

Metody monitorování zátěže životního prostředí polychlorovanými bifenyly

Bc. Petr Křípský

Diplomová práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav chemie

akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr KŘIPSKÝ**
Osobní číslo: **T10659**
Studijní program: **N 2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Řízení technologických rizik**

Téma práce: **Metody monitorování zátěže životního prostředí polychlorovanými bifenylly**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Vymezení cíle diplomové práce k problematice PCB.
2. Literární rešerše vlastností, výroby, využití a účinků PCB.
3. Zdravotní rizika a zátěž pro životní prostředí.
4. Výskyt v ovzduší, vodě, potravinách a krmivech.

II. Praktická část

1. Legislativní aspekty, evidence a nakládání s PCB.
 2. Standardizované metody zjišťování a stanovení PCB.
 3. Popis postupu vybraných metod.
 4. Celkové zhodnocení rizika z hlediska životního prostředí.
-

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- [1] Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech ve znění změn a novel.
- [2] VÉBER, K., KREDL, F. Polychlorované bifenylly v biosféře, zejména ve vodách a některých vodních organismech. 1.vyd. Praha: Academia, 1991,72s. ISBN 80-200-0361-4.
- [3] KÁŠ, Jan, et al. Biotechnologie životního prostředí. Praha :VŠCHT, 2000. 142 s. ISBN 80-7080-376-2.
- [4] Zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky ve znění změn a novel.
- [5] Zákon č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích ve znění všech změn a novel.

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.

Ústav biochemie a analýzy potravin

Datum zadání diplomové práce:

14. února 2011

Termín odevzdání diplomové práce:

20. května 2011

Ve Zlíně dne 14. února 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



prof. Ing. Antonín Klásek, DrSc.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: KŘÍPJSKÝ Petr Obor: Rizikení rizik

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 2. 5. 2011



¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

Prohlašuji tímto, že jsem diplomovou práci na téma „Metody monitorování zátěže životního prostředí polychlorovanými bifenyly“ zpracoval sám, pouze za využití pramenů v práci uvedených a za pomoci odborných konzultací s doc. Ing. Miroslavem Fišerou, CSc.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a nahraná verze do IS/STAG jsou totožné.

V Brně 2. května 2011



.....

Bc. Petr Křípský

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Miroslavu Fišerovi, CSc. za jeho odborné vedení při vypracovávání této práce. Poděkování patří také mé rodině za trpělivou podporu a pomoc.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce je zaměřena na problematiku polychlorovaných bifenylnů (PCB). Jsou zde popsány jejich vlastnosti, výroba a využití. Rozebral jsem jednotlivá zdravotní rizika pro člověka a existující zátěž pro životní prostředí.

Další část práce se zabývá současnou právní úpravou v ČR po implementaci norem EU. Dále jsem se věnoval rozboru jednotlivých metod zjišťování a stanovení PCB, navazuje přehled stavu množství polychlorovaných bifenylnů v ČR a vyhodnocení celkových rizik z hlediska životního prostředí.

Klíčová slova: polychlorované bifenyly, PCB, POPs

ABSTRACT

My Master thesis is directed to polychlorinated biphenyls (PCBs). It describes their production, properties and application. I also present particular health hazards and load of the environment.

The following part of the Master thesis deals with adjustment of relevant Czech laws to bring them in accord with those of EU. Next part discusses particular method how to detect and specify PCBs. I also bring information on quantity of PCBs in the Czech Republic and assesment of total risk to the environment.

Keywords: polychlorinated biphenyls, PCBs, POPs

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 POLYCHLOROVANÉ BIFENYLY	12
1.1 DEFINICE POJMU PCB.....	12
1.2 FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ VLASTNOSTI PCB	14
1.3 VÝROBA PCB.....	17
1.4 ÚČINKY NA ZDRAVÍ LIDÍ A ZVÍŘAT.....	19
1.5 VÝSKYT V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ	20
II PRAKTICKÁ ČÁST	21
2 STAV PLATNÝCH ZÁKONŮ K PROBLEMATICE PCB	22
2.1 LEGISLATIVNÍ ÚPRAVA V ČR PO IMPLEMENTACI NOREM EU.....	22
2.2 SMĚRNICE RADY EU č. 96/59/ES.....	27
2.3 OZNAČENÍ ZAŘÍZENÍ S PCB DLE VYHLÁŠKY MŽP ČR č. 384/2001.....	29
2.4 SEZNAM ANALYTICKÝCH METOD STANOVENÍ OBSAHU PCB.....	30
3 ZPŮSOBY STANOVENÍ PCB	32
3.1 METODY MĚŘENÍ PCB V ÚNICÍCH DO OVZDUŠÍ	32
3.1.1 Manuální metody stanovení	32
3.1.2 Instrumentální on-line metody stanovení	35
3.2 METODY MĚŘENÍ PCB V ÚNICÍCH DO PŮDY	36
3.2.1 Standardizované metody stanovení	36
3.2.2 Extrakční metody.....	40
3.2.3 Metody přečištění	42
4 ZJIŠTĚNÉ STAVY PCB PRO ČESKOU REPUBLIKU	45
5 ANALÝZA ZJIŠTĚNÉHO STAVU PCB V ČR	61
6 ZPŮSOBY ZNEŠKODNĚNÍ ODPADU OBSAHUJÍCÍHO PCB	63
7 ZHODNOCENÍ RIZIKA PCB PRO ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	64
ZÁVĚR	65
SEZNAM ODKAZŮ	66
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	68
SEZNAM OBRÁZKŮ	70
SEZNAM TABULEK	71

ÚVOD

Diplomová práce se věnuje skupině látek s názvem polychlorované bifenyly (PCB). Jedná se o velmi nebezpečné polutanty pro životní prostředí, proto se tyto látky již nevyrábějí a současným zájmem každé společnosti je pečlivá eliminace dopadů těchto látek a zájem o naprostou ekologickou likvidaci. Dále je zaměřena na charakteristiku těchto látek, jejich vlastnosti, přehled výroby a využití, včetně uvedení hlavních zdravotních rizik. Důležité kapitoly se budou týkat legislativních aspektů evidence a nakládání s PCB, rozboru standardizovaných metod zjišťování a stanovení PCB. Součástí je i přehled stavu pro ČR a porovnání monitorovaného zatížení mezi jednotlivými kraji v ČR.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYCHLOROVANÉ BIFENYLY

Polychlorované bifenyly se začaly vyrábět ve 30. letech 20. století v USA jako chemické látky pro průmyslové využití. V přírodě se přirozeně nevyskytují.

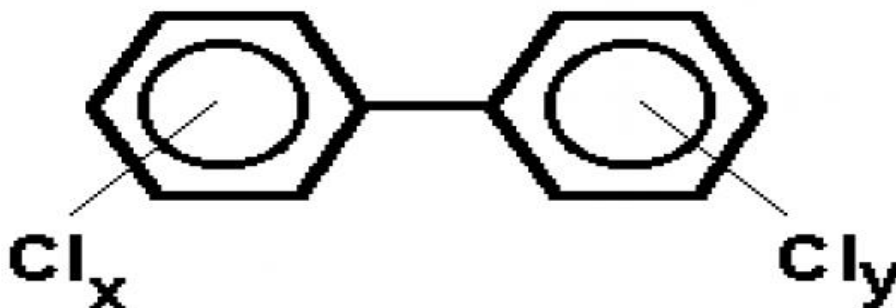
Pro své výborné fyzikálně-chemické vlastnosti našly velmi brzy široké uplatnění v průmyslu. Používaly se do transformátorových a kondenzátorových olejů, do barev, plastifikátorů, ale třeba také na propisovací papíry a do inkoustů. Dokonce i do rtěnek.

Dlouho byly považovány za zcela neškodné. Teprve na konci 60. let bylo zjištěno, že při vyšších dávkách mohou působit toxicky, a proto byly označeny jako potenciální karcinogeny. Poté, co byl zjištěn jejich negativní vliv na lidské zdraví, byla v roce 1984 zakázána jejich výroba i v tehdejší Československu.

1.1 Definice pojmu PCB

Jedná se o organické látky, u nichž jsou vodíkové atomy na bifenylovém skeletu nahrazeny v různé míře atomy chloru. Počet atomů chloru v molekule PCB může být v rozmezí 1-10 a podle různých poloh umístění těchto atomů tak může teoreticky existovat 209 izomerů (kongenerů) PCB [1].

Chemický vzorec: $C_{12}H_{10-(x+y)}Cl_{x+y}$ ($x+y=1$ až 10)



Obr. 1. Obecná struktura molekuly PCB [2]

číslo CAS	1336-36-3
Kemler kód	90
UN – kód	2315
hustota (voda 1 g/cm³)	1,3 – 1,8 g/cm ³
začlenění dle ADR třída	9
skupina	M2

R – věty

R33 Nebezpečí kumulativních účinků (pro látky a přípravky, u nichž je pravděpodobná kumulace v lidském těle a mohou určitým způsobem ovlivnit zdravotní stav).

R50/53 Vysoce toxický plyn pro vodní organismy, může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí.

S - věty

S2 Uchovávejte mimo dosah dětí.

S35 Tento materiál a jeho obal musí být zneškodněny bezpečným způsobem.

S60 Tento materiál a jeho obal musí být zneškodněny jako nebezpečný odpad.

S61 Zabraňte uvolnění do životního prostředí (viz speciální pokyny nebo bezpečnostní listy).

Výstražné symboly



Obr. 2. Výstražné symboly [3]

1.2 Fyzikálně-chemické vlastnosti PCB

Polychlorované bifenyly jsou bezbarvé (průzračné) nebo žlutě zbarvené netěkavé kapaliny. Jejich vlastnosti jsou ovlivněny stupněm chlorace a obsahem chloru.

Pohybují se v tomto rozmezí:

molekulová hmotnost: 292 až 361

měrná hustota: 1,3 až 1,6 g/cm³

bod varu: 310 až 390°C

rozpustnost ve vodě: 10–5 g/l [2].

Z uvedených parametrů je patrné, že jsou téměř nerozpustné ve vodě, naproti tomu jsou dobře rozpustné v organických rozpouštědlech a tucích. Pro tuto svoji vlastnost jsou velmi nebezpečné, neboť jako tzv. lipofilní látky se kumulují v tukových tkáních živých organismů. Jsou také chemicky i fyzikálně stálé (i za teplot okolo 300°C) a nekorozivní.

V komerčních směsích se ale vyskytuje pouze 130 kongenerů. Jednotlivé kongenery jsou bezbarvé krystaly bez zápachu, avšak komerční směsi PCB jsou kapaliny. Hustota směsí závisí na stupni chlorace a s růstem obsahu chloru se hustota zvyšuje [1].

Díky dalším vlastnostem PCB dosáhly velmi širokého uplatnění v průmyslu.

Jsou to tyto vlastnosti:

teplotní stálost,

odolnost vůči vzplanutí při teplotách jejich varu,

odolnost vůči oxidaci,

odolnost vůči kyselinám a zásadám,

vysoká dielektrická konstanta,

vyšší teplota (nad 1 000°C), při níž nastává hoření [3].

Polychlorované bifenyle byly vyráběny a distribuovány v širokém měřítku po celém světě v období 30. - 70. let dvacátého století (v některých zemích ještě mnohem déle) a prodávaly se pod různými názvy.

Tabulka 1 - Přehled obchodních názvů vybraných přípravků obsahujících PCB vyráběných v Československu [4]

Označení výrobku	Použití
Delor 103	Elektroizolační kapalina
Delor 105	Elektroizolační kapalina
Delor 105 T	Elektroizolační kapalina
Delor 106	Elektroizolační kapalina
Delor 106/80X	Elektroizolační kapalina
Delotherm DH	teplonosné médium
Hydrochlor 103	hydraulická kapalina
Hydelor 103	hydraulická kapalina
Hydelor 104	hydraulická kapalina
Hydelor 1104	hydraulická kapalina

Tabulka 2 - Přehled světových obchodních názvů výrobků obsahujících PCB [4]

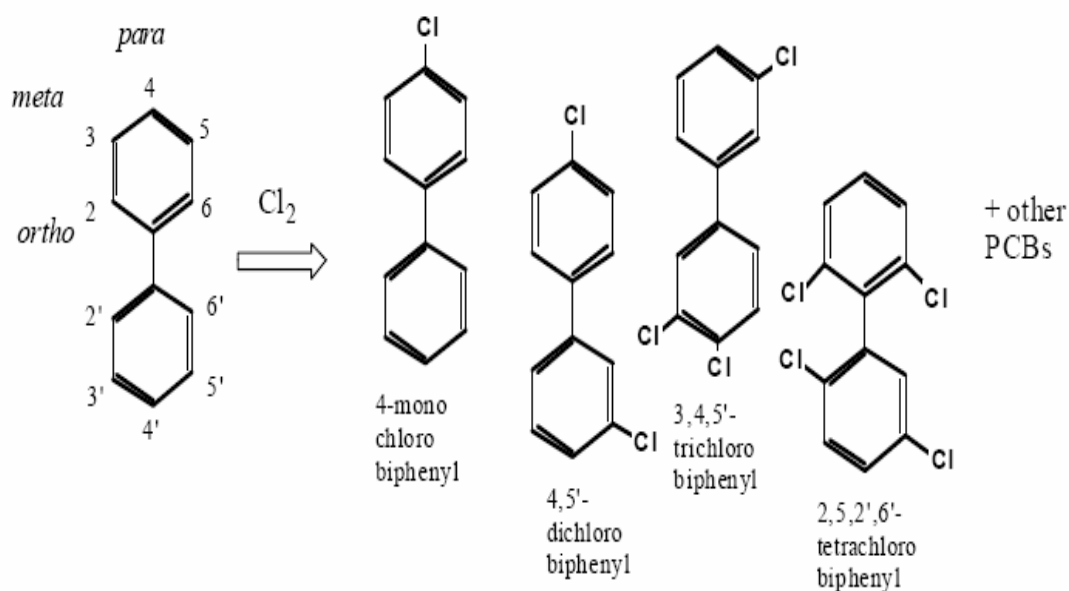
Označení výrobku	Země vývozu
Aroclor	USA, Velká Británie a Japonsko
Chlorextol	USA
Dykanol	USA
Inerteen	USA
Noflamol	USA
Pyranol	USA
Terminol	USA
Clophen	SRN
Pyralen	Francie
Phenocloc	Francie
Fenclor	Itálie
Santotherm	Japonsko
Sovtol	SSSR
Sovol	SSSR

1.3 Výroba PCB

Výroba polychlorovaných bifenyly je založena na umělé chloraci bifenyly za zvýšené teploty, jako katalyzátor reakce byly používány soli železa. Získaná reakční směs se neutralizuje, následně se destiluje a získaný produkt je rafinován. Dostane se směs chemických individuí, které se liší stupněm chlorace a polohou substituentů [1].

Stupeň chlorace je možno ovlivnit množstvím chloru použitého při reakci. PCB mají celkem 209 kongenerů, ale ve větším množství se jich uměle vyrábí pouze 102. Těchto 102 různých izomerů pak tvořily komerční směsi, obsahující většinou 50 - 60 kongenerů.

Ballschmitter, který se zabýval analýzou PCB, přiřadil k jednotlivým kongenerům čísla, která jsou s oficiálním souhlasem IUPAC - mezinárodní unie pro čistou a užitou chemii používána místo názvů v odborných publikacích, katalozích apod. Např. PCB 101 je označení pro 2,4,5,2',5' pentachlorbifenyl [5].



Obr. 3. Obecná rovnice výroby PCB a možné produkty této reakce [6]

V bývalé ČSSR se polychlorované bifenyly vyráběly od roku 1959 do 15. ledna 1984 v jediném monopolním podniku CHEMKO Strážské na východním Slovensku. Celkově bylo v ČSSR za 25 let vyrobeno 21 482 t PCB. Z tohoto množství výrobků na bázi PCBs vyrobených v Chemiku bylo 9 869 t (46%) exportováno zejména do bývalé NDR a zbytek, tj. 11 613 t byly využity v bývalém Československu. Největšími odběrateli technických směsí na bázi PCBs byly podniky Barvy a laky Praha (Delor 106/80 X), ZEZ Vamberk (Delor 103) a ČKD Praha (Delor 103, Hydeler). Delotherm odebíraly zejména různé stavební organizace.

Jejich využití se odvozovalo z vlastností, které PCB vykazují: výborných teplotnosných vlastností, dobré schopnosti elektroizolace, malé vznětlivosti a hořlavosti.

Použití PCB v uzavřených systémech je následující:

Chladicí kapaliny v transformátorech, dielektrické kapaliny v kondenzátorech, teplotnosná media, ohnivzdorné a teplotnosné antikorozi hydraulické kapaliny v důlních zařízeních a vakuových pumpách, použití mazadel.

Další využití PCB (v otevřených systémech) bylo:

Použití plastifikátorů na bázi PCB, bezuhlíkový kopírovací papír, lubrifikanty, tiskařské barvy, impregnační materiály, barvy, lepidla, vosky, aditiva do cementů a omítek, materiály na mazání odlévacích forem, materiály používané pro výrobu odlučovačů prachu, těsnící kapaliny, inhibitory hoření, imerzní oleje, pesticidy, laminátovací činidla, těžké oleje, samolepící pásy anebo balící papír.

Vzhledem k tomu, že informace o toxických vlastnostech polychlorovaných bifenylnů buď nebyly známy nebo byly podceňovány, nebylo masivní rozšíření PCB korigováno významnějšími ochrannými opatřeními zabráňujícími jejich průniku do životního prostředí. Toxický charakter PCB i ve velmi nízkých koncentracích byl definitivně prokázán až v 70. letech minulého století a navíc bylo ověřeno, že nebezpečnost přítomnosti PCB v životním prostředí a potravních řetězcích je násobena schopností PCB kumulovat se především v tukových tkáních organismů.

Po tomto zjištění bylo použití PCB v zemích OECD omezeno na uzavřené systémy. V bývalém Československu však došlo ke zcela jinému vývoji. Nehledě na alarmující a obecně dostupné informace o nebezpečnosti PCB zde po roce 1972 jejich výroba začala narůstat a dosáhla vrcholu kolem roku 1980 aniž by jejich používání bylo kontrolováno z hlediska ohrožení zdraví a životního prostředí. Teprve poté, co byly prokazovány masivní kontaminace např. hovězího masa, mléka, másla a ryb, byla výroba PCB v roce 1984 ukončena i v Československu [7].

1.4 Účinky na zdraví lidí a zvířat

Akutní otravy způsobené PCB jsou zatím vzácné. Nízkou akutní toxicitu těchto látek potvrzuje nejlépe hromadná otrava v Japonsku v roce 1968, kdy na ostrově Kjúšú bylo postiženo asi 15 000 lidí. Projevila se únavou, zvracením, lehkou žloutenkou a kolikou. V těžkých případech se dostavila bronchitida, astma, zápal plic, vyrážky, ztráta vlasů a silné bolesti hlavy. Příčinou otravy byla přítomnost PCB (Kaneclor 400) v rýžovém oleji v množství 200 mg/kg. K podobnému případu došlo v roce 1979 na Taiwanu, kdy byly 2 000 lidí otráveni konzumací kontaminovaného rýžového oleje.

Častější jsou intoxikace u pracovníků při výrobě PCB a zneškodňování odpadů, projevující se kožními onemocněními (vyrážky, změny pigmentace kůže, opuchliny), záněty spojivek, únavou, zvracením apod.

Závažnější jsou možnosti chronických otrav, které byly prokázány u experimentálních zvířat a mohou mít stejné projevy u lidí. Zvýšení toxicity PCB vyvolávají stopy dibenzofuranů a dibenzodioxinů. PCB vyvolávají onemocnění jater, poruchy krevního oběhu, únavu, prodlužují těhotenství a způsobují reprodukční problémy. Smrtelné otravy zatím nebyly zaznamenány.

I když karcinogenita PCB nebyla v plném rozsahu prokázána, je známa a potvrzena souvislost například s rakovinou tlustého střeva. Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny již v roce 1978 doporučila, aby se s PCB zacházelo, jako by byly karcinogenní a teratogenní. Varovným signálem jsou i mutagenní účinky PCB na bakterie. Pokud tyto sloučeniny mohou zasáhnout do dědičnosti jednobuněčných organismů, je pravděpodobné ohrožení i buněk lidských.

Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (*International Agency for Research on Cancer*, zkráceně **IARC**) je mezinárodní agentura, která je součástí Světové zdravotnické organizace (WHO). Sídlí ve francouzském městě Lyon a koordinuje výzkum příčin rakoviny. Vede oficiální databázi kategorizující karcinogeny a vydává monografie věnované jednotlivým agens.

Kategorie karcinogenů dle IARC [8]

Skupina 1 – prokázaný karcinogen pro člověka

Skupina 2A – pravděpodobně karcinogenní pro člověka (PCB)

Skupina 2B – podezřelý karcinogen pro člověka

Skupina 3 – neklasifikovaný

Skupina 4 – pravděpodobně není karcinogenní pro člověka

1.5 Výskyt v životním prostředí

Dominantní kongenery PCB v původně vyráběných směsích jsou předmětem analytického sledování PCB v životním prostředí (většinou se sleduje 5 - 7 kongenerů PCB, v ČR to je 7 indikátorových kongenerů: 28, 52, 101, 118, 138, 153 a 180). Součet jejich koncentrací se matematicky blíží celkovému obsahu PCB v dané matici. Ovšem z toxikologického hlediska některé minoritní kongenery prokazují až řádově vyšší toxicitu než řada kongenerů majoritních. Jde především o 12 kongenerů vykazujících dioxinovou aktivitu (non-ortho a moho-ortho substituované PCB).

Nyní se PCB do životního prostředí dostávají například v důsledku požárů a úniků z uzavřených systémů (transformátorů, kondenzátorů a dalších), z barev či omítek s obsahem PCB, z úložišť odpadů s obsahem PCB, spalováním odpadů s obsahem PCB. Vyšší obsah PCB je často doprovázen přítomností polychlorovaných dibenzodioxinů a dibenzofuranů.

Rozpustnost PCB ve vodě je velmi nízká a klesá s rostoucím stupněm chlorace. To způsobuje, že ve vodním prostředí se PCB kumulují v říčních sedimentech, přičemž významně vyšší obsahy PCB jsou v bahenních typech sedimentů s vyšším podílem celkové organické hmoty než v sedimentech s převahou písčného podílu. V anaerobních podmínkách dnových sedimentů se PCB rozkládají jen velmi pomalu, (pozdvolná fotochemická a biologická degradace s poločasem rozkladů v řádu roků). Rozklad PCB urychluje UV záření. Dochází přitom i k otevření benzenového kruhu.

Z vody a říčních sedimentů jsou PCB akumulovány řasami a planktonem a dostávají se tak do potravních řetězců. Ryby žijící po delší dobu ve vodě kontaminované stopovými koncentracemi PCB v sobě tyto látky zakoncentrovaly až tisíckrát. Distribuce PCB v tělech ryb přitom není rovnoměrná. U kaprů se např. hromadí hlavně v tukových tkáních, hlavě, centrální nervové soustavě, žlučníku a dalších vnitřních orgánech, přičemž koncentrace v krvi a hladkém svalstvu jsou významně nižší.

Česká republika patří k zemím s největší zátěží PCB v Evropě v důsledku širokého použití těchto látek a původní lokalizaci výroby PCB na východní Slovensko. V roce 1986 došlo k úniku topného oleje (Delotherm DH) z obalovny živичné drti v Rožmitále pod Třemšínem a kontaminaci vod v okolí. V jeho důsledku byl v roce 1988 vydán zákaz konzumace ryb chycených v řece Skalici a v přehradní nádrži Orlik na Vltavě.

Známé jsou také případy kontaminace kravského mléka v JZD, kde byly použity k natření žlabů a vnitřního vybavení kravínů barvy s obsahem PCB. V roce 1987 byly polychlorované bifenyly objeveny v mléce a masě krav z JZD Liblice na Mělnicku [3, 9].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

2 STAV PLATNÝCH ZÁKONŮ K PROBLEMATICE PCB

Většina lidských činností buď svou podstatou nebo rozměry narušuje rovnováhu v životním prostředí a tak způsobuje poškozování životního prostředí.

Protože je v zájmu lidstva, generace současné i generací budoucích, poškozování životního prostředí omezit na minimální nebo alespoň přijatelnou míru, je třeba veškeré takové činnosti, které mohou kvalitu životního prostředí ovlivňovat, zákonnými normami regulovat.

Legislativa na tomto úseku prodělala zásadní změny v souvislosti s její harmonizací s předpisy Evropské unie.

2.1 Legislativní úprava v ČR po implementaci norem EU

Dne 21. února 2010 došlo k přijetí poslední platné novelizace zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, ve znění všech změn a novel, zákona č. 154/2010 Sb. [10].

Tento zákon zpracovává příslušné předpisy Evropských společenství a upravuje pravidla pro předcházení vzniků odpadů a pro nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí, ochrany lidského zdraví a trvale udržitelného rozvoje a při omezování nepříznivých dopadů využívání přírodních zdrojů a zlepšování účinnosti tohoto využívání. Dále norma upravuje práva a povinnosti osob v odpadovém hospodářství a objasňuje působnost orgánů veřejné správy v odpadovém hospodářství.

V zákoně č. 185/2001 Sb., o odpadech ve znění změn a novel je upravena oblast týkající se PCB v části čtvrté, hlava II - „Zvláštní ustanovení pro vybrané výrobky, vybrané odpady a vybraná zařízení“, díl 1 - „Odpady perzistentních organických znečišťujících látek a PCB“.

Pro účely této části zákona se rozumí v § 26,

odst. a)

PCB – polychlorované bifenyly, polychlorované terfenyly, monometyltetrachlordifenylnmetan, monometyldichlordifenylnmetan, monometyldibromdifenylnmetan, veškeré směsi obsahující jednu, nebo více z uvedených látek v celkové koncentraci těchto látek vyšší než 50 mg/kg,

odst. b)

zařízením obsahujícím PCB – každé zařízení, které obsahuje, nebo obsahovalo PCB a nebylo dekontaminováno,

odst. c)

zařízením obsahujícím PCB a podléhajícím evidenci – zařízení obsahující PCB [písm. b)] s celkovým objemem náplně více než 5 litrů,

odst. d)

lehce kontaminované zařízení – zařízení podle písmene c), které obsahuje, nebo u něhož lze na základě dostupných údajů důvodně předpokládat, že provozní kapaliny obsahují 50 – 100 mg/kg PCB,

odst. e)

zařízeními, která mohou obsahovat PCB a podléhající evidenci – olejové transformátory, kondenzátory s kapalným dielektrikem, rezistory, indukční cívky a další elektrotechnická zařízení plněná elektroizolační kapalinou, hydraulická důlní zařízení, vakuová čerpadla, průmyslová zařízení s ohřevem teplotonosnou kapalinou (duplikátory, obalovny silniční drti a podobně), nebo části těchto zařízení obsahující více než 5 litrů kapalin,

odst. f)

zařízením bez PCB – zařízení dle písmene b), které bylo úspěšně dekontaminováno a zařízení dle písmene d), u něhož byla prokázána nepřítomnost PCB dle § 27 odst. 10 písm. c),

odst. g)

dekontaminací – veškeré postupy, které umožní, aby zařízení, objekty a materiály obsahující PCB mohly být po prokázání nepřítomnosti PCB způsobem stanoveným prováděcím právním předpisem znovu používány, recyklovány nebo odstraněny. Dekontaminací může být i náhrada PCB jinými vhodnými látkami neobsahujícími PCB,

odst. h)

odstraňováním PCB – způsoby odstraňování odpadů uvedené pod kódy D8, D9, D10, D12 a D15 dle přílohy č. 4 k tomuto zákonu.

Příloha č. 4 zákona č. 185/2001 Sb. , o odpadech ve znění platných změn a novel:

Způsob odstraňování odpadů [10]

D1 - Ukládání v úrovni nebo pod úrovní terénu (např. skládkování apod.).

D2 - Úprava půdními procesy (např. biologický rozklad kapalných odpadů či kalů v půdě apod.).

D3 - Hlubinná injektáž (např. injektáž čerpatelných kapalných odpadů do vrtů, solných komor nebo prostor přírodního původu apod.).

D4 - Ukládání do povrchových nádrží (např. vypouštění kapalných odpadů nebo kalů do prohlubní, vodních nádrží, lagun apod.).

D5 - Ukládání do speciálně technicky provedených skládek (např. ukládání do oddělených, utěsněných, zavřených prostor izolovaných navzájem i od okolního prostředí apod.).

D6 - Vypouštění do vodních těles, kromě moří a oceánů.

D7 - Vypouštění do moří a oceánů včetně ukládání na mořské dno.

D8 - Biologická úprava jinde v této příloze nespecifikovaná, jejímž konečným produktem jsou sloučeniny nebo směsi, které se odstraňují některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12.

D9 - Fyzikálně-chemická úprava jinde v této příloze nespecifikovaná, jejímž konečným produktem jsou sloučeniny nebo směsi, které se odstraňují některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12 (např. odpařování, sušení, kalcinace).

D10 - Spalování na pevnině.

D11 - Spalování na moři.

D12 - Konečné či trvalé uložení (např. ukládání v kontejnerech do dolů).

D13 - Úprava složení nebo smíšení odpadů před jejich odstraněním některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12 .

D14 - Úprava jiných vlastností odpadů (kromě úpravy zahrnuté do D13) před jejich odstraněním některým z postupů uvedených pod označením D1 až D13.

D15 - Skladování odpadů před jejich odstraněním některým z postupů uvedených pod označením D1 až D14 (s výjimkou dočasného skladování na místě vzniku odpadu před shromáždění potřebného množství).

Povinnosti při nakládání s PCB, odpady PCB a zařízeními obsahujícími PCB jsou upraveny v § 27:

(1) Vlastníci PCB a odpadů PCB jsou povinni je odstranit a vlastníci, popřípadě provozovatelé zařízení obsahujících PCB a podléhajících evidenci a zařízení, která mohou obsahovat PCB a podléhají evidenci jsou povinni tato zařízení dekontaminovat nebo odstranit v souladu s tímto zákonem v nejkratší možné době, nejpozději však do konce roku 2010, pokud neprokáží, že zařízení neobsahuje PCB. Transformátory, jejichž provozní kapalina obsahuje 50 - 500 mg/kg PCB a lehce kontaminovaná zařízení podle § 26 písm. d) mohou jejich vlastníci, popřípadě provozovatelé dekontaminovat nebo odstranit až na konci jejich životnosti.

(2) Získávání PCB z jiných látek za účelem jejich opětovného použití je zakázáno.

(3) Odstraňování PCB, odpadů PCB a zařízení obsahujících PCB je možné pouze v zařízeních k tomu určených.

(4) Provozovatelé zařízení obsahujících PCB a podléhajících evidenci, s výjimkou lehce kontaminovaných zařízení, jsou povinni označovat tato zařízení, včetně objektů, kde jsou tato zařízení umístěna, způsobem stanoveným prováděcím právním předpisem. Provozovatelé dekontaminovaných zařízení jsou povinni označovat tato zařízení způsobem stanoveným prováděcím právním předpisem. Zařízení lehce kontaminovaná a vstup do objektů, v nichž jsou umístěna, lze označovat pouze uvedením údaje „kontaminované PCB <500 mg/kg“.

(5) Provozovatelé zařízení obsahujících PCB a podléhajících evidenci nesmějí tato zařízení doplňovat PCB. Do doby vyřazení z provozu mohou tato zařízení pouze udržovat tak, aby PCB, které jsou v nich obsaženy, vyhovovaly technickým normám, aby zařízení byla v dobrém provozním stavu a aby nedocházelo k úniku jejich náplně.

(6) Zařízení obsahující PCB, které nepodléhá evidenci a které je součástí jiného zařízení, které je vyřazováno z provozu, musí být z něj, pokud je to proveditelné, vyjmuto a odstraněno v souladu se zákonem a prováděcím právním předpisem.

(7) Pokud vlastníci, popřípadě provozovatelé zařízení, která mohou obsahovat PCB [§26 písm. e)], do 31. prosince 2009 způsobem stanoveným prováděcím právním předpisem ministerstvu neprokázali, že jejich zařízení neobsahuje PCB, považují se tato zařízení za zařízení obsahující PCB. Tato povinnost se nevztahuje na vlastníky nebo provozovatele lehce kontaminovaných zařízení.

(8) Vlastníci PCB, odpadů PCB a vlastníci, popřípadě provozovatelé zařízení obsahujících PCB byli povinni do 31. března 2009 vypracovat a zaslat ministerstvu plán postupného odstranění PCB, odpadů PCB a zařízení s obsahem PCB nebo plán dekontaminace odpadů PCB nebo zařízení s obsahem PCB pro období 2009 až 2010. Tyto plány měly být splněny nejpozději do 31. prosince 2010; tato povinnost se nevztahuje na vlastníky nebo provozovatele lehce kontaminovaných zařízení.

Odůvodněný předpoklad nižšího obsahu PCB u lehce kontaminovaných zařízení prokazuje vlastník nebo provozovatel zařízení, na vyžádání kontrolního orgánu, na základě výsledků analýz vzorků dosud odebraných poměrem 1 : 500, jedné analýzy s výsledkem 50 - 500 mg/kg PCB k pětistům analýzám s výsledkem nižším než 50 mg/kg PCB.

(9) Fyzické osoby oprávněné k podnikání a právnické osoby, které jsou vlastníky, popřípadě provozovateli zařízení obsahujících PCB, která nepodléhají evidenci, byly povinny vypracovat seznamy těchto zařízení, stanovit časové lhůty pro vyřazení těchto zařízení z užívání a pro jejich odstranění, předat vyhotovené seznamy do 31. prosince 2008 ministerstvu a postupovat podle nich.

(10) Ministerstvo v dohodě s Ministerstvem zdravotnictví stanoví vyhláškou

a) podmínky pro dekontaminaci, technické požadavky na nakládání s PCB a technické požadavky na zařízení obsahující PCB včetně opatření na ochranu zdraví lidí a životního prostředí,

b) rozhodčí metody pro stanovení celkové koncentrace PCB v látkách, které je obsahují,

c) podrobnosti způsobu prokazování nepřítomnosti PCB,

d) způsob označování zařízení obsahujících PCB a podléhajících evidenci a způsob označování dekontaminovaných zařízení,

e) náležitosti seznamů zařízení, která obsahují PCB a nepodléhají evidenci, a podrobnosti o sběru a odstranění těchto zařízení.

V § 27a je stanoveno:

(1) Odpadem perzistentních organických znečišťujících látek se rozumí odpad obsahující alespoň jednu z látek uvedených v příloze č. 8 k tomuto zákonu.

(2) Nakládání s odpady perzistentních organických znečišťujících látek upravuje přímo použitelný předpis Evropských společenství o perzistentních organických znečišťujících látkách [11].

(3) Ministerstvo je příslušným orgánem podle čl. 15 přímo použitelného předpisu Evropských společenství o perzistentních organických znečišťujících látkách a krajský úřad je příslušným správním úřadem pro řízení o udělení souhlasu nebo výjimky podle čl. 7 odst. 4 písm. b) přímo použitelného předpisu Evropských společenství o perzistentních organických znečišťujících látkách [11].

Výše popsany zákon byl z pohledu ČR podřízen platné směrnici Evropského společenství.

2.2 Směrnice Rady EU č. 96/59/ES

Směrnice Rady 96/59/ES ze dne 16. září 1996 o odstraňování polychlorovaných bifenylyů a polychlorovaných terfenylyů (PCB/PCT) [12].

Pokud jde o směrnici 96/59/ES, tak zejména zmocnila Komisi ke stanovení referenčních měřících metod pro určení obsahu PCB u kontaminovaných materiálů a technických norem pro jiné metody odstraňování PCB a výhradně pro účely čl. 9 odst. 1 písm. b) a c) případně k určení ostatních méně nebezpečných náhrad za PCB. Jelikož tato opatření mají obecný význam a jejich účelem je změnit jiné než podstatné prvky této směrnice 96/59/ES jejím doplněním, musí být přijata regulativním postupem s kontrolou stanoveným v článku 5a rozhodnutí 1999/468/ES.

Účelem této směrnice je sblížit právní předpisy členských států o řízeném odstraňování PCB, dekontaminaci nebo odstraňování zařízení obsahujících PCB, či odstraňování použitých PCB, aby došlo na základě ustanovení této směrnice k jejich úplnému odstranění. Aniž jsou dotčeny mezinárodní závazky, přijímají všechny členské státy nezbytná opatření k zajištění toho, aby byly použité PCB odstraněny a aby PCB a zařízení obsahující PCB byly co nejdříve dekontaminovány, nebo odstraněny. U zařízení a PCB v nich obsažených, které spadají do inventury zařízení s obsahem PCB větším nežli 5 dm³, se měla provádět dekontaminace nebo odstranění nejpozději do konce roku 2010.

Inventury zařízení se pravidelně aktualizují a obsahují následující údaje:

- jména a adresy držitelů,
- umístění a popis zařízení,
- množství PCB obsažených v zařízení,
- data a postupy úpravy nebo výměn, které jsou prováděny nebo předpokládány,
- data ohlášení.

Za účelem dosažení souladu, přijímá Česká republika nezbytná opatření, aby se zajistilo, že držitelé tohoto zařízení oznámí příslušným orgánům množství, které mají a současně všechny změny, jež se toho týkají.

Každý členský stát musí zajistit, aby každé zařízení, které podléhá inventuře bylo označeno. Podobné označení musí být také umístěno na dveřích provozovny, kde se takové zařízení nachází.

Česká republika musí přijímat opatření, aby zajistila, že použité PCB a zařízení obsahující PCB, které podléhají zanesení do inventur budou předány oprávněným podnikům s povolením k likvidaci. Tyto podniky zabývající se dekontaminací nebo odstraňováním PCB, použitých PCB nebo zařízení obsahujících PCB získávají povolení v souladu s článkem 9 směrnice 75/442/EHS.

Zařízení se zpravidla, pokud je to proveditelné, demontují a shromažďují samostatně a přechovávají se odděleně od všech hořlavých látek.

Je zakázáno jakékoliv spalování PCB nebo použitých PCB na lodích.

Pokud je pro odstranění použito spalování, platí směrnice Rady 94/67/ES ze dne 16. prosince 1994 o spalování nebezpečných odpadů [13]. Ostatní metody odstraňování PCB, použitých PCB nebo zařízeních obsahujících PCB mohou být přijaty za předpokladu, že ve srovnání se spalováním dosahují ekvivalentní normy bezpečnosti pro životní prostředí a splňují technické požadavky označené jako nejlepší použitelná technologie.

Označení dekontaminovaných zařízení s PCB je prováděno v souladu s příslušnou směrnicí 96/59/ES. Každá část dekontaminovaného zařízení musí být jasně označena nesmazatelným a vyraženým nebo vyrytým znakem, který musí obsahovat následující informace v jazyce země, v níž je zařízení používáno.

2.3 Označení zařízení s PCB dle vyhlášky MŽP ČR č. 384/2001

V České republice je vše upraveno vyhláškou Ministerstva životního prostředí ze dne 17. října 2001 číslo 384 o nakládání s PCB [14].

ZAŘÍZENÍ DEKONTAMINOVANÉ OD PCB	
Provozovatel zařízení (obchodní firma):	IČ (pokud bylo přiděleno):
Druh zařízení:	Typ:
Výrobce:	Výrobní číslo:
Druh a název náhradní provozní kapaliny:	
Datum provedení dekontaminace:	Množství kapaliny (v litrech):
Obchodní firma, která provedla dekontaminaci:	IČ (pokud bylo přiděleno):
Koncentrace PCB (mg/kg) v původní kapalině:	Koncentrace PCB (mg/kg) v náhradní kapalině:
Název laboratoře:	Název laboratoře:
Číslo protokolu:	Číslo protokolu:
Označení zařízení:	

Obr. 4. Vzor štítku dle vyhlášky č. 384/2001 Sb., příloha č. 4 [14]

POZOR, ZAŘÍZENÍ OBSAHUJE PCB !	
Provozovatel zařízení (obchodní název):	IČ (pokud bylo přiděleno):
Druh zařízení:	Typ:
Výrobce:	Výrobní číslo:
Druh a název provozní kapaliny:	
Množství kapaliny (v litrech):	Koncentrace PCB (mg/kg):
Název laboratoře:	Číslo protokolu:
Označení zařízení:	

Obr. 5. Vzor štítku dle vyhlášky č. 384/2001 Sb., příloha č.3 [14]

Odběry vzorků pro účely vedení evidence zařízení provádějí pouze osoby, které byly certifikovány podle ČSN EN 450135 a splňují odbornou způsobilost podle zvláštních právních předpisů.

Například vyhláška č. 50/1978 Sb., o odborné způsobilosti v elektrotechnice, ve znění vyhlášky č. 98/1982 Sb. ve znění změn a novel [15].

Koncentrace PCB v zařízeních nebo látkách se pro účely vedení evidence podle § 39 odst. 7 zákona stanovuje jako součet obsahů vybraných šesti kongenerů, a to PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153 a PCB 180, a vyjadřuje se v mg/kg v zaokrouhlení na 0,5 mg/kg [10].

Pro stanovení koncentrace PCB v zařízeních nebo látkách se použijí pouze výsledky analytických stanovení koncentrace PCB provedených metodami zpracovaných v laboratořích se zavedeným a posouzeným systémem jakosti podle ČSN EN 45001 nebo ČSN EN 17025 nebo ČSN EN ISO 9001.

2.4 Seznam analytických metod stanovení obsahu PCB

ČSN EN*) 61619 "Izolační kapaliny – Kontaminace polychlorovanými bifenyly (PCB) – Stanovení metodou kapilární plynové chromatografie".

EN) 12766–1** "Petroleum products and used oils – Determination of PCBs and related products – Part1: Separation and determination of selected PCB congeners by gas chromatography (GC) using an electron capture detector (ECD)".

EN) 12766–2** "Petroleum products and used oils – Determination of PCBs and related products – Part2: Quantification of PCB content in samples analyzed by GC".

DIN*) 51527** "Prüfung von Mineralölerzeugnissen – Bestimmung polychlorierter Biphenyle (PCB) – Flüssigchromatographische Vortrennung und Bestimmung 6 ausgewählter PCB mittels eines Gaschromatographen mit Elektronen-Einfang-Detektor(ECD)".

*DIN****) 38414–20 "Schlamm und Sedimente – Bestimmung von 6 polychlorierten Biphenylen (PCB)".

Poznámky:

- *) IEC norma převzatá a přeložená***
- ***) ISO normy převzaté, ale zatím nepřeložené***
- ***) německé národní normy***

Výsledky analytických stanovení obsahu PCB v zařízeních nebo látkách provedených před účinností vyhlášky se uznají pouze v případě, pokud bylo jejich stanovení provedeno uznanými metodami uvedenými výše a laboratoř měla v době stanovení zavedený a posouzený systém jakosti podle ČSN EN 45001 nebo ČSN EN ISO/IEC 17025 nebo ČSN EN ISO 9001.

3 ZPŮSOBY STANOVENÍ PCB

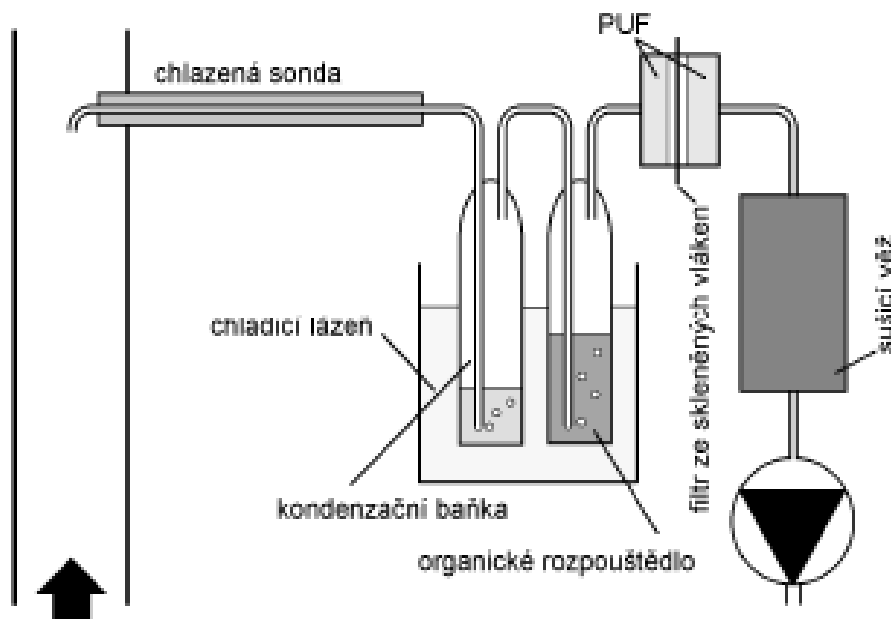
Pro souhrnné vyjádření obsahu PCB ve vzorcích byl na základě studií in vivo a in vitro vytvořen tzv. mezinárodní faktor toxického ekvivalentu (I-TEF) pro porovnání předpokládaných toxických účinků jednotlivých kongenerů PCB vztažených k toxicitě 2,3,7,8-tetrachlordibenzo-p-dioxinu (TCDD) (Van den Berg a kol. 1998) [16].

3.1 Metody měření PCB v únicích do ovzduší

3.1.1 Manuální metody stanovení

Pro stanovení PCB se používá manuální metody pro měření hmotnostních koncentrací PCB v odpadních plynech ze stacionárních zdrojů (ČSN EN 1948). Tato norma stanoví jak metodu validace, tak soubor požadavků řízení jakosti, které musí být splněny při odběru vzorků těchto látek. Přestože dosud nejsou k dispozici příslušné validované charakteristiky, jsou uvedené měřicí metody vhodné pro stanovení PCB podobných dioxinům (ČSN EN 1948–4). Postup uvedený ve všech třech částech EN 1948 určuje požadavky, které je nutné splnit při stanovení PCB [17, 18].

Metody vzorkování a analýzy polychlorovaných bifenyly v odpadních plynech jsou do jisté míry charakteristické pro všechny toxické organické sloučeniny vyskytující se v heterogenních formách v aerosolech. Jednotlivé PCB jsou v reálných aerosolech přítomny obvykle ve dvou fázích. Část analytů je sorbována na tuhých částicích aerosolu a část je přítomna v plynné fázi. Distribuce analytů mezi tyto systémy je dána především teplotou a složením matrice. Podobně jako pro stanovení ostatních složek heterogenních systémů sestává analýza z tří základních kroků – vzorkování, úpravy vzorku (tj. izolace analytů a jejich zakoncentrování) a vlastní analýzy. Pro vzorkování lze použít některou ze tří základních typů metod (ČSN EN 1948–1) [19].



Obr. 6. Stanovení PCB - metoda s chlazenou sondou (ČSN EN 1948-1) [19]

Při vzorkování analytů metodou s chlazenou sondou lze použít několika modifikací této metody. Kondenzace vodní páry spolu s částí plynné fáze analytů se provádí v trubkovém kondenzátoru. Pro záchyt zbylé části analytů se využívá jednak 4 vrstev polyuretanové pěny s hustotou okolo 33 g/dm^3 a dále série kapalinových absorbérů naplněných ethoxyethanolem. Pěnové filtry jsou doplněny plochým filtrem ze skelných nebo křemenných vláken.

Při použití všech metod je vzorek aerosolu odebírán izokineticky odběrovou vyhřívanou sondou. Vzorkovací tratě všech uvedených typů musí být před použitím velmi pečlivě extrahovány acetonem tak, aby neobsahovaly stopu analytů. Na druhé straně po ukončení vzorkování musí být celý postup extrakce zopakován, tentokrát za účelem kvantitativního vyjmutí analytů. Získaný extrakt se dále zpracovává, zpravidla pomocí chromatografických separačních metod. Cílem tohoto postupu je maximální zjednodušení matrice, která je použita k vlastní analýze.

Úprava vzorku spočívá především v izolaci analytů a odstranění rušivých látek, které obvykle doprovázejí v matrici vzorku sledovanou skupinu analytů. Separace se provádí využitím plynové chromatografie na vhodných kolonách. (ČSN EN 1948–2).

Stanovení PCB podobných dioxinům se provádí především plynovou chromatografií ve spojení s hmotnostním detektorem. Minimálním požadavkem na použité zařízení je vysoké rozlišení (více než 10 000), které umožňuje použití všech značených standardů. V současné době neexistuje chromatografická kolona, která by

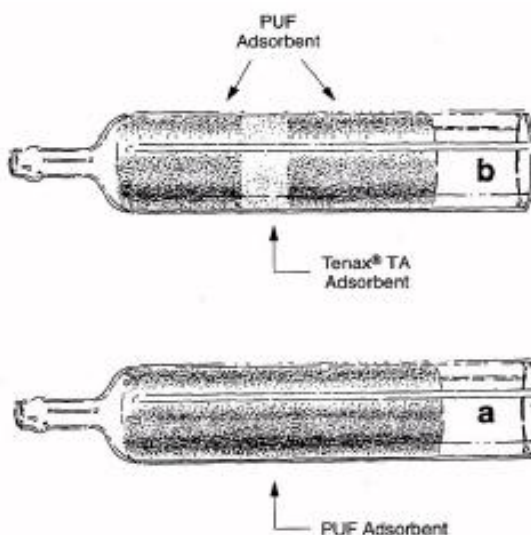
umožnila separaci všech kongenerů, úplné separace může být dosaženo vícenásobnou analýzou vzorku na odlišných kolonách s různou polaritou (ČSN EN 1948–3).

Pro ověření účinnosti odběru vzorku se do vzorkovací tratě před odběrem vzorku přidávají ^{13}C -značené standardy PCB 60, 127 a 59. Pro ověření účinnosti extrakce se k exponovaným vzorkům přidávají ^{13}C -značené standardy PCB 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169 a 189. Jako interních standardů při GC-MS analýze se používá PCB 70, 111 a 170.

Uvedené evropské normě odpovídá metoda zavedená US EPA Method 23 Dioxin and furan (Code of Federal Regulations US EPA 1999).

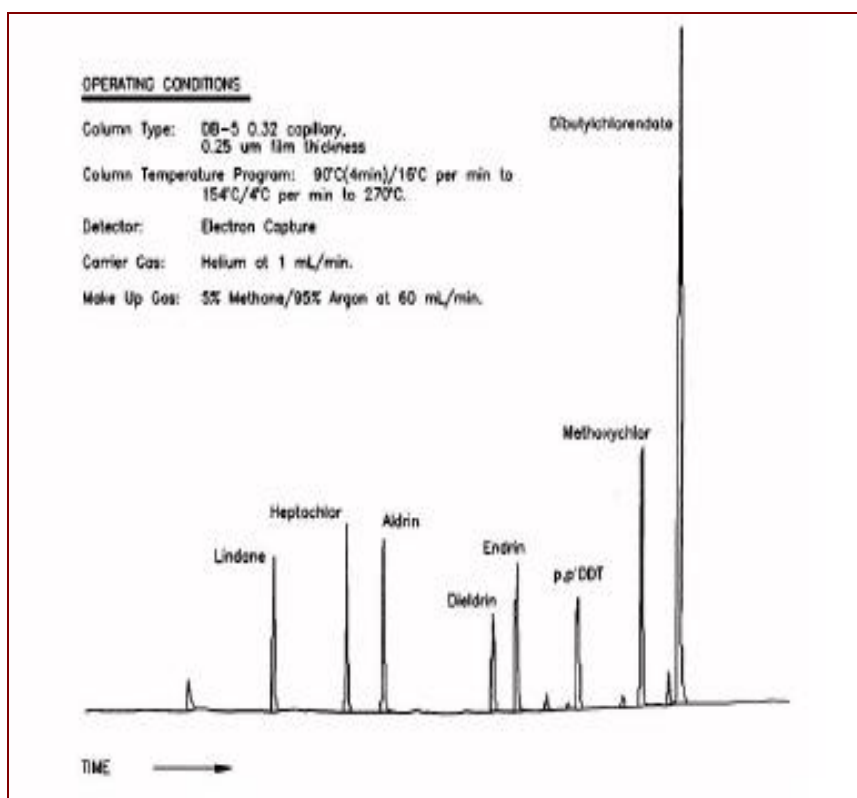
Pro stanovení PCB v pracovním ovzduší se používá postupu využívajícího odběru vzorku kombinovaným systémem tvořeným plochým filtrem ze skleněných vláken a dvojice sorpčních trubic naplněných deaktivovaným Florisilem. Po extrakci hexanem se analýza provádí plynovou chromatografií na stacionární fázi Chromosorb WHP pomocí detektoru elektronového záchytu (ECD) v rozmezí od 0,4 μg do 4 μg analytu na vzorek (NIOSH method 5503 1994).

Pro manuální stanovení PCB ve venkovním ovzduší se používá postupu využívajícího odběru vzorku (1 až 5 l/min) kombinovaným filtrem sestaveným z polyurethanové pěny (PUF) a vhodného pevného sorbentu (např. sorbentu Tenax) [18, 19].



Obr. 7. Příklad kombinovaného vzorkovacího systému (PUF-Tenax TA) [19]

PCB jsou z exponovaných sorbentů extrahovány 5 % diethyletherem v hexanu, v případě potřeby jsou zakoncentrovány na objem 5 ml za použití Kuderna-Danishova aparátu, a stanoveny plynovou chromatografií s detektorem elektronového záchytu GC-ECD Method TO-10A Determination of pesticides and polychlorinated biphenyls in ambient air using low volume polyurethane foam (PUF) sampling followed by gas chromatographic/multi-detector detection (GC/MD) (Compendium of methods for Organic Compounds US EPA 1999).



Obr. 8. GC-ECD chromatograf extraktu exponovaného kombinovaného vzorkovacího systému (PUF-Tenax TA) [19]

3.1.2 Instrumentální on-line metody stanovení

Instrumentální metody stanovení PCB dosud nebyly vyvinuty, proto nejsou v praxi k měření PCB využívány [19].

3.2 Metody měření PCB v únicích do půdy

PCB jsou v životním prostředí a půdách vysoce persistentní. Váží se v půdě na organickou hmotu a do ovzduší nejsou téměř těkavé. Jejich schopnost degradace se snižuje s rostoucím počtem atomů chloru v molekule. V zemědělských půdách jsou limitovány vyhláškou Ministerstva životního prostředí č.13/1994 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, do přípustné hodnoty nepřevyšující 0,01 mg/kg sušiny.

Také v případě použití odpadů pro povrchovou úpravu je podle vyhlášky Ministerstva životního prostředí č. 294/2005 Sb., ve znění veškerých změn a novel, o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu, znám limit 0,2 mg/kg sušiny.

Obsah PCB, tedy suma 6 kongenerů 28+52+101+138+153+180 je limitována také při použití kalů na zemědělské půdě, a to dle vyhlášky Ministerstva životního prostředí č. 382/2001 Sb., ve znění vyhlášky č. 504/2004 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě, hodnotou 0,6 mg/kg sušiny [19].

3.2.1 Standardizované metody stanovení

Obecný princip stanovení PCB v půdách spočívá v extrakci vzorku půdy, zeminy vhodným rozpouštědlem nebo směsí rozpouštědel. Získaný extrakt je po přečištění, např. gelovou permeační chromatografií a absorpční chromatografií na Florisilu, silikagelu modifikovaném H_2SO_4 nebo oxidu hlinitém analyzován metodou plynové chromatografie s detektorem elektronového záchyty nebo metodou plynové chromatografie s hmotnostním detektorem.

Kvantitativní stanovení je prováděno dvěma možnými způsoby: buď se stanovují jako směsi Aroclorů nebo jako jednotlivé kongenery (obvykle kongenery 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 nebo PCB s vyjádřením toxických ekvivalentních faktorů TEFs (toxic equivalency factor) 12 kongenerů – 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189). Stanovení na základě Arocloru se provádí standardní analýzou komerčního produktu. Kongenery přítomné v těchto směsích se porovnávají sumárně s kongenery nalezenými ve vzorcích. Směsi PCB (např. Aroclory, v ČR Delory) jsou různé, kongenery v nich obsažené se liší stupněm chlorace. Metoda má své omezení, protože zastoupení kongenerů v používaných směsích je variabilní. Doporučuje se používat tento způsob vyhodnocení pouze v případě, že složení standardní směsi a vzorku je podobné (porovnáním získaných chromatogramů). Vhodnější provedení kvantitativní analýzy je na základě vyhodnocení obsahů individuálních kongenerů, obvykle 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 [21].

Vzorky se před analýzou nesouší na vzduchu. Používají se surrogate standardy pro zajištění kvality výsledků. Jako rozpouštědlo k extrakci se používá obvykle směs aceton/hexan nebo dichlormethan.

ISO 10382:2002 Soil quality – Determination of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls. Gas-chromatographic method with electron capture detection.

Metoda popisuje kvantitativní stanovení sedmi polychlorovaných bifenyly a sedmnácti organochlorovaných pesticidů v půdách. Je použitelná pro všechny typy půd. Vzorek je extrahován směsí aceton/petrolether, extrakt je přečištěn sloupcovou chromatografií (Al_2O_3) a stanoven metodou GC/ECD nebo GC/MS. V případě použití ECD je vhodné použít jinou GC (dvourozměrnou) metodu pro confirmaci.

Method by GC-MS and GC-ECD. Determination of polychlorinated biphenyls. Soils, sludges and treated bio-waste. TC BT WI CSS99016

Tato evropská norma popisuje metodu pro kvantitativní analýzu sedmi vybraných kongenerů PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153 a 180) v půdách, kalech, sedimentech, suspendovaných částicích a v bioodpadu za použití plynové chromatografie s hmotnostní detekcí (GC/MS) nebo s detektorem elektronového záchytu (GC/ECD). Metoda může být použita i pro stanovení dalších kongenerů PCB, ale vždy musí být provedena validace pro tyto kongenery. Detekční limit závisí na použitém zařízení a kvalitě používaných chemikálií. Při dodržení podmínek specifikovaných touto normou by mělo být dosaženo detekčního limitu 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ v sušině vzorku. Metoda popisuje vzorkování, které by mělo být v souladu s CSS99031-32 a 99057-60 a následné uchování vzorků. Dále popisuje použití vnitřních standardů, extrakční metody pro extrakci PCB ze vzorků – vytřepání do vhodného rozpouštědla (směsi rozpouštědel) nebo Soxhletovou extrakci, přípustné jsou rovněž extrakce do ultrazvuku, mikrovlnná extrakce a extrakce za zvýšeného tlaku. Pro extrakci se používá směs petrolether/aceton nebo petrolether. Extrakt je vysušen bezvodým Na_2SO_4 a v případě potřeby zakoncentrován. Pro vyčištění extraktu se používají metody čištění na silikagelu, Florisilu, alumině Al_2O_3 , čištění gelovou permeační chromatografií, čištění kombinací silikagelů modifikovaných H_2SO_4 a NaOH , v případě velkého množství ropných uhlovodíků je možné použít kombinaci benzonsulfonové kyseliny s kyselinou sírovou. V případě vysokého obsahu alifatických uhlovodíků lze pro čištění vzorků použít rozdělení mezi dimethylformamid a n-hexan. Další možností je protřepání s koncentrovanou kyselinou sírovou, s tetrabutylammoniovou solí, s práškovou mědí nebo se směsí dusičnanu stříbrného se silikagelem. Přečištěný extrakt je stanoven plynovou chromatografií – GC/MS nebo GC/ECD. Doporučuje se spíše GC/MS v SIM/SIR modu. Metoda není ještě validována.

Determination of dioxines and furans and dioxin-like polychlorinated biphenyls by gas chromatography with high resolution mass spectrometry (GC/HRMS). Soils, sludges and treated biowaste. CEN/TC BT/TF 151

Tato evropská norma specifikuje metodu pro kvantitativní stanovení 17 dibenzo-p-dioxinů a dibenzofuranů substituovaných chlorem v poloze 2,3,7,8 a polychlorovaných bifenyly v půdách, kalech a bioodpadech za použití čisticích metod na principu kapalinové chromatografie a následné analýzy metodou plynové chromatografie s detekcí hmotnostním detektorem s vysokým rozlišením. Detekční limit metody závisí na typu vzorku, na typu použitého přístroje a kvalitě chemikálií pro extrakci vzorků a čištění extraktů. Jsou-li dodrženy podmínky této normy, mělo by být dosaženo detekčního limitu 1 ng/kg.

Metoda je založena na principu plynové chromatografie s hmotnostní detekcí kombinovanou s izotopovou zředovací metodou, které umožňují separaci zmíněných látek. Metoda vyžaduje použití izotopově značených standardů. Vzorkování by mělo být provedeno podle CSS99031-32 a 99057-60. Extrakce jmenovaných látek je provedena toluenem za použití Soxhletovy metody, přípustné je použití i jiných rozpouštědel a jiné metody, např. extrakce za použití zvýšeného tlaku. Čištění extraktů musí zakonzentrovat PCDD/PCDF a PCB a musí odstranit nežádoucí interference. Obvykle se používá kombinace dvou a více čisticích metod. Mezi doporučené metody patří gelová permeační chromatografie, vícevrstvá kolonová technika, která zahrnuje skleněnou kolonu naplněnou křemenem s různým stupněm aktivity a s různou modifikací povrchu.

Dále zde patří čištění koncentrovanou kyselinou sírovou, aktivním uhlím, aluminou (Al_2O_3) a případně s práškovou mědí pro odstranění síry z extraktu. Vyčištěný extrakt musí být zakonzentrován za použití vhodné metody (proudem dusíku, rotační vakuovou odparkou, Kudrna-Danishovým koncentrátorem apod.). Vlastní chromatografická analýza musí být provedena na přístroji s vysokým rozlišením 9 000 – 11 000. MS detektor musí pracovat v MID modu (multiple ion detection). Metoda není ještě validována.

Determinative Chromatographic Separations. U.S. EPA Method 8 000C

Tato metoda není metodou pro stanovení jednotlivých analytů, ale je návodem pro analytickou chromatografii, popisuje požadavky na kalibraci a kontrolu kvality chromatografických metod. Určuje možnosti využití vnitřní kalibrace pomocí izotopicky značených standardů nebo bromovaných či fluorovaných analogů stanovovaných látek atd.

Polychlorinated biphenyls (PCBs) by gas chromatography. U.S. EPA Method 8082A

Metoda popisuje stanovení PCB buď ve směsi jako Aroclor nebo stanovení individuálních kongenerů v extraktech z pevných vzorků použitím plynové chromatografie s detektorem elektronového záhytu (GC/ECD) nebo s detektorem elektrolytické vodivosti (GC/ELCD). Metoda doporučuje použití jedné kolony nebo duálního systému – dvě kolony (s různou polaritou stacionární fáze)/dva různé detektory. Aroclory jsou multisložkové směsi kongenerů PCB, které byly vyráběny a komerčně rozšiřovány, v ČR se vyráběné produkty nazývaly DELOR. Pro stanovení směsí PCB i individuálních kongenerů lze použít také hmotnostní detektor (GC/MS), a pro confirmaci atomový emisní detektor (GC/AED). Vzorky mohou být extrahovány směsí rozpouštědel hexan:aceton (1:1) nebo dichlormethan:aceton (1:1) použitím U.S. EPA Methods 3540, 3541, 3545, 3546, 3550, 3562, případně jinou vhodnou technikou a rozpouštědlem. Extrakty mohou být přečištěny následným čištěním kyselinou sírovou a manganistanem draselným (U.S. EPA Method 3665), které bylo navrženo speciálně pro tuto metodu. Tímto čištěním je odstraněna velká část interferujících organochlorových a organofosforových pesticidů. Přečištěný extrakt je analyzován plynovou chromatografií.

Gas chromatography of organo-halide pesticides. U.S. EPA Method 1656

Metoda je určena pro stanovení organohalidových pesticidů a dalších vyjmenovaných látek ve vodách, kalech, sedimentech a půdách. V případě, že vzorek kalu obsahuje > 30 % sušiny, je připraven extrakt obsahující pouze 1 % sušiny. Vzorky půd jsou extrahovány acetonitrem a methylen chloridem metodou 3350 (extrakce ultrazvukem) nebo superkritickou fluidní extrakcí (metoda 3562). Extrakt je zpětně extrahován 2% Na₂SO₄ aby se odstranily vodorozpustné interferující látky. Dále je zpětně přečištěn metodami 3610, 3620 a 3640. Identifikace polutantů se provádí porovnáním retenčních časů.

Semivolatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS). U.S. EPA Method 8270D

Metoda je určena pro stanovení polotěkavých organických látek z extraktů z různých environmentálních matric včetně půd. Vhodným extrakčními metodami pro půdy jsou metody U.S. EPA Methods 3540, 3541, 3545, 3546, 3550, 3560, 3561.

Extrakty jsou v případě potřeby přečištěny vhodným čistícím postupem, a přečištěné extrakty jsou analyzovány metodou plynové chromatografie s hmotnostní detekcí. Hmotnostní detektor musí být schopen provést scan v rozmezí 35 – 500 gramu za 1 sekundu nebo rychleji, ionizační technikou je elektronová ionizace. Hmotnostním analyzátozem může být iontová past nebo kvadrupolový analyzátoz.

Pro vyhodnocování se používají deuterované vnitřní standardy, např. naftalen-d8, 1,4-dichlorbenzen-d4 apod. V případě PCB lze jako čistící metodu použít U.S. EPA Methods 3610, 3620, 3630, 3640, 3660. Vyčištěný extrakt je analyzován. Podmínky GC/MS analýzy musí splňovat určitá kritéria, která jsou detailně popsána v metodě.

Semivolatile organic compounds (PAHs and PCBs) in soils/sludges and solid wastes using thermal extraction/gas chromatography/mass Spectrometry (TE/GC/MS). U.S. EPA 8275A

Metoda popisuje postup stanovení PAU a PCB za použití termální desorpce ve spojení s plynovou chromatografií a hmotnostní detekcí. Jedná se o rychlé kvantitativní stanovení těchto látek v půdách, kalech a sedimentech.

Screening Test Method for Polychlorinated Biphenyls in Soil. U.S. EPA Method 9078

Metoda je použitelná pro stanovení množství PCB v půdách, za předpokladu, že PCB jsou jediným zdrojem organického chloru ve vzorku. Jedná se o elektrochemickou metodu, která umožňuje stanovení PCB v rozmezí 2 – 2 000 µg/g. Atomy chloru jsou odstraněny z molekul PCB reakcí s činidlem obsahujícím organicky vázaný sodík. Vzniklé chloridové ionty jsou měřeny chloridovou elektrodou. Vzorek půdy je extrahován uhlovodíkovým rozpouštědlem, extrakt je zfiltrován a vysušen. Poté reaguje s kovovým sodíkem v přítomnosti katalyzátoru. Reakce vede k dechloraci molekul PCB.

3.2.2 Extrakční metody

Soil quality – Pretreatment of samples for determination of organic contaminants. ISO 14507:2005

Mezinárodní norma specifikuje 3 metody předúpravy vzorků půd v laboratoři před vlastním stanovením organických polutantů. Jsou zde uvedeny postupy s ohledem na chemický charakter stanovovaných látek: těkavé organické látky, polotěkavé organické látky – matrice obsahuje částice větší než 2 mm a má heterogenní distribuci kontaminantu v matrici, stanovení stabilních organických látek, velikost půdních částic je menší než 2 mm a polutanty jsou homogenně rozšířeny v matrici. Organické látky, které jsou stabilní mohou být připraveny pro analýzu podle ISO 11464.

Standard Practice for Extraction of Solid Waste Samples for Chemical Analysis Using Soxhlet Extraction. ASTM D5369 - 93(2008)e1 ASTM D5369 - 93(2008)e1

Je obecnou metodou pro extrakci organických látek z půd, sedimentů, kalů a jemnozrnných odpadů pomocí rozpouštědel. Metoda se používá pro určení celkového extrahovatelného obsahu (TSEC) – Soxhletova extrakce se uplatňuje hlavně při analýzách směsí (půdy/odpady), které vytváří emulze při přímém použití rozpouštědel. Pro organochlorové insekticidy se používá směs aceton/hexan (1:1).

Soxhlet extraction. U.S. EPA Method 3540

Extrakční metoda je vhodná pro extrakci netěkavých a polotěkavých analytů z pevných vzorků jako jsou půdy, odpady a kaly. Při extrakci je vzorek v těsném kontaktu s extrahujícím rozpouštědlem. Vzorek je smíchán s bezvodým síranem sodným a vložen do extrakční patrony, a dále extrahován v Soxhletově aparatuře vhodným rozpouštědlem. Extrakt je vysušen, zakoncentrován a připraven k dalšímu použití buď k přečištění, nebo přímé analýze.

Automatic Soxhlet extraction. U.S. EPA Method 3541

Podobně jako v předchozím v případě se jedná o metodu vhodnou k extrakci netěkavých a polotěkavých látek z pevných vzorků, včetně půdních vzorků. Metoda využívá komerčně dostupné zařízení. Extrakce analytů je rychlejší ve srovnání s klasickou Soxhletovou metodou. Odlišnost spočívá mimo jiné v tom, že na počátku extrakce je vzorek v patroně umístěn do vařícího rozpouštědla, po určité době je vzorek vytažen nad hladinu rozpouštědla a je promýván kondenzujícím rozpouštědlem, které s sebou unáší extrahované analyty. Po extrakci je rozpouštědlo odpařeno na požadované množství a extrakt je použit k analýze.

Pressurized fluid extraction U.S. EPA Method 3545 – zrychlená automatická extrakce.

Metoda se používá pro extrakci ve vodě nerozpustných nebo velmi málo rozpustných organických látek z půd, sedimentů, kalů a odpadních materiálů. Extrakce probíhá za vyšších teplot (100 – 180°C) a vyšších tlaků (1 500 – 2 000 psi Pa). Zvýšená teplota i tlak během extrakce umožňují provést extrakci při nižší spotřebě rozpouštědla a za kratší dobu než klasická Soxhletova extrakce. Vzorek je po úpravě vložen do extrakční cely, která je zahřátá na požadovanou teplotu a v systému je zvýšen tlak. Analýsy jsou vyextrahovány během 5 – 10 min. Výběr rozpouštědla je taktéž důležitý s ohledem na vlastnosti extrahovaných složek.

Microwave extraction. U.S. EPA Method 3546

Metoda se používá pro extrakci ve vodě nerozpustných nebo velmi málo rozpustných organických látek z půd, sedimentů, kalů a odpadních materiálů. Extrakce probíhá v komerčně dostupných zařízeních. Zařízení využívá mikrovlnného záření k ohřevu vzorku na vyšší teplotu (100 – 115°C), a zároveň ke zvýšení tlaku v uzavřeném systému (50 – 175 psi Pa), který obsahuje vzorek a vhodné rozpouštědlo. Spotřeba rozpouštědla při mikrovlnné extrakci je nižší a extrakce probíhá rychleji než v případě klasické Soxhletovy extrakce.

Ultrasonic extraction. U.S. EPA Method 3550C

Extrakce ultrazvukem se používá pro extrakci netěkavých a polotěkavých analytů z pevných vzorků, včetně půdních vzorků. V případě nízkých obsahů extrahovaných látek se používá pro extrakci vyšší množství vzorku a extrakce rozpouštědlem se opakuje třikrát po sobě, při vysokých koncentracích analytů se použije menší množství vzorku a extrakce probíhá pouze jednou. Extrakt je vhodné před vlastní analýzou přečistit. Metoda není tak účinná jako ostatní extrakční metody.

Supercritic fluid extraction. U.S. EPA Method 3562

Superkritická fluidní extrakce používá pro extrakci analytů z pevných vzorků, včetně půd, tekutinu v superkritickém stavu. Vzorek je homogenizován smícháním se stejným objemem CO₂ v tuhém stavu. Alikvót této směsi je umístěn do extrakční nádoby a je extrahován CO₂ v superkritickém stavu bez přídavku modifikátorů. Po dobu 200 min. probíhá statická extrakce a následujících 30 min. probíhá dynamická extrakce. Extrakt je zachycen v případě organochlorovaných pesticidů na pevném oktadecylsilanovém sorbentu, v případě PCB na Florisilu. Sorbent je pak promýván rozpouštědlem, které vyextrahuje analyty ze sorbentu.

3.2.3 Metody přečištění**Cleanup. U.S. EPA Method 3600**

Metoda je obecným souhrnem čisticích metod používaných pro přečištění extraktů, na principu adsorpce (adsorpce na Florisil, silikagel nebo Al₂O₃), velikosti molekul (gelová permeační chromatografie), acidobazické extrakce a oxidačně-redukčních metod (odstranění molekulové síry, nebo čištění kyselinou sírovou a manganistanem draselným).

Alumina Cleanup. U.S. EPA Method 3610

Alumina je porézní a granulární forma Al_2O_3 , pro chromatografické čištění je dostupná ve formě kyselé, neutrální a bazické. Používá se pro separaci látek různé polariry nebo pro odstranění interferujících složek z extraktu. Bazická alumina má pH v oblasti 9 – 10, používá se pro odstranění neutrálních a bazických interferujících látek – alkoholů, alkanů, steroidů, alkaloidů, přírodních pigmentů. Neutrální alumina má pH v oblasti 6 – 8, používá se k odstranění aldehydů, ketonů, chinonů, esterů, laktonů, glykosidů. Kyselá alumina má pH v oblasti 4 – 5 a používá se k odstranění lipidických pigmentů a silných kyselin, které by mohly podléhat chemisorpci na bazickém sorbentu. Kyselá alumina se v této metodě nepoužívá.

Florisil Cleanup. U.S. EPA Method 3620

Čištění na Florisilu se provádí klasickou sloupcovou chromatografií nebo extrakcí na pevné fázi s kolonkami naplněnými Florisilem. Florisil musí být v případě organochlorovaných uhlovodíků aktivován zahřátím na teplotu 130 °C po dobu minimálně přes noc. Elučním rozpouštědlem může být v případě hexachlorcyklohexanu hexan, diethylether a směs diethylether/hexan.

Silica Gel Cleanup. U.S. EPA Method 3630C

Silikagel je adsorbent, který má slabě kyselé vlastnosti, může být používán v sloupcové chromatografii pro separaci interferujících látek od sledovaných analytů, případně pro separaci látek různé polariry. Může být aktivován (zahřátím na teplotu 150 – 160 °C) nebo deaktivován přidávkem 10 % vody. Metoda je vhodná pro čištění extraktů pro analýzu polycyklických aromatických uhlovodíků, PCB, derivatizovaných fenolů, organochlorovaných pesticidů. Silikagel může být rovněž náplní kolonek pro extrakci na pevné fázi. Extrakčním činidlem v případě organochlorovaných pesticidů musí být hexan.

Gel-Permeation Cleanup. U.S. EPA Method 3640

Gelová permeační chromatografie je metodou pro čištění extraktu založenou na síťovém efektu. Používá organická rozpouštědla a hydrofóbní gely k separaci látek na základě velikostí jejich molekul. Hydrofóbní gel je porézní divinylbenzen-styrenový kopolymer. Metoda se používá pro odstranění lipidů, bílkovin, polymerních sloučenin, přírodních pryskyřic a polymerních sloučenin a jiných vysokomolekulárních látek z extraktů. Nabobtnalý gel je naplněn v koloně a po nanesení extraktu je promýván vhodným rozpouštědlem. Získaný přečištěný extrakt je dále zakoncentrován a použit k analýze chromatografickou metodou.

Sulfur Cleanup. U.S. EPA Method 3660B

Elementární síra se vyskytuje převážně v sedimentech a průmyslových odpadech. V rozpouštědlech se rozpouští podobně jako některé organochlorované a organofosforové pesticidy, takže společně s těmito látkami prochází všemi kroky úpravy vzorku – extrakcí a čištěním. Její přítomnost v extraktu se projevuje negativně při chromatografické analýze. Elementární síra se odstraňuje přidáním práškové mědi nebo siřičitanu tetrabutylammonného.

4 ZJIŠTĚNÉ STAVY PCB PRO ČESKOU REPUBLIKU

Česká republika provádí stále a průběžně v souladu s požadavky směrnice Rady 96/59/ES a podle zákona č. 154/2010 Sb., o odpadech, v platném znění, inventarizaci zařízení, která obsahují nebo mohou obsahovat PCB v koncentraci vyšší než 50 mg/kg a mají objem nad 5 litrů provozní náplně. Inventarizována jsou rovněž zařízení, která podle směrnice Rady 96/59/ES nepodléhají inventarizaci, tj. mají koncentraci vyšší než 50 mg/kg, ale objem pod 5 litrů provozní náplně [10].

Výsledky inventarizace PCB jsou rozdělené podle 14 krajů. Inventarizace PCB je provedená v soukromém i státním sektoru k datu 30. 9. 2009 [22].

U inventarizovaných zařízení s PCB byla stanovena podle zákona o odpadech povinnost dekontaminovat nebo odstranit v nejkratší možné době, nejpozději však do konce roku 2010. Transformátory, jejichž provozní kapalina obsahuje 50 – 500 mg/kg PCB mohou v souladu s čl. 9 odst. 2 směrnice Rady 96/59/ES jejich vlastníci, popřípadě provozovatelé dekontaminovat nebo odstranit až na konci jejich životnosti.



Obr. 9. Mapa ČR rozdělena na 14 vyšších územních samosprávných celků-krajů [22]

Tabulka 3 - Celkový přehled stavu PCB v ČR [22]

CELKEM

Počet subjektů v ČR, které vlastní nebo provozují zařízení a látky s obsahem PCB:		214					
Druh zařízení	Kód druhu zařízení	Zařízení obsahuje PCB: Ano			Zařízení obsahuje PCB: ???		
		Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]	Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]
Listinná evidence PCB							
Výkonový transformátor	10	47	167870	167,87	1139	2075841	2075,841
Tlumivka	11	0	0	0	52	64610	64,61
Reaktor	12	0	0	0	2	29920	29,92
Transformátor elektrofiltru (odlučovač)	13	0	0	0	41	30675	30,675
Průchodka	14	0	0	0	0	0	0
Přepínač odboček (v transformátoru)	15	0	0	0	0	0	0
Přístrojový (měřicí) transformátor napětí (PTN)	16	0	0	0	16	2741	2,741
Přístrojový (měřicí) transformátor proudu (PTP)	17	0	0	0	16	2588	2,588
Přístrojový (měřicí) transformátor kombinovaný (PTK) – napětí + proud	18	0	0	0	0	0	0
Kondenzátor (DZ)	20	5364	55809,9	55,8099	2834	30652,4	30,6524
Kondenzátor (méně než 5 l)	20	5024	22284,08	22,28408	0	0	0
Kondenzátorová baterie (MZ)	21	0	0	0	0	0	0
Motor (MZ)	22	0	0	0	0	0	0
Rozvaděčová skříň (MZ)	23	0	0	0	0	0	0
Vypínač	25	0	0	0	1431	58971,88	58,97188
Ostatní elektrická zařízení s kapalným dielektrikem	30	0	0	0	1600	616636,1	616,6361
Hydraulické důlní zařízení	40	0	0	0	1057	244107,5	244,1075
Vakuové čerpadlo	50	0	0	0	0	0	0
Průmyslové zařízení s ohřevem teplotnosnou kapalinou (duplikátor, obalovna drti apod.)	60	2	4600	4,6	2	1000	1
Jiné zařízení	70	0	0	0	240	67759	67,759
Nádrž s provozní kapalinou s PCB	81	0	0	0	3	2093	2,093
Cisterna s provozní kapalinou s PCB	82	0	0	0	0	0	0
Sud s provozní kapalinou s PCB	83	0	0	0	1	200	0,2
Jiný způsob uskladnění provozní kapaliny s PCB	90	0	0	0	0	0	0
Celkem		10437	250563,98	250,56398	8434	3227794,88	3227,79488

Tabulka 4 - Monitorovaný stav PCB v hlavním městě Praze [22]

Hl. m. Praha

Počet subjektů v kraji, které vlastní nebo provozují zařízení a látky s obsahem PCB:	12
--	----

Druh zařízení	Kód druhu zařízení	Zařízení obsahuje PCB: Ano			Zařízení obsahuje PCB: ???		
		Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]	Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]

Listinná evidence PCB							
Výkonový transformátor	10	0	0	0	4	1620	1,62
Tlumivka	11			0			0
Reaktor	12			0			0
Transformátor elektrofiltru (odlučovač)	13			0			0
Průchodka	14			0			0
Přepínač odboček (v transformátoru)	15			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor napětí (PTN)	16			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor proudu (PTP)	17			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor kombinovaný (PTK) – napětí + proud	18			0			0
Kondenzátor (DZ)	20	1040	9422	9,422			0
Kondenzátor (méně než 5 l)	20	211	1052	1,052			0
Kondenzátorová baterie (MZ)	21			0			0
Motor (MZ)	22			0			0
Rozvaděčová skříň (MZ)	23			0			0
Vypínač	25			0			0
Ostatní elektrická zařízení s kapalným dielektrikem	30			0			0
Hydraulické důlní zařízení	40			0			0
Vakuové čerpadlo	50			0			0
Průmyslové zařízení s ohřevem teplotnosnou kapalinou (duplikátor, obalovna drti apod.)	60	1	3500	3,5			0
Jiné zařízení	70			0			0
Nádrž s provozní kapalinou s PCB	81			0			0
Cisterna s provozní kapalinou s PCB	82			0			0
Sud s provozní kapalinou s PCB	83			0			0
Jiný způsob uskladnění provozní kapaliny s PCB	90			0			0
Celkem		1252	13974	13,974	4	1620	1,62

Tabulka 5 - Monitorovaný stav PCB ve Středočeském kraji [22]

Středočeský

Počet subjektů v kraji, které vlastní nebo provozují zařízení a látky s obsahem PCB:	13
--	----

Druh zařízení	Kód druhu zařízení	Zařízení obsahuje PCB: Ano			Zařízení obsahuje PCB: ???		
		Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]	Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]

Listinná evidence PCB							
Výkonový transformátor	10			0	6	7600	7,6
Tlumivka	11			0			0
Reaktor	12			0			0
Transformátor elektrofiltru (odlučovač)	13			0			0
Průchodka	14			0			0
Přepínač odboček (v transformátoru)	15			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor napětí (PTN)	16			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor proudu (PTP)	17			0	0	0	0
Přístrojový (měřicí) transformátor kombinovaný (PTK) – napětí + proud	18			0	0	0	0
Kondenzátor (DZ)	20	1	7,5	0,0075	55	701	0,701
Kondenzátor (méně než 5 l)		446	1463,5	1,4635			0
Kondenzátorová baterie (MZ)	21			0			0
Motor (MZ)	22			0			0
Rozvaděčová skříň (MZ)	23			0			0
Vypínač	25			0	18	255	0,255
Ostatní elektrická zařízení s kapalným dielektrikem	30			0			0
Hydraulické důlní zařízení	40			0			0
Vakuové čerpadlo	50			0			0
Průmyslové zařízení s ohřevem teplotnosnou kapalinou (duplikátor, obalovna drti apod.)	60			0			0
Jiné zařízení	70			0	4	480	0,48
Nádrž s provozní kapalinou s PCB	81			0			0
Cisterna s provozní kapalinou s PCB	82			0			0
Sud s provozní kapalinou s PCB	83			0			0
Jiný způsob uskladnění provozní kapaliny s PCB	90			0			0
Celkem		447	1471	1,471	83	9036	9,036

Tabulka 6 - Monitorovaný stav PCB v Jihočeském kraji [22]

Jihočeský

Počet subjektů v kraji, které vlastní nebo provozují zařízení a látky s obsahem PCB:	12
--	----

Druh zařízení	Kód druhu zařízení	Zařízení obsahuje PCB: Ano			Zařízení obsahuje PCB: ???		
		Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]	Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]

Listinná evidence PCB							
Výkonový transformátor	10				13	79759	79,759
Tlumivka	11			0			0
Reaktor	12			0			0
Transformátor elektrofiltru (odlučovač)	13			0			0
Průchodka	14			0			0
Přepínač odboček (v transformátoru)	15			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor napětí (PTN)	16			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor proudu (PTP)	17			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor kombinovaný (PTK) – napětí + proud	18			0			0
Kondenzátor (DZ)	20	687	17428	17,428	537	4752	4,752
Kondenzátor (méně než 5 l)	20	178	936	0,936			0
Kondenzátorová baterie (MZ)	21			0			0
Motor (MZ)	22			0			0
Rozvaděčová skříň (MZ)	23			0			0
Vypínač	25			0	38	583	0,563
Ostatní elektrická zařízení s kapalným dielektrikem	30			0	8	167	0,167
Hydraulické důlní zařízení	40			0			0
Vakuové čerpadlo	50			0			0
Průmyslové zařízení s ohřevem teplotnosnou kapalinou (duplikátor, obalovna drti apod.)	60	1	1100	1,1			0
Jiné zařízení	70			0			0
Nádrž s provozní kapalinou s PCB	81			0			0
Cisterna s provozní kapalinou s PCB	82			0			0
Sud s provozní kapalinou s PCB	83			0			0
Jiný způsob uskladnění provozní kapaliny s PCB	90			0			0
Celkem		864	19464	19,464	594	85241	85,241

Tabulka 7 - Monitorovaný stav PCB v Plzeňském kraji [22]

Plzeňský

Počet subjektů v kraji, které vlastní nebo provozují zařízení a látky s obsahem PCB:	9
--	---

Druh zařízení	Kód druhu zařízení	Zařízení obsahuje PCB: Ano			Zařízení obsahuje PCB: ???		
		Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]	Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]
Listinná evidence PCB							
Výkonový transformátor	10			0	21	36725	36,725
Tlumivka	11			0	2	4880	4,88
Reaktor	12			0			0
Transformátor elektrofiltru (odlučovač)	13			0			0
Průchodka	14			0			0
Přepínač odboček (v transformátoru)	15			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor napětí (PTN)	16			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor proudu (PTP)	17			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor kombinovaný (PTK) – napětí + proud	18			0			0
Kondenzátor (DZ)	20	73	836,7	0,8367	742	7114,4	7,1144
Kondenzátor (méně než 5 l)	20	762	3882,4	3,8824			0
Kondenzátorová baterie (MZ)	21			0			0
Motor (MZ)	22			0			0
Rozvaděčová skříň (MZ)	23			0			0
Vypínač	25			0	5	40	0,04
Ostatní elektrická zařízení s kapalným dielektrikem	30			0			0
Hydraulické důlní zařízení	40			0			0
Vakuové čerpadlo	50			0			0
Průmyslové zařízení s ohřevem teplotnosnou kapalinou (duplikátor, obalovna dřív apod.)	60			0			0
Jiné zařízení	70			0	8	32000	32
Nádrž s provozní kapalinou s PCB	81			0			0
Cisterna s provozní kapalinou s PCB	82			0			0
Sud s provozní kapalinou s PCB	83			0			0
Jiný způsob uskladnění provozní kapaliny s PCB	90			0			0
Celkem		835	4719,1	4,7191	778	80739,4	80,7394

Tabulka 8 - Monitorovaný stav PCB v Karlovarském kraji [22]

Karlovarský

Počet subjektů v kraji, které vlastní nebo provozují zařízení a látky s obsahem PCB:	7
--	---

Druh zařízení	Kód druhu zařízení	Zařízení obsahuje PCB: Ano			Zařízení obsahuje PCB: ???		
		Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]	Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]

Listinná evidence PCB							
Výkonový transformátor	10			0	3	8370	8,37
Tlumivka	11			0			0
Reaktor	12			0			0
Transformátor elektrofiltru (odlučovač)	13			0			0
Průchodka	14			0			0
Přepínač odboček (v transformátoru)	15			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor napětí (PTN)	16			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor proudu (PTP)	17			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor kombinovaný (PTK) – napětí + proud	18			0			0
Kondenzátor (DZ)	20	320	2962	2,962			0
Kondenzátor (méně než 5 l)	20	83	420,2	0,4202			0
Kondenzátorová baterie (MZ)	21			0			0
Motor (MZ)	22			0			0
Rozvaděčová skříň (MZ)	23			0			0
Vypínač	25			0			0
Ostatní elektrická zařízení s kapalným dielektrikem	30			0			0
Hydraulické důlní zařízení	40			0			0
Vakuové čerpadlo	50			0			0
Průmyslové zařízení s ohřevem teplotnosnou kapalinou (duplikátor, obalovna drti apod.)	60			0			0
Jiné zařízení	70			0			0
Nádrž s provozní kapalinou s PCB	81			0			0
Cisterna s provozní kapalinou s PCB	82			0			0
Sud s provozní kapalinou s PCB	83			0			0
Jiný způsob uskladnění provozní kapaliny s PCB	90			0			0
Celkem		403	3382,2	3,3822	3	8370	8,37

Tabulka 9 - Monitorovaný stav PCB v Ústeckém kraji [22]

Ústecký

Počet subjektů v kraji, které vlastní nebo provozují zařízení a látky s obsahem PCB:	15
--	----

Druh zařízení	Kód druhu zařízení	Zařízení obsahuje PCB: Ano			Zařízení obsahuje PCB: ???		
		Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]	Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]

Listinná evidence PCB							
Výkonový transformátor	10			0	580	697733	697,733
Tlumivka	11			0	13	17600	17,6
Reaktor	12			0			0
Transformátor elektrofiltru (odlučovač)	13			0	2	890	0,89
Průchodka	14			0			0
Přepínač odboček (v transformátoru)	15			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor napětí (PTN)	16			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor proudu (PTP)	17			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor kombinovaný (PTK) – napětí + proud	18			0			0
Kondenzátor (DZ)	20	167	1880	1,88	1294	14596	14,596
Kondenzátor (méně než 5 l)	20	64	345,6	0,3456			0
Kondenzátorová baterie (MZ)	21			0			0
Motor (MZ)	22			0			0
Rozvaděčová skříň (MZ)	23			0			0
Vypínač	25			0	433	10748	10,748
Ostatní elektrická zařízení s kapalným dielektrikem	30			0	1556	603193,1	603,1931
Hydraulické důlní zařízení	40			0	1057	244107,5	244,1075
Vakuové čerpadlo	50			0			0
Průmyslové zařízení s ohřevem teplotnosnou kapalinou (duplikátor, obalovna drti apod.)	60			0			0
Jiné zařízení	70			0	204	9704	9,704
Nádrž s provozní kapalinou s PCB	81			0	3	2093	2,093
Cisterna s provozní kapalinou s PCB	82			0			0
Sud s provozní kapalinou s PCB	83			0			0
Jiný způsob uskladnění provozní kapaliny s PCB	90			0			0
Celkem		231	2225,6	2,2256	5142	1600664,6	1600,6646

Tabulka 10 - Monitorovaný stav PCB v Libereckém kraji [22]

Liberecký

Počet subjektů v kraji, které vlastní nebo provozují zařízení a látky s obsahem PCB:	10
--	----

Druh zařízení	Kód druhu zařízení	Zařízení obsahuje PCB: Ano			Zařízení obsahuje PCB: ???		
		Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]	Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]

Listinná evidence PCB							
Výkonový transformátor	10			0	21	20925	20,925
Tlumivka	11			0			0
Reaktor	12			0			0
Transformátor elektrofiltru (odlučovač)	13			0			0
Průchodka	14			0			0
Přepínač odboček (v transformátoru)	15			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor napětí (PTN)	16			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor proudu (PTP)	17			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor kombinovaný (PTK) – napětí + proud	18			0			0
Kondenzátor (DZ)	20			0			0
Kondenzátor (méně než 5 l)	20	426	2223,2	2,2232			0
Kondenzátorová baterie (MZ)	21			0			0
Motor (MZ)	22			0			0
Rozvaděčová skříň (MZ)	23			0			0
Vypínač	25			0			0
Ostatní elektrická zařízení s kapalným dielektrikem	30			0	2	100	0,1
Hydraulické důlní zařízení	40			0			0
Vakuové čerpadlo	50			0			0
Průmyslové zařízení s ohřevem teplotosnou kapalinou (duplikátor, obalovna, drti apod.)	60			0			0
Jiné zařízení	70			0			0
Nádrž s provozní kapalinou s PCB	81			0			0
Cisterna s provozní kapalinou s PCB	82			0			0
Sud s provozní kapalinou s PCB	83			0			0
Jiný způsob uskladnění provozní kapaliny s PCB	90			0			0
Celkem		426	2223,2	2,2232	23	21025	21,025

Tabulka 11 - Monitorovaný stav PCB v Královéhradeckém kraji [22]

Královéhradecký

Počet subjektů v kraji, které vlastní nebo provozují zařízení a látky s obsahem PCB:	36
--	----

Druh zařízení	Kód druhu zařízení	Zařízení obsahuje PCB: Ano			Zařízení obsahuje PCB: ???		
		Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]	Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]

Listinná evidence PCB							
Výkonový transformátor	10			0	53	34178	34,178
Tlumivka	11			0			0
Reaktor	12			0			0
Transformátor elektrofiltru (odlučovač)	13			0			0
Průchodka	14			0			0
Přepínač odboček (v transformátoru)	15			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor napětí (PTN)	16			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor proudu (PTP)	17			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor kombinovaný (PTK) – napětí + proud	18			0			0
Kondenzátor (DZ)	20	93	889,4	0,8894	2	40	0,04
Kondenzátor (méně než 5 l)	20	561	1596,53	1,59653			0
Kondenzátorová baterie (MZ)	21			0			0
Motor (MZ)	22			0			0
Rozvaděčová skříň (MZ)	23			0			0
Vypínač	25			0			0
Ostatní elektrická zařízení s kapalným dielektrikem	30			0			0
Hydraulické důlní zařízení	40			0			0
Vakuové čerpadlo	50			0			0
Průmyslové zařízení s ohřevem teplotnosnou kapalinou (duplikátor, obalovna drti apod.)	60			0			0
Jiné zařízení	70			0			0
Nádrž s provozní kapalinou s PCB	81			0			0
Cisterna s provozní kapalinou s PCB	82			0			0
Sud s provozní kapalinou s PCB	83			0			0
Jiný způsob uskladnění provozní kapaliny s PCB	90			0			0
Celkem		654	2465,93	2,46593	55	34216	34,216

Tabulka 12 - Monitorovaný stav PCB v Pardubickém kraji [22]

Pardubický

Počet subjektů v kraji, které vlastní nebo provozují zařízení a látky s obsahem PCB:	23
--	----

Druh zařízení	Kód druhu zařízení	Zařízení obsahuje PCB: Ano			Zařízení obsahuje PCB: ???		
		Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]	Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]

Listinná evidence PCB							
Výkonový transformátor	10	1	800	0,8	57	43682	43,682
Tlumivka	11			0			0
Reaktor	12			0			0
Transformátor elektrofiltru (odlučovač)	13			0	8	6720	6,72
Průchodka	14			0			0
Přepínač odboček (v transformátoru)	15			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor napětí (PTN)	16			0	3	240	0,24
Přístrojový (měřicí) transformátor proudu (PTP)	17			0	4	380	0,38
Přístrojový (měřicí) transformátor kombinovaný (PTK) – napětí + proud	18			0			0
Kondenzátor (DZ)	20	85	1102,4	1,1024			0
Kondenzátor (méně než 5 l)	20	830	3654,6	3,6546			0
Kondenzátorová baterie (MZ)	21			0			0
Motor (MZ)	22			0			0
Rozvaděčová skříň (MZ)	23			0			0
Vypínač	25			0	29	3237	3,237
Ostatní elektrická zařízení s kapalným dielektrikem	30			0			0
Hydraulické důlní zařízení	40			0			0
Vakuové čerpadlo	50			0			0
Průmyslové zařízení s ohřevem teplotnosnou kapalinou (duplikátor, obalovna drti apod.)	60			0			0
Jiné zařízení	70			0			0
Nádrž s provozní kapalinou s PCB	81			0			0
Cisterna s provozní kapalinou s PCB	82			0			0
Sud s provozní kapalinou s PCB	83			0			0
Jiný způsob uskladnění provozní kapaliny s PCB	90			0			0
Celkem		916	5357	5,357	101	64259	64,259

Tabulka 13 - Monitorovaný stav PCB v kraji Vysočina [22]

Vysočina

Počet subjektů v kraji, které vlastní nebo provozují zařízení a látky s obsahem PCB:	15
--	----

Druh zařízení	Kód druhu zařízení	Zařízení obsahuje PCB: Ano			Zařízení obsahuje PCB: ???		
		Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]	Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]

Listinná evidence PCB							
Výkonový transformátor	10			0	48	31588	31,588
Tlumivka	11			0			0
Reaktor	12			0			0
Transformátor elektrofiltru (odlučovač)	13			0			0
Průchodka	14			0			0
Přepínač odboček (v transformátoru)	15			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor napětí (PTN)	16			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor proudu (PTP)	17			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor kombinovaný (PTK) – napětí + proud	18			0			0
Kondenzátor (DZ)	20	167	1669	1,669			0
Kondenzátor (méně než 5 l)	20	194	522	0,522			0
Kondenzátorová baterie (MZ)	21			0			0
Motor (MZ)	22			0			0
Rozvaděčová skříň (MZ)	23			0			0
Vypínač	25			0	10	18000	18
Ostatní elektrická zařízení s kapalným dielektrikem	30			0	10	1962	1,962
Hydraulické důlní zařízení	40			0			0
Vakuové čerpadlo	50			0			0
Průmyslové zařízení s ohřevem teplotnosnou kapalinou (duplikátor, obalovna, dírti apod.)	60			0			0
Jiné zařízení	70			0	4	1165	1,165
Nádrž s provozní kapalinou s PCB	81			0			0
Cisterna s provozní kapalinou s PCB	82			0			0
Sud s provozní kapalinou s PCB	83			0			0
Jiný způsob uskladnění provozní kapaliny s PCB	90			0			0
Celkem		361	2191	2,191	72	52715	52,715

Tabulka 14 - Monitorovaný stav PCB v Jihomoravském kraji [22]

Jihomoravský

Počet subjektů v kraji, které vlastní nebo provozují zařízení a látky s obsahem PCB:	25
--	----

Druh zařízení	Kód druhu zařízení	Zařízení obsahuje PCB: Ano			Zařízení obsahuje PCB: ???		
		Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]	Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]

Listinná evidence PCB							
Výkonový transformátor	10			0	38	65304	65,304
Tlumivka	11			0	3	1320	1,32
Reaktor	12			0			0
Transformátor elektrofiltru (odlučovač)	13			0			0
Průchodka	14			0			0
Přepínač odboček (v transformátoru)	15			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor napětí (PTN)	16			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor proudu (PTP)	17			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor kombinovaný (PTK) – napětí + proud	18			0			0
Kondenzátor (DZ)	20	2426	16349,7	16,3497	2	78	0,078
Kondenzátor (méně než 5 l)	20	637	3062,8	3,0628			0
Kondenzátorová baterie (MZ)	21			0			0
Motor (MZ)	22			0			0
Rozvaděčová skříň (MZ)	23			0			0
Vypínač	25			0	279	4278,88	4,27888
Ostatní elektrická zařízení s kapalným dielektrikem	30			0	17	1060	1,06
Hydraulické důlní zařízení	40			0			0
Vakuové čerpadlo	50			0			0
Průmyslové zařízení s ohřevem teplotnosnou kapalinou (duplikátor, obalovna drti apod.)	60			0			0
Jiné zařízení	70			0	11	2170	2,17
Nádrž s provozní kapalinou s PCB	81			0			0
Cisterna s provozní kapalinou s PCB	82			0			0
Sud s provozní kapalinou s PCB	83			0			0
Jiný způsob uskladnění provozní kapaliny s PCB	90			0			0
Celkem		3063	19412,5	19,4125	350	74210,88	74,21088

Tabulka 15 - Monitorovaný stav PCB v Olomouckém kraji [22]

Olomoucký

Počet subjektů v kraji, které vlastní nebo provozují zařízení a látky s obsahem PCB:	13
--	----

Druh zařízení	Kód druhu zařízení	Zařízení obsahuje PCB: Ano			Zařízení obsahuje PCB: ???		
		Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]	Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]

Listinná evidence PCB							
Výkonový transformátor	10	2	2500	2,5	35	71708	71,708
Tlumivka	11			0	2	420	0,42
Reaktor	12			0			0
Transformátor elektrofiltru (odlučovač)	13			0			0
Průchodka	14			0			0
Přepínač odboček (v transformátoru)	15			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor napětí (PTN)	16			0	13	2501	2,501
Přístrojový (měřicí) transformátor proudu (PTP)	17			0	12	2208	2,208
Přístrojový (měřicí) transformátor kombinovaný (PTK) – napětí + proud	18			0			0
Kondenzátor (DZ)	20	36	270	0,27	24	448	0,448
Kondenzátor (méně než 5 l)	20	477	2413,45	2,41345			0
Kondenzátorová baterie (MZ)	21			0			0
Motor (MZ)	22			0			0
Rozvaděčová skříň (MZ)	23			0			0
Vypínač	25			0	60	4570	4,57
Ostatní elektrická zařízení s kapalným dielektrikem	30			0	9	10154	10,154
Hydraulické důlní zařízení	40			0			0
Vakuové čerpadlo	50			0			0
Průmyslové zařízení s ohřevem teplotnosnou kapalinou (duplikátor, obalovna drti apod.)	60			0			0
Jiné zařízení	70			0			0
Nádrž s provozní kapalinou s PCB	81			0			0
Cisterna s provozní kapalinou s PCB	82			0			0
Sud s provozní kapalinou s PCB	83			0	1	200	0,2
Jiný způsob uskladnění provozní kapaliny s PCB	90			0			0
Celkem		515	5183,45	5,18345	156	92207	92,207

Tabulka 16 - Monitorovaný stav PCB v Zlínském kraji [22]

Zlínský

Počet subjektů v kraji, které vlastní nebo provozují zařízení a látky s obsahem PCB:	7
--	---

Druh zařízení	Kód druhu zařízení	Zařízení obsahuje PCB: Ano			Zařízení obsahuje PCB: ???		
		Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]	Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]

Listinná evidence PCB							
Výkonový transformátor	10			0	2	1660	1,66
Tlumivka	11			0			0
Reaktor	12			0			0
Transformátor elektrofiltru (odlučovač)	13			0			0
Průchodka	14			0			0
Přepínač odboček (v transformátoru)	15			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor napětí (PTN)	16			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor proudu (PTP)	17			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor kombinovaný (PTK) – napětí + proud	18			0			0
Kondenzátor (DZ)	20	32	279,2	0,2792			0
Kondenzátor (méně než 5 l)	20	62	217	0,217			0
Kondenzátorová baterie (MZ)	21			0			0
Motor (MZ)	22			0			0
Rozvaděčová skříň (MZ)	23			0			0
Vypínač	25			0	18	432	0,432
Ostatní elektrická zařízení s kapalným dielektrikem	30			0			0
Hydraulické důlní zařízení	40			0			0
Vakuové čerpadlo	50			0			0
Průmyslové zařízení s ohřevem teplotnosnou kapalinou (duplikátor, obalovna drti apod.)	60			0			0
Jiné zařízení	70			0			0
Nádrž s provozní kapalinou s PCB	81			0			0
Cisterna s provozní kapalinou s PCB	82			0			0
Sud s provozní kapalinou s PCB	83			0			0
Jiný způsob uskladnění provozní kapaliny s PCB	90			0			0
Celkem		94	496,2	0,4962	20	2092	2,092

Tabulka 17 - Monitorovaný stav PCB v Moravskoslezském kraji [22]

Moravskoslezský

Počet subjektů v kraji, které vlastní nebo provozují zařízení a látky s obsahem PCB:	17
--	----

Druh zařízení	Kód druhu zařízení	Zařízení obsahuje PCB: Ano			Zařízení obsahuje PCB: ???		
		Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]	Počet kusů	Hmotnost náplně [kg]	Hmotnost náplně [t]

Listinná evidence PCB							
Výkonový transformátor	10	44	164770	164,77	258	974993	974,993
Tlumivka	11			0	32	40410	40,41
Reaktor	12			0	2	29920	29,92
Transformátor elektrofiltru (odlučovač)	13			0	31	23065	23,065
Průchodka	14			0			0
Přepínač odboček (v transformátoru)	15			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor napětí (PTN)	16			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor proudu (PTP)	17			0			0
Přístrojový (měřicí) transformátor kombinovaný (PTK) – napětí + proud	18			0			0
Kondenzátor (DZ)	20	237	2734	2,734	178	2923	2,923
Kondenzátor (méně než 5 l)	20	95	494,8	0,4948			0
Kondenzátorová baterie (MZ)	21			0			0
Motor (MZ)	22			0			0
Rozvaděčová skříň (MZ)	23			0			0
Vypínač	25			0	541	16848	16,848
Ostatní elektrická zařízení s kapalným dielektrikem	30			0			0
Hydraulické důlní zařízení	40			0			0
Vakuové čerpadlo	50			0			0
Průmyslové zařízení s ohřevem teplotnosnou kapalinou (duplikátor, obalovna, drti apod.)	60			0	2	1000	1
Jiné zařízení	70			0	9	22240	22,24
Nádrž s provozní kapalinou s PCB	81			0			0
Cisterna s provozní kapalinou s PCB	82			0			0
Sud s provozní kapalinou s PCB	83			0			0
Jiný způsob uskladnění provozní kapaliny s PCB	90			0			0
Celkem		376	167998,8	167,9988	1053	1111399	1111,399

5 ANALÝZA ZJIŠTĚNÉHO STAVU PCB V ČR

Z vyhotovených podrobných přehledů je patrné, že počet subjektů, které vlastní nebo provozují zařízení a látky s obsahem PCB na území České republiky není zanedbatelný. Celkem 214 provozoven s celkovým počtem 10 430 ks zařízení obsahující PCB a dále nejméně 8 430 ks zařízení s možným obsahem PCB. Celkové množství PCB dosahuje nejméně 3 477 t PCB.

Při porovnání jednotlivých krajů vidíme, že nejnižší počet evidovaných subjektů, pouze 7 se nachází ve Zlínském kraji. Taková zátěž reprezentuje přibližně 114 ks zařízení s hmotnostní náplně okolo 2 588,2 kg PCB.

Obdobný počet subjektů, celkem 7 se nachází v Karlovarském kraji, ale samotné množství zařízení je již 406 ks s obsahem nejméně 11 752 kg PCB .

Plzeňský kraj eviduje 9 subjektů s počtem 1 613 ks zařízení a obsahem nejméně 85 458,5 kg PCB.

Liberecký kraj eviduje 10 subjektů s počtem 449 ks zařízení a množstvím 23248,2 kg PCB.

V Jihočeském kraji je evidováno 12 subjektů s počtem 1 458 ks zařízení a množstvím dosahujícím 104 705 kg PCB.

Hlavní město Praha s počtem 12 subjektů evidujících 1 256 ks zařízení s množstvím 15 594 kg PCB.

Následuje Středočeský kraj s evidencí 13 subjektů a 530 ks zařízení, které obsahují přibližně 10 507 kg PCB.

Olomoucký kraj eviduje 13 subjektů s počtem 671 ks zařízení, které obsahují nejméně 97 390 kg PCB.

V kraji Vysočina vykazuje 15 subjektů celkem 433 ks zařízení s obsahem nejméně 54 906 kg PCB.

Předpokládaná vyšší zátěž je evidována pro Ústecký kraj, kde 15 subjektů vykazuje v evidenci celkem 5 373 ks zařízení, které mohou obsahovat až 1 602 889 kg PCB. V Ústeckém kraji je tedy značný podíl celkového potenciálního rizika nacházející se v ČR.

Dalším krajem s vyšším stupněm potenciálního rizika je i Moravskoslezský kraj s evidencí 17 subjektů pro 1 429 ks zařízení obsahující celkem 1 279 397 kg PCB.

Naproti tomu v Pardubickém kraji, kde je evidováno 23 subjektů a 1 017 ks zařízení, je množství obsahujícího PCB jen 59 616 kg.

V Jihomoravském kraji je evidováno celkem 25 subjektů a 3 413 ks zařízení s obsahem 93 622 kg PCB.

Posledním krajem s největším počtem 36 subjektů je Královéhradecký kraj, který v počtu 709 ks zařízení eviduje pouze 36 681 kg PCB. Vzhledem k počtu subjektů je v tomto kraji potenciální riziko relativně nižší.

Z provedeného rozboru je patrné, že nejlépe jsou v hodnotících kritériích s menším podílem potenciálního rizika přítomných PCB zastoupeny kraj Středočeský, Karlovarský a hlavní město Praha, přičemž skutečná nejmenší zátěž je ve Zlínském kraji, kde můžeme existující potenciální riziko přítomných PCB hodnotit jako skutečně nejmenší v rámci ČR.

6 ZPŮSOBY ZNEŠKODNĚNÍ ODPADU OBSAHUJÍCÍHO PCB

Polychlorované bifenyly jsou látky velmi rezistentní, ale za určitých podmínek jsou rozložitelné. Likvidační postupy jsou technicky náročné a také velmi drahé, ale poskytují možnost konečného řešení. Výběr metody zneškodňování odpadů kontaminovaných PCB je samozřejmě závislý na obsahu PCB v daném odpadu a na druhu odpadu samotného.

Metody zneškodňování PCB lze rozdělit do těchto čtyř základních skupin:

konvenční spalování – spalovny rizikových odpadů. Optimální podmínky rozkladu PCB teplota: $1\ 400 \pm 75$ °C. Rozkladu PCB lze též dosáhnout s dvousekundovým zdržením při teplotě $1\ 200$ °C a 3% přebytku vzduchu a následném rychlém zchlazení spalin. Z toho plyne, že spalování je velmi neefektivní. V západní Evropě je mnoho spaloven rizikových odpadů, které umožňují spalovat odpady kontaminované PCB, např. pec TREDI a spalovna firmy SICO ve Francii, spalovna RECHEM ve Velké Británii, spalovna EKOKEM ve Finsku, v Belgii spalovna firmy BASF a v SRN spalovna firmy L+Z. Také v bývalé ČSFR se uvažovalo o postavení spalovny rizikových odpadů s možností spalovat odpady s PCB, a to v Ostravě-Hrušově. Po rozdělení republiky však ztratila lokalita, kde měla stát tato spalovna, svůj význam a od záměru bylo upuštěno. Další lokalitou, v níž se uvažovalo postavit spalovnu rizikových odpadů, byly Oslavany. Bohužel ani zde nebyly plány pro nechuť vlády poskytnout garance za zahraniční půjčky na technologii, dotaženy do konce (v Oslavanech je spalovna, v níž nelze spalovat odpady s PCB);

nekonvenční spalování – kyslíkové spalování v tavenině solí, spalování ve fluidní vrstvě, vícezónální spalování s pyrolýzou. Všechny tyto způsoby zneškodnění jsou vysoce ekonomicky nákladné;

chemické procesy – chemická dechlorace sodíkem, procesy s využitím energie sálání, plazmové technologie, nízkoteplotní oxidace, popř. v současné době stále více v zahraničí používaná recyklace na kyselinu chlorovodíkovou;

fyzikálně-chemické procesy – na rozdíl od ostatních popsaných typů procesů nejsou fyzikálně-chemické procesy destrukcí PCB nebo jeho chemickým přepracováním. Při těchto procesech jsou PCB extrahovány z transformátorů a nahrazeny jinou kapalinou. Nepřispívají tedy k řešení problému, jak se PCB zbavit, pouze mění jejich lokalizaci. PCB tedy musejí být ještě zpracovány nebo ukládány. Extrakční procesy využívají fyzikálně-chemických metod pro extrakci organických sloučenin z různých médií. Používají se metody od velmi jednoduchých fyzikálních procesů až po dokonalé vysušení transformátorů naplněných PCB a nahrazení prostou PCB dielektrickou kapalinou a destilaci PCB z transformátorové kapaliny. Na stejném principu jsou založeny recyklační zařízení v Nizozemí – firma ORION a v USA – firma TCI [4].

7 ZHODNOCENÍ RIZIKA PCB PRO ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Zjednodušeně lze konstatovat, že řešení problémů polychlorovaných bifenyly v potravinách a nápojích záleží především na úrovni skladování a likvidace odpadů, přístrojovém vybavení, kontrole, používaných prostředcích v zemědělství a v průmyslu a na účinnosti a rozsahu kontroly na všech stupních řízení, při adekvátním stavu legislativy. Praktickou účinnost preventivních opatření limitují legislativa, hygienický dozor a laboratorní kontrola.

Rozsah a nebezpečí PCB v ekosystémech lze zatím jen odhadnout, protože není lehké určit jejich specifické účinky na reprodukční funkce. Varovnými signály jsou například mutagenní účinky PCB experimentálně zjištěné na bakteriích a jiných organismech. Zvýšený obsah PCB byl monitorován především ve vysoce průmyslových oblastech. Především z důvodu nevhodného skladování odpadu kontaminovaného polychlorovanými bifenyly dochází nejčastěji k úniku těchto látek do ekosystému a současně kumulaci těchto látek jednak v tukových tkáních, ale i absorpci na nejrůznějších anorganických i organických sedimentech.

V každém případě jde o nesmírně závažnou záležitost a podrobné sledování koncentrace v prostředí je bezodkladně nutné, aby bylo možno včas uskutečnit potřebná preventivní opatření pro odvrácení tohoto přetrvávajícího nebezpečí, které potencionálně ohrožuje „Modrou planetu“.

Z pohledu stavu monitorované zátěže PCB v České republice lze konstatovat, že Česká republika, jako součást Evropské unie, je aktivně zapojena a podílí se dle platné legislativní úpravy na odstranění této ekologické zátěže, přičemž samotné zatížení naší země je porovnatelné se stavem u průmyslových států EU (SRN, Francie, Belgie, Itálie, Velká Británie).

Množství polychlorovaných bifenyly, které přichází do odpadů ve formě vyřazených výrobků, dosáhlo vrcholu na přelomu 20. století. Odhaduji, že asi 20% z celkově vyrobeného množství uniklo do biosféry. Uvážím-li, že již nepatrné množství několika miligramů polychlorovaných bifenyly ohrožuje vážně zdraví člověka, je to stále i v dnešní době množství, které nelze zcela jistě podcenit.

Aktivní přístup k řešení této rizikové zátěže životního prostředí musí být vždy podporován, ale i náležitě odměněn.

ZÁVĚR

Polychlorované bifenyly jsou látky, které díky své vysoké biologické perzistenci a současně i díky únikům do životního prostředí, představují neustále možné riziko.

Primární zdroje PCB byly již téměř zlikvidovány, avšak zdroje sekundární jsou ještě stále velmi nebezpečné.

Důležitý faktor pro ochranu celkového ekosystému, včetně člověka, je neustálý monitoring těchto látek a následně vhodná likvidace, pokud se tyto látky vyskytují ve formě, která umožňuje zneškodnění těchto látek.

SEZNAM ODKAZŮ

- [1] KÁŠ, J. et al. *Biotechnologie životního prostředí*. Praha : VŠCHT, 2000. 142 s. ISBN 80-7080-376-2.
- [2] *Polychlorinated biphenyl structure* [online]. 2006 [cit. 2011-03-15]. Dostupné z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Polychlorid_biphenyl_strukture.svg.
- [3] HOLOUBEK, I. et al. *Polychlorinated Biphenyls [PCBs] World-Wide Contaminated Sites*. TOCOEN Rep. No. 173, Brno, May 2000.
- [4] SLOVAČEK, I. Kam s vyřazenými kondenzátory a transformátory obsahujícími PCB. *Elektro*, 2000, č. 3, s. 6.
- [5] BALLSCHMITER, K. and ZELL, M. *Analysis of polychlorinated biphenyls (PCB) by glass capillary gas chromatography*. 1980, Fresenius Z., Anal. Chem. 302:20-31
- [6] STRAND, S. *Lectures of PCBs* [online]. 2007 [cit. 2011-04-03]. Dostupné z WWW: <<http://www.cfr.washington.edu/classes.esc.518/Lectures/20PCB%20structure.pdf>>.
- [7] PETRLÍK, J. *Polychlorované bifenyly* [online]. 2008 [cit. 2011-04-15]. Dostupné z WWW: <<http://arnika.org/chemicke-latky/polychlorovane-bifenyly-pcb>> .
- [8] *Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny* [online]. 2010 [cit. 2011-03-16]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Mezin%C3%A1rodn%C3%AD_agentura_pro_v%C3%BDzkum_rakoviny>.
- [9] PETRLÍK, J. *Výskyt PCB v životním prostředí* [online]. 2008 [cit. 2011-03-15]. Dostupné z WWW: <<http://arnika.org/ziv-pro/pcb-pcb>> .
- [10] *Zákon č. 154/2010 Sb. o odpadech - novelizace k zákonu č. 185/ 2001 Sb.* [online]. 2010 [cit. 2011-04-06]. Dostupné z WWW: <<http://sbirka.cz>>.
- [11] *Nářízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 850/2004 ze dne 29. dubna 2004 o perzistentních organických znečišťujících látkách a o změně směrnice 79/117/EHS* [online]. 2010 [cit. 2011-03-08]. Dostupné z WWW: <<http://sbirka.cz>>.
- [12] *Směrnice Rady 96/59/ES ze dne 16. září 1996 o odstraňování polychlorovaných bifenyliů a polychlorovaných terfenyliů (PCB/PCT)*. Úř. věst. L 243, 24.9.1996, s. 31.
- [13] *Směrnice Rady 94/67/ES ze dne 16. prosince 1994 o spalování nebezpečných odpadů*. Úř. věst. L 365, 31.12.1994, s. 34.

- [14] *Vyhláška Ministerstva životního prostředí ze dne 17. října 2001 číslo 384/2001 Sb. o nakládání s PCB*. Věstník MŽP, 2001.
- [15] *Vyhláška č. 50/1978 Sb., o odborné způsobilosti v elektrotechnice, ve znění vyhlášky č. 98/1982 Sb. ve znění změn a novel*.
- [16] Van den Berg, M. et al. *Toxic Equivalencz Factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife*. Environ Health Perspect, 1998. 106 s.
- [17] *Code of Federal Regulations, Title 40, 40CFR60 Standard of Performance for new stationarz sources* [online]. 2008 [cit. 2011-04-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.irz.cz/irz/new>>.
- [18] RACLAVSKÁ, H., KUCHAROVÁ, J., PLACHÁ, D. *Podklady k Protokolu o PRTR, Přehled metod a identifikace látek sledovaných podle Protokolu o registrech úniků a přenosů znečišťujících látek v únicích do půd*. Praha : MŽP, VŠB, 2008.
- [19] SKÁCEL, F., TEKÁČ, V. *Podklady pro Ministerstvo životního prostředí k provádění Protokolu o PRTR, Přehled metod a identifikace látek sledovaných podle Protokolu o registrech úniků a přenosů znečišťujících látek v únicích do půd*. Praha : VŠCHT, MŽP , 2007.
- [20] MONTGOMERZ, J.H. *Grounwater Chemicals*. Desk references. Fourth edition. Florida : CRC Press Taylor and Francis Group, Boca Raton, 2007.
- [21] Muir, D., Sverko, E. *Analytical methods for PCBs and organochlorine pesticides in environmental monitoring and surveillance: a critical appraisal*, Environment Canada, Water Science and Technology Division, 867 Lakeshore Road, Burlington, ON L7R 4A6 Canada.
- [22] *Inventarizace PCB v ČR 2009* [online]. 2010 [cit. 2011-03-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.mzp.cz>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
DIN	Německá národní norma
DSQII	Hmotnostní spektrometr s kvadropólovým analyzátozem
EN	Evropská norma
GC-AED	Plynová chromatografie s atomovým emisním detektorem
GC-ECD	Plynová chromatografie s detektorem elektronového záchytu
GC-ELCD	Plynová chromatografie s detektorem elektrické vodivosti
GC-HRMS	Plynová chromatografie s detekcí hmotnostním detektorem s vysokým rozlišením
GC-MD	Plynová chromatografie s multidetektorem
GC-MS	Plynová chromatografie s hmotnostním spektrometrem
IARC	Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny
I-TEF	Mezinárodní faktor toxického ekvivalentu
JZD	Jednotné zemědělské družstvo
MID	multiple ion detection
OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
PCB	polychlorované bifenyly
PCDD	Polychlorované dibenzo-p-dioxiny
PCDF	Polychlorované dibenzo-p-furany
POP	Persistentní organické polutanty
PUF	Polyuretanová pěna

TA	Tenax
TE/GC/MS	Termální desorpce/plynová chromatografie/hmotnostní detekce
TSEC	Soxhletova extrakce k určení celkového extrahovatelného obsahu
WHO	Světová zdravotnická organizace

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Obecná struktura molekuly PCB [2].....	12
Obr. 2. Výstražné symboly [3].....	13
Obr. 3. Obecná rovnice výroby PCB a možné produkty této reakce [6]	17
Obr. 4. Vzor štítku dle vyhlášky č. 384/2001 Sb., příloha č. 4 [14]	29
Obr. 5. Vzor štítku dle vyhlášky č. 384/2001 Sb., příloha č.3 [14]	29
Obr. 6. Stanovení PCB - metoda s chlazenou sondou (ČSN EN 1948-1) [19].....	33
Obr. 7. Příklad kombinovaného vzorkovacího systému (PUF-Tenax TA) [19].....	34
Obr. 8. GC-ECD chromatograf extraktu exponovaného kombinovaného vzorkovacího systému (PUF-Tenax TA) [19]	35
Obr. 9. Mapa ČR rozdělena na 14 vyšších územních samosprávných celků – krajů [22].....	45

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 - Přehled obchodních názvů vybraných přípravků obsahujících PCB vyráběných v Československu [4]</i>	<i>15</i>
<i>Tabulka 2 - Přehled světových obchodních názvů výrobků obsahujících PCB [4].....</i>	<i>16</i>
<i>Tabulka 3 - Celkový přehled monitorovaného množství PCB v ČR [22]</i>	<i>46</i>
<i>Tabulka 4 - Monitorovaný stav PCB v hlavním městě Praze [22]</i>	<i>47</i>
<i>Tabulka 5 - Monitorovaný stav PCB ve Středočeském kraji [22]</i>	<i>48</i>
<i>Tabulka 6 - Monitorovaný stav PCB v Jihočeském kraji [22].....</i>	<i>49</i>
<i>Tabulka 7 - Monitorovaný stav PCB v Plzeňském kraji [22]</i>	<i>50</i>
<i>Tabulka 8 - Monitorovaný stav PCB v Karlovarském kraji [22].....</i>	<i>51</i>
<i>Tabulka 9 - Monitorovaný stav PCB v Ústeckém kraji [22].....</i>	<i>52</i>
<i>Tabulka 10 - Monitorovaný stav PCB v Libereckém kraji [22].....</i>	<i>53</i>
<i>Tabulka 11 - Monitorovaný stav PCB v Královéhradeckém kraji [22].....</i>	<i>54</i>
<i>Tabulka 12 - Monitorovaný stav PCB v Pardubickém kraji [22]</i>	<i>55</i>
<i>Tabulka 13 - Monitorovaný stav PCB v kraji Vysočina [22].....</i>	<i>56</i>
<i>Tabulka 14 - Monitorovaný stav PCB v Jihomoravském kraji [22]</i>	<i>57</i>
<i>Tabulka 15 - Monitorovaný stav PCB v Olomouckém kraji [22]</i>	<i>58</i>
<i>Tabulka 16 - Monitorovaný stav PCB ve Zlínském kraji [22]</i>	<i>59</i>
<i>Tabulka 17 - Monitorovaný stav PCB v Moravskoslezském kraji [22]</i>	<i>60</i>

EVIDENČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

Sigla (místo uložení diplomové práce)	Portál UTB Zlín, Kvalifikační práce, TUCH
Název diplomové práce	Metody monitorování zátěže životního prostředí polychlorovanými bifenily
Autor diplomové práce	Bc. Petr Křípský
Vedoucí diplomové práce	doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.
Vysoká škola	Univerzita Tomáši Bati ve Zlíně
Adresa vysoké školy	nám. T. G. Masaryka 5555 760 01 Zlín
Fakulta (adresa, pokud je jiná než adresa VŠ)	Fakulta technologická nám. T. G. Masaryka 275 762 72 Zlín
Katedra (adresa, pokud je jiná než adresa VŠ)	Ústav chemie
Rok obhájení DP	2011
Počet stran	71
Počet svazků	3
Vybavení (obrázky, tabulky...)	obrázky, tabulky
Klíčová slova	polychlorované bifenily, PCB