

2) Výskyt POPs v pedosféře ČR

V textu jsou prezentovány aktivity Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského v Brně.

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně

<http://www.ukzuz.cz>

Odbor hnojiv a půdy, Odbor krmiv

Zpráva: Výskyt persistentních organických polutantů ve složkách životního prostředí ČR

Bazální monitoring půd

V roce 2007 byly obsahy persistentních organických polutantů stanoveny na 40 vybraných pozorovacích plochách BMP (z toho 34 ploch orná půda, 1 chmelnice a 5 trvalých travních porostů) a 5 lokalitách v chráněných územích.

a) Obsahy PCB v půdě

Výsledky stanovení PCB v půdních vzorcích Bazálního monitoringu půd a pěti vybraných lokalit v chráněných územích v roce 2007 uvádí příloha 1 a 2. V první z příloh lze nalézt jak celkovou sumu, tak i jednotlivé obsahy 7 kongenerů. Graficky jsou v příloze 2 (or.p. – orná půda, TTP – trvalé travní porosty, Ch. – chmelnice) znázorněny obsahy PCB na všech pozorovacích plochách monitoringu.

Základní statistické charakteristiky souboru jsou uvedeny v tabulce 2.1 a 2.2. Medián sumy 7 kongenerů v zemědělských půdách se ve sledovaných letech pohybuje v rozmezí 1,75 – 5,30 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ pro ornici a 1,75 – 4,40 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ pro podorničí. U trvalých travních porostů je rozsah hodnot ve svrchním horizontu v rozmezí 1,75 – 6,50 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ a 1,75 – 5,70 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ v horizontu spodním.

| orná půda ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|--|-------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | suma 6 kongenerů (28, 52, 101, 138, 153, 180) | | | suma 7 kongenerů (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) | | | | | | |
| | horizont | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
| medián | ornice | 2,03 | 2,30 | 1,75 | 1,63 | 1,75 | 3,00 | 5,30 | 2,90 | 3,16 | 1,75 |
| ar. prům. | | 2,93 | 2,75 | 6,25 | 2,99 | 3,07 | 3,43 | 5,69 | 3,69 | 3,33 | 2,18 |
| max. | | 15,70 | 11,30 | 82,20 | 11,50 | 21,60 | 10,80 | 21,40 | 15,10 | 9,44 | 10,29 |
| medián | podorničí | 1,50 | 1,75 | 1,75 | 1,75 | 1,75 | 3,50 | 4,40 | 2,85 | 2,58 | 1,75 |
| ar. prům. | | 1,79 | 1,89 | 1,92 | 1,87 | 2,32 | 3,83 | 4,54 | 4,21 | 3,04 | 2,34 |
| max. | | 8,90 | 4,35 | 6,57 | 4,20 | 9,90 | 13,70 | 18,45 | 19,10 | 13,19 | 10,00 |

Tab. 2.1: Mediány, aritmetické průměry a maxima obsahů sumy PCB v ornici a podorničí zemědělských půd za období 1998 – 2007.

| trvalé travní porosty ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) | | | | | | | | | | | |
|--|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | horizont | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |

| | | | | | | | | | | | |
|------------------|-------------------|---|---|------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| medián | svrchní vrstva | - | - | 1,75 | 2,85 | 2,65 | 3,50 | 6,50 | 3,60 | 5,65 | 3,76 |
| ar. prům. | | - | - | 2,27 | 3,11 | 2,95 | 4,32 | 6,29 | 4,29 | 8,02 | 4,00 |
| max. | | - | - | 4,10 | 4,90 | 4,50 | 7,00 | 9,35 | 8,65 | 17,80 | 6,39 |
| medián | spodní vrstva | - | - | 1,75 | 2,10 | 1,75 | 3,50 | 5,70 | 2,35 | 2,62 | 2,83 |
| ar. prům. | | - | - | 2,06 | 2,02 | 2,59 | 4,36 | 5,31 | 4,53 | 3,27 | 4,11 |
| max. | | - | - | 3,04 | 2,30 | 5,35 | 6,20 | 7,60 | 13,30 | 5,75 | 7,15 |

Tab. 2.2: Mediány, aritmetické průměry a maxima obsahů sumy 7 kongenerů PCB ve svrchní a spodní vrstvě trvalých travních porostů za období 1998 – 2007.

Ze statistického zpracování souboru byly vyloučeny 2 pozorovací plochy v Jihomoravském kraji s extrémně vysokými obsahy PCB. Průměrný obsah sumy 7 kongenerů u těchto ploch dosahuje v ornici $39 \mu\text{g.kg}^{-1}$ (maxima přesahují $60 \mu\text{g.kg}^{-1}$), v podorničí vykazuje plocha 7901 průměr $27,61 \mu\text{g.kg}^{-1}$ a plocha 7902 $36,68 \mu\text{g.kg}^{-1}$ (maxima 55,94, resp. $72,30 \mu\text{g.kg}^{-1}$).

Hodnoty mediánů sumy 7 kongenerů PCB v půdách TTP jsou vyšší než v orných půdách. Mediány obsahů z chráněných území se shodují s mediány v TTP.

Jako limitní hodnotu pro obsah PCB v půdě uvádí vyhláška č. 13/1994 Sb. $10 \mu\text{g.kg}^{-1}$. Tuto hodnotu překročilo v roce 2007 celkem 5 půdních vzorků (tab. 2.3) ze tří pozorovacích ploch (3 vzorky ornice, 2 vzorky podorničí). Navrhovaná preventivní hodnota $20 \mu\text{g.kg}^{-1}$ byla překročena v roce 2007 u tří vzorků ze dvou pozorovacích ploch. Všechny plochy s nadlimitními obsahy PCB se nacházejí v Jihomoravském kraji.

| | 1998 | | 1999 | | 2000 | | 2001 | | 2002 | | 2003 | | 2004 | | 2005 | | 2006 | | 2007 | |
|----------------------|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|
| | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P |
| vyhl. č. 13/1994 Sb. | 4 | 2 | 3 | 2 | 5 | 2 | 5 | 1 | 3 | 2 | 4 | 3 | 7 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | 3 | 2 |
| návrh vyhlášky | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 |

Tab. 2.3: Počty vzorků překračujících limitní hodnoty (LH v $\mu\text{g.kg}^{-1}$) stanovené vyhláškou č. 13/1994 a uvedené v návrhu vyhlášky (suma 7 kongenerů PCB) – orná půda.

Pro většinu ploch, na kterých došlo alespoň dvakrát za sledované období k překročení platné limitní hodnoty platí, že suma 7 kongenerů je tvořena převážně kongenery 138, 153 a 180, tj. tzv. výšechlorovanými PCB, které podléhají biodegradaci v půdě pomaleji než ostatní stanovované kongenery. Především u pozorovacích ploch 7901, 7902 je poměr obsahů mezi níže- a výšechlorovanými PCB vysoký.

Závěry

- Medián sumy 7 kongenerů v zemědělských půdách se ve sledovaných letech pohybuje v rozmezí $1,75 - 5,30 \mu\text{g.kg}^{-1}$ pro ornici a $1,75 - 4,40 \mu\text{g.kg}^{-1}$ pro podorničí. U trvalých travních porostů je rozsah hodnot ve svrchním horizontu v rozmezí $1,75 - 6,50 \mu\text{g.kg}^{-1}$ a $1,75 - 5,70 \mu\text{g.kg}^{-1}$ v horizontu spodním.
- Hodnoty mediánů obsahů sumy 7 kongenerů PCB jsou u trvalých travních porostů a v chráněných území vyšší než ve vzorcích z orných půd.

- Limitní hodnota 10 $\mu\text{g PCB.kg}^{-1}$ stanovená vyhláškou č. 13/1994 Sb. byla v roce 2007 překročena u pěti vzorků (3 vzorky z ornice, 2 vzorky z podorničí), na třech plochách (7045, 7901, 7902).
- Pro šest pozorovacích ploch, na nichž byla alespoň dvakrát za celou dobu sledování překročena limitní hodnota obsahů PCB v půdě (suma 7 kongenerů) platí, že suma 7 kongenerů je tvořena převážně kongenery 138, 153 a 180, tj. tzv. výsechlorovanými PCB.
- V celém souboru ploch jsou obsahy PCB v půdě relativně stabilní. Výrazný pokles obsahů PCB v půdě nelze očekávat z důvodu vysokého poměrného zastoupení výsechlorovaných (a tudíž odolnějších) PCB.

b) Obsahy PAH v půdě

V roce 2007 byly obsahy 15 individuálních PAH stanoveny na 40 vybraných pozorovacích plochách BMP a 5 lokalitách v chráněných územích (viz příloha 6). Součástí přílohy je také vypočtená suma všech stanovovaných 15 PAH, suma 7 PAH uvedených ve vyhlášce č. 13/1994 Sb. a suma 12 PAH podle návrhu vyhlášky. Graficky jsou obsahy sumy 15 PAH na všech plochách BMP i v CHÚ vyjádřeny v příloze 7. (Ústav neprovádí stanovení všech 16 individuálních uhlovodíků, jak to vyžaduje např. US EPA, neboť 16. chybějící uhlovodík – acenaphtylene – se v souboru sledovaných půd vyskytuje jen v zanedbatelném množství).

Základní statistické charakteristiky sumy 15 PAH v ornici a podorničí v tabulce 2.4. Ze statistického zpracování jsou vyloučeny trvalé travní porosty (5), chmelnice (1) a plochy v CHÚ (5). V souboru ploch s ornou půdou v roce 2007 kolísají hodnoty pro sumu 15 PAH v rozmezí 94 - 2047 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ v ornici a 49 – 3317 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ v podorničí. Hodnota mediánu obsahu PAH v ornici v roce 2007 je nejnižší za celou dobu sledování a hodnota mediánu pro podorničí oproti roku 2006 klesla a je druhá nejnižší za dobu sledování.

| | 1997 | | 1998 | | 1999 | | 2000 | | 2001 | | 2002 | |
|---------------------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P |
| Arit. průměr | 871 | 370 | 854 | 482 | 852 | 557 | 935 | 661 | 1270 | 624 | 1251 | 660 |
| Medián | 660 | 264 | 626 | 348 | 691 | 341 | 534 | 260 | 679 | 248 | 705 | 341 |
| Minimum | 157 | 54 | 60 | 97 | 143 | 94 | 102 | 87 | 165 | 100 | 125 | 88 |
| Maximum | 4246 | 981 | 5884 | 2286 | 2427 | 4008 | 9489 | 7081 | 6828 | 4372 | 7819 | 6153 |
| Sm. odch. | 932 | 283 | 1064 | 425 | 641 | 694 | 1597 | 1209 | 1593 | 911 | 1520 | 1050 |
| Poč. vzor. | 30 | 22 | 33 | 33 | 34 | 34 | 34 | 34 | 35 | 35 | 34 | 34 |

| | 2003 | | 2004 | | 2005 | | 2006 | | 2007 | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P |
| Arit. průměr | 1297 | 746 | 966 | 571 | 797 | 507 | 861 | 655 | 702 | 616 |
| Medián | 967 | 449 | 791 | 409 | 603 | 277 | 618 | 482 | 513 | 276 |
| Minimum | 173 | 135 | 135 | 94 | 101 | 56 | 56 | 45 | 94 | 49 |
| Maximum | 7583 | 4046 | 5167 | 2510 | 3419 | 4036 | 2590 | 3365 | 2047 | 3317 |
| Sm. odch. | 498 | 759 | 965 | 524 | 776 | 697 | 716 | 710 | 565 | 731 |
| Poč. vzor. | 34 | 34 | 34 | 34 | 35 | 35 | 35 | 35 | 34 | 34 |

Tab. 2.4: Základní statistické charakteristiky sumy 15 PAH v ornici a podorničí orných půd; srovnání let 1997 - 2007 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$).

Limitní hodnotu 1000 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ pro sumu 15-ti PAH překročilo v roce 2007 v ornici orných půd celkem 9 vzorků (z 34 ploch), ve svrchní vrstvě TTP 1 vzorek (z 5 ploch) a žádný vzorek z CHÚ. V podorničí orných půd limitní hodnotu překročilo 6 vzorků a ve spodním horizontu TTP 1 vzorek. Počty vzorků překračujících stanovené limity a limity podle návrhu vyhlášky pro jednotlivé PAH i sumu 15 PAH jsou uvedeny v tabulkách 2.5 a 2.6.

| Seznam PAH se stanovenými limity dle vyhlášky č. 13/1994 Sb. | Zkr. PAH | Limit ($\mu\text{g.kg}^{-1}$) | 1997 | | 1998 | | 1999 | | 2000 | | 2001 | | 2002 | |
|--|----------|---------------------------------|------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|
| | | | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P |
| Naphtalene | NAP | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fluoranthene | FLT | 100 | 17 | 4 | 19 | 8 | 13 | 9 | 20 | 10 | 21 | 13 | 20 | 13 |
| Pyrene | PYR | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Benzo[b]fluoranthene | BbF | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Benzo[a]anthracene | BaA | 1000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Anthracene | ANT | 10 | 16 | 5 | 11 | 6 | 10 | 9 | 21 | 14 | 18 | 11 | 23 | 17 |
| Indeno[1,2,3-cd]pyrene | IPY | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Benzo[a]pyrene | BaP | 100 | 3 | 0 | 6 | 2 | 8 | 5 | 10 | 4 | 8 | 3 | 11 | 4 |
| Benzo[k]fluoranthene | BkF | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Benzo[g,h,i]perylene | BPE | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Chrysene | CHR | 10 | 20 | 18 | 30 | 28 | 31 | 26 | 36 | 29 | 32 | 25 | 32 | 27 |
| Phenanthrene | PHE | 100 | 5 | 1 | 7 | 2 | 5 | 4 | 6 | 4 | 8 | 4 | 11 | 4 |
| SUMA 15 PAH | | 1000 | 5 | 0 | 8 | 3 | 8 | 5 | 13 | 4 | 12 | 5 | 12 | 5 |

(-) nejsou definované limity

| Seznam PAH se stanovenými limity dle vyhlášky č. 13/1994 Sb. | Zkr. PAH | Limit ($\mu\text{g.kg}^{-1}$) | 2003 | | 2004 | | 2005 | | 2006 | | 2007 | |
|--|----------|---------------------------------|------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|
| | | | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P |
| Naphtalene | NAP | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fluoranthene | FLT | 100 | 22 | 14 | 21 | 12 | 23 | 11 | 20 | 16 | 15 | 14 |
| Pyrene | PYR | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Benzo[b]fluoranthene | BbF | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Benzo[a]anthracene | BaA | 1000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Anthracene | ANT | 10 | 27 | 21 | 18 | 9 | 22 | 13 | 17 | 15 | 13 | 11 |
| Indeno[1,2,3-cd]pyrene | IPY | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Benzo[a]pyrene | BaP | 100 | 13 | 7 | 10 | 6 | 5 | 2 | 8 | 6 | 5 | 5 |
| Benzo[k]fluoranthene | BkF | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Benzo[g,h,i]perylene | BPE | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Chrysene | CHR | 10 | 33 | 32 | 33 | 31 | 39 | 32 | 33 | 26 | 33 | 27 |
| Phenanthrene | PHE | 100 | 12 | 6 | 9 | 4 | 6 | 3 | 6 | 8 | 6 | 6 |
| SUMA 15 PAH | | 1000 | 17 | 10 | 10 | 6 | 4 | 1 | 9 | 7 | 9 | 6 |

(-) nejsou definované limity

Tab. 2.5: Počty překročení limitních hodnot obsahů PAH v orných půdách na pozorovacích plochách BMP za celou dobu sledování – porovnání s platnými limitními hodnotami vyhlášky č. 13/1994 Sb.

| Seznam PAH se stanovenými limity dle návrhu vyhlášky | Zkr. PAH | Limit ($\mu\text{g.kg}^{-1}$) | 1997 | | 1998 | | 1999 | | 2000 | | 2001 | | 2002 | |
|--|----------|---------------------------------|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|
| | | | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P |
| Naphtalene | NAP | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Fluoranthene | FLT | 300 | 2 | 0 | 3 | 1 | 2 | 2 | 6 | 4 | 5 | 1 | 8 | 2 |
| Pyrene | PYR | 200 | 3 | 0 | 5 | 1 | 5 | 4 | 8 | 4 | 9 | 2 | 11 | 2 |
| Benzo[b]fluoranthene | BbF | 100 | 4 | 1 | 12 | 4 | 7 | 4 | 13 | 6 | 9 | 3 | 11 | 4 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----|------|----|---|----|---|----|----|----|---|----|---|----|---|
| Benzo[a]anthracene | BaA | 100 | 3 | 0 | 5 | 3 | 6 | 4 | 8 | 4 | 7 | 1 | 10 | 3 |
| Anthracene | ANT | 50 | 3 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 6 | 4 | 0 | 1 | 7 | 2 |
| Indeno[1,2,3-cd]pyrene | IPY | 100 | 2 | 0 | 5 | 1 | 4 | 4 | 9 | 4 | 5 | 0 | 7 | 2 |
| Benzo[a]pyrene | BaP | 100 | 3 | 0 | 6 | 2 | 8 | 5 | 10 | 4 | 8 | 3 | 11 | 4 |
| Benzo[k]fluoranthene | BkF | 50 | 3 | 0 | 7 | 2 | 8 | 5 | 11 | 4 | 9 | 4 | 11 | 4 |
| Benzo[g,h,i]perylene | BPE | 50 | 11 | 3 | 13 | 8 | 17 | 11 | 17 | 8 | 18 | 8 | 17 | 8 |
| Chrysene | CHR | 100 | 3 | 0 | 6 | 2 | 9 | 4 | 9 | 4 | 8 | 4 | 11 | 3 |
| Phenanthrene | PHE | 150 | 3 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 5 | 3 | 3 | 1 | 7 | 2 |
| SUMA 15 PAH | | 1000 | 5 | 0 | 8 | 3 | 8 | 5 | 13 | 4 | 12 | 5 | 12 | 5 |

| Seznam PAH se stanovenými limity dle návrhu vyhlášky | Zkr. PAH | Limit ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) | 2003 | | 2004 | | 2005 | | 2006 | | 2007 | |
|--|----------|--|------|----|------|---|------|---|------|----|------|---|
| | | | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P |
| Naphtalene | NAP | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Fluoranthene | FLT | 300 | 6 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 6 | 5 | 5 | 2 |
| Pyrene | PYR | 200 | 13 | 5 | 9 | 2 | 6 | 3 | 8 | 6 | 7 | 6 |
| Benzo[b]fluoranthene | BbF | 100 | 10 | 3 | 8 | 3 | 7 | 2 | 8 | 6 | 6 | 4 |
| Benzo[a]anthracene | BaA | 100 | 6 | 2 | 8 | 2 | 5 | 2 | 8 | 6 | 5 | 4 |
| Anthracene | ANT | 50 | 12 | 6 | 1 | 0 | 5 | 2 | 3 | 1 | 0 | 2 |
| Indeno[1,2,3-cd]pyrene | IPY | 100 | 7 | 2 | 5 | 4 | 4 | 1 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| Benzo[a]pyrene | BaP | 100 | 13 | 7 | 10 | 6 | 5 | 2 | 8 | 6 | 5 | 5 |
| Benzo[k]fluoranthene | BkF | 50 | 13 | 8 | 8 | 3 | 9 | 3 | 8 | 6 | 5 | 5 |
| Benzo[g,h,i]perylene | BPE | 50 | 20 | 11 | 16 | 6 | 9 | 4 | 15 | 11 | 13 | 9 |
| Chrysene | CHR | 100 | 13 | 3 | 8 | 3 | 7 | 3 | 8 | 6 | 8 | 6 |
| Phenanthrene | PHE | 150 | 8 | 3 | 4 | 2 | 6 | 3 | 4 | 3 | 1 | 3 |
| SUMA 15 PAH | | 1000 | 17 | 10 | 10 | 6 | 4 | 1 | 9 | 7 | 9 | 6 |

Tab. 2.6: Počty překročení limitních hodnot obsahů PAH v orných půdách na pozorovacích plochách BMP za celou dobu sledování – porovnání s navrhovanými limitními hodnotami.

V případě svrchních horizontů půd v chráněných územích jsou hodnoty sumy 15 PAH nižší než na zemědělských půdách, mediány se během celé doby pozorování pohybují okolo $200 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (svrchní horizont) a $100 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (spodní horizont). V roce 2007 medián jak ve svrchní vrstvě tak i ve spodině vykazuje nejnižší hodnoty za dobu sledování.

V rámci sumy 15 PAH mají v ornici (svrchní vrstvě půdy) nejvyšší obsahy na všech sledovaných lokalitách fluoranthene (19,6% z celkové sumy 15 PAH) a pyrene (17,5%), následují CHR (9,4%) a BAA (8,8%).

Závěry

- V roce 2007 byly PAH stanoveny na 34 plochách s ornou půdou, 5 plochách s TTP, na 1 chmelnici a v 5 vzorcích nenarušených půd CHÚ.
- Limitní hodnota $1000 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ daná vyhláškou č. 13/1994 Sb. byla sumou PAH v roce 2007 překročena v orných půdách v 9 vzorcích ornice a v 6 vzorcích podorničí, u TTP v 1 svrchním horizontu a v 1 spodním horizontu.
- Mediány sumy 15 PAH se za dobu sledování 1997 – 2007 pohybují v ornici orných půd nejčastěji v rozmezí $600 - 700 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (kromě $967 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2003 a $791 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2004) a ve svrchním horizontu TTP mezi $650 - 1200 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Hodnoty v podorničí se nacházejí v rozmezí cca $350 - 400 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (více v letech 2003 a 2006), ve spodním horizontu TTP v některých letech až kolem

1000 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Mediány v roce 2007 mají u orných půd jak v ornici tak i v podorničí nejnižší hodnoty za dobu sledování.

- Uhlovodíky s nejvyššími nálezy jsou dlouhodobě fluoranthene a pyrene – látky toxikologicky rizikové, nekarcinogenní.

c) Obsahy persistentních chlorovaných pesticidů v půdě

Do skupiny persistentních chlorovaných pesticidů stanovovaných v ÚKZÚZ patří HCH-hexachlorcyklohexan, HCB-hexachlorbenzen a látky skupiny DDT (DDT-dichlor difenyl trichlorethan a produkty rozpadu DDT - DDE a DDD). Základní popisná statistika souboru je uvedena v tabulkách 2.7 a 2.8.

U HCH nebyl nalezen žádný vzorek překračující limitní hodnotu (vyhláška č. 13/1994 Sb.). Medián a průměr obsahu HCB v roce 2007 dosahoval 3,5 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny, resp 4,5. Graficky vyjádřené obsahy HCB pro jednotlivé plochy jsou uvedeny v příloze 10. Obsahy jsou vyšší v orných půdách ve srovnání s TTP, a vždy ve svrchních horizontech (příloha 14).

Medián a průměr obsahu DDT v roce 2007 dosahoval 13,6 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny, resp. 27,8. Graficky vyjádřené obsahy jednotlivých látek skupiny DDT pro jednotlivé plochy jsou uvedeny v přílohách 10-13. Obsahy DDT jsou vyšší v orných půdách ve srovnání s TTP, a vždy ve svrchních horizontech (příloha 15).

V ornici orných půd a svrchní vrstvě TTP dochází po celou dobu sledování k určitému poklesu hodnot průměrných koncentrací izomeru p,p'-DDT (v ornici 99,1 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2000, 24,5 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v roce 2007, ve svrchní vrstvě TTP ve stejných letech 94,4 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a 43,1 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$). Tento trend víceméně kopírují také hodnoty průměrného obsahu izomeru o,p'-DDT včetně nízkých hodnot v roce 2004 a zvýšených hodnot v roce 2005, v roce 2007 dosahují hodnot 3,3 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ pro ornou půdu a 4,7 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ pro sv. vrstvu TTP.

| OCP | rok | orná půda | | | | | | | |
|------------|------|-----------|------|------|------|-----------|------|------|------|
| | | ornice | | | | podorničí | | | |
| | | prům. | med | min | max | prům. | med | min | max |
| OCB | 2000 | 2,3 | 1,8 | 0,3 | 9,9 | 1,9 | 0,3 | 0,3 | 17,5 |
| | 2001 | 4,2 | 3,1 | 0,6 | 16,6 | 2,3 | 1,6 | 0,3 | 12,8 |
| | 2002 | 7,3 | 5,5 | 0,8 | 34,0 | 5,6 | 4,5 | 0,3 | 31,6 |
| | 2003 | 5,6 | 4,9 | 0,9 | 16,6 | 4,8 | 4,4 | 0,8 | 13,6 |
| | 2004 | 4,5 | 3,7 | 1,4 | 10,9 | 4,3 | 3,2 | 0,3 | 18,0 |
| | 2005 | 4,2 | 3,4 | 0,3 | 14,0 | 3,2 | 2,5 | 0,3 | 16,1 |
| | 2006 | 5,9 | 3,5 | 0,3 | 52,1 | 3,7 | 2,7 | 0,3 | 17,1 |
| HCB | 2007 | 4,5 | 3,5 | 0,7 | 18,3 | 3,3 | 2,3 | 0,3 | 15,3 |
| DDT | 2000 | 134,7 | 67,0 | 10,0 | 889 | 76,8 | 48,0 | 10,0 | 533 |
| | 2001 | 57,4 | 14,1 | 1,9 | 516 | 31,1 | 7,5 | 1,0 | 392 |
| | 2002 | 28,6 | 13,7 | 1,0 | 158 | 27,3 | 9,0 | 1,0 | 365 |
| | 2003 | 40,1 | 19,1 | 1,8 | 394 | 29,4 | 8,9 | 1,0 | 387 |
| | 2004 | 25,7 | 11,9 | 0,5 | 201 | 20,8 | 9,1 | 0,5 | 147 |
| | 2005 | 34,3 | 12,9 | 1,3 | 325 | 25,2 | 6,4 | 0,5 | 142 |
| | 2006 | 34,7 | 12,8 | 1,0 | 367 | 31,8 | 8,3 | 0,5 | 422 |
| DDE | 2007 | 27,8 | 13,6 | 0,9 | 255 | 19,1 | 4,9 | 0,5 | 126 |
| DDD | 2000 | 31,2 | 6,4 | 1,0 | 397 | 17,4 | 3,5 | 1,0 | 281 |
| | 2001 | 45,7 | 11,3 | 3,5 | 599 | 23,2 | 5,3 | 1,0 | 220 |
| | 2002 | 25,3 | 14,2 | 2,2 | 143 | 25,2 | 8,4 | 1,6 | 306 |
| | 2003 | 32,5 | 11,1 | 3,1 | 332 | 27,2 | 7,3 | 1,8 | 319 |
| | 2004 | 23,2 | 9,5 | 1,3 | 204 | 18,9 | 7,2 | 0,5 | 158 |
| | 2005 | 30,5 | 8,6 | 2,4 | 266 | 21,6 | 4,8 | 0,5 | 167 |
| | 2006 | 28,0 | 9,5 | 1,6 | 280 | 25,6 | 8,0 | 0,5 | 278 |
| DDD | 2007 | 23,4 | 8,5 | 1,4 | 194 | 15,0 | 4,2 | 0,5 | 86,2 |
| DDD | 2000 | 6,8 | 1,5 | 1,0 | 59,0 | 4,2 | 1,5 | 1,0 | 34,0 |
| | 2001 | 5,9 | 1,8 | 1,0 | 52,1 | 3,8 | 1,0 | 1,0 | 35,1 |
| | 2002 | 5,2 | 2,3 | 1,0 | 68,3 | 3,9 | 1,8 | 1,0 | 29,5 |
| | 2003 | 4,9 | 2,1 | 1,0 | 30,4 | 3,8 | 1,4 | 1,0 | 25,0 |
| | 2004 | 3,2 | 1,1 | 0,5 | 29,7 | 3,0 | 1,0 | 0,5 | 31,0 |
| | 2005 | 3,7 | 1,3 | 0,5 | 30,0 | 2,8 | 1,0 | 0,5 | 20,8 |
| | 2006 | 3,6 | 0,9 | 0,5 | 64,1 | 3,1 | 0,5 | 0,5 | 58,9 |
| DDD | 2007 | 3,2 | 1,1 | 0,5 | 54,1 | 2,2 | 0,5 | 0,5 | 35,1 |

Tab. 2.7: Základní statistické charakteristiky jednotlivých OCP v ornici a podorničí orných půd za období 2000 – 2007 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ sušiny).

| OCP | rok | trvalý travní porost | | | | | | | |
|------------|------|----------------------|------|------|------|---------------|------|------|-------|
| | | svrchní vrstva | | | | spodní vrstva | | | |
| | | prům. | med | min | max | prům. | med | min | max |
| HCB | 2000 | 3,1 | 1,4 | 0,3 | 10,6 | 3,8 | 1,2 | 0,3 | 14,3 |
| | 2001 | 5,6 | 1,8 | 0,3 | 19,0 | 2,5 | 1,6 | 0,3 | 5,2 |
| | 2002 | 6,8 | 3,9 | 0,7 | 19,3 | 6,5 | 2,0 | 0,5 | 26,2 |
| | 2003 | 6,5 | 2,9 | 1,2 | 21,1 | 6,0 | 2,1 | 0,9 | 22,7 |
| | 2004 | 5,8 | 2,7 | 0,7 | 20,1 | 3,5 | 2,7 | 0,3 | 9,3 |
| | 2005 | 5,0 | 2,3 | 0,3 | 15,0 | 4,3 | 1,5 | 0,3 | 16,8 |
| | 2006 | 4,5 | 2,5 | 0,3 | 13,7 | 5,2 | 3,0 | 0,3 | 17,6 |
| | 2007 | 6,0 | 2,7 | 0,6 | 20,0 | 7,0 | 2,8 | 0,3 | 23,6 |
| DDT | 2000 | 126 | 53,0 | 18,0 | 442 | 142 | 26,0 | 10,0 | 583,0 |
| | 2001 | 68,4 | 19,6 | 9,6 | 281 | 19,0 | 5,3 | 2,2 | 73,9 |
| | 2002 | 67,4 | 4,3 | 1,0 | 320 | 67,8 | 2,7 | 1,0 | 331 |
| | 2003 | 70,4 | 6,2 | 2,6 | 327 | 59,6 | 7,4 | 1,5 | 278 |
| | 2004 | 37,2 | 4,2 | 1,1 | 170 | 25,1 | 4,9 | 1,0 | 109 |
| | 2005 | 46,0 | 7,9 | 2,5 | 202 | 44,1 | 2,2 | 1,4 | 210 |
| | 2006 | 50,4 | 8,3 | 3,9 | 222 | 103 | 6,8 | 2,8 | 494 |
| | 2007 | 47,8 | 6,0 | 4,5 | 213 | 58,9 | 7,9 | 3,0 | 257 |
| DDE | 2000 | 25,0 | 5,1 | 1,8 | 106 | 25,0 | 4,1 | 1,5 | 112 |
| | 2001 | 36,1 | 8,6 | 4,3 | 149 | 12,6 | 3,6 | 2,2 | 47,7 |
| | 2002 | 32,5 | 8,8 | 1,0 | 134 | 37,2 | 5,8 | 1,0 | 171 |
| | 2003 | 36,0 | 9,7 | 2,8 | 151 | 36,9 | 5,3 | 1,0 | 164 |
| | 2004 | 31,6 | 7,1 | 1,3 | 137 | 17,9 | 2,9 | 1,1 | 74,5 |
| | 2005 | 34,6 | 5,9 | 1,8 | 151 | 31,8 | 2,1 | 1,0 | 148 |
| | 2006 | 30,5 | 7,2 | 2,3 | 128 | 33,9 | 6,0 | 1,8 | 152 |
| | 2007 | 29,4 | 5,7 | 2,8 | 124 | 32,1 | 7,1 | 3,1 | 137 |
| DDD | 2000 | 5,5 | 1,0 | 1,0 | 23,0 | 6,4 | 1,0 | 1,0 | 28,0 |
| | 2001 | 6,4 | 1,6 | 1,0 | 26,7 | 3,0 | 1,0 | 1,0 | 11,1 |
| | 2002 | 4,2 | 1,0 | 1,0 | 17,0 | 5,5 | 1,0 | 1,0 | 23,5 |
| | 2003 | 6,2 | 1,0 | 1,0 | 27,2 | 7,9 | 1,0 | 1,0 | 35,3 |
| | 2004 | 5,5 | 0,5 | 0,5 | 25,5 | 2,7 | 0,5 | 0,5 | 11,6 |
| | 2005 | 6,3 | 0,9 | 0,5 | 28,5 | 6,5 | 0,5 | 0,5 | 30,4 |
| | 2006 | 2,8 | 0,5 | 0,5 | 12,1 | 4,0 | 0,5 | 0,5 | 18,0 |
| | 2007 | 3,2 | 0,5 | 0,5 | 13,2 | 6,1 | 0,5 | 0,5 | 21,4 |

Tab. 2.8: Základní statistické charakteristiky jednotlivých OCP ve svrchní a spodní vrstvě za období 2000 – 2007 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ sušiny).

Také vývoj průměrných koncentrací ostatních sledovaných metabolitů DDT je až na výjimky obdobný. Průměrné hodnoty pro rok 2007 jsou pro izomer p,p'-DDE 23,0 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ v ornici a 29,1 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ve svrchní vrstvě TTP, pro o,p'-DDE pod limitem stanovení v ornici a i ve svrchní vrstvě TTP, pro izomer p,p'-DDD je to 2,4 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ v ornici a 2,9 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ v TTP, pro o,p'-DDD shodně 0,9 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ pro ornici a pod limitem stanovení ve svrchní vrstvě TTP.

Počty vzorků u nichž došlo k překročení limitní hodnoty podle vyhlášky č. 13/1994 Sb. i podle návrhu nových preventivních limitů jsou uvedeny v tabulce 2.9. V roce 2007 u DDT a jeho metabolitů byl překročen limit dle platné vyhlášky u poloviny vzorků ornice a u téměř poloviny vzorků podorničí orných půd. Podle návrhu vyhlášky by byl překročen preventivní limit jak u ornice a podorničí orných půd cca u třetiny, respektive desetiny vzorků. Pokud jde o TTP, platné i navrhované limity byly překročeny na jedné lokalitě, v obou horizontech. Obsahy těchto látek v půdě pozvolna klesají, nicméně stále zůstávají poměrně vysoké.

| | | podle vyhlášky č. 13/1994 Sb | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----|------------------------------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|
| OCP | LH | 2000 | | 2001 | | 2002 | | 2003 | | 2004 | | 2005 | | 2006 | | 2007 | |
| | | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P |
| HCB | 10 | 0 | 1 | 3 | 1 | 6 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| DDT | 10 | 32 | 27 | 20 | 13 | 20 | 15 | 19 | 14 | 17 | 14 | 22 | 14 | 20 | 16 | 18 | 16 |
| DDE | 10 | 13 | 8 | 19 | 10 | 19 | 15 | 18 | 13 | 17 | 12 | 15 | 13 | 16 | 15 | 14 | 15 |
| DDD | 10 | 5 | 3 | 5 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 |
| HCH | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | podle návrhu vyhlášky | | | | | | | | | | | | | | | |
| OCP | LH | 2000 | | 2001 | | 2002 | | 2003 | | 2004 | | 2005 | | 2006 | | 2007 | |
| | | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P | O | P |
| HCB | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| DDT | 30 | 26 | 22 | 10 | 7 | 7 | 5 | 8 | 4 | 6 | 6 | 10 | 8 | 9 | 5 | 10 | 5 |
| DDE | 25 | 6 | 4 | 7 | 6 | 10 | 9 | 8 | 6 | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 7 |
| DDD | 20 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| HCH | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tab. 2.9: Počty vzorků překračujících limitní hodnotu (LH – v $\mu\text{g.kg}^{-1}$ sušiny) organochlorových pesticidů podle vyhlášky č. 13/1994 Sb. a návrhu vyhlášky – orná půda.

Ze srovnání vzájemného poměru jednotlivých isomerů v ornici i podorničí orných půd (příloha 16) je patrné, že jak u ploch, kde byl překročen limit dle platné vyhlášky, tak i u „nekontaminovaných“ ploch převažují hlavně izomery p,p'-DDT a p,p'-DDE, a to více, než z 60 % ze sumy všech isomerů DDT, DDD, DDE. Přílohy 26 a 27 uvádí vzájemný poměr DDT a jeho metabolitů na pozorovacích plochách BMP a CHÚ v ornici (svrchní vrstvě) a podorničí (spodní vrstvě) pro rok 2007.

Závěry

- V roce 2007 bylo sledování persistentních organochlorových pesticidů provedeno v ornici (svrchní vrstvě) a podorničí (spodní vrstvě) na stálém souboru 40 pozorovacích ploch na zemědělské půdě a 5 pozorovacích ploch v chráněných územích.

- U HCH nebyl nalezen žádný vzorek překračující limitní hodnotu.
- Průměrná hodnota obsahu HCB v roce 2007 oproti roku 2006 v ornici resp. podorničí orných půd opět poklesla na 4,5 resp. 3,3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ sušiny. U TTP ve svrchní a spodní vrstvě dosáhl aritmetický průměr hodnot 6,0 a 7,0 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ sušiny, což je v porovnání s předchozím rokem naopak nárůst.
- U orných půd i trvalých travních porostů došlo v roce 2007 ke snížení všech průměrných hodnot obsahu DDT a jeho metabolitů.
- Průměrný obsah izomeru p,p'-DDT se snížil v ornici orných půd z 29,8 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ sušiny (rok 2006) na 24,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ sušiny (rok 2007). U TTP došlo k poklesu průměrné hodnoty z 56,4 na 43,1 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ve svrchním horizontu a ve spodním dokonce ze 121,7 na 53,4 $\mu\text{g.kg}^{-1}$, ale tam byla extrémní průměrná hodnota z minulého roku dána jedinou odlehlou hodnotou.
- K překročení limitních hodnot podle vyhlášky č. 13/1994 Sb. docházelo v letech 2000 až 2007 nejvíce u obsahů DDT, následoval DDE. V roce 2007 byla překročena limitní hodnota pro DDT u 34 vzorků a pro DDE u 29 vzorků.
- Podle návrhu preventivních limitů by došlo v roce 2007 u DDT i DDE k překročení limitní hodnoty u 15 vzorků.

Kontrola kalů z ČOV

Na základě zákona č. 147/2002 Sb., o Ústředním kontrolním a zkušebním ústavu zemědělském, ve znění pozdějších předpisů, § 3 jsou i nadále kaly monitorovány jako jeden ze vstupů do půdy - úkol „Kontrola kvality půdy po aplikaci kalů ČOV“. V roce 2007 byl na vybraných ČOV většího významu odebrán v průběhu roku 1 vzorek kalu. V laboratořích ÚKZÚZ jsou vzorky analyzovány na rizikové prvky (RP) a u vybraných vzorků dále na organické polutanty. Z rizikových prvků je sledován obsah arsenu, kadmia, chrómu, rtuti, niklu, olova, mědi, molybdenu a zinku, z organických polutantů jsou to PCB (kongenery 28, 52, 101, 118, 138, 153 a 180), AOX, a PAH (NAP, ANY, ANA, FLU, PHE, ANT, FLT, PYR, BAA, CHR, BBF, BKF, BAP, DBA, BPE, IPY). Obsahy jednotlivých prvků a polutantů jsou hodnoceny podle vyhlášky 382/2001 Sb. o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě (vyhláška stanovuje mezní hodnoty pro sumu 6 kongenerů PCB) k zákonu 185/2001 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů. Kontrola byla zaměřena především na ty ČOV, u nichž je předpoklad, že určitá část produkce kalů je směřována v konečné fázi na zemědělskou půdu. V roce 2007 bylo v rámci kontroly kalů ČOV, jejichž produkce je uplatňována v zemědělství, kontrolováno 107 čistíren odpadních vod a odebráno bylo 107 vzorků kalů.

a) Obsahy PCB

V roce 2007 byly již desátým rokem (od roku 1998) stanovovány polychlorované bifenyly v kalech ČOV. Celkem bylo analyzováno 38 vzorků kalů. Základní statistické charakteristiky souboru 38 vzorků jsou v tabulce 2.10. Sumy obsahů 6 kongenerů PCB za rok 2007 jsou v rozmezí od 26,7 do 775 $\mu\text{g.kg}^{-1}$, aritmetický průměr je 108 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ a medián 74,6 $\mu\text{g.kg}^{-1}$.

| | Kongenery PCB ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ suš.) | | | | | | | suma 6 kongenerů |
|--------------|---|------|------|-----|------|------|------|------------------|
| | 28 | 52 | 101 | 118 | 138 | 153 | 180 | |
| Arit. průměr | 17,0 | 10,1 | 14,7 | 5,0 | 18,0 | 27,6 | 21,0 | 108 |

| | | | | | | | | |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Medián | 4,3 | 4,3 | 12,6 | 3,6 | 14,9 | 21,9 | 16,9 | 74,6 |
| Minimum | 1,72 | 2,16 | 5,60 | 1,43 | 4,86 | 8,05 | 3,82 | 26,7 |
| Maximum | 439 | 161 | 46,2 | 24,8 | 55,7 | 79,4 | 74,4 | 775 |
| 10% percentil | 1,8 | 3,0 | 6,6 | 2,0 | 8,3 | 12,3 | 8,2 | 45,6 |
| 90% percentil | 11,6 | 10,3 | 24,8 | 8,3 | 33,8 | 49,3 | 43,0 | 171 |

Tab. 2.10: Základní statistické charakteristiky obsahu PCB v kalech ČOV – rok odběru 2007, 38 vzorků, $\mu\text{g.kg}^{-1}$ sušiny.

Podrobnou tabulku obsahů jednotlivých kongenerů PCB i sumy 6 kongenerů za celé sledované období uvádí příloha 18. Grafické znázornění obsahů sumy 6 kongenerů ve vzorcích z jednotlivých ČOV je uvedeno v příloze 19. Souhrnná statistika 435 vzorků kalů ČOV odebraných za období 1998 – 2007 je uvedena v příloze 20. Z kongenerů se za vyhodnocené období 2002 – 2007 na celkové sumě PCB nejvíce podílí kongener 153 (26,5 %), následují kongenery 180 (21,7 %) a 138 (19,7 %).

1. ledna 2002 nabyla účinnosti vyhláška č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě. V této vyhlášce je stanovena mezní hodnota koncentrace sumy 6 kongenerů PCB v kalech omezující jejich použití v zemědělství ($0,6 \text{ mg PCB.kg}^{-1}$ zeminy). V roce 2007 tuto hodnotu překročil pouze jeden vzorek.

Tabulka 2.11 zobrazuje všechny vzorky kalů, u nichž dosud došlo k překročení limitní hodnoty za období 1998 – 2007.

| Rok odběru | ČOV | Kongenery PCB ($\mu\text{g.kg}^{-1}$) | | | | | | suma 6 kongenerů |
|------------|------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|
| | | 28 | 52 | 101 | 138 | 153 | 180 | |
| 1998 | Kralupy | 47,1 | 13,9 | 49,9 | 178,2 | 228,6 | 161,2 | 678,9 |
| 1998 | Teplice | 38,9 | 16,8 | 141,0 | 556,4 | 746,1 | 732,8 | 2232,1 |
| 1998 | Uh. Hradiště | 15,2 | 5,5 | 36,5 | 187,7 | 228,0 | 136,1 | 609,0 |
| 1999 | Liberec | 32,9 | 24,4 | 18,8 | 205,0 | 246,0 | 129,0 | 656,1 |
| 1999 | Praha - Trója | 600,0 | 86,0 | 29,6 | 0,3 | 18,7 | 12,3 | 746,9 |
| 1999 | Znojmo | 11,8 | 2,5 | 23,4 | 255,0 | 338,0 | 208,0 | 838,7 |
| 2001 | Frýdek - Místek | 14,2 | 202,0 | 643,0 | 209,0 | 358,0 | 161,0 | 1587,2 |
| 2001 | Mladá Boleslav | 114,0 | 59,2 | 65,0 | 129,0 | 179,0 | 137,0 | 683,2 |
| 2001 | Trutnov | 5,5 | 4,1 | 50,0 | 216,0 | 186,0 | 233,0 | 694,6 |
| 2003 | Ostrava | 311,0 | 87,5 | 75,8 | 83,1 | 97,6 | 48,2 | 703,2 |
| 2004 | Mladá Boleslav 1 | 17,7 | 29,1 | 74,5 | 147,0 | 191,0 | 148,0 | 607,3 |
| 2004 | Soběslav | 467,0 | 95,3 | 34,0 | 15,5 | 63,8 | 48,4 | 724,0 |
| 2006 | Trutnov | 10,2 | 158,0 | 57,0 | 125,0 | 141,0 | 133,0 | 624,2 |
| 2006 | Děčín - Boletice | 8,9 | 15,5 | 52,2 | 142,0 | 200,0 | 278,0 | 696,6 |
| 2007 | Liberec | 439,0 | 161,0 | 46,2 | 34,2 | 50,0 | 45,3 | 775,7 |

Tab. 2.11: Vzorky kalů, jejichž suma 6 kongenerů přesáhla limitní hodnotu $600 \mu\text{g.kg}^{-1}$ sušiny 1998 -2007.

Závěry

- V roce 2007 byl obsah polychlorovaných bifenylnů stanoven ve 38 vzorcích kalů
- Suma 6 kongenerů PCB kolísá v roce 2007 v rozpětí od 26,7 do 775 $\mu\text{g.kg}^{-1}$, aritmetický průměr je 108 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ a medián 74,6 $\mu\text{g.kg}^{-1}$
- Z kongenerů se za vyhodnocené období 2002 – 2007 na celkové sumě PCB nejvíce podílí kongener 153 (26,5 %), následují kongenery 180 (21,7 %) a 138 (19,7 %)
- Jeden z odebraných vzorků v roce 2007 překročil limitní hodnotu v obsahu sumy 6 kongenerů PCB pro aplikaci kalů na zemědělskou půdu stanovenou ve vyhlášce č. 382/2001 Sb.

b) Obsahy PAH

V roce 2007 bylo v čistírenských kalech osmým rokem (od roku 2000) provedeno stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků. Celkem bylo analyzováno 38 vzorků. Přehled obsahů jednotlivých PAH a jejich sumy jsou uvedeny v příloze 21 (US EPA vyžaduje stanovení 16 individuálních uhlovodíků, ale ÚKZÚZ nestanovuje acenaphtylene – proto je uvedena suma 15 PAH; návrh směrnice EU uvádí limitní hodnoty pro 11 individuálních PAH, v ÚKZÚZ se stanovuje pouze 10 – proto je uvedena suma 10 PAH), základní statistické charakteristiky v tabulce 2.12.

| | Arit. průměr. | Medián | Modus | Minimum | Maximum |
|---------------|----------------------|---------------|--------------|----------------|----------------|
| NAP | 118 | 71 | 179 | 7 | 862 |
| ANA | 460 | 65 | 47 | 13 | 11600 |
| FLU | 268 | 121 | 140 | 43 | 4080 |
| PHE | 614 | 452 | - | 117 | 3500 |
| ANT | 124 | 65 | 134 | 8 | 629 |
| FLT | 1168 | 869 | 1090 | 226 | 3900 |
| PYR | 1121 | 840 | 1890 | 255 | 3460 |
| BaA | 563 | 411 | 279 | 99 | 2350 |
| CHR | 576 | 402 | 106 | 106 | 2520 |
| BbF | 623 | 377 | 141 | 91 | 4670 |
| BkF | 375 | 225 | 372 | 60 | 2900 |
| BaP | 680 | 367 | - | 83 | 6340 |
| DBA | 112 | 62 | - | 11 | 1120 |
| BPE | 655 | 397 | - | 111 | 4910 |
| IPY | 562 | 328 | 116 | 72 | 5100 |
| suma15 | 8017 | 5219 | - | 1527 | 45770 |
| suma10 | 6524 | 4251 | - | 1260 | 39580 |

Tab. 2.12: Základní statistické charakteristiky obsahů PAH v kalech – 2007 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$).

Průměry a mediány jednotlivých uhlovodíků téměř ve všech případech oproti roku 2006 klesly. Z individuálních uhlovodíků se nejvyšším procentem podílí na sumě 15 PAH v roce 2007 fluoranthene (14,6 %), následuje pyrene (14,0 %), desetiprocentní hranici se blíží benzo[a]pyrene (8,5 %), a benzo[g,h,i]perylene (8,2 %).

Tabulka 2.13 uvádí průběh aritmetických průměrů a mediánů obsahů PAH za osm let sledování. Hodnoty aritmetických průměrů a mediánů sumy 15 i 10 PAH vykazují za celou dobu sledování s určitými výkyvy vytrvalý pokles.

Hodnocení obsahů PAH v kalech z hlediska jejich využití v zemědělství umožňuje v současné době pouze návrh směrnice EU, který stanovuje maximální přípustnou hodnotu 6 mg.kg⁻¹ suš. pro sumu 11 individuálních PAH (acenaphtene, fluorene, phenanthrene, fluoranthene, pyrene, benzo(b)fluoranthene, benzo(j)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, benzo(a)pyrene, benzo(g,h,i)perylene a ideno(1,2,3-c,d)pyrene). V laboratořích ÚKZÚZ je z uvedených jedenácti uhlovodíků stanovováno deset (chybí benzo(j)fluoranthene). Suma vybraných 10 PAH ve všech 38 analyzovaných vzorcích kalů je graficky zobrazena v příloze 22 s vyznačenou limitní hodnotou. Navrhovanou limitní hodnotu 6 mg.kg⁻¹ překročilo celkem 12 vzorků kalů, tedy přibližně tolik, co v předchozích dvou letech. (14 a 13 vzorků).

| Rok | 15 PAH | | 10 PAH | |
|------|--------------------|--------|--------------------|--------|
| | Aritmetický průměr | Medián | Aritmetický průměr | Medián |
| 2000 | 12534 | 7794 | 10192 | 6367 |
| 2001 | 13975 | 9247 | 11286 | 7583 |
| 2002 | 10085 | 7504 | 8129 | 6097 |
| 2003 | 10086 | 6113 | 8603 | 5077 |
| 2004 | 10438 | 6865 | 8561 | 5618 |
| 2005 | 9042 | 5361 | 7453 | 4322 |
| 2006 | 12100 | 6942 | 9970 | 5355 |
| 2007 | 8017 | 5219 | 6524 | 4251 |

Tab. 2.13: Aritmetický průměr a medián obsahů PAH v kalech ČOV za období 2000 - 2007 (µg.kg⁻¹).

Závěry

- V roce 2007 byl obsah polycyklických aromatických uhlovodíků stanoven ve 38 vzorcích kalů.
- Suma 10 PAH se pohybuje v rozmezí 1,2 – 39,5 mg.kg⁻¹, medián souboru je 4,2 mg.kg⁻¹, průměrná hodnota 6,5 mg.kg⁻¹.
- Uhlovodíky s nejvyššími nálezy v kalech v roce 2007 jsou fluoranthene, který se na celkové sumě podílí (14,6 %), následuje pyrene (14,0 %).
- Srovnání výsledků stanovení obsahů PAH v kalech za sledované osmileté období na těch ČOV, kde byly sledovány nejčastěji, naznačuje u některých ČOV mírně klesající trend, avšak vzhledem k tomu, že soubor je poměrně malý a datová řada není dostatečně dlouhá, není zatím možné tyto tendence považovat za dostatečně průkazné.

- Limitní hodnotu stanovenou v návrhu směrnice EU pro sumu 11 vybraných PAH překročilo ze 38 analyzovaných vzorků 12.

Hodnocení rybníčních sedimentů

Do roku 2007 bylo odebráno na stanovení PCB celkem 29 vzorků rybníčních sedimentů. Stanovuje se 7 kongenerů PCB – 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180. Popisná statistika souboru je uvedena v tabulce 2.14.

| | průměr | medián | min | max |
|------------|---------------|---------------|------------|------------|
| PCB | 5,31 | 3,05 | 0,01 | 31,0 |

Tab. 2.14: Základní stat. parametry sumy 7 kongenerů PCB v sedimentech (1995 – 2007).

Odběry vzorků byly v roce 2007 prováděny pouze pracovníky ÚKZÚZ ze sedimentárních částí rybníků nebo ze složišť vytěžených sedimentů jak rybníčních tak i říčních. V minulých letech byly některé vzorky dodány přímo zákazníkem. V současné době, v rámci samostatného úkolu, jsou již vzorky odebírány podle „Metodického pokynu k využití sedimentů“, zveřejněného MŽP.

Aktivní biomonitoring

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 požadovaných 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.

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 požadované 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).

V rámci aktivního biomonitoringu je sledováno 15 polyaromatických uhlovodíků běžně stanovovaných v ÚKZÚZ. V literatuře uváděný acenaphthylene (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 aromatických uhlovodíků jsou uváděny 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.

a) Obsahy PAH v nadzemní části jílku mnohokvětého

Průměrný obsah polyaromatických uhlovodíků v hmotě jílku mnohokvětého uvádí tabulka 2.15, 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.

| 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

Tab. 2.15: Obsahy PAH v jílku; aritmetický průměr za vegetační období 2007.

| | Závišín | Přerov n/L | Opava | Třešť |
|------------|-------------------------------------|------------|---------|---------|
| | μg.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 |

Tab. 2.16: Obsah individuálních PAH v jílku na jednotlivých stanovištích , průměr za vegetační období 2007.

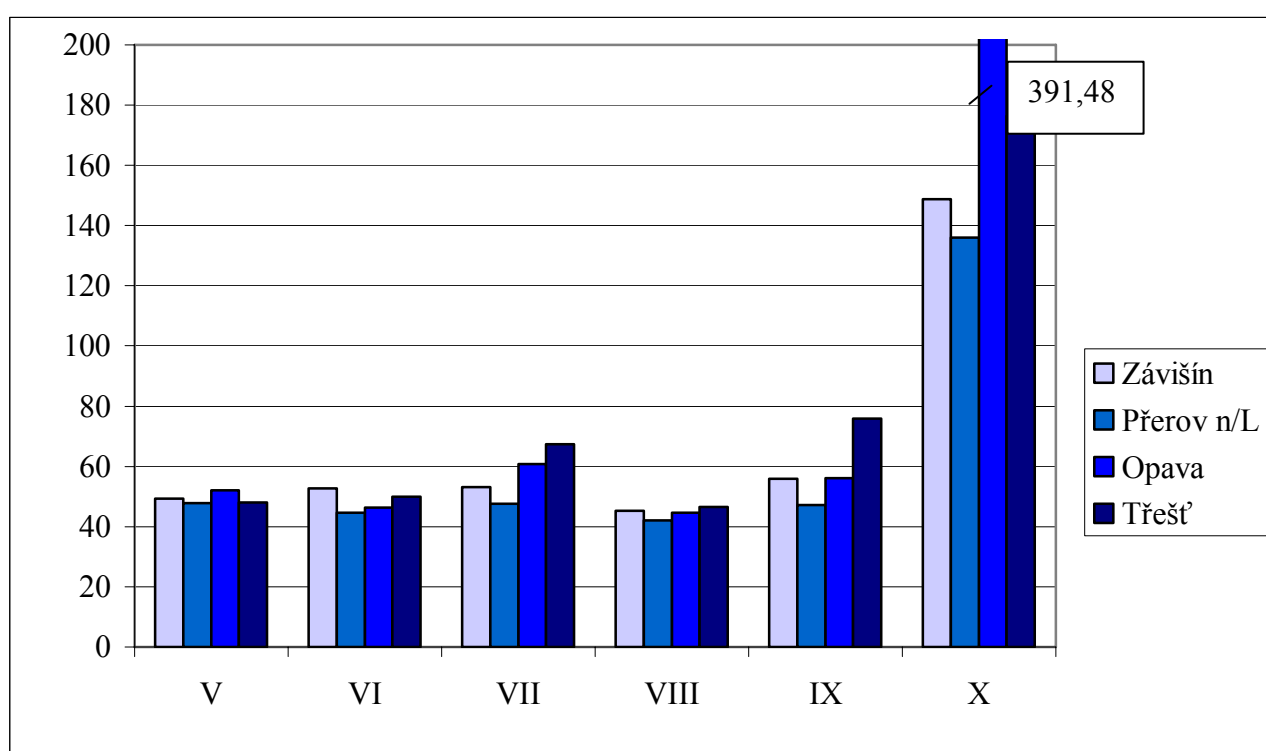
Průměrný obsah organických polutantů v jílku byl nejvyšší na stanovišti v Opavě (tabulka 2.16). Na všech stanovištích tvořil nejvyšší podíl z celkového množství polyaromatických uhlovodíků phenanthrene (PHE), fluoranthene (FLT), pyrene (PYR) a fluorene (FLU). Především hodnoty phenanthrene (PHE), fluoranthene (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). I přesto, že v mnoha případech je obsah jednotlivých uhlovodíků pod mezí stanovitelnosti, je celkový záchyt sumy polyaromatických uhlovodíků v porovnání s výše uvedenou požadovou hodnotou z Rakouska vysoký.

Tabulka 2.17 uvádí záchyt organických polutantů v průběhu vegetačního období. Na

stanovištích měl téměř shodný průběh s výrazným nárůstem zachytu organických polutantů v posledním měsíci sledování (graf 1).

| 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 |

Tab. 2.17 Změny obsahu sumy PAH v jítku v průběhu vegetačního období 2007, aritmetický průměr stanovišť.



Graf 2.1: Změny obsahu sumy PAH v jítku v průběhu vegetačního období 2007, μg.kg⁻¹ čerstvé biomasy.

b) Obsahy PAH v jehličí borovice černé

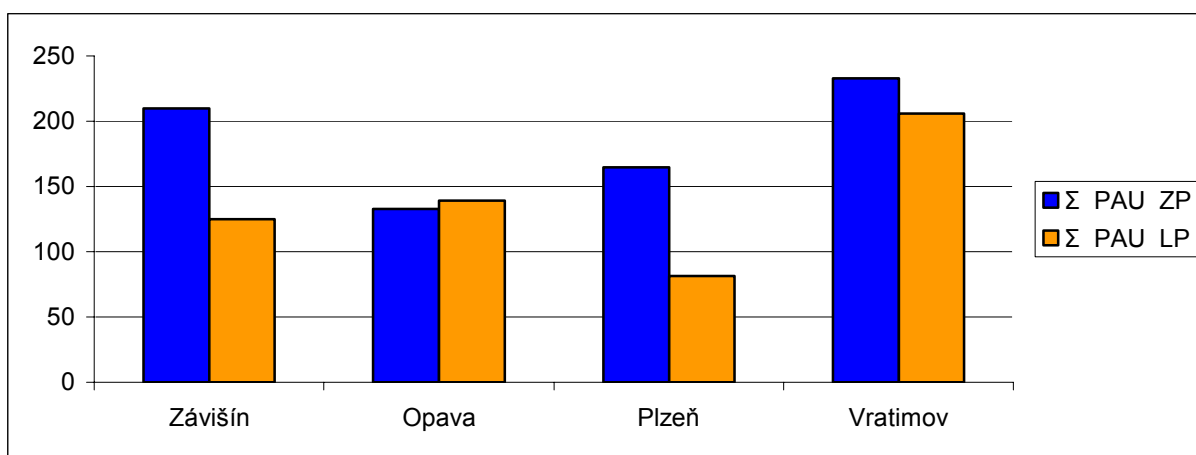
Průměrné obsahy polyaromatických uhlovodíků naměřené v jehličí borovice černé jsou uvedeny v tabulce 2.18.

| 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 |

Tab. 2.18: Obsahy PAH v jehličí borovice, aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2007.

Nejvyšší hodnota záchytu byla zjištěna na stanovišti Vratimov v zimní periodě, nejnižší hodnota překvapivě na stanovišti Plzeň v letní periodě. 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 PAH na jehličí byly jak mezi zatíženými a nezatíženými stanovišti, tak mezi zimní a letní periodou, jak je možné vidět na grafu 2.2.



Graf 2.2: Obsah sumy 15 PAH v jehličí borovice v letní (LP) a zimní periodě (ZP), μg.kg⁻¹ čerstvé biomasy.

Průměrné hodnoty individuálních PAH naměřené v jehličí na jednotlivých stanovištích uvádí tabulka 2.19.

| PAU | nezatížená stanoviště | | zatížená stanoviště | |
|-------------------|--|--------|---------------------|----------|
| | Závišín | Opava | Plzeň | Vratimov |
| | $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 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 |

Tab. 2.19 Obsahy individuálních PAH v jehličí borovice, aritmetický průměr zatížených a nezatížených stanovišť v roce 2007.

Rozdíly mezi obsahy jednotlivých organických polutantů v zimní a letní periodě jsou zřetelné z tabulky 2.20.

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

Závěry

- 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.
- 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.

| 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 |

Tab. 2.20: Obsahy jednotlivých PAH v jehličí borovice v letní a zimní periodě, aritmetický průměr nezatížených a zatížených stanovišť v roce 2007.

Literatura

ÖHLINGER, R., 2002: Aktives und passives Biomonitring: Richtwertevorschläge.
Bundesamt für Agrarbiologie Linz

PAVLÍČEK, V. et al., 2000: Ověření metody aktivního biomonitringu. Závěrečná zpráva
vývojového úkolu. ÚKZÚZ Brno, VÚRV Praha – Ruzyně