

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně

**Sekce zemědělských vstupů
Odbor kontroly zemědělských vstupů**



VÝSLEDKY AKTIVNÍHO BIOMONITORINGU

Zpráva za rok 2013

Zpracovala: Ing. Lenka Klementová

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

Opava

listopad 2014

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 pozadových 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 2013.

2. Charakteristika stanovišť

ÚKZÚZ zajišťuje provoz čtyř stanovišť 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 pozadové hodnoty. Na těchto stanovištích probíhá sledování standardizovaných kultur jílku mnohokvětého. 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 Závišíně.

Dále se pomocí borovice černé porovnává úroveň znečištění ovzduší na dvou čistých (Závišín a Opava) a dvou zatížených stanovištích (Plzeň a Vratimov).

2.1. CHARAKTERISTIKA ČISTÝCH STANOVIŠŤ

045 (4025B) - Závišín	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 zahradce 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



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

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	- lokální topeniště obce (obec je plynofikována) - hospodářský dvůr - traktory, auta - 10 km jihozápadně město Moravské Budějovice

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

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

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 °C
	průměrný roční úhrn srážek 500 mm
umístění stanoviště	2,5 km východně na travnaté ploše ČOV Plzeň
možné zdroje kontaminace	- 500 m severozápadně seřadovací 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** (odrůda Fabio) – schválené osivo jílku mnohokvětého
- **borovice černá**

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

V roce 2008 uhynuly v letním období borovice na stanovišti ve Vratimově, byly nahrazeny novými dřevinami. V roce 2009 uhynuly obě borovice na stanovišti v Plzni, rovněž v letním období. Ušlé rostliny byly nahrazeny novými.

3.1. JÍLEK

3.1.1. Příprava květináčů

Jílek byl vyset do plastových květináčů o průměru 20 cm, jejichž dnem byly protaženy dostatečně dlouhé nasávací knoty ze sklolaminátové textilie o šířce 3 cm. Po protažení knotů otvory ve dně byly květináče naplněny substrátem tak, aby knoty zasahovaly min. do 2/3 objemu substrátu a substrát dosahoval 4 cm pod okraj květináče. Takto připravené květináče byly osety 4 g jílku mnohokvětého. Osivo bylo rovnoměrně rozděleno po celé ploše květináče, zasypano 5 mm vrstvou substrátu a stlačeno pomocí šablony. Oseté květináče byly zality deionizovanou vodou a umístěny do plastových zásobníků s deionizovanou vodou tak, aby knoty mohly substrát udržovat neustále vlhký.

3.1.2. Údržba porostu

Dva týdny po zasetí se vzešlý jílek sestříhal nůžkami k okraji květináče. Po týdnu (tj. 3 týdny po zasetí) se porost sestříhal znovu. Po dalším týdnu (tj. 4 týdny po zasetí) se uskutečnil další sestřih a k jílku se aplikovalo 50 ml hnojivého roztoku. Hnojivý roztok sestával z 5,8 g kyselého 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 byly květináče umístěny na určené stanoviště, kde se porost naposledy sestříhal a aplikovalo se k němu dalších 100 ml hnojivého roztoku.

3.1.3. Expozice

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

3.1.4. Odběr vzorků

Na konci expoziční doby se jílek sestříhal k úrovni okraje květináče. Travní hmota se sklízela v rukavicích, aby odebíraný vzorek nepřišel do styku s pokožkou. Sestříhaný porost ze všech květináčů se smíchal do jednoho směsného vzorku. Ke stanovení organických polutantů bylo naváženo 3 x 10 g travní hmoty. Tyto navážky byly v Petriho miskách zamrazeny a poté lyofilizovány. Zbytek vzorku se nechal při pokojové teplotě vysušit ke stanovení anorganických polutantů. V roce 2013 proběhlo celkem šest měsíčních cyklů (květen až říjen).

3.2. BOROVICE

Jehlice borovice černé (pouze jednoleté bez bazálních částí) se odebíraly k analýzám dvakrát ročně, a to na jaře (k 1. 4.) a na podzim (k 1. 10.). Odběr se prováděl do PE sáčků. Minimální hmotnost čerstvého vzorku byla 50 g. Pro stanovení organických polutantů byl odvážený čerstvý vzorek vložen do Petriho misek, zamražen a rovněž lyofilizován. Zbylý vzorek – pro stanovení anorganických polutantů – byl vysušen volně na vzduchu.

3.3. STANOVOVANÉ PRVKY A SLOUČENINY

Odebrané vzorky asimilačních orgánů analyticky zpracovala Národní referenční laboratoř (dále jen NRL), regionální oddělení Opava podle metodických postupů - Analýza rostlinného materiálu - Jednotné pracovní postupy (Zbírál J. a kol., 2005). Ve vzorcích se stanovovaly anorganické polutanty (Hg, Zn, Pb, Cd, Ni, Cr, V, Cu, Mn, As, Mo, Fe, Al a S) a 16 polycyklických aromatických uhlovodíků (16 EPA PAU):

acenaphtene	ANA	dibenzo[a,h]anthracene	DBA
anthracene	ANT	fluoranthene	FLT
acenaphtylene	ANY	fluorene	FLU
benzo[a]anthracene	BaA	chrysene	CHR
benzo[a]pyrene	BaP	indeno[1,2,3-c,d]pyrene	IPY
benzo[b]fluoranthene	BbF	naphtalene	NAP
benzo[k]fluoranthene	BkF	phenanthrene	PHE
benzo[g,h,i]perylene	BPE	pyrene	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 acenaphtylene (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 a výsledky byly uváděny pro sumu 16 PAU. V této zprávě za rok 2013 jsou výsledky uváděny pro sumu 15 PAU, z důvodu srovnání zjištěných obsahů s požadovými hodnotami uváděnými AGES (2009). Do sumy PAU nebyl zahrnut acenaphtylene (ANY).

Získaná biomasa byla přednostně používána ke stanovení obsahu organických polutantů.

3.4. SUBSTRÁT

Pro všechna stanoviště je každý rok pro výsev jílku zajišťován jednotný rašelinový substrát, jehož vzorek je analyzován v NRL. Výsledky rozboru vzorku substrátu dodaného v roce 2013 jsou uvedeny v příloze tabulka č. 17.

4. Výsledky a diskuse

4.1. JÍLEK VE VEGETAČNÍM OBDOBÍ 2013

V roce 2013 se podařilo sklídit dostatečné množství hmoty jílku k rozborům jak na anorganické, tak na organické polutanty. Pouze na stanovišti Lípa v říjnu nenarostl dostatek hmoty jílku pro stanovení rizikových prvků ani pro stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků.

4.1.1. Anorganické polutanty v jítku

Průměrné, maximální a minimální obsahy anorganických polutantů zjištěné v jítku ze všech sledovaných stanovišť jsou uvedeny v tabulce 1 a jsou zde porovnány s požadovými hodnotami z Rakouska (AGES, 2009).

Tabulka 1: Obsahy anorganických polutantů v jítku (aritmetický průměr za vegetační období 2013)

	2013			požad'ová hodnota ¹⁾
	průměr	maximum	minimum	
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	85,5	487	28,2	x
As	3,36	10,4	0,56	0,25
Cd	0,03	0,09	<0,05	0,2
Cr	0,73	1,45	0,44	0,5
Cu	3,28	6,08	1,58	15
Fe	103	253	64,9	x
Hg	0,010	0,020	0,006	0,025
Mn	126	186	68,5	x
Mo	0,41	0,91	<0,60	4,0
Ni	0,62	1,57	<0,30	3,5
Pb	0,53	1,42	<0,50	2,6
S	3460	6445	1597	5000
V	0,30	1,09	<0,50	0,25
Zn	20,2	33,7	7,80	90

x - údaj chybí

¹⁾ AGES (2009)

Pozn: pro výpočet průměru byla použita polovina hodnoty meze stanovitelnosti

Průměrné obsahy sledovaných prvků byly za vegetační období 2013 s výjimkou arzenu, chromu a vanadu nižší než požadové hodnoty z Rakouska (AGES, 2009). Všechny hodnoty arzenu zjištěné v hmotě jílku během vegetačního období byly nad uváděnou požadovou hodnotou (příloha tab. 13). K překročení požadové hodnoty pro arsen došlo na všech stanovištích ve všech vzorcích, i minimální hodnota arzenu zjištěná v říjnu v jítku ze stanoviště Lípa (0,56 mg.kg⁻¹) je dvojnásobně vyšší než uváděná požadová hodnota (graf 3). Obsahy chromu v hmotě jílku byly vyšší než požadová hodnota na všech stanovištích během celé

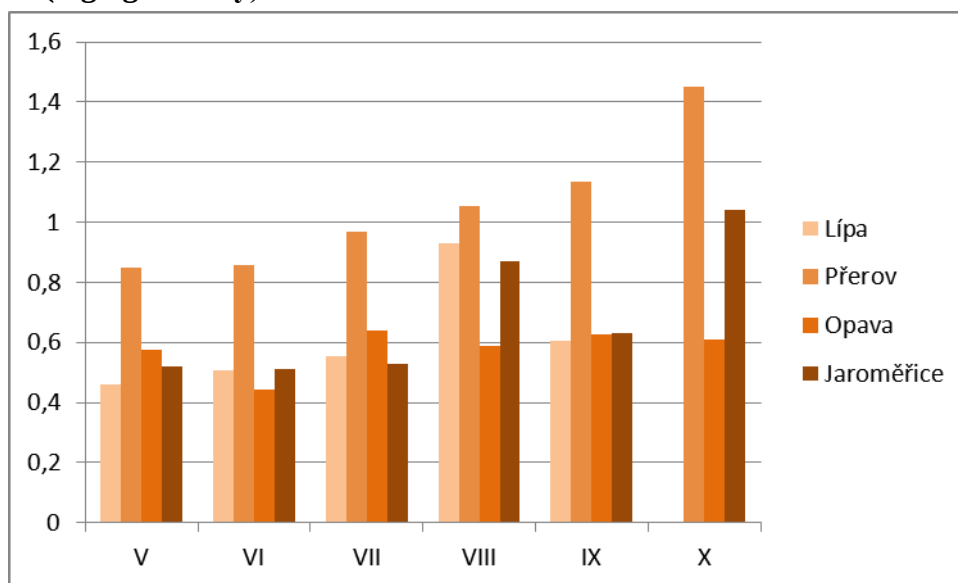
vegetační doby, pouze v květnu na stanovišti Lípa a v červnu na stanovišti Opava byla zjištěná hodnota pod hranicí uváděné pozadové hodnoty. Mez stanovitelnosti pro vanad činí $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$, zatímco pozadová hodnota je $0,25 \text{ mg.kg}^{-1}$. Obsahy vanadu vyšší než mez stanovitelnosti byly detekovány ve dvou vzorcích z Přerova, přičemž v posledním měsíci sledování zde byla naměřena hodnota $1,09 \text{ mg.kg}^{-1}$ (příloha tab. 13), která je nad pozadovou hodnotou uváděnou pro vanad (AGES, 2009). U síry došlo k překročení pozadových hodnot na všech stanovištích ke konci vegetačního období. Na stanovišti Přerov n. Labem, Opava a Jaroměřice v říjnu, na stanovišti Lípa v srpnu a září, za měsíc říjen údaje pro toto stanoviště chybí pro nedostatek hmoty jílku.

Z porovnání průměrných obsahů anorganických polutantů na jednotlivých stanovištích je zřejmé, že mezi stanovišti jsou u některých anorganických polutantů výraznější rozdíly (tab. 2). Výrazně vyšší obsahy hliníku byly zjištěny ve hmotě jílku ze stanoviště Přerov n. Labem. Byly zde rovněž vyšší průměrné obsahy železa, manganu, niklu a kadmia. Hodnoty kadmia v jílku z tohoto stanoviště byly kromě měsíce května oproti ostatním stanovištím nad hranicí meze stanovitelnosti. Průměrný obsah síry za sledované období byl nejvyšší na stanovišti Lípa, vysoké hodnoty zde byly zjištěny i v průběhu vegetačního období (příloha tab. 13).

Tabulka 2: Obsah anorganických polutantů v jílku na jednotlivých stanovištích (aritmetický průměr za vegetační období 2013)

	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice
	mg.kg^{-1} sušiny			
Al	43,4	178	61,6	58,5
As	1,92	3,73	4,31	3,50
Cd	<0,05	0,06	<0,05	<0,05
Cr	0,61	1,05	0,58	0,68
Cu	3,35	3,56	2,76	3,47
Fe	83,2	143	100	88,4
Hg	0,008	0,010	0,014	0,009
Mn	103	160	111	128
Mo	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
Ni	0,66	0,99	0,27	0,56
Pb	0,47	0,67	0,47	0,53
S	4246	3179	3463	2954
V	<0,50	0,43	<0,50	<0,50
Zn	23,3	23, 5	16,0	18,1

Průměrný obsah chrómu je výrazně vyšší na stanovišti Přerov n. Labem. V porovnání s ostatními stanovišti je zde vyšší v průběhu celého sledovaného období (graf 1, příloha tab.13).

Graf 1: Změny obsahu chrómu v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2013 (mg.kg⁻¹ sušiny)


Při porovnání průměrných obsahů anorganických polutantů v jílku v závislosti na vegetačním období v roce 2013 byly zjištěny u většiny anorganických polutantů nejvyšší hodnoty převážně na konci vegetačního období. Nejnižší průměrné obsahy anorganických polutantů jsou převážně na začátku vegetačního období (tab. 3).

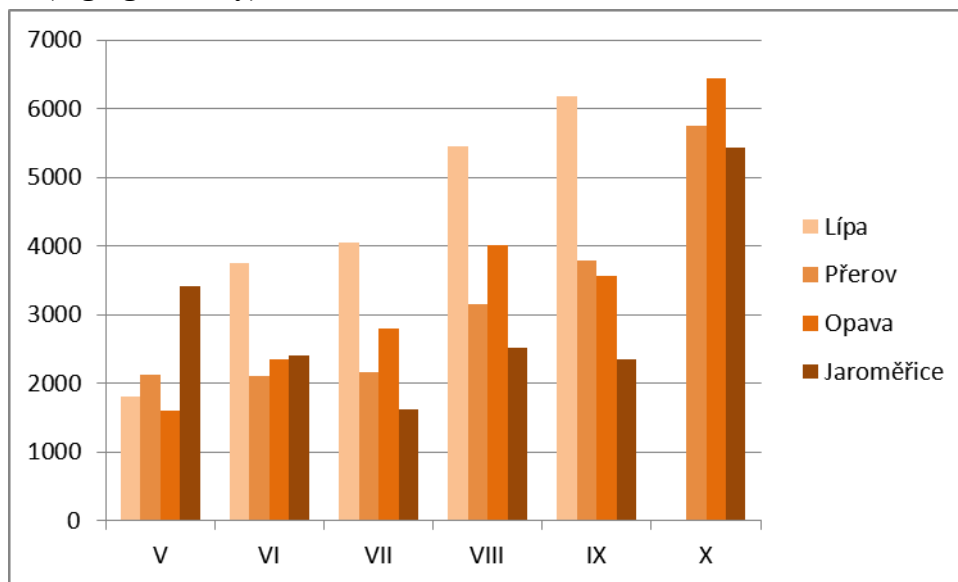
Tabulka 3: Změny obsahu anorganických polutantů v jílku v průběhu vegetačního období (aritmetický průměr stanovišť v měsících 2013)

	V	VI	VII	VIII	IX	X
	mg.kg ⁻¹ sušiny					
Al	65,1	61,1	86,3	84,4	55,7	199
As	1,93	4,04	7,50	3,69	1,72	1,10
Cd	<0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
Cr	1,23	1,15	1,33	1,40	1,41	2,53
Cu	2,24	2,61	3,15	3,24	3,49	5,50
Fe	77,5	82,0	111	114	94,1	163
Hg	0,009	0,010	0,011	0,011	0,010	0,013
Mn	104	108	121	142	140	149
Mo	<0,60	0,39	0,54	0,53	0,42	<0,60
Ni	0,54	0,40	0,59	0,88	0,69	1,01
Pb	0,43	0,62	0,41	1,02	0,42	< 0,50
S	2235	2650	2653	3787	3970	5875
V	<0,50	< 0,50	0,32	<0,50	<0,50	0,53
Zn	11,8	18,6	18,3	24,4	21,2	28,2

Tato tendence je výrazná především u průměrných obsahů síry nejen za sledované období, ale i při porovnání hodnot na jednotlivých stanovištích. Pouze na stanovišti Jaroměřice byla zjištěna vyšší hodnota v květnu. Vyšší hodnoty ke konci vegetačního období i vyšší hodnota v květnu na stanovišti Jaroměřice mohou být ovlivněny topnou sezónou (graf 2).

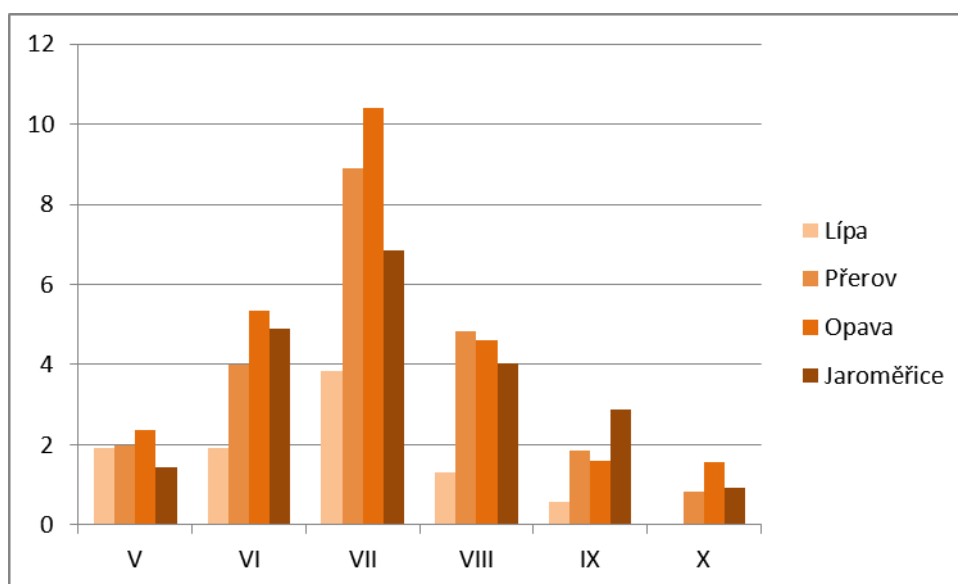
V červnu až září byly hodnoty síry výrazně vyšší na stanovišti Lípa v porovnání s ostatními stanovišti, i zde hodnoty narůstaly s postupujícím vegetačním obdobím.

Graf 2: Změny obsahů síry v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2013 (mg.kg^{-1} sušiny)



Výraznou výjimkou je arzén, jehož hodnoty mají na všech stanovištích jednoznačný průběh. Nejvyšší hodnoty byly zjištěny v červenci, ke konci vegetačního období došlo k výraznému poklesu hodnot arzénu (graf 3).

Graf 3: Změny obsahů arzénu v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2013 (mg.kg^{-1} sušiny)

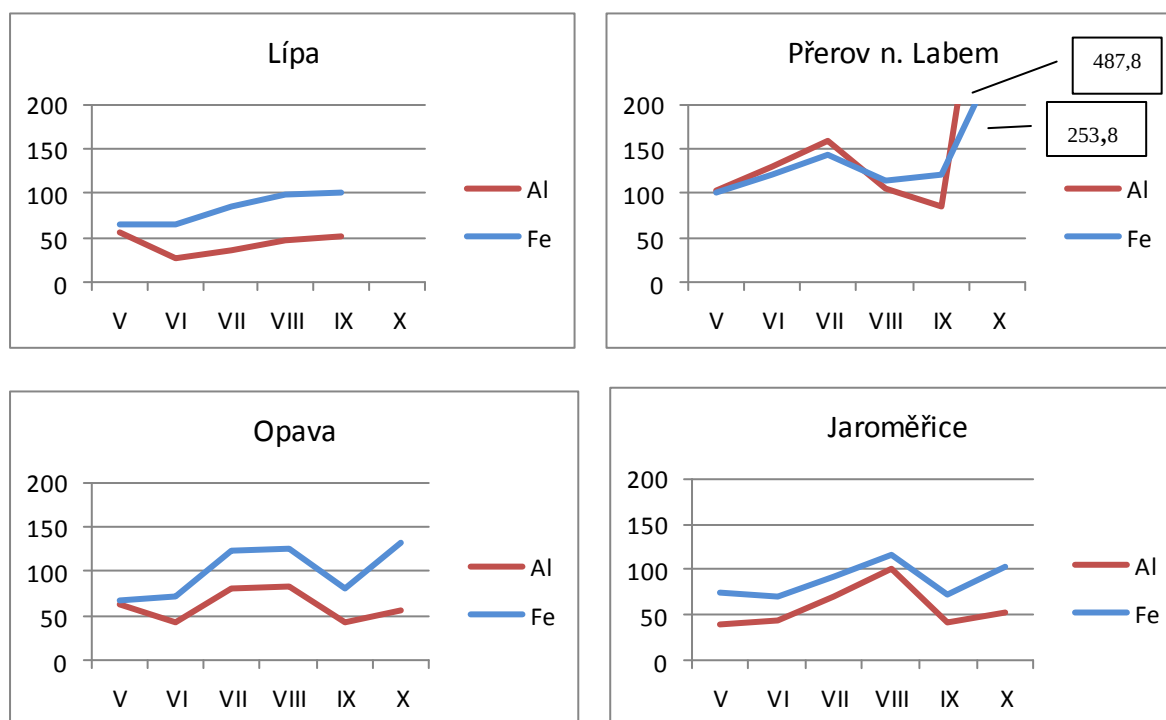


Rovněž u molybdenu byly zjištěny vyšší hodnoty v letních měsících na stanovištích Přerov n. Labem a Jaroměřice, na začátku a konci sledování byly hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti, na ostatních stanovištích byly pod hranicí meze stanovitelnosti během celého sledování. Na konci vegetačního období byly pod hranicí meze stanovitelnosti také hodnoty

olova, nejvyšší hodnoty byly zjištěny v srpnu a na stanovišti Přerov n. Labem v červnu. Hodnoty vanadu byly pod hranicí meze stanovitelnosti na všech stanovištích s výjimkou stanoviště Přerov n. Labem, kde byly hodnoty v červenci a říjnu nad touto mezí. Obdobně tomu bylo i u kadmia, pod hranicí meze stanovitelnosti byly všechny hodnoty na všech stanovištích s výjimkou stanoviště Přerov n. Labem (příloha tab. 13).

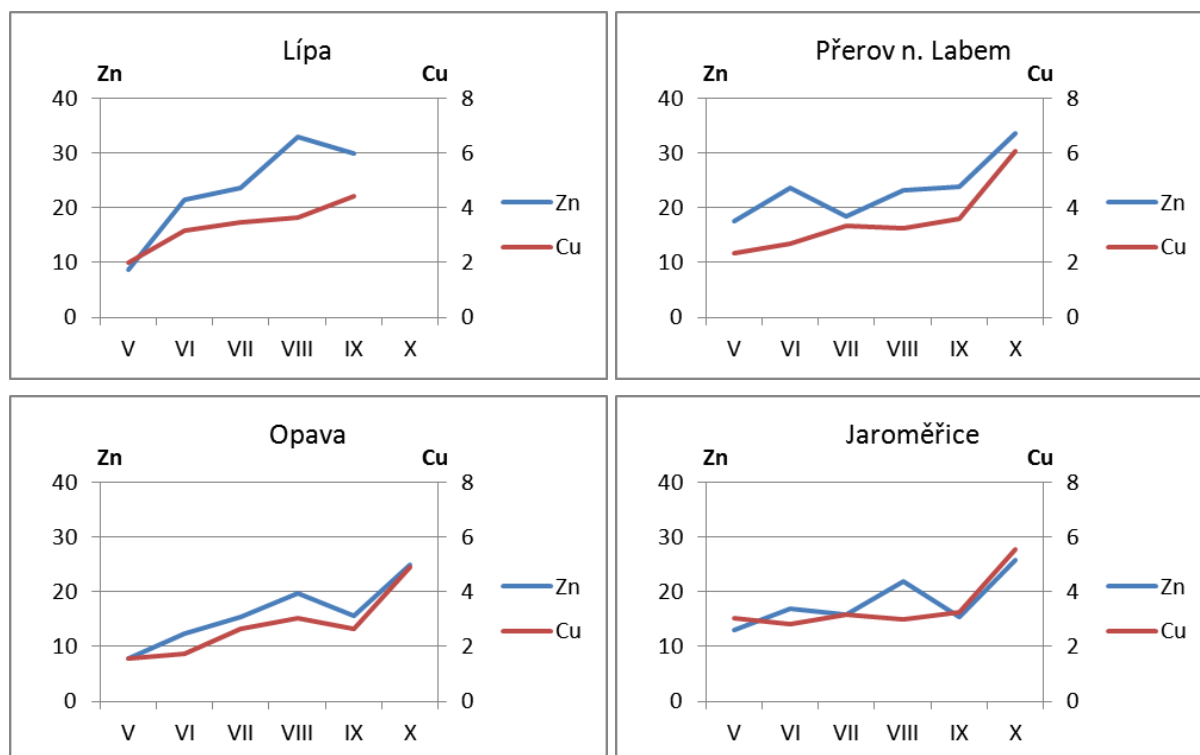
Nejvyšší a nejnižší obsahy anorganických polutantů na jednotlivých stanovištích nebývají zjištěny vždy ve stejném období. Například hodnoty rtuti měly vzestupnou tendenci ke konci vegetačního období na stanovišti Opava, na ostatních stanovištích byla maxima určena v odlišných měsících, ve kterých však nedosáhla tak vysokých hodnot jako na stanovišti v Opavě (příloha tab. 13). Obsah manganu v jílku byl nejnižší v počátečních měsících sledování (květen, červen), maximální hodnoty však již byly stanoveny v různých měsících. Hodnoty hliníku a železa jsou při porovnání stanovišť rozdílné, nejvyšších a nejnižších hodnot nedosahují ve stejných měsících sledování, přesto na jednotlivých stanovištích mají podobný průběh (graf 4). Shodný průběh těchto dvou prvků na jednotlivých stanovištích byl zaznamenán i v minulých letech sledování (Klementová, 2012, Klementová, 2013).

Graf 4: Změny obsahů železa a hliníku v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2013 (mg.kg^{-1} sušiny)



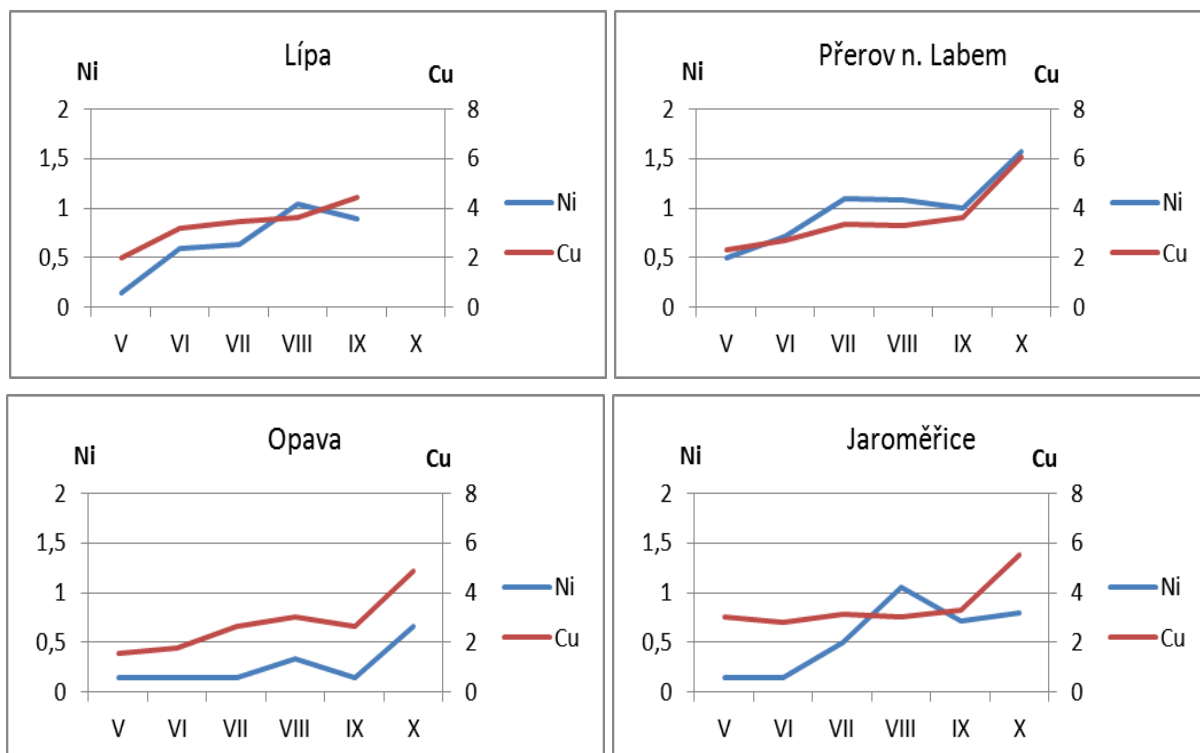
U mědi, zinku a niklu byly zjištěny nejnižší hodnoty na počátku sledování, maxima těchto sledovaných prvků byla na stanovišti Opava a Přerov n. L. v říjnu, na stanovišti Lípa u zinku a niklu a na stanovišti Jaroměřice u niklu byla maxima v srpnu. Naměřené hodnoty těchto prvků jsou v jednotlivých měsících mezi stanovišti rozdílné. Průběh jejich změn ve sledovaném období na některých stanovištích se liší, na některých stanovištích je shodný. Na stanovišti Opava je shodný průběh změn hodnot zinku a mědi (graf 5), v předcházejícím roce sledování 2012 byl tento průběh shodný na všech stanovištích (Klementová, 2013).

Graf 5: Změny obsahů zinku a mědi v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2013 (mg.kg^{-1} sušiny)



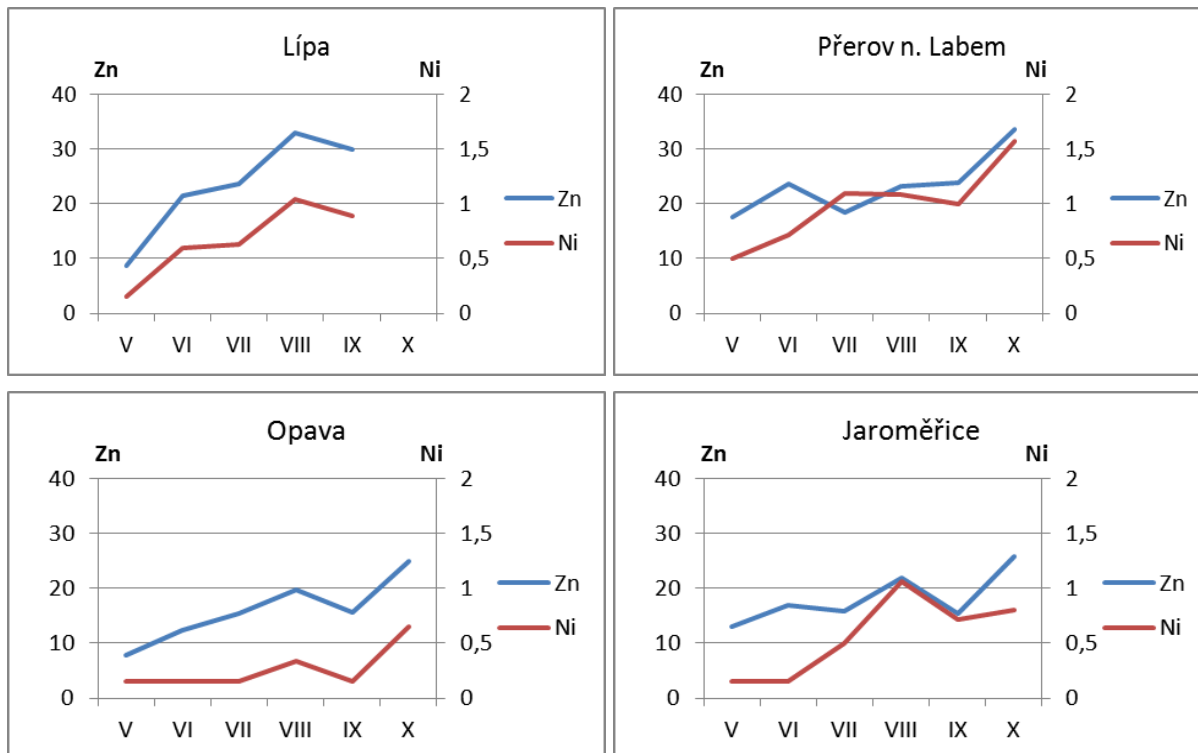
Obsahy niklu v porovnání s obsahy mědi měly obdobný průběh na stanovištích Přerov n. Labem a Opava (graf 6).

Graf 6: Změny obsahů mědi a niklu v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2013 (mg.kg^{-1} sušiny)



Pokud porovnáme změny hodnot niklu a zinku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období, velice obdobné jsou tyto změny na stanovišti Lípa a Opava, na stanovišti Přerov n. Labem a Jaroměřice jen v druhé půlce sledovaného období (graf 7).

Graf 7: Změny obsahů zinku a niklu v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2013 (mg.kg⁻¹ sušiny)



Podrobně jsou obsahy anorganických polutantů v jílku rozvedeny podle stanovišť a měsíců v příloze tab. 13.

4.1.2. Organické polutanty v jílku

Průměrný obsah polycyklických aromatických uhlovodíků v hmotě jílku mnohokvětého je v porovnání s rakouskou požadovou hodnotou vysoký. I nejnižší zjištěný obsah polycyklických aromatických uhlovodíků 41,6 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy z června na stanovišti Opava je téměř dvojnásobný oproti požadové hodnotě AGES (2009). Maximální hodnota sumy PAU (96,8 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy) zjištěná v hmotě jílku na stanovišti Jaroměřice v posledním měsíci sledování je více než čtyřnásobně vyšší než uváděná hodnota podle AGES (2009).

Průměrný obsah polycyklických aromatických uhlovodíků v hmotě jílku mnohokvětého ze sledovaných stanovišť uvádí tabulka 4.

Tabulka 4: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v jílku (aritmetický průměr za vegetační období 2013)

Σ PAU (15)	2013			požadová hodnota ¹⁾
	průměr	maximum	minimum	
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy			
	57,7	96,8	41,6	23,0

¹⁾ AGES, 2009

Nejnižší průměrný obsah organických polutantů za vegetační období byl na stanovišti Lípa ($47,1 \mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy), nejvyšší na stanovišti Přerov n. Labem ($68,3 \mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy) (tab. 5).

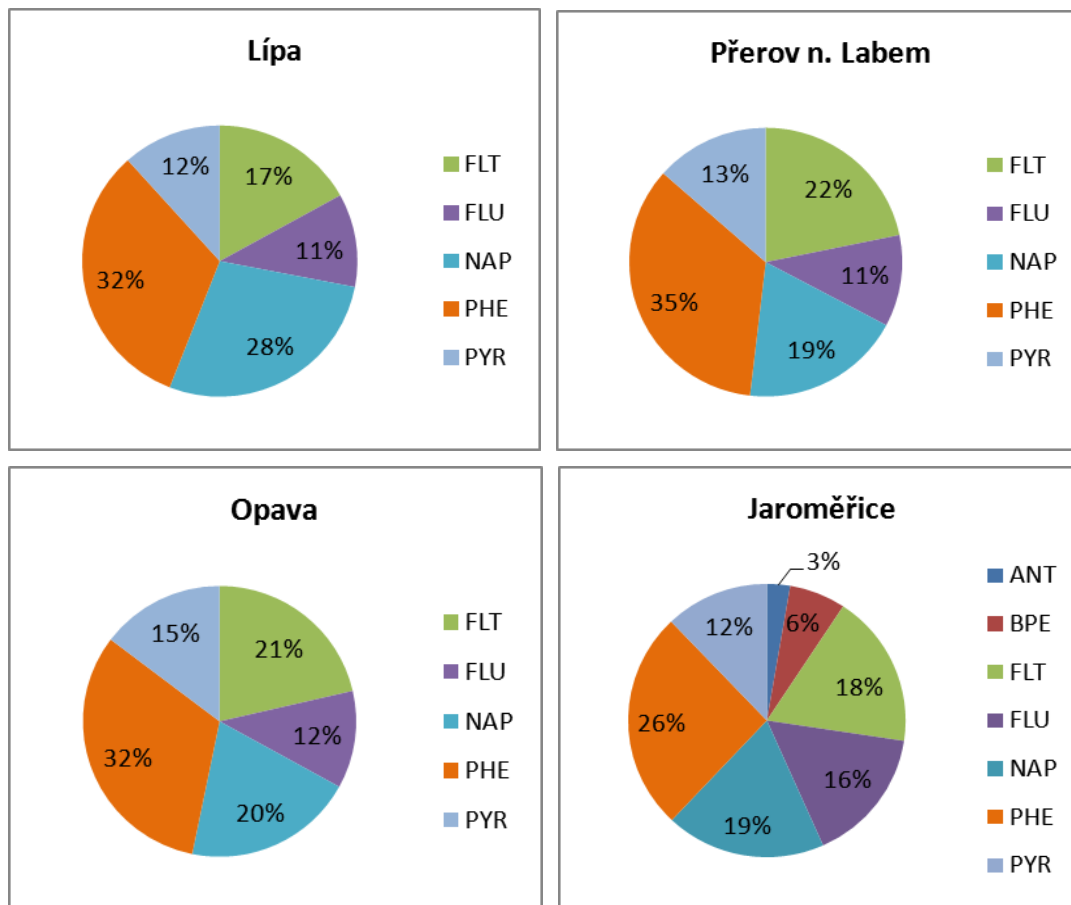
Za celé sledované období nebyla ve vzorcích jílku překročena mez stanovitelnosti u devíti sledovaných PAU ani na jednom stanovišti. Jedná se o acenaphtene (ANA), acenaphtylene (ANY), benzo[a]anthracene (BAA), benzo[a]pyrene (BAP), benzo[b]fluoranthene (BBF), benzo[k]fluoranthene (BKF), dibenzo[a,h]anthracene (DBA), chrysene (CHR) a indeno[1,2,3-c,d]pyrene (IPY). U některých polycyklických aromatických uhlovodíků na jednotlivých stanovištích byla překročena mez stanovitelnosti pouze v jednom z měsíců v průběhu sledovaného období. Týká se to hodnot anthracene (ANT) a benzo[g,h,i]perylene (BPE), které byly v hmotě jílku nízké, nad mezí stanovitelnosti byly zjištěny pouze na stanovišti Jaroměřice a to jen v posledním měsíci sledování. Hodnoty fluorene (FLU) byly pod hranicí meze stanovitelnosti jen v některých měsících (příloha tab. 14). Přesto je celkový obsah sumy 16 EPA PAU na sledovaných stanovištích v porovnání s výše uvedenou požadovkou hodnotou z Rakouska velmi vysoký.

Phenanthrene (PHE), naphtalene (NAP), fluoranthene (FLT), fluorene (FLU) a pyrene (PYR) na všech stanovištích představovaly největší podíl na celkové sumě 16 sledovaných PAU (graf 8). V průběhu celého sledování byly hodnoty phenanthrene (PHE), naphtalene (NAP), fluoranthene (FLT) a pyrene (PYR) nad hranicí meze stanovitelnosti. Zjištěné hodnoty těchto čtyř PAU byly vyšší především na stanovišti Přerov n. Labem, hodnoty fluorene (FLU) na stanovišti Jaroměřice.

Tabulka 5: Obsah organických polutantů v jílku na jednotlivých stanovištích (průměr za vegetační období 2013)

PAU	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice
	$\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy			
ANA	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
ANT	<2,00	<2,00	<2,00	1,22
ANY	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
BAA	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
BAP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
BBF	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
BKF	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
BPE	<5,00	<5,00	<5,00	2,96
DBA	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
FLT	4,51	10,4	6,98	8,17
FLU	2,96	5,26	3,80	7,20
CHR	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
IPY	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
NAP	7,42	9,10	6,59	8,41
PHE	8,63	16,5	10,5	11,7
PYR	3,10	6,45	4,79	5,47
Σ PAU (15)	47,1	68,3	53,1	62,1

Graf 8: Průměrné zjištěné obsahy organických polutantů v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2013 (% ze Σ hodnot PAU nad hranicí meze stanovitelnosti)



V průběhu vegetačního období docházelo ke změnám v obsahu PAU v hmotě jílku. Zjištěné celkové sumy hodnot polycyklických aromatických uhlovodíků na jednotlivých stanovištích ve sledovaných měsících uvádí tabulka 6.

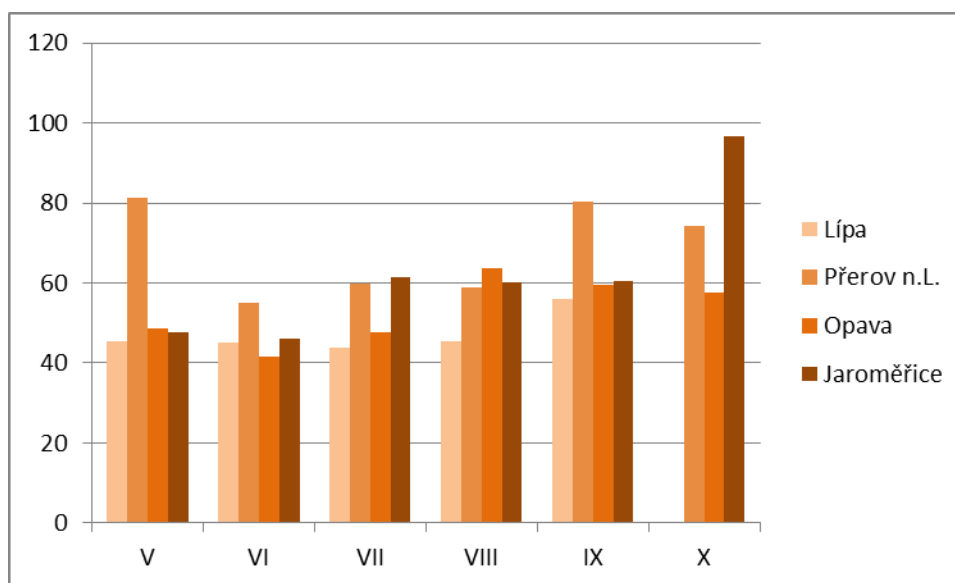
Tabulka 6: Změny obsahu sumy 15 PAU v jílku v průběhu vegetačního období 2013 (aritmetický průměr stanovišť)

Σ PAU (15)	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice
	$\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy			
V	45,3	81,4	48,6	47,8
VI	45,0	54,9	41,6	45,9
VII	43,7	59,8	47,7	61,5
VIII	45,6	58,8	63,8	60,2
IX	56,0	80,3	59,6	60,4
X	-	74,3	57,6	96,8
	47,1	68,3	53,1	62,1

Nejvyšší hodnoty záchytu nebyly na stanovištích ve stejném období. I když lze konstatovat, že vyšší hodnoty záchytu byly zjištěny spíše ke konci vegetačního období. Na stanovišti Přerov n. Labem byla nejvyšší hodnota v květnu, na stanovišti Opava v srpnu, na stanovišti Lípa v září (v říjnu nebylo dostatek hmoty jílku na stanovení). Nejvyšší zjištěný celkový obsah polycyklických aromatických uhlovodíků byl na stanovišti Jaroměřice v říjnu. Nejnížší hodnoty na stanovištích byly v červnu, na stanovišti Lípa v červenci.

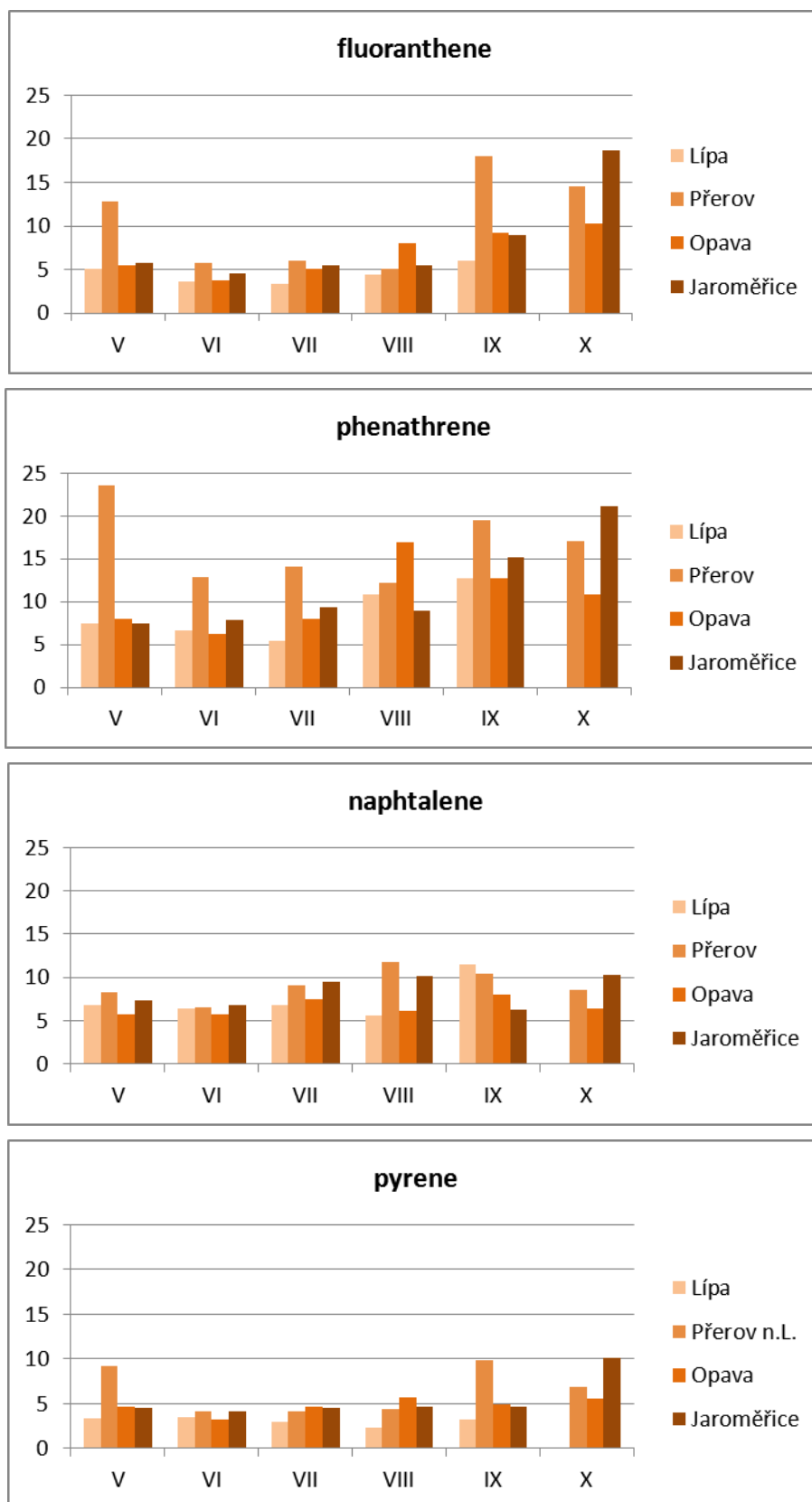
Změny záchytu organických polutantů v průběhu vegetačního období ukazuje graf 9.

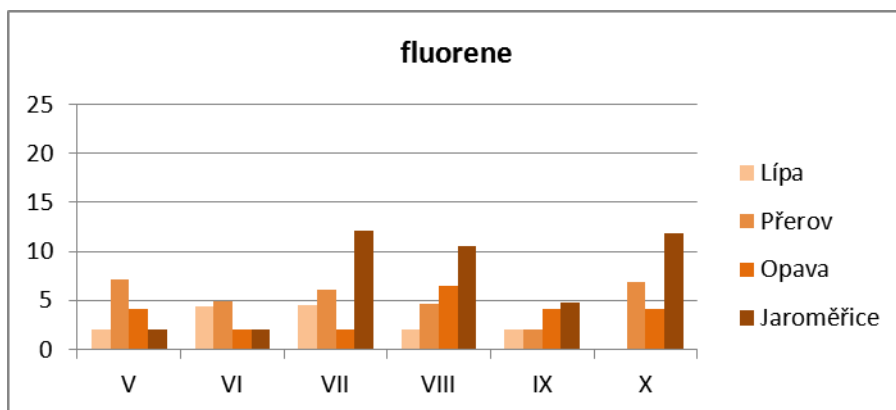
Graf 9: Změny obsahu organických polutantů v jílku v průběhu vegetačního období 2013 (Σ 15 PAU; $\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)



Na celkové sumě PAU se v průběhu celého sledování podílely především hodnoty fluoranthene (FLT), phenanthrene (PHE), naphtalene (NAP) a pyrene (PYR), na stanovišti Jaroměřice pak významně v červenci, srpnu a říjnu ještě fluorene (FLU). Na stanovišti Přerov n. Labem byl obsah phenanthrene (PHE) poměrně vysoký během celého vegetačního období, nejvyšší v květnu, na stanovišti Jaroměřice v říjnu. Hodnoty fluoranthene (FLT) měly na stanovištích obdobný průběh - nižší v letních měsících a vyšší ke konci vegetačního období. U naphtalene (NAP) byl shodný průběh v prvních třech měsících sledování, pak byl na každém stanovišti rozdílný. Hodnoty pyrene (PYR) byly vyšší na stanovišti Přerov v květnu a září, na stanovišti Jaroměřice v říjnu, na ostatních stanovištích byly v průběhu sledovaného období nízké a srovnatelné (graf 10).

Graf 10: Zjištěné obsahy vybraných organických polutantů v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2013 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)





Podrobně jsou obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v jílku rozvedeny podle stanovišť a měsíců v příloze tab. 14.

4.2. BOROVICE VE VEGETAČNÍM OBDOBÍ 2013

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 obsahy anorganických polutantů v jednoletém jehličí borovice černé za rok 2013 jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice (aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2013)

	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
	průměr	maximum	minimum	průměr	maximum	minimum
	mg.kg ⁻¹ sušiny					
Al	56,0	96,1	25,0	81,7	103	61,72
As	0,17	0,25	<0,20	0,49	1,04	<0,20
Cd	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	0,12	<0,05
Cr	0,47	0,60	0,35	0,79	0,97	0,55
Cu	2,82	3,14	2,01	2,48	2,87	1,98
Fe	42,7	61,2	28,4	95,9	184	53,8
Hg	0,011	0,016	0,009	0,016	0,025	0,008
Mn	97,9	119	75,0	126	134	112
Mo	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
Ni	1,08	2,43	<0,30	0,93	1,63	<0,30
Pb	0,47	1,13	<0,50	0,63	1,49	<0,50
S	1006	1072	926	1193	1401	1024
V	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Zn	34,5	43,7	30,7	32,5	36,7	24,8

Průměrné obsahy anorganických polutantů na imisně zatížených stanovištích byly vyšší než na stanovištích imisně nezatížených u většiny anorganických polutantů. Především výrazně vyšší hodnoty byly zjištěny u hliníku, arzenu, chromu, manganu a železa, vyšší hodnoty měla i síra. Průměrný obsah niklu, mědi a zinku byl vyšší na nezatížených stanovištích v porovnání se zatíženými. Hodnoty kadmia byly pod hranicí meze stanovitelnosti na všech stanovištích s výjimkou stanoviště Plzeň. Hodnoty olova nad mezi stanovitelnosti byly zjištěny jen v zimní periodě na stanovištích Opava a na stanovišti Vratimov v obou periodách. Hodnoty molybdenu a vanadu byly pod hranicí meze stanovitelnosti na všech stanovištích. Podrobněji jsou obsahy anorganických polutantů rozvedeny v příloze tab. 15.

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 8.

Tabulka 8: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice v letní a zimní periodě (aritmetický průměr za periodu v roce 2013)

	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	zimní perioda	letní perioda	zimní perioda	letní perioda
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	63,1	48,8	99,8	63,6
As	0,24	<0,20	0,66	0,32
Cd	<0,05	<0,05	0,07	0,05
Cr	0,47	0,48	0,85	0,74
Cu	2,58	3,06	2,53	2,43
Fe	46,6	38,8	125	67,3
Hg	0,013	0,009	0,022	0,011
Mn	109	86,9	130	122
Mo	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
Ni	0,61	1,55	0,89	0,97
Pb	0,69	<0,50	0,86	0,39
S	1013	999	1260	1126
V	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Zn	37,8	31,3	34,3	30,7

Na zatížených stanovištích byly zjištěny vyšší průměrné obsahy anorganických polutantů za zimní periodu v porovnání s letní periodou u všech sledovaných anorganických polutantů s výjimkou niklu. Na nezatížených stanovištích byly výrazně vyšší průměrné obsahy v zimním období u hliníku, rtuti a manganu v porovnání s letní periodou. Obsahy mědi a především niklu byly na nezatížených stanovištích vyšší v letní periodě (tab. 8, příloha tab. 15).

Průměrné obsahy anorganických polutantů při porovnání zimní periody na zatížených a nezatížených stanovištích byly vyšší v zimní periodě na zatížených stanovištích s výjimkou zinku. Při porovnání průměrných obsahů anorganických polutantů v letní periodě mezi nezatíženými a zatíženými stanovišti je zřetelné, že na zatížených stanovištích jsou vyšší obsahy téměř u všech anorganických polutantů s výjimkou mědi, niklu a zinku (tab. 8).

Průměrné obsahy anorganických polutantů naměřené v jehličí na jednotlivých nezatížených a zatížených stanovištích jsou uvedeny v tabulce 9.

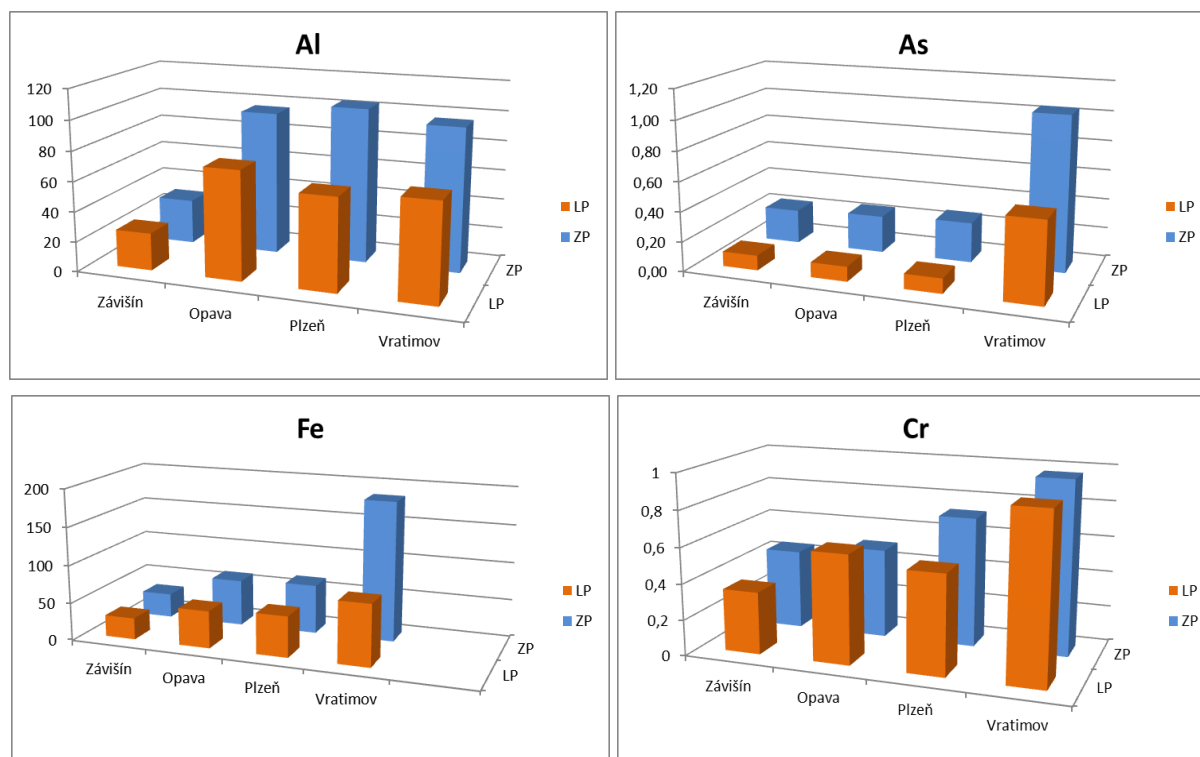
Pokud porovnáme průměrné obsahy anorganických polutantů v jehličí na jednotlivých stanovištích, lze konstatovat, že na nezatížených stanovištích jsou obsahy anorganických polutantů převážně nižší než na stanovištích zatížených. Jako „nejčistší“ stanoviště vychází Závišín, kde byly zjištěny u čtyř sledovaných anorganických polutantů (kadmium, molybden, olovo a vanad) hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti. Výrazně nižší jsou na tomto stanovišti obsahy hliníku v porovnání s ostatními stanovišti (graf 11). Naměřeny jsou zde vyšší hodnoty mědi než na ostatních stanovištích. Na stanovišti Vratimov byly naměřeny vyšší hodnoty arzenu, železa a chromu (tab. 9, graf 11, příloha tab. 15).

Tabulka 9: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice (aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť za obě periody v roce 2013)

	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	Závišín	Opava	Plzeň	Vratimov
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	27,6	84,4	82,6	80,8
As	0,17	0,18	0,19	0,79
Cd	<0,05	<0,05	0,09	<0,05
Cr	0,40	0,55	0,61	0,95
Cu	3,14	2,50	2,28	2,68
Fe	30,3	55,2	59,2	133
Hg	0,013	0,010	0,017	0,016
Mn	86,7	109	124	128
Mo	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
Ni	1,75	0,41	1,56	0,29
Pb	<0,50	0,69	<0,50	1,00
S	992	1020	1315	1072
V	<0,50	<0,50	<0,50	1,00
Zn	31,9	37,2	29,7	35,4

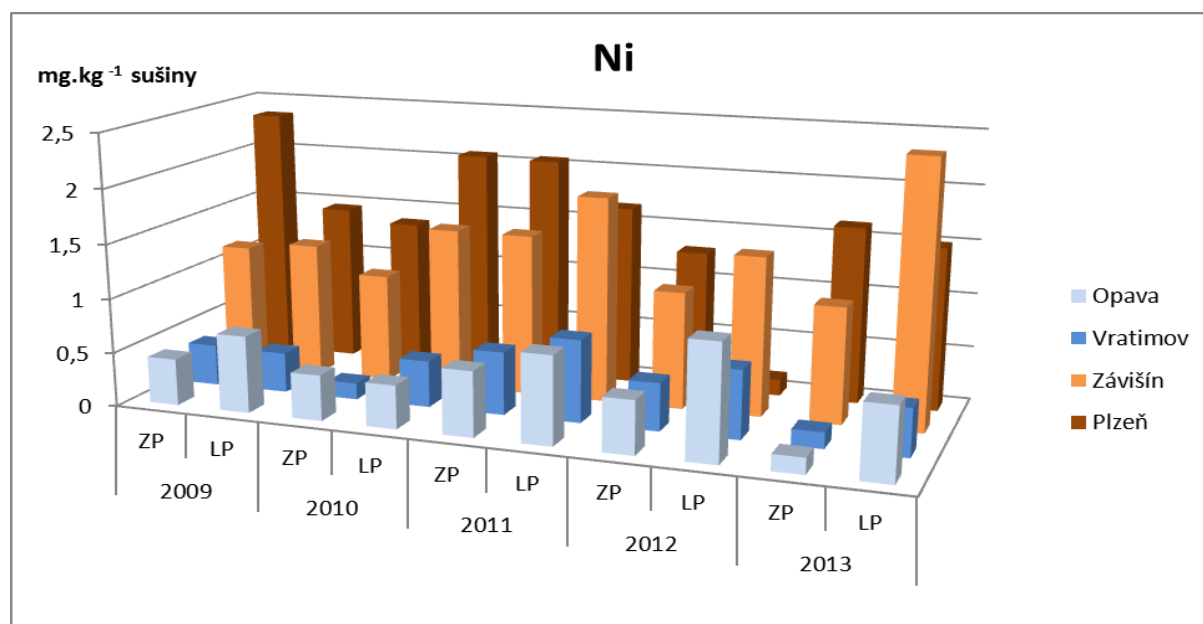
Podrobně jsou obsahy anorganických polutantů v jehličí uvedeny v příloze tab. 15.

Graf 11: Změny obsahů hliníku, arzenu, železa a rtuti v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní (LP) a zimní periodě (ZP) 2013 (mg.kg^{-1} sušiny)



Zajímavé je porovnání hodnot jednotlivých anorganických polutantů v závislosti na umístění stanoviště – západní Čechy (Závišín a Plzeň) a severní Morava (Opava a Vratimov). Při porovnání obsahů niklu za rok 2013 na jednotlivých stanovištích jsou hodnoty ze západních Čech více než trojnásobně vyšší než hodnoty ze stanovišť na severní Moravě. Tyto rozdíly jsou dlouhodobější, jak ukazuje porovnání změn v letech 2009 - 2013 (graf 12).

Graf 12: Změny obsahů niklu v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní (LP) a zimní periodě (ZP) v průběhu let 2009- 2013 (mg.kg^{-1} sušiny)



4.2.2. Organické polutanty v jehličí

Sledování organických polutantů v jehličí borovice černé v roce 2013 ukázalo na rozdíly mezi jednotlivými stanovišti a rovněž na rozdíly mezi zimní a letní periodou.

Průměrné obsahy sledovaných polycyklických aromatických uhlovodíků naměřené v jehličí borovice černé jsou uvedeny v tabulce 10.

Tabulka 10: Obsahy organických polutantů v jehličí borovice (aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2013)

Σ PAU (15)	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
	průměr	maximum	minimum	průměr	maximum	minimum
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy					
	143	300	57,6	102	125	81,2

Průměrné hodnoty organických polutantů naměřené v jehličí na jednotlivých stanovištích uvádí tabulka 11.

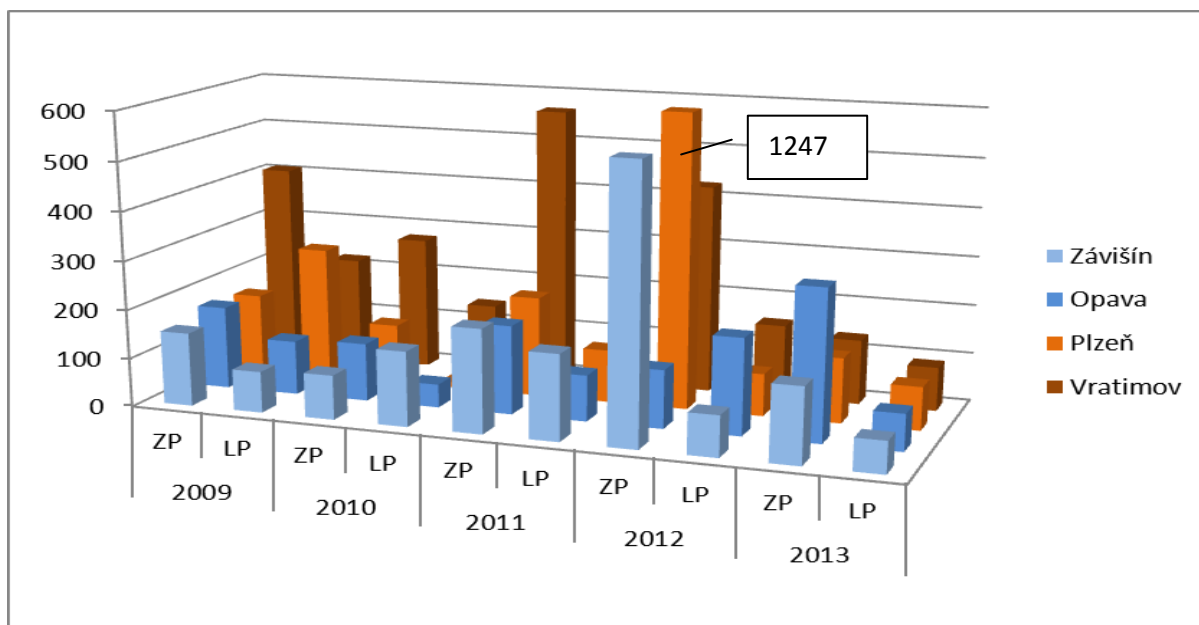
Tabulka 11: Obsahy jednotlivých organických polutantů v jehličí borovice (aritmetický průměr jednotlivých stanovišť v roce 2013)

PAU	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	Závišín	Opava	Plzeň	Vratimov
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy			
ANA	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
ANT	2,65	3,61	2,72	<2,00
ANY	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
BAA	<4,00	4,24	<4,00	<4,00
BAP	<3,00	3,29	<3,00	2,29
BBF	3,40	6,69	<3,00	3,12
BKF	2,77	2,83	<2,00	1,95
BPE	<5,00	3,86	<5,00	<5,00
DBA	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
FLT	16,7	33,9	15,1	15,7
FLU	6,13	14,9	8,36	8,76
CHR	3,07	11,0	3,86	5,34
IPY	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
NAP	11,9	15,0	11,8	13,4
PHE	31,0	54,0	34,1	27,6
PYR	10,1	21,9	9,90	9,85
Σ PAU (16)	103	184	103	102

Ani na jednom ze stanovišť nebyla překročena mez stanovitelnosti v obou odběrových periodách u čtyř sledovaných polycyklických aromatických polutantů - acenaphthene (ANA), acenaphtylene (ANY), dibenzo[a,h]anthracene (DBA) a indeno[1,2,3-c,d]pyrene (IPY). Na nezatíženém stanovišti Závěšín nebyla překročena mez stanovitelnosti také u benzo[a]anthracene (BAA), benzo[a]pyrene (BAP) a benzo[g,h,i]perylene (BPE). Na zatížených stanovištích byly v obou periodách pod hranicí meze stanovitelnosti hodnoty benzo(a)anthracene (BAA) a benzo[g,h,i]perylene (BPE), na stanovišti Plzeň dále benzo[a]pyrene (BAP), benzo[b]fluoranthene (BBF), benzo[k]fluoranthene (BKF), na stanovišti Vratimov anthracene (ANT). Na celkovém obsahu polycyklických aromatických uhlovodíků se na všech stanovištích nejvíce podílel phenanthrene (PHE), fluoranthene (FLT), naphtalene (NAP) a pyrene (PYR), na stanovišti Opava také fluorene (FLU) a chrysene (CHR) (tab. 11).

Nejvyšší průměrný celkový obsah ($\Sigma 15$ PAU) byl zjištěn na stanovišti Opava, na čemž se podílel nejvyšší obsah PAU v zimní periodě v porovnání s ostatními stanovišti. Nejnížší průměrný celkový obsah byl na stanovišti Závěšín, kde byl v letní periodě zjištěn nejnížší obsah polycyklických aromatických uhlovodíků, ale v zimní periodě na tomto stanovišti byl celkový obsah druhý nejvyšší. I v minulých letech sledování byly celkové obsahy v zimní periodě na nezatížených stanovištích poměrně vysoké (graf 13). Na zatížených stanovištích byl rovněž obsah polycyklických aromatických uhlovodíků v zimní periodě vyšší v porovnání s letní periodou.

Graf 13: Porovnání změn obsahu organických polutantů v jehličí borovice černé v zimní a letní periodě v letech 2009-2013 ($\Sigma 16$ PAU; $\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)



Rozdíly mezi průměrnými obsahy jednotlivých organických polutantů v zimní a letní periodě na nezatížených a zatížených stanovištích jsou zřetelné z tabulky 12.

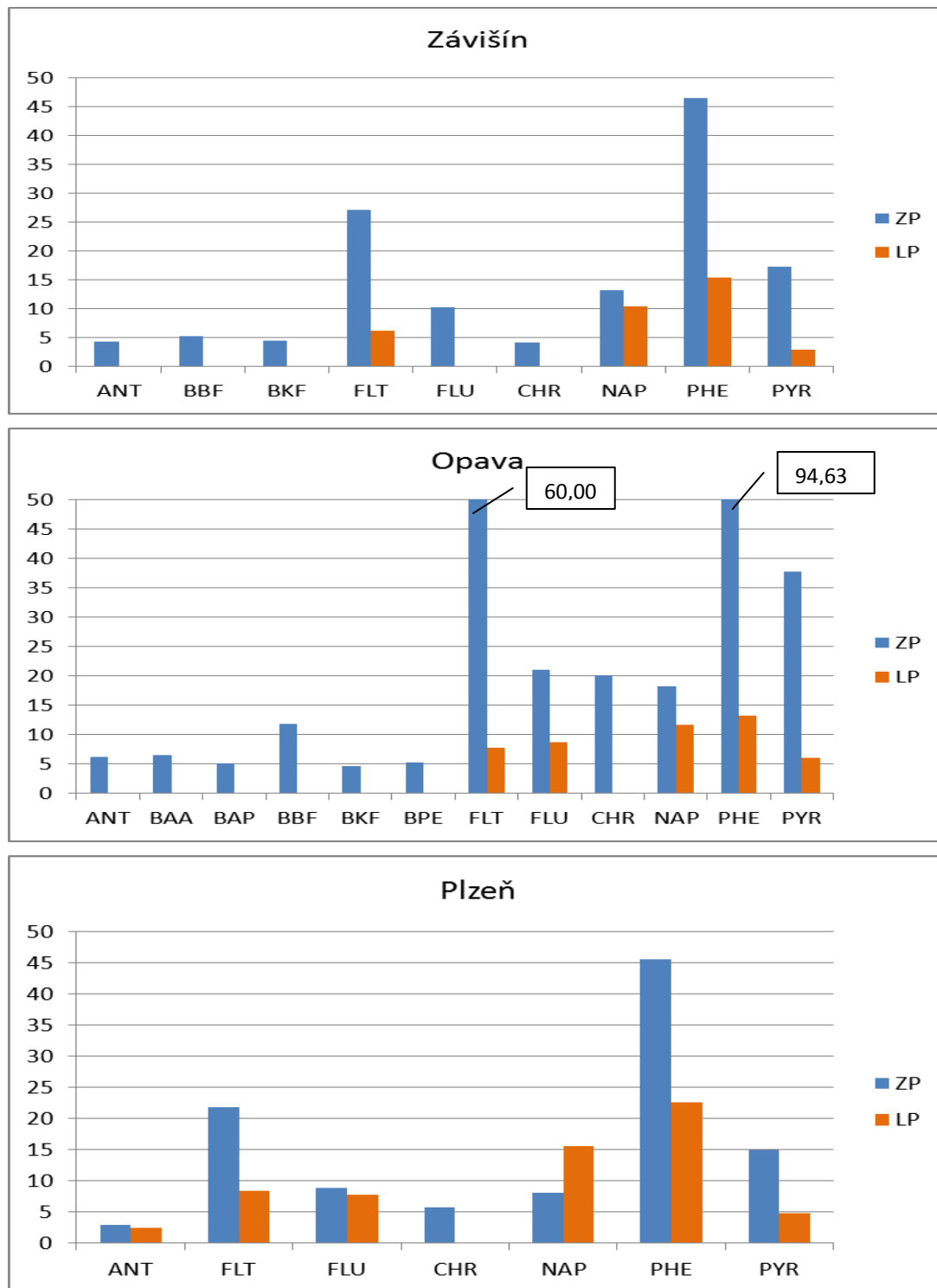
Tabulka 12: Obsahy jednotlivých organických polutantů v jehličí borovice v letní a zimní periodě (aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2013)

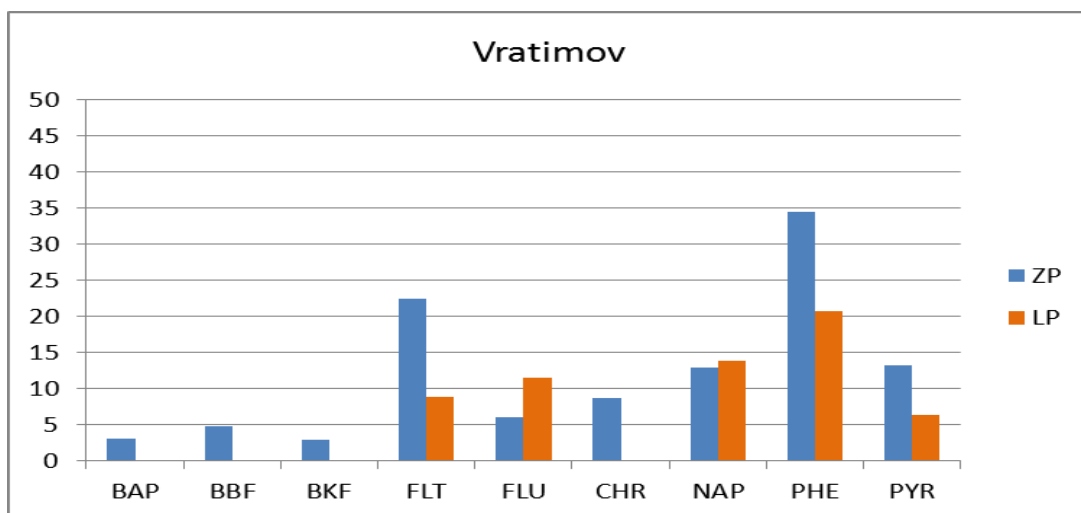
PAU	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	zimní perioda	letní perioda	zimní perioda	letní perioda
	$\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy			
ANA	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
ANT	5,26	<2,00	1,99	1,73
ANY	<20,0	<20,0	<20,00	<20,0
BAA	4,24	< 4,00	<4,00	<4,00
BAP	3,29	<3,00	2,29	<3,00
BBF	8,58	<3,00	3,12	<3,00
BKF	4,60	<2,00	1,95	<2,00
BPE	3,86	<5,00	<5,00	<5,00
DBA	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
FLT	43,6	7,00	22,1	8,65
FLU	15,7	5,35	7,44	9,68
CHR	12,1	<4,00	7,20	<4,00
IPY	<10,0	<10,0	<10,00	<10,00
NAP	15,7	11,1	10,5	14,7
PHE	70,6	14,4	40,0	21,7
PYR	27,5	4,49	14,1	5,60
Σ PAU (15)	224	62,8	124	81,6

Na všech stanovištích byly vyšší sumy 15 polycyklických aromatických uhlovodíků v zimní periodě v porovnání s letní periodou. Na zatížených stanovištích nebyl rozdíl mezi letní a zimní periodou tak výrazný jako na nezatížených stanovištích. Na nezatížených stanovištích byl v zimní periodě zjištěn přibližně čtyřnásobně vyšší obsah sumy 15 PAU, což bylo způsobeno zvýšením obsahů prakticky všech uhlovodíků. Nejvyšší obsah a tedy i nejvyšší podíl na celkové sumě mají v zimní periodě phenanthrene (PHE), fluoranthene (FLT), pyrene (PYR), v letní periodě phenanthrene (PHE) a naphtalene (NAP).

Na všech stanovištích tvořil nejvyšší podíl z celkové sumy polycyklických aromatických uhlovodíků jak v zimní, tak v letní periodě phenanthrene (PHE) (graf 14).

Graf 14: Zjištěné obsahy individuálních PAU (nad hranicí meze stanovitelnosti) v jehličí borovice na jednotlivých stanovištích v letní a zimní periodě 2013 (PAU v $\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)





Obsahy všech polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích jsou podrobně uvedeny v příloze tab. 16.

5. Závěry

Jílek

- V roce 2013 byly sledovány obsahy vybraných anorganických prvků (14) a organických polutantů (16 EPA PAU) v travní hmotě jílku (stanoviště Lípa, Přerov n. Labem, Jaroměřice, Opava) a v jehličí borovice černé (stanoviště Závišín, Opava, Plzeň, Vratimov).
- Pozad'ové hodnoty obsahů prvků zpracované v AGES (2009) byly překročeny ve všech vzorcích jílku u arzenu na všech stanovištích.
- U chrómu došlo k překročení pozad'ových hodnot ve všech vzorcích jílku s výjimkou vzorku z května na stanovišti Lípa a vzorku z června na stanovišti Opava.
- Vanad byl v jílku na všech stanovištích pod hranicí meze stanovitelnosti s výjimkou stanoviště Přerov n. Labem, kde obsah vanadu v jílku v říjnu přesahoval převzatou pozad'ovou hodnotou.
- U síry hodnoty narůstaly ke konci vegetačního období, což nejspíš ovlivnila začínající topná sezóna. Na stanovišti Lípa byly její hodnoty kromě měsíce května vyšší v porovnání s ostatnímu stanovišti.
- Arzen měl téměř shodný průběh zjištěných hodnot na všech stanovištích s maximem v letních měsících a s nízkými hodnotami na konci vegetačního období.
- Změny obsahu železa a hliníku se liší mezi stanovišti, na jednotlivých stanovištích však měly změny obsahů shodný průběh.
- Sledované hodnoty zinku, niklu a mědi měly shodný průběh na stanovišti Opava.
- Všechny vzorky jílku překročily pozad'ovou hodnotu obsah sumy 15 PAU převzatou z literatury.
- Průměrný obsah polycyklických aromatických uhlovodíků v jílku byl nejvyšší na stanovišti Přerov n. Labem, nejnižší hodnoty celkové sumy PAU byly zaznamenány na stanovišti Lípa.
- Nejvyšší hodnoty záchytu polycyklických aromatických uhlovodíků nebyly na stanovištích ve stejném období. Nejnížší hodnoty záchytu byly v červnu, na stanovišti Lípa v červenci.
- Na všech stanovištích tvořil v hmotě jílku nejvyšší podíl z celkové sumy PAU phenanthrene (PHE), fluoranthene (FLT), naphtalene (NAP) a pyrene (PYR), na stanici Jaroměřice ještě fluorene (FLU).

Borovice

- Průměrné obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice černé imisně zatížených stanovišť byly vyšší než průměrné obsahy stanovišť imisně nezatížených téměř u všech anorganických polutantů s výjimkou mědi, niklu a zinku.
- Hodnoty jednotlivých anorganických polutantů v jehličí borovice černé na stanovištích nebyly vždy vyšší v zimní periodě. Hodnoty mědi byly vyšší v letní periodě na stanovišti Opava a Vratimov, na tomto stanovišti byl v letní periodě zjištěn i vyšší obsah manganu a zinku.
- Hodnoty hliníku a železa zjištěné v jehličí borovice černé byly vyšší v zimní periodě na všech stanovištích v porovnání s letní periodou, na imisně zatížených stanovištích pak velmi výrazně vyšší.
- Obsah síry v jehličí byl vyšší v zimní periodě s výjimkou stanoviště Opava, kde byl vyšší

v letní periodě.

- Hodnoty vanadu a molybdeny byly pod hranicí meze stanovitelnosti ve všech vzorcích jehličí. Hodnoty kadmia byly pod hranicí meze stanovitelnosti na všech stanovištích s výjimkou vzorků ze stanoviště Plzeň. Hodnoty olova nad mezi stanovitelnosti byly zjištěny v jehličí v zimní periodě jen na stanovišti Vratimov a v letní periodě na stanovištích Vratimov a Opava.
- Hodnoty niklu v jehličí byly na stanovištích vyšší v letní periodě s výjimkou stanoviště Plzeň, v obou periodách byly hodnoty výrazně vyšší na stanovištích Závěšín a Plzeň oproti stanovištím Opava a Vratimov.
- Vyšší hodnoty sumy polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí borovice černé byly zjištěny v zimní periodě na všech stanovištích.
- Na zatížených stanovištích byly v letní periodě zjištěny vyšší sumy polycyklických aromatických uhlovodíků v porovnání s nezatíženými stanovišti. V zimní periodě byly sumy polycyklických aromatických uhlovodíků vyšší na nezatížených stanovištích.
- Nejvyšší hodnota zachytu polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí byla zjištěna na stanovišti Opava v zimní periodě, nejnižší hodnota na stanovišti Závěšín v letní periodě.
- Nejvyšší podíl z celkové sumy polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí tvořil phenanthrene (PHE) v obou periodách. V zimní periodě se na stanovištích na celkové sumě výrazně podílel také fluoranthene (FLT) a pyrene (PYR), v letní periodě pak naphthalene (NAP).
- 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., Ušák, 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., 2013: Výsledky aktivního biomonitoringu. Zpráva za rok 2012, ÚKZÚZ Brno
- Klementová, L., 2012: Výsledky aktivního biomonitoringu. Zpráva za rok 2011, ÚKZÚZ Brno

Tabulková příloha

- Tabulka 13: Obsahy anorganických polutantů v sušině jílku - 2013
- Tabulka 14: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v čerstvé hmotě jílku - 2013
- Tabulka 15: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice černé - 2013
- Tabulka 16: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí borovice černé - 2013
- Tabulka 17: Výsledky rozboru substrátu použitého v roce 2013

Tabulka 13: Obsahy anorganických polutantů v sušině jílku – 2013

Al	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	55,9	102,2	62,8	39,4	65,1
	VI	28,2	130,4	42,4	43,5	61,1
	VII	35,2	159,1	80,8	70,1	86,3
	VIII	46,2	105,5	84,2	101,8	84,4
	IX	51,4	86,1	42,9	42,5	55,7
	X	-	487,8	56,5	53,5	199,3
	průměr	43,4	178,5	61,6	58,5	85,5

As	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	1,93	1,97	2,37	1,45	1,93
	VI	1,93	4,00	5,34	4,90	4,04
	VII	3,84	8,91	10,4	6,84	7,50
	VIII	1,32	4,83	4,60	4,02	3,69
	IX	0,56	1,85	1,58	2,87	1,72
	X	-	0,82	1,56	0,92	1,10
	průměr	1,92	3,73	4,31	3,50	3,36

Cd	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
	VI	<0,05	0,08	<0,05	<0,05	0,04
	VII	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	0,04
	VIII	<0,05	0,09	<0,05	<0,05	0,04
	IX	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	0,03
	X	-	0,05	<0,05	<0,05	0,03
	průměr	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	0,03

Cr	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	0,46	0,85	0,58	0,52	0,60
	VI	0,51	0,86	0,44	0,51	0,58
	VII	0,55	0,97	0,64	0,53	0,67
	VIII	0,93	1,06	0,59	0,87	0,86
	IX	0,60	1,13	0,63	0,63	0,75
	X	-	1,45	0,61	1,04	1,03
	průměr	0,61	1,05	0,58	0,68	0,73

Cu	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	2,02	2,34	1,58	3,03	2,24
	VI	3,17	2,71	1,76	2,81	2,61
	VII	3,48	3,34	2,65	3,15	3,15
	VIII	3,65	3,27	3,03	3,02	3,24
	IX	4,43	3,62	2,63	3,27	3,49
	X	-	6,08	4,89	5,53	5,50
	průměr	3,35	3,56	2,76	3,47	3,28



Tabulka 13: pokračování

Fe	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	65,8	102	66,4	75,8	77,5
	VI	64,9	120	71,5	70,8	81,9
	VII	85,2	144	124	92,6	111
	VIII	98,3	116	126	116	114
	IX	102	121	81,9	72,1	94,1
	X	-	254	132	104	163
	průměr	83,2	143	100	88,4	104

Hg	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	0,009	0,008	0,010	0,009	0,009
	VI	0,009	0,009	0,012	0,010	0,010
	VII	0,009	0,012	0,013	0,009	0,011
	VIII	0,006	0,010	0,017	0,011	0,011
	IX	0,008	0,011	0,015	0,006	0,010
	X	-	0,011	0,020	0,008	0,013
	průměr	0,008	0,010	0,014	0,009	0,010

Mn	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	68,5	145	95,6	107	104
	VI	91,4	132	105	105	108
	VII	95,6	170	103	119	122
	VIII	132	172	127	137	142
	IX	129	187	114	130	140
	X	-	155	123	170	149
	průměr	103	160	111	128	126

Mo	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
	VI	<0,60	0,64	<0,60	<0,60	0,39
	VII	<0,60	0,88	<0,60	0,69	0,54
	VIII	<0,60	0,91	<0,60	0,62	0,53
	IX	<0,60	<0,60	<0,60	0,79	0,42
	X	-	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
	průměr	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	0,41

Ni	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	<0,30	0,50	<0,30	<0,30	0,24
	VI	0,60	0,72	<0,30	<0,30	0,40
	VII	0,63	1,09	<0,30	0,50	0,59
	VIII	1,04	1,08	0,34	1,06	0,88
	IX	0,89	1,00	<0,30	0,71	0,69
	X	-	1,57	0,66	0,80	1,01
	průměr	0,66	0,99	0,27	0,56	0,62

Tabulka 13: pokračování

Pb	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V		<0,50	0,70	<0,50	0,52	0,43
VI		<0,50	1,42	0,55	<0,50	0,62
VII		<0,50	0,64	<0,50	0,50	0,41
VIII		1,34	0,75	0,87	1,14	1,02
IX		<0,50	<0,50	0,65	0,53	0,42
X		-	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
průměr		0,47	0,67	0,47	0,53	0,53

S	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V		1806	2119	1597	3418	2235
VI		3746	2103	2352	2399	2650
VII		4047	2156	2794	1613	2653
VIII		5459	3158	4020	2512	3787
IX		6172	3788	3572	2348	3970
X		-	5747	6445	5432	5875
průměr		4246	3179	3463	2954	3460

V	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V		<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
VI		<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
VII		<0,50	0,52	<0,50	<0,50	0,32
VIII		<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
IX		<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
X		-	1,09	<0,50	<0,50	0,53
průměr		<0,50	0,43	<0,50	<0,50	0,30

Zn	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V		8,76	17,7	7,80	13,1	11,8
VI		21,6	23,7	12,3	16,8	18,6
VII		23,6	18,5	15,4	15,8	18,3
VIII		32,9	23,3	19,7	21,8	24,4
IX		29,9	23,9	15,7	15,3	21,2
X		-	33,7	25,0	25,9	28,2
průměr		23,3	23,4	16,0	18,1	20,2

Tabulka 14: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v čerstvé hmotě jílu (16 EPA PAU) – 2013**ANA**

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
VI	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
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
průměr	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00

ANT

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
VI	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
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	-	<2,00	<2,00	2,32	1,44
průměr	<2,00	<2,00	<2,00	1,22	1,07

ANY

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
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
průměr	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0

BAA

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	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	<4,00	<4,00	<4,00
průměr	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00

BAP

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
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	<3,00	<3,00
průměr	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00

Tabulka 14: pokračování

BBF	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	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	<3,00	<3,00
	průměr	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00

BKF	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	VI	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	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	-	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	průměr	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00

BPE	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	VI	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	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	5,24	3,41
	průměr	<5,00	<5,00	<5,00	2,96	2,61

DBA	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	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	<3,00	<3,00
	průměr	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00

FLT	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	5,14	12,8	5,49	5,83	7,31
	VI	3,57	5,80	3,83	4,55	4,44
	VII	3,43	6,04	5,07	5,51	5,27
	VIII	4,38	5,15	7,98	5,48	5,45
	IX	6,01	18,0	9,27	8,94	10,1
	X	-	14,5	10,2	18,7	14,5
	průměr	4,51	10,4	6,98	8,17	7,34

Tabulka 14: pokračování

FLU

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	<4,00	7,10	4,17	<4,00	3,82
VI	4,31	4,95	<4,00	<4,00	3,32
VII	4,50	6,05	<4,00	12,08	6,16
VIII	<4,00	4,65	6,41	10,48	5,89
IX	<4,00	<4,00	4,14	4,83	3,24
X	-	6,81	4,08	11,83	7,57
průměr	2,96	5,26	3,80	7,20	4,81

CHR

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	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	<4,00	<4,00	<4,00
průměr	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00

IPY

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	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
průměr	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0

NAP

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	6,77	8,32	5,69	7,41	7,05
VI	6,42	6,61	5,76	6,80	6,40
VII	6,86	9,03	7,47	9,53	8,22
VIII	5,54	11,7	6,12	10,1	8,38
IX	11,5	10,4	8,03	6,27	9,06
X	-	8,52	6,45	10,4	8,44
průměr	7,42	9,10	6,59	8,41	7,88

PHE

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	7,50	23,5	8,05	7,47	11,6
VI	6,68	12,8	6,25	7,86	8,41
VII	5,43	14,1	8,06	9,38	9,24
VIII	10,9	12,2	17,0	8,98	12,3
IX	12,7	19,5	12,7	15,1	15,0
X	-	17,1	10,8	21,2	16,4
průměr	8,63	16,5	10,5	11,7	11,8

Tabulka 14: pokračování**PYR**

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n.L.	Opava	Jaroměřice	průměr
V	3,42	9,16	4,65	4,60	5,46
VI	3,52	4,20	3,26	4,19	3,79
VII	3,03	4,10	4,63	4,53	4,07
VIII	2,31	4,48	5,74	4,64	4,29
IX	3,24	9,90	4,93	4,68	5,69
X	-	6,89	5,52	10,18	7,53
průměr	3,10	6,45	4,79	5,47	4,95

Tabulka 15: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice 2013 (ZP – zimní perioda, LP – letní perioda)

	mg.kg ⁻¹	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
		Závišín	Opava	průměr	Plzeň	Vratimov	průměr
Al	ZP	30,1	96,1	63,1	104	96,1	99,8
	LP	25,0	72,7	48,8	61,7	65,5	63,6
	průměr	27,6	84,4	56,0	82,6	80,8	81,7
As	ZP	0,23	0,25	0,24	0,27	1,04	0,66
	LP	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,54	0,32
	průměr	0,17	0,18	0,17	0,19	0,79	0,49
Cd	ZP	<0,05	<0,05	<0,05	0,12	<0,05	0,07
	LP	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	0,05
	průměr	<0,05	<0,05	<0,05	0,09	<0,05	0,06
Cr	ZP	0,45	0,50	0,47	0,72	0,97	0,85
	LP	0,35	0,60	0,48	0,55	0,92	0,74
	průměr	0,40	0,55	0,47	0,64	0,95	0,79
Cu	ZP	3,14	2,01	2,58	2,57	2,49	2,53
	LP	3,13	2,98	3,06	1,98	2,87	2,43
	průměr	3,14	2,50	2,82	2,28	2,68	2,48
Fe	ZP	32,1	61,2	46,6	64,6	184	125
	LP	28,4	49,1	38,8	53,8	80,8	67,3
	průměr	30,2	55,2	42,7	59,2	133	95,9
Hg	ZP	0,016	0,010	0,013	0,025	0,019	0,022
	LP	0,009	0,009	0,009	0,008	0,013	0,011
	průměr	0,013	0,010	0,011	0,017	0,016	0,016
Mn	ZP	98,4	120	109	134	126	130
	LP	75,0	98,8	86,9	113	130	122
	průměr	86,7	109	97,9	124	128	126
Mo	ZP	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
	LP	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
	průměr	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
Ni	ZP	1,07	<0,30	0,61	1,63	<0,30	0,89
	LP	2,43	0,67	1,55	1,50	0,44	0,97
	průměr	1,75	0,41	1,08	1,56	0,29	0,93
Pb	ZP	<0,50	1,13	0,69	<0,50	1,49	0,86
	LP	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	0,52	0,39
	průměr	<0,50	0,69	0,47	<0,50	1,00	0,63
S	ZP	1058	968	1013	1401	1120	1260
	LP	926	1072	999	1228	1024	1126
	průměr	992	1020	1006	1315	1072	1193
V	ZP	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
	LP	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
	průměr	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Zn	ZP	31,8	43,7	37,8	34,5	34,1	34,3
	LP	32,0	30,7	31,3	24,8	36,7	30,7
	průměr	31,9	37,2	34,5	29,7	35,4	32,5

Tabulka 16: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí borovice černé v roce 2013 (16 EPA PAU, ZP – zimní perioda, LP – letní perioda)

	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	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	4,31	6,21	5,26	2,97	<2,00	1,99
	LP	<2	<2,00	<2,00	2,46	<2,00	1,73
	průměr	2,65	3,61	3,13	2,72	<2,00	1,86
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	6,48	4,24	<4,00	<4,00	<4,00
	LP	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	průměr	<4,00	4,24	3,12	<4,00	<4,00	<4,00
BAP	ZP	<3,00	5,09	3,29	<3,00	3,08	2,29
	LP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	průměr	<3,00	3,29	2,4	<3,00	2,29	1,9
BBF	ZP	5,29	11,87	8,58	<3,00	4,75	3,12
	LP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	průměr	3,40	6,69	5,04	<3,00	3,12	2,31
BKF	ZP	4,54	4,66	4,6	<2,00	2,90	1,95
	LP	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	průměr	2,77	2,83	2,8	<2,00	1,95	1,47
BPE	ZP	<5,00	5,21	3,86	<5,00	<5,00	<5,00
	LP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	průměr	<5,00	3,86	3,18	<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	27,1	60,0	43,6	21,8	22,4	22,1
	LP	6,22	7,77	7,00	8,36	8,93	8,65
	průměr	16,7	33,9	25,3	15,1	15,7	15,4
FLU	ZP	10,3	21,0	15,7	8,88	5,99	7,44
	LP	<4,00	8,70	5,35	7,84	11,5	9,68
	průměr	6,13	14,9	10,5	8,36	8,76	8,56
CHR	ZP	4,14	20,07	12,11	5,72	8,68	7,20
	LP	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	průměr	3,07	11,04	7,06	3,86	5,34	4,6
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 16: pokračování

		nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
	mg.kg ⁻¹	Závišín	Opava	mg.kg ⁻¹	Plzeň	Vratimov	mg.kg ⁻¹
NAP	ZP	13,3	18,2	15,7	8,1	12,9	10,5
	LP	10,5	11,7	11,1	15,6	13,8	14,7
	průměr	11,9	15,0	13,4	11,8	13,4	12,6
PHE	ZP	46,5	94,6	70,6	45,6	34,4	40,0
	LP	15,5	13,3	14,4	22,6	20,8	21,7
	průměr	31,0	54,0	42,5	34,1	27,6	30,8
PYR	ZP	17,3	37,7	27,5	15,0	13,3	14,1
	LP	2,96	6,02	4,49	4,82	6,39	5,61
	průměr	10,1	21,9	16,0	9,90	9,85	9,88
	Σ PAU ZP	148	300	224	125	123	124
	Σ PAU LP	57,6	68,0	62,8	81,2	82,0	81,6

Tabulka č. 17 - Výsledky rozboru použitého substrátu

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
14200	13,1	4,33	0,69	3,31	14,2

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
34,2	5990	0,136	82,0	1,64	14,5

Pb mg.kg ⁻¹ v sušině	V mg.kg ⁻¹ v sušině	Zn mg.kg ⁻¹ v sušině
10,2	27,4	19,9

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 %
1080	401	658	1,7

C:N	pH/H ₂ O	vodivost mS.cm ⁻¹	suš./pv %	org./s %	vlhkost v %
21,0	4,2	0,07	52,0	72,5	48,0

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
90,8	8,91	24,2	27,8	39,8	19,5

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
36,2	9,75	8,38	35,4	23,3	12,8

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)
31,0	< 10,0	120	80,8	26,3	509