

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně
Odbor agrochemie, půdy a výživy rostlin



VÝSLEDKY AKTIVNÍHO BIOMONITORINGU

Zpráva za rok 2007

Zpracovala: Ing. Lenka Klementová

Schválil: Ing. Lenka Prášková
vedoucí oddělení agroekologie

Opava

květen 2007

1. Úvod

Aktivní biomonitoring je jednou z možných metod vedoucích ke zjištění aktuálních atmosférických depozičních zátěží krajiny a především zemědělské produkce vybranými prvky, spočívající v cíleném vystavení vybraných rostlin vlivům 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 z tohoto ověřování byla vypracována metodika aktivního biomonitoringu, která je od roku 2000 používána na vybraných stanovištích ÚKZÚZ k zjišťování pozadových hodnot vybraných anorganických a organických polutantů. Jako bioindikátory byly zvoleny rostliny jílku mnohokvětého a borovice černé. Referenční hodnoty jsou každoročně upřesňovány. Výsledky je možné použít pro případné posouzení poměrů na ohrožených lokalitách.

Tato zpráva obsahuje výsledky získané v roce 2007.

2. Charakteristika stanovišť

ÚKZÚZ zajišťuje čtyři stanoviště v Čechách, na Moravě a ve Slezsku (Závišín, Přerov n/L, Opava a Třešť), která jsou považována za relativně čistá i imisně nezatížená, a proto výsledky z těchto stanovišť mohou sloužit jako pozadové hodnoty. Na těchto stanovištích probíhá sledování standardizovaných kultur jílku mnohokvětého.

Kromě toho se za použití rostlin 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 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 ROMUL) - osivo jílků mnohokvětých pro všechna stanoviště pochází ze Šlechtitelské stanice TAGRO v Červeném Dvoře u Tábora.

borovice černá - dřeviny byly na stanoviště v Závišíně, v Plzni, v Opavě a ve Vratimově vysázeny do velkoobjemových dřevěných kontejnerů a jednotného substrátu v roce 1997.

3.1. JÍLEK

3.1.1. Příprava květináčů

Jílek se vyséval do květináčů z plastu o průměru 20 cm, jejichž dnem byly protaženy dostatečně dlouhé samozavlažovací nasávací knoty ze sklolaminátové textilie o šířce 3 cm. Po protažení knotů otvory ve dně byly květináče naplněny substrátem tak, aby knoty zasahovaly min. do 2/3 objemu substrátu a substrát dosahoval 4 cm pod okraj květináče. Takto připravené květináče byly osety 4 g jílku mnohokvětého. Osivo bylo rovnoměrně rozděleno po celé ploše květináče, zasypano 5 mm vrstvou substrátu a stlačeno pomocí šablony. Oseté květináče byly zality deionizovanou vodou a umístěny nad nádobou 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. Konečně 5 týdnů po zasetí byly květináče umístěny na určené stanoviště, kde se porost naposledy sestříhal a aplikovalo se k němu dalších 100 ml hnojivého roztoku. Tato poslední operace probíhala až na stanovišti při vlastní expozici.

3.1.3. Expozice

Na každém expozičním stanovišti bylo umístěno šest květináčů se zapěstovanou kulturou jílku mnohokvětého. Květináče byly zasazeny do plastových zásobníků s deionizovanou vodou, do které byly nasávací knoty trvale ponořeny. Květináče se zásobníky vody byly umístěny v kovových stojanech 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 vzorku. Ke stanovení organických polutantů se navažovalo 2x po 10 g travní hmoty: tyto navážky se v alobalu uložily do chladu, případně byly zamrazeny. Celý zbytek vzorku se nechal při pokojové teplotě vysušit ke stanovení anorganických polutantů. V roce 2007 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 . ZJIŠŤOVANÉ PRVKY A SLOUČENINY

Odebrané vzorky asimilačních orgánů analyticky zpracovala Národní referenční laboratoř, 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 těchto 15 polyaromatických uhlovodíků (PAU 15):

naphtalene	NAP	chrysene	CHR
acenaphtene	ANA	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
benzo[a]anthracene	BaA		

V literatuře uváděný acenaphtylene (ANY) jako další sledovaný polyaromatický uhlovodík se v laboratoři nestanovuje. Vzhledem k tomu, že se ve vzorcích vyskytuje jen v zanedbatelném množství, je v zásadě možné považovat ve zprávě uvedené výsledky za srovnatelné s literárními údaji pro všech 16 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 se přednostně používala ke stanovení obsahu organických polutantů.

4. Výsledky a diskuse

4.1. JÍLEK VE VEGETAČNÍM OBDOBÍ 2007

Ve vegetačním období 2007 bylo na všech stanovištích sklizeno dostatečné množství hmoty jílku k rozborům s výjimkou stanoviště 045 v měsíci říjnu, kdy sklizená hmota nestačila na stanovení rtuti.

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 2007

	2007			požadová hodnota ¹⁾
	průměr	maximum	minimum	
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	82,8	175,6	38,2	x
As	4,58	8,20	1,14	0,25
Cd	0,033	0,147	<0,050	0,2
Cr	0,45	0,77	<0,30	0,5
Cu	2,82	4,28	1,76	15
Fe	138,13	233,1	84,73	x
Hg	0,015	0,071	0,009	0,025
Mn	160,3	210,9	103,0	x
Mo	<0,60	<0,60	<0,60	4,0
Ni	0,57	0,90	0,36	3,5
Pb	0,92	4,61	<0,50	2,6
S	3263	5663	1466	5000
V	0,26	0,54	<0,50	0,25
Zn	24,6	37,6	16,1	90
x - údaj chybí				
1) ÖHLINGER,2002				

K překročení těchto požadových hodnot došlo v síti ÚKZÚZ výrazně u arzenu a to u všech zjištěných hodnot na všech stanovištích. I minimální hodnota arzenu v jílku (1,14 mg.kg⁻¹) ze stanoviště Třešť je velmi výrazně nad požadovou hodnotou z Rakouska, další zjištěné nejnižší hodnoty arzenu v hmotě jílku požadovou hodnotu převyšují pětinasobně. Průměrné obsahy všech ostatních sledovaných prvků za vegetační období 2007 byly nižší s výjimkou vanadu, kde je však obsah v hmotě jílku pod hranicí meze stanovitelnosti s výjimkou jedné naměřené hodnoty na stanovišti v Třešti, průměrný obsah je pak nad požadovou hodnotou. U dalších sledovaných anorganických polutantů došlo k překročení požadových hodnot jen v některém ze sledovaných měsíců. Nejčastěji u chromu na všech

stanovištích ke konci sledovaného období (IX.,X. měsíc), u síry rovněž ke konci sledovaného období na stanovišti v Závišíně (IX.,X.měsíc), v Opavě a Třešti (X.měsíc). Na stanovišti v Opavě pak došlo ještě k překročení požadových hodnot u dvou sledovaných anorganických polutantů, a to u rtuti (V.měsíc) a olova (X. měsíc). Podrobně jsou obsahy anorganických polutantů rozvedeny v tabulce 13 v příloze.

Stanoviště Závišín je relativně nejčistší, v roce 2007 zde bylo nejvíce nejnižších průměrných hodnot sledovaných prvků, jak vyplývá z porovnání průměrných měsíčních obsahů anorganických polutantů na jednotlivých stanovištích (tabulka 2). Výrazně vyšší zde byla průměrná hodnota síry a rovněž průměrná hodnota 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 2007

	Závišín	Přerov n/L	Opava	Třešť
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	54,2	99	67,6	110,5
As	3,44	5,60	5,22	4,05
Cd	0,03	<0,05	0,05	<0,05
Cr	0,45	0,32	0,46	0,57
Cu	2,72	2,70	2,44	3,41
Fe	107,78	149,18	130,61	164,93
Hg	0,010	0,012	0,028	0,011
Mn	153,2	163,9	150,1	174,1
Mo	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
Ni	0,46	0,53	0,65	0,57
Pb	0,56	0,70	1,37	1,06
S	4124	2575	3235	3120
V	<0,50	<0,50	<0,50	0,31
Zn	29,8	21,2	20,7	26,9

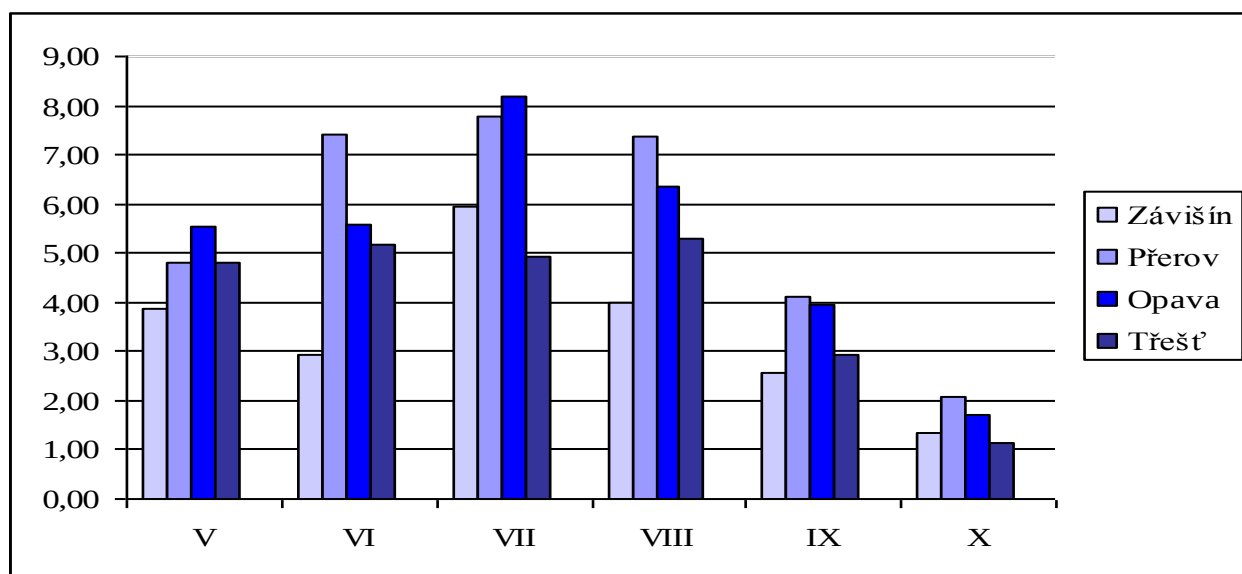
V průběhu vegetačního období 2007 byly změny obsahů většiny jednotlivých anorganických polutantů v jílku rozdílné jak na jednotlivých stanovištích, tak ve sledovaných měsících (tabulka 3) a samozřejmě také v závislosti na sledovaném polutantu (tabulka 13). Nejvyšší obsahy u anorganických polutantů byly naměřeny v různém období a jen u některých polutantů je toto období shodné na všech stanovištích. Týká se to především arzenu, u kterého byl 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). U hliníku a železa je průběh naměřených hodnot mezi stanovišti rozdílný, na jednotlivých stanovištích však ve sledovaném období je průběh změn u těchto prvků shodný (graf 2). U síry jsou nejvyšší hodnoty na konci vegetačního období na všech stanovištích (graf 3), což může být ovlivněno začínající topnou sezónou. Vanad a molybden mají v hmotě jílku na všech stanovištích nízké naměřené hodnoty, bez výraznějších výkyvů, převážná většina hodnot je pod hranicí meze stanovitelnosti. Naměřené hodnoty mědi a chrómu mají v průběhu vegetačního období na jednotlivých stanovištích shodně vzestupnou tendenci s nejvyššími naměřenými hodnotami v posledním měsíci sledování. Nejvyšší hodnoty rtuti byly zjištěny v Opavě, na ostatních stanovištích jsou

nízké a změny v průběhu sledování nejsou shodné. Zjištěné hodnoty u manganu, olova, niklu a zinku jsou na jednotlivých stanovištích rozdílné a rovněž jejich průběh je odlišný.

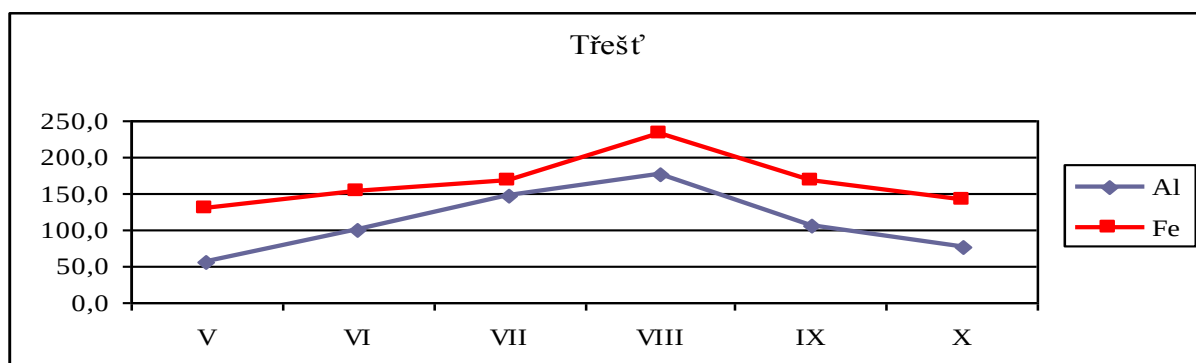
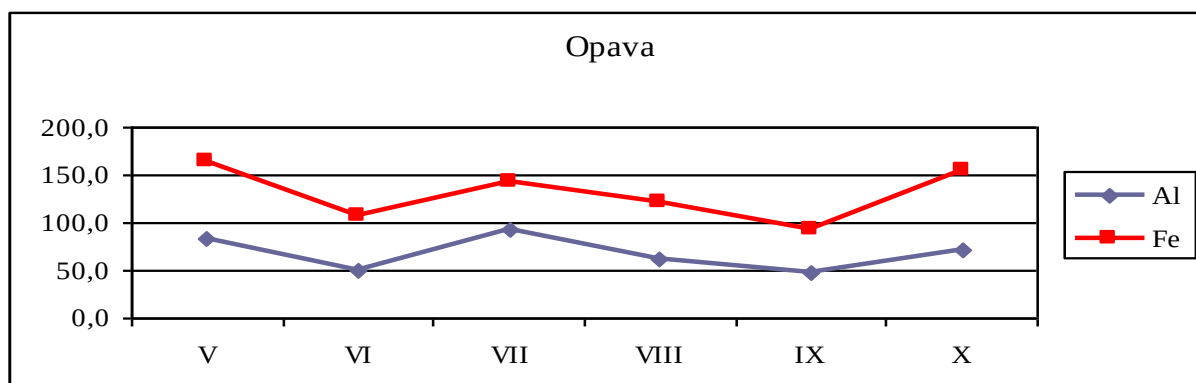
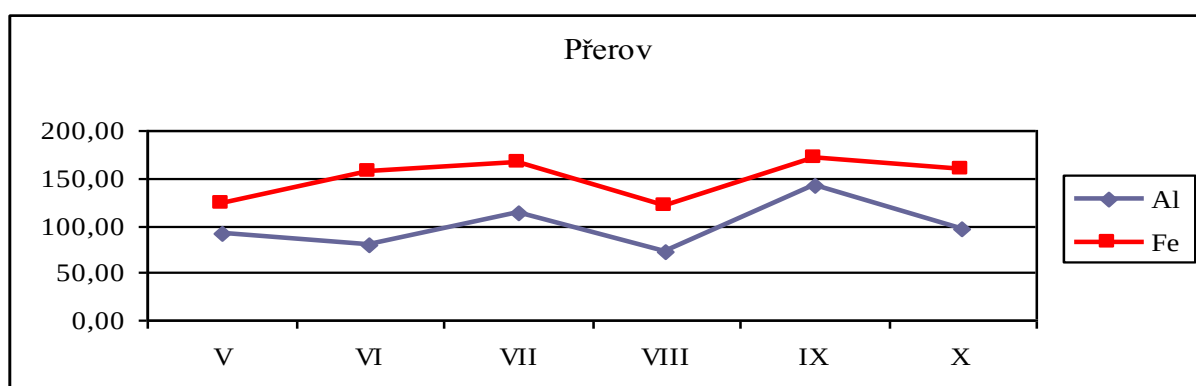
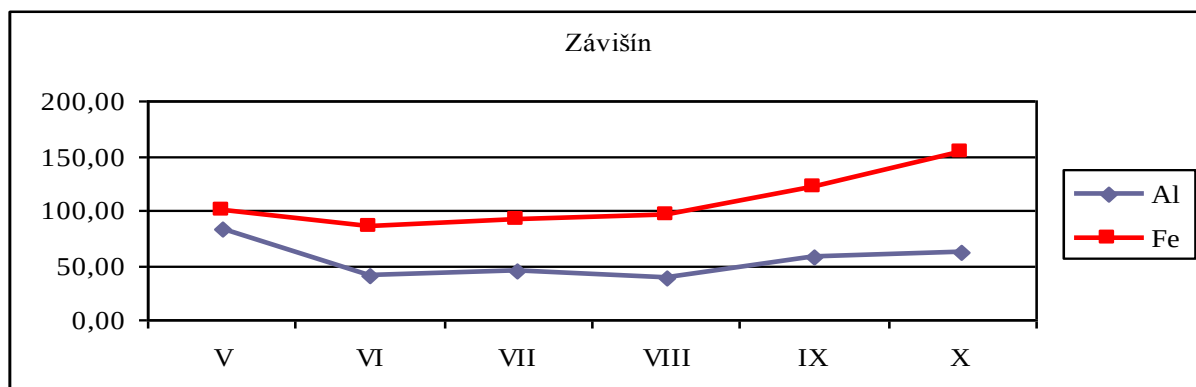
Tabulka 3: ZMĚNY OBSAHU ANORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JÍLKU
V PRŮBĚHU VEGETAČNÍHO OBDOBÍ
aritmetický průměr stanovišť v měsících 2007

	V	VI	VII	VIII	IX	X
	mg.kg ⁻¹ sušiny					
Al	78,2	67,5	99,1	87,0	88,5	76,9
As	4,75	5,28	6,71	5,75	3,39	1,58
Cd	0,032	<0,050	<0,050	<0,050	0,033	0,056
Cr	0,36	0,26	0,38	0,46	0,57	0,68
Cu	2,34	2,13	3,02	2,58	2,99	3,86
Fe	128,7	125,0	141,9	142,3	138,6	152,3
Hg	0,0255	0,0141	0,0152	0,0126	0,0110	0,0142
Mn	151,3	150,0	158,4	145,2	169,0	188,1
Mo	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60
Ni	0,53	0,48	0,59	0,53	0,62	0,69
Pb	0,88	0,56	0,92	0,86	0,60	1,70
S	2541	2576	2853	2848	3631	5131
V	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	0,32	<0,50
Zn	22,0	20,2	27,0	20,8	25,6	32,2

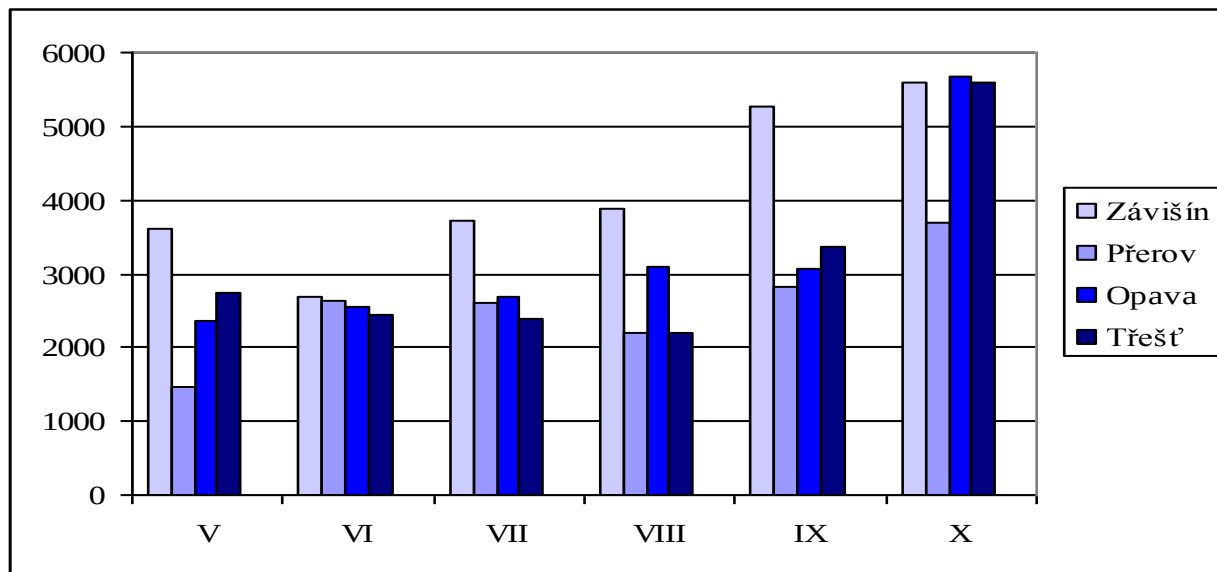
Graf 1: ZMĚNY OBSAHŮ ARZÉNU V JÍLKU NA JEDNOTLIVÝCH STANOVIŠTÍCH
V PRŮBĚHU VEGETAČNÍHO OBDOBÍ 2007
mg.kg⁻¹ sušiny



Graf 2: ZMĚNY OBSAHŮ HLINÍKU A ŽELEZA V JÍLKU NA JEDNOTLIVÝCH STANOVIŠTÍCH V PRŮBĚHU VEGETAČNÍHO OBDOBÍ 2007
mg.kg⁻¹ sušiny



Graf 3: ZMĚNY OBSAHŮ SÍRY V JÍLKU NA JEDNOTLIVÝCH STANOVIŠTÍCH V PRŮBĚHU VEGETAČNÍHO OBDOBÍ 2007
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. V roce 2007 je i minimální naměřená hodnota v hmotě jílku téměř dvojnásobná než uváděná požadová hodnota.

Tabulka 4: OBSAHY POLYAROMATICKÝCH UHLOVODÍKŮ V JÍLKU
aritmetický průměr za vegetační období 2007

Σ PAU (15)	2006			požadová hodnota ¹⁾
	průměr	maximum	minimum	
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy			
	78,59	391,48	42,13	23,0
1) ÖHLINGER,2002				

Průměrný obsah organických polutantů v jílku byl nejvyšší na stanovišti v Opavě (tabulka 5). Na všech stanovištích tvořil nejvyšší podíl z celkového množství polyaromatických uhlovodíků phenanthrene (PHE), fluoranthene (FLT), pyrene (PYR) a fluorene (FLU). Především hodnoty phenanthrene (PHE), fluoranthene (FLT) a pyrene (PYR) se výrazně zvýšily v posledních měsících sledování. Hodnoty ostatních sledovaných polyaromatických uhlovodíků byly nízké, většinou pod mezí stanovitelnosti. Na žádném stanovišti nebyla mez stanovitelnosti překročena v žádném měsíci za sledované období u acenaphthene (ANA) a indeno[1,2,3-c,d]pyrene (IPY). U benzo[k]fluoranthene (BKF), chrysene (CHR), dibenzo[a,h]anthracene (DBA), benzo[a]pyrene (BAP) a benzo[g,h,i]perylene (BPE) byla mez

stanovitelnosti překročena za sledované období v jednom, max. dvou měsících jen na stanovišti Opava, na ostatních stanovištích byly hodnoty těchto polutantů rovněž pod mezí stanovitelnosti. Na stanovišti v Přerově nebyl dokonce zjištěn obsah nad mez stanovitelnosti v žádném měsíčním vzorku celkem u devíti uhlovodíků, na stanovištích Závěšín a Třešť u osmi uhlovodíků. Přesto je celkový záchyt sumy polyaromatických uhlovodíků na těchto stanovištích v porovnání s výše uvedenou pozadřovou hodnotou z Rakouska vysoký.

Tabulka 5: OBSAH ORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JÍLKU NA JEDNOTLIVÝCH STANOVIŠTÍCH
průměr za vegetační období 2007

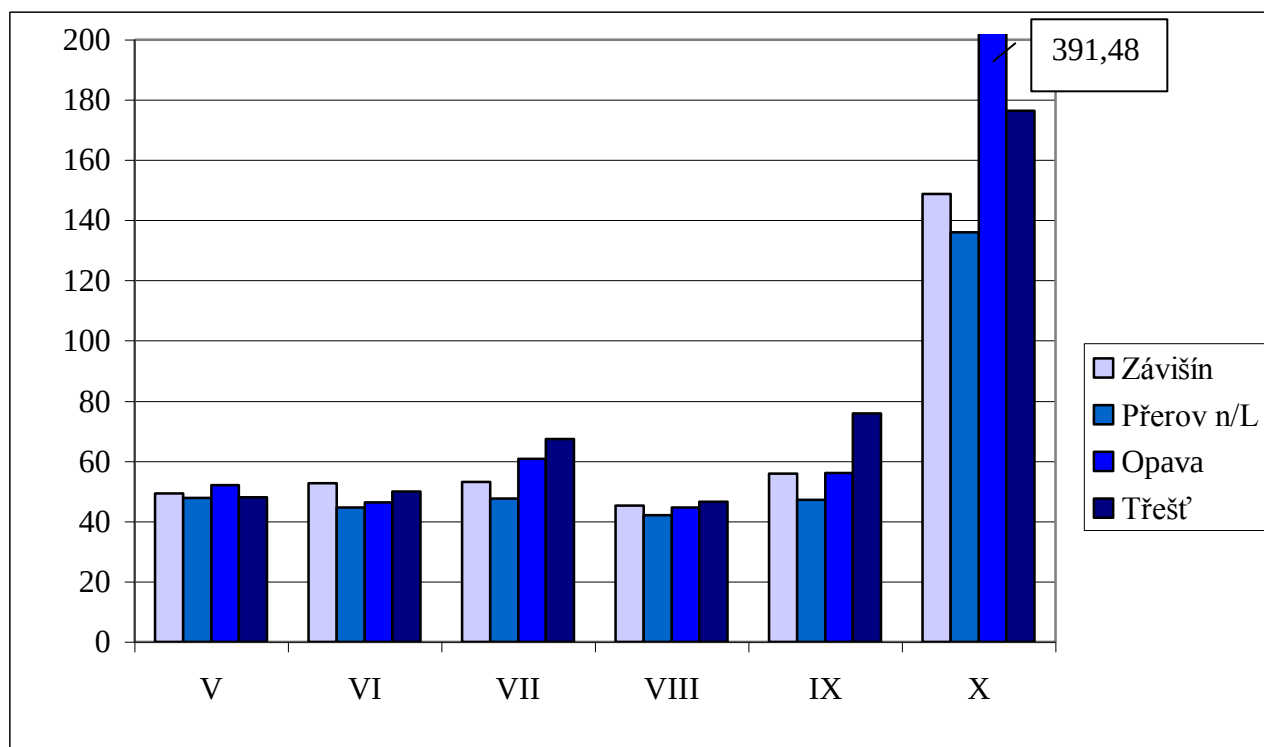
	Závěšín	Přerov n/L	Opava	Třešť
	$\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy			
ANA	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
ANT	2,61	2,33	4,03	3,41
BAA	2,73	3,25	4,51	2,85
BAP	<3,00	<3,00	2,30	<3,00
BBF	<3,00	<3,00	2,94	1,99
BPE	<5,00	<5,00	5,04	<5,00
BKF	<2,00	<2,00	1,83	<2,00
DBA	<3,00	<3,00	2,30	<3,00
PHE	17,63	10,00	21,47	16,22
FLT	9,86	7,70	22,58	13,79
FLU	5,74	2,83	2,61	5,27
CHR	<4,00	<4,00	4,83	<4,00
IPY	< 10,00	< 10,00	< 10,00	< 10,00
NAP	2,99	<5,00	4,15	<5,00
PYR	3,67	4,13	14,75	7,57
Σ PAU (15)	62,73	50,24	100,84	69,60

Tabulka 6 uvádí záchyt organických polutantů v průběhu vegetačního období. Na stanovištích měl téměř shodný průběh s výrazným nárůstem záchytu organických polutantů v posledním měsíci sledování (graf 4), což lze dát do souvislosti s nástupem topné sezóny. Nejnížší hodnoty záchytu celkové sumy polyaromatických uhlovodíků byly zaznamenány na stanovišti v Přerově.

Tabulka 6: ZMĚNY OBSAHU ORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JÍLKU
V PRŮBĚHU VEGETAČNÍHO OBDOBÍ 2007
aritmetický průměr stanovišť

Σ PAU (15)	Závišín	Přerov n/L	Opava	Třešť
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy			
V	49,41	47,72	51,99	48,00
VI	52,74	44,53	46,43	49,89
VII	53,23	47,63	60,84	67,28
VIII	45,32	42,13	44,68	46,64
IX	55,86	47,27	56,13	75,83
X	148,70	136,06	391,48	176,43

Graf 4: ZMĚNY OBSAHU ORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JÍLKU
V PRŮBĚHU VEGETAČNÍHO OBDOBÍ 2007 (Σ PAU 15)
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 2007

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. 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 2007 jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7: OBSAHY ANORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JEHLIČÍ BOROVICE
aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2007

	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
	průměr	maximum	minimum	průměr	maximum	minimum
	mg.kg ⁻¹ sušiny					
Al	90,6	117,0	69,7	138,7	186,9	97,5
As	0,21	0,39	< 0,20	0,52	1,08	< 0,20
Cd	0,041	0,058	0,025	0,127	0,165	0,103
Cr	0,26	0,39	0,15	0,61	0,99	0,41
Cu	2,82	3,44	2,24	2,33	2,64	1,97
Fe	59,2	84,7	30,8	151,2	190,4	92,6
Hg	0,014	0,018	0,009	0,021	0,024	0,018
Mn	126,1	179,6	84,5	150,8	184,2	117,7
Mo	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60
Ni	0,46	0,53	0,36	0,56	1,13	0,10
Pb	0,42	0,62	0,25	1,23	1,88	0,80
S	1007	1133	931	1281	1421	1144
V	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Zn	35,33	36,76	32,62	36,34	43,72	28,97

U většiny anorganických polutantů na imisně zatížených stanovištích byly zjištěny vyšší hodnoty než na stanovištích imisně nezatížených, především výrazně vyšší hodnoty byly zjištěny u kadmia, železa, chromu a olova. U zinku byly rozdíly minimální, u molybdenu a vanadu žádné. Zjištěné hodnoty mědi byly nepatrně vyšší na stanovištích relativně čistších. U arzenu byly vysoké hodnoty na stanovišti ve Vratimově, na stanovištích v Závišíně a v Plzni byly obsahy arzenu v jehličí pod hranici stanovitelnosti.

Rozdíly hodnot mezi imisně nezatíženými a zatíženými stanovišti jsou zřetelné i při porovnávání zimní (jarní odběr jehličí) a letní (podzimní odběr jehličí) periody, jak ukazují hodnoty v tabulce 8, kdy vyšší hodnoty jsou v zimní periodě. Nejvýraznější rozdíly mezi letní a zimní periodou jsou u hliníku, chromu a železa. Výjimkou je mangan, jehož hodnoty jsou vyšší v letní periodě mimo stanoviště Vratimov. U některých polutantů je kolísání obsahu během period na stanovišti minimální, obsahy jsou však rozdílné při srovnání zatížených a nezatížených stanovišť. Týká se to především zinku, kadmia a síry, jejichž obsahy během period příliš nekolísají, ale na imisně zatížených stanovištích jsou vyšší.

Pokud porovnáme průměrné obsahy anorganických polutantů v jehličí na jednotlivých stanovištích, vychází jako nejčistší stanoviště Závišín, kde s výjimkou mědi, rtuti a zinku byly zjištěny u anorganických polutantů nejnižší hodnoty. Nejvíce zatíženým stanovištěm je

Vratimov, kde především hodnoty arzenu 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.

Tabulka 8: OBSAHY ANORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JEHLIČÍ BOROVICE
V LETNÍ A ZIMNÍ PERIODĚ

aritmetický průměr za periodu v roce 2007

	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	zimní perioda	letní perioda	zimní perioda	letní perioda
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	106,8	74,5	178,2	99,2
As	0,18	0,25	0,59	0,44
Cd	0,041	0,042	0,139	0,115
Cr	0,37	0,15	0,78	0,44
Cu	2,84	2,79	2,50	2,17
Fe	74,2	44,2	166,4	136,1
Hg	0,017	0,011	0,021	0,020
Mn	110,4	141,8	146,6	154,9
Mo	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60
Ni	0,42	0,49	0,76	0,80
Pb	0,44	0,40	1,39	1,07
S	981	1034	1283	1279
V	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Zn	34,05	36,61	36,11	36,57

Tabulka 9: OBSAHY ANORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JEHLIČÍ BOROVICE

aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2007

	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	Závišín	Opava	Plzeň	Vratimov
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	93,4	87,9	133,5	144,0
As	< 0,20	0,32	< 0,20	0,93
Cd	0,025	0,057	0,146	0,108
Cr	0,25	0,27	0,52	0,70
Cu	3,22	2,41	2,50	2,17
Fe	47,2	71,1	117,5	185,0
Hg	0,015	0,012	0,019	0,022
Mn	94,2	158,0	117,7	183,9
Mo	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60
Ni	0,47	0,45	1,06	0,51
Pb	<0,50	0,59	0,85	1,62
S	933	1082	1342	1219
V	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Zn	34,54	36,12	43,48	29,20

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

4.2.2. Organické polutanty v jehličí

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

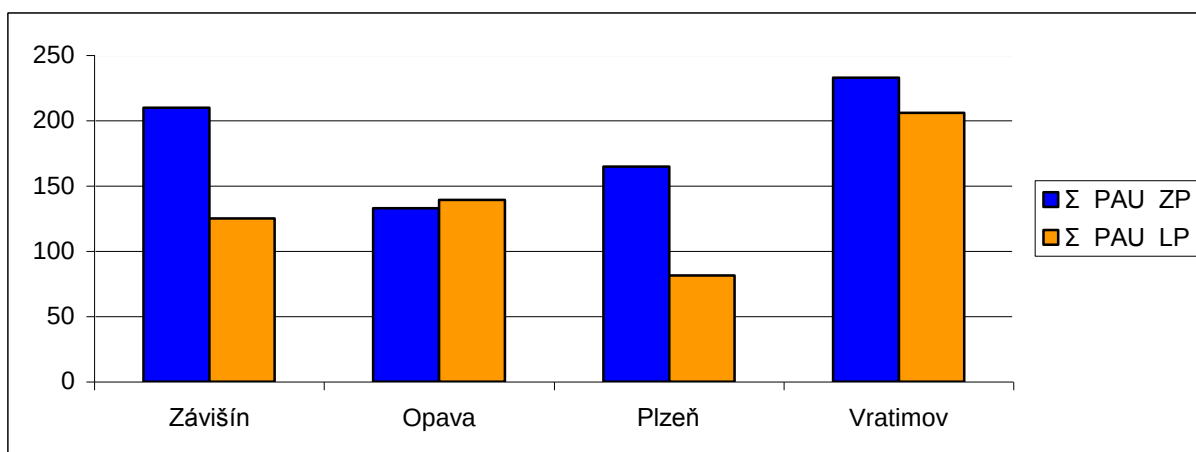
Tabulka 10: OBSAHY ORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JEHLIČÍ BOROVICE
aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2007

Σ PAU (15)	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
	průměr	maximum	minimum	průměr	maximum	minimum
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy					
	151,71	209,68	124,96	171,24	232,86	81,30

Nejvyšší hodnota záchytu byla zjištěna na stanovišti Vratimov v zimní periodě, nejnižší hodnota překvapivě na stanovišti Plzeň v letní periodě. V zimní periodě byla zjištěna poměrně vysoká hodnota záchytu na stanovišti Závišín. Na stanovišti v Opavě jsou malé rozdíly v celkovém obsahu PAU mezi letní a zimní periodou. U tří uhlovodíků nebyla jejich mez stanovitelnosti překročena na žádném stanovišti (ANA, DBA, IPY). Na všech stanovištích nejvyšší podíl z celkové sumy polyaromatických uhlovodíků tvořil phenanthrene (PHE), fluoranthene (FLT), fluorene (FLU), naphtalene (NAP) a pyrene (PYR).

Rozdílné hodnoty záchytu PAU na jehličí byly jak mezi zatíženými a nezatíženými stanovišti, tak mezi zimní a letní periodou, jak je možné vidět na grafu 5.

Graf 5: OBSAH ORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JEHLIČÍ BOROVICE V LETNÍ
A ZIMNÍ PERIODĚ (Σ PAU 15)
μg.kg⁻¹ čerstvé biomasy



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 2007

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	9,07	2,34	4,71	4,34
BAA	6,90	5,10	3,58	9,62
BAP	<3,00	<3,00	<3,00	2,38
BBF	<3,00	3,23	2,54	8,48
BKF	<2,00	1,77	<2,00	4,20
BPE	<5,00	<5,00	<5,00	6,10
DBA	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
PHE	52,09	25,60	31,90	48,31
FLT	23,98	24,15	20,29	42,97
FLU	12,88	6,26	6,91	12,01
CHR	5,26	11,51	7,34	20,30
IPY	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00
NAP	18,63	16,91	12,34	10,63
PYR	13,02	16,23	9,47	31,10
Σ PAU (15)	167,33	136,10	123,075	219,4

Na celkové sumě PAU jak v letní, tak v zimní periodě se podílel z jednotlivých polyaromatických uhlovodíků především výrazně vyšším obsahem phenanthrene (PHE) a fluoranthene (FLT) na zatížených i nezatížených stanovištích. V letní periodě se ještě na celkové sumě značně podílel naphtalene (NAP) s výjimkou stanoviště Vratimov, kde se větší měrou na celkové sumě PAU podílel pyrene (PYR). Ten byl na ostatních stanovištích vyšší v zimní periodě.

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

Tabulka 12: OBSAHY JEDNOTLIVÝCH ORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JEHLIČÍ BOROVICE V LETNÍ A ZIMNÍ PERIODĚ

aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2007

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	3,69	1,00	3,72	5,33
BAA	6,54	5,46	7,16	6,04
BAP	<3,00	<3,00	2,38	<3,00
BBF	<3,00	2,61	4,48	6,53
BPE	<5,00	<5,00	4,04	4,53
BKF	<2,00	1,77	2,60	2,57
DBA	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
PHE	28,79	48,9	27,02	53,19
FLT	21,05	27,08	28,74	34,52
FLU	7,47	11,67	4,76	14,16
CHR	6,99	9,79	9,87	17,77
IPY	<10,00	<10,00	<10,00	<10,00
NAP	17,43	18,11	11,13	11,83
PYR	13,94	15,31	18,68	21,89
Σ PAU (15)	132,06	171,37	143,62	198,86

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

5. Závěry

- V roce 2007 byly sledovány obsahy vybraných anorganických polutantů a organických polutantů (PAU 15) v travní hmotě jílku (stanoviště Závišín, Přerov nad Labem, Třešť, Opava) a v jehličí borovice černé (stanoviště Závišín, Opava, Plzeň, Vratimov) v síti ÚKZÚZ
- Změny obsahů jednotlivých anorganických polutantů v jílku byly u většiny sledovaných polutantů v průběhu vegetačního období 2007 rozdílné jak na jednotlivých stanovištích, tak ve sledovaných měsících.
- U síry, chromu a mědi jsou nejvyšší hodnoty na všech stanovištích na konci vegetačního období. Rovněž u niklu, manganu a zinku jsou nejvyšší hodnoty na konci vegetačního období s výjimkou stanoviště Přerov. U síry se může jednat o vliv začínající topné sezóny.
- Téměř u všech sledovaných prvků v jílku byly nejnižší obsahy anorganických polutantů naměřeny v různém období s výjimkou arzénu.

- Arzén má shodný průběh zjištěných hodnot na všech stanovištích s maximem v letních měsících. Nejnížší hodnoty byly naměřeny v posledním měsíci sledování.
- Vanad a molybden mají v hmotě jílku na všech stanovištích nízké naměřené hodnoty, bez výraznějších výkyvů, převážná většina hodnot je pod hranicí meze stanovitelnosti. Rovněž u kadmia je většina hodnot pod hranicí meze stanovitelnosti.
- Průměrný obsah organických polutantů v jílku byl nejvyšší na stanovišti v Opavě, nejnižší hodnoty zachytu 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 pyrene (PYR).
- Hodnoty phenanthrene (PHE), fluoranthene (FLT), benzo[a]anthracene (BAA), anthracene (ANT) a pyrene (PYR) se výrazně zvýšily v posledních měsících sledování.
- V jehličí borovice černé byly zjištěny vyšší hodnoty u většiny organických 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, olova, železa a kadmia výrazně převyšují hodnoty z ostatních stanovišť.
- Nejvyšší hodnota zachytu polyaromatických uhlovodíků byla rovněž zjištěna na stanovišti Vratimov, nejnižší hodnota na stanovišti Plzeň.
- Nejvyšší podíl z celkové sumy polyaromatických uhlovodíků v jehličí tvořil phenanthrene (PHE) a fluoranthene (FLT), a to jak v zimní, tak v letní periodě.
- 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. et al., 2000: Ověření metody aktivního biomonitoringu. Závěrečná zpráva vývojového úkolu. ÚKZÚZ Brno, VÚRV Praha – Ruzyně

Tabulková příloha

Tabulka 13: Obsahy anorganických polutantů v sušině jílku - 2007

Tabulka 14: Obsahy polyaromatických uhlovodíků v čerstvé hmotě jílku - 2007

Tabulka 15: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice černé -2007

Tabulka 16: Obsahy polyaromatických uhlovodíků v jehličí borovice černé - 2007

Tabulka 13: Obsahy anorganických polutantů v sušině jílku
ÚKZÚZ 2007

Al

mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
V	83,2	91,0	82,7	55,9	78,2
VI	39,7	79,7	49,1	101,4	67,5
VII	44,2	112,2	92,6	147,3	99,1
VIII	38,2	71,9	62,1	175,6	87,0
IX	57,3	142,0	48,1	106,6	88,5
X	62,5	97,4	71,1	76,4	76,9
průměr	54,2	99,0	67,6	110,5	82,8

As

mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
V	3,85	4,81	5,56	4,80	4,75
VI	2,95	7,42	5,57	5,19	5,28
VII	5,93	7,78	8,20	4,94	6,71
VIII	3,99	7,36	6,35	5,28	5,75
IX	2,55	4,13	3,95	2,93	3,39
X	1,36	2,08	1,72	1,14	1,58
průměr	3,44	5,60	5,22	4,05	4,58

Cd

mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
V	<0,050	<0,050	0,052	<0,050	0,032
VI	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
VII	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
VIII	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
IX	0,057	<0,050	<0,050	<0,050	0,033
X	<0,050	<0,050	0,147	<0,050	0,056
průměr	0,030	<0,050	0,050	<0,050	0,033

Cr

mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
V	0,38	<0,3	0,42	0,50	0,36
VI	0,30	<0,3	<0,3	0,43	0,26
VII	0,34	0,31	0,36	0,52	0,38
VIII	0,47	0,34	0,40	0,60	0,46
IX	0,52	0,47	0,68	0,61	0,57
X	0,67	0,51	0,77	0,77	0,68
průměr	0,45	0,32	0,46	0,57	0,45

Cu

mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
V	2,36	2,12	2,19	2,69	2,34
VI	1,81	2,22	1,76	2,71	2,13
VII	2,91	3,17	1,97	4,01	3,02
VIII	2,61	2,45	2,15	3,10	2,58
IX	2,98	2,75	2,58	3,66	2,99
X	3,67	3,50	4,00	4,28	3,86
průměr	2,72	2,70	2,44	3,41	2,82

Fe

mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
V	99,3	122,0	164,8	128,6	128,7
VI	84,7	156,2	107,4	151,8	125,0
VII	92,6	166,1	142,2	166,6	141,9
VIII	94,8	120,1	121,2	233,1	142,3
IX	121,2	170,8	93,6	168,8	138,6
X	154,2	159,9	154,4	140,7	152,3
průměr	107,8	149,2	130,6	164,9	138,1

Hg

mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
V	0,010	0,011	0,071	0,010	0,026
VI	0,010	0,013	0,024	0,010	0,014
VII	0,011	0,014	0,020	0,015	0,015
VIII	0,009	0,015	0,017	0,010	0,013
IX	0,009	0,010	0,014	0,010	0,011
X	nest.	0,010	0,021	0,012	0,014
průměr	0,010	0,012	0,028	0,011	0,015

Mn

mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
V	133,9	158,1	140,0	173,0	151,3
VI	128,1	183,2	149,3	139,3	150,0
VII	167,4	161,1	142,1	163,0	158,4
VIII	103,0	153,2	162,3	162,3	145,2
IX	182,1	159,1	138,5	196,2	169,0
X	204,5	168,7	168,2	210,9	188,1
průměr	153,2	163,9	150,1	174,1	160,3

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	0,37	0,51	0,63	0,60	0,53
VI	0,41	0,48	0,41	0,61	0,48
VII	0,41	0,64	0,69	0,60	0,59
VIII	0,55	0,36	0,63	0,59	0,53
IX	0,46	0,68	0,63	0,70	0,62
X	0,58	0,49	0,90	0,80	0,69
průměr	0,46	0,53	0,65	0,65	0,57

Pb

mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
V	<0,50	0,98	1,65	0,64	0,88
VI	0,61	0,59	<0,50	0,80	0,56
VII	0,64	0,72	0,55	1,77	0,92
VIII	<0,50	1,06	0,63	1,51	0,86
IX	0,69	0,58	0,53	0,62	0,60
X	0,94	<0,50	4,61	0,98	1,70
průměr	0,56	0,70	1,37	1,06	0,92

S

mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
V	3603	1466	2352	2743	2541
VI	2688	2629	2547	2439	2576
VII	3724	2618	2680	2391	2853
VIII	3875	2203	3108	2207	2848
IX	5274	2830	3060	3360	3631
X	5580	3701	5663	5581	5131
průměr	4124	2575	3235	3120	3263

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	0,54	0,32
X	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
průměr	<0,50	<0,50	<0,50	0,31	0,26

Zn

mg.kg ⁻¹	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
V	27,1	16,8	21,1	23,2	22,0
VI	20,9	20,6	16,1	23,3	20,2
VII	34,2	31,7	16,9	25,1	27,0
VIII	27,1	16,6	18,0	21,6	20,8
IX	35,1	18,7	18,5	30,2	25,6
X	34,7	22,9	33,4	37,6	32,2
průměr	29,8	21,2	20,7	26,9	24,6

Tabulka 14: OBSAHY POLYAROMATICKÝCH UHLOVODÍKŮ V ČERSTVÉ HMOTĚ
JÍLKU PAU (15)
ÚKZÚZ 2007

ANA

μg.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

μg.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	2,39	1,35
X	10,67	8,97	19,20	14,04	13,22
průměr	2,61	2,33	4,03	3,41	3,10

BAA

μg.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	6,35	9,47	17,07	7,07	9,99
průměr	2,73	3,25	4,51	2,85	3,33

BAP

μg.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	6,29	<3,00	2,70
průměr	<3,00	<3,00	2,30	<3,00	1,70

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	4,45	2,24
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	10,14	<3,00	3,66
průměr	<3,00	<3,00	2,94	1,99	1,98

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	8,99	<5,00	4,12
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	11,27	<5,00	4,69
průměr	<5,00	<5,00	5,04	<5,00	3,14

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	6,00	<2,00	2,25
průměr	<2,00	<2,00	1,83	<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	6,30	<3,00	2,70
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	2,30	<3,00	<3,00

PHE

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
V	9,26	4,07	5,01	7,27	6,40
VI	13,04	2,00	2,00	8,72	6,44
VII	13,10	4,08	5,91	7,65	7,69
VIII	7,93	4,46	5,43	4,80	5,66
IX	11,01	6,74	12,63	14,24	11,15
X	51,41	38,63	97,87	54,65	60,64
průměr	17,63	10,00	21,47	16,22	16,33

FLT

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
V	5,39	2,70	6,40	4,97	4,86
VI	4,95	2,00	2,71	4,93	3,65
VII	5,11	3,23	5,67	8,35	5,59
VIII	2,64	2,61	3,66	4,89	3,45
IX	6,63	5,05	6,53	15,11	8,33
X	34,42	30,64	110,50	44,50	55,02
průměr	9,86	7,70	22,58	13,79	13,48

FLU

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
V	9,2	<4,00	<4,00	<4,00	3,80
VI	8,78	<4,00	<4,00	<4,00	3,70
VII	7,53	<4,00	<4,00	11,09	5,66
VIII	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	2,00
IX	<4,00	<4,00	<4,00	8,78	3,70
X	4,91	6,98	5,65	5,77	5,83
průměr	5,74	2,83	2,61	5,27	4,11

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	<4,00	<4,00	<4,00
X	<4,00	<4,00	18,95	<4,00	6,24
průměr	<4,00	<4,00	4,83	<4,00	2,71

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	<5,00	<5,00	5,54	<5,00	3,26
VI	<5,00	<5,00	9,34	<5,00	4,21
VII	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
VIII	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
IX	5,43	<5,00	<5,00	<5,00	3,23
X	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
průměr	2,99	<5,00	4,15	<5,00	3,03

PYR

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Závišín	Přerov	Opava	Třešť	průměr
V	2,01	<2,00	4,79	3,01	2,70
VI	<2,00	<2,00	2,13	3,49	1,91
VII	2,27	2,04	5,23	6,49	4,01
VIII	<2,00	2,32	2,83	4,20	2,59
IX	2,54	2,74	4,22	5,56	3,77
X	13,19	15,70	69,30	22,65	30,21
průměr	3,67	4,13	14,75	7,57	7,53

Tabulka 15: OBSAHY ANORGANICKÝCH POLUTANTŮ V JEHLIČÍ BOROVICE
2007 (ZP – zimní perioda, LP – letní perioda)

	mg.kg^{-1}	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
		Závišín	Opava	průměr	Plzeň	Vratimov	průměr
Al	ZP	117,0	96,5	106,8	169,5	186,9	178,2
	LP	69,7	79,4	74,5	97,5	101,0	99,2
	průměr	93,4	87,9	90,6	133,5	144,0	138,7
As	ZP	<0,20	0,25	0,18	<0,20	1,08	0,59
	LP	<0,20	0,39	0,25	<0,20	0,78	0,44
	průměr	<0,20	0,32	0,21	<0,20	0,93	0,52
Cd	ZP	<0,050	0,056	0,041	0,165	0,112	0,139
	LP	<0,050	0,058	0,042	0,126	0,103	0,115
	průměr	,0,050	0,057	0,041	0,146	0,108	0,127
Cr	ZP	0,34	0,39	0,37	0,58	0,99	0,79
	LP	0,15	0,15	0,15	0,46	0,41	0,44
	průměr	0,25	0,27	0,26	0,52	0,70	0,61
Cu	ZP	3,44	2,24	2,84	2,64	2,36	2,50
	LP	3,00	2,58	2,79	2,36	1,97	2,17
	průměr	3,22	2,41	2,82	2,50	2,17	2,33
Fe	ZP	63,6	84,7	74,19	142,3	190,4	166,4
	LP	30,8	57,5	44,16	92,6	179,6	136,1
	průměr	47,2	71,1	59,17	117,5	185,0	151,2
Hg	ZP	0,018	0,016	0,017	0,018	0,024	0,021
	LP	0,013	0,009	0,011	0,019	0,021	0,020
	průměr	0,015	0,013	0,014	0,019	0,023	0,021
Mn	ZP	84,47	136,4	110,435	109,1	184,2	146,7
	LP	103,9	179,6	141,750	126,2	183,5	154,9
	průměr	94,2	158,0	126,1	117,7	183,9	150,8
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	0,48	0,36	0,42	0,99	0,54	0,76
	LP	0,45	0,53	0,49	1,13	0,47	0,80
	průměr	0,47	0,45	0,46	1,06	0,51	0,56

Pb	ZP	<0,50	0,62	0,44	0,90	1,88	1,39
	LP	<0,50	0,55	0,40	0,80	1,35	1,08
	průměr	<0,50	0,59	0,42	0,85	1,62	1,23
S	ZP	931	1030	981	1421	1144	1283
	LP	935	1133	1034	1263	1294	1279
	průměr	933	1082	1007	1342	1219	1281
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	32,62	35,48	34,05	43,24	28,97	36,11
	LP	36,46	36,76	36,61	43,72	29,42	36,57
	průměr	34,54	36,12	35,33	43,48	29,20	36,34

Tabulka 16: OBSAHY POLYAROMATICKÝCH UHLOVODÍKŮ V JEHLIČÍ BOROVICE ČERNÉ V ROCE 2007 - PAU (15), 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	13,13	1,00	7,07	7,06	3,60	5,33
	LP	5,01	3,69	4,35	2,36	5,09	3,72
	průměr	9,07	2,34	5,71	4,71	4,34	4,53
BAA	ZP	5,74	5,18	5,46	5,15	6,94	6,04
	LP	8,07	5,01	6,54	<4,00	12,31	7,16
	průměr	6,90	5,10	6,00	3,58	9,62	6,60
BAP	ZP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	LP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	3,25	2,38
	průměr	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	2,38	1,94
BBF	ZP	<3,00	4,95	2,61	3,58	9,49	6,53
	LP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	7,47	4,48
	průměr	<3,00	3,23	2,06	2,54	8,48	5,51
BKF	ZP	<2,00	2,55	1,77	<2,00	4,15	2,57
	LP	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	4,20	2,60
	průměr	<2,00	1,77	1,39	<2,00	4,20	2,59
BPE	ZP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	6,57	4,53
	LP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	5,64	4,04
	průměr	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	6,10	4,30
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	74,32	23,48	48,90	46,18	60,19	53,19
	LP	29,86	27,72	28,79	17,62	36,42	27,02
	průměr	52,09	25,60	38,85	31,90	48,31	40,10
FLT	ZP	30,46	23,69	27,08	28,64	40,39	34,52
	LP	17,50	24,60	21,05	11,94	45,54	28,74
	průměr	23,98	24,15	24,06	20,29	42,97	31,63
FLU	ZP	17,62	5,72	11,67	11,82	16,50	14,16
	LP	8,13	6,80	7,47	<4,00	7,53	4,76
	průměr	12,88	6,26	9,57	6,91	12,01	9,46
CHR	ZP	5,80	13,78	9,79	12,68	22,86	17,77
	LP	4,73	9,25	6,99	<4,00	17,74	9,87
	průměr	5,26	11,51	8,39	7,34	20,30	13,82
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	22,73	13,48	18,11	11,78	11,88	11,83
	LP	14,52	20,34	17,43	12,89	9,37	11,13
	průměr	18,63	16,91	17,77	12,34	10,63	11,48
PYR	ZP	14,40	16,22	15,31	13,96	29,81	21,89
	LP	11,63	16,24	13,94	4,99	32,38	18,68
	průměr	13,02	16,23	14,62	9,47	31,10	20,28
Σ PAU ZP		209,69	133,05	171,37	164,85	232,86	198,86
Σ PAU LP		124,96	139,15	132,06	81,3	205,94	143,62