

**VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE**  
**Ústav chemie a analýzy potravin**

Technická 5, 166 28 Praha 6

tel.: 220 443 057 a 185; e-mail: jana.hajslova@vscht.cz; vladimir.kocourek@vscht.cz



**Monitoring ovoce a plodin v okolí letiště  
Praha – Ruzyně**

**Souhrnná technická zpráva  
(2005-2009)**

<i>Smlouva č.:</i>	ev. č. 436 99 065 z 1.9.2005 a dodatek č. 1 z června 2008 (č. VŠCHT 323615070)
<i>Zahájení projektu:</i>	15.07. 2005
<i>Zpráva za období:</i>	<b>01.01. 2009 - 31.10. 2009</b>
<i>Vydána dne:</i>	18.11. 2009
<i>Zadavatel:</i>	<b>Letiště Praha, a. s.</b>
<i>Pracoviště:</i>	<b>Vysoká škola chemicko-technologická v Praze</b> Ústav chemie a analýzy potravin
<i>Odpovědný řešitel:</i>	<b>Prof. Ing. Jana HAJŠLOVÁ, CSc., vedoucí laboratoře</b>
<i>Spoluřešitelé:</i>	Doc. Ing. Vladimír Kocourek, CSc.; Dr.Ing. Marie Suchanová, Ing. Lucie Drábová, Ing. Monika Černá

---

## OBSAH

I.	Cíl monitoringu.....	2
II.	Podmínky monitoringu.....	2
1.	Realizační pracoviště .....	2
2.	Vzorkovací plán, rozsah sledování vybraných škodlivin.....	2
3.	Výběr typu vzorků, monitorovaných lokalit a sledovaných škodlivin .....	2
III.	Výsledky monitoringu .....	7
1.	Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) .....	7
2.	Toxické kovy .....	27
3.	Zbytky paliva a těžké aromatické uhlovodíky .....	41
IV.	Závěry studie 2005 – 2009 .....	54
V.	Použité literární zdroje .....	55
VI.	Seznam zkratk .....	56
VII.	Přílohy .....	58

### Seznam příloh:

- Příloha 1: Osvědčení o akreditaci laboratoře (2009)  
Příloha 2: Monitoring ovoce a zemědělských plodin v okolí letiště Praha-Ruzyně – rozsah a postupy  
Příloha 3: Meteorologické podmínky v období vzorkování 2005 – 2009 (ČHMÚ-OLM) - *elektronicky*  
Příloha 4: Přehled nálezů sledovaných PAU a stopových prvků v trvalém travním porostu, jablkách, pšenici a listech jahodníku (tabulky)  
Příloha 5: Databáze výsledků monitoringu 2005 - 2009 (*elektronicky v Excelovém formátu*)  
Příloha 6: Fotodokumentace odběrových lokalit (*elektronicky v komprimovaném formátu jpeg*)

## I. Cíl monitoringu

Cílem monitoringu je zhodnocení potenciálního vlivu Letiště Praha Ruzyně na znečištění ovoce, plodin a krmiv pěstovaných na území okolních obcí v souvislosti s jeho provozem.

Pro naplnění tohoto cíle je od roku 2005 realizováno systematické zjišťování povahy a míry kontaminace vybraných (bioindikátorových) plodin a krmiv v bezprostředním okolí letiště Praha.

## II. Podmínky monitoringu

### 1. Realizační pracoviště

Studie byla realizována laboratoří Ústavu chemie a analýzy potravin (vedoucí Prof. Ing. Jana Hajšlová, CSc.). Tato laboratoř má od roku 1999 zaveden funkční systém managementu jakosti podle mezinárodní normy ČSN EN ISO/IEC 17025 a je pravidelně akreditována Českým institutem pro akreditaci jako akreditovaná zkušební laboratoř č. 1316.2. Poslední re-akreditace proběhla v počátku roku 2009. Kopie platného akreditačního osvědčení je v [Příloze 1](#).

### 2. Vzorkovací plán, rozsah sledování vybraných škodlivin

Plán vzorkování a rozsah sledování cílových kontaminujících látek (vybraných škodlivin) je popsán v [Příloze 2](#), která byla zpracována ještě před zahájením monitoringu a odsouhlasena zadavatelem. Pro rok 2008 byl plán vzorkování na žádost zadavatele rozšířen o další lokalitu (BAB), která zahrnuje oblast od severního okraje Červeného vrchu přes Hanspaulku až ke zřícenině na Babě.

Pro samotné odběry vzorků jsou k dispozici podrobné standardizované postupy vzorkování jednotlivých materiálů, včetně meteorologických podmínek a podmínek pro přepravu a uchování vzorků. Jednotlivé typy vzorků jsou pro přehlednost označovány třímístnými kódy, jejichž přehled je uveden v [seznamu zkratk](#).

Stanovený plán vzorkování a odběrové postupy byly v praxi dodrženy a nebyly zaznamenány žádné významnější odchylky. Byly odebrány všechny plánované vzorky v počtu stanoveném pro jednotlivé lokality. Spolupráce se zástupci dotčených obcí byla bezproblémová.

### 3. Výběr typu vzorků, monitorovaných lokalit a sledovaných škodlivin

Výběr druhu vzorků, lokalit a cílových látek (škodlivin) byl předmětem vstupní dokumentace v [Příloze 2](#). Analýzy těkavých látek byly na základě aktuálních výsledků od roku 2007 doplněny o kvantitativní stanovení skupiny látek označovaných jako BTEX (benzen, toluen, ethylbenzen, xylen). Navíc byl též proveden necílový screening obdobných těkavých látek, které by potenciálně mohly indikovat stopy leteckého paliva pronikajícího do ekosystému.

Jako tzv. kontrolní lokality byly v průběhu akce zvoleny lokality v oblasti Jílového u Prahy a na jižním okraji Rynholce, kde je vliv letecké dopravy velmi omezený.

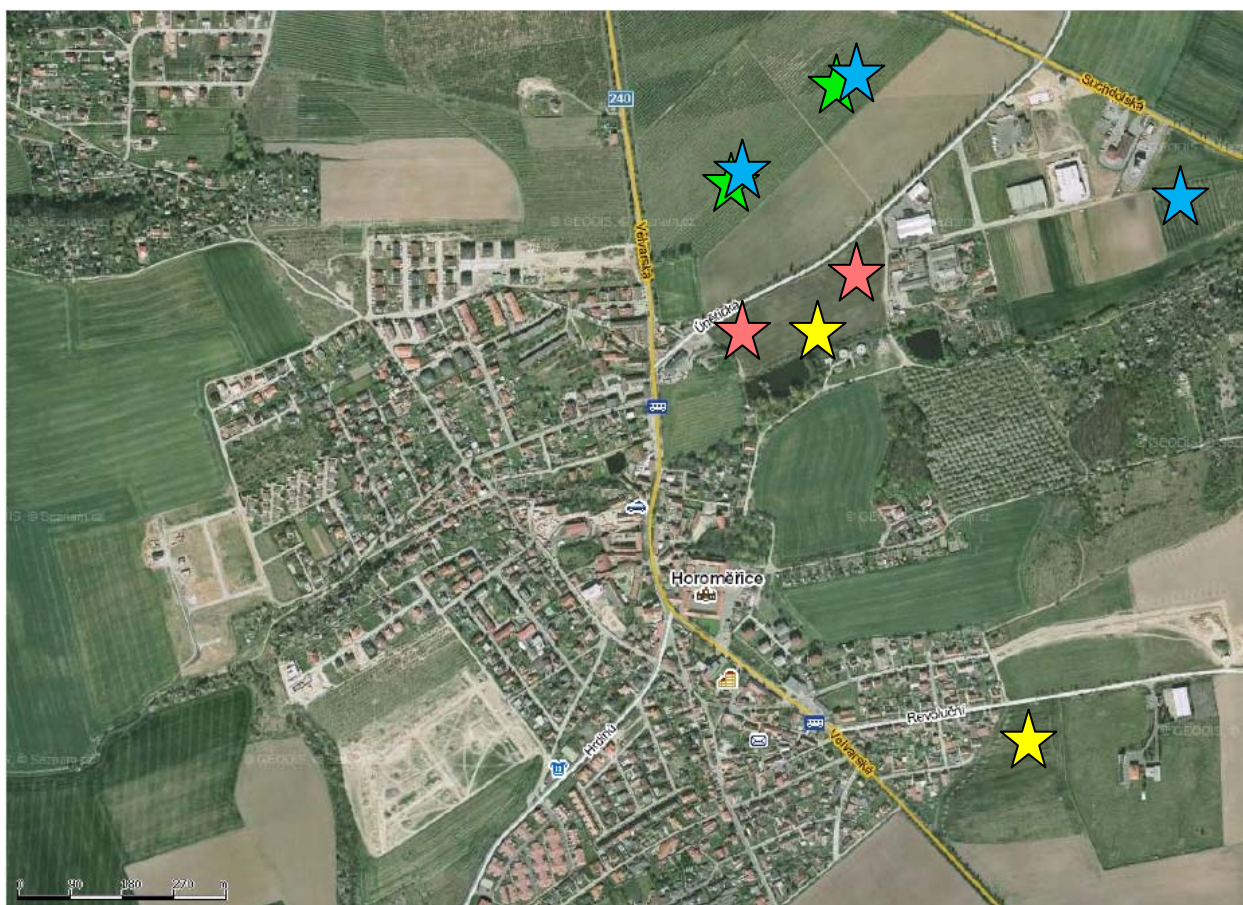
V [Příloze 3a a 3b](#) je přehled meteorologických údajů ve vzorkovacích sezonách 2005 až 2009 s vyznačením dní odběru. Kromě přehledu teplot, slunečního svitu a srážek jsou k dispozici také údaje o frekvenci směru a rychlosti větru. Tyto údaje předal zadavatel monitoringu a byly

naměřeny v prostoru letiště Praha (přesná lokalizace uvedena). Červenec 2009 byl z hlediska průměrných teplot, srážek a doby slunečního svitu plně srovnatelný s červencem 2008 a 2007, odběry byly prováděny při teplotách mírně nadprůměrných. Srpen 2009 byl však oproti stejnému období 2008 poněkud teplejší, s poněkud vyšší délkou slunečního svitu a jen s minimem srážek (úhrn činil 23 mm oproti 69 mm v srpnu 2008, 82 mm v srpnu 2008, případně 96 mm v srpnu 2007).

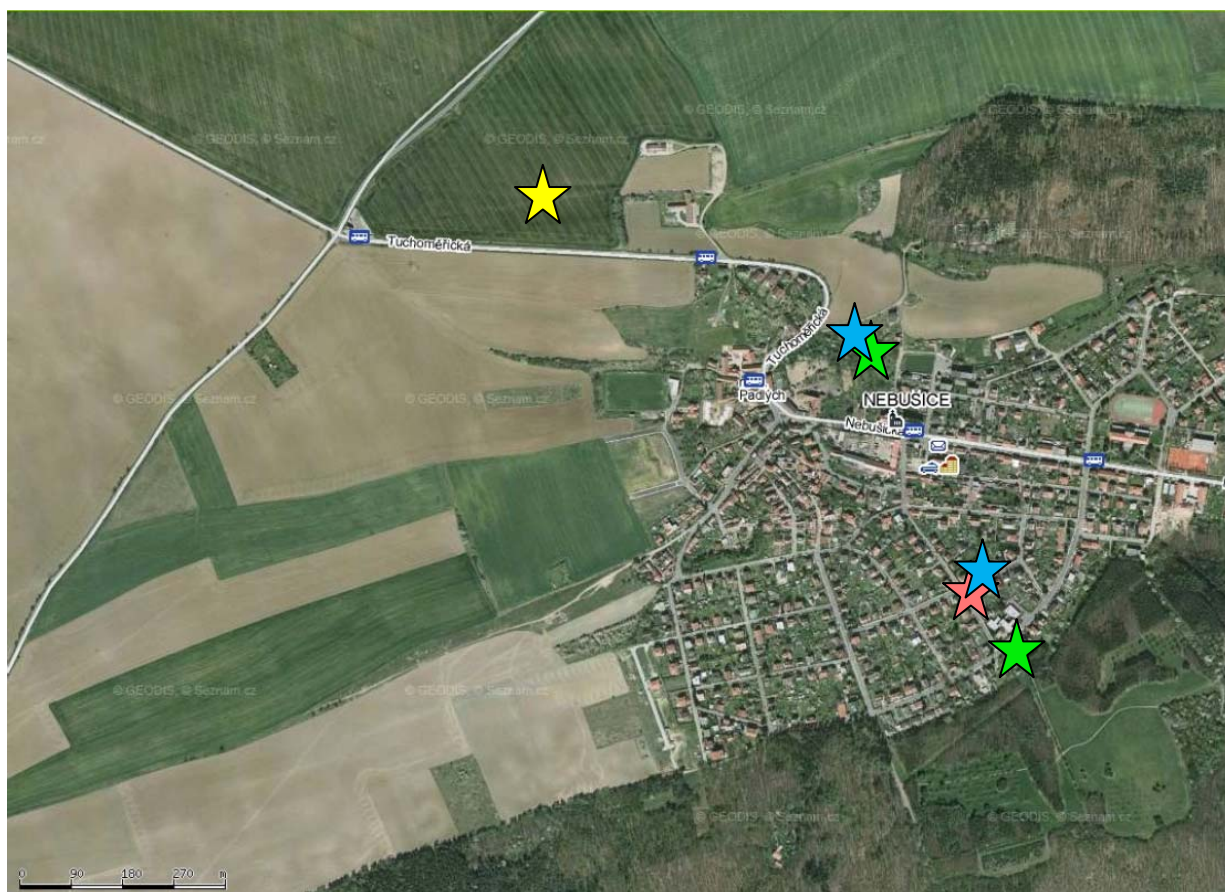
Rozmístění vzorkovaných lokalit je zřejmé z **Obrázků 1a až 1g**. U jednotlivých odběrních bodů jsou pro orientaci barevně vyznačeny vzorkované plodiny. Vzájemné vzdálenosti v rámci katastrálního území jedné obce jsou (vzhledem k předpokládanému rozptylu škodlivin) relativně malé. Používané plné kódy lokalit sestávají z pořadového čísla odběrního bodu a zkratky obce – viz [Seznam zkratk](#). V jednotlivých letech se lokalizace odběrových míst významněji neměnila, drobné změny byly odůvodněny změnou stanoviště konkrétních plodin. Vzdálenosti mezi původním a novým bodem byly vždy řádově v desítkách až stovkách metrů, což je z hlediska interpretace výsledků ve vztahu k atmosférickému znečištění nevýznamné.

Lokalizace jednotlivých míst odběru vzorků je provedena pomocí zeměpisných souřadnic v systému WGS 84 (pro určení souřadnic byly použity internetové mapy Geodis Brno, s.r.o.) – viz [Příloha 5](#).

V místech odběru vzorků byla rovněž pořizována fotodokumentace, která je uložena v komprimovaném formátu jpeg - viz [Příloha 5 a 6](#). V názvu příslušného souboru s digitálními fotografiemi je vždy pořadové číslo lokality, kód obce nebo letiště a kód plodiny.



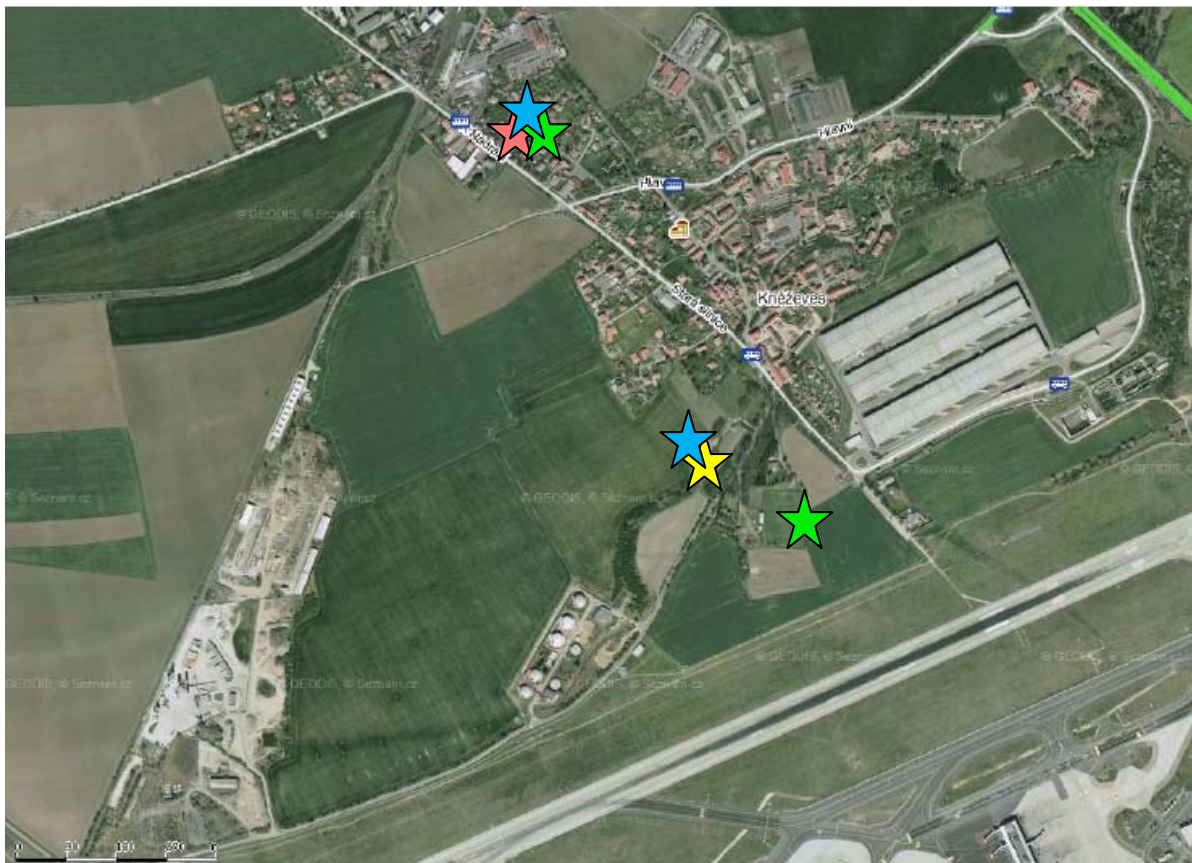
**Obrázek 1a:** Orientační mapa odběru vzorků v **Horoměřicích**; přesná lokalizace viz [Příloha 5](#).  
Vysvětlivky: žlutá- pšenice; modrá- jablka; zelená – travní porost; červená – listy jahodníku.



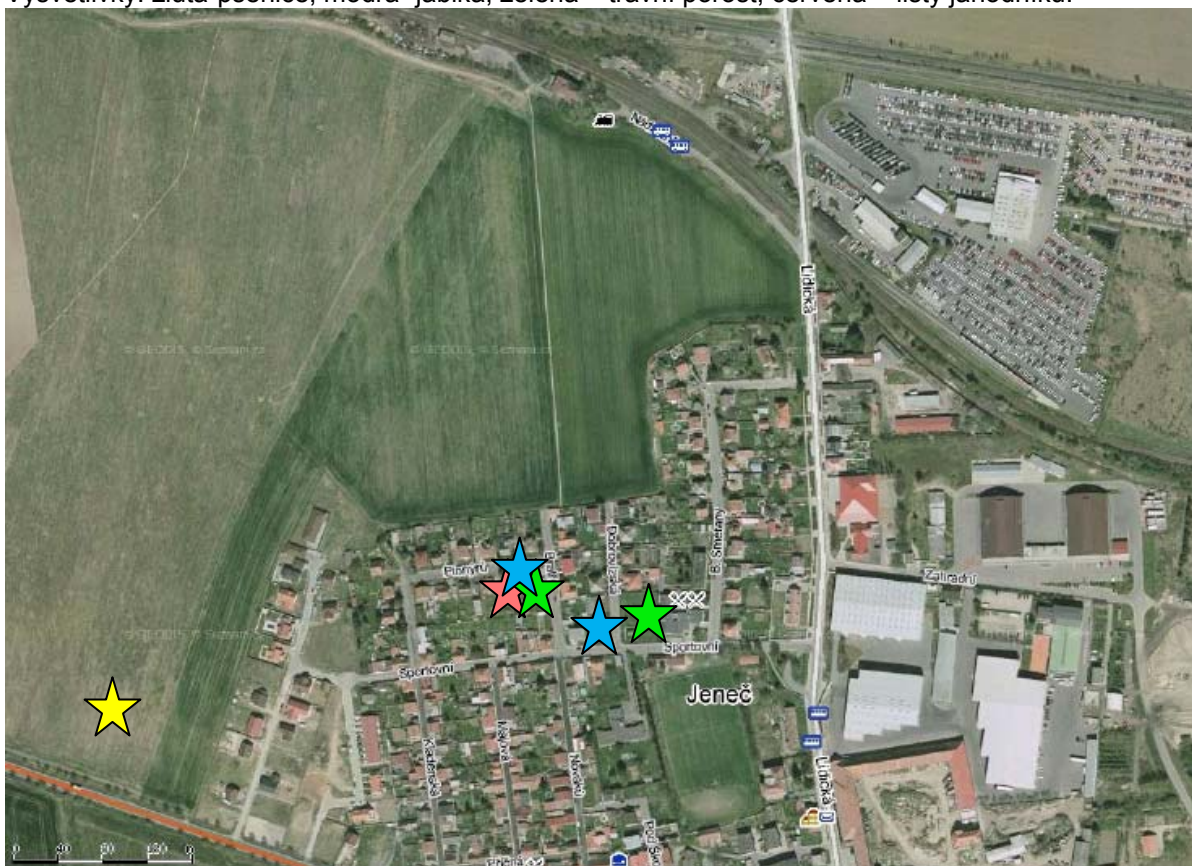
**Obrázek 1b:** Orientační mapa odběru vzorků v **Nebušicích**; přesná lokalizace viz [Příloha 5](#)).  
Vysvětlivky: žlutá-pšenice; modrá- jablka; zelená – travní porost; červená – listy jahodníku.



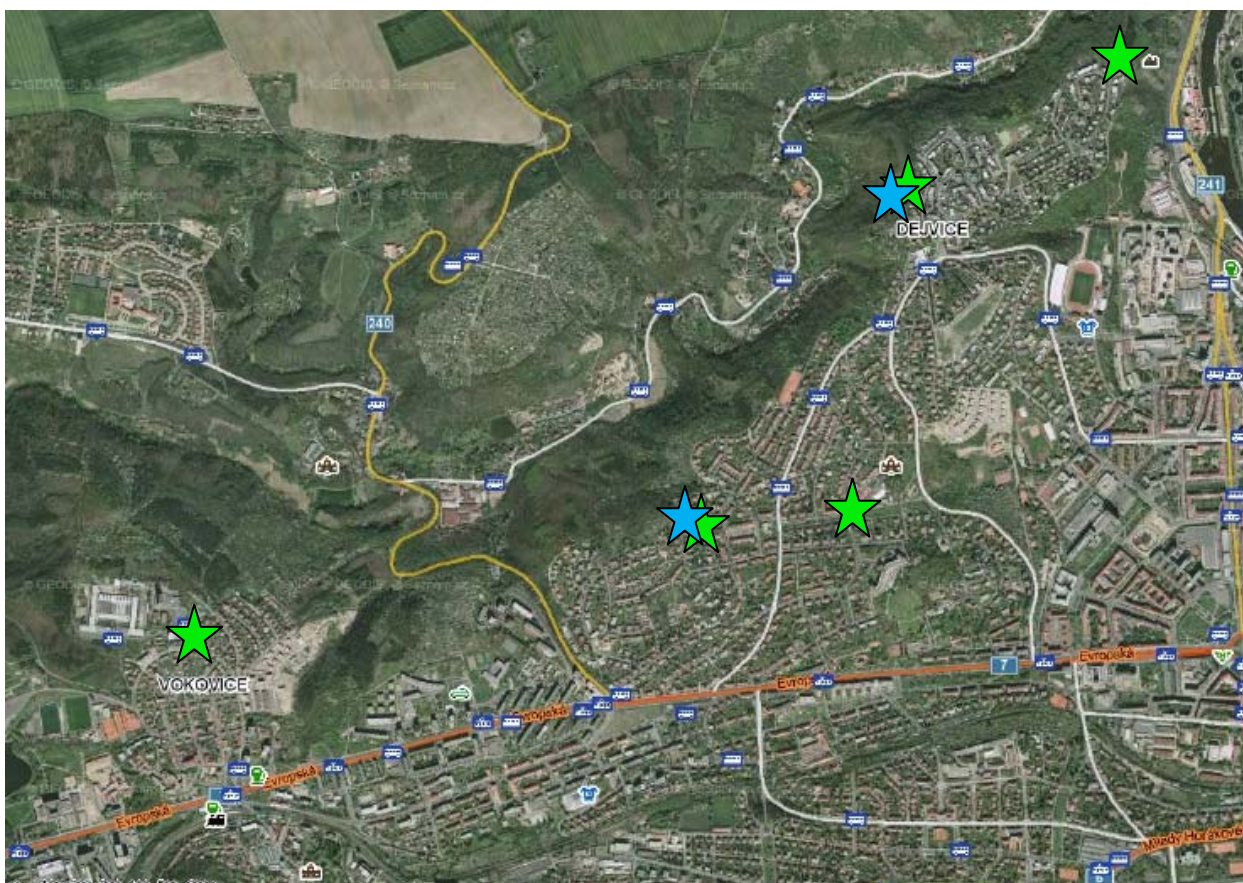
**Obrázek 1c:** Orientační mapa odběru - **Přední Kopanina**; přesná lokalizace viz [Příloha 5](#)).  
Vysvětlivky: žlutá-pšenice; modrá- jablka; zelená – travní porost; červená – listy jahodníku.



**Obrázek 1d:** Orientační mapa odběru - Kněžves; přesná lokalizace viz [Příloha 5](#)).  
Vysvětlivky: žlutá-pšenice; modrá- jablka; zelená – travní porost; červená – listy jahodníku.



**Obrázek 1e:** Orientační mapa odběru - Jeneč; přesná lokalizace viz [Příloha 5](#)).  
Vysvětlivky: žlutá-pšenice; modrá- jablka; zelená – travní porost; červená – listy jahodníku.



**Obrázek 1f:** Orientační mapa odběru – Baba-Hanspaulka-Č.vrch; přesná lokalizace viz [Příloha 5](#)).  
Vysvětlivky: modrá- jablka; zelená – travní porost



**Obrázek 1g:** Orientační mapa odběru – areál Letiště Praha; přesná lokalizace viz [Příloha 5](#)).  
Vysvětlivky: žlutá- pšenice; modrá- jablka; zelená – travní porost

### III. Výsledky monitoringu

Podrobný přehled charakteristických vlastností sledovaných polutantů, možných emisních zdrojů, toxicity, pohybu v životním prostředí a koncentracích nalézáných na vegetaci byl zpracován v úvodní zprávě z r. 2005. Aby však tato zpráva mohla být využívána bez potřeby vracet se ke zprávě minulé, jsou dále některé skutečnosti významné pro interpretaci naměřených údajů zopakovány v kapitolách věnovaných přehledu problematiky u jednotlivých skupin kontaminantů.

#### 1. Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

##### 1.1 Přehled problematiky

S úrovní kontaminace atmosféry, do níž jsou PAU primárně emitovány a která představuje hlavní transportní medium pro většinu polutantů uvolňovaných do našeho prostředí, úzce souvisí hladiny PAU nacházené v půdě, vegetaci, vodě a v sedimentech.

Pro sledování imisní zátěže těmito environmentálními kontaminanty lze využít celou řadu různých typů aktivních vzorkovacích zařízení pro odběr ovzduší, kde se aktuální koncentrace škodlivin měří v definovaném objemu nasátého vzduchu. Namísto nákladného aktivního vzorkování atmosféry (které stejně odráží jen okamžitý stav a nikoli dlouhodobou zátěž prostředí) lze využít tzv. pasivní vzorkovače, tvořené povrchy rostlinných matric. Použití vegetace jako bioindikátoru znečištění atmosféry PAU má několik výhod; zejména možnost vzorkování stejného typu matric v různých lokalitách nám umožňuje porozumět transportním procesům, které probíhají v atmosféře. Důležitý je i fakt, že rostliny (zemědělské plodiny) jsou klíčovou složkou potravního řetězce člověka, a informace o jejich zátěži tak indikuje možnou míru expozice populace environmentálními polutanty a s tím spojená zdravotní rizika.

Nejvýznamnější fyzikálně-chemické vlastnosti pro 16 "prioritních" PAU podle US EPA (Agentury pro ochranu životního prostředí, USA), definované pro teplotu 25 °C, jsou uvedeny v **Tabulce I**. Těchto 16 PAU bylo v roce 1976 uvedeno US EPA jako prioritní pro stanovení v odpadních vodách a později se tento soubor 16 PAU začal používat i při monitorování ovzduší, půdy a biotických složek prostředí. Z této skupiny nejsou do sledování zátěže potravních řetězců většinou zařazovány těkavé dvou- a tříjaderné PAU (Naph, Ace, Acy, Fln), které jsou toxikologicky méně závažné.

Nízkomolekulární PAU jsou těkavější než poměrně stabilní vysokomolekulární. Pohyblivost PAU v prostředí opět souvisí s jejich molekulovou hmotností. PAU s nižší molekulovou hmotností jsou v prostředí poměrně pohyblivé, zatímco PAU s molekulovou hmotností vyšší jsou vzhledem k vyšším molekulovým objemům a extrémně nízké těkavosti a rozpustnosti relativně nepohyblivé.

Dominantním zdrojem PAU v našem prostředí jsou emise, které pocházejí z různých antropogenních aktivit. Anthropogenní zdroje PAU je možné rozdělit na mobilní, kde hlavní příspěvek tvoří emise z benzínových a dieslových motorů a stacionární, mezi které je možné zařadit celou škálu spalovacích procesů zahrnujících domácí topeniště, spalování odpadů a výrobu elektrické energie a průmyslové aktivity (výroba hliníku, koku a železa, zpracování ropy). Složení emisí PAU z dopravních prostředků je závislé zejména na typu motoru, provozních podmínkách a složení paliva. Obsah PAU v palivech a motorových olejích se často pohybují až na hladinách mg/kg. Ačkoli největší podíl na emisích z mobilních zdrojů mají spalovací motory, PAU se dostávají do prostředí také vlivem opotřebení asfaltových vozovek, pneumatik a olejových náplní motorů vozidel.

Jak ve městech, tak ve venkovských oblastech významně přispívají ke kontaminaci ovzduší PAU domácí topeniště na tuhá paliva, která v kamnech a kotlích hoří často nedokonale za tvorby velkého množství sazí bohatých na PAU. Tento zdroj je dosud významně rozšířen a je obtížně kontrolovatelný. Česká republika patří k zemím Evropy s nejvíce znečištěným životním prostředím zejména díky tomu, že spalováním uhlí, které je zde hlavním zdrojem energie, jsou do prostředí emitována velká množství PAU.



Polycyklické aromatické uhlovodíky patří mezi první atmosférické polutanty, u kterých byl zjištěn karcinogenní potenciál.

Vzhledem k tomu, že PAU se v prostředí vyskytují vždy jako komplexní směs látek, je organismus vystaven většinou působení více než jednoho reprezentanta této skupiny. Hlavním zdrojem nejistoty posouzení rizika expozice PAU je nekompletnost dat o toxicitě jejich směsí. V praxi se dnes někdy využívá obdobná strategie, která byla zavedena pro hodnocení toxicity směsi PCB. Vychází se ze zjednodušujícího předpokladu o podobnosti toxického účinku chemicky příbuzných látek jedné skupiny. Tento model faktoru ekvivalentní toxicity  $f_{TEF}$  kalkuluje s aditivním efektem daných komponent a s vyjádřením tohoto účinku jako ekvivalentního množství toxického benzo[a]pyrenu (referenční látky s dobře popsáním karcinogenním účinkem a mechanismem působení). Jednoduchý vztah pak umožní kalkulovat toxicitu různých směsí PAU jako tzv. ekvivalent toxicity  $f_{TEQ}$ :

$$f_{TEQ} = \sum w_{PAU,i} \cdot f_{TEF,i}$$

kde  $w_{PAU,i}$  je obsah příslušného PAU a  $f_{TEF,i}$  je ekvivalentní faktor toxicity pro příslušný PAU. Teoretické hodnocení toxicity PAU pomocí  $f_{TEF}$  je závislé na mnoha faktorech. Toxicita PAU může být ovlivněna konečným stavem působení PAU – *in vivo* nebo *in vitro*, dále aditivními efekty způsobenými možnými interakcemi mezi jednotlivými PAU ve směsi, kdy případná interakce může záviset na množství (koncentraci) PAU, ale i na době působení. Vzájemné interakce mezi PAU mohou být ovlivněny přítomností některé specifické sloučeniny a slabě karcinogenního nebo nekarcinogenního PAU (např. fluoranthenu a pyrenu), která mohou jak podporovat, tak inhibovat toxicitu směsi PAU. V **Tabulce II** jsou uvedeny hodnoty  $f_{TEF,i}$  získané z některých studií zabývajících se posuzováním toxicity jednotlivých PAU. Nejsilnějšími karcinogeny mezi PAU jsou tedy benzo[fluoranthenu], benzo[a]pyren, benz[a]anthracen, dibenz[a,h]anthracen a indeno[1,2,3-cd]pyren. Aby došlo k projevu jejich latentního karcinogenního potenciálu, je však nutné PAU podrobit metabolické konverzi a aktivaci.

PAU inkorporované do jednotlivých složek terestrického ekosystému, se nechovají staticky, ale mohou podléhat řadě změn. K jejich přeměně či pohybu může docházet různými procesy, mezi něž patří biodegradace, chemická transformace, fotolýza, vytěkání, vylouhování a metabolismus. Pro komplexní charakterizaci osudu PAU v životním prostředí je tedy nutné nejenom zjištění vlastní zátěže (obsahu sledovaného analytu), ale i znalost výše zmíněných zákonitostí osudu polutantů v prostředí.

Zátěž prostředí PAU je reprezentována celkovým množstvím PAU přítomným ve všech jeho složkách a zároveň představuje souhrn profilů PAU emitovaných ze všech jejich možných zdrojů. PAU ve většině případů vstupují do prostředí jako složky směsí. Charakter zátěže se mění v závislosti na zdroji znečištění, vzdálenosti od tohoto zdroje a v závislosti na orografii. Atmosférická depozice představuje hlavní cestu pro přestup PAU do terestrického ekosystému a atmosféra je také hlavním transportním médiem PAU v prostředí.

Rozdělení PAU podle počtu aromatických jader uvádí **Tabulka III**.

Tabulka I: Přehled fyzikálně-chemických vlastností PAU spolu s jejich dalšími charakteristikami; zkratky – viz seznam (str. 56)

PAU	CAS <sup>a)</sup>	Sumární vzorec	Počet aromatických jader	Molární hmotnost (g/mol)	Bod tání (°C)	Bod varu (°C)	Rozpustnost ve vodě (g/m <sup>3</sup> ) <sup>b)</sup>	log K <sub>ow</sub> <sup>b)</sup>	Tenze par (Pa) <sup>b)</sup>	Henryho konstanta (Pa.m <sup>3</sup> /mol) <sup>b)</sup>	log K <sub>OA</sub> <sup>b)</sup>
Naph	91-20-3	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	2	128,17	80	218	31,69	3,37	10,4	43,01	5,13
Ace	83-32-9	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub>	3	154,21	95	279	3,8	4,00	0,3	12,17	6,21
Acy	208-96-8	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub>	3	152,12	92	265-275	3,93	4,07	0,9	8,4	-
Fin	86-73-7	C <sub>13</sub> H <sub>10</sub>	3	166,22	116	295	1,98	4,18	0,09	7,87	6,68
Phe	85-01-8	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	3	178,23	101	340	1,1	4,57	0,02	3,24	7,47
Ant	120-12-7	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	3	178,23	216	342	0,0446	4,54	0,001	3,96	7,34
Fit	206-44-0	C <sub>16</sub> H <sub>10</sub>	4	202,26	111	375	0,26	5,22	0,00123	1,04	8,88
Pyr	129-00-0	C <sub>16</sub> H <sub>10</sub>	4	202,26	156	360	0,132	5,18	0,0006	0,92	8,61
B[a]A	56-55-3	C <sub>18</sub> H <sub>12</sub>	4	228,29	160	435	0,011	5,91	2,8x10 <sup>-5</sup>	0,581	9,52
Chr	218-01-9	C <sub>18</sub> H <sub>12</sub>	4	228,29	255	448	0,0018	5,75	5,7x10 <sup>-3</sup>	0,0122	10,42
B[b]F	205-99-2	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	5	252,32	168	481	0,0012	6,57	6,6x10 <sup>-5</sup>	-	10,17
B[k]F	207-08-9	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	5	252,32	217	481	0,00055	6,84	5,2x10 <sup>-8</sup>	0,016	-
B[a]P	50-32-8	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	5	252,32	179	496	0,0038	6,04	7,0x10 <sup>-7</sup>	0,046	10,77
DB[ah]A	53-70-3	C <sub>22</sub> H <sub>14</sub>	5	278,35	267	524	0,0005	6,75	3,7x10 <sup>-10</sup>	0,00017	13,91
B[gh]P	191-24-2	C <sub>22</sub> H <sub>12</sub>	6	276,34	277	-	0,00026	7,23	-	0,075	11,01
I[1,2,3-cd]P	193-39-5	C <sub>22</sub> H <sub>12</sub>	6	276,34	163	536	0,062	7,66	-	-	-

- nenalezeno

a) Chemical Abstracts System

b) pro 25 °C

Tabulka II: Hodnoty  $f_{TEF}$  pro jednotlivé PAU

Sloučenina	Nisbet a LaGoy [1]
Benzo[a]pyren	1,0
Dibenz[a,h]anthracen	5
Benz[a]anthracen	0,1
Benzo[b]fluoranthen	0,1
Benzo[k]fluoranthen	0,1
Indeno[1,2,3-cd]pyren	0,1
Anthracen	0,01
Benzo[g,h,i]perylen	0,01
Chrysen	0,01
Acenaphthen	0,001
Acenaphthylen	0,001
Fluoranthen	0,001
Fluoren	0,001
2-Methylnaphthalen	0,001
Naphthalen	0,001
Phenanthren	0,001
Pyren	0,001

Tabulka III: Rozdělení PAU do skupin podle počtu aromatických jader

Počet jader	PAU
3	Phe, Ant
4	Flt, Pyr, B[a]A, Chr
5,6	B[b]F, B[k]F, B[a]P, DB[ah]A, B[ghi]P, I[1,2,3-cd]P

Míra transportu mezi jednotlivými složkami ekosystému je funkcí fyzikálně-chemických vlastností jednotlivých PAU (rozpuštnost ve vodě, lipofilita, těkavost), stavem PAU (tj. zda jsou spojené s částicemi či v plynném stavu), stavem prostředí (povětrnostní podmínky), depozicí, reakcemi, které v prostředí probíhají (fotooxidace, chemická oxidace, mikrobiální degradace).

Klíčovými charakteristikami pro odhad přestupu látek mezi jednotlivými složkami ekosystému jsou rozdělovací koeficienty. Koeficientem, který charakterizuje přestup PAU z atmosféry do biotické složky prostředí, je rozdělovací koeficient *n*-oktanol/vzduch  $K_{OA}$ . Těkavé PAU s hodnotami  $\log K_{OA} < 8$  jsou sorbovány povrchem vegetace přímo z plynné fáze atmosféry, pro PAU s  $\log K_{OA} > 11$  převažujícím mechanismem přestupu do biotické složky prostředí depozice částic.

Doba setrvání PAU v různých částech prostředí je různá v závislosti na vlastnostech dané látky a na vlastnostech a podmínkách prostředí, tedy na ročním období, teplotě, sluneční radiaci, apod. Pro nízkomolekulární PAU jsou typické poločasy rozpadu v atmosféře dny, týdny ve vodě a měsíce v půdě. Tyto látky tedy nejsou významně perzistentní. Tří- a čtyřjaderné PAU mají poločasy rozpadu v jednotlivých složkách ekosystému asi dvakrát delší. Těžší PAU s pěti a více jádry jsou již poměrně perzistentními látkami s poločasy rozpadu týdny ve vzduchu, měsíce ve vodě a roky v půdě a sedimentech. V tkáních vyšších organismů jsou nalézány hladiny PAU obvykle velmi nízké, což je způsobeno jejich rychlou metabolickou přeměnou. Většina obratlovců je vybavena enzymatickým aparátem, který jim umožňuje PAU metabolizovat za vzniku intermediátů, z nichž některé jsou cytotoxické a karcinogenní.

V atmosféře jsou PAU přítomny buď v plynné fázi nebo sorbované na pevné částice. Primárně jsou PAU emitovány do plynné fáze atmosféry a poté jsou inkorporovány na tuhé částice buď kondenzací při ochlazení emisí nebo adsorpčním mechanismem. Distribuce PAU mezi plynnou a pevnou fází atmosféry je ovlivněna několika faktory – tenzí par PAU (která je funkcí teploty), množstvím částic (z hlediska povrchu dostupného pro adsorpci PAU), teplotou ovzduší, obsahem PAU a afinitou jednotlivých PAU k částicím organické hmoty.

Při vyšších teplotách dochází k obohacení plynné fáze těkavějšími PAU, v zimním období naopak dochází ke kondenzaci plynných PAU na povrch částic a tak jejich zvýšené depozici na zemský povrch včetně vegetace. Se vzrůstající molekulovou hmotností, resp. větším počtem kondenzovaných jader dochází k asociaci s pevnými částicemi aerosolu a organickým podílem půd. Obecně lze však charakterizovat distribuci PAU v atmosféře tak, že tříjaderné PAU jsou přítomny především v plynné fázi atmosféry, pěti- a šestijaderné PAU jsou primárně sorbovány na částice a čtyřjaderné PAU jsou přítomny v obou fázích atmosféry.

Distribuce PAU v atmosféře (atmosférický transport částic a jejich fyzikální odstranění z atmosféry) závisí zejména na velikosti atmosférických částic, přičemž největší důraz je z hlediska expozice lidské populace kladen na tzv. respirabilní frakci ( $< 1 \mu\text{m}$ ). U částic o velikosti  $0,1 - 3 \mu\text{m}$ , se kterými jsou PAU především asociovány, se předpokládá, že mohou v atmosféře přetrvávat po několik dní i déle. V závislosti na atmosférických podmínkách mohou být tyto částice přenášeny v atmosféře i na velké vzdálenosti, přičemž často ani deštěm (tj. mokrou depozicí) nedochází k jejich účinnému odstranění z atmosféry. Větší částice (více než  $3 - 5 \mu\text{m}$ ) jsou odstraňovány z atmosféry především prostou sedimentací a srážkami a je možné je nalézt spíše v blízkém okolí emisních zdrojů.

Rychleji než suchou depozicí dochází k odstranění PAU z atmosféry mokrou depozicí, kterou lze rozdělit podle velikosti kapek a typu přenosu na horizontální (mlha, rosa, námraza) a vertikální (déšť, sníh). Plynné PAU a PAU vázané na větších částicích jsou strhávány především atmosférickými srážkami (pod-oblačné vymývání). Hlavní podíl PAU vázaných v aerosolech je sorbován v mračcích, z nichž jsou postupně vymývány deštěm (vnitro-oblačné vymývání). Nálezy PAU ve srážkách jsou tedy výsledkem jak vnitro-oblačného, tak pod-oblačného vymývání, přičemž vnitro-oblačné vymývání představuje velmi účinný postup zejména pro odstranění PAU asociovaných s částicemi. PAU přítomné v plynné fázi jsou odstraňovány z atmosféry v důsledku pod-oblačného vymývání, na základě přestupu mezi plynnou a vodní fází. PAU deponované na zemský povrch mohou nicméně po depozici zpět vytékat, a to zejména z vodních ploch.

Průměrný obsah PAU ve srážkách se pohybuje v jednotkách až stovkách  $\text{ng}/\text{dm}^3$  v závislosti na jejich rozpustnosti ve vodě (PAU s nízkou molekulovou hmotností jsou rozpustné ve vodě na hladinách  $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ , vyšší na hladinách  $\text{ng}/\text{dm}^3$ ). Obecně lze říci, že nálezy PAU ve srážkách jsou vyšší v zimě než v létě, což odráží sezónní variace hladin PAU v atmosféře. Sněžení je také mnohem efektivnějším způsobem pro odstranění PAU z atmosféry než déšť.

Nejvyšší množství PAU jsou přítomna v ovzduší v zimě a spíše v městských než venkovských oblastech. K vyšším nálezům polyaromátů v zimním období přispívají zejména změny v produkci emisí (zvýšení produkce emisí z domácích topenišť a automobilových exhalací) a změny meteorologických podmínek (kratší doba svitu a nižší teplota, teplotní inverze). Tyto faktory významně ovlivňují rozptýlení vzdušných polutantů a změny ve fázové distribuci PAU (plynná fáze - částice).

V literatuře jsou uváděny údaje o množství PAU ve volném ovzduší v prostoru Evropy v zimním období, které může být 2 – 10krát vyšší než v létě. Obsahy PAU v ovzduší se mohou pohybovat v rozpětí několika řádů. Za hodnoty odpovídající pozadí bývají považovány hladiny  $0,1 - 1 \text{ ng}/\text{m}^3$ , střední hodnoty v ovzduší městských a průmyslových aglomerací se většinou pohybují mezi  $0,3 - 6 \text{ ng}/\text{m}^3$ .

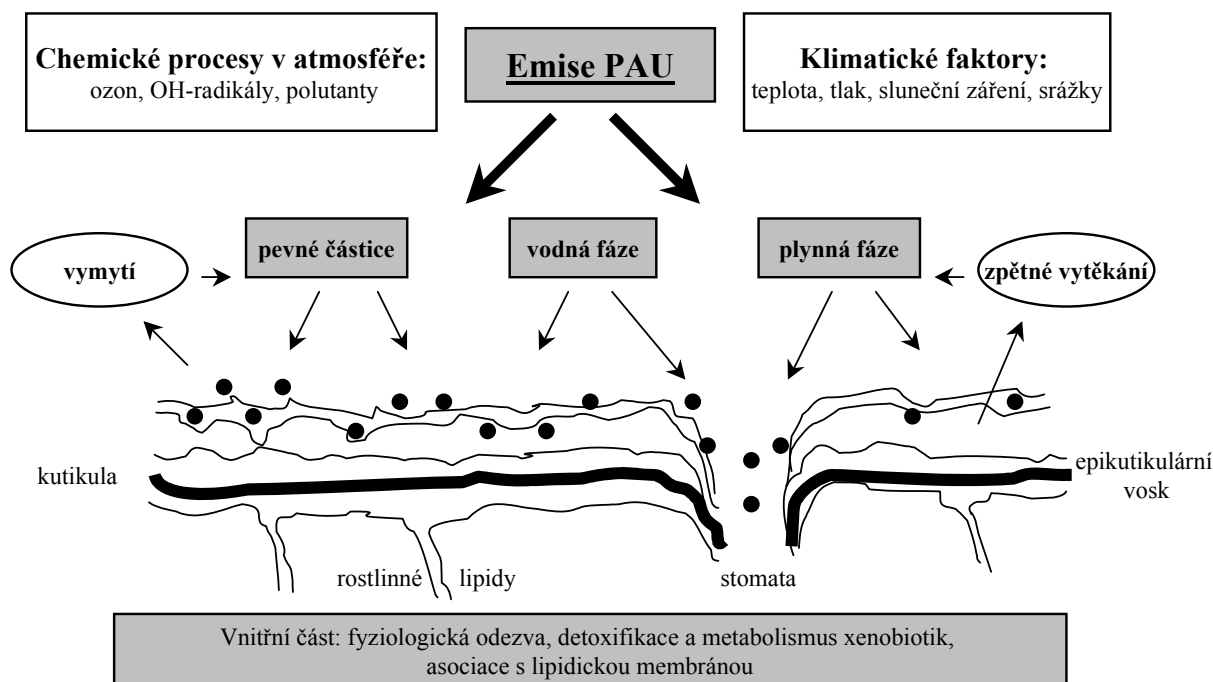
Míra znečištění vegetace PAU je ovlivněna fyzikálně-chemickými vlastnostmi jednotlivých PAU (rozdělovací koeficient  $K_{\text{OW}}$ , rozpustnost ve vodě, tenze par, Henryho konstanta), dále meteorologickými podmínkami a samozřejmě samotným obsahem PAU v prostředí. Také morfologie rostliny, tj. plocha povrchu dosažitelná pro adsorpci a obsah lipidů má významný vliv na kontaminaci vegetace PAU. V důsledku atmosférické depozice je značná část PAU deponována do půdy nebo na povrch vegetace. Hlavní cestou kontaminace vegetace je sorpce PAU listovou plochou přímo z ovzduší a dále z deponovaných částic.

Nevýznamnou cestou kontaminace vegetace je absorpce PAU z půdního roztoku a povrchem kořenů. Translokace PAU v rostlinách z půdy kořenovým systémem je ovlivněna hydrofobním charakterem těchto látek a je možné ji odhadnout na základě hodnoty  $K_{\text{OW}}$ . Její rozsah je ovlivněn vodním režimem rostliny a přítomností tzv. "oil channels" ("vodivých kanálků") v kořenovém systému, které umožňují

snadnější přestup PAU do vnitřních pletiv. Foliární příjem PAU odpařených z kontaminovaných půd je ale také možným zdrojem znečištění vegetace PAU.

Faktory ovlivňující přestup PAU do vegetace jsou znázorněny na **Obrázku 2**.

Fázová rovnováha mezi obsahem PAU v atmosféře a ve vegetaci je funkcí teploty; na jaře a na podzim, kdy je teplota ovzduší nižší, jsou nacházeny ve vegetaci obvykle vyšší hladiny PAU, v letním období, kdy je naopak okolní teplota vyšší, jejich obsahy klesají. Foliární příjem PAU je totiž důsledkem kontaminace atmosféry PAU a vegetace tak může být použita jako indikátor znečištění ovzduší. Rozdíly v nálezech PAU v různých druzích vegetace v dané lokalitě mohou být značné, např. vzhledem k rozdílnostem mezi odebíranými rostlinnými orgány (jehličím, listy, plody).



**Obrázek 2:** Faktory ovlivňující příjem PAU vegetací

Atmosférické kontaminanty jsou zákonitě koncentrovány zejména v těch částech rostlin, které jsou v přímém kontaktu s ovzduším. V případě konzumace může právě rozsah kontaminace povrchových vrstev vegetace PAU představovat jeden z hlavních zdrojů těchto látek v lidské dietě.

Povrch rostlin je pokryt epidermální tkání, lipofilní membránou, jejíž hlavní složkou je biopolymer kutin a "voskovité" lipidy. Tato membrána pokrývá vnější stěny pokožkových buněk rostlin a slouží rostlinám k ochraně před nekontrolovatelnými ztrátami vody z rostlinných pletiv a infekcí. Vysoký kumulační potenciál pro PAU (ale i ostatní lipofilní atmosférické kontaminanty) mají zejména rostliny, resp. jejich části, s vysokým obsahem povrchových lipidů a členitým povrchem ("chloupky"). Prostřednictvím stomat (průduchů) mohou být PAU inkorporovány také do vnitřních pletiv rostlin (listů).

Míra sorpce PAU vegetací závisí také na poměru povrchu rostliny k její celkové biomase. Rostliny s vysokou hodnotou tohoto poměru, tedy s velkou plochou listů nebo jehlic, představují značný potenciál pro sorpci PAU z atmosféry. Dalším faktorem je samozřejmě, vedle obsahu PAU v atmosféře, délka vegetačního nebo růstového období rostliny, tedy doba expozice.

Použití vegetace jako indikátoru kontaminace atmosféry má však i svá omezení; nutným předpokladem pro správné posouzení získaných dat je znalost mechanismu příjmu polutantů a faktorů (již zmíněných), které jej ovlivňují. Předpokladem pro posouzení zátěže je také zpracování dostatečného množství vzorků, tedy systematické a důsledné monitorování kontaminace. Aby bylo možné stanovit úroveň zátěže měst a regionů, je třeba získat velké množství vzorků z různých lokalit tak, aby byl minimalizován efekt vlivu bodového zdroje kontaminace a snížen vliv variability mezi

odebranými vzorky ze sledované oblasti. I přes to se však běžná směrodatná odchylka mezi nálezy pro jeden druh rostliny rostoucí ve stejné oblasti může pohybovat v rozpětí 20 – 60 %.

Poznátky o sorpci PAU vegetací lze shrnout do několika bodů:

- nízkomolekulární PAU jsou s ohledem na typ povrchu sledované matrice rostlinami sorbovány snadněji než výšemolekulární,
- sorpce PAU vegetací je ovlivněna klimatickými podmínkami, zejména teplotou (s jejím poklesem roste míra depozice PAU do vegetace), velikostí a charakterem povrchu,
- hladiny PAU ve vegetaci jsou obvykle vyšší v nadzemních částech rostlin než v částech podpovrchových a na povrchu rostlin než ve vnitřních pletivech,
- rostliny s velkým povrchem listů, drsným charakterem povrchu a vysokým obsahem kutikulárních vosků obsahují obvykle vyšší hladiny PAU na jednotku hmotnosti
- celková kontaminace rostlin PAU je zásadním způsobem ovlivněna prašností prostředí

Nálezy PAU ve vegetaci se pohybují v rozmezí setin až stovek  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . V blízkosti intenzivních zdrojů kontaminace se však můžeme setkat i s nálezy mnohem vyššími, které dosahují až desítek  $\text{mg}/\text{kg}$ . Konkrétní hodnoty nálezů PAU ve vegetaci a dalších složkách životního prostředí byly již uvedeny a diskutovány ve zprávě za rok 2005.

## 1.2 Analýza vzorků na obsah PAU

Vyšetření vzorků jablek, listů jahodníku, travního porostu a pšenice na obsah PAU probíhalo v souladu s metodou akreditovanou Českým institutem pro akreditaci (ČIA) (zkušební laboratoř č. 1316.2, s osvědčením o akreditaci č. 319/2009) jako zkušební metoda KM 08: Polycyklické aromatické uhlovodíky. Tato metoda je akreditována pro 12 PAU, dosud prioritně sledovaných v životním prostředí (EPA list).

Principem metody je extrakce PAU z vhodně upravených matic do organického rozpouštědla. Separace PAU od případných koextraktů se v extraktech izolovaných z rostlinných matic a půdy provádí pomocí gelové permeační chromatografie (GPC). PAU se stanoví pomocí reverzní vysokoúčinné kapalinové chromatografie s fluorescenční detekcí (HPLC/FLD). Jednotlivé analyty jsou identifikovány a kvantifikovány na základě srovnání s příslušnými standardy, pomocí metody vnějšího standardu.

Vzhledem k nedávnému stanovisku vědeckého výboru Evropského úřadu pro bezpečnost potravin (červen 2008) byly všechny dosavadní výsledky sumárního obsahu PAU přepočteny na sumu 8 PAU, která má napříště v evropských databázích reprezentovat zátěž potravin a plodin a indikovat tak expozici těmto kancerogenům. Pro sumu těchto PAU (v Příloze 5 označených červeně) jsou k dispozici nejen údaje o úrovni kontaminace potravin ale i o celkové expozici člověka PAU. Jedná se o následující látky:

Benz[a]anthracen, Chrysen, Benz[b]fluranthen, Benz[k]fluranthen, Benz[a]pyren, Benz[g,h,i]perylen, Dibenz[a,h]anthracen a Indeno[1,2,3-cd]pyren

## 1.3 Výsledky a diskuse nálezů PAU

### Pšenice

V roce 2009 nedošlo ve sledovaných lokalitách k výrazným změnám v nálezech PAU oproti předchozím rokům (2005-2008) a lze konstatovat, že nálezy PAU se pohybovaly na podobné úrovni jako v lokalitě JIP K, která byla v roce 2007 zvolena jako kontrolní lokalita s předpokládanou nízkou kontaminací.

Hladiny PAU v pšenici se ve všech sledovaných letech pohybovaly v rozmezí odpovídajících hodnotám zjištěným jinými studii [2, 3] pro lokality v jiných oblastech ČR s víceméně průměrnou zátěží PAU a řádově odpovídaly i nálezům v kontrolní lokalitě Jílového u Prahy (JIP K). Sezonní výkyvy však naznačují, že aktuální koncentrace se mohou měnit v širokém rozmezí.

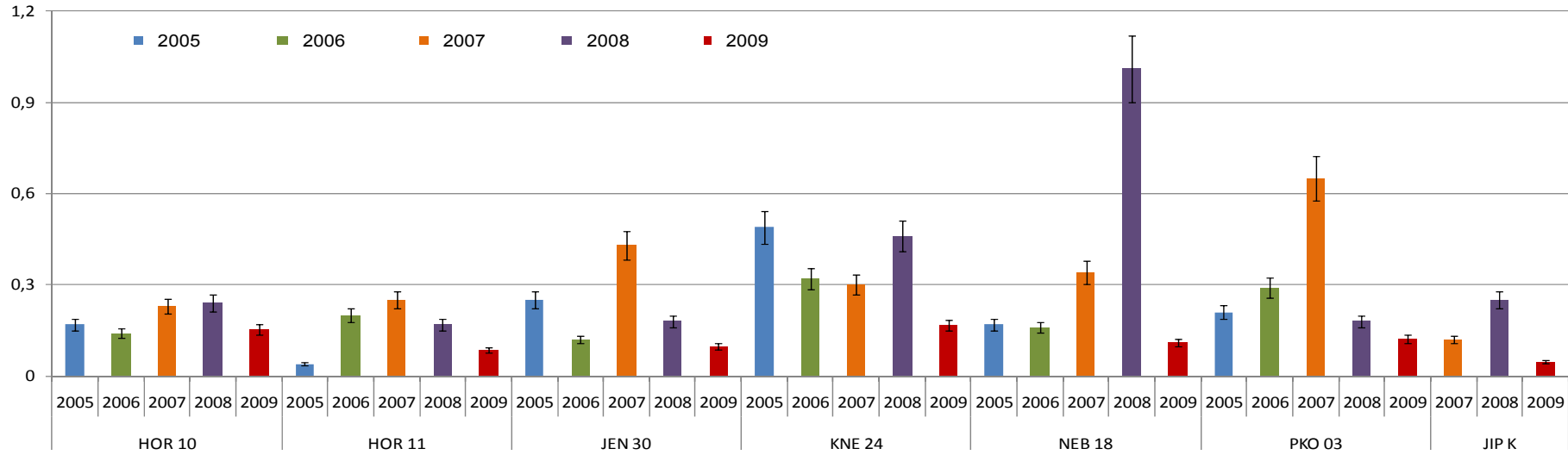
Procentuální zastoupení jednotlivých PAU i jednotlivých skupin PAU zůstává ve většině sledovaných lokalit obdobné jako v předchozích letech a odpovídá hladkému povrchu plodiny, na kterém nedochází k záchytu pevných částic s adsorbovanými „těžšími“ PAU. Ve spektru sledovaných PAU tak dominují netoxické polyaromáty s nižší molekulovou hmotností, tj. 3-jaderné PAU (viz **Obrázky 4, 5**).

### **Jablka**

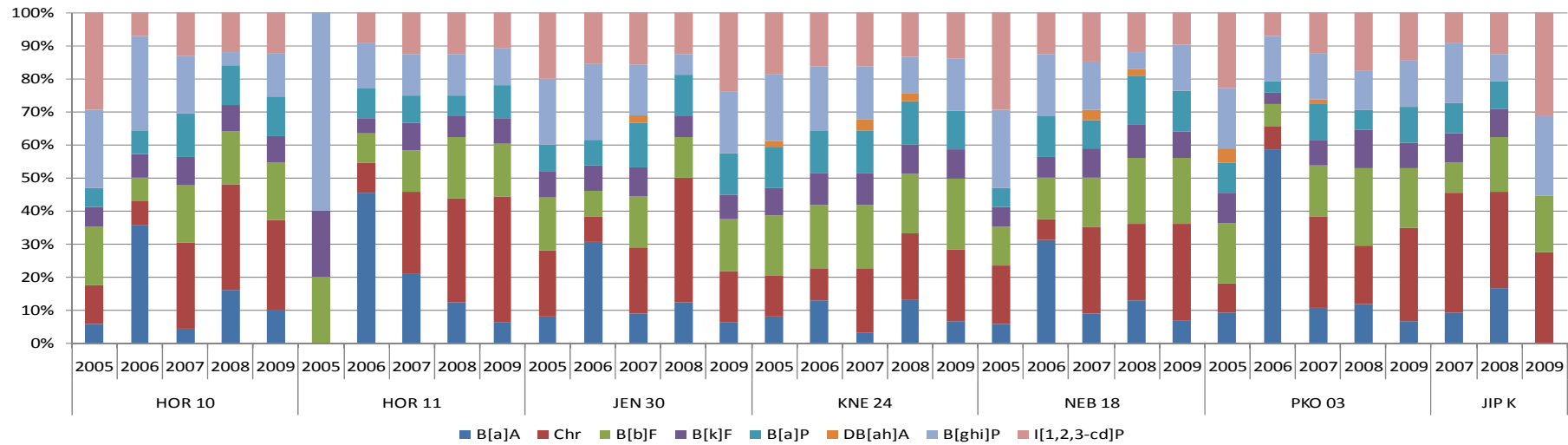
Hodnoty nálezů PAU (**Obrázek 6**) zjištěné v roce 2009 jsou v nižší než v předchozích letech, což lze nejspíše přisuzovat odstranění PAU omytím vlivem četnějších srážek v měsíci červenci. Nálezy PAU se v letošním roce pohybují spíše na spodní hranici intervalu rozsahu hodnot zjištěných pro pozadřovou zátěž ČR v letech 1995-2000.

Z **Obrázku 7**, kde je znázorněno relativní zastoupení jednotlivých PAU ve všech sledovaných letech vyplývá, že s výjimkou lokalit JEN, KNE23 a BAB, kde byl v letošním roce zjištěno významně nižší množství benz[*a*]anthracenu a chrysenu, nebyly shledány mezi lokalitami významné rozdíly.

Ve spektru PAU (**Obrázky 7 a 8**) zjištěném u jablek převažují PAU tří- a čtyř- jaderné. Největší podíl z celkového nálezu obvykle představuje phenanthren, který v tomto případě tvoří až 70 % z celkového obsahu PAU. Pěti- a šestijaderné PAU, mezi které patří některé toxické látky, tvoří naopak pouze přibližně 10 % z nálezu. Relativní zastoupení jednotlivých skupin PAU tedy odpovídá rozdílné morfologii a složení povrchů, a také předpokládaným mechanismům přestupů PAU z okolního prostředí na povrch matrice. Hladký povrch neumožňuje záchyt „pevných“ částic s adsorbovanými PAU. Voskovitý povrch jablek, u kterého dochází k přímé absorpci PAU z plynné fáze atmosféry do vosku, má za následek dominantní zastoupení 3-jaderných PAU ve sledovaném spektru.

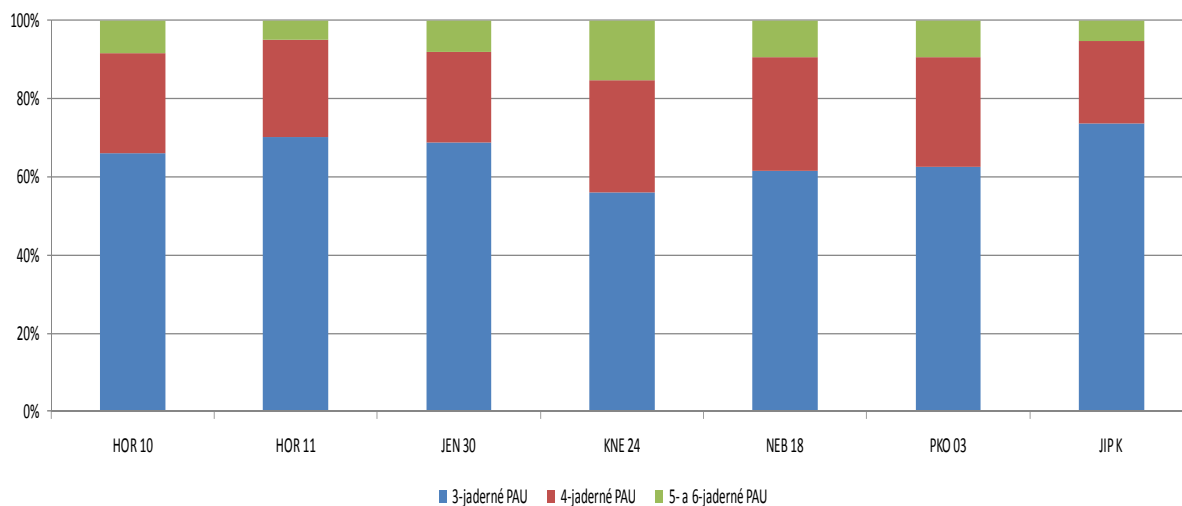


**Obrázek 3:** Celkový obsah PAU (suma 8 PAU, µg/kg) v pšenici – úsečky vymezují nejistotu výsledku analýz (nejistota vzorkování není zahrnuta)

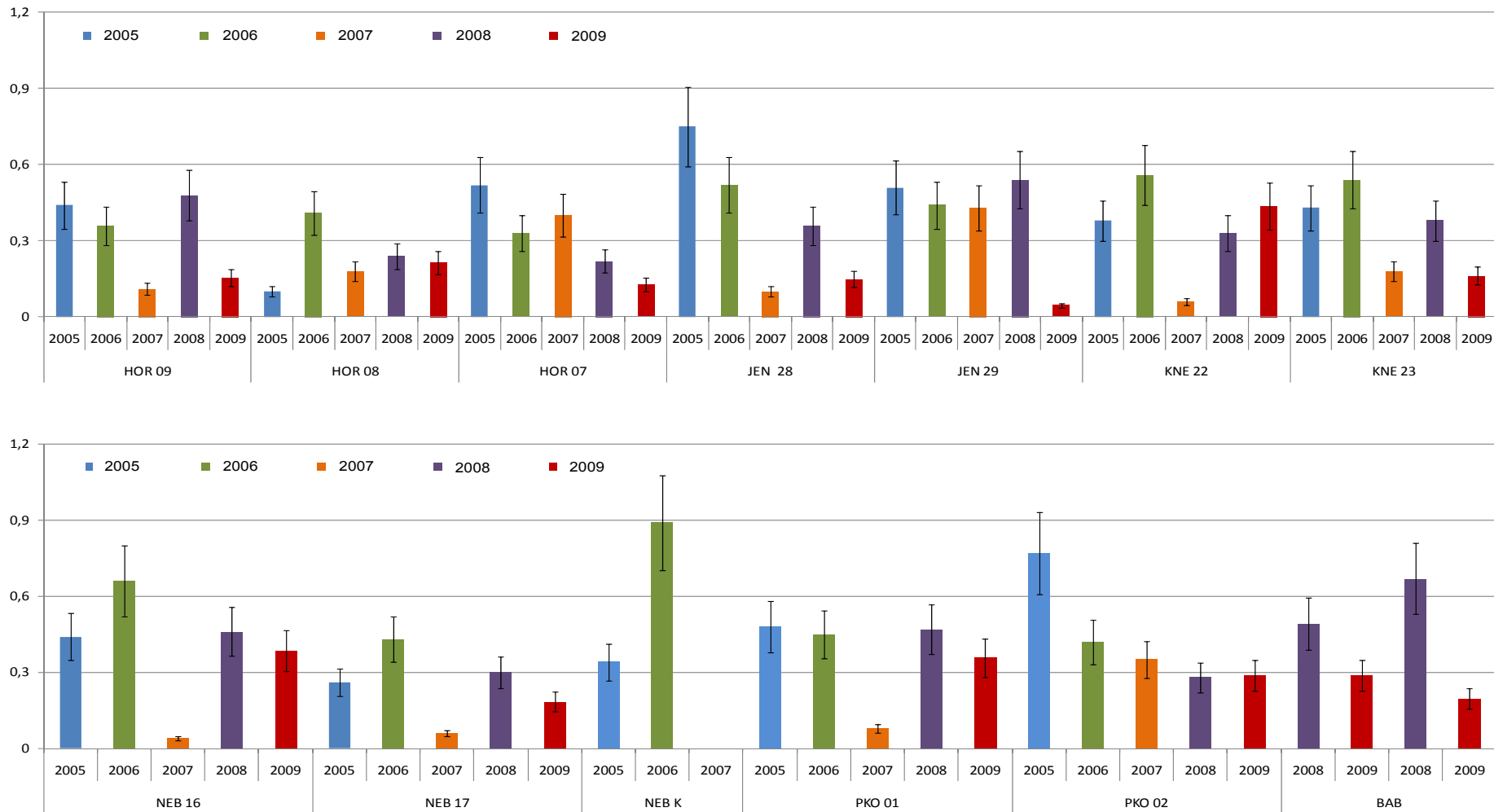


**Obrázek 4:** Relativní zastoupení PAU (8 PAU) v pšenici

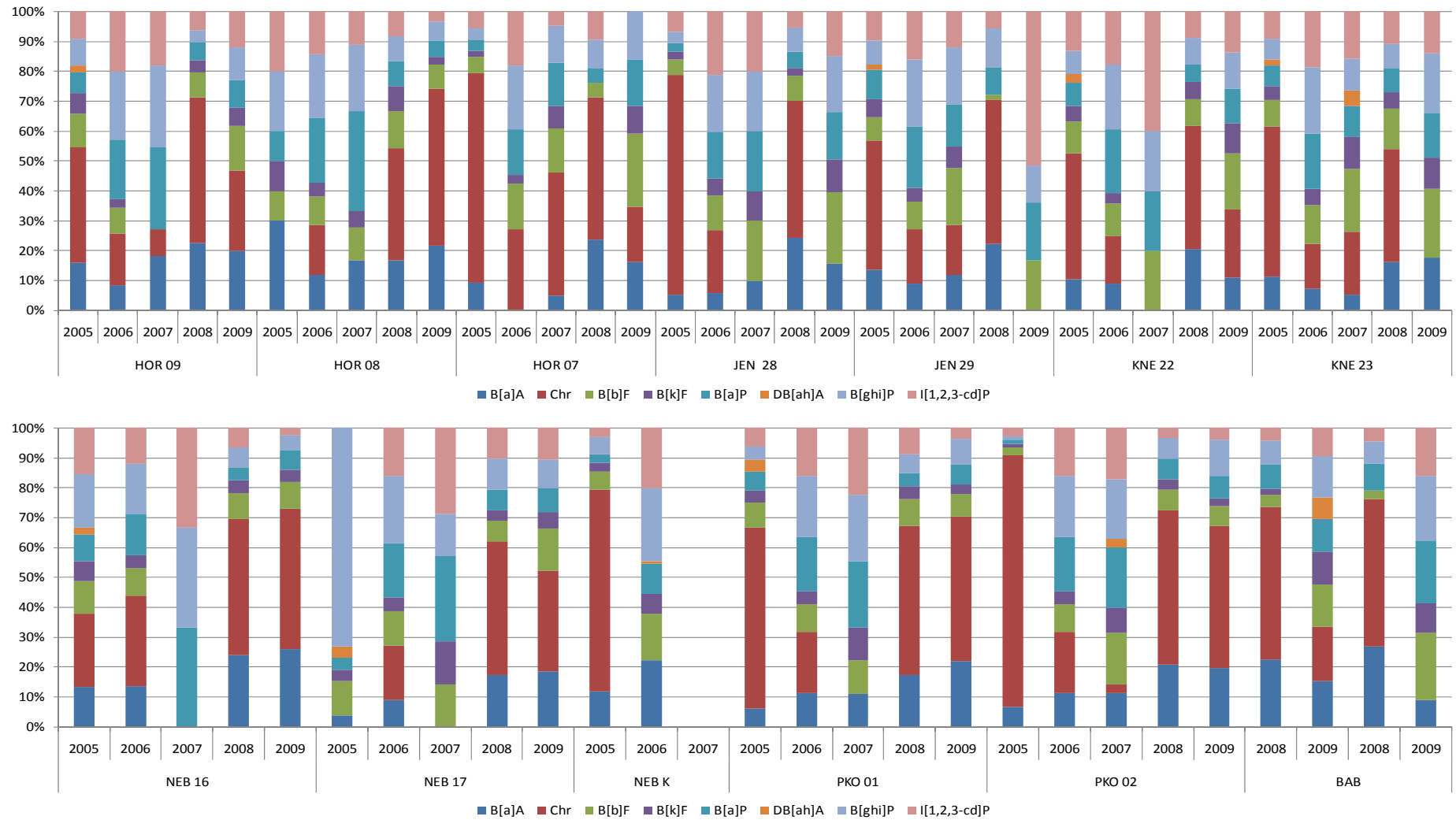




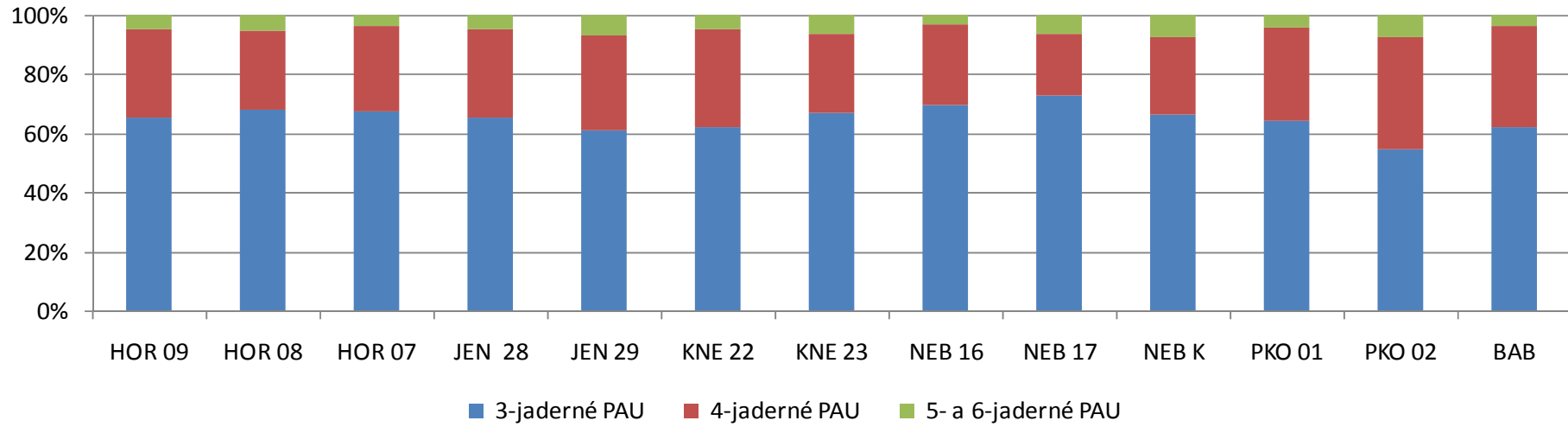
**Obrázek 5:** Relativní zastoupení jednotlivých skupin PAU v pšenici (průměr lokality)



**Obrázek 6:** Celkový obsah PAU (suma 8 PAU, µg/kg) v jablkách – úsečky vymezují nejistotu výsledku analýz (nejistota vzorkování není zahrnuta)



**Obrázek 7:** Relativní zastoupení PAU v jablkách

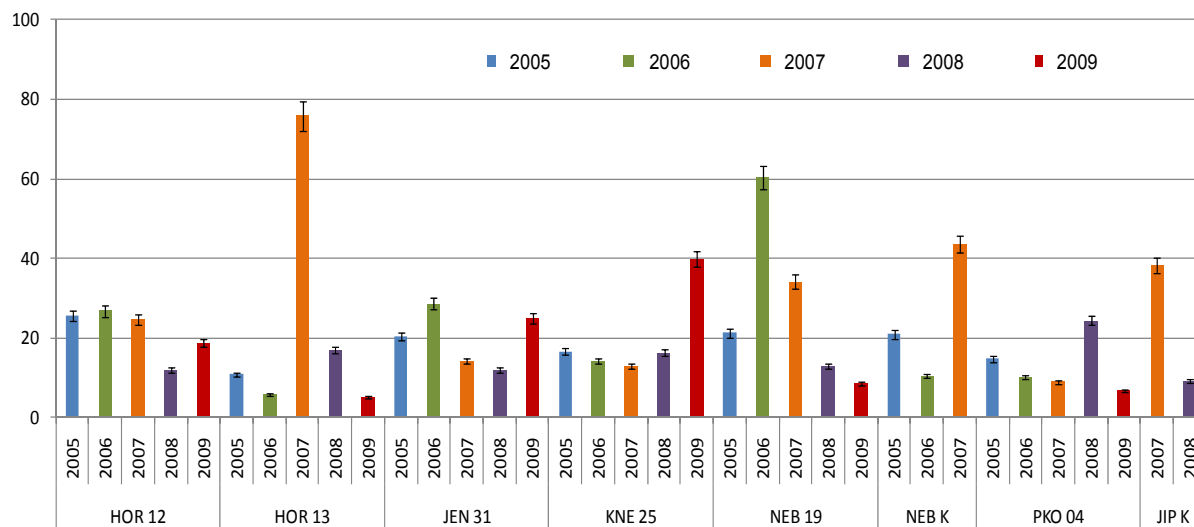


**Obrázek 8:** Relativní zastoupení jednotlivých skupin PAU v jablkách (průměr lokalit)

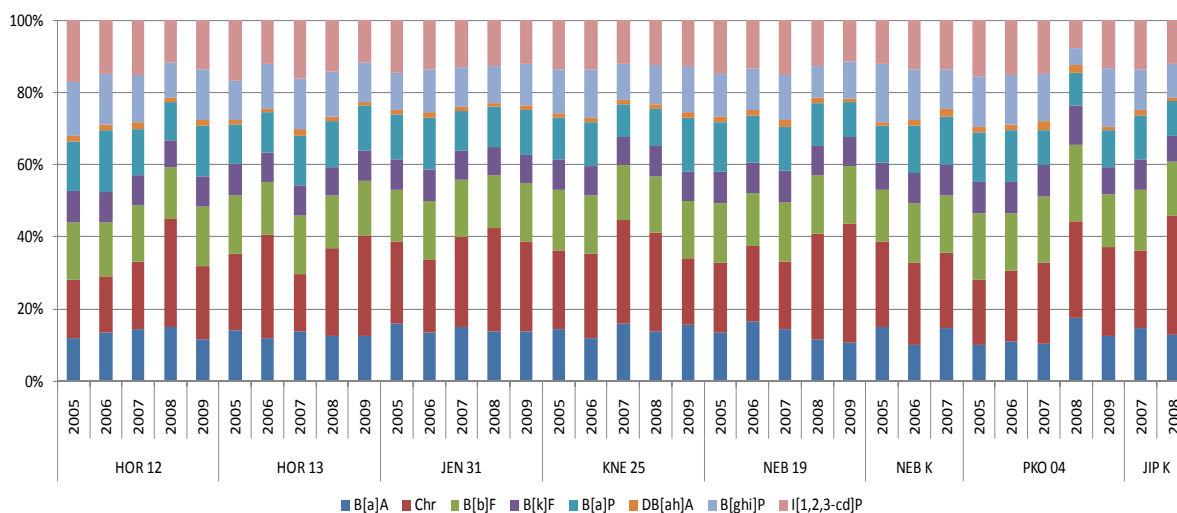
## Listy jahodníku

Z porovnání celkového množství PAU nalezených ve vzorcích listu jahodníku v jednotlivých letech (**Obrázek 9**) nedošlo ve většině sledovaných lokalit k výrazným změnám oproti předchozím letům (2005 – 2008). Výjimkou je lokalita KNE25, kde byly zaznamenány poněkud vyšší nálezy PAU, což může být důsledek lokálního/náhodného zdroje kontaminace.

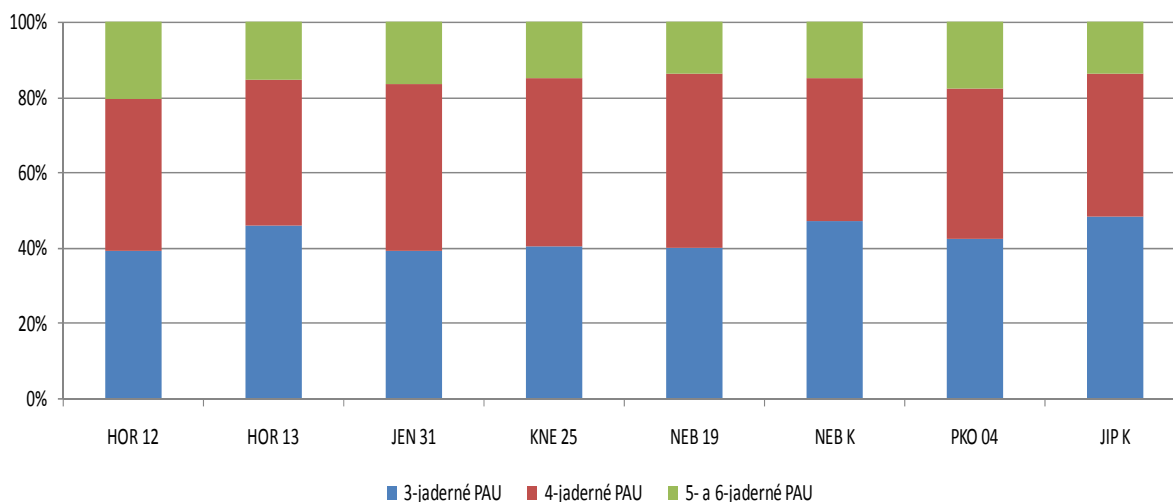
Jak vyplývá z **Obrázků 10 a 11**, trendy v zastoupení jednotlivých PAU i jednotlivých skupin PAU jsou si v meziročním porovnání podobné ve všech sledovaných lokalitách, přičemž je zřejmé, že v případě listů jahodníku s více členitým povrchem s trichomy dochází k záchytu pevných částic na povrch matrice a k navýšení podílu vícejaderných PAU.



**Obrázek 9:** Celkový obsah PAU (suma 8 PAU, ug/kg sušiny) v listech jahodníku – úsečky vymezují nejistotu výsledku analýz (nejistota vzorkování není zahrnuta)



**Obrázek 10:** Relativní zastoupení PAU v listech jahodníku



**Obrázek 11:** Relativní zastoupení jednotlivých skupin PAU v listech jahodníku (průměr lokalit)

### Trvalý travní porost

Z porovnání celkového množství PAU nalezeného v trvalém travním porostu v jednotlivých letech (**Obrázek 12**) vyplývá, že nálezy v roce 2009 kolísaly přibližně na stejné úrovni jako v předchozích letech. Významně vyšší hodnota kontaminace byla zaznamenána pouze v lokalitě BAB 42, což lze pravděpodobně přisoudit náhodnému místnímu zdroji kontaminace (podobně jako výkyvy v předchozích letech u lokalit PKO, KNE, JEN a LKPR). V lokalitě BAB 44 a kontrolní lokalitě JIP K byly v roce 2009 naměřeny oproti předchozímu roku 2008 hodnoty nižší.

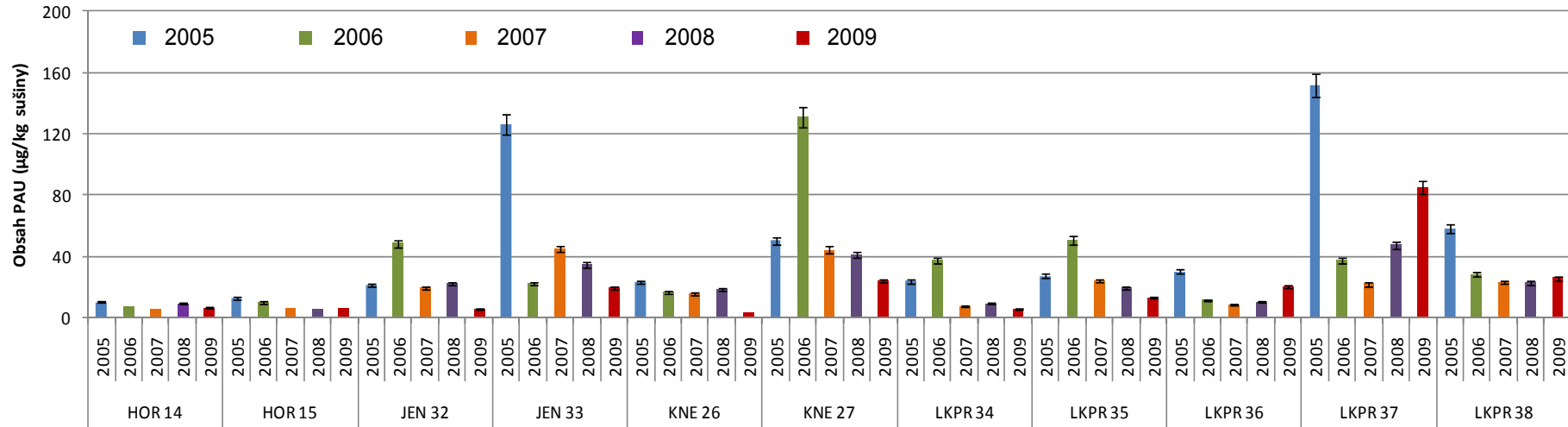
Jak vyplývá z **Obrázků 13** a **14**, trendy v zastoupení jednotlivých PAU i jednotlivých skupin PAU jsou si v meziročním porovnání podobné ve všech sledovaných lokalitách.

### Ekvivalent toxicity (TEQ)

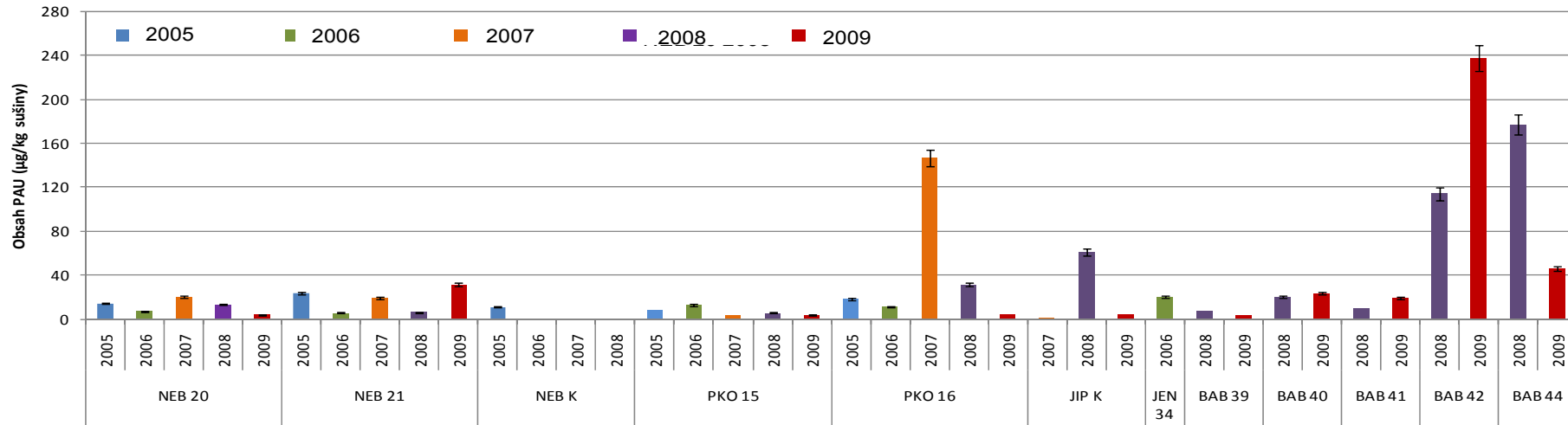
Pro objektivní posouzení zátěže zemědělských plodin PAU ve sledovaných lokalitách z pohledu (eko)toxikologického lze porovnávat hodnoty toxických ekvivalentů TEQ, které vycházejí z relativního karcinogenního potenciálu některých PAU. Pro posouzení tohoto hlediska byl vybrán trvalý travní porost z následujících důvodů: (1) tato matrice dobře odráží imisní zátěž prostředí; (2) travní porost byl dostupný ve všech sledovaných lokalitách, včetně lokalit LKPR; (3) využívá se jako krmivo a tak vstupuje do potravního řetězce člověka. Výpočet TEQ pro orientační posouzení toxicity směsi PAU byl pro účely této studie proveden podle modelu Nisbeta a LaGoye [1], vzhledem ke spektru uvedených PAH.

Porovnání vypočítaných TEQ je uvedeno na **Obrázku 15**. Z porovnání s **Obrázkem 12** vyplývá, že v tomto případě hodnoty TEQ korelují s celkovými nálezy PAU (suma osmi „evropskými“). Mezi nejvíce zatížené lokality se v roce 2005 řadily LKPR a JEN, v roce 2006 došlo k nárůstu zátěže v lokalitě KNE: V roce 2007 byla výrazná zátěž zaznamenána v lokalitě PKO a naopak nejnižší zátěž byla zjištěna pro kontrolní lokalitu JIP K. V roce 2008 byla poněkud zvýšená zátěž zaznamenána v lokalitě JIP K a lokalitách BAB 42 a BAB 44.

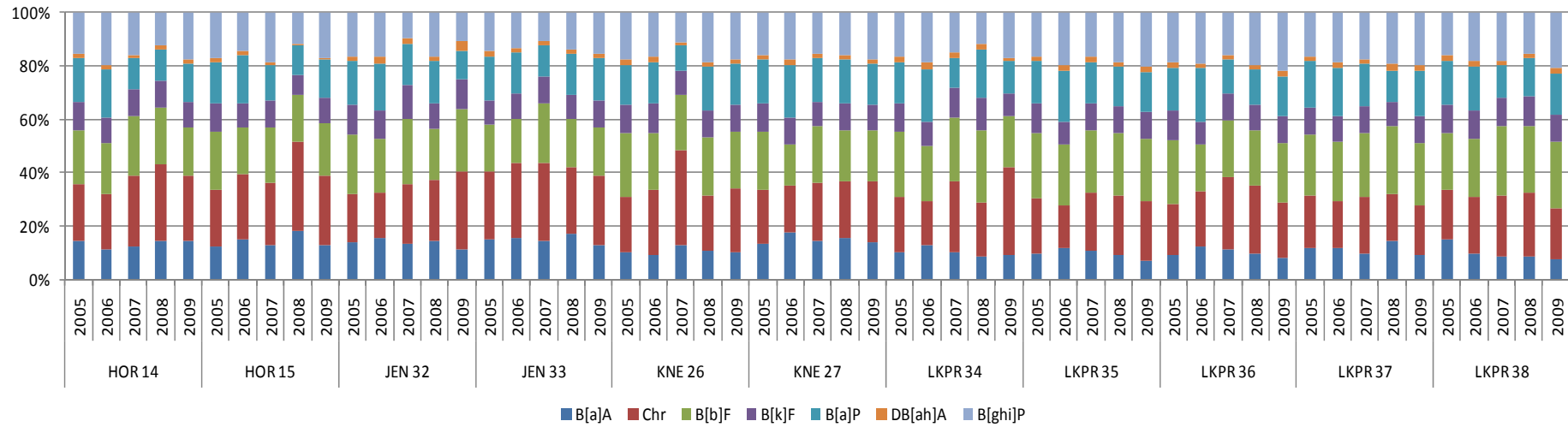
V letošním roce byla oproti předchozím letem zjištěna nižší zátěž ve většině sledovaných lokalit. Výjimkou je lokalita BAB42 a 44, LKPR37 a NEB21 ve kterých byla zaznamenána zvýšená zátěž.



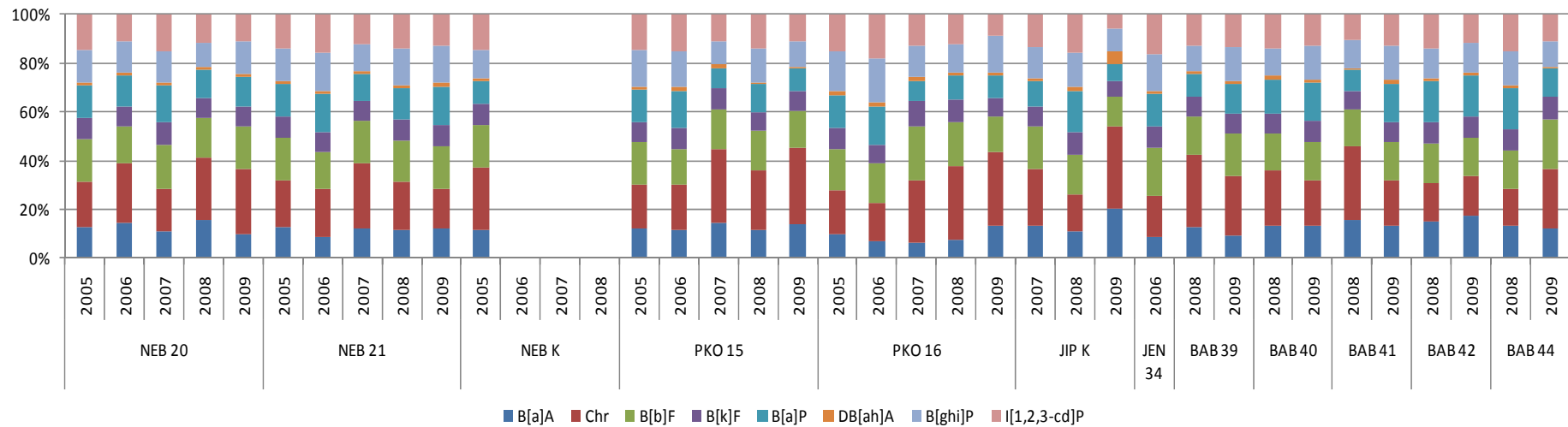
Pokračování:



**Obrazek 12:** Celkový obsah PAU (suma 8 PAU, µg/kg sušiny) v trvalém travním porostu - úsečky vymezují nejistotu výsledku analýz (nejistota vzorkování není zahrnuta); pozn.: Vzorek NEB K (2006) byl od r. 2007 nahrazen vzorkem JIP K

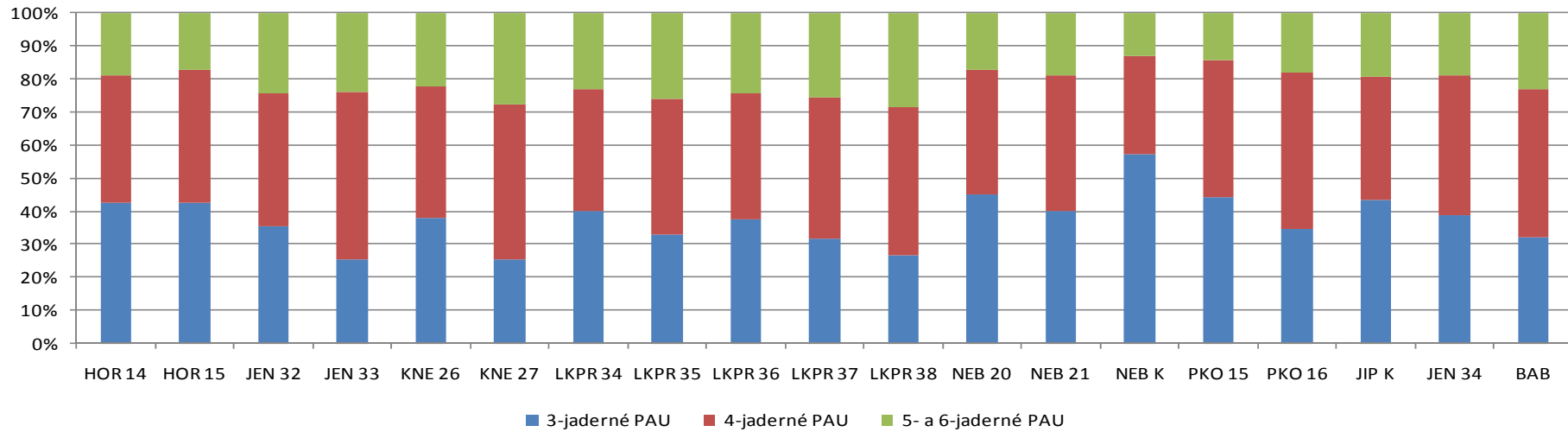


*pokračování:*

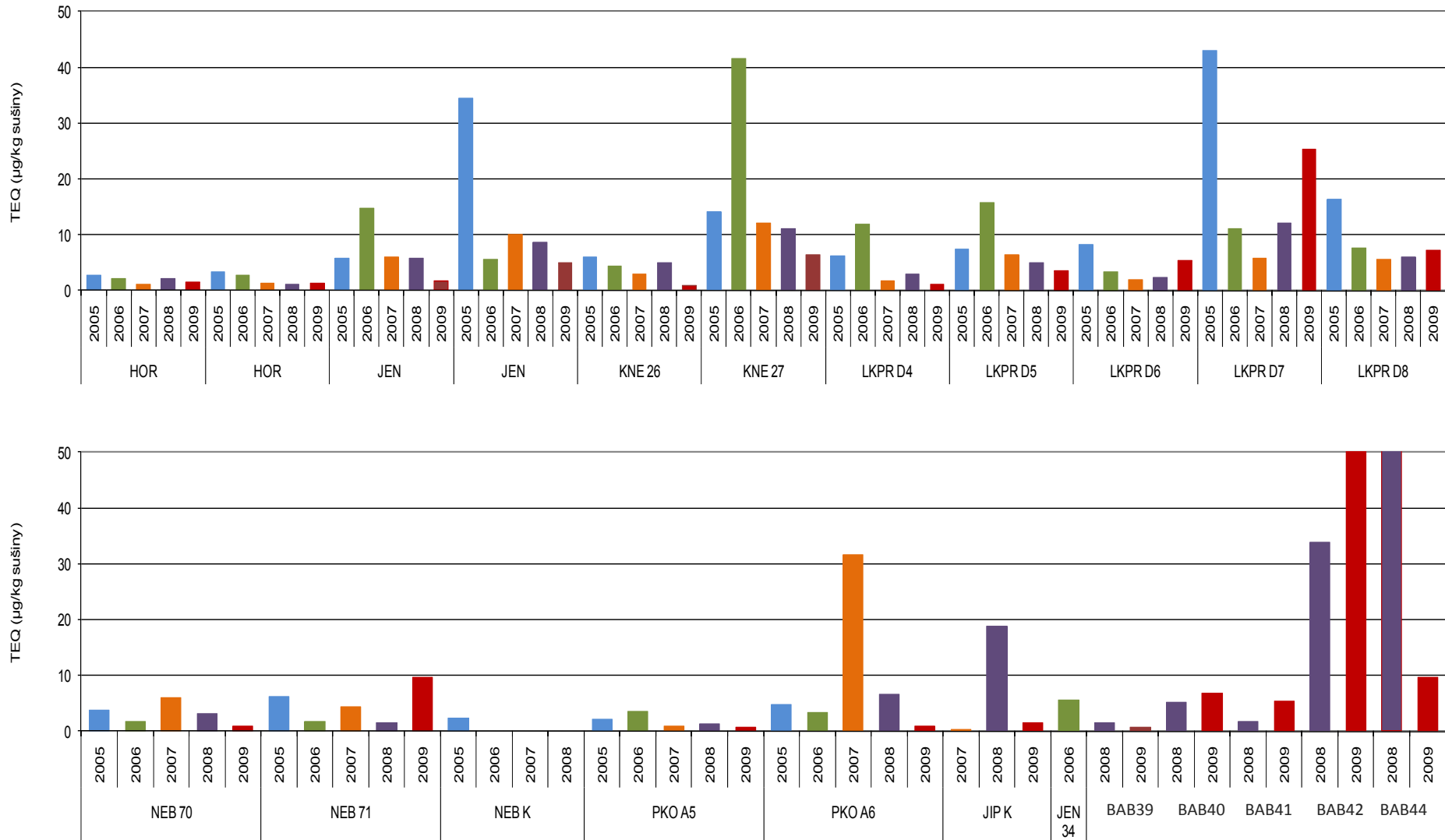


**Obrázek 13:** Relativní zastoupení PAU v trvalém travním porostu  
 Pozn.: Vzorek NEB K (2006) byl od r. 2007 nahrazen vzorkem JIP K





**Obrázek 14:** Relativní zastoupení jednotlivých skupin PAU v trvalém travním porostu (průměr lokalit)  
 Pozn.: Vzorek NEB K (2006) byl od r. 2007 nahrazen vzorkem JIP K



**Obrázek 15:** Hladiny karcinogenních PAU v trvalém travním porostu vyjádřené jako TEQ (vztaheno k benzo[a]pyrenu)

## Celkový přehled výsledků

Celkový přehled výsledků, vyjádřených jako suma 8 sledovaných PAU, zjištěných v letech 2005 - 2009 je uveden v **Tabulce V**. Podrobnější údaje o nálezech PAU v roce 2009 jsou uvedeny v **Tabulkách VIII - XI** v **Příloze 4**. Jak ze souhrnné **Tabulky V** vyplývá, mezi nejvíce zatížené rostlinné matrice patří podle očekávání trvalý travní porost a listy jahodníku – viz diskuse schopností členitého povrchu zachytávat polutanty. V případě těchto plodin byl zjištěn i nejvyšší rozptyl mezi nálezy z jednotlivých lokalit. Nízké nálezy byly ve vzorcích pšenice a jablek. Vzhledem k přirozeně vyšší nejistotě výsledků analytického stanovení na těchto stopových hladinách je hodnocení rozdílů mezi lokalitami či rozpoznávání časových trendů velmi obtížné.

**Tabulka V:** Celkový přehled výsledků (suma 8 sledovaných PAU) zjištěných v letech 2005 až 2009

Plodina	Rok	Medián*	10% kvantil*	90% kvantil*
Pšenice	2005	0,2	0,1	0,4
	2006	0,2	0,1	0,3
	2007	0,3	0,2	0,5
	2008	0,2	0,2	0,7
	2009	0,1	0,1	0,2
Jablka	2005	0,4	0,3	0,7
	2006	0,5	0,4	0,6
	2007	0,1	0,1	0,4
	2008	0,4	0,2	0,6
	2009	0,3	0,1	0,5
Trvalý travní porost	2005	8,4	3,3	28,7
	2006	16,8	7,7	55,1
	2007	19,2	5,6	44,7
	2008	19,3	6,0	60,7
	2009	13,3	3,8	53,9
Listy jahodníku	2005	7,7	5,9	9,4
	2006	12,7	7,6	39,2
	2007	29,4	11,9	53,3
	2008	13,0	10,8	19,9
	2009	18,7	5,8	34,0

\* hodnoty pro pšenici a jablka v µg/kg

\* hodnoty pro trvalý travní porost a listy jahodníku v µg/kg sušiny

## 2. Toxické kovy

### 2.1 Přehled problematiky

Sledované toxické kovy (Ni, Cd, Cr, Mo, V, Cu, Hg, Pb, Zn) obecně indikují znečištění prostředí a plodin a jejich aktuální koncentrace nalézané ve vegetaci do značné míry odráží jejich atmosférickou depozici (imisní situaci). Nelze ovšem zapomínat i na geologické a půdní podmínky, což může porovnávání údajů z různých míst komplikovat.

Interpretovat nálezy těžkých kovů v urbánní oblasti s celkově vysokou dopravní zátěží a domácími topeništi na pevná paliva je obtížné, neboť příspěvky z jednotlivých zdrojů nelze spolehlivě rozlišit. V okolí letiště Ruzyně je situace navíc komplikovaná i blízkostí velkého metalurgického komplexu v Kladně, který byl po dlouhá desetiletí nejvýznamnějším zdrojem emisí těžkých kovů v celé oblasti. Zde byly ve velkém měřítku zpracovávány i ušlechtilé oceli s obsahy některých minoritních prvků. Oblast letiště Ruzyně přitom leží v převládajícím směru vzdušného proudění.

V souvislosti s provozem proudových leteckých motorů bývá někdy zmiňován vanad. Vanad vyniká velkou strukturální pevností a odolností proti korozi i za extrémních podmínek. V moderní technice nachází uplatnění zejména tam, kde běžně používaný hliník není samotný dostatečně pevný a nerezová ocel by zase byla příliš těžká. Takovým případem jsou zejména speciální konstrukční části letadel (ve slitinách s titanem a hliníkem) - Slitiny vanadu s titanem a hliníkem jsou hojně používány v leteckých tryskových motorech a turbínách, kde při vysoké teplotě a rychlých otáčkách dochází k otěru a v důsledku toho k emisím do prostředí.

Rostliny přijímají vanad z půdy, z ovzduší i povrchové vody. Již 10 - 20 mg/L vanadu ve vodě může poškodit růst vyšších rostlin. Pouze luštěniny snášejí vyšší koncentrace, neboť vanad využívají v procesu fixace dusíku. Fytotoxicita vanadu spočívá v interferenci s absorpcí železa a vnějším projevem jeho nedostatku je pak apikální chloróza rostlin. Vanad ale narušuje také využití manganu, mědi, vápníku a fosforu a může tedy dokonce ovlivnit nutriční hodnotu rostlin. Vanad jeví určitou míru afinity k lipidům (tukům a olejům) a lze ho tedy nalézt v tukové tkáni exponovaných organismů. Bioakumulace či biokoncentrace vanadu je ale pro savce, ptáky a ryby nízká, podstatnější kumulaci lze očekávat spíše u bezobratlých a nižších živočichů.

### 2.2 Analýza vzorků na obsah toxických kovů

Obsah kovů (kromě rtuti) ve sledovaných plodinách byl stanoven podle interních zkušebních postupů (SOP) technikou hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP/MS). Analyzované vzorky byly před vlastním měřením rozloženy pomocí kyseliny dusičné v mikrovlnném rozkladném zařízení. Obsah Hg byl stanoven pomocí analyzátoru AMA 254.

### 2.3 Výsledky a diskuse nálezů toxických kovů

Obsahy běžně sledovaných těžkých kovů, jako je olovo, kadmium, měď, zinek a rtuť v jablkách a pšenici (viz [Příloha 5](#)) opět silně kolísají, nicméně z rozdílů mezi jednotlivými lokalitami nelze ani po pěti letech sledování odvodit žádné průkazné zákonitosti a zdá se, že jde spíše o lokální vlivy dané incidentními meteorologickými podmínkami a orografickými či geologickými vlivy.

Výsledky pro jednotlivé toxické prvky a matrice jsou přehledně dokumentovány na **Obrázcích 16 až 32**, kde jsou pro každou lokalitu uvedeny výsledky za celé období 2005 –

2009. Nejrozsáhlejší soubor vzorků tvoří trvalý travní porost (TTP), který bylo možno odebrat prakticky ve všech sledovaných lokalitách. TTP pak může sloužit jako universální bioindikátor zátěže pro srovnávací účely. Druhou nejčtenější matricí jsou jablka, která však nejsou na atmosférické znečištění stopovými prvky tak citlivá, vzhledem ke svému relativně malému poměru povrchu ke hmotnosti.

Ze sledovaných lokalit byl v r. 2009 nalezen zvýšený obsah většiny těžkých kovů u vzorku travního porostu BAB42 (zahrada rodinného domu v Praze 6, Hanspaulce Tylišovská 11). Pozoruhodně vysoké hladiny olova, chromu a vanadu byly v tomto odběrním místě zaznamenány již v předchozím roce 2008, kdy byly současně konstatovány také zvýšené koncentrace toluenu. To se letos neopakovalo (viz komentář k BTEX), nicméně trvalý travní porost BAB42 obsahoval nejvyšší obsahy kancerogenních PAU a toxickým ekvivalentem daleko předstihuje vzorky ze všech ostatních lokalit, včetně lokalit LKPR. Je tedy zřejmé, že se v lokalitě BAB nejedná o metodickou chybu nebo náhodné vybočení některých parametrů ale jde spíše o komplexní znečištění.

Zvýšené hodnoty není možno vysvětlit lokálním zdrojem znečištění omezeným pouze na bod BAB42, neboť nejvyšší obsahy kadmia a nadprůměrné obsahy niklu, olova, chromu a vanadu byly nalezeny také v travním porostu BAB44 („u Matěje“). Podobnost obou bodů vzdálených od sebe cca 700 m byla zaznamenána a komentována již v předchozím roce. Toxický ekvivalent PAU je v bodě BAB44 sice letos výrazně nižší (viz **Obr. 15**), přesto je nadprůměrný. Rovněž se zde potvrdily nadprůměrné celkové nálezy BTEX, zejména výskyt xylynu a ethylbenzenu (viz **Tab XVI** v příloze). V obou lokalitách se podařilo odebrat také jablka, u nichž však byly koncentrace kontaminantů spíše průměrné. Ostatní vzorky TTP ze tří dalších lokalit BAB vykazují víceméně průměrné hodnoty znečištění těžkými kovy (kromě vysokého obsahu olova v BAB41). Souvislost mezi provozem letiště Praha a prokázaným nadprůměrným znečištěním monitorovaných bodů BAB42 BAB44 a v lokalitě Baba není evidentně žádná.

Prakticky stejně vysoké obsahy těžkých kovů (zejména niklu) jako travní porost BAB 42 a BAB 44 obsahuje travní porost z bodu JEN 33 - zahrada rodinného domu, ul. bratří Nováků, severní okraj obce - kde jsou zejména pro vanad a chrom poněkud zvýšené koncentrace zaznamenávány trvale. Tyto nálezy jsou v souladu s mírně zvýšenými obsahy vanadu a niklu v jahodníku z téže zahrady. Nadprůměrné obsahy PAU a toluenu v travním porostu a listech jahodníku svědčí o celkově zvýšené zátěži prostředí v tomto odběrním bodě. Severně od něj je nově dobudovaná rychlostní komunikace a za ní severovýchodně práh RWY 06 (odtud převládají vzlety ve směru 240°, tedy nad Jeneč). Vliv provozu letiště na zátěž lokality nelze vyloučit.

Poněkud zvýšené koncentrace kadmia a niklu byly v předchozím roce 2008 konstatovány uvnitř areálu letiště Praha v bodech LKPR38 (mezi TWY A a Z) a LKPR36 (východně od prahu RWY 06). Z porovnání jednotlivých let 2005-2009 (viz **Obr. 16-19**) je ale zřejmé, že zátěž v areálu je velmi proměnlivá, zřejmě v závislosti na meteorologických a provozních podmínkách v období odběru vzorků. Obsahy toxických kovů jsou i přes sezonní výkyvy na dlouhodobě nízké úrovni, dlouhodobě zvýšený toxický ekvivalent PAU lze nicméně pozorovat především v bodě LKPR37 a do jisté míry i LKPR38.

Velmi zajímavé je porovnání dvou odběrních bodů v lokalitě Kněževes. Tak například travní porost v bodě KNE26 pochází z fotbalového hřiště bezprostředně sousedícího s areálem LKPR, v těsné blízkosti RWY 06/24. Úroveň kontaminace těžkými kovy je zde prakticky stejně nízká jako v bodech LKPR34 až LKPR38, zátěž kancerogenními PAU dokonce nižší.

Naproti tomu travní porost odebraný ze zahrady rodinného domku na západním (opačném) konci obce Kněževes u nádraží více než dvojnásobně překračoval mediánové hodnoty pro všechny těžké kovy (kromě molybdenu) a spolu se vzorky z BAB42 a JEN33 patřil

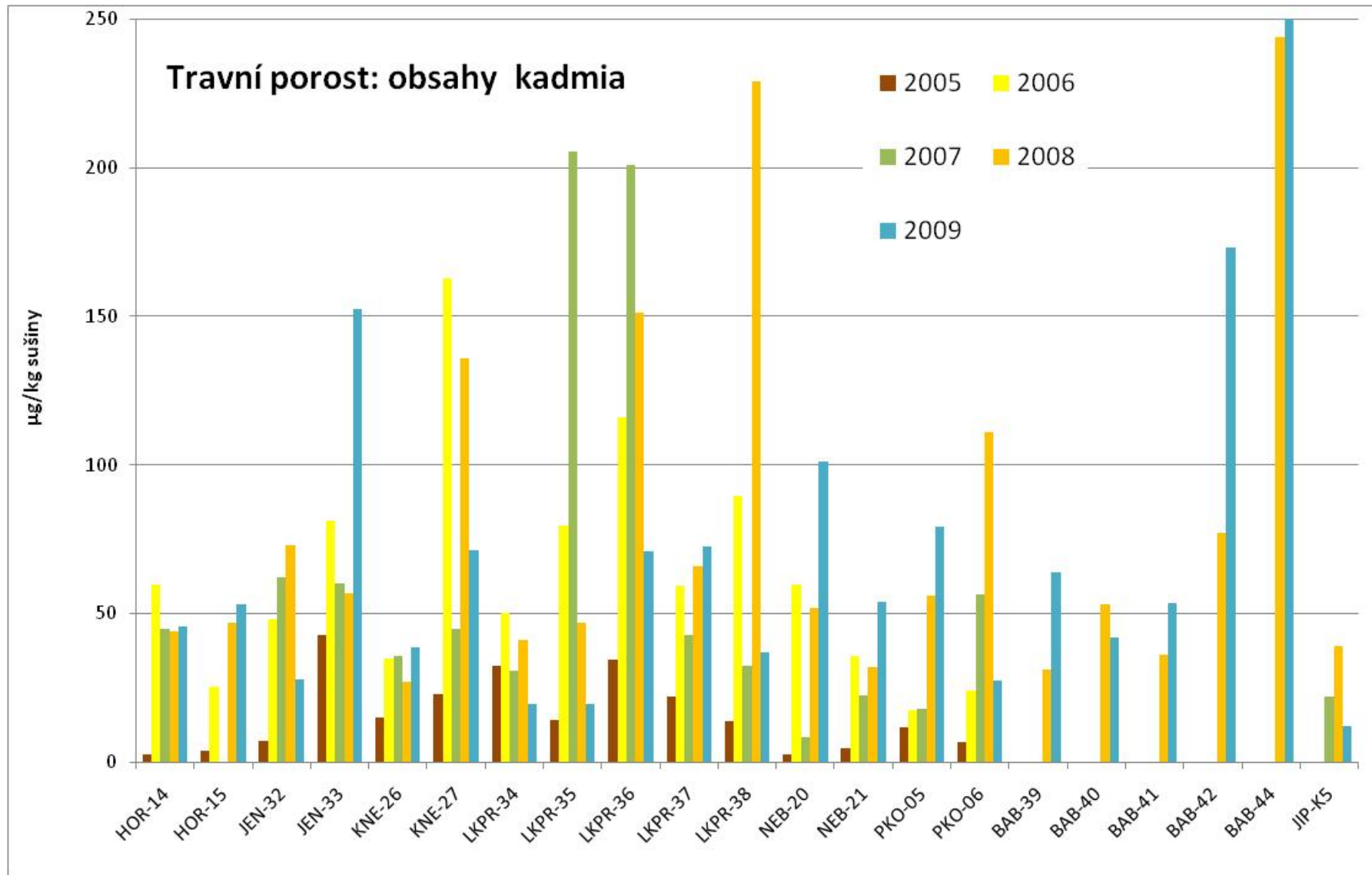
k nejkontaminovanějším vůbec. Rozdíly v kontaminaci mezi travním porostem ze západní a východní části Kněževsi se projevují dlouhodobě také pro kancerogenní PAU. V souladu s tím také vyšetření jahodníku z bodu KNE27 ukázalo nejen na zvýšené obsahy chromu ale především kancerogenních PAU a toluenu.

Vyšetření pšenice a jablek na obsahy stopových prvků nepřineslo v roce 2009 žádné nové poznatky a rozdíly mezi lokalitami zde nejsou významné. V případě všech vzorků pšenice jsou hodnoty pro kadmium, olovo a rtuť hluboko pod hodnotami nejvyššího přípustného množství povoleného pro potravinářskou či krmnou pšenici [4] a kolísání mezi sezonami i mezi lokalitami nebyly prokázány. Například pro olovo je limitní hodnota v obilovinách stanovená Nařízením č.1881/2006/ES [4] až 200 µg/kg a pro kadmium 100 µg/kg. V tomto roce nepřesáhla žádná hodnota pro olovo 50 µg/kg, pro kadmium byla mediánová hodnota 26 µg/kg, maximální hodnoty nepřekročily 40 µg/kg (např. Jeneč 36 µg/kg).

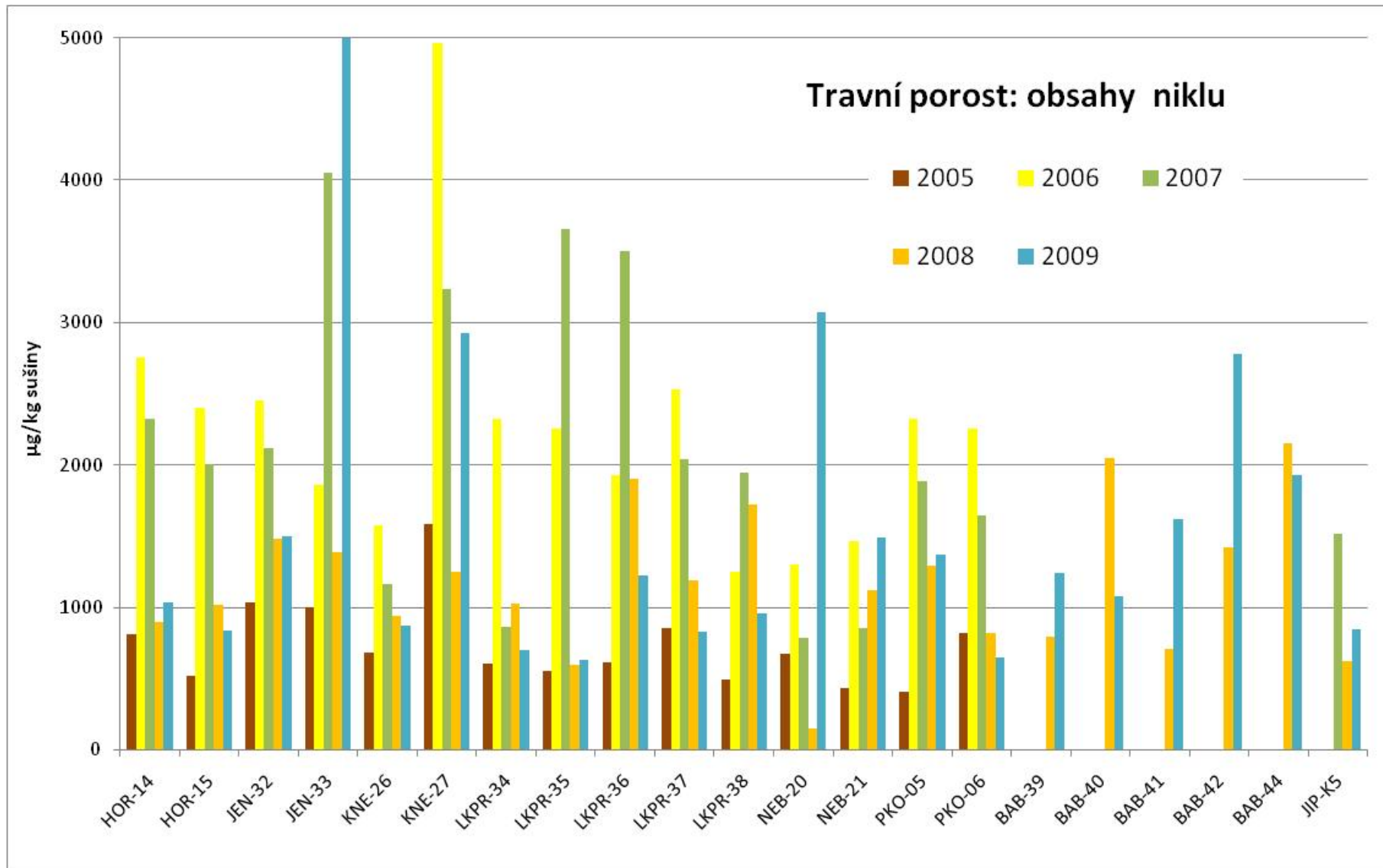
Nařízením č.1881/2006/ES také uvádí maximální koncentrace olova v ovoci 100 µg/kg a kadmia 50 µg/kg. Nejvyšší nálezy olova v jablkách 20 – 30 µg/kg (všechny vzorky z Horoměřic) a koncentrace kadmia dosáhly 20 µg/kg pouze u vzorku PKO02, u všech ostatních vzorků byly pod mezí stanovitelnosti.

Časové trendy v kontaminaci sledovaných plodin stopovými prvky nejsou (vzhledem k velké variabilitě) za dané období 2005-2009 statisticky průkazné. Pouhé porovnání mediánových hodnot pro jednotlivé plodiny však naznačuje celkový pokles hladin rtuti a olova.

Pro posouzení kvality dat byly do série vzorků pro analýzu anonymně zahrnuty kontrolní duplicitně odebrané vzorky listů jahodníku. Výborná shoda výsledků byla konstatována pro vanad, chrom, nikl a kadmium, zcela vyhovující byla shoda pro olovo, kadmium a rtuť, za poněkud problematické byla označena shoda výsledků pouze u molybdenu.

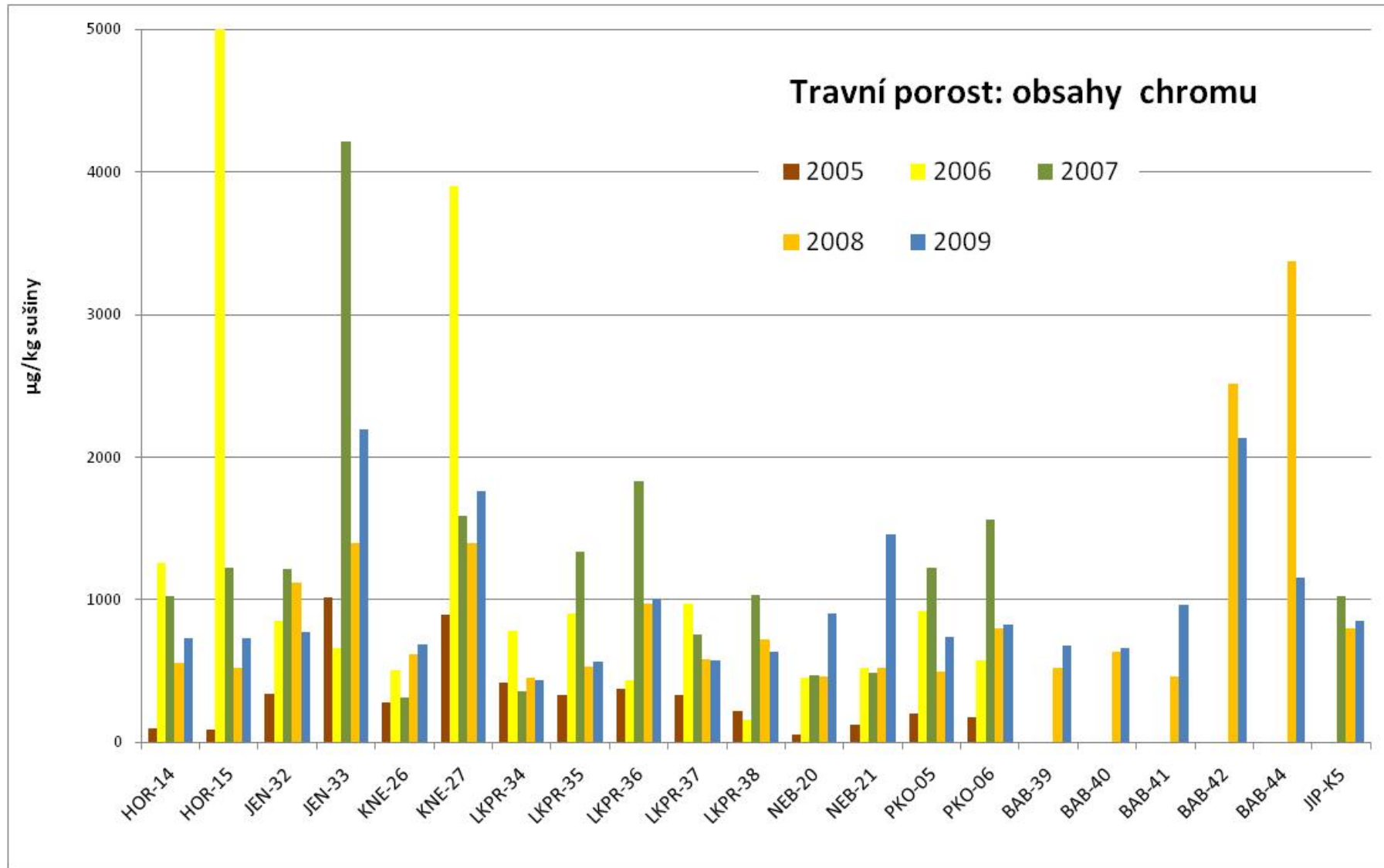


Obrázek 16: Obsahy kadmia v TTP – 2005 až 2009

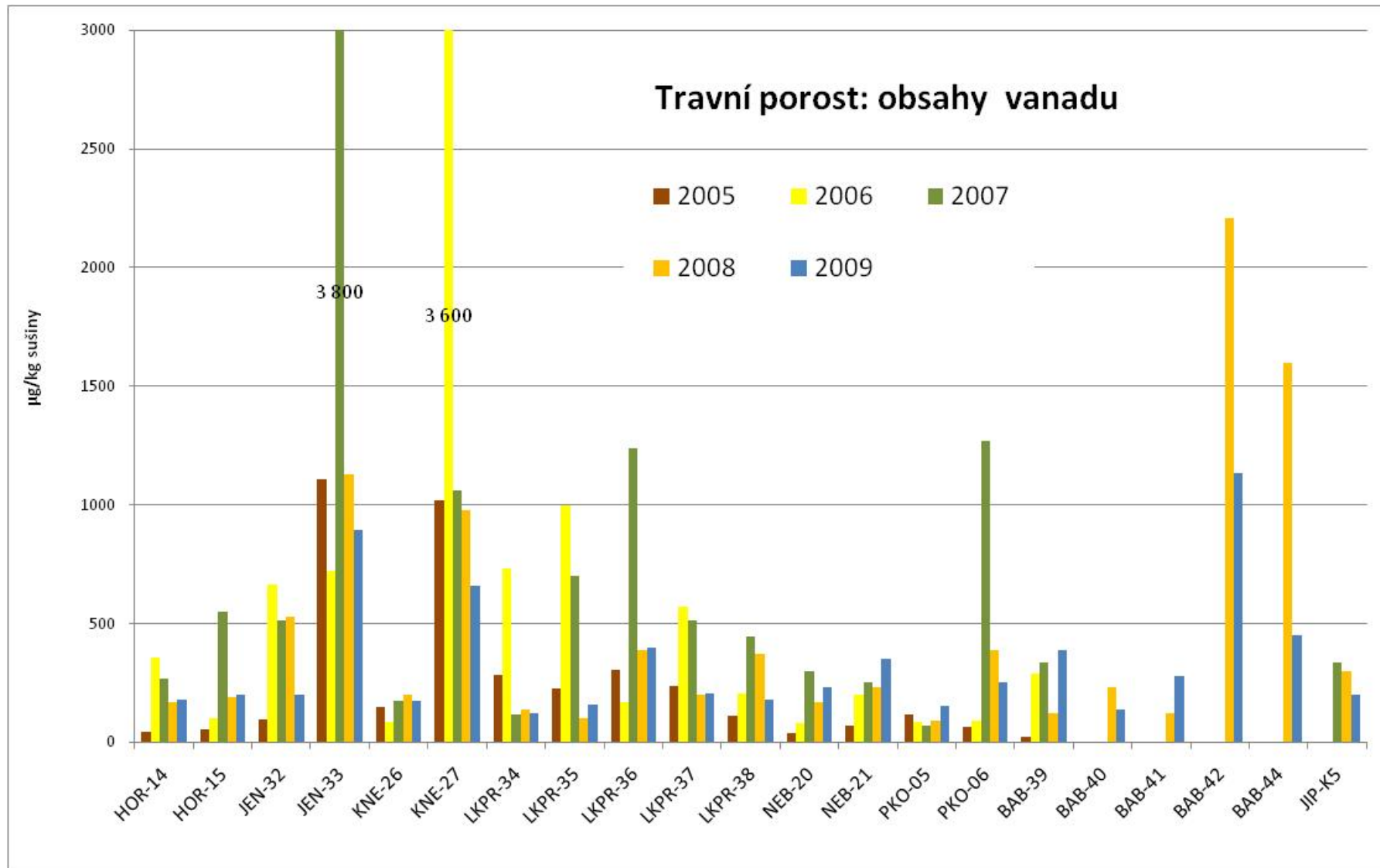


Obrázek 17: Obsahy niklu v TTP – 2005 až 2009

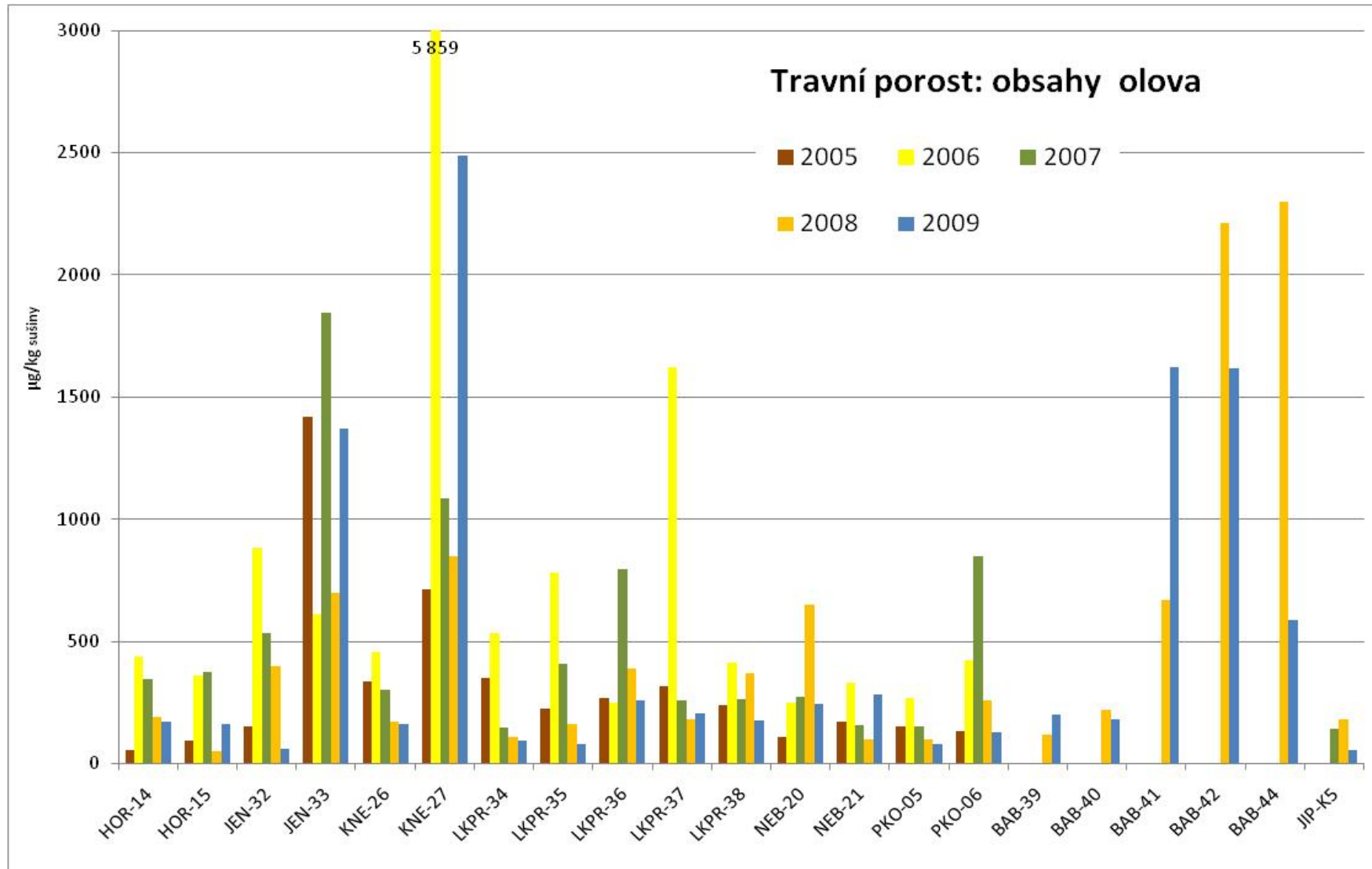




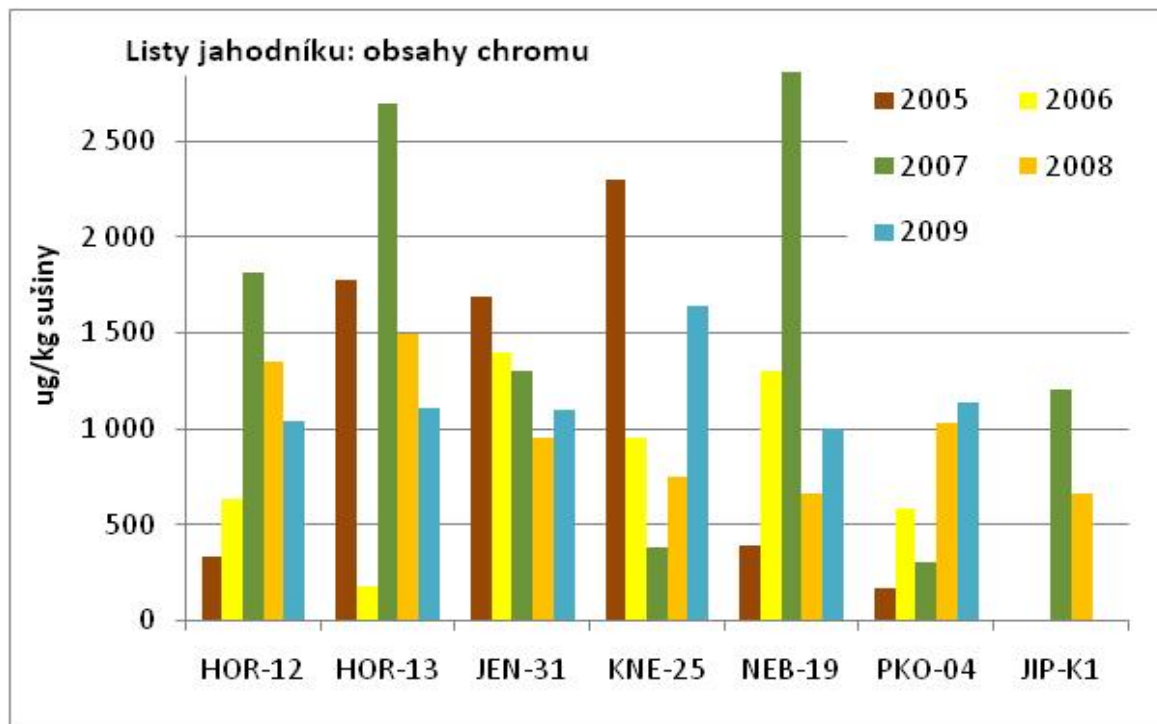
Obrázek 18: Obsahy chromu v TTP – 2005 až 2009



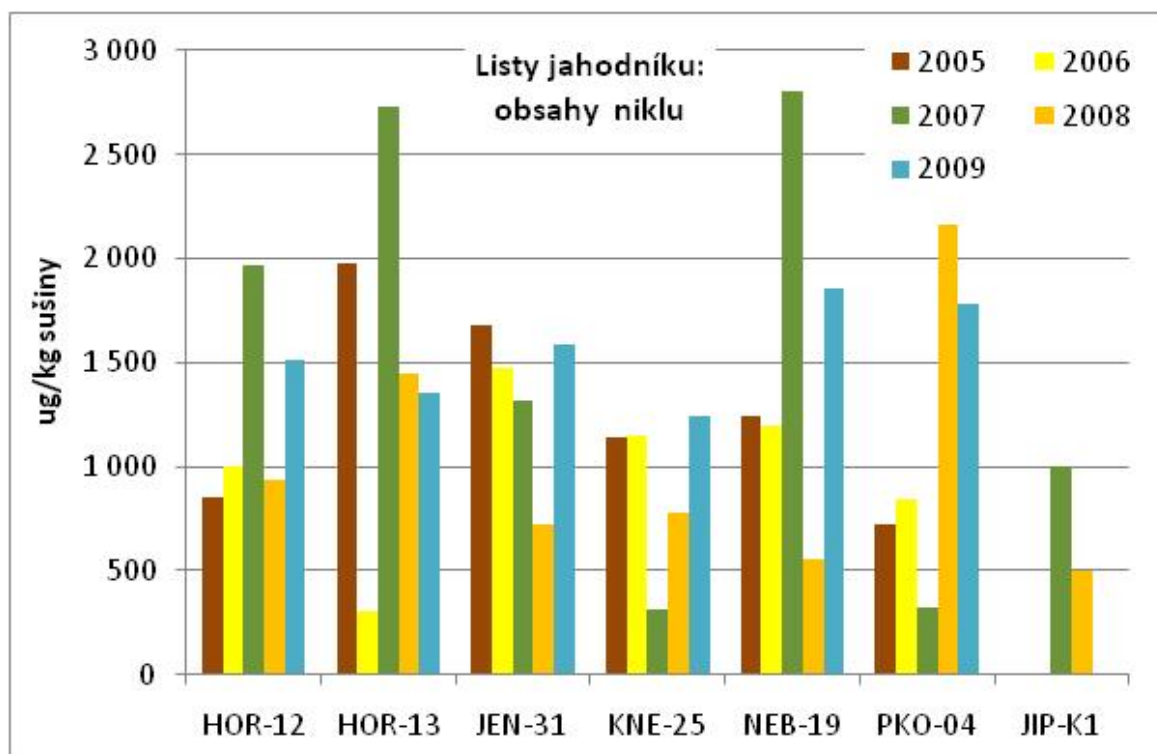
Obrázek 19: Obsahy vanadu v TTP – 2005 až 2009



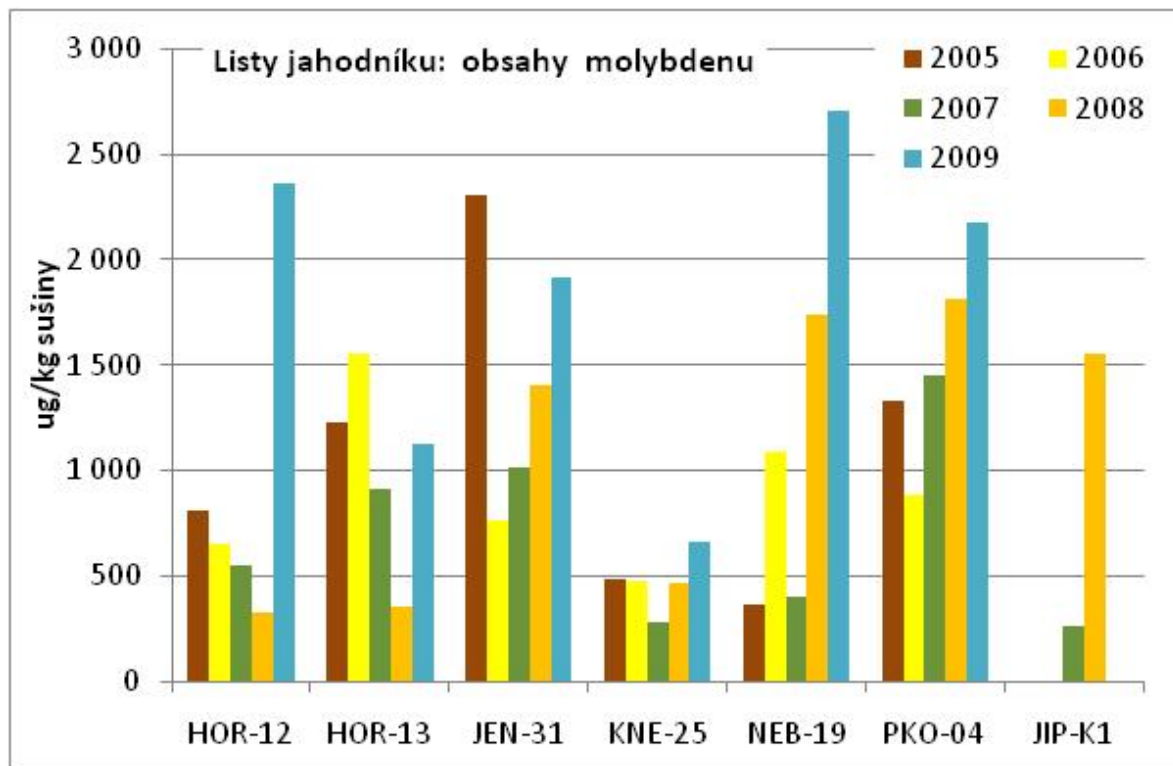
Obrázek 20: Obsahy olova v TTP – 2005 až 2009



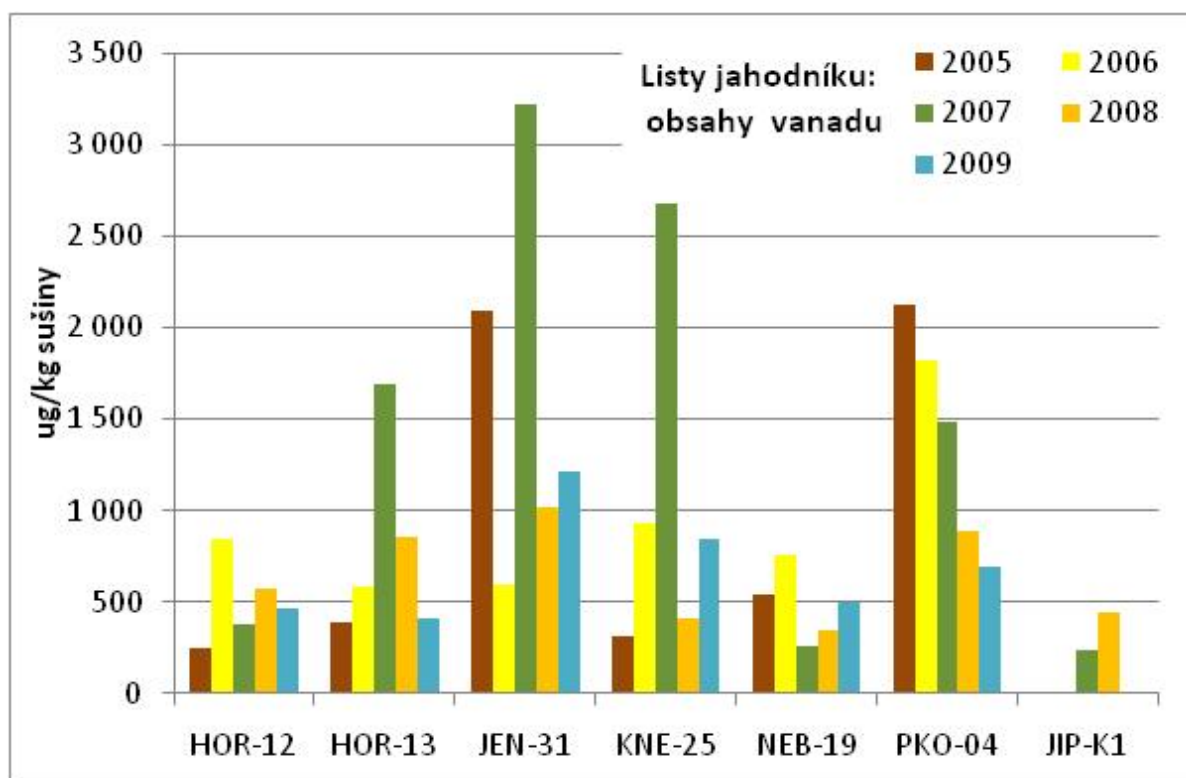
Obrázek 21: Obsahy chromu v listech jahodníku – 2005 až 2008



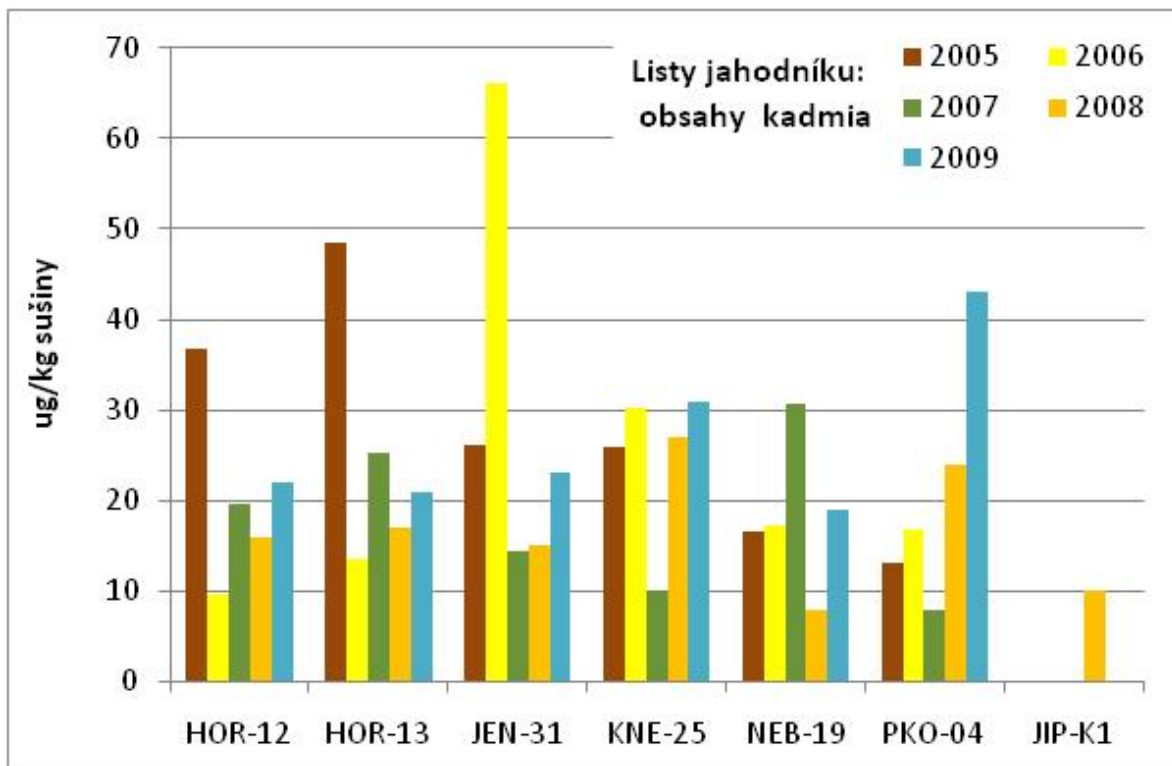
Obrázek 22: Obsahy niklu v listech jahodníku – 2005 až 2009



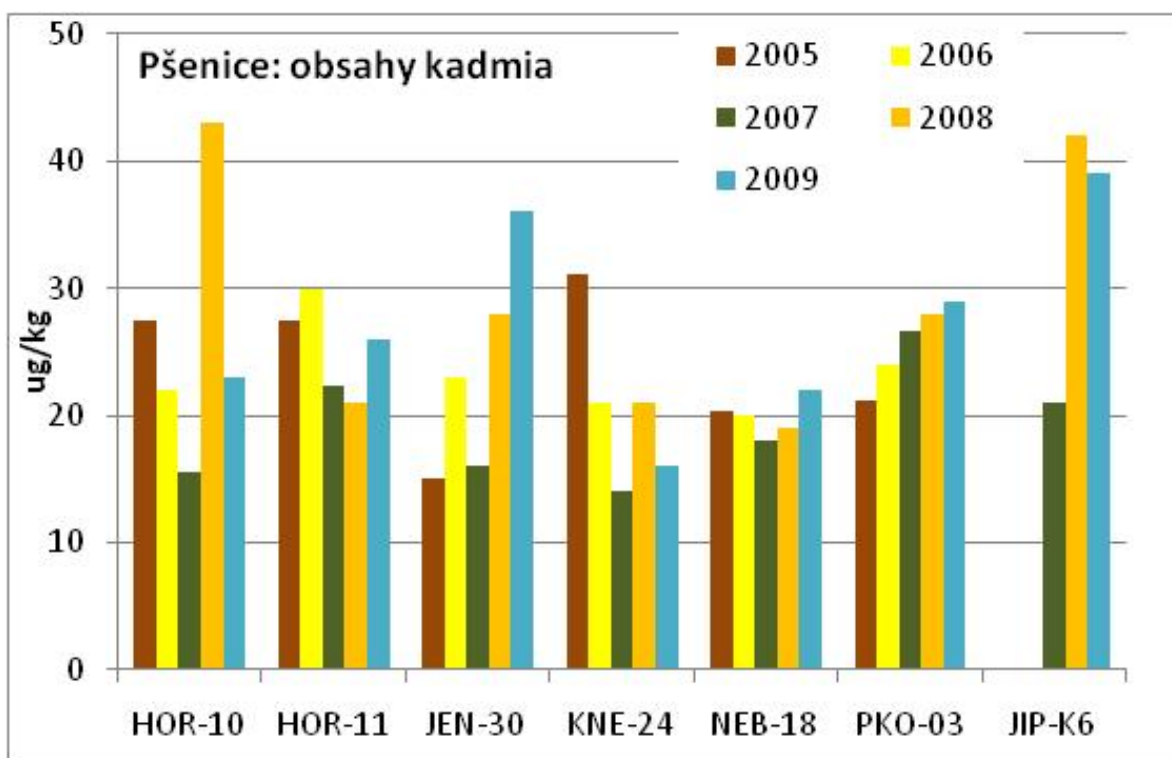
Obrázek 23: Obsahy molybdenu v listech jahodníku – 2005 až 2009



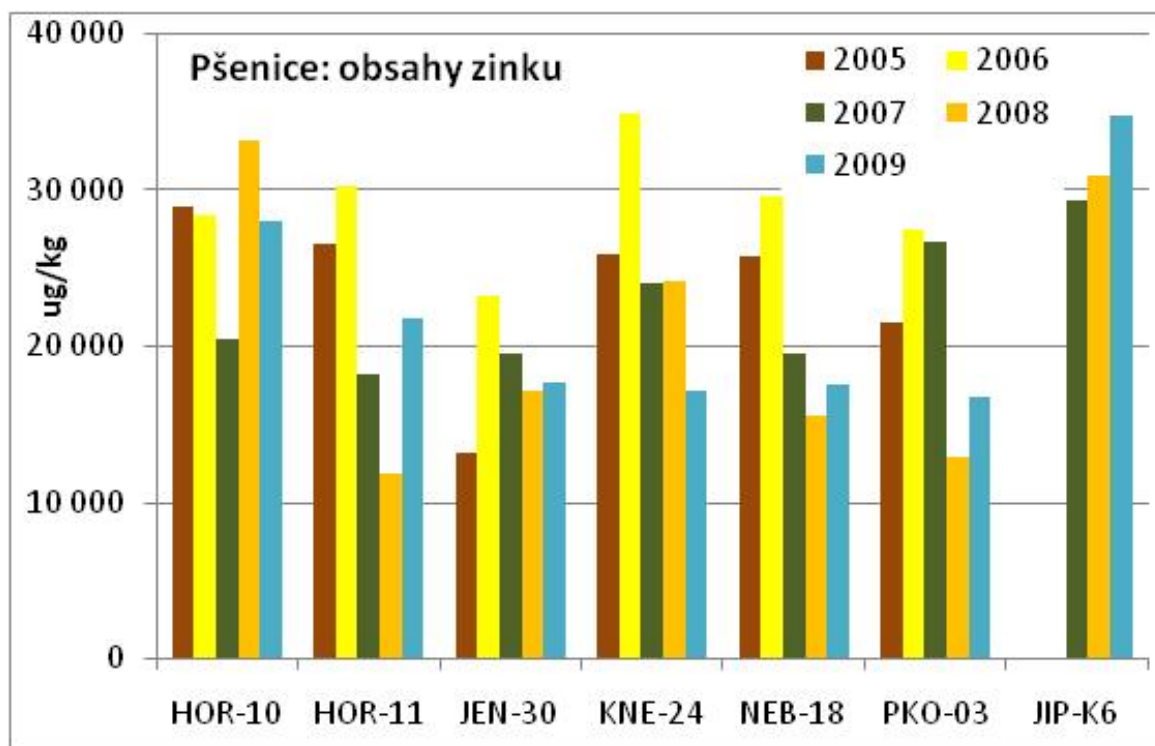
Obrázek 24: Obsahy vanadu v listech jahodníku – 2005 až 2009



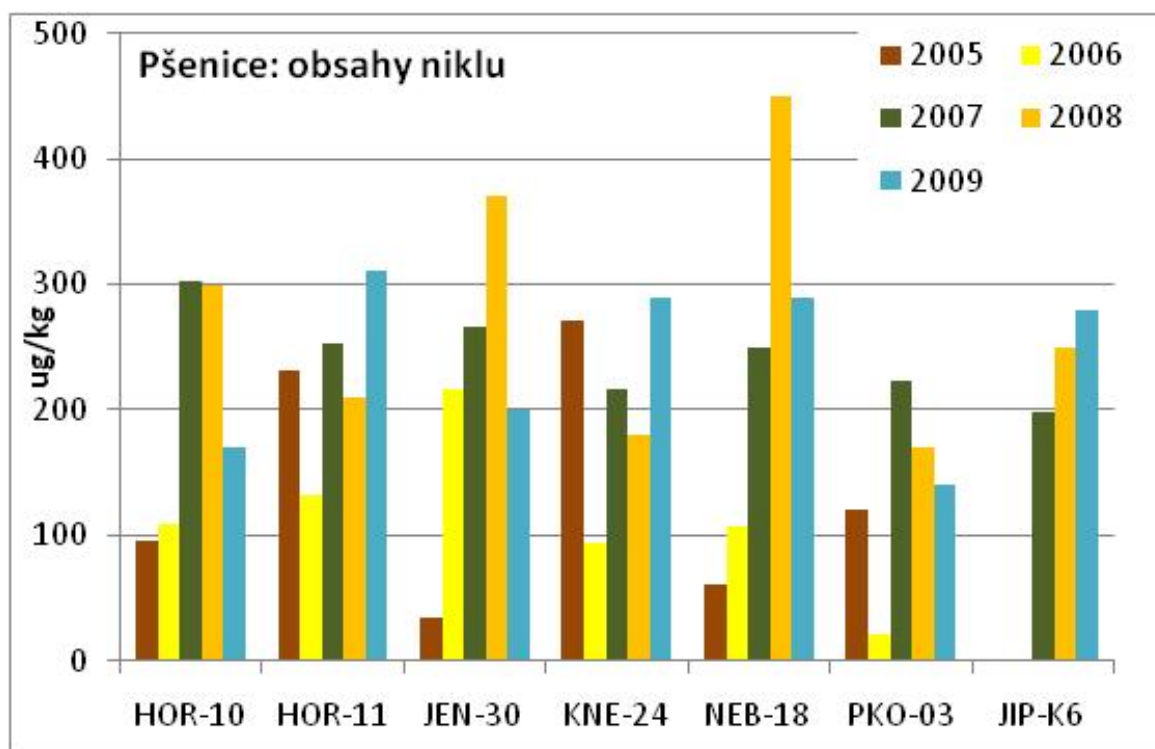
Obrázek 25: Obsahy kadmia v listech jahodníku v období 2005 – 2009



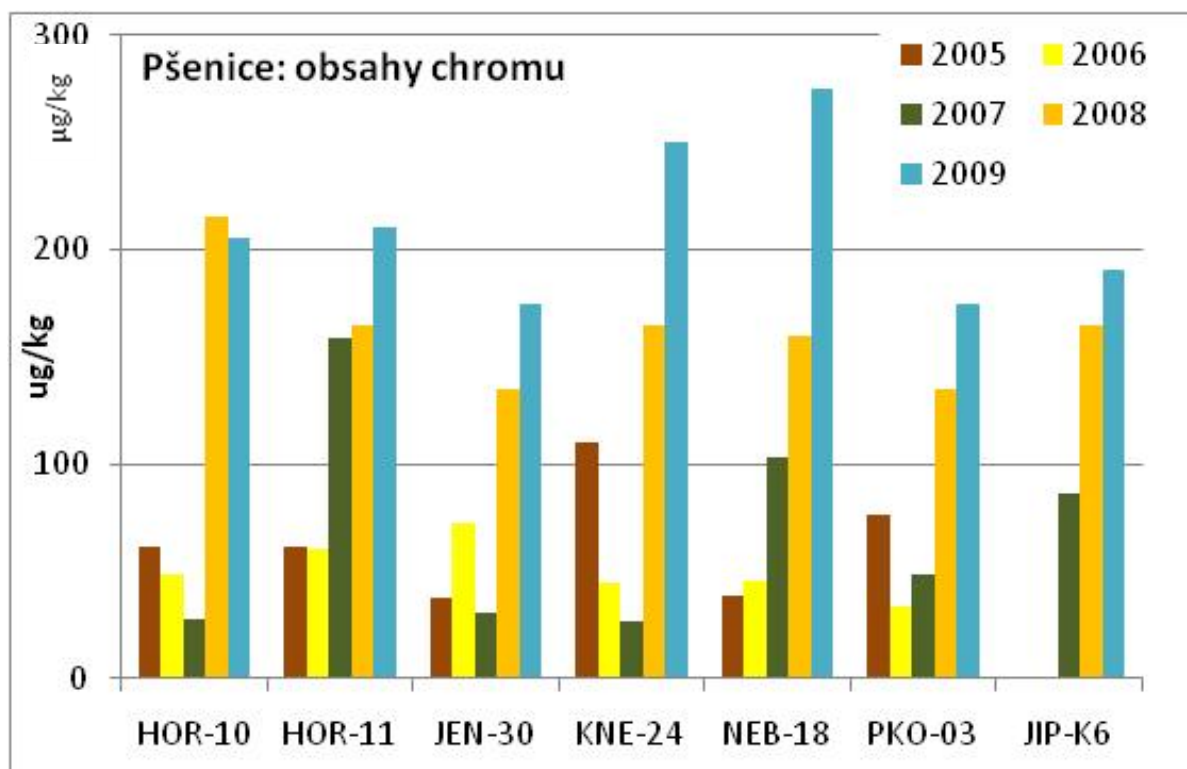
Obrázek 26: Obsahy kadmia v pšenici – 2005 až 2009



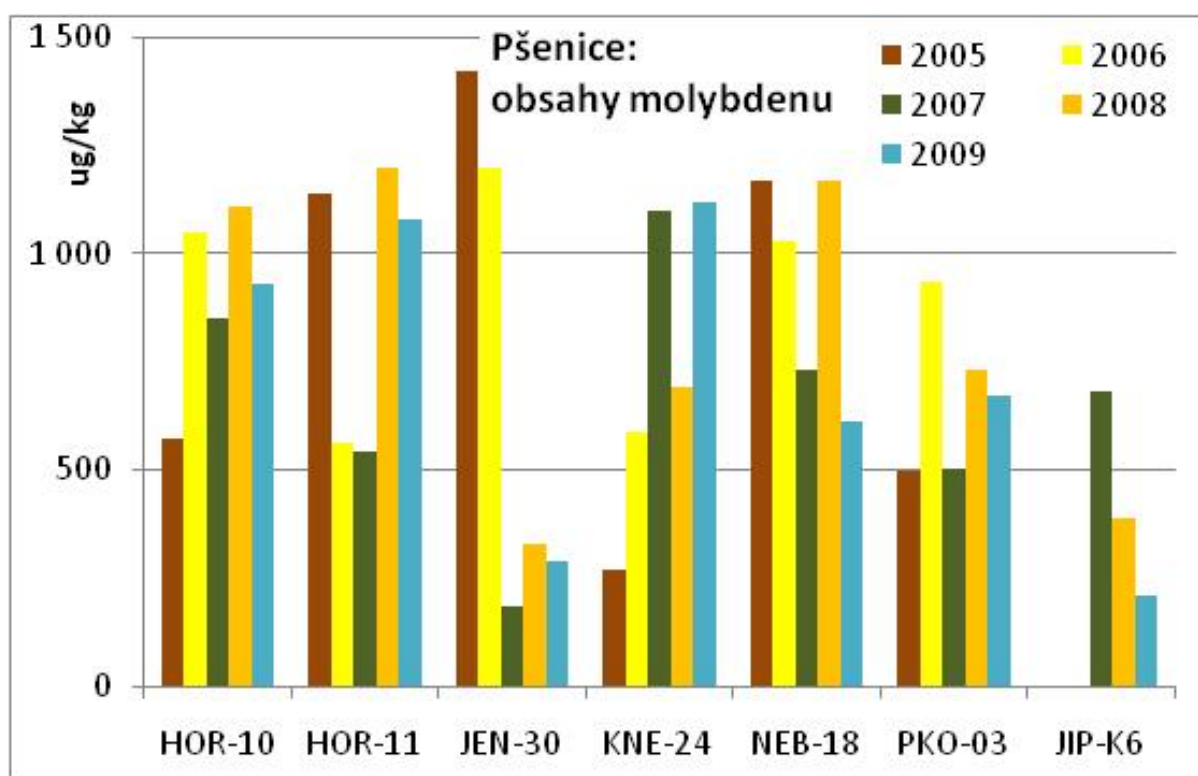
Obrázek 27: Obsahy zinku v pšenici – 2005 až 2009



Obrázek 28: Obsahy niklu v pšenici – 2005 až 2009

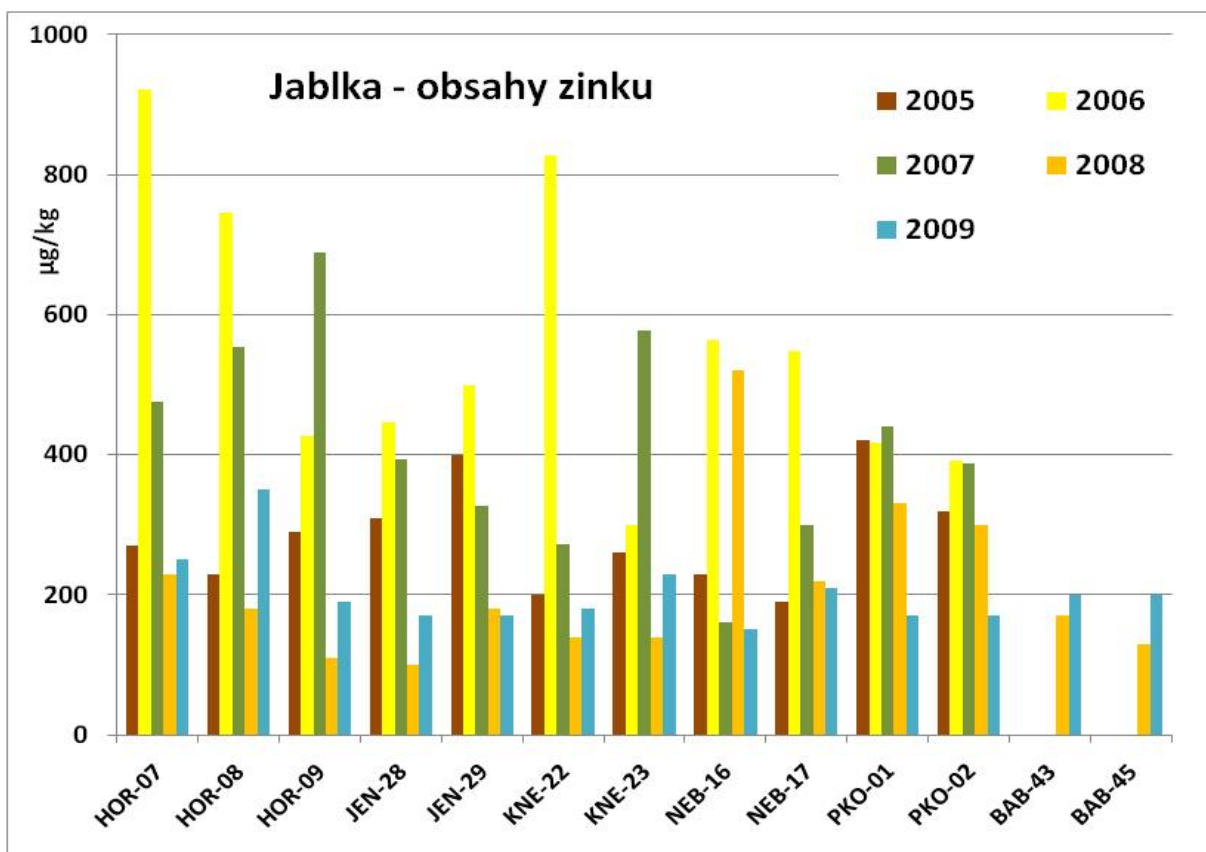


Obrázek 29: Obsahy chromu v pšenici – 2005 až 2009

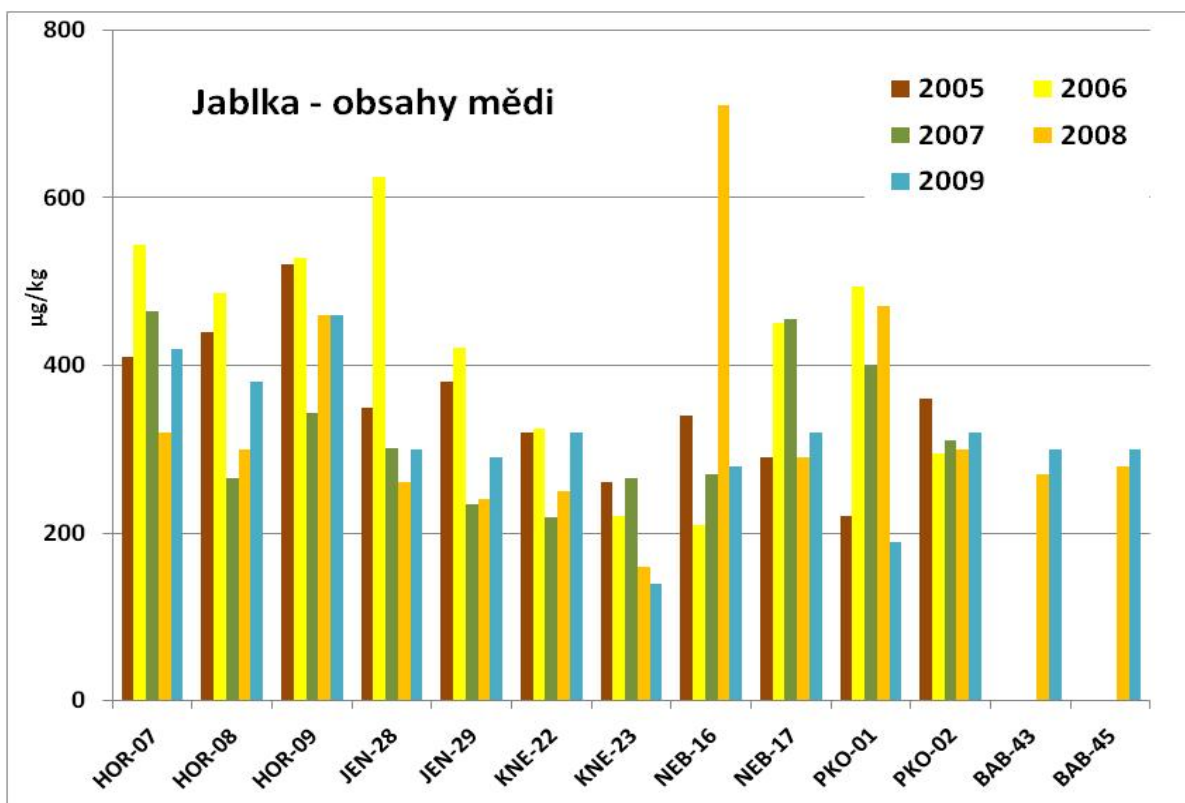


Obrázek 30: Obsahy molybdenu v pšenici – 2005 až 2008





Obrázek 31: Obsahy zinku v jablkách – 2005 až 2009



Obrázek 32: Obsahy mědi v jablkách – 2005 až 2008

### 3. Zbytky paliva a těkavé aromatické uhlovodíky

#### 3.1 Přehled problematiky

Tato část monitoringu se zabývá vyšetřením všech monitorovaných rostlinných materiálů na obsah těkavých kontaminujících látek, jejichž výskyt v ekosystému může mít souvislost mimo jiné s provozem letiště. K tomuto účelu je od roku 2007 používána metoda mikroextrakce na tuhou fázi (SPME, Solid-phase Microextraction) ve spojení s jedno- nebo dvourozměrnou plynovou chromatografií (GCxGC) a hmotnostně spektrometrickou detekcí (detektor TOF-MS). Vyšetření vzorků bylo zaměřeno na sledování případných zbytků nespáleného paliva používaném pro tryskové motory (Jet A) a dále na těkavé aromatické uhlovodíky (BTEX).

#### Charakteristika cílových analytů:

S ohledem na environmentální a toxikologické aspekty se převážně monitorují zejména těkavé aromatické uhlovodíky, konkrétně skupina látek značených BTEX, benzen, toluen, ethylbenzen a isomery xylenu (p-, m- a o-). Rozhodujícím zdrojem atmosférických emisí aromatických uhlovodíků – zejména benzenu a jeho derivátů jsou především výfukové plyny motorových vozidel. Emise z mobilních zdrojů představuje přibližně 85 % celkových emisí aromatických uhlovodíků.

Letecké palivo (kerosen) patří mezi ropné produkty, které se získávají rafinací surové ropy. Tyto produkty obsahují celou řadu látek, mnohé z nich jsou toxické, například aromatické uhlovodíky (benzen a alkylované benzeny) a polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU). Letecké palivo patří mezi střední frakci, kterou tvoří především směs C9 -C15 uhlovodíků. Tato frakce obsahuje aromatické uhlovodíky jako je skupina BTEX. Benzen patří mezi látky karcinogenní pro živočichy. Dlouhodobá expozice benzenu má negativní vliv na krevtvorbu. Může vést ke snížení počtu červených krvinek vedoucí až k anémii či leukemii. Chronická expozice vyvolává také poškození jater, ledvin a bílých krvinek.

Protože složení leteckého paliva (a případných dalších ropných produktů) je velmi komplexní, je zapotřebí při výběru analytické metody vzít v úvahu následující požadavky:

(1) metoda musí být aplikovatelná na různé druhy matric (vzduch, voda, půda, tráva, plodiny..), (2) s ohledem na možné ztráty cílových analytů je preferována možnost využití „přímé“ metody bez komplikovaných způsobů izolace analytů, (3) zpracovaný vzorek k plynově-chromatografické analýze musí být relativně prostý netěkavých podílů (nebezpečí zhoršení parametrů chromatografického systému). SPME technika nabízí elegantní řešení a splňuje požadavky pro daný typ analýz.

SPME metoda představuje rychlý, citlivý a snadno automatizovatelný přístup, který zjednodušuje analýzy těkavých a méně těkavých, polárních a nepolárních látek v různých typech matric. Minimalizuje manipulaci se vzorkem, eliminuje používání organických rozpouštědel (snižuje náklady a je šetrná k životnímu prostředí) a je možné dosáhnout velice nízkých detekčních limitů, řádově ng/kg.

Podstatou SPME techniky je sorpce těkavých látek na křemenné vlákno potažené vhodnou stacionární fází. Při extrakci analytů je toto vlákno umístěno nad vzorek (head-space SPME) nebo vnořeno přímo do vzorku (přímá SPME).

V této práci použítá konkrétní metoda je založena na ustanovení rovnováhy mezi množstvím analytu ve vzorku, na vlákne a v head-space prostoru nad vzorkem. Po ukončení sorpce je vlákno zavedeno do vyhřívaného injektoru plynového chromatografu, kde jsou analyty tepelně desorbovány a naneseny na kolonu. Rovnovážný stav SPME techniky závisí na mnoha faktorech, mimo jiné na koncentraci analytu ve vzorku a na typu a tloušťce polymeru, který pokrývá vlákno.

Srovnávací analýzy vycházejí ze skutečnosti, že každý rostlinný vzorek uvolňuje charakteristické spektrum přirozených těkavých složek (sekundárních metabolitů). Při vyšetření par (emisí) odebraných z prostoru nad nimi metodou HS-SPME-GC/MS získáme chromatografický profil charakteristický pro analyzovaný druh vzorku (tj. soubor signálů-píků o různých retenčních časech a intenzitách). Každý vzorek můžeme tak charakterizovat jeho vlastním (přirozeným) profilem. Při

vyšetření vzorků zmíněnou metodou se pak kontaminace vzorků jinými látkami projeví změnou profilu oproti „referentnímu“, nekontaminovanému vzorku.

### 3.2 Provedení analýz

Sledované analyty (BTEX) byly izolovány metodou mikroextrakce na tuhou fázi (SPME) z plynné fáze nad vzorkem (headspace). Pro kvantifikaci byla použita plynová chromatografie (GC) s hmotnostně spektrometrickou detekcí s analyzátozem doby letu (time-of-flight, TOF-MS). V rámci pokračování optimalizace metody byly v roce 2009 pro zlepšení provozních charakteristik analýzy testovány čtyři různé chromatografické kolony DB-5MS, VOCOL (60m), VOCOL (30m) a INNOWAX a čtyři sorpční SPME vlákna s různými fázemi - DVB/Car/PDMS, PDMS, PDMS/Car a PDMS/DVB. Byly provedeny experimenty vedoucí ke spolehlivé eliminaci nálezů toluenu ve slepých vzorcích. Nakonec byly stanoveny finální charakteristiky nově optimalizovaného postupu a odhadnuta opakovatelnost nálezů BTEX na reálných maticích zařazených do monitoringu.

- ◆ Plynový chromatograf Agilent Technologies 7890A s elektronickou kontrolou tlaku (EPC) a split/splitless injektorem
- ◆ hmotnostní detektor TruTOF™ HT TOFMS, LECO Corp., (USA)
- ◆ multifunkční automatický dávkovač vzorků CombiPal (CTC Analytics, USA)
- ◆ SPME vlákno s fází PDMS/CX/DVB, Supelco (USA)
- ◆ kapilární křemenná kolona pro plynovou chromatografii Innowax 30 m × 0,25 mm × 0,25 μm; J&W (USA)

Příprava vzorku spočívá v navážení 0,5 g (tráva, jahodové listí a pšenice) nebo 1 g (jablka) analyzovaného materiálu do 10 ml SPME-vialky. Vialka se uzavře SPME-septem a vloží do karuselu ke zpracování automatizovanou SPME technikou. Po proběhnutí sorpce následuje zavedení vlákna do nástřikového systému GC a desorpce analyzovaných látek.

Identifikace cílových látek je prováděna na základě porovnání parametrů píků vzorku s parametry standardů a se spektry v referenční knihovně spekter pomocí software ChromaTOF (LECO Corp., USA).

Obsahy analytů se kvantifikují metodou standardního přídávku (po odečtení slepého pokusu), pro vyhodnocení je vždy použita hladina s odezvou blížící se odezvě v neznámém vzorku. Výsledky se vyjadřují v μg/kg, pokud je obsah nižší než mez stanovitelnosti metody, výsledek se udává jako <LOQ. Necílový screening“ markerů paliva je založen na stejné analytické koncovce (GC/TOFMS). Zde je ale plně využít potenciál této instrumentální techniky, který umožňuje sběr plných hmotnostních spekter a tzv. spektrální dekonvoluci, tedy samostatnou identifikaci píků v koeluci. Výsledkem je pak detekce i těch sloučenin, které nebyly ve vzorcích cíleně hledány.

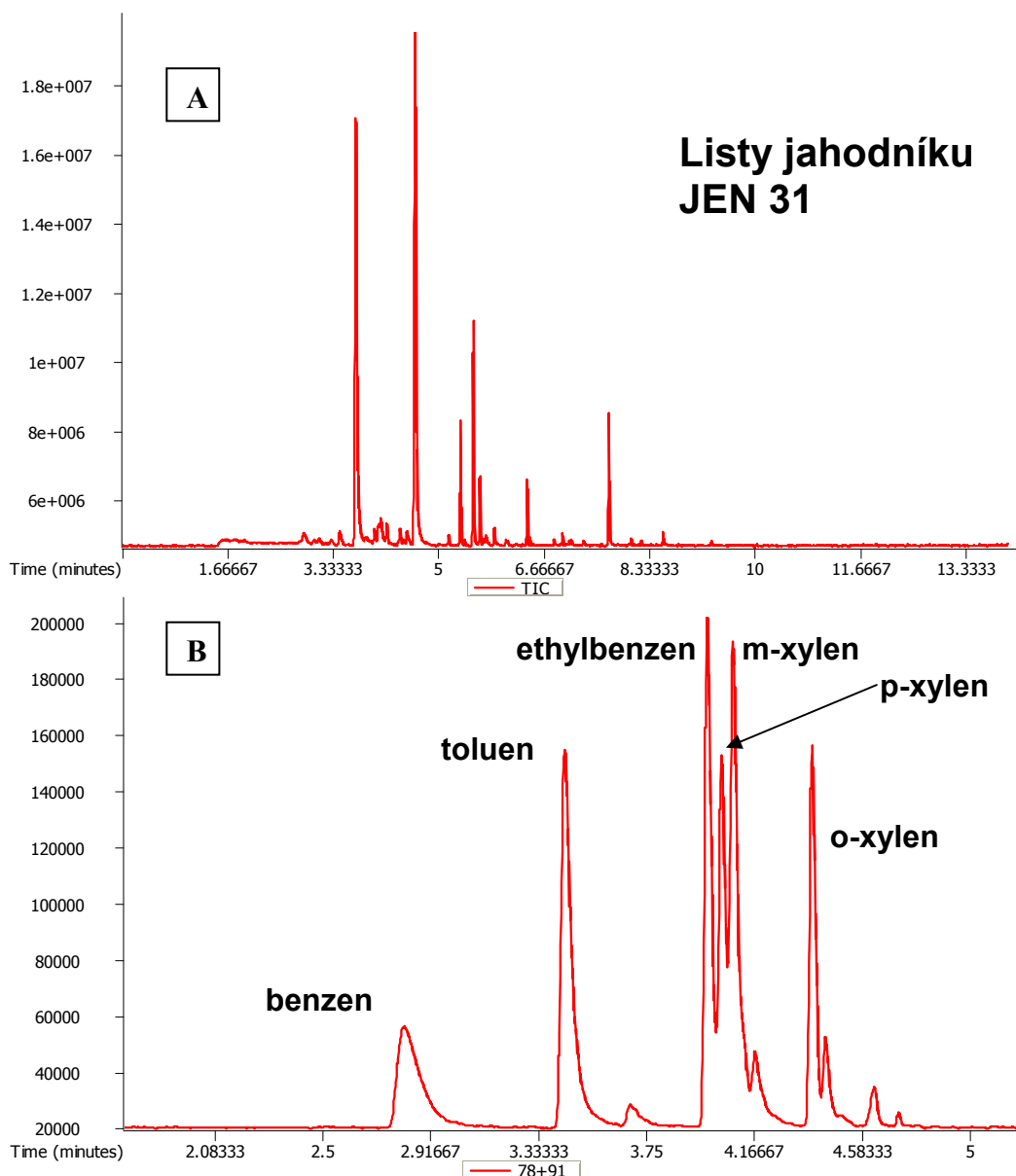
Touto metodou byly analyzovány všechny odebrané vzorky na případný obsah reziduí leteckého paliva a dále na obsah směsi těkavých aromatických uhlovodíků souhrnně nazývaných BTEX. Všechny vzorky byly analyzovány dvakrát.

V případě „necílového screeningu“ je vlastní identifikace neznámých látek prováděna pomocí specializovaného softwaru ChromaTOF (LECO Corp., USA), který vyhodnotí měřená GC/TOFMS data na základě nastavení specifických parametrů jako šířka píku, poměr S/N pro detekci píků, minimální hodnota parametru similarity hmotnostních spekter. Tyto parametry přímo vycházejí z daného měření a determinují následnou detekci píků, identifikaci analytů pomocí knihovny hmotnostních spekter a dekonvoluci.

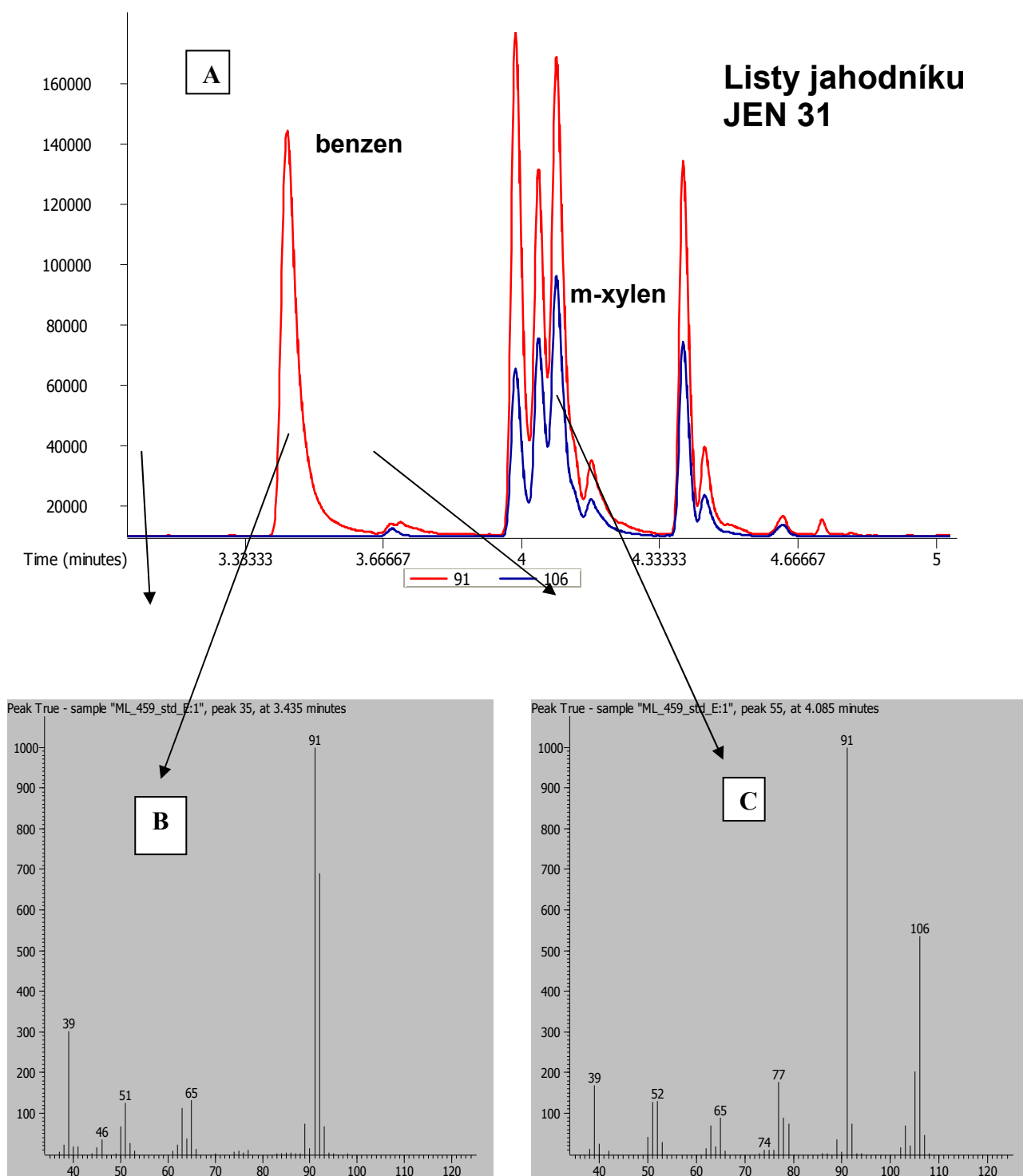
### 3.3 Výsledky analýz

#### A. Výsledky stanovení skupiny látek BTEX.

Typický příklad chromatografického výstupu z analýzy látek BTEX metodou SPME GC/TOF-MS je na **Obrázku 33**. Je zřejmé, že cílové sloučeniny jsou velmi dobře separované navzájem i od ostatních interferujících složek matrice. Pro ilustraci potenciálu použité techniky je na tomto obrázku použit reálný vzorek trávy JEN31, do kterého bylo přidáno přesné množství BTEX (spike). Výsledky obsahu BTEX ve všech odebraných vzorcích plodin a travního porostu jsou uvedeny v databázové **Příloze 5**.



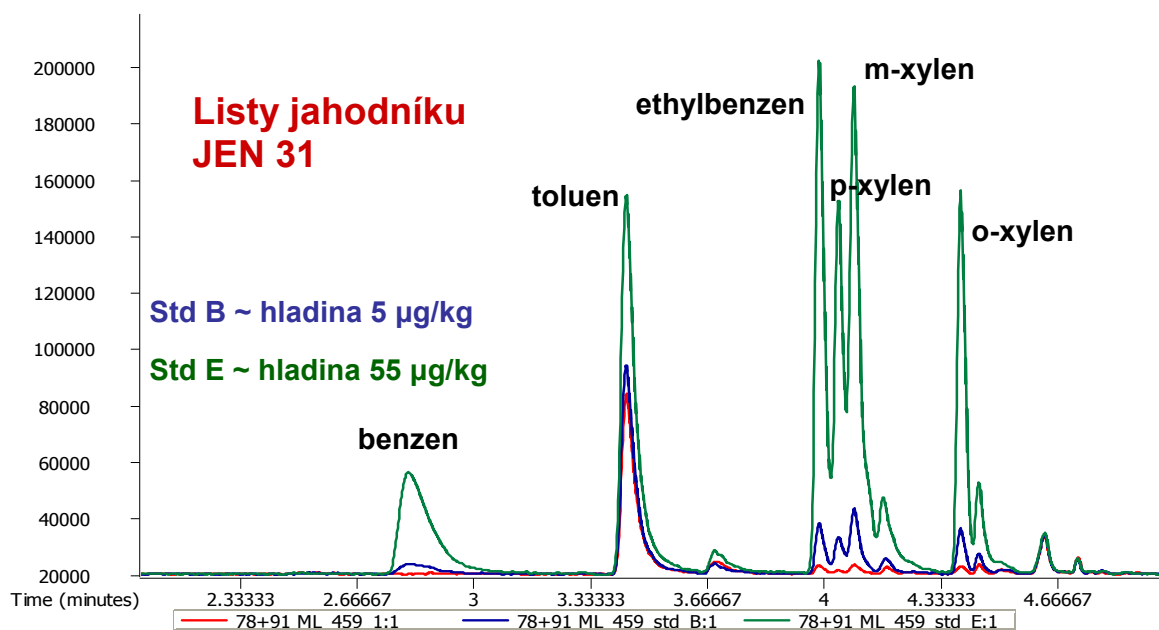
**Obrázek 33** : Záznam SPME–GC/TOFMS analýzy listů jahodníku JEN31 s přidavkem látek BTEX (55 µg/kg). (A) Celkový profil těžkých látek vzorku (TIC), (B) Identifikace jednotlivých analytů (SIM).



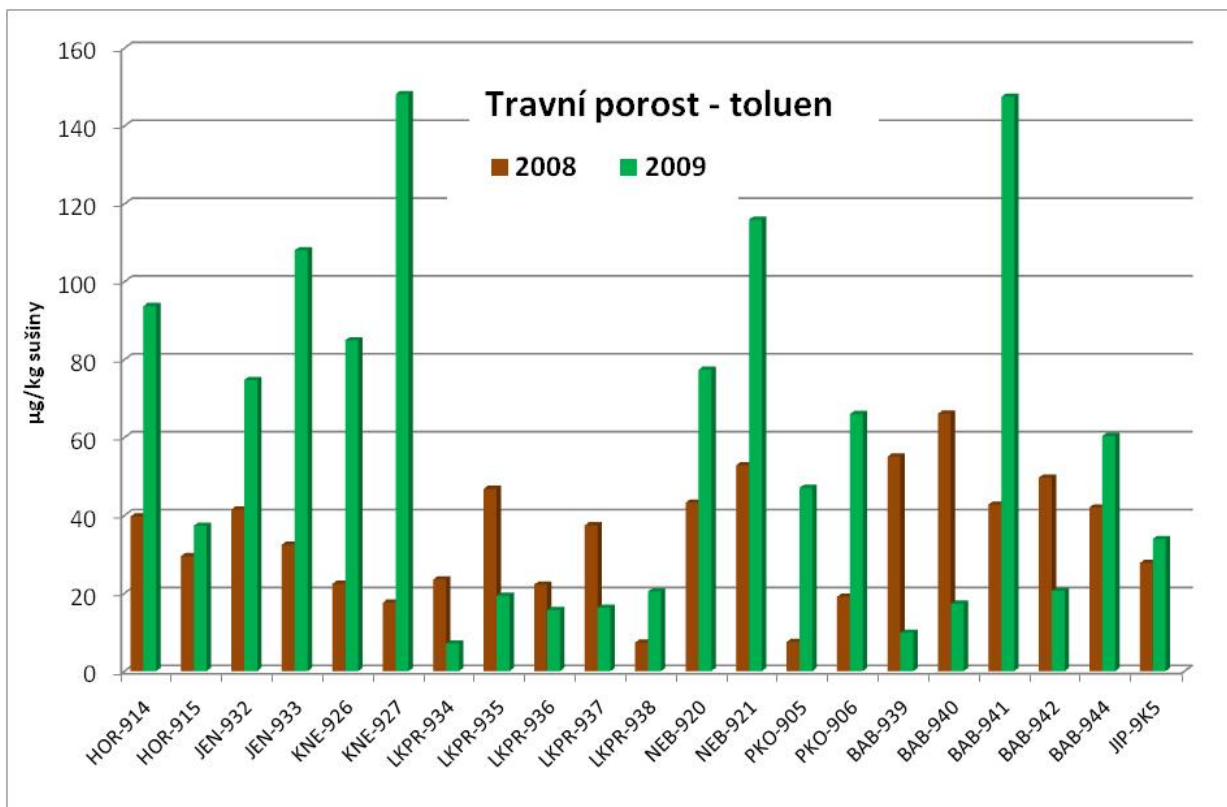
**Obrázek 34:** (A) Záznam SPME–GC/TOFMS analýzy vzorku JEN 31. Zobrazen průběh iontu 91 (červená linka) a 106 (modrá linka). Ukázka stanovení toluenu (B) a m-xyleny (C) – hmotnostní spektra.

Stanovení jednotlivých látek BTEX přítomných ve vzorku listů jahodníku JEN31 je ilustrováno na **Obrázku 34**. Konfirmace identity byla provedena na základě hmotnostních spekter, a to jednak podle přímého srovnání s referenčními standardy a jednak porovnáním s knihovnou spekter NIST.

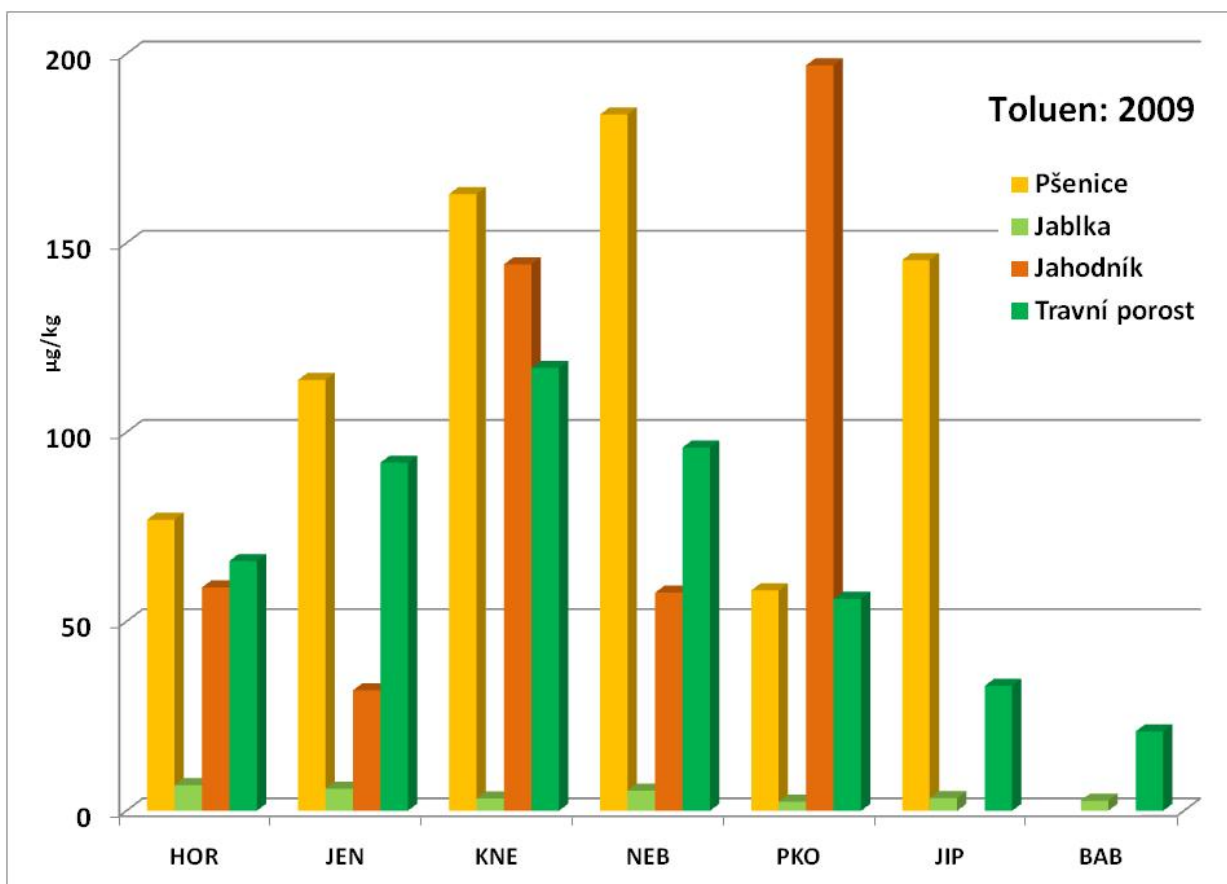
Vysoká citlivost použité metody je zřejmá z **Obrázku 35**, kde jsou „přirozené“ nálezy látek BTEX ve vybraných vzorcích porovnány s „umělým“ přídavkem známého množství ( 5 a 55  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).



**Obrázek 35:** Srovnání obsahu cílových analytů v matrici (červená linka) a matrici se spikem BTEX (modrá linka spike na hladině 5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , zelená linka spike na hladině 55  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).



Obrázek 36 : Obsahy toluenu v TTP – porovnání v jednotlivých bodech v r. 2008 a 2009



Obrázek 37 : Obsahy toluenu 2009: porovnání plodin - průměrné hodnoty za obec (pšenice a jablka v mikrogramech na kg čerstvé hmotnosti, ostatní na sušinu)

**Obrázek 36** dokumentuje jednak porovnání nálezů toluenu v trvalém travním porostu ze všech lokalit v roce 2009 a jednak porovnání těchto hodnot s hodnotami zjištěnými v roce předchozím. Při hodnocení rozdílů je však nutno vzít do úvahy podstatně vyšší nejistotu dat nežli je obvyklé v případě ostatních analytů. To je dáno především značnou těkavostí analytů choulostivých na podmínky při odběru, transportu a při pre-analytickém zpracování vzorků. Lze rovněž předpokládat velkou variabilitu v obsahu těchto látek v závislosti na okamžitých meteorologických podmínkách a aktuálních zdrojích. V každém případě zátěž plodin látkami BTEX vypovídá jen o krátkodobé (prakticky aktuální) expozici vegetace imisím, žádné kumulativní vlastnosti u těchto látek nelze předpokládat. Jejich vysoká těkavost také umožňuje snadný atmosférický přenos na větší vzdálenosti od emisních zdrojů, což rovněž interpretaci nízkých nálezů ztěžuje.

Zvýšené obsahy toluenu v travním porostu z lokalit KNE a JEN letos odpovídají celkové zátěži příslušných lokalit ostatními kontaminanty, poněkud vyšší hodnoty v lokalitě NEB potvrzují loňské výsledky. Nejvyšších hodnot toluenu v roce 2009 dosáhl travní porost z KNE27 a BAB941. Tráva z bodu BAB 944 obsahovala kromě toluenu také ethylbenzen a xylen.

Na příkladu lokality BAB lze ostatně dobře ilustrovat extrémní rozdíly v koncentracích toluenu v travním porostu mezi jednotlivými odběrními body. Průměrné koncentrace toluenu vypočtené ze všech bodů lokality BAB jsou pak podprůměrné. To je ostatně dobře vidět na **Obrázku 37**, kde jsou porovnávány průměrné obsahy toluenu v různých matricích. Pomineme-li jablka, kde jsou nálezy toluenu velmi nízké a pro porovnání zátěže nepoužitelné, zaujme zvýšená kontaminace pšenice a travního porostu v Kněževsi, Nebušicích a Jenči oproti Horoměřicím, kde jsou všechny plodiny kontaminovány minimálně. V Přední Kopanině nekorresponduje vysoký nález toluenu v listech jahodníku s velmi nízkým nálezem v pšenici. Tato pšenice byla navíc odebírána z prostoru před prahem RWY 24 za poměrně intenzivního leteckého provozu. Z **Obrázku 37** je také vidět obdobný rozpor v nálezech toluenu z kontrolní lokality JIP, kde pšenice vykazovala vysoké hodnoty, travní porost naopak nízké.

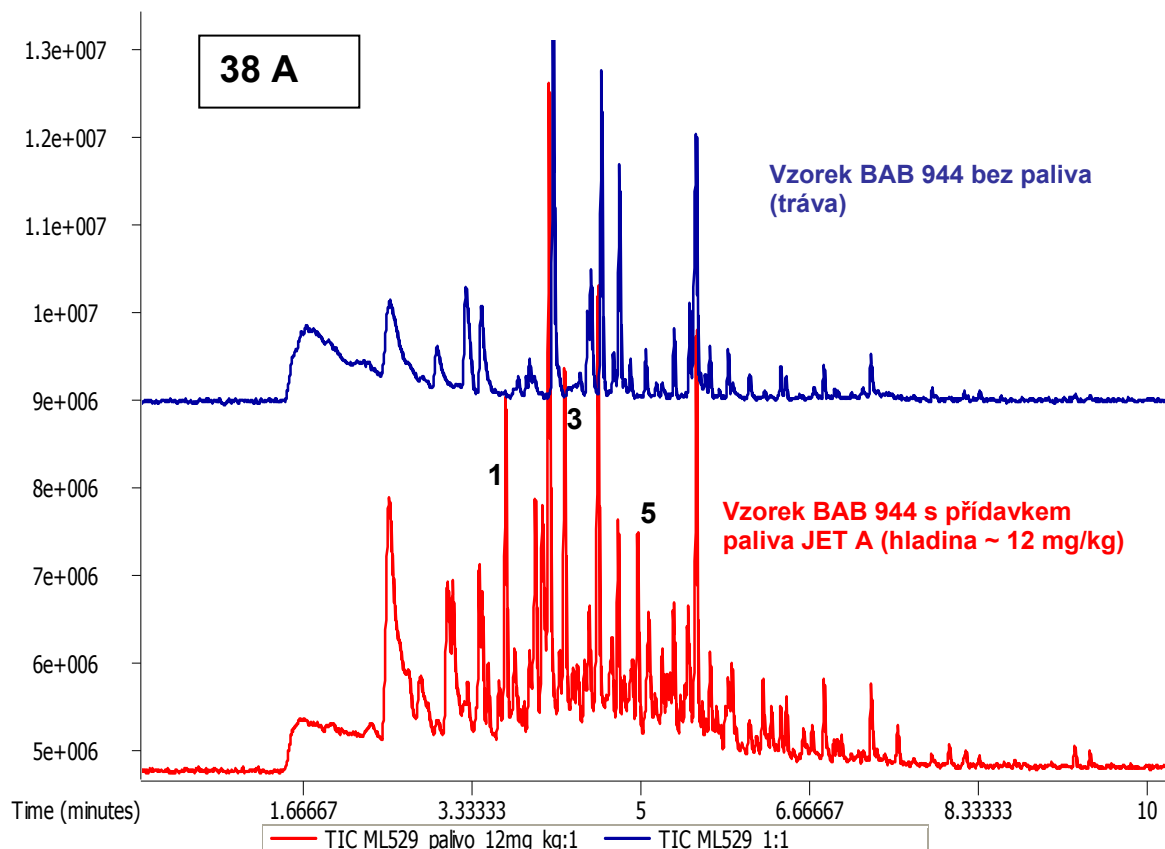
Vypovídací hodnota koncentrací BTEX v plodinách v souvislosti s provozem letiště Praha je tedy poněkud omezená.



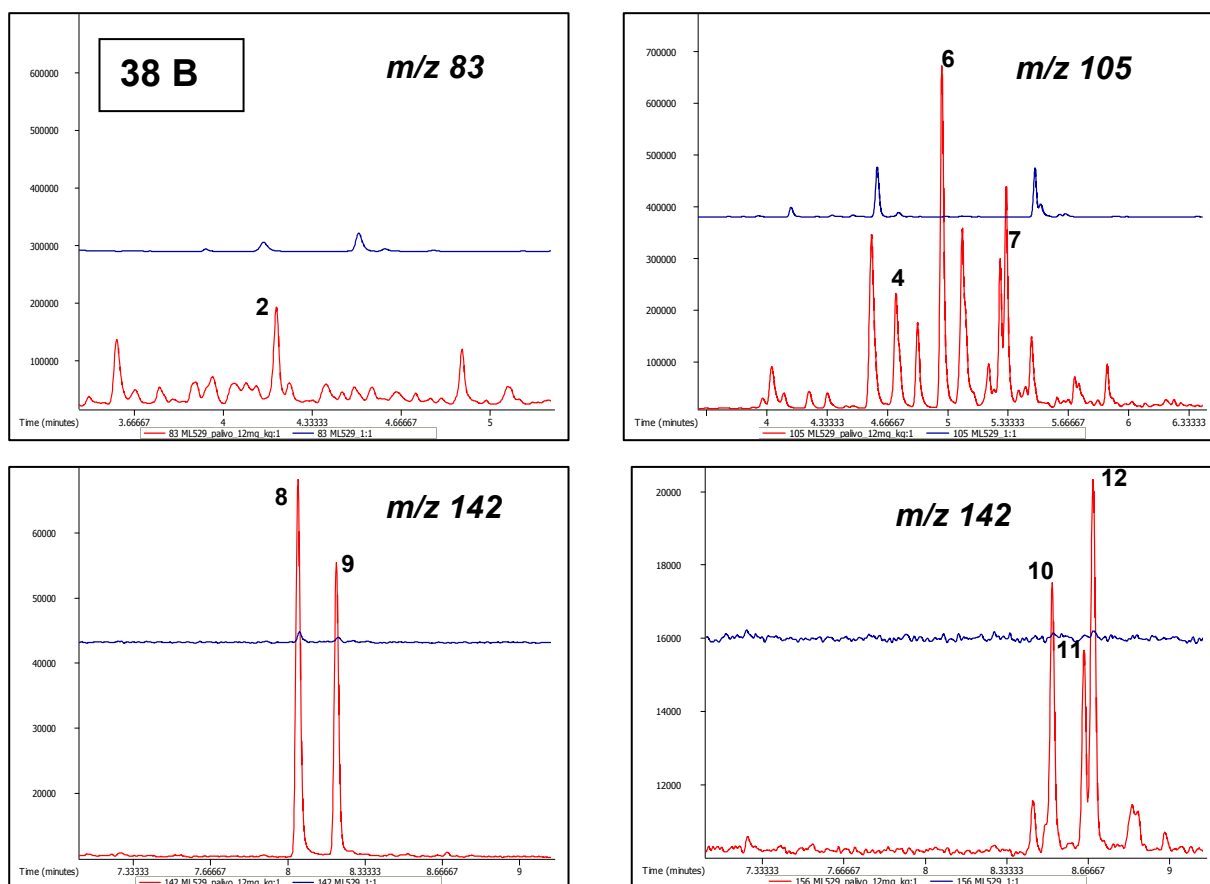
## B. Výsledky detekce stop leteckého paliva na plodinách na základě porovnání chromatografických profilů.

Všechny vzorky byly analyzovány dvakrát a každý vzorek byl pak porovnán se vzorkem, do něhož bylo přidáno přesné množství paliva Jet A (spike). Takto uměle kontaminované vzorky simulují situaci, kdy dojde ke znečištění plodiny leteckým palivem. Typický příklad porovnání chromatografických záznamů získaných metodou SPME GC/TOFMS je na **Obrázku 38 A (záznam TIC, Total Ion Current) a 38 B (záznam iontů o m/z - 83, 105, 142, 156)**.

Výsledky jsou opět uvedeny v databázi (**Příloha 5**), porovnáním profilů nebyly stopy původního leteckého paliva Jet A v žádném ze vzorků prokázány.



**Obrázek 38 A:** Srovnání chromatogramů SPME–GC/TOFMS analýzy (TIC = Total Ion Current) vzorku BAB 944 bez paliva (modrá linka) a vzorku s přídavkem paliva JET A (hladina 12 mg/kg - červená linka). Číslicí jsou označeny vytipované markery paliva – návrh identifikace viz tabulka VI.



**Obrázek 38 B:** Srovnání chromatogramů SPME–GC/TOFMS analýzy (záznam iontů o m/z 83, 105, 142, 156) vzorku BAB 944 bez paliva (modrá linka) a vzorku s přidavkem paliva JET A (hladina 12 mg/kg - červená linka). Číslicí jsou označeny vytipované markery paliva – návrh identifikace viz tabulka VI.

### C. Necílový screening markerů ropných produktů.

Nalezení dalších kontaminujících těkavých látek jiných než BTEX bylo provedeno v rámci necílového screeningu organických látek přítomných v odebraných vzorcích. Účelem bylo identifikovat konkrétní látky, které by mohly indikovat možnou kontaminaci vegetace ropnými produkty. Při vyhledávání těchto sloučenin bylo postupováno s přihlédnutím k následujícím kritériím:

- (i) Případný marker byl identifikován metodou založenou na SPME ve více odebraných vzorcích alespoň dvou typů matrice,
- (ii) Současně byl takový potenciální marker identifikován i v kontrolním vzorku destilované vody, do které bylo přidáno palivo Jet A (1 mg/l).
- (iii) Současně nebyl tento marker identifikován ve slepém vzorku vody bez přidavku paliva.

**Tabulka VI:** Identifikované potenciální markery paliva.

Číslo markeru	RT/min	návrh identifikace
1	3,66	undekan
2	4,27	1-methylethylcyklohexan
3	4,33	dodekan
4	4,76	1,2,3-trimethylbenzen
5	4,98	tridekan
6	5	1,2,4-trimethylbenzen
7	5,33	1-ethyl-4-methylbenzen
8	8,06	1(2)methylnaftalen
9	8,22	1(2)methylnaftalen
10	8,52	1,5(2,6)(2,7)dimethylnaftalen
11	8,66	1,5(2,6)(2,7)dimethylnaftalen
12	8,69	1,5(2,6)(2,7)dimethylnaftalen

Nově aktualizované markery jsou vybrány také s ohledem na kvantitativní zastoupení ve směsi identifikovaných látek a minimální pravděpodobnost jejich přirozeného výskytu v nekontaminovaných rostlinných materiálech. Markery č. 6-12 jsou alkybenzeny a alkylnaftaleny typické právě pro naftu a letecké palivo. Kvalitativní nálezy příslušných markerů ve všech vzorcích uvádí **Tabulka VII**.

Velmi zajímavá je incidence markerů č. 8 a 9 v téměř všech vzorcích travního porostu z areálu LKPR a současně nepřítomnost ostatních markerů v těchto vzorcích. Neidentifikovány zůstaly tyto markery pouze ve vzorcích z bodu LKPR34, kde v době vzorkování a před ním byl letecký provoz jen minimální (jižně od středu RWY 13/31). Tato skutečnost jen potvrzuje, že výběr markerů 8 a 9 pro indikaci možné zátěže provozem letiště je vhodný.

Proto byly nadále všechny vzorky s nálezem obou těchto markerů (methylnaftalenů) typických pro provozně zatížené body LKPR označeny jako vzorky, kde „nelze vyloučit vliv leteckého paliva“. V databázi výsledků jsou takové vzorky nově označovány jako suspektní (S). To ovšem zdaleka neznamená pozitivní důkaz přítomnosti paliva tak, jak o to bylo usilováno původně.

Souvislost mezi leteckým provozem a incidencí methylnaftalenů podporuje mimo jiné skutečnost, že oba markery byly identifikovány v travním porostu z bodu KNE26, tedy hřiště v Kněževsi, které bezprostředně sousedí s areálem letiště (v blízkosti RWY 24). Tento vzorek byl kancerogenními PAU a těžkými kovy kontaminován podprůměrně. Naproti tomu jinak silně kontaminovaný vzorek travního porostu KNE27 (z opačného okraje obce) markery č. 8 a 9 vůbec neobsahoval.

Nálezy markerů č. 8 a 9 ve všech vzorcích listů jahodníku však naznačují, že tyto látky kontaminují jahodník ve větší míře nežli travní porost a v celém okolí letiště Praha jsou (podobně jako PAU) všudypřítomné a jejich nálezy jsou pak spíše otázkou detekčních limitů použitých metod.

Tabulka VII: Výskyt potenciálních markerů paliva (nález označen symbolem „x“)

matrice	kód lokality	číslo markeru	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		číslo vzorku												
pšenice zrno	<b>PKO 903</b>	ML 449/09	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-
	<b>HOR 910</b>	ML 451/09	x	x	x	-	x	-	-	-	-	-	-	-
	<b>HOR 911</b>	ML 452/09	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>NEB 918</b>	ML 455/09	x	x	x	-	x	-	-	-	-	-	-	-
	<b>KNE 924</b>	ML 456/09	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>JEN 930</b>	ML 458/09	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>JIP 9K6</b>	ML 460/09	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tráva	<b>PKO 905</b>	ML 519/09	x	x	x	-	-	-	-	x	x	-	-	-
	<b>PKO 906</b>	ML 520/09	-	-	x	-	-	x	-	-	-	-	-	-
	<b>HOR 914</b>	ML 531/09	x	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>HOR 915</b>	ML 532/09	x	x	x	-	-	x	-	x	x	x	x	x
	<b>NEB 920</b>	ML 533/09	-	-	x	-	-	x	-	x	x	-	-	-
	<b>NEB 921</b>	ML 521/09	-	-	x	-	-	-	-	x	x	-	-	-
	<b>KNE 926</b>	ML 522/09	x	-	-	-	-	-	x	x	x	-	-	-
	<b>KNE 927</b>	ML 534/09	-	-	x	-	x	-	x	-	-	-	-	-
	<b>JEN 932</b>	ML 518/09	-	x	x	-	-	-	-	x	x	-	-	-
	<b>JEN 933</b>	ML 523/09	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>LKPR 934</b>	ML 499/09	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>LKPR 935</b>	ML 500/09	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	-	-
	<b>LKPR 936</b>	ML 501/09	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	-	-
	<b>LKPR 937</b>	ML 502/09	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	-	-
	<b>LKPR 938</b>	ML 503/09	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	-	-
	<b>BAB 939</b>	ML 461/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>BAB 940</b>	ML 462/09	-	-	x	-	-	x	-	-	-	-	-	-
	<b>BAB 941</b>	ML 526/09	x	-	x	-	-	-	-	-	x	x	-	-
	<b>BAB 942</b>	ML 527/09	x	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-
	<b>BAB 944</b>	ML 529/09	-	-	-	-	-	x	-	-	x	x	-	-
<b>JIP 9K5</b>	ML 504/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

pokračování tabulky

matrice	kód lokality	číslo markeru	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		číslo vzorku												
listy jahodníku	<b>PKO 904</b>	ML 450/09	-	-	-	-	-	x	-	x	x	-	-	-
	<b>HOR 912</b>	ML 453/09	-	-	-	-	-	x	-	x	x	x	x	x
	<b>HOR 913</b>	ML 454/09	-	-	-	-	-	x	-	x	x	-	-	-
	<b>NEB 919</b>	ML 444/09	-	-	-	x	-	x	x	x	x	-	-	-
	<b>KNE 925</b>	ML 457/09	-	-	-	-	-	x	-	x	x	-	-	-
	<b>JEN 931</b>	ML 459/09	-	-	-	-	-	x	-	x	x	-	-	-
jablka	<b>PKO 901</b>	ML 512/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>PKO 902</b>	ML 513/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>HOR 907</b>	ML 535/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>HOR 908</b>	ML 536/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>HOR 909</b>	ML 537/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>NEB 916</b>	ML 514/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>NEB 917</b>	ML 538/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>KNE 922</b>	ML 539/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>KNE 923</b>	ML 515/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>JEN 928</b>	ML 516/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>JEN 929</b>	ML 517/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>BAB 943</b>	ML 528/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>BAB 945</b>	ML 530/09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

U vzorků jablek nebyly vytipované markery 1-12 identifikovány vůbec. To je však nejspíše dáno malým měrným povrchem jablek a tedy obsahy pod mezí detekce použité metody. Pšenice obsahovala pouze markery 1-3 a 5.

Při posuzování přítomnosti těchto látek ve vzorcích plodin a travního porostu je nutno vzít do úvahy následující skutečnosti:

1. Ačkoli bylo při určení markerů použito letecké palivo Jet A, tyto sloučeniny jsou zřejmě obsaženy také v motorové naftě a obdobných ropných produktech, případně mohou pocházet i z jiných zdrojů.
2. Některé tyto markery mohou být detekovány také ve vzorcích trávy a plodin odebraných mimo oblast Prahy, tedy v lokalitách s malou silniční dopravou a bez významnějšího vlivu letecké dopravy (může jít o tzv. dálkový transport ovzduším).
3. Získané údaje jsou kvalitativní a nevypovídají o poměrném zastoupení jednotlivých látek.

Významným zjištěním minulých zpráv byla skutečnost, že téměř všechny vzorky s nadprůměrně vysokými nálezy BTEX současně obsahovaly více potenciálních markerů ropných produktů. Jednalo se však o těkavější markery, které nejsou pro palivo typu Jet A specifické. Naproti tomu bylo však zarážející, že vysoké koncentrace BTEX a současně i 5 – 6 markerů byly obsaženy v travním porostu pouze ve 2 z 5 odběrních bodů ležících přímo v areálu letiště.

Nově přijatá výše popsaná strategie za stávajícího stavu více odráží analytické a interpretační možnosti studie a indikuje lokality, které by měly být nadále podrobněji hodnoceny. Vhodnou technikou by pro tento účel mohla být technika profilování (semi)volatilních látek s následným statistickým vyhodnocením fingerprintů.

## IV. Závěry studie 2005 – 2009

Monitoring indikátorových rostlinných matric terestrického ekosystému byl ve svém pátém roce (2009) realizován za variabilních meteorologických podmínek, potvrdil však jen výsledky a závěry z předchozích let. Pro přehlednost jsou zde opakovány i průběžné závěry z předchozích zpráv.

Ve vzorcích pšenice, jablek, listí jahodníku a trvalého travního porostu, odebraných v pěti obcích v blízkosti mezinárodního letiště Praha-Ruzyně, byly sledovány chemické kontaminanty vybrané jako indikátory zátěže ovoce, plodin a krmiv provozem letiště. Jednalo se o dvanáct polycyklických aromatických uhlovodíků - PAU (doporučených dle EPA), dále o těkavé aromatické uhlovodíky (BTEX), stopy po leteckém palivu a dále o devět stopových prvků (těžkých kovů). Body odběru vzorků v obcích byly vybrány s ohledem na nepoužívanější trasy leteckého provozu a travní porost byl odebírán rovněž v blízkosti vzletových a pojezdových drah v areálu letiště Ruzyně. Od roku 2008 bylo sledování rozšířeno na prostor od Baby přes Hanspaulku až k Červenému vrchu.

1. V monitorované oblasti jsou na plodinách (jablka, pšenice) trvale nalézány obsahy PAU prakticky stejné nebo jen mírně přesahující průměrné hodnoty zjišťované v minulosti jako víceméně „běžné“ na celém území ČR v rámci monitoringu životního prostředí. V žádném ze sledovaných vzorků, včetně travního porostu, nedošlo během pěti let k významnému překročení hladin PAU, které jsou obvyklé v městské oblasti silně zatížené dopravou, případně dalšími lokálními emisními zdroji.
2. Na základě naměřených kvalitativních i kvantitativních údajů nelze jednoznačně identifikovat zdroj znečištění. Pravděpodobně v dané oblasti dochází k překryvu různých emisních zdrojů, jako je např. provoz motorových vozidel, domácí topeniště a jiné spalovací procesy. Samotný vliv emisí z leteckých motorů nelze oddělit od vlivu intenzivní automobilové dopravy v monitorované oblasti, přičemž ta je ale ze značné části spojená právě s pozemním provozem letiště Praha.
3. Zátěž plodin běžně sledovanými prvky - kadmíem, olovem, rtuť, niklem, mědí a zinkem - se v jednotlivých lokalitách v blízkosti letiště navzájem významně odlišuje, zdroje kontaminace však nelze blíže určit a velmi pravděpodobně je nelze připsat jen samotnému leteckému provozu. Hladiny těchto těžkých kovů jsou celkově porovnatelné s těmi, které byly zjišťovány v monitoringu potravních řetězců v různých lokalitách ČR již dříve a odpovídají literárním údajům i legislativním požadavkům na potraviny a krmiva.
4. Realizovaná vyšetření prozatím přímo neprokázala v letech 2005 až 2009 na vzorkovaných plodinách žádné stopy po palivu používaném pro tryskové motory (Jet A). Nová strategie vyšetřování prozatím však vedla k vytipování lokalit, kde takovou kontaminaci nelze vyloučit a zaslouží proto další pozornost.
5. Vyšetření plodin na obsah těkavých uhlovodíků BTEX (benzen, toluen, ethylbenzen a xyleny) umožnilo porovnat aktuální zatížení odběrních bodů intenzivní dopravou a/nebo průmyslovými emisemi. Vztah mezi obsahem BTEX a incidencí markerů leteckého paliva v plodinách nebyl nijak potvrzen. Výsledky jsou však velmi variabilní a zřejmě zatíženy poměrně velkou nejistotou a nebylo tedy možno prokázat souvislost s provozem letiště Praha.
6. Data získaná v sezonách 2005 až 2009 konsistentně vypovídají o průměrné úrovni a (značném) kolísání kontaminace ovoce, plodin a objemných krmiv v monitorované oblasti v období 5 letních sezon. Neprokázala se ale zatím jednoznačná souvislost mezi

obsahem sledovaných látek v plodinách a vzdáleností lokality od letiště, resp. osy přiblížení. Výsledky pravděpodobně reflektují spíše střednědobé vlivy panující v období odběru, které jsou dané například aktuálními meteorologickými podmínkami, orografií, režimem provozu letiště ale i zdroji znečištění v jednotlivých obcích (silný provoz nákladní dopravy, stavebních strojů a rovněž zvýšená prašnost).

7. Velké mezisezonní rozdíly a silné kolísání koncentrací škodlivin ztěžuje rozpoznání rozdílů a časových trendů. Data za celé období monitoringu bude vhodné zpracovat dále pomocí vícerozměrné statistiky.
8. Nejvhodnějšími indikátory znečištění vegetace jsou trvalý travní porost a o něco méně pak také listy jahodníku. Listy jahodníku jsou totiž obtížněji dostupné a na některých lokalitách (např. BAB a LKPR) nejsou k dispozici vůbec. Srovnání mediánů naměřených hodnot PAU s údaji publikovanými v odborné literatuře je obtížné, neboť jako bioindikátor znečištění vegetace atmosférickými imisemi se zpravidla používá jehličí smrku nebo borovice. Doporučuje se proto zvážit rozšíření matric o vhodný druh jehličnanu ve vybraných lokalitách (např. PKO, NEB a BAB).

## V. Použité literární zdroje

- [1] Nisbet I.C.T., LaGoy P.K.: Toxic equivalency factors (TEFs) for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAUs). Regul. Toxicol. Pharmacol. 16 (1992) 290-300.
- [2] Volka K.: Hodnocení stavu životního prostředí – monitoring cizorodých látek potravních řetězců v letech 1995 – 2000, VŠCHT Praha, ISBN 80-7080-506-4, (2002).
- [3] Volka K.: Vliv chemického znečištění životního prostředí na kontaminaci a kvalitu biotických složek ekosystémů, VŠCHT Praha, (2003).
- [4] NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 1881/2006 ze dne 19. prosince 2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách.
- [5] Emission Inventory Guidebook (1999): <http://reports.eea.europa.eu/EMEP/CORINAIR5/en/BPAH.pdf>
- [6] Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. The EFSA Journal 724 (2008) 1-114 [http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa\\_locale-1178620753812\\_1211902034842.htm](http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale-1178620753812_1211902034842.htm)
- [7] Composition of Foods Raw, Processed, Prepared. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 19. U.S. Department of Agriculture, ARS, Beltsville, Aug. 2006.
- [8] Jurdáková, H.; Kubinec, R.; Jurčišínová, M.; et al: Gas chromatography analysis of benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes using newly designed needle trap device in aqueous samples. Journal of Chromatography A, 1194(2008) 161-164.
- [9] Kim, K.; Shon, Z.; Kim, M.; et al: Major aromatic VOC in the ambient air in the proximity of an urban landfill facility. Journal of Hazardous Materials, 150 (2008) 754-764.
- [10] Lehndorff E., Schwark L.: Biomonitoring of air quality in the Cologne Conurbation using pine needles as a passive sampler – Part II: polycyclic aromatic hydrocarbons. Atmospheric Environment, 38 (2004) 3793-3808
- [11] St-Amand A.D., Mayer P.M., Blais J.M. Modeling PAH uptake by vegetation from air using field measurement. Atmospheric Environment, 43 (2009) 4283-4288



## VI. Seznam zkratek

Ace	acenaphthen
Acy	acenaphthylen
Ant	anthracen
B[a]A	benz[a]anthracen
B[a]P	benzo[a]pyren
B[b]F	benzo[b]fluoranthren
B[ghi]P	benzo[ghi]perylen
B[k]F	benzo[k]fluoranthren
BTEX	benzen, toluen, ethylbenzen, xylene
DB[ah]A	dibenz[a,h]anthracen
Flt	fluoranthren
Flu	fluoren
Chr	chrysen
I[1,2,3-cd]P	indeno[1,2,3-cd]pyren
Naph	naphthalen
Phe	phenanthren
Pyr	pyren
$\phi$	obsah organického materiálu v částicích
$\rho$	hustota pevné fáze
BCF	bioconcentration factor; biokoncentrační faktor
ČIA	Český institut pro akreditaci
ČR	Česká republika
FLD	fluorescence/fluorimetric detector; fluorescenční/fluorimetrický detektor
GPC	gel permeation chromatography; gelová permeační chromatografie
HS (Head – space)	separační analytická technika, kdy se analyty uvolněné ze vzorku do parní fáze nad ním vhodným způsobem izolují pro další analýzu
HPLC	high performance liquid chromatography; vysokoúčinná kapalinová chromatografie
$K_{AW}$	rozdělovací koeficient vzduch/voda
$K_{OA}$	rozdělovací koeficient <i>n</i> -oktanol/vzduch
$K_{OC}$	rozdělovací koeficient organický podíl/voda
$K_{OW}$	rozdělovací koeficient <i>n</i> -oktanol/voda
$K_{SA}$	rozdělovací koeficient půda/vzduch
$K_{SW}$	rozdělovací koeficient sediment/voda a půda/voda
L	podíl lipidické frakce na povrchu listů
RSD (%)	relativní směrodatná odchylka charakterizující rozptyl (chybu) výsledků
RWY	vzletová a přistávací dráha
SPME	extrakce na tuhé vlákno
TWY	pojezdová dráha
US EPA	United States Environmental Protection Agency - Agentura pro ochranu životního prostředí, USA)
$W_{org}$	obsah PAU v biotě
$W_x$	obsah PAU v okolním prostředí

**Kódy lokalit / obcí:**

BAB	Baba, Hanspaulka, Červený vrch
HOR	Horoměřice
JEN	Jeneč
JIP	Kontrolní lokalita: Jílové u Prahy nebo Rynholec-jih
KNE	Kněževes
LKPR (příp. PRG)	Prostor letiště Praha-Ruzyně (mezinárodní kód)
NEB	Nebušice
PKO	Přední Kopanina

V jednotlivých lokality je vzorkování prováděno ve více bodech označených číselným kódem, kde první číslovka označuje rok odběru a další dvě místa jsou vyhrazena pro stálé pořadové číslo.

V grafech a tabulkách se zpravidla kód roku vynechává. *Např. stejný bod HOR10 má v roce 2009 označení HOR910, v roce 2008 měl HOR810 atd.*

**Kódy vzorkovaných a analyzovaných materiálů:**

JAB	Jablka
LJA	Listy jahodníku
PSE	Pšenice
TTP	Trvalý travní porost

## VII. Přílohy

Příloha 1: Osvědčení o akreditaci laboratoře

Příloha 2: Monitoring ovoce a zemědělských plodin v okolí letiště Praha-Ruzyně – rozsah a postupy

Příloha 3: Meteorologické podmínky v monitorovaném období (ČHMÚ-OLM)

Příloha 4: Přehled nálezů sledovaných PAU a stopových prvků v trvalém travním porostu, jablkách, pšenici a listech jahodníku (doplněno o BTEX v travním porostu)

Příloha 5: Databáze odběrů a výsledků monitoringu (elektronicky v Excelovém formátu)

Zprávu vypracovali: Prof. Ing. Jana Hajšlová, CSc.....  
Doc. Ing. Vladimír Kocourek, CSc.  
Ing. Lucie Drábová  
Dr. Ing. Marie Suchanová  
Ing. Monika Černá

Datum schválení: 18.11.2009



NÁRODNÍ AKREDITAČNÍ ORGÁN

Český institut pro akreditaci,  
obecně prospěšná společnost  
110 00 Praha 1 - Nové Město, Opletalova 41

vydává

# OSVĚDČENÍ O AKREDITACI

č. 319 / 2009  
pro  
zkušební laboratoř č. 1316.2  
**Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
(IČ 60461373)  
Metrologická a zkušební laboratoř  
Technická 5, 166 28 Praha 6**

Předmět akreditace:

Chemická analýza potravin, nápojů, potravinářských a farmaceutických surovin, krmiv, chemických přípravků, biologických materiálů (rostlinných a živočišných tkání) a složek životního prostředí v rozsahu uvedeném v příloze tohoto osvědčení.

Jménem akreditované zkušební laboratoře jednájí prof. Ing. Jana Hajšlová, CSc. a prof. Ing. Miloslav Suchánek, CSc. a za správnost protokolů odpovídají prof. Ing. Jana Hajšlová, CSc., prof. Ing. Miloslav Suchánek, CSc. a doc. Ing. Vladimír Kocourek, CSc.

Toto osvědčení o akreditaci vydal Český institut pro akreditaci, o.p.s. na základě posouzení splnění akreditačních kritérií podle  
ČSN EN ISO/IEC 17025:2005

a po zjištění, že zkušební laboratoř je odborně způsobilá objektivně a nezávisle vykonávat činnosti uvedené v rozsahu předmětu akreditace.

Adresát tohoto osvědčení je oprávněn používat při své činnosti v rozsahu tohoto osvědčení a po dobu jeho platnosti vedle svého názvu označení „akreditovaná zkušební laboratoř č. 1316.2“, pokud dodržuje veškeré příslušné předpisy vztahující se k činnosti akreditované zkušební laboratoře, včetně předpisů vydaných Českým institutem pro akreditaci, o.p.s.

Prokáže-li se, že adresát tohoto osvědčení neplní akreditační kritéria rozhodná pro jeho vydání a závazky podmiňující akreditaci, může Český institut pro akreditaci, o.p.s. účinnost tohoto osvědčení pozastavit nebo osvědčení o akreditaci zrušit nebo změnit.

Toto osvědčení platí do: **30.04.2014**

V Praze dne: 29.05.2009



*V. J. M. B. J. Č. K.*

Ing. Jiří Růžička, MBA  
ředitel  
Českého institutu pro akreditaci, o.p.s.

Poučení:  
Proti tomuto osvědčení, pokud jde o rozsah předmětu akreditace, má adresát možnost podat písemné námítky do 10 dnů od jeho převzetí. Námítky nemají odkladný účinek.

© FISK VICTORIA SECURITY PRINTING s.r.o. PRAHA

Kopie Osvědčení o akreditaci Metrologické a zkušební laboratoře provádějící zkoušky

**Příloha 4**Tabulka VIII: Obsah sledovaných PAU v pšenici ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

	HOR 910	HOR 911	JEN 930	KNE 924	NEB 918	PKO 903	JIP 9K6	min.	max.	medián 2009.	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
<i>Phe</i>	0,92	1,23	0,96	0,69	0,94	1,20	0,77	0,69	1,23	<b>0,94</b>	0,83	1,53	0,77	0,72
<i>Ant</i>	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,01	0,03	<b>0,02</b>	0,03	0,06	0,02	0,03
<i>Flt</i>	0,16	0,17	0,06	0,09	0,14	0,12	0,06	0,06	0,17	<b>0,12</b>	0,17	0,29	0,12	0,15
<i>Pyr</i>	0,10	0,07	0,02	0,05	0,09	0,08	0,02	0,02	0,10	<b>0,07</b>	0,15	0,29	0,16	0,14
<b>BaA</b>	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,02	<b>0,01</b>	0,04	0,03	0,05	0,02
<b>Chr</b>	0,04	0,03	0,01	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,04	<b>0,03</b>	0,07	0,06	0,03	0,03
<b>BbF</b>	0,03	0,01	0,02	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0,04	<b>0,02</b>	0,04	0,05	0,02	0,03
<b>BkF</b>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,01	<b>0,01</b>	0,02	0,03	0,01	0,02
<b>BaP</b>	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,02	<b>0,01</b>	0,02	0,03	0,01	0,02
<b>DBahA</b>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<b>&lt;0,01</b>	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
<b>BghiP</b>	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	<b>0,02</b>	0,02	0,05	0,04	0,04
<b>IcdP</b>	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	<b>0,02</b>	0,03	0,05	0,01	0,05
<b>Suma 8 PAU</b>	<b>0,15</b>	<b>0,08</b>	<b>0,10</b>	<b>0,17</b>	<b>0,11</b>	<b>0,12</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,18</b>	<b>0,12</b>	<b>0,24</b>	<b>0,30</b>	<b>0,19</b>	<b>0,19</b>

Tabulka IX: Obsah sledovaných PAU v jablkách (µg/kg)

	HOR 907	HOR 908	HOR 909	JEN 928	JEN 929	KNE 922	KNE 923	NEB 916	NEB 917	PKO 901	PKO 902
<i>Phe</i>	1,27	2,03	1,84	1,93	0,37	2,42	3,09	3,33	2,75	1,86	1,68
<i>Ant</i>	0,04	0,06	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,03	0,05
<i>Flt</i>	0,40	0,51	0,49	0,88	0,13	1,02	0,88	0,64	0,42	0,68	0,70
<i>Pyr</i>	0,41	0,56	0,52	0,81	0,13	1,03	0,79	0,61	0,29	0,63	0,74
<b>BaA</b>	0,02	0,05	0,03	0,02	<0,01	0,05	0,03	0,10	0,03	0,08	0,06
<b>Chr</b>	0,02	0,11	0,04	<0,01	<0,01	0,10	<0,01	0,18	0,06	0,17	0,14
<b>BbF</b>	0,03	0,02	0,02	0,04	0,01	0,08	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02
<b>BkF</b>	0,01	0,01	0,01	0,02	<0,01	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
<b>BaP</b>	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,05	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02
<b>DBahA</b>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<b>BghiP</b>	0,02	0,01	0,02	0,03	0,01	0,05	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03
<b>IcdP</b>	<0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,06	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01
<b>Suma 8 PAU</b>	<b>0,13</b>	<b>0,21</b>	<b>0,16</b>	<b>0,15</b>	<b>0,05</b>	<b>0,44</b>	<b>0,16</b>	<b>0,38</b>	<b>0,18</b>	<b>0,36</b>	<b>0,29</b>

	BAB 943	BAB 945	min.	max.	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
<i>Phe</i>	2,56	2,58	0,37	2,75	<b>1,33</b>	2,83	1,06	2,64	5,53
<i>Ant</i>	0,07	0,03	0,03	0,07	<b>0,05</b>	0,11	0,07	0,10	0,16
<i>Flt</i>	1,02	0,55	0,13	1,02	<b>0,64</b>	0,64	0,27	0,77	0,86
<i>Pyr</i>	1,05	0,51	0,27	2,45	<b>1,23</b>	0,39	0,10	0,44	0,51
<b>BaA</b>	0,04	0,02	0,02	0,10	<b>0,04</b>	0,08	0,02	0,04	0,04
<b>Chr</b>	0,05	<0,01	0,02	0,18	<b>0,10</b>	0,17	0,02	0,09	0,13
<b>BbF</b>	0,04	0,04	0,01	0,08	<b>0,03</b>	0,03	0,02	0,05	0,04
<b>BkF</b>	0,03	0,02	0,01	0,04	<b>0,01</b>	0,01	0,01	0,02	0,02
<b>BaP</b>	0,03	0,04	0,01	0,05	<b>0,02</b>	0,02	0,02	0,09	0,02
<b>DBahA</b>	0,02	<0,01	0,02	0,02	<b>0,02</b>	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
<b>BghiP</b>	0,04	0,04	0,01	0,05	<b>0,03</b>	0,03	0,02	0,10	0,03
<b>IcdP</b>	0,03	0,03	0,01	0,06	<b>0,02</b>	0,03	0,02	0,07	0,04
<b>Suma 8 PAU</b>	<b>0,29</b>	<b>0,20</b>	<b>0,10</b>	<b>0,59</b>	<b>0,28</b>	<b>0,36</b>	<b>0,10</b>	<b>0,45</b>	<b>0,44</b>

Tabulka X: Obsah sledovaných PAU v listech jahodníku ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  sušiny)

	HOR 912	HOR 913	JEN 931	KNE 925	NEB 919	PKO 904	JIP 9K4	min.	max.	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
Phe	11,7	9,55	16,3	20,0	18,0	10,5	-	9,55	20,0	14,0	34,0	50,2	32,0	24,6
Ant	0,76	0,37	0,78	1,92	0,60	0,62	-	0,37	1,92	0,69	0,73	1,88	0,83	1,09
Flt	9,73	4,54	22,8	22,6	11,13	5,81	-	4,54	22,8	10,4	10,7	26,0	15,3	14,8
Pyr	6,62	2,42	16,8	16,2	4,37	6,45	-	2,42	16,8	6,54	6,55	14,9	9,8	7,26
BaA	2,21	0,64	3,42	6,29	0,93	0,87	-	0,64	6,29	1,57	1,82	4,28	1,70	2,85
Chr	3,79	1,41	6,30	7,28	2,86	1,70	-	1,41	7,28	3,33	3,83	5,48	3,31	4,10
BbF	3,05	0,78	3,98	6,34	1,36	1,00	-	0,78	6,34	2,20	2,10	4,76	2,31	2,78
BkF	1,59	0,42	1,98	3,28	0,69	0,52	-	0,42	3,28	1,14	1,04	2,47	1,16	1,55
BaP	2,63	0,64	3,09	6,01	0,85	0,69	-	0,64	6,01	1,74	1,56	3,71	1,70	2,35
DBahA	0,28	0,05	0,32	0,63	0,09	0,06	-	0,05	0,63	0,18	0,18	0,51	0,18	0,25
BghiP	2,62	0,55	2,87	5,12	0,87	1,12	-	0,55	5,12	1,87	1,18	3,76	1,93	2,43
IcdP	2,55	0,59	3,04	5,00	1,00	0,91	-	0,59	5,00	1,77	1,63	4,44	1,91	2,71
Suma 8 PAU	18,7	5,08	25,0	39,9	8,64	6,87	-	5,08	39,9	13,8	13,0	29,4	12,7	7,67

červeně jsou vyznačeny hodnoty sumy 8 PAU a odběrní body, které překračují medián 2009 o více než dvojnásobek.

Tabulka XI: Obsah sledovaných PAU v trvalém travním porostu ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  sušiny)

	HOR 914	HOR 915	JEN 932	JEN 933	KNE 926	KNE 927	LKPR 934	LKPR 935	LKPR 936	LKPR 937	LKPR 938
<i>Phe</i>	9,10	8,81	4,76	13,1	3,09	19,8	7,64	7,79	13,1	35,5	11,1
<i>Ant</i>	0,16	0,17	0,10	0,32	0,10	1,05	0,13	0,13	0,24	0,68	0,19
<i>Flt</i>	2,99	3,37	2,22	9,47	1,75	22,0	2,68	5,10	7,54	37,6	9,61
<i>Pyr</i>	2,71	2,83	1,47	9,00	1,56	11,9	1,92	2,96	4,54	21,5	6,50
<b>BaA</b>	0,80	0,71	0,55	2,16	0,29	2,97	0,44	0,81	1,38	6,72	1,67
<b>Chr</b>	1,36	1,44	1,45	4,30	0,67	4,79	1,59	2,45	3,51	13,4	4,11
<b>BbF</b>	1,00	1,08	1,17	3,02	0,59	4,04	0,93	2,62	3,89	16,6	5,41
<b>BkF</b>	0,52	0,54	0,55	1,62	0,28	2,02	0,44	1,16	1,72	7,18	2,25
<b>BaP</b>	0,80	0,78	0,53	2,66	0,43	3,20	0,58	1,66	2,54	12,4	3,34
<b>DBahA</b>	0,08	0,05	0,19	0,26	0,05	0,35	0,05	0,22	0,36	1,64	0,50
<b>BghiP</b>	0,97	0,93	0,52	2,57	0,49	3,71	0,84	2,30	3,74	14,2	4,47
<b>IcdP</b>	0,91	0,63	0,66	2,58	0,43	3,29	0,68	2,05	3,34	12,8	4,09
<b>Suma 8 PAU</b>	<b>6,43</b>	<b>6,17</b>	<b>5,63</b>	<b>19,2</b>	<b>3,24</b>	<b>24,4</b>	<b>5,55</b>	<b>13,3</b>	<b>20,5</b>	<b>85,0</b>	<b>25,8</b>

	NEB 920	NEB 921	PKO 905	PKO 906	BAB 939	BAB 940	BAB 941	BAB 942	BAB 944
<i>Phe</i>	4,79	9,88	7,85	9,03	5,59	15,8	11,3	90,4	16,9
<i>Ant</i>	0,12	0,34	0,19	0,15	0,14	0,75	0,43	3,40	0,51
<i>Flt</i>	2,33	11,11	3,05	2,30	4,92	14,1	9,87	80,4	28,4
<i>Pyr</i>	1,17	8,34	2,88	1,56	1,77	8,01	6,79	65,7	23,9
<b>BaA</b>	0,38	3,80	0,53	0,57	0,31	3,15	2,52	41,1	5,50
<b>Chr</b>	1,06	5,16	1,17	1,32	0,84	4,40	3,50	38,8	11,3
<b>BbF</b>	0,69	5,41	0,58	0,64	0,59	3,74	2,99	36,9	9,14
<b>BkF</b>	0,34	2,73	0,30	0,32	0,29	2,07	1,61	20,6	4,36
<b>BaP</b>	0,48	5,02	0,35	0,42	0,42	3,77	2,97	39,8	5,22
<b>DBahA</b>	0,05	0,58	0,02	0,04	0,03	0,35	0,29	3,8	0,35
<b>BghiP</b>	0,53	4,70	0,38	0,68	0,49	3,26	2,69	28,9	4,96
<b>IcdP</b>	0,43	4,01	0,43	0,37	0,45	3,11	2,40	27,3	4,99
<b>Suma 8 PAU</b>	<b>3,97</b>	<b>31,41</b>	<b>3,77</b>	<b>4,36</b>	<b>3,43</b>	<b>23,8</b>	<b>19,0</b>	<b>237</b>	<b>45,8</b>

červeně jsou vyznačeny hodnoty sumy 8 PAU a odběrní body, které překračují medián 2009 o více než dvojnásobek.



## pokračování tabulky XI:

	JIP 9K5	min.	max.	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
<i>Phe</i>	8,02	3,09	35,5	<b>9,1</b>	26,6	25,8	14,9	22,3
<i>Ant</i>	0,27	0,10	3,4	<b>0,19</b>	0,90	0,54	0,57	0,87
<i>Flt</i>	2,89	1,75	80,4	<b>5,10</b>	12,1	14,8	10,0	13,3
<i>Pyr</i>	2,25	1,17	65,7	<b>2,96</b>	6,58	7,61	6,36	6,88
<b>BaA</b>	0,83	0,29	41,1	<b>0,83</b>	1,70	1,79	1,46	2,12
<b>Chr</b>	1,36	0,67	38,8	<b>2,45</b>	3,61	3,90	3,45	4,11
<b>BbF</b>	0,49	0,49	36,9	<b>2,62</b>	3,38	3,94	2,99	4,43
<b>BkF</b>	0,27	0,27	20,6	<b>1,16</b>	1,65	1,85	1,57	2,11
<b>BaP</b>	0,28	0,28	39,8	<b>1,66</b>	2,54	2,46	2,22	3,01
<b>DBahA</b>	0,20	0,02	3,79	<b>0,22</b>	0,28	0,33	0,25	0,34
<b>BghiP</b>	0,39	0,38	28,9	<b>2,30</b>	2,89	2,06	2,37	3,21
<b>IcdP</b>	0,24	0,24	27,3	<b>2,05</b>	2,97	2,60	2,65	3,58
<b>Suma 8 PAU</b>	<b>4,05</b>	<b>2,64</b>	<b>237</b>	<b>13,3</b>	<b>19,2</b>	<b>19,1</b>	<b>16, 8</b>	<b>8,38</b>

červeně jsou vyznačeny hodnoty sumy 8 PAU a odběrní body, které překračují medián 2009 o více než dvojnásobek.

Tabulka XII: Obsah sledovaných stopových prvků v trvalém travním porostu (µg/kg sušiny) - 2009

	HOR-914	HOR-915	JEN-932	JEN-933	KNE-926	KNE-927	LKPR-934	LKPR-935	LKPR-936	LKPR-937	LKPR-938	NEB-920	NEB-921	PKO-905
V	181	198	200	892	174	661	121	158	400	204	177	233	352	152
Cr	735	730	771	2 195	684	1 758	437	568	1 005	571	632	907	1 460	740
Ni	1 033	838	1 502	5 351	868	2 924	699	633	1 225	832	961	3 071	1 494	1 368
Cu	5 411	4 551	5 907	19 208	5 341	17 055	22 800	3 525	4 623	4 604	5 429	9 667	19 638	7 741
Zn	17 362	20 818	25 630	114 908	19 088	87 363	9 343	10 791	14 540	11 703	13 320	37 575	97 857	23 913
Mo	4 964	9 192	5 576	5 282	1 928	5 047	652	1 129	1 307	916	6 062	1 745	7 755	7 204
Cd	46	53	28	153	39	71	19	19	71	73	37	101	54	79
Pb	170	162	60	1 372	164	2 489	94	79	261	204	177	244	285	81
Hg	14,9	15,3	7,0	32,6	9,6	48,7	5,4	6,5	10,6	8,5	10,1	19,8	22	11,0

pokrač.	PKO-906	BAB-939	BAB-940	BAB-941	BAB-942	BAB-944	JIP-9K5	min.	max.	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
V	254	390	140	280	1 133	451	200	121	1 133	204	230	513	246	392
Cr	830	680	660	963	2 136	1 153	856	437	2 195	771	620	1 220	726	717
Ni	645	1 240	1 080	1 622	2 783	1 929	844	633	5 351	1 225	1 120	2 010	2 255	1 783
Cu	6 498	6 440	6 240	10 549	17 846	9 635	6 711	3 525	22 800	6 498	6 910	8 114	10 023	8 182
Zn	20 030	27 300	25 800	43 171	313 877	58 710	24 889	9 343	313 877	24 889	27 900	43 614	56 714	34 733
Mo	2 355	3 790	4 360	1 963	14 286	5 577	1 567	652	14 286	4 360	2 750	3 955	3 361	2 335
Cd	27	64	42	54	173	270	12	12	270	54	53	44	55	37
Pb	127	200	180	1 622	1 618	587	56	56	2 489	180	220	345	431	573
Hg	13,7	11,0	11,0	20,7	55,0	21,0	11,1	5	55	11	18	19	109	33

červeně jsou vyznačeny hodnoty, které překračují medián 2009 o více než dvojnásobek a lokality s více než 3 „červenými“ parametry.

Tabulka XIII: Obsah stopových prvků v jablkách (µg/kg)

	HOR-907	HOR-908	HOR-909	JEN-928	JEN-929	KNE-922	KNE-923	NEB-916	NEB-917	PKO-901	PKO-902	BAB-943	BAB-945
V	26,0	9,0	<5	17,0	11,0	13,0	18,0	17	14	20	19	18,0	18,0
Cr	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Ni	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Cu	420	380	460	300	290	320	140	280	320	190	320	300	300
Zn	250	350	190	170	170	180	230	150	210	170	170	200	200
Mo	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Cd	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	20	<1	<1
Pb	30,0	20,0	20,0	<10	<10	<10	10,0	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Hg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

pokrač.	min.	max.	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
V	9,0	26,0	17,5	7	1	1	2
Cr	<50	<50	<50	<50	14	7	9
Ni	<50	<50	<50	60	10	17	46
Cu	140	460	300	290	301	436	355
Zn	150	350	190	180	394	965	265
Mo	<50	<50	<50	<50	19	17	9
Cd	1,0	20	10	<1	<1	<1	<1
Pb	10,0	30,0	20	<10	1	2	2
Hg	<50	<50	<50	<1	0	1	1

Tabulka XIV: Obsah stopových prvků v pšenici (µg/kg)

PSE	HOR 910	HOR 911	JEN 930	KNE 924	NEB 918	PKO 903	JIP 9K6	min.	max.	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
V	70	90	80	80	80	60	80	60	90	80	3	3	2	6
Cr	205	210	175	250	275	175	190	175	275	205	325	65	47	62
Ni	170	310	200	290	290	140	280	140	310	280	255	252	109	109
Cu	3 740	2 860	2 940	2 490	2 810	3 310	2 330	2 330	3 740	2 860	4 415	3 155	3 515	3 230
Zn	28 000	21 800	17 700	17 100	17 500	16 700	34 700	16 700	34 700	17 700	16 300	19 600	29 000	25 850
Mo	930	1 080	290	1 120	610	670	210	210	1 120	670	920	792	982	855
Cd	23	26	36	16	22	29	39	16	39	26	25	17	23	24
Pb	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	8	8	7	9
Hg	< 1	< 1	< 1	< 1	1,0	< 1	< 1	1	1	1	1	2	3	3

Tabulka XV: Obsah stopových prvků v listí jahodníku ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  sušiny)

LJA	HOR-912	HOR-913	JEN-931	KNE-925	NEB-919	PKO-904	JIP-9K1	min.	max.	medián 2009	medián 2008	medián 2007	medián 2006	medián 2005
V	464	408	1209	848	499	691	NA	408	1 209	595	710	1 486	758	446
Cr	1 037	1 110	1 100	1 636	998	1 134	NA	998	1 636	1 105	990	1 302	633	678
Ni	1 514	1 350	1 589	1 242	1 857	1 786	NA	1 242	1 857	1 552	860	1 316	1 142	1 142
Cu	5 335	5 553	3 884	6 663	3 783	6 127	NA	3 783	6 663	5 444	3 585	4 106	3 971	4 222
Zn	15 281	11 401	19 012	19 463	25 776	17 078	NA	11 401	25 776	18 045	13 500	27 041	28 000	14 751
Mo	2 360	1 125	1 915	657	2 702	2 177	NA	657	2 702	2 046	935	551	880	1 232
Cd	22	21	23	31	19	43	NA	19	43	23	17	20	17	26
Pb	205	169	407	621	277	495	NA	169	621	342	455	951	651	689
Hg	15	11	15	16	18	25	NA	11	25	16	19	17	86	33

NA: vzorek v roce 2009 neodebrán a neanalyzován

Tabulka XVI: Obsah BTEX v trvalém travním porostu ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  sušiny)

	HOR-914	HOR-915	JEN-932	JEN-933	KNE-926	KNE-927	LKPR-934	LKPR-935	LKPR-936	LKPR-937	LKPR-938	NEB-920	NEB-921
benzen	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
toluen	93,7	37,3	74,7	108	85,0	148	7,1	19,4	15,7	16,2	20,5	77,4	115,9
ethyl-benzen	<LOQ	1,4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1,66	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
xylén	<LOQ	3,4	1,4	<LOQ	2,0	<LOQ	<LOQ	<LOQ	2,78	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
<b>SUMA</b>	<b>93,7</b>	<b>42,1</b>	<b>76,1</b>	<b>108</b>	<b>87,0</b>	<b>148</b>	<b>7,1</b>	<b>19,4</b>	<b>20,1</b>	<b>16,2</b>	<b>20,5</b>	<b>77,4</b>	<b>115,9</b>

<i>pokrač.</i>	PKO-905	PKO-906	BAB-939	BAB-940	BAB-941	BAB-942	BAB-944	JIP-9K5	min.	max.	medián 2009	medián 2008	medián 2007
benzen	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0	0,0	<0,5	<0,5	9,2
toluen	47,1	66	9,86	17,3	147,5	20,6	60,4	33,9	7,1	148	47,1	37,4	24,0
ethyl-benzen	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,95	<LOQ	<LOQ	24,32	<LOQ	1,0	24,3	1,5	2,0	4,7
xylén	<LOQ	4	1,1	1,94	<LOQ	<LOQ	5,55	<LOQ	1,1	5,6	2,4	14,0	12,6
<b>SUMA</b>	<b>47,1</b>	<b>70,0</b>	<b>11,0</b>	<b>20,2</b>	<b>147,5</b>	<b>20,6</b>	<b>90,2</b>	<b>33,9</b>	<b>7,1</b>	<b>148</b>	<b>47,1</b>	47,5	59,6

červeně jsou vyznačeny hodnoty, které překračují medián 2009 o více než dvojnásobek a lokality s více než 1 „červeným“ parametrem.