

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



VÝSLEDKY AKTIVNÍHO BIOMONITORINGU

Zpráva za rok 2008

Zpracovala: Ing. Lenka Klementová

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

Opava

červenec 2009

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 požadových hodnot vybraných anorganických a organických polutantů. Jako bioindikátory byly zvoleny jílky mnohokvětý a borovice černá. Referenční hodnoty jsou každoročně upřesňovány. Výsledky biomonitoringu je možné použít jako referenční hodnoty při hodnocení atmosférické depozice na dalších lokalitách.

Tato zpráva obsahuje výsledky získané v roce 2008.

2. Charakteristika stanovišť

ÚKZÚZ zajišťuje provoz čtyř stanovišť v Čechách, na Moravě a Slezsku (Závišín, Přerov n/L, Opava a Třešť), která jsou považována za relativně čistá i imisně nezatížená, a proto výsledky z těchto stanovišť mohou být považovány za požadové hodnoty. Na těchto stanovištích probíhá sledování standardizovaných kultur jílku mnohokvětého.

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

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 - 6 km jihozápadně město Opava

120 (7020 B) – Třešť	Kraj Vysočina, jihovýchodní část Českomoravské vrchoviny
nadmořská výška	552 m n.m.
klimatický region	mírně teplý, vlhký
	průměrná roční teplota 6-7° C
	průměrný roční úhrn srážek 650 – 750 mm
umístění stanoviště	na severním okraji města Třešť v zatravněném areálu Rybářství Telč, podnik Třešť
možné zdroje kontaminace	- lokální topeniště obce (obec je plynofikována) - 15 km severovýchodně město Jihlava - 8 km silně frekventovaná silnice Jihlava – Znojmo

2.2. Charakteristika zatížených stanovišť

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

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

3. Metodika

Jako testovací rostliny slouží:

jílek mnohokvětý (odrůda Fabio) – schválené osivo jílků mnohokvětých

borovice černá - dřeviny byly na stanoviště v Závišíně, Plzni, Opavě a Vratimově

vysázeny do velkoobjemových dřevěných kontejnerů a jednotného substrátu v roce 1997.

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 zalaty 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 odebraný vzorek nepřišel do styku s pokožkou. Sestříhaný porost ze všech květináčů se smíchal do jednoho směsného vzorku. Ke stanovení organických polutantů bylo naváženo 2x 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 2008 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). Na stanovišti ve Vratimově došlo v letním období k úhynu borovic, a proto byly vzorky jehličí z tohoto stanoviště odebrány jen za zimní periodu.

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 těchto 16 polyaromatických uhlovodíků (PAU 16):

naphthalene	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 předcházejících letech acenaphtylene (ANY) nebyl v NRL stanovován. 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. V roce 2008 byl již stanoven ve všech vzorcích s výjimkou jednoho vzorku jílku ze stanoviště v Třešti, kdy byl pod hranicí stanovitelnosti.

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.

4. Výsledky a diskuse

4.1. JÍLEK VE VEGETAČNÍM OBDOBÍ 2008

Na všech stanovištích ve vegetačním období 2008 bylo sklizeno dostatečné množství hmoty jílku k rozborům jak na anorganické tak na organické polutanty.

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 2008

	2008			požad'ová hodnota ¹⁾
	průměr	maximum	minimum	
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	87,0	157,0	42,9	x
As	3,89	7,03	0,78	0,25
Cd	0,04	0,11	< 0,05	0,2
Cr	0,68	2,93	< 0,30	0,5
Cu	3,33	5,87	2,33	15
Fe	119,1	176,0	60,4	x
Hg	0,016	0,102	0,008	0,025
Mn	148,8	195,0	98,7	x
Mo	< 0,60	< 0,60	< 0,60	4,0
Ni	0,74	1,56	0,52	3,5
Pb	0,58	1,48	< 0,50	2,6
S	3403	5580	2040	5000
V	< 0,50	< 0,50	< 0,50	0,25
Zn	24,3	43,0	13,2	90
x - údaj chybí				
1) ÖHLINGER,2002				

Průměrné obsahy většiny sledovaných prvků za vegetační období 2008 byly nižší než požadové hodnoty z Rakouska (tabulka 1). Z tabulky 13 je patrné, že výjimkou je arzén, u něhož došlo k překročení těchto požadových hodnot u všech zjištěných hodnot na všech stanovištích. I minimální hodnota arzénu zjištěná v jílku ze stanoviště Závišín (0,78 mg.kg⁻¹) v X. měsíci je trojnásobně vyšší než uváděná požadová hodnota. Průměrný obsah chrómu je rovněž vyšší než uváděná požadová hodnota, jeho obsahy byly vyšší na stanovišti ve Třešti, v V. a VII. měsíci sledování téměř šestinásobně v porovnání s požadovou hodnotou, na ostatních stanovištích byly hodnoty chrómu vyšší jen ke konci sledovaného období (IX., X. měsíc).

U dalších anorganických polutantů došlo k překročení pozadových hodnot jen v některém ze sledovaných měsíců, týká se to rtuti a síry. U rtuti to bylo čtyřnásobné překročení pozadové hodnoty na stanovišti v Přerově n/L v V. měsíci, u síry byla mírně překročena pozadová hodnota v X. měsíci na stanovišti v Závišíně, Opavě a Třešti.

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

Jak vyplývá z porovnání průměrných měsíčních obsahů anorganických polutantů na jednotlivých stanovištích (tabulka 2), stanoviště Závišín je relativně nejčistší. V roce 2008 zde bylo nejvíce nejnižších průměrných hodnot sledovaných prvků. Výrazně vyšší zde byla průměrná hodnota síry, rovněž průměrná hodnota mědi a zinku je na stanovišti Závišín vyšší než na ostatních stanovištích.

Tabulka 2: OBSAH ANORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JÍLKU NA JEDNOTLIVÝCH STANOVIŠTÍCH
aritmetický průměr za vegetační období 2008

	Závišín	Přerov n/L	Opava	Třešť
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	74,4	109,9	85,6	78,2
As	3,23	4,54	3,97	3,80
Cd	0,03	0,04	0,06	<0,05
Cr	0,43	0,44	0,45	1,38
Cu	3,73	3,18	3,50	2,92
Fe	93,9	157,8	117,6	107,0
Hg	0,012	0,027	0,014	0,009
Mn	136,6	163,2	144,7	150,8
Mo	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60
Ni	0,66	0,75	0,87	0,66
Pb	0,36	0,67	0,77	0,52
S	3760	3243	3560	3047
V	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Zn	29,6	27,4	20,7	19,6

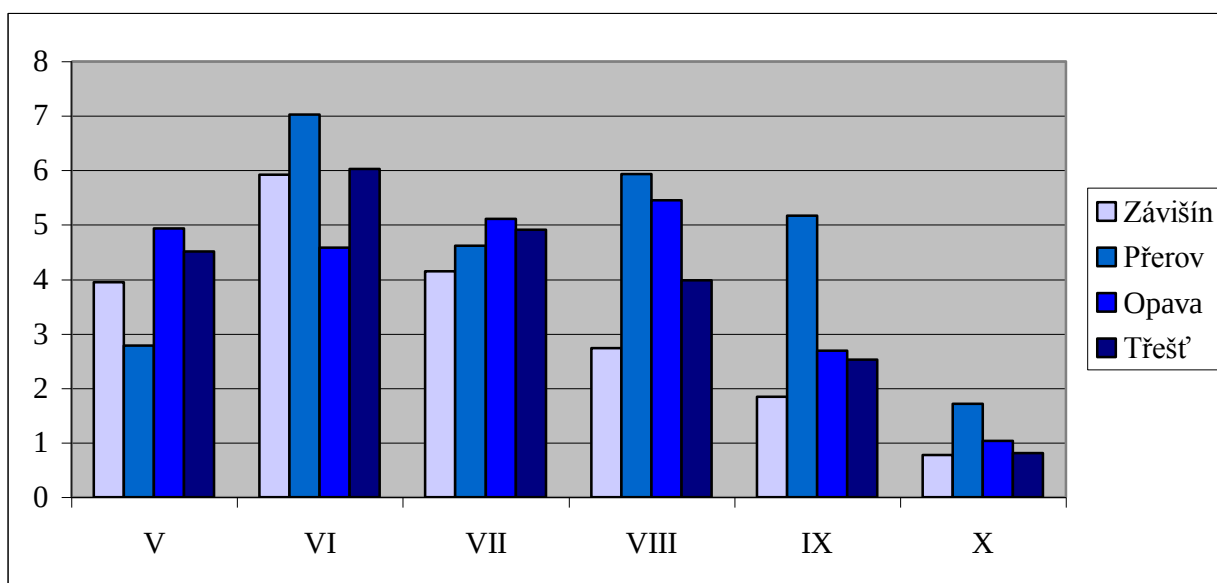
Obsahy většiny anorganických polutantů v jílku v průběhu vegetačního období 2008 byly rozdílné jak na jednotlivých stanovištích, tak ve sledovaných měsících (tabulka 3). Nejvyšší obsahy anorganických polutantů byly naměřeny v různém období a jen u některých polutantů je toto období shodné na všech stanovištích. Týká se to především arzenu, u kterého byl téměř shodný průběh zjištěných hodnot na všech stanovištích s maximem v letních měsících, s postupem vegetačního období hodnoty klesaly a nejnižší hodnoty byly naměřeny v posledním měsíci sledování (graf 1). Naopak u síry byly nejvyšší hodnoty na konci vegetačního období na všech stanovištích (graf 2), což může být ovlivněno začínající topnou sezónou. Rovněž nejvyšší hodnoty mědi byly naměřeny ve vzorcích jílku z posledního měsíce sledování. Podobně je tomu i u chromu, kdy hodnoty měly stoupající tendenci ke konci vegetačního období s výjimkou dvou naměřených výrazně vyšších/vysokých hodnot v V. a VII. měsíci na stanovišti v Třešti, které mohou ukazovat na místní kontaminaci. Stejně tak výrazně vysoká hodnota rtuti a niklu ve vzorku jílku v V. měsíci na stanovišti v Přerově n/L v porovnání s ostatními hodnotami může být důsledkem místní kontaminace. U hliníku a železa byly naměřené hodnoty mezi stanovišti

rozdílné, na jednotlivých stanovištích však ve sledovaném období je průběh změn u těchto prvků téměř shodný (graf 3). Vanad a molybden mají v hmotě jílku na všech stanovištích hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti. Zjištěné hodnoty u manganu a zinku jsou na jednotlivých stanovištích rozdílné a rovněž jejich průběh je odlišný.

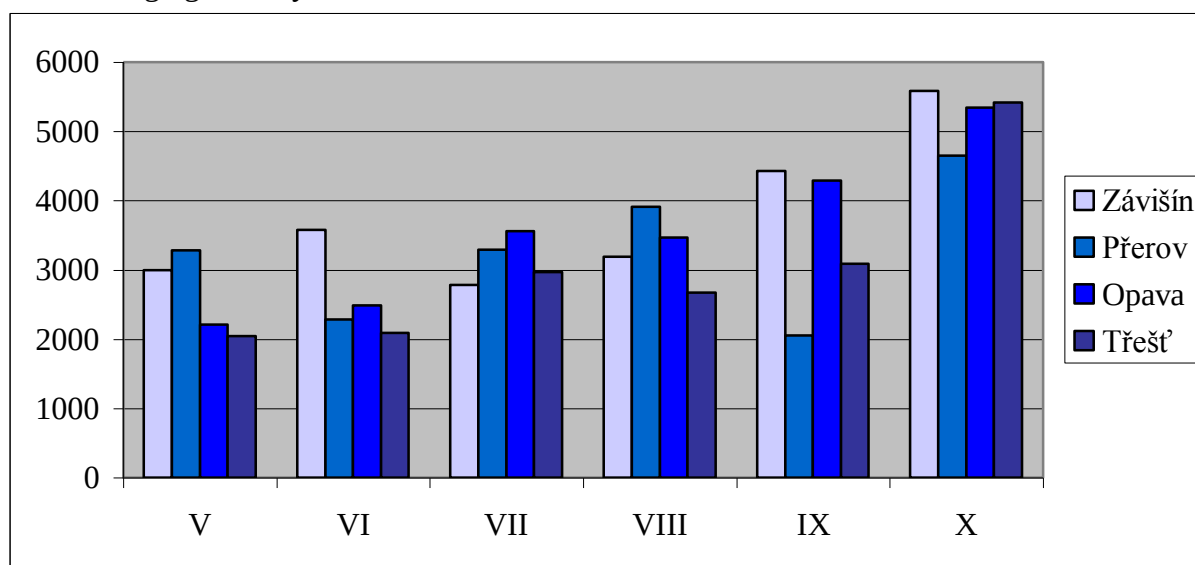
Tabulka 3: ZMĚNY OBSAHU ANORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JÍLKU
V PRŮBĚHU VEGETAČNÍHO OBDOBÍ
aritmetický průměr stanovišť v měsících 2008

	V	VI	VII	VIII	IX	X
	mg.kg ⁻¹ sušiny					
Al	108,0	73,3	60,9	78,3	100,9	100,7
As	4,04	5,89	4,70	4,53	3,06	1,09
Cd	0,04	0,04	0,03	0,03	0,06	< 0,05
Cr	1,04	0,39	1,03	0,38	0,50	0,71
Cu	3,49	3,10	2,85	2,98	2,93	4,65
Fe	123,8	93,6	94,5	121,1	132,1	149,5
Hg	0,033	0,010	0,013	0,013	0,013	0,011
Mn	127,8	135,0	141,4	169,0	162,3	157,5
Mo	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60
Ni	0,91	0,55	0,69	0,85	0,69	0,71
Pb	0,60	0,50	0,56	0,35	0,99	0,48
S	2633	2610	3150	3310	3465	5248
V	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Zn	23,5	21,2	21,4	26,9	24,5	28,5

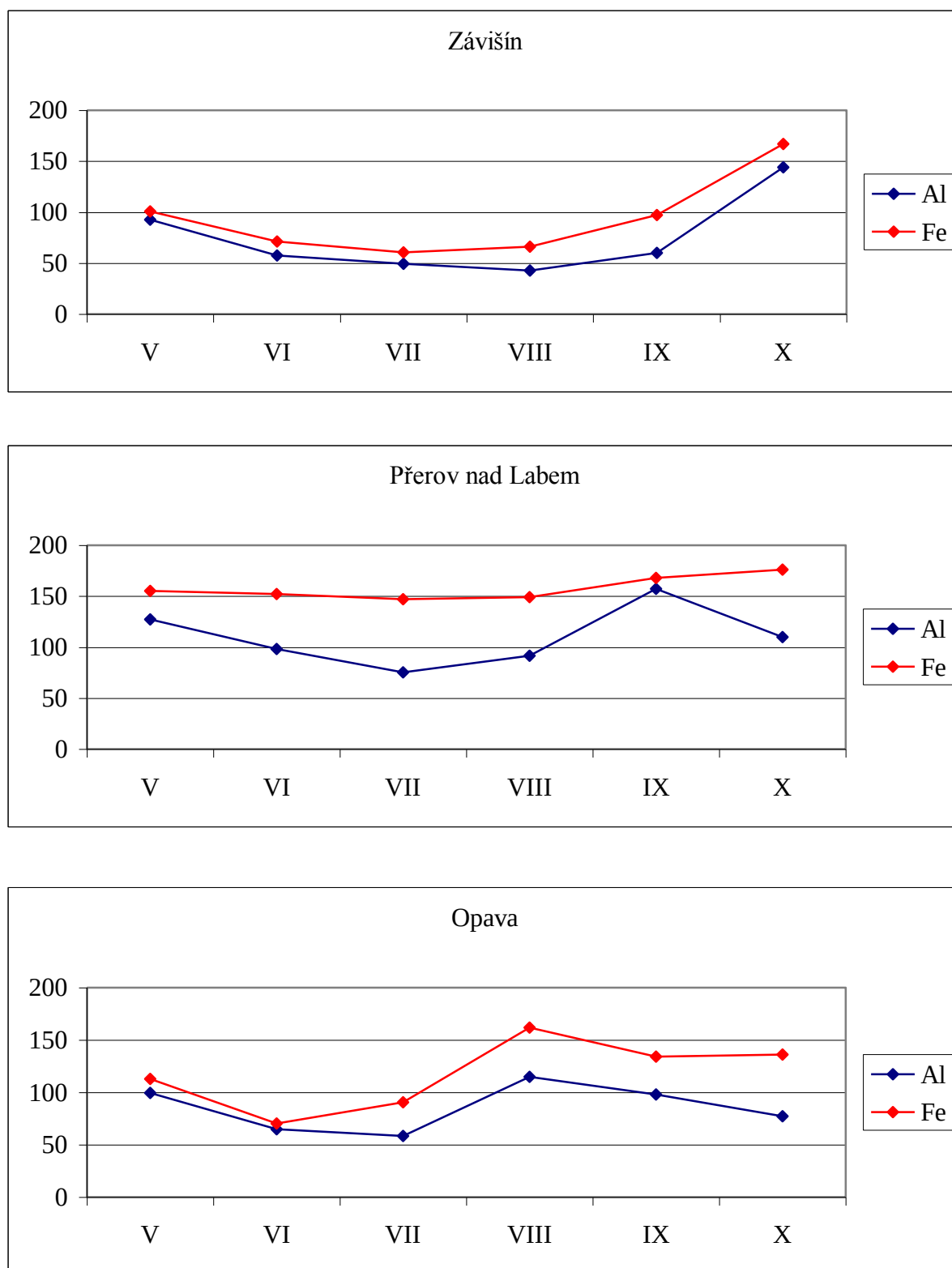
Graf 1: ZMĚNY OBSAHŮ ARZÉNU V JÍLKU NA JEDNOTLIVÝCH STANOVIŠTÍCH V PRŮBĚHU VEGETAČNÍHO OBDOBÍ 2008
mg.kg⁻¹ sušiny

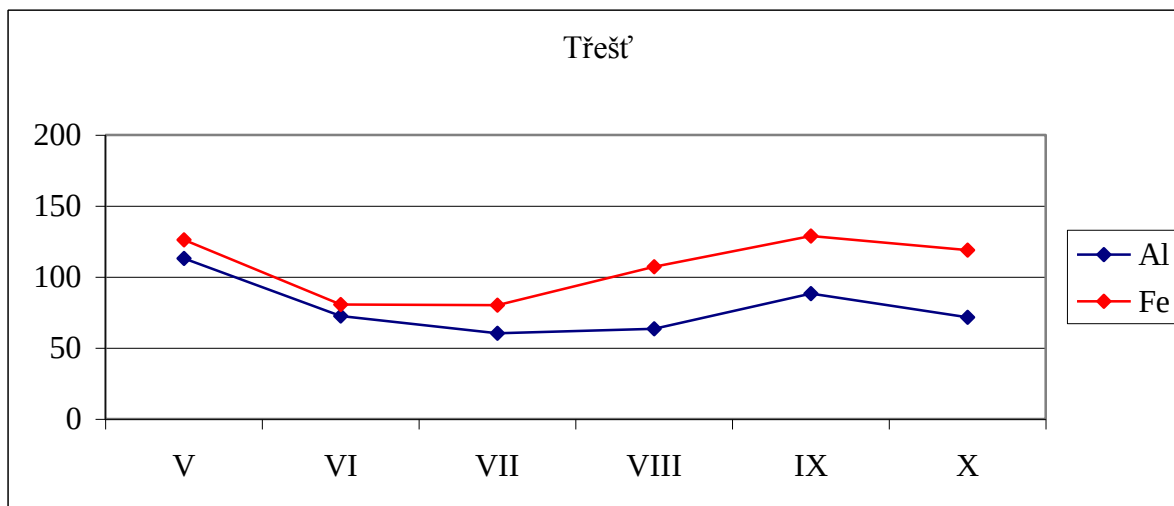


Graf 2: ZMĚNY OBSAHŮ SÍRY V JÍLKU NA JEDNOTLIVÝCH STANOVIŠTÍCH V PRŮBĚHU VEGETAČNÍHO OBDOBÍ 2008
mg.kg⁻¹ sušiny



Graf 3: ZMĚNY OBSAHŮ HLINÍKU A ŽELEZA V JÍLKU NA JEDNOTLIVÝCH STANOVIŠTÍCH V PRŮBĚHU VEGETAČNÍHO OBDOBÍ 2008
mg.kg⁻¹ sušiny





4.1.2. Organické polutanty v jílku

Průměrný obsah polyaromatických 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 2008 je téměř desetinásobně vyšší než uváděná požadová hodnota.

Tabulka 4: OBSAHY POLYAROMATICKÝCH UHLOVODÍKŮ V JÍLKU
aritmetický průměr za vegetační období 2008

Σ PAU (16)	2008			požadová hodnota ¹⁾
	průměr	maximum	minimum	
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy			
	71,21	211,19	34,72	23,0
1) ÖHLINGER, 2002				

Průměrný obsah organických polutantů v jílku byl nejvyšší na stanovišti v Třešti (tabulka 5). Na všech stanovištích tvořil nejvyšší podíl z celkového množství polyaromatických uhlovodíků phenanthrene (PHE), fluoranthene (FLT) a pyrene (PYR). Především hodnoty phenanthrene (PHE) a fluoranthene (FLT) se výrazně zvýšily v posledních měsících sledování. Hodnoty ostatních sledovaných polyaromatických uhlovodíků byly nízké, většinou pod mezí stanovitelnosti. Pokud byla mez stanovitelnosti překročena, tak ve vzorcích jílku z konce vegetačního období v IX. a X. měsíci sledování převážně na stanovišti v Třešti a Opavě. Obsahy naphtalene (NAP) byly zvýšené na stanovišti v Závěšíně (V. a VIII. měsíc) a Třešti (V.měsíc). Na žádném stanovišti nebyla mez stanovitelnosti překročena v žádném měsíci za sledované období u acenaphtene (ANA), indeno[1,2,3-c,d]pyrene (IPY), benzo[k]fluoranthene (BkF), dibenzo[a,h]anthracene (DBA), benzo[a]anthracene (BaA), benzo[a]pyrene (BaP) a benzo[g,h,i]perylene (BPE). Na stanovišti v Přerově nebyl dokonce zjištěn obsah nad mezí stanovitelnosti v žádném měsíčním vzorku celkem u dvanácti uhlovodíků, na stanovišti Závěšín

u jedenácti uhlovodíků. Přesto je celkový obsah sumy polyaromatických uhlovodíků na těchto stanovištích v porovnání s výše uvedenou pozadřovou hodnotou z Rakouska dvojnásobně až trojnásobně vyšší.

Tabulka 5: OBSAH ORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JÍLKU NA JEDNOTLIVÝCH STANOVIŠTÍCH
průměr za vegetační období 2008

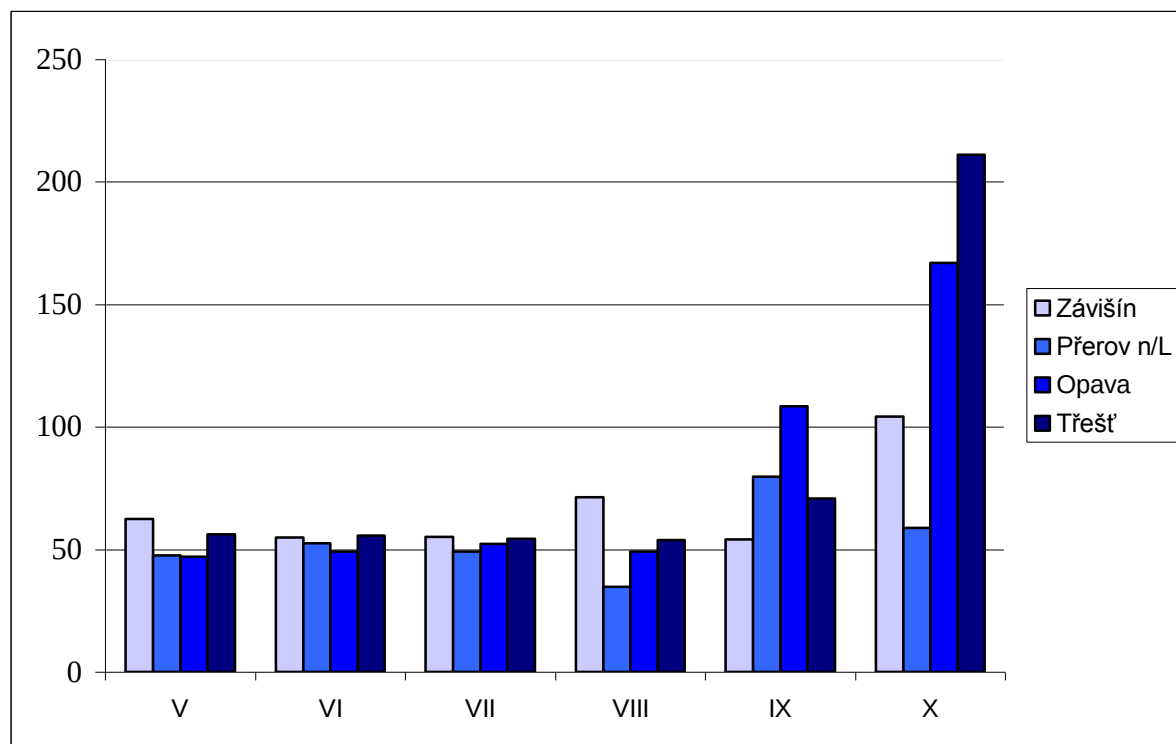
	Závišín	Přerov n/L	Opava	Třešť
	$\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy			
ANA	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00
ANT	2,34	1,48	3,17	3,64
ANY	< 20,00	< 20,00	< 20,00	12,07
BAA	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00
BAP	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00
BBF	< 3,00	< 3,00	2,05	< 3,00
BPE	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00
BKF	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
DBA	< 3,00	< 3,00	< 3,00	< 3,00
PHE	17,70	9,82	18,19	19,84
FLT	8,23	6,19	14,12	14,62
FLU	< 4,00	< 4,00	< 4,00	2,80
CHR	< 4,00	< 4,00	2,91	< 4,00
IPY	< 10,00	< 10,00	< 10,00	< 10,00
NAP	3,52	< 5,00	< 5,00	3,01
PYR	3,70	3,94	7,17	8,20
Σ PAU (16)	66,98	55,43	78,74	83,68

Tabulka 6 uvádí obsah organických polutantů v průběhu vegetačního období. Výrazný je nárůst zachytu organických polutantů v posledním měsíci sledování (graf 4), což lze dát do souvislosti s nástupem topné sezóny. Nejnižší hodnoty zachytu celkové sumy polyaromatických uhlovodíků byly zaznamenány na stanovišti v Přerově.

Tabulka 6: ZMĚNY OBSAHU ORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JÍLKU
V PRŮBĚHU VEGETAČNÍHO OBDOBÍ 2008
aritmetický průměr stanovišť

Σ PAU (16)	Závišín	Přerov n/L	Opava	Třešť
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy			
V	62,43	47,67	47,04	56,25
VI	54,89	52,57	49,02	55,71
VII	55,02	49,15	52,20	54,30
VIII	71,34	34,72	49,00	53,90
IX	54,05	79,69	108,34	70,74
X	104,16	58,78	166,85	211,19
	66,98	55,43	78,74	83,68

Graf 4: ZMĚNY OBSAHU ORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JÍLKU
V PRŮBĚHU VEGETAČNÍHO OBDOBÍ 2008(Σ PAU 16)
μg.kg⁻¹ čerstvé biomasy



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

4.2. BOROVICE VE VEGETAČNÍM OBDOBÍ 2008

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. V letním období však došlo k úhynu obou borovic na stanovišti ve Vratimově, proto jsou zde uvedeny zjištěné hodnoty z tohoto stanoviště pouze ze zimní periody. Uhynulé rostliny již byly nahrazeny novými. Hodnoty naměřené na imisně odlišně zatížených stanovištích jsou vzájemně porovnávány.

4.2.1. Anorganické polutanty v jehličí

Průměrné obsahy anorganických polutantů v jednoletém jehličí borovice černé za rok 2008 jsou uvedeny v tabulce 7.

Na imisně zatížených stanovištích byly zjištěny vyšší hodnoty než na stanovištích imisně nezatížených u většiny anorganických polutantů, především výrazně vyšší hodnoty byly zjištěny u kadmia, chromu, železa a olova. Minimální rozdíly mezi zatíženými a nezatíženými stanovišti vykazoval zinek, hodnoty molybdenu a vanadu byly pod hranicí meze stanovitelnosti na všech stanovištích. Pouze zjištěné hodnoty mědi byly nepatrně vyšší na stanovištích relativně čistších.

Tabulka 7: OBSAHY ANORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JEHLIČÍ BOROVICE
aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2008

	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
	průměr	maximum	minimum	průměr	maximum	minimum
	mg.kg ⁻¹ sušiny					
Al	92,3	106,0	65,5	162,5	195,0	129,0
As	0,24	0,46	< 0,20	0,40	0,70	< 0,20
Cd	0,04	0,07	< 0,05	0,16	0,16	0,14
Cr	0,20	0,32	< 0,30	0,56	0,70	0,37
Cu	3,12	3,47	2,43	2,82	3,07	2,61
Fe	62,2	75,1	48,0	161,0	243,0	64,9
Hg	0,017	0,026	0,010	0,024	0,032	0,013
Mn	139	167	110	208	283	125
Mo	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60
Ni	0,89	1,96	0,53	1,33	2,24	0,41
Pb	0,43	0,97	< 0,50	1,35	2,45	< 0,50
S	1147	1350	955	1530	1620	1380
V	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Zn	38,2	42,1	35,7	38,5	47,6	33,6

Rozdíly hodnot u jednotlivých anorganických polutantů na zatížených a nezatížených stanovištích jsou různé při porovnávání zimní (jarní odběr jehličí) a letní (podzimní odběr jehličí) periody, jak ukazují hodnoty v tabulce 8. Hodnoty železa jsou výrazně vyšší v zimní periodě na všech stanovištích. U některých prvků jsou výrazné rozdíly mezi periodami jen na jednom stanovišti. Týká se to rtuti, která je v zimní periodě výrazně vyšší na stanovišti Plzeň, dále olova a arzenu, u nichž jsou vyšší hodnoty v zimní periodě na stanovišti v Opavě. Hodnoty hliníku jsou v zimní periodě vyšší na nezatížených stanovištích. U některých anorganických

polutantů jsou hodnoty vyšší v letní periodě, jako například síra a měď na všech stanovištích nebo nikl na stanovišti v Závišíně a Plzni. U molybdenu a vanadu byly všechny měřené hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti. U některých polutantů je kolísání obsahu během period na stanovišti minimální, týká se to manganu a kadmia, u chrómu jen na nezatížených stanovištích. U zinku nejsou rozdíly v obsahu ani při srovnání zatížených a nezatížených stanovišť.

Tabulka 8: OBSAHY ANORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JEHLIČÍ BOROVICE
V LETNÍ A ZIMNÍ PERIODĚ
aritmetický průměr za periodu v roce 2008

	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	zimní perioda	letní perioda	zimní perioda	letní perioda
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	106,0	78,5	162,0	131,0
As	0,33	0,15	0,40	< 0,20
Cd	0,05	< 0,05	0,15	0,16
Cr	0,24	< 0,30	0,58	0,37
Cu	2,83	3,41	2,71	3,07
Fe	74,5	49,8	168,0	64,9
Hg	0,018	0,016	0,028	0,013
Mn	135	143	211	125
Mo	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60
Ni	0,53	1,25	0,74	3,40
Pb	0,61	< 0,50	1,35	< 0,50
S	1063	1230	1470	1620
V	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Zn	37,5	38,9	40,6	39,2

Pokud porovnáme průměrné obsahy anorganických polutantů v jehličí na jednotlivých stanovištích, vychází jako nejčistší stanoviště Závišín, kde s výjimkou mědi, rtuti, niklu a zinku byly zjištěny u anorganických polutantů nejnižší hodnoty. Nejvíce zatíženým stanovištěm je Vratimov, kde především hodnoty arzenu, železa, manganu a olova výrazně převyšují hodnoty z ostatních stanovišť.

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

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

Tabulka 9: OBSAHY ANORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JEHLIČÍ BOROVICE
aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2008

	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	Závišín	Opava	Plzeň	Vratimov
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	85,7	98,7	130,0	195,0
As	0,15	0,33	< 0,20	0,70
Cd	< 0,05	0,05	0,15	0,16
Cr	< 0,30	0,24	0,41	0,70
Cu	3,35	2,89	2,84	2,80
Fe	60,9	63,4	79,0	243,0
Hg	0,024	0,010	0,023	0,024
Mn	114	164	132	283
Mo	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60
Ni	1,25	0,53	2,24	0,41
Pb	< 0,50	0,61	< 0,50	2,45
S	1033	1260	1500	1560
V	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Zn	39,2	37,2	43,4	33,6

4.2.2. Organické polutanty v jehličí

Průměrné obsahy polyaromatických uhlovodíků naměřené v jehličí borovice černé jsou uvedeny v tabulce 10.

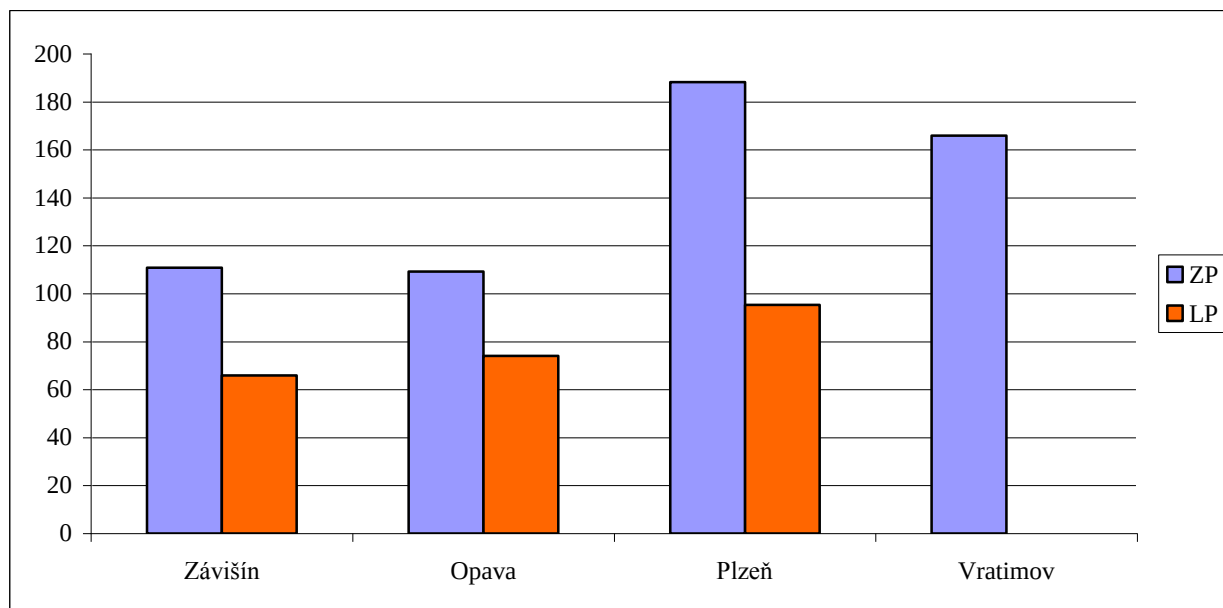
Tabulka 10: OBSAHY ORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JEHLIČÍ BOROVICE
aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2008

Σ PAU (16)	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
	průměr	maximum	minimum	průměr	maximum	minimum
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy					
	90,03	110,86	65,89	135,08	188,26	95,38

Nejvyšší obsahy byly zjištěny na stanovišti Plzeň v zimní periodě, nejnižší na stanovišti Závišín v letní periodě. Na nezatížených stanovištích byly obsahy polyaromatických uhlovodíků nižší v porovnání se zatíženými stanovišti.

Rozdílné hodnoty zachytu PAU na jehličí na zatížených a nezatížených stanovištích byly zjištěny také mezi zimní a letní periodou, jak ukazuje graf 5.

Graf 5: OBSAH ORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JEHLIČÍ BOROVICE V LETNÍ (LP) A ZIMNÍ PERIODĚ (ZP) (Σ PAU 16)
 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy



U sedmi polyaromatických uhlovodíků nebyla jejich mez stanovitelnosti překročena na žádném stanovišti - acenaphtene (ANA), acenaphtylene (ANY), benzo[a]anthracene (BaA), benzo[a]pyrene (BaP), benzo[g,h,i]perylene (BPE), dibenzo[a,h]anthracene (DBA) a indeno[1,2,3-c,d]pyrene (IPY). Jen jednou, a to na stanovišti ve Vratimově byly hodnoty meze stanovitelnosti v jehličí překročeny u benzo[k]fluoranthene (BkF) a benzo[b]fluoranthene (BbF).

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

V letní periodě byly obsahy polyaromatických uhlovodíků nižší na všech stanovištích. Na nezatížených stanovištích v letní periodě z celkové sumy záchytu mělo hodnoty pod mezi stanovitelnosti 12 polyaromatických uhlovodíků.

Na všech stanovištích nejvyšší podíl z celkové sumy polyaromatických uhlovodíků tvořil phenanthrene (PHE), fluoranthene (FLT), a pyrene (PYR), jak v letní, tak v zimní periodě. Vyšší obsahy byly zaznamenány i u fluorene (FLU) na všech stanovištích s výjimkou letní periody na nezatížených stanovištích, kde byly jeho hodnoty pod mezi stanovitelnosti. Rovněž hodnoty naphtalene (NAP) v letní periodě byly pod mezi stanovitelnosti na všech stanovištích. Na stanovišti ve Vratimově byl poměrně vysoký obsah chrysene (CHR) v zimní periodě.

Tabulka 11: OBSAHY JEDNOTLIVÝCH ORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JEHLIČÍ
BOROVICE
aritmetický průměr jednotlivých stanovišť v roce 2008

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	3,50	4,23	5,32	6,31
ANY	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
BAA	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
BAP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
BBF	<3,00	<3,00	<3,00	7,27
BKF	<2,00	<2,00	<2,00	2,99
BPE	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
DBA	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
PHE	23,50	29,25	60,30	51,40
FLT	13,72	11,10	14,60	25,90
FLU	3,55	6,90	13,28	15,20
CHR	< 4,00	3,10	4,10	13,30
IPY	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00
NAP	4,64	< 5,00	5,8	< 5,00
PYR	9,98	7,02	10,88	16,10
Σ PAU (16)	88,39	91,60	141,78	165,97

Rozdíly mezi obsahy jednotlivých organických polutantů v zimní a letní periodě jsou zřetelné/zřejmé z tabulky 12 a 16.

Tabulka 12: OBSAHY JEDNOTLIVÝCH ORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JEHLIČÍ
BOROVICE V LETNÍ A ZIMNÍ PERIODĚ
aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2008

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	6,10	1,65	6,45	4,06
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	4,39	<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
PHE	34,85	17,90	70,00	32,00
FLT	15,10	9,72	22,25	10,60
FLU	8,45	< 4,00	16,60	8,56
CHR	3,15	< 4,00	9,80	< 4,00
IPY	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00
NAP	4,64	< 5,00	5,79	< 5,00
PYR	10,29	6,71	14,85	8,16
Σ PAU (16)	110,08	69,98	177,13	95,38

Obsahy polyaromatických uhlovodíků jsou podrobně uvedeny v tabulce 16 v příloze.

5. Závěry

- V roce 2008 byly sledovány obsahy vybraných anorganických polutantů a organických polutantů (PAU 16) v travní hmotě jílku (stanoviště Závěšín, Přerov nad Labem, Třešť, Opava) a v jehličí borovice černé (stanoviště Závěšín, Opava, Plzeň, Vratimov).
- Pozadové hodnoty anorganických polutantů, získané z literatury jako hodnoty pro Rakousko, byly překročeny ve všech vzorcích jílku u arzenu na všech stanovištích, u chromu, síry a rtuti došlo k překročení pozadových hodnot jen v některých sledovaných měsících a na některých stanovištích.
- Změny obsahů jednotlivých anorganických polutantů v jílku byly u většiny sledovaných anorganických polutantů v průběhu vegetačního období 2008 rozdílné jak na jednotlivých stanovištích, tak ve sledovaných měsících.
- U síry byly nejvyšší hodnoty na všech stanovištích na konci vegetačního období, což může souviset se začátkem topné sezóny. Rovněž u mědi jsou nejvyšší hodnoty na konci vegetačního období s výjimkou stanoviště Přerov.
- Arzen má téměř shodný průběh zjištěných hodnot na všech stanovištích s maximem v letních měsících. Nejnížší hodnoty byly naměřeny v posledním měsíci sledování.
- Ve všech vzorcích jílku byly hodnoty vanadu a molybdenu pod hranicí meze stanovitelnosti. U kadmia a olova byla pod hranicí meze stanovitelnosti více než polovina naměřených hodnot.
- Pozadová hodnota organických polutantů byla překročena ve všech vzorcích jílku.
- Průměrný obsah organických polutantů v jílku byl nejvyšší na stanovišti v Třešti, nejnižší hodnoty celkové sumy polyaromatických uhlovodíků byly zaznamenány na stanovišti v Přerově nad Labem.
- Na všech stanovištích tvořil nejvyšší podíl z celkového množství polyaromatických uhlovodíků phenanthrene (PHE), fluoranthene (FLT) a na imisně zatížených stanovištích pyrene (PYR).
- Hodnoty phenanthrene (PHE), fluoranthene (FLT), anthracene (ANT) a pyrene (PYR) se výrazně zvýšily v posledních měsících sledování.
- V jehličí borovice černé byly zjištěny vyšší hodnoty většiny anorganických polutantů na imisně zatížených stanovištích, výrazně vyšší hodnoty byly zjištěny u kadmia, železa, chromu a olova.
- Rozdíly hodnot mezi imisně nezatíženými a zatíženými stanovišti jsou zřetelné i při porovnávání zimní (jarní odběr jehličí) a letní (podzimní odběr jehličí) periody. Na zatížených stanovištích jsou vyšší. Pouze měď je nepatrně vyšší na nezatížených stanovištích v obou sledovaných periodách.
- Nejvíce zatíženým stanovištěm je Vratimov, kde především hodnoty arzenu, chromu, železa a manganu v jehličí výrazně převyšují hodnoty z ostatních stanovišť.
- Nejvyšší hodnota záchytu polyaromatických uhlovodíků v jehličí byla rovněž zjištěna na stanovišti Plzeň v zimní periodě, nejnižší hodnota na stanovišti Závěšín v letní periodě.
- Nejvyšší podíl z celkové sumy polyaromatických uhlovodíků v jehličí tvořil phenanthrene (PHE), fluoranthene (FLT) a pyrene (PYR), a to jak v zimní, tak v letní periodě, fluorene (FLU) s výjimkou letní periody na nezatížených stanovištích.

- 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., UŠŤAK, 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 - 2008
- Tabulka 14: Obsahy polyaromatických uhlovodíků v čerstvé hmotě jílku - 2008
- Tabulka 15: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice černé -2008
- Tabulka 16: Obsahy polyaromatických uhlovodíků v jehličí borovice černé - 2008

Tabulka 13: Obsahy anorganických polutantů v sušině jílku
 ÚKZÚZ 2008

Al	mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
	V	92,8	127,0	99,3	113,0	108,0
	VI	57,4	98,4	65,0	72,4	73,3
	VII	49,2	75,3	58,6	60,3	60,9
	VIII	42,9	91,6	115,0	63,5	78,3
	IX	60,2	157,0	98,1	88,2	100,9
	X	144,0	110,0	77,3	71,6	100,7
	průměr	74,4	109,9	85,6	78,2	87,0

As	mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
	V	3,95	2,78	4,93	4,51	4,04
	VI	5,92	7,03	4,58	6,03	5,89
	VII	4,15	4,62	5,11	4,91	4,70
	VIII	2,74	5,93	5,45	3,98	4,53
	IX	1,84	5,17	2,69	2,53	3,06
	X	0,78	1,72	1,03	0,81	1,09
	průměr	3,23	4,54	3,97	3,80	3,89

Cd	mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
	V	<0,05	0,07	0,05	<0,05	0,04
	VI	<0,05	0,05	0,06	<0,05	0,04
	VII	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	0,03
	VIII	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	0,03
	IX	0,06	<0,05	0,11	<0,05	0,06
	X	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
	průměr	0,03	0,04	0,06	<0,05	0,04

Cr	mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
	V	0,41	0,41	0,44	2,91	1,04
	VI	0,35	0,46	0,30	0,44	0,39
	VII	0,37	0,41	0,41	2,93	1,03
	VIII	<0,30	0,40	0,44	0,54	0,38
	IX	0,48	0,39	0,51	0,62	0,50
	X	0,80	0,58	0,59	0,86	0,71
	průměr	0,43	0,44	0,45	1,38	0,68

Cu	mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
	V	4,25	3,90	2,92	2,88	3,49
	VI	3,05	3,81	2,64	2,88	3,10
	VII	3,09	2,33	3,58	2,41	2,85
	VIII	3,44	2,51	3,43	2,52	2,98
	IX	2,68	2,93	3,58	2,52	2,93
	X	5,87	3,58	4,83	4,31	4,65
	průměr	3,73	3,18	3,50	2,92	3,33

Tabulka 13: pokračování

Fe	mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
	V	101,0	155,0	113,0	126,0	123,8
	VI	71,5	152,0	70,1	80,6	93,6
	VII	60,4	147,0	90,6	80,1	94,5
	VIII	66,4	149,0	162,0	107,0	121,1
	IX	97,2	168,0	134,0	129,0	132,1
	X	167,0	176,0	136,0	119,0	149,5
	průměr	93,9	157,8	117,6	107,0	119,1

Hg	mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
	V	0,010	0,102	0,010	0,009	0,033
	VI	0,011	0,012	0,009	0,008	0,010
	VII	0,012	0,013	0,019	0,009	0,013
	VIII	0,013	0,012	0,016	0,009	0,013
	IX	0,014	0,013	0,016	0,008	0,013
	X	0,010	0,011	0,014	0,008	0,011
	průměr	0,012	0,027	0,014	0,009	0,016

Mn	mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
	V	117,0	136,0	127,0	131,0	127,8
	VI	129,0	158,0	117,0	136,0	135,0
	VII	98,7	167,0	154,0	146,0	141,4
	VIII	156,0	195,0	165,0	160,0	169,0
	IX	160,0	150,0	167,0	172,0	162,3
	X	159,0	173,0	138,0	160,0	157,5
	průměr	136,6	163,2	144,7	150,8	148,8

Mo	mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
	V	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
	VI	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
	VII	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
	VIII	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
	IX	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
	X	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
	průměr	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60

Ni	mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
	V	0,78	1,56	0,70	0,61	0,91
	VI	0,58	0,52	0,55	0,56	0,55
	VII	0,55	0,61	1,02	0,57	0,69
	VIII	0,70	0,67	1,31	0,72	0,85
	IX	0,63	0,53	0,89	0,70	0,69
	X	0,70	0,63	0,74	0,77	0,71
	průměr	0,66	0,75	0,87	0,66	0,74

Tabulka 13: pokračování

Pb	mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
	V	<0,50	1,10	0,81	<0,50	0,60
	VI	<0,50	1,24	< 0,50	<0,50	0,50
	VII	<0,50	<0,50	1,48	<0,50	0,56
	VIII	<0,50	<0,50	< 0,50	0,66	0,35
	IX	<0,50	0,93	1,60	1,19	0,99
	X	0,90	<0,50	< 0,50	0,50	0,48
	průměr	0,36	0,67	0,77	0,52	0,58

S	mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
	V	3000	3280	2210	2040	2633
	VI	3580	2280	2490	2090	2610
	VII	2780	3290	3560	2970	3150
	VIII	3190	3910	3470	2670	3310
	IX	4430	2050	4290	3090	3465
	X	5580	4650	5340	5420	5248
	průměr	3760	3243	3560	3047	3403

V	mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	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	<0,50
	průměr	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50

Zn	mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
	V	43,0	22,9	14,2	14,0	23,5
	VI	22,8	32,7	13,2	16,1	21,2
	VII	25,1	24,0	20,3	16,3	21,4
	VIII	29,7	32,9	26,4	18,6	26,9
	IX	26,8	22,4	26,0	22,9	24,5
	X	30,2	29,6	24,2	29,9	28,5
	průměr	29,6	27,4	20,7	19,6	24,3

Tabulka 14: OBSAHY POLYAROMATICKÝCH UHLOVODÍKŮ V ČERSTVÉ HMOTĚ JÍLKU PAU (15); ÚKZÚZ 2008

ANA	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	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	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	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	nestan.	<2,00	<2,00	<2,00
	VIII	2,51	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	IX	< 2,00	3,89	3,69	2,35	2,73
	X	7,53	<2,00	11,30	15,50	8,83
	průměr	2,34	1,48	3,17	3,64	2,66

ANY	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	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
	IX	<20,00	<20,00	<20,00	<20,00	<20,00
	X	<20,00	<20,00	<20,00	22,40	13,10
	průměr	<20,00	<20,00	<20,00	12,07	10,52

BAA	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	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	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	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 14: pokračování

BBF	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	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	4,78	<3,00	2,32
	X	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	průměr	<3,00	<3,00	2,05	<3,00	1,64

BPE	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	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

BKF	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	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

DBA	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	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

PHE	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
	V	15,50	6,40	7,94	8,20	9,51
	VI	15,30	9,59	7,48	10,10	10,62
	VII	13,60	8,02	9,41	9,56	10,15
	VIII	19,80	5,08	8,42	9,29	10,65
	IX	11,50	18,80	22,50	16,00	17,20
	X	30,50	11,00	53,40	65,90	40,20
	průměr	17,70	9,82	18,19	19,84	16,39

Tabulka 14: pokračování

FLT	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
	V	5,28	3,71	3,10	6,02	4,53
	VI	3,59	4,63	3,93	6,39	4,64
	VII	4,07	3,57	4,78	5,97	4,60
	VIII	8,54	2,48	3,31	5,94	5,07
	IX	4,77	14,7	27,20	11,9	14,64
	X	23,1	8,05	42,40	51,5	31,26
	průměr	8,23	6,19	14,12	14,62	10,79

FLU	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	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	6,79	3,20
	průměr	<4,00	<4,00	<4,00	2,8	2,20

CHR	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	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	5,43	<4,00	2,86
	X	<4,00	<4,00	4,03	<4,00	2,51
	průměr	<4,00	<4,00	2,91	<4,00	2,23

IPY	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	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	<10,00
	průměr	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00

NAP	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
	V	5,94	<5,00	<5,00	5,57	4,13
	VI	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	VII	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	VIII	5,15	<5,00	<5,00	<5,00	3,16
	IX	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	X	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	průměr	3,52	<5,00	<5,00	3,01	2,88

Tabulka 14: pokračování

PYR

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
V	3,21	2,56	< 2,00	3,96	2,68
VI	<2,00	3,35	2,61	4,22	2,80
VII	2,35	2,56	3,01	3,77	2,92
VIII	3,84	2,16	2,27	3,67	2,99
IX	2,78	8,30	12,90	6,49	7,62
X	9,03	4,73	21,20	27,10	15,52
průměr	3,70	3,94	7,17	8,20	5,75

Tabulka 15: OBSAHY ANORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JEHLIČÍ BOROVICE
 2008 (ZP – zimní perioda, LP – letní perioda)

	mg.kg ⁻¹	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
		Závišín	Opava	průměr	Plzeň	Vratimov	průměr
Al	ZP	106,0	106,0	106,0	129,0	195,0	162,0
	LP	65,5	91,4	78,5	131,0	nestanoveno	131,0
	průměr	85,8	98,7	92,3	130,0	195,0	162,5
As	ZP	0,20	0,46	0,33	<0,20	0,70	0,40
	LP	<0,20	0,20	0,15	<0,20	nestanoveno	0,10
	průměr	0,15	0,33	0,24	<0,20	0,70	0,40
Cd	ZP	<0,05	0,07	0,05	0,14	0,16	0,15
	LP	<0,05	<0,05	0,03	0,16	nestanoveno	0,16
	průměr	<0,05	0,05	0,04	0,15	0,16	0,16
Cr	ZP	< 0,30	0,32	0,24	0,45	0,70	0,58
	LP	< 0,30	< 0,30	< 0,30	0,37	nestanoveno	0,37
	průměr	< 0,30	0,24	0,20	0,41	0,70	0,56
Cu	ZP	3,23	2,43	2,83	2,61	2,80	2,71
	LP	3,47	3,35	3,41	3,07	nestanoveno	3,07
	průměr	3,35	2,89	3,12	2,84	2,80	2,82
Fe	ZP	73,8	75,1	74,45	93,0	243,0	168,0
	LP	48,0	51,6	49,80	64,9	nestanoveno	64,9
	průměr	60,9	63,4	62,15	79,0	243,0	161,0
Hg	ZP	0,026	0,010	0,018	0,032	0,024	0,028
	LP	0,022	0,009	0,016	0,013	nestanoveno	0,013
	průměr	0,024	0,010	0,017	0,023	0,024	0,024
Mn	ZP	110	160	135	138	283	211
	LP	118	167	143	125	nestanoveno	125
	průměr	114	164	139	132	283	208
Mo	ZP	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
	LP	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	nestanoveno	<0,60
	průměr	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
Ni	ZP	0,53	0,53	0,53	1,07	0,41	0,74
	LP	1,96	0,53	1,25	3,40	nestanoveno	3,4
	průměr	1,25	0,53	0,89	2,24	0,41	1,325
Pb	ZP	<0,50	0,97	0,61	<0,50	2,45	1,35
	LP	<0,50	0,25	0,25	<0,50	nestanoveno	< 0,50
	průměr	<0,50	0,61	0,43	<0,50	2,45	1,35
S	ZP	955	1170	1063	1380	1560	1470
	LP	1110	1350	1230	1620	nestanoveno	1620
	průměr	1033	1260	1147	1500	1560	1530

Tabulka 15: pokračování

V	ZP	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
	LP	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	nestanoveno	<0,50
	průměr	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Zn	ZP	36,3	38,7	37,5	47,6	33,6	40,6
	LP	42,1	35,7	38,9	39,2	nestanoveno	39,2
	průměr	39,2	37,2	38,2	43,4	33,6	38,5

Tabulka 16: OBSAHY POLYAROMATICKÝCH UHLOVODÍKŮ V JEHLIČÍ BOROVICE ČERNÉ V ROCE 2007

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
	průměr	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
ANT	ZP	5,99	6,20	6,10	6,58	6,31	6,45
	LP	< 2,00	2,25	1,65	4,06	-	4,06
	průměr	3,50	4,23	3,85	5,32	6,31	5,82
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
	průměr	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
BAA	ZP	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	LP	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	-	<4,00
	průměr	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
BAP	ZP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	LP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	-	<3,00
	průměr	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
BBF	ZP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	7,27	4,39
	LP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	-	<3,00
	průměr	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	7,27	4,39
BKF	ZP	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	2,99	2,00
	LP	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	-	<2,00
	průměr	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	2,99	2,00
BPE	ZP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	LP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	-	<5,00
	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
	průměr	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
PHE	ZP	31,70	38,00	34,85	88,60	51,40	70,00
	LP	15,30	20,50	17,90	32,00	-	32,00
	průměr	23,50	29,25	26,25	60,30	51,40	55,85
FLT	ZP	18,30	11,90	15,10	18,60	25,90	22,25
	LP	9,14	10,30	9,72	10,60	-	10,60
	průměr	13,72	11,10	12,41	14,60	25,90	20,25
FLU	ZP	5,10	11,80	8,45	18,00	15,20	16,60
	LP	< 4,00	< 4,00	< 4,00	8,56	-	8,56
	průměr	3,55	6,90	5,25	13,28	15,20	14,24

Tabulka 16: pokračování

CHR	ZP	< 4,00	4,30	3,15	6,30	13,30	9,80
	LP	< 4,00	< 4,00	< 4,00	< 4,00	-	< 4,00
	průměr	< 4,00	3,10	2,55	4,10	13,30	8,70
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	6,77	< 5,00	4,64	9,1	< 5,00	5,79
	LP	< 5,0 0	< 5,00	< 5,00	< 5,00	-	< 5,00
	průměr	4,64	< 5,00	3,57	5,8	< 5,00	4,15
PYR	ZP	13,5	7,08	10,29	13,60	16,10	14,85
	LP	6,45	6,96	6,71	8,16	-	8,16
	průměr	9,98	7,02	8,50	10,88	16,10	13,49
	Σ PAU ZP	110,86	109,28	110,07	188,26	165,97	174,77
	Σ PAU LP	65,89	74,06	69,96	95,38	-	95,38