

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



VÝSLEDKY AKTIVNÍHO BIOMONITORINGU

Zpráva za rok 2015

Zpracovala: Ing. Lenka Klementová

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



1. Úvod

Aktivní biomonitoring je jednou z možných metod vedoucích ke zjištění aktuálních atmosférických depozičních zátěží krajiny a především zemědělské produkce vybranými prvky. Spočívá v cíleném vystavení vybraných rostlin vlivům těchto prvků v zájmovém území a sledování jejich reakce. Ověřování metody aktivního biomonitoringu v podmínkách naší republiky bylo ukončeno v roce 1999 (PAVLÍČEK et al., 2000). Na základě výsledků tohoto ověřování byla vypracována metodika aktivního biomonitoringu, která je od roku 2000 používána na vybraných stanovištích ÚKZÚZ ke zjišťování pozadových hodnot anorganických a organických polutantů. Jako bioindikátory byly zvoleny jílky 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 2015.

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 Závěšíně.

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

2.1. Charakteristika čistých stanovišť

045 (4025B) - Závěšín	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 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 jílků mnohokvětých
- **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. Ušchlé rostliny byly nahrazeny novými. Na stanovišti Pusté Jakartice byl v říjnu vyměněn kontejner a vysázeny nové borovice, odběry jehličí v roce 2015 byly provedeny ještě z původních rostlin.

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 jílků mnohokvětých. Osivo bylo rovnoměrně rozděleno po celé ploše květináče, zasypáno 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 jílků mnohokvětých. 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 2015 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

Obsahy anorganických polutantů jsou vyjádřeny v mg.kg⁻¹ sušiny, obsahy aromatických uhlovodíků v µg.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. 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.

Orientační hodnoty pro maximální limity pozadí z Rakouska (AGES, 2014) byly v roce 2014 změněny. V této zprávě za rok 2015 jsou výsledky uváděny pro sumu 15 PAU z důvodu srovnání s minulými roky sledování. Pro porovnání zjištěných obsahů s orientačními hodnotami pro maximální limity pozadí z Rakouska uváděnými AGES (2014) je část výsledků zpracována pro sumu 12 PAU.

Získaná biomasa 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. Substrát dodaný v roce 2014 byl použit k výsevu i v roce 2015. Výsledky rozboru vzorku substrátu jsou uvedeny v příloze tabulka č. 18.

4. Výsledky a diskuse

4.1. JÍLEK VE VEGETAČNÍM OBDOBÍ 2015

V roce 2015 se podařilo na všech stanovištích sklídit dostatečné množství hmoty jílku k rozborům na organické polutanty s výjimkou posledního měsíce sledování října, ve kterém na stanovišti Lípa nenarostl dostatek hmoty jílku pro stanovení anorganických polutantů.

4.1.1. Anorganické polutanty v jílků

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

Tabulka 1: Obsahy anorganických polutantů v jílků (aritmetický průměr za vegetační období 2015)

	2015			orientační hodnota pro maximální limity pozadí ¹⁾
	průměr	maximum	minimum	
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	87,5	166	42,2	87,0
As	3,21	6,36	0,88	0,20
Cd	0,03	0,07	< 0,05	0,14
Cr	0,52	0,91	0,32	0,70
Cu	3,94	6,64	2,63	12,0
Fe	112	162	77,2	x
Hg	0,010	0,019	0,006	0,025
Mn	141	171	109	x
Mo	0,34	0,66	< 0,60	4,20
Ni	0,64	0,90	0,41	3,00
Pb	0,43	1,61	< 0,50	0,75
S	3148	5341	1558	5500
V	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,14
Zn	24,8	33,0	15,3	75,0

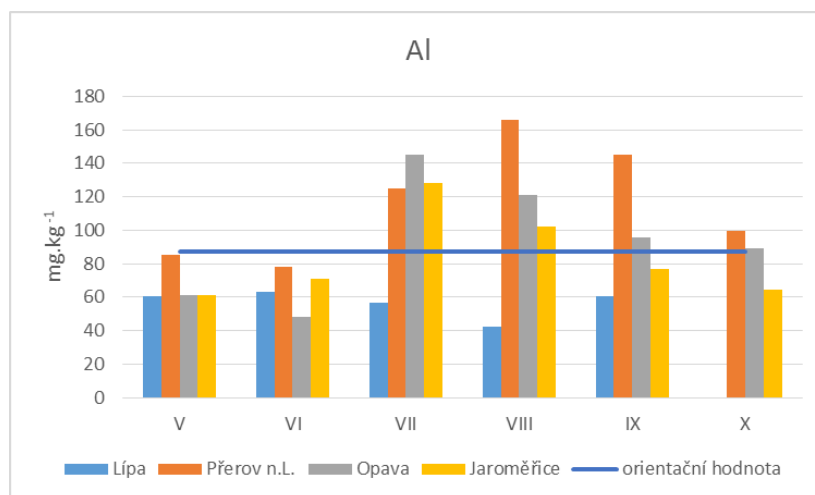
x - údaj chybí

¹⁾ AGES (2014)

Pozn: pro výpočet průměru byla použita polovina hodnoty meze stanovitelnosti

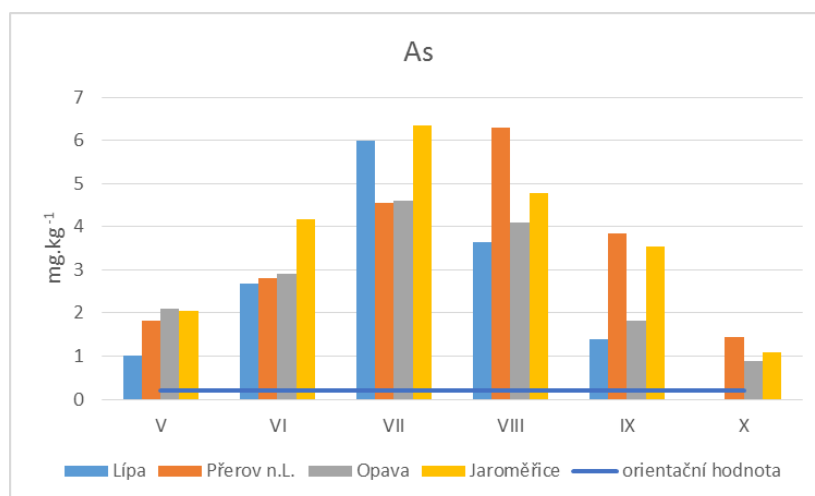
Průměrné obsahy sledovaných anorganických polutantů byly za vegetační období 2015 s výjimkou hliníku a arzenu nižší než orientační hodnoty pro maximální limity pozadí z Rakouska (AGES, 2014). Průměrný obsah hliníku jen lehce překračuje uváděnou orientační hodnotu. V jednotlivých měsících sledování nebyla tato hodnota v hmotě jílku překročena na stanovišti Lípa. Na stanovištích Přerov n. Labem, Opava a Jaroměřice byla v letních měsících překročena výrazně (graf 1, příloha tab. 14).

Graf 1: Změny obsahů hliníku v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2015 (mg.kg^{-1} sušiny)



Všechny hodnoty arzenu zjištěné v hmotě jílku během vegetačního období byly nad uváděnou orientační hodnotou (příloha tab. 13). K překročení této hodnoty pro arsen došlo na všech stanovištích ve všech vzorcích, i minimální hodnota arzenu zjištěná v říjnu v jílku ze stanoviště Opava ($0,88 \text{ mg.kg}^{-1}$) je čtyřnásobně vyšší než uváděná orientační hodnota (graf 2).

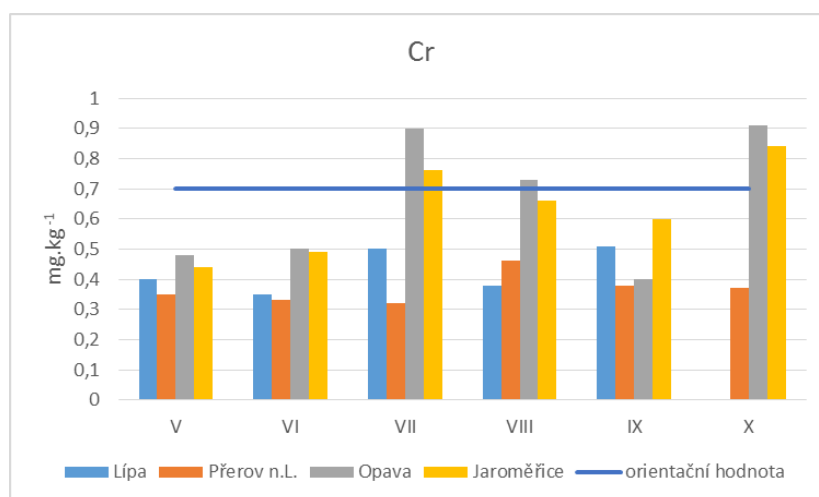
Graf 2: Změny obsahů arzenu v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2015 (mg.kg^{-1} sušiny)



S výjimkou olova a chromu jednotlivé obsahy dalších anorganických polutantů v jílku na stanovištích nepřekročily uváděné orientační hodnoty (AGES, 2014). Na stanovišti Opava byly orientační hodnoty chromu překročeny v červenci, srpnu a říjnu, na stanovišti Jaroměřice

v červenci a říjnu (graf 3). Hodnoty olova nad orientační hodnotu byly zjištěny na stanovišti Přerov n. L. v srpnu a říjnu, na stanovišti Opava v červenci a říjnu. V jiných měsících sledování jsou ale velmi nízké. Na stanovišti Lípa v průběhu sledování nebyla hranice meze stanovitelnosti překročena ani jednou, na stanovišti Jaroměřice v červenci a v říjnu (příloha tab. 14).

Graf 3: Změny obsahu chromu v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2015 (mg.kg^{-1} sušiny)



Porovnání orientační hodnoty pro maximální limity pozadí s obsahy vanadu v jílku nebylo provedeno, na všech stanovištích byly hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti. Polovina hodnoty meze stanovitelnosti pro vanad, která je používána pro výpočet průměru, je vyšší než orientační hodnota pro maximální limity pozadí z Rakouska (AGES, 2014).

Tabulka 2: Obsah anorganických polutantů v jílku na jednotlivých stanovištích (aritmetický průměr za vegetační období 2015)

	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice
	mg.kg^{-1} sušiny			
Al	56,6	116	93,3	83,9
As	2,95	3,46	2,74	3,67
Cd	< 0,05	0,05	0,03	< 0,05
Cr	0,42	0,37	0,65	0,63
Cu	4,04	3,73	4,14	3,83
Fe	85,7	128	124	109
Hg	0,008	0,009	0,013	0,008
Mn	114	156	143	150
Mo	<0,60	0,35	<0,60	0,36
Ni	0,58	0,71	0,60	0,67
Pb	< 0,50	0,56	0,58	0,31
S	3473	2953	3349	2818
V	<0,50	< 0,50	<0,50	<0,50
Zn	23,2	24,9	25,3	25,7

Mezi stanovišti jsou u některých anorganických polutantů významnější rozdíly, jak je zřejmé z porovnání průměrných obsahů anorganických polutantů na jednotlivých stanovištích (tab. 2). Výrazně nižší průměrné obsahy hliníku, železa a manganu byly zjištěny ve hmotě jílku ze stanoviště Lípa v porovnání s ostatními stanovišti. Vyšší zde byl průměrný obsah síry, a to i přes chybějící hodnotu z října. Vyšší průměrný obsah síry byl zjištěn i na stanovišti Opava. Na tomto stanovišti je za sledované období rovněž vyšší průměrný obsah rtuti, na čemž se podílí vyšší hodnoty zjištěné v hmotě jílku v letních měsících (příloha tab. 14).

Vyšší průměrné obsahy arzenu a niklu vykazoval jílek ze stanoviště Přerov n. Labem a Jaroměřice. Na stanovišti Opava a Jaroměřice byl zjištěn vyšší průměrný obsah chromu.

Podle zjištěných průměrných obsahů anorganických polutantů se jeví jako relativně nejčistší stanoviště Lípa. Na tomto stanovišti jsou průměrné obsahy nižší u většiny anorganických polutantů s výjimkou už uvedené síry.

Při porovnání průměrných obsahů anorganických polutantů v jítku v závislosti na vegetačním období v roce 2015 lze konstatovat, že u většiny anorganických polutantů jsou nejnižší hodnoty zjištěny na počátku vegetačního období (tab. 3). Výjimkou je již zmiňovaný arzen s nejnižším průměrným obsahem v posledním měsíci sledování a nejvyšším v červenci. Nejvyšší průměrné hodnoty u většiny anorganických polutantů byly zjištěny na konci vegetačního období v říjnu s výjimkou hliníku, arzenu a rtuti, jejichž nejvyšší průměrné hodnoty byly v letních měsících.

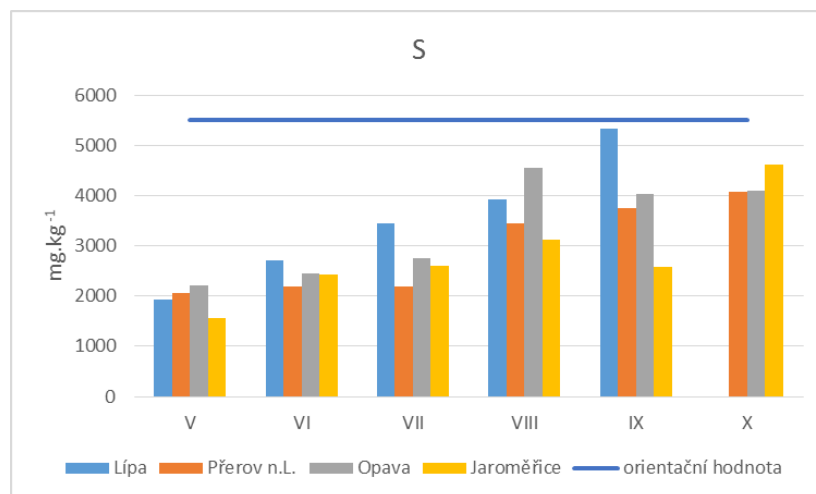
Tabulka 3: Změny obsahu anorganických polutantů v jítku v průběhu vegetačního období (aritmetický průměr stanovišť v měsících 2015)

	V	VI	VII	VIII	IX	X
	mg.kg ⁻¹ sušiny					
Al	67,1	65,0	114	108	94,5	84,5
As	1,74	3,15	5,38	4,71	2,65	1,14
Cd	< 0,05	<0,05	0,03	0,04	0,04	0,03
Cr	0,42	0,42	0,62	0,56	0,47	0,71
Cu	2,98	3,18	3,81	3,89	4,64	5,48
Fe	87,4	81,7	128	132	120	132
Hg	0,008	0,007	0,012	0,011	0,010	0,010
Mn	129	146	140	143	142	157
Mo	< 0,60	0,39	<0,60	0,38	<0,60	<0,60
Ni	0,47	0,55	0,67	0,78	0,66	0,77
Pb	0,35	< 0,50	0,41	0,70	< 0,50	0,72
S	1937	2442	2745	3766	3930	4267
V	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Zn	18,3	21,9	25,6	27,4	27,3	29,7

Průměrný obsah síry má během vegetačního období stoupající tendenci s nejvyšší hodnotou v říjnu (4267 mg.kg⁻¹), což se dává do souvislosti se začátkem topné sezóny. Takovýto průběh hodnot síry byl na stanovišti Lípa a Přerov n. Labem. Na stanovišti Opava byla zjištěna nejvyšší hodnota síry v srpnu. Na stanovišti Jaroměřice mají hodnoty síry stoupající tendenci s poklesem v září, v říjnu pak byla naměřena nejvyšší hodnota síry v tomto měsíci mezi stanovišti (graf 4). Pro stanoviště Lípa chybí údaj za poslední měsíc sledování, kdy narostlo málo hmoty jílku pro všechna stanovení. Poslední zjištěná hodnota ze září je velmi vysoká v porovnání

s ostatními údaji, nepřekročila však orientační hodnoty pro maximální limity pozadí z Rakouska (AGES, 2014).

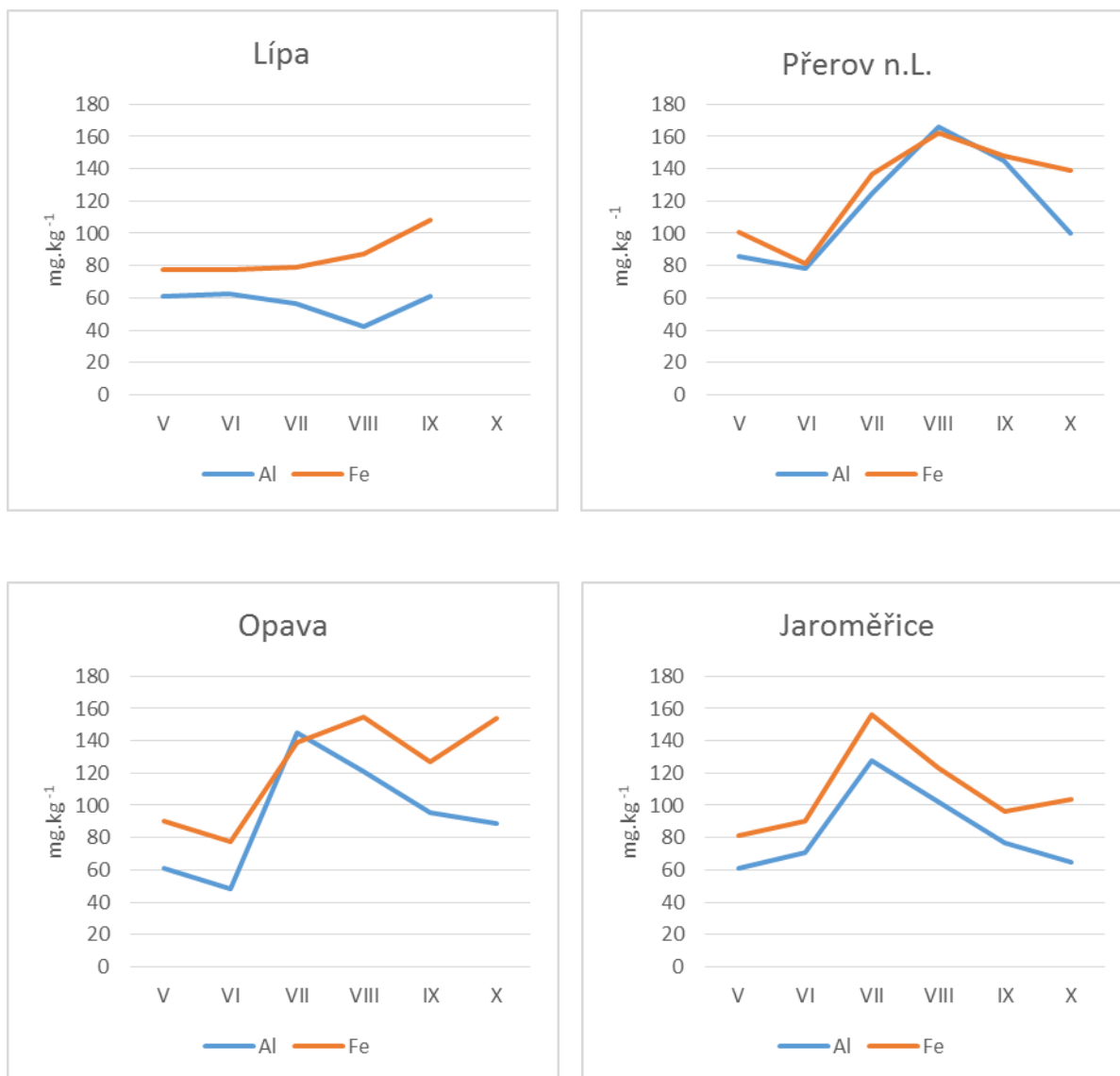
Graf 4: Změny obsahu síry v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2015 (mg.kg⁻¹ sušiny)



Obsahy kadmia, olova a molybdenu v jílku byly v průběhu sledování nízké a jen v některých měsících byla překročena mez stanovitelnosti. Hodnoty kadmia nad mez stanovitelnosti byly jen na stanovišti Přerov n. Labem (srpen, září, říjen) a Opava (říjen). Hodnoty olova byly nad mezí stanovitelnosti v srpnu a říjnu na stanovišti Přerov n. Labem, v červenci a říjnu na stanovišti Opava a v říjnu na stanovišti Jaroměřice. Většina zjištěných hodnot molybdenu byla pod hranicí meze stanovitelnosti, jen na stanovišti Jaroměřice v červnu a na stanovišti Přerov n. Labem v srpnu byly naměřeny hodnoty těsně nad mez stanovitelnosti. Hodnoty vanadu nepřekročily hranici meze stanovitelnosti na žádném stanovišti v průběhu celého sledování (příloha tab. 14).

Zjištěné hodnoty železa v jílku jsou na stanovištích Přerov n. Labem, Opava a Jaroměřice nižší v počátečních měsících sledování, nejvyšší jsou v letních měsících. Průběh hodnot železa na těchto stanovištích je obdobný jako průběh hliníku (graf 5). Na stanovišti Lípa jsou hodnoty železa nižší a mají stoupající tendenci ke konci vegetačního období.

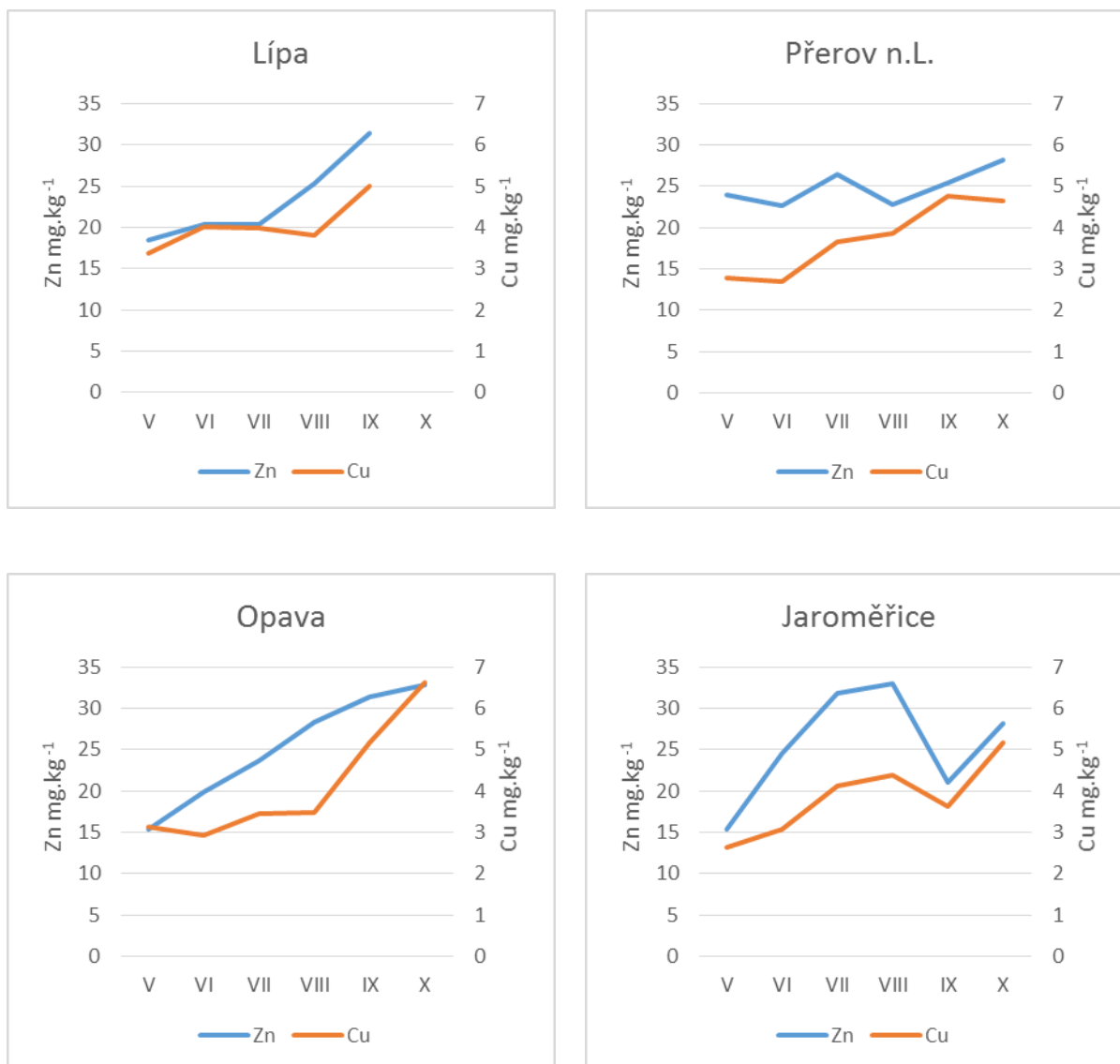
Graf 5: Změny obsahů železa a hliníku v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2015 (mg.kg^{-1} sušiny)



Průběh hodnot zinku je na jednotlivých stanovištích rozdílný. Na stanovišti Lípa a Opava jsou hodnoty zinku nejnižší v květnu a maxima jsou v posledních měsících sledování. Na stanovišti Jaroměřice je nejnižší hodnota také na počátku sledování, nejvyšší hodnota je v červenci. Na stanovišti Přerov n. Labem je hodnota zinku nejvyšší v říjnu, ale během sledování jsou hodnoty rozkolísané.

Rovněž u mědi je průběh hodnot na každém stanovišti rozdílný, ale celkově mají hodnoty ve vegetačním období stoupající tendenci. Minima byla zjištěna na stanovištích Lípa, Přerov n. Labem a Jaroměřice v květnu, na stanovišti Opava v červnu. Nejvyšší hodnoty mědi byly zjištěny na stanovišti Lípa, Opava a Jaroměřice v říjnu, na stanovišti Přerov n. Labem v září, ale i v říjnu zjištěná hodnota byla na tomto stanovišti vysoká. Průběh změn zinku a mědi ve sledovaném období na stanovišti Jaroměřice je značně shodný (graf 6).

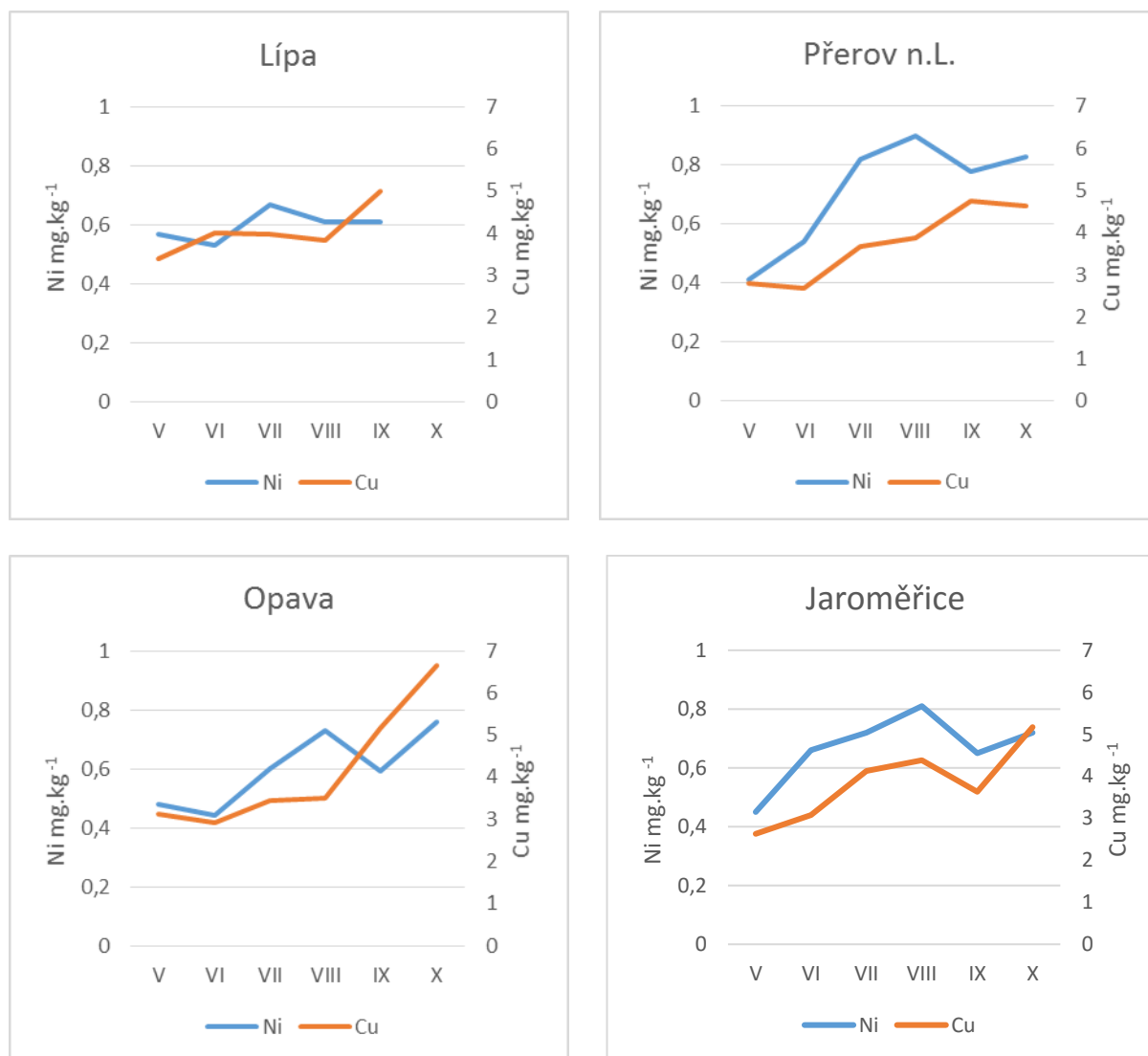
Graf 6: Změny obsahů zinku a mědi v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2015 (mg.kg^{-1} sušiny)



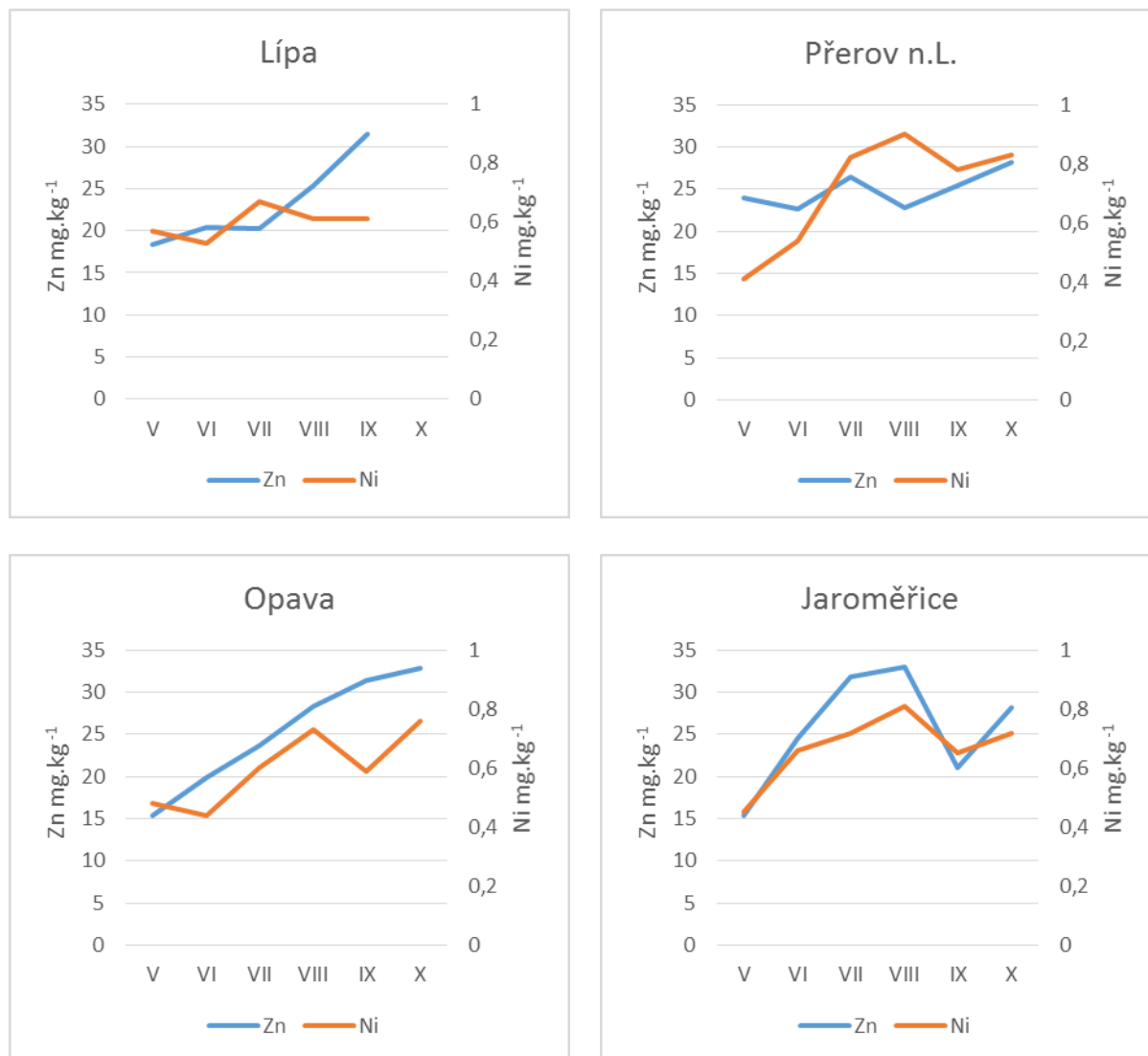
Obsahy niklu v jílku měly na jednotlivých stanovištích různý průběh. Na stanovišti Lípa byly malé rozdíly hodnot v průběhu vegetačního období, nejnižší hodnota byla zjištěna v červenci, v srpnu pak nejvyšší. Na stanovištích Přerov n. Labem a Jaroměřice byly nejnižší hodnoty zjištěny v květnu, v Opavě v červnu. Vyšší hodnoty niklu byly na všech stanovištích v červenci a říjnu (graf 7).

Pokud porovnáme změny hodnot niklu s průběhem hodnot mědi a zinku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období, velice obdobné jsou tyto změny na stanovišti Jaroměřice (graf 7 a 8).

Graf 7: Změny obsahů mědi a niklu v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2015 (mg.kg^{-1} sušiny)



Graf 8: Změny obsahů zinku a niklu v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2015 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny)



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

4.1.2. Organické polutanty v jílku

Průměrný obsah organických polutantů v hmotě jílku mnohokvětého ze sledovaných stanovišť za celé vegetační období uvádí tabulka 4. Rozdíl mezi minimální a maximální zjištěnou sumou polycyklických aromatických uhlovodíků je téměř šestinásobný. Nejnižší zjištěný obsah polycyklických aromatických uhlovodíků byl na stanovišti Lípa v červnu, nejvyšší na stanovišti Jaroměřice v říjnu (příloha tab. 15).

Tabulka 4: Obsahy organických polutantů v jílku (aritmetický průměr za vegetační období 2015)

Σ PAU (15)	2015		
	průměr	maximum	minimum
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy		
	56,3	169	29,0

Orientační hodnota pro maximální limity pozadí z Rakouska (AGES, 2014) činí 9,40 μg.kg⁻¹ a je uváděna pro 12 polycyklických aromatických uhlovodíků - anthracene (ANT), fluoranthene (FLT), benzo[a]pyrene (BAP), dibenzo[a,h]anthracene (DBA), benzo[a]anthracene (BAA), benzo[b]fluoranthene (BBF), benzo[k]fluoranthene (BKF), benzo[g,h,i]perylene (BPE), indeno[1,2,3-c,d]pyrene (IPY), chrysene (CHR), pyrene (PYR), phenanthrene (PHE). Pro porovnání s orientační hodnotou z Rakouska byly zjištěny sumy těchto vybraných polycyklických aromatických uhlovodíků v čerstvé biomase jílku na sledovaných stanovištích (tab. 5).

Tabulka 5: Změny obsahu sumy vybraných organických polutantů v jílku v průběhu vegetačního období 2015

Σ PAU (12)	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy			
V	25,0	35,1	40,6	38,5
VI	21,0	35,6	28,8	37,1
VII	27,5	40,6	33,4	42,9
VIII	27,5	45,1	30,2	39,4
IX	27,4	38,0	57,9	35,9
X	41,6	103	92,5	152
Aritmetický průměr	28,5	49,5	47,9	57,6

V porovnání s rakouskou orientační hodnotou pro maximální limity pozadí 9,40 μg.kg⁻¹ (AGES 2014) jsou tyto hodnoty výrazně vyšší.

Nejnižší zjištěný obsah vybraných polycyklických aromatických uhlovodíků 21,0 μg.kg⁻¹ čerstvé biomasy z června na stanovišti Lípa je více než dvojnásobně vyšší. Maximální zjištěná hodnota sumy vybraných polycyklických aromatických uhlovodíků (152 μg.kg⁻¹ čerstvé biomasy) zjištěná v hmotě jílku na stanovišti Jaroměřice v posledním měsíci sledování je šestnáctinásobně vyšší než uváděná orientační hodnota podle AGES (2014).

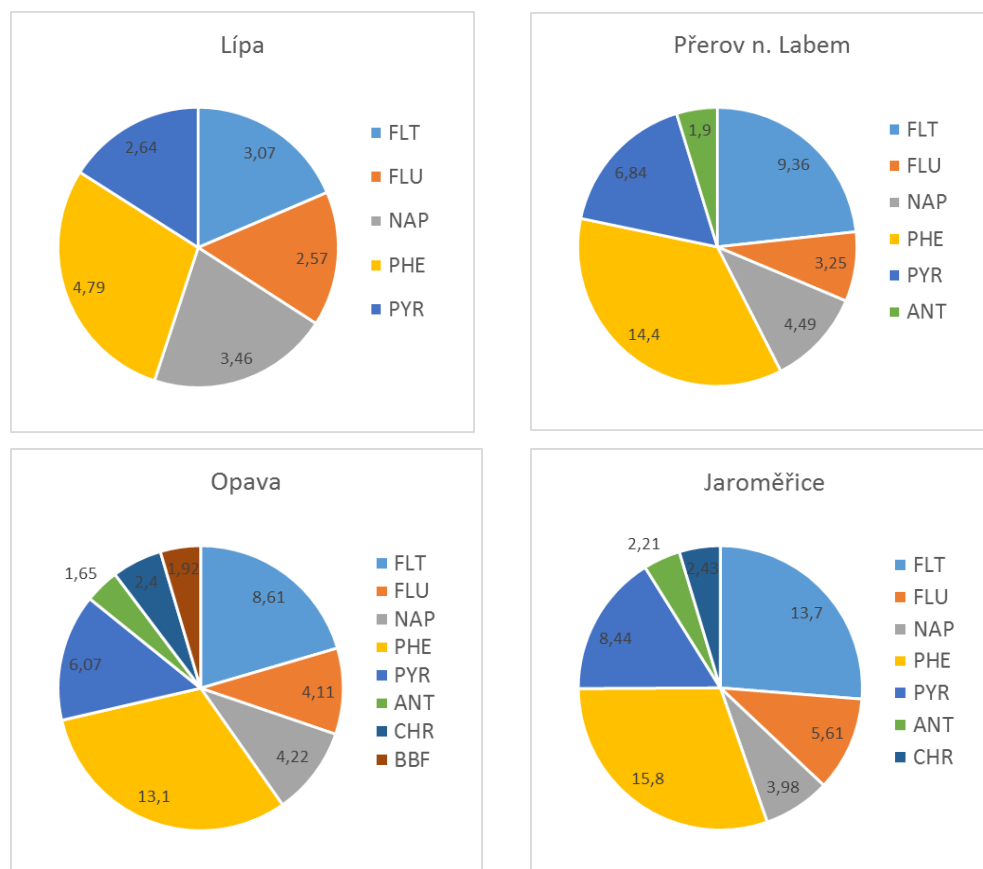
Za sledované období nebyla mez stanovitelnosti překročena ani na jednom stanovišti ve vzorcích jílku u osmi sledovaných PAU. Jedná se o ANA, ANY, BAA, BAP, BKF, BPE, DBA a IPY (tab. 6).

Tabulka 6: Obsah organických polutantů v jílku na jednotlivých stanovištích (průměr za vegetační období 2015)

	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	1,90	1,65	2,21
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	1,92	< 3,00
BKF	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
BPE	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00
DBA	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00
FLT	3,07	9,36	8,61	13,7
FLU	2,57	3,25	4,11	5,61
CHR	< 4,00	< 4,00	2,40	2,43
IPY	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
NAP	3,46	4,49	4,22	3,98
PHE	4,79	14,4	13,1	15,8
PYR	2,64	6,84	6,07	8,45
Σ PAU (15)	37,0	59,7	58,1	69,7

PHE, FLT, FLU, NAP a PYR představovaly na všech stanovištích největší podíl na celkové sumě 15 sledovaných PAU (graf 9).

Graf 9: Průměrné zjištěné obsahy organických polutantů v jílku na jednotlivých stanovištích za vegetační období 2015 (v $\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)



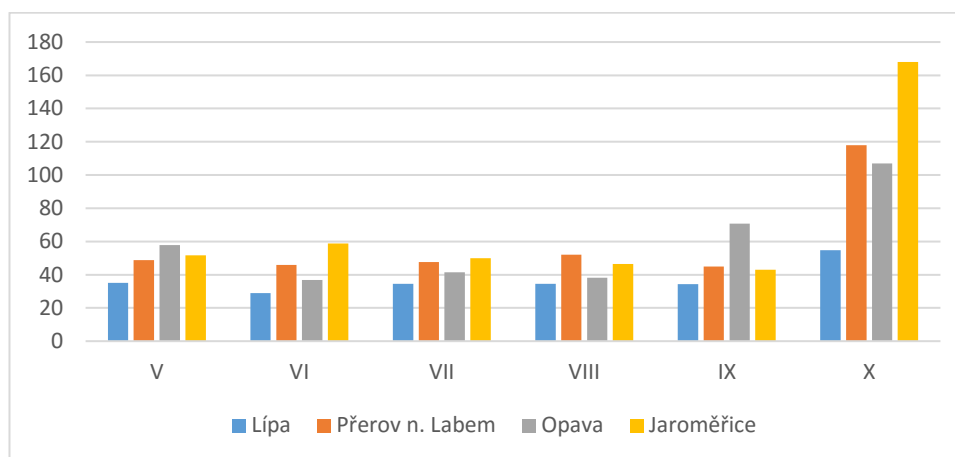
Hodnoty BBF byly v hmotě jílku nízké, nad mezí stanovitelnosti byly pouze na stanovišti Opava a to v posledním měsíci sledování. Stanovitelné hodnoty CHR byly zjištěny jen v říjnu na stanovišti Opava a Jaroměřice. Pouze v některých měsících pod hranici meze stanovitelnosti byly hodnoty FLU a NAP. U PYR, PHE a FLT byly hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti jen na stanovišti Lípa v květnu, u FLT v květnu a v červnu. Hodnoty těchto polycyklických aromatických uhlovodíků v průběhu celého sledování byly na stanovišti Lípa nízké v porovnání s ostatními stanovišti (příloha tab. 15).

V průběhu vegetačního období docházelo ke změnám v obsahu polycyklických aromatických uhlovodíků v hmotě jílku. Zjištěné celkové sumy hodnot 15 polycyklických aromatických uhlovodíků na jednotlivých stanovištích ve sledovaných měsících uvádí tabulka 7. Nejvyšší hodnoty záchytu byly zjištěny na všech stanovištích v posledním měsíci sledování říjnu. Nejnižší hodnota sledování byla zjištěna v červnu na stanovišti Lípa, kde byly nižší hodnoty záchytu v porovnání s ostatními stanovišti v průběhu celého vegetačního období (tabulka 7). Nejvyšší zjištěný celkový obsah polycyklických aromatických uhlovodíků byl v říjnu na stanovišti Jaroměřice - $168 \mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy. V porovnání s hodnotami z předcházejících měsíců na tomto stanovišti byla tato hodnota trojnásobně vyšší. V průběhu vegetačního období s výjimkou října byly hodnoty záchytu na stanovištích poměrně vyrovnané, na stanovišti Opava byl vyšší celkový obsah polycyklických aromatických uhlovodíků i v září.

Tabulka 7: Změny obsahu sumy 15 PAU v jílku v průběhu vegetačního období 2015

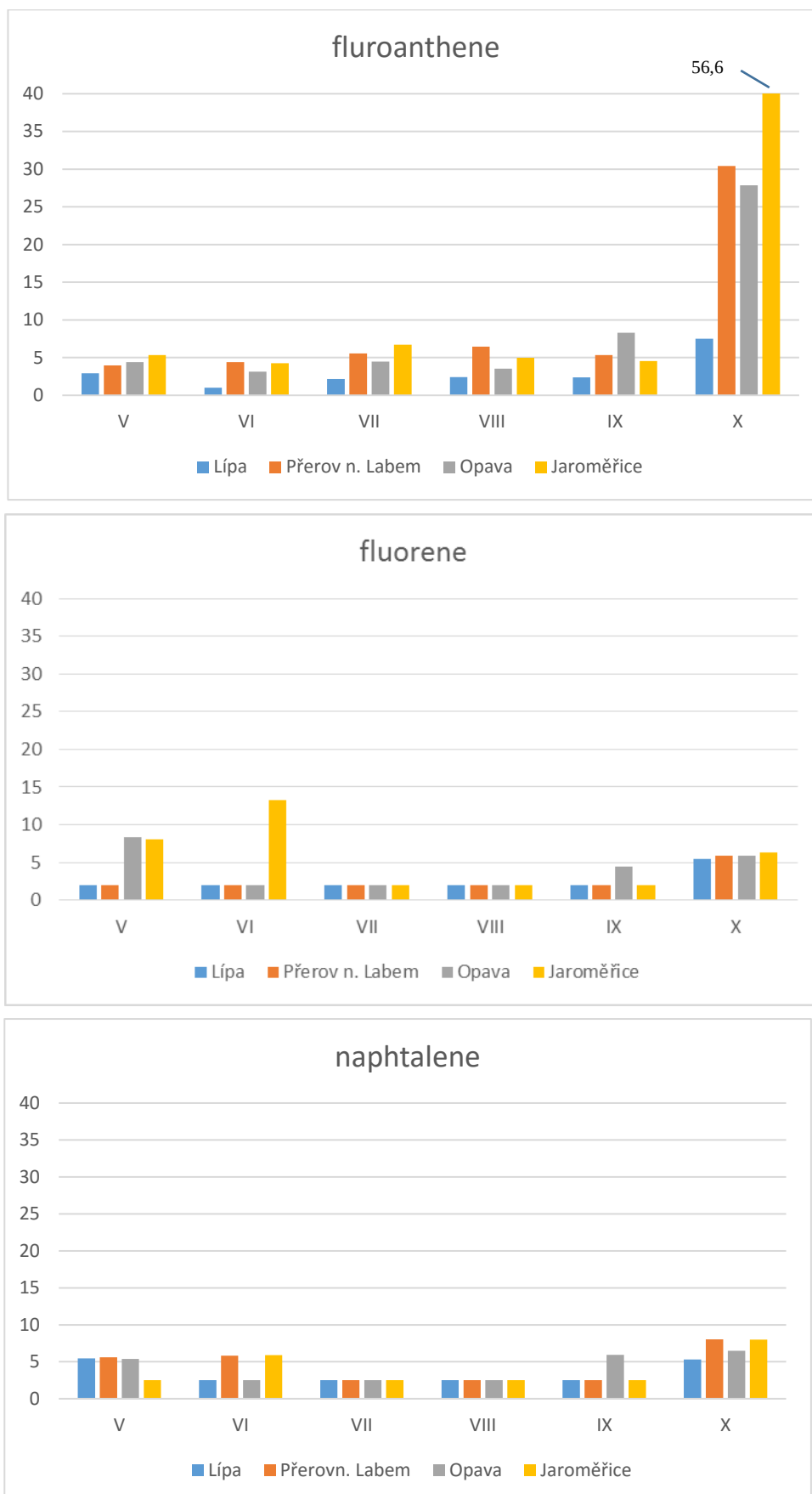
Σ PAU (15)	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy			
V	35,0	48,8	56,8	51,6
VI	29,0	45,9	35,8	58,7
VII	34,5	47,6	40,4	49,9
VIII	34,5	52,0	37,2	46,4
IX	34,4	44,9	70,8	42,9
X	54,8	118	107	168
	37,0	59,7	58,1	69,7

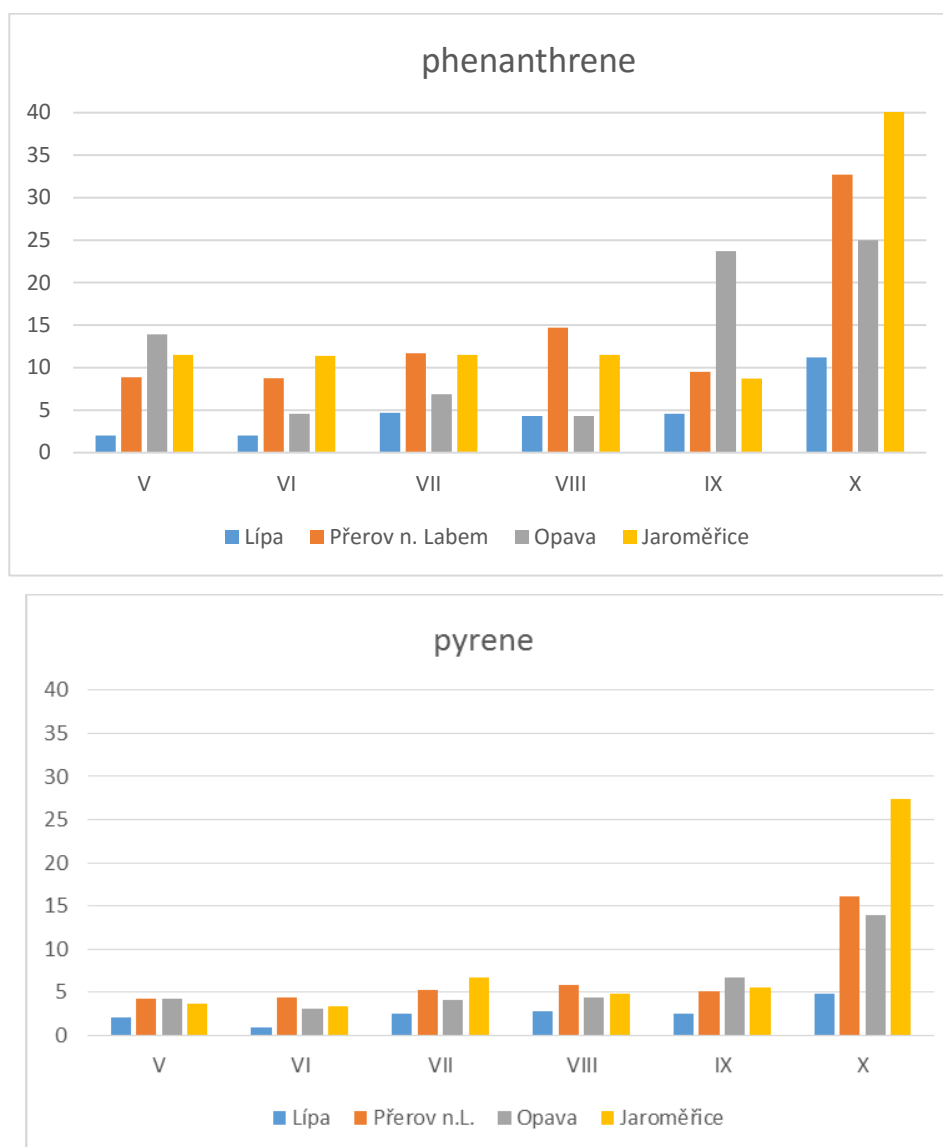
Změny zachytu organických polutantů v průběhu vegetačního období ukazuje graf 10.

Graf 10: Změny obsahu organických polutantů v jílku v průběhu vegetačního období 2015 (Σ 15 PAU; μg.kg⁻¹ čerstvé biomasy)

V průběhu vegetačního období měly obdobný průběh na jednotlivých stanovištích hodnoty FLT a PYR, výrazný byl nárůst hodnot v posledním měsíci sledování na všech stanovištích, především na stanici Jaroměřice. Hodnoty NAP a FLU byly v průběhu vegetačního období nad hranicí meze stanovitelnosti na všech stanovištích v říjnu, v letních měsících byly všechny hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti. Nejvyšších hodnot v průběhu sledování s maximem v říjnu dosahoval PHE, pouze na stanovišti Lípa v květnu a červnu byly jeho hodnoty pod mezí stanovitelnosti, zjištěné hodnoty na tomto stanovišti byly celkově nižší (graf 11).

Graf 11: Zjištěné obsahy vybraných organických polutantů v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu období 2015 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)





Podrobně jsou obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v jílku rozvedeny podle stanovišť a měsíců v příloze tab. 15.

4.2. BOROVICE VE VEGETAČNÍM OBDOBÍ 2015

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 a krajní hodnoty anorganických polutantů v jednoletém jehličí borovice černé za rok 2015 jsou uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 8: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice (aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2015)

	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
	průměr	maximum	minimum	průměr	maximum	minimum
	mg.kg ⁻¹ sušiny					
Al	80,5	148	30	82	98,7	59,9
As	0,35	0,79	< 0,20	0,29	0,48	< 0,20
Cd	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cr	0,45	0,53	0,32	0,61	0,93	0,40
Cu	3,47	4,27	2,73	2,69	3,57	1,92
Fe	52,1	74,5	32,4	105	185	48,4
Hg	0,011	0,017	0,007	0,012	0,017	0,007
Mn	116	150	100	148	296	61,7
Mo	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60
Ni	1,17	2,44	0,51	0,91	1,5	0,43
Pb	0,35	0,64	< 0,50	0,47	1,11	< 0,50
S	1106	1288	990	1208	1427	987
V	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,39	0,54	< 0,50
Zn	33,5	39,3	29,4	28,1	38,5	20,0

U většiny anorganických polutantů byly průměrné obsahy anorganických polutantů vyšší na imisně zatížených stanovištích než na stanovištích imisně nezatížených. Výrazně vyšší průměrné hodnoty byly zjištěny u chromu, manganu, železa a olova. Průměrný obsah niklu, mědi a zinku byl vyšší na nezatížených stanovištích v porovnání se zatíženými. Rovněž průměrná hodnota arzenu byla vyšší na nezatížených stanovištích, zde však byly zjištěny vysoké hodnoty jen na stanovišti Opava, na stanovišti Závěšín byly hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti. Hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti byly na všech stanovištích u kadmia a molybdenu, u vanadu s výjimkou stanoviště Plzeň. Hodnoty olova nad mezí stanovitelnosti byly zjištěny jen v zimní periodě na stanovištích Opava a na stanovišti Vratimov. Podrobněji jsou obsahy anorganických polutantů rozvedeny v příloze tab. 16.

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

Při porovnání průměrných obsahů anorganických polutantů za zimní a letní periodu byly rozdíly jak mezi periodami, tak mezi zatíženými a nezatíženými stanovišti. V letní periodě v porovnání se zimní periodou byly na nezatížených i zatížených stanovištích průměrné obsahy většiny anorganických polutantů vyšší. Na nezatížených stanovištích tvořily výjimku průměrné obsahy železa, rtuti a olova, které byly vyšší v zimní periodě. Stejně tak tomu bylo i na zatížených stanovištích, kde navíc byly v zimní periodě vyšší průměrné obsahy zinku. Průměrný obsah síry je překvapivě vyšší v letní periodě na nezatížených i zatížených stanovištích. Průměrné obsahy chromu, železa, síry a vanadu byly vyšší v obou periodách na zatížených stanovištích. (tab. 9).

Tabulka 9: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice v letní a zimní periodě (aritmetický průměr za periodu v roce 2015)

	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	zimní perioda	letní perioda	zimní perioda	letní perioda
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	72,0	89,0	79,2	84,7
As	0,25	0,45	0,18	0,41
Cd	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cr	0,40	0,50	0,56	0,67
Cu	2,91	4,03	2,34	3,04
Fe	53,8	50,3	134	77,2
Hg	0,015	0,008	0,015	0,008
Mn	104	128	95,4	200
Mo	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60
Ni	1,26	1,65	0,38	0,52
Pb	0,44	< 0,50	0,68	< 0,50
S	1074	1139	1140	1277
V	<0,50	<0,50	0,39	0,39
Zn	31,9	35,1	29,2	27,1

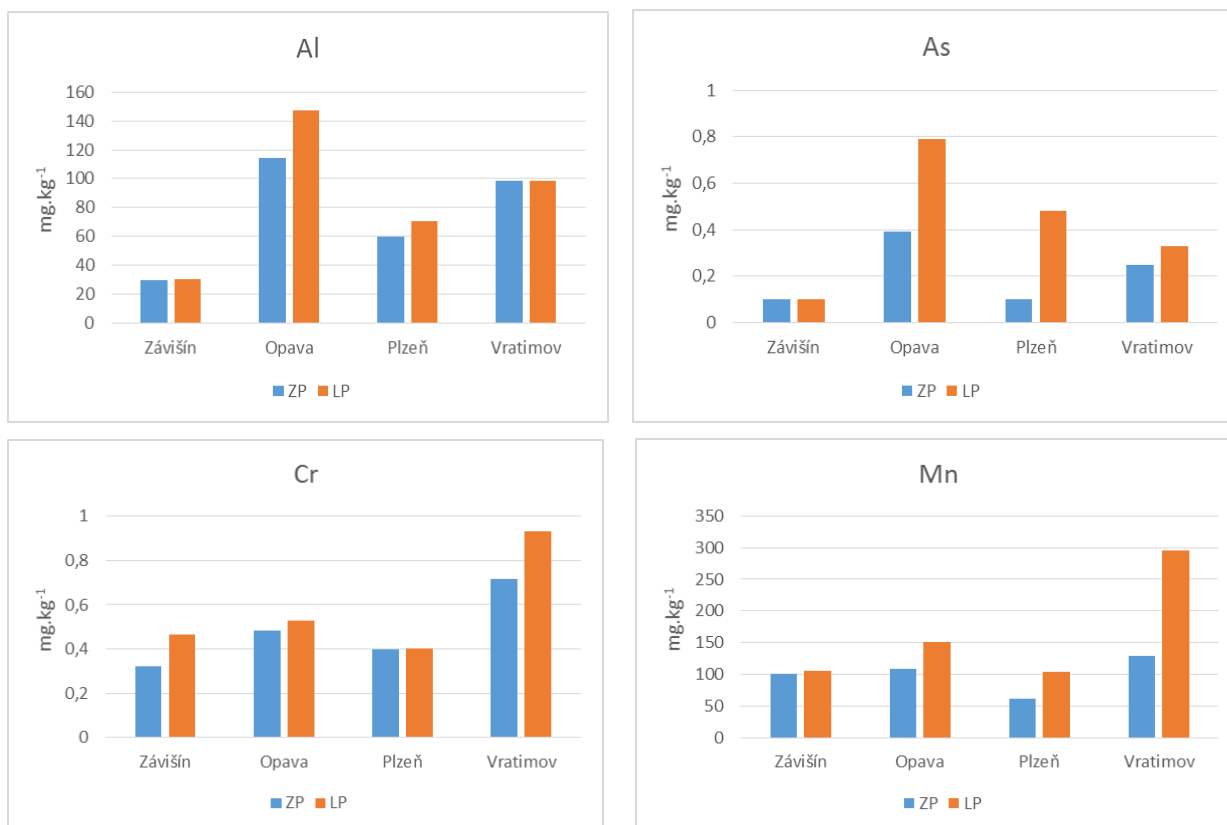
Při porovnání zimní periody mezi nezatíženými a zatíženými stanovišti byly průměrné obsahy arzenu, mědi, manganu, niklu a zinku v zimní periodě vyšší na nezatížených stanovištích v porovnání se zatíženými stanovišti. V letní periodě byly na nezatížených stanovištích v porovnání s letní periodou na zatížených stanovištích vyšší průměrné obsahy hliníku, arzenu, mědi, niklu a zinku (tab. 9, příloha tab. 16).

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

Pokud porovnáme průměrné obsahy anorganických polutantů v jehličí na jednotlivých stanovištích, lze konstatovat, že jako „nejčistší“ stanoviště vychází Závišín, kde byly zjištěny u pěti sledovaných anorganických polutantů (arzen, kadmium, molybden, olovo a vanad) hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti. Výrazně nižší jsou na tomto stanovišti obsahy hliníku, chromu, železa a síry v porovnání s ostatními stanovišti. Naměřeny jsou zde vyšší hodnoty niklu než na ostatních stanovištích. Zjištěné hodnoty některých anorganických polutantů jsou výrazně vyšší na některých stanovištích v letní i zimní periodě v porovnání s ostatními stanovišti. Na stanovišti Vratimov byly naměřeny vysoké hodnoty chromu, železa a manganu v porovnání s ostatními stanovišti. Na stanovišti Opava byly zjištěny vyšší hodnoty hliníku a arzenu. (tab. 10, graf 12, příloha tab. 16).

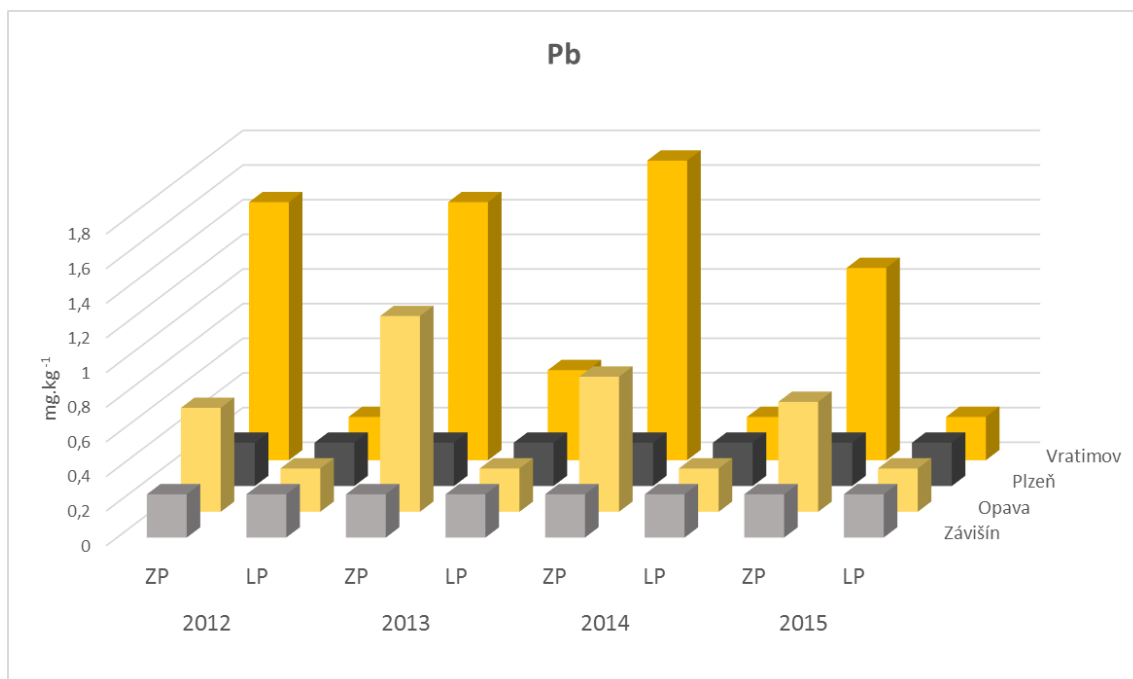
Tabulka 10: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice (aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť za obě periody v roce 2015)

	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	Závišín	Opava	Plzeň	Vratimov
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	30,2	130	65,3	98,6
As	< 0,20	0,59	0,29	0,29
Cd	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cr	0,39	0,51	0,40	0,82
Cu	3,26	3,68	2,22	3,17
Fe	32,8	71,3	65,6	146
Hg	0,013	0,010	0,010	0,013
Mn	103	130	83,2	212
Mo	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60
Ni	2,24	0,67	0,33	0,56
Pb	< 0,50	0,44	< 0,50	0,68
S	998	1216	1056	1360
V	< 0,50	< 0,50	0,54	< 0,50
Zn	30,2	36,8	20,3	36,1

Graf 12: Změny obsahů hliníku, arzenu, chromu, manganu a olova v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní (LP) a zimní periodě (ZP) 2015 (mg.kg⁻¹ sušiny)

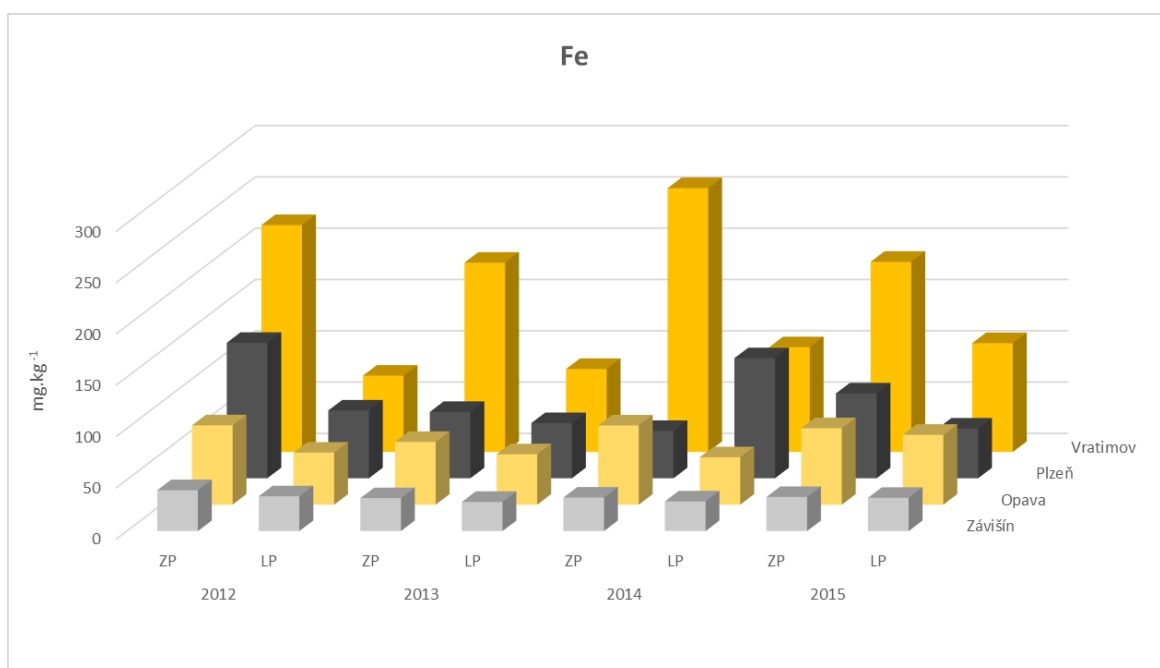
Obsah olova v jehličí borovice černé je dlouhodobě vyšší v zimní periodě na stanovištích (Opava, Vratimov) na severní Moravě (graf 13).

Graf 13: Změny obsahů olova v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní (LP) a zimní periodě (ZP) v průběhu let 2012–2015 (mg.kg^{-1} sušiny)



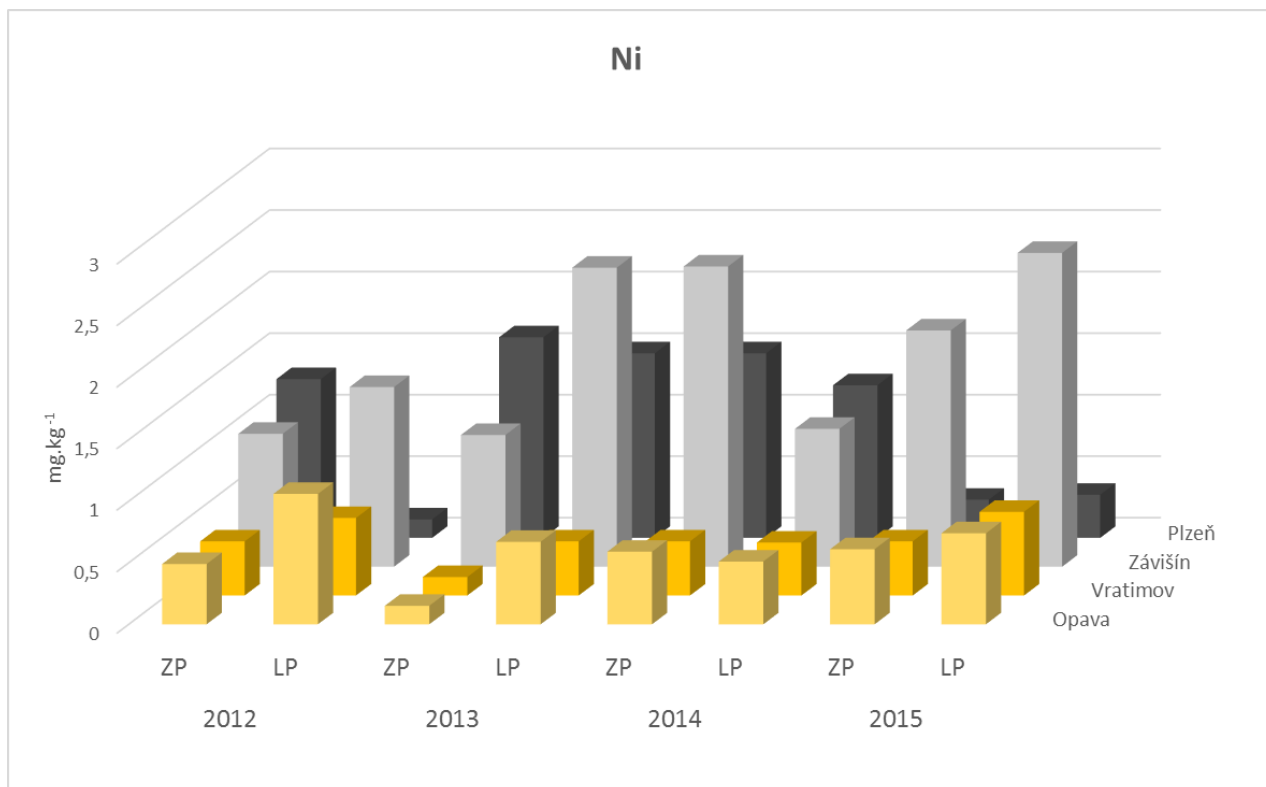
Na stanovišti Vratimov pak je ještě dlouhodoběji výrazně vyšší obsah železa v jehličí borovice černé za zimní periodu (graf 14).

Graf 14: Změny obsahů železa v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní (LP) a zimní periodě (ZP) v průběhu let 2012–2015 (mg.kg^{-1} sušiny)



Dlouhodobé rozdíly v obsahu niklu, které byly pozorovány v letech 2012–2014 při porovnání stanovišť ze západních Čech (Závišín a Plzeň) a severní Moravy (Opava a Vratimov), se projevily v roce 2015 jen na stanovišti Závišín. Na tomto stanovišti byly obsahy niklu za rok 2015 více než trojnásobně vyšší než na ostatních stanovištích. Na stanovišti Plzeň byly hodnoty v obou periodách nejnižší. Porovnání změn v letech 2012–2015 ukazuje graf 15.

Graf 15: Změny obsahů niklu v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní (LP) a zimní periodě (ZP) v průběhu let 2012–2015 (mg.kg^{-1} sušiny)



Podrobně jsou obsahy anorganických polutantů v jehličí uvedeny v příloze tab. 16.

4.2.2. Organické polutanty v jehličí

Sledování organických polutantů v jehličí borovice černé v roce 2015 ukázalo na rozdíly mezi jednotlivými stanovišti a rovněž na rozdíly mezi zimní a letní periodou.

Průměrné obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků naměřené v jehličí borovice černé na sledovaných stanovištích jsou uvedeny v tabulce 11.

Tabulka 11: Obsahy organických polutantů v jehličí borovice (aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2015)

Σ PAU (15)	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
	průměr	maximum	minimum	průměr	maximum	minimum
	$\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy					
	90,1	141	37,7	98,4	192	59,7

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

Tabulka 12: Obsahy jednotlivých organických polutantů v jehličí borovice (aritmetický průměr jednotlivých stanovišť v roce 2015)

PAU	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	Závišín	Opava	Plzeň	Vratimov
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy			
ANA	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
ANT	6,51	2,16	2,78	4,98
ANY	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
BAA	<4,00	<4,00	<4,00	3,09
BAP	<3,00	<3,00	<3,00	2,98
BBF	<3,00	2,65	<3,00	4,82
BKF	<2,00	<2,00	<2,00	1,96
BPE	<5,00	<5,00	<5,00	4,65
DBA	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
FLT	10,9	12,2	8,10	20,5
FLU	6,84	6,97	5,92	10,0
CHR	<4,00	4,45	<4,00	5,94
IPY	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
NAP	10,6	18,9	10,5	12,9
PHE	29,2	17,6	13,6	36,9
PYR	7,97	8,24	6,08	13,02
Σ PAU (15)	91,6	89,2	66,5	131

Na celkovém obsahu polycyklických aromatických uhlovodíků se na všech stanovištích podílel ANT, PHE, FLT, NAP, PYR a FLU. Obsah CHR nad mezí stanovitelnosti byl zjištěn jen na stanovišti Opava a Vratimov v zimní periodě. Mezí stanovitelnosti nebyla překročena ani na jednom ze stanovišť v obou odběrových periodách u ANA, ANY, DBA a IPY.

Nejvyšší průměrný celkový obsah (Σ 15 PAU) byl zjištěn na stanovišti Vratimov. Na tomto stanovišti byly naměřeny hodnoty nad mezí stanovitelnosti v zimním období u všech polycyklických aromatických uhlovodíků s výjimkou ANA, ANY, DBA a IPY. Nejnížší průměrný celkový obsah (Σ 15 PAU) byl překvapivě na zatíženém stanovišti Plzeň. Na stanovišti Závišín byly hodnoty pod mezí stanovitelnosti celkem u deseti sledovaných polycyklických aromatických uhlovodíků, přesto je zde celková suma poměrně vysoká v porovnání s ostatními stanovišti (tab. 12).

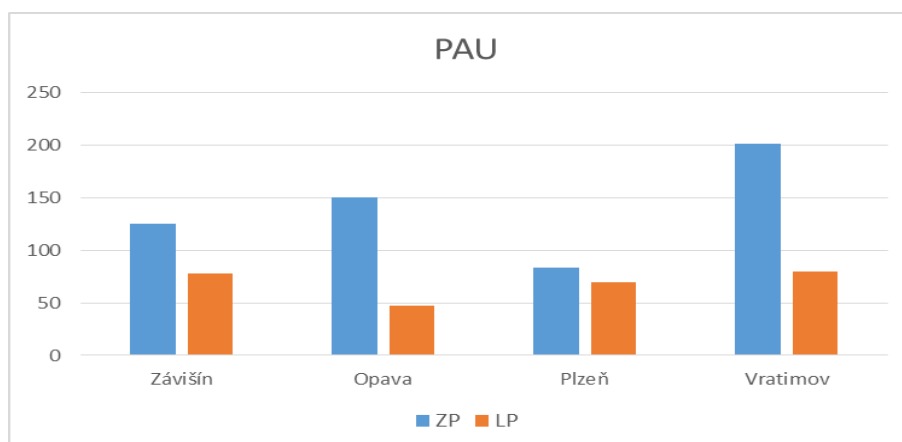
Rozdíly mezi průměrnými obsahy jednotlivých organických polutantů v zimní a letní periodě na nezatížených a zatížených stanovištích jsou zřetelné z tabulky 13.

Tabulka 13: Obsahy jednotlivých organických polutantů v jehličí borovice v letní a zimní periodě (aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2015)

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	5,67	3,00	5,16	2,60
ANY	<20,0	<20,0	<20,00	<20,0
BAA	<4,00	< 4,00	3,09	< 4,00
BAP	<3,00	<3,00	2,98	<3,00
BBF	2,65	<3,00	4,82	<3,00
BKF	<2,00	<2,00	1,96	<2,00
BPE	<5,00	<5,00	4,65	<5,00
DBA	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
FLT	17,8	5,32	19,3	9,27
FLU	10,2	3,65	10,2	5,78
CHR	4,45	< 4,00	5,93	<4,00
IPY	<10,0	<10,0	<10,00	<10,00
NAP	25,7	3,85	18,2	5,24
PHE	34,1	12,8	34,7	15,8
PYR	11,6	4,65	12,5	6,56
Σ PAU (15)	128	52,7	133	64,7

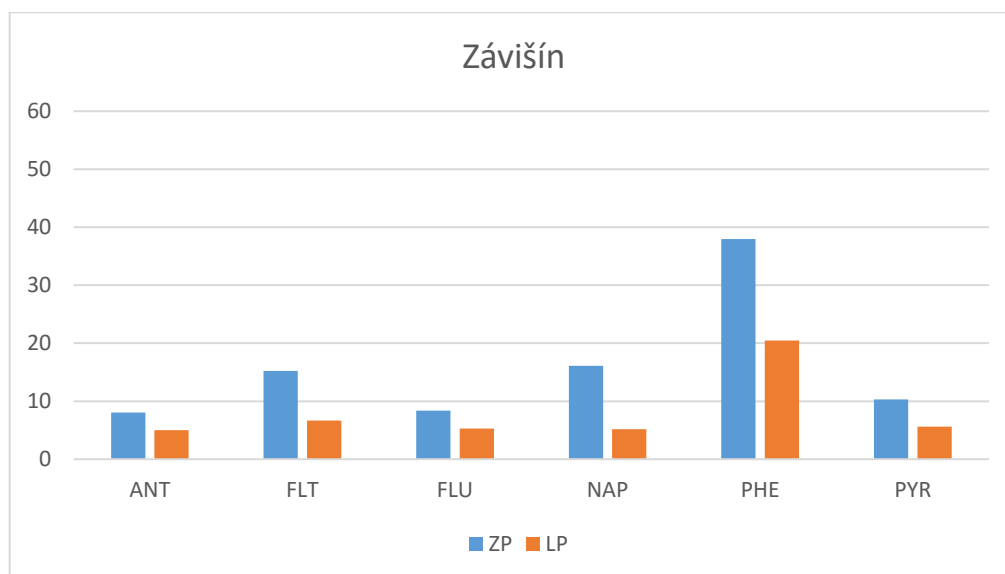
Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v zimní periodě v porovnání s letní periodou jsou jak na nezatížených, tak na zatížených stanovištích výrazně vyšší. Největší rozdíly v obsahu polycyklických aromatických uhlovodíků mezi zimní a letní periodou byly zjištěny na stanovišti Vratimov, nejmenší na stanovišti Plzeň (graf 16).

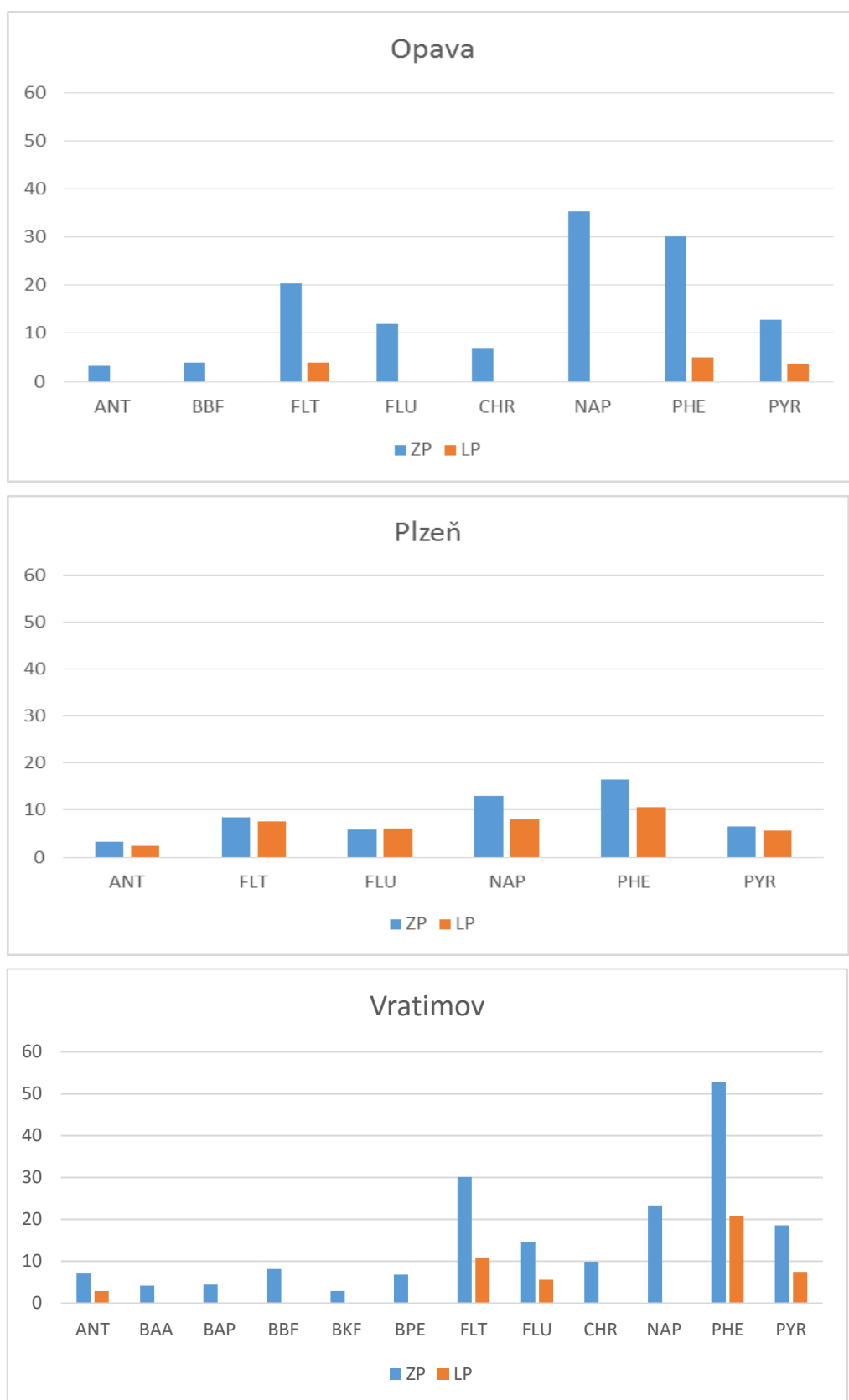
Graf 16: Suma 15 PAU v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní a zimní periodě 2015 (Σ 15 PAU; $\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)



Nejvyšší obsah a tedy i nejvyšší podíl na celkové sumě mají v zimní periodě PHE, FLT a NAP, v letní periodě PHE a FLT. NAP byl v letní periodě na stanovišti Opava a Vratimov pod hranicí meze stanovitelnosti. Na stanovištích Závišín a Plzeň bylo nad hranicí meze stanovitelnosti v letní i zimní periodě celkem šest sledovaných polycyklických aromatických uhlovodíků. Na stanovišti Opava byly v letní periodě zjištěny nad mezí stanovitelnosti jen PHE, FLT a NAP, v zimní periodě však již šest polycyklických aromatických uhlovodíků. Na stanovišti Vratimov byl rozdíl mezi zimní a letní periodou ještě výraznější. V letní periodě bylo zjištěno pět polycyklických aromatických uhlovodíků, v jehličí odebraném v zimní periodě bylo zjištěno dvanáct polycyklických aromatických uhlovodíků nad hranicí meze stanovitelnosti (graf 17).

Graf 17: Zjištěné obsahy individuálních organických polutantů (nad hranicí meze stanovitelnosti) v jehličí borovice na jednotlivých stanovištích v letní a zimní periodě 2015 (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. 17.

5. Závěry

V roce 2015 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).

Jílek

- Orientační hodnoty obsahů prvků pro maximální limity pozadí zpracované v AGES (2014) byly překročeny u arzenu ve všech vzorcích jílku na všech stanovištích, u hliníku, chromu a olova jen v některých měsících
- Arzen měl téměř shodný průběh zjištěných hodnot na všech stanovištích s maximem v letních měsících a s nízkými hodnotami na konci vegetačního období.
- Průměrný obsah síry měl stoupající tendenci konci vegetačního období, což nejspíše ovlivnila začínající topná sezóna. Na stanovišti Opava byla vyšší hodnoty v porovnání s ostatnímu stanovišti už od srpna.
- Vyšší průměrný obsah hliníku byl v červnu, červenci a září, na čemž se podílely vysoké obsahy hliníku zjištěné v hmotě jílku na stanovištích Přerov n. Labem, Opava a Jaroměřice v těchto měsících.
- Hodnoty rtuti nevykazovaly v průběhu vegetačního období na stanovištích výrazné rozdíly s výjimkou stanoviště Opava, kde byly v měsíci červenci a říjnu zjištěny až dvojnásobné hodnoty v porovnání s ostatními stanovišti.
- Vanad byl v jílku na všech stanovištích pod hranicí meze stanovitelnosti.
- Hodnoty kadmia nad hranicí meze stanovitelnosti byly jen v některých měsících sledování na stanovišti Přerov n. Labem a v říjnu na stanovišti Opava. Hodnoty molybdenu byly nad hranicí meze stanovitelnosti zjištěny na stanovišti Přerov n. Labem. v srpnu a na stanovišti Jaroměřice v červnu. Hodnoty olova byly pod hranicí meze stanovitelnosti na stanovišti Lípa, na ostatních stanovištích byly nad hranicí meze stanovitelnosti zjištěny jen v některých měsících během vegetačního období.
- Změny obsahu železa a hliníku během se liší mezi stanovišti, na stanovištích však měly změny obsahů značně podobný průběh.
- Změny obsahu zinku, mědi a niklu byly během sledovaného vegetačního období na stanovištích rozdílné, jen na stanovišti Jaroměřice byl průběh změn obdobný.
- Při porovnání zjištěné sumy 12 PAU s orientační hodnotou pro maximální limity pozadí převzatou z literatury bylo zjištěno, že ve všech vzorcích jílku byla tato hodnota překročena.
- Průměrný obsah polycyklických aromatických uhlovodíků v jílku byl nejvyšší na stanovišti Jaroměřice, nejnižší hodnoty celkové sumy PAU byly zaznamenány na stanovišti Lípa.
- Nejvyšší hodnoty záchytu polycyklických aromatických uhlovodíků byly na stanovištích na všech stanovištích v posledním měsíci sledování říjnu. Nejnižší hodnoty záchytu byly v červnu na stanovišti Lípa, Opava a Jaroměřice, na stanovišti Přerov n. Labem v květnu.
- Na všech stanovištích tvořil v hmotě jílku nejvyšší podíl z celkové sumy PAU PHE, FLT, FLU, NAP a PYR.

Borovice

- Průměrné obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice černé z imisně zatížených stanovišť byly vyšší než průměrné obsahy ze stanovišť imisně nezatížených téměř u všech anorganických polutantů s výjimkou arzenu, mědi, niklu a zinku.
- Průměrné obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice černé nezatížených stanovišť za letní periodu byly vyšší než vyšší než za zimní periodu s výjimkou železa, rtuti a olova. Rovněž na zatížených stanovištích byly průměrné obsahy vyšší za letní periodu s výjimkou železa, rtuti, olova a zinku.
- Hodnoty hliníku a železa zjištěné v jehličí borovice černé byly výrazně nižší na stanovišti Závěšín v zimní periodě i letní periodě v porovnání s ostatními stanovišti. Na stanovišti Vratimov byl obsah železa významně vyšší v obou periodách. Obsah hliníku byl vyšší v obou periodách na stanovišti Opava.
- Zjištěné hodnoty mědi byly vyšší na nezatížených stanovištích při porovnání letní i zimní periody.
- Obsah síry v jednotlivých vzorcích jehličí byl vyšší za zimní periodu jen na stanovišti Závěšín, na ostatních stanovištích byl vyšší v letní periodě.
- Hodnoty kadmia a molybdenu byly pod hranicí meze stanovitelnosti ve všech vzorcích jehličí. Hodnoty vanadu byly pod hranicí meze stanovitelnosti na všech stanovištích s výjimkou vzorků ze stanoviště Plzeň. Hodnoty olova nad mezí stanovitelnosti byly zjištěny v jehličí v zimní periodě na stanovišti Vratimov a Opava.
- Hodnoty niklu v jehličí byly na stanovišti Závěšín v obou periodách výrazně vyšší na oproti ostatním stanovištím.
- Vyšší hodnoty sumy polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí borovice černé byly zjištěny na všech stanovištích v zimní periodě v porovnání s letní periodou.
- Nejvyšší hodnota záchytu polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí v zimní periodě byla zjištěna na stanovišti Vratimov, nejnižší hodnota na stanovišti Plzeň.
- V letní periodě byly sumy polycyklických aromatických uhlovodíků na stanovištích Závěšín, Plzeň a Vratimov srovnatelné, na stanovišti Opava byly nižší.
- Nejvyšší podíl z celkové sumy polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí tvořil PHE, FLT, FLU, NAP a PYR v obou periodách. Jejich hodnoty se na stanovištích vždy pohybovaly nad hranicí meze stanovitelnosti s výjimkou hodnoty NAP a ANT na stanovišti Opava a NAP na stanovišti Vratimov v letní periodě.
- Výsledky slouží pro vymezení pozadových hodnot sledovaných polutantů a pro monitoring vývoje obsahů jednotlivých polutantů v závislosti na stanovišti a průběhu vegetačního období roku.

6. Literatura

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

Tabulková příloha

- Tabulka 14: Obsahy anorganických polutantů v sušině jílku - 2015
- Tabulka 15: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v čerstvé hmotě jílku - 2015
- Tabulka 16: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice černé - 2015
- Tabulka 17: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí borovice černé - 2015
- Tabulka 18: Výsledky rozboru substrátu použitého v roce 2015

Tabulka 14: Obsahy anorganických polutantů v sušině jílku - 2015

Al	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	60,8	85,4	60,9	61,3	67,1
	VI	62,8	78,1	48,2	70,8	65,0
	VII	56,6	125	145	128	114
	VIII	42,2	166	121	102	108
	IX	60,7	145	95,4	76,9	94,5
	X	-	99,7	89,1	64,7	84,5
	průměr	56,6	116	93,3	83,9	87,5

As	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	1,00	1,81	2,10	2,05	1,74
	VI	2,69	2,81	2,92	4,18	3,15
	VII	6,00	4,55	4,61	6,36	5,38
	VIII	3,65	6,31	4,11	4,78	4,71
	IX	1,39	3,85	1,82	3,54	2,65
	X	-	1,45	0,88	1,08	1,14
	průměr	2,95	3,46	2,74	3,67	3,21

Cd	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,5
	VI	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,5
	VII	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	0,20
	VIII	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	0,21
	IX	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	0,21
	X	-	<0,05	0,05	<0,05	0,18
	průměr	<0,05	0,04	0,03	<0,05	0,14

Cr	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	0,40	0,35	0,48	0,44	0,42
	VI	0,35	0,33	0,50	0,49	0,42
	VII	0,50	0,32	0,90	0,76	0,62
	VIII	0,38	0,46	0,73	0,66	0,56
	IX	0,51	0,38	0,40	0,60	0,47
	X	-	0,37	0,91	0,84	0,71
	průměr	0,42	0,37	0,65	0,63	0,52

Cu	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	3,38	2,79	3,13	2,63	2,98
	VI	4,01	2,69	2,92	3,08	3,18
	VII	3,98	3,66	3,45	4,13	3,81
	VIII	3,82	3,86	3,49	4,38	3,89
	IX	5,00	4,76	5,17	3,63	4,64
	X	-	4,64	6,64	5,17	5,48
	průměr	4,04	3,73	4,14	3,83	3,94

Tabulka 14: pokračování

Fe

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	77,2	101	90,2	81,2	87,4
VI	77,4	81,4	77,8	90,2	81,7
VII	78,8	137	139	156	128
VIII	86,9	162	155	123	132
IX	108	148	127	96,4	120
X	-	139	154	104	132
průměr	85,7	128	124	109	112

Hg

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	0,008	0,007	0,010	0,006	0,008
VI	0,008	0,007	0,008	0,006	0,007
VII	0,009	0,011	0,019	0,009	0,012
VIII	0,006	0,011	0,019	0,009	0,011
IX	0,011	0,010	0,011	0,008	0,010
X	-	0,010	0,011	0,008	0,010
průměr	0,008	0,009	0,013	0,008	0,010

Mn

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	117	141	130	126	129
VI	109	151	158	164	146
VII	118	152	142	149	140
VIII	111	166	134	159	143
IX	115	171	145	138	142
X	-	156	151	165	157
průměr	114	156	143	150	141

Mo

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
VI	<0,60	<0,60	<0,60	0,66	0,39
VII	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
VIII	<0,60	0,62	<0,60	<0,60	0,38
IX	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
X	-	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
průměr	<0,60	0,35	<0,60	0,36	0,34

Ni

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	0,54	0,41	0,48	0,45	0,47
VI	0,57	0,54	0,44	0,66	0,55
VII	0,53	0,82	0,60	0,72	0,67
VIII	0,67	0,90	0,73	0,81	0,78
IX	0,61	0,78	0,59	0,65	0,66
X	-	0,83	0,76	0,72	0,77
průměr	0,58	0,71	0,60	0,67	0,64

Tabulka 14: pokračování

Pb

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	<0,50	<0,50	0,65	<0,50	0,35
VI	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
VII	<0,50	<0,50	0,87	<0,50	0,41
VIII	<0,50	1,61	0,70	<0,50	0,70
IX	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
X	-	0,76	0,79	0,61	0,72
průměr	<0,50	0,56	0,58	0,31	0,43

S

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	1925	2057	2207	1558	1937
VI	2720	2184	2441	2423	2442
VII	3449	2196	2744	2592	2745
VIII	3928	3448	4556	3130	3766
IX	5341	3749	4043	2588	3930
X	-	4084	4104	4614	4267
průměr	3473	2953	3349	2818	3148

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	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
VIII	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
IX	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
X	-	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
průměr	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50

Zn

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	18,4	24,0	15,3	15,4	18,3
VI	20,4	22,7	19,9	24,6	21,9
VII	20,3	26,4	23,7	31,8	25,6
VIII	25,3	22,8	28,3	33,0	27,4
IX	31,4	25,4	31,4	21,0	27,3
X	-	28,2	32,8	28,2	29,7
průměr	23,2	24,9	25,3	25,7	24,8

Tabulka 15: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v čerstvé hmotě jílku (16 EPA PAU) - 2015

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	<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	2,16	<2,00	<2,00
	X	<2,00	6,37	3,72	8,28	4,84
	průměr	<2,00	1,90	1,65	2,21	1,69

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	<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	<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	<3,00
	průměr	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00

Tabulka 15: 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	4,05	<3,00	2,14
průměr	<3,00	<3,00	1,92	<3,00	1,61

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	<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	<5,00	<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	<3,00	<3,00
X	<3,00	<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	2,93	3,98	4,40	5,34	4,16
VI	<2,00	4,41	3,13	4,25	3,20
VII	2,18	5,57	4,46	6,72	4,73
VIII	2,41	6,47	3,52	4,98	4,35
IX	2,37	5,33	8,30	4,56	5,14
X	7,52	30,4	27,84	56,6	30,6
průměr	3,07	9,36	8,61	13,7	8,69

Tabulka 15: pokračování

FLU

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	<4,00	5,61	8,31	8,12	5,11
VI	<4,00	<4,00	<4,00	13,2	4,80
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	4,50	<4,00	2,63
X	5,42	5,87	5,87	6,38	5,89
průměr	2,57	3,25	4,11	5,61	3,89

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	4,42	4,61	3,26
průměr	<4,00	<4,00	2,40	2,43	2,21

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	<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	5,47	5,59	5,40	<5,00	4,74
VI	<5,00	5,82	<5,00	5,89	4,18
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	5,94	<5,00	3,36
X	5,32	8,02	6,49	7,99	6,96
průměr	3,46	4,49	4,22	3,98	4,04

PHE

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	<4,00	8,85	13,9	11,5	9,06
VI	<4,00	8,75	4,59	11,4	6,69
VII	4,69	11,7	6,87	11,5	8,69
VIII	4,31	14,7	4,31	11,5	8,71
IX	4,57	9,52	23,7	8,72	11,6
X	11,2	32,7	25,0	40,1	27,3
průměr	4,79	14,4	13,1	15,8	12,0

**PYR**

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n.l.	Opava	Jaroměřice	průměr
V	2,07	4,31	4,27	3,66	3,58
VI	<2,00	4,42	3,07	3,45	2,99
VII	2,60	5,34	4,09	6,66	4,67
VIII	2,82	5,85	4,34	4,90	4,48
IX	2,48	5,09	6,70	5,60	4,97
X	4,88	16,1	14,0	27,4	15,6
průměr	2,64	6,84	6,07	8,44	6,00

Tabulka 16: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice 2015 (ZP – zimní perioda, LP – letní perioda)

	mg.kg ⁻¹	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
		Závišín	Opava	průměr	Plzeň	Vratimov	průměr
Al	ZP	30,0	114	72,0	59,9	98,5	79,2
	LP	30,5	148	89,0	70,7	98,7	84,7
	průměr	30,2	131	80,5	65,3	98,6	82,0
As	ZP	< 0,20	0,39	0,25	< 0,20	0,25	0,18
	LP	< 0,20	0,79	0,45	0,48	0,33	0,41
	průměr	< 0,20	0,59	0,35	0,29	0,29	0,29
Cd	ZP	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
	LP	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
	průměr	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cr	ZP	0,32	0,49	0,40	0,40	0,72	0,56
	LP	0,47	0,53	0,50	0,40	0,93	0,67
	průměr	0,39	0,51	0,45	0,40	0,82	0,61
Cu	ZP	2,73	3,09	2,91	1,92	2,76	2,34
	LP	3,80	4,27	4,03	2,52	3,57	3,04
	průměr	3,26	3,68	3,47	2,22	3,17	2,69
Fe	ZP	33,2	74,5	53,9	82,7	185	134
	LP	32,4	68,1	50,3	48,4	106	77,2
	průměr	32,8	71,3	52,1	65,6	146	106
Hg	ZP	0,017	0,013	0,015	0,013	0,017	0,015
	LP	0,010	0,007	0,008	0,007	0,010	0,008
	průměr	0,013	0,010	0,011	0,010	0,013	0,012
Mn	ZP	100	109	104	61,7	129	95,4
	LP	106	150	128	105	296	200
	průměr	103	130	116	83,2	212	148
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	1,92	0,61	1,26	0,31	0,44	0,38
	LP	2,55	0,74	1,65	0,35	0,68	0,52
	průměr	2,24	0,67	1,45	0,33	0,56	0,45
Pb	ZP	< 0,50	0,64	0,44	< 0,50	1,11	0,68
	LP	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
	průměr	< 0,50	0,44	0,35	< 0,50	0,68	0,47
S	ZP	1005	1143	1074	987	1293	1140
	LP	990	1288	1139	1126	1427	1277
	průměr	998	1216	1107	1056	1360	1208
V	ZP	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,54	< 0,50	0,39
	LP	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,54	< 0,50	0,39
	průměr	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,54	< 0,50	0,39
Zn	ZP	29,4	34,3	31,9	20,0	38,5	29,2
	LP	31,0	39,3	35,2	20,6	33,6	27,1
	průměr	30,2	36,8	33,5	20,3	36,1	28,2

Tabulka 17: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí borovice černé v roce 2015 (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	8,03	3,32	5,67	3,25	7,06	5,16
	LP	4,99	< 2,00	3,00	2,30	2,90	2,60
	průměr	6,51	2,16	4,34	2,78	4,98	3,88
ANY	ZP	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
	LP	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
	průměr	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
BAA	ZP	< 4,00	< 4,00	<4,00	< 4,00	4,17	3,09
	LP	<4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00
	průměr	<4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	3,09	2,54
BAP	ZP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	4,47	2,98
	LP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	průměr	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	2,98	2,24
BBF	ZP	<3,00	3,81	2,65	<3,00	8,15	4,82
	LP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	průměr	<3,00	2,65	2,08	<3,00	4,82	3,16
BKF	ZP	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	2,92	1,96
	LP	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	průměr	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	1,96	1,48
BPE	ZP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	6,80	4,65
	LP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	průměr	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	4,65	3,57
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	15,2	20,4	17,8	8,50	30,1	19,3
	LP	6,66	3,99	5,32	7,61	10,9	9,27
	průměr	10,9	12,2	11,6	8,06	20,5	14,3
FLU	ZP	8,39	11,9	10,2	5,86	14,5	10,2
	LP	5,30	<4,00	3,65	5,97	5,59	5,78
	průměr	6,84	6,97	6,91	5,92	10,0	7,98
CHR	ZP	<4,00	6,91	4,45	<4,00	9,87	5,94
	LP	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	průměr	<4,00	4,454	3,23	<4,00	5,94	3,97
IPY	ZP	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
	LP	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
	průměr	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0

Tabulka 17: pokračování

	mg.kg ⁻¹	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
		Závišín	Opava	průměr	Plzeň	Vratimov	průměr
NAP	ZP	16,1	35,3	25,7	13,1	23,3	18,2
	LP	5,20	< 5,00	3,85	7,97	< 5,00	5,24
	průměr	10,6	18,9	14,8	10,5	12,9	11,7
PHE	ZP	38,0	30,2	34,1	16,6	52,8	34,7
	LP	20,5	5,1	12,8	10,7	20,9	15,8
	průměr	29,2	17,6	23,4	13,6	36,9	25,2
PYR	ZP	10,3	12,8	11,6	6,46	18,6	12,5
	LP	5,63	3,68	4,65	5,69	7,42	6,56
	průměr	7,97	8,24	8,11	6,08	13,0	9,55
	Σ PAU ZP	115	141	128	73,2	192	133
	Σ PAU LP	67,7	37,7	52,7	59,7	69,8	64,7
	průměr	91,3	89,4	90,4	66,5	131	98,7

Tabulka č. 18: Výsledky rozboru použitého substrátu - rok 2015

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

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

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

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

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

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

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

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