

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně
Odbor bezpečnosti krmiv a půdy
Odbor zemědělské inspekce



VÝSLEDKY AKTIVNÍHO BIOMONITORINGU

Zpráva za rok 2010

Zpracovala: Ing. Lenka Klementová

Schválila: Mgr. Šárka Poláková, Ph.D.
vedoucí Oddělení bezpečnosti 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 vybraných 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 2010.

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 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. 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 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 2 x 10 g travní hmoty. Tyto navážky byly v alobalu uloženy do chladu,

případně byly zamrazeny. Zbytek vzorku se nechal při pokojové teplotě vysušit ke stanovení anorganických polutantů. V roce 2010 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 (v dubnu) a na podzim (v říjnu).

3.3. STANOVOVANÉ PRVKY A SLOUČENINY

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

naphtalene	NAP	benzo[a]anthracene	BaA
acenaphtene	ANA	chrysene	CHR
acenaphtylene	ANY	benzo[b]fluoranthene	BbF
fluorene	FLU	benzo[k]fluoranthene	BkF
phenanthrene	PHE	benzo[a]pyrene	BaP
anthracene	ANT	dibenzo[a,h]anthracene	DBA
fluoranthene	FLT	benzo[g,h,i]perylene	BPE
pyrene	PYR	indeno[1,2,3-c,d]pyrene	IPY

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 2010 jsou uvedeny v příloze - tabulka č. 17.

4. Výsledky a diskuse

4.1. JÍLEK VE VEGETAČNÍM OBDOBÍ 2010

Vegetační období v roce 2010 bylo pro růst jílku poměrně nepříznivé, především díky vysokým letním teplotám. Přesto se na většině stanovišť podařilo sklídit dostatečné množství hmoty jílku k rozborům jak na anorganické, tak na organické polutanty. V říjnu nenarostl dostatek hmoty jílku pro všechna stanovení na novém stanovišti v Lípě (sklizený jílek se přednostně použil na stanovení PAU), na stanovišti v Opavě jílek v říjnu nenarostl vůbec.

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 2010)

	2010			požad'ová hodnota ¹⁾
	průměr	maximum	minimum	
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	66,8	133,0	35,20	x
As	3,61	7,82	0,95	0,25
Cd	0,04	0,10	< 0,05	0,2
Cr	0,28	0,68	< 0,30	0,5
Cu	4,03	5,23	1,95	15
Fe	97,0	147,0	56,7	x
Hg	0,010	0,019	0,006	0,025
Mn	148,7	204,0	112,0	x
Mo	0,47	1,04	< 0,60	4,0
Ni	0,64	0,98	0,42	3,5
Pb	0,41	0,96	< 0,50	2,6
S	3454	5350	1870	5000
V	0,30	0,80	< 0,50	0,25
Zn	24,7	50,5	12,1	90

x - údaj chybí

¹⁾ Öhlinger, 2002

Průměrné obsahy většiny sledovaných prvků za vegetační období 2010 byly nižší než požadové hodnoty z Rakouska (tabulka 1). Výjimkou je arzén, u něhož došlo na všech stanovištích u všech vzorků k překročení požadové hodnoty pro arzén uváděné Öhlingerem (2002). I minimální hodnota arzenu zjištěná v jílku ze stanoviště v Lípě (0,95 mg.kg⁻¹) v září je téměř čtyřnásobně vyšší než uváděná požadová hodnota. U chromu a síry došlo k překročení

požadových hodnot jen v některém ze sledovaných měsíců. U síry byla překročena požadová hodnota v X. měsíci na stanovišti v Přerově n.L. (5350 mg.kg^{-1}). Obsah chromu v jílku byl vyšší než požadová hodnota na stanovišti v Opavě ($0,68 \text{ mg.kg}^{-1}$) v IX. měsíci sledování. U vanadu jsou hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti na všech stanovištích s výjimkou zjištěné hodnoty $0,80 \text{ mg.kg}^{-1}$ sušiny rovněž na stanovišti v Opavě v IX. měsíci a $0,78 \text{ mg.kg}^{-1}$ sušiny na stanovišti v Lípě v VIII. měsíci.

Podrobně jsou obsahy anorganických polutantů rozvedeny v tabulce 13 v příloze.

Z porovnání průměrných obsahů anorganických polutantů na jednotlivých stanovištích (tabulka 2) je zřejmé, že mezi stanovišti jsou u některých anorganických polutantů výraznější rozdíly. Na stanovišti v Přerově n.L. jsou v jílku vyšší obsahy u hliníku, kadmia a železa, na stanovišti v Opavě rtuti a olova. Na stanovišti v Lípě jsou nejnižší obsahy arzenu.

Tabulka 2: Obsah anorganických polutantů v jílku na jednotlivých stanovištích (aritmetický průměr za vegetační období 2010)

	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice
	mg.kg^{-1} sušiny			
Al	59,4	90,0	63,6	54,2
As	2,74	3,72	3,93	4,04
Cd	< 0,05	0,07	< 0,05	0,03
Cr	0,31	< 0,30	0,42	0,25
Cu	4,60	4,13	3,44	3,97
Fe	82,9	120,5	96,8	87,9
Hg	0,009	0,011	0,014	0,008
Mn	130,4	167,8	156,0	140,5
Mo	0,48	0,41	0,37	0,62
Ni	0,68	0,62	0,66	0,61
Pb	0,38	< 0,50	0,58	0,42
S	3570	3510	3194	3543
V	0,36	< 0,50	0,36	< 0,50
Zn	34,6	26,0	18,8	19,2

Při porovnání průměrných obsahů anorganických polutantů v jílku v závislosti na průběhu vegetačního období 2010 jsou u většiny jednotlivých anorganických polutantů nejnižší hodnoty na začátku sledovaného období (V.-VI. měsíc), nejvyšší v polovině a ke konci sledovaného období (VII. nebo X. měsíc) (tabulka 3). Průměrné obsahy jednotlivých anorganických polutantů v X. měsíci mohou být částečně zkresleny chybějícími hodnotami ze stanoviště v Lípě a v Opavě. Nejvyšší a nejnižší obsahy anorganických polutantů nebývají na jednotlivých stanovištích vždy zjištěny ve stejném období.

Téměř shodný průběh hodnot je na všech stanovištích u arzenu. Maxima byla naměřena v letních měsících, nižší naměřené hodnoty se vyskytovaly na začátku a na konci vegetačního období (graf 1).

Naopak u síry byly nejvyšší hodnoty na konci vegetačního období, v Lípě a Přerově n.L. jsou vyšší hodnoty i na začátku vegetačního období (graf 2). Vyšší hodnoty ke konci sledovaného období mohou být ovlivněny začínající topnou sezónou. Podobně je tomu u hliníku a železa, kdy hodnoty měly stoupající tendenci ke konci vegetačního období (graf 3, 4). U hliníku vyšší hodnota na stanovišti v Lípě v VIII. měsíci může být známkou místního znečištění ve sledovaném období.

Nízké hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti byly u kadmia na stanovišti v Lípě a v Opavě a s výjimkou jedné hodnoty v VII. měsíci v Jaroměřicích. Rovněž hodnoty vanadu s výjimkou dvou hodnot (Lípa VIII. měsíc, Opava IX. měsíc) byly pod hranicí meze stanovitelnosti. Většina hodnot chromu, molybdenu a olova byla také nízká nebo pod hranicí meze stanovitelnosti. Na stanovišti v Přerově nad Labem byly pod hranicí meze stanovitelnosti všechny hodnoty olova a chromu, na stanovišti v Lípě a Opavě hodnoty kadmia.

U manganu, mědi a zinku byly naměřené hodnoty mezi stanovišti rozdílné, na jednotlivých stanovištích však ve sledovaném období je průběh změn u těchto prvků téměř shodný (graf 5 a 6).

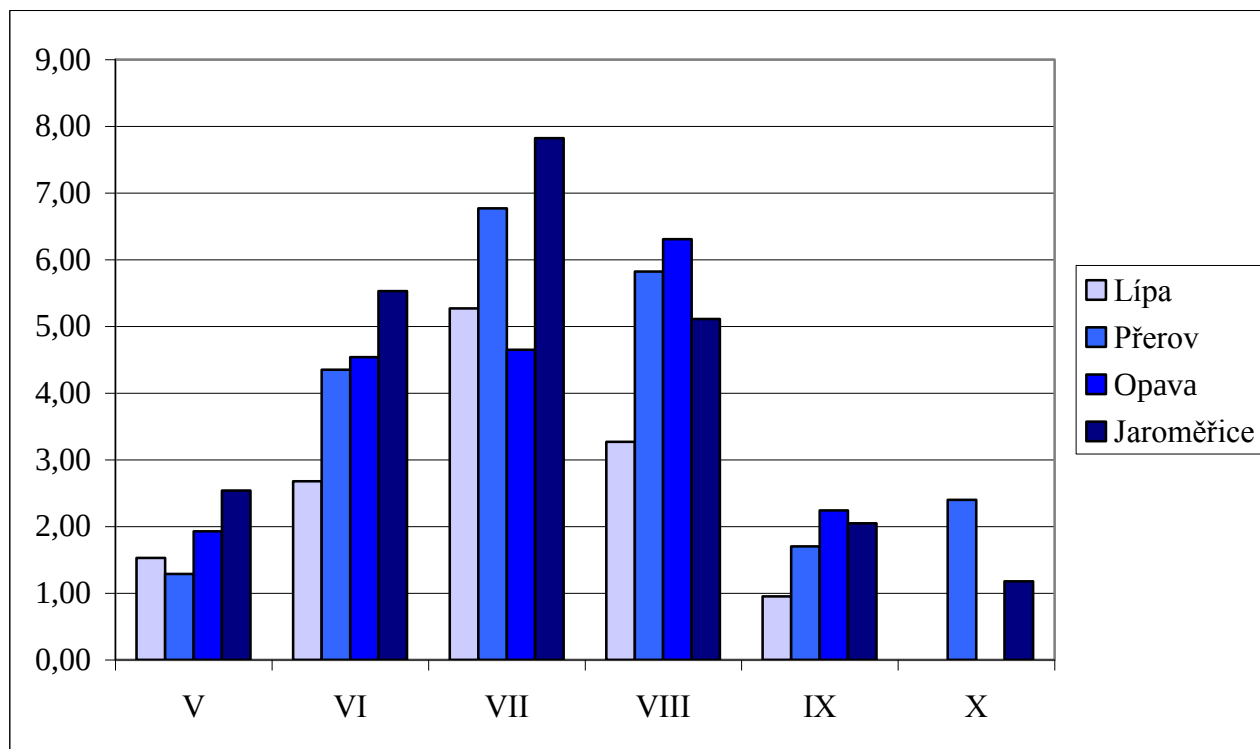
Téměř shodný průběh změn na jednotlivých stanovištích má obsah niklu.

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

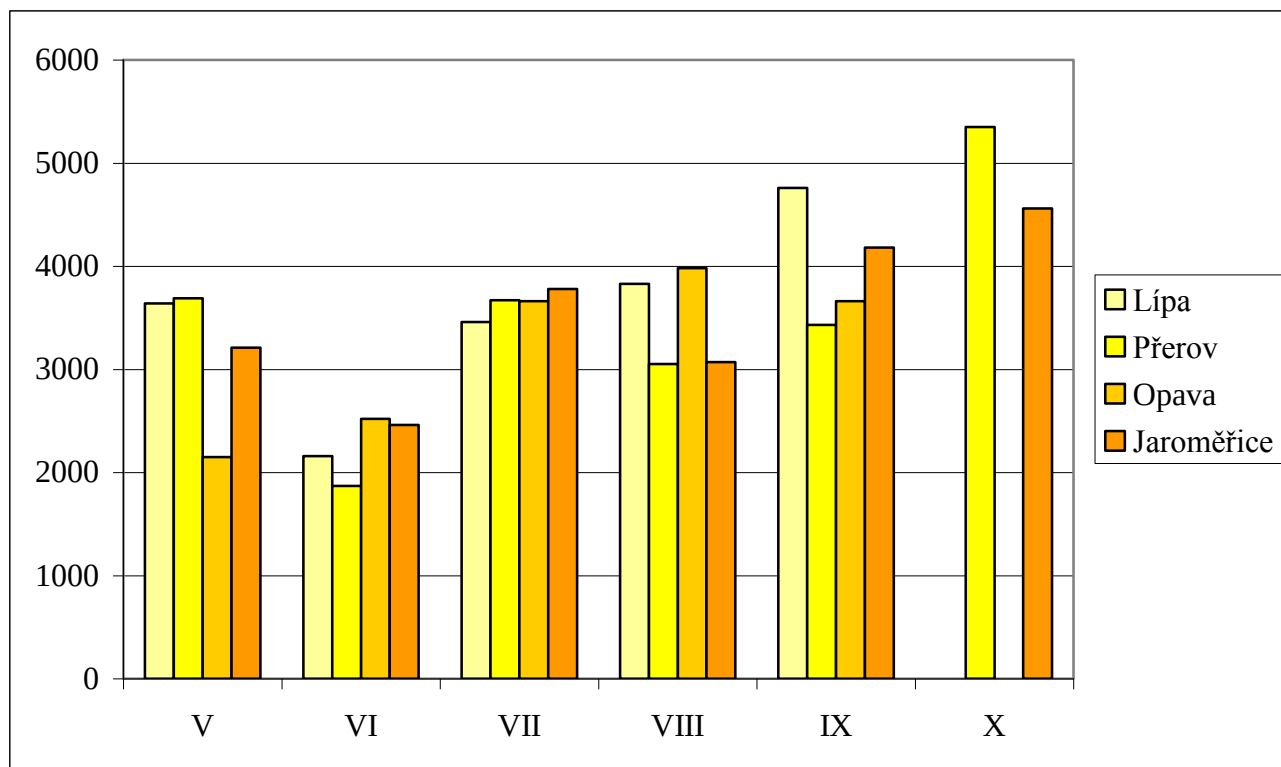
Tabulka 3: Změny obsahu anorganických polutantů v jílku v průběhu vegetačního období (aritmetický průměr stanovišť v měsících 2010)

	V	VI	VII	VIII	IX	X
	mg.kg ⁻¹ sušiny					
Al	61,9	63,3	49,6	72,2	69,2	107,8
As	1,82	4,28	6,13	5,13	1,74	1,79
Cd	0,04	< 0,05	0,05	0,04	< 0,05	0,05
Cr	0,27	0,29	0,28	0,21	0,33	0,24
Cu	3,67	3,44	4,39	3,89	4,48	4,65
Fe	81,6	84,4	99,4	97,8	107,7	132,5
Hg	0,009	0,009	0,013	0,011	0,011	0,010
Mn	139,3	121,8	178,8	155,5	140,0	170,5
Mo	< 0,60	0,48	0,63	0,75	< 0,60	< 0,60
Ni	0,63	0,50	0,83	0,66	0,63	0,60
Pb	0,43	0,47	0,46	< 0,50	< 0,50	0,51
S	3173	2253	3643	3483	4008	4955
V	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,38	0,39	< 0,50
Zn	23,7	25,7	30,7	20,6	23,2	21,7

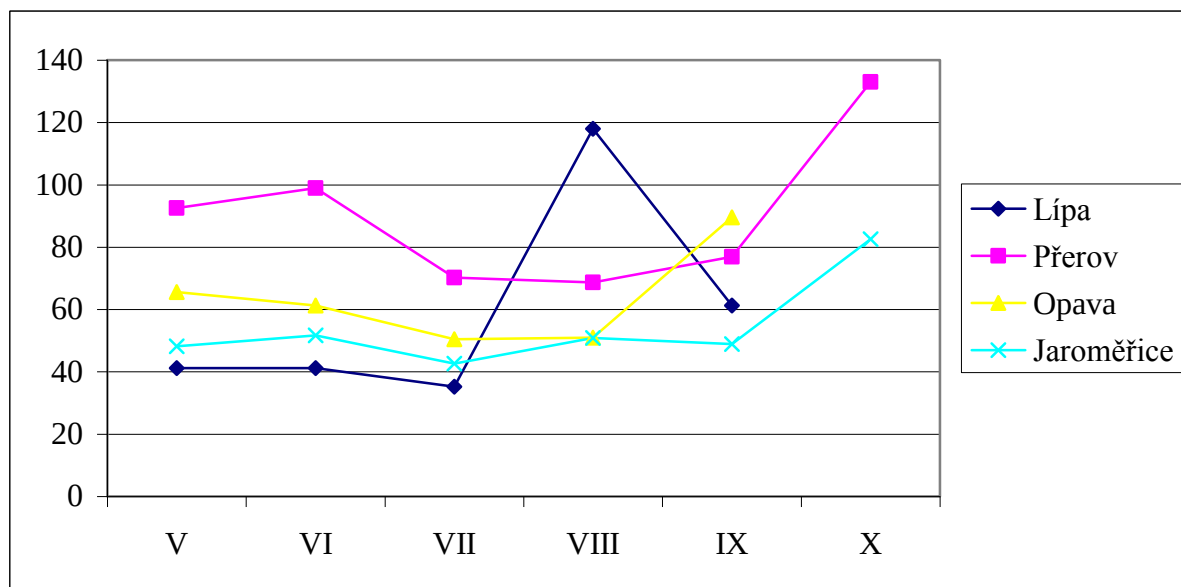
Graf 1: Změny obsahů arzenu v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2010 (mg.kg^{-1} sušiny)



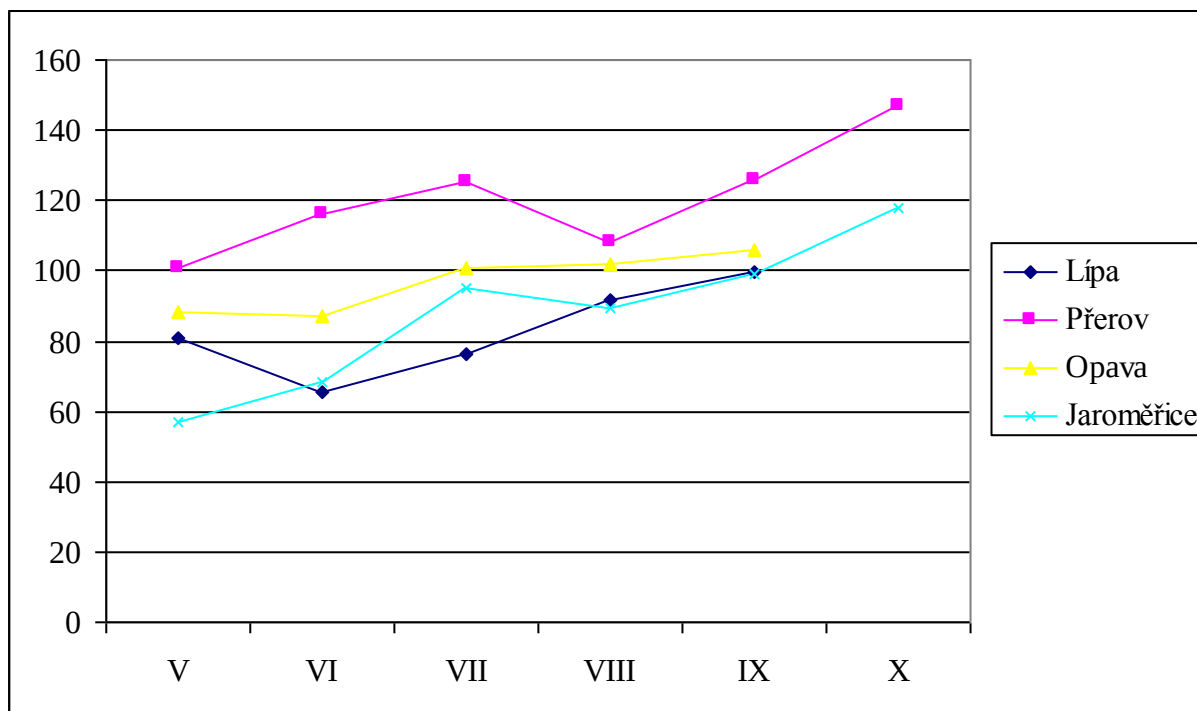
Graf 2: Změny obsahů síry v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2010 (mg.kg^{-1} sušiny)



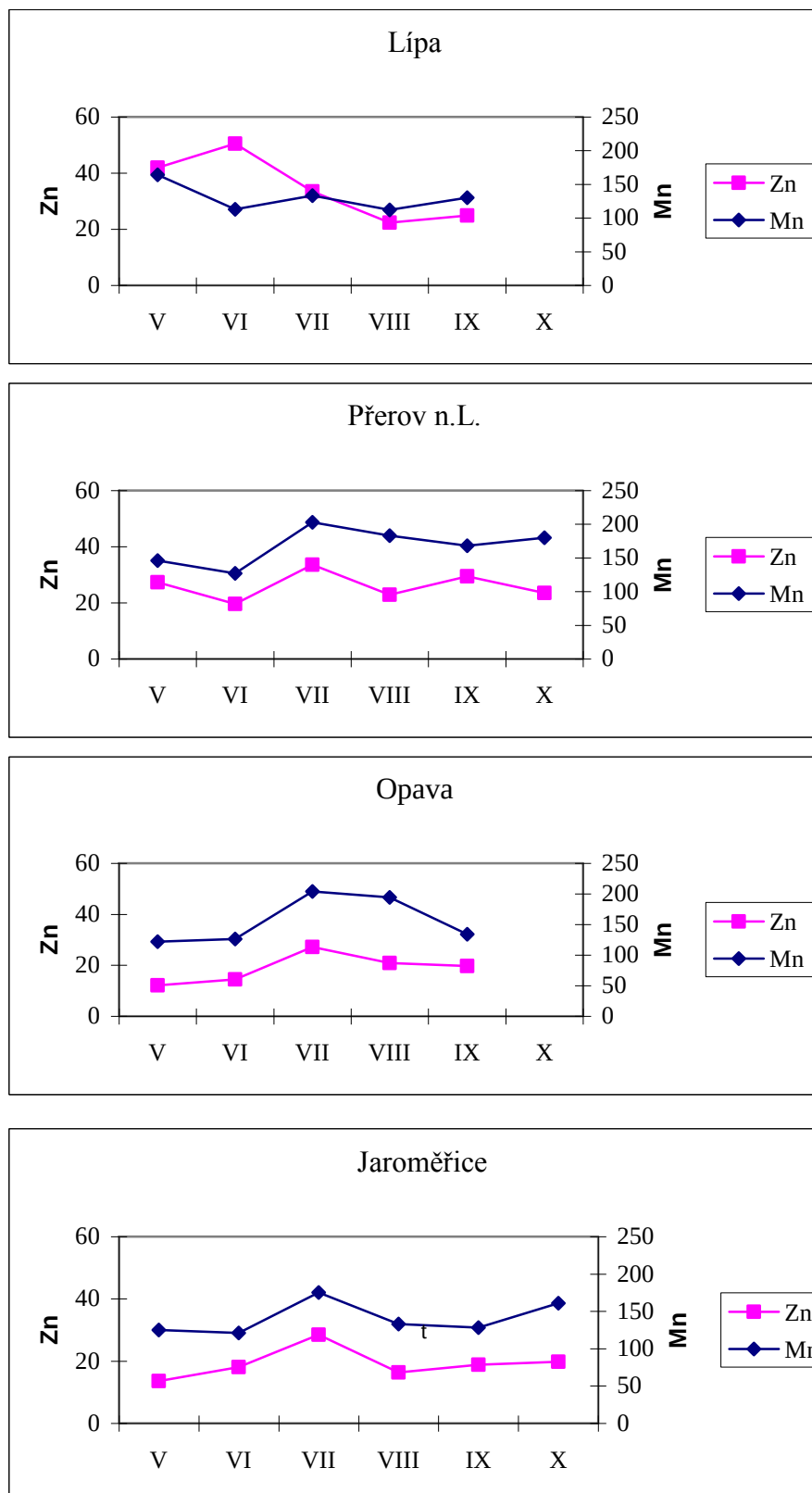
Graf 3: Změny obsahu hliníku v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2010 (mg.kg^{-1} sušiny)



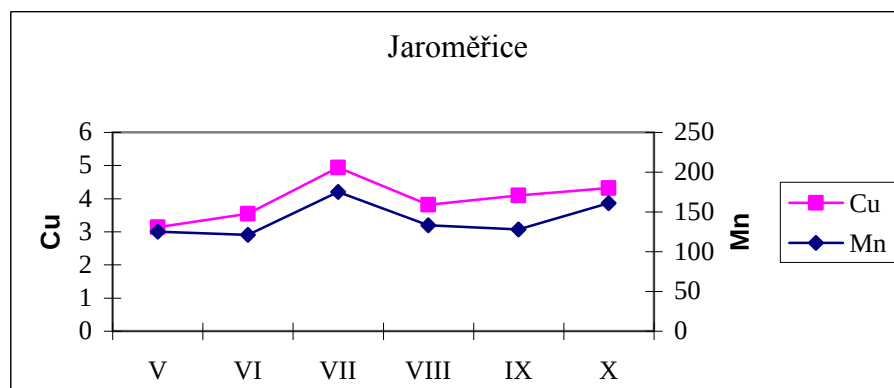
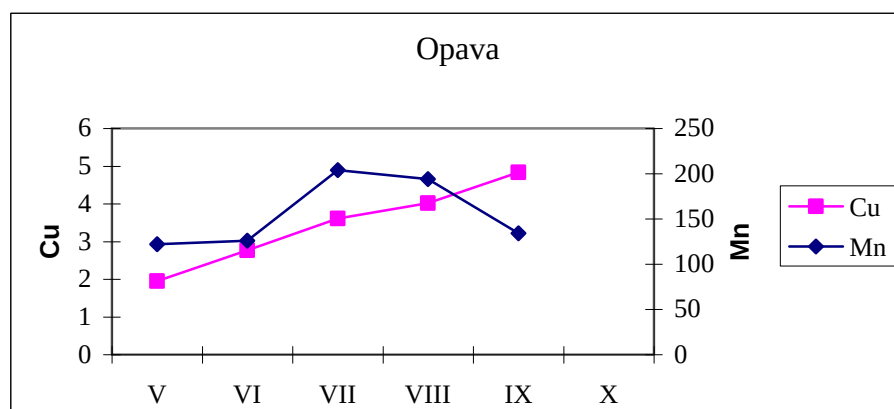
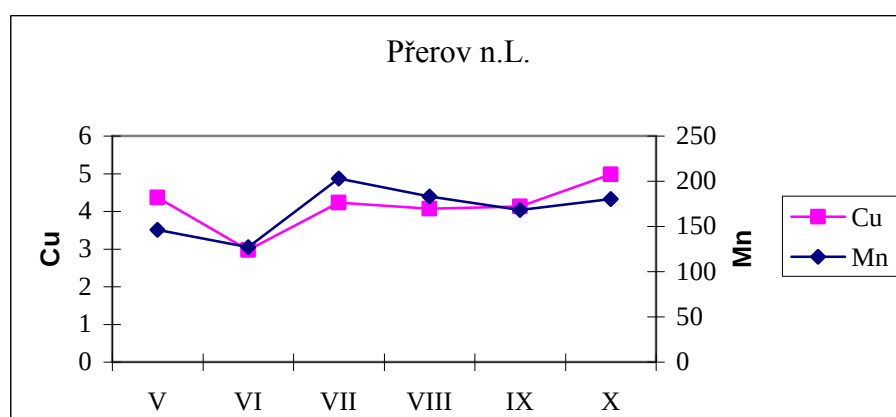
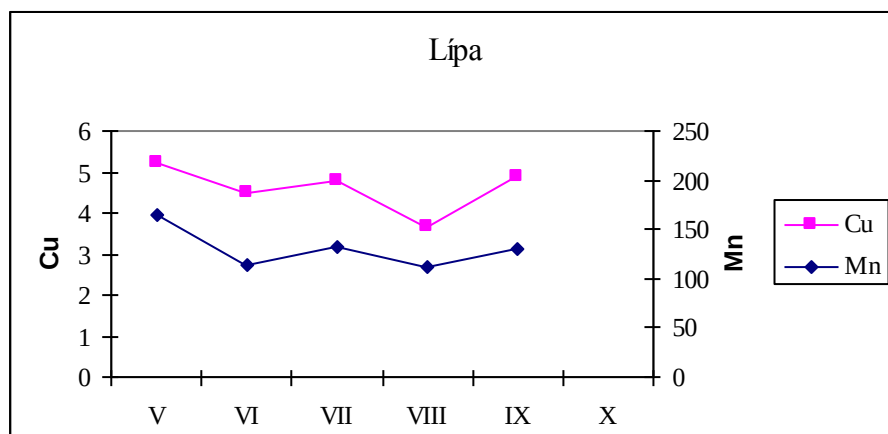
Graf 4: Změny obsahu železa v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2010 (mg.kg^{-1} sušiny)



Graf 5: Změny obsahů zinku a manganu v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2010 (mg.kg⁻¹ sušiny)



Graf 5: Změny obsahů mědi a manganu v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2010 (mg.kg^{-1} sušiny)



4.1.2. Organické polutanty v jílku

Průměrný obsah polycyklických aromatických uhlovodíků v hmotě jílku mnohokvětého uvádí tabulka 4. V porovnání s rakouskou požadovou hodnotou je vysoký. I nejnižší zjištěný obsah polyaromatických uhlovodíků je nad požadovou hodnotou a maximální hodnota zjištěná v hmotě jílku v roce 2010 je téměř desetinásobně vyšší než uváděná literární hodnota.

Tabulka 4: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v jílku (aritmetický průměr za vegetační období 2010)

Σ PAU (16)	2010			požadová hodnota ¹⁾
	průměr	maximum	minimum	
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy			
	64,63	218,29	37,21	23,0

¹⁾ Öhlinger,2002

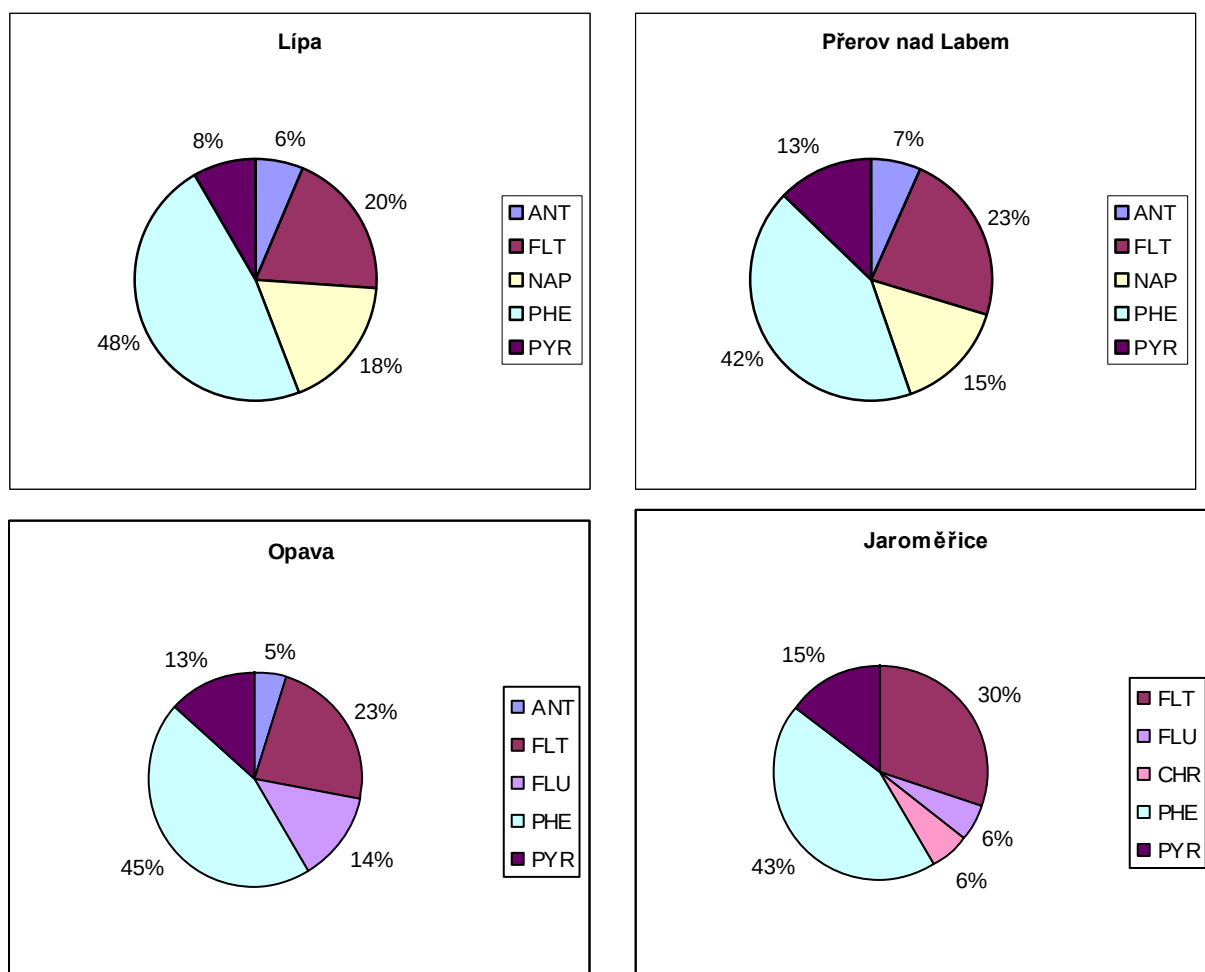
Vyšší hodnoty organických polutantů v jílku byly zjištěny na stanovištích v Opavě a Jaroměřicích (tabulka 5).

Tabulka 5: Obsah organických polutantů v jílku na jednotlivých stanovištích (průměr za vegetační období 2010)

	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy			
ANA	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00
ANT	1,41	1,45	1,59	4,22
ANY	< 20,00	< 20,00	< 20,00	< 20,00
BAA	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00
BAP	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00
BBF	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00
BPE	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00
BKF	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
DBA	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00
FLT	4,50	4,89	6,98	14,07
FLU	< 4,00	< 4,00	4,15	2,61
CHR	< 4,00	< 4,00	< 4,00	2,74
IPY	< 10,00	< 10,00	< 10,00	< 10,00
NAP	4,04	3,22	< 5,00	< 5,00
PHE	10,66	9,04	13,67	20,27
PYR	1,89	2,73	4,06	6,85
Σ PAU (16)	53,99	52,78	62,46	80,76

Pouze u pěti sledovaných PAU za celé sledované vegetační období byla překročena mez stanovitelnosti ve vzorcích jílku na stanovištích v Přerově nad Labem, v Opavě a v Lípě, na stanovišti v Jaroměřicích to bylo u šesti sledovaných PAU. Přesto je celkový obsah sumy 16 EPA PAU na těchto stanovištích v porovnání s výše uvedenou požadovou hodnotou z Rakouska více než dvojnásobně vyšší, na stanovišti v Jaroměřicích téměř čtyřnásobně. Na všech stanovištích tvořil nejvyšší podíl z celkového množství stanovených PAU phenanthrene (PHE), fluoranthene (FLT) (graf 5). Na stanovištích v Lípě a v Přerově nad Labem se na celkové sumě PAU podílel významně naphtalene (NAP), na stanovišti v Opavě fluorene (FLU), pyrene (PYR) na všech stanovištích s výjimkou stanoviště v Lípě. Hodnoty ostatních sledovaných polycylických aromatických uhlovodíků byly nízké, pod hranicí meze stanovitelnosti. Pokud byla mez stanovitelnosti překročena, tak převážně ve vzorcích jílku z konce vegetačního období v IX. a X. měsíci sledování. Na žádném stanovišti nebyla mez stanovitelnosti překročena za sledované období u acenaphtene (ANA), acenaphtylene (ANY), benzo[a]anthracene (BAA), benzo[a]pyrene (BAP), benzo[b]fluoranthene (BBF), benzo[k]fluoranthene (BKF), benzo[g,h,i]perylene (BPE), dibenzo[a,h]anthracene (DBA) a indeno[1,2,3-c,d]pyrene (IPY).

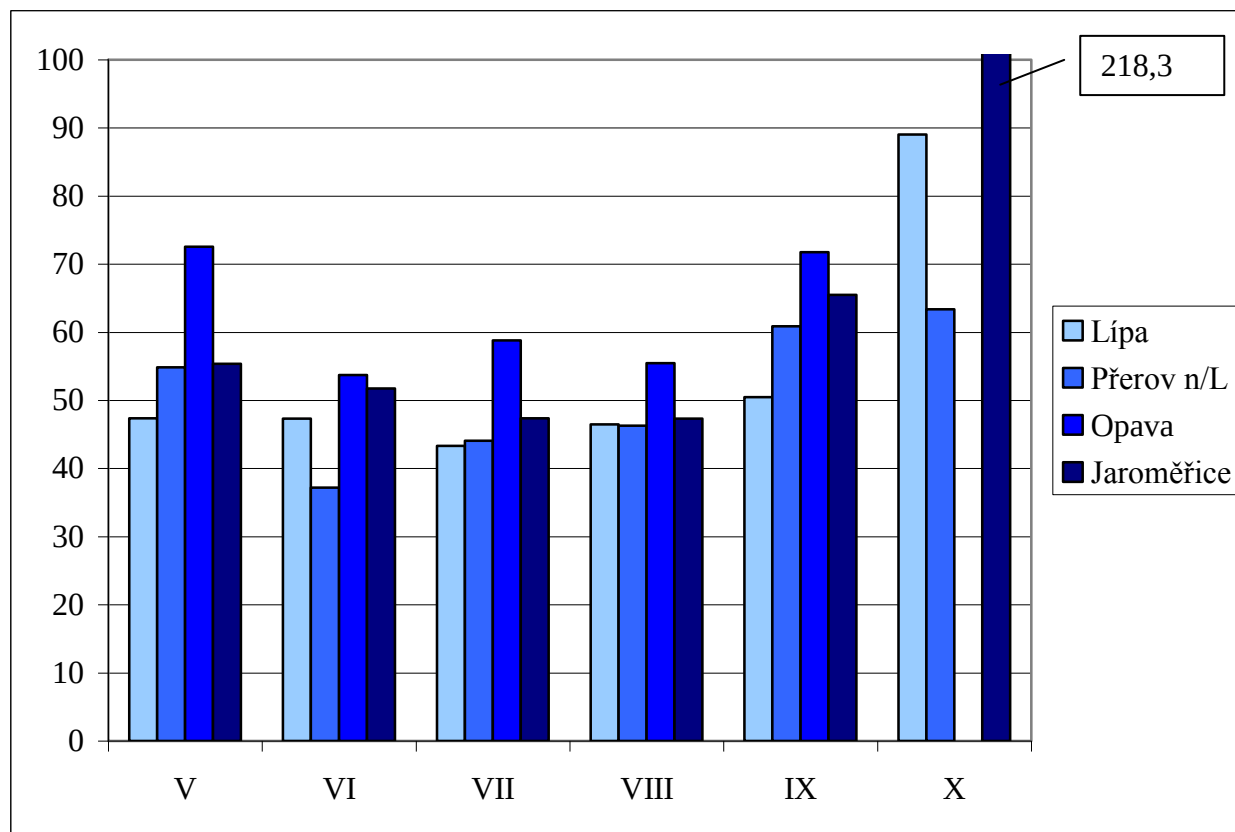
Graf 5: Průměrné zjištěné obsahy organických polutantů v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2010 (% ze Σ hodnot PAU nad hranicí meze stanovitelnosti)



Tabulka 6: Změny obsahu organických polutantů v jílku v průběhu vegetačního období 2010 (aritmetický průměr stanovišť)

Σ PAU (16)	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy			
V	47,36	54,85	72,54	55,36
VI	47,32	37,21	53,70	51,72
VII	43,30	44,09	58,82	47,34
VIII	46,48	46,28	55,45	47,33
IX	50,46	60,89	71,77	65,51
X	89,02	63,37	-	218,29
	53,99	52,78	62,46	80,76

Tabulka 6 uvádí obsah organických polutantů v průběhu vegetačního období. Nejnižší hodnoty záchytu byly v letních měsících, v posledním měsíci sledování byly hodnoty záchytu nejvyšší. Změny záchytu organických polutantů v průběhu vegetačního období ukazuje graf 6. Výrazně vysoká byla hodnota celkové sumy PAU v posledním měsíci sledování na stanovišti v Jaroměřicích v porovnání s ostatními stanovišti, na čemž se především podílely zjištěné vysoké hodnoty phenanthrene (PHE), fluoranthene (FLT) a pyrene (PYR).

Graf 6: Změny obsahu organických polutantů v jílku v průběhu vegetačního období 2010 (Σ 16 PAU; μg.kg⁻¹ čerstvé biomasy)

Nárůst záchytu 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. V roce 2009 byla na stanovišti v Přerově n/L v jílku naměřena hodnota 222,20 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy (Σ 16 PAU), na stanovišti v Opavě 255,22 $\mu\text{g.kg}^{-1}$, na stanovišti v Jaroměřicích 223,64 $\mu\text{g.kg}^{-1}$.

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

4.2. BOROVICE VE VEGETAČNÍM OBDOBÍ 2010

Borovice černá je druhým bioindikátorem, který je umístěn na dvou imisně nezatížených stanovištích společně s jíllem (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 2010 jsou uvedeny v tabulce 7.

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 železa, arzenu a hliníku. Minimální rozdíly mezi zatíženými a nezatíženými stanovišti vykazoval zinek a měď, hodnoty vanadu a molybdenu byly pod hranicí meze stanovitelnosti na všech stanovištích, hodnoty kadmia, chromu, arzenu a molybdenu byly pod hranicí meze stanovitelnosti na imisně nezatížených stanovištích.

Tabulka 7: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice (aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2010)

	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
	průměr	maximum	minimum	průměr	maximum	minimum
	mg.kg ⁻¹ sušiny					
Al	53,2	86,9	28,5	106,3	123,0	94,5
As	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,77	1,61	< 0,20
Cd	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,09	0,17	< 0,05
Cr	< 0,30	< 0,30	< 0,30	0,52	1,09	< 0,30
Cu	3,12	3,48	2,64	3,12	3,71	2,24
Fe	36,5	49,8	25,0	94,0	139,0	67,4
Hg	0,011	0,013	0,008	0,016	0,018	0,013
Mn	96,8	113,0	76,7	126,5	147,0	107,0
Mo	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60
Ni	0,83	1,49	0,40	1,00	2,07	0,15
Pb	0,52	0,79	< 0,50	0,91	1,10	< 0,50
S	1027	1100	997	1475	1610	1130
V	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Zn	34,0	36,7	33,7	37,8	42,5	28,8

Rozdíly hodnot u 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. Vyšší průměrné hodnoty většiny anorganických polutantů byly zjištěny na stanovištích v zimní periodě, u některých prvků jsou tyto rozdíly velmi výrazné, týká se to především železa a hliníku na všech stanovištích, někdy jsou tyto rozdíly jen na jednom stanovišti jako u arzenu, olova, rtuti a zinku na stanovišti ve Vratimově. V letním období byly vyšší jen obsahy mědi a niklu (s výjimkou stanoviště v Opavě). U některých polutantů je kolísání obsahu během period na stanovištích minimální bez ohledu na to, zda se jedná o imisně nezatížené nebo zatížené stanoviště, např. zinek na stanovišti v Závěšíně, Opavě a Plzni.

Tabulka 8: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice v letní a zimní periodě (aritmetický průměr za periodu v roce 2010)

	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	zimní perioda	letní perioda	zimní perioda	letní perioda
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	66,3	40,1	117,5	95,0
As	< 0,20	< 0,20	0,86	0,72
Cd	< 0,05	< 0,05	0,07	0,10
Cr	<0,30	<0,30	0,79	0,25
Cu	2,97	3,27	2,71	3,53
Fe	42,2	30,9	111,6	76,4
Hg	0,011	0,012	0,018	0,014
Mn	102,8	90,9	129,0	124,0
Mo	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60
Ni	0,71	0,95	0,76	1,25
Pb	0,79	<0,50	1,10	0,71
S	1060	994	1605	1345
V	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Zn	34,2	33,9	35,7	40,0

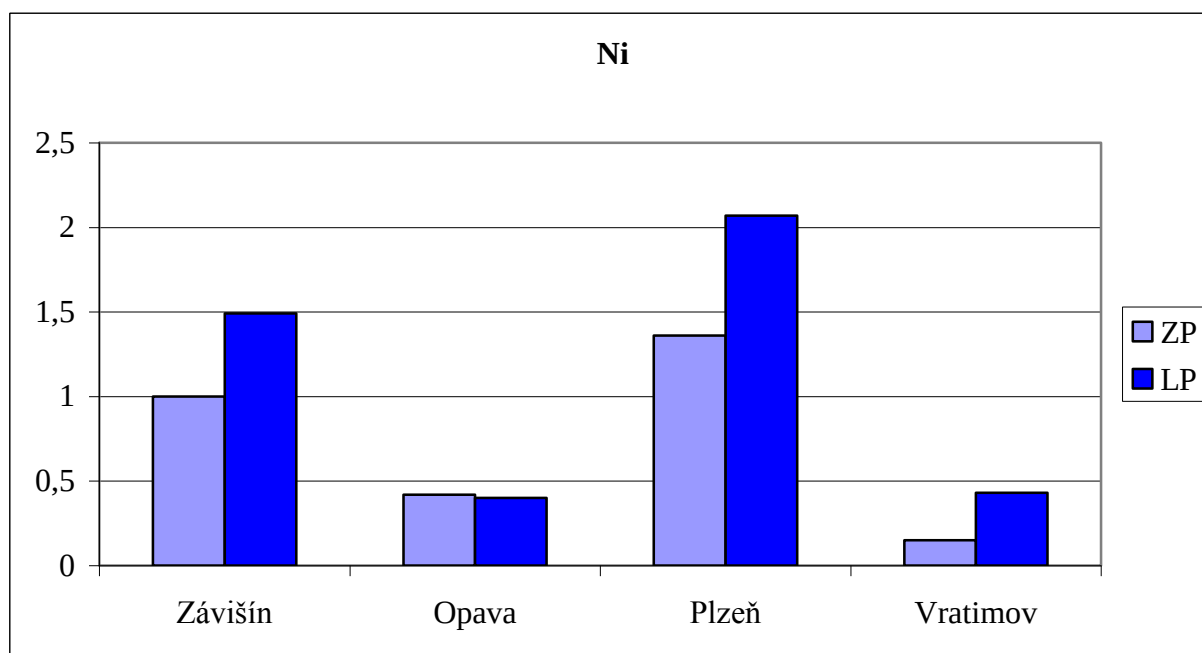
Průměrné obsahy anorganických polutantů naměřené v jehličí na nezatížených a zatížených stanovištích jsou uvedeny v tabulce 9.

Pokud porovnáme průměrné obsahy anorganických polutantů v jehličí na jednotlivých stanovištích, lze konstatovat, že na nezatížených stanovištích jsou obsahy anorganických polutantů převážně nižší než na stanovištích zatížených. Jako nejčistší stanoviště vychází Závěšín, kde hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti byly zjištěny u šesti sledovaných anorganických polutantů – arzenu, kadmia, chrómu, molybdenu, olova a vanadu a nejnižší hodnoty v obou periodách u hliníku, železa a manganu. Nejvíce zatíženým stanovištěm je Vratimov, kde hodnoty arzenu, železa a olova převyšují hodnoty z ostatních stanovišť v obou periodách. Zároveň jsou zde překvapivě naměřeny u některých anorganických polutantů nejnižší hodnoty ze sledovaných stanovišť – u niklu, mědi a zinku v zimní periodě.

Tabulka 9: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice (aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2010)

	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	Závišín	Opava	Plzeň	Vratimov
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	37,1	69,3	103,8	108,8
As	<0,20	<0,20	<0,20	1,47
Cd	<0,05	<0,05	0,15	<0,05
Cr	<0,30	<0,30	0,62	0,42
Cu	3,39	2,85	3,45	2,80
Fe	29,8	43,3	75,8	112,2
Hg	0,013	0,009	0,016	0,016
Mn	84,7	109,0	109,0	144,0
Mo	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
Ni	1,25	0,41	1,72	0,29
Pb	<0,50	0,52	<0,50	0,91
S	1009	1046	1580	1370
V	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Zn	35,4	32,7	42,3	33,3

Při porovnání obsahů u niklu na jednotlivých stanovištích je zajímavé, že hodnoty ze západních Čech, kde jsou stanoviště Závišín a Plzeň, jsou více než dvojnásobně vyšší než hodnoty ze stanovišť v Opavě a Vratimově, které jsou na severní Moravě (graf 7).

Graf 7: Změny obsahů niklu v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní (LP) a zimní periodě (ZP) 2010 (mg.kg⁻¹ sušiny)


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 ukazuje na rozdíly mezi nezatíženými a zatíženými stanovišti a rovněž na 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 2010)

Σ PAU (16)	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
	průměr	maximum	minimum	průměr	maximum	minimum
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy					
	102,70	153,20	47,80	162,80	274,60	111,20

Nejvyšší obsah (Σ 16 PAU) byl zjištěn na stanovišti Vratimov v zimní periodě, nejnižší na stanovišti Opava v letní periodě. V zimní periodě byly vyšší obsahy v porovnání s letní periodou na všech stanovištích s výjimkou Závišína, kde byly vyšší obsahy v letní periodě, v zimní periodě zde byl zjištěn nejnižší obsah sumy PAU.

Mez stanovitelnosti nebyla překročena na žádném stanovišti u šesti uhlovodíků - acenaphthene (ANA), acenaphthylene (ANY), benzo[a]pyrene (BaP), benzo[g,h,i]perylene (BPE), dibenzo[a,h]anthracene (DBA) a indeno[1,2,3-c,d]pyrene (IPY). Hodnoty benzo[k]fluoranthene (BkF) byly nad hranicí meze stanovitelnosti jen na stanovišti ve Vratimově a hodnoty benzo[a]anthracene (BaA) na stanovišti v Plzni. Hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti byly u benzo[b]fluoranthene (BbF) na stanovišti v Závišíně.

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 2010)

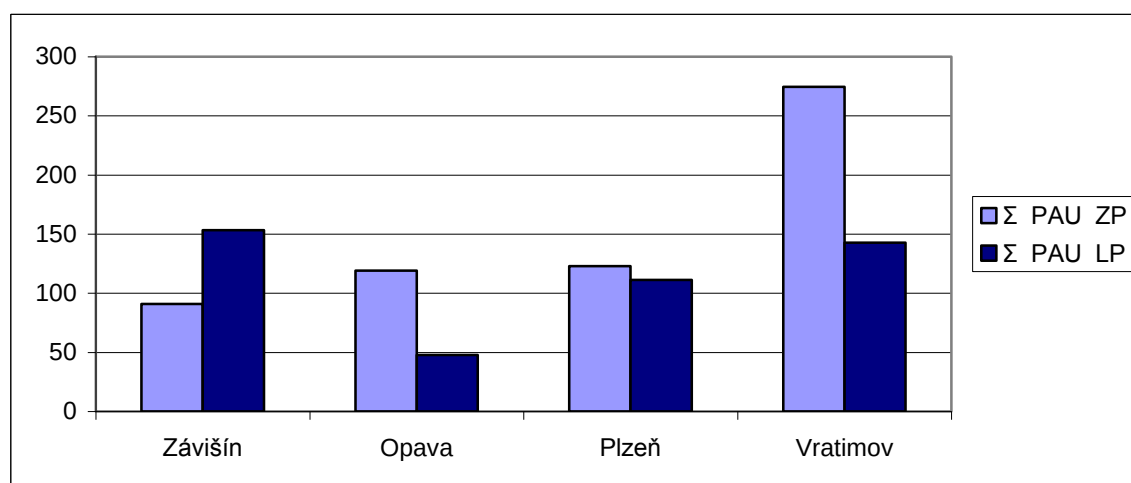
PAU	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	Závišín	Opava	Plzeň	Vratimov
	$\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy			
ANA	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
ANT	10,04	4,09	4,70	17,93
ANY	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
BAA	<4,00	<4,00	3,14	<4,00
BAP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
BBF	<3,00	2,72	2,33	5,41
BKF	<2,00	<2,00	<2,00	2,49
BPE	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
DBA	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
PHE	47,15	31,60	39,70	137,20
FLT	20,20	15,14	29,15	44,65
FLU	9,74	6,30	9,82	33,80
CHR	6,60	6,10	8,26	11,22
IPY	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00
NAP	19,95	4,36	23,70	8,70
PYR	13,35	9,35	5,96	29,80
Σ PAU (16)	122,00	83,40	117,00	208,70

V letní periodě byly obsahy jednotlivých uhlovodíků nižší v porovnání se zimní periodou, výjimkou bylo stanoviště v Závišíně, kde byly poměrně vysoké obsahy anthracene (ANT), naphtalene (NAP), phenanthrene (PHE) a fluoranthene (FLT) a tím i celková suma polyaromatických uhlovodíků zde byla v letní periodě vyšší. V zimní periodě zde však již byly u jednotlivých organických polutantů zjištěny hodnoty nízké. Nejnižší byly na nezatíženém stanovišti v Opavě.

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

Rozdílné hodnoty zachytu PAU na jehličí na nezatížených a zatížených stanovištích mezi zimní a letní periodou ukazuje graf 8.

Graf 8: Obsah organických polutantů v jehličí borovice v letní (LP) a zimní periodě (ZP) (Σ 16 PAU; $\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)

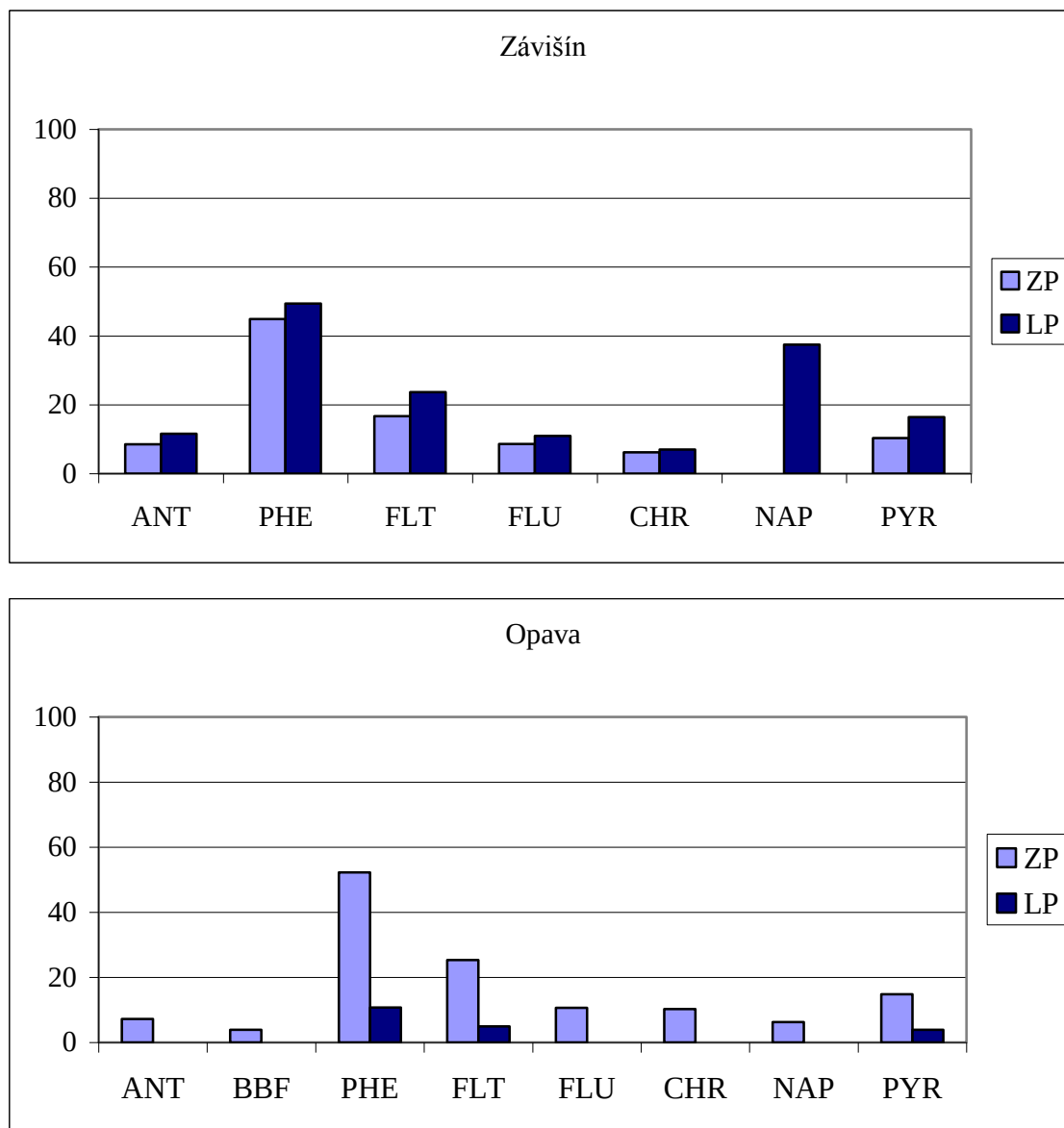


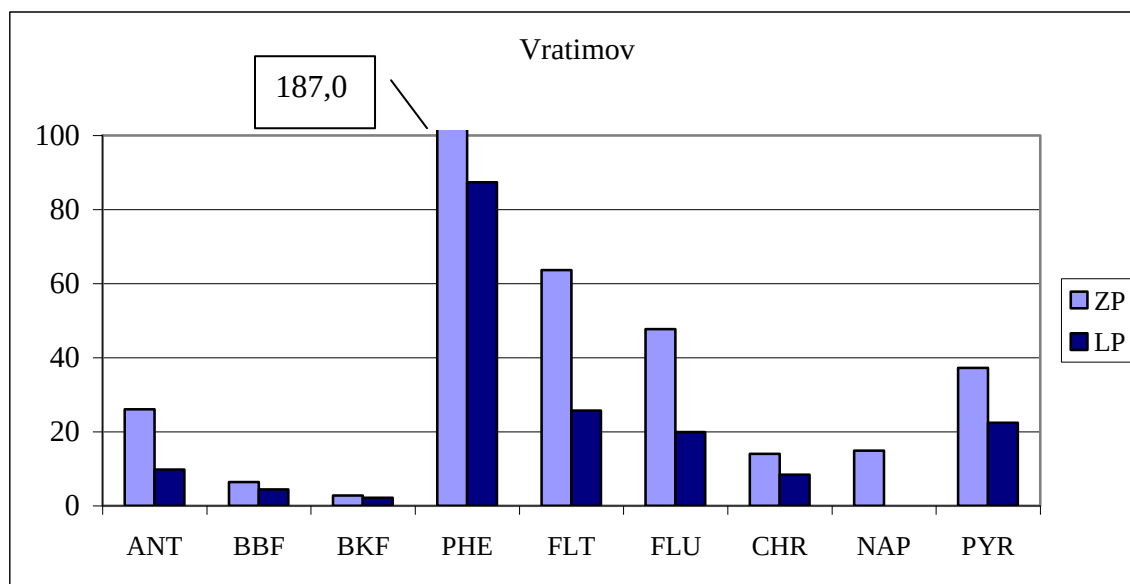
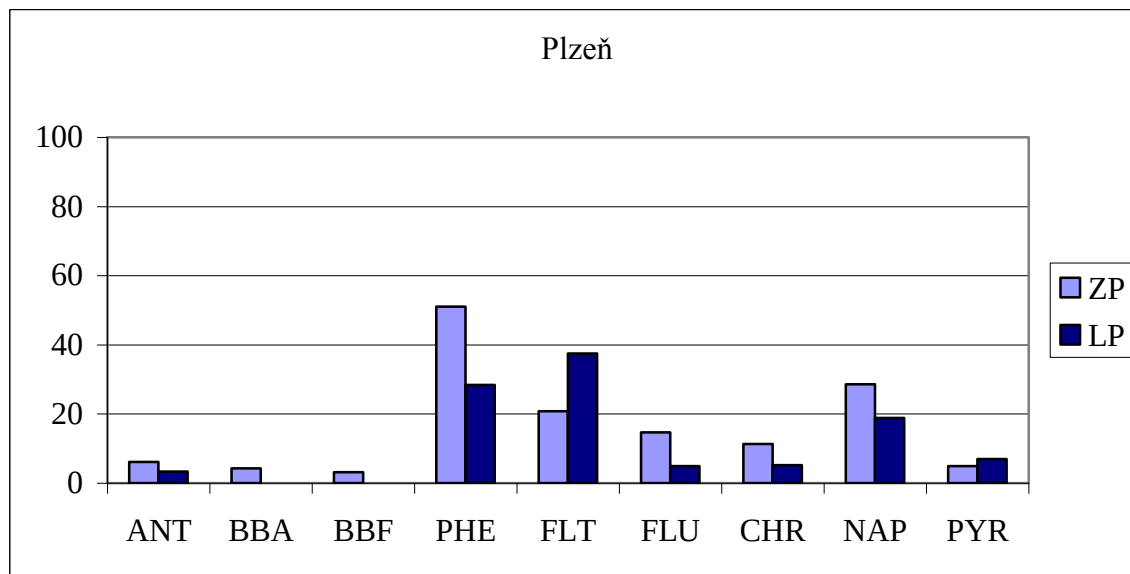
Tabulka 12: Obsahy jednotlivých organických polutantů v jehličí borovice v letní a zimní periodě (aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2010)

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	7,83	6,30	16,10	6,53
ANY	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
BAA	< 4,00	< 4,00	3,14	< 4,00
BAP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
BBF	2,72	<3,00	4,76	2,98
BKF	<2,00	<2,00	1,89	1,60
BPE	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
DBA	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
PHE	48,70	30,05	119,00	57,90
FLT	21,00	14,34	42,20	31,60
FLU	9,59	6,45	31,20	12,42
CHR	8,20	4,50	12,65	6,85
IPY	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00
NAP	4,36	19,95	27,75	10,65
PYR	12,55	10,15	21,08	14,68
Σ PAU (16)	104,90	100,48	198,70	126,93

Na všech stanovištích tvořil nejvyšší podíl z celkové sumy PAU phenanthrene (PHE) a fluoranthene (FLT) jak v letní, tak v zimní periodě (graf 9). Vysoký obsah naphtalene (NAP) byl zjištěn na stanovišti v Plzni a také v letní periodě v Závěšíně, kde byla nejvyšší naměřená hodnota. Na stanovišti ve Vratimově se na celkové sumě PAU podílel významně pyrene (PYR) a fluorene (FLU). Na stanovišti v Opavě v letní periodě byla zjištěna velice nízká hodnota sumy PAU, nad hranicí stanovitelnosti byly pouze phenanthrene (PHE), fluoranthene (FLT) a pyrene (PYR).

Graf 9: Zjištěné obsahy (nad hranicí meze stanovitelnosti) organických polutantů v jehličí borovice na jednotlivých stanovištích v letní a zimní periodě 2010 (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 tabulce 16 v příloze.

5. Závěry

- V roce 2010 byly sledovány obsahy vybraných anorganických polutantů a organických polutantů (16 EPA PAU) v travní hmotě jílku (stanoviště Lípa, Přerov nad Labem, Jaroměřice, Opava) a v jehličí borovice černé (stanoviště Závišín, 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 a síry došlo k překročení pozad'ových hodnot jen v některých sledovaných měsících a na některých stanovištích. U vanadu byly hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti, dvě zjištěné hodnoty byly vyšší než uváděná pozad'ová hodnota.
- Hodnoty kadmia, molybdenu a olova byly pod hranicí meze stanovitelnosti polovina naměřených hodnot u více než poloviny vzorků jílku.
- U síry byly nejvyšší hodnoty na konci vegetačního období, což může být ovlivněno začínající topnou sezónou. Výjimkou je stanoviště v Opavě, kde vzorek za poslední měsíc sledování chyběl a nejvyšší hodnota na tomto stanovišti byla v VIII. měsíci sledování. Rovněž u hliníku a železa byly nejvyšší hodnoty zjištěny ke konci vegetačního období.
- Arzen má téměř shodný průběh zjištěných hodnot na všech stanovištích s maximem v letních měsících a s nízkými hodnotami na počátku a konci vegetačního období.
- Průběh změn obsahu zinku, manganu a mědi byl na jednotlivých stanovištích velmi podobný, 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 v Jaroměřicích nad Rokytnou, nejnižší hodnoty celkové sumy PAU byly zaznamenány na stanovišti v Přerově nad Labem.
- Hodnoty organických polutantů v jílku nejnižší v letních měsících, zvyšovaly se ke konci vegetačního období.
- Na všech stanovištích tvořil nejvyšší podíl z celkové sumy PAU phenanthrene (PHE) a fluoranthene (FLT).
- Průměrné obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice černé imisně zatížených stanovišť byly vyšší než průměrné obsahy na stanovištích imisně nezatížených u většiny anorganických polutantů.
- Na imisně zatížených stanovištích byly zjištěny v jehličí borovice černé výrazně vyšší hodnoty železa a hliníku v letní i zimní periodě než na stanovištích imisně nezatížených.
- Hodnoty většiny organických polutantů v jehličí borovice černé byly vyšší v zimní periodě na všech stanovištích s výjimkou mědi, jejíž obsah byl na všech stanovištích vyšší v letní periodě.
- Hodnoty vanadu a molybdenu byly pod hranicí meze stanovitelnosti ve všech vzorcích jehličí. Hodnoty arzenu, kadmia a chrómu byly pod hranicí meze stanovitelnosti na nezatížených stanovištích.
- Na stanovištích Závišín a Plzeň byly v jehličí výrazně vyšší hodnoty niklu v obou periodách oproti stanovištím v Opavě a Vratimově.
- Vyšší hodnoty záchytu polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí borovice černé byly zjištěny v zimní periodě na všech stanovištích s výjimkou stanoviště Závišín, kde byly vyšší hodnoty záchytu PAU naměřeny v letní periodě.

- Nejvyšší hodnota záchytu polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí byla zjištěna na stanovišti ve Vratimově v zimní periodě, nejnižší hodnota na stanovišti Opava v letní periodě.
- Nejvyšší podíl z celkové sumy PAU v jehličí tvořil phenanthrene (PHE) a fluoranthene (FLT), a to jak v zimní, tak i v letní periodě. Na stanovišti v Plzni v obou periodách a v Závěšíně v letní periodě měl vysoký podíl na celkové sumě polyaromatických uhlovodíků také naphthalene (NAP), na stanovišti Vratimov pak v obou periodách pyrene (PYR) a fluorene (FLU)
- Výsledky slouží pro stanovování požadovaných 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., Chvátal, 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 - 2009
- Tabulka 14: Obsahy polyaromatických uhlovodíků v čerstvé hmotě jílku - 2009
- Tabulka 15: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice černé - 2009
- Tabulka 16: Obsahy polyaromatických uhlovodíků v jehličí borovice černé - 2009
- Tabulka 17: Výsledky rozboru použitého substrátu

Tabulka 13: Obsahy anorganických polutantů v sušině jílku - 2010

Al	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	41,2	92,5	65,6	48,2	61,9
	VI	41,2	98,9	61,3	51,7	63,3
	VII	35,2	70,2	50,4	42,6	49,6
	VIII	118,0	68,7	51,0	50,9	72,2
	IX	61,2	76,9	89,6	48,9	69,2
	X	-	133	-	82,6	107,8
	průměr	59,4	90,0	63,6	54,2	66,8

As	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	1,53	1,29	1,93	2,54	1,82
	VI	2,68	4,35	4,54	5,53	4,28
	VII	5,27	6,77	4,65	7,82	6,13
	VIII	3,27	5,82	6,31	5,11	5,13
	IX	0,95	1,7	2,24	2,05	1,74
	X	-	2,4	-	1,18	1,79
	průměr	2,74	3,72	3,93	4,04	3,61

Cd	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	0,04
	VI	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
	VII	<0,05	0,10	<0,05	0,06	0,05
	VIII	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	0,04
	IX	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	<0,05
	X	-	0,07	-	0,08	0,05
	průměr	<0,05	0,07	<0,05	0,03	0,04

Cr	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	0,35	<0,30	0,43	<0,30	0,27
	VI	<0,30	<0,30	0,48	0,38	0,29
	VII	0,32	<0,30	0,35	0,31	0,28
	VIII	0,39	<0,30	<0,30	<0,30	0,21
	IX	0,33	<0,30	0,68	<0,30	0,33
	X	-	<0,30	-	0,33	0,24
	průměr	0,31	<0,30	0,42	0,25	0,28

Cu	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	5,23	4,37	1,95	3,14	3,67
	VI	4,47	2,97	2,77	3,54	3,44
	VII	4,77	4,23	3,61	4,94	4,39
	VIII	3,65	4,07	4,02	3,81	3,89
	IX	4,87	4,13	4,83	4,09	4,48
	X	-	4,98	-	4,32	4,65
	průměr	4,60	4,13	3,44	3,97	4,03

Tabulka 13: pokračování

Fe	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	80,8	101,0	88,0	56,7	81,6
	VI	65,6	116,0	87,2	68,6	84,4
	VII	76,5	125,0	101,0	95,1	99,4
	VIII	91,7	108,0	102,0	89,6	97,8
	IX	99,8	126,0	106,0	99,1	107,7
	X	-	147,0	-	118,0	132,5
	průměr	82,9	120,5	96,8	87,9	97,0

Hg	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	0,008	0,010	0,011	0,006	0,009
	VI	0,007	0,010	0,012	0,007	0,009
	VII	0,009	0,013	0,019	0,009	0,013
	VIII	0,014	0,012	0,011	0,008	0,011
	IX	0,007	0,010	0,019	0,007	0,011
	X	-	0,010	-	0,009	0,010
	průměr	0,009	0,011	0,014	0,008	0,010

Mn	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	164,0	146,0	122,0	125,0	139,3
	VI	113,0	127,0	126,0	121,0	121,8
	VII	133,0	203,0	204,0	175,0	178,8
	VIII	112,0	183,0	194,0	133,0	155,5
	IX	130,0	168,0	134,0	128,0	140,0
	X	-	180,0	-	161,0	170,5
	průměr	130,4	167,8	156,0	140,5	148,7

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	1,02	0,48
	VII	0,86	<0,60	<0,60	1,04	0,63
	VIII	0,64	0,93	0,67	0,74	0,75
	IX	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
	X	-	<0,60	-	<0,60	<0,60
	průměr	0,48	0,41	0,37	0,62	0,47

Ni	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	0,72	0,70	0,55	0,54	0,63
	VI	0,55	0,42	0,42	0,59	0,50
	VII	0,74	0,84	0,75	0,98	0,83
	VIII	0,79	0,57	0,69	0,57	0,66
	IX	0,62	0,55	0,89	0,44	0,63
	X	-	0,65	-	0,54	0,60
	průměr	0,68	0,62	0,66	0,61	0,64

Tabulka 13: pokračování

Pb

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	<0,50	<0,50	0,95	<0,50	0,43
VI	0,62	<0,50	0,51	0,50	0,47
VII	0,51	<0,50	0,96	0,52	0,56
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	-	0,77	0,51
průměr	0,38	<0,50	0,58	0,42	0,41

S

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	3640	3690	2150	3210	3173
VI	2160	1870	2520	2460	2253
VII	3460	3670	3660	3780	3643
VIII	3830	3050	3980	3070	3483
IX	4760	3430	3660	4180	4008
X	-	5350	-	4560	4955
průměr	3570	3510	3194	3543	3454

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	0,78	<0,50	<0,50	<0,50	0,38
IX	<0,50	<0,50	0,8	<0,50	0,39
X	-	<0,50	-	<0,50	<0,50
průměr	0,36	<0,50	0,36	<0,50	0,30

Zn

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	41,9	27,3	12,1	13,6	23,7
VI	50,5	19,6	14,4	18,1	25,7
VII	33,4	33,5	27,2	28,5	30,7
VIII	22,3	22,9	20,8	16,3	20,6
IX	24,9	29,4	19,7	18,8	23,2
X	-	23,5	-	19,8	21,7
průměr	34,6	26,0	18,8	19,2	24,7

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

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	2,24	<2,00	1,35
	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	2,45	2,57	2,83	2,21
	X	3,45	2,24	-	18,50	8,06
	průměr	1,41	1,45	1,59	4,22	2,44

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	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	VI	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	VII	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	VIII	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	IX	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	X	<3,00	<3,00	-	<3,00	<3,00
	průměr	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00

Tabulka 14: pokračování

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

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

BPE	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	VI	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	VII	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	VIII	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	IX	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	X	<5,00	<5,00	-	<5,00	<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
	průměr	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00

FLT	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
	V	3,15	4,38	9,18	5,83	5,64
	VI	2,82	3,26	5,19	4,22	3,87
	VII	< 2,00	2,36	4,47	3,15	2,75
	VIII	2,39	2,79	4,76	3,45	3,35
	IX	3,24	7,40	11,30	9,74	7,92
	X	14,40	8,90	-	58,00	27,10
	průměr	4,50	4,85	6,98	14,07	8,44

Tabulka 14: pokračování**FLU**

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	<4,00	<4,00	4,17	<4,00	2,54
VI	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
VII	<4,00	<4,00	7,79	<4,00	3,45
VIII	<4,00	<4,00	4,78	<4,00	2,70
IX	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
X	<4,00	<4,00	-	5,66	3,22
průměr	<4,00	<4,00	4,15	2,61	2,65

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	-	6,43	3,48
průměr	<4,00	<4,00	<4,00	2,74	2,25

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	<5,00	6,82	<5,00	<5,00	3,58
VI	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
VII	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	2,44
VIII	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
IX	5,53	<5,00	<5,00	<5,00	3,26
X	8,93	<5,00	-	<5,00	4,64
průměr	4,04	3,22	<5,00	<5,00	3,15

PHE

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov	Opava	Jaroměřice	průměr
V	8,21	8,52	19,70	11,90	12,08
VI	8,50	6,77	10,70	9,83	8,95
VII	6,55	5,73	10,80	8,19	7,82
VIII	8,09	7,49	9,65	6,20	7,86
IX	8,19	12,50	17,50	12,9	12,77
X	24,40	13,20	-	72,60	36,73
průměr	10,66	9,04	13,67	20,27	14,37

Tabulka 14: pokračování

PYP

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n.L.	Opava	Jaroměřice	průměr
V	<2,00	2,63	5,09	2,63	2,84
VI	<2,00	2,18	2,81	2,67	2,17
VII	<2,00	<2,00	2,76	<2,00	1,44
VIII	<2,00	<2,00	3,26	2,68	1,99
IX	<2,00	4,54	6,40	5,04	4,25
X	6,34	5,03	-	27,1	12,82
průměr	1,89	5,03	4,06	6,85	4,25

Tabulka 15: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice 2010 (ZP – zimní perioda, LP – letní perioda)

	mg.kg ⁻¹	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
		Závišín	Opava	průměr	Plzeň	Vratimov	průměr
Al	ZP	45,7	86,9	66,3	112,0	123,0	117,5
	LP	28,5	51,7	40,1	95,5	94,5	95,0
	průměr	37,1	69,3	53,2	103,8	108,8	106,3
As	ZP	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	1,61	0,86
	LP	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	1,33	0,72
	průměr	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	1,47	0,77
Cd	ZP	<0,05	<0,05	<0,05	0,12	<0,05	0,07
	LP	<0,05	<0,05	<0,05	0,17	<0,05	0,10
	průměr	<0,05	<0,05	<0,05	0,15	<0,05	0,09
Cr	ZP	<0,30	<0,30	<0,30	1,09	0,48	0,79
	LP	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	0,35	0,25
	průměr	<0,30	<0,30	<0,30	0,62	0,42	0,52
Cu	ZP	3,29	2,64	2,97	3,18	2,24	2,71
	LP	3,48	3,05	3,27	3,71	3,35	3,53
	průměr	3,39	2,85	3,12	3,45	2,80	3,12
Fe	ZP	34,6	49,8	42,2	84,1	139,0	111,6
	LP	25,0	36,7	30,9	67,4	85,3	76,4
	průměr	29,8	43,3	36,5	75,8	112,2	94,0
Hg	ZP	0,013	0,008	0,011	0,017	0,018	0,018
	LP	0,013	0,010	0,012	0,015	0,013	0,014
	průměr	0,013	0,009	0,011	0,016	0,016	0,016
Mn	ZP	92,6	113,0	102,8	111,0	147,0	129,0
	LP	76,7	105,0	90,9	107,0	141,0	124,0
	průměr	84,7	109,0	96,8	109,0	144,0	126,5
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	1,00	0,42	0,71	1,36	0,15	0,76
	LP	1,49	0,40	0,95	2,07	0,43	1,25
	průměr	1,25	0,41	0,83	1,72	0,29	1,00
Pb	ZP	<0,50	0,79	0,79	<0,50	1,1	1,10
	LP	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	0,71	0,71
	průměr	<0,50	0,52	0,52	<0,50	0,91	0,91
S	ZP	1020	1100	1060	1600	1610	1605
	LP	997	991	994	1560	1130	1345
	průměr	1009	1046	1027	1580	1370	1475
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	36,7	31,7	34,2	42,5	28,8	35,7
	LP	34,0	33,7	33,9	42,1	37,8	40,0
	průměr	35,4	32,7	34,0	42,3	33,3	37,8

Tabulka 16: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí borovice černé v roce 2010 (16 EPA PAU, ZP – zimní perioda, LP – letní perioda)

	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	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	8,47	7,18	7,83	6,10	26,10	16,10
	LP	11,60	< 2,00	6,30	3,30	9,75	6,53
	průměr	10,04	4,09	7,06	4,70	17,93	11,31
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	4,28	<4,00	3,14
	LP	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	průměr	<4,00	<4,00	<4,00	3,14	<4,00	2,57
BAP	ZP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	LP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	průměr	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
BBF	ZP	<3,00	3,93	2,72	3,15	6,37	4,76
	LP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	4,45	2,98
	průměr	<3,00	2,72	<3,00	2,33	5,41	3,87
BKF	ZP	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	2,77	1,89
	LP	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	2,20	1,60
	průměr	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	2,49	1,74
BPE	ZP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	LP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	průměr	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
DBA	ZP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	LP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	průměr	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
PHE	ZP	44,90	52,50	48,70	51,00	187,00	119,00
	LP	49,40	10,70	30,05	28,40	87,40	57,90
	průměr	47,15	31,60	39,38	39,70	137,20	88,45
FLT	ZP	16,70	25,30	21,00	20,80	63,60	42,20
	LP	23,70	4,97	14,34	37,50	25,70	31,60
	průměr	20,20	15,14	17,67	29,15	44,65	36,90
FLU	ZP	8,58	10,60	9,59	14,70	47,70	31,20
	LP	10,90	< 4,00	6,45	4,94	19,90	12,42
	průměr	9,74	6,30	8,02	9,82	33,80	21,81
CHR	ZP	6,19	10,20	8,20	11,30	14,00	12,65
	LP	7,00	< 4,00	4,50	5,21	8,43	6,85
	průměr	6,60	6,10	6,35	8,26	11,22	9,74

Tabulka 16: pokračování

IPY	ZP	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00
	LP	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00
	průměr	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00
NAP	ZP	< 5,00	6,21	4,36	28,6	14,9	27,75
	LP	37,4	< 5,00	19,95	18,8	< 5,00	10,65
	průměr	19,95	4,36	12,15	23,7	8,7	16,2
PYR	ZP	10,30	14,80	12,55	4,96	37,20	21,08
	LP	16,40	3,90	10,15	6,96	22,40	14,68
	průměr	13,35	9,35	11,35	5,96	29,80	17,88
	Σ PAU ZP	90,80	119,00	104,90	122,80	274,60	198,70
	Σ PAU LP	153,15	47,80	100,48	111,16	142,70	126,93

Tabulka č. 17 - Výsledky rozboru použitého substrátu

P (Mehlich III) mg.kg ⁻¹ v suchém vzorku	P (Mehlich III) mg.kg ⁻¹ v suchém vzorku	P (Mehlich III) mg.kg ⁻¹ v suchém vzorku	P (Mehlich III) mg.kg ⁻¹ v suchém vzorku	pH/CaCl ₂
16,0	49,0	2200	339	3,8

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
16600	14,0	4,88	0,73	3,03	21,3

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
38,0	6540	0,126	81,7	<1,90	17,8

Pb mg.kg ⁻¹ v sušině	S mg.kg ⁻¹ v sušině	V mg.kg ⁻¹ v sušině	Zn mg.kg ⁻¹ v sušině
8,75	4390	29,1	21,0

P /obj. mg.l ⁻¹	K/obj. mg.l ⁻¹	Mg/obj. mg.l ⁻¹	Nmin/obj. mg.l ⁻¹	N-NH ₄ /obj. mg.l ⁻¹	N-NO ₃ /obj. mg.l ⁻¹	N (t) v sušině %
1,97	7,47	87,1	45,6	2,39	43,2	1,89

C:N	pH/H ₂ O	vodivost mS.cm ⁻¹	suš./pv %	org./s %	“OH”/s g.l ⁻¹
20,6	4,5	0,18	42,3	78,1	540

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
86,9	70,8	43,6	88,7	49,3	65,1

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
21,7	7,26	35,6	3,63	264	23,2

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)
107	< 10,00	72,1	130	78,7	1152,59