

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně
Sekce zemědělských vstupů
Odbor kontroly zemědělských vstupů



VÝSLEDKY AKTIVNÍHO BIOMONITORINGU

Zpráva za rok 2016

Zpracovala: Ing. Lenka Klementová

Schválila: Mgr. Šárka Poláková, Ph.D.
vedoucí Oddělení půdy a lesnictví

1. Úvod

Aktivní biomonitoring je jednou z možných metod vedoucích ke zjištění aktuálních atmosférických depozičních zátěží krajiny, a především zemědělské produkce vybranými prvky. Spočívá v cíleném vystavení vybraných rostlin vlivům těchto prvků v zájmovém území a sledování jejich reakce. Ověřování metody aktivního biomonitoringu v podmínkách naší republiky bylo ukončeno v roce 1999 (PAVLÍČEK et al., 2000). Na základě výsledků tohoto ověřování byla vypracována metodika aktivního biomonitoringu, která je od roku 2000 používána na vybraných stanovištích ÚKZÚZ ke zjišťování pozad'ových hodnot anorganických a organických polutantů. Jako bioindikátory byly zvoleny jilek mnohokvětý a borovice černá. Výsledky biomonitoringu je možné použít jako referenční hodnoty při hodnocení atmosférické depozice na dalších lokalitách.

Tato zpráva obsahuje výsledky získané v roce 2016.

2. Charakteristika stanovišť

ÚKZÚZ zajišťuje provoz čtyř stanovišť se sledováním standardizovaných kultur jilku mnohokvětého v Čechách, na Moravě a Slezsku (Lípa, Přerov nad Labem, Opava a Jaroměřice nad Rokytnou), která jsou pokládána za relativně čistá a imisně nezatížená, a proto výsledky z těchto stanovišť mohou být považovány za pozad'ové hodnoty. Stanoviště Jaroměřice nad Rokytnou bylo založeno jako náhrada za stanoviště v Třešti v roce 2009. Stanoviště Lípa bylo založeno v roce 2010 jako náhrada za stanoviště v Závěšíně.

Dále ÚKZÚZ zajišťuje provoz na čtyřech stanovištích, kde se pomocí borovice černé porovnává úroveň znečištění ovzduší na dvou čistých (Závěšín a Opava) a dvou zatížených stanovištích (Plzeň a Vratimov).

2.1. Charakteristika čistých stanovišť

121 (7005 B) – Jaroměřice nad Rokytnou	Kraj Vysočina, jihovýchodní část Českomoravské vrchoviny	
nadmořská výška	425 m n.m.	
klimatický region	mírně teplý, mírně vlhký	
	průměrná roční teplota	8°C
	průměrný roční úhrn srážek	480 mm
umístění stanoviště	v areálu zkušební stanice na západním okraji obce	
možné zdroje kontaminace	<ul style="list-style-type: none"> - lokální topeniště obce (obec je plynofikována) - hospodářský dvůr – traktory, auta - 10 km jihozápadně město Moravské Budějovice 	

6002 B – Lípa	Kraj Vysočina, Českomoravská vrchovina	
nadmořská výška	505 m n.m.	
klimatický region	mírně chladný, vlhký	
	průměrná roční teplota	7,5 °C
	průměrný roční úhrn srážek	594 mm
umístění stanoviště	vedle zkušební stanice Lípa v oploceném areálu studní na pitnou vodu na zatravněném pozemku	
možné zdroje kontaminace	- lokální topeniště obce Lípa - 6,5 km severovýchodně město Havlíčkův Brod	

145 (8002 B) – Opava	odrůdová zkušebna Pusté Jakartice , Moravskoslezský kraj	
nadmořská výška	293 m n.m.	
klimatický region	mírně teplý, mírně vlhký	
	průměrná roční teplota	7–8 °C
	průměrný roční úhrn srážek	550–700 mm
umístění stanoviště	na okraji malé osady asi 6 km od severovýchodního okraje města Opavy	
možné zdroje kontaminace	- lokální topeniště osady - hospodářský dvůr - 6 km jihozápadně město Opava	

017 (2003 BO) – Přerov nad Labem	Středočeský kraj	
nadmořská výška	182 m n.m.	
klimatický region	teplý, mírně suchý	
	průměrná roční teplota	8,5 °C
	průměrný roční úhrn srážek	550 mm
umístění stanoviště	areál odrůdové zkušebny na jihovýchodním okraji malé obce	
možné zdroje kontaminace	- hospodářský dvůr – traktory, auta - lokální topeniště - 20 km západně pražské průmyslové čtvrti	

045 (4025 B) – Závašín	Karlovarský kraj, Chráněná krajinná oblast Slavkovský les	
nadmořská výška	750 m n.m.	
klimatický region	mírně chladný, vlhký	
	průměrná roční teplota	6,4 °C
	průměrný roční úhrn srážek	702 mm
umístění stanoviště	na zahrádce rodinného domku v malé osadě, 3 km severně od Mariánských Lázní	
možné zdroje kontaminace	- lokální topeniště osady - 3 km jižně město Mariánské Lázně - 25 km severně průmyslová oblast Sokolovsko	

2.2. Charakteristika zatížených stanovišť

901 – Plzeň	Plzeňský kraj	
nadmořská výška	302 m n.m.	
klimatický region	mírně teplý, suchý	
	průměrná roční teplota	7–8,5 °C
	průměrný roční úhrn srážek	450–550 mm
umístění stanoviště	2,5 km východně na travnaté ploše ČOV Plzeň	
možné zdroje kontaminace	- 500 m severozápadně seřaďovací nádraží ČD - 1 km jižně výtopna městské části Doubravka - 1 km severozápadně výtopna města Plzně - 5 km severozápadně provozy podniku Škoda	

903 – Vratimov	Moravskoslezský kraj	
nadmořská výška	244 m n.m.	
klimatický region	mírně teplý, vlhký	
	průměrná roční teplota	8 °C
	průměrný roční úhrn srážek	800 mm
umístění stanoviště	obec na jihovýchodním předměstí Ostravy, v objektu zemědělského provozu firmy Lyčka	
možné zdroje kontaminace	- lokální topeniště obce - 1 km severně zpracování strusky z okolních hald - 3 km severně ISPAT Nová Huť a návazně průmyslová aglomerace Ostravska	

3. Metodika

Jako testovací rostliny slouží:

- **jílek mnohokvětý** (v roce 2016 Gaza) – schválené osivo jílku mnohokvětého;
- **borovice černá**.

Dřeviny byly na stanovišti v Závěšíně, Plzni, Opavě a Vratimově vysázeny do velkoobjemových dřevěných kontejnerů a jednotného substrátu v roce 1997.

V roce 2008 v letním období uhynuly borovice na stanovišti ve Vratimově, kde byly nahrazeny novými dřevinami. V roce 2009, rovněž v letním období, uhynuly obě borovice na stanovišti v Plzni. Ušchlé rostliny byly nahrazeny novými. V říjnu 2015 byl na stanovišti Pusté Jakartice vyměněn kontejner a vysázeny nové borovice, odběry jehličí za letní periodu 2015 byly provedeny ještě z původních rostlin.

3.1. JÍLEK

3.1.1. Příprava květináčů

Jílek se vysévá do plastových květináčů o průměru 20 cm, jejichž dnem jsou protaženy dostatečně dlouhé nasávací knoty ze sklolaminátové textilie o šířce 3 cm a to tak, aby zasahovaly min. do 2/3 výšky květináče. Po protažení knotů otvory ve dně jsou květináče naplněny substrátem tak, aby substrát dosahoval 4 cm pod okraj květináče. Takto připravené květináče jsou osety 4 g jílku mnohokvětého. Osivo je rovnoměrně rozděleno po celé ploše květináče, zasypáno tenkou vrstvou substrátu a stlačeno pomocí šablony. Po osetí pokračuje údržba jílku a příprava pro jeho expozici.

3.1.2. Údržba porostu

Jílek se nechá vyklíčit a dva týdny po zasetí se vzešlý jílek sestřihá nůžkami k okraji květináče. Po týdnu (tj. 3 týdny po zasetí) se porost sestřihá znovu. Po dalším týdnu (tj. 4 týdny po zasetí) se uskuteční další sestřih a k jílku se aplikuje 50 ml hnojivého roztoku. Hnojivý roztok sestával z 5,8 g fosforečnanu draselného (KH_2PO_4), 8,5 g dusičnanu draselného (KNO_3) a 5,3 g dusičnanu amonného (NH_4NO_3), rozpuštěných v litru deionizované vody. Po 5 týdnech od zasetí jsou květináče umístěny na určené stanoviště, kde se porost naposledy sestřihá a aplikuje se k němu dalších 100 ml hnojivého roztoku.

3.1.3. Expozice

Na každé expoziční stanoviště je umístěno šest květináčů s předpěstovanou kulturou jílku mnohokvětého. Květináče jsou zasazeny do plastových zásobníků s deionizovanou vodou, do které jsou nasávací knoty trvale ponořeny tak, aby knoty mohly substrát udržovat neustále vlhký. Květináče se zásobníky vody jsou umístěny do kovových stojanů tak, aby horní okraj květináčů byl ve výši 150 cm. Jílek je exponován vždy po dobu jednoho měsíce.

3.1.4. Odběr vzorků

Na konci expoziční doby se jílek sestřihá k úrovni okraje květináče. Travní hmota se sklízí v chirurgických rukavicích, aby odebíraný vzorek nepřišel do styku s pokožkou a nekontaminoval se. Sestřihávaný porost ze všech květináčů se smíchá do jednoho směšného vzorku. Ke stanovení PAU se naváží 3 x 10 g travní hmoty. Tyto navážky jsou v Petriho miskách zamrazeny a poté

lyofilizovány. Zbytek vzorku se nechá při pokojové teplotě vysušit ke stanovení anorganických polutantů. V roce 2016 stejně jako každý rok proběhlo celkem šest měsíčních cyklů (květen až říjen).

3.2. BOROVICE

Jehlice borovice černé (pouze jednoleté bez bazálních částí) se odebírají k analýzám dvakrát ročně, a to na jaře (k 1. 4.) a na podzim (k 1. 10.). Odběr se provádí do PE sáčků. Minimální hmotnost čerstvého vzorku je 50 g. Pro stanovení PAU se odváží 4 x 10 g čerstvého vzorku a vloží do Petriho misek, zamrazí a rovněž lyofilizuje. Zbylý vzorek – pro stanovení anorganických polutantů – je volně vysušen na vzduchu.

3.3. STANOVOVANÉ PRVKY A SLOUČENINY

Odebrané vzorky asimilačních orgánů analyticky zpracovává Národní referenční laboratoř (dále jen NRL), regionální oddělení Opava podle metodických postupů – Analýza rostlinného materiálu – Jednotné pracovní postupy (Zbíral J. a kol., 2014). Ve vzorcích se stanovují anorganické polutanty – rtuť (Hg), zinek (Zn), olovo (Pb), kadmium (Cd), nikl (Ni), chrom (Cr), vanad (V), měď (Cu), mangan (Mn), arzén (As), molybden (Mo), železo (Fe), hliník (Al) a síra (S) a 16 polycyklických aromatických uhlovodíků (16 EPA PAU):

acenaften	ANA	dibenzo[a,h]anthracen	DBA
anthracen	ANT	fluoranthen	FLT
acenaftylen	ANY	fluoren	FLU
benzo[a]anthracen	BaA	chrysen	CHR
benzo[a]pyren	BaP	indeno[1,2,3-c,d]pyren	IPY
benzo[b]fluoranten	BbF	naftalen	NAP
benzo[k]fluoranten	BkF	fenanthren	PHE
benzo[g,h,i]perylen	BPE	pyren	PYR

Obsahy anorganických polutantů jsou vyjádřeny v mg.kg^{-1} sušiny, obsahy aromatických uhlovodíků v $\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy. V případech, kdy se obsah zjišťovaného polutantu nachází pod hranicí meze stanovitelnosti, je pro výpočet průměru použita poloviční hodnota meze stanovitelnosti.

V počátečních letech sledování nebyl v NRL stanovován acenaftylen (ANY). Vzhledem k tomu, že se ve vzorcích vyskytuje jen v zanedbatelném množství, výsledky uváděné v předcházejících zprávách do roku 2008 (suma 15 PAU) se považovaly za srovnatelné s literárními údaji pro všech 16 EPA PAU. Od roku 2008 je stanovováno ve vzorcích jílku a jehličí všech 16 EPA PAU. Do každoročních výpočtů je však pro porovnatelnost s předchozími roky zahrnováno pouze 15 PAU.

Orientační hodnoty pro maximální limity pozadí z Rakouska (AGES, 2009) byly v roce 2014 změněny. Pro sumu 12 PAU platila limitní hodnota $23,0 \mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy (AGES, 2009) a nyní platí $9,40 \mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy (AGES, 2014). Pro porovnání zjištěných obsahů s orientačními hodnotami pro maximální limity pozadí z Rakouska uváděnými AGES (2014) je část výsledků zpracována pro sumu 12 PAU.

Získaná biomasa je přednostně používána ke stanovení obsahu PAU.

3.4. SUBSTRÁT

Pro všechna stanoviště je každý rok pro výsev jílku zajišťován jednotný rašelinový substrát, jehož vzorek je analyzován v NRL. Substrát dodaný v roce 2014 byl použit k výsevu i v roce 2016. Výsledky rozboru vzorku substrátu jsou uvedeny v příloze tabulka č. 18.

4. Výsledky a diskuse

4.1. JÍLEK VE VEGETAČNÍM OBDOBÍ 2016

V roce 2016 se podařilo na všech stanovištích sklidit dostatečné množství hmoty jílku k rozborům na organické i anorganické polutanty s výjimkou stanoviště Opava. Vzhledem k menšímu nárůstu hmoty v měsíci říjnu na tomto stanovišti nebyla ve vzorku jílku stanovena síra a rtuť.

4.1.1. Anorganické polutanty v jílku

Průměrné, maximální a minimální obsahy anorganických polutantů zjištěné v jílku ze všech sledovaných stanovišť jsou uvedeny v tabulce 1 a jsou zde porovnány s orientačním hodnotami pro maximální limity pozadí z Rakouska (AGES, 2014).

Tabulka 1: Obsahy anorganických polutantů v jílku (základní statistika za vegetační období 2016)

	2016			orientační hodnota pro maximální limity pozadí ¹⁾
	průměr	maximum	minimum	
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	70,9	192	25,1	87,0
As	3,57	6,80	1,18	0,20
Cd	0,07	0,13	0,05	0,14
Cr	0,28	0,68	0,15	0,70
Cu	3,44	7,06	2,31	12,0
Fe	99,9	163	57,2	x
Hg	0,007	0,010	0,004	0,025
Mn	144	188	95,4	x
Mo	0,32	0,62	0,17	4,20
Ni	0,68	1,33	0,45	3,00
Pb	0,55	1,71	<0,50	0,75
S	3226	5301	1804	5500
V	0,13	0,31	<0,05	0,14
Zn	22,5	33,5	12,2	75,0

x – údaj chybí

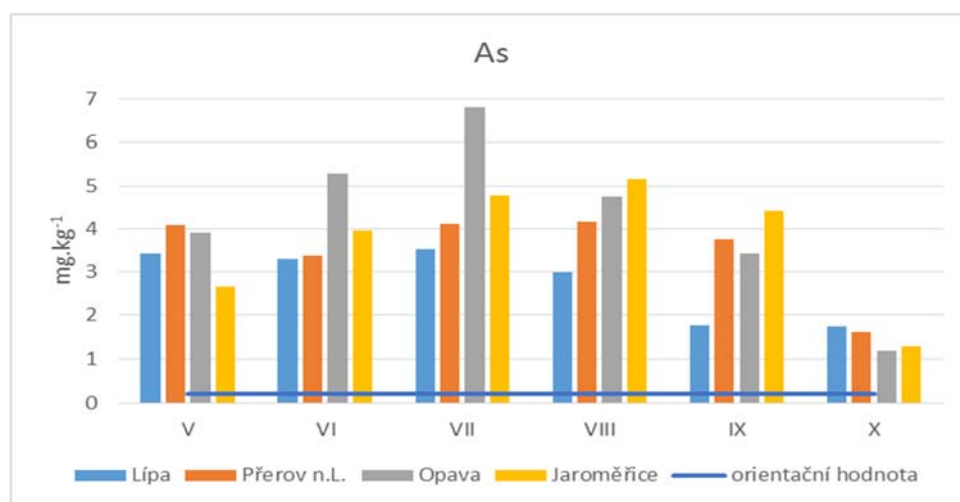
¹⁾ AGES (2014)

Pozn.: pro výpočet průměru byla použita polovina hodnoty meze stanovitelnost

S výjimkou As byly průměrné obsahy sledovaných anorganických polutantů za vegetační období 2016 nižší než orientační hodnoty pro maximální limity pozadí z Rakouska (AGES, 2014).

Všechny obsahy As zjištěné v hmotě jílku během vegetačního období 2016 byly nad orientační hodnotou pro maximální limity As (příloha tab. 14). K překročení této hodnoty pro As došlo na všech stanovištích ve všech vzorcích, i minimální hodnota arzenu zjištěná v říjnu v jílku ze stanoviště Opava ($1,18 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) je šestinásobně vyšší než uváděná orientační hodnota (graf 1).

Graf 1: Změny obsahů As v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2016 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny)

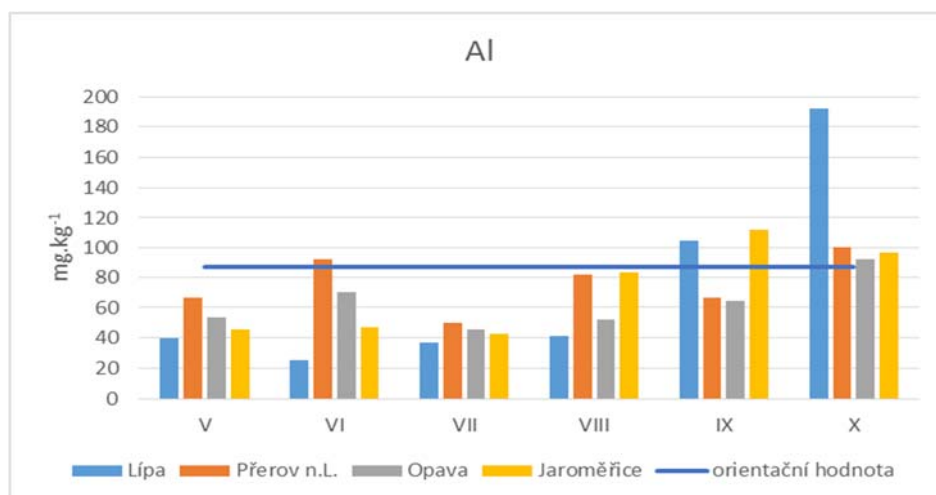
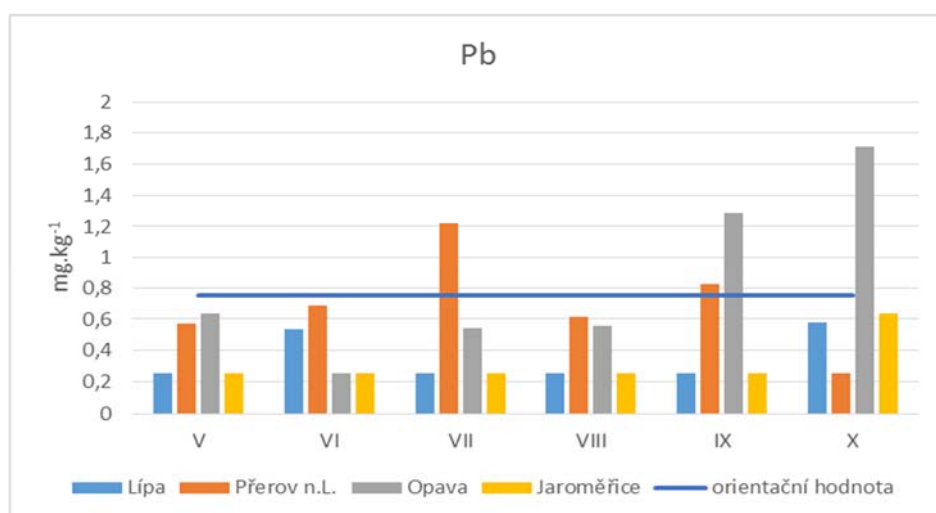
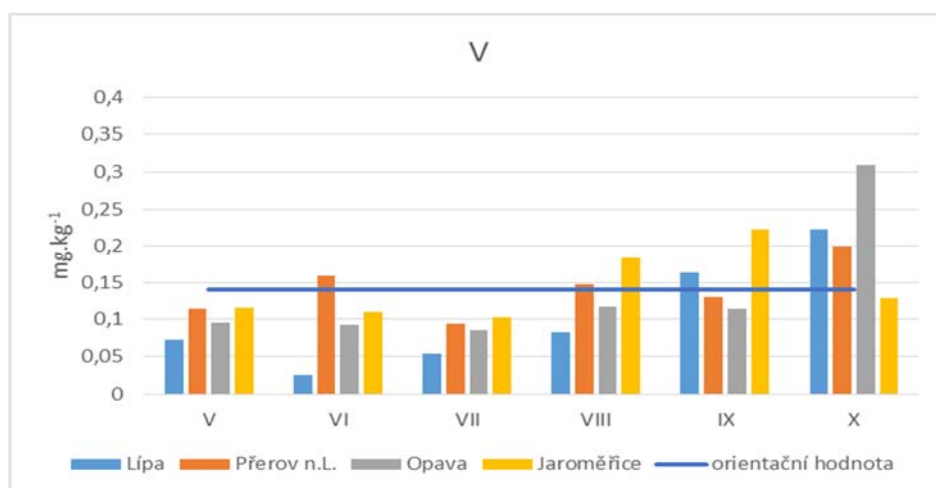


Orientační hodnoty pro maximální limity pozadí ještě překročily v určitých měsících z rizikových prvků hliník, olovo a vanad.

Orientační hodnota pro Al v hmotě jílku byla překročena na stanovišti Přerov n. L. v červnu, na stanovištích Lípa a Opava v září, na všech stanovištích pak v říjnu (graf 2, příloha tab. 14).

Hodnoty Pb nad orientační hodnotou byly zjištěny jen na dvou stanovištích, na stanovišti Přerov n. L. v červenci a září, na stanovišti Opava v červenci a říjnu (graf 3). V ostatních měsících sledování a na ostatních stanovištích jsou zjištěné hodnoty nízké (příloha tab. 14).

Orientační hodnota pro V byla v hmotě jílku nejčastěji překročena na stanovišti Přerov n. L., a to v červnu, srpnu a říjnu. Na stanovišti Lípa byly orientační hodnoty pro V překročeny v září a v říjnu, na stanovišti Jaroměřice v srpnu a září. Na stanovišti Opava byla orientační hodnota pro V přesáhnuta v posledním měsíci sledování říjnu, kdy zde byla naměřena nejvyšší hodnota ze všech (graf 4, příloha tab. 14).

Graf 2: Změny obsahů Al v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2016 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny)**Graf 3: Změny obsahů Pb v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2016 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny)****Graf 4: Změny obsahů vanadu v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2016 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny)**

Průměrné obsahy anorganických polutantů v jílku na jednotlivých stanovištích za vegetační období 2016 jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2: Průměrné obsahy anorganických polutantů v jílku na jednotlivých stanovištích (aritmetický průměr za vegetační období 2016)

	Lípa	Přerov n. L.	Opava	Jaroměřice
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	73,3	76,1	62,9	71,2
As	2,80	3,53	4,23	3,71
Cd	0,06	0,08	0,08	0,06
Cr	0,26	0,27	0,28	0,30
Cu	3,83	3,31	3,44	3,19
Fe	94,8	99,7	108	95,9
Hg	0,006	0,007	0,009	0,005
Mn	122	149	144	163
Mo	0,31	0,22	0,32	0,43
Ni	0,64	0,70	0,76	0,61
Pb	0,35	0,69	0,83	0,31
S	3520	3232	3531	2623
V	0,10	0,14	0,14	0,14
Zn	21,2	23,2	23,1	22,7

Tabulka 2 ukazuje, že u některých anorganických polutantů jsou výraznější rozdíly mezi stanovišti. Například na stanovišti Lípa jsou zjištěny ve hmotě jílku nižší průměrné obsahy As, Mn a V v porovnání s ostatními stanovišti. Vyšší průměrný obsah Pb vykazuje jílek na stanovišti Přerov n. L. a Opava. Na stanovišti Opava je průměrný obsah Hg výrazně vyšší i přes chybějící hodnotu z posledního měsíce sledování, na čemž se velkou měrou podílí vyšší hodnoty zjištěné v hmotě jílku v letních měsících. Nejnižší průměrné hodnoty S jsou na stanovišti Jaroměřice. Na tomto stanovišti za sledované období jsou však nejvyšší hodnoty Mo, oproti tomu na stanovišti Přerov n. L. je průměrný obsah Mo nejnižší (příloha tab. 14).

Podle zjištěných průměrných obsahů anorganických polutantů se jeví jako relativně nejčistší stanoviště Lípa. Na tomto stanovišti jsou průměrné obsahy nižší u poloviny sledovaných anorganických polutantů, průměrný obsah Cu je zde nejvyšší.

Změny průměrných měsíčních hodnot anorganických polutantů za sledované vegetační období jsou uvedeny v tabulce č. 3. Nejvyšší průměrné hodnoty u většiny anorganických polutantů byly zjištěny na konci vegetačního období v říjnu s výjimkou As a Mo. Nejvyšší hodnoty As byly zjištěny v letním období. Průměrná hodnota Mo byla nejvyšší v měsíci květnu a je ovlivněna vysokou hodnotou Mo zjištěnou v hmotě jílku na stanovišti Lípa ve sledovaném měsíci.

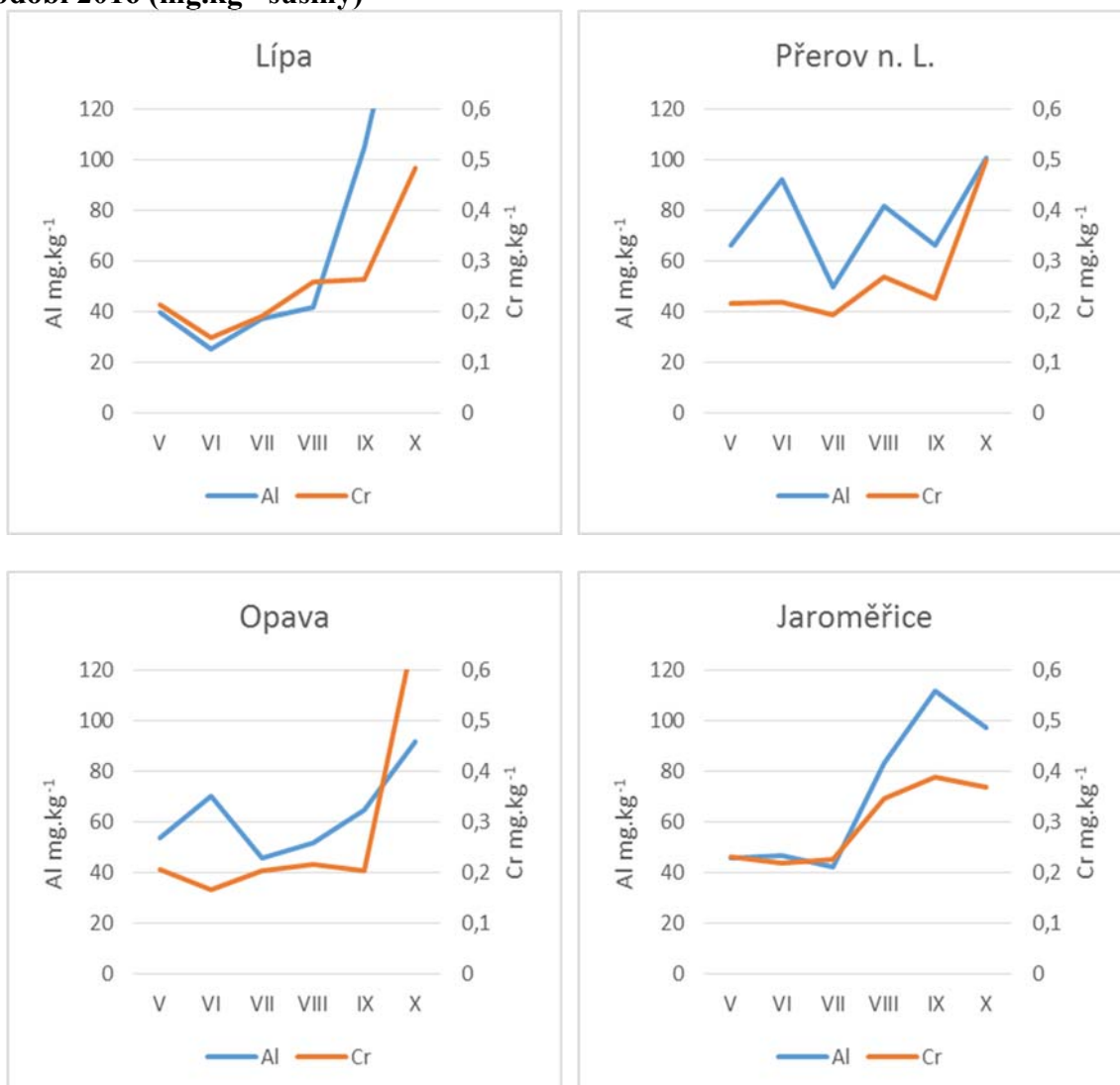
Tabulka 3: Změny obsahu anorganických polutantů v jílu v průběhu vegetačního období (aritmetický průměr stanovišť v měsících 2016)

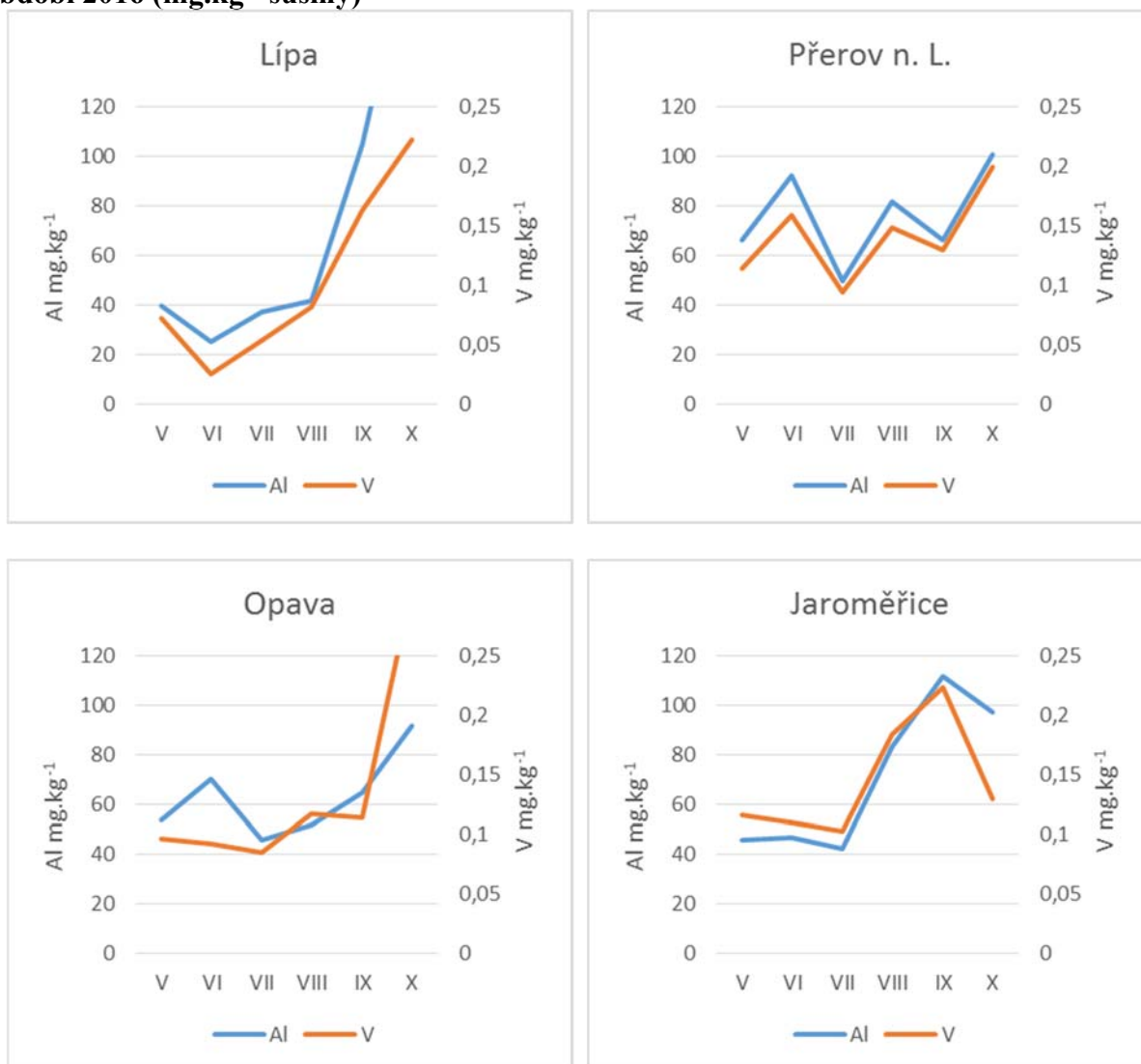
	V	VI	VII	VIII	IX	X
	mg.kg ⁻¹ sušiny					
Al	51,3	58,6	43,7	64,5	86,8	120
As	3,53	3,99	4,81	4,27	3,35	1,46
Cd	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07	0,09
Cr	0,22	0,19	0,20	0,27	0,27	0,51
Cu	2,93	2,63	3,20	3,00	3,06	5,84
Fe	79,4	73,0	80,2	98,8	123	144
Hg	0,006	0,006	0,007	0,006	0,006	0,008
Mn	148	130	138	147	144	161
Mo	0,42	0,29	0,38	0,31	0,25	0,27
Ni	0,60	0,59	0,65	0,62	0,65	0,95
Pb	0,43	0,43	0,57	0,42	0,65	0,79
S	2664	2633	3632	2916	2700	5239
V	0,10	0,10	0,08	0,13	0,16	0,21
Zn	20,4	20,5	22,8	20,2	23,1	28,3

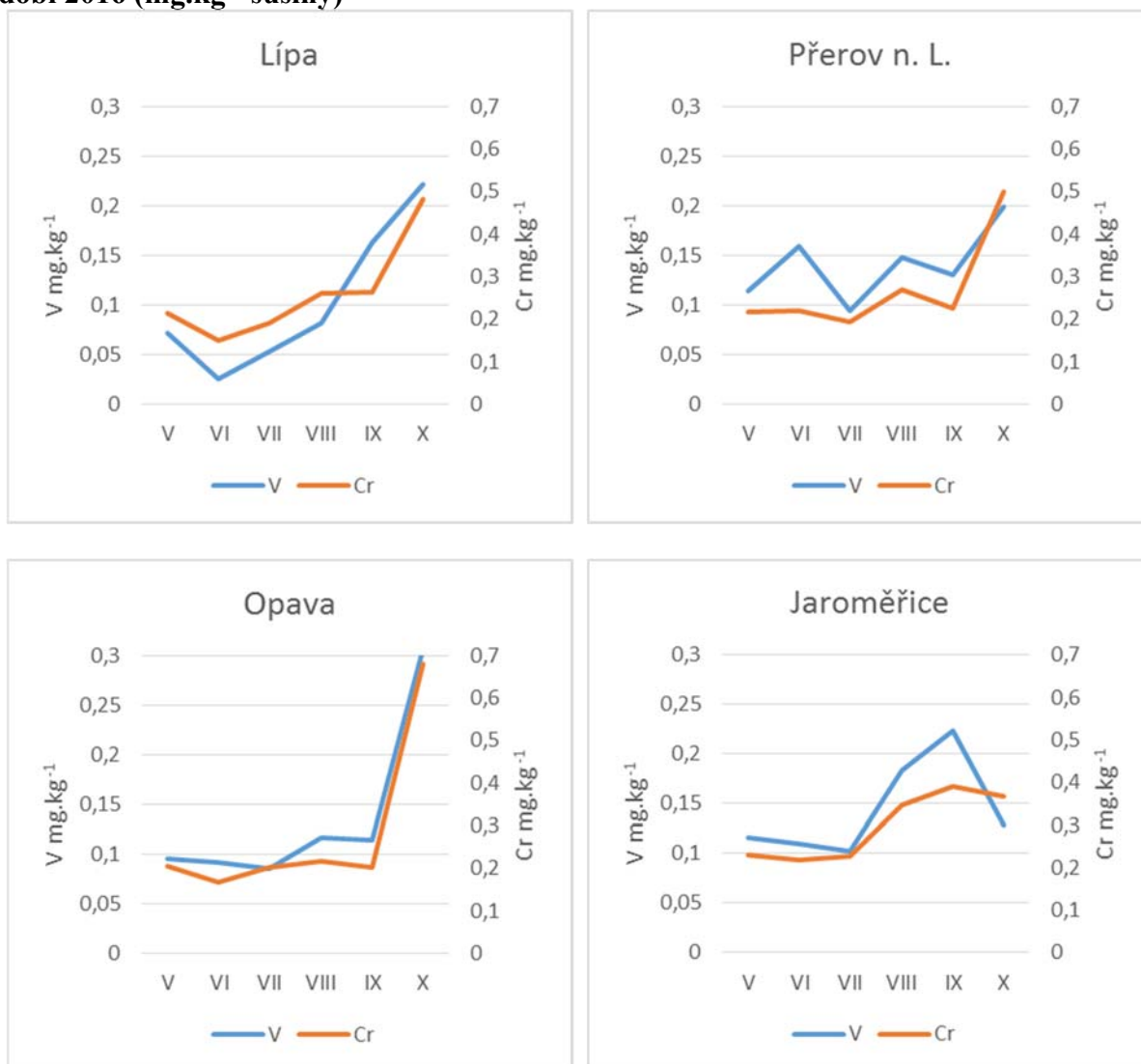
Průměrný obsah Al byl nejvyšší v říjnu a nejnižší v červenci. V průběhu sledování byl obsah Al velmi rozdílný, maximální hodnoty byly především ke konci vegetačního období, avšak na stanovištích Přerov n. L. a Opava byly vyšší hodnoty zjištěny i v červnu. Na stanovišti Lípa (příloha tab. 14) byla v tomto měsíci zjištěna nejnižší hodnota sledování (25,1 mg.kg⁻¹), zároveň na tomto stanovišti byla i hodnota nejvyšší (192 mg.kg⁻¹, říjen).

Řada sledovaných anorganických polutantů má s hodnotami Al shodný průběh. Na stanovišti Lípa a Jaroměřice se jednalo o Fe, které mělo s hodnotami Al shodný průběh během celého vegetačního období, na stanovištích Přerov n. L. a Opava až v druhé půlce sledovaného období (graf 5). Hodnoty Fe byly nízké v prvních měsících sledování a zvyšovaly se ke konci vegetačního období. Jen na stanovišti Jaroměřice byla nejvyšší hodnota v září. Obdobný průběh hodnot shodný s Al byl zjištěn i u Cr na stanovišti Lípa, Přerov n. L. a Jaroměřice. Hodnoty Cr byly na stanovištích nízké v prvních třech měsících sledování, maxima hodnot bylo dosaženo v říjnu, na stanovišti Jaroměřice v září (graf 6). Hodnoty V byly v minulých letech pravidelně pod hranicí meze stanovitelnosti. V roce 2016 byla takto nízká hodnota V jen v měsíci červnu na stanovišti Lípa. Rovněž průběh V byl shodný s průběhem Al na stanovištích Lípa, Přerov n. L. a Jaroměřice, na stanovišti Opava jen částečně (graf 7). Průběh hodnot Cr byl shodný s V na všech stanovištích (graf 8).

Graf 5: Změny obsahů Al a Fe v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2016 (mg.kg^{-1} sušiny)

Graf 6: Změny obsahů Al a Cr v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2016 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny)

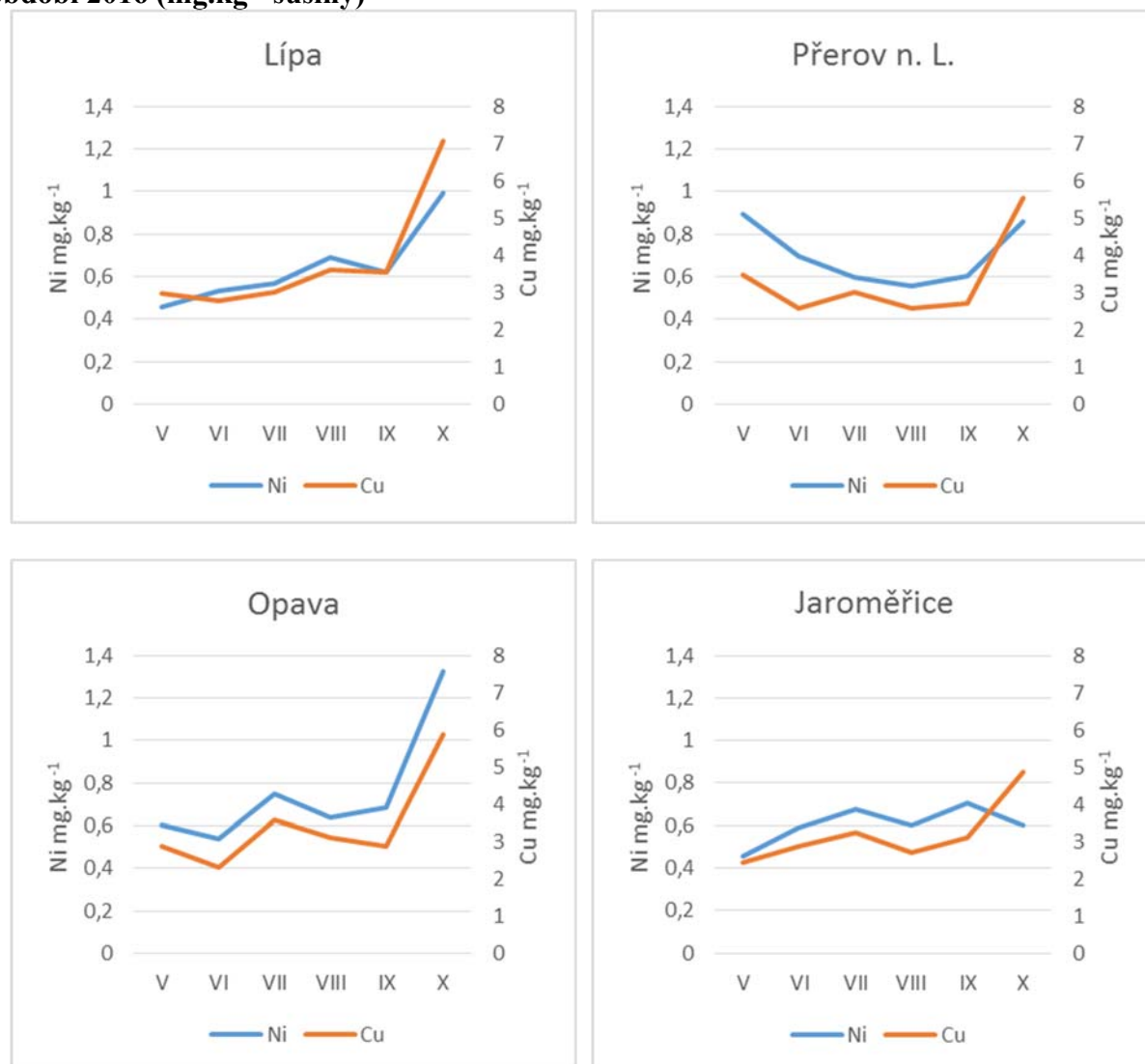
Graf 7: Změny obsahů V a Al v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2016 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny)

Graf 8: Změny obsahů V a Cr v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2016 (mg.kg⁻¹ sušiny)

Obsahy Cd v minulých letech sledování byly velice nízké, většinou pod hranicí meze stanovitelnosti. V roce 2016 byly hodnoty Cd nad mezí stanovitelnosti na všech stanovištích s rozdílným průběhem během vegetačního období. Nejvyšší hodnoty byly zjištěny v posledním měsíci sledování s výjimkou stanoviště Jaroměřice, kde byla nejvyšší hodnota zaznamenána v září (příloha tab. 14).

U Cu je průběh hodnot na každém stanovišti rozdílný, ale na všech stanovištích byl výrazný nárůst obsahů Cu v posledním měsíci sledování (příloha tab. 14).

Obsahy Ni v jílku byly na jednotlivých stanovištích během vegetačního období odlišné. Nižší hodnoty byly zjištěny v květnu a červnu na stanovištích Lípa, Opava a Jaroměřice, na stanovišti Přerov n. L. v červenci (příloha tab. 14). Na stanovišti Lípa a Opava byly výrazně vyšší hodnoty v říjnu. Průběh hodnot Cu a Ni je na stanovištích značně obdobný (graf 9).

Graf 9: Změny obsahů Cu a Ni v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2016 (mg.kg⁻¹ sušiny)

Průměrný obsah Hg (příloha tab. 14) byl nejvyšší v posledním měsíci sledování. V průběhu vegetačního období jsou hodnoty na stanovištích rozdílné. Vyšší hodnoty byly na stanovišti Opava v květnu a červnu. Nižší hodnoty Hg vykazovala hmota jílku na stanovišti Jaroměřice, kde dosáhla nejnižší hodnoty ze všech stanovišť.

Rovněž nejvyšší průměrný obsah Mn byl v říjnu. V tomto měsíci byly nejvyšší hodnoty na všech stanovištích, jen na stanovišti Opava byly už v září. Na stanovišti Lípa byly zjištěny v průběhu sledování nejnižší hodnoty (příloha tab. 14).

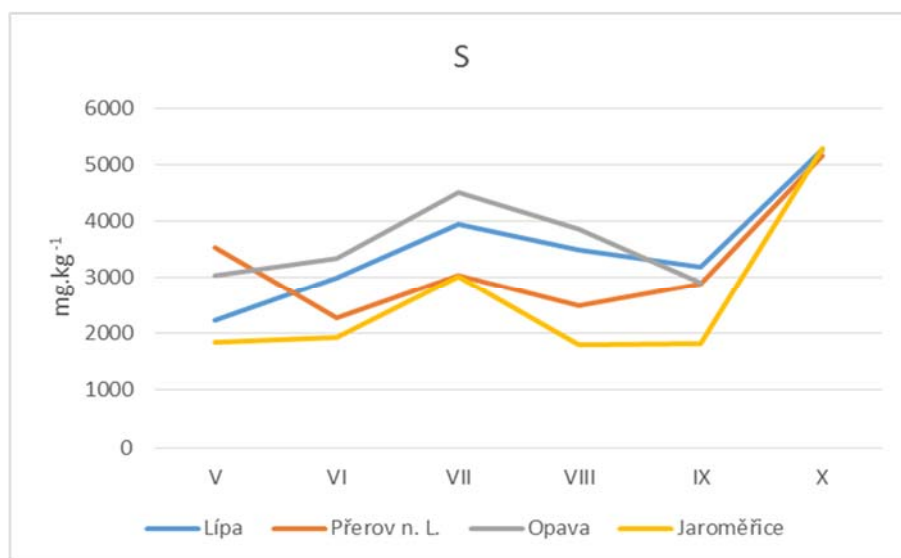
Nejvyšší průměrný obsah Mo byl v květnu, v tomto měsíci byla zjištěn vůbec nejvyšší obsah na stanovišti Lípa. Vyšší hodnoty Mo v průběhu vegetačního období byly na stanici Jaroměřice, nižší na stanovišti Přerov n. L. (příloha tab. 14).

Průměrná hodnota Pb byla nejvyšší v říjnu. Na stanovišti Lípa byly změřeny pouze dvě hodnoty nad hranicí meze stanovitelnosti (v červnu a říjnu), na stanovišti Jaroměřice jen v říjnu. Vyšší hodnoty Pb byly zjištěny na stanovištích Přerov n. L. a Opava (příloha tab. 14).

Průměrný obsah S (tab. 3) byl nejvyšší v říjnu (5239 mg.kg⁻¹), což se dává do souvislosti se začátkem topné sezóny. Na stanovištích Lípa, Opava a Jaroměřice měly hodnoty S na počátku

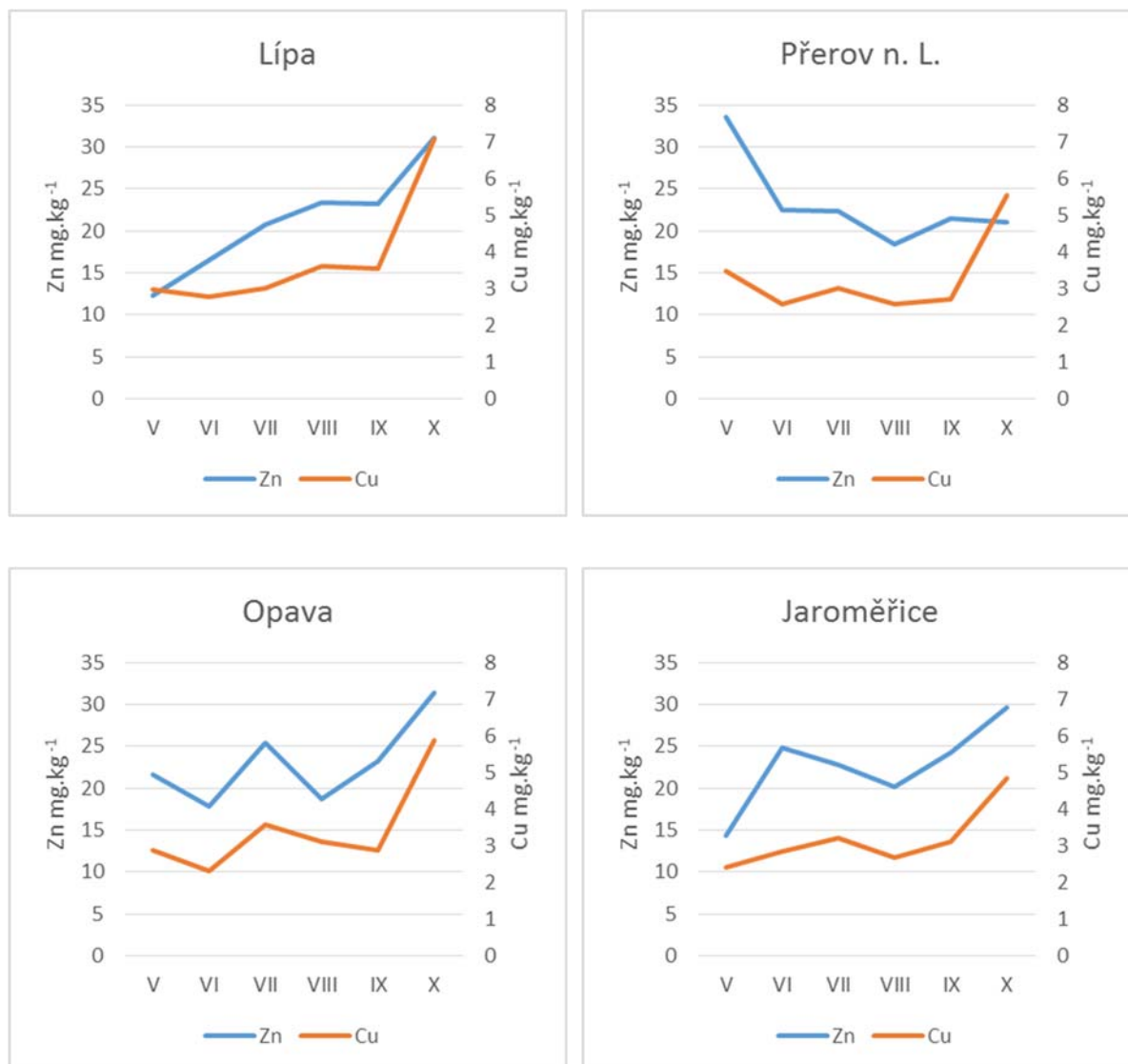
vegetačního období stoupající tendenci s maximem v červenci, pak následoval pokles a v říjnu byly hodnoty nejvyšší (příloha tab. 14). Pro stanoviště Opava chybí údaj za poslední měsíc sledování, kdy narostlo málo hmoty jílku nutné pro všechna stanovení. Na stanovišti Přerov n. L. byla zjištěna vyšší hodnota i v květnu. Na stanovišti Jaroměřice byly hodnoty S nižší v porovnání s ostatními stanovišti s výjimkou uvedených měsíců červenec a říjen, hodnota S zjištěná v říjnu však byla nejvyšší mezi stanovišti (graf 10).

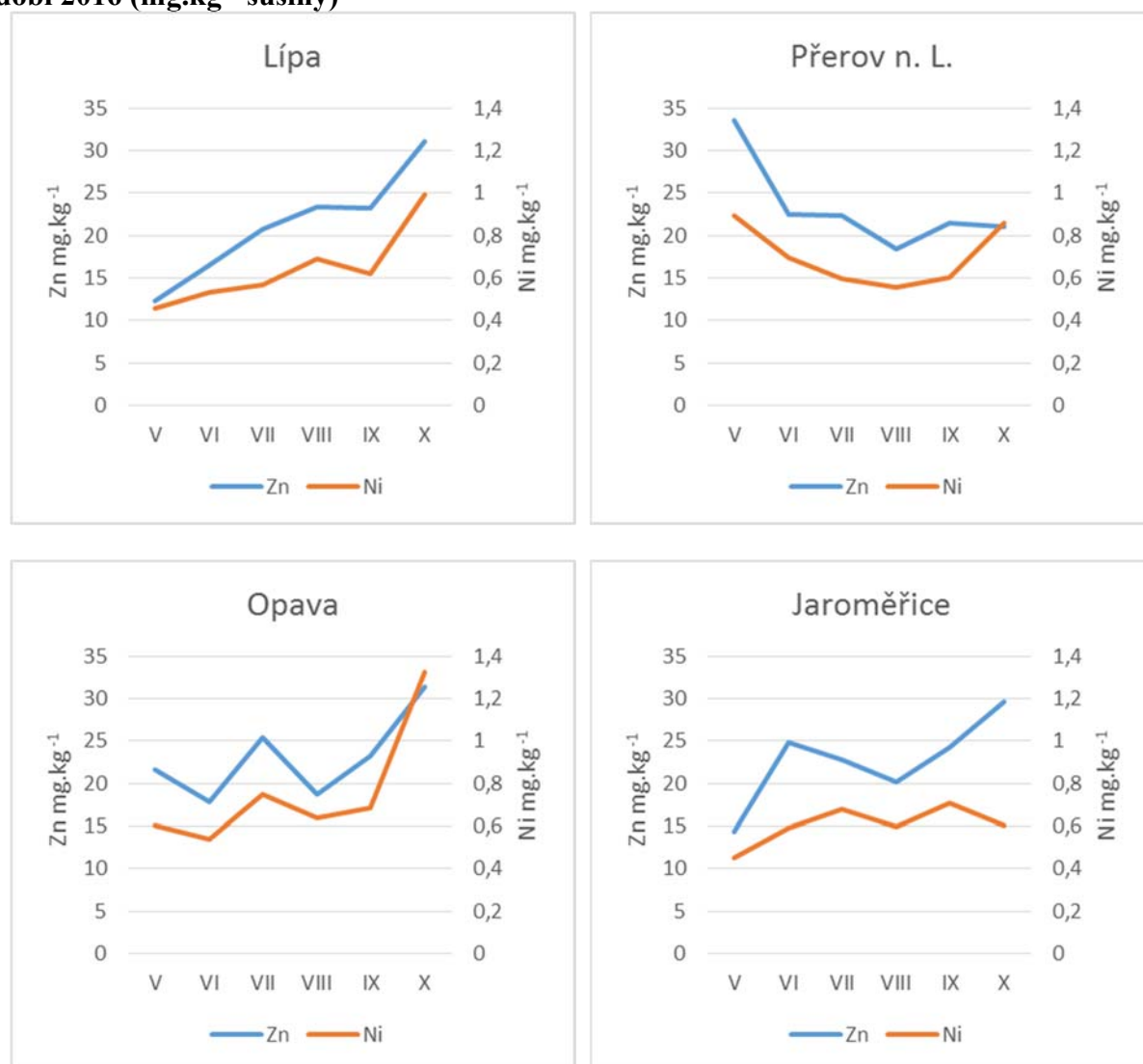
Graf 10: Změny obsahů S v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2016 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny)



Průběh hodnot Zn je na jednotlivých stanovištích rozdílný. Na stanovišti Lípa a Jaroměřice byly hodnoty Zn nejnižší v květnu, na stanovišti Opava v červnu, maxima na těchto stanovištích byla v říjnu. Na stanovišti Přerov n. L. bylo minimum v červenci a maximum v květnu.

Změny Zn ve sledovaném období byly na stanovištích velmi shodné se změnami Cu a Ni (graf 11, graf 12).

Graf 11: Změny obsahů Zn a Cu v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2016 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny)

Graf 12: Změny obsahů Zn a Ni v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2016 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny)

Podrobněji jsou obsahy anorganických polutantů v jílku rozvedeny podle stanovišť a měsíců v příloze tab. 14.

4.1.2. PAU v jílku

Průměrný obsah PAU v hmotě jílku mnohokvětého ze sledovaných stanovišť za celé vegetační období uvádí tabulka 4. Rozdíl mezi minimální a maximální zjištěnou sumou PAU je trojnásobný. Nejnižší zjištěný obsah PAU byl na stanovišti Opava v srpnu, nejvyšší na stanovišti Jaroměřice v říjnu (příloha tab. 15).

Tabulka 4: Obsahy PAU v jílku (základní statistika za vegetační období 2016)

Σ PAU (15)	2016		
	průměr	maximum	minimum
	$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé biomasy		
	60,9	131	40,1

Orientační hodnota pro maximální limity pozadí z Rakouska (AGES, 2014) činí $9,40 \mu\text{g.kg}^{-1}$ a je uváděna pro 12 PAU – ANT, FLT, BAP, DBA, BAA, BBF, BKF, BPE, IPY, CHR, PYR, PHE. Pro porovnání s orientační hodnotou z Rakouska byly pro sledovaná stanoviště spočítány sumy těchto 12 vybraných PAU v čerstvé biomase jílku (tab. 5).

Tabulka 5: Změny obsahu sumy 12 vybraných PAU v jílku v průběhu vegetačního období 2016

Σ PAU (12)	Lípa	Přerov n. L.	Opava	Jaroměřice
	$\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy			
V	40,6	37,3	49,4	40,9
VI	48,7	36,1	40,1	29,5
VII	31,3	34,1	32,5	30,6
VIII	35,0	35,6	31,0	38,3
IX	44,9	50,6	44,6	37,9
X	51,1	113	81,8	85,4
Aritmetický průměr	42,0	51,1	43,8	43,8

V porovnání s rakouskou orientační hodnotou pro maximální limity pozadí $9,40 \mu\text{g.kg}^{-1}$ (AGES 2014) jsou námi naměřené hodnoty výrazně vyšší.

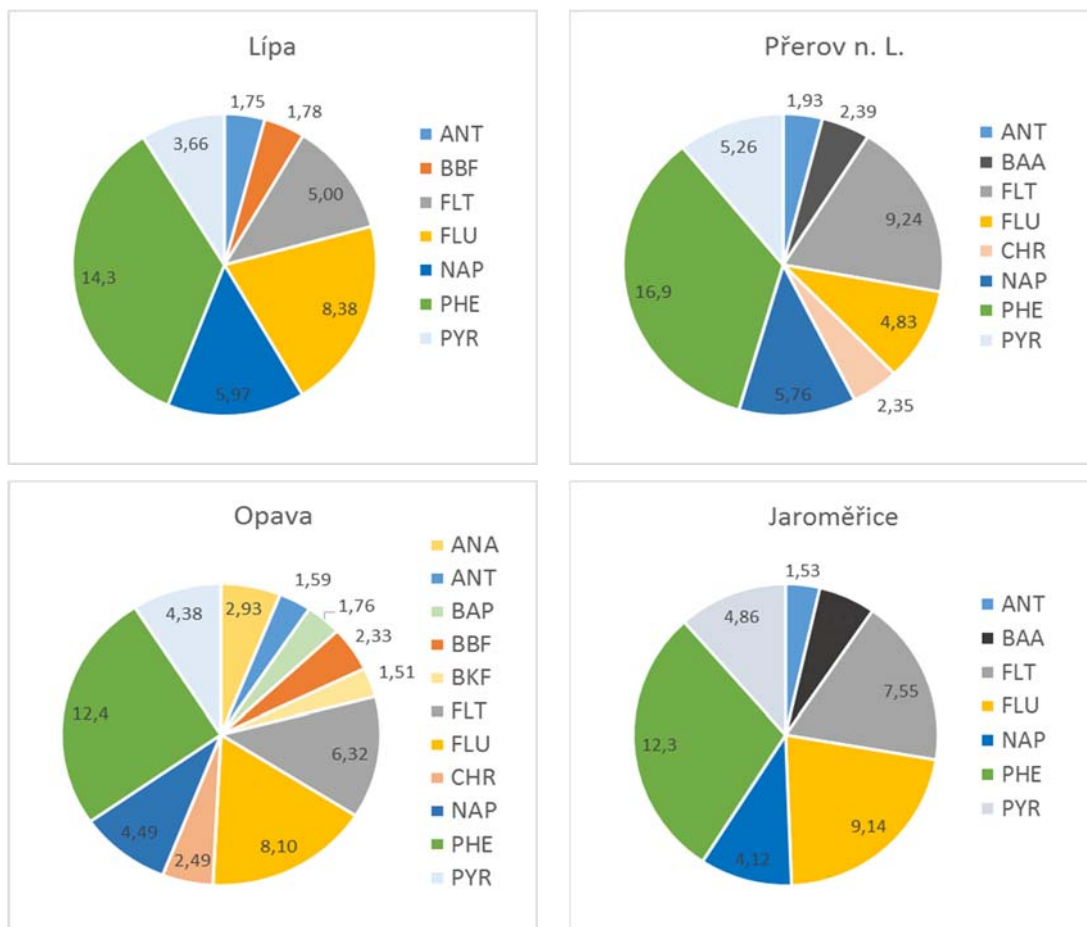
I nejnižší zjištěný obsah vybraných PAU $29,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy z června na stanovišti Jaroměřice je trojnásobně vyšší a maximální zjištěná hodnota sumy vybraných PAU ($113 \mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy) zjištěná v hmotě jílku na stanovišti Přerov n. L. v posledním měsíci sledování je dvanáctinásobně vyšší než uváděná orientační hodnota podle AGES (2014).

Na všech stanovištích za sledované období byly zjištěny ve všech vzorcích jílku FLT, PHE a PYR. Naopak mezí stanovitelnosti nebyla překročena ani na jednom ze stanovišť u ANY, BPE, DBA a IPY. U ANT byly hodnoty nad mezí stanovitelnosti zjištěny jen v posledním měsíci sledování na všech stanovištích a v červnu na stanovišti Opava. U BAA, BAP, BBF, BKF a CHR byly rovněž zjištěny hodnoty nad mezí stanovitelnosti pouze v posledním měsíci sledování, ale jen na některých stanovištích. FLU byl zjištěn ve všech vzorcích jílku s výjimkou vzorků ze stanoviště Přerov n. L. z června a července. Hodnoty NAP byly na stanovištích nízké, na stanovištích Opava a Jaroměřice byly ve třech měsících sledování pod hranicí meze stanovitelnosti. (tab. 6, příloha tab. 15).

Tabulka 6: Obsahy jednotlivých PAU v jílku na jednotlivých stanovištích (průměr za vegetační období 2016)

	Lípa	Přerov n. L.	Opava	Jaroměřice
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy			
ANA	<5,00	<5,00	2,93	<5,00
ANT	1,75	1,93	1,59	1,53
ANY	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
BAA	<4,00	2,39	<4,00	2,54
BAP	<3,00	<3,00	1,76	<3,00
BBF	1,78	<3,00	2,33	<3,00
BKF	<2,00	<2,00	1,51	<2,00
BPE	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
DBA	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
FLT	5,00	9,24	6,32	7,55
FLU	8,38	4,83	8,11	9,14
CHR	<4,00	2,35	2,49	<4,00
IPY	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
NAP	5,97	5,76	4,49	4,12
PHE	14,3	16,9	12,4	12,3
PYR	3,66	5,26	4,38	4,86
Σ PAU (15)	58,8	64,2	59,3	59,5

Za vegetační období na všech stanovištích se na sumě 15 PAU nejvíce podílely PHE, FLT, FLU, NAP a PYR (graf 13).

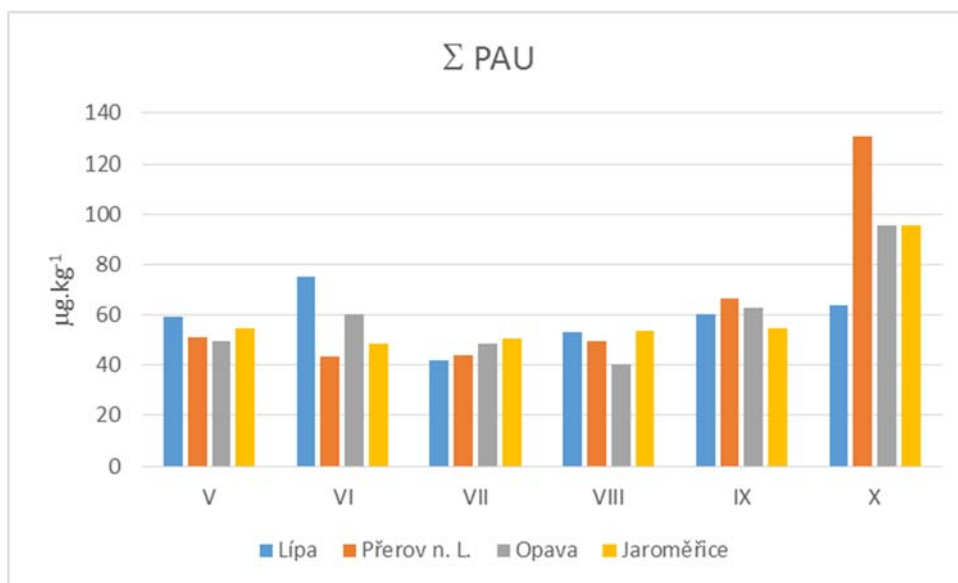
Graf 13: Průměrné obsahy vybraných PAU (s obsahy nad mezí stanovitelnosti) v jílku na sledovaných stanovištích za vegetační období 2016 (v $\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy).

Zjištěné celkové sumy hodnot 15 PAU na jednotlivých stanovištích ve sledovaných měsících uvádí tabulka 7. V průběhu vegetačního období docházelo v hmotě jílku ke změnám v obsahu PAU. Nejvyšší hodnoty obsahů byly zjištěny na stanovištích v posledním měsíci sledování, na stanovišti Lípa však již v červnu. Nejvyšší celkový obsah PAU byl zjištěn v říjnu na stanovišti Přerov n. L. a to $131 \mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy. V porovnání s hodnotami z předcházejících měsíců na tomto stanovišti byla tato hodnota více než dvojnásobně vyšší. Nejnižší obsahy byly zjištěny v srpnu na stanovišti Opava. Na stanovištích Přerov n. L. a Jaroměřice byly nejnižší hodnoty v červnu, na stanovišti Lípa v červenci (graf 14, tab. 7).

Tabulka 7: Změny obsahu sumy 15 PAU v jílku v průběhu vegetačního období 2016

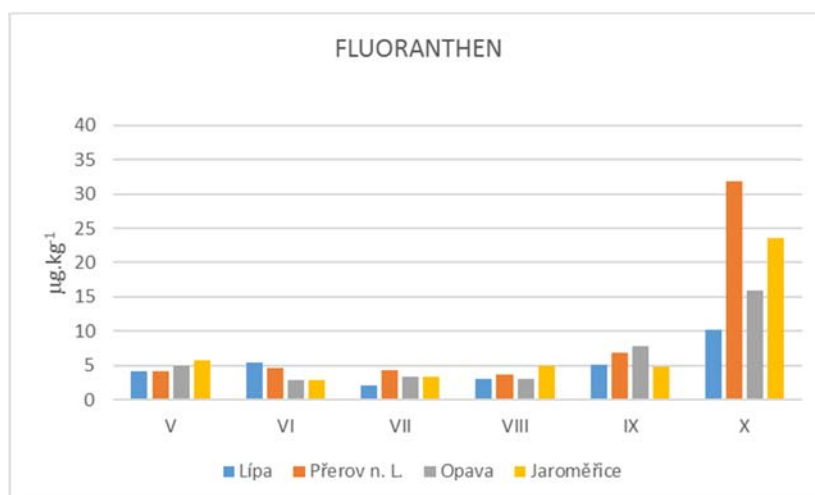
Σ PAU (15)	Lípa	Přerov n. L.	Opava	Jaroměřice
	$\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy			
V	58,8	50,8	49,4	54,6
VI	75,3	43,1	59,8	48,3
VII	41,8	43,7	48,1	50,4
VIII	53,0	49,2	40,1	53,6
IX	60,2	66,6	62,6	54,6
X	63,7	131	95,8	95,8
Aritmetický průměr	58,8	64,2	59,3	59,5

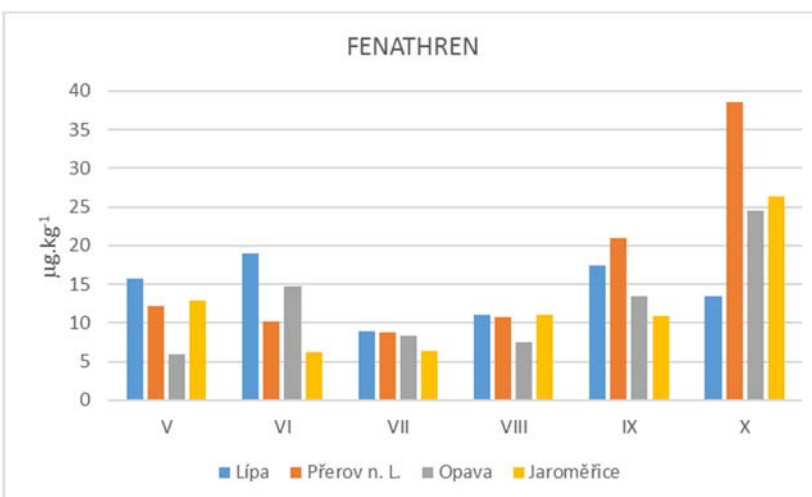
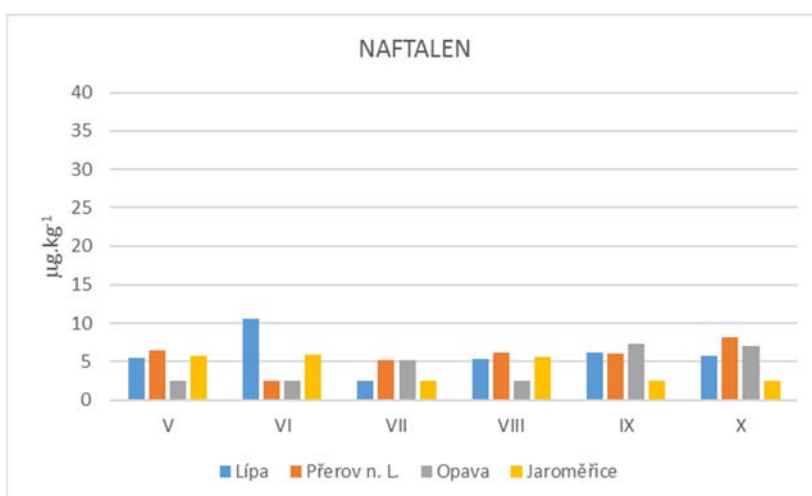
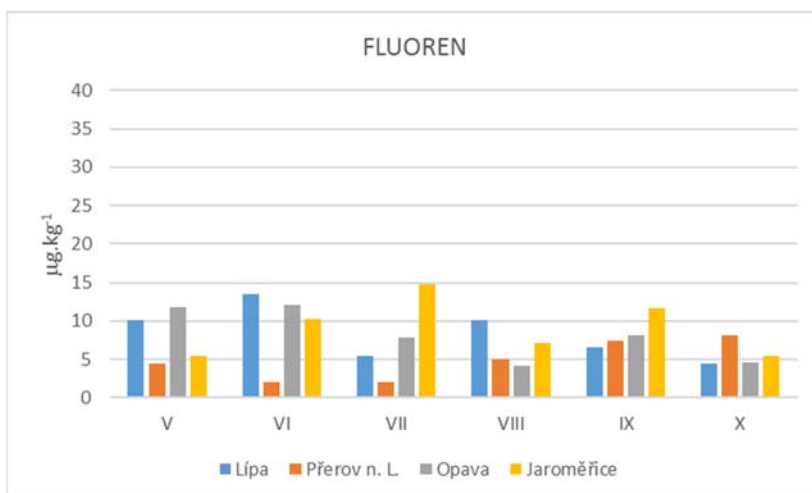
Graf 14: Změny obsahů PAU v jílku ve vegetačním období 2016 (Σ 15 PAU; $\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)

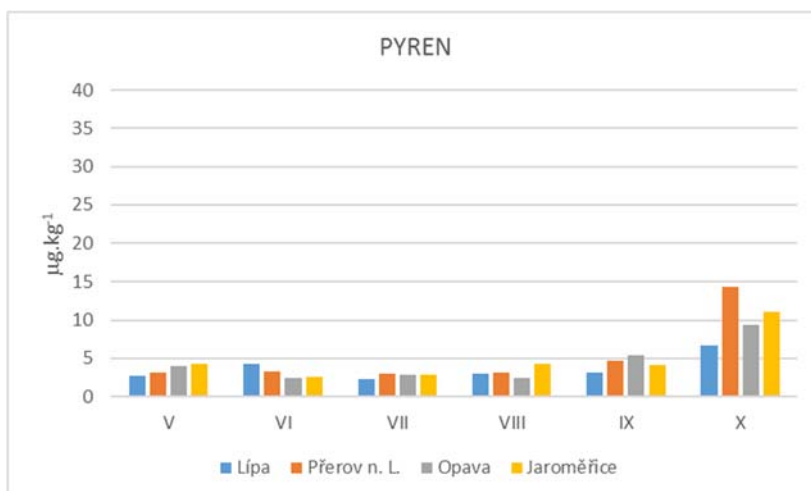


Shodný průběh za vegetační období na jednotlivých stanovištích měly hodnoty FLT a PYR, nárůst hodnot byl výrazný v posledním měsíci sledování na všech stanovištích. Nejvyšších hodnot ze sledovaných PAU v průběhu sledování s maximem v říjnu dosahoval PHE, jen na stanovišti Jaroměřice bylo maximum v červenci. Průběh hodnot FLU byl ve vegetačním období na stanovištích rozdílný, maximální hodnoty byly zjištěny v různých měsících sledování, na stanovišti Lípa a Opava v červnu, na stanovišti Jaroměřice v červenci. V těchto měsících na stanovišti Přerov n. L. byly hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti a nejvyšší hodnota FLU na tomto stanovišti byla v říjnu. Rovněž průběh hodnot NAP byl na stanovištích rozdílný, nejvyšší hodnota byla zjištěna na stanici Lípa v červnu. Na stanovištích Opava a Jaroměřice byly hodnoty nad mezí stanovitelnosti jen ve třech měsících sledování (graf 15).

Graf 15: Zjištěné obsahy vybraných PAU (s obsahy nad mezí stanovitelnosti) v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2016 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)







Podrobněji jsou obsahy PAU v jílku rozvedeny podle stanovišť a měsíců v příloze tab. 15.

4.2. BOROVICE VE VEGETAČNÍM OBDOBÍ 2016

Borovice černá je druhým bioindikátorem, který je umístěn na dvou imisně nezatížených stanovištích (Závišín, Opava) a na dvou stanovištích relativně imisně zatížených (Plzeň, Vratimov). Se získáváním biomasy nejsou problémy.

4.2.1. Anorganické polutanty v jehličí

Průměrné, maximální a minimální obsahy anorganických polutantů v jednoletém jehličí borovice černé za rok 2016 jsou uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 8: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice (základní statistika) nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2016)

	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
	průměr	maximum	minimum	průměr	maximum	minimum
	mg.kg ⁻¹ sušiny					
Al	41,1	63,4	29,6	88,8	104	63,6
As	0,54	0,84	0,34	0,69	0,89	0,56
Cd	0,05	0,06	0,03	0,08	0,10	0,07
Cr	0,16	0,18	0,14	0,33	0,49	0,19
Cu	2,71	3,59	1,88	2,43	2,82	1,98
Fe	44,3	64,2	31,7	92,3	142	44,2
Hg	0,011	0,018	0,006	0,011	0,018	0,005
Mn	71,3	115	33,0	249	398	107
Mo	0,28	0,37	0,17	0,14	0,20	0,07
Ni	1,09	1,90	0,40	0,41	0,56	0,23
Pb	0,34	0,59	<0,50	0,59	1,28	<0,50
S	911	984	838	1244	1578	984
V	0,07	0,08	0,06	0,09	0,15	0,07
Zn	29,0	37,8	21,7	29,6	37,5	23,6

Průměrné obsahy anorganických polutantů byly převážně vyšší na imisně zatížených stanovištích než na stanovištích imisně nezatížených. Výrazně vyšší průměrné hodnoty byly zjištěny u Al, Cr, Mn, Fe a Pb. Průměrný obsah Cu, Ni a Mo byl vyšší na nezatížených stanovištích v porovnání se zatíženými. Největší rozsah hodnot byl zjištěn u Hg, Pb a Mn na nezatížených i zatížených stanovištích. Na zatížených stanovištích byly dále zjištěny vysoké rozdíly mezi maximálními a minimálními hodnotami u Fe a Mo, na nezatížených stanovištích u Ni a As. Podrobněji jsou obsahy anorganických polutantů rozvedeny v příloze tab. 16.

Průměrné obsahy jednotlivých anorganických polutantů na nezatížených a zatížených stanovištích jsou různé při porovnávání zimní (jarní odběr jehličí) a letní (podzimní odběr jehličí) periody, jak ukazují hodnoty v tabulce 9.

Tabulka 9: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice v letní a zimní periodě (aritmetický průměr za periodu v roce 2016)

	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	zimní perioda	letní perioda	zimní perioda	letní perioda
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	34,7	47,4	104	73,6
As	0,64	0,43	0,79	0,59
Cd	0,05	0,05	0,07	0,09
Cr	0,16	0,16	0,43	0,23
Cu	2,69	2,74	2,25	2,60
Fe	48,00	40,6	113	72,0
Hg	0,016	0,008	0,016	0,006
Mn	74,0	68,6	279	218
Mo	0,27	0,30	0,16	0,11
Ni	1,15	1,02	0,34	0,49
Pb	0,42	<0,50	0,77	0,41
S	886	937	1307	1181
V	0,07	0,07	0,13	0,07
Zn	29,8	29,4	31,2	28,8

Při porovnání průměrných obsahů anorganických polutantů za zimní a letní periodu byly nalezeny rozdíly jak mezi periodami, tak mezi zatíženými a nezatíženými stanovišti. Na zatížených stanovištích byly průměrné obsahy většiny anorganických polutantů vyšší za zimní periodu v porovnání s letní periodou s výjimkou Cd, Cu a Ni. Podobně na nezatížených stanovištích tvoří výjimku Al, Cu, Mo a S, jejichž průměrné obsahy byly vyšší v letní periodě. Na zatížených stanovištích jsou v porovnání s nezatíženými stanovišti průměrné obsahy všech anorganických polutantů vyšší v obou periodách. Výjimkou jsou vyšší průměrné obsahy Cu, Mo a Ni v obou periodách a obsah Hg v letní periodě na nezatížených stanovištích. V obou periodách jsou vyšší na zatížených stanovištích především průměrné obsahy Al, Cr, Fe a Mn (tab. 9 a příloha tab. 16).

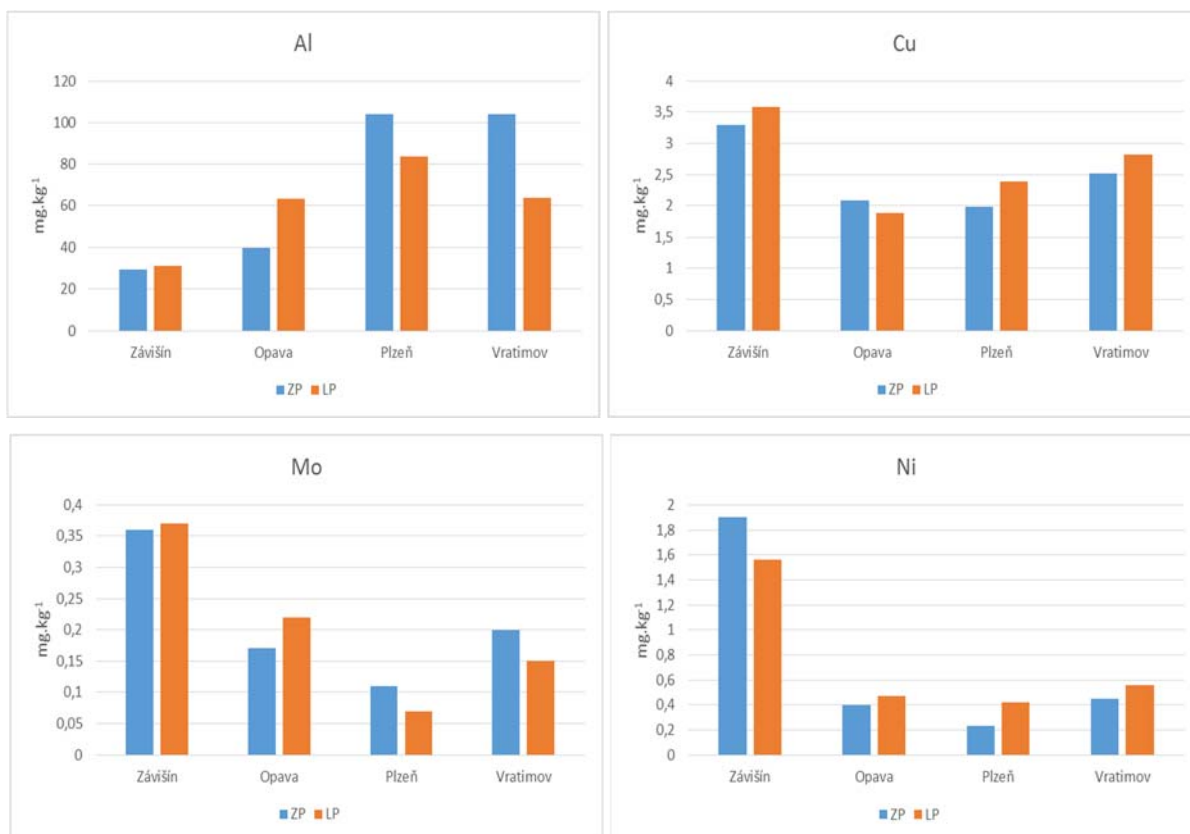
Průměrné obsahy anorganických polutantů naměřené v jehličí na jednotlivých nezatížených a zatížených stanovištích jsou uvedeny v tabulce 10.

Při porovnání průměrných obsahů anorganických polutantů se nejvíce zatíženým stanovištěm jeví Vratimov. Průměrné obsahy většiny anorganických polutantů v jehličí jsou zde nejvyšší s výjimkou Al, jehož průměrný obsah je nejvyšší na stanovišti Plzeň, a Cu, Mo a Ni, jejichž průměrné obsahy jsou nejvyšší na stanovišti Závašín (tab. 10, graf 16, příloha tab. 16). Naopak výrazně nižší jsou na stanovišti Závašín v porovnání s ostatními stanovišti průměrné obsahy Al, As a Fe.

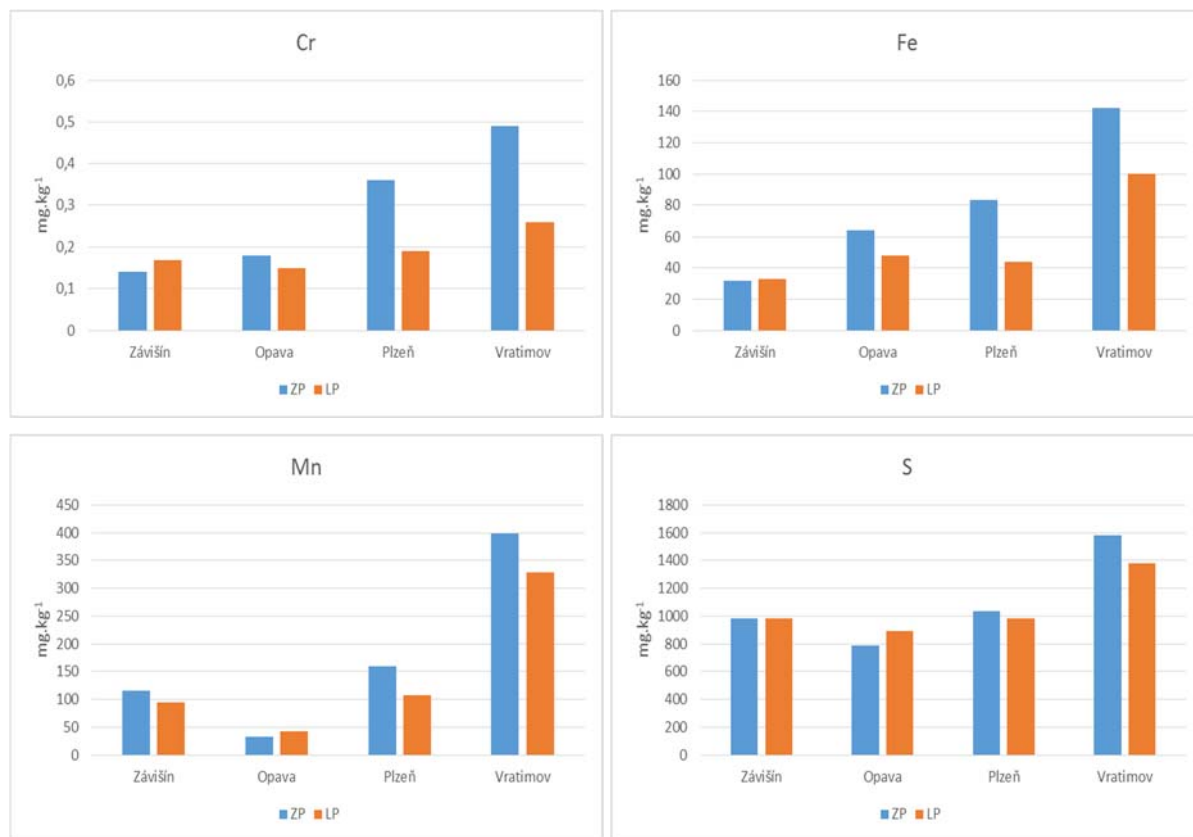
Zjištěné hodnoty některých anorganických polutantů jsou výrazně vyšší na některých stanovištích v obou periodách v porovnání s ostatními stanovišti. Na stanovišti Vratimov byly naměřeny nejvyšší hodnoty Cr, Fe, Mn a S v porovnání s ostatními stanovišti (tab. 10, graf 17, příloha tab. 16). Hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti byly jen u olova na stanovišti Závašín a Plzeň v obou periodách a na stanovišti Opava v letní periodě.

Tabulka 10: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice (aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť za obě periody v roce 2016)

	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	Závišín	Opava	Plzeň	Vratimov
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	30,5	51,6	93,9	83,6
As	0,39	0,68	0,65	0,73
Cd	0,06	0,03	0,07	0,08
Cr	0,15	0,16	0,28	0,38
Cu	3,44	1,98	2,18	2,67
Fe	32,5	56,1	63,6	121
Hg	0,013	0,009	0,009	0,013
Mn	105	37,5	134	363
Mo	0,37	0,19	0,09	0,18
Ni	1,73	0,44	0,32	0,50
Pb	<0,50	0,42	<0,50	0,92
S	984	838	1010	1478
V	0,06	0,08	0,09	0,09
Zn	33,6	24,3	24,3	34,8

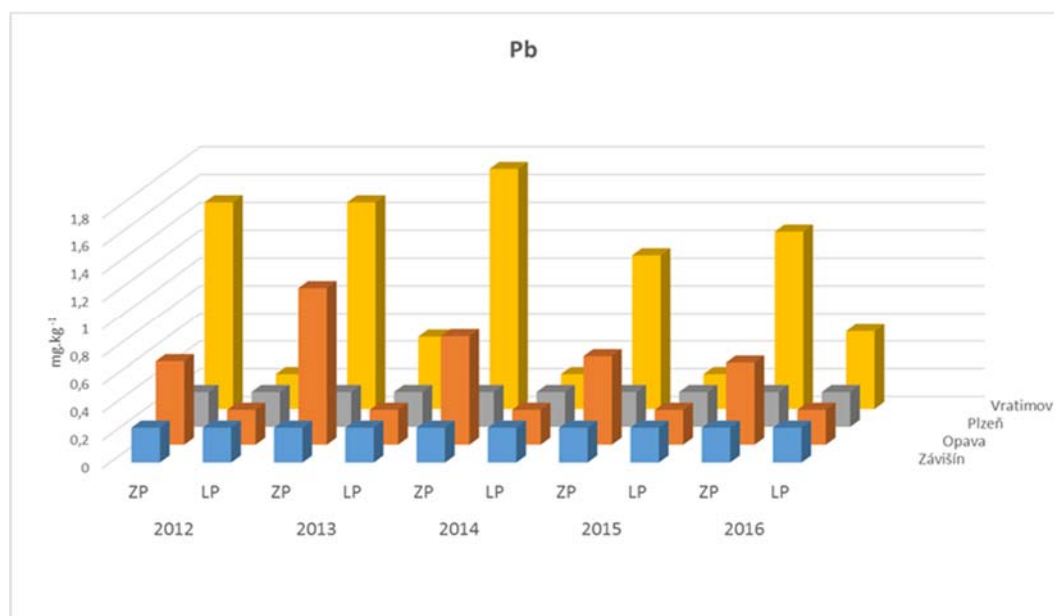
Graf 16: Změny obsahů Al, Cu, Mo a Ni v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní (LP) a zimní periodě (ZP) 2016 (mg.kg⁻¹ sušiny)

Graf 17: Změny obsahů Cr, Fe, Mn a S v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní (LP) a zimní periodě (ZP) 2016 (mg.kg⁻¹ sušiny)



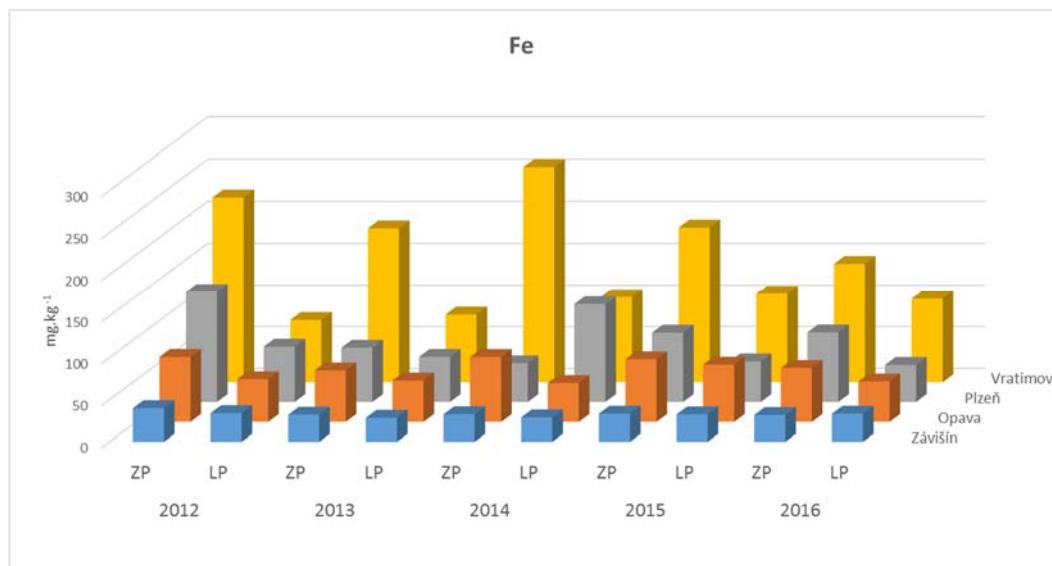
Obsah Pb v jehličí borovice černé je dlouhodobě vyšší v zimní periodě na stanovištích (Opava, Vratimov) na severní Moravě (graf 18). Na stanovištích Závišín a Plzeň je obsah olova pod hranicí meze stanovitelnosti.

Graf 18: Změny obsahů Pb v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní (LP) a zimní periodě (ZP) v průběhu let 2012–2016 (mg.kg⁻¹ sušiny)



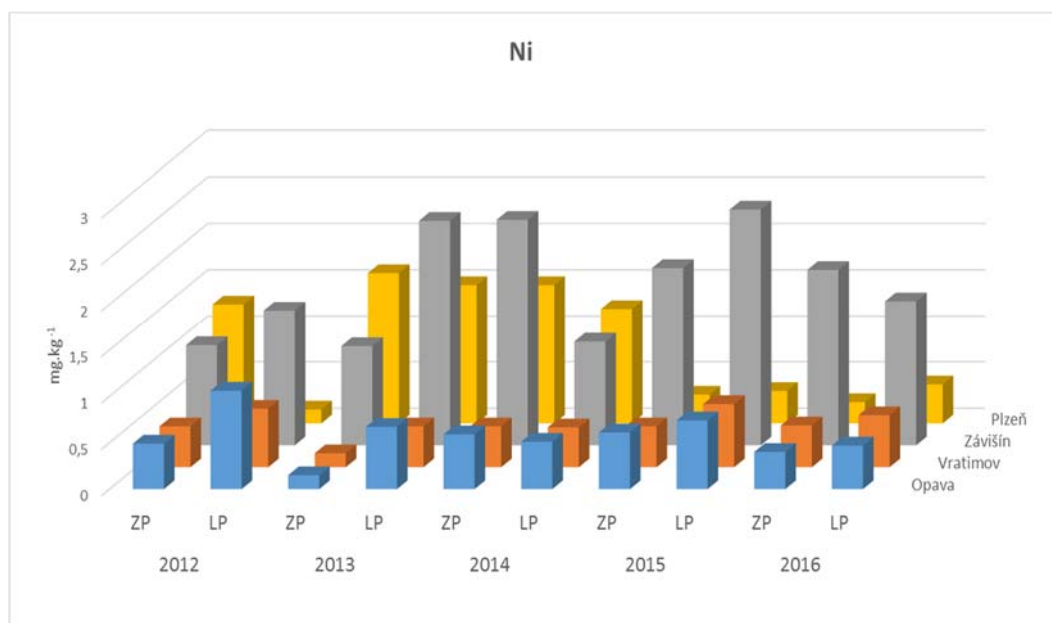
Rovněž obsah Fe v jehličí borovice černé za zimní periodu je dlouhodoběji vyšší na stanovišti Vratimov (graf 19).

Graf 19: Změny obsahů Fe v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní (LP) a zimní periodě (ZP) v průběhu let 2012-2016 (mg.kg⁻¹ sušiny)



Dlouhodobé rozdíly v obsahu Ni, které byly pozorovány od roku 2012 mezi stanovišti ze západních Čech (Závišín a Plzeň) – vyšší obsahy a severní Moravy (Opava a Vratimov) – nižší obsahy, se nejvíce projeví v letech 2015 a 2016 na stanovišti Závišín. Na tomto stanovišti byly obsahy niklu za rok 2016 více než trojnásobně vyšší než na ostatních stanovištích. Naopak na stanovišti Plzeň byly hodnoty za rok 2016 v obou periodách nejnižší. Porovnání změn v letech 2012–2016 ukazuje graf 20.

Graf 20: Změny obsahů Ni v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní (LP) a zimní periodě (ZP) v průběhu let 2012–2016 (mg.kg⁻¹ sušiny)



Podrobněji jsou obsahy anorganických polutantů v jehličí uvedeny v příloze tab. 17

4.2.2. PAU v jehličí

Sledování PAU v jehličí borovice černé v roce 2016 ukázalo na rozdíly mezi jednotlivými stanovišti a rovněž na rozdíly mezi zimní a letní periodou.

Průměrné obsahy PAU naměřené v jehličí borovice černé na sledovaných stanovištích za rok 2016 jsou uvedeny v tabulce 11. Za posledních pět let monitoringu se jedná o nejnižší průměrné obsahy, rovněž maximální zjištěné hodnoty jsou za toto období nejnižší.

Tabulka 11: Obsahy PAU v jehličí borovice (základní statistika nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2016)

Σ PAU (15)	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
	průměr	maximum	minimum	průměr	maximum	minimum
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy					
	73,9	85,5	60,7	85,7	114	42,7

Průměrné hodnoty organických polutantů naměřené v jehličí na jednotlivých stanovištích uvádí tabulka 12.

Tabulka 12: Obsahy jednotlivých PAU v jehličí borovice (aritmetický průměr jednotlivých stanovišť v roce 2016)

PAU	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	Závišín	Opava	Plzeň	Vratimov
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy			
ANA	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
ANT	3,28	2,46	1,80	3,68
ANY	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
BAA	3,32	<4,00	<4,00	<4,00
BAP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
BBF	<3,00	<3,00	4,47	2,81
BKF	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
BPE	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
DBA	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
FLT	9,16	7,84	4,68	18,0
FLU	10,9	11,3	7,05	11,3
CHR	<4,00	<4,00	<4,00	4,21
IPY	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
NAP	<3,00	7,26	3,83	12,5
PHE	25,3	17,3	15,0	34,0
PYR	6,02	5,10	3,50	10,7
Σ PAU (15)	76,9	70,8	58,3	113

Na všech stanovištích se na celkovém obsahu PAU nejvíce podíleli: ANT, PHE, FLT, PYR a FLU. U ANA, ANY, BAP, BKF, BPE, DBA a IPY nebyla překročena mez stanovitelnosti na žádném ze sledovaných stanovišť v obou odběrových periodách. Nad mezí stanovitelnosti byl zjištěn CHR na stanovišti Vratimov v zimní periodě a BAA na stanovišti Závěšín v letní periodě.

Nejvyšší průměrný celkový obsah (Σ 15 PAU) byl nalezen na stanovišti Vratimov, kde byly vyšší obsahy především PHE, FLT, PYR a NAP. Na zatíženém stanovišti Plzeň byl průměrný celkový obsah (Σ 15 PAU) překvapivě nejnižší. Na stanovištích Závěšín a Opava byly hodnoty pod mezí stanovitelnosti celkem u deseti jednotlivých PAU, přesto je zde celková suma vyšší (tab. 12).

Rozdíly mezi průměrnými obsahy jednotlivých PAU v zimní a letní periodě na nezatížených a zatížených stanovištích jsou zřetelné z tabulky 13.

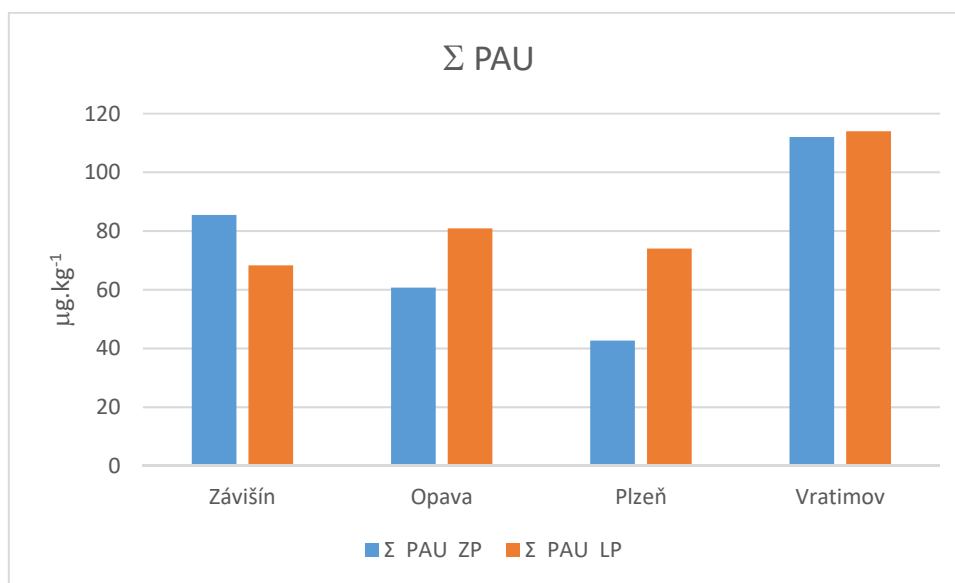
Tabulka 13: Obsahy jednotlivých PAU v jehličí borovice v letní a zimní periodě (aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2016)

PAU	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	zimní perioda	letní perioda	zimní perioda	letní perioda
	$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé biomasy			
ANA	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
ANT	3,04	2,71	3,00	3,29
ANY	<20,0	<20,0	<20,00	<20,0
BAA	<4,00	3,32	<4,00	<4,00
BAP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
BBF	<3,00	<3,00	2,81	4,47
BKF	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
BPE	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
DBA	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
FLT	8,66	8,35	11,5	11,2
FLU	11,5	10,7	6,64	11,7
CHR	<4,00	<4,00	4,21	<4,00
IPY	<10,0	<10,0	<10,00	<10,00
NAP	<3,00	7,25	4,48	11,9
PHE	22,7	20,0	22,5	26,6
PYR	6,34	4,79	7,08	7,13
Σ PAU (15)	73,1	74,6	77,4	94,0

Rozdíly mezi průměrnými obsahy jednotlivých PAU v zimní a letní periodě na nezatížených a zatížených stanovištích jsou malé s výjimkou FLU na zatížených stanovištích.

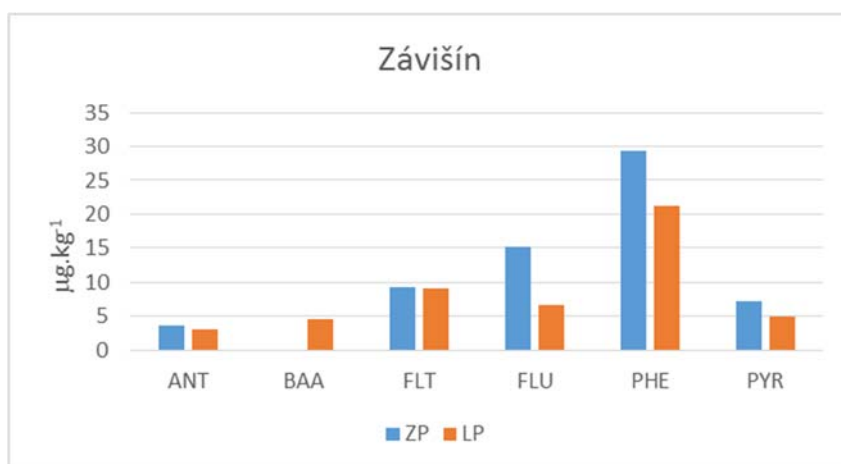
Nejvyšší celková suma PAU je na stanovišti Vratimov v letní i zimní periodě. Nejnižší celková suma PAU je zjištěna v zimní periodě na stanovišti Plzeň. Největší rozdíly v obsahu PAU mezi zimní a letní periodou jsou zjištěny na stanovišti Plzeň, nejmenší na stanovišti Vratimov. Celková suma PAU je vyšší v zimním období pouze na stanovišti Závěšín, na ostatních stanovištích to je v letní periodě. (graf 21).

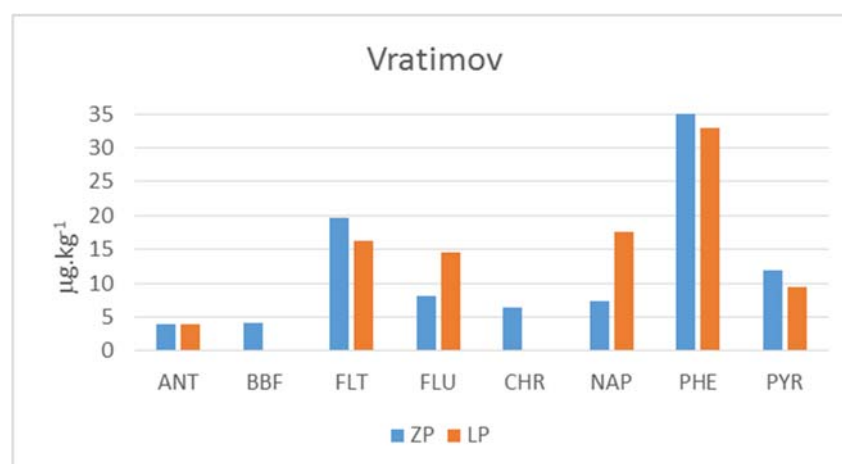
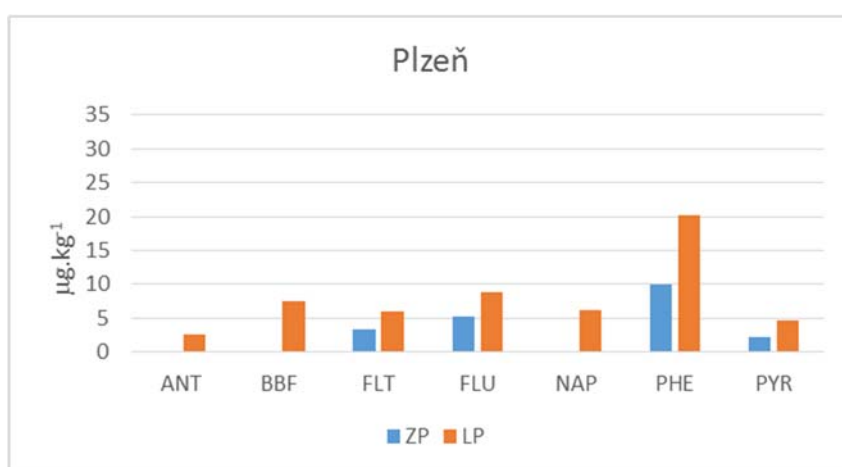
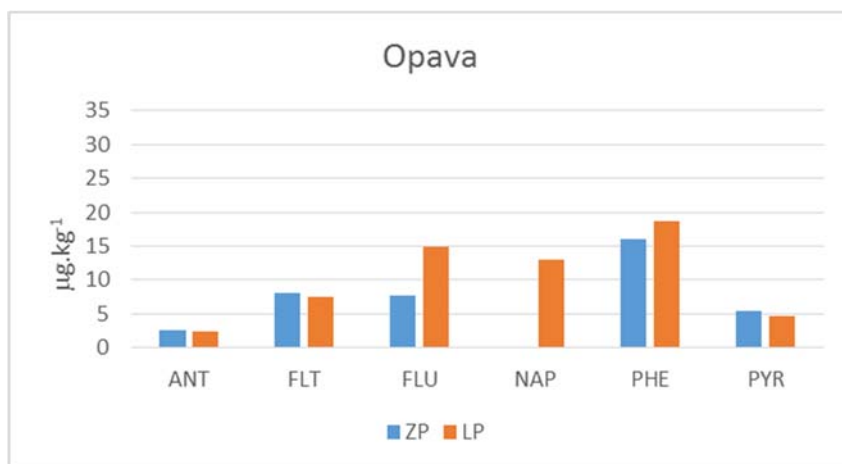
Graf 21: Suma 15 PAU v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní a zimní periodě 2016 (Σ 15 PAU; $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)



Nejvyšší obsahy, a tedy i nejvyšší podíly na celkové sumě mají v obou periodách PHE, FLT, FLU, PYR. Na stanovišti Vratimov také NAP, jehož vyšší obsahy byly zjištěny také na stanovištích Opava a Plzeň v letní periodě. ANT byl nad mezí stanovitelnosti v letní periodě na všech stanovištích, v zimní periodě jen na nezatížených. BBF byl zjištěn v letní periodě na zatížených stanovištích, v zimní periodě jen na stanovišti Vratimov. CHR nad hranicí meze stanovitelnosti byl jen na stanovišti Vratimov v zimní periodě, BAA na stanovišti Závišín v letní periodě (graf 22).

Graf 22: Zjištěné obsahy vybraných PAU (nad hranicí meze stanovitelnosti) v jehličí borovice na jednotlivých stanovištích v letní a zimní periodě 2016 (PAU v $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)





Obsahy všech PAU v jehličích borovice černé na jednotlivých stanovištích jsou podrobněji uvedeny v příloze tab. 17.

5. Závěry

V roce 2016 byly sledovány obsahy vybraných anorganických prvků (14) a organických polutantů (16 EPA PAU) v travní hmotě jílku (stanoviště Lípa, Přerov n. L., Jaroměřice, Opava) a v jehličí borovice černé (stanoviště Závěšín, Opava, Plzeň, Vratimov).

Jílek

- Orientační hodnoty obsahů prvků pro maximální limity pozadí zpracované v AGES (2014) byly překročeny u As ve všech vzorcích jílku na všech stanovištích. Orientační hodnoty obsahů prvků pro maximální limity pozadí u Al, Pb a V byly překročeny jen v některých měsících, hodnoty Pb jen na stanovištích Přerov n. L. a Opava. Obsahy ostatních prvků orientační hodnoty nepřekročily.
- Arzén měl téměř shodný průběh zjištěných hodnot na všech stanovištích s maximem v letních měsících a s nízkými hodnotami na konci vegetačního období.
- Průměrné měsíční hodnoty anorganických polutantů za vegetační období byly nejvyšší v říjnu, výjimkou byl As s nejvyšší průměrnou hodnotou v červenci a Mo s nejvyšší průměrnou hodnotou v květnu.
- Hodnoty Al na stanovištích měly odlišný průběh a rozdílný rozsah. Shodný průběh hodnot s Al mělo Fe na stanovištích Lípa a Jaroměřice, na stanovištích Přerov n. L. a Opava s výjimkou června.
- Shodný průběh hodnot Al, Cr a V byl na stanovištích Lípa, Přerov n. L. a Jaroměřice.
- Změny obsahu Cu a Ni byly během sledovaného vegetačního období na stanovištích obdobné.
- Maximální hodnoty S byly na stanovištích Lípa, Přerov n. L. a Jaroměřice v říjnu (v Opavě nebyla S pro nedostatek hmoty za říjen stanovena), což nejspíše ovlivnila začínající topná sezóna. Druhé maximum bylo zjištěno v červenci, na stanovišti Přerov n. L. v květnu.
- Změny obsahu Zn během sledovaného vegetačního období měly velice obdobný průběh jako změny hodnot Cu a Ni.
- Při porovnání zjištěné sumy 12 PAU s orientační hodnotou pro maximální limity pozadí převzatou z literatury bylo zjištěno, že ve všech vzorcích jílku byla tato hodnota překročena.
- Průměrný obsah celkové sumy 15 PAU v jílku byl nejvyšší na stanovišti Přerov n. L., nejnižší hodnoty celkové sumy PAU byly zaznamenány na stanovišti Lípa.
- Nejvyšší hodnoty záchytu 15 PAU byla na stanovištích Přerov n. L., Opava a Jaroměřice v posledním měsíci sledování říjnu, na stanovišti Lípa v červnu. Nejnižší hodnoty záchytu byly na stanovišti Přerov n. L. a Jaroměřice v červnu, na stanovišti Lípa v červenci a na stanovišti Opava v srpnu.
- Na všech stanovištích tvořil v hmotě jílku nejvyšší podíl z celkové sumy PAU PHE, FLT, FLU, NAP a PYR.

Borovice

- Průměrné obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice černé z imisně zatížených stanovišť byly vyšší než průměrné obsahy ze stanovišť imisně nezatížených téměř u všech anorganických polutantů s výjimkou Cu, Ni a Mo.
- Průměrné obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice černé nezatížených stanovišť za letní periodu byly nižší než za zimní periodu s výjimkou Al, Cu, Mo a S. Na zatížených stanovištích byly rovněž průměrné obsahy nižší za letní periodu s výjimkou Cd, Cu a Ni.
- Na stanovišti Závišín byly v obou periodách výrazně vyšší hodnoty Cu, Mo a Ni. Na stanovišti Vratimov byly výrazně vyšší hodnoty Fe, Mn a S v obou periodách, v zimní periodě pak Pb a Cr.
- Obsah Pb v jehličí borovice černé je dlouhodobě vyšší na stanovištích Vratimov a Opava. Na stanovišti Závišín a Plzeň byl pod hranicí meze stanovitelnosti.
- Zjištěné hodnoty Cu byly nejvyšší na stanovišti Závišín v letní i zimní periodě.
- Hodnoty Ni v jehličí byly na stanovišti Závišín v obou periodách výrazně vyšší oproti ostatním stanovištím, vyšší hodnoty Ni zde byly zjištěny i v minulých letech sledování.
- Vyšší hodnoty sumy PAU v jehličí borovice černé byly v zimní periodě na stanovišti Závišín, na stanovištích Opava a Plzeň byly vyšší v letní periodě. Na stanovišti Vratimov byly hodnoty za letní a zimní periodu srovnatelné.
- Nejvyšší hodnota obsahu PAU v jehličí v zimní periodě byla zjištěna na stanovišti Vratimov, nejnižší hodnota na stanovišti Plzeň.
- V letní periodě byla suma PAU nejvyšší na stanovišti Vratimov, nejnižší na stanovišti Závišín.
- Nejvyšší podíl z celkové sumy PAU v jehličí tvořil PHE, FLT, FLU a PYR v obou periodách. Na stanovišti Vratimov se na celkové sumě podílel také NAP, na stanovišti Opava a Plzeň jen v letní periodě.
- Výsledky slouží pro vymezení pozadových hodnot sledovaných polutantů a pro monitoring vývoje obsahů jednotlivých polutantů v závislosti na stanovišti a průběhu vegetačního období roku.

6. Literatura

- AGES (2009): Aktives und passives Biomonitoring [online] [cit. 28. 4. 2014]
<http://www.ages.at/kompetenzzentren/ernaehrungssicherheit/rueckstaende-kontaminanten/biomonitoring/>
- Pavlíček, V., Ust'ak, S., Chváta, V., Královec, J., Klementová, L., Hauptman, I., Honzík, R., 2000: Ověření metody aktivního biomonitoringu. Závěrečná zpráva vývojového úkolu (1997 – 1999). ÚKZÚZ Brno, VÚRV Praha – Ruzyně
- Klementová, L., 2016: Výsledky aktivního biomonitoringu. Zpráva za rok 2015, ÚKZÚZ Brno
- Klementová, L., 2015: Výsledky aktivního biomonitoringu. Zpráva za rok 2014, ÚKZÚZ Brno
- Klementová, L., 2014: Výsledky aktivního biomonitoringu. Zpráva za rok 2013, ÚKZÚZ Brno
- Klementová, L., 2013: Výsledky aktivního biomonitoringu. Zpráva za rok 2012, ÚKZÚZ Brno

Tabulková příloha

- Tabulka 14: Obsahy anorganických polutantů v sušině jílku – 2016
- Tabulka 15: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v čerstvé hmotě jílku (16 EPA PAU) – 2016
- Tabulka 16: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice černé 2016 (ZP – zimní perioda, LP – letní perioda)
- Tabulka 17: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí borovice černé 2016 (16 EPA PAU, ZP – zimní perioda, LP – letní perioda)
- Tabulka 18: Výsledky rozboru substrátu použitého v roce 2016

Tabulka 14: Obsahy anorganických polutantů v sušině jílku – 2016

Al	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	39,8	66,3	53,5	45,8	51,3
VI	25,1	92,2	70,1	46,9	58,6	
VII	37,1	49,8	45,7	42,3	43,7	
VIII	41,5	81,8	51,7	83,0	64,5	
IX	105	66,3	64,7	112	86,8	
X	192	101	91,5	97,2	120	
průměr	73,3	76,1	62,9	71,2	70,9	

As	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	3,44	4,10	3,91	2,65	3,53
VI	3,31	3,39	5,29	3,96	3,99	
VII	3,55	4,12	6,80	4,77	4,81	
VIII	2,99	4,17	4,76	5,17	4,27	
IX	1,77	3,76	3,43	4,43	3,35	
X	1,74	1,63	1,18	1,30	1,46	
průměr	2,80	3,53	4,23	3,71	3,57	

Cd	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	0,06	0,12	0,06	0,06	0,07
VI	0,07	0,08	0,06	0,07	0,07	
VII	0,06	0,09	0,07	0,07	0,07	
VIII	0,05	0,07	0,07	0,05	0,06	
IX	0,06	0,07	0,08	0,05	0,07	
X	0,08	0,07	0,13	0,07	0,09	
průměr	0,06	0,08	0,08	0,06	0,07	

Cr	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	0,21	0,22	0,21	0,23	0,22
VI	0,15	0,22	0,17	0,22	0,19	
VII	0,19	0,19	0,20	0,23	0,20	
VIII	0,26	0,27	0,22	0,35	0,27	
IX	0,26	0,23	0,20	0,39	0,27	
X	0,48	0,50	0,68	0,37	0,51	
průměr	0,26	0,27	0,28	0,30	0,28	

Cu	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	2,97	3,48	2,86	2,43	2,93
VI	2,79	2,57	2,31	2,86	2,63	
VII	3,01	3,00	3,58	3,22	3,20	
VIII	3,62	2,57	3,12	2,69	3,00	
IX	3,55	2,72	2,87	3,11	3,06	
X	7,06	5,55	5,88	4,85	5,84	
průměr	3,83	3,31	3,44	3,19	3,44	

Tabulka 14: pokračování

Fe	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	57,9	84,4	105,9	69,4	79,4
	VI	57,2	84,0	79,3	71,6	73,0
	VII	71,9	78,1	96,3	74,5	80,2
	VIII	85,4	106	96,2	107	98,8
	IX	134	103	116	139	123
	X	163	143	156	114	144
	průměr	94,8	99,7	108	95,9	99,7

Hg	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	0,005	0,006	0,010	0,004	0,006
	VI	0,006	0,005	0,010	0,005	0,006
	VII	0,006	0,008	0,007	0,007	0,007
	VIII	0,006	0,008	0,008	0,004	0,006
	IX	0,005	0,005	0,009	0,004	0,006
	X	0,009	0,009	-	0,007	0,008
	průměr	0,006	0,007	0,009	0,005	0,007

Mn	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	134	154	151	151	148
	VI	105	138	112	163	130
	VII	95,4	146	132	178	138
	VIII	132	151	154	150	147
	IX	126	137	164	149	144
	X	137	170	148	188	161
	průměr	122	149	144	163	144

Mo	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	0,62	0,34	0,35	0,36	0,42
	VI	0,26	0,18	0,22	0,50	0,29
	VII	0,27	0,23	0,52	0,50	0,38
	VIII	0,32	0,18	0,28	0,45	0,31
	IX	0,21	0,18	0,23	0,40	0,25
	X	0,17	0,22	0,32	0,39	0,27
	průměr	0,31	0,22	0,32	0,43	0,32

Ni	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	0,46	0,90	0,60	0,45	0,60
	VI	0,53	0,69	0,54	0,59	0,59
	VII	0,57	0,60	0,75	0,68	0,65
	VIII	0,69	0,55	0,64	0,60	0,62
	IX	0,62	0,60	0,69	0,71	0,65
	X	0,99	0,86	1,33	0,60	0,95
	průměr	0,64	0,70	0,76	0,61	0,68

Tabulka 14: pokračování

Pb	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
V	<0,50	0,57	0,64	<0,50	0,43	
VI	0,54	0,68	<0,50	<0,50	0,43	
VII	<0,50	1,22	0,54	<0,50	0,57	
VIII	<0,50	0,62	0,56	<0,50	0,42	
IX	<0,50	0,82	1,29	<0,50	0,65	
X	0,58	<0,50	1,71	0,64	0,79	
průměr	0,35	0,69	0,83	0,31	0,55	

S	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
V	2230	3529	3044	1854	2664	
VI	2987	2280	3329	1937	2633	
VII	3954	3037	4520	3017	3632	
VIII	3499	2496	3866	1804	2916	
IX	3188	2893	2896	1825	2701	
X	5262	5155	-	5301	5239	
průměr	3520	3232	3531	2623	3226	

V	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
V	0,07	0,11	0,10	0,12	0,10	
VI	<0,05	0,16	0,09	0,11	0,10	
VII	0,05	0,09	0,09	0,10	0,08	
VIII	0,08	0,15	0,12	0,18	0,13	
IX	0,16	0,13	0,11	0,22	0,16	
X	0,22	0,20	0,31	0,13	0,21	
průměr	0,10	0,14	0,14	0,14	0,13	

Zn	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
V	12,2	33,5	21,6	14,3	20,4	
VI	16,6	22,5	17,9	24,9	20,5	
VII	20,7	22,3	25,5	22,8	22,8	
VIII	23,4	18,5	18,7	20,2	20,2	
IX	23,2	21,5	23,3	24,3	23,1	
X	31,2	21,0	31,4	29,6	28,3	
průměr	21,2	23,2	23,1	22,7	22,5	

Tabulka 15: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v čerstvé hmotě jílku (16 EPA PAU) – 2016

	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
ANA	V	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	VI	<5,00	<5,00	5,09	<5,00	3,15
	VII	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	VIII	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	IX	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	X	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	průměr	<5,00	<5,00	3,02	<5,00	2,63

	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
ANT	V	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	VI	<2,00	<2,00	3,06	<2,00	1,52
	VII	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	VIII	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	IX	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	X	2,15	6,57	2,46	4,15	3,83
	průměr	1,19	1,93	1,59	1,53	1,56

	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
ANY	V	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
	VI	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
	VII	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
	VIII	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
	IX	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
	X	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
	průměr	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0

	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
BAA	V	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	VI	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	VII	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	VIII	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	IX	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	X	<4,00	4,36	<4,00	5,22	3,4
	průměr	<4,00	2,39	<4,00	2,54	2,23

	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
BAP	V	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	VI	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	VII	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	VIII	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	IX	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	X	<3,00	<3,00	3,04	<3,00	1,89
	průměr	<3,00	<3,00	1,76	<3,00	1,56

Tabulka 15: pokračování

BBF	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
V	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
VI	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
VII	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
VIII	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
IX	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
X	3,18	<3,00	<3,00	6,48	<3,00	3,17
průměr	1,78	<3,00	<3,00	2,33	<3,00	1,78

BKF	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
V	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
VI	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
VII	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
VIII	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
IX	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
X	<2,00	<2,00	<2,00	4,09	<2,00	1,77
průměr	<2,00	<2,00	<2,00	1,51	<2,00	1,13

BPE	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
V	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
VI	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
VII	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
VIII	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
IX	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
X	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
průměr	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00

DBA	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
V	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
VI	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
VII	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
VIII	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
IX	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
X	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
průměr	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00

FLT	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
V	4,18	4,15	4,86	5,78	4,74	
VI	5,39	4,64	2,89	2,86	3,95	
VII	2,01	4,22	3,37	3,28	3,22	
VIII	3,05	3,73	3,05	4,99	3,70	
IX	5,17	6,87	7,82	4,82	6,17	
X	10,2	31,8	15,9	23,6	20,4	
průměr	5,00	9,24	6,32	7,55	7,03	

Tabulka 15: pokračování

FLU	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
V	10,1	4,49	11,80	5,43	7,96	
VI	13,5	<4,00	12,1	10,3	9,47	
VII	5,50	<4,00	7,88	14,8	7,55	
VIII	10,1	5,02	4,16	7,19	6,62	
IX	6,63	7,37	8,18	11,7	8,47	
X	4,38	8,11	4,55	5,40	5,61	
průměr	8,37	4,83	8,11	9,14	7,61	

CHR	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
V	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	
VI	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	
VII	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	
VIII	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	
IX	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	
X	<4,00	4,10	4,93	<4,00	3,26	
průměr	<4,00	2,35	2,49	<4,00	2,21	

IPY	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
V	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	
VI	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	
VII	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	
VIII	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	
IX	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	
X	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	
průměr	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	

NAP	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
V	5,52	6,51	<5,00	5,69	5,06	
VI	10,6	<5,00	<5,00	5,95	5,39	
VII	<5,00	5,13	5,16	<5,00	3,82	
VIII	5,35	6,15	<5,00	5,56	4,89	
IX	6,13	6,10	7,33	<5,00	5,52	
X	5,74	8,15	6,96	<5,00	5,84	
průměr	5,97	5,76	4,49	4,12	5,08	

PHE	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
V	15,7	12,1	5,87	12,8	11,6	
VI	18,9	10,1	14,8	6,19	12,5	
VII	8,97	8,81	8,36	6,42	8,1	
VIII	11,0	10,7	7,45	11,1	10,1	
IX	17,5	21,0	13,4	10,9	15,7	
X	13,5	38,6	24,6	26,4	25,8	
průměr	14,3	16,9	12,4	12,3	14,0	

PYR

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
V	2,70	3,08	3,92	4,31	3,50
VI	4,25	3,30	2,43	2,49	3,12
VII	2,34	3,04	2,80	2,89	2,77
VIII	2,98	3,12	2,45	4,31	3,21
IX	3,08	4,69	5,34	4,18	4,32
X	6,63	14,3	9,32	11,0	10,3
průměr	3,66	5,26	4,38	4,86	4,54

Tabulka 16: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice 2016 (ZP – zimní perioda, LP – letní perioda)

	mg.kg ⁻¹	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
		Závišín	Opava	průměr	Plzeň	Vratimov	průměr
Al	ZP	29,6	39,8	34,7	104	104	104
	LP	31,4	63,4	47,4	83,5	63,6	73,6
	průměr	30,5	51,6	41,1	93,9	83,6	88,8
As	ZP	0,43	0,84	0,64	0,68	0,89	0,79
	LP	0,34	0,52	0,43	0,62	0,56	0,59
	průměr	0,39	0,68	0,54	0,65	0,73	0,69
Cd	ZP	0,06	0,03	0,05	0,06	0,07	0,07
	LP	0,06	0,03	0,05	0,07	0,10	0,09
	průměr	0,06	0,03	0,05	0,07	0,08	0,08
Cr	ZP	0,14	0,18	0,16	0,36	0,49	0,43
	LP	0,17	0,15	0,16	0,19	0,26	0,23
	průměr	0,15	0,16	0,16	0,28	0,38	0,33
Cu	ZP	3,30	2,08	2,69	1,98	2,51	2,25
	LP	3,59	1,88	2,74	2,38	2,82	2,60
	průměr	3,44	1,98	2,71	2,18	2,67	2,43
Fe	ZP	31,7	64,2	48,0	83,0	142	113
	LP	33,2	48,0	40,6	44,2	99,8	72,0
	průměr	32,5	56,1	44,3	63,6	121	92,3
Hg	ZP	0,018	0,013	0,016	0,013	0,018	0,016
	LP	0,009	0,006	0,008	0,005	0,007	0,006
	průměr	0,013	0,009	0,011	0,009	0,013	0,011
Mn	ZP	115	33,0	74,0	160	398	279
	LP	95,1	42,1	68,6	107	328	218
	průměr	105	37,5	71,3	134	363	249
Mo	ZP	0,36	0,17	0,27	0,11	0,20	0,16
	LP	0,37	0,22	0,30	0,07	0,15	0,11
	průměr	0,37	0,19	0,28	0,09	0,18	0,14
Ni	ZP	1,90	0,40	1,15	0,23	0,45	0,34
	LP	1,56	0,47	1,02	0,42	0,56	0,49
	průměr	1,73	0,44	1,09	0,32	0,50	0,41
Pb	ZP	<0,50	0,59	0,42	<0,50	1,28	0,77
	LP	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	0,56	0,41
	průměr	<0,50	0,42	0,34	<0,50	0,92	0,59
S	ZP	985	786	886	1036	1578	1307
	LP	983	891	937	984	1378	1181
	průměr	984	838	911	1010	1478	1244
V	ZP	0,06	0,08	0,07	0,15	0,11	0,13
	LP	0,06	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07
	průměr	0,06	0,08	0,07	0,09	0,09	0,09
Zn	ZP	37,8	21,7	29,8	24,9	37,5	31,2
	LP	31,9	26,8	29,4	23,6	34,0	28,8
	průměr	33,6	24,3	29,0	24,3	34,8	29,6

Tabulka 17: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí borovice černé v roce 2016 (16 EPA PAU, ZP – zimní perioda, LP – letní perioda)

	$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
		Závišín	Opava	průměr	Plzeň	Vratimov	průměr
ANA	ZP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	LP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	průměr	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
ANT	ZP	3,57	2,50	3,04	2,00	3,99	3,00
	LP	2,99	2,42	2,71	2,60	3,97	3,29
	průměr	3,28	2,46	2,87	1,80	3,68	2,74
ANY	ZP	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
	LP	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
	průměr	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
BAA	ZP	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	LP	4,64	<4,00	3,32	<4,00	<4,00	<4,00
	průměr	3,32	<4,00	2,66	<4,00	<4,00	<4,00
BAP	ZP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	LP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	průměr	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
BBF	ZP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	4,12	2,81
	LP	<3,00	<3,00	<3,00	7,44	<3,00	4,47
	průměr	<3,00	<3,00	<3,00	4,47	2,81	3,64
BKF	ZP	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	LP	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	průměr	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
BPE	ZP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	LP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	průměr	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
DBA	ZP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	LP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	průměr	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
FLT	ZP	9,22	8,10	8,66	3,34	19,7	11,5
	LP	9,10	7,59	8,35	6,01	16,4	11,2
	průměr	9,16	7,84	8,50	4,68	18,0	11,3
FLU	ZP	15,2	7,71	11,5	5,18	8,09	6,64
	LP	6,58	14,9	10,7	8,92	14,5	11,7
	průměr	10,9	11,3	11,1	7,05	11,3	9,18
CHR	ZP	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	6,42	4,21
	LP	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	průměr	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	4,21	3,11
IPY	ZP	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
	LP	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
	průměr	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0

Tabulka 17: pokračování

	mg.kg ⁻¹	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
		Závišín	Opava	průměr	Plzeň	Vratimov	průměr
NAP	ZP	<3,0	<3,00	<3,00	<3,00	7,45	4,48
	LP	<3,00	13,0	7,25	6,15	17,6	11,9
	průměr	<3,00	7,26	4,38	3,83	12,5	8,17
PHE	ZP	29,4	15,9	22,7	9,89	35,1	22,5
	LP	21,2	18,7	20,0	20,2	32,9	26,6
	průměr	25,3	17,3	21,3	15	34	24,5
PYR	ZP	7,19	5,48	6,34	2,25	11,9	7,08
	LP	4,85	4,72	4,79	4,74	9,52	7,13
	průměr	6,02	5,10	5,56	3,50	10,7	7,10
	Σ PAU ZP	85,5	60,7	73,1	42,7	112	77,4
	Σ PAU LP	68,3	80,9	74,6	74,0	114	94,0
	průměr	76,9	70,8	73,9	58,3	113	85,7

Tabulka č. 18: Výsledky rozboru použitého substrátu – rok 2016

Al mg.kg ⁻¹ v sušině	As mg.kg ⁻¹ v sušině	Be mg.kg ⁻¹ v sušině	Cd mg.kg ⁻¹ v sušině	Co mg.kg ⁻¹ v sušině	Cr mg.kg ⁻¹ v sušině
15300	18,9	5,24	1,12	3,25	20,4

Cu mg.kg ⁻¹ v sušině	Fe mg.kg ⁻¹ v sušině	Hg mg.kg ⁻¹ v sušině	Mn mg.kg ⁻¹ v sušině	Mo mg.kg ⁻¹ v sušině	Ni mg.kg ⁻¹ v sušině
35,4	6180	0,129	87,9	1,45	18,4

Pb mg.kg ⁻¹ v sušině	V mg.kg ⁻¹ v sušině	Zn mg.kg ⁻¹ v sušině
10,3	27,4	46,5

P celk. v suš. mg.kg ⁻¹	K celk. v suš. mg.l ⁻¹	Mg celk. v suš. mg.l ⁻¹	N (t) v sušině %
921	548	838	1,6

C:N	pH/H ₂ O	vodivost mS.cm ⁻¹	suš./pv %	org./s %	vlhkost v %
23,0	4,3	0,13	43,4	73,0	56,6

suš./sv %	ANA μg.kg ⁻¹ v sušině	ANT μg.kg ⁻¹ v sušině	ANY μg.kg ⁻¹ v sušině	BaA μg.kg ⁻¹ v sušině	BaP μg.kg ⁻¹ v sušině
90,5	5,94	33,8	<20,0	14,1	9,18

BbF μg.kg ⁻¹ v sušině	BkF μg.kg ⁻¹ v sušině	BPE μg.kg ⁻¹ v sušině	DBA μg.kg ⁻¹ v sušině	FLT μg.kg ⁻¹ v sušině	FLU μg.kg ⁻¹ v sušině
8,18	9,25	39,1	28,5	28,1	16,6

CHR μg.kg ⁻¹ v sušině	IPY μg.kg ⁻¹ v sušině	NAP μg.kg ⁻¹ v sušině	PHE μg.kg ⁻¹ v sušině	PYR μg.kg ⁻¹ v sušině	Σ PAU (16)
32,5	35,1	114	60,9	15,7	461