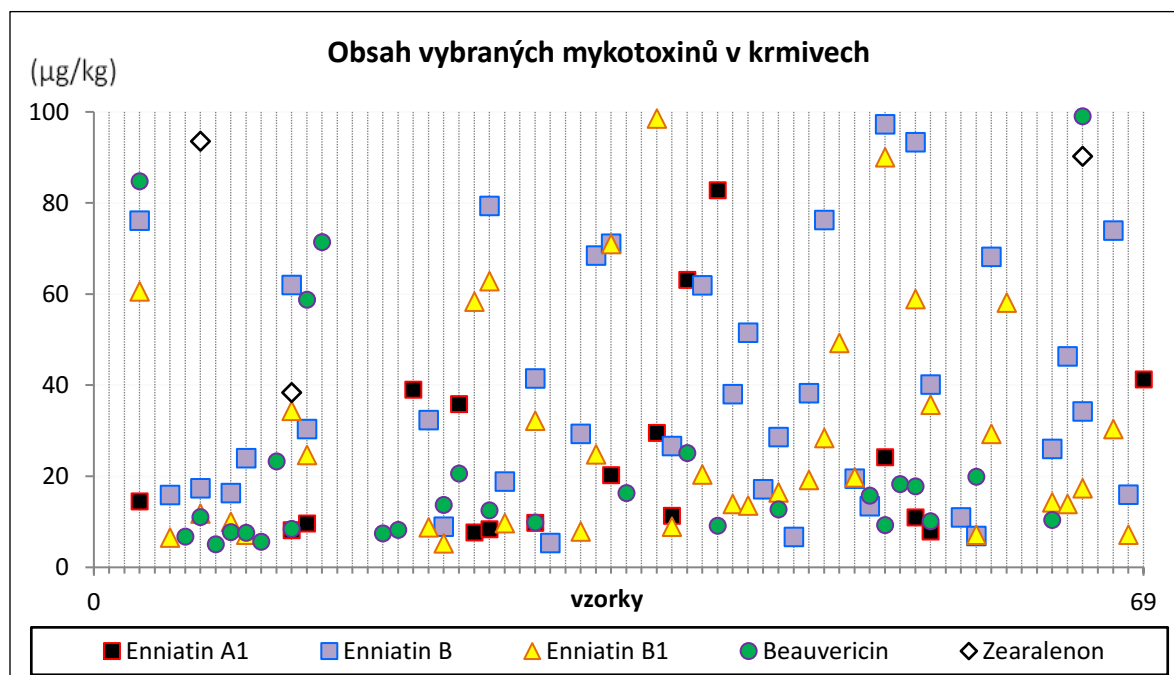
2.2.3 Monitoring mykotoxinů

V rámci této kontroly se zjišťuje přítomnost aflatoxinů B₁, B₂, G₁, G₂, zearalenonu, ochratoxinu A, fumonisinů B₁ a B₂, deoxynivalenolu, T-2 a HT-2 toxinu, beauvericinu, enniatinů A, A₁, B, B₁, nivalenolu a dalších mykotoxinů. Bylo odebráno 69 vzorků krmiv, převážně obilovin. Překročení maximálního limitu aflatoxinu B₁ ani doporučených směrných hodnot obsahu dalších mykotoxinů nebylo zjištěno u žádného vzorku.

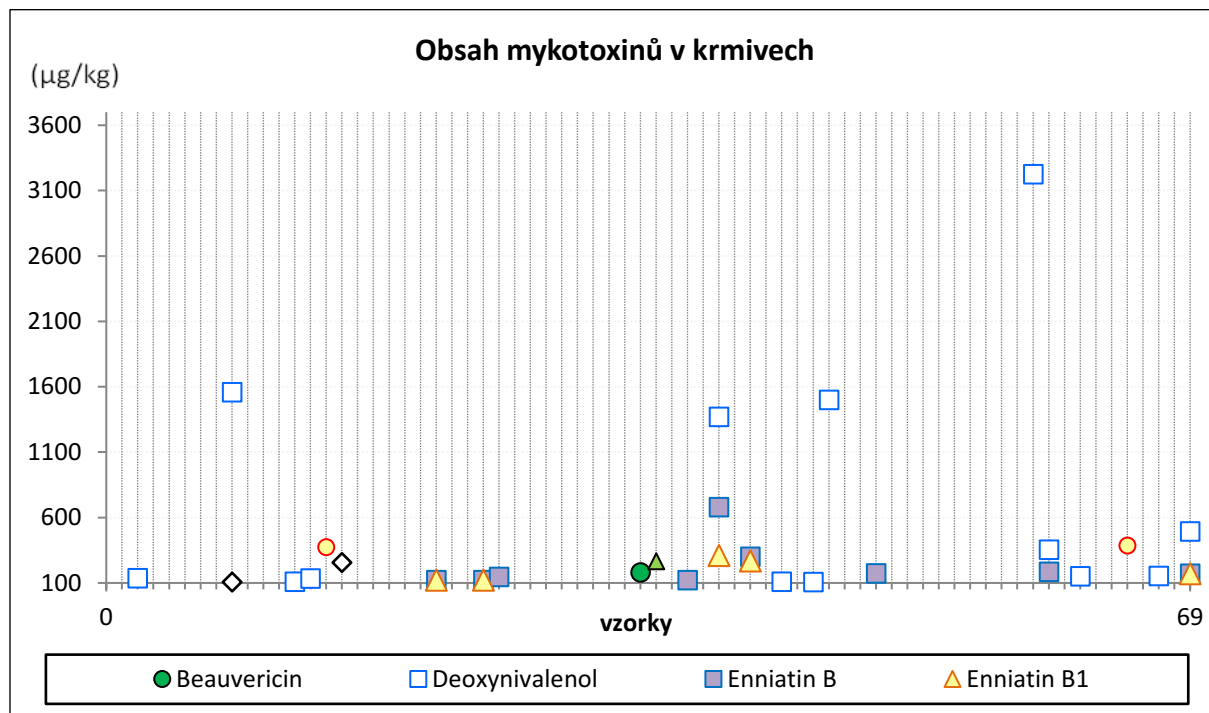
Obrázek 60 Zjištěné obsahy vybraných mykotoxinů do 100 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (vyznačeny jsou hodnoty nad mezí detekce)



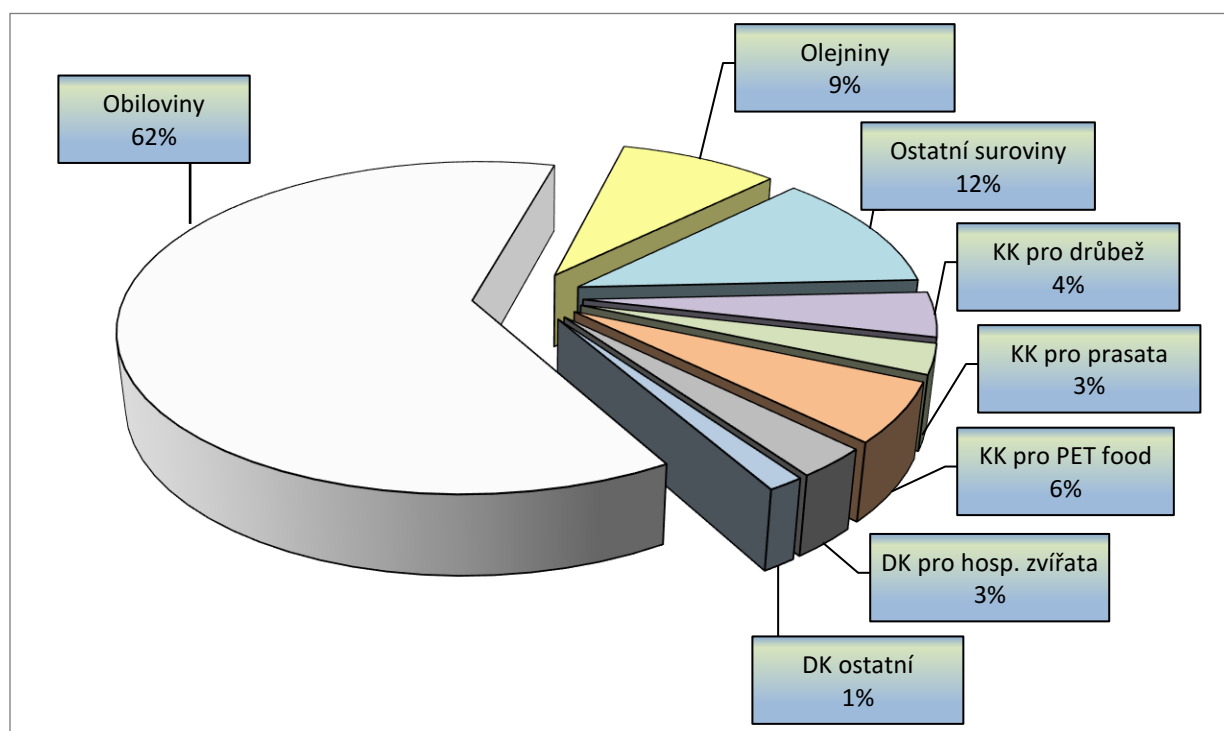
Obrázek 61 Zjištěné obsahy vybraných mykotoxinů do 100 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (vyznačeny jsou hodnoty nad mezí detekce)



Obrázek 62 Zjištěné obsahy vybraných mykotoxinů vyšší než 100 µg.kg⁻¹



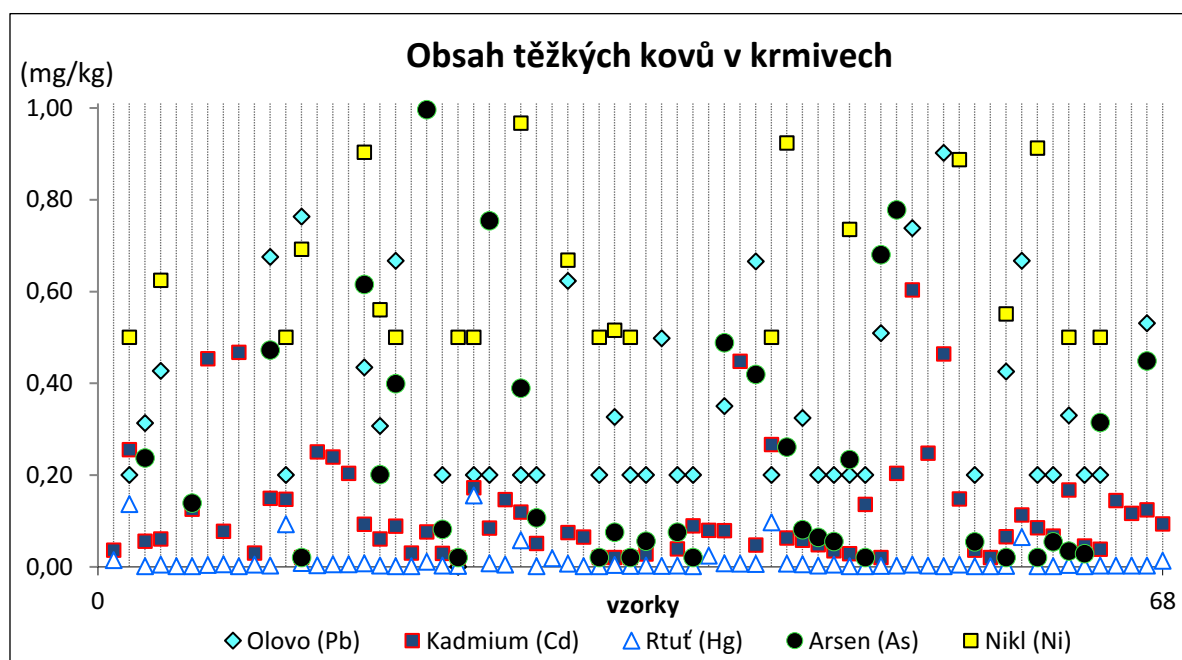
Obrázek 63 Zastoupení vzorků v rámci cílené kontroly mykotoxinů



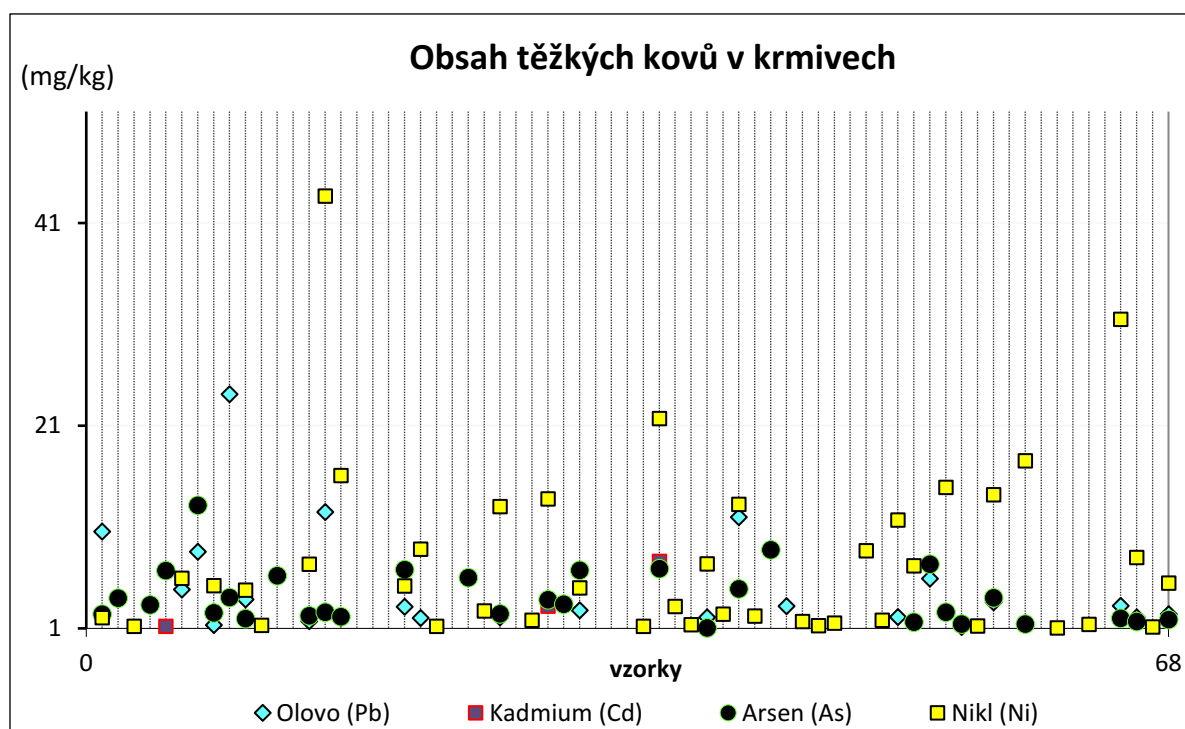
2.2.4 Cílená kontrola přítomnosti těžkých kovů v krmivech

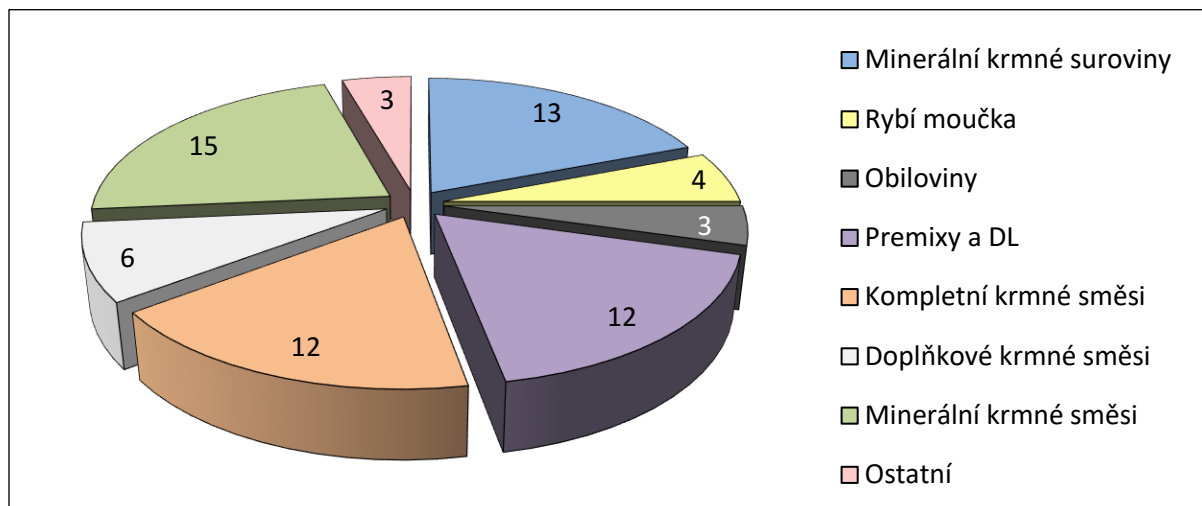
ÚKZÚZ analyzoval 68 úředních vzorků pro stanovení obsahu těžkých kovů. Byl sledován obsah olova, kadmia, rtuť, arsenu a niklu. Všechny analyzované vzorky vyhověly platným maximálním limitům obsahu sledovaných těžkých kovů, avšak tři nejakostní vzorky krmiv nevyhověly údajům deklarovaným v jejich označení (oxid hořečnatý obsahem hořčíku, DKS univerzální obsahem hrubého tuku, DKS pro ryby úrovní vlhkosti).

Obrázek 64 Obsah těžkých kovů v krmivech nad detekčním limitem přístroje (hodnoty nižší než 1 mg.kg^{-1})



Obrázek 65 Obsah těžkých kovů v krmivech (hodnoty vyšší než 1 mg.kg^{-1})



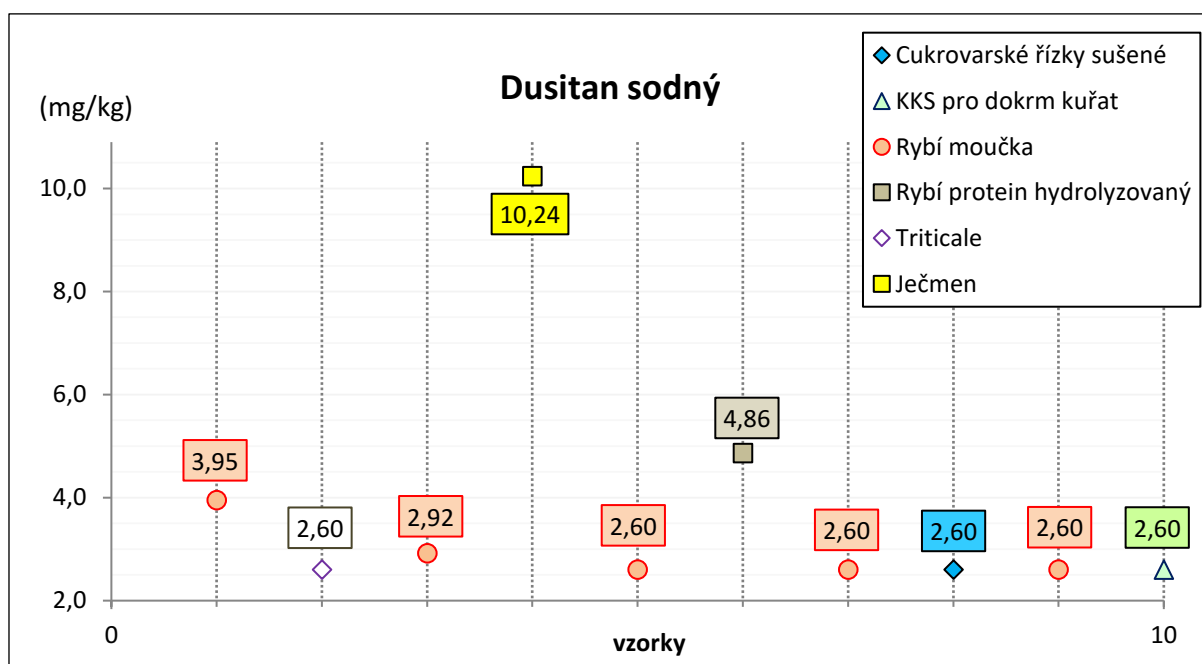
Obrázek 66 Zastoupení odebraných krmiv v rámci cílené kontroly obsahu těžkých kovů

2.2.5 Cílená kontrola přítomnosti dalších nežádoucích látek v krmivech

Tato cílená kontrola zjišťuje obsah dusitanů, fluoridů, teobrominu, melaminu a kyseliny kyanurové ve vybraných vzorcích krmiv.

Dusitany

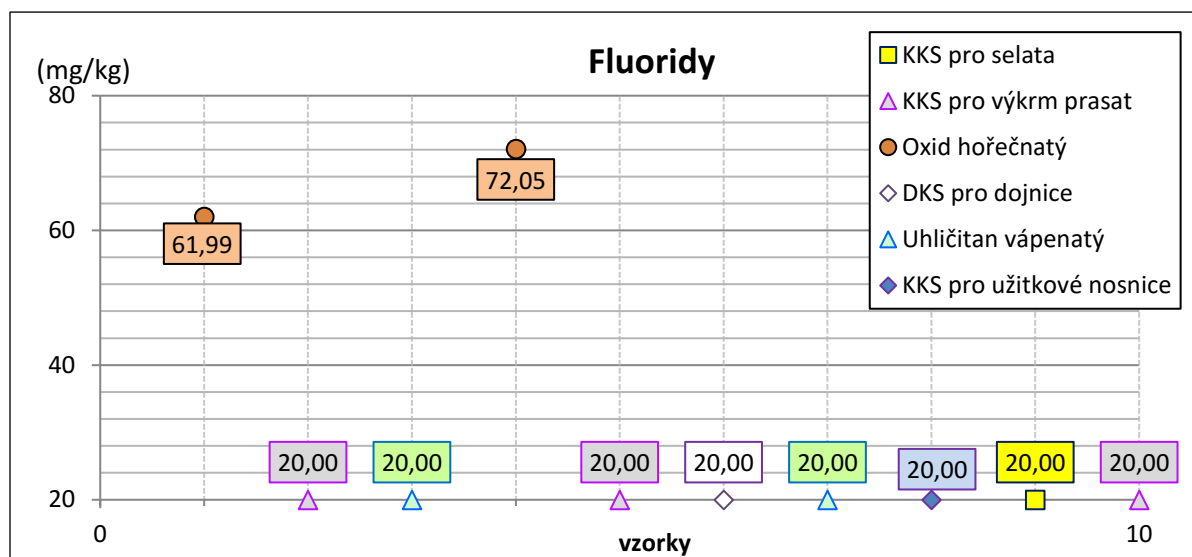
V rámci cílené kontroly bylo odebráno 10 vzorků krmiv pro stanovení obsahu dusitanů. Ověřuje se, zda nebylo použito konzervování krmiv dusitany. Všechny vzorky byly vyhodnoceny jako vyhovující, obsah 6 vzorků byl nižší než detekční limit přístroje 2,6 mg.kg⁻¹. Maximální povolený obsah dusitanů je 15 mg.kg⁻¹ v krmných směsích a 30 mg.kg⁻¹ v rybí moučce.

Obrázek 67 Obsah dusitanu sodného v odebraných vzorcích krmiv

Fluoridy

Bylo odebráno 10 vzorků krmných surovin nebo krmných směsí za účelem stanovení obsahu fluoridů. Z odebrané skupiny krmiv žádný analyzovaný vzorek neporušil cíleně ověřovaným obsahem fluoru stanovené maximální povolené limity. Stanovení 8 vzorků se pohybovalo pod hranicí detekčního limitu 20 mg.kg⁻¹.

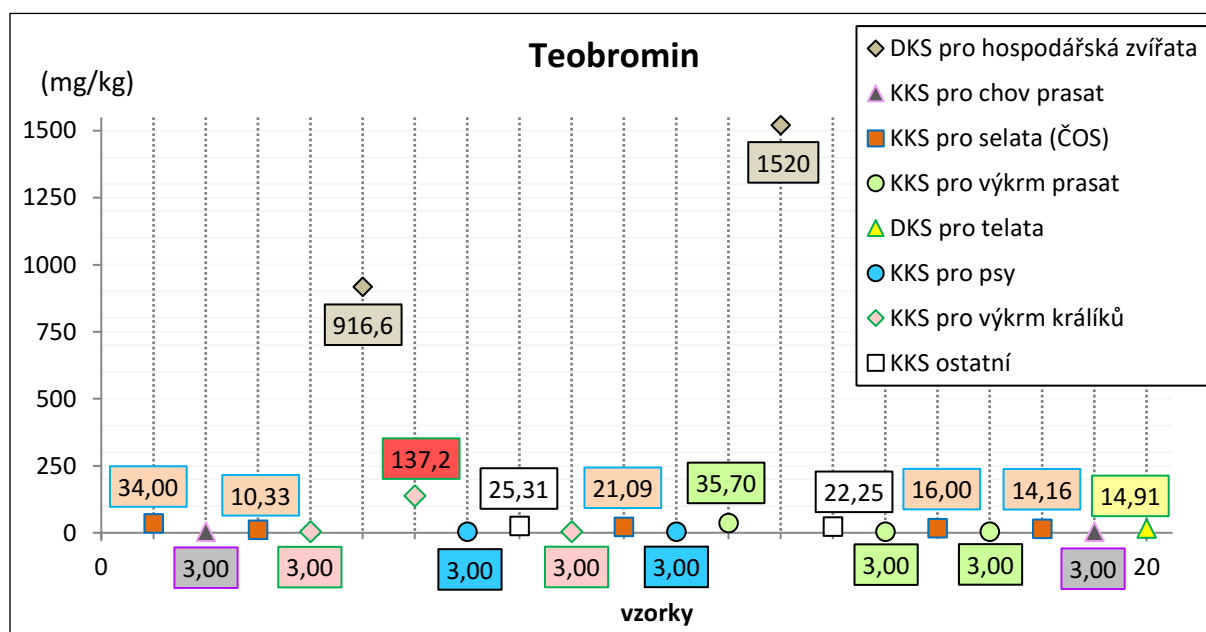
Obrázek 68 Obsah fluoridů v odebraných vzorcích krmiv

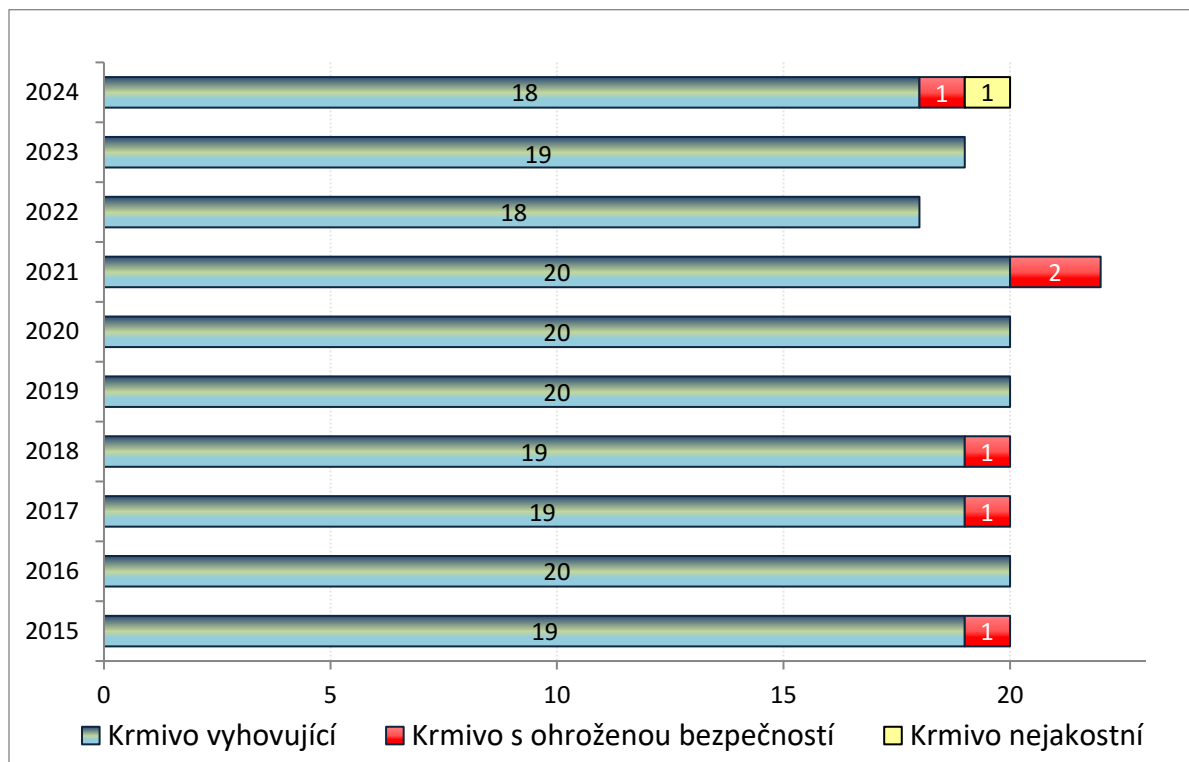


Teobromin

V rámci této cílené kontroly ÚKZÚZ prověřuje krmné směsi s obsahem kakaových slupek, kaka, čokolády a dalších výrobků z cukrovinek. Celkem bylo posouzeno 20 vzorků krmných směsí. Jeden vzorek KKS pro výkrm králíků nesplnil požadavky na bezpečnost překročením limitu teobrominu. Jiná KKS pro užitkové nosnice nevyhověla deklaraci obsahu kantaxantinu.

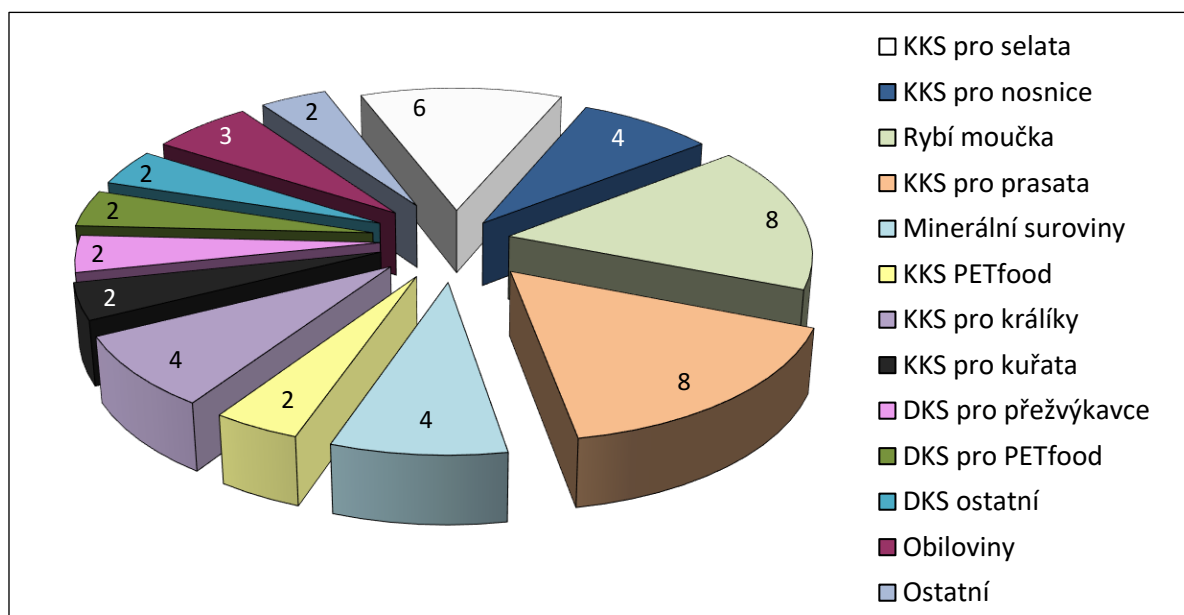
Obrázek 69 Obsah teobrominu v odebraných krmivech (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)



Obrázek 70 Výsledky cílené kontroly obsahu teobrominu v krmivech v období 2015–2024

Melamin a kyselina kyanurová

Bylo odebráno 10 vzorků krmných směsí a surovin za účelem stanovení obsahu melaminu a kyseliny kyanurové. Žádné krmivo nepřekročilo limit obou sledovaných analytů. Zjištěné výsledky se vždy pohybovaly pod úrovní detekčního limitu analytických přístrojů $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$. Jeden vzorek doplňkového krmiva pro psy však byl posouzen jako nejakostní stanoveným obsahem hrubého proteinu a vlákniny.

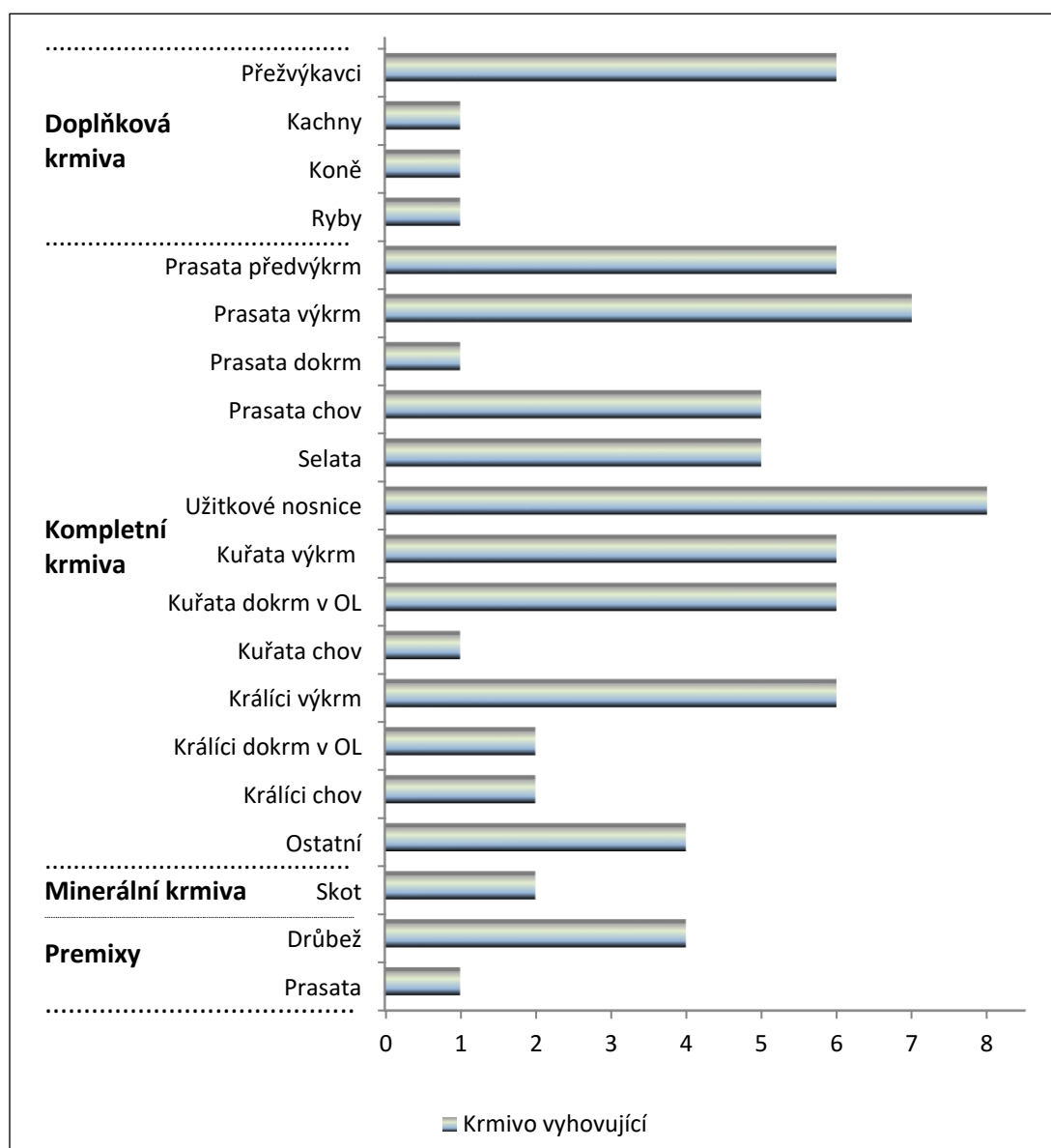
Obrázek 71 Zastoupení odebraných krmiv v rámci cílené kontroly dalších nežádoucích látek v krmivech

2.3 Sledování správného používání doplňkových látek

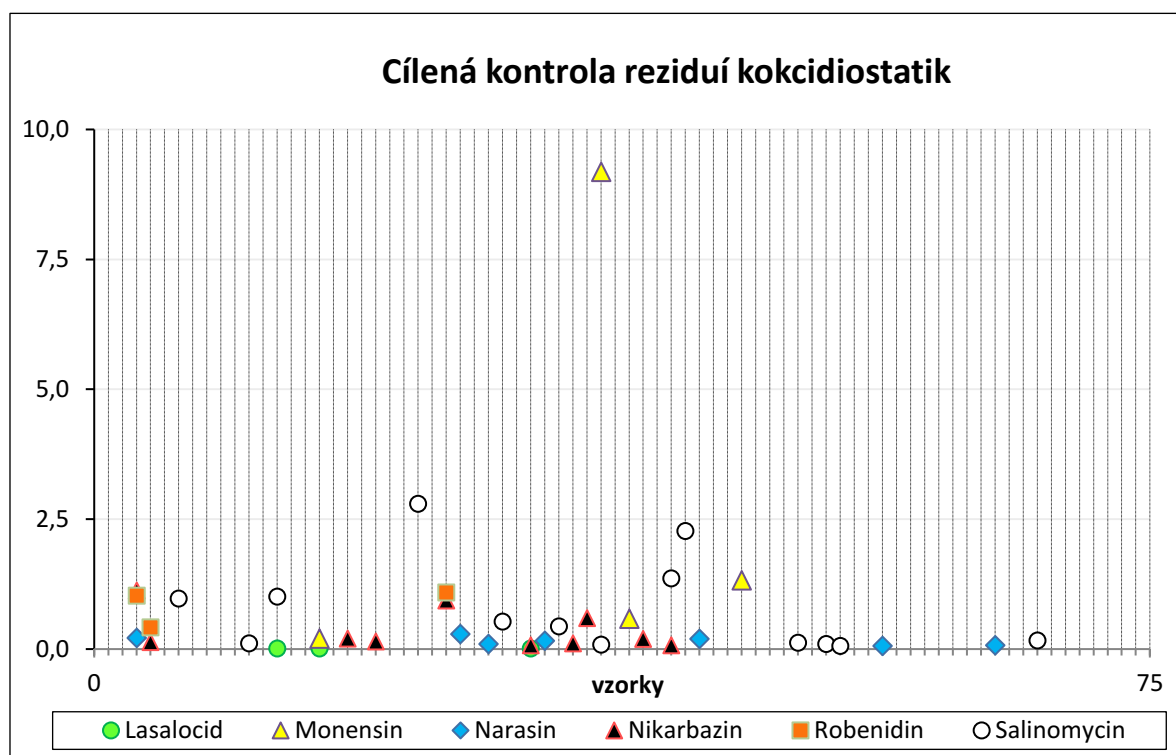
2.3.1 Cílená kontrola používání kokcidiostatik

Cílená kontrola ověřuje dodržování deklarovaného obsahu kokcidiostatika a dodržování maximálního povoleného limitu nevyhnutelné křížové kontaminace, případně zda se doplňkové látky nevyskytují v krmivech pro druhy či kategorie zvířat, pro které nejsou povoleny. V rámci kontroly bylo posouzeno celkem 75 finálních šarží necílových krmiv (bez dávkování kokcidiostatik). Sleduje se, zdali tato krmiva nepřekračují legislativně stanovené maximální limity obsahu reziduí účinné látky, pocházející z předcházejí výroby nebo přepravy krmiv s kokcidiostatiky. Všechny posuzované vzorky byly vyhovující.

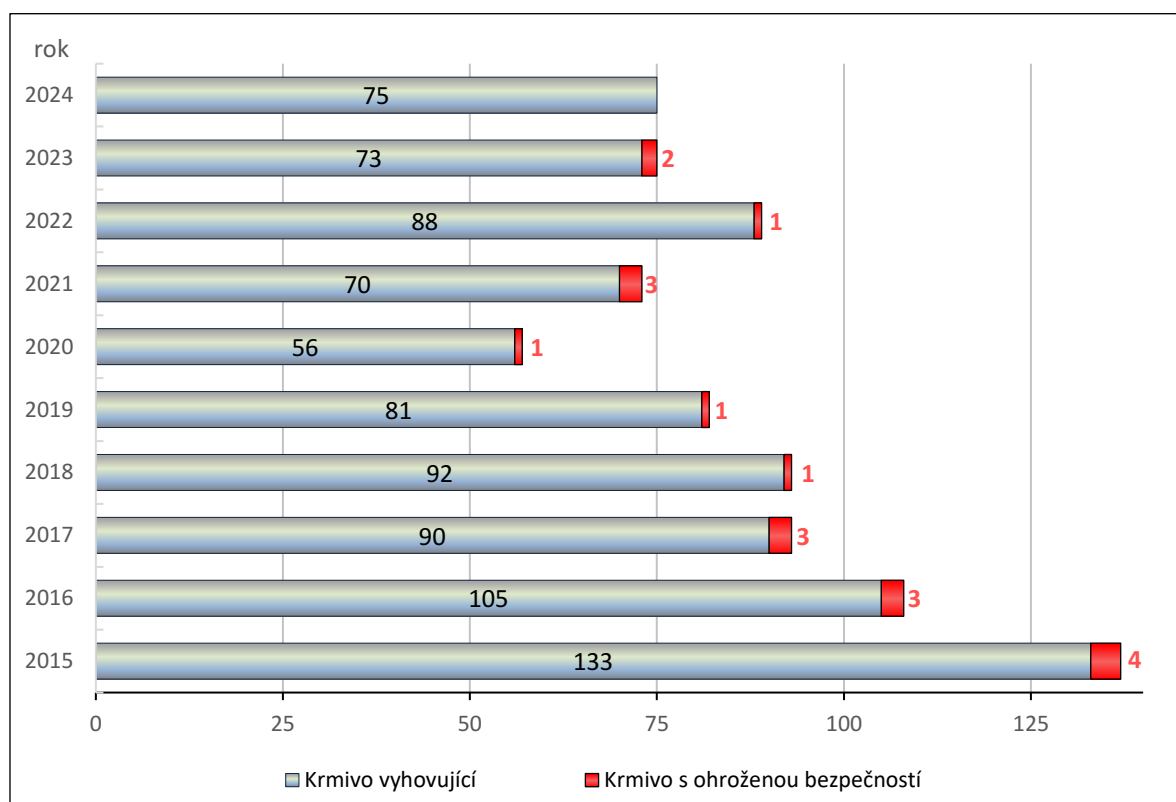
Obrázek 72 Odebrané vzorky v rámci cílené kontroly křížové kontaminace krmiv kokcidiostatiky



Obrázek 73 Obsah reziduí kokcidiostatik v krmivech a premixech nad mezí detekce analýzy (hodnoty nad mezí detekce přístroje)

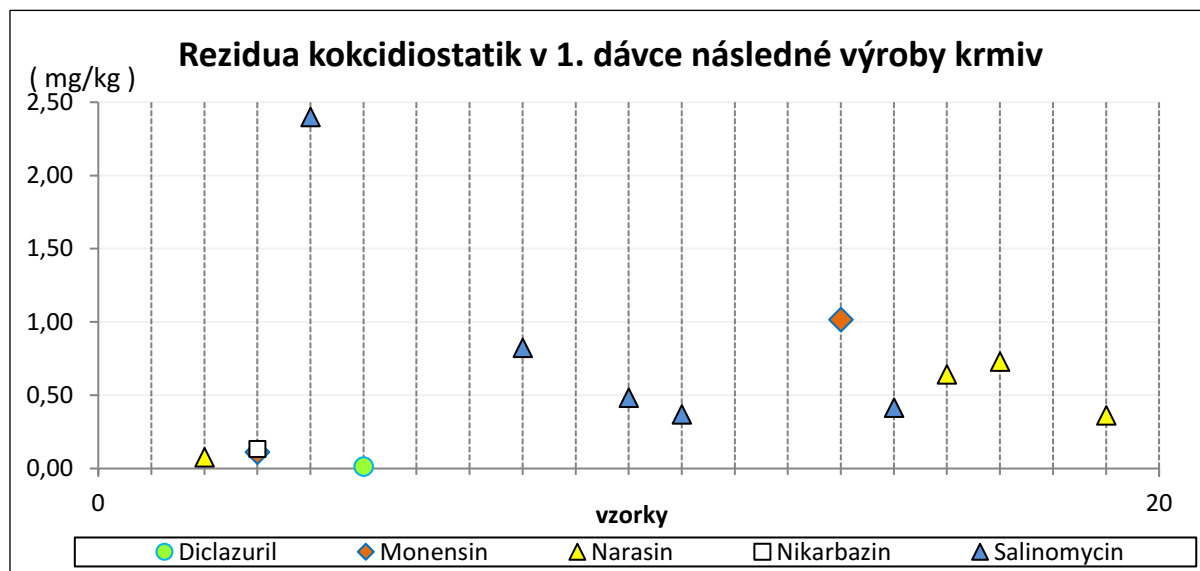


Obrázek 74 Výsledky cílené kontroly křížové kontaminace krmiv kokcidiostatiky 2015–2024

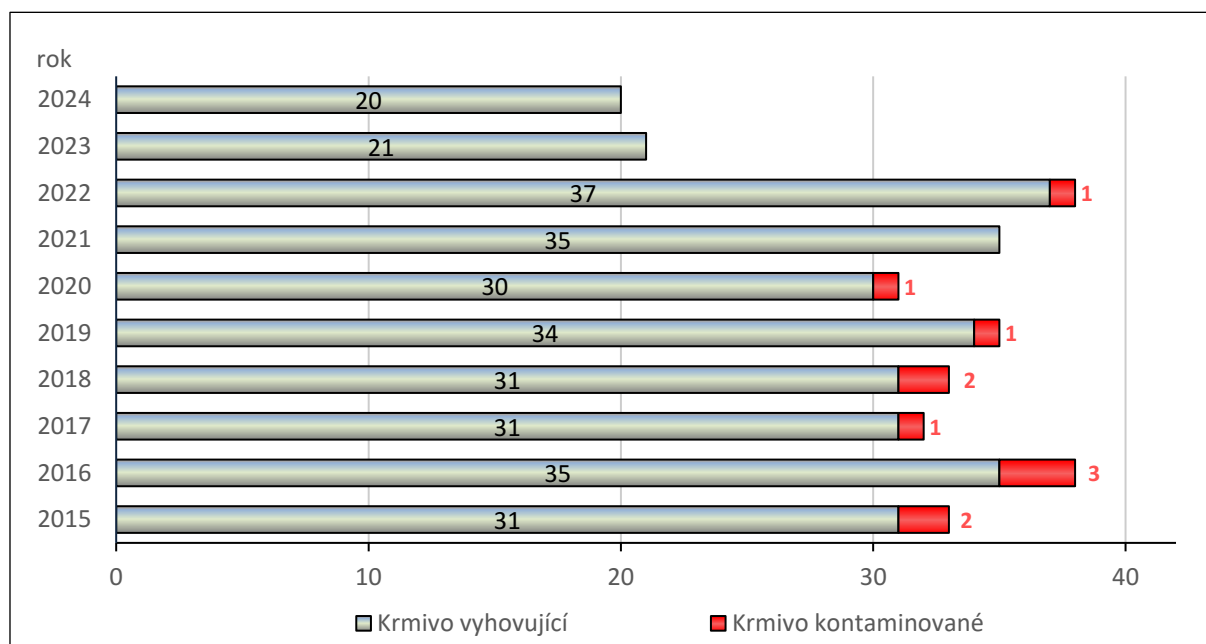


V rámci cílené kontroly byly rovněž sledovány reziduální stopy kokcidiostatik v krmivu, které bylo homogenně zpracováno míchacím zařízením výrobce bezprostředně po použití kokcidiostatik. Bylo tak prověřeno 20 vzorků materiálu, odebraného po dokončení míchacího cyklu první, tedy nejrizikovější dávky z hlediska přítomnosti reziduí předcházející výroby krmiv s dávkou kokcidiostatik. Kontrola prověřuje účinnost prováděných dekontaminačních opatření provozovatele a eliminaci rizika křížové kontaminace. Všechny vzorky byly posouzeny jako vyhovující.

Obrázek 75 Rezidua kokcidiostatik v 1. míchačce následné výroby, hodnoty nad mezí detekce stanovení



Obrázek 76 Cílená kontrola křížové kontaminace kokcidiostatik v 1. míchačce následné výroby krmiv



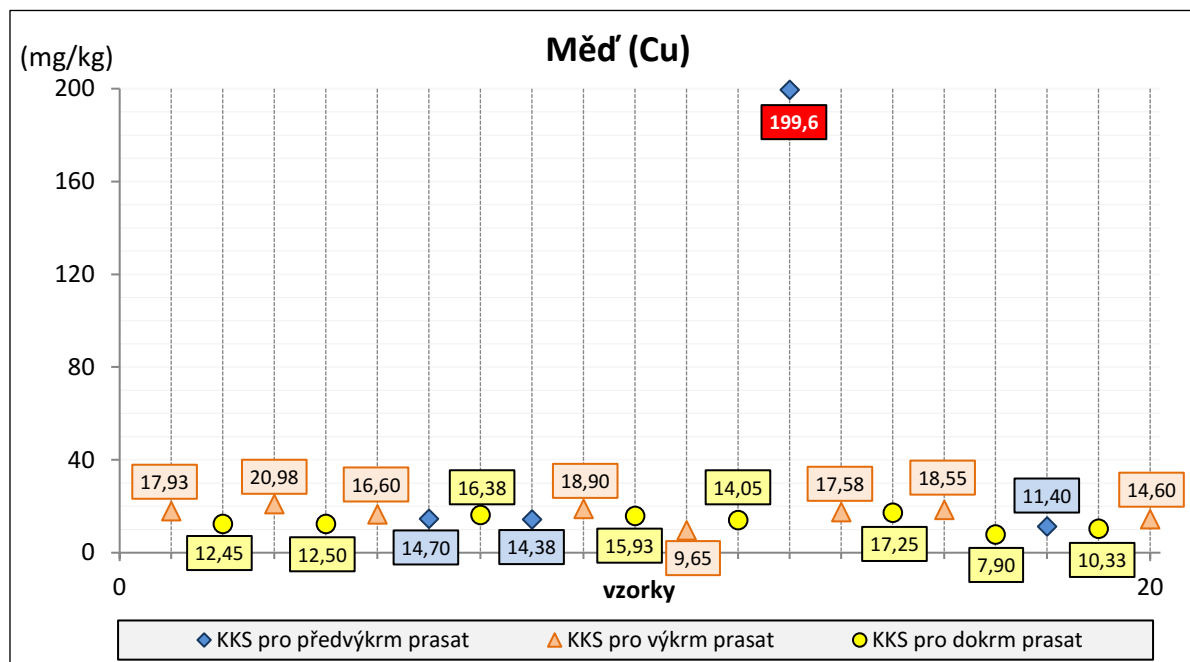
Dodržení deklarovaného obsahu účinné látky kokcidiostatika bylo prověřeno u 5 vzorků finálních šarží krmiv. Všechny byly posouzeny jako vyhovující

2.3.2 Cílená kontrola dodržování limitů doplňkových látek

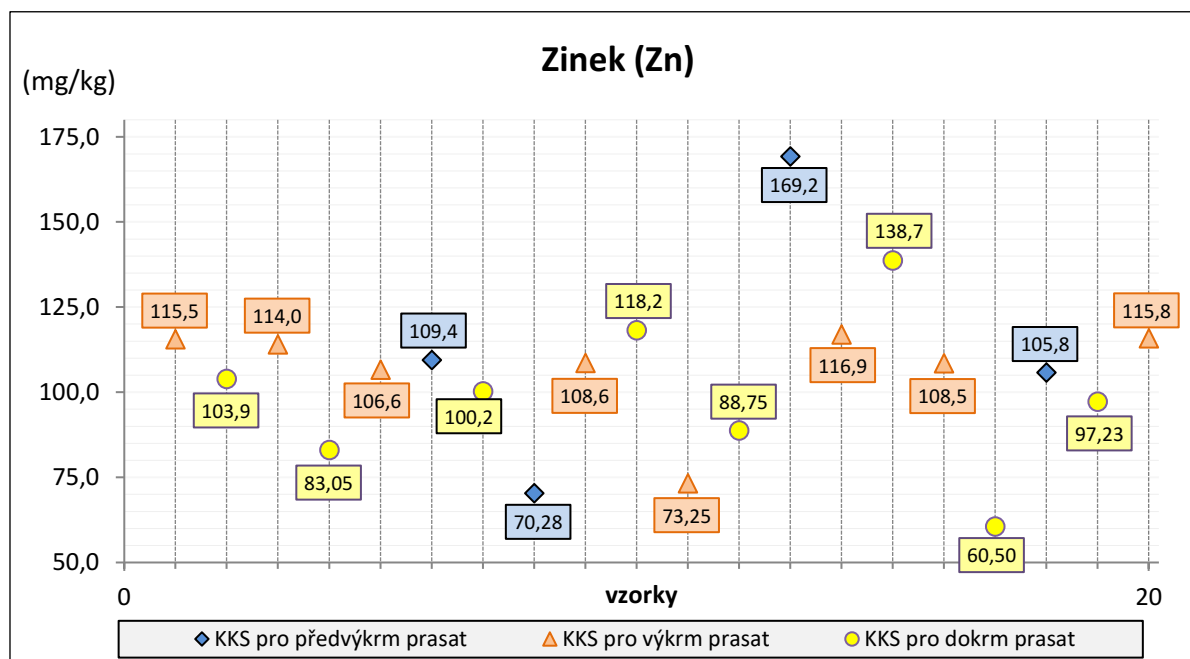
Při této kontrole se sledovalo dodržování maximálních limitů mědi, zinku, manganu, železa, selenu, jódu, vitaminu A a vitaminu D₃. Ověřeno bylo 51 vzorků kompletních směsí. Maximální limit DL byl překročen u 5 krmiv: 2x *směs chov prasat* (limit Cu, Zn, Mn); 2x *selata* (2x Zn, Se); *předvýkrm prasat* (Cu). Jiné 3 nejakostní vzorky nevyhověly deklarovanému obsahu DL: směs pro *chov prasat* (nejakost Cu, Zn, Se, I, vit. A); *výkrm prasat* (I); *dokrm prasat* (I, vit. A).

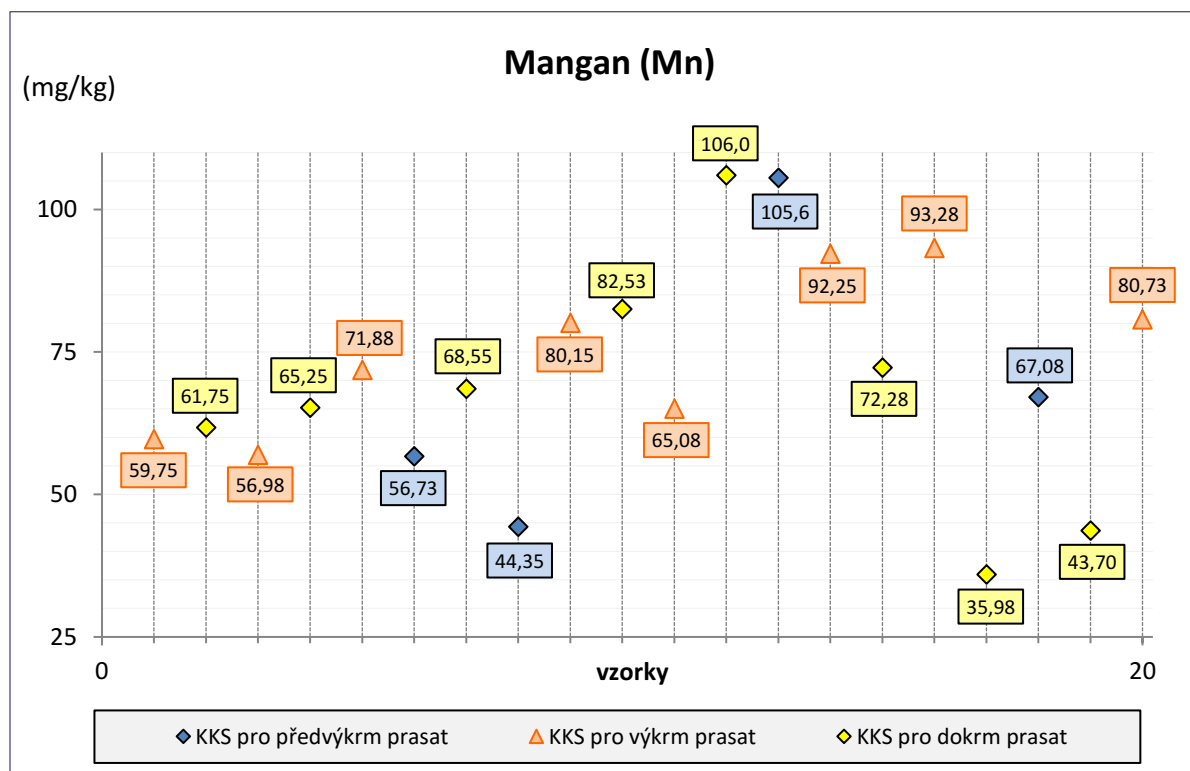
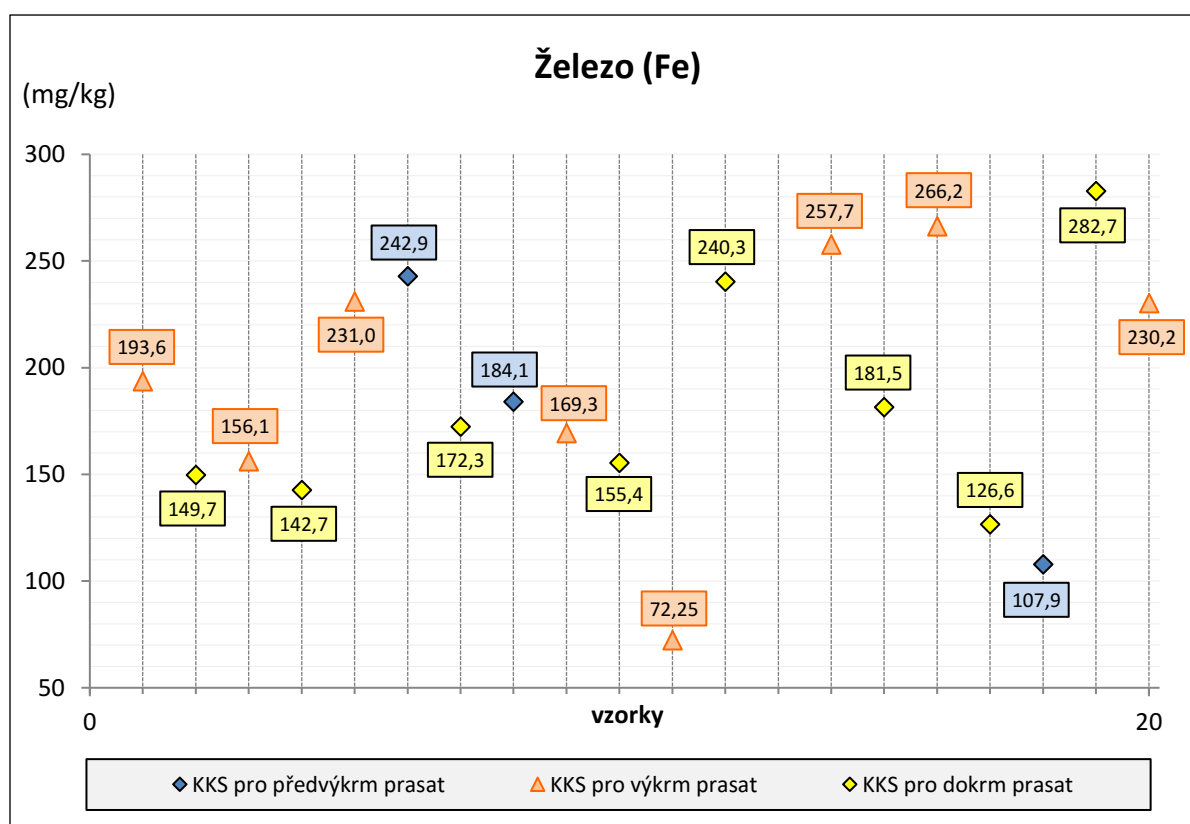
KRMIVA PRO PRASATA (20 vzorků)

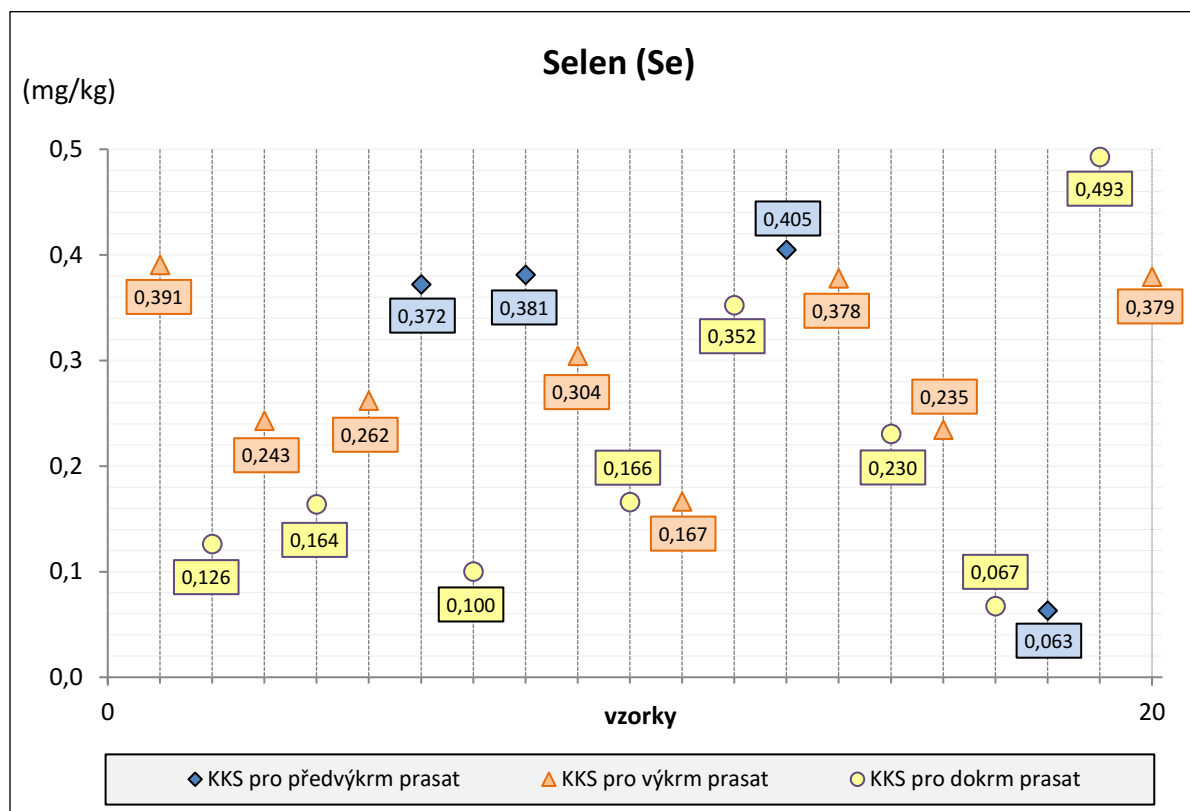
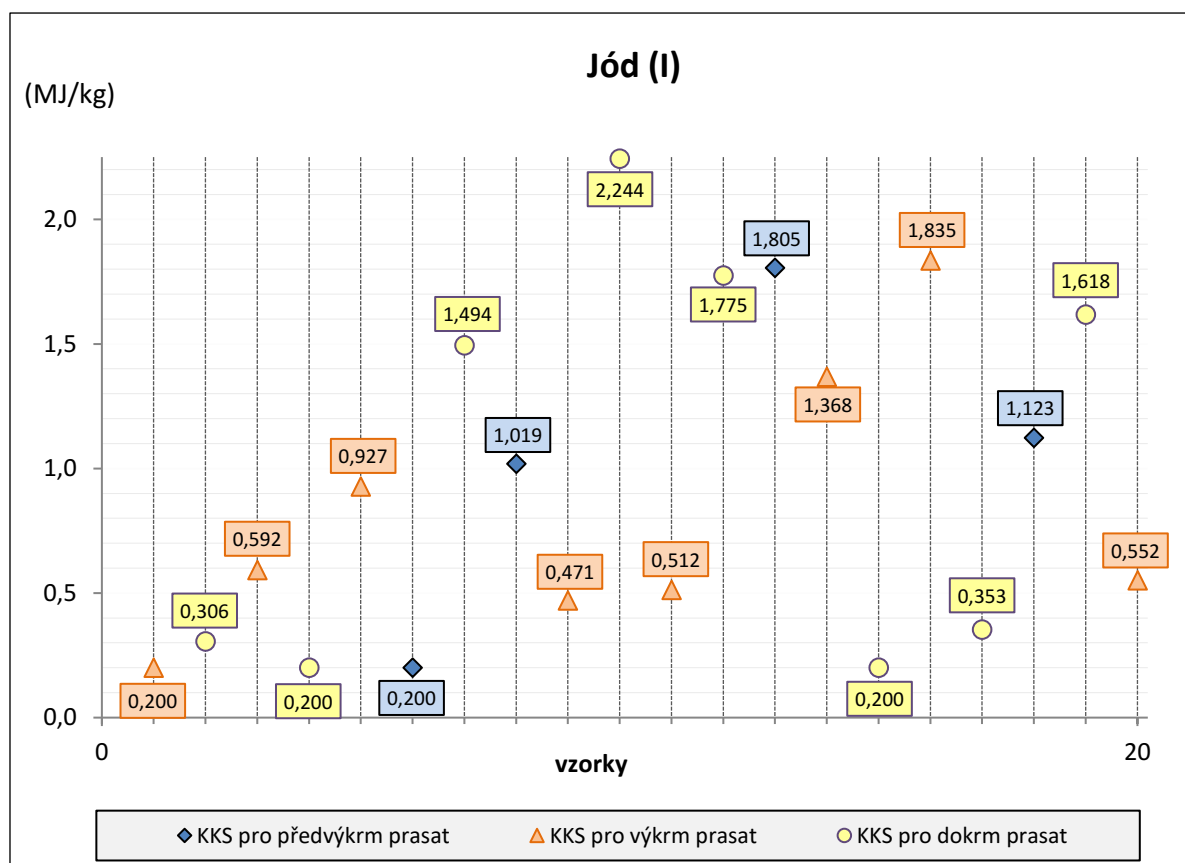
Obrázek 77 Obsah mědi v krmivech pro výkrm a chov prasat (v červeném poli je hodnota nevyhovujícího vzorku)

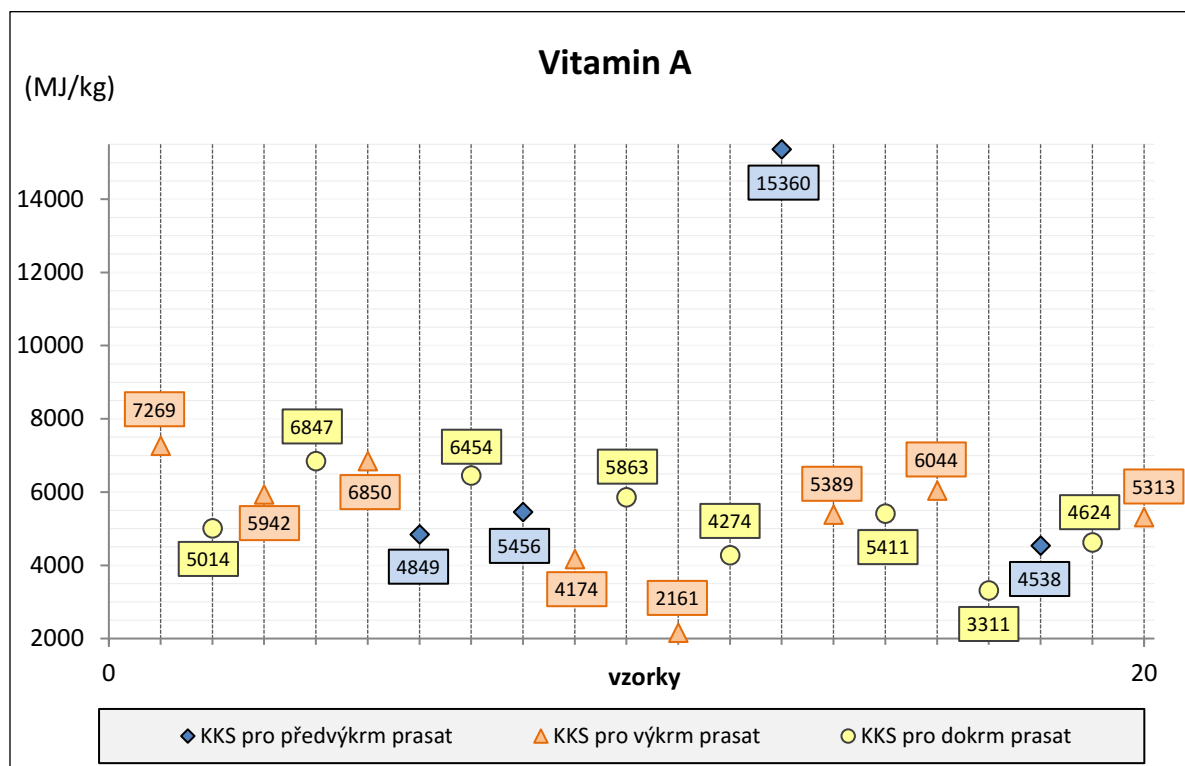
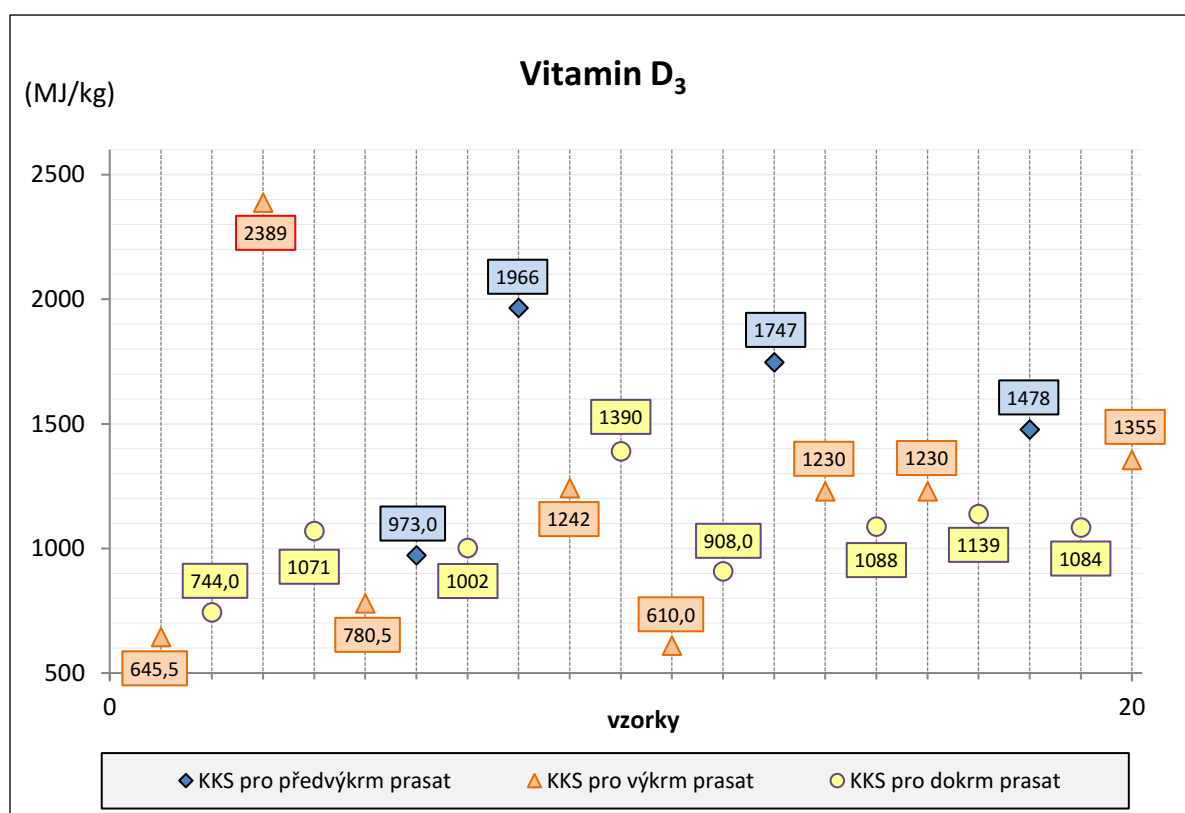


Obrázek 78 Obsah zinku v krmivech pro výkrm a chov prasat

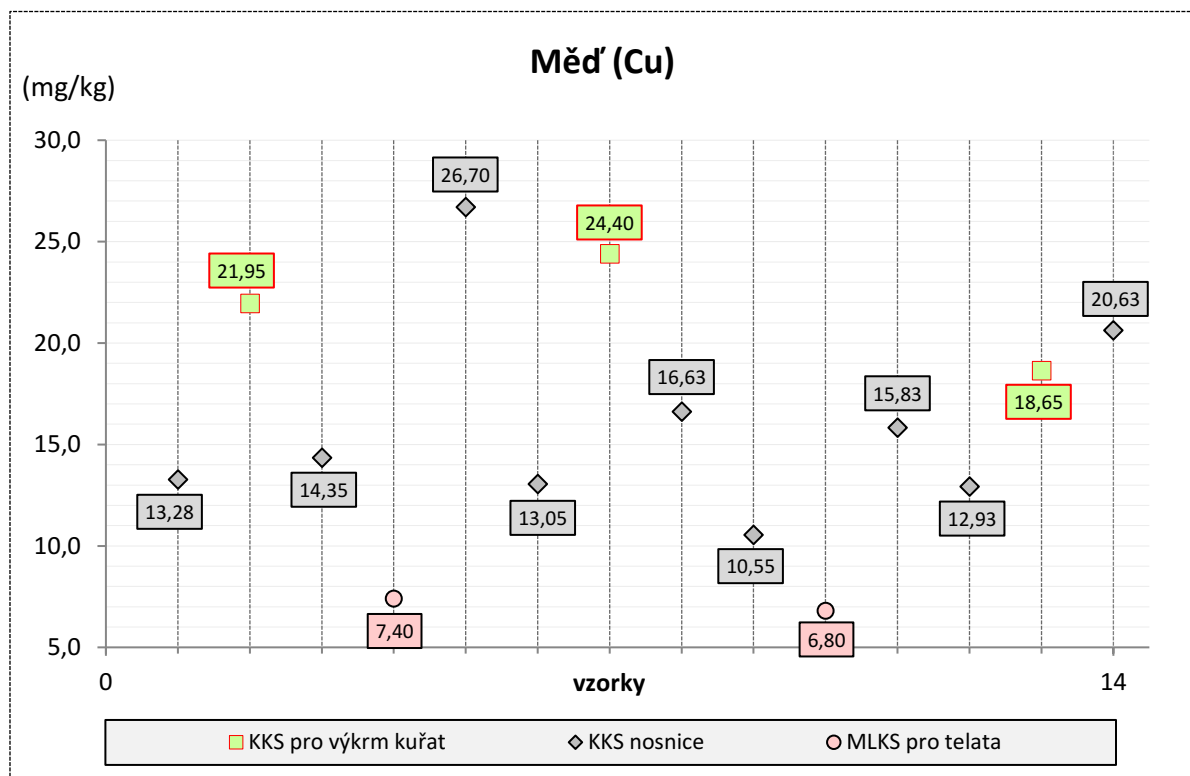
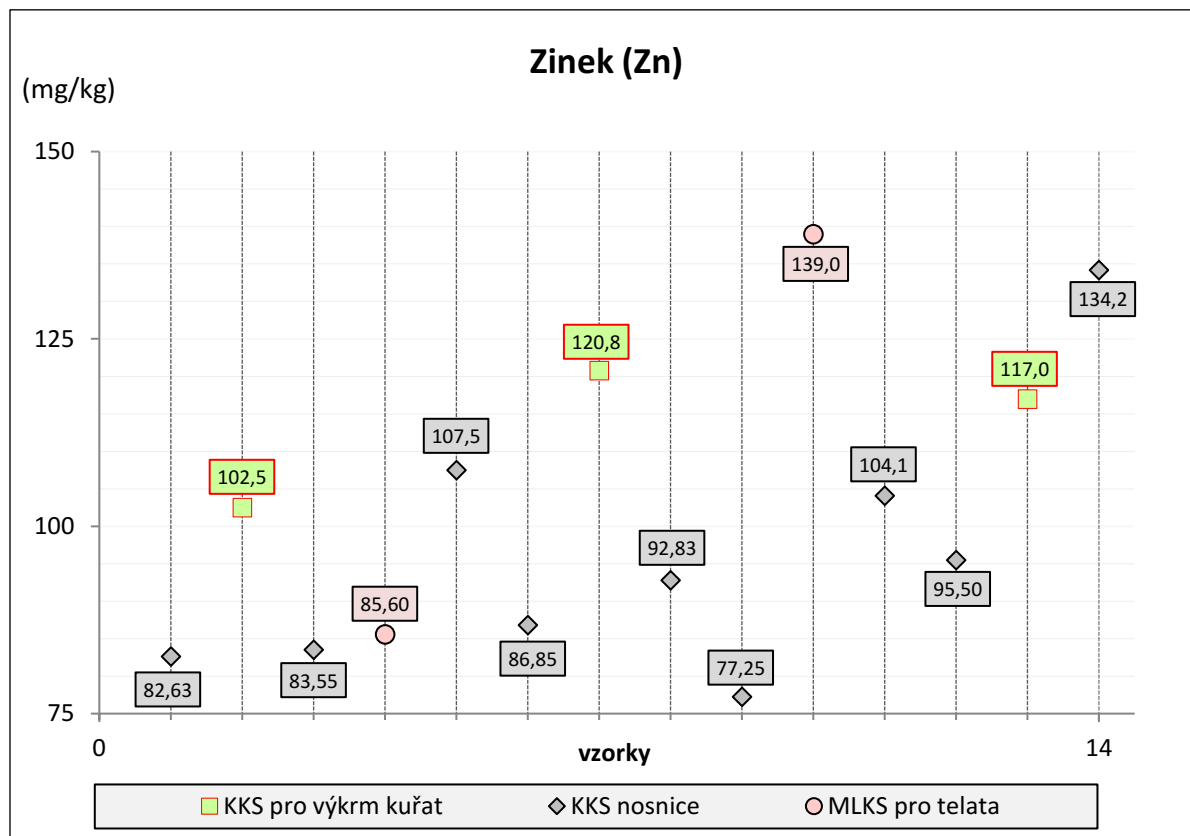


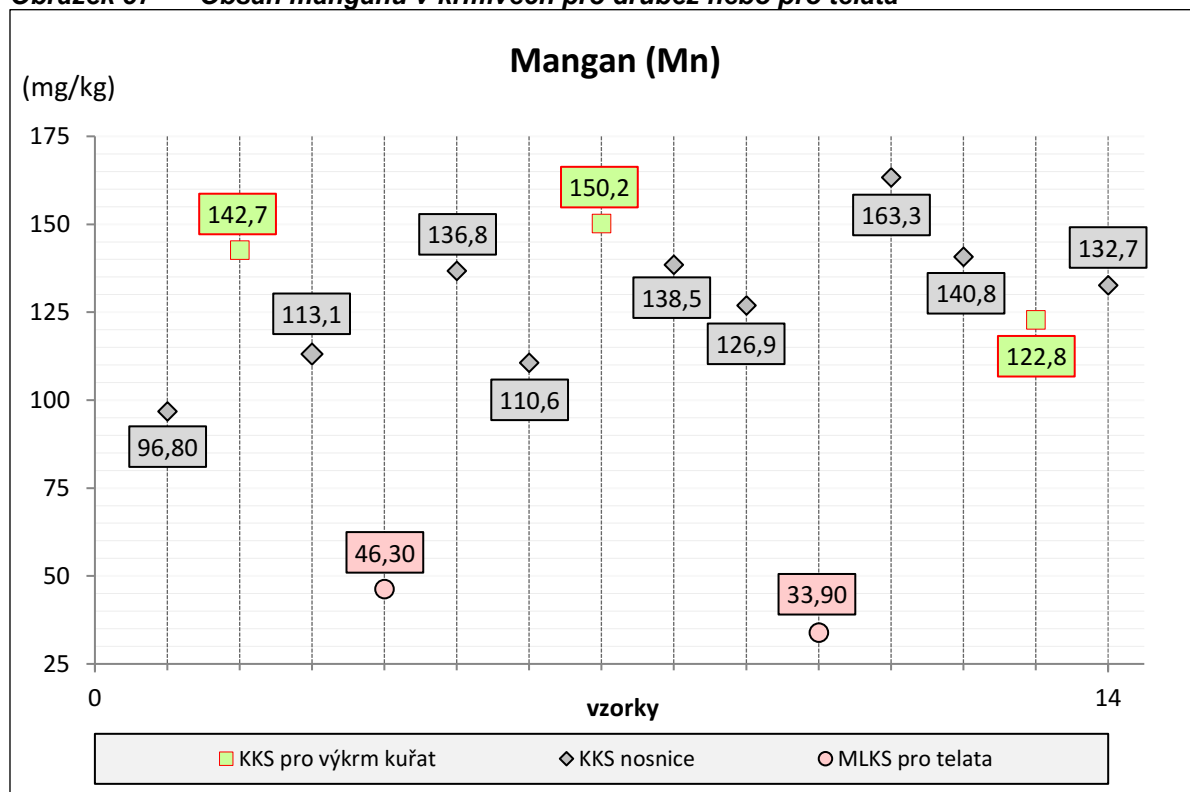
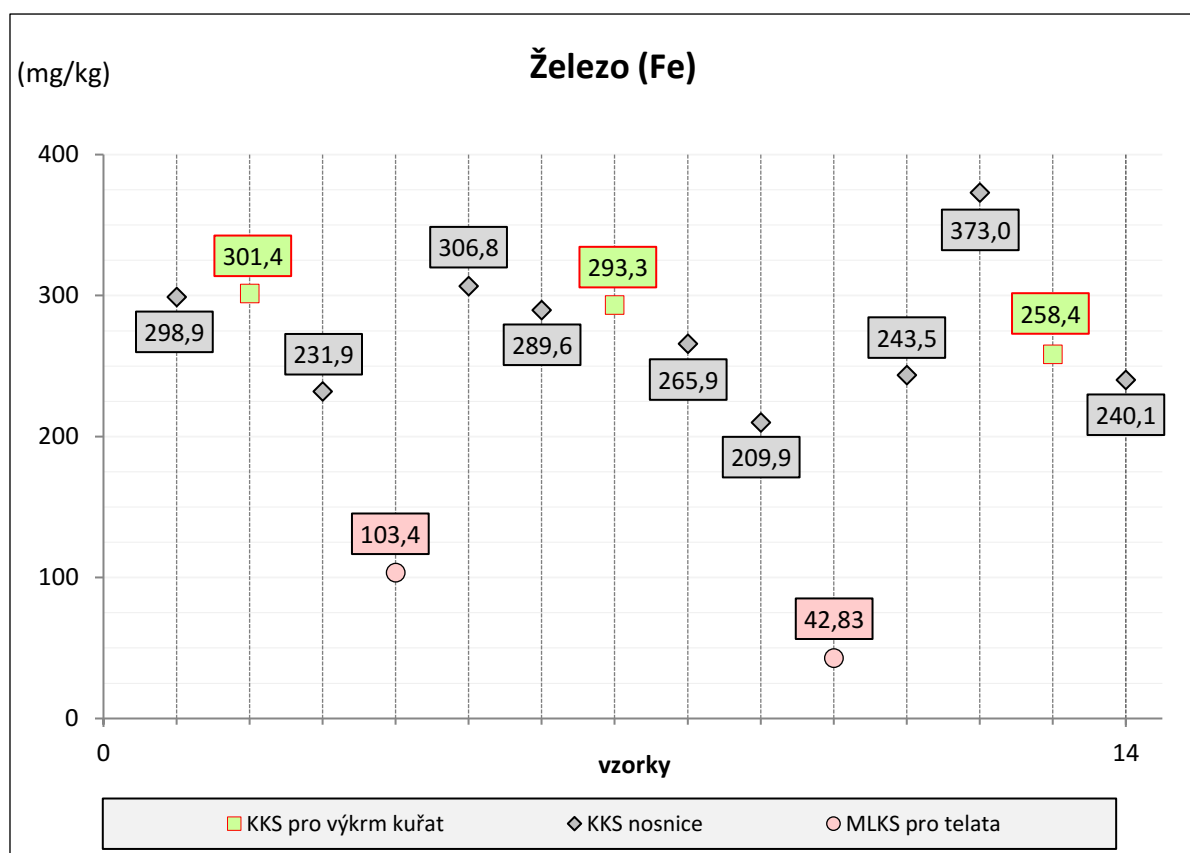
Obrázek 79 Obsah manganu v kompletních krmných směsích pro výkrm prasat**Obrázek 80** Obsah železa v kompletních krmných směsích pro výkrm prasat

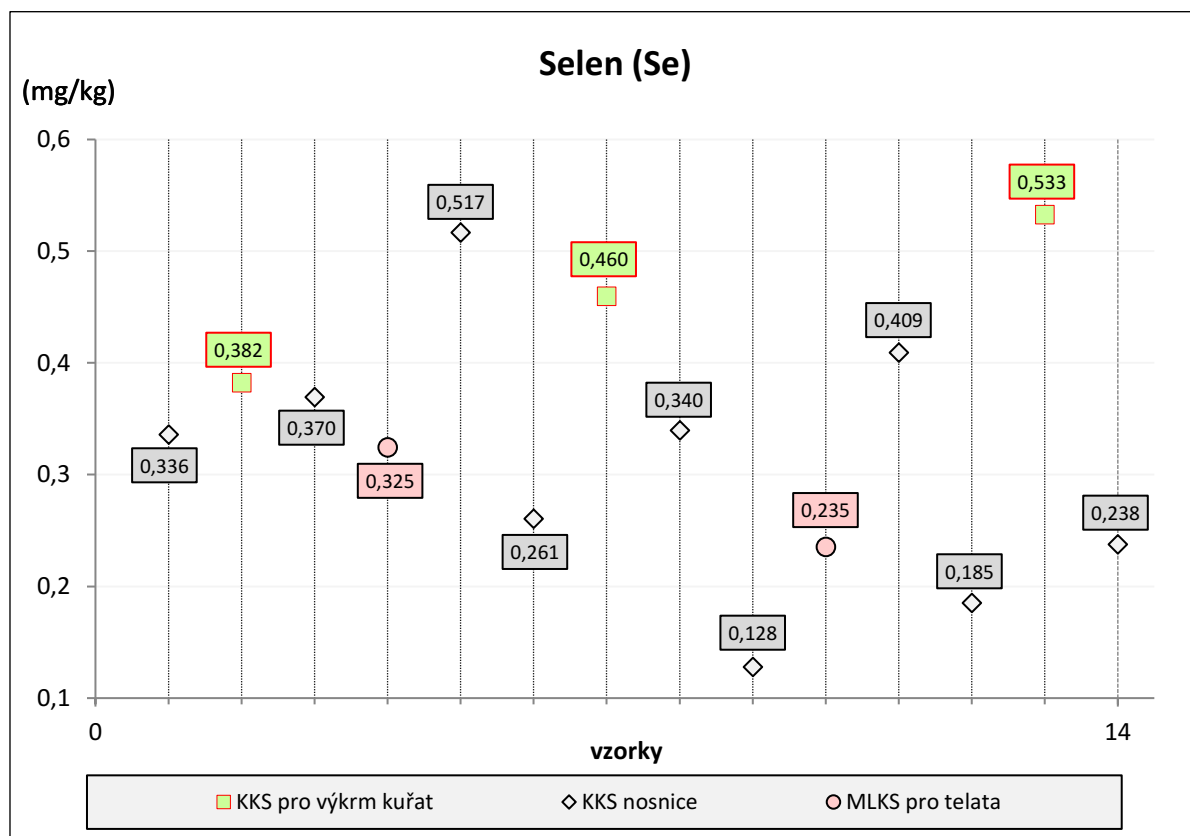
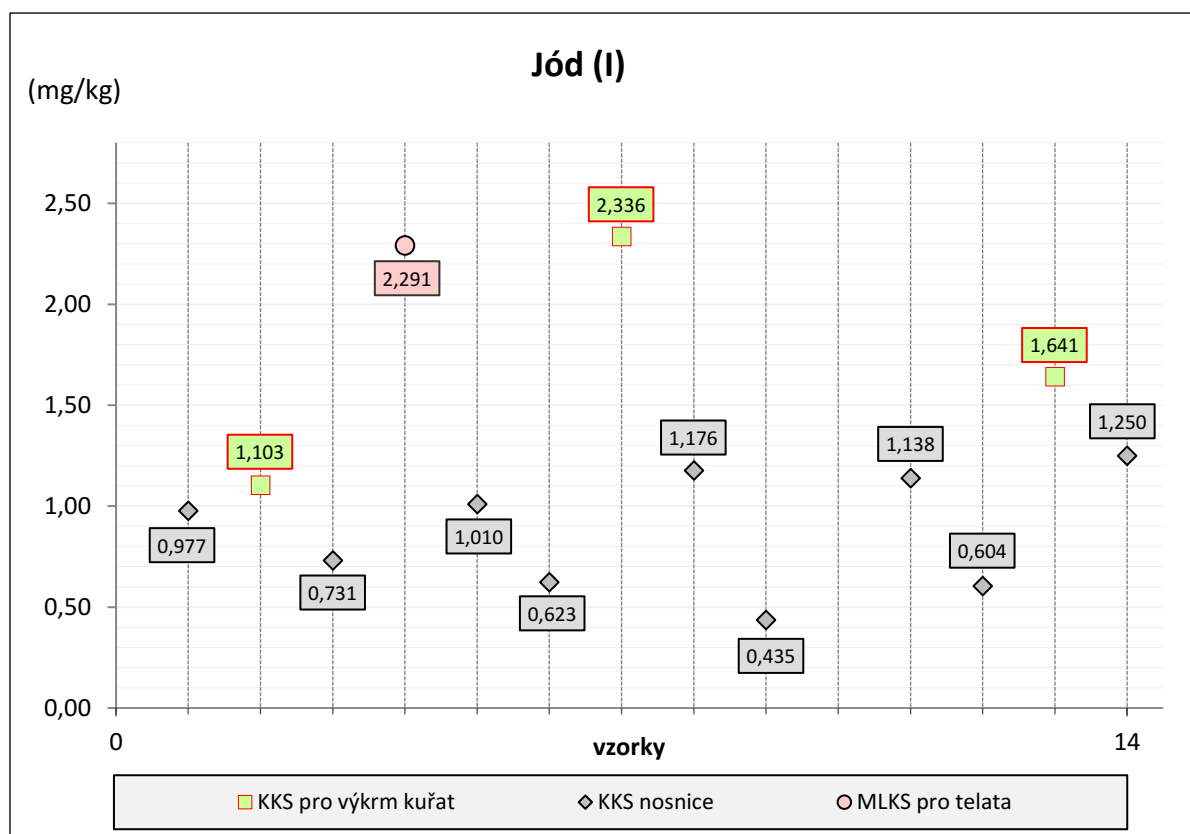
Obrázek 81 Obsah selenu v kompletních krmných směsích pro výkrm a chov prasat**Obrázek 82** Obsah jódu v kompletních krmných směsích pro výkrm a chov prasat

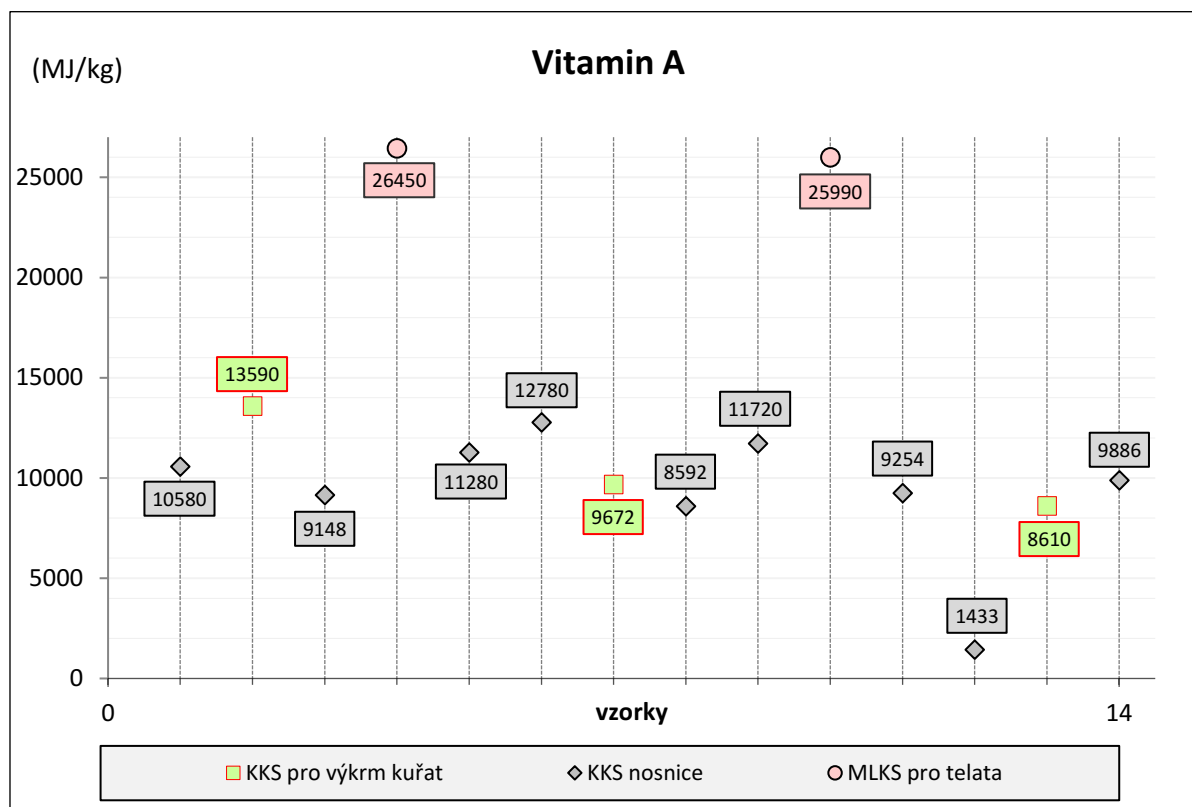
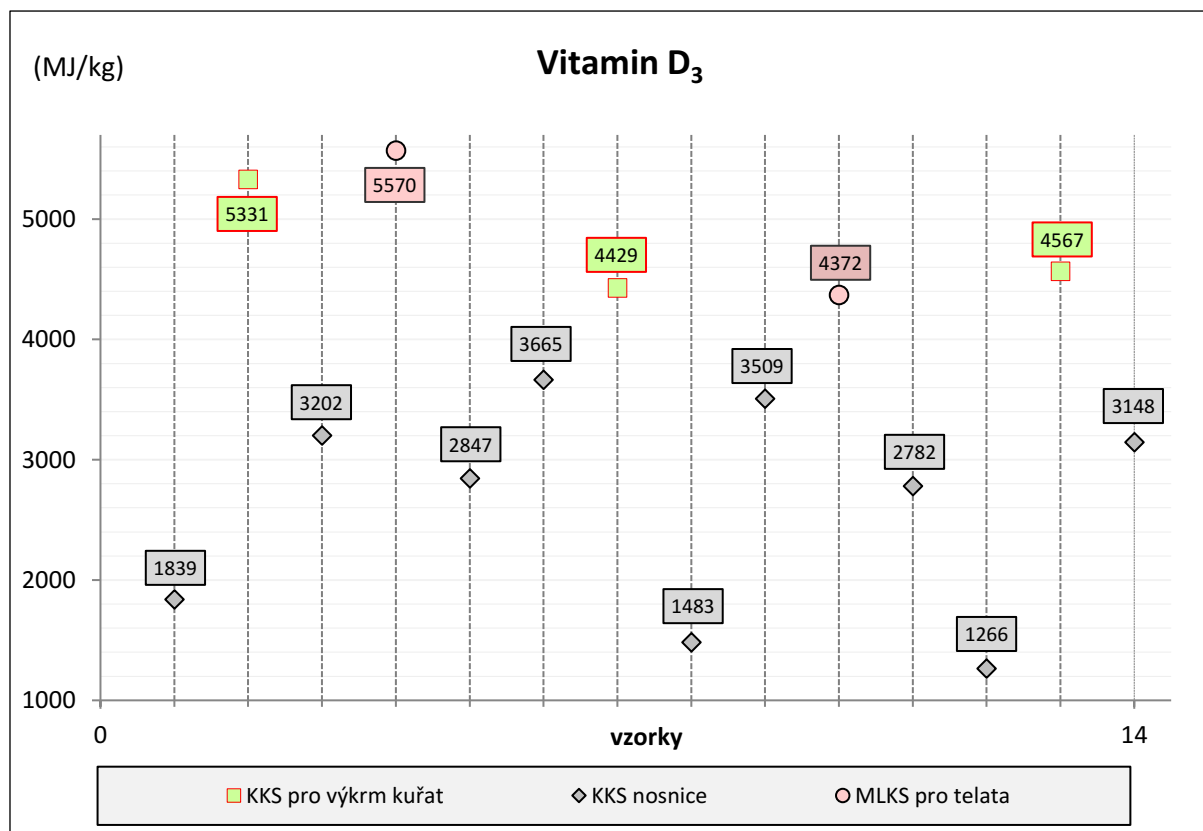
Obrázek 83 Obsah vitamínu A v kompletních krmných směsích pro výkrm a chov prasat**Obrázek 84** Obsah vitamínu D₃ v krmivech pro výkrm a chov prasat

KRMIVA PRO DRŮBEŽ NEBO PRO TELATA (14 vzorků)

Obrázek 85 Obsah mědi v krmivech pro drůbež nebo pro telata**Obrázek 86** Obsah zinku v krmivech pro drůbež nebo pro telata

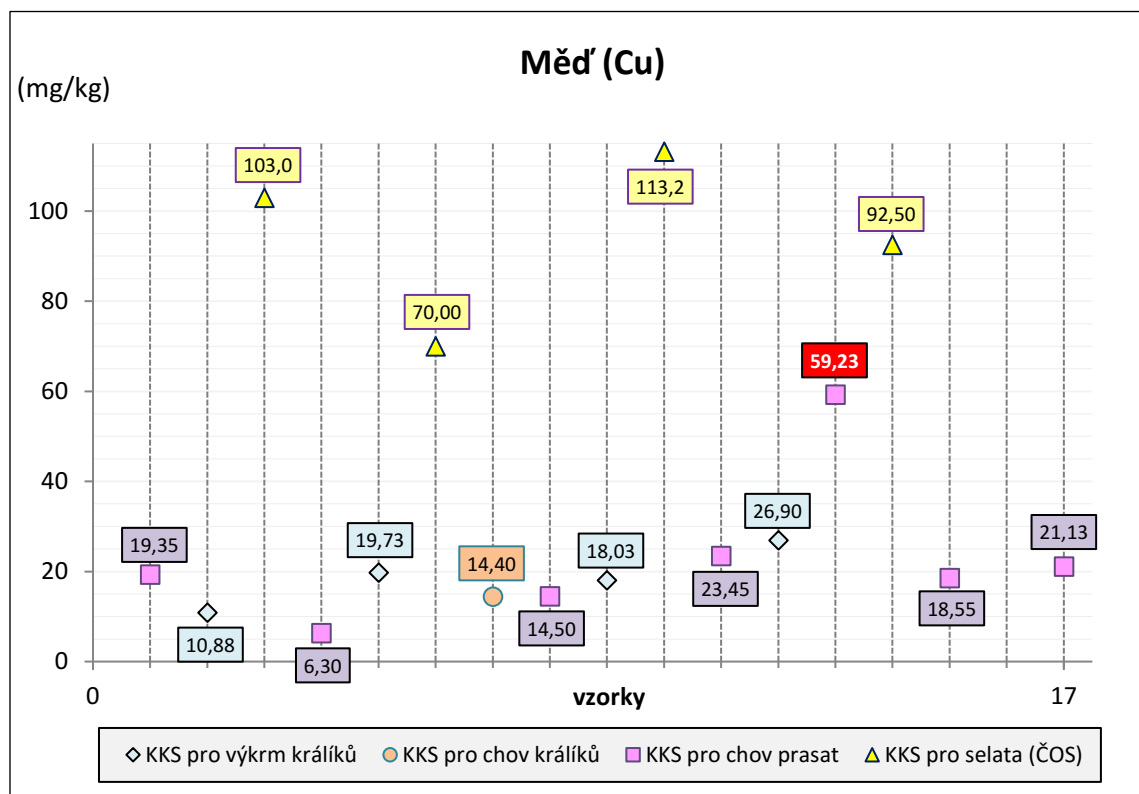
Obrázek 87 Obsah manganu v krmivech pro drůbež nebo pro telata**Obrázek 88** Obsah železa v krmivech pro drůbež nebo pro telata

Obrázek 89 Obsah selenu v krmivech pro drůbež nebo pro telata**Obrázek 90** Obsah jódu v krmivech pro drůbež nebo pro telata

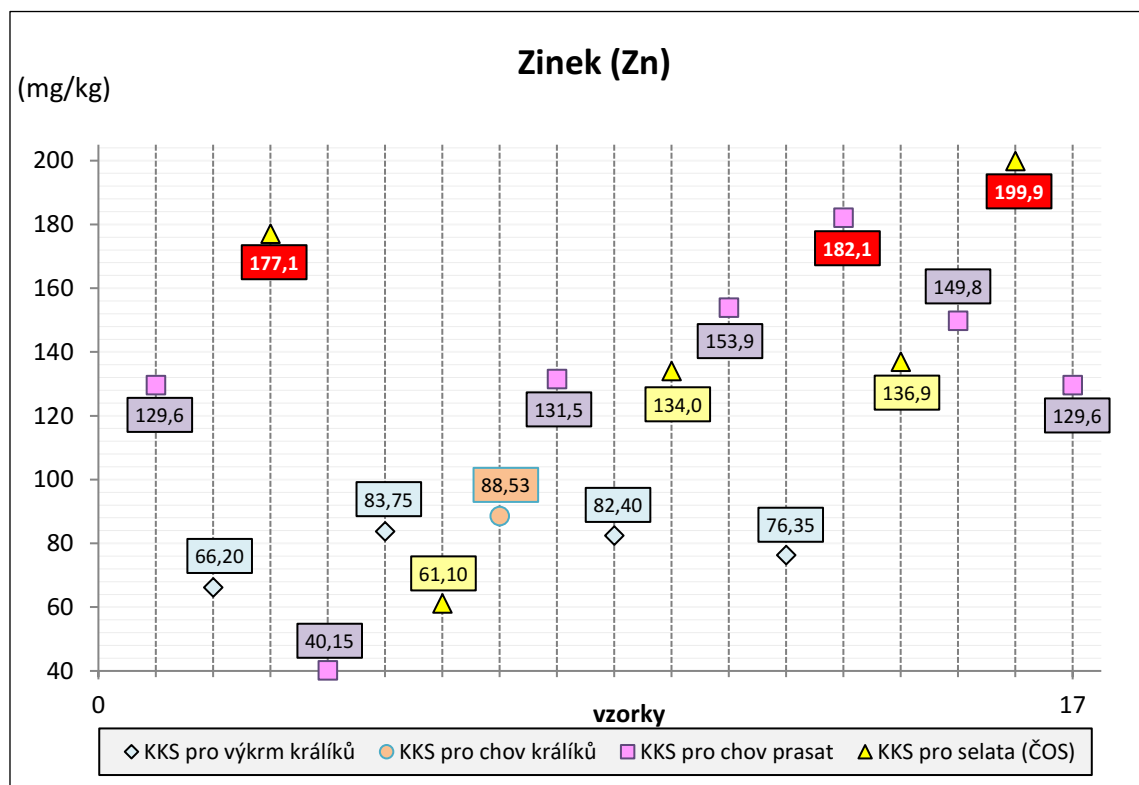
Obrázek 91 Obsah vitamínu A v krmivech pro drůbež nebo pro telata**Obrázek 92** Obsah vitamínu D₃ v krmivech pro drůbež nebo pro telata

KRMIVA OSTATNÍ (17 vzorků)

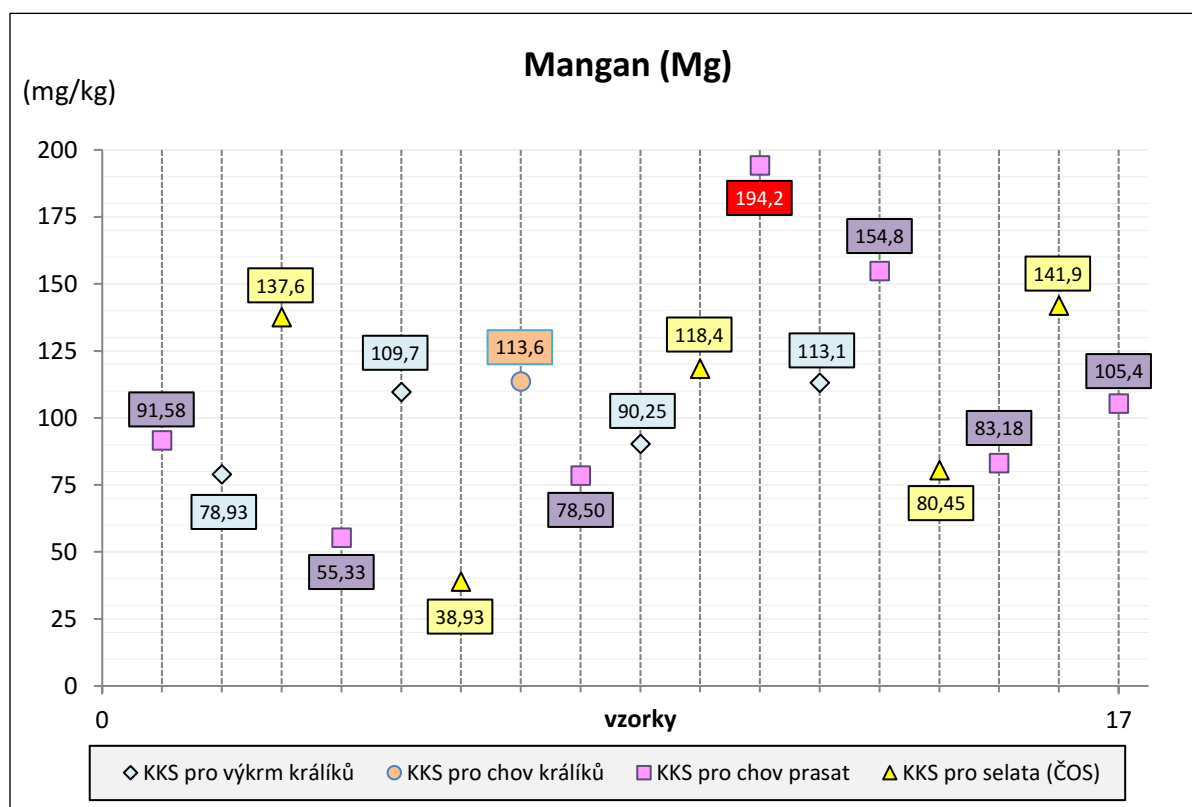
Obrázek 93 Obsah mědi v ostatních krmivech



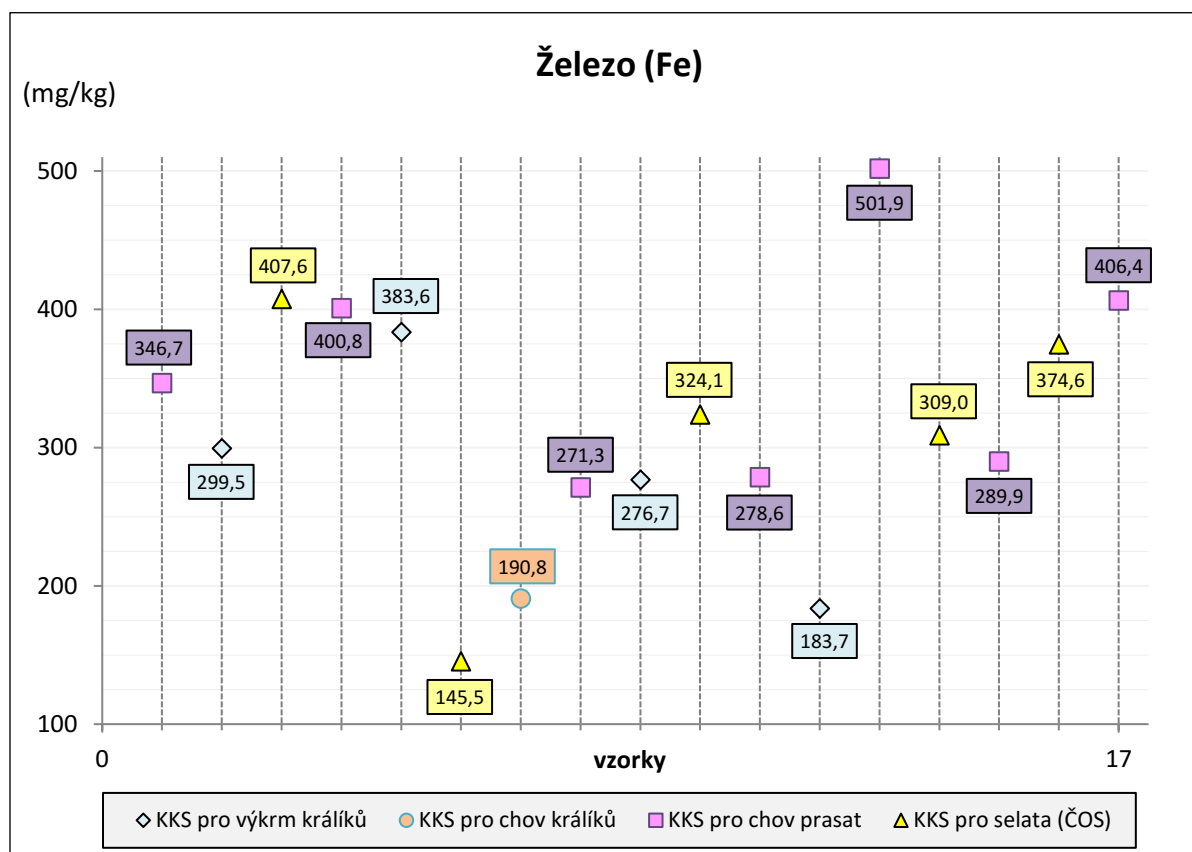
Obrázek 94 Obsah zinku v ostatních krmivech (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)

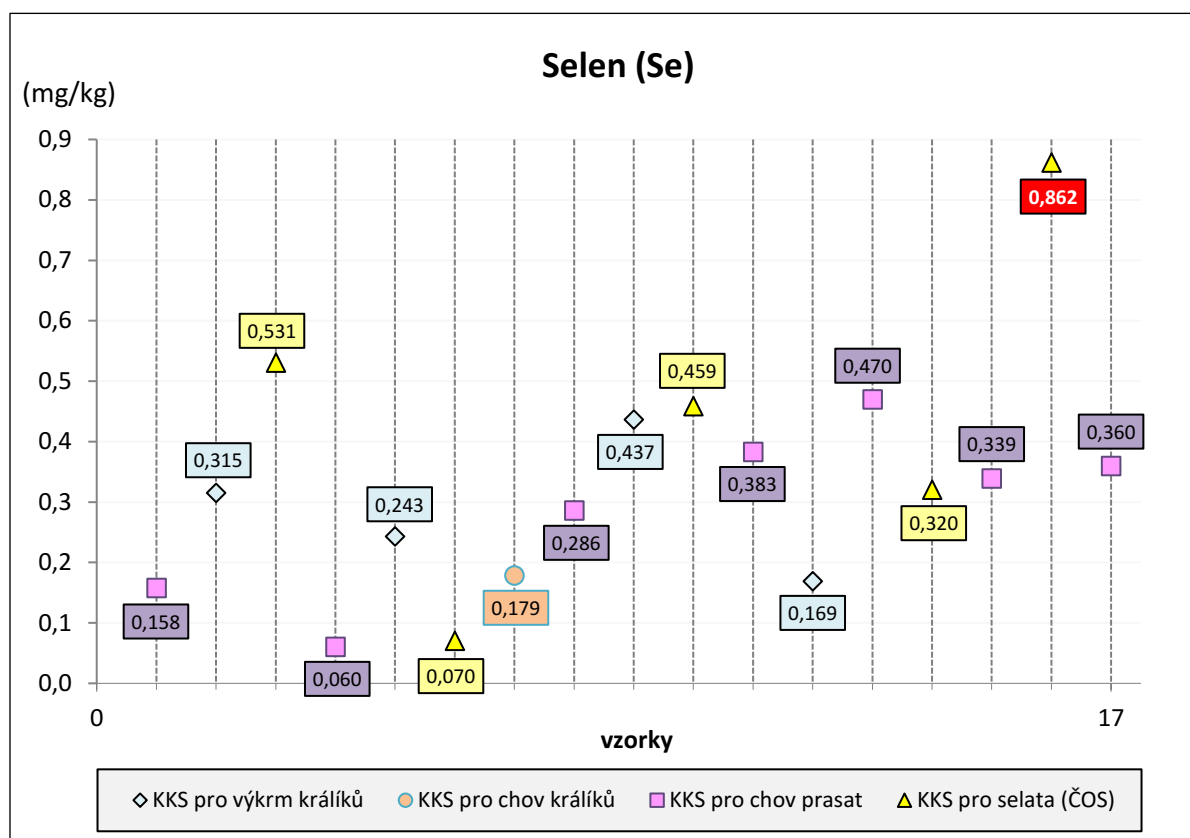
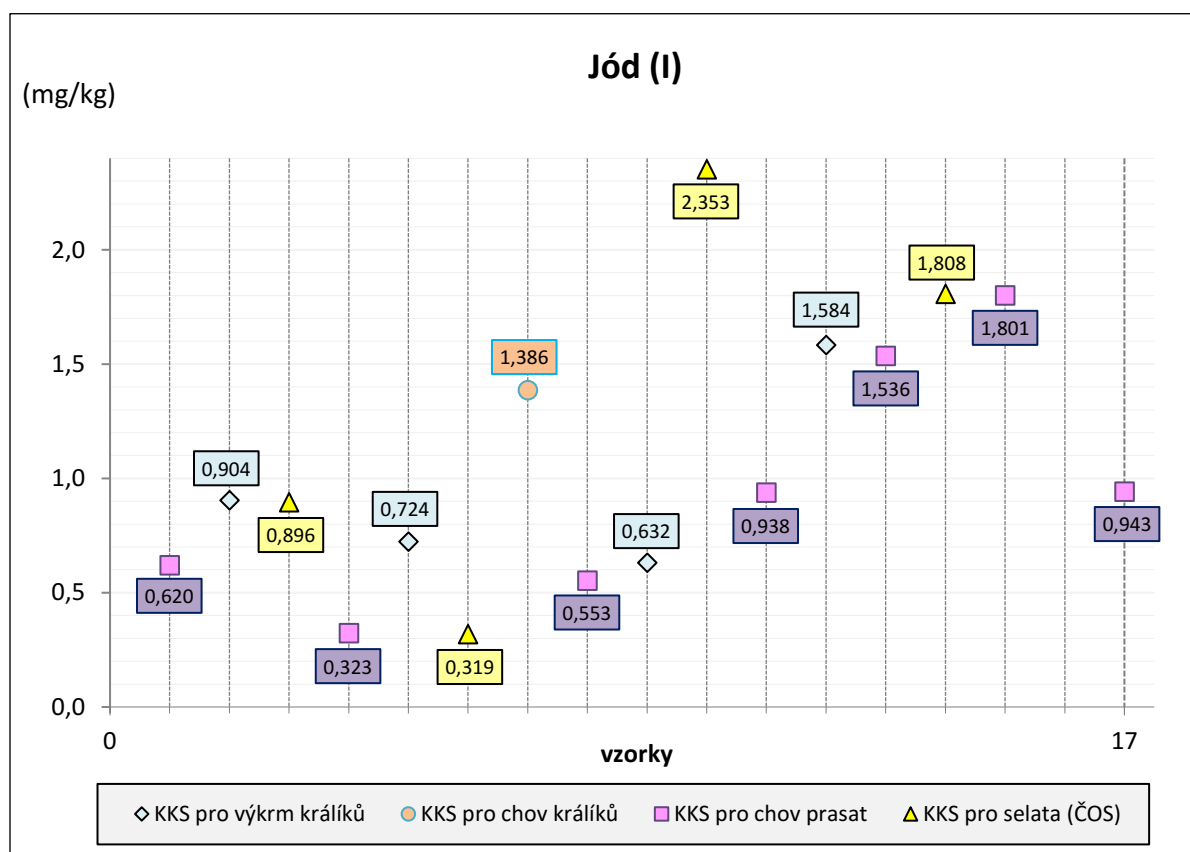


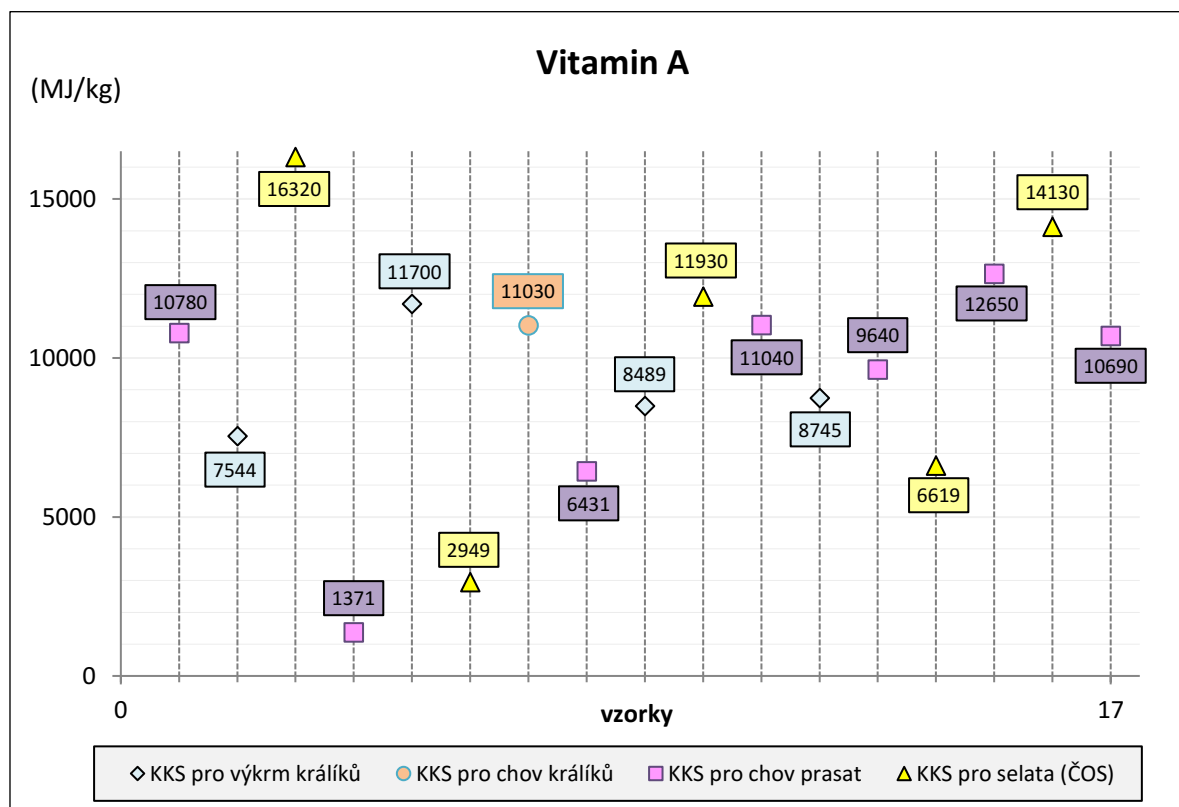
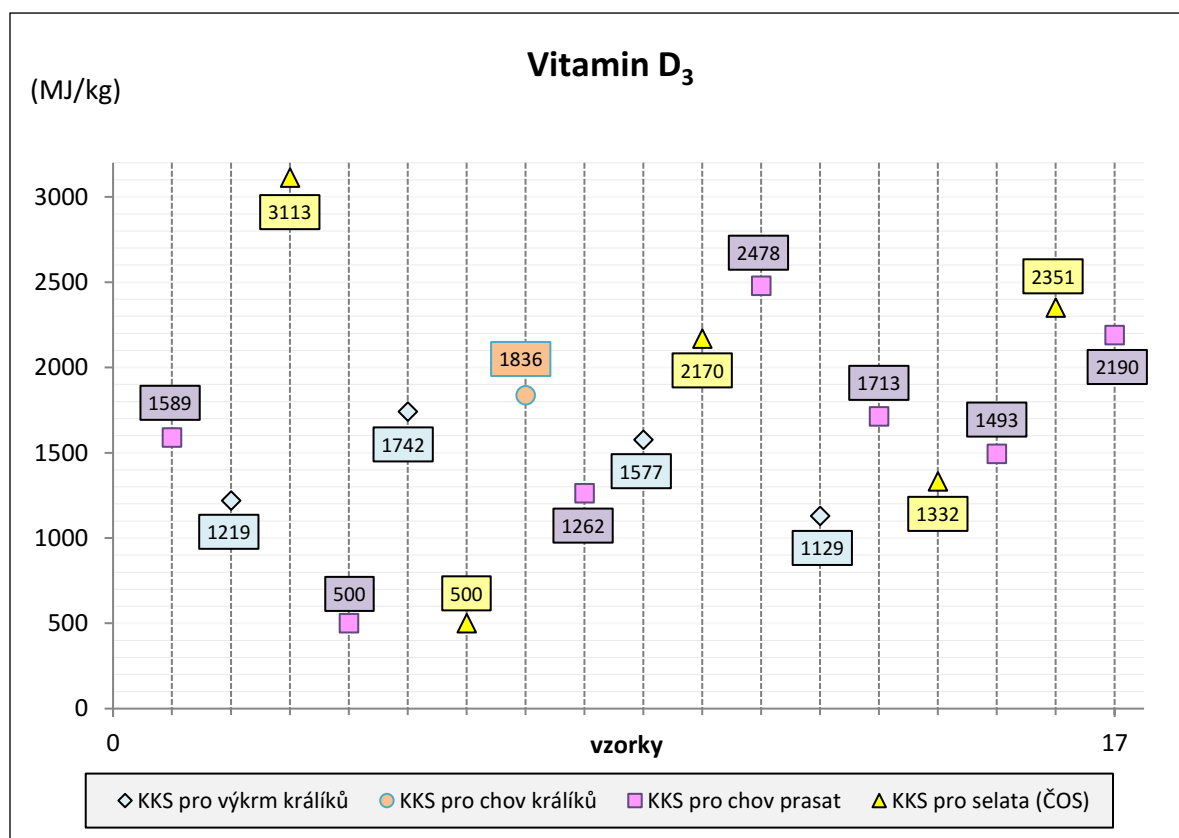
Obrázek 95 Obsah manganu v ostatních krmivech (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)



Obrázek 96 Obsah železa v ostatních krmivech



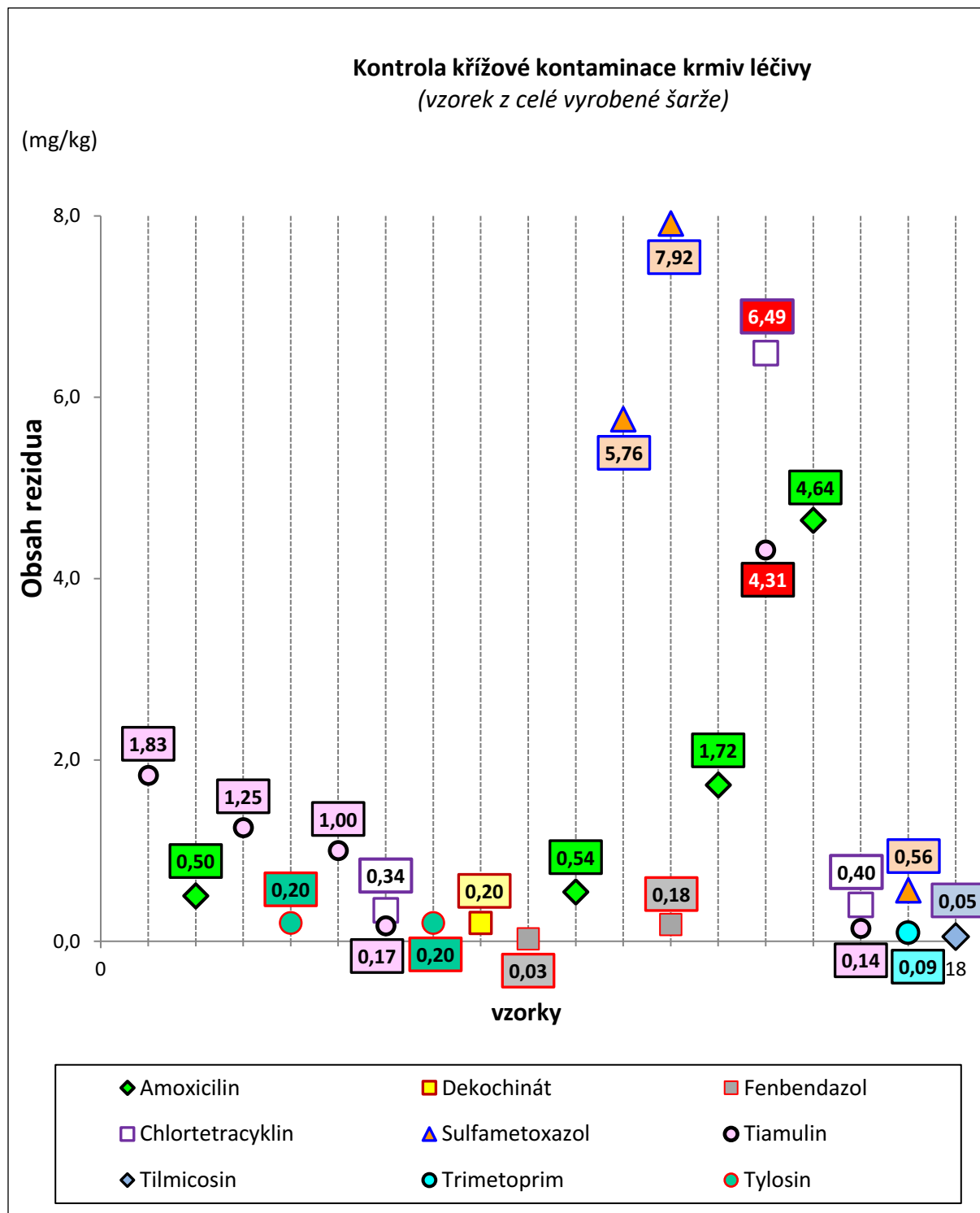
Obrázek 97 Obsah selenu v ostatních krmivech (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)**Obrázek 98** Obsah jódu v ostatních krmivech

Obrázek 99 Obsah vitamínu A v ostatních krmivech**Obrázek 100** Obsah vitamínu D₃ v ostatních krmivech

2.3.3 Cílená kontrola kontaminace krmiv léčivy

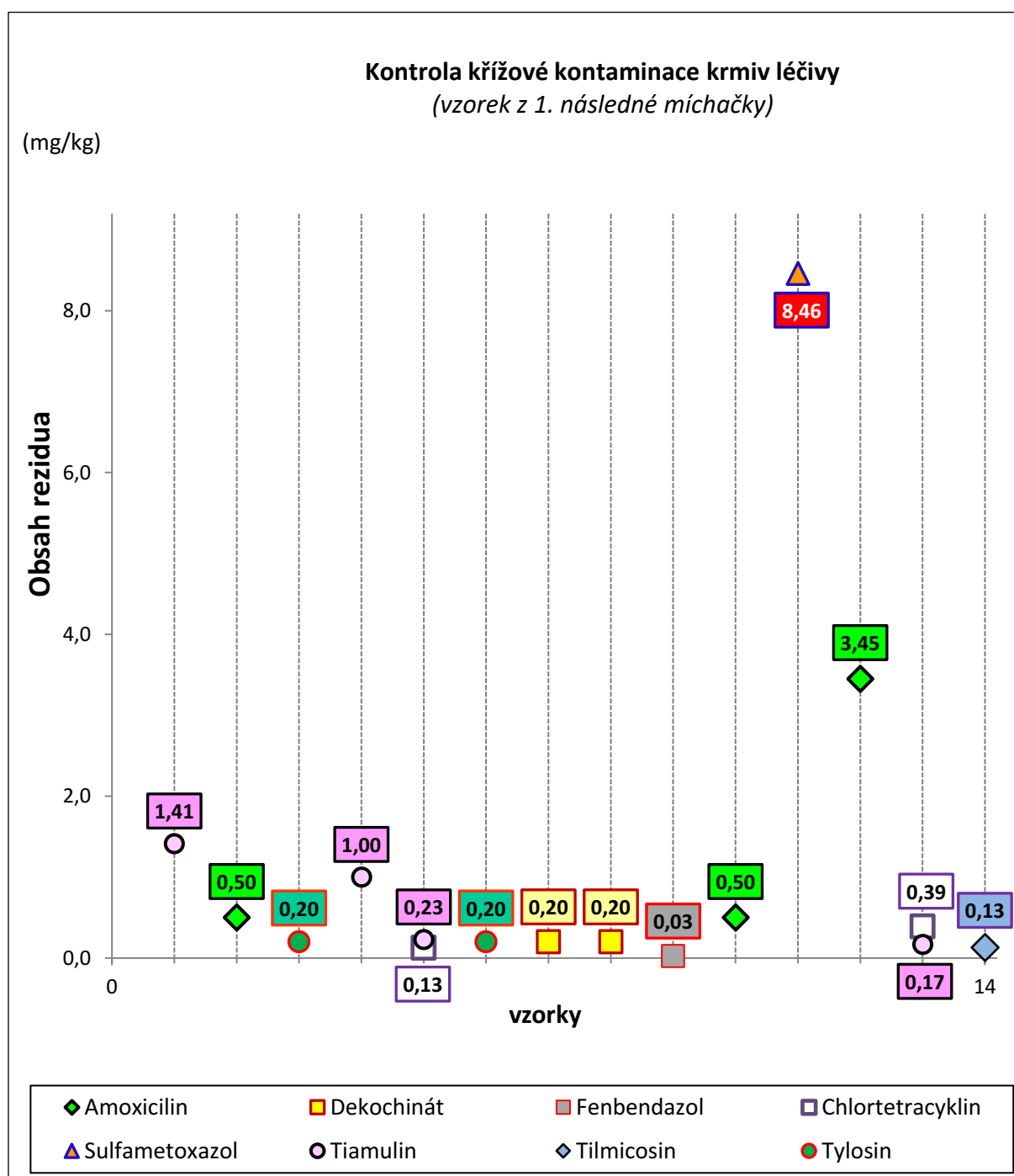
V rámci kontroly bylo prověřeno 18 vzorků šarží necílových krmiv (krmiv bez dávkování léčiva), vyrobených po výrobě medikovaných směsí. Jeden testovaný vzorek krmné směsi pro výkrm prasat nesplnil požadavky na bezpečnost překročením maximálních limitů obsahu reziduí chlortetracyklinu a tiamulinu.

Obrázek 101 Křížová kontaminace rezidui léčiv v celé partii následného krmiva (v červených polích hodnoty nevyhovujících vzorků)



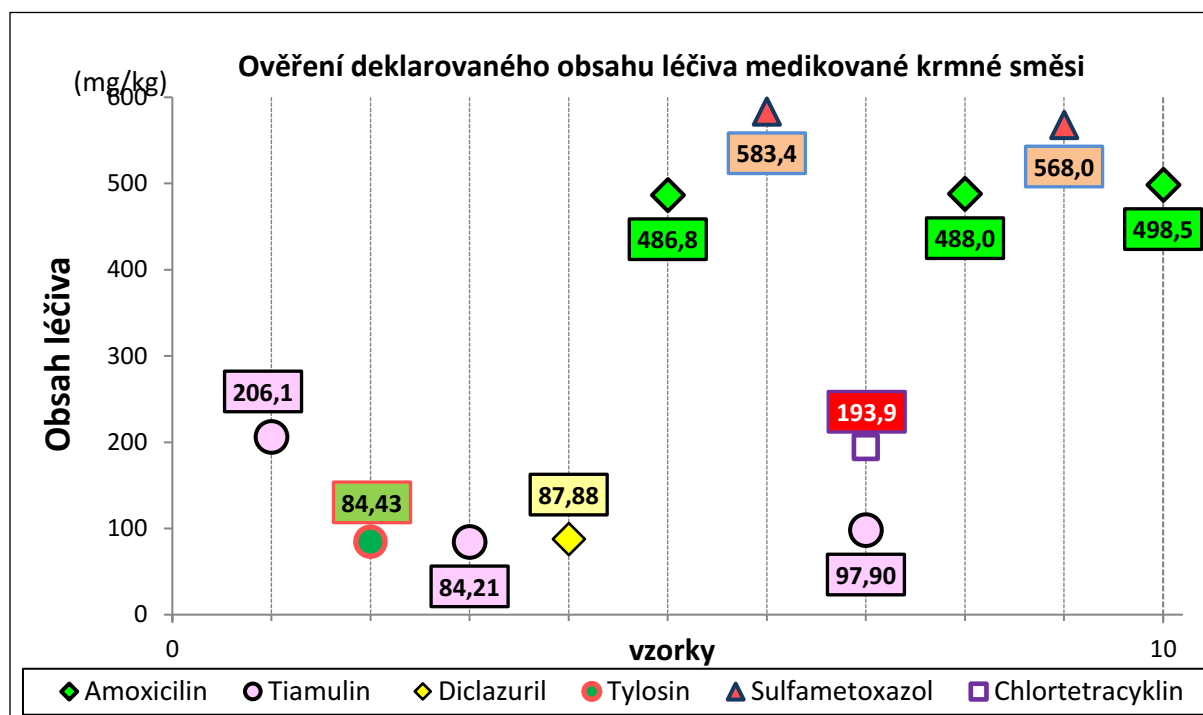
Rovněž byla sledována úroveň reziduí léčiv v první dávce homogenního krmiva, vyrobeného bezprostředně po medikované krmné směsi. Kontrola je zaměřena na posouzení účinnosti dekontaminačních opatření výrobce krmiv. Bylo analyzováno 14 vzorků krmiv. Závadný byl 1 vzorek kompletní směsi pro předvýkrm prasat, ve kterém byl překročen obsah reziduí sulfamethoxazolu. Výrobce krmiva úpravou dekontaminačního programu zvýšil a následně ověřil účinnost opatření pro eliminaci rizika křížové kontaminace krmiv.

Obrázek 102 Křížová kontaminace léčivy u vzorků krmiv z 1. míchačky (v červeném poli hodnota nevyhovujícího vzorku)

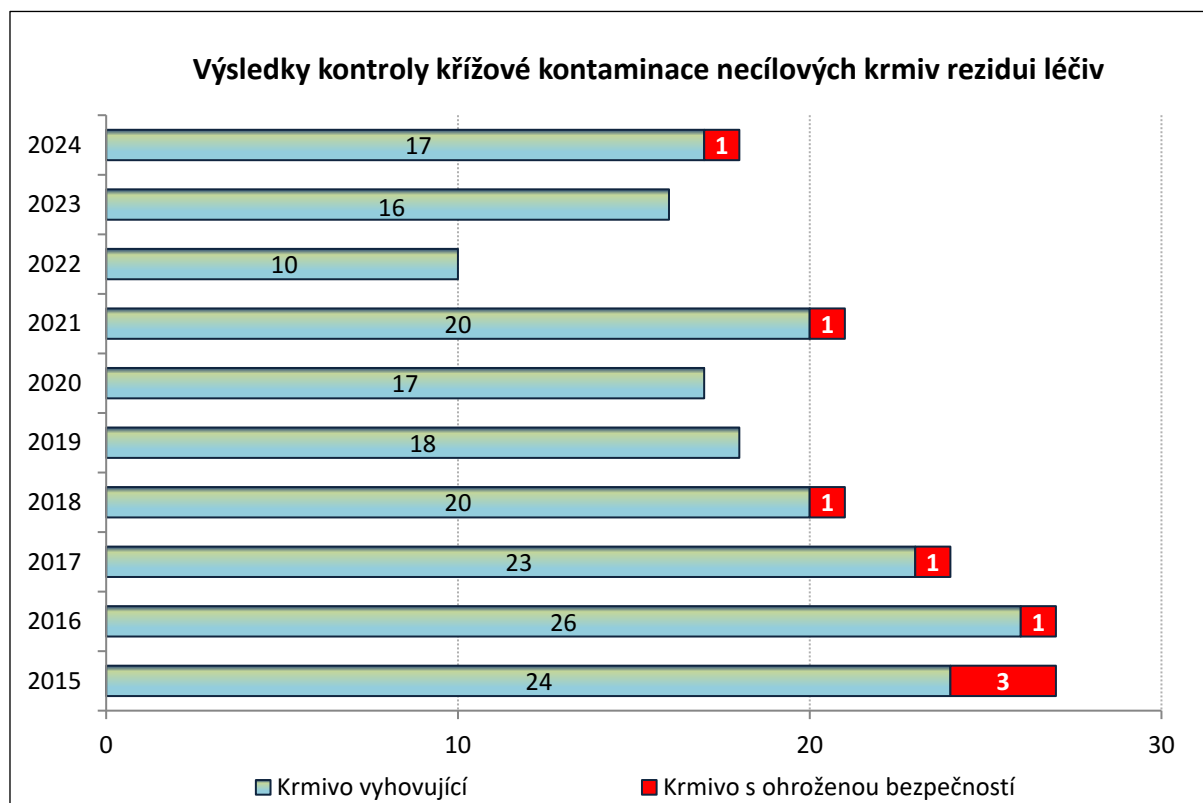


Za účelem ověření deklarovaného obsahu medikační látky bylo odebráno 10 vzorků vyrobených medikovaných krmných směsí. Jeden vzorek medikované krmné směsi pro výkrm prasat nevyhověl deklarovanému obsahu chlortetracyklinu.

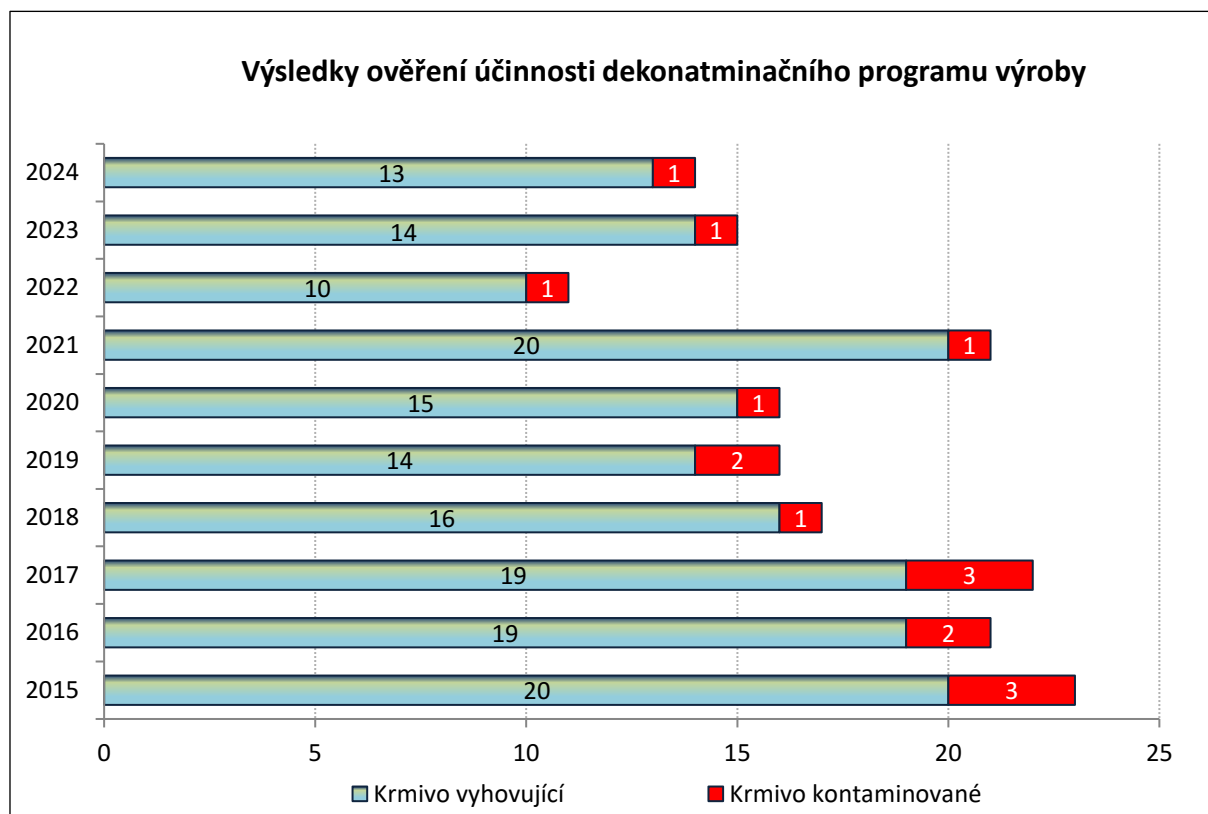
Obrázek 103 Ověření deklarovaného obsahu léčiva v medikované směsi



Obrázek 104 Výsledky kontroly křížové kontaminace necílových krmiv po medikaci v letech 2015–2024



Obrázek 105 Výsledky ověřování účinnosti dekontaminace výrobní linky po medikaci v letech 2015–2024

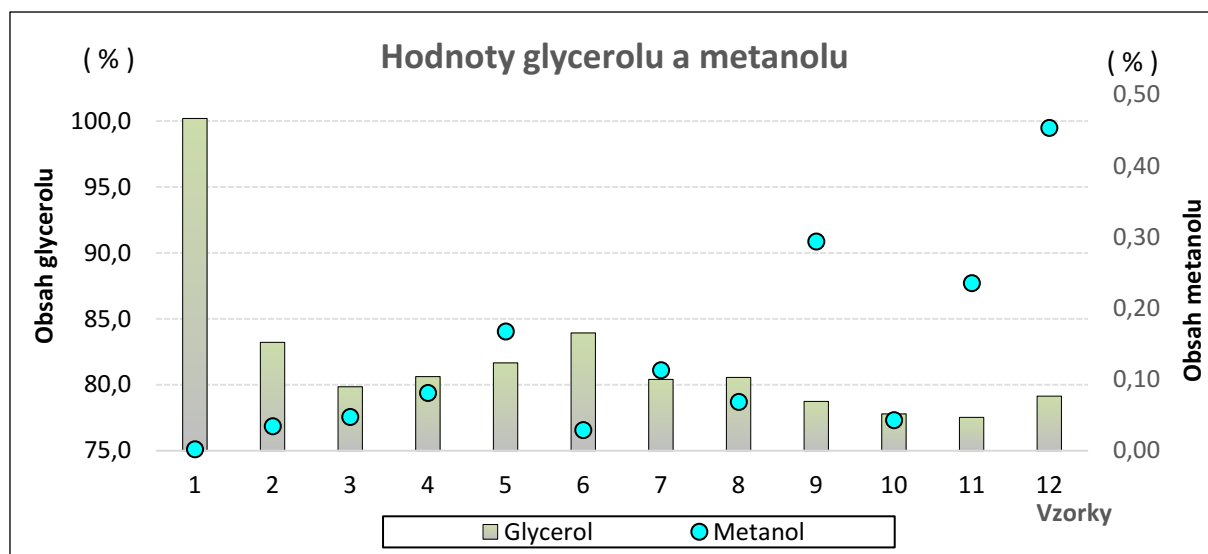


2.4 Sledování dalších bezpečnostních a jakostních ukazatelů

2.4.1 Cílená kontrola parametrů glycerolu, používaného jako krmná surovina

Bylo odebráno 12 vzorků surového glycerínu, u kterých bylo sledováno nepřekročení limitu obsahu metanolu a dodržení deklarovaného obsahu glycerolu. Všechny vzorky vyhověly maximálnímu limitu přítomnosti metanolu 0,5 % i deklarovanému obsahu glycerolu.

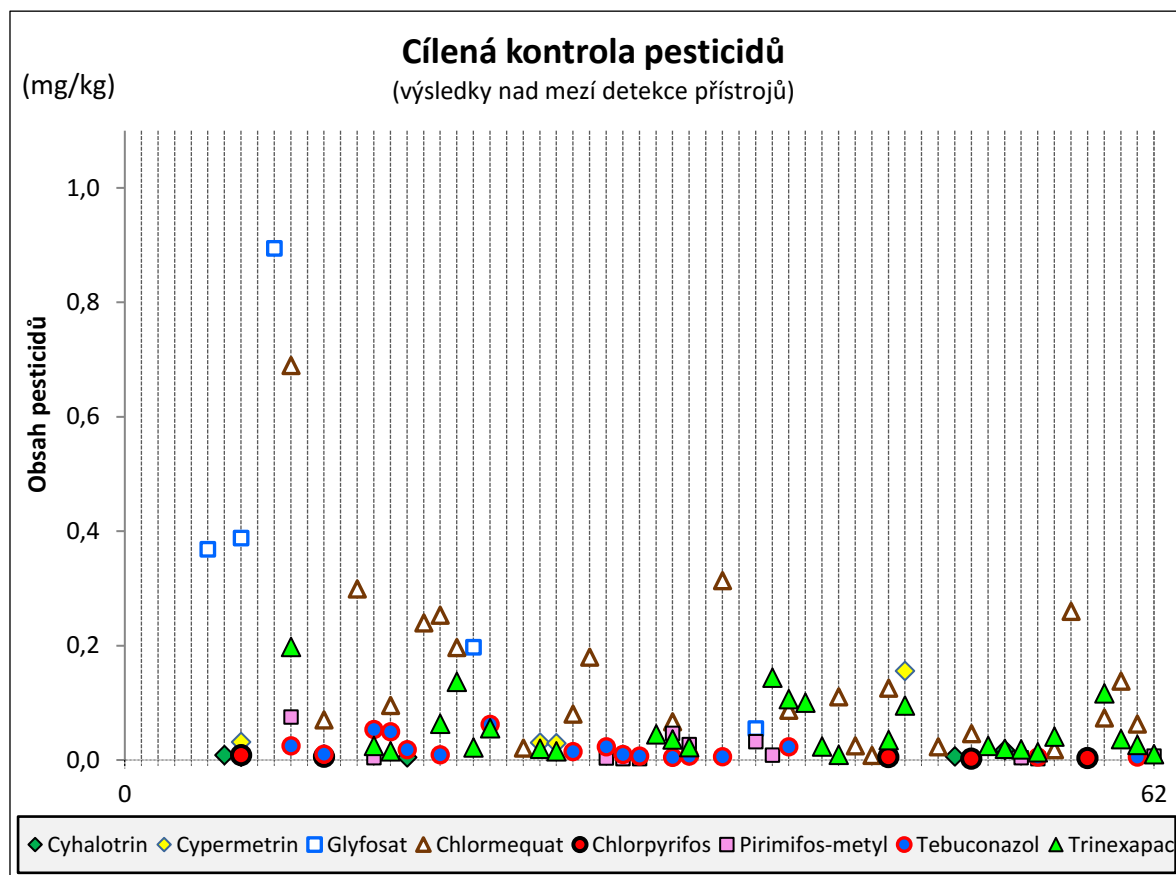
Obrázek 106 Zjištěný podíl glycerolu a metanolu v krmném glycerínu



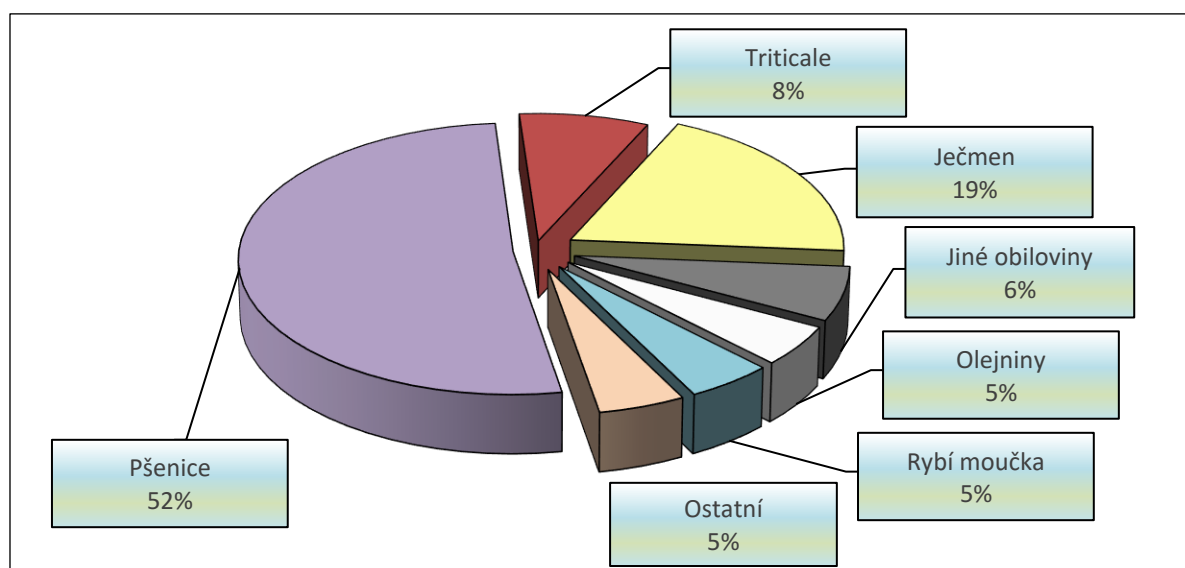
2.4.2 Cílená kontrola pesticidů

Laboratorně bylo prověřeno 62 vzorků krmných surovin, zejména obilovin. Byla sledována přítomnost 176 analytů různých účinných látek. Všechny vzorky vyhověly maximálním limitům reziduí pesticidů. Dva vzorky zrna pšenice byly zbožízněcky posouzeny jako nejakostní pro přítomnost živých skladištních škůdců.

Obrázek 107 Obsah vybraných pesticidů nad hranicí detekce přístrojů



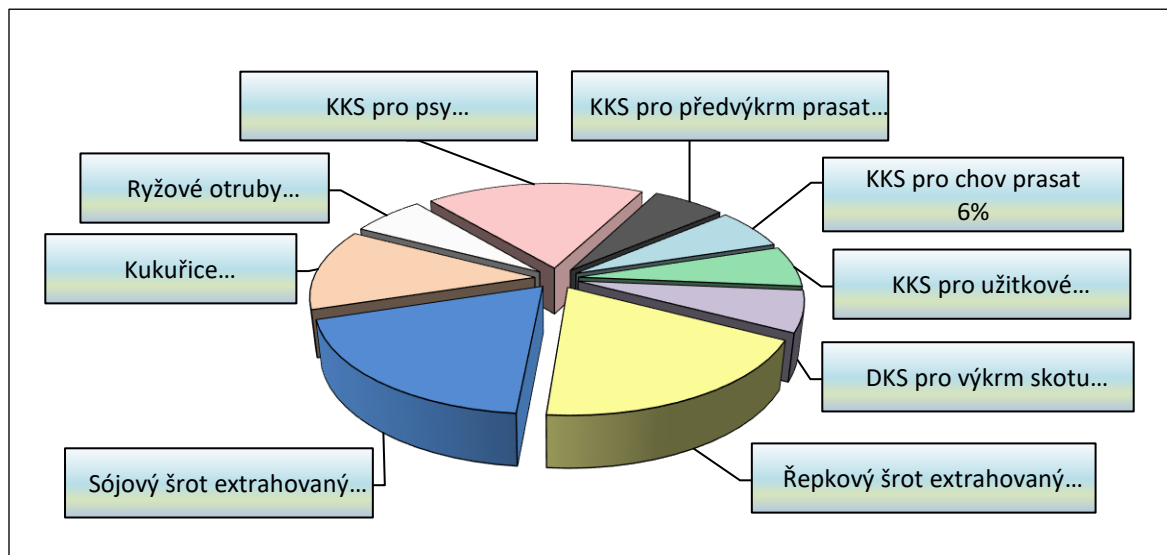
Obrázek 108 Zastoupení odebraných krmiv v rámci cílené kontroly reziduí pesticidů



2.4.3 Cílená kontrola přítomnosti a označování genetických modifikací v krmivech

V rámci kontroly se sleduje přítomnost povolených genetických modifikací, náležité označení krmiv obsahujících GM složky a rovněž nepřítomnost modifikací nepovolených. Cílenou kontrolu bylo odebráno 16 vzorků krmiv. Žádný nevyhovující výsledek nebyl zjištěn.

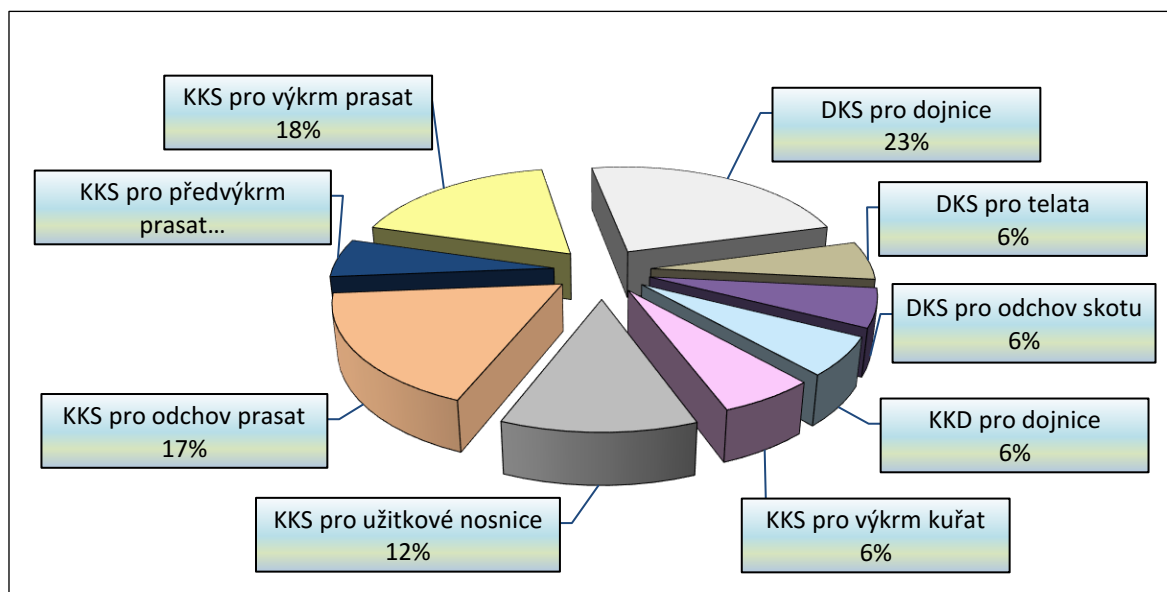
Obrázek 109 Zastoupení krmiv odebraných v rámci cílené kontroly přítomnosti GMO



2.4.4 Cílená kontrola výskytu zakázaných stimulátorů nebo inhibitorů růstu

Kontrolou bylo odebráno 17 vzorků kompletních nebo doplňkových krmných směsí pro hospodářská zvířata s cílem prověřit, zdali neobsahují nadlimitní množství nepovolených antibiotických stimulátorů. Všechny vzorky byly posouzeny jako vyhovující.

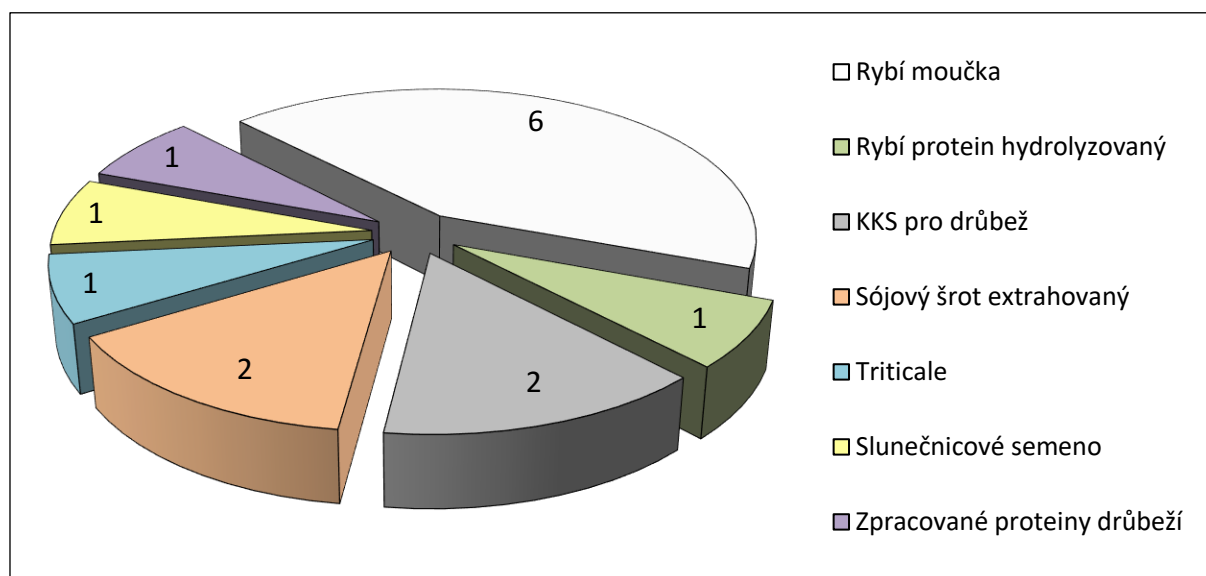
Obrázek 110 Odebraná krmiva pro ověření nepřítomnosti zakázaných stimulátorů růstu



2.4.5 Monitoring výskytu perfluoroalkylových sloučenin (PFAS)

Bylo analyzováno 14 vzorků krmiv pro zjištění obsahu nejrozšířenějších perfluorovaných a polyfluorovaných látek (PFAS). Jedná se o průmyslové sloučeniny, které jsou vlivem stabilní chemické vazby uhlíku a fluoru perzistentní v životním prostředí. Jejich negativní vliv na živé organismy je předmětem výzkumu, limity maximálního obsahu v krmivech v současnosti nejsou stanoveny. EFSA uvádí akceptovatelný humánní týdenní příjem PFOA, PFOS, PFNA a PFHxS v potravinách $4,4 \text{ ng.kg}^{-1}$ hmotnosti člověka.

Obrázek 111 Spektrum vzorkovaných krmiv v rámci monitoringu PFAS



Tabulka 32 Obsah sledovaných látek PFAS ve vybraných krmivech živočišného původu ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)

No.	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnDA	PFDoDA	PFTTrDA	PFHxS	PFOS
1.	0,1593	1,103	2,130	0,4247	0,5784	0,1051	0,2163	0,1602	4,350
2.	<0,050	0,2120	0,3195	0,1370	0,2659	0,05544	0,1393	<0,100	2,196
3.	<0,050	<0,100	0,2136	0,1802	0,4853	0,1256	0,2763	<0,100	1,324
4.	0,1074	0,2962	0,2588	0,1516	0,2759	0,07038	0,1412	0,1260	2,682
5.	0,1484	1,149	2,611	0,7311	0,9508	0,1611	0,2579	0,2570	6,879
6.	0,0632	0,1959	0,2534	0,1055	0,2326	0,07234	0,1617	<0,100	1,579
7.	<0,050	0,1041	0,1031	0,07912	0,1739	0,06238	0,1521	<0,100	0,5480
8.	<0,050	0,4775	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050

No.1-6 rybí moučka, No.7 rybí protein hydrolyzovaný, No.8 drůbeží moučka

2.5 Závěr

V roce 2024 ÚKZÚZ v rámci cílené kontroly a monitoringu krmiv prověřil celkem 572 vzorků krmiv. Z tohoto počtu bylo zbožíznalecky hodnoceno 558 vzorků, jako vyhovující bylo posouzeno 532 vzorků, nevyhovujících bylo zjištěno 26 vzorků (4,7 %) a nehodnoceno 14 vzorků (screening zatížení PFAS).

Zjištěním závady v souvislosti se zaměřením jednotlivých cílených kontrol bylo hodnoceno jako nevyhovující 9 vzorků krmiv (1,6 %). Z tohoto počtu bylo 5 partií krmiv s ohroženou bezpečností, u kterých ÚKZÚZ uložil zvláštní opatření pro zabránění jejich dalšího používání nebo uvádění na trh, 3 krmiva se závažnou nejakostí deklarovaných parametrů složení a 1 krmivo se zjištěnou křížovou kontaminací reziduem léčiva z předcházející výroby medikované směsi. Výrobci bylo uloženo zvláštní opatření zvýšit účinnost postupů prováděných pro eliminaci rizika křížové kontaminace necílových krmiv.

Mimo nevyhovujících výsledků parametrů, na které se provedené kontroly cíleně zaměřují, bylo na trhu zjištěno dalších 17 závadných krmiv. V 6 případech se jednalo o závažnou nejakost výrobku z důvodu výrazné odchylky od deklarovaného obsahu většího počtu ověřovaných analytů nebo napadení krmných surovin živými skladištními škůdci. Ostatních 11 nejakostních vzorků krmiv bylo hodnoceno na základě nižší odchylky zjištěného složení od deklarace uvedené v jejich označení.

V předcházejícím roce 2023 cílené kontrole a monitoringu ÚKZÚZ nevyhovělo ze souhrnného počtu 597 posouzených krmiv shodný počet 26 vzorků (4,4 %), s téměř totožnou četností a hierarchií stupňů závažnosti zjištěných porušení bezpečnosti a jakosti úředně odebraných krmiv jako v hodnoceném roce 2024. Současný stav lze hodnotit jako setrvalý, bez výrazných výkyvů.

V příštích letech bude ÚKZÚZ v kontrole výskytu zakázaných a nežádoucích látek u krmiv pokračovat. Zvýšená pozornost je trvale zaměřena na eliminaci rizika křížové kontaminace výroby krmiv po aplikaci kokcidiostatik nebo léčiv, aby byla prioritně zachována bezpečnost potravinového řetězce.