

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně

**Sekce zemědělských vstupů
Odbor kontroly zemědělských vstupů**



VÝSLEDKY AKTIVNÍHO BIOMONITORINGU

Zpráva za rok 2012

Zpracovala: Ing. Lenka Klementová

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

Opava

leden 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 jílek 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 2012.

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 považována za relativně čistá i 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 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



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 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** (odrůda Fabio) – 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 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 samozavlažovací 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 2012 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 (Zbíral 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

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 (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.

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

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 2012 jsou uvedeny v příloze - tabulka č. 17

4. Výsledky a diskuse

4.1. JÍLEK VE VEGETAČNÍM OBDOBÍ 2012

V roce 2012 se na většině stanovišť podařilo sklídit dostatečné množství hmoty jílku k rozborům jak na anorganické, tak na organické polutanty. Pouze na stanovišti Lípa bylo v červenci málo hmoty jílku na stanovení síry, v září nenarostl dostatek hmoty jílku pro stanovení rizikových prvků a sklizený jílek se přednostně použil na stanovení PAU, v říjnu byl nedostatek hmoty jílku na všechna stanovení.

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 požadovými hodnotami z Rakouska (Öhlinger, 2002).

Tabulka 1: Obsahy anorganických polutantů v jílku (aritmetický průměr za vegetační období 2012)

	2012			požad'ová hodnota ¹⁾
	průměr	maximum	minimum	
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	85,4	173,8	42,9	x
As	3,00	4,97	1,41	0,25
Cd	0,038	0,090	< 0,050	0,2
Cr	0,35	0,56	< 0,30	0,5
Cu	3,32	4,57	2,43	15
Fe	101,7	166,0	64,1	x
Hg	0,013	0,021	0,009	0,025
Mn	163,2	203,6	102,6	x
Mo	0,80	1,33	< 0,60	4,0
Ni	0,66	0,96	0,42	3,5
Pb	0,34	1,01	< 0,50	2,6
S	2624	4430	1588	5000
V	0,33	0,88	< 0,50	0,25
Zn	22,91	36,96	14,78	90

x - údaj chybí

¹⁾ Öhlinger, 2002



Za vegetační období 2012 byly průměrné obsahy sledovaných prvků s výjimkou arzenu a vanadu nižší než uváděné požadové hodnoty z Rakouska. U arzenu došlo na všech stanovištích ve všech vzorcích k překročení požadové hodnoty uváděné Öhlingerem (2002) pro arzén (tab.2). I minimální hodnota arzenu zjištěná v jílku ze stanoviště Přerov n. Labem ($1,41 \text{ mg.kg}^{-1}$) v říjnu je více než pětinasobně vyšší než uváděná požadová hodnota (graf 1). U vanadu jsou hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti ($< 0,50 \text{ mg.kg}^{-1}$) na všech stanovištích s výjimkou stanoviště Přerov, kde v prvních čtyřech měsících sledování byly naměřeny hodnoty v rozpětí $0,52 - 0,88 \text{ mg.kg}^{-1}$ (příloha tab. 13), které jsou nad požadovou hodnotou uváděnou pro vanad Öhlingerem (2002). U chromu a rtuti došlo k překročení požadových hodnot jen v některém ze sledovaných měsíců. U chromu byla překročena požadová hodnota na stanovišti Přerov v srpnu ($0,55 \text{ mg.kg}^{-1}$), na stanovišti Jaroměřice v červenci ($0,56 \text{ mg.kg}^{-1}$). Na tomto stanovišti byly obsahy chromu vyšší v porovnání s ostatními stanovišti i v jiných měsících sledování, nepřekračují však požadovou hodnotu.

Mezi stanovišti jsou u některých anorganických polutantů výraznější rozdíly, jak je zřejmé z porovnání průměrných obsahů anorganických polutantů na jednotlivých stanovištích (tabulka 2). Na stanovišti Přerov n. Labem byly zjištěny v jílku vyšší obsahy hliníku a obsahy kadmia. Hodnoty kadmia zde byly ve všech měsících sledování nad hranicí meze stanovitelnosti. Rovněž obsahy zinku byly na stanovišti Přerov n. Labem a Lípa vyšší v průběhu sledování při porovnání se stanovišti Opava a Jaroměřice.

Tabulka 2: Obsah anorganických polutantů v jílku na jednotlivých stanovištích (aritmetický průměr za vegetační období 2012)

	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice
	mg.kg^{-1} sušiny			
Al	60,3	117,8	85,0	78,5
As	2,70	2,33	3,55	3,41
Cd	$< 0,050$	0,065	0,032	0,029
Cr	0,35	0,25	0,37	0,43
Cu	3,95	3,09	3,03	3,20
Fe	91,0	119,1	102,9	93,8
Hg	0,013	0,013	0,016	0,010
Mn	136,6	179,5	182,6	154,2
Mo	0,98	0,50	0,70	1,03
Ni	0,73	0,65	0,70	0,56
Pb	$< 0,50$	0,42	0,42	$< 0,50$
S	2891	2700	2427	2479
V	$< 0,50$	0,55	$< 0,50$	$< 0,50$
Zn	27,29	26,45	18,49	19,40

Při porovnání průměrných obsahů anorganických polutantů v jílku v závislosti na průběhu vegetačního období 2012 jsou u většiny jednotlivých anorganických polutantů nejvyšší hodnoty na konci vegetačního období (říjen), popřípadě v letních měsících (srpen). Nejnižší průměrné obsahy anorganických polutantů byly zjištěny převážně na počátku vegetačního období, výjimkou je arzén, jehož nejnižší hodnoty byly zjištěny v říjnu - posledním měsíci sledování, rovněž u molybdenu byly zjištěny nižší průměrné hodnoty ke konci vegetačního období (tabulka 3).



Průměrné obsahy jednotlivých anorganických polutantů mohou být částečně zkresleny chybějícími hodnotami ze stanoviště Lípa (září, říjen, síra i v červenci).

Tabulka 3: Změny obsahu anorganických polutantů v jílku v průběhu vegetačního období (aritmetický průměr stanovišť v měsících 2012)

	V	VI	VII	VIII	IX	X
	mg.kg ⁻¹ sušiny					
Al	72,8	69,1	88,6	128,5	82,4	81,7
As	2,72	3,35	3,14	3,89	3,04	1,66
Cd	0,032	0,032	0,037	0,048	0,038	0,049
Cr	0,31	0,31	0,39	0,39	0,33	0,39
Cu	2,71	3,05	3,41	3,55	3,18	3,78
Fe	84,4	88,8	104,4	131,3	94,3	113,4
Hg	0,012	0,014	0,014	0,013	0,011	0,014
Mn	131,9	141,2	183,3	181,4	174,5	189,6
Mo	0,84	0,71	0,94	0,97	0,59	0,55
Ni	0,58	0,58	0,69	0,74	0,66	0,72
Pb	< 0,50	0,38	< 0,50	0,51	< 0,50	0,42
S	1724	2475	2476	2611	2682	3867
V	0,41	0,36	0,37	0,32	< 0,50	< 0,50
Zn	18,15	20,73	25,40	24,95	20,65	25,43

Na jednotlivých stanovištích nebývají nejvyšší a nejnižší obsahy anorganických polutantů zjištěny vždy ve stejném období. U hliníku byly nejvyšší obsahy zjištěny na všech stanovištích v srpnu, nejnižší hodnoty však již byly na stanovištích v různých měsících sledování (příloha tab. 13). U mědi a zinku byly zjištěny nejnižší hodnoty na počátku sledování, maxima byla na stanovišti Lípa a Přerov n. L. v letních měsících, na stanovišti Opava a Jaroměřice v říjnu. Rovněž arzén dosahoval nejvyšších hodnot v letních měsících, nejnižší hodnoty byly zjištěny v posledním měsíci sledování na všech stanovištích s výjimkou stanoviště Lípa, které pro nedostatek hmoty jílku k rozboru není možno porovnat. Na konci vegetačního období došlo k výraznému poklesu hodnot arzenu (graf 1).

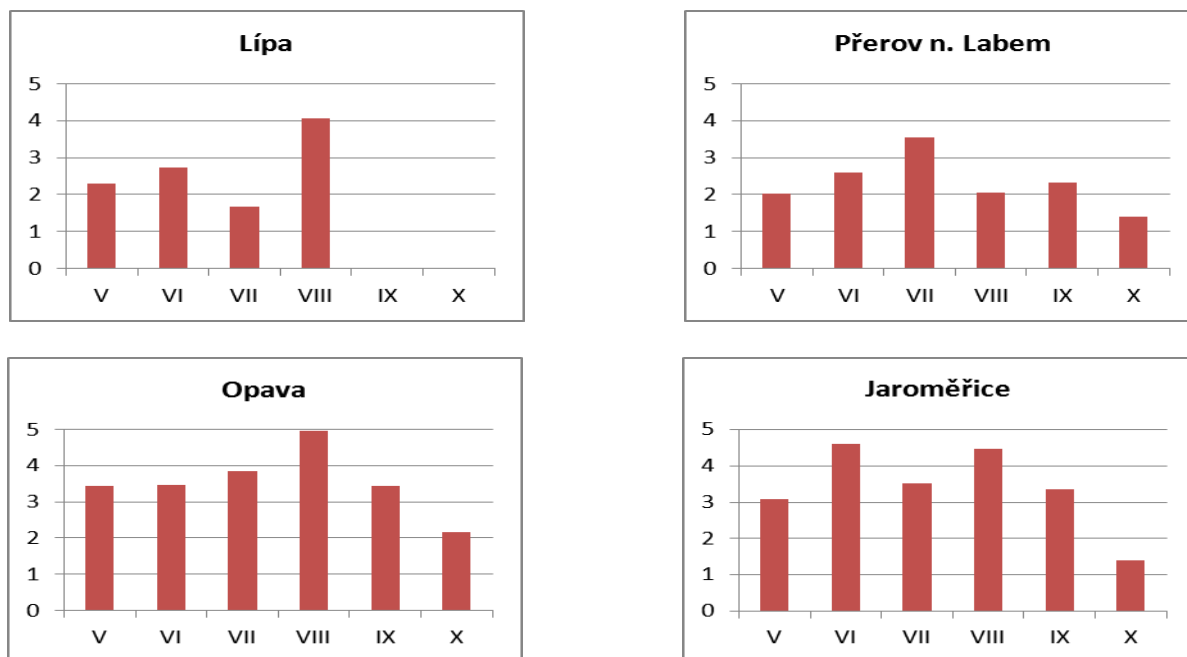
U síry byly nejvyšší hodnoty na konci vegetačního období, což může být ovlivněno začínající topnou sezónou (graf 2). Pro stanoviště Lípa jsou údaje o obsahu síry v jílku nedostatečné vzhledem k nedostatku hmoty jílku ke stanovení.

Hodnoty vanadu byly pod hranicí meze stanovitelnosti na všech stanovištích s výjimkou stanoviště Přerov n. Labem, kde byly v prvních měsících sledování nad tuto mez (příloha tab. 13). Stejně tak tomu bylo i u kadmia, pod hranicí meze stanovitelnosti byly všechny hodnoty na stanovišti Lípa, na stanovišti Jaroměřice a Opava s výjimkou dvou hodnot (Jaroměřice srpen, Opava říjen). Na stanovišti Přerov n. Labem byly všechny hodnoty kadmia nad hranicí meze stanovitelnosti, nízké zde byly rovněž hodnoty chromu a molybdenu. Na stanovištích Lípa a Jaroměřice byly hodnoty molybdenu v porovnání s ostatními stanovišti vyšší. Olovo bylo zjištěno nad hranicí meze stanovitelnosti jen v některých měsících na stanovišti Opava a Přerov n. Labem.

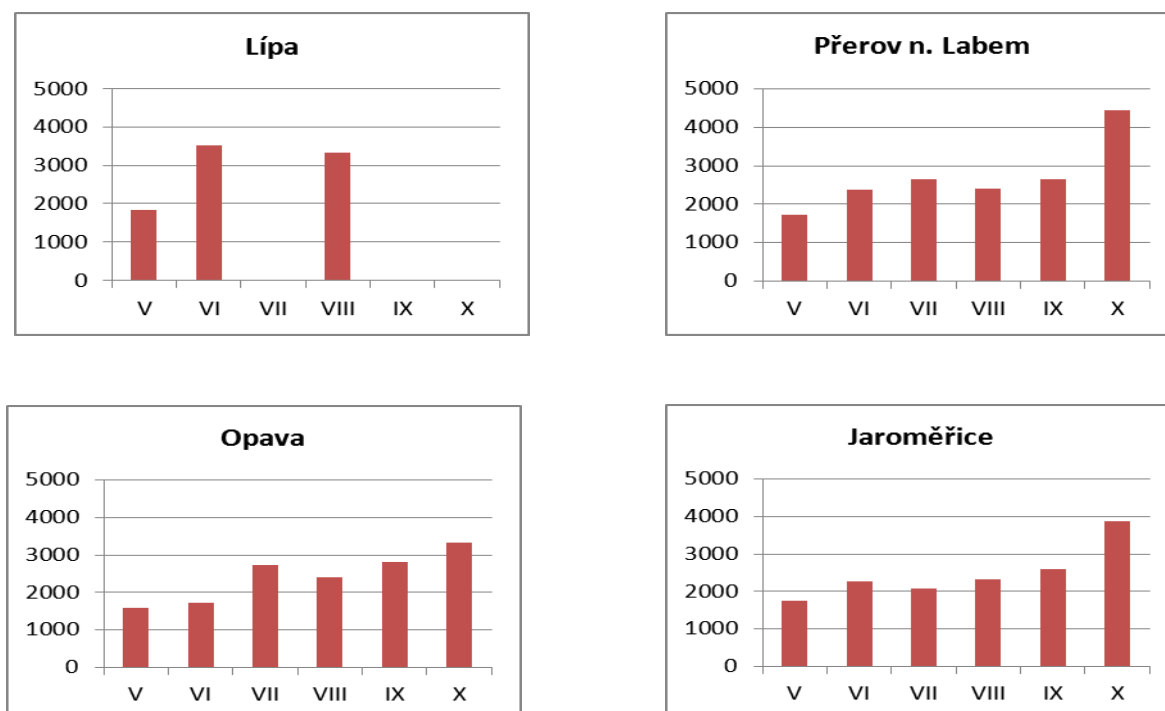
Zjištěné hodnoty hliníku a železa a jejich změny v průběhu sledování mají na stanovištích obdobný průběh s maximem v srpnu (graf 3).

Zjištěné hodnoty rtuti jsou na jednotlivých stanovištích rozdílné a rovněž jejich průběh je odlišný.

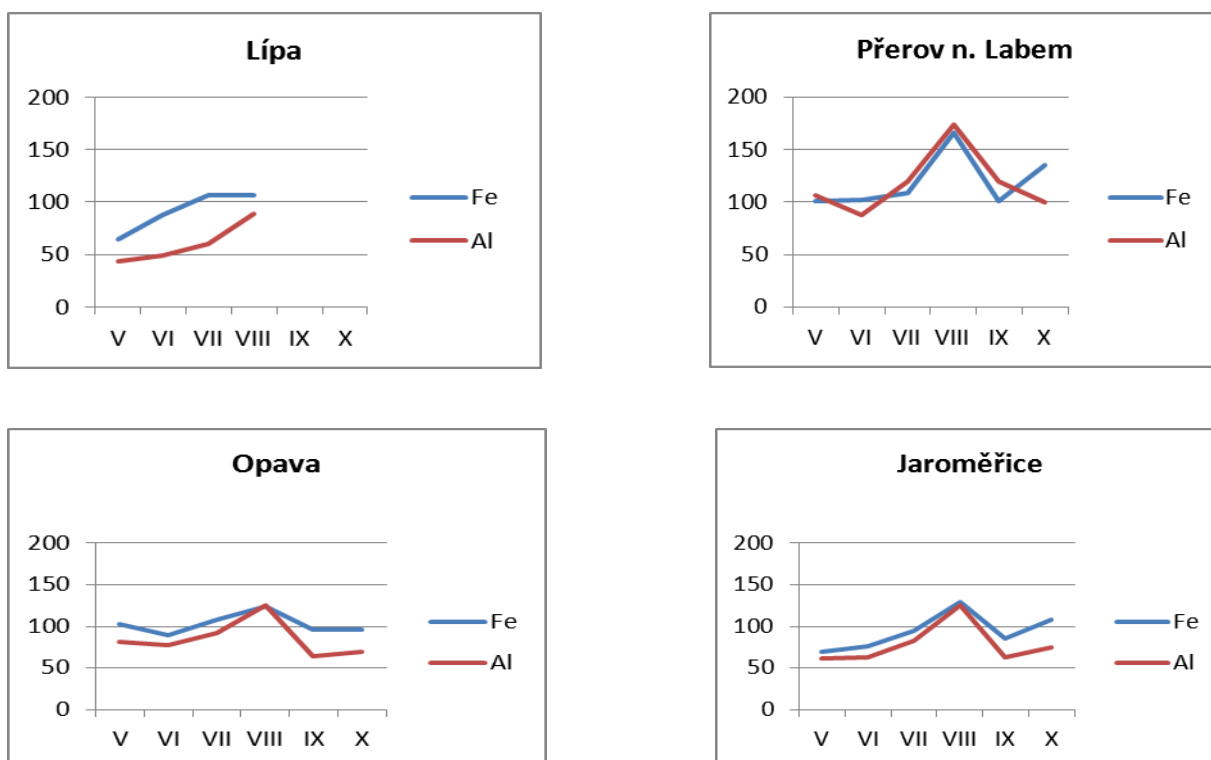
Graf 1: Změny obsahů arzenu v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2012 (mg.kg^{-1} sušiny)



Graf 2: Změny obsahů síry v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2012 (mg.kg^{-1} sušiny)



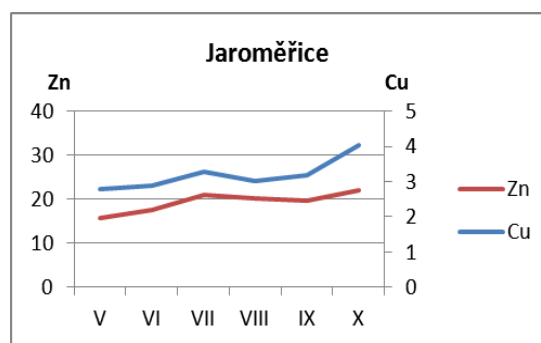
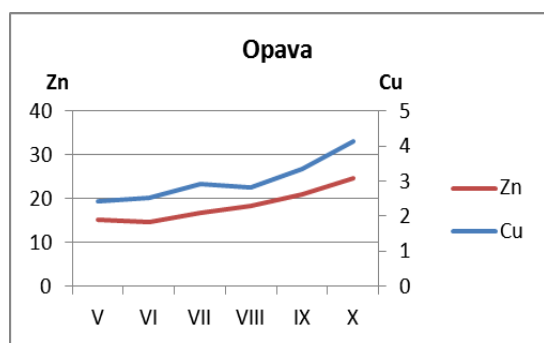
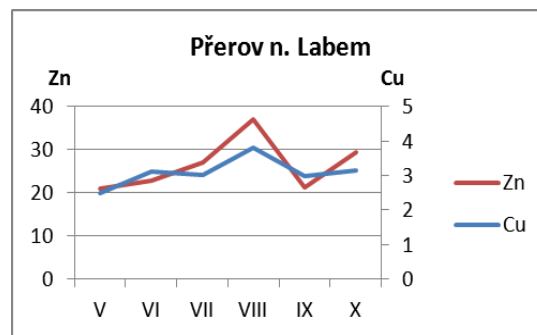
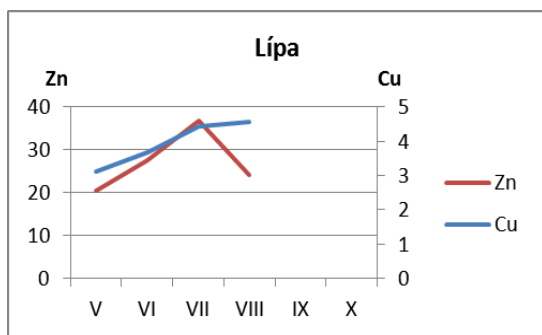
Graf 3: Změny obsahů železa a hliníku v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2012 (mg.kg^{-1} sušiny)



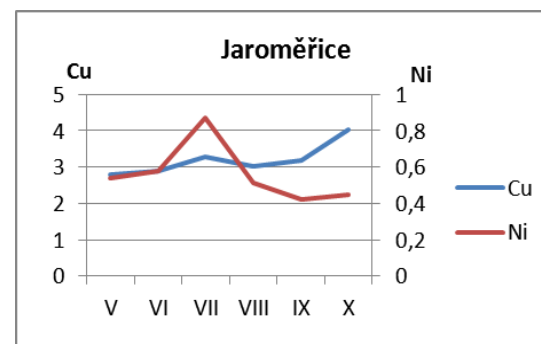
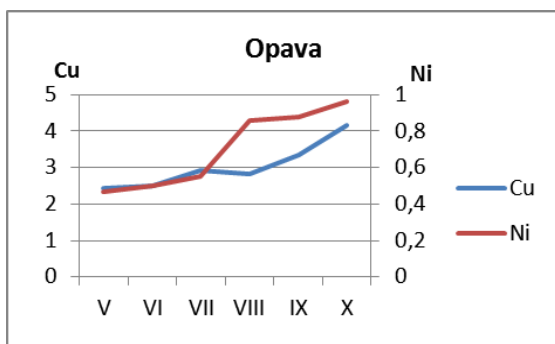
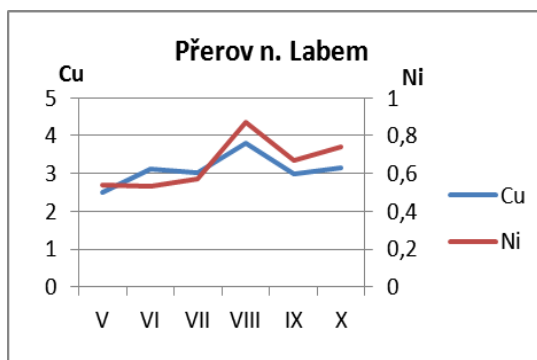
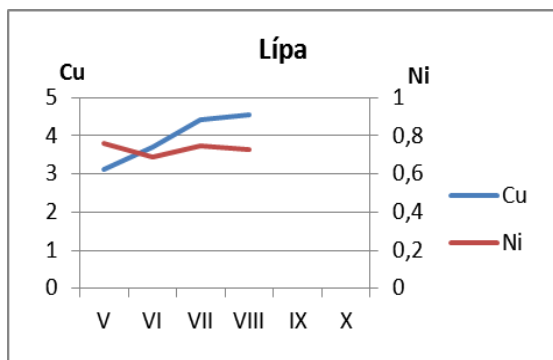
U mědi, niklu a zinku byly naměřené hodnoty v jednotlivých měsících mezi stanovišti rozdílné, rovněž průběh jejich změn ve sledovaném období je rozdílný. Změny hodnot prvků na jednotlivých stanovištích, především zinku a mědi, byly však obdobné (graf 4). Nikl při porovnání s mědí a zinkem měl obdobný průběh na stanovišti Přerov n. Labem (graf 5 a 6).



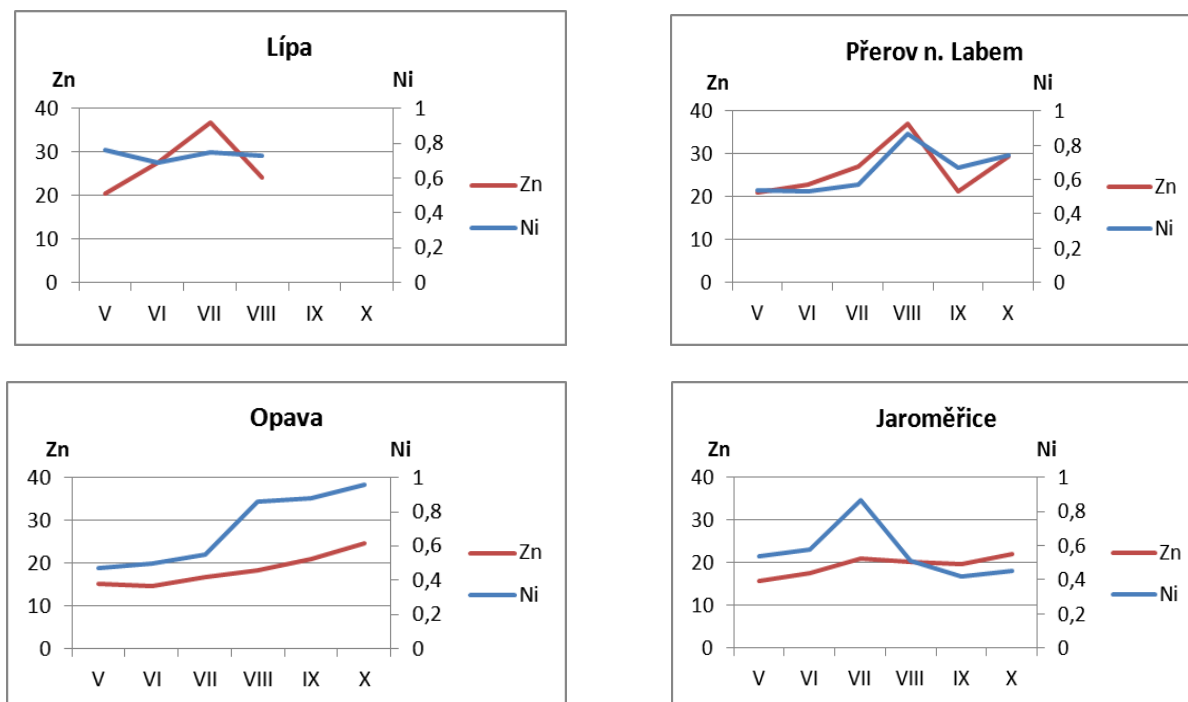
Graf 4: Změny obsahů zinku a mědi v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2012 (mg.kg^{-1} sušiny)



Graf 5: Změny obsahů mědi a niklu v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2012 (mg.kg^{-1} sušiny)



Graf 6: Změny obsahů zinku a niklu v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2012 (mg.kg^{-1} sušiny)



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

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 $43,39 \mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy ze srpna na stanovišti Jaroměřice nad Rokytnou je nad požadovou hodnotou a maximální hodnota sumy PAU zjištěná v hmotě jílku na stanovišti Opava v posledním měsíci sledování je čtyřnásobně vyšší než uváděná hodnota podle Öhlingera (2002) .

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

Tabulka 4: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v jílku (aritmetický průměr za vegetační období 2012)

Σ PAU (16)	2012			požadová hodnota ¹⁾
	průměr	maximum	minimum	
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy			
	61,87	91,71	43,39	23,0

¹⁾ Öhlinger, 2002



Průměrný obsah organických polutantů v jílku za sledované období byl zjištěn vyšší na stanovištích v Opavě a Jaroměřicích, nejnižší na stanovišti v Přerově (tabulka 5).

U šesti sledovaných PAU nebyla překročena mez stanovitelnosti ve vzorcích jílku za celé sledované vegetační období ani na jednom stanovišti. Jedná se o acenaphtene (ANA), anthracene (ANT), acenaphtylene (ANY), benzo[a]anthracene (BAA), benzo[g,h,i]perylene (BPE) a indeno[1,2,3-c,d]pyrene (IPY). Obsah chrysene (CHR) nad mez stanovitelnosti byl zjištěn jen na stanovišti Opava v říjnu, obsah dibenzo[a,h]anthracene (DBA) jen na stanovišti Jaroměřice v září (příloha tab. 14).

U některých polycyklických aromatických uhlovodíků na jednotlivých stanovištích byla překročena mez stanovitelnosti často pouze v jednom z měsíců v průběhu sledovaného období. Na stanovišti Lípa a Přerov n. Labem byly za sledované období zjištěny obsahy benzo[a]pyrene (BAP) a benzo[b]fluoranthene (BBF) nad mez stanovitelnosti jen jednou, na stanovišti Opava dvakrát, na stanovišti Jaroměřice nebyly překročeny ani v jednom měsíci sledování. Přesto je celkový obsah sumy 16 EPA PAU na sledovaných stanovištích v porovnání s výše uvedenou požadovou hodnotou z Rakouska velmi vysoký.

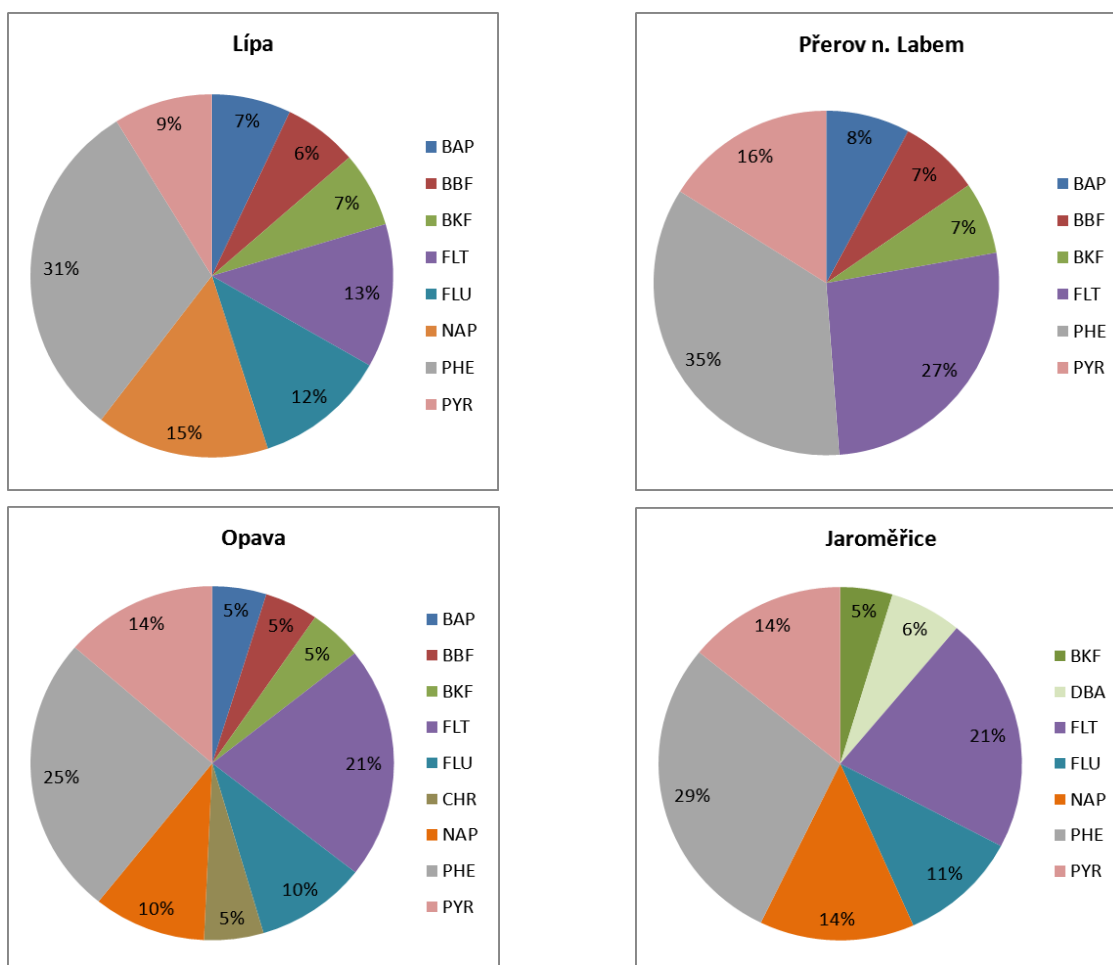
Tabulka 5: Obsah organických polutantů v jílku na jednotlivých stanovištích (průměr za vegetační období 2012)

	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	< 2,00
ANY	< 20,00	< 20,00	< 20,00	< 20,00
BAA	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00
BAP	2,10	1,94	2,14	< 3,00
BBF	1,94	1,87	2,12	< 3,00
BKF	1,99	1,68	2,12	1,53
BPE	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00
DBA	< 3,00	< 3,00	< 3,00	2,11
FLT	3,80	6,59	9,44	7,12
FLU	3,50	< 4,00	4,39	3,52
CHR	< 4,00	< 4,00	2,35	< 4,00
IPY	< 10,00	< 10,00	< 10,00	< 10,00
NAP	4,58	< 5,00	4,46	4,53
PHE	9,12	8,70	11,39	9,43
PYR	2,61	3,98	6,07	4,65
Σ PAU (16)	56,14	55,76	68,98	60,89

Na všech stanovištích tvořil nejvyšší podíl z celkového množství stanovených PAU fluoranthene (FLT), phenanthrene (PHE) a pyrene (PYR) (graf 7), jejich hodnoty byly v průběhu celého sledování nad hranicí meze stanovitelnosti. Uhlovodíky naphtalene (NAP)

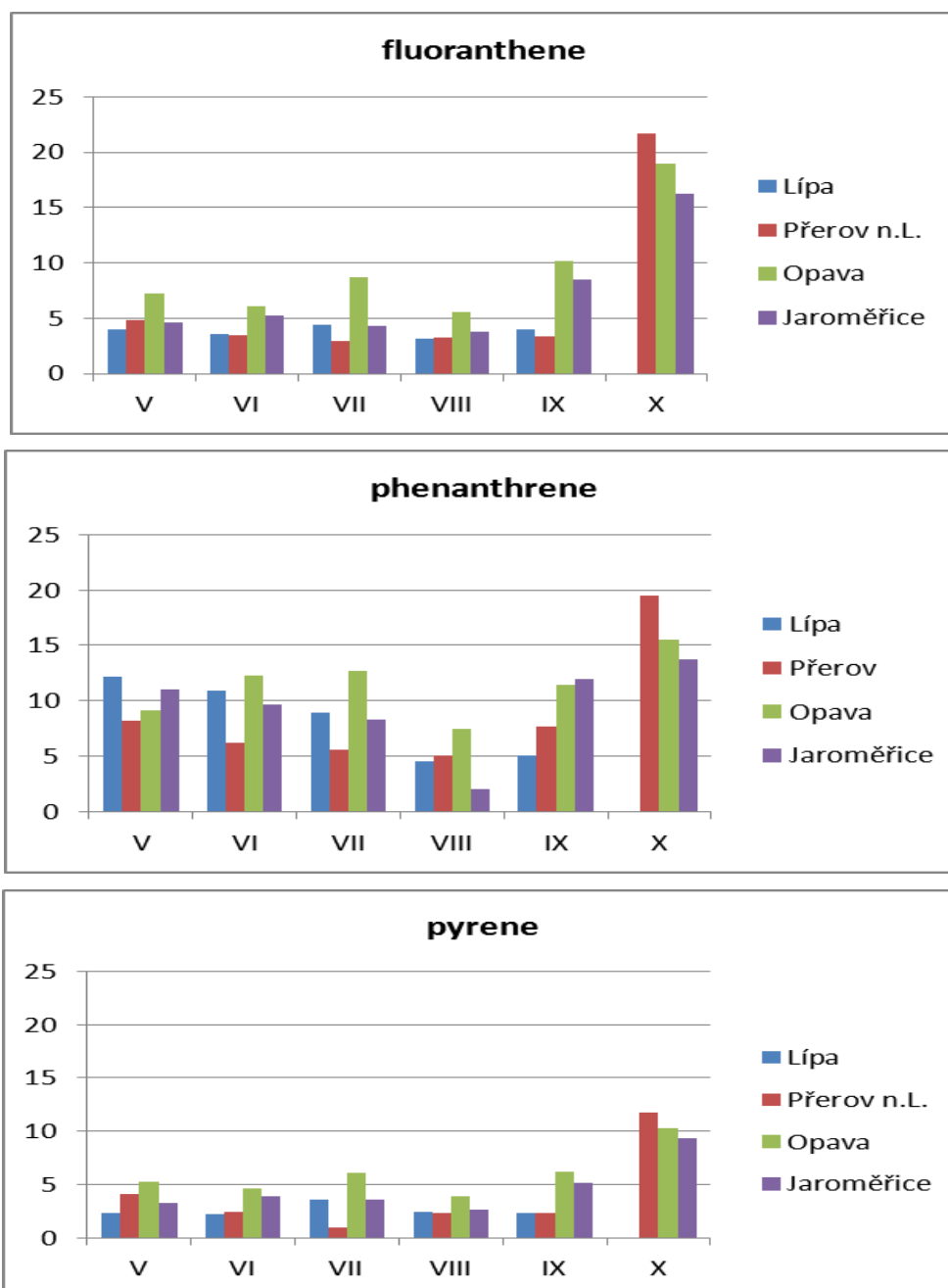
a fluorene (FLU) se rovněž podílely na celkové sumě PAU, ale v některých měsících byly jejich hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti a na stanovišti Přerov n. L. během celého období sledování.

Graf 7: Průměrné zjištěné obsahy organických polutantů v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2012 (% ze Σ hodnot PAU nad hranicí meze stanovitelnosti)



Obsah fluoranthene (FLT), phenanthrene (PHE) a pyrene (PYR) výrazně stoupl na všech stanovištích ke konci sledované periody (graf 8). Na stanovištích Lípa, Jaroměřice a Přerov nad Labem byly hodnoty phenanthrene (PHE) zjištěny vyšší i na počátku sledování.

Graf 8: Zjištěné obsahy vybraných organických polutantů v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2012 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)



V průběhu vegetačního období docházelo ke změnám v obsahu organických polutantů v hmotě jílku. Zjištěné obsahy na jednotlivých stanovištích ve sledovaných měsících uvádí tabulka 6.

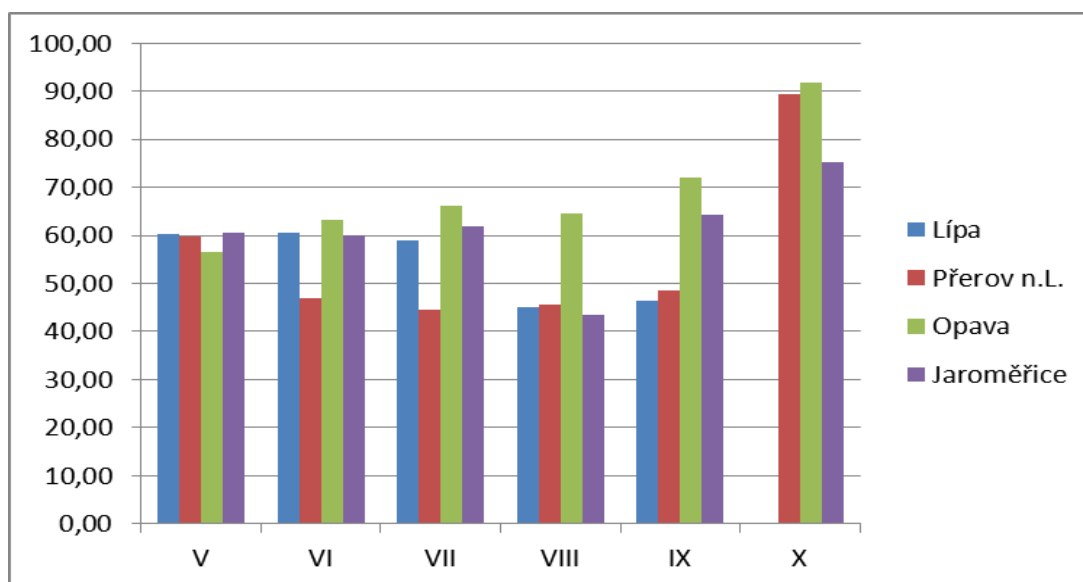


Tabulka 6: Změny obsahu organických polutantů v jílku v průběhu vegetačního období 2012 (aritmetický průměr stanovišť)

Σ PAU (16)	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy			
V	60,19	59,65	56,57	60,52
VI	60,60	47,03	63,15	60,03
VII	58,83	44,51	66,04	61,81
VIII	45,06	45,61	64,45	43,39
IX	46,47	48,41	71,92	64,26
X	-	89,37	91,71	75,27
	56,17	55,76	68,97	60,88

V letních měsících byly zjištěny nižší hodnoty zachytu, v posledním měsíci sledování byly hodnoty zachytu nejvyšší. Změny zachytu organických polutantů v průběhu vegetačního období ukazuje graf 9. Na vysoké hodnotě celkové sumy PAU v posledním měsíci sledování se podílely především zjištěné hodnoty fluoranthene (FLT), phenanthrene (PHE) a pyrene (PYR).

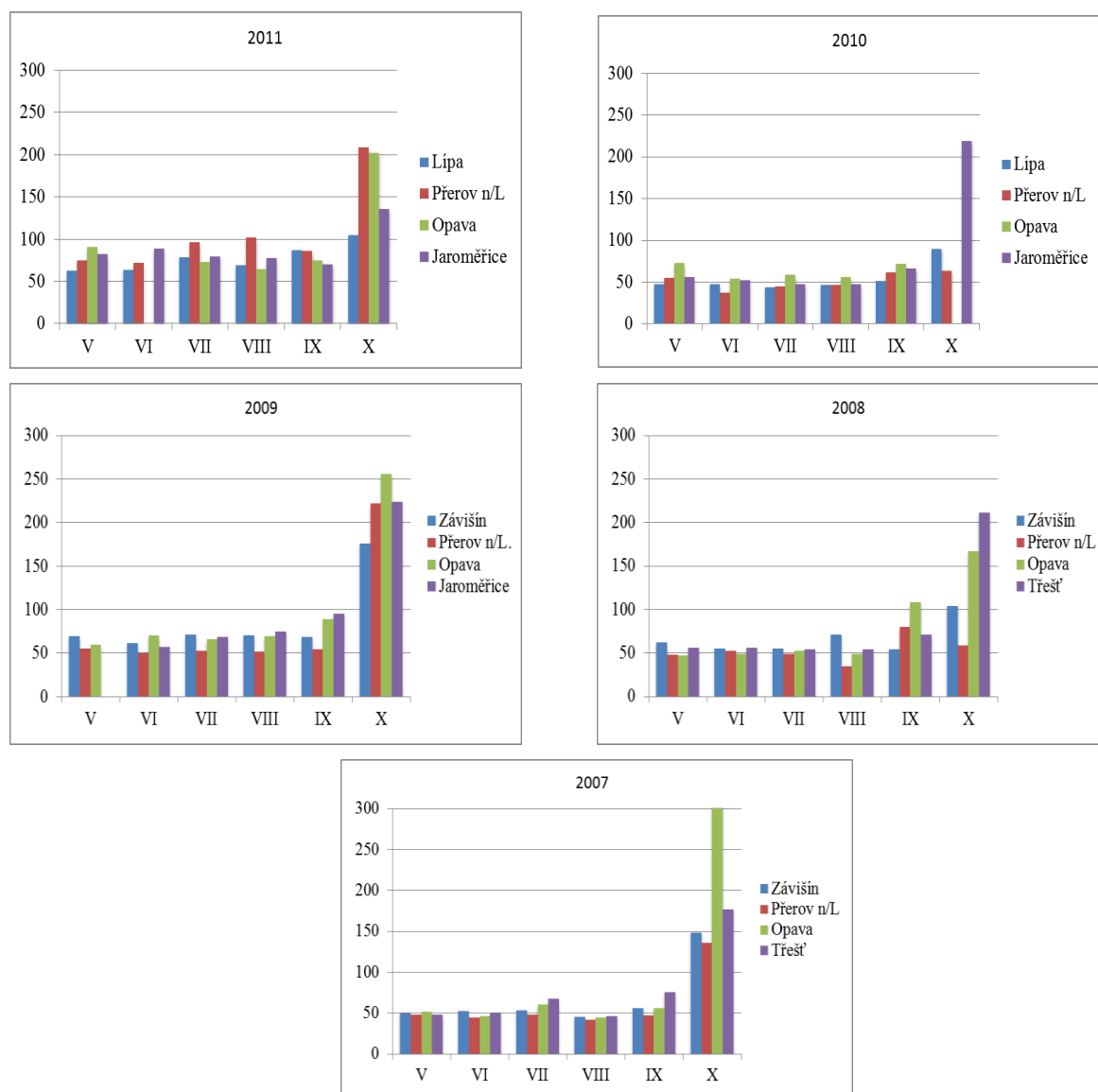
Graf 9: Změny obsahu organických polutantů v jílku v průběhu vegetačního období 2012 (Σ 16 PAU; μg.kg⁻¹ čerstvé biomasy)



Nárůst zachytu organických polutantů v posledním měsíci sledování lze dát do souvislosti s nástupem topné sezóny. I v předcházejících letech sledování byly hodnoty v říjnu výrazně vyšší, jak ukazuje graf 10, a to bez ohledu na přemístění některých stanovišť.



Graf 10: Porovnání změn obsahu organických polutantů v jílku v průběhu vegetačních období 2007-2011 ($\Sigma 16$ PAU; $\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)



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



4.2. BOROVICE VE VEGETAČNÍM OBDOBÍ 2012

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 2012 jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice (aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2012)

	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
	průměr	maximum	minimum	průměr	maximum	minimum
	mg.kg ⁻¹ sušiny					
Al	62,46	95,38	34,92	109,54	186,50	46,67
As	0,44	0,71	< 0,20	0,77	1,31	0,57
Cd	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,06	0,17	< 0,05
Cr	0,20	0,33	< 0,30	0,54	0,96	< 0,30
Cu	2,91	3,21	2,57	2,32	2,80	1,14
Fe	50,42	77,25	33,90	123,34	220,80	65,95
Hg	0,013	0,019	0,008	0,022	0,039	0,015
Mn	95,1	122,8	75,4	118,9	174,4	71,5
Mo	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60
Ni	1,03	1,46	0,49	0,63	1,29	< 0,30
Pb	0,34	0,60	< 0,50	0,56	1,49	< 0,50
S	1026	1112	939	1245	1665	1009
V	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Zn	32,36	37,79	29,69	31,69	41,72	22,19

Průměrné obsahy anorganických polutantů imisně zatížených stanovišť byly vyšší než na stanovištích imisně nezatížených u většiny anorganických polutantů, především výrazně vyšší hodnoty byly zjištěny u hliníku, arzenu, chromu, železa a olova. Minimální rozdíly mezi zatíženými a nezatíženými stanovišti vykazoval zinek. Průměrný obsah niklu a mědi je vyšší na nezatížených stanovištích v porovnání se zatíženými. Hodnoty vanadu a molybdenu byly pod hranicí meze stanovitelnosti na všech stanovištích, hodnoty kadmia byly pod hranicí meze stanovitelnosti na všech stanovištích s výjimkou zimní periody na stanovišti Plzeň.

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 2012)

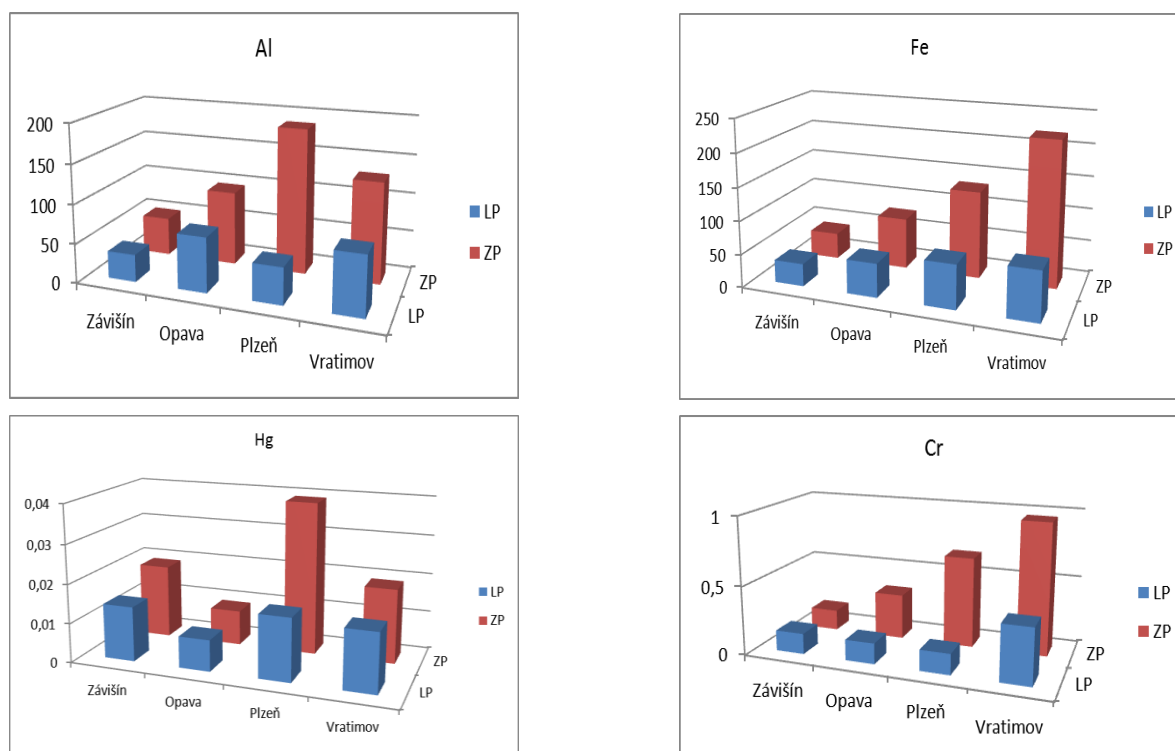
	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	zimní perioda	letní perioda	zimní perioda	letní perioda
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	72,44	52,47	157,95	61,11
As	0,46	0,41	0,58	0,94
Cd	< 0,05	< 0,05	0,10	< 0,05
Cr	0,24	<0,30	0,81	0,28
Cu	2,77	3,04	2,66	1,97
Fe	58,52	42,32	176,55	70,12
Hg	0,014	0,011	0,029	0,016
Mn	91,15	99,10	130,13	105,65
Mo	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60
Ni	0,79	1,26	0,87	0,39
Pb	0,43	<0,50	0,87	<0,50
S	1002	1050	1337	1152
V	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Zn	30,29	34,42	35,15	28,22

Na *zatížených stanovištích* byly zjištěny v zimní periodě vyšší obsahy anorganických polutantů v porovnání s letní periodou. Výrazné rozdíly byly zjištěny u hliníku, chromu, železa a rtuti. Výjimku tvoří arzén, který byl na obou imisně zatížených stanovištích vyšší v letní periodě. Na *nezatížených stanovištích* byly rozdíly mezi zimní a letní periodou u jednotlivých anorganických polutantů různé. Výrazně vyšší obsahy v zimním období byly u hliníku a železa. U niklu a mědi byly naměřeny vyšší hodnoty v letní periodě na obou nezatížených stanovištích. Arzén měl vyšší hodnoty v letní periodě jen na stanovišti Opava (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 mědi. Při porovnání obsahů anorganických polutantů v *letní periodě* mezi nezatíženými a zatíženými stanovišti je zřetelné, že na zatížených stanovištích jsou vyšší obsahy u arzenu, železa a rtuti a nižší obsahy mědi a niklu.

Rozdíly v obsahu vybraných anorganických polutantů – hliník, železo, rtuť a chrom - v jehličí borovice černé v zimní a letní periodě na imisně nezatížených a zatížených stanovištích jsou zřejmé z grafu 11.

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



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

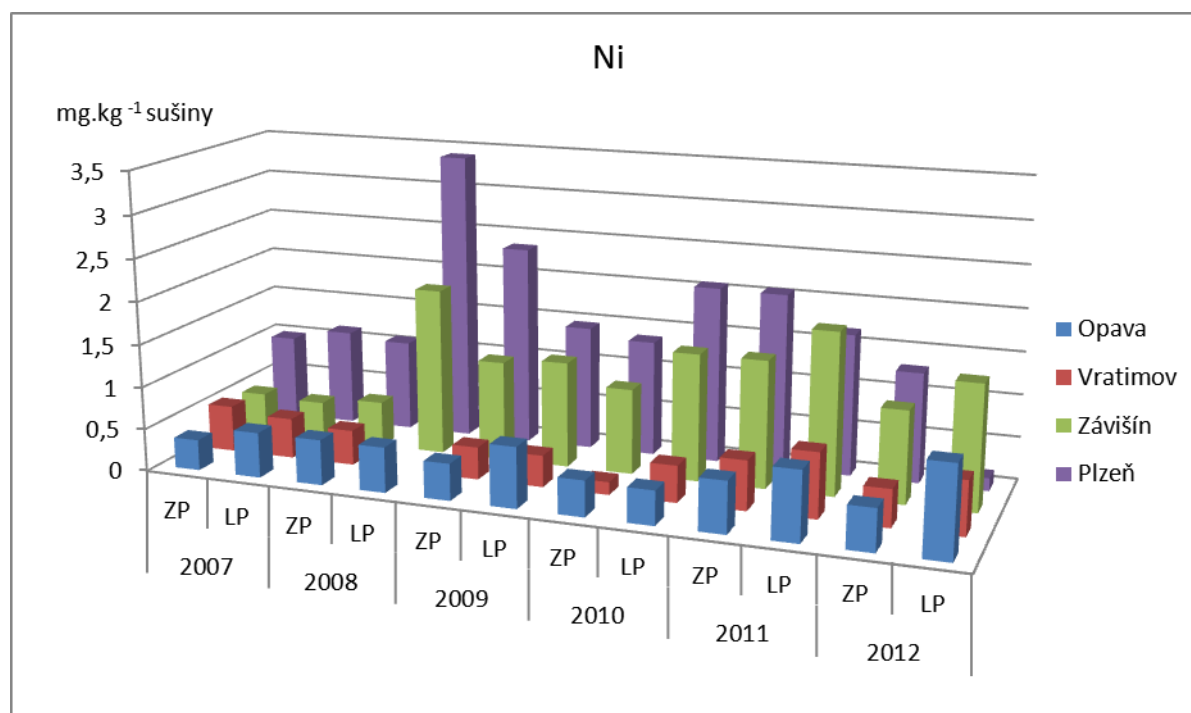
Tabulka 9: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice (aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2012)

	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	Závišín	Opava	Plzeň	Vratimov
	mg.kg^{-1} sušiny			
Al	42,21	82,70	116,59	102,48
As	0,28	0,59	0,53	1,00
Cd	<0,05	<0,05	0,10	<0,05
Cr	<0,30	0,24	0,40	0,68
Cu	3,09	2,72	1,87	2,76
Fe	36,85	63,99	99,13	147,55
Hg	0,016	0,009	0,028	0,017
Mn	80,9	109,3	122,9	114,8
Mo	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
Ni	1,27	0,78	0,72	0,53
Pb	<0,50	0,43	<0,50	0,87
S	1026	1025	1380	1109
V	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Zn	30,92	33,79	31,96	31,41

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 Závěšín, kde hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti byly zjištěny u pěti sledovaných anorganických polutantů – kadmia, chromu, molybdenu, olova a vanadu a nejnižší hodnoty v obou periodách u hliníku, arzénu a železa (tab. 9, Příloha tab. 15).

Zajímavé je porovnání hodnot jednotlivých anorganických polutantů v závislosti na umístění stanoviště. Při porovnání obsahů niklu na jednotlivých stanovištích jsou hodnoty ze západních Čech, kde jsou stanoviště Závěšín a Plzeň, více než dvojnásobně vyšší než hodnoty ze stanovišť Opava a Vratimov, které jsou na severní Moravě. Tyto rozdíly jsou dlouhodobější, jak ukazuje porovnání změn v letech 2007 - 2012 (graf 12). Jen v roce 2012 v letní periodě na stanovišti Opava byl obsah Ni vyšší než v předcházejících letech a na stanovišti Plzeň překvapivě pod mezí stanovitelnosti.

Graf 12: Změny obsahů niklu v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní (LP) a zimní periodě (ZP) v průběhu let 2007 - 2012 (mg.kg^{-1} sušiny)



U manganu a síry byly v roce 2012 zjištěny vyšší hodnoty na stanovišti Opava a Vratimov v letním období, na stanovišti Závěšín a Plzeň v zimním období, v minulých letech však byly hodnoty rozdílné.

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



4.2.2. Organické polutanty v jehličí

Sledování organických polutantů v jehličí borovice černé v roce 2012 ukázalo velké rozdíly mezi jednotlivými stanovišti a rovněž rozdíly mezi zimní a letní periodou.

Průměrné obsahy 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 2012)

Σ PAU (16)	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
	průměr	maximum	minimum	průměr	maximum	minimum
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy					
	239,33	556,54	84,04	478,08	1247,61	86,91

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 2012)

PAU	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	Závišín	Opava	Plzeň	Vratimov
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy			
ANA	<5,00	<5,00	<5,00	3,88
ANT	4,70	2,31	9,92	4,56
ANY	<20,0	<20,0	21,65	<20,0
BAA	3,71	<4,00	8,61	<4,00
BAP	2,29	2,37	7,90	3,49
BBF	4,19	4,66	12,14	6,16
BKF	2,36	3,30	5,12	3,53
BPE	<5,00	<5,00	7,05	4,41
DBA	2,81	<3,00	3,55	<3,00
FLT	13,06	11,83	27,45	45,07
FLU	12,00	11,70	15,37	27,85
CHR	4,87	6,64	9,61	11,38
IPY	<10,00	<10,00	8,32	<10,00
NAP	41,75	32,67	29,32	21,33
PHE	198,68	47,49	113,84	480,40
PYR	9,88	11,90	24,91	18,37
Σ PAU (16)	320,29	158,36	288,90	667,26



Na nezatížených stanovištích Závěšín a Opava nebyla překročena mez stanovitelnosti v žádné periodě u čtyř sledovaných polycyklických aromatických polutantů - acenaphthene (ANA), acenaphthylene (ANY), benzo[g,h,i]perylene (BPE) a indeno[1,2,3-c,d]pyrene (IPY). Na stanovišti Opava nebyla také překročena mez stanovitelnosti u benzo[a]anthracene (BAA) a dibenzo[a,h]anthracene (DBA). Na zatížených stanovištích byly v obou periodách pod hranicí meze stanovitelnosti hodnoty acenaphthene (ANA) na stanovišti Plzeň, na stanovišti Vratimov acenaphthylene (ANY), benzo(a)anthracene (BAA), dibenzo[a,h]anthracene (DBA) a indeno[1,2,3-c,d]pyrene (IPY) (tab. 11).

Podle přílohy tab. 16 byl nejvyšší obsah (Σ 16 PAU) zjištěn na stanovišti Plzeň v zimní periodě, v porovnání s druhým zatíženým stanovištěm Vratimov je tento obsah téměř trojnásobně vyšší. V letní periodě však na stanovišti Plzeň byl druhý nejnižší obsah polycyklických aromatických uhlovodíků, srovnatelný s obsahem PAU na stanovišti Závěšín, kde byl nejnižší zjištěný obsah. V zimním období na Závěšíně však byl zjištěn druhý nejvyšší obsah polycyklických aromatických uhlovodíků (Σ 16 PAU). Nejvyšší obsah PAU v letním období byl na stanovišti Opava.

Podle průměrného obsahu polycyklických aromatických uhlovodíků je relativně nejčistším stanovištěm Opava.

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

V zimní periodě byly na všech stanovištích v porovnání s letní periodou vyšší obsahy jednotlivých organických polutantů s výjimkou stanoviště Opava, kde byly obsahy anthracene (ANT), fluorene (FLU), fluoranthene (FLT), naphtalene (NAP) a phenanthrene (PHE) vyšší v letní periodě (příloha tab. 16).

Na všech stanovištích v obou sledovaných periodách tvořil nejvyšší podíl z celkové sumy polycyklických aromatických uhlovodíků phenanthrene (PHE). Obzvláště vysoký byl obsah phenanthrene (PHE) na stanovišti Plzeň, tvoří 76 % z celkové sumy PAU na tomto stanovišti v zimní periodě, a rovněž na stanovišti Závěšín, kde tvoří 68 % z celkové sumy PAU. V zimní periodě byl na stanovišti Vratimov a Plzeň vysoký obsah fluoranthene (FLT) a obsah naphtalene (NAP) na stanovišti Závěšín (graf 13). Na stanovišti Vratimov byly rovněž zjištěny velmi vysoké hodnoty pyrene (PYR) v zimní periodě v porovnání s ostatními stanovišti.

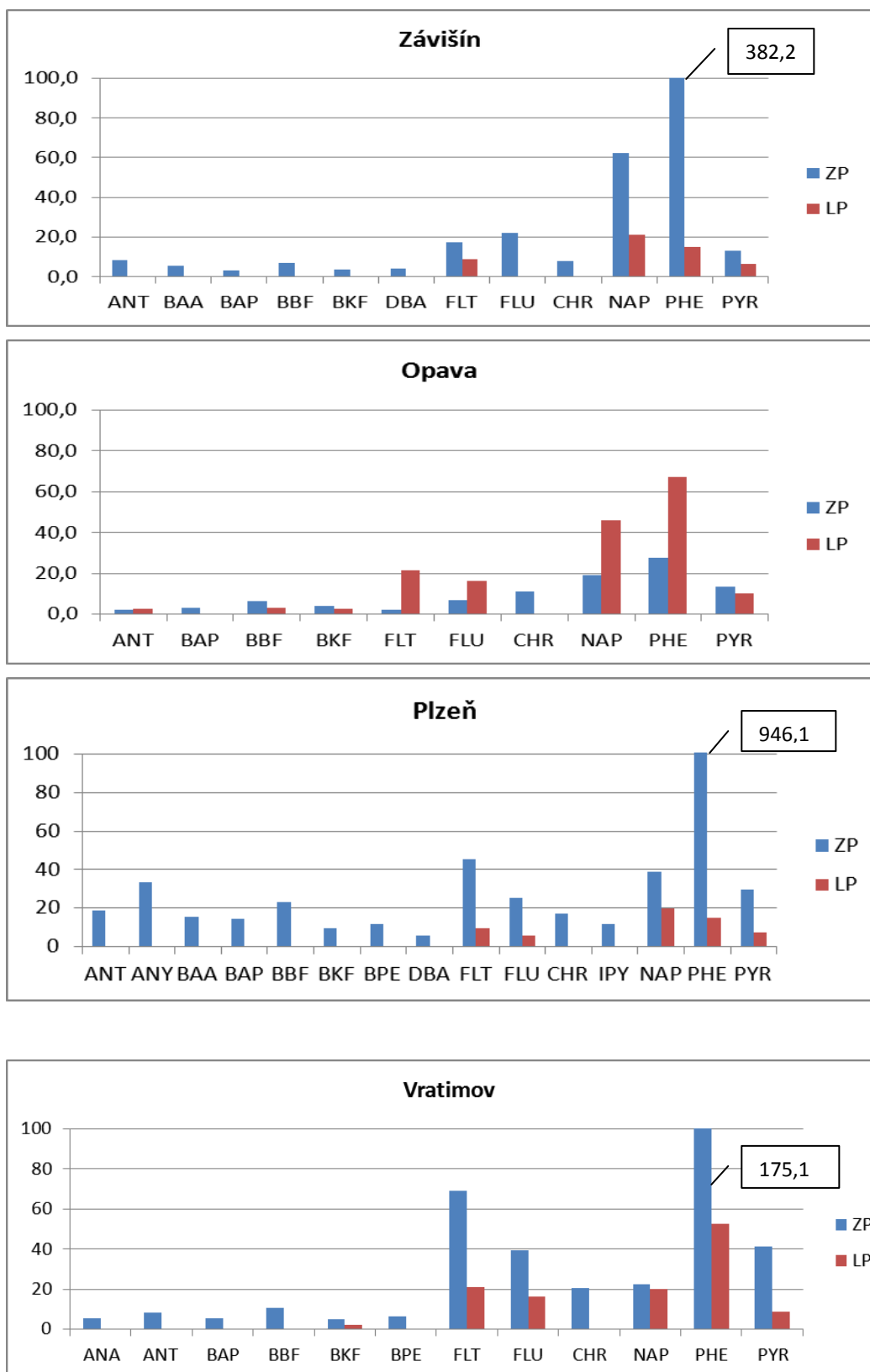
Obsahy všech polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích jsou podrobně uvedeny v tabulce 16 v příloze.



Tabulka 12: Obsahy jednotlivých organických polutantů v jehličí borovice v letní a zimní periodě (aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2012)

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	3,89	<5,00
ANT	5,22	1,80	13,49	<2,00
ANY	<20,0	<20,0	21,65	<20,0
BAA	3,72	< 4,00	8,61	< 4,00
BAP	3,16	<3,00	9,89	<3,00
BBF	6,52	2,34	16,80	<3,00
BKF	3,81	1,85	7,02	1,63
BPE	<5,00	<5,00	8,96	<5,00
DBA	2,80	<3,00	3,55	<3,00
FLT	9,72	15,18	57,18	15,35
FLU	14,50	9,20	32,36	10,86
CHR	9,51	< 4,00	18,98	< 4,00
IPY	<10,00	<10,00	8,32	<10,00
NAP	40,73	33,69	30,79	19,86
PHE	204,97	41,20	560,60	33,63
PYR	13,37	8,42	35,35	7,94
Σ PAU (16)	338,01	140,65	837,40	118,76

Graf 13: Zjištěné obsahy (nad hranicí meze stanovitelnosti) organických polutantů v jehličí borovice na jednotlivých stanovištích v letní a zimní periodě 2012 (PAU v $\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)





5. Závěry

- V roce 2012 byly sledovány obsahy vybraných anorganických polutantů a organických polutantů (16 EPA PAU) v travní hmotě jílku (stanoviště Lípa, Přerov n. Labem, Jaroměřice, Opava) a v jehličí borovice černé (stanoviště Závěšín, Opava, Plzeň, Vratimov).
- Pozad'ové hodnoty anorganických polutantů, získané z literatury jako hodnoty pro Rakousko, byly překročeny ve všech vzorcích jílku u arzenu na všech stanovištích.
- U chrómu došlo k překročení pozad'ových hodnot ve vzorku jílku jen v srpnu na stanovišti Přerov n. Labem a v červenci na stanovišti Jaroměřice nad Rokytnou. Vanad byl v jílku na všech stanovištích pod hranicí meze stanovitelnosti s výjimkou stanoviště Přerov n. Labem, kde v prvních čtyřech měsících sledování byly zjištěné hodnoty nad mez stanovitelnosti a tím i nad uváděnou pozad'ovou hodnotu.
- U síry byly nejvyšší hodnoty na konci vegetačního období, což může být ovlivněno začínající topnou sezónou. Na stanovišti Lípa byl nedostatek hmoty pro stanovení síry ve třech měsících sledování.
- Arzen měl téměř shodný průběh zjištěných hodnot na všech stanovištích s maximem v letních měsících a s nízkými hodnotami na konci vegetačního období.
- Průběh změn obsahu železa a hliníku byl na jednotlivých stanovištích podobný, s maximem v letních měsících.
- Změny hodnot zinku a mědi byly na jednotlivých stanovištích velmi podobné, mezi stanovišti již byly rozdíly.
- Pozad'ová hodnota organických polutantů byla překročena ve všech vzorcích jílku.
- Průměrný obsah organických polutantů v jílku byl nejvyšší na stanovišti Opava, nejnižší hodnoty celkové sumy PAU byly zaznamenány na stanovišti Jaroměřice nad Rokytnou.
- Celková suma organických polutantů v jílku se na stanovištích zvyšovala ke konci vegetačního období. Na stanovišti Lípa pro nedostatek hmoty jílku nebyl obsah zjištěn.
- Na všech stanovištích tvořil v hmotě jílku nejvyšší podíl z celkové sumy PAU phenanthrene (PHE), fluoranthene (FLT) a pyrene (PYR).
- Průměrné obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice černé imisně zatížených stanovišť byly vyšší než průměrné obsahy na stanovištích imisně nezatížených u většiny anorganických polutantů.
- Hodnoty anorganických polutantů v jehličí borovice černé nebyly vždy na všech stanovištích vyšší v zimní periodě. Hodnoty arzenu jsou vyšší v letní periodě s výjimkou stanoviště Závěšín, hodnoty mědi, niklu a zinku s výjimkou stanoviště Plzeň.
- Hodnoty hliníku a železa zjištěné v jehličí borovice černé byly vyšší v zimní periodě na všech stanovištích při porovnání s letní periodou, na imisně zatížených stanovištích velmi výrazně.
- Hodnoty manganu a síry jsou vyšší v zimní periodě na stanovišti Závěšín a Plzeň, na stanovišti Opava a Vratimov jsou vyšší v letní periodě.
- Hodnoty vanadu a molybdenu byly pod hranicí meze stanovitelnosti ve všech vzorcích jehličí. Hodnoty kadmia byly pod hranicí meze stanovitelnosti na všech stanovištích s výjimkou vzorku ze zimní periody na stanovišti Plzeň.
- Na stanovištích Závěšín a Plzeň byly v jehličí vyšší hodnoty niklu v obou periodách oproti



stanovištím Opava a Vratimov s výjimkou letní periody na stanovišti Plzeň, kdy byla hodnota pod mez stanovitelnosti.

- Výrazně vyšší hodnoty záchytu polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí borovice černé byly zjištěny v zimní periodě na všech stanovištích s výjimkou stanoviště Opava, kdy byly hodnoty záchytu vyšší v letní periodě.
- Nejvyšší hodnota záchytu polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí byla zjištěna na stanovišti Plzeň v zimní periodě, nejnižší hodnota na stanovišti Závěšín v letní periodě.
- Nejvyšší podíl z celkové sumy PAU v jehličí tvořil phenanthrene (PHE), vysoký podíl na celkové sumě polycyklických aromatických uhlovodíků měl také fluoranthene (FLT) v zimní periodě na stanovišti Plzeň a naphtalene (NAP) na stanovišti Závěšín.
- Výsledky slouží pro stanovování pozadových hodnot a pro sledování vývoje obsahů jednotlivých polutantů v závislosti na stanovišti a průběhu vegetačního období roku.



6. Literatura

- Öhlinger, R., 2002: Aktives und passives Biomonitoring: Richtwertevorschläge. Bundesamt für Agrarbiologie Linz
- 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

Tabulková příloha

- Tabulka 13: Obsahy anorganických polutantů v sušině jílku - 2012
- Tabulka 14: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v čerstvé hmotě jílku - 2012
- Tabulka 15: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice černé - 2012
- Tabulka 16: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí borovice černé - 2012
- Tabulka 17: Výsledky rozboru substrátu použitého v roce 2012

**Tabulka 13: Obsahy anorganických polutantů v sušině jílku - 2012**

Al	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	42,9	106,0	81,1	61,3	72,8
	VI	48,9	87,5	77,4	62,6	69,1
	VII	60,0	119,8	91,9	82,9	88,6
	VIII	89,2	173,8	125,1	125,7	128,5
	IX	-	119,8	64,1	63,3	82,4
	X	-	100,1	70,2	74,9	81,7
	průměr	60,3	117,8	85,0	78,5	85,4

As	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	2,30	2,03	3,44	3,09	2,72
	VI	2,74	2,58	3,46	4,60	3,35
	VII	1,67	3,55	3,83	3,51	3,14
	VIII	4,07	2,06	4,97	4,47	3,89
	IX	-	2,33	3,44	3,36	3,04
	X	-	1,41	2,16	1,41	1,66
	průměr	2,70	2,33	3,55	3,41	3,00

Cd	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	<0,050	0,051	<0,050	<0,050	0,032
	VI	<0,050	0,053	<0,050	<0,050	0,032
	VII	<0,050	0,074	<0,050	<0,050	0,037
	VIII	<0,050	0,090	<0,050	0,050	0,048
	IX	-	0,065	<0,050	<0,050	0,038
	X	-	0,057	0,065	<0,050	0,049
	průměr	<0,050	0,065	0,032	0,029	0,038

Cr	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	0,36	<0,3	0,32	0,41	0,31
	VI	0,44	<0,3	0,33	0,32	0,31
	VII	0,44	<0,3	0,39	0,56	0,39
	VIII	<0,3	0,55	0,40	0,44	0,39
	IX	-	<0,3	0,35	0,49	0,33
	X	-	0,38	0,45	0,34	0,39
	průměr	0,35	0,25	0,37	0,43	0,35

Cu	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	3,12	2,49	2,43	2,78	2,71
	VI	3,69	3,11	2,51	2,90	3,05
	VII	4,43	3,02	2,91	3,29	3,41
	VIII	4,57	3,82	2,81	3,01	3,55
	IX	-	2,99	3,36	3,18	3,18
	X	-	3,14	4,15	4,04	3,78
	průměr	3,95	3,09	3,03	3,20	3,32



Tabulka 13: pokračování

Fe	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	64,1	101,2	102,4	69,9	84,4
	VI	87,4	101,9	90,0	75,8	88,8
	VII	106,2	108,4	108,5	94,7	104,4
	VIII	106,4	166,0	123,9	129,0	131,3
	IX		101,2	96,3	85,3	94,3
	X		135,6	96,6	108,1	113,4
	průměr	91,0	119,1	102,9	93,8	101,7

Hg	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	0,017	0,011	0,012	0,009	0,012
	VI	0,012	0,012	0,021	0,009	0,014
	VII	0,012	0,013	0,017	0,015	0,014
	VIII	0,011	0,017	0,015	0,010	0,013
	IX	-	0,009	0,016	0,009	0,011
	X	-	0,013	0,018	0,011	0,014
	průměr	0,013	0,013	0,016	0,010	0,013

Mn	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	115,6	137,0	151,1	123,8	131,9
	VI	123,2	170,0	169,0	102,6	141,2
	VII	151,1	201,7	179,2	201,2	183,3
	VIII	156,5	184,8	203,6	180,7	181,4
	IX	-	181,9	191,9	149,7	174,5
	X	-	201,3	200,5	167,0	189,6
	průměr	136,6	179,5	182,6	154,2	163,2

Mo	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	1,33	<0,6	0,76	0,97	0,84
	VI	<0,6	0,64	0,66	1,24	0,71
	VII	1,11	0,78	0,63	1,24	0,94
	VIII	1,19	0,65	0,85	1,20	0,97
	IX	-	<0,6	0,63	0,84	0,59
	X	-	<0,6	0,65	0,71	0,55
	průměr	0,98	0,50	0,70	1,03	0,80

Ni	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	0,76	0,54	0,47	0,54	0,58
	VI	0,69	0,53	0,50	0,58	0,58
	VII	0,75	0,57	0,55	0,87	0,69
	VIII	0,73	0,87	0,86	0,51	0,74
	IX	-	0,67	0,88	0,42	0,66
	X	-	0,74	0,96	0,45	0,72
	průměr	0,73	0,65	0,70	0,56	0,66



Tabulka 13: pokračování

Pb	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
	VI	<0,50	0,51	0,50	<0,50	0,38
	VII	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
	VIII	<0,50	1,01	0,53	<0,50	0,51
	IX	-	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
	X	-	<0,50	0,76	<0,50	0,42
	průměr	<0,50	0,42	0,42	<0,50	0,34

S	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	1834	1734	1588	1740	1724
	VI	3526	2365	1732	2276	2475
	VII	-	2643	2718	2066	2476
	VIII	3313	2391	2405	2333	2611
	IX	-	2638	2807	2602	2682
	X	-	4430	3314	3858	3867
	průměr	2891	2700	2427	2479	2624

V	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	<0,50	0,88	<0,50	<0,50	0,41
	VI	<0,50	0,67	<0,50	<0,50	0,36
	VII	<0,50	0,72	<0,50	<0,50	0,37
	VIII	<0,50	0,52	<0,50	<0,50	0,32
	IX	-	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
	X	-	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
	průměr	<0,50	0,55	<0,50	<0,50	0,33

Zn	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	20,52	21,11	15,28	15,69	18,15
	VI	27,67	22,83	14,78	17,63	20,73
	VII	36,89	27,03	16,75	20,94	25,40
	VIII	24,08	36,96	18,43	20,32	24,95
	IX	-	21,31	20,90	19,75	20,65
	X	-	29,44	24,79	22,07	25,43
	průměr	27,29	26,45	18,49	19,40	22,91



Tabulka 14: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v čerstvé hmotě jílku (16 EPA PAU) - 2011

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	<2,00	<2,00
	průměr	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00

ANY	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	<20,00	<20,00	<20,00	<20,00	<20,00
	VI	<20,00	<20,00	<20,00	<20,00	<20,00
	VII	<20,00	<20,00	<20,00	<20,00	<20,00
	VIII	<20,00	<20,00	<20,00	<20,00	<20,00
	IX	<20,00	<20,00	<20,00	<20,00	<20,00
	X	-	<20,00	<20,00	<20,00	<20,00
	průměr	<20,00	<20,00	<20,00	<20,00	<20,00

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	4,16	<3,00	<3,00	2,17
	VI	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	VII	3,92	<3,00	3,11	<3,00	2,51
	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	3,75	<3,00	2,25
	průměr	2,10	1,94	2,14	<3,00	1,92



Tabulka 14: pokračování

BBF

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	<3,00	3,71	<3,00	<3,00	2,05
VI	<3,00	<3,00	3,17	<3,00	1,92
VII	3,34	<3,00	<3,00	<3,00	1,96
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	3,55	<3,00	2,18
průměr	1,94	1,87	2,12	<3,00	1,86

BKF

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	<2,00	3,66	<2,00	2,05	1,93
VI	2,32	<2,00	2,18	2,07	1,89
VII	3,66	<2,00	2,95	<2,00	2,15
VIII	<2,00	<2,00	2,20	<2,00	1,30
IX	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
X	-	2,42	3,36	2,05	2,61
průměr	1,99	1,68	2,12	1,53	1,83

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	<5,00	<5,00
průměr	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00

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	5,17	2,42
X	-	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
průměr	<3,00	<3,00	<3,00	2,11	1,65

FLT

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	3,95	4,85	7,20	4,61	5,15
VI	3,59	3,42	6,05	5,28	4,59
VII	4,45	2,95	8,67	4,33	5,10
VIII	3,19	3,22	5,60	3,76	3,94
IX	4,04	3,37	10,14	8,49	6,51
X	-	21,73	18,96	16,23	18,97
průměr	3,80	6,59	9,44	7,12	6,74



Tabulka 14: pokračování

FLU

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	5,03	<4,00	<4,00	4,91	3,49
VI	4,99	<4,00	4,41	4,05	3,86
VII	2,00	<4,00	<4,00	6,12	3,03
VIII	<4,00	<4,00	7,17	<4,00	3,29
IX	<4,00	<4,00	5,59	<4,00	2,90
X	-	<4,00	5,19	<4,00	3,06
průměr	3,50	<4,00	4,39	3,52	3,35

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	4,10	<4,00	5,61
průměr	<4,00	<4,00	2,35	<4,00	2,75

IPY

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00
VI	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00
VII	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00
VIII	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00
IX	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00
X	-	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00
průměr	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00

NAP

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	6,26	<5,00	<5,00	5,17	4,11
VI	7,04	<5,00	<5,00	5,58	4,41
VII	<5,00	<5,00	<5,00	8,95	4,11
VIII	<5,00	<5,00	8,70	<5,00	4,05
IX	<5,00	<5,00	8,06	<5,00	3,89
X	-	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
průměr	4,58	<5,00	4,46	4,53	4,02

PHE

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	12,15	8,21	9,09	11,01	10,12
VI	10,94	6,23	12,22	9,63	9,76
VII	8,91	5,55	12,69	8,29	8,86
VIII	4,50	5,03	7,41	2,00	4,74
IX	5,06	7,68	11,40	11,93	9,02
X	-	19,48	15,51	13,70	16,23
průměr	9,12	8,70	11,39	9,43	9,66

**Tabulka 14: pokračování****PYR**

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n.L.	Opava	Jaroměřice	průměr
V	2,29	4,06	5,28	3,26	3,72
VI	2,22	2,38	4,61	3,92	3,28
VII	3,56	1,00	6,12	3,62	3,58
VIII	2,37	2,36	3,87	2,63	2,81
IX	2,36	2,35	6,23	5,17	4,03
X	-	11,74	10,30	9,29	10,44
průměr	2,61	3,98	6,07	4,65	4,33



Tabulka 15: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice 2011 (ZP – zimní perioda, LP – letní perioda)

	mg.kg ⁻¹	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
		Závišín	Opava	průměr	Plzeň	Vratimov	průměr
Al	ZP	49,49	95,38	72,44	186,50	129,40	157,95
	LP	34,92	70,01	52,47	46,67	75,55	61,11
	průměr	42,21	82,70	62,46	116,59	102,48	109,54
As	ZP	0,46	0,46	0,46	0,48	0,68	0,58
	LP	<0,20	0,71	0,41	0,57	1,31	0,94
	průměr	0,28	0,59	0,44	0,53	1,00	0,77
Cd	ZP	<0,05	<0,05	<0,05	0,17	<0,05	0,10
	LP	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
	průměr	<0,05	<0,05	<0,05	0,10	<0,05	0,06
Cr	ZP	<0,30	0,33	0,24	0,66	0,96	0,81
	LP	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	0,40	0,28
	průměr	<0,30	0,24	0,20	0,40	0,68	0,54
Cu	ZP	2,97	2,57	2,77	2,60	2,71	2,66
	LP	3,21	2,86	3,04	1,14	2,80	1,97
	průměr	3,09	2,72	2,91	1,87	2,76	2,32
Fe	ZP	39,79	77,25	58,52	132,30	220,80	176,55
	LP	33,90	50,73	42,32	65,95	74,29	70,12
	průměr	36,85	63,99	50,42	99,13	147,55	123,34
Hg	ZP	0,019	0,009	0,014	0,039	0,019	0,029
	LP	0,014	0,008	0,011	0,016	0,015	0,016
	průměr	0,016	0,009	0,013	0,028	0,017	0,022
Mn	ZP	86,4	95,9	91,15	174,40	89,86	132,13
	LP	75,4	122,8	99,10	71,50	139,80	105,65
	průměr	80,9	109,3	95,10	122,95	114,83	118,89
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	1,08	0,49	0,79	1,29	0,44	0,87
	LP	1,46	1,06	1,26	<0,30	0,63	0,39
	průměr	1,27	0,78	1,03	0,72	0,53	0,63
Pb	ZP	<0,50	0,60	0,43	<0,50	1,49	0,87
	LP	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
	průměr	<0,50	0,43	0,34	<0,50	0,87	0,56
S	ZP	1064	939	1002	1665	1009	1337
	LP	988	1112	1050	1095	1209	1152
	průměr	1026	1025	1026	1380	1109	1245
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	30,89	29,69	30,29	41,72	28,57	35,15
	LP	30,95	37,88	34,42	22,19	34,25	28,22
	průměr	30,92	33,79	32,36	31,96	31,41	31,69



Tabulka 16: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí borovice černé v roce 2011 (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	5,27	3,89
	LP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	průměr	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	3,88	3,19
ANT	ZP	8,41	2,03	5,22	18,84	8,13	13,49
	LP	< 2,00	2,59	1,80	< 2,00	< 2,00	< 2,00
	průměr	4,70	2,31	3,51	9,92	4,56	7,24
ANY	ZP	<20,0	<20,0	<20,0	33,29	<20,0	21,65
	LP	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
	průměr	<20,0	<20,0	<20,0	21,65	<20,0	15,83
BAA	ZP	5,43	<4,00	3,72	15,21	<4,00	8,61
	LP	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	průměr	3,71	<4,00	2,86	8,61	<4,00	5,31
BAP	ZP	3,09	3,23	3,16	14,30	5,47	9,89
	LP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	průměr	2,29	2,37	2,33	7,90	3,49	5,70
BBF	ZP	6,87	6,16	6,52	22,78	10,82	16,80
	LP	<3,00	3,17	2,34	<3,00	<3,00	<3,00
	průměr	4,19	4,66	4,43	12,14	6,16	9,15
BKF	ZP	3,71	3,91	3,81	9,23	4,80	7,02
	LP	<2,00	2,69	1,85	<2,00	2,25	1,63
	průměr	2,36	3,30	2,83	5,12	3,53	4,33
BPE	ZP	<5,00	<5,00	<5,00	11,60	6,31	8,96
	LP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	průměr	<5,00	<5,00	<5,00	7,05	4,41	5,73
DBA	ZP	4,11	<3,00	2,80	5,60	<3,00	3,55
	LP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	průměr	2,81	<3,00	2,16	3,55	<3,00	2,53
FLT	ZP	17,40	2,03	9,72	45,40	68,95	57,18
	LP	8,72	21,64	15,18	9,51	21,19	15,35
	průměr	13,06	11,83	12,45	27,45	45,07	36,26
FLU	ZP	21,99	7,01	14,50	25,26	39,46	32,36
	LP	<4,00	16,40	9,20	5,48	16,24	10,86
	průměr	12,00	11,70	11,85	15,37	27,85	21,61
CHR	ZP	7,74	11,28	9,51	17,21	20,75	18,98
	LP	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	průměr	4,87	6,64	5,76	9,61	11,38	10,50
IPY	ZP	<10,00	<10,00	<10,00	11,64	<10,00	8,32
	LP	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00
	průměr	<10,00	<10,00	<10,00	8,32	<10,00	6,66



Tabulka 16: pokračování

	mg.kg ⁻¹	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
		Závišín	Opava	průměr	Plzeň	Vratimov	průměr
NAP	ZP	62,30	19,15	40,73	39,01	22,57	30,79
	LP	21,19	46,18	33,69	19,63	20,08	19,86
	průměr	41,75	32,67	37,21	29,32	21,33	25,33
PHE	ZP	382,2	27,74	204,97	946,1	175,1	560,60
	LP	15,16	67,23	41,20	14,69	52,57	33,63
	průměr	198,68	47,49	123,09	480,40	113,84	297,12
PYR	ZP	13,29	13,44	13,37	29,64	41,05	35,35
	LP	6,47	10,36	8,42	7,11	8,77	7,94
	průměr	9,88	11,90	10,89	18,37	24,91	21,64
Σ PAU ZP		556,54	119,47	338,01	1247,61	427,19	837,40
Σ PAU LP		84,04	197,25	140,65	86,91	150,61	118,76



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
13620	12,34	5,19	0,95	3,02	18,93

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
37,73	6171	0,132	82,39	1,52	16,53

Pb mg.kg ⁻¹ v sušině	V mg.kg ⁻¹ v sušině	Zn mg.kg ⁻¹ v sušině
7,16	29,62	27,49

P celk. v suš. mg.kg ⁻¹	K celk. v suš. mg.kg ⁻¹	Mg celk. v suš. mg.kg ⁻¹	N (t) v sušině %
1163	352,5	627,8	1,83

C:N	pH/H ₂ O	vodivost mS.cm ⁻¹	suš./pv %	org./s %	vlhkost v %
21,1	4,36	0,12	60,03	77,28	60,03

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
87,5	10,8	7,79	< 20,0	29,8	10,7

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
63,1	8,77	9,51	43,5	33,3	31,9

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)
51,4	< 10,00	139	144	25,4	623,97