

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



VÝSLEDKY AKTIVNÍHO BIOMONITORINGU

Zpráva za rok 2018

Zpracovala: Ing. Lenka Klementová

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

Leden 2021

Obsah

1. Úvod	3
2. Charakteristika stanovišť	3
2.1. Charakteristika čistých stanovišť	3
2.2. Charakteristika zatížených stanovišť	5
3. Metodika	6
3.1. Jílek	6
3.1.1. Příprava květináčů	6
3.1.2. Údržba porostu	6
3.1.3. Expozice	6
3.1.4. Odběr vzorků	6
3.2. Borovice	7
3.3. Stanovované prvky a sloučeniny	7
3.4. Substrát	8
4. Výsledky a diskuse	8
4.1. Jílek ve vegetačním období 2018	8
4.1.1. Anorganické polutanty v jítku	8
4.1.2. PAU v jítku	15
4.2. Borovice ve vegetačním období 2018	20
4.2.1. Anorganické polutanty v jehličí	20
4.2.2. PAU v jehličí	25
5. Závěry	30
6. Literatura	32

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

Tato zpráva obsahuje výsledky získané v roce 2018.

2. Charakteristika stanovišť

ÚKZÚZ zajišťuje provoz čtyř stanovišť se sledováním standardizovaných kultur jílku mnohokvětého v Čechách, na Moravě a Slezsku (Lípa, Přerov nad Labem, Opava a Jaroměřice nad Rokytnou), která jsou pokládána za relativně čistá a imisně nezatížená, a proto výsledky z těchto stanovišť mohou být považovány za požadové hodnoty. Stanoviště Jaroměřice nad Rokytnou bylo založeno jako náhrada za stanoviště v Třešti v roce 2009. Stanoviště Lípa bylo založeno v roce 2010 jako náhrada za stanoviště v Závěšíně.

Dále ÚKZÚZ zajišťuje provoz na čtyřech stanovištích, kde se pomocí borovice černé porovnává úroveň znečištění ovzduší na dvou čistých (Závěšín a Opava) a dvou zatížených stanovištích (Plzeň a Vratimov).

2.1. Charakteristika čistých stanovišť

7005 – 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

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

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

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

4025 B – Závěšín	Karlovarský kraj, Chráněná krajinná oblast Slavkovský les
nadmořská výška	750 m n.m.
klimatický region	mírně chladný, vlhký
	průměrná roční teplota 6,4 °C
	průměrný roční úhrn srážek 702 mm
umístění stanoviště	na zahrádce rodinného domku v malé osadě, 3 km severně od Mariánských Lázní
možné zdroje kontaminace	- lokální topeniště osady - 3 km jižně město Mariánské Lázně - 25 km severně průmyslová oblast Sokolovsko

2.2. Charakteristika zatížených stanovišť

9001 – 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

9003 – 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** (v roce 2018 Gaza) – schválené osivo jílku mnohokvětého;
- **borovice černá**.

Dřeviny byly na stanovišti v Závěšíně, Plzni, Opavě a Vratimově vysázeny do velkoobjemových dřevěných kontejnerů a jednotného substrátu v roce 1997.

V roce 2008 v letním období uhynuly borovice na stanovišti ve Vratimově, kde byly nahrazeny novými dřevinami. V roce 2009, rovněž v letním období, uhynuly obě borovice na stanovišti v Plzni. Ušchlé rostliny byly nahrazeny novými. V říjnu 2015 byl na stanovišti Pusté Jakartice vyměněn kontejner a vysázeny nové borovice, odběry jehličí za letní periodu 2015 byly provedeny ještě z původních rostlin.

3.1. Jílek

3.1.1. Příprava květináčů

Jílek se vysévá do plastových květináčů o průměru 20 cm, jejichž dnem jsou protaženy dostatečně dlouhé nasávací knoty ze sklolaminátové textilie o šířce 3 cm a to tak, aby zasahovaly min. do 2/3 výšky květináče. Po protažení knotů otvory ve dně jsou květináče naplněny substrátem tak, aby substrát dosahoval 4 cm pod okraj květináče. Takto připravené květináče jsou osety 4 g jílku mnohokvětého. Osivo je rovnoměrně rozděleno po celé ploše květináče, zasypáno tenkou vrstvou substrátu a stlačeno pomocí šablony. Po osetí pokračuje údržba jílku a příprava pro jeho expozici.

3.1.2. Údržba porostu

Jílek se nechá vyklíčit a dva týdny po zasetí se vzešlý jílek sestříhá nůžkami k okraji květináče. Po týdnu (tj. 3 týdny po zasetí) se porost sestříhá znovu. Po dalším týdnu (tj. 4 týdny po zasetí) se uskuteční další sestřih a k jílku se aplikuje 50 ml hnojivého roztoku. Hnojivý roztok sestával z 5,8 g 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 jsou květináče umístěny na určené stanoviště, kde se porost naposledy sestříhá a aplikuje se k němu dalších 100 ml hnojivého roztoku.

3.1.3. Expozice

Na každé expoziční stanoviště je umístěno šest květináčů s předpěstovanou kulturou jílku mnohokvětého. Květináče jsou zasazeny do plastových zásobníků s deionizovanou vodou, do které jsou nasávací knoty trvale ponořeny tak, aby knoty mohly substrát udržovat neustále vlhký. Květináče se zásobníky vody jsou umístěny do kovových stojanů tak, aby horní okraj květináčů byl ve výši 150 cm. Jílek je exponován vždy po dobu jednoho měsíce.

3.1.4. Odběr vzorků

Na konci expoziční doby se jílek sestříhá k úrovni okraje květináče. Travní hmota se sklízí v chirurgických rukavicích, aby odebraný vzorek nepřišel do styku s pokožkou a nekontaminoval se. Sestříhaný porost ze všech květináčů se smíchá do jednoho směšného vzorku. Ke stanovení PAU se naváží 3 x 10 g travní hmoty. Tyto navážky jsou v Petriho miskách zamrazeny a poté lyofilizovány. Zbytek vzorku se nechá při pokojové teplotě vysušit

ke stanovení anorganických polutantů. V roce 2017 stejně jako každý rok proběhlo celkem šest měsíčních cyklů (květen až říjen).

3.2. Borovice

Jehlice borovice černé (pouze jednoleté bez bazálních částí) se odebírají k analýzám dvakrát ročně, a to na jaře (k 1. 4.) a na podzim (k 1. 10.). Odběr se provádí do PE sáčků. Minimální hmotnost čerstvého vzorku je 50 g. Pro stanovení PAU se odváží 4 x 10 g čerstvého vzorku a vloží do Petriho misek, zamrazí a rovněž lyofilizuje. Zbylý vzorek – pro stanovení anorganických polutantů – je volně vysušen na vzduchu.

3.3. Stanovované prvky a sloučeniny

Odebrané vzorky asimilačních orgánů analyticky zpracovává Národní referenční laboratoř (dále jen NRL), regionální oddělení Opava podle metodických postupů – Analýza rostlinného materiálu – Jednotné pracovní postupy (Zbíral J. a kol., 2014). Ve vzorcích se stanovují anorganické polutanty – rtuť (Hg), zinek (Zn), olovo (Pb), kadmium (Cd), nikl (Ni), chrom (Cr), vanad (V), měď (Cu), mangan (Mn), arzén (As), molybden (Mo), železo (Fe), hliník (Al) a síra (S) a 16 polycyklických aromatických uhlovodíků (16 EPA PAU).

Stanovované polycyklické aromatické uhlovodíky

acenaften	ANA	dibenzo[a,h]antracen	DBA
antracen	ANT	fluoranten	FLT
acenaftylen	ANY	fluoren	FLU
benzo[a]antracen	BaA	chrysen	CHR
benzo[a]pyren	BaP	indeno[1,2,3-c,d]pyren	IPY
benzo[b]fluoranten	BbF	naftalen	NAP
benzo[k]fluoranten	BkF	fenantren	PHE
benzo[g,h,i]perylene	BPE	pyren	PYR

Obsahy anorganických polutantů jsou vyjádřeny v mg.kg⁻¹ sušiny, obsahy aromatických uhlovodíků v µg.kg⁻¹ čerstvé biomasy. V případech, kdy se obsah zjišťovaného polutantu nachází pod hranicí meze stanovitelnosti, je pro výpočet průměru použita poloviční hodnota meze stanovitelnosti.

V počátečních letech sledování nebyl v NRL stanovován acenaftylen (ANY). Vzhledem k tomu, že se ve vzorcích vyskytuje jen v zanedbatelném množství, výsledky uváděné v předcházejících zprávách do roku 2008 (suma 15 PAU) se považovaly za srovnatelné s literárními údaji pro všech 16 EPA PAU. Od roku 2008 bylo stanovováno ve vzorcích jílku a jehličí všech 16 EPA PAU. Do každoročních výpočtů bylo však pro porovnatelnost s předchozími roky zahrnováno pouze 15 PAU.

Pro porovnání zjištěných obsahů s orientačními hodnotami pro maximální limity pozadí z Rakouska uváděnými AGES (2017) je část výsledků zpracována pro sumu 12 PAU – ANT, FLT, BaP, DBA, BaA, BbF, BkF, BPE, IPY, CHR, PYR, PHE.

Získaná biomasa je přednostně používána ke stanovení obsahu PAU.

3.4. Substrát

Pro všechna stanoviště je na výsev jílku zajišťován jednotný rašelinový substrát, jehož vzorek je analyzován v NRL. Výsledky rozboru vzorku použitého substrátu, které jsou uvedeny v tabulce 18, jsou z roku 2016.

4. Výsledky a diskuse

4.1. Jílek ve vegetačním období 2018

V roce 2018 se nepodařilo na všech stanovištích sklídit dostatečné množství hmoty jílku ke stanovení anorganických polutantů. Málo hmoty na stanovení anorganických polutantů bylo sklizeno na stanovišti Opava v X. měsíci sledování, na stanovišti Lípa v IX. a X. měsíci, na tomto stanovišti nebylo v X. měsíci dostatek hmoty ani na stanovení organických polutantů.

4.1.1. Anorganické polutanty v jílků

Průměrné, maximální a minimální obsahy anorganických polutantů zjištěné v jílků ze všech sledovaných stanovišť jsou uvedeny v tabulce 1 a jsou zde porovnány s orientačními hodnotami pro maximální limity pozadí z Rakouska (AGES, 2019).

Tabulka 1: Obsahy anorganických polutantů v jílků (základní statistika za vegetační období 2018)

	2018			orientační hodnota pro maximální limity pozadí ¹⁾
	průměr	maximum	minimum	
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	112	437	35,7	80,0
As	1,20	2,39	0,43	0,29
Cd	0,05	0,07	<0,05	0,17
Cr	0,36	1,00	0,17	0,70
Cu	4,25	10,0	2,58	11,0
Fe	139	282	86,0	-
Hg	0,011	0,015	0,008	0,021
Mn	184	441	131	-
Mo	0,14	0,34	0,03	4,70
Ni	1,84	6,18	0,95	2,80
Pb	0,85	2,83	<0,50	0,70
S	3158	4854	1579	5000
V	0,28	0,63	0,14	0,14
Zn	36,7	85,0	18,6	65,0

¹⁾ AGES (2019)

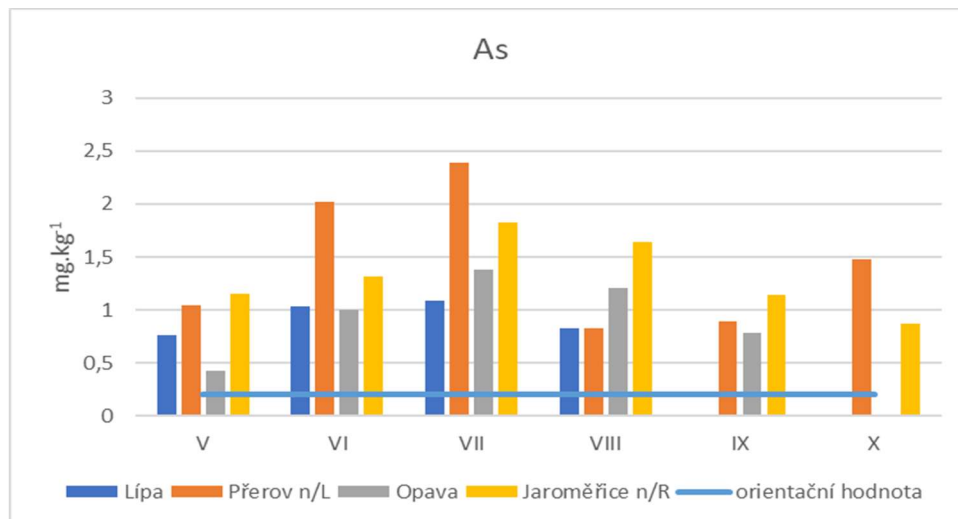
Pozn.: pro výpočet průměru byla použita polovina hodnoty meze stanovitelnosti

S výjimkou As, Al, Pb a V byly průměrné obsahy sledovaných anorganických polutantů za vegetační období 2018 nižší než orientační hodnoty pro maximální limity pozadí z Rakouska (AGES, 2019). U Cr byla zjištěna vyšší hodnota než uváděná orientační hodnota jen na stanovišti Přerov n. L. v říjnu, u Zn na stanovišti Lípa v květnu a na stanovišti Přerov n. L. v říjnu.

Všechny obsahy As zjištěné v hmotě jílku během vegetačního období 2018 byly nad orientační hodnotou pro maximální limity As (tabulka 15). K překročení této hodnoty pro As

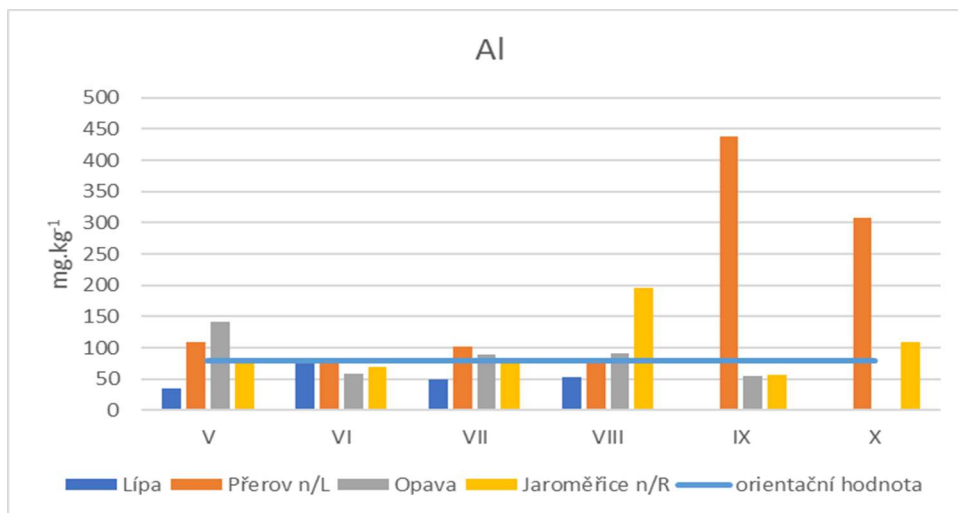
došlo na všech stanovištích ve všech vzorcích, i minimální hodnota As zjištěná v říjnu v jílku ze stanoviště Opava ($0,43 \text{ mg.kg}^{-1}$) je téměř dvojnásobně vyšší než uváděná orientační hodnota (graf 1).

Graf 1: Změny obsahů As v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2018 (mg.kg^{-1} sušiny)



Průměrný obsah Al za vegetační období 2018 byl ovlivněn vyššími hodnotami Al v jílku ze stanoviště Přerov n. L., které zejména v září a říjnu vysoce překročily orientační hodnotu Al pro maximální limity pozadí z Rakouska (AGES, 2019), v září více než pětinašobně. Orientační hodnota pro Al v hmotě jílku byla překročena vícekrát i na stanovištích Opava a Jaroměřice n. R. Na stanovišti Lípa pouze v červnu (graf 2, tabulka 15).

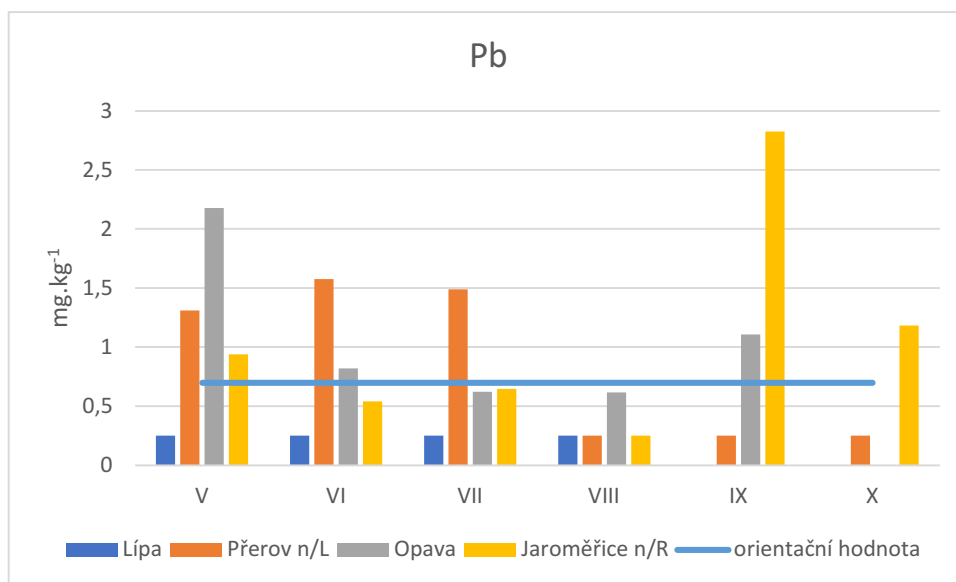
Graf 2: Změny obsahů Al v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2018 (mg.kg^{-1} sušiny)



Hodnoty Pb nad orientační hodnotou byly zjištěny na stanovištích Přerov n. L., Opava a Jaroměřice n. R. v různých měsících. Na stanovišti Přerov n. L. v prvních třech měsících sledování, ve zbývajících měsících byly hodnoty Pb pod hranicí stanovitelnosti. Na stanovišti

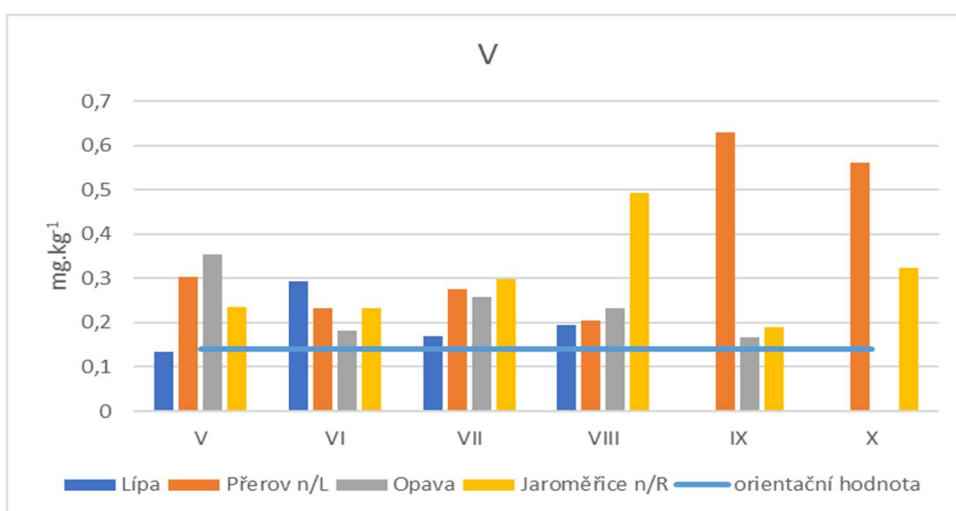
Opava byly hodnoty Pb nad orientační hodnotou v květnu, červnu a září, na stanovišti Jaroměřice n. R. v květnu, září a říjnu. Na stanovišti Lípa byly hodnoty Pb pod hranicí meze stanovitelnosti během celého sledovaného období (graf 3, tabulka 15).

Graf 3: Změny obsahů Pb v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2018 (mg.kg⁻¹ sušiny)



Orientační hodnota pro V byla v hmotě jílku překročena na všech stanovištích, na stanovišti Lípa v květnu se zjištěná hodnota vanadu rovnala orientační hodnotě (graf 4, tabulka 15).

Graf 4: Změny obsahů V v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2018 (mg.kg⁻¹ sušiny)



Průměrné obsahy anorganických polutantů v jílku na jednotlivých stanovištích za vegetační období 2018 jsou uvedeny v tabulce 2. Podle zjištěných průměrných obsahů

anorganických polutantů se jeví jako relativně nejvíce znečištěné stanoviště Přerov n. L., na tomto stanovišti jsou průměrné obsahy vyšší u většiny sledovaných anorganických polutantů.

Tabulka 2 ukazuje, že u některých anorganických polutantů jsou výraznější rozdíly mezi stanovišti. Na stanovišti Lípa jsou zjištěny ve hmotě jílku podstatně nižší průměrné obsahy především Al, Fe, Hg, Mo a Pb v porovnání s ostatními stanovišti, do jisté míry však mohou být tyto obsahy ovlivněny chybějícími údaji z posledních dvou měsíců sledování z tohoto stanoviště. Na stanovišti Jaroměřice n. R. jsou nízké průměrné obsahy S (tabulka 15).

Tabulka 2: Obsahy anorganických polutantů v jílku na jednotlivých stanovištích (aritmetický průměr za vegetační období 2018)

	Lípa	Přerov n. L.	Opava	Jaroměřice n. R.
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	54,8	186	87,0	99,0
As	0,93	1,44	0,96	1,33
Cd	0,07	0,05	0,05	0,05
Cr	0,28	0,44	0,29	0,40
Cu	5,49	5,27	3,24	3,25
Fe	104	172	134	133
Hg	0,009	0,013	0,012	0,010
Mn	235	217	134	159
Mo	0,07	0,18	0,15	0,13
Ni	3,10	2,23	1,10	1,24
Pb	<0,50	0,85	1,07	1,06
S	3313	3359	3281	2753
V	0,20	0,37	0,24	0,30
Zn	46,6	45,2	28,2	28,8

Změny průměrných měsíčních hodnot anorganických polutantů za sledované vegetační období jsou uvedeny v tabulce 3.

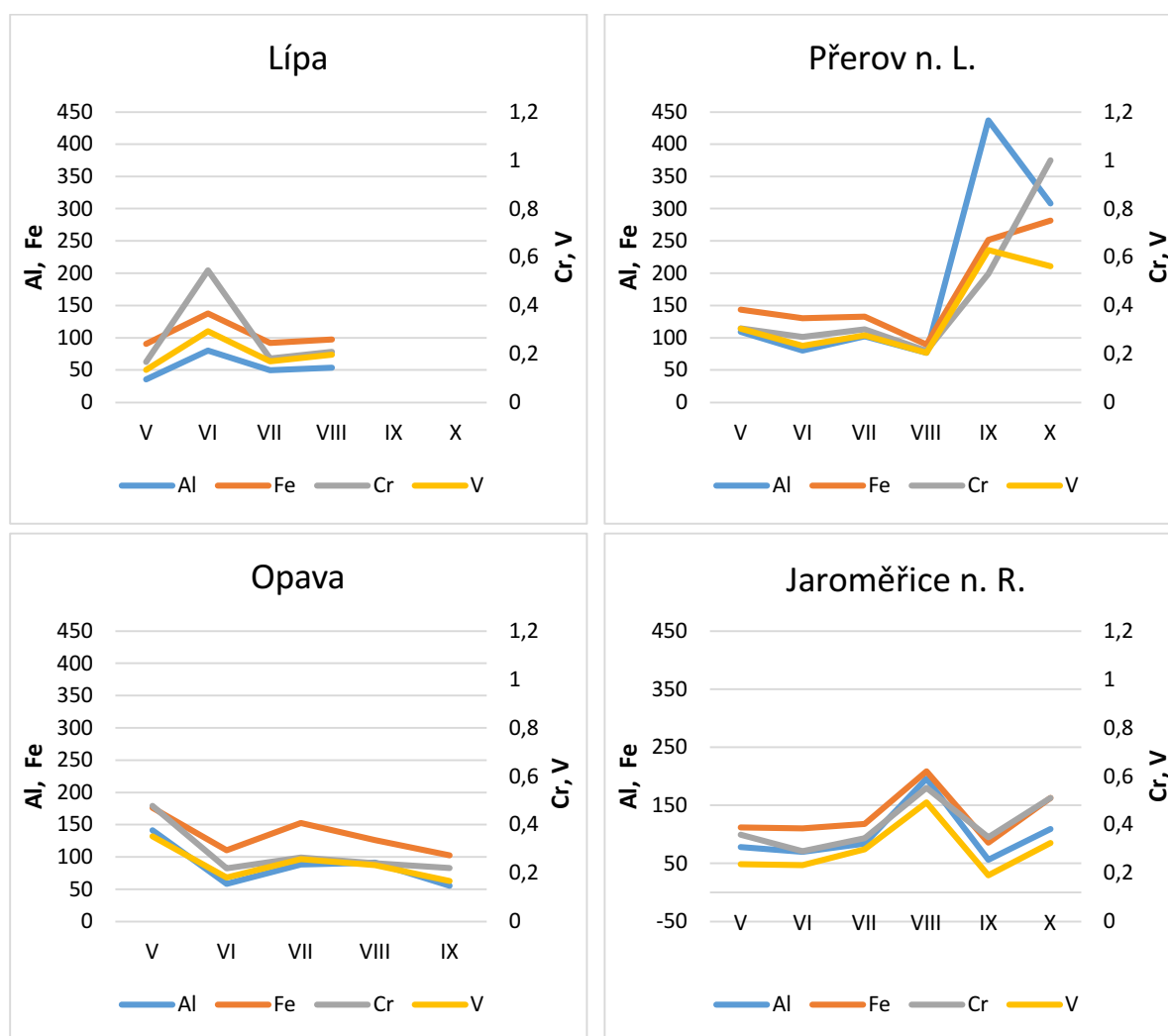
Tabulka 3: Změny obsahu anorganických polutantů v jílku v průběhu vegetačního období (aritmetický průměr stanovišť v měsících 2018)

	V	VI	VII	VIII	IX	X
	mg.kg ⁻¹ sušiny					
Al	91,1	72	81,1	105	183	209
As	0,85	1,34	1,67	1,13	0,93	1,18
Cd	0,60	0,50	0,50	0,50	0,60	0,70
Cr	0,33	0,33	0,27	0,30	0,37	0,76
Cu	3,97	5,06	4,17	3,08	3,37	7,04
Fe	131	122	124	131	147	222
Hg	0,011	0,01	0,012	0,011	0,011	0,013
Mn	162	216	154	167	142	323
Mo	0,14	0,14	0,14	0,12	0,09	0,20
Ni	1,49	2,44	1,28	1,68	1,42	3,42
Pb	1,17	0,80	0,75	0,34	1,39	0,72
S	2606	3460	3287	2899	3268	3789
V	0,26	0,24	0,25	0,28	0,33	0,44
Zn	30,9	44,6	34,6	31,9	28,0	59,9

Průměrné měsíční hodnoty anorganických polutantů jsou ovlivněny chybějícími údaji za září a říjen ze stanoviště Lípa a za říjen ze stanoviště Opava. Přesto nejvyšší průměrné měsíční hodnoty jednotlivých anorganických polutantů byly zjištěny v posledním měsíci sledovaného období, s výjimkou As v červenci a Pb v září. Vyšší průměrné hodnoty v posledním měsíci sledování byly u řady sledovaných anorganických polutantů ovlivněny výrazně vyššími zjištěnými hodnotami na stanovišti Přerov n. L., týká se to Al, Cr, Fe, a Ni (tabulka 15). Nejnižší průměrné hodnoty jednotlivých anorganických polutantů byly zjištěny v různých měsících sledování.

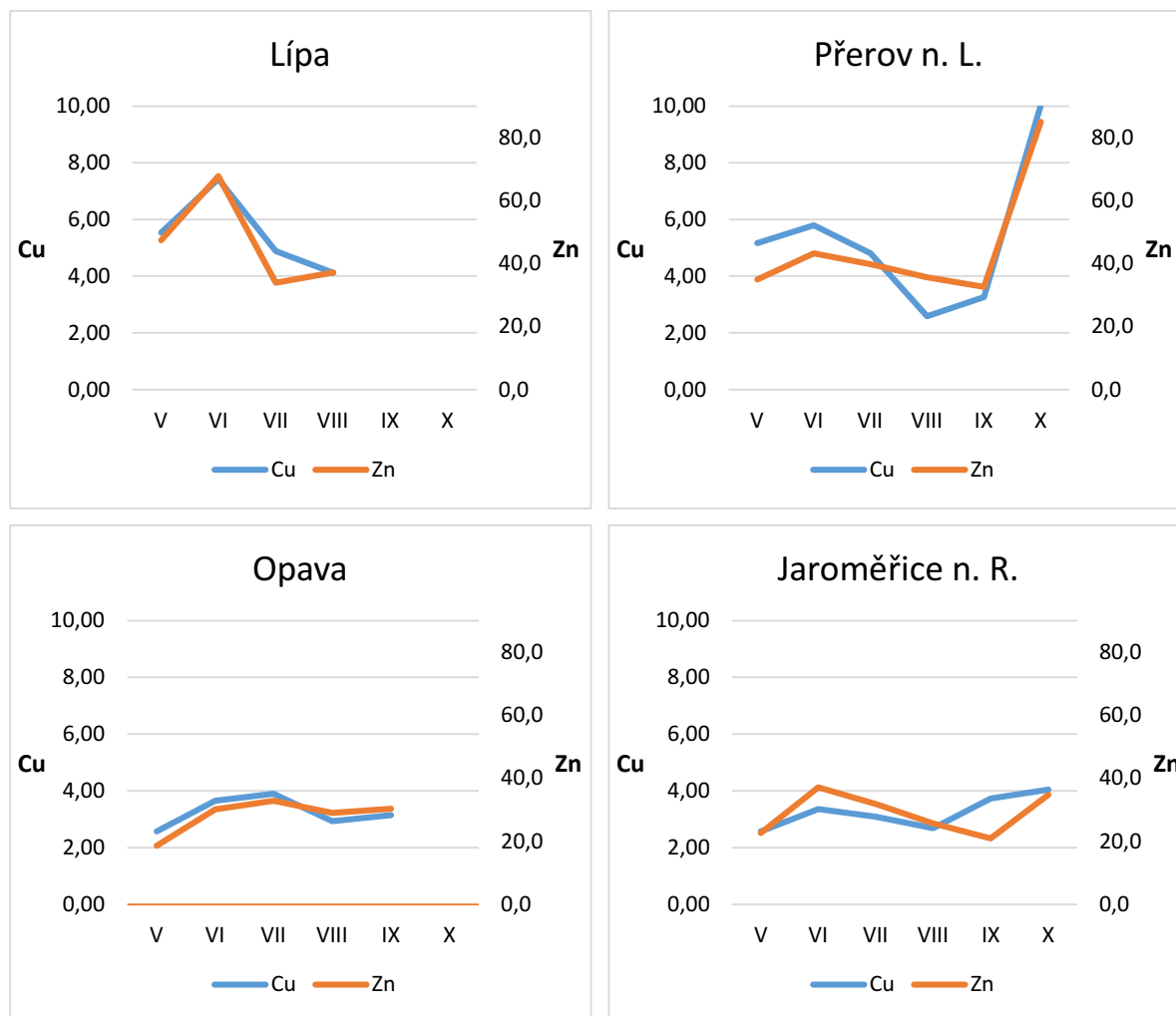
Některé ze sledovaných anorganických polutantů mají na stanovištích během vegetační sezóny obdobný průběh. Na všech stanovištích mají hodnoty Al shodný průběh s hodnotami Fe, Cr a V. Nejvyšších hodnot těchto polutantů bylo na každém stanovišti dosaženo v jiném měsíci (graf 5).

Graf 5: Změny obsahů Al, Fe, Cr a V v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2018 (mg.kg^{-1} sušiny)



U Cu je průběh hodnot na každém stanovišti rozdílný. Nejvyšší průměrný obsah byl v říjnu, kdy bylo nejvyšších hodnot dosaženo na stanovišti Přerov n. L. a Jaroměřice n. R., na stanovišti Opava byla nejvyšší hodnota Cu v červenci. Nejvyšší hodnota na stanovišti Lípa byla zjištěna v červnu. Obdobný průběh hodnot jako Cu měly i hodnoty Zn na všech stanovištích (graf 6, tabulka 15).

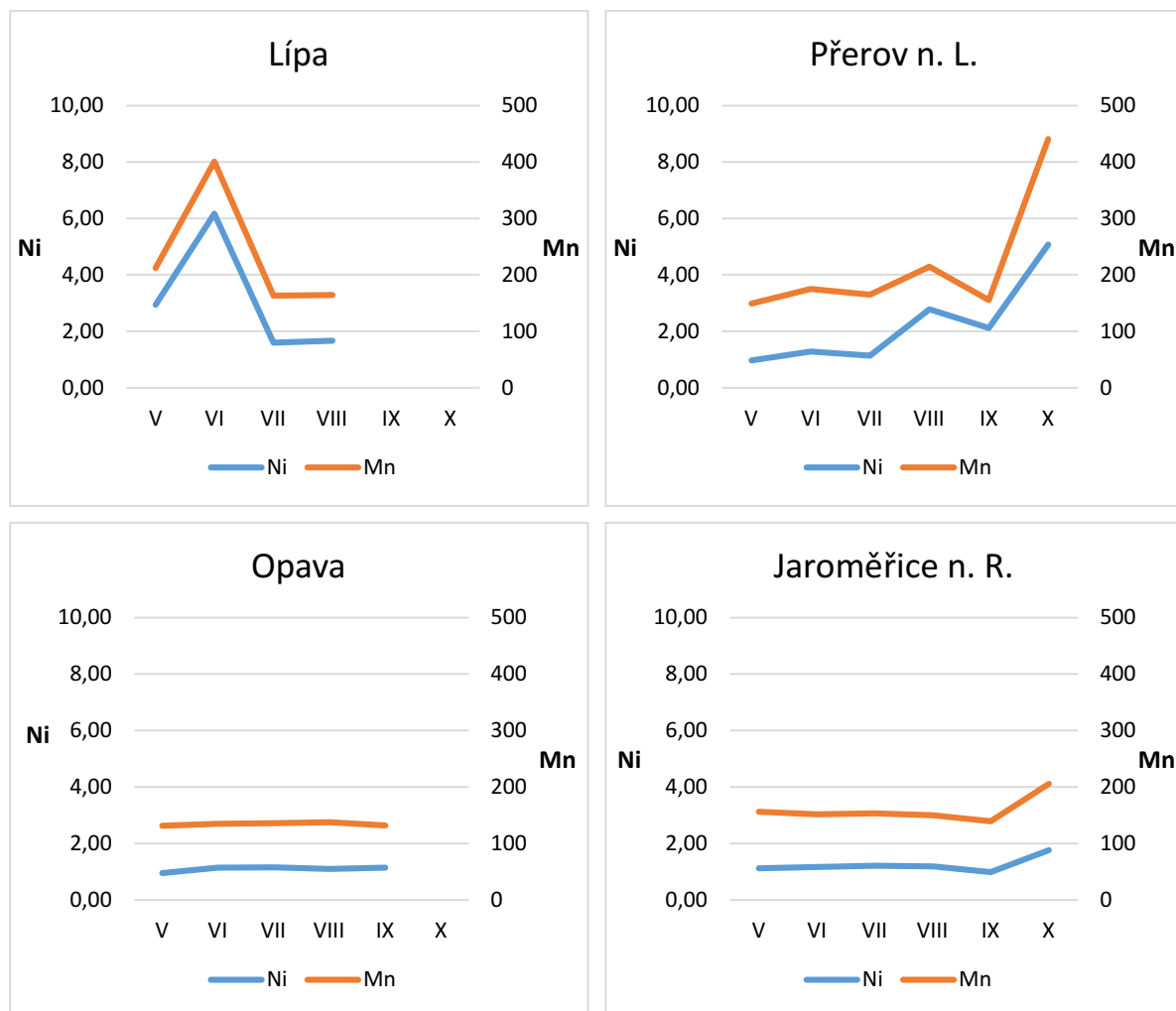
Graf 6: Změny obsahů Cu a Zn v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2018 (mg.kg⁻¹ sušiny)



Obsahy Cd v minulých letech sledování byly velice nízké, většinou pod hranicí meze stanovitelnosti. V roce 2016 a 2017 byly hodnoty Cd nad mezí stanovitelnosti na všech stanovištích s rozdílným průběhem během vegetačního období. V tomto roce sledování byly hodnoty nad hranicí sledovatelnosti rovněž na všech stanovištích s výjimkou července na stanovišti Přerov n. L., srpna na stanovišti Opava a června na stanovišti Jaroměřice n. R. Vyšší hodnoty v průběhu vegetační doby byly zjištěny na stanovištích Lípa (tabulka 15).

Obsahy Ni v jílku byly na jednotlivých stanovištích během vegetačního období odlišné. Na stanovišti Lípa a Přerov n. L. byl velký rozsah hodnot, na stanovišti Opava a Jaroměřice n. R. malý (tabulka 15). Obdobný průběh hodnot jako Ni měl na stanovištích Mn. Nejvyšší hodnoty byly zjištěny ve stejných měsících, na stanovišti Přerov n. L. a Jaroměřice n. R. v říjnu, na stanovišti Lípa v červnu, na stanovišti Opava v červenci a srpnu (graf 7).

Graf 7: Změny obsahů Ni a Mn v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu vegetačního období 2018 (mg.kg⁻¹ sušiny)



Hodnoty As mají na stanovištích během sledování obdobný průběh, vyšší hodnoty jsou v letních měsících, ke konci pak klesají. Nejvyšších hodnot bylo dosaženo na všech stanovištích v červenci (graf 1, tabulka 15).

Průměrný obsah Hg za vegetační období byl nejvyšší v říjnu. Nejvyšší zjištěná hodnota Hg byla v červenci na stanovišti Přerov n. L. V průběhu vegetačního období byly hodnoty na stanovištích rozdílné, nejvyšších hodnot na stanovištích bylo dosaženo v rozdílných měsících sledování. Vyšší hodnoty Hg vykazovala hmota jílku na stanovišti Přerov n. L., kde byla dosažena nejvyšší průměrná hodnota ze všech stanovišť (tabulka 15).

Průměrný obsah Mo byl nejvyšší v říjnu, ovlivněný vysokou hodnotou na stanovišti Přerov n. L., na stanovišti Jaroměřice n. R. byla v tomto měsíci hodnota nízká. Na stanovišti Lípa byly hodnoty nízké, v červnu pod hranicí meze stanovitelnosti (tabulka 15).

Průměrná hodnota Pb byla nejvyšší v září. Na stanovišti Lípa za celé sledované období byly hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti, na stanovišti Přerov n. L. v druhé polovině sledovaného období a na stanici Jaroměřice n. R. v srpnu. Na této stanici byla v září nejvyšší zjištěná hodnota (tabulka 15).

Průměrný obsah S byl nejvyšší v říjnu. Nejvyšší zjištěná hodnota (4854 mg.kg⁻¹) však byla zjištěna v červnu na stanovišti Přerov n. L. Na stanovišti Jaroměřice n. R. byla nejvyšší

hodnota v říjnu, na stanovišti Opava v září, ale za říjen chybí údaje z důvodu nedostatku hmoty na analýzy. Na stanovišti Lípa chybí údaje za září a říjen, nejvyšší zjištěná hodnota byla v srpnu (tabulka 15).

Podrobněji jsou obsahy anorganických polutantů v jílku rozvedeny podle stanovišť a měsíců v tabulce 15.

4.1.2. PAU v jílku

Průměrný obsah PAU v hmotě jílku mnohokvětého ze sledovaných stanovišť za celé vegetační období uvádí tabulka 4. Rozdíl mezi minimální a maximální sumou PAU je více než dvojnásobný (podrobněji tabulka 16).

Tabulka 4: Obsahy PAU v jílku (základní statistika za vegetační období 2018)

Σ PAU (15)	2018		
	Průměr	maximum	Minimum
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy		
	34,9	72,4	29,0

Orientační hodnota pro maximální limity pozadí z Rakouska (AGES, 2019) činí 10,3 μg.kg⁻¹ a je uváděna pro 12 PAU – ANT, FLT, BaP, DBA, BaA, BbF, BkF, BPE, IPY, CHR, PYR, PHE. Pro porovnání s orientační hodnotou z Rakouska byly pro sledovaná stanoviště spočítány sumy těchto 12 vybraných PAU v čerstvé biomase jílku (tabulka 5).

Tabulka 5: Změny obsahu sumy 12 vybraných PAU v jílku v průběhu vegetačního období 2018

Σ PAU (12)	Lípa	Přerov n. L.	Opava	Jaroměřice n. R.
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy			
V	22,0	22,0	26,0	23,1
VI	22,0	22,0	22,0	22,0
VII	22,0	22,0	26,4	22,0
VIII	22,0	22,0	23,0	22,0
IX	22,0	22,0	22,0	22,0
X	-	31,3	65,4	54,4
Aritmetický průměr	22,0	23,6	30,9	27,6

V porovnání s rakouskou orientační hodnotou 10,3 μg.kg⁻¹ pro maximální limity pozadí (AGES, 2019) jsou námi naměřené hodnoty výrazně vyšší.

Maximální zjištěná hodnota sumy 12 vybraných PAU (65,4 μg.kg⁻¹ čerstvé biomasy) zjištěná v hmotě jílku na stanovišti Opava v posledním měsíci sledování je šestinásobně vyšší než uváděná orientační hodnota podle AGES (2019). Nejnižší zjištěné obsahy vybraných PAU (22,0 μg.kg⁻¹ čerstvé biomasy), které byly zjištěny v hmotě jílku, jsou více než dvojnásobně vyšší, v tomto případě jsou hodnoty všech 12 vybraných PAU pod hranicí meze stanovitelnosti.

Mez stanovitelnosti nebyla překročena ani na jednom ze stanovišť u ANA, ANY, ANT, BaA, BkF, BPE, DBA, IPY a NAP (tabulka 6, tabulka 16).

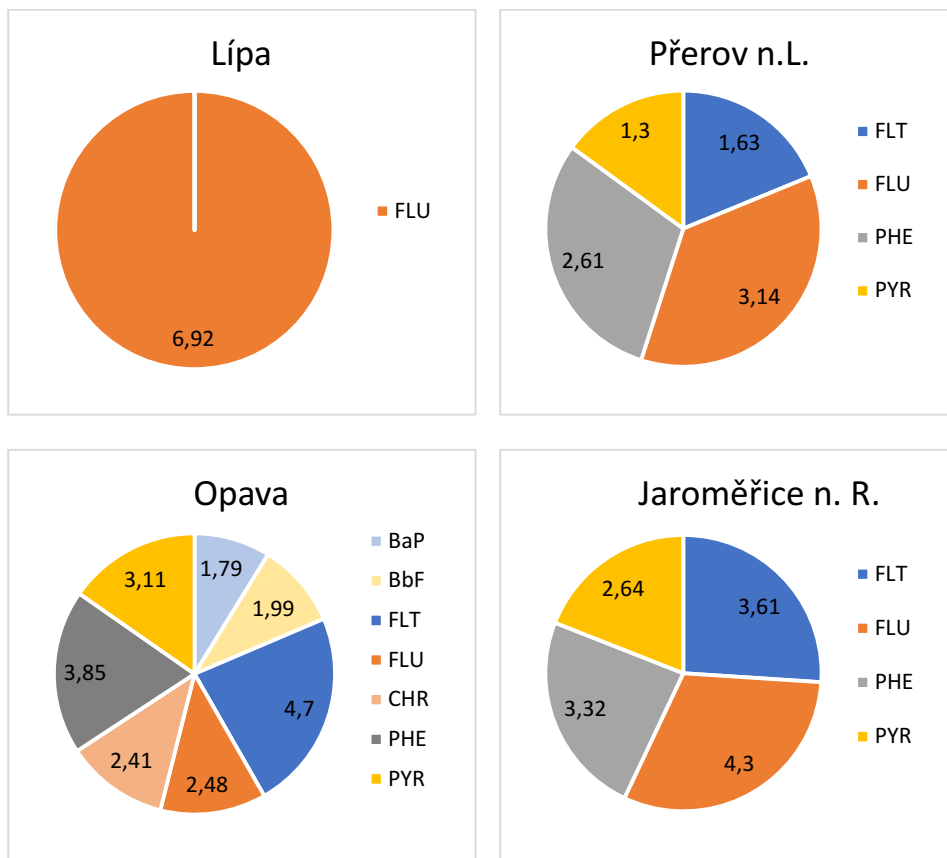
Tabulka 6: Obsahy jednotlivých PAU v jílku na jednotlivých stanovištích (průměr za vegetační období 2018)

	Lípa	Přerov n. L.	Opava	Jaroměřice n. R.
	$\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy			
ANA	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
ANT	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
ANY	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
BaA	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
BaP	<3,00	<3,00	1,79	<3,00
BbF	<3,00	<3,00	1,99	<3,00
BkF	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
BPE	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
DBA	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
FLT	<2,00	1,63	4,70	3,61
FLU	6,92	3,64	2,48	4,30
CHR	<4,00	<4,00	2,41	<4,00
IPY	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
NAP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
PHE	<4,00	2,61	3,85	3,32
PYR	<2,00	1,30	10,1	10,8
Σ PAU (15)	32,9	31,7	38,3	36,9

Za vegetační období na sledovaných stanovištích se na sumě 15 PAU s obsahy nad mezí stanovitelnosti podílel na stanovišti Lípa jen FLU, na ostatních stanovištích PHE, FLT, FLU a PYR, na stanovišti Opava ještě BaP, BbF a CHR (graf 8).

Zjištěné celkové sumy hodnot 15 PAU na jednotlivých stanovištích ve sledovaných měsících uvádí tabulka 7. V průběhu vegetačního období nedocházelo v hmotě jílku k výrazným změnám v obsahu PAU, s výjimkou posledního měsíce sledování, kdy byly na stanovištích zjištěny nejvyšší hodnoty obsahů. U řady PAU byly zjištěny hodnoty nad mezí stanovitelnosti pouze v tomto měsíci. Na stanovišti Přerov n. L. se jednalo o FLT, PHE a PYR, na stanovišti Opava o BaP, BbF, CHRY a PHE, na stanovišti Jaroměřice n. R. o PHE a PYR. Nejvyšší celkový obsah PAU byl zjištěn v říjnu na stanovišti Opava a to $72,4 \mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy. Nízké obsahy byly v květnu na stanovištích Přerov n. L. a Opava, v srpnu Přerov n. L. a Jaroměřice n. R. a v září na všech stanovištích, kdy u všech sledovaných PAU byly hodnoty pod mezí stanovitelnosti (graf 9, tabulka 7).

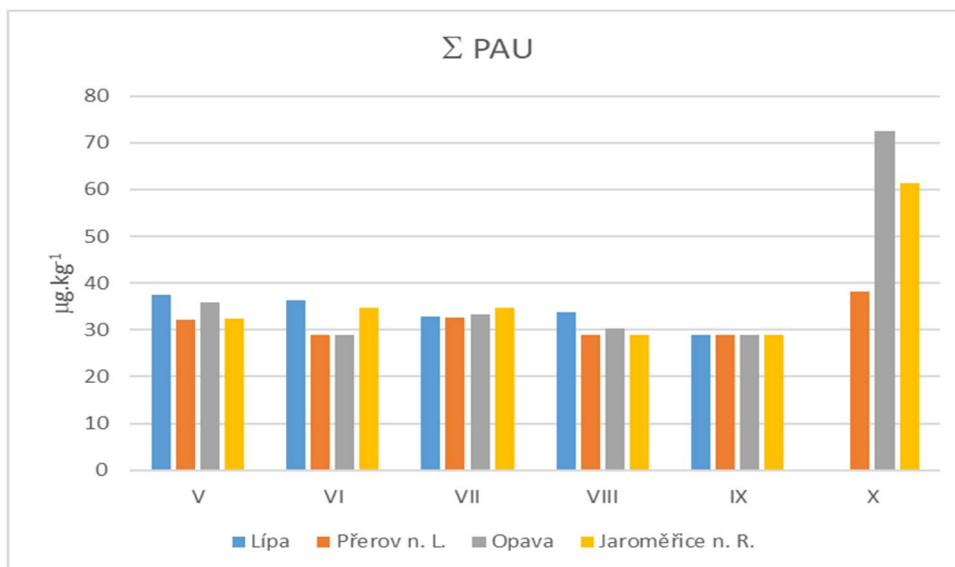
Graf 8: Průměrné obsahy vybraných PAU (s obsahy nad mezí stanovitelnosti) v jílku na sledovaných stanovištích za vegetační období 2018 (v $\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy).



Tabulka 7: Změny obsahu sumy 15 PAU v jílku v průběhu vegetačního období 2018

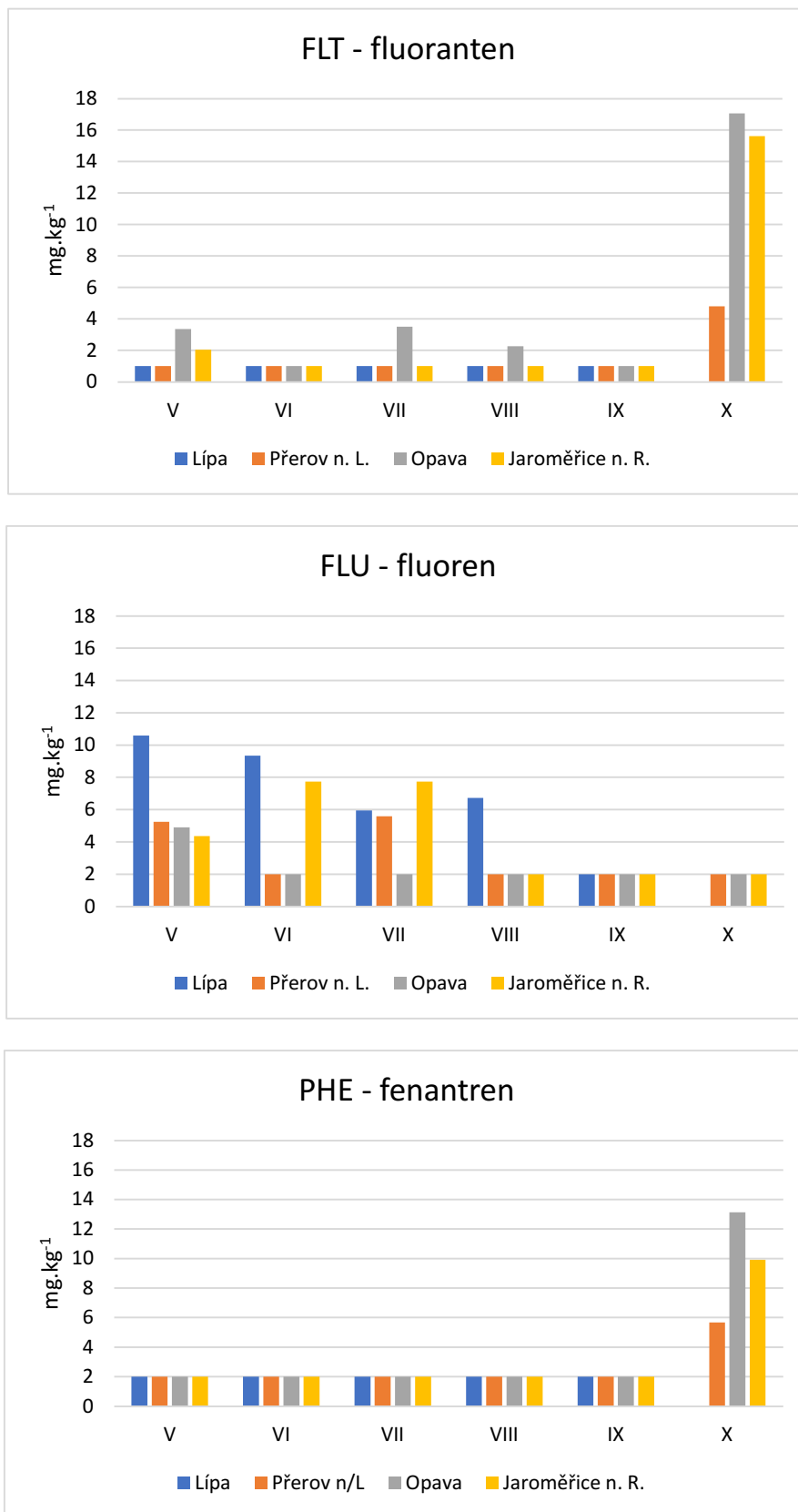
Σ PAU (15)	Lípa	Přerov n. L.	Opava	Jaroměřice n. R.
	$\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy			
V	37,6	32,2	35,9	32,4
VI	36,3	29,0	29,0	34,7
VII	32,9	32,6	33,4	34,7
VIII	33,7	29,0	30,3	29,0
IX	29,0	29,0	29,0	29,0
X	-	38,3	72,4	61,4
Aritmetický průměr	32,9	31,7	38,3	36,9

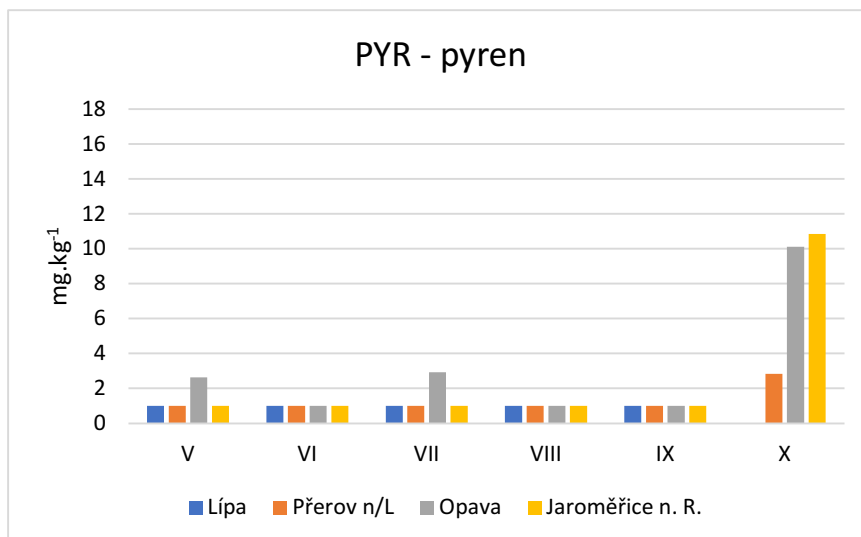
Graf 9: Změny obsahů PAU v jílku ve vegetačním období 2018 (Σ 15 PAU; $\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)



Během vegetačního období byly obsahy většiny sledovaných PAU nízké. Na stanovišti Lípa, odkud chybí pro nedostatek hmoty jílku údaje za poslední měsíc sledování, byly obsahy všech sledovaných PAU pod hranicí meze stanovitelnosti s výjimkou FLU, jehož hodnoty zde byly vyšší především na začátku vegetačního období. I na ostatních stanovištích však hodnoty FLU byly zjištěny na počátku vegetačního období, na stanovišti Přerov n. L. v květnu a v červenci, na stanovišti Opava jen v květnu, na stanovišti Jaroměřice n. R. v květnu, červnu a červenci. Hodnoty BaP, BbF a CHR nad hranicí meze stanovitelnosti byly zjištěny v říjnu jen na stanovišti Opava. Na všech stanovištích (s uvedenou výjimkou stanoviště Lípa) byl zjištěn v hmotě jílku PHE jen v říjnu. Vysoké hodnoty FLT byly zjištěny v říjnu na stanovišti Opava a Jaroměřice n. R. Nižší hodnoty FLT, ale nad mezí stanovitelnosti, byly zjištěny na stanovišti Opava v květnu, červenci a srpnu, na stanovišti Jaroměřice n. R. v květnu, na stanovišti Přerov n. L. v říjnu. Rovněž hodnoty PYR byly vyšší v říjnu na stanovišti Opava a Jaroměřice n. R., na stanovišti Přerov n. L. byly v říjnu nízké. Nad hranicí meze stanovitelnosti byly ještě zjištěny v květnu a červenci na stanovišti Opava (graf 10).

Graf 10: Zjištěné obsahy FLT, FLU, PHE, PYR (vybrané PAU s obsahy nad mezí stanovitelnosti) v jílku na jednotlivých stanovištích v průběhu období 2018 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)





Podrobněji jsou obsahy PAU v jílku rozvedeny podle stanovišť a měsíců v tabulce 16.

4.2. Borovice ve vegetačním období 2018

Borovice černá je druhým bioindikátorem, který je umístěn na dvou imisně nezatížených stanovištích (Závišín, Opava) a na dvou stanovištích relativně imisně zatížených (Plzeň, Vratimov). Se získáváním biomasy nejsou problémy.

4.2.1. Anorganické polutanty v jehličí

Průměrné, maximální a minimální obsahy anorganických polutantů v jednoletém jehličí borovice černé za rok 2018 jsou uvedeny v tabulce 8.

Průměrné obsahy anorganických polutantů byly převážně vyšší na imisně zatížených stanovištích než na stanovištích imisně nezatížených. Výrazně vyšší průměrné hodnoty byly zjištěny u As, Cd, Fe, a S. Průměrný obsah Ni a Mo byl výrazně vyšší na nezatížených stanovištích v porovnání se zatíženými. Rovněž byly zjištěny rozdíly v rozsahu hodnot na zatížených a nezatížených stanovištích. Na zatížených stanovištích byly vysoké rozdíly mezi maximálními a minimálními hodnotami u Cu, Fe, Mn, S a Zn. Na nezatížených stanovištích byl rozsah hodnot vyšší u Al, Hg, Mo, a Ni. Podrobněji jsou obsahy anorganických polutantů rozvedeny v tabulce 17.

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

Tabulka 8: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice (základní statistika) nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2018)

	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
	průměr	maximum	minimum	průměr	maximum	minimum
	mg.kg ⁻¹ sušiny					
Al	68,4	132	27,2	91,6	120	64,0
As	0,28	0,65	0,10	0,51	0,76	0,10
Cd	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	0,09	0,06
Cr	0,26	0,45	0,14	0,34	0,46	0,16
Cu	3,25	3,50	3,14	2,41	2,95	1,87
Fe	56,7	98,5	31,3	96,8	151	49,6
Hg	0,013	0,018	0,010	0,013	0,016	0,011
Mn	133	174	93,8	176	347	64,4
Mo	0,29	0,44	0,15	0,12	0,19	0,07
Ni	1,04	1,40	0,71	0,43	0,51	0,36
Pb	0,47	1,15	<0,50	0,45	1,07	<0,50
S	983	1066	898	1386	1569	1122
V	0,16	0,24	0,12	0,19	0,25	0,14
Zn	28,7	33,7	26,2	34,4	43,0	24,7

Tabulka 9: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice v letní a zimní periodě (aritmetický průměr za periodu v roce 2018)

	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	zimní perioda	letní perioda	zimní perioda	letní perioda
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	79,6	57,2	113	69,9
As	0,27	0,65	0,38	0,64
Cd	<0,05	<0,05	0,09	0,07
Cr	0,32	0,21	0,43	0,25
Cu	3,19	3,32	2,42	2,41
Fe	64,9	48,5	115	78,3
Hg	0,015	0,012	0,015	0,012
Mn	128	139	231	122
Mo	0,29	0,30	0,15	0,09
Ni	1,03	1,06	0,44	0,44
Pb	0,70	<0,50	0,66	<0,50
S	985	982	1537	1233
V	0,18	0,15	0,23	0,16
Zn	26,8	30,7	33,7	35,2

Při porovnání průměrných obsahů anorganických polutantů za zimní a letní periodu byly nalezeny rozdíly jak mezi periodami, tak mezi zatíženými a nezatíženými stanovišti. Na zatížených stanovištích byly průměrné obsahy většiny anorganických polutantů vyšší za zimní periodu v porovnání s letní periodou s výjimkou As. Průměrné obsahy Cu, Ni a Zn byly srovnatelné. Na nezatížených stanovištích byly v letní periodě vyšší průměrné obsahy As, Cu, Mn, Ni a Zn. Průměrné obsahy Mo na nezatížených stanovištích byly v obou periodách srovnatelné a hodnoty Cd byly pod hranicí meze stanovitelnosti. Na zatížených stanovištích

jsou v porovnání s nezatíženými stanovišti průměrné obsahy u většiny anorganických polutantů vyšší v obou periodách, především průměrný obsah Cd a Fe, v zimní periodě Al, Mn, a S. Na nezatížených stanovištích jsou vyšší průměrné obsahy Cu, Mo a Ni v obou periodách, obsah Mn v letní periodě a obsah Pb v zimní periodě v porovnání se zatíženými stanovišti (tabulka 17).

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

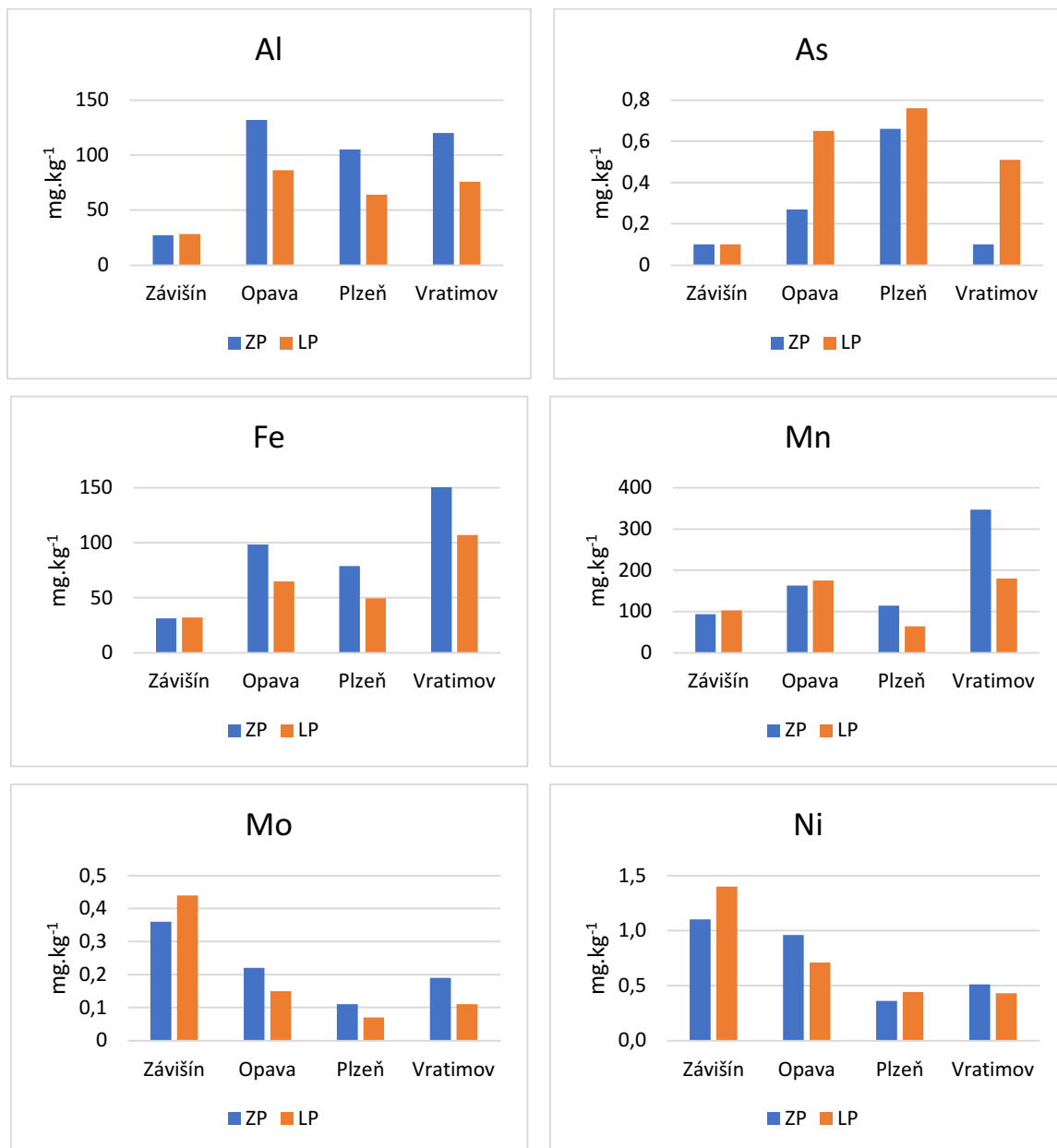
Při porovnání průměrných obsahů anorganických polutantů se nejméně zatíženým stanovištěm jeví Závěšín, kde byly výrazně nízké průměrné obsahy Al, As, Cr, Fe, a V; byly zde však zjištěny nejvyšší průměrné obsahy Cu, Hg, Mo a Ni. Málo zatíženým stanovištěm je i Plzeň, na tomto stanovišti byly zjištěny nejnižší průměrné obsahy u Cu, Mn, Mo, Ni, Pb a Zn, nejvyšší zde byl pouze průměrný obsah As. Průměrný obsah Cd byl stejný jako na stanovišti Vratimov. Stanoviště Vratimov se podle průměrných obsahů anorganických polutantů jeví jako nejvíce znečištěné stanoviště. Byly zde zjištěny nejvyšší průměrné obsahy u Cr, Fe, Mn, S, V a Zn. Na stanovišti Opava byly nejnižší průměrné obsahy Hg a S, vysoký zde byl průměrný obsah Al a Pb (tabulka 10, graf 11, tabulka 17).

Zjištěné hodnoty některých anorganických polutantů jsou výrazně vyšší na některých stanovištích. Na stanovišti Vratimov byly naměřeny nejvyšší hodnoty Fe v obou periodách a Mn v zimní periodě. Na stanovišti Závěšín byly vyšší hodnoty v porovnání s ostatními stanovišti u Mo a Ni, nízké zde byly hodnoty Al. Hodnoty As na tomto stanovišti byly v obou periodách pod hranicí meze stanovitelnosti, na ostatních stanovištích byly především v letní periodě vyšší (graf 11). Hodnoty pod hranicí meze stanovitelnosti byly u Pb na stanovišti Závěšín a Plzeň v obou periodách, na stanovišti Opava a Vratimov v letní periodě, u Cd v obou periodách na nezatížených stanovištích (tabulka 10, 17).

Tabulka 10: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice (aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť za obě periody v roce 2018)

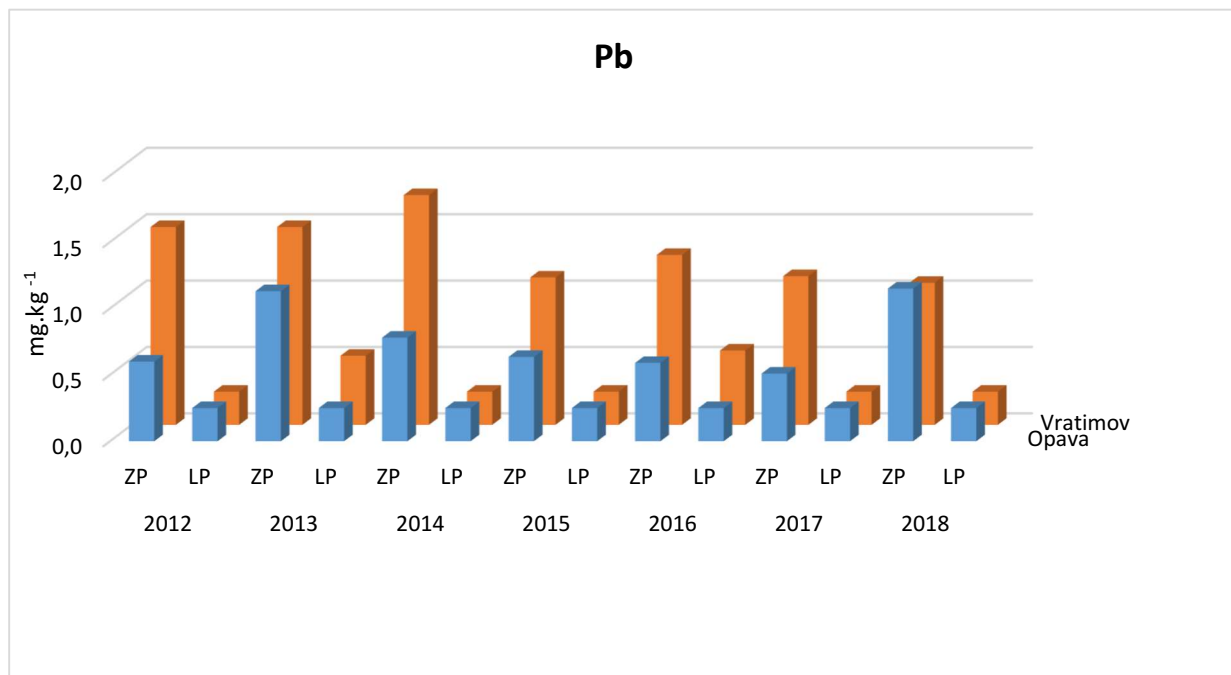
	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	Závěšín	Opava	Plzeň	Vratimov
	mg.kg ⁻¹ sušiny			
Al	27,8	109	85,5	97,7
As	<0,2	0,46	0,71	0,31
Cd	<0,05	<0,05	0,08	0,08
Cr	0,16	0,36	0,28	0,40
Cu	3,32	3,18	1,99	2,83
Fe	31,7	81,7	64,7	129
Hg	0,016	0,011	0,013	0,014
Mn	98,2	169	89,2	264
Mo	0,40	0,19	0,09	0,15
Ni	1,25	0,83	0,40	0,47
Pb	<0,50	0,70	<0,50	0,66
S	1034	933	1313	1456
V	0,12	0,21	0,18	0,21
Zn	30,5	26,9	26,0	42,9

Graf 11: Změny obsahů Al, As, Fe, Mn, Mo a Ni v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní (LP) a zimní periodě (ZP) 2018 (mg.kg^{-1} sušiny)



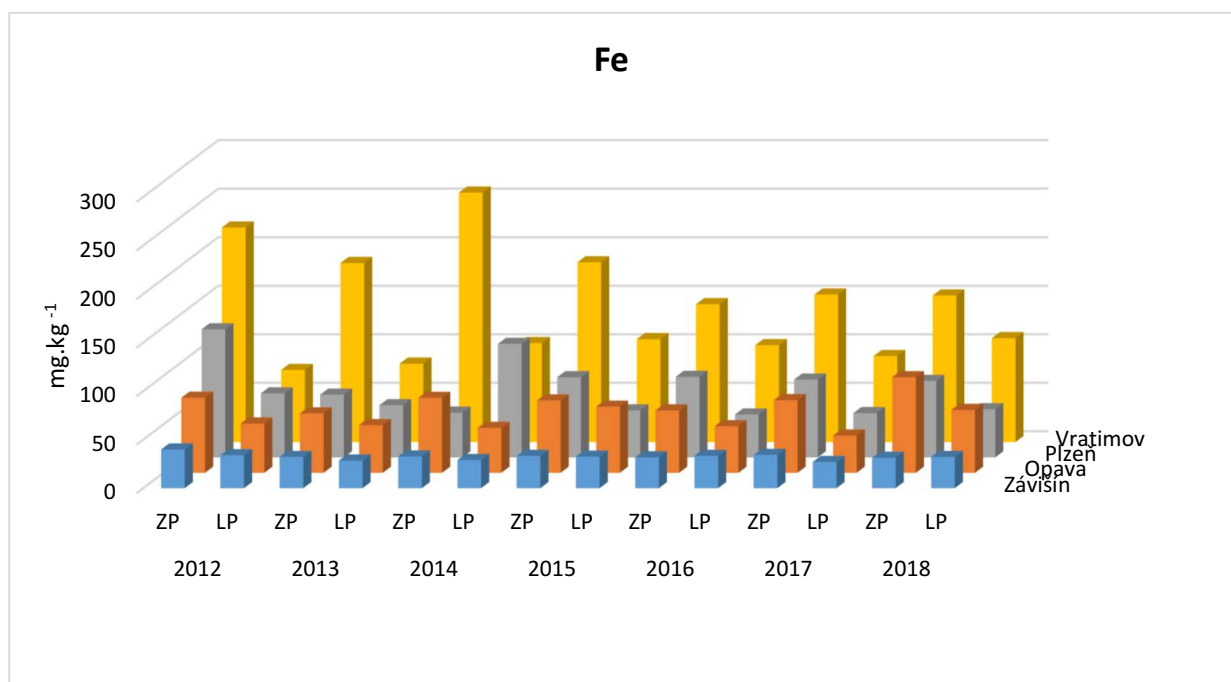
Obsah Pb v jehličí borovice černé je dlouhodobě vyšší v zimní periodě na stanovištích (Opava, Vratimov) na severní Moravě (graf 12). Na stanovištích Závišín a Plzeň byl obsah olova po celou dobu sledování pod hranicí meze stanovitelnosti.

Graf 12: Změny obsahů Pb v jehličí borovice černé na stanovištích Opava a Vratimov v letní (LP) a zimní periodě (ZP) v průběhu let 2012–2018 (mg.kg⁻¹ sušiny)



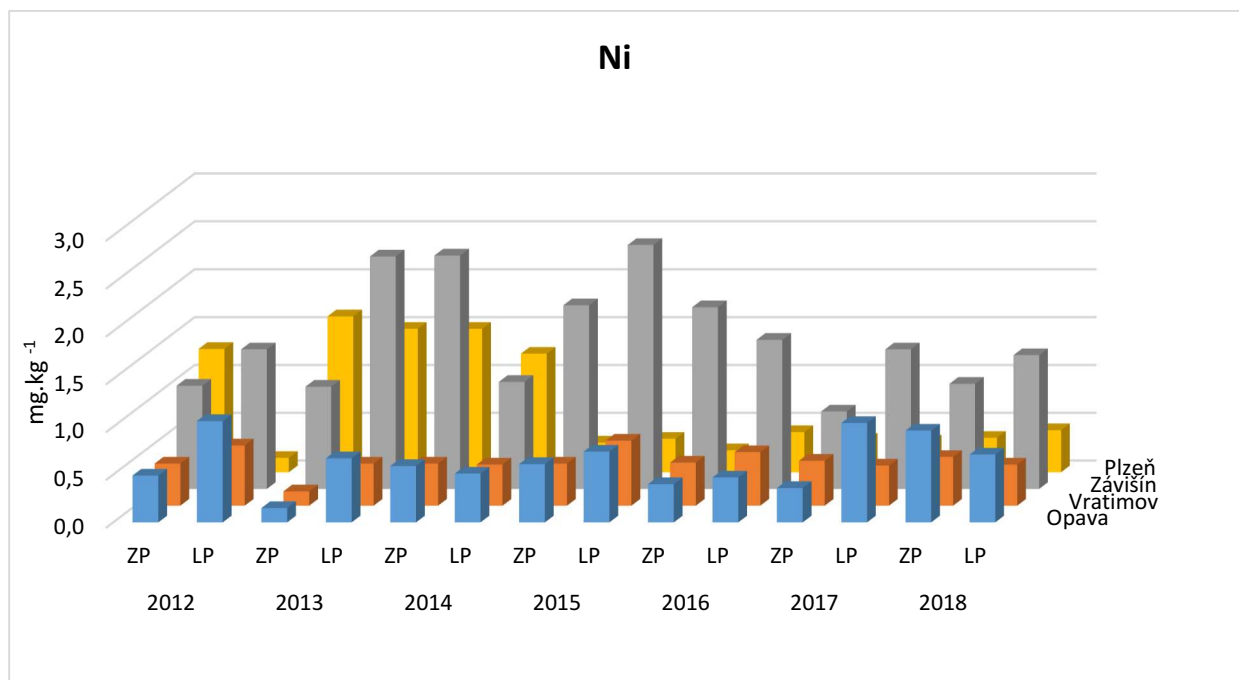
Obsah Fe v jehličí borovice černé za zimní periodu je dlouhodoběji vyšší na stanovišti Vratimov (graf 13).

Graf 13: Změny obsahů Fe v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní (LP) a zimní periodě (ZP) v průběhu let 2012–2018 (mg.kg⁻¹ sušiny)



Na stanovišti Závěšín byly od roku 2012 dlouhodobě pozorovány vyšší obsahy Ni. Rozdíly v obsahu Ni mezi stanovišti ze západních Čech (Závěšín a Plzeň) – vyšší obsahy a severní Moravy (Opava a Vratimov) – nižší obsahy se projeví od roku 2015 jen na stanovišti Závěšín. Naopak na stanovišti Plzeň byly hodnoty za toto období v obou periodách nejvyšší. Porovnání změn v letech 2012–2018 ukazuje graf 14.

Graf 14: Změny obsahů Ni v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní (LP) a zimní periodě (ZP) v průběhu let 2012–2018 (mg.kg⁻¹ sušiny)



Podrobněji jsou obsahy anorganických polutantů v jehličí uvedeny v příloze tab. 17.

4.2.2. PAU v jehličí

Sledování PAU v jehličí borovice černé v roce 2018 ukázalo na rozdíly především mezi zimní a letní periodou.

Průměrné obsahy PAU naměřené v jehličí borovice černé na sledovaných stanovištích za rok 2018 jsou uvedeny v tabulce 11.

Tabulka 11: Obsahy PAU v jehličí borovice (základní statistika nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2018)

Σ PAU (15)	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
	průměr	maximum	minimum	průměr	maximum	minimum
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy					
	63,2	96,4	33,9	73,0	140	33,6

Průměrné obsahy se během posledních let sledování snižovaly, po roce 2017 se jedná o druhé nejvyšší průměrné obsahy. Minimální zjištěné hodnoty byly za toto období nejvyšší. Srovnání minulých let uvádí tabulka 12.

Tabulka 12: Obsahy organických polutantů v jehličí borovice – srovnání let 2011–2018 (základní statistika nezatížených a zatížených stanovišť)

Σ PAU (15)	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
	průměr	maximum	minimum	průměr	maximum	minimum
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy					
2011	166	212	94,4	253	564	108
2012	239	557	84	478	1247	86,9
2013	151	308	65,4	111	133	88,9
2014	79,5	109	44,5	98,8	124	59,2
2015	90,1	141	37,7	98,4	192	59,7
2016	73,9	85,5	60,7	85,7	114	42,7
2017	50,1	63,7	37,7	53,9	83,4	37,8
2018	63,2	96,4	33,9	73,0	140	33,6

Celkové obsahy PAU v jehličí borovice černé byly rozdílné jak na nezatížených stanovištích, tak na zatížených stanovištích. Nejvyšší průměrný celkový obsah (Σ 15 PAU) za rok 2018 byl zjištěn na stanovišti Vratimov, kde nad hranici meze stanovitelnosti bylo zjištěno osm PAU. Osm PAU bylo nalezeno také ve vzorcích z Opavy. Pouze pět individuálních PAU bylo detekováno v jehličí ze Závěšína a Plzně. Celkem čtyři individuální uhlovodíky byly nalezeny ve vzorcích ze všech stanovišť – FLT, FLU, PHE, PYR. Ostatní detekované PAU byly ANT, BbF, BkF, CHR a NAP. Mez stanovitelnosti nebyla překročena ani na jednom ze stanovišť v obou odběrových periodách u ANA, ANY, BaA, BaP, BPE, DBA a IPY.

Průměrné hodnoty organických polutantů naměřené v jehličí na jednotlivých stanovištích uvádí tabulka 13.

Tabulka 13: Obsahy jednotlivých PAU v jehličí borovice (aritmetický průměr jednotlivých stanovišť v roce 2018)

PAU	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	Závěšín	Opava	Plzeň	Vratimov
	μg.kg ⁻¹ čerstvé biomasy			
ANA	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
ANT	1,99	<2,00	<2,00	<2,00
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	3,22	<3,00	3,81
BkF	<2,00	1,95	<2,00	1,66
BPE	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
DBA	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
FLT	3,96	10,6	2,59	17,3
FLU	6,63	10,3	6,40	12,0
CHR	<4,00	5,14	<4,00	5,68
IPY	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
NAP	<5,00	4,81	4,38	8,53
PHE	11,4	17,7	5,24	30,0
PYR	2,81	7,95	1,82	10,2
Σ PAU (15)	48,7	77,6	40,9	105

Rozdíly mezi průměrnými obsahy jednotlivých PAU v zimní a letní periodě na nezatížených a zatížených stanovištích jsou zřetelné z tabulky 14.

Tabulka 14: Obsahy jednotlivých PAU v jehličí borovice v letní a zimní periodě (aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2018)

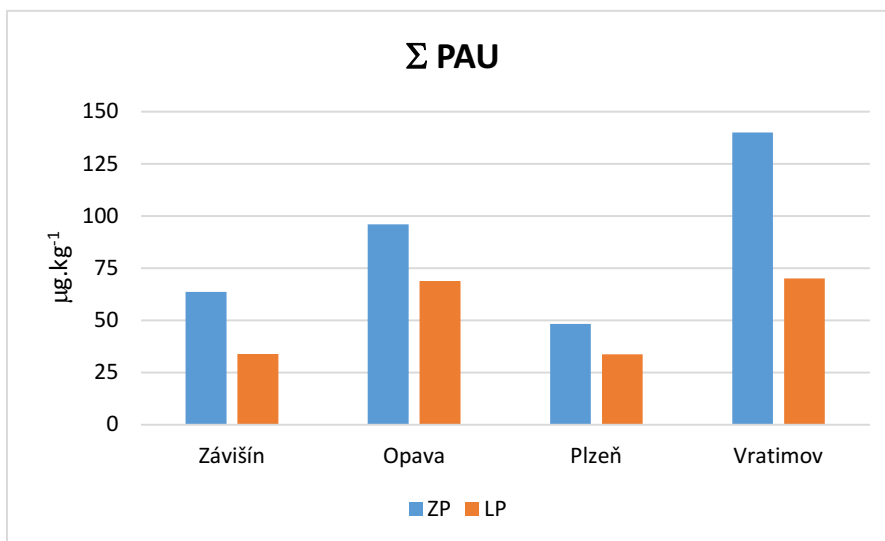
PAU	nezatížená stanoviště		zatížená stanoviště	
	zimní perioda	letní perioda	zimní perioda	letní perioda
	$\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy			
ANA	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
ANT	1,99	<2,00	<2,00	<2,00
ANY	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
BaA	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
BaP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
BbF	3,22	<3,00	3,80	<3,00
BkF	1,95	<2,00	1,66	<2,00
BPE	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
DBA	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
FLT	12,0	2,51	14,8	5,12
FLU	7,40	9,56	11,1	7,30
CHR	5,14	<4,00	5,68	<4,00
IPY	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
NAP	4,81	<5,00	10,4	<5,00
PHE	19,7	9,28	21,3	14,0
PYR	8,74	2,02	9,52	2,46
Σ PAU (15)	90,0	56,4	104	61,8

Celková suma PAU je vyšší v zimní periodě na zatížených i nezatížených stanovištích. Vyšší průměrné obsahy PAU byly zjištěny za zimní periodu v porovnání s letní periodou především u FLT, PHE a PYR jak na nezatížených stanovištích, tak na zatížených stanovištích, na zatížených stanovištích pak ještě FLU a NAP. Na nezatížených stanovištích byl vyšší průměrný obsah FLU v letní periodě. Zde byl průměrný obsah ovlivněn vyšším obsahem FLU na stanovišti Opava v letní periodě, jediné v tomto případě byl obsah PAU vyšší ve srovnání se zimní periodou.

Některé PAU byly v jehličí borovice černé zjištěny jen v zimní periodě. Na stanovišti Závišín se jedná o ANT, FLT a PYR, na stanovišti Opava o BbF, BkF, CHR a NAP. Na zatíženém stanovišti Plzeň byl pouze v zimní periodě zjištěn FLT, NAP a PYR, na stanovišti Vratimov BbF, BkF, CHR a NAP.

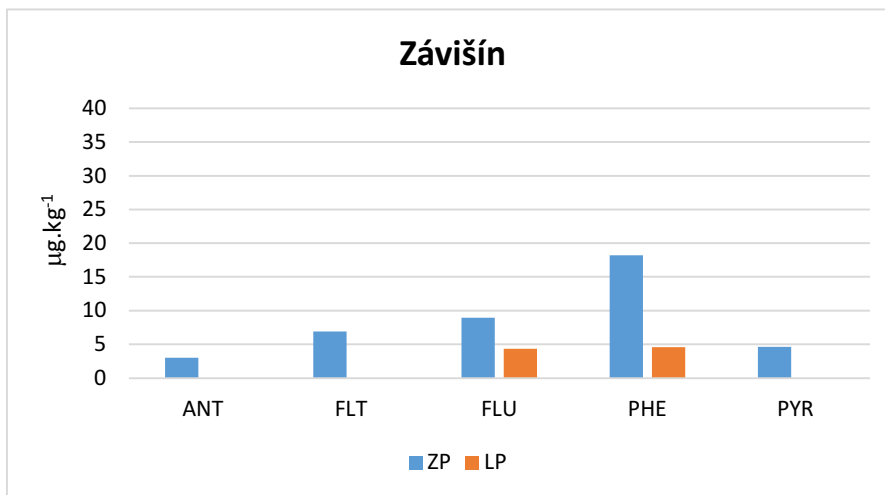
Nejvyšší celková suma PAU byla na stanovišti Vratimov v letní i zimní periodě. Nízké celkové sumy PAU byly zjištěny v letní periodě na stanovištích Závišín ($43,9 \mu\text{g.kg}^{-1}$) a Plzeň ($43,6 \mu\text{g.kg}^{-1}$). Největší rozdíly v obsahu PAU mezi zimní a letní periodou jsou zjištěny na stanovišti Vratimov a Opava. Na stanovišti Plzeň je rozdíl mezi periodami minimální (graf 15).

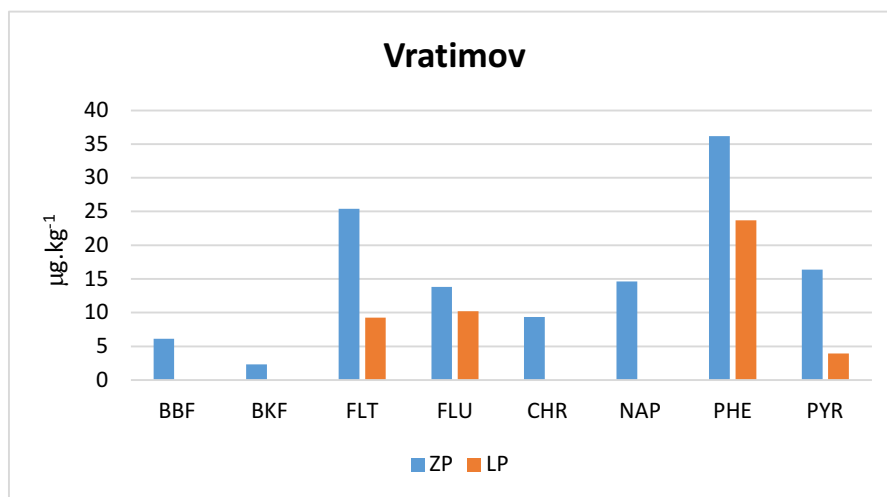
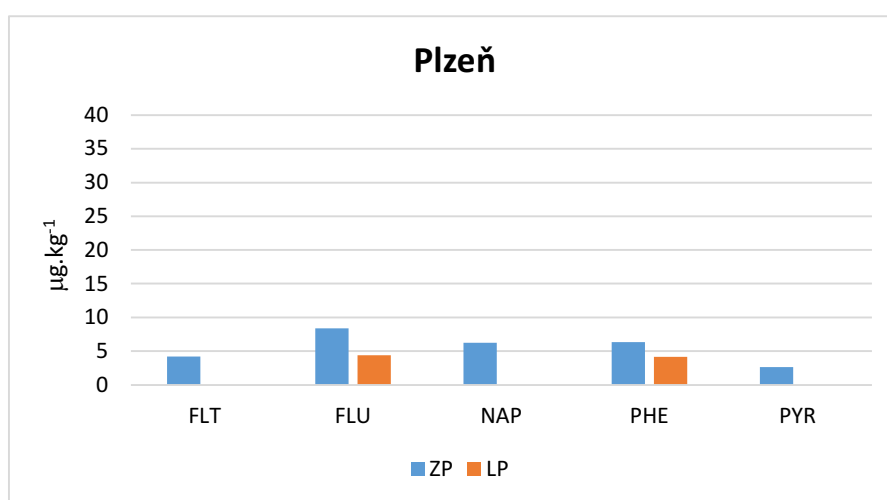
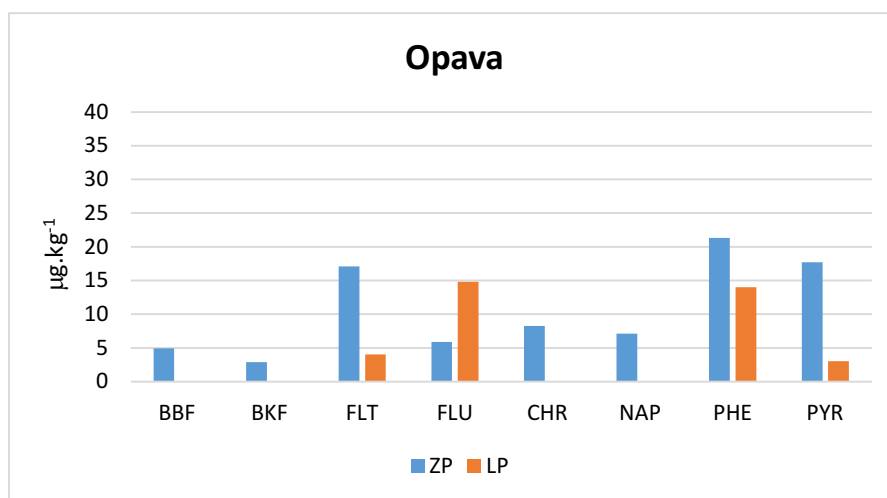
Graf 15: Suma 15 PAU v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích v letní a zimní periodě 2018 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)



Na všech stanovištích a v obou periodách se podílí na celkové sumě vyššími obsahy FLU a PHE. Rovněž vyšší obsahy FLT a PYR byly zjištěny na všech stanovištích, ale jen v zimní periodě, v letní periodě pak i na stanovišti Opava a Vratimov (graf 16).

Graf 16: Zjištěné obsahy vybraných PAU (nad hranicí meze stanovitelnosti) v jehličí borovice na jednotlivých stanovištích v letní a zimní periodě 2018 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ čerstvé biomasy)





Obsahy všech PAU v jehličí borovice černé na jednotlivých stanovištích jsou podrobněji uvedeny v tabulce 18.

5. Závěry

V roce 2018 byly sledovány obsahy vybraných anorganických prvků (14) a organických polutantů (16 EPA PAU) v travní hmotě jílku (stanoviště Lípa, Přerov n. L., Jaroměřice n. R., Opava) a v jehličí borovice černé (stanoviště Závěšín, Opava, Plzeň, Vratimov).

Jílek

- Orientační hodnoty obsahů prvků pro maximální limity pozadí zpracované v AGES (2019) byly překročeny u As a V ve všech vzorcích jílku na všech stanovištích. Orientační hodnoty obsahů prvků pro maximální limity pozadí u Al, Pb, Cr a Zn byly překročeny jen v některých měsících a na některých stanovištích. Obsahy ostatních prvků orientační hodnoty pro maximální limity pozadí nepřekročily.
- Podle zjištěných průměrných obsahů anorganických polutantů se jako relativně nejzatíženější stanoviště jeví Přerov n. L.
- Nejvyšší průměrné měsíční hodnoty anorganických polutantů za vegetační období 2018 byly zjištěny v říjnu u všech anorganických polutantů s výjimkou As a Pb. Nejvyšší průměrná hodnota As byla zjištěna v červenci a Pb v září.
- Arzén měl téměř shodný průběh zjištěných hodnot na všech stanovištích s maximem v letních měsících a s nízkými hodnotami na konci vegetačního období.
- Hodnoty Al na stanovištích měly odlišný průběh a rozdílný rozsah. Shodný průběh hodnot s Al mělo Fe, Cr a V na všech stanovištích.
- Změny obsahu Ni během sledovaného vegetačního období měly velice obdobný průběh jako změny hodnot Mn na všech stanovištích.
- Změny obsahu Cu a Zn byly během sledovaného vegetačního období na stanovištích obdobné.
- Při porovnání zjištěné sumy 12 PAU s orientační hodnotou pro maximální limity pozadí převzatou z literatury bylo zjištěno, že ve všech vzorcích jílku byla tato hodnota překročena.
- Průměrný obsah celkové sumy 15 PAU v jílku byl nejvyšší na stanovišti Opava, nejnižší hodnoty celkové sumy PAU byly zaznamenány na stanovišti Přerov n. L.
- Nejvyšší hodnoty záchytu 15 PAU byly na všech stanovištích v posledním měsíci sledování říjnu. Nejnižší hodnoty záchytu byly na stanovištích ve více měsících, v září byly na všech stanovištích, shodně nízké hodnoty byly i v červnu na stanovišti Přerov n. L. a Opava a v srpnu na stanovišti Přerov n. L. a Jaroměřice n. R..
- Na stanovištích Opava, Přerov n. L. a Jaroměřice n. R. tvořil v hmotě jílku z celkové sumy PAU nejvyšší podíl PHE, FLT, FLU a PYR, na stanovišti Opava ještě BaP, BbF a CHR. Na stanovišti Lípa se na sumě 15 PAU s obsahy nad mezí stanovitelnosti podílel jen FLU. Hodnoty ostatních sledovaných organických polutantů byly v průběhu vegetačního období na všech stanovištích pod hranicí meze stanovitelnosti.

Borovice

- Průměrné obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice černé z imisně zatížených stanovišť byly vyšší než průměrné obsahy ze stanovišť imisně nezatížených téměř u všech anorganických polutantů s výjimkou Cu, Ni, Pb a Mo, u Hg byly shodné.
- Průměrné obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice černé nezatížených stanovišť za letní periodu byly nižší než za zimní periodu s výjimkou As, Cu, Mo, Mn, Ni a Zn. Na zatížených stanovištích byly rovněž průměrné obsahy nižší za letní periodu s výjimkou As a Zn.
- Na stanovišti Závěšín byly v obou periodách výrazně vyšší hodnoty Mo, Ni a výrazně nižší hodnoty Al, As, Cr, Fe a V. Na stanovišti Vratimov byly výrazně vyšší hodnoty Fe, a Zn v obou periodách, v zimní periodě pak Pb a Mn.
- Obsah Pb v jehličí borovice černé v zimní periodě je dlouhodobě vyšší na stanovištích Vratimov a Opava. Na stanovišti Závěšín a Plzeň byl v obou periodách pod hranicí meze stanovitelnosti.
- Zjištěné hodnoty Fe byly nejvyšší na stanovišti Vratimov v letní i zimní periodě, v zimní periodě jsou vyšší dlouhodoběji.
- Hodnoty Ni v jehličí byly na stanovišti Závěšín v obou periodách výrazně vyšší oproti ostatním stanovištím, vyšší hodnoty Ni zde byly zjištěny i v minulých letech sledování.
- Vyšší hodnoty sumy PAU v jehličí borovice černé byly na všech stanovištích v zimní periodě.
- Nejvyšší hodnota obsahu PAU v jehličí jak v letní, tak v zimní periodě byla zjištěna na stanovišti Vratimov, nejnižší hodnota na stanovišti Plzeň.
- Na celkové sumě PAU v jehličí v letní periodě se podílel PHE a FLU na všech stanovištích a FLT a PYR jen na stanovišti Opava a Vratimov. V zimní periodě se na celkové sumě podílel na všech stanovištích PHE, FLU, FLT a PYR. Na stanovišti Vratimov a Opava se na celkové sumě pak ještě podílely BbF, BkF, CHR a NAP, na stanovišti Závěšín ANT, na stanovišti Plzeň NAP.
- Výsledky slouží pro vymezení požadovaných hodnot sledovaných polutantů a pro monitoring vývoje obsahů jednotlivých polutantů v závislosti na stanovišti a průběhu vegetačního období roku.

6. Literatura

- AGES (2019): Aktives und passives Biomonitoring [online] [cit. 2.1. 2019], AGES Orientierungswerte für maximale Hintergrundgehalte (OmH), Stand: 1. März 2019 <https://www.ages.at/en/topics/residues-and-contaminants/biomonitoring/>
- 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
- Klementová, L., 2019: Výsledky aktivního biomonitoringu. Zpráva za rok 2017, ÚKZÚZ Brno
- Klementová, L., 2017: Výsledky aktivního biomonitoringu. Zpráva za rok 2016, ÚKZÚZ Brno
- Klementová, L., 2016: Výsledky aktivního biomonitoringu. Zpráva za rok 2015, ÚKZÚZ Brno
- Klementová, L., 2015: Výsledky aktivního biomonitoringu. Zpráva za rok 2014, ÚKZÚZ Brno
- Klementová, L., 2014: Výsledky aktivního biomonitoringu. Zpráva za rok 2013, ÚKZÚZ Brno
- Klementová, L., 2013: Výsledky aktivního biomonitoringu. Zpráva za rok 2012, ÚKZÚZ Brno

Tabulková příloha

- Tabulka 15: Obsahy anorganických polutantů v sušině jílku – 2018
- Tabulka 16: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v čerstvé hmotě jílku (16 EPA PAU) – 2018
- Tabulka 17: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice černé 2018 (ZP – zimní perioda, LP – letní perioda)
- Tabulka 18: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí borovice černé 2018 (16 EPA PAU, ZP – zimní perioda, LP – letní perioda)
- Tabulka 19: Výsledky rozboru substrátu použitého v roce 2018 (rozbor 2016)

Tabulka 15: Obsahy anorganických polutantů v sušině jílku 2018**Al**

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
V	35,7	109	142	78,1	91,1
VI	80,1	79,9	58,3	69,6	72,0
VII	49,9	102	88,4	84,3	81,1
VIII	53,6	77,0	91,1	196	105
IX	–	437	55,8	56,5	183
X	–	308	–	109	209
průměr	54,8	186	87,0	99,0	107

As

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
V	0,76	1,04	0,43	1,15	0,85
VI	1,03	2,02	1,00	1,32	1,34
VII	1,09	2,39	1,38	1,83	1,67
VIII	0,83	0,83	1,21	1,64	1,13
IX	–	0,89	0,79	1,14	0,94
X	–	1,48	–	0,87	1,18
průměr	0,93	1,44	0,96	1,33	1,16

Cd

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
V	0,07	0,06	0,06	0,05	0,06
VI	0,07	0,05	0,05	<0,05	0,05
VII	0,06	<0,05	0,06	0,05	0,05
VIII	0,06	0,05	<0,05	0,06	0,05
IX	–	0,06	0,05	0,06	0,06
X	–	0,07	–	0,07	0,07
průměr	0,07	0,05	0,05	0,05	0,06

Cr

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
V	0,17	0,31	0,48	0,36	0,33
VI	0,55	0,27	0,22	0,29	0,33
VII	0,18	0,30	0,26	0,34	0,27
VIII	0,21	0,21	0,24	0,55	0,30
IX	–	0,53	0,22	0,35	0,37
X	–	1,00	–	0,51	0,76
průměr	0,28	0,44	0,29	0,40	0,35

Cu

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
V	5,54	5,16	2,58	2,58	3,97
VI	7,43	5,80	3,65	3,36	5,06
VII	4,88	4,80	3,90	3,08	4,17
VIII	4,12	2,59	2,93	2,69	3,08
IX	–	3,26	3,14	3,73	3,37
X	–	10,0	–	4,05	7,04
průměr	5,49	5,27	3,24	3,25	4,31

Pozn. –...nedostatek hmoty k analýze

Tabulka 15: pokračování

Fe	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	průměr
V		90,6	144	177	112	131
VI		138	130	110	111	122
VII		92,0	133	152	118	124
VIII		97,5	89,8	126	209	131
IX		–	251	103	86,0	147
X		–	282	–	163	222
průměr		104	172	134	133	136

Hg	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V		0,010	0,012	0,012	0,010	0,011
VI		0,008	0,013	0,012	0,009	0,010
VII		0,009	0,015	0,013	0,011	0,012
VIII		0,009	0,012	0,012	0,010	0,011
IX		–	0,011	0,013	0,009	0,011
X		–	0,013	–	0,013	0,013
průměr		0,009	0,013	0,012	0,010	0,011

Mn	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V		212	149	131	156	162
VI		401	175	135	152	216
VII		164	165	136	153	154
VIII		164	215	138	150	167
IX		–	155	132	140	142
X		–	441	–	206	323
průměr		235	217	134	159	186

Mo	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V		0,10	0,11	0,13	0,24	0,14
VI		<0,05	0,25	0,13	0,16	0,14
VII		0,08	0,18	0,16	0,14	0,14
VIII		0,08	0,06	0,23	0,12	0,12
IX		–	0,11	0,09	0,08	0,09
X		–	0,34	–	0,07	0,20
průměr		0,08	0,17	0,16	0,10	0,13

Ni	mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V		2,94	0,97	0,95	1,12	1,49
VI		6,18	1,28	1,15	1,17	2,44
VII		1,61	1,14	1,16	1,22	1,28
VIII		1,67	2,78	1,10	1,19	1,68
IX		–	2,11	1,14	0,99	1,42
X		–	5,08	–	1,77	3,42
průměr		3,10	2,23	1,10	1,24	1,92

Pozn: –...nedostatek hmoty k analýze

Tabulka 15: pokračování**Pb**

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	<0,5	1,31	2,18	0,94	1,17
VI	<0,5	1,58	0,82	0,54	0,80
VII	<0,5	1,49	0,62	0,65	0,75
VIII	<0,5	<0,5	0,62	<0,50	0,34
IX	–	<0,5	1,11	2,83	1,39
X	–	<0,5	–	1,18	0,72
průměr	<0,50	0,85	1,07	1,06	0,81

S

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	3244	2836	2126	2216	2606
VI	2586	4854	3501	2900	3460
VII	3447	3062	3745	2894	3287
VIII	3975	3014	3027	1579	2899
IX	–	2835	4007	2961	3268
X	–	3550	–	3967	3759
průměr	3313	3359	3281	2753	3176

V

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	0,14	0,30	0,35	0,24	0,26
VI	0,29	0,23	0,18	0,23	0,24
VII	0,17	0,28	0,26	0,30	0,25
VIII	0,20	0,21	0,23	0,49	0,28
IX	–	0,63	0,17	0,19	0,33
X	–	0,56	–	0,33	0,44
průměr	0,20	0,37	0,24	0,30	0,28

Zn

mg.kg ⁻¹	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	47,4	34,9	18,6	22,6	30,9
VI	67,8	43,3	30,1	37,2	44,6
VII	34,0	39,8	32,9	31,8	34,6
VIII	37,2	35,7	29,0	25,7	31,9
IX	–	32,6	30,3	20,9	28,0
X	–	85,0	–	34,7	59,9
průměr	46,6	45,2	28,2	28,8	37,2

Pozn: –...nedostatek hmoty k analýze

Tabulka 16: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v čerstvé hmotě jílku (16 EPA PAU) – 2018**ANA**

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

ANY

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
VI	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
VII	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
VIII	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
IX	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
X	–	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
průměr	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0

BaA

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	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 n/L	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	3,21	<3,00	2,07
průměr	<3,00	<3,00	1,79	<3,00	1,57

Pozn: –...nedostatek hmoty k analýze

Tabulka 16: pokračování

BbF

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	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	4,45	<3,00	2,48
průměr	<3,00	<3,00	1,99	<3,00	1,62

BkF

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	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 n/L	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 n/L	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 n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	<2,00	<2,00	3,36	2,05	1,85
VI	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
VII	<2,00	<2,00	3,50	<2,00	1,62
VIII	<2,00	<2,00	2,27	<2,00	1,32
IX	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
X	–	4,81	17,1	15,6	12,5
průměr	<2,00	1,63	4,70	3,61	2,74

Pozn: –...nedostatek hmoty k analýze

Tabulka 16: pokračování

FLU

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	10,59	5,24	4,89	4,36	6,27
VI	9,34	<4,00	<4,00	7,73	5,27
VII	5,94	5,58	<4,00	7,73	5,31
VIII	6,72	<4,00	<4,00	<4,00	3,18
IX	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
X	–	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
průměr	6,92	3,64	2,48	4,30	4,34

CHR

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	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	4,48	<4,00	2,62
průměr	<4,00	<4,00	2,41	<4,00	2,10

IPY

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
VI	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
VII	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
VIII	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
IX	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
X	–	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
průměr	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0

NAP

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	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

PHE

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	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	–	5,67	13,1	9,92	9,57
průměr	<4,00	2,61	3,85	3,32	2,95

Tabulka 16: pokračování**PYR**

$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Lípa	Přerov n/L	Opava	Jaroměřice	Průměr
V	<2,00	<2,00	2,63	<2,0	1,41
VI	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
VII	<2,00	<2,00	2,92	<2,00	1,48
VIII	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
IX	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
X	–	2,83	10,1	10,8	7,93
průměr	<2,00	1,30	3,11	2,64	2,01

Pozn: –...nedostatek hmoty k analýze

Tabulka 17: Obsahy anorganických polutantů v jehličí borovice 2018 (ZP – zimní perioda, LP – letní perioda)

	mg.kg ⁻¹	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
		Závišín	Opava	průměr	Plzeň	Vratimov	Průměr
Al	ZP	27,2	132	79,6	105	120	113
	LP	28,3	86,1	57,2	64,0	75,8	69,9
	průměr	27,8	109	68,4	85,5	97,7	91,6
As	ZP	<0,20	0,27	0,27	0,66	<0,20	0,38
	LP	<0,20	0,65	0,65	0,76	0,51	0,64
	průměr	<0,20	0,46	0,46	0,71	0,31	0,51
Cd	ZP	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	0,09	0,090
	LP	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	0,06	0,07
	průměr	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	0,080	0,08
Cr	ZP	0,18	0,45	0,32	0,40	0,46	0,43
	LP	0,14	0,28	0,21	0,16	0,34	0,25
	průměr	0,16	0,36	0,26	0,28	0,40	0,34
Cu	ZP	3,15	3,22	3,19	2,12	2,71	2,42
	LP	3,50	3,14	3,32	1,87	2,95	2,41
	průměr	3,32	3,18	3,25	1,99	2,83	2,41
Fe	ZP	31,3	98,5	64,9	78,8	151	115
	LP	32,1	64,8	48,5	49,6	107	78,3
	průměr	31,7	81,7	56,7	64,7	129	96,9
Hg	ZP	0,018	0,012	0,015	0,016	0,014	0,015
	LP	0,013	0,010	0,012	0,011	0,013	0,012
	průměr	0,016	0,011	0,014	0,013	0,014	0,014
Mn	ZP	93,8	163	128	114	347	231
	LP	103	175	139	64,4	180	122
	průměr	98,2	169	134	89,2	264	177
Mo	ZP	0,36	0,22	0,29	0,11	0,19	0,15
	LP	0,44	0,15	0,30	0,07	0,11	0,09
	průměr	0,40	0,19	0,30	0,09	0,15	0,12
Ni	ZP	1,10	0,96	1,03	0,36	0,51	0,44
	LP	1,40	0,71	1,06	0,44	0,43	0,44
	průměr	1,25	0,83	1,04	0,40	0,47	0,44
Pb	ZP	<0,50	1,15	0,70	<0,5	1,07	0,66
	LP	<0,50	<0,50	<0,50	<0,5	<0,5	<0,5
	průměr	<0,50	0,70	0,48	<0,5	0,66	0,46
S	ZP	1002	968	985	1504	1569	1537
	LP	1066	898	982	1122	1343	1233
	průměr	1034	933	984	1313	1456	1385
V	ZP	0,12	0,24	0,18	0,21	0,25	0,23
	LP	0,12	0,17	0,15	0,14	0,18	0,16
	průměr	0,12	0,21	0,17	0,18	0,21	0,20
Zn	ZP	27,3	26,2	26,8	24,7	42,7	33,7
	LP	33,7	27,6	30,7	27,3	43,0	35,2
	průměr	30,5	26,9	28,7	26,0	42,9	34,5

Tabulka 18: Obsahy polycyklických aromatických uhlovodíků v jehličí borovice černé v roce 2018 (16 EPA PAU, ZP – zimní perioda, LP – letní perioda)

	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
		Závišín	Opava	průměr	Plzeň	Vratimov	průměr
ANA	ZP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	LP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	průměr	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
ANT	ZP	2,99	<2,00	1,99	<2,00	<2,00	<2,00
	LP	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	průměr	1,99	<2,00	1,50	<2,00	<2,00	<2,00
ANY	ZP	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
	LP	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
	průměr	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
BaA	ZP	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	LP	<4,00	<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	<3,00
	průměr	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
BbF	ZP	<3,00	4,94	3,22	<3,00	6,11	3,81
	LP	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
	průměr	<3,00	3,22	2,36	<3,00	3,81	2,65
BkF	ZP	<2,00	2,89	1,95	<2,00	2,33	1,66
	LP	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	průměr	<2,00	1,95	1,48	<2,00	1,66	1,33
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
FLT	ZP	6,91	17,1	12,0	4,18	25,4	14,8
	LP	<2,00	4,02	2,51	<2,00	9,24	5,12
	průměr	3,96	10,6	7,28	2,59	17,3	9,95
FLU	ZP	8,92	5,89	7,41	8,38	13,8	11,1
	LP	4,34	14,8	9,57	4,41	10,2	7,31
	průměr	6,63	10,33	8,48	6,39	12,0	9,20
CHR	ZP	<4,00	8,27	5,14	<4,00	9,35	5,68
	LP	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00	<4,00
	průměr	<4,00	5,14	3,57	<4,00	5,68	3,84
IPY	ZP	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
	LP	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
	průměr	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0

Tabulka 18: pokračování

	mg.kg ⁻¹	nezatížená stanoviště			zatížená stanoviště		
		Závišín	Opava	průměr	Plzeň	Vratimov	průměr
NAP	ZP	<5,00	7,12	4,81	6,25	14,6	10,4
	LP	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	průměr	<5,00	4,80	3,65	4,38	8,53	6,46
PHE	ZP	18,2	21,3	19,8	6,33	36,2	21,3
	LP	4,56	14,0	9,28	4,16	23,7	13,9
	průměr	11,37	17,7	14,5	5,24	30,0	17,6
PYR	ZP	4,61	12,9	8,76	2,64	16,4	9,52
	LP	<2,00	3,04	2,02	<2,00	3,92	2,46
	průměr	2,81	7,95	5,38	1,82	10,6	6,21
	Σ PAU ZP	73,6	106	89,8	58,3	150	104
	Σ PAU LP	43,9	68,8	56,4	43,6	80,1	61,9
	průměr	58,7	87,6	73,2	50,9	115	83,0

Tabulka 19: Výsledky rozboru substrátu použitého v roce 2018 (rozbor 2016)

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

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

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

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

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

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

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

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