

**ČESKÁ ZĚMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**2010**

**Bc. Jana Zmrhalová**

**ČESKÁ ZĚMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

**KATEDRA ENVIRONMENTÁLNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ A OCHRANY PROSTŘEDÍ**

**Polychlorované bifenyly v energetických  
zařízeních nízkého a vysokého napětí ve vztahu  
ke starým ekologickým zátěžím.**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Vedoucí práce: Doc. Ing. RNDr. Ivan Landa, DrSc.

Diplomant: Bc. Jana Zmrhalová

2010



Česká zemědělská univerzita v Praze

Katedra: Environmentálního inženýrství a ochrany prostředí

Fakulta životního prostředí

Školní rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro: Janu Zmrhalovou

obor: Aplikovaná ekologie

Název tématu: Polychlorované bifenyly v energetických zařízeních nízkého a vysokého napětí ve vztahu ke starým ekologickým zátěžím.

Název tématu v anglickém jazyce: Polychlorinated biphenyls in energy equipments of low and high voltage in relation to the old environmental stress.

### Zásady pro vypracování:

Diplomantka se bude podílet na vyhodnocení rozborů přítomnosti polychlorovaných bifenyly (PCB) v energetických zařízeních nízkého a vysokého napětí v podniku ČEZ. Na základě rozsáhlé evidenci a kontrole přítomnosti PCB v transformátorových olejích využije vytvořený soubor pro statistické vyhodnocení

Výsledky shrne ve formě tabulek a grafů. Shrne zásadní nedostatky, které se týkají problematiky výskytu PCB v zařízeních a tím i na ekologických zařízeních, a navrhne jejich optimální řešení. Bude se podílet na terénních pracích na vybrané lokalitě.

Cílem práce je posoudit možnost výskytu PCB v případě havarijních úniků v transformátorovnách v ČR. Dále posoudí možnost šíření PCB na starých ekologických zátěžích.

Práce bude rozdělena do následujících částí: Úvod, Současný stav, Význam PCB a výrobků na bázi PCB, Legislativa EU a ČR, Metodika, Výsledky a diskuze, Závěr.



Rozsah grafických prací: cca 10

Rozsah průvodní zprávy: cca 40 – 60 normovaných stran textu bez příloh

Seznam odborné literatury:

Diplomantka využije nepublikované informace, které jsou k dispozici v archivu ČEZ –distribuce a.s. V obecné části věnované zhodnocení významu PCB a jeho vlivu na životní prostředí pak využije publikované práce, jako např.

- BREIVIK, K, SWEETMAN, A, PACYNA, J.M. Towards global historical emission inventory for selected PCB congeners a mass balance approach. *Science of the Total Environment* . 2007, 377, 2, s. 296-307.
- ČÍŽEK, Zdeněk. *Polychlorované bifenyly*. Praha : [s.n.], 1992. 41 s.
- ERICKSON, Mitchell D. *Analytical chemistry of PCBs*. 2nd anotace edition. [s.l.] : CRC Press, 1997. 667 s. ISBN 0873719239.
- Hansen L. G. (1998): Stepping backward to improve assessment of PCB congener toxicities. *Environ Health Perspect*, 106 (suppl 1):171–189.
- Holoubek, I. *Národní implementační plán Stockholmské úmluvy*. Praha, 2006.
- KASUGA, Takumi . Isotope dilution analysis of polychlorinated biphenyls (PCBs) in transformer oil and global commercial PCB formulations by high resolution gas chromatography–high resolution mass spektrometry. *Chemosphere*. 2006, vol. 62, s. 469-484.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (U.S.), Committee on Remediation of PCB Contaminated Sediments. • *A risk - management Strategy for PCB - Contaminated Sediments* . Washington DC : National Academies Press, 2001. 432 s. ISBN 0-309-07321-9.
- PEREIRA, M. Polychlorinated dibenzo – p – dioxins (PCDD), dibenzofurans (PCDF) and polychlorinated biphenyls (PCB): Main sources, environmental behaviour and risk to man and biota. *Quim. Nova*. 2004, vol. 27, no. 6, s. 934-943.
- van den Berg, M., Birnbaum, L., Bosveld, A. T., Brunstrom, B., Cook, P., Feeley, M., Giesy, J. P., Hanberg, A., Hasegawa, R., Kennedy, S. W., et al. (1998). Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife. *Environ. Health Perspect*. 106, 775–792
- Vondráček, J. Aryl Hydrocarbon Receptor-Activating Polychlorinated Biphenyls and Their Hydroxylated Metabolites Induce Cell Proliferation in Contact-Inhibited Rat Liver Epithelial Cells. *TOXICOLOGICAL SCIENCES* 83, 53–63 (2005)

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. RNDr. Ivan Landa, DrSc.

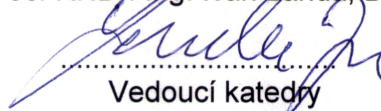
Konzultant diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: 10. listopadu 2009

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2010

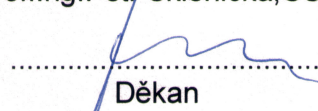
L.S.

Doc. RNDr. Ing. Ivan Landa, DrSc.

  
Vedoucí katedry



prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

  
Děkan

V Praze dne 9. 12. 2009

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Polychlorované bifenyly v energetických zařízeních nízkého a vysokého napětí ve vztahu ke starým ekologickým zátěžím“ vypracovala samostatně s použitím odborné literatury uvedené v seznamu, který je součástí této práce.

V Praze dne:

.....

Bc. Jana Zmrhalová

.....

### Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu své diplomové práce Doc. Ing. RNDr. Ivanu Landovi, DrSc., za odborné vedení, cenné rady, ochotu a trpělivost, se kterou mi věnoval svůj čas při konzultacích této práce a dále Ing. Davidu Voženílkovi, který mi poskytl potřebné informace na téma diplomové práce.

## **Abstrakt a klíčová slova**

Předložená diplomová práce se zabývá zhodnocením rozsáhlé evidence dat o výskytu PCB v zařízeních používaných v energetice. Tato evidence byla nařízena zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech. V současné době se za účelem zjišťování míry kontaminace minerálních olejů PCB provádí analytické stanovení definované normou IEC EN 61 619, používající k určení PCB plynovou chromatografii s detektorem elektronového záchytu (ECD). V práci jsou shrnuty poznatky o výskytu PCB ve vybraných zařízeních, která jsou provozována společností ČEZ Distribuce, a. s. Výsledky prokázaly, že nadlimitní množství PCB bylo zjištěno pouze u 25 zařízení, která byla ihned odstraněna, a tudíž nyní žádné zařízení podle zákona č. 185/2001 Sb. neobsahuje delor či jinou látku na bázi deloru, která by byla indikovaná jako PCB.

### **Klíčová slova:**

Polychlorované bifenyly, transformátory a transformátorové oleje, inventarizace zařízení obsahující PCB.

### **Abstract and key words**

The thesis refers the estimation of the large data statistics about the appearance of the PCB in equipments used in energy industries. This statistics was enacted by the law number 185/2001 about the waste. At this time the analytic determination defined by the norm IEC EN 61 619 is used for the detection of the contamination level of the mineral oils PCB. The PCB is identified using the gas chromatography – Electron Capture Detector (ECD). In the thesis there is summarized the knowledge about the appearance of the PCB in certain equipments carried out by the ČEZ Distribuce, a. s. The results show, that the limit of the amount of the PCB is passed only in 25 equipments. The defects were despatched immediately, therefore there is no equipment now according to the law no. 185/2001 containing delor or any other delor-based substance, which could be identified as the PCB.

### **Key words:**

Polychlorinated biphenyls, transformers and transformer oils, enumeration of the equipments containing the PCB.

# Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	<b>8</b>
1.2 Cíle .....	8
<b>2. Současný stav</b> .....	<b>9</b>
2.1 Staré ekologické zátěže (SEZ) a elektrorozvodná síť v ČR.....	9
2.1.1 PCB a staré ekologické zátěže .....	10
2.1.2 Transformátory a jejich vztah k ŽP.....	11
2.2 Transformátorové oleje a jejich regenerace.....	14
2.3 Charakteristika PCB .....	16
2.4 Fyzikální a chemické vlastnosti PCB .....	16
2.5 Historie PCB .....	18
2.5.1 Historie PCB ve Spojených státech.....	18
2.5.2 Historie PCB v Československu.....	19
2.6 Chemko Strážske .....	22
2.7 Výroba .....	23
2.8 Použití.....	26
2.9 Toxicita .....	28
2.9.1 Yusho.....	30
2.10 Metody stanovení PCB v minerálních olejích.....	31
2.11 Způsob zneškodňování.....	32
2.11.1 Termické procesy.....	32
2.11.2 Chemické procesy.....	32
2.11.3 Biologické technologie – biodegradace.....	33
2.11.4 Fyzikální procesy – fotolýza .....	34
2.12 Společnosti nakládající s odpady obsahující PCB .....	35
2.12.1 Spalovna SPOVO v Ostravě .....	35
2.13 Legislativa.....	37
2.13.1 Legislativa v USA.....	37
2.13.2 Legislativa v EU .....	37
2.13.3 Legislativa v ČR.....	37
2.13.3.1 Inventarizace.....	39
<b>3. Metodika</b> .....	<b>41</b>
<b>4. Výsledky</b> .....	<b>43</b>
<b>5. Diskuze</b> .....	<b>51</b>
<b>6. Závěr</b> .....	<b>52</b>
<b>7. Literatura</b> .....	<b>54</b>
<b>8. Seznam obrázků a tabulek</b> .....	<b>58</b>
<b>9. Seznam použitých zkratk</b> .....	<b>60</b>
<b>10. Přílohy</b> .....	<b>61</b>



# 1. Úvod

V důsledku antropogenní činnosti se prudce zhoršila kvalita životního prostředí. Nejzávažnějším problémem je kontaminace prostředí cizorodými látkami. Jednou z těchto látek jsou polychlorované bifenyly, které v důsledku širokého použití v průmyslu zatížily prostředí (VRÁBLÍKOVÁ et ŠKRLANT, 1991) a dnes jsou z něj jako staré ekologické zátěže odstraňovány.

PCB představují v současné době jednu z nejsledovanějších a nejdiskutovanějších skupin polutantů nacházející se ve všech složkách životního prostředí. Poté, co byly PCB poprvé průmyslově připraveny, začala jejich masová výroba. PCB byly označeny jako super – medium s vynikajícími vlastnostmi, především vysokou stabilitou (ČÍŽEK, 1992). Bohužel právě jejich vysoká stabilita je příčinou problémového odstranění z prostředí.

Tato práce je zaměřena na problematiku polychlorovaných bifenyly v energetických zařízeních ve vztahu ke starým ekologickým zátěžím. Úvodní část se věnuje problematice starých ekologických zátěží, následuje charakteristika, historický vývoj, použití, toxicita PCB, jejich analytické stanovení a metody odstraňování, další kapitola shrnuje dosavadní legislativní předpisy týkající se PCB. Následuje metodika, výsledky, diskuze a závěr.

## 1.2 Cíle

- vyhodnocení rozsáhlých dat o výskytu PCB v zařízeních používaných v energetice,
- posouzení možnosti výskytu PCB v případě havarijních úniků v transformátorovnách v ČR,
- posouzení nákladů na splnění legislativních požadavků v oblasti eliminace PCB v energetice,
- posouzení možnosti šíření PCB na starých ekologických zátěžích

## 2. Současný stav

### 2.1 Staré ekologické zátěže (SEZ) a elektrorozvodná síť v ČR

Obecně lze říci, že staré ekologické zátěže (SEZ) jsou lokality kontaminované úniky nebezpečných látek do prostředí v důsledku antropogenní činnosti (JANČÁŘOVÁ, 2007). SEZ byly převážně způsobeny státními podniky v období před privatizací používáním k životnímu prostředí nešetrných, ale ve většině případů povolených technologií a chemických látek (ROLEČKOVÁ, 2005). V té době neexistovala adekvátní právní úprava na ochranu ŽP. Pojem stará ekologická zátěž (SEZ) není ani v dnes platné právní úpravě definován.

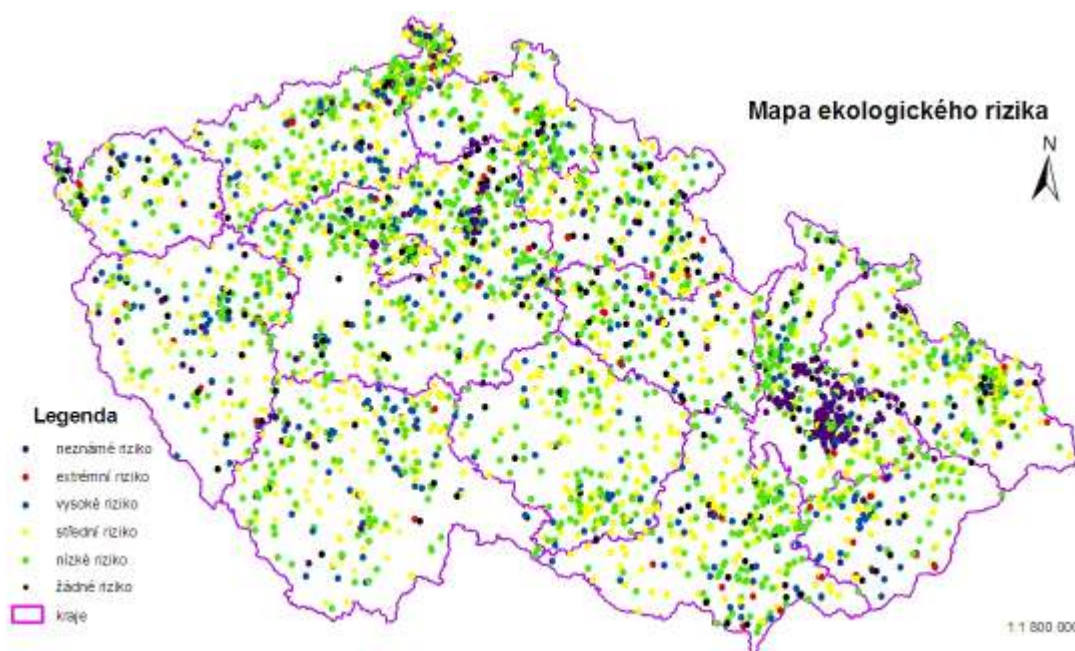
Odhalování, oceňování a odstraňování starých ekologických zátěží řídí Fond národního majetku a hrazeno je ze státních prostředků (získaných v procesu privatizace). Tuto akci lze označit za nejvýznamnější projekt ČR minulého století v oblasti ekologie (ČÍŽEK, 1999). Odhaduje se, že v zemích EU je na 3,5 milionu kontaminovaných míst (JANČÁŘOVÁ, 2007). V České republice je v současné době známo více jak 8900 lokalit se starou ekologickou zátěží, na více než 4 000 lokalitách již proběhly ověřovací a průzkumné práce. „Zhruba tisíc lokalit je podrobně prozkoumáno, na 746 již probíhají sanační práce a na 166 lokalitách byla sanace ukončena. Ministerstvo životního prostředí již od roku 1996 provozuje a aktualizuje databázi pro systém evidence starých ekologických zátěží (SESEZ), která nyní obsahuje více jak 3 500 zátěží“, konstatuje Ivana Jirásková, náměstkyně ministra životního prostředí v tiskové zprávě na téma Zkušenosti České republiky s odstraňováním starých ekologických zátěží.

Databáze SESEZ byla základem nově vytvořené databáze SEKM (Systém evidence kontaminovaných míst). Její kvalitativní hodnocení rizik vychází z kanadské metodiky AGRA. Jednotlivá rizika jsou hodnocena definovaným textem: extrémní, vysoké, střední, nízké, žádné, neznámé.

- Extrémní – (neakceptovatelné) působení zátěže je extrémně silné, je známo či předpokládáno vážné poškození lidského zdraví. Dochází k trvalému poškození či likvidaci některých biotopů.
- Vysoké – (jisté, nadprůměrné) působení zátěže je silné, polutanty se mohou akumulovat v organismech v koncentracích, které představují neakceptovatelné riziko. Je vysoce pravděpodobné poškození některých biotopů.
- Střední – (průměrné) riziko je na hranici přípustného limitu. Potenciálně mohou být ohroženy či mírně poškozeny (ne zničeny) některé biotopy.

- Nízké – (podprůměrné, slabé) riziko je srovnatelné s relativními normativy. Jedná se o znečištění nízce toxickými polutanty.
- Žádné – (zanedbatelné, neškodné) riziko je nulové.
- Neznámé – riziko není známo, ani se nedá s vysokou pravděpodobností předpokládat. Tyto lokality jsou považovány v rámci hodnocení rizikovosti v systému SEKM v současné době za nejrizikovější. Většinou se jedná o černé skládky (STATISTICKÁ ROČENKA, 2008).

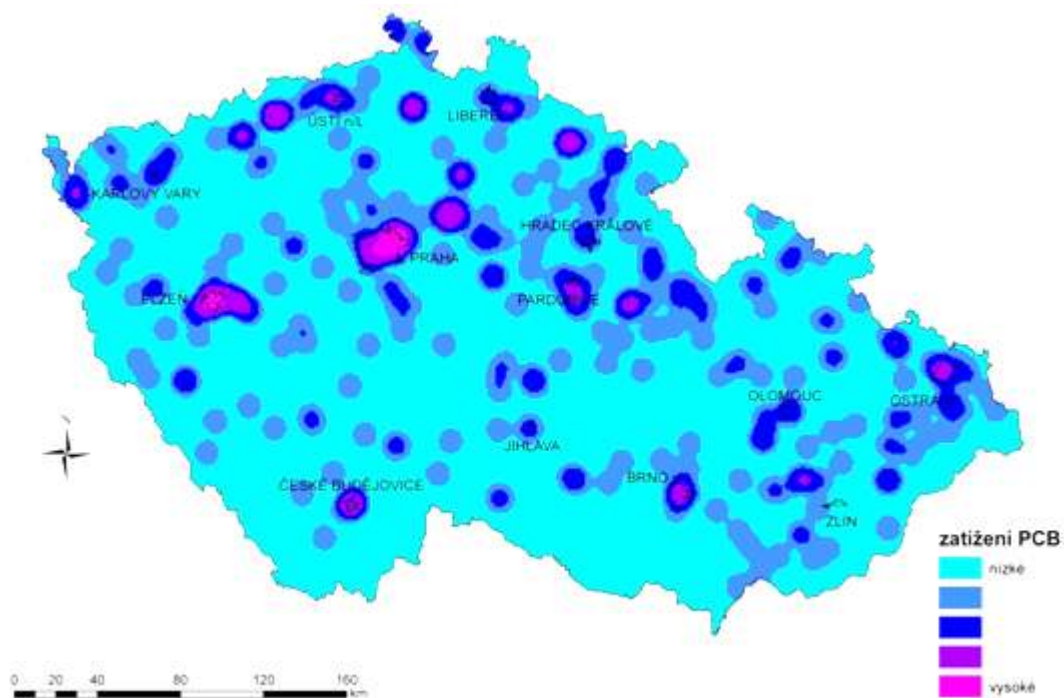
Mapa zobrazuje hodnocení rizik starých ekologických zátěží pro rok 2009 a lokality jsou dle tohoto hodnocení od sebe barevně odlišeny, viz Obrázek 1. Data jsou převzata z <http://geoportal.cenia.cz> a dále upravena v programu ArcGIS, version 9.2. Kvalitnější mapa byla umístěna do kapitoly Přílohy jako Příloha 2.



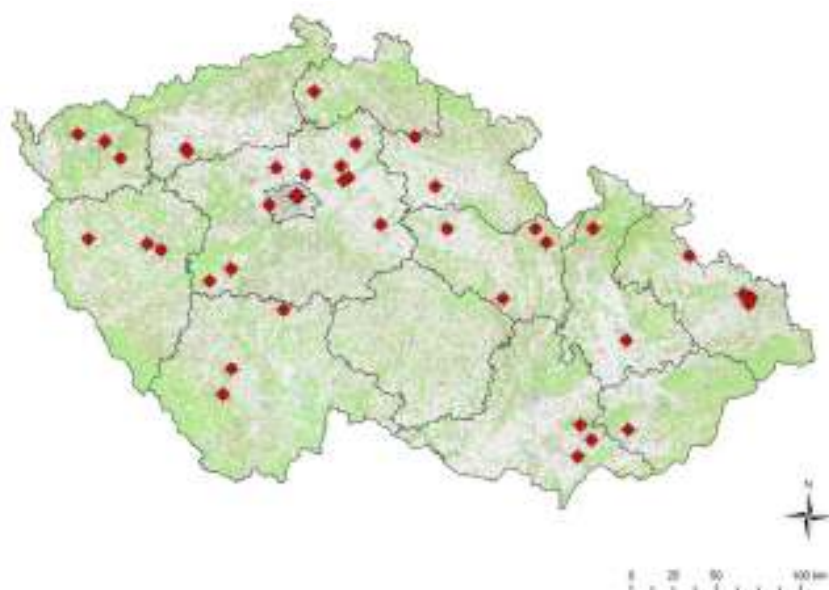
Obrázek 1 Mapa ekologického rizika

### 2.1.1 PCB a staré ekologické zátěže

Po zjištění nebezpečných vlastností a rizik plynoucích z používání PCB se začalo s jejich likvidací. Důsledkem používání a následné likvidace, která byla mnohdy nekontrolovatelná a ilegální, vznikla místa kontaminovaná PCB (HOLOUBEK et al., 2003). Na Obrázku 2 je vyobrazeno zatížení PCB v ČR. Kvalitnější mapa byla umístěna do kapitoly Přílohy jako Příloha 3. Obrázek 3 a Příloha 4 zobrazuje konkrétní ekologické zátěže s PCB v ČR. Je evidováno 43 lokalit kontaminovaných PCB, část z nich je již sanována.



Obrázek 2 Mapa zatižení PCB



Obrázek 3 Mapa ekologického zatižení PCB

### 2.1.2 Transformátory a jejich vztah k ŽP

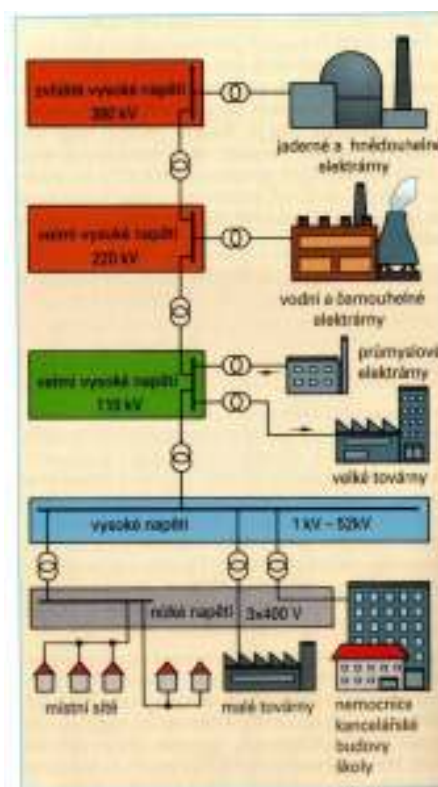
Do roku 1989 byla opomíjena ta skutečnost, že k ovlivnění životního prostředí může docházet i v místech provozu energetických zařízení, jako jsou rozvodny vysokého napětí, transformovny, transformační stanice atp. To se změnilo v roce 1992, kdy bylo přijato usnesení vlády č. 123/1992, v němž se stanovují podmínky úhrady nákladů na odstranění ekologických škod způsobených před rokem 1989, tj. před privatizací (VOŽENÍLEK, 2007).

Dominantním výrobcem a distributorem elektrické energie v ČR je ČEZ, a. s. (VOŽENÍLEK, 2007). V rámci tohoto podniku byla i zpracována předložená diplomová práce. Pro rozvod elektrické energie se používají čtyři úrovně napětí, které jsou upraveny normou ČSN 33 0010. Napětí 300–800 kV je označováno jako zvlášť vysoké napětí (ZVN).



Obrázek 4 Dálkové a mezinárodní přenosy elektrické energie

ZVN je využíváno pro dálkové a mezinárodní přenosy elektrické energie, viz Obrázek 4, Příloha 7. Kategorie velmi vysoké napětí (VVN) udává napětí na úrovni 52–300 kV. Na úrovni vysokého napětí (VN) 1 kV až 52 kV je dodávána elektrická energie zákazníkům s vlastními transformátory nebo k transformátorům pro místní rozvody nízkého napětí (NN) 50 až 1000 V, viz Obrázek 5. Na rozdíl od transformačních stanic ZVN a VVN, které jsou vybudovány jako venkovní zařízení na nekrytém volném prostranství, viz Obrázek 6, jsou transformátorovny VN budovány v uzavřených prostorách, aby byla zajištěna bezpečnost v městské zástavbě a lepší ochrana před povětrnostními vlivy (TKOTZ et al., 2006).



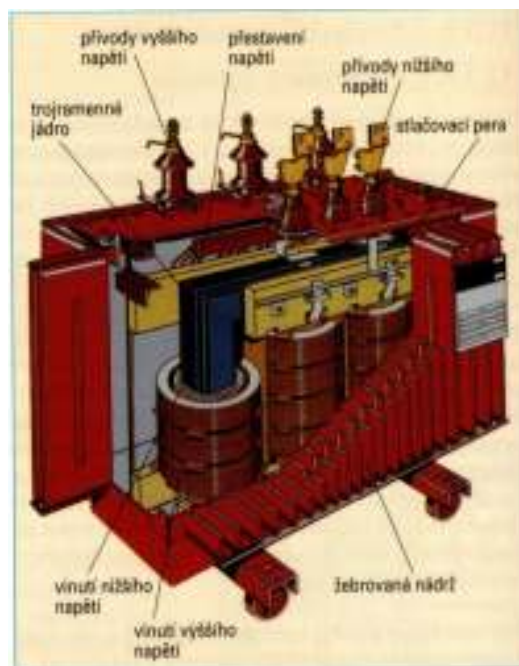
Obrázek 5 Úrovně napětí

Trojfázové transformátory velkých výkonů bývají umístěny v nádrži naplněné chladicím olejem, viz Obrázek 7, Příloha 8. Olej chladí lépe než vzduch, lépe izoluje a zabraňuje přístupu vlhkosti (TKOTZ et al., 2006). Proto tedy hlavním významem použití transformátorových olejů je stabilizovat teplotní podmínky při přeměně napětí a současně vytvořit dostatečně spolehlivou elektrickou izolaci. Zájem o ochranu životního prostředí ve vztahu k nekontrolovatelným únikům oleje je dán skutečností, že některé z olejů vyráběných v USA, Evropě a i ČR, obsahovaly pro zlepšení svých parametrů polychlorované bifenyly. Zpravidla čím je obsah oleje transformátoru

větší (vyšší tlaky, teploty, výkon) a transformátor starší, tím je vyšší riziko úniku oleje mimo zařízení. Největší riziko představují transformátory nezabezpečené záchytnou a havarijní jímkou, což bylo v minulosti běžné. V poslední době jsou budovány záchytné jímky pod každým transformátorem o výkonu větším než 1000 kVA a obsahujícím více než 780 kg oleje (ČSN 333240). Tyto jímky jsou postupně dobudovávány na všech transformovnách, neboť představují výrazně pozitivní opatření na ochranu životního prostředí v areálu transformoven (VOŽENÍLEK, 2007).



Obrázek 6 Transformační stanice



Obrázek 7 Řez transformátorem

Parametry transformátorových olejů se během provozu zhoršují vlivem teploty, nečistot, vody, kovových katalyzátorů a elektrického pole. Tyto vlivy způsobují tvorbu organických kyselin, aldehydů, ketonů, mýdel a polymerizaci nenasycených uhlovodíků. Všechny tyto jevy jsou souhrnně označovány jako „stárnutí transformátorového oleje“. Stárnutí olejů má za následek zvyšování pravděpodobnosti havárie transformátoru. Aby k těmto haváriím nedocházelo, provádějí se preventivní zkoušky a měření vzorků olejů. Pokud zjištěné ukazatele nevyhovují doporučeným hodnotám, je nutné olej vyměnit za nový a znehodnocený olej likvidovat, nebo zvolit variantu ekonomicky a ekologicky výhodnější – zestárlý olej regenerovat (ESB, 2008). Více o regeneraci olejů viz následující kapitola.

## 2.2 Transformátorové oleje a jejich regenerace

Za základní surovinu 20. století je považována ropa. Ropa slouží k přípravě celé řady sloučenin. Odborná literatura uvádí, že se z ropy a zemního plynu vyrábí až 2 000 nejrůznějších chemických látek. Jednou z nich jsou i oleje do transformátorů (NEISNER, 1981). U olejových náplní transformátorů s napětím 110 kV a vyšším se měří průrazné napětí, kyselost, obsah vody, ztrátový činitel, povrchové napětí a obsah inhibitoru. U transformátorů s výkony nad 100 MVA se provádí také kvantitativní a kvalitativní analýza plynů obsažených v oleji metodou plynové chromatografie (ESB, 2008).

Díky jednoduchosti měřicí metody stále zůstává měření průrazného napětí transformátorového oleje jednou z hlavních diagnostických metod pro posouzení dielektrického stavu výkonových transformátorů. Hodnota kyselosti je nejvýznamnější veličinou z hlediska provozního zestárnutí oleje, protože kyseliny vznikající oxidačními procesy mají degradační účinek na mechanickou pevnost izolantů. Obsah vody v oleji je důsledek nedokonalé izolace nádoby transformátoru od okolní atmosféry. Voda snižuje hodnotu průrazného napětí a urychluje degradaci pevných izolací. Ztrátový činitel indikuje přítomnost pevných částic, rozpuštěných polárních a iontových složek v oleji. V následující tabulce (Tabulka 1) jsou doporučené parametry oleje (ESB, 2008).

<i>Měřená veličina</i>	<i>Jednotka</i>	<i>Před uvedením do provozu</i>	<i>V provozu</i>	<i>Distribuční transformátory v provozu</i>
<b>Průrazné napětí</b>	kV / 2,5 mm	min. 70	min. 65	min. 45
<b>Číslo kyselosti</b>	mg KOH / g	max. 0,04	max. 0,08	max. 0,1
<b>Obsah vody</b>	mg / kg	max. 12	max. 25	max. 25
<b>Ztrátový činitel tgδ</b>	%	max. 0,5	max. 7	max. 10
<b>Mezipovrchové napětí</b>	mN / m	min. 50	min. 38	min. 33
<b>Rezistivita</b>	GΩm	min. 60	min. 2	-
<b>Obsah inhibitoru</b>	%	0,3 - 0,5	min. 0,15	-

Tabulka 1 Doporučené parametry oleje pro bezporuchový provoz transformátorů (ČR)

U neinhibovaných transformátorových olejů po šesti až osmi letech, u inhibovaných olejů po patnácti až dvaceti letech provozu se zpravidla dosahuje takového stupně degradace, že jsou dále již nepoužitelné v důsledku reálné hrozby havárie. Pak je nutností celou náplň vyměnit za novou nebo olejovou náplň účinně regenerovat. Proces regenerace oleje v sobě zahrnuje filtraci pevných částic, separaci polárních látek na sorpčním materiálu, vakuové vysoušení a odplyňování.

Zásadní průlom v rozsahu použití regenerační technologie nastal až s uplatněním principu opakované reaktivace sorpčního materiálu, čímž se otevřely nové možnosti, zejména v regenerování olejových náplní přímo v nádobě transformátoru. Například Energetické strojírny Brno, a.s., vyvinuly řadu regeneračních stanic typu BF, které uplatňují moderní technologii s reaktivací sorpčního materiálu (ESB, 2008). Na Obrázku 8 jsou vzorky olejů odebraných v průběhu regenerace oleje v transformátoru (zleva od znečištěného postupně až po čistý po regeneraci).

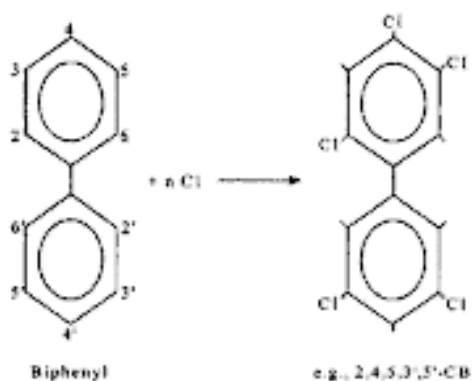


Obrázek 8 Vzorky odebraných olejů v průběhu regenerace, zleva od znečištěného postupně až po čistý

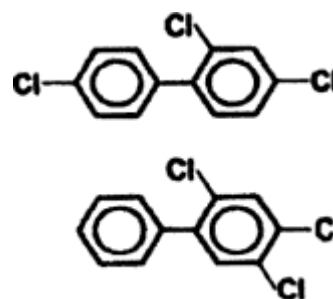


## 2.3 Charakteristika PCB

Polychlorované bifenyly (PCB) patří mezi perzistentní organické polutanty (POP) (BREIVIK et al., 2007), jsou to xenobiotika (tj. látky, které do přírody vnesl svou činností člověk a které se v ní předtím nikdy nevyskytovaly) (KÁŠ et al., 2000). PCB se skládají ze dvou benzenových jader neboli bifenyly, který je velmi reaktivní, lze jej nitrovat, sulfonovat, halogenovat – bromace, chlorace (ANDERLOVÁ, 1999) jednoho až deseti atomů chloru, viz Obrázek 9 (TAKASUGA, 2006). Různý počet a pozice chlorového atomu na bifenylové molekule má za následek vytvoření až 209 možných chemických struktur označovaných jako kongenery (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001).



Obrázek 9 Chlorace bifenyly



Obrázek 10 Homolog – trichlorbifenyly

Sumární vzorec je vyjádřen  $C_{12}H_{(10-n)}Cl_{(n)}$ ;  $1 < n < 10$  (PEREIRA, 2004). PCB jsou rozděleny do skupin na základě počtu atomů chlóru na bifenyly (například trichlorbifenyly má tři atomy chlóru). Tyto skupiny tvoří homology, které mají stejný počet atomů chlóru, ale ty jsou uspořádané na různých pozicích na bifenyly, viz Obrázek 10 (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001).

## 2.4 Fyzikální a chemické vlastnosti PCB

Většina PCB kongenerů je bezbarvá, krystalická látka bez zápachu, s nízkou tenzí par. Komerční směsi jsou čistě viskózní kapaliny. Čím více je směs chlorovaná, tím je viskóznější (ERICKSON, 2001 in ROBERTSON, 2001) a tím i klesá rozpustnost ve vodě (RÁBL, 1992 in ČÍŽEK, 1992) – např. Aroclor 1260 je lepkavá pryskyřice (ERICKSON, 2001 in ROBERTSON, 2001). Rozpustnost může být silně ovlivněná přítomností ropných látek a detergentů. Voda hraje důležitou roli při přechodu PCB do ovzduší (RÁBL, 1992 in ČÍŽEK, 1992).

PCB jsou rozpustné ve většině organických rozpouštědel, olejích a tucích, jsou lipofilní a mají tendenci k bioakumulaci. Jsou velice stabilní a nesnadno degradují (ERICKSON, 2001 in ROBERTSON, 2001). Jsou tepelně stálé a odolné vůči oxidaci, kyselinám, zásadám a dalším chemickým látkám (PEREIRA, 2004). PCB

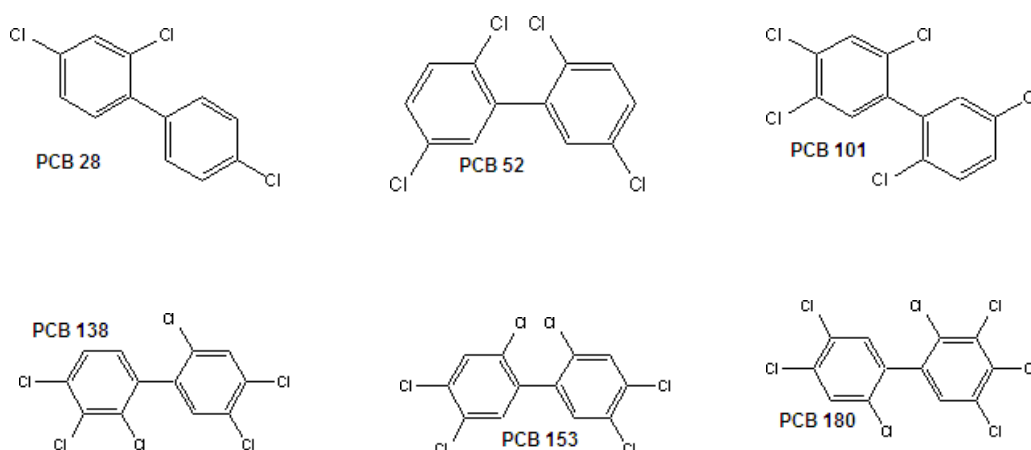
jsou charakteristické vysokou dielektrickou konstantou, velkým elektrickým odporem a značnou hustotou ( $1\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) (KÁŠ et al., 2000). Bod varu PCB leží v intervalu 270 až 460 °C a stoupá se stoupajícím počtem atomů chlóru v molekule (ČÍŽEK, 1992). Bod tání se pohybuje v intervalu 24–306 °C (ERICKSON, 2001 in ROBERTSON, 2001). Biologické účinky jednotlivých PCB kongenerů též závisí na počtu a pozici atomu chlóru (VAN DEN BERG et al., 1998).

Chemická a fyzikální stabilita vedla k jejich širokému komerčnímu využití (ANDERLOVÁ, 1999), ale je odpovědná za kontaminační problém PCB v prostředí (ERICKSON, 1997).

Mezi nejvýznamnější kongenery PCB patří tzv. indikátorové kongenery, které mají vysokou koncentraci v technických směsích a environmentálních vzorcích. Do této skupiny kongenerů patří PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 a 180. Jejich chemická struktura a vlastnosti jsou popsány v Tabulce 2 a na Obrázku 11 (HOLOUBEK, 2008; KOČOUREK, 2002).

Kongener	Stupeň chlorace	$\log K_{ow}$	Rozpustnost ve vodě ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) (25°C)	Bod tání (°C)	Bod varu (°C)	Tenze par při 25 °C (mPa)
28	3	5,8	0,067-0,266	57	340	-
52	4	5,84	0,006-0,074	87	360	4,92
101	5	6,38	0,0042-0,031	77	380	1,2
118	5	6,74	0,002	105	380	1,2
138	6	6,83	0,0009-0,01	79	400	0,532
153	6	6,92	0,001	103	400	0,692
180	7	7,36	0,00063	99	400	0,129

Tabulka 2 Vlastnosti indikátorových kongenerů



Obrázek 11 Struktura indikátorových kongenerů

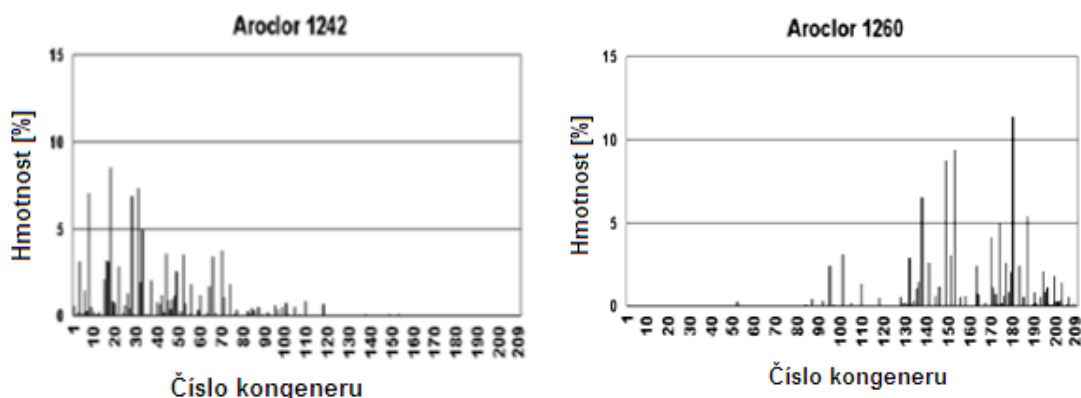
## 2.5 Historie PCB

Polychlorované bifenyly jsou v chemii známy již více než dvě století, v roce 1881 Schmidt a Schultz podali patent na jejich výrobu (KOMÍNKOVÁ, 2008). Poprvé byly syntetizovány v Německu (Griefs) (BARČÁNKOVÁ et al., 2006). Pro komerční účely se však PCB začaly vyrábět až v roce 1929. Vzhledem k mnoha výborným technickým vlastnostem jejich výroba v 50. a 60. letech rychle stoupala a kulminovala okolo roku 1970. Po prokázání škodlivých účinků PCB a do značné míry i pod tlakem veřejného mínění se výroba těchto látek výrazně snížila a zastavila (KOMÍNKOVÁ, 2008).

První negativní vliv PCB na životní prostředí byl zjištěn již na konci 60. let minulého století (nehoda Yusho) (BARČÁNKOVÁ et al., 2006). Následný výzkum ukázal, že jsou PCB všudypřítomné, jak v lidské bytosti, tak v životním prostředí (HOLOUBEK, 2001 in ROBERTSON, 2001). K omezení výroby začalo docházet od roku 1973, distribuce nátěrových hmot obsahujících PCB však byla zastavena až teprve v roce 1986. V našich podmínkách jsou to právě nátěrové hmoty obsahující PCB, které představují důležitý zdroj vstupu těchto látek do potravinového řetězce a tedy i do lidského organismu (KOMÍNKOVÁ, 2008).

### 2.5.1 Historie PCB ve Spojených státech

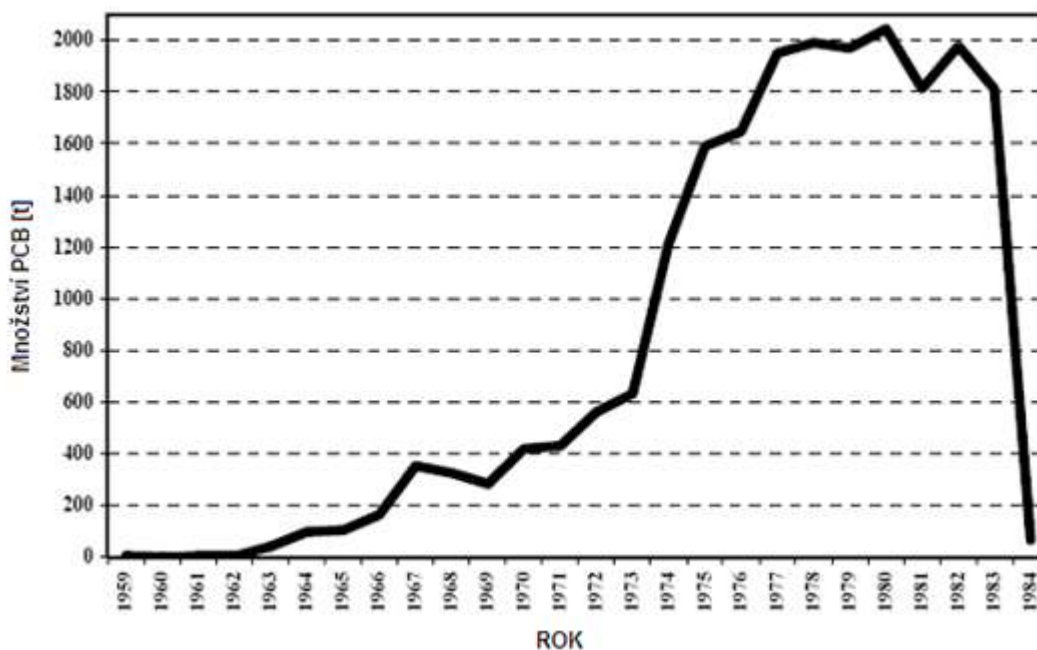
Ve Spojených státech byly PCB vyráběny od roku 1929 do roku 1977, přibližně 700 000 tun zde bylo vyrobeno a z toho 75 000 tun bylo exportováno. Svého vrcholu dosáhly Spojené státy v roce 1970, kdy vyráběly 42 500 tun ročně (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001). První izolační kapalina na bázi PCB byla vyrobena pod obchodním názvem Aroclor americkou firmou Swann Chemical Company jako náplň kondenzátorů (BARČÁNKOVÁ et al., 2006). Mezi pět nejdůležitějších produktů vyráběných ve Spojených státech patří Aroclor 1242, 1248, 1254, 1260, 1016. Na Obrázku 12 je znázorněno procentuální zastoupení jednotlivých kongenerů v Aroclor 1242 a Aroclor 1260 (ECKHERT, 2005). V roce 1979 americká agentura ochrany ŽP (EPA) zakázala produkci a distribuci PCB (ZHANG, 2000).



Obrázek 12 Zastoupení jednotlivých kongenerů v Aroclor 1242 a Aroclor 1260

## 2.5.2 Historie PCB v Československu

V bývalém Československu byly látky s obsahem PCB vyráběny v letech 1959–1984, viz Obrázek 13, ve společnosti Chemko Strážske (dnešní Slovensko v oblasti Zemplínské Šíravy) pod názvy Delor, Hydeler a Delotherm (KOMÍNKOVÁ, 2008). Výroba začala s Delorem 106, který byl náhražkou Arocloru 1260, protože měl stejné složení. V roce 1967 se začal vyrábět Delor 103 (~ Aroclor 1242) jako příměs do chladicí kapaliny pro kondenzátory a v roce 1968 Delor 105 (~ Aroclor 1254) pro transformátory (KOČAN, 2001). Delory se používaly ve značné míře při výrobě nátěrových hmot (KOMÍNKOVÁ, 2008). Největšími odběrateli technických směsí na bázi PCB v bývalém Československu byly podniky ZEZ Žamberk (Delor 103), Barvy a laky Praha (Delor 106/80 X) a ČKD Praha (Delor 103, Hydeler) (HOLOUBEK et al., 2006). Výroba PCB byla ukončena v lednu 1984, celkem se vyrobilo 21 482 tun PCB, 46 % bylo exportováno především do Východního Německa (KOČAN, 2001).



Obrázek 13 Množství PCB vyrobené továrnou Chemko Strážske v letech 1959–1984

Charakteristika a použití výrobků z Chemka Strážske jsou shrnuty v následující tabulce (Tabulka 3) (HOLOUBEK et al., 2003):

Výrobek	Charakteristika	Použití výrobků z Chemka Strážske	Použití
Delor 103	rafinovaná směs di- až pentachlorbifenyľů s převahou trichlorbifenyľů	V elektrotechnickém průmyslu se používá jako impregnační a elektroizolační kapalina při výrobě silových kondenzátorů, v menším množství jako nehořlavý izolant a přenašeč tepla do transformátorů vyšších výkonů. Byl to výrobek s největším exportem (většinou do bývalé NDR). Aby se dosáhla úrovně limitů navrhovaných mezinárodní elektrotechnickou komisí (IEC), po r. 1975 výzkum Chemka vyvíjel úpravu technologie chlorace za účelem snížení obsahu penta- a výše chlorovaných bifenyľů v elektrotechnických kapalinách. Tento typ Deloru měl označení Delor 103 S	elektroizolační kapalina
Delor 103 S	jako Delor 103, avšak se sníženým obsahem výše chlorovaných bifenyľů		
Delor 104	směs tri- až hexachlorbifenyľů s převahou tetrachlorbifenyľů	Během krátké doby se vyráběl a používal jako náplň do kondenzátorů	
Delotherm DH	nerafinovaný Delor 103	Používán jako médium na přenos tepla v zařízeních gumárenského a dřevařského průmyslu, dále v zařízeních na výrobu papíru, lepenky, asfaltových hmot, v hutích a ocelárnách. Využití nacházel hlavně tam, kde existovalo zvýšené nebezpečí vzniku požárů nebo výbuchu. Tento výrobek byl použitelný do teploty 250 °C	teplonosné médium
Delotherm DK	na bázi Deloru 104	Použití jako v případě Delothermu DH, avšak až do teplot 270 °C	
Hydelor 103	směs rafinovaného Deloru 103, minerálního oleje, antioxidantu a mazací přísady	Používán k přenosu síly v různých hydraulických zařízeních.	hydraulická kapalina
Hydelor 104	jako Hydelor 103, avšak místo Deloru 103 se používal Delor 104	Mazání kyslíkových turbokompresorů	hydraulická kapalina
Hydelor 30	na bázi Deloru 103	Byl vyvinutý na ovládání hydrauliky plynárenských pecí v Kombinátu na zpracování hnědého uhlí ve Vřesové	
Hydelor 137	na bázi Deloru 103	Vyvinut jako náhrada hořlavých kapalin v hydraulice strojů v uhelných dolech	
Delofet O-2	na bázi Deloru 104	Je mazací tuk pro kyslíkové ventily. Jeho celková výroba ale nečinila víc než 0,5 t	
Delor 105	směs tetra- až oktachlorbifenyľů s převahou pentachlorderivátů	Vyráběly se ve 4letých obdobích jako přísada náplně do transformátorů (později byly nahrazovány Delorem 103)	elektroizolační kapalina
Delor 105 T	jako Delor 105, avšak s přísadou trichlorbenzenu nebo toluenu	Vyráběly se v 4letých obdobích jako přísada náplně do transformátorů (později byly nahrazovány Delorem 103)	elektroizolační kapalina

Delor 106	směs tetra- až oktachlorbifenylů s převahou hexachlorderivátů	Používal se jako přísada při výrobě syntetických barev, kde tvořil složku zvyšující adhézi hmot a regulující tvrdost nátěru. Výrazně se snižovala i hořlavost nátěrové hmoty. Výlučným nátěrových odběratelem byly Barvy a laky n.p. Praha (výroba barev s obsahem PCB se realizovala zejména v závodě v Uherském Hradišti). Za účelem snížení viskozity se před expedicí Delor 106 ředil xylenem v poměru 4:1. Výroba tohoto produktu byla zahájena ještě v r. 1961 z dováženého bifenylu, neboť se nepodařilo včas spustit do provozu výrobu bifenylu pro problémy s reaktorem. Chlorací bifenylu na parametry Deloru 106 z vlastního bifenylu byla zahájena až v r. 1963 a jeho výroba pokračovala až do ukončení výroby chlorovaných bifenylů v r. 1984. Chemko se už v r. 1980 snažilo zastavit dodávku tohoto produktu podniku Barvy a laky na základě literárních údajů o nízké biodegradabilitě výše chlorovaných bifenylů, avšak pro odpor odběratelů a prohranou arbitráž se muselo v dodávkách pokračovat, protože náhrada za tento produkt nebyla k dispozici.	elektroizolační kapalina
Delor 106/80 X	jako Delor 106, avšak s přísadou xylénu (4:1)		elektroizolační kapalina
Delorit	výrobek na bázi polychlorovaných terfenylů (PCTs se vyráběly chlorací destilačních zbytků z výroby PCB)	Používán jako přísada do tavných lepidel v dřevařském průmyslu a součást flegmatizátoru tříštivých výbušnin. Lepidlo mělo obchodní název TRIMETO. Celkově se na jeho výrobu použilo přibližně 10 tun PCT. Flegmatizátor tříštivých výbušnin se vyráběl jen pro speciální výrobu v Chemku.	

Tabulka 3 Charakteristika a použití výrobků z Chemka Strážske

## 2.6 Chemko Strážske

Chemko Strážske, viz Obrázek 14, bylo v minulosti jedním z hlavních pilířů tzv. trojúhelníka smrti na východním Slovensku. Výroba PCB po sobě zanechala nepříznivé dědictví nejen v podobě mnoha tun toxického odpadu v areálu závodu, ale i rozsáhlé zamoření regionu nebezpečnými látkami. Zemplín je považován za jednu z nejzatěžovanějších oblastí polychlorovanými bifenyly v celé Evropě. V současné době má Chemko zodpovědný přístup k řešení problému toxických odpadů z výroby PCB. Avšak je tu stále neřešitelný problém v podobě kontaminovaného okolí, poněvadž na odpadní kanál navazuje řeka Laborec, která se vlévá do přehrady Zemplínská Šírava, která je značně kontaminovaná PCB (ZMETÁKOVÁ et ŠALGOVIČOVÁ, 2006). Projekt likvidace PCB v podniku Chemko Strážske formou hydrogenace představuje náklady asi 18 milionů dolarů, z nichž 11 milionů by měla poskytnout Světová banka. V areálu společnosti se nachází zhruba tisíc tun PCB. Kdyby společnost měla čistit také sedimenty, šlo by o zpracování zhruba 40 000 tun kontaminovaného odpadu (ODPADY, 4/2003).

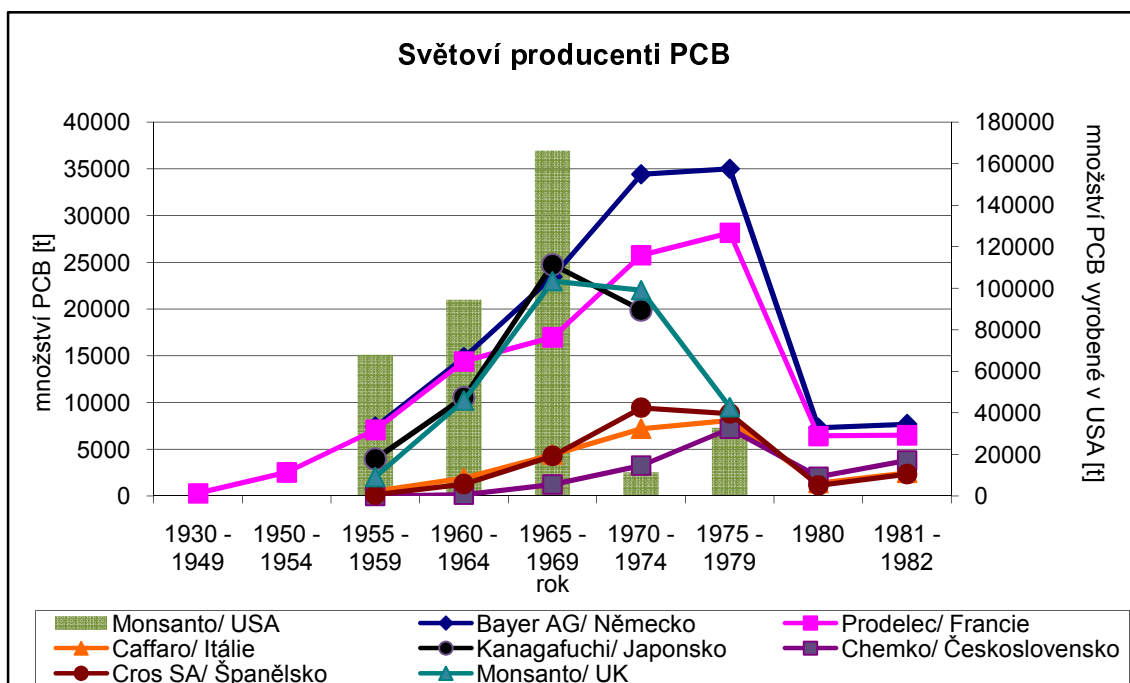
V Chemku bylo vyrobeno celkem 20 000 tun technických směsí PCB, což představuje asi dvě procenta ze světové výroby (OLBRICHOVÁ, 2001).



Obrázek 14 Továrna Chemko Strážske

## 2.7 Výroba

Z 209 teoreticky možných kongenerů PCB bylo vytvořeno asi 130 kongenerů (PEREIRA, 2004), které pak tvořily komerční směsi (obvykle obsahovaly 50–60 kongenerů) (KÁŠ et al., 2000). Mezi hlavní producenty světa patří Monsanto Corporation, USA (Aroclor), Germany (Clophen) a Kanegafuchi Chemical (Kanechlor) (PEREIRA, 2004). Obrázek 15 je grafickým vyjádřením Tabulky 4, která ukazuje množství vyrobených PCB největšími producenty světa od roku 1930 do roku 1982 (HOLOUBEK, 2001 in ROBERTSON, 2001) a v Tabulce 5 jsou obchodní názvy, které se pro PCB používaly: (TECHNICAL GUIDELINES, 2005).



Obrázek 15 Množství vyrobených PCB největšími světovými producenty



Společnosti vyrábějící PCB/ Země	1930 – 1949	1950 – 1954	1955 – 1959	1960– 1964	1965– 1969	1970– 1974	1975– 1979	1980	1981– 1982	celkem do konce výroby (t)
Bayer AG/ Německo			7427	14854	23466	34427	35000	7309	7700	144983
Prodelec/ Francie	300	2540	7085	14400	16975	25759	28141	6419	6500	101609
Caffaro/ Itálie			520	1920	4430	7195	8076	1388	2482	26011
Kanagafuchi/ Japonsko			3960	10530	24750	19879				59119
Chemko/ Československo			3,9	140,6	1226,3	3253	9147	2043	3791	21482
Cros SA/ Španělsko			150	1289	4296	9433	8829	1131	2354	27482
Monsanto/ UK			2042	10215	22973	22017	9501			66748
Monsanto/ USA			68000	94500	166300	11400	32900			475700

Tabulka 4 Množství vyrobených PCB největšími světovými producenty

USA:	Aroclor, Arubren, Asbestol , Diac(h)lor, Ducanol, Dykanol, Elemex, Fenocloro, Hydrol, Hyvol, Chloretol, Chlorextol, Chlorinol, Interteen, Leromoll, Merteen, Noflamol, Pyranol, Pyroclor, Saf(e)-T-Kuhl, Santovac, Terminal
Itálie:	Abestol, Aceclor, Adkarel, Apirolio, Diarol, Dicolor, DK, Elinol, Fenclor
Německo:	Auxol, Bakola, C(h)lophen, Dyknol, Educarel, Elaol, Phenoclar
Polsko:	Chlorfin, Chlorofen, Sovtol, Tarnol
ČSFR:	Delor, Delotherm, Hydeler
Belgie:	Aceclor
Francie:	Electrolphenyl, P(h)yalene, Phenoclor, Terpenylchlore
Japonsko:	Kan(e)c(h)lor, Santosol, Santotherm
SSSR:	Sovol, Sovtol

Tabulka 5 Obchodní názvy PCB

PBC byly vyráběny ve dvou směsích:

- nízkochlorovaná směs s průměrným obsahem tří atomů chloru v molekule – Delor 103, Aroclor 1242 – tvořila cca 2/3 produkce,
- vysokochlorovaná směs s obsahem šesti atomů chloru – Delor 106, Aroclor 1260 – byla používána jako přísada do nátěrových hmot (VRÁBLÍKOVÁ et ŠKRLANT, 1991).

Kód obchodního jména představuje hlavní složení. Aroclor je identifikovaný čtyřmístným kódem, ve kterém první dvě číslice znamenají, že základní molekula je bifenylyl (12 uhlíků) (PEREIRA, 2004) a druhé dvojčíslí udává podíl hmotnosti chlóru ve směsi v procentech. Například Aroclor 1254, základem je molekula bifenylylu

a obsahuje 54 % hmotnosti chlóru (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001). PCB se nikdy nevyráběly jako samostatné kongenery, základní technická směs vždy obsahovala množství dalších chlorovaných bifenyly a příměsi takových látek jako jsou polychlorované dibenzofurany a dibenzo-p-dioxiny a polychlorované naftaleny (HOLOUBEK et al., 2006).

PCB se nevyskytují přirozeně, i když mohou být nedopatřením vytvořeny jako vedlejší produkty jiných chemických výrobků. Komerční směsi byly syntetizovány přímou chlorací bifenyly s plynným chlorem za tepla (až 170 °C) v přítomnosti železitého katalyzátoru (ERICKSON, 2001 in ROBERTSON, 2001) a to buď železnatými hoblinami nebo chloridem železitým (ANDERLOVÁ, 1999). Reakční směs pak byla neutralizována, destilována a získaný produkt byl rafinován (KÁŠ et al., 2000).

Dosavadní světová produkce PCB se odhaduje na 1,5 milionu tun. Předpokládá se, že z tohoto množství 65 % se dosud využívá v uzavřených systémech, 31 % uniklo do prostředí, a pouze 4 % byla likvidována ve spalovnách (HOLOUBEK et al., 2006). Hlavními cestami vstupu PCB do prostředí je spalování, průsak, skládkování (KOMÍNKOVÁ, 2008).

Většina výroby byla po celém světě redukována nebo zastavena po roce 1970 (ERICKSON, 2001 in ROBERTSON, 2001). Používání PCB v současné době je povoleno jen pro speciální aplikace, jako například v důlních zařízeních pracujících v prostředí s vysokým rizikem požáru (HORÁK et al., 2004).

Oficiálně byla výroba PCB ukončena k 30. 4. 1983, vzhledem ke zpracovávání zásob je však toto datum pouze orientační. Dalším příkladem mohou být transformátory s polychlorovanými bifenyly. Používání PCB v transformátorech bylo zakázáno již v roce 1977, zákaz se však nevztahoval na zařízení, která již byla uvedena do provozu. Studie o výrobě a rozšíření PCB v životním prostředí se značně rozšířily v sedmdesátých letech. Tehdy byly také odhaleny nebezpečné vlastnosti polychlorovaných bifenyly. V roce 1983 pokleslo použití PCB o 20 % oproti roku 1973. V roce 1985 byla Francie poslední zemí západní Evropy, která ještě produkovala PCB. Na druhé straně právě v těchto letech východní Evropa zaznamenává rozvoj produkce PCB (HOLOUBEK et al., 2006).

Ve většině zemí byla produkce PCB také zakázána, ale Carpenter (1998) uvádí, že PCB jsou stále vyráběny v Rusku a možná i v Severní Koreji. Tak můžou PCB vstupovat z výroby do prostředí obou zemí, ale také do prostředí dalších zemí, které kupují jejich výrobky kontaminované PCB. Ačkoliv jsou tyto zdroje pravděpodobně relativně malé, jedná se o nové zdroje PCB v prostředí (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001).

## 2.8 Použití

Komerční PCB směsi byly používány v široké různorodosti aplikací včetně dielektrické kapaliny v kondenzátorech, transformátorech, tepelných kapalinách, hydraulických kapalinách, mazných a řezných olejích jako přísady v pesticidech, barvách, kopírovacích papírech, v NCR papíru, v lepidlech, těsnicím materiálu, plastech (ERICKSON, 1997), asfaltové směsi vozovek (OLBRICHOVÁ, 2001) atd.

Použití PCB je možné rozdělit na použití v uzavřených a otevřených systémech. Za otevřené považujeme ty, ze kterých úniky PCB nelze zachytit a jejichž používání v konečném důsledku vede ke kontaminaci prostředí. Ve většině zemí byla v letech 1970–1973 přijata opatření na omezení, případně i zrušení těchto způsobů aplikace PCB. Mezi otevřené systémy můžeme zařadit použití plastifikátorů na bázi PCB, impregnační materiály, barvy, lepidla, vosky, bezuhlíkový kopírovací papír, lubrikanty, aditiva do cementů a omítek, materiály na mazání odlévacích forem, materiály pro odlučovače prachu, těsnicí kapaliny, inhibitory hoření, imerzní oleje a pesticidy (HOLOUBEK et al., 2006).

Použití PCB v uzavřených systémech – chladicí kapaliny v transformátorech, dielektrické kapaliny v malých a velkých kondenzátorech, teplotně odolná média, ohnivzdorné a teplotně odolné antikorozní hydraulické kapaliny v důlních zařízeních a vakuových pumpách. V současné době je známa řada úniků z uzavřených systémů do prostředí, především vlivem netěsností. Problém představují také malé kondenzátory, které nejsou recyklovatelné a stávají se tak velice nebezpečným odpadem (HOLOUBEK et al., 2006).

PCB se v kondenzátorech a transformátorech používaly především (VÉBR et KREDL, 1991) díky chemické stálosti, nízké hořlavosti, inertním a dalším žádoucím fyzikálním vlastnostem, včetně elektrických izolačních vlastností. Jako obecné označení skupiny syntetických nehořlavých chlorovaných aromatických uhlovodíků, používaných jako provozní náplně do elektrických zařízení se užívá askarel (METODICKÝ POKYN, 2006). Nejběžnější transformátorový askarel byl 60% Aroclor 1260 a 40% dichlorbenzen (Typ A) a 70% Aroclor 1254 a 30% dichlorbenzen (Typ D). Dichlorbenzen byl přimícháván, aby bylo dosaženo žádoucí viskozity. V dnešní době nahradily transformátorové oleje s obsahem PCB různé substituční kapaliny (např. silikonový olej, žáruvzdorný naftový olej, tetrachloretylen a minerální olej) (ERICKSON, 1997).

Z celkového množství dielektrické kapaliny s PCB je přibližně 61 % v dosud používaných transformátorech, 12 % v kondenzátorech a zbylých 27 % je uskladněno a čeká na zneškodnění. Proto jsou transformátory považovány za hlavní zdroj znečištění ŽP PCB (TAKASUGA, 2006).

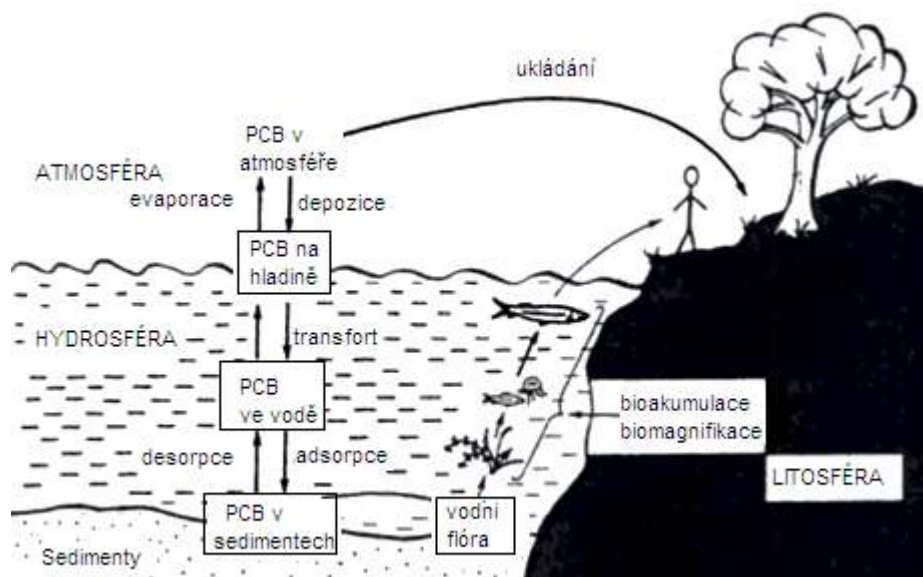
V současné době nezanedbatelné sekundární zdroje znečištění prostředí představují spalovací procesy a především znovu vytěkávání PCB ze sedimentů velkých vodních systémů, kam se před léty dostaly atmosférickou depozicí nebo přímými úniky do vod (HOLOUBEK et al., 2006).

## 2.9 Toxicita

Polychlorované bifenylly jsou všudypřítomné, celosvětově kontaminující, široce působící toxické látky, které byly intenzivně zkoumány poslední tři desetiletí (HANSEN, 1998).

PCB jsou detekovány v ovzduší (mokrý i suchý atmosférický deště), povrchových vodách, vodních sedimentech, skládkách, půdních a terestrických ekosystémech. V atmosféře se šíří vázané na prachové částice, a tak jsou transportovány na velké vzdálenosti. Ze vzduchu se splachují deštěm nebo sněhem a přecházejí pak do půdy a vody. Hydrosféra má pro migraci PCB charakter transportního media (VRÁBLÍKOVÁ et ŠKRLANT, 1991). Obrázek 16 ilustruje transportní cesty v prostředí (ERICKSON, 2001 in ROBERTSON, 2001). Silný lipofilní charakter PCB zvyšuje riziko bioakumulace v lidech i v biotě (PEREIRA, 2004).

Akutní toxicita je poměrně nízká (VRÁBLÍKOVÁ et ŠKRLANT, 1991). Hlavní akutní toxický účinek PCB se u lidí projevuje vyrážkami chlorakné a zbarvením kůže a nehtů (PEREIRA, 2004). Výzkum ukázal, že některé PCB kongenery se velmi pomalu odbourávají z prostředí a hromadí se v potravním řetězci (TAKASUGA, 2006). Soudí se, že toxicita PCB velmi úzce souvisí se stupněm chlorace (čím vyšší počet substituentů, tím je toxicita vyšší) (KÁŠ et al., 2000). Toxické účinky PCB také závisí na pozici atomu chloru (PEREIRA, 2004). Za nejtoxičtější jsou považovány pentachlororderiváty (VRÁBLÍKOVÁ et ŠKRLANT, 1991).

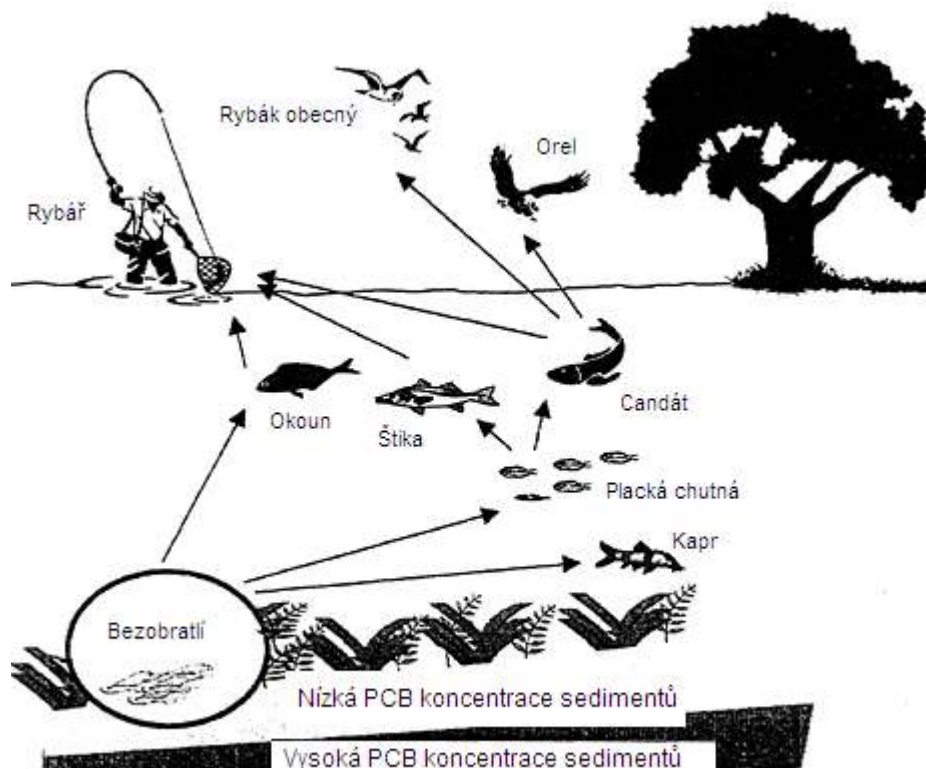


Obrázek 16 Transportní cesty PCB v prostředí

Chronická toxicita byla pozorována v tělech ryb, ptáků a savců. Dopady zahrnují vývojové vady, reprodukční poruchy, poškození jater, rakovinu a končí i smrtí (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001). Na laboratorních zvířatech bylo prokázáno, že polychlorované bifenylly mají karcinogenní účinek. Spadají do skupiny

tzv. podezřelých chemických karcinogenů (VONDRÁČEK, 2004). Vyšší koncentrace PCB v těle může také způsobit zvětšení sleziny, jater a štítné žlázy (KAŠ et al., 2000). Chronické otravy se vyskytují po dlouhodobém vdechování koncentrací menších než  $1 \text{ mg.m}^{-3}$  (HORÁK et al., 2004). Bylo zaznamenáno i ovlivnění imunitního systému ptáků a mořských savců (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001).

PCB se adsorbují na organickou hmotu v půdě a sedimentech. Nejvyšší koncentrace byly nalezeny v jemnozrnných, organicky bohatých sedimentech. Lidé i živočichové mohou být vystaveni PCB buď přímým kontaktem s kontaminovaným vzduchem, sedimenty nebo vodou nebo nepřímo z potravy, kde se PCB kumulují. Příkladem kumulace je vstupování PCB do vodní potravní sítě přes příjem bentických bezobratlých živočichů, kteří jsou v kontaktu s kontaminovanými sedimenty. Tito bezobratlí jsou potravou dalších vodních organismů (ryb), a tak PCB migrují nahoru potravním řetězcem, viz Obrázek 17 (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001).



Obrázek 17 Migrace PCB potravním řetězcem

### 2.9.1 Yusho

V roce 1968 se rozšířila otrava lidí v západním Japonsku, způsobená kontaminací rýžového oleje PCB (TAKASUGA, 2006). Tato otrava byla nazvána Yusho, což v japonštině znamená olejové onemocnění. Otrava postihla asi 1 800 lidí, byla způsobená kontaminací Kanechlorem 400, který byl používán jako tepelně přenosné médium během poslední části výrobního procesu při deodorizování a bělení oleje (GUO et HSU, 2001 in ROBERTSON, 2001). Stejným způsobem došlo k havárii na Taiwanu v letech 1978–1979 tzv. Taiwanese Yusho, neboli Yucheng (ERICKSON, 1997). Zde bylo otráveno téměř 2 000 lidí kontaminovaným rýžovým olejem. V obou případech mezi hlavní projevy patří chlorakné, zvýšená pigmentace kůže (GUO et HSU, 2001 in ROBERTSON, 2001), poškození jater a ledvin (HORÁK et al., 2004), dále byla u pacientů pozorována únava, bolest hlavy, otok a bolest kloubů, útlum růstu u dětí, chudokrevnost, otoky očí (ERICKSON, 1997).

## 2.10 Metody stanovení PCB v minerálních olejích

Ke stanovení PCB máme k dispozici celou řadu různých metod a postupů. K jednodušším metodám patří:

- Plamenná zkouška použitých a odpadních olejů.
- Orientační stanovení organického chlóru v použitých a odpadních olejích sodíkovou metodou (použití soupravy Clor – N – Oil).
- Obsah organického chlóru v kalometrické bombě podle Wiekbolda v proudu kyslíku (DIN 51 408).
- Obsah organického chlóru rentgenfluorimetricky.

K přesnějšímu stanovení jednotlivých kongenerů se používají chromatografická stanovení:

- Plynová chromatografie s detektorem elektronového záchyty (CG – ECD) se používá pro standardní analytické stanovení.
- Plynová chromatografie s hmotnostním spektrometrem (CG – MS) se používá jako arbitrážní metoda (ANDERLOVÁ, 1999)

V současné době se pro účely zjišťování míry kontaminace minerálních olejů PCB provádí analytické stanovení definované normou ČSN EN 61 619, používající plynovou chromatografii s detektorem elektronového záchyty (GS – ECD) (ANDERLOVÁ, 1999).

Seznam analytických metod stanovení obsahu PCB podle vyhlášky č. 384/2001 Sb., příloha 1:

- ČSN EN 61619<sup>1</sup>
- EN 12766–1, EN 12766–2<sup>2</sup>
- DIN 51527<sup>3</sup>
- DIN 38414–20<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Izolační kapaliny – Kontaminace polychlorovanými bifenyly (PCB) – Stanovení metodou kapilární plynové chromatografie".

<sup>2</sup> 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). Part2: Quantification of PCB content in samples analyzed by GC

<sup>3</sup> Prufung von Mineralerzeugnissen - Bestimmung polychlorierter Biphenyle (PCB) – Flüssigchromatographische Vortrennung und Bestimmung 6 ausgewählter PCB mittels eines Gaschromatographen mit Elektronen-Einfang-Detektor(ECD).

<sup>4</sup> Schlamm und Sedimente – Bestimmung von 6 polychlorierten Biphenylen (PCB).



## 2.11 Způsob zneškodňování

Zákon o odpadech v současně platném znění neobsahuje žádné ustanovení o stanovených či doporučených způsobech odstranění PCB (PROCHÁZKA, 2006). Vzhledem k výborným inertním vlastnostem je degradace PCB fyzikálně–chemickými metodami značně náročná, a hlavně drahá (KÁŠ et al., 2000). Nicméně za určitých podmínek mohou být zničeny chemickými, tepelnými a biochemickými procesy (ERICKSON, 2001 in ROBERTSON, 2001). Velké množství PCB bylo zavedeno do prostředí během otevřeného hoření, vypařováním z barev, nátěrů a plastů.

Přehled technologií použitelných ke zneškodňování PCB:

1. Termické procesy – spalování v martinských pecích, fluidní ohniště
2. Chemické procesy – dechlorace sodíkem, BCD technologie
3. Biologické technologie – biodegradace
4. Fyzikální procesy – fotolýza

### 2.11.1 Termické procesy

*Spalování v martinských pecích*

Nejpoužívanější a nejosvědčenější technologií pro zničení PCB je vysokoteplotní konvenční spalování (TAKASUGA, 2006) ve vysokých martinských pecích (KÁŠ et al., 2000), které vyžaduje vysokou teplotu 950–1200 °C (ERICKSON, 2001 in ROBERTSON, 2001), kterou je nutno udržet, aby spalováním nedošlo ke vzniku ještě toxičtějších látek – dioxinů. Tento požadavek s sebou nese značnou finanční náročnost celé technologie (KÁŠ et al., 2000). Metoda se používá především u PCB odpadů, které jsou obsaženy v hořlavé matici (např. kontaminované oleje). Při nízkých koncentracích PCB (desítky mg/kg) jsou tyto odpady žádoucím palivem pro cementárny (BRÁZDIL, 2000b).

*Fluidní ohniště*

Další metodou pro zničení PCB je rozklad za vysokých teplot uvnitř tzv. fluidní vrstvy v oxidační atmosféře za přídavku vhodných přísad způsobujících dechloraci PCB. Výhodou této metody je minimalizování vzniku reakčních meziproductů, jako dibenzofuranů a dibenzo-p-dioxinů. Uvedený způsob je chráněn Čs. patentem (BRÁZDIL, 2000b).

### 2.11.2 Chemické procesy

*Dechlorace sodíkem*

Neméně významná je i dechlorace kapalných PCB odpadů sodíkem. Hlavní výhodou je, že neprodukuje žádné vedlejší toxické látky a umožňuje snížit obsah

PCB prakticky na nulu a je investičně nenáročná. Tento proces byl vyvinut v ČR a je patentově chráněn (Čs. patent 277801 (C07C25/18), viz Příloha 5). Metoda je perspektivní především pro zneškodňování kontaminovaných izolačních olejů v elektrických zařízeních (transformátorech). Velká přednost této metody spočívá v tom, že dekontaminační jednotka je mobilní a může se nasadit na zařízení, aniž by došlo k převozu kontaminovaných zařízení či kapalin, čímž se velmi výrazně snížilo ekologické riziko plynoucí z převozu (BRÁZDIL, 2000b).

#### *BCD technologie*

BCD (base catalysed dechlorination) technologie je založena na chemické reakci atomů chloru v molekule bifenyly s alkáliemi (uhličitan sodný, hydroxid sodný) za přítomnosti chráněného katalyzátoru a donoru vodíku, za zvýšených teplot a tlaku, v dusíkové atmosféře. Jedinou nevýhodou této metody je právě nutnost práce v dusíkové atmosféře za zvýšeného tlaku. Výhodou je především možnost zpracovávat kapaliny o vysokém obsahu vlhkosti, o vysoké hodnotě obsahu PCB (až do koncentrace 15 %) a zpracování tuhých odpadů (vnitřku kondenzátorů, transformátorů). Během této metody nedochází k tvorbě žádných toxických meziproductů. Tato technologie byla vyvinuta a komerčně využita v 80. letech v USA pro dekontaminaci transformátorových olejů (společnost S.D. Meyers) (BRÁZDIL, 2000b).

### **2.11.3 Biologické technologie – biodegradace**

V prostředí je fotolýza a biodegradace významným degradačním procesem. Poločas rozpadu je závislý na stupni chlorace (ERICKSON, 2001 in ROBERTSON, 2001). Proces biodegradace zahrnuje odstranění chloru z bifenyly za pomoci bakterií a dalších mikroorganismů, nevýhodou biodegradace je, že je pomalá. Teoreticky by měl být výsledkem biologické degradace oxid uhličitý, chlor a voda. Vysoce chlorovaný kongener je méně ochotný k degradaci než méně chlorovaný kongener (BOATE et al., 2004). Biologické metody jsou považovány za perspektivní, ale zatím se tento proces nezdá být komerčně zajímavý, a proto zůstává předmětem výzkumu (PROCHÁZKA, 2004).

Další metodou pro ničení PCB jsou procesy v aerobním a anaerobním prostředí. Zvláštními procesy jsou aerobní oxidační dechlorace nebo hydrolytická dehalogenace a anaerobní redukční dechlorace. Aerobní oxidační dehalogenace probíhá tak, že jsou PCB oxidovány aerobními mikroorganismy, zvláště baktériemi rodu *Pseudomonas*. To znamená dodání kyslíku do bifenyly. Anaerobní redukční dechlorace je proces, při kterém dochází k nahrazení chloru vodíkovým atomem na bifenyly. Vedlejší produkty tohoto procesu jsou méně toxické látky a mohou být dále degradovány aerobními mikroorganismy (BOATE et al., 2004).

Odstranění PCB ze životního prostředí je v současné době velmi aktuální. Využití mikroorganismů se jeví jako ekologicky šetrné a z hlediska finančních nákladů výhodné řešení (KÁŠ et al., 2000).

#### **2.11.4 Fyzikální procesy – fotolýza**

Fotolýza patří k populární metodě zničení PCB (ERICKSON, 2001 in ROBERTSON, 2001). Působením ultrafialové složky slunečního záření (nebo například umělým osvětlením „zářivkami“) dochází k excitaci molekul PCB a jejich částečné fotochemické destrukci (BUCHTA, 1992 in ČÍŽEK, 1992).

## 2.12 Společnosti nakládající s odpady obsahující PCB

V následující tabulce (Tabulka 6) je uveden seznam společností, které mohou odstraňovat nebo předupravovat odpady PCB (MANHART, 2008):

<b>Společnosti, které mohou v ČR odstraňovat nebo předupravovat odpady PCB</b>
SPOVO, s. r. o., Ostrava – spalování nebezpečných odpadů zpracovává kondenzátory, malé transformátory do 80 kg, oleje, sedimenty, kabely, zeminy s PCB.
BCD CZ, a. s., Praha – technologie nyní řeší dekontaminaci dioxinového znečištění ve Spolaně Neratovice nespalovací technologií BCD
Spalovna nebezpečných odpadů Trmice (Sita CZ, a. s.)
Mobilní solidifikační linka na skládce odpadů Všebořice – Podhoří (Sita CZ, a. s.)
Ekotermex, a. s., Vyškov – pyrolýzní spalování nebezpečných odpadů
LM Technologies, s. r. o. – solidifikační mobilní zařízení firmy
Rumpold, s. r. o., provozovna Tábor – Klokoty – předúprava odpadních transformátorů a kondenzátorů s PCB
RESON, s. r. o., Němčice nad Hanou – stabilizace/solidifikace odpadů (17 09 02*)

Tabulka 6 Společnosti, které mohou nakládat s PCB

### 2.12.1 Spalovna SPOVO v Ostravě

Nejvýznamnější společností pro odstraňování odpadů PCB je Spalovna průmyslových odpadů SPOVO, s. r. o., v Ostravě, která je určena pro bezpečné odstraňování nebezpečných odpadů. Je projektována jako jednoproudá, s kapacitou 1,5 tuny odpadů za hodinu a provozní dostupností cca 7 000 hodin za rok. Umožňuje spalovat kapalné, pastovité, kašovitě i pevné odpady. Do trvalého provozu byla spalovna uvedena v červenci 2001. V současné době splňuje kromě všech českých zákonných norem i německou normu 17. BimSch V a splňuje rovněž kritéria Evropské unie pro spalovny nebezpečných odpadů. Spalovna SPOVO nabízí odstranění následujících druhů nebezpečných odpadů (PCB):

- 13 01 01 Hydraulické oleje obsahující PCB
- 13 03 01 Odpadní izolační nebo teplotnosné oleje s obsahem PCB
- 16 01 09 Součástky obsahující PCB
- 16 02 09 Transformátory a kondenzátory obsahující PCB
- 16 02 10 Jiná vyřazená zařízení obsahující PCB, nebo těmito látkami znečištěná neuvedená pod 16 02 09

- 17 09 02 Stavební a demoliční odpady obsahující PCB (např. těsnicí materiály obsahující PCB, podlahoviny na bázi pryskyřic obsahující PCB, utěsněné zasklené dílce obsahující PCB, kondenzátory obsahující PCB) (PROCHÁZKA, 2004).

V Tabulce 7 je přehled o přibližných cenách za odstranění odpadů s obsahem PCB poskytnutých spalovnou nebezpečných odpadů v Ostravě a cenách publikovaných v různých studiích (HOLOUBEK et al., 2006).

Typ odpadu/zařízení	Cena
<b>Oleje obsahující PCB</b> (katalogová čísla 13 01 01*, 13 03 01*) <b>Elektrická zařízení s kapalným dielektrikem</b> (katalogová čísla 16 01 09*, 16 02 09*, 16 02 10*) <b>Zeminy, sutě, stavební a demoliční odpady s obsahem PCB</b> (katalogové číslo 17 09 02*) Jiná technologická zařízení s PCB nebo odpady PCB	20–50 tis. Kč/t
<b>Dekontaminace transformátoru</b> , jehož náplň obsahuje PCB (včetně dodávky nové provozní náplně a odstranění náplně původní kontaminované PCB)	100–200 tis. Kč/ks
<b>Ceny v zemích EU se pohybují za odstranění</b> výše uvedených odpadů (dekontaminace s následným spálením, vč. dopravy do cílové země)	100–200 tis. Kč/t

Tabulka 7 Přibližné ceny za odstranění odpadu s obsahem PCB

## **2.13 Legislativa**

### **2.13.1 Legislativa v USA**

Americký Kongres přijal předpis (PUBLIC LAW 94-469--OCT. 11, 1976) o PCB managementu ve Spojených státech už v roce 1976, ten reguluje výrobu, zpracování, prodej a použití PCB. Všechny předpisy, které americká Agentura pro ochranu životního prostředí (EPA) vyhlásila ke kontrole PCB, najdeme v předpise 40 CFR § 761. V roce 1998 (26. června) EPA vyhlásila rozsáhlou sérii změn v PCB předpisech, běžně známo jako „Mega – Rule“. Toto dlouho očekávané pravidlo zahrnovalo přes 80 změn v předpisech a obsahovalo 200 stran textu včetně preambule (ERICKSON, 2001 in ROBERTSON, 2001).

### **2.13.2 Legislativa v EU**

PCB uvnitř EU byly regulovány od roku 1975, např. Směrnice 75/439/EEC z 16. června 1975 o nakládání s odpadními oleji ustanovuje, že limitní maximum pro obsah PCB a PCT v regenerovaných olejích je 50 ppm. Nejdůležitější směrnice jsou Směrnice 85/467/EEC, která zakazuje produkci, použití a prodej PCB, PCT a Směrnice 96/56/ES o nakládání s PCB (FIEDLER, 2001 in ROBERTSON, 2001). Tato směrnice ukládá členským státům EU vypracovat a pravidelně aktualizovat seznamy zařízení obsahujících PCB a tato zařízení dekontaminovat či odstranit do konce roku 2010 (ŠUBERT, 2003).

Stockholmská úmluva o persistentních organických polutantech (POP) je globální environmentální smlouvou, jejímž cílem je ochrana lidského zdraví a životního prostředí před škodlivými vlivy POP (HOLOUBEK et al., 2006). Odpady s PCB rozděluje na odpady s velmi vysokou koncentrací PCB (>100 000 mg/kg PCB), s vysokou a střední koncentrací (500–100 000 mg/kg PCB), s nízkou koncentrací (50–500 mg/kg PCB). Největší prioritu mají odpady s velmi vysokou a vysokou koncentrací PCB. Basilejská úmluva podporuje minimalizaci transportu nebezpečných odpadů (NO), zároveň ale podporuje sdílení zdrojů pro bezpečné nakládání s NO (PROCHÁZKA, 2004).

### **2.13.3 Legislativa v ČR**

V Československu byl přijat předpis zabývající se problematikou PCB až v roce 1984 – Směrnice MZ ČSR č. 64/1984 Sb., Hygienické předpisy pro výrobky a materiály obsahující PCB, která zakázala výrobu, používání a dovoz materiálů a výrobků s obsahem PCB. Zákaz neplatil pro používání neporušených transformátorů a kondenzátorů, které byly provozovány. Dosud nespotřebované materiály, výrobky, zbytky a odpady obsahující PCB musí být bezpečně uloženy tak, aby nedošlo k ohrožení zdraví lidí a životního prostředí (BRÁZDIL, 2000a).

Základní pojmy v oblasti polychlorovaných bifenyly jsou definovány v zákoně č. 185/2001 Sb., o odpadech (dále jen zákon), kde PCB jsou polychlorované bifenyly, polychlorované terfenyly, monometyltetrachlordifenylmetan, monometyldichlordifenylmetan, monometyldibromdifenylmetan, veškeré směsi obsahující jednu nebo více z uvedených látek v celkové koncentraci těchto látek vyšší než 50 mg/kg (zákon č. 185/2001 Sb.). Jedná se tedy o pojem jasně definovaný jak kvalitativně (výčet chemických látek), tak kvantitativně (50 mg) (PROCHÁZKA, 2004). Stejnou definici nalezneme i ve Směrnici Rady EU 96/56/ES z 16. září 1996, o odstraňování polychlorovaných bifenyly a polychlorovaných terfenyly (PCB/PCT), (dále jen směrnice) (Směrnice Rady 96/56/ES).

Základní cílem směrnice i zákona je kontrolované odstranění PCB, dekontaminace nebo odstranění zařízení obsahující PCB, a to nejpozději do konce roku 2010 (BARCHÁNKOVÁ et al., 2006). Tato směrnice byla implementována do legislativy ČR zákonem o odpadech, §18, §19, §26, §27 a §39, zaměřenými na izolační a hydraulické oleje. Současně byla do téhož právního předpisu implementována Směrnice 75/439/EEC, o zneškodnění použitých olejů (ŠUBERT, 2003).

Prováděcí vyhláškou k těmto paragrafům je vyhláška MŽP č. 384/2001 Sb., o nakládání s polychlorovanými bifenyly a terfenyly (dále jen vyhláška) (ŠUBERT, 2003). Tato vyhláška specifikuje: způsob označování zařízení obsahujících PCB, způsob označování dekontaminovaných zařízení a látek s obsahem PCB a způsob ohlašování (HOLOUBEK et al., 2006), dále odkazuje na dvě technické normy (ČSN EN 50 195<sup>5</sup> a ČSN EN 50 225<sup>6</sup> (BLÁHA, 2002).

Zákon a prováděcí předpisy vznikaly v období, kdy se dokončovaly související normy ČSN EN 12766-1 a ČSN EN 12766-2. Obě se zabývají stanovením PCB v ropných výrobcích a olejích. První se věnuje chromatografickému stanovení a druhá výpočtu koncentrace (PROCHÁZKA, 2004). Do výpočtu je zahrnut i ohled na existenci všech 209 kongenerů. V případě, že je analyticky stanoveno pouze šest kongenerů PCB (28, 52, 101, 153, 138 a 180), se použije multiplikační koeficient=5, kterým jsou naměřené hodnoty násobeny (ŠUBERT, 2003). Prakticky to znamená, že zařízení obsahuje PCB, pokud je suma koncentrací výše uvedených šesti kongenerů větší než 10 mg.kg<sup>-1</sup> (POLÁKOVÁ, 2009). Normy jsou platné od 1. 3. 2002 (ŠUBERT, 2003).

---

<sup>5</sup> ČSN EN 50 195 – Předpis pro bezpečné užití plně zapouzdřených elektrických zařízení plněných PCB v praxi

<sup>6</sup> ČSN EN 50 225 – Předpis pro bezpečné užití plně zapouzdřených elektrických zařízení plněných olejem, která mohou být kontaminována PCB v praxi

### 2.13.3.1 Inventarizace

Vyhláška stanovuje požadavky inventarizace zařízení s PCB a jejich řízené vyřazení z životního prostředí (BLÁHA, 2002). Ministerstvo životního prostředí pověřilo Centrum pro hospodaření s odpady VÚV T. G. M. inventarizací zařízení s obsahem náplně větším než 5 litrů a s koncentrací PCB nad 50 mg/kg (PROCHÁZKA, 2004). Systém inventarizace byl připravován a vytvořen v letech 2000–2001. Samotný proces inventarizace probíhá od roku 2002. Prokázání (ne)přítomnosti PCB v zařízení je možné analyticky, v případě hermetizovaných<sup>7</sup> zařízení lze prokázat nápisem na štítku od výrobce typu „PCB FREE“ nebo „NO PCB“ nebo získání čestného prohlášení nepřítomnosti PCB od výrobce (POLÁKOVÁ, 2009). Dále platí, že nová, hermeticky uzavřená elektrická zařízení vyrobená nebo nová zařízení dovezená po 1. 1. 2000<sup>8</sup>, u nichž nejsou k dispozici údaje o výrobcí (název, sídlo, IČ) a původní provozní kapalině/oleji bez PCB, není nutné prokazovat nepřítomnost PCB (METODICKÝ POKYN, 2008).

Zařízení obsahující PCB se nesmí doplňovat, pouze udržovat v provozu. Zařízení s obsahem PCB v rozmezí 50–500 ppm mohou vlastníci odstranit až na konci jejich životnosti (BLÁHA, 2002). Novela č. 297/2009 zákona o odpadech ze září 2009 definovala pojem lehce kontaminované zařízení, které obsahuje, nebo u něhož lze na základě dostupných údajů důvodně předpokládat, že provozní kapaliny obsahují 50–500 mg/kg PCB. Vlastníci nebo provozovatelé lehce kontaminovaných zařízení jsou novelou zbaveni povinnosti prokazovat nepřítomnost PCB analýzou vzorku provozní kapaliny, který bylo nutné ze zařízení odebrat nejpozději do 31. prosince 2009. Novela zákona o odpadech tedy přišla na poslední chvíli, protože podle úpravy platné před novelou by se neprověřená zařízení považovala za zařízení s obsahem PCB a musela by být do konce roku 2010 odstraněna (GEUSS et al., 2009).

V praxi to vypadá tak, že si provozovatel zařízení objedná odběr vzorků a analytické stanovení u subjektu, který je zveřejněn na <http://ceho.vuv.cz/>, a tím je zajištěno, že inventarizace bude provedena podle platné legislativy. Základním dokumentem je tzv. evidenční list (příloha 6), který je vyplněn osobou odebírající vzorky nebo pracovníkem laboratoře. V případě, že zařízení bude obsahovat PCB, jsou provozovateli poskytnuty informace o nezbytných opatřeních, které je nutno udělat, a doporučení nejvhodnějšího způsobu dekontaminace či zneškodnění (BRÁZDIL, 2009).

<sup>7</sup> zařízení vyrobena tak, aby nedošlo ke styku elektroizolační/provozní kapaliny/oleje s atmosférou

<sup>8</sup> Po vstoupení v platnost ustanovení § 15 zákona č. 157/1998 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích, ze dne 11. 6. 1998, jež zakázalo výrobu, dovoz, vývoz a distribuci polychlorovaných bifenyly (PCB) v České republice. Po zrušení zákona č. 157/1998 Sb. ke dni 1. 5. 2004 novým zákonem o chemických látkách a chemických přípravcích, kterým je zákon č. 356/2003 Sb., je tento zákaz upraven v § 26.

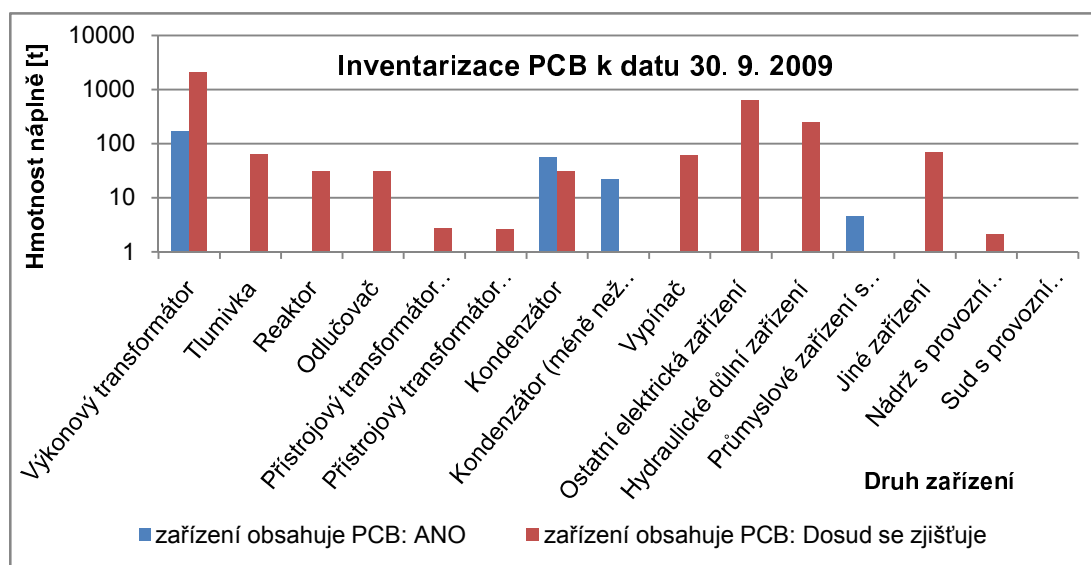


V následující tabulce (Tabulka 8) jsou výsledky inventarizace z období 1. 1. 2002 až 26. 7. 2005 (HOLOUBEK et al., 2006):

<b>Období inventarizace PCB v ČR 1. 1. 2002–26. 7. 2005</b>	
Počet firem, které evidují zařízení s obsahem PCB	226
Počet firem, které u svých zařízení prokázaly nepřítomnost PCB	673
Celkem firem v inventarizaci	899

Tabulka 8 Inventarizace PCB v ČR v období 2002–2005

Nejnovější výsledky inventarizace PCB k datu 30. 9. 2009 shrnuje Obrázek 18. Modrá barva ukazuje součet hmotností provozní náplně zařízení, která PCB obsahují, patří sem transformátory, kondenzátory. Červeně jsou zařízení, u kterých se dosud nezjistilo, zda PCB obsahují nebo ne.



Obrázek 18 Inventarizace PCB v ČR pro rok 2009.

### 3. Metodika

Jak již bylo uvedeno, předložená práce se zabývá problematikou polychlorovaných bifenylnů v energetických zařízeních. Při zpracování bylo postupováno podle následujících bodů:

Po prostudování odborné literatury zaměřené na charakteristiku a použití polychlorovaných bifenylnů jsem se seznámila i s legislativou týkající se PCB, která dala podnět k vytvoření rozsáhlé evidence dat.

V rámci společnosti ČEZ Distribuce, a. s. byla v letech 2002–2009 provedena rozsáhlá souhrnná evidence zařízení a látek a kontrola přítomnosti PCB v transformátorových olejích. Tato evidence byla nařízena podle § 39 odst. (7) zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, pro inventarizaci zařízení a látek a podle § 27 odst. (7) výše uvedeného zákona pro inventarizaci zařízení, u nichž se prokazuje neexistence PCB. Odebrané vzorky transformátorových olejů byly odevzdány a vyhodnoceny v akreditované laboratoři. Záznam o odběru a laboratorním výsledku byl zaslán do Centra pro hospodaření s odpady VÚV T. G. M. ve formě evidenčního listu podle přílohy č. 2 vyhlášky 384/2001 Sb.

Evidence a výsledky rozborů byly shrnuty do tabulky (příloha 1), která obsahuje následující základní údaje: název místa umístění zařízení, identifikační čísla zařízení (výrobní číslo, kód zařízení), zda je či není dané zařízení hermetizováno, typ zařízení, výrobce zařízení, rok výroby, jmenovité napětí, jmenovitý výkon, druh oleje a jeho kód, obchodní typ kapaliny, množství provozní kapaliny, zda je či není zařízení v provozu, datum odběru vzorku, číslo vzorku, identifikační číslo osoby provádějící odběr, jméno a příjmení osoby provádějící odběr, kód laboratoře, číslo protokolu, datum analýzy, množství PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180, celkem PCB, zda je či není přítomno PCB v nadlimitním množství a registrační číslo evidenčního listu.

Podle ústního sdělení Miloslava Malíka z ČEZ Distribuce, a. s. odběr vzorků provádí certifikovaný vzorkař, který nejprve zajistí zařízení, aby nedošlo k úrazu elektrickým proudem, poté odebere vzorky do 2 skleněných vzorkovnic (vzorek na analýzu + kontrolní vzorek) a zapečetí (samolepka). Údaje o odběru vzorkař zaznamenává do deníku vzorkaře a také do databáze ve svém PC.

Vzorkování musí být prováděno v souladu s postupy popsány v evropské normě IEC 60475. Aby se zabránilo kontaminaci vzorků, je používán jednorázový materiál pro přípravu vzorku a pro vlastní stanovení skleněné nebo kovové součástky. Úprava vzorku (vyčištění) se provádí proto, aby se odstranilo co nejvíce nečistot, které by mohly rušit stanovení. Volnou vodu obsaženou ve vzorku oddělíme z olejové fáze např. odstředěním. Vzorek má být homogenizován, např. ručním protřepáváním vzorku po dobu 3 minut (ČSN EN 61619, 1999).

Samotné stanovení PCB se provádí podle ČSN EN 61619 a ČSN EN 12766–1. Pro výpočet obsahu PCB slouží ČSN EN 12766–2.

ČSN EN 61619 Izolační kapaliny – Kontaminace polychlorovanými bifenyly (PCB) – Stanovení metodou kapilární plynové chromatografie. Podle této normy se provádí stanovení koncentrace polychlorovaných bifenyly (PCB) v nehalogenových izolačních kapalinách s použitím plynové chromatografie s kapilární kolonou s vysokým rozlišením a s detektorem elektronového záchytu (ECD). Metoda udává celkový obsah PCB a lze ji použít pro nepoužité, regenerované nebo pro použité izolační kapaliny kontaminované PCB (ČSN EN 61619, 1999).

Kongenery PCB byly stanoveny plynovou chromatografií s teplotním programem. Chromatograf používá pro separaci PCB kapilární kolonu s vysokou účinností. Citlivost detektoru elektronového záchytu (ECD) je snižována přítomností minerálního oleje. Aby se tento účinek snížil na minimum, je vzorek naředěn 100násobně (ČSN EN 61619, 1999).

Dále bylo provedeno statistické vyhodnocení transformátorů z oblasti České republiky v programu MS Excel 2007. K dispozici byla souhrnná evidence dat od společnosti ČEZ Distribuce, a. s. s více jak 50 tisíci údaji. Statistické vyhodnocení bylo zaměřeno na četnost zařízení v provozu, četnost hermetizovaných zařízení, rok výroby zařízení a statistické vyhodnocení (ne)přítomnosti PCB v transformátorových olejích. Pro lepší přehlednost bylo u některých grafů použito na ose y logaritmické měřítko.

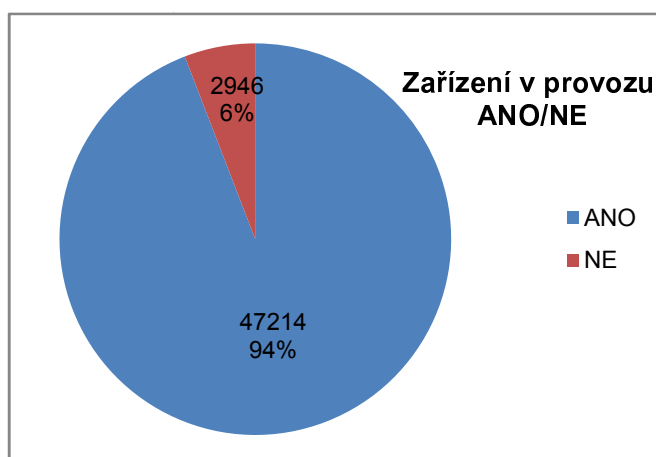
## 4. Výsledky

Společnost ČEZ Distribuce, a. s. působí na území devíti krajů, a to Plzeňského, Karlovarského, Ústeckého, Středočeského, Libereckého, Královéhradeckého, Pardubického, Olomouckého a Moravskoslezského, jak ukazuje Obrázek 19.



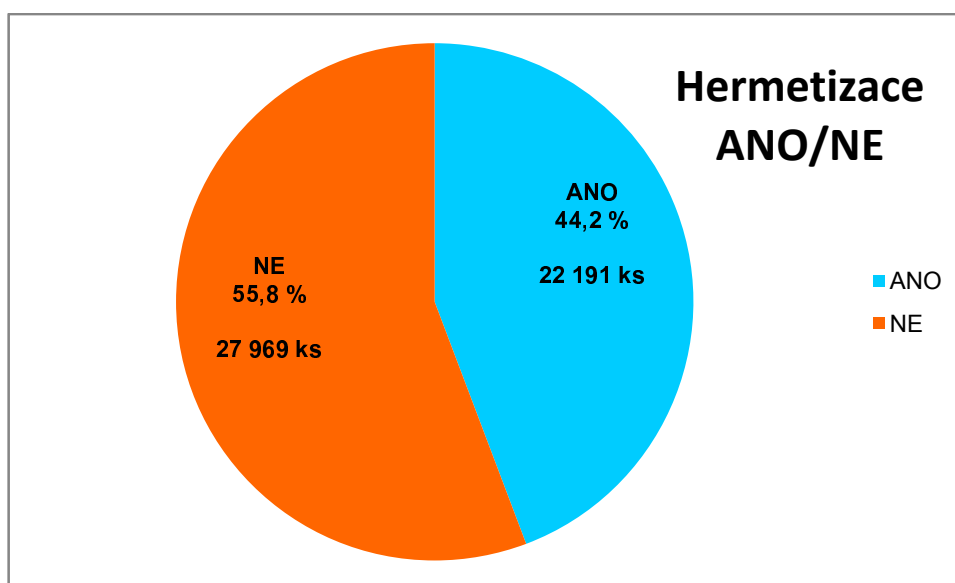
Obrázek. 19 Mapa působnosti společnosti ČEZ Distribuce a. s.

Ve společnosti ČEZ Distribuce, a. s. byla v letech 2002–2009 provedena rozsáhlá souhrnná evidence zařízení a látek a kontrola přítomnosti PCB v transformátorových olejích. Pro lepší přehlednost bylo u některých grafů použito na ose y logaritmické měřítko. K dispozici byla evidence s celkovým počtem zařízení 50 224, z toho bylo 50 160 transformátorů, které byly dále statisticky zhodnoceny. Na Obrázku 20 vidíme, že pouze 6 % zařízení není v provozu.



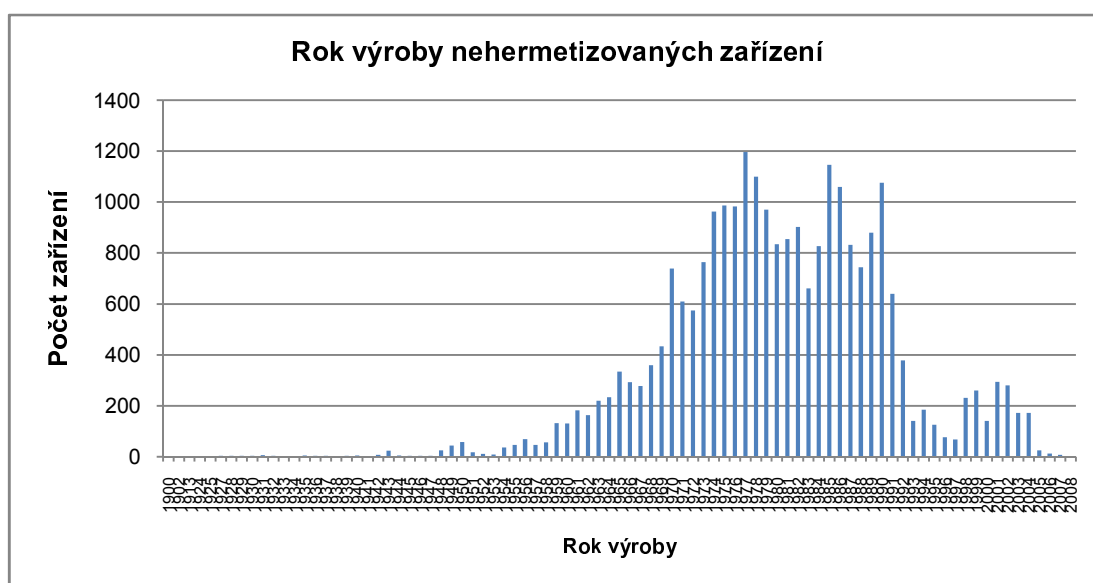
Obrázek 20 Graf znázorňující procentuální zastoupení zařízení v provozu

Nejprve jsem vyhodnotila, zda jsou daná zařízení hermetizována nebo nikoliv. Graf (Obrázek 21) ukazuje, že 44,2 % zařízení je hermeticky uzavřeno, což znamená, že necelá polovina zařízení by neměla být vzorkovaná, protože tato zařízení nejsou přizpůsobena k odběru vzorků provozních kapalin a mohla by být v důsledku odběru vzorku nenávratně poškozena.

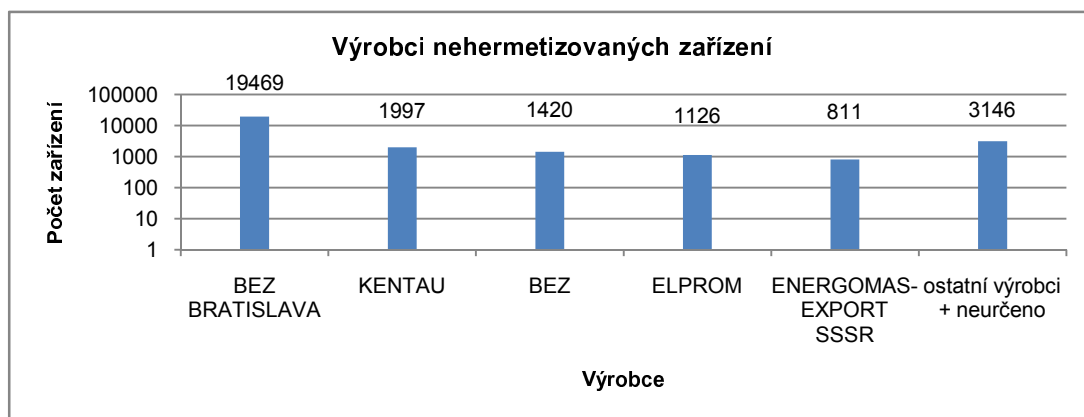


Obrázek 21 Graf znázorňující procentuální zastoupení hermetizovaných zařízení

Z grafu (Obrázek 22) vyplývá, že výroba nehermetizovaných zařízení rostla od roku 1959, vrcholila v roce 1977, pak následoval mírný pokles a další vrcholu dosáhla v roce 1985 a 1990. Nejvíce těchto zařízení (19 469 ks) vyrobila firma BEZ BRATISLAVA, jak ukazuje graf (Obrázek 23).

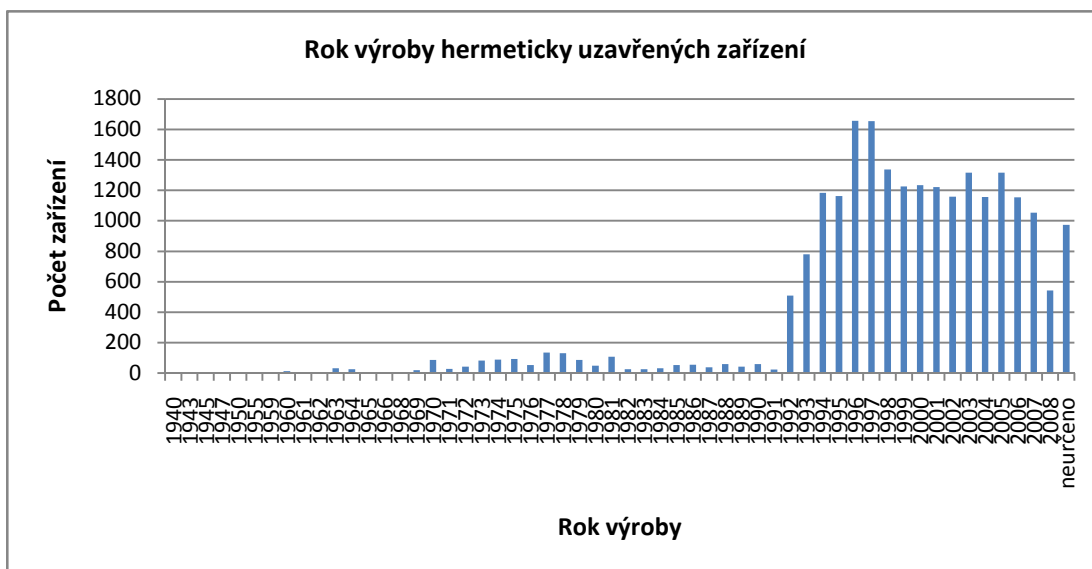


Obrázek 22 Graf znázorňující rok výroby nehermetizovaných zařízení

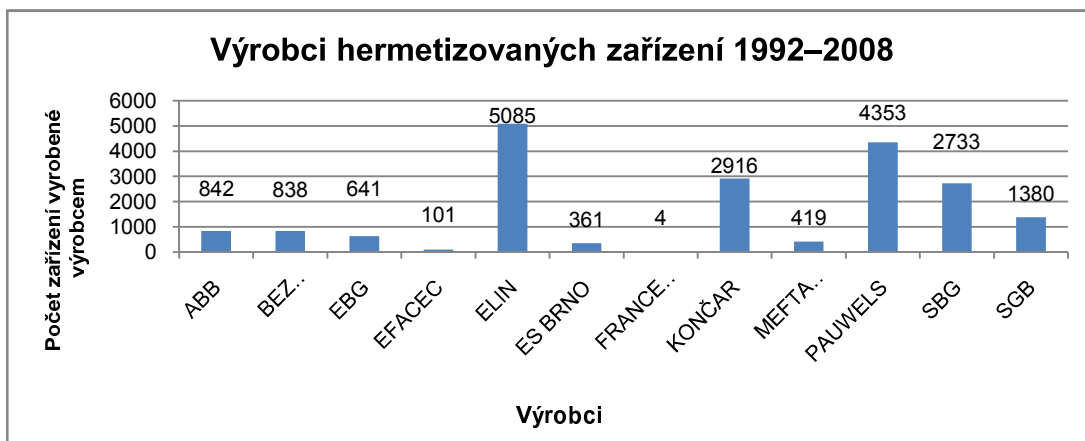


Obrázek 23 Graf znázorňující zastoupení výrobců nehermetizovaných zařízení

Výroba hermeticky uzavřených zařízení rostla od roku 1992, vrcholila v roce 1996, pak nastal mírný pokles, viz Obrázek 24. Nejvíce hermetizovaných zařízení (5 085 ks) v letech 1992–2008 bylo vyrobeno firmou ELIN, viz Obrázek 25.

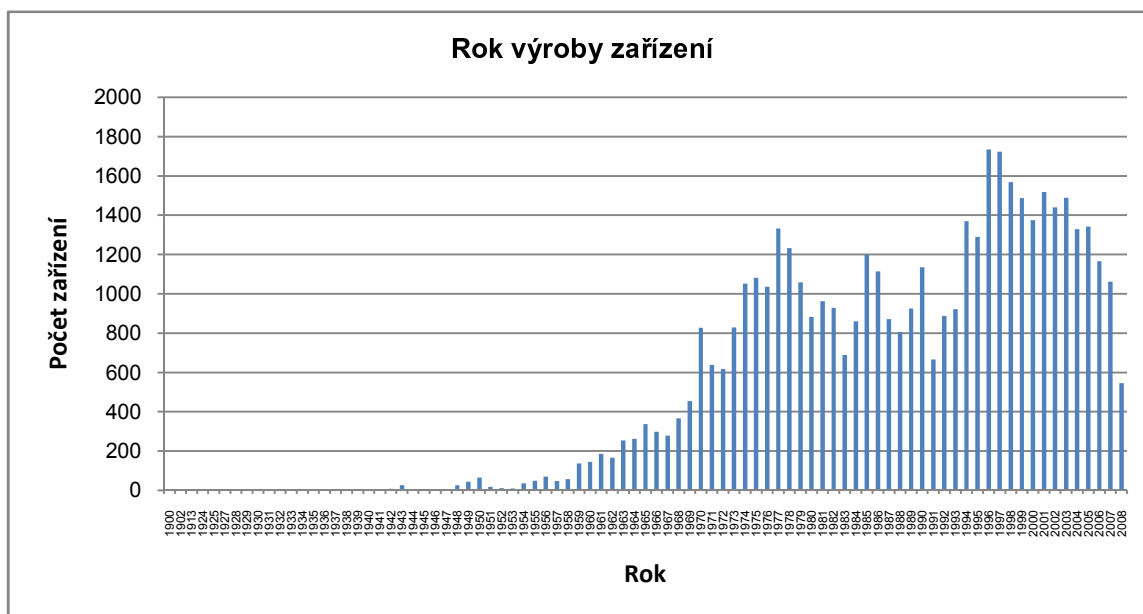


Obrázek 24 Graf znázorňující rok výroby hermetizovaných zařízení



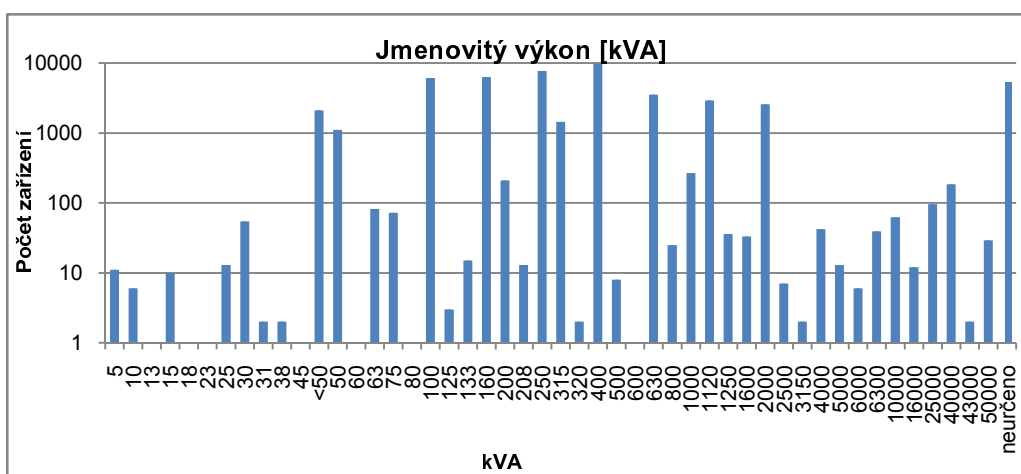
Obrázek 25 Graf znázorňující zastoupení výrobců hermetizovaných zařízení

Z grafu (Obrázek 26, Příloha 9), který znázorňuje četnosti zařízení podle roku výroby, je patrný nárůst výroby od roku 1900. Počáteční růst je patrný od roku 1948 a prvního maxima výroby bylo dosaženo v roce 1977, poté nastal mírný pokles. Po roce 1984 následoval další růst až do roku 1996, kdy bylo dosaženo nejvyšší hodnoty (1 735 ks). Dále už výroba klesala. Oproti roku 1996 klesla výroba v roce 2008 o 31 %.



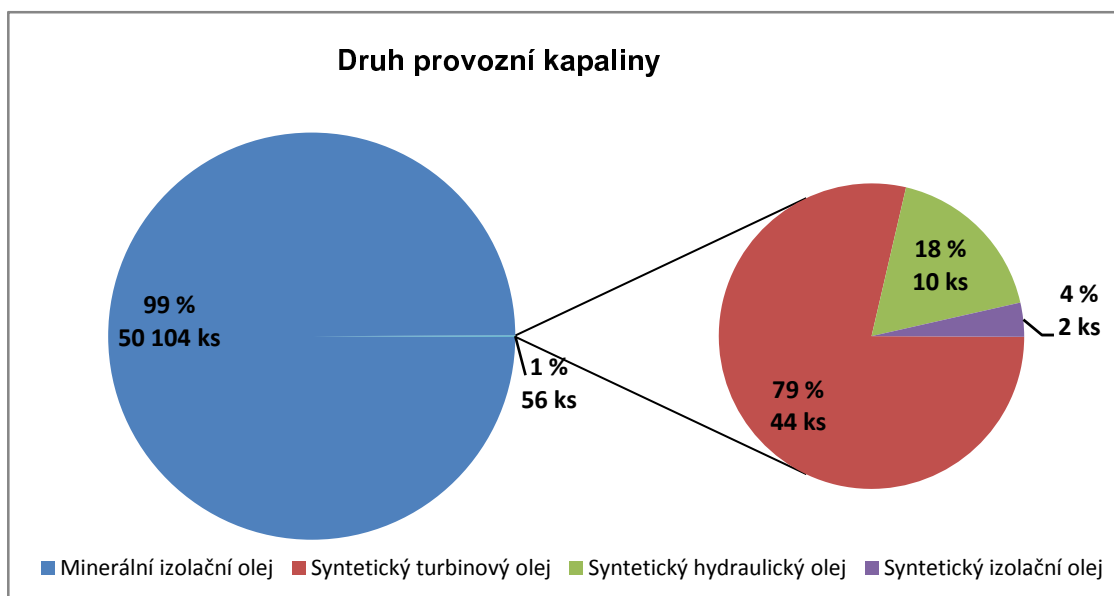
Obrázek 26 Graf znázorňující četnost výroby zařízení podle roku výroby

Graf (Obrázek 27) znázorňuje četnosti zařízení s daným jmenovitým výkonem. Nejvíce zařízení (9 726 ks) pracuje se jmenovitým výkonem 400 kVA. Dále je vysoký počet zařízení pracujících s výkonem 250 kVA, 160 kVA a 100 kVA. Počet zařízení s uvedenými výkony přesahuje hodnotu 6 000. U 5 318 zařízení nebyl výkon uveden.



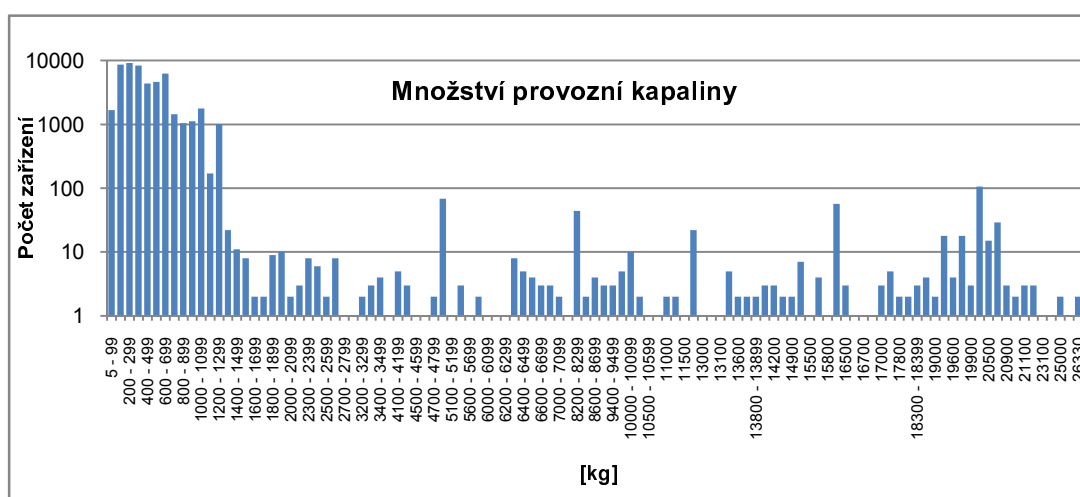
Obrázek 27 Graf znázorňující četnost zařízení s daným jmenovitým výkonem

Nejdůležitějším druhem provozní kapaliny je podle grafu (Obrázek 28) minerální izolační olej, který zaujímá 99 % z celkového počtu sledovaných zařízení. Zbývající 1 % bylo dále rozděleno, jak ukazuje pravá část grafu, druhou nejčastěji používanou provozní kapalinou je syntetický turbínový olej, který zaujímá 78 % (44 ks) ze zbývajících 1 %. Ale z celkového hlediska je to zanedbatelné.



Obrázek 28 Graf znázorňující zastoupení druhů provozních kapalin

Graf (Obrázek 29, Příloha 10) ukazuje četnosti zařízení s daným množstvím provozní kapaliny. Nejvíce zařízení obsahuje 5–1 299 kg provozní kapaliny, což tvoří více jak 98 % z celkového počtu zařízení.



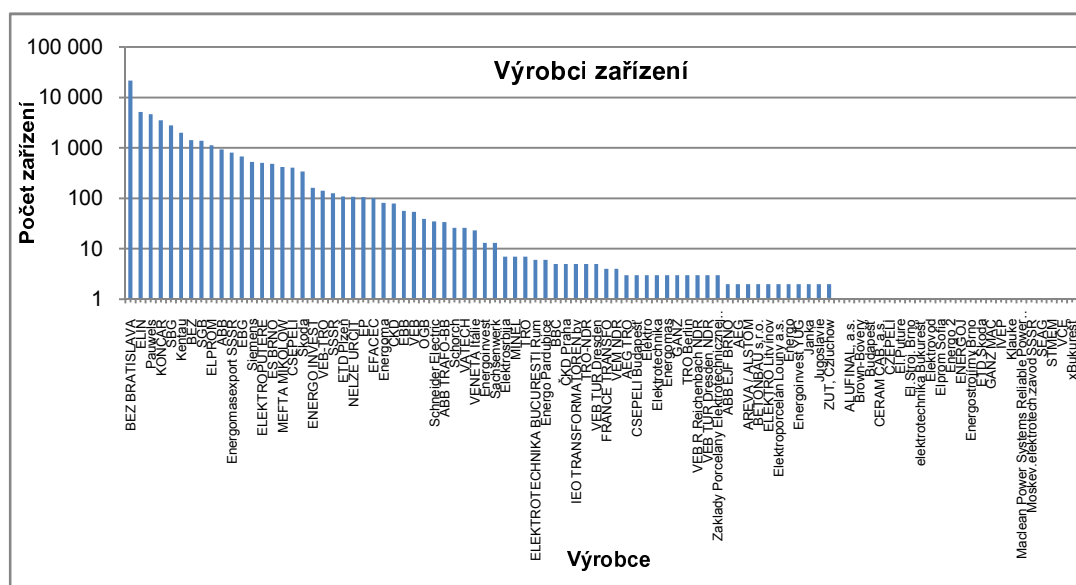
Obrázek 29 Graf znázorňující četnost zařízení s daným množstvím provozní kapaliny



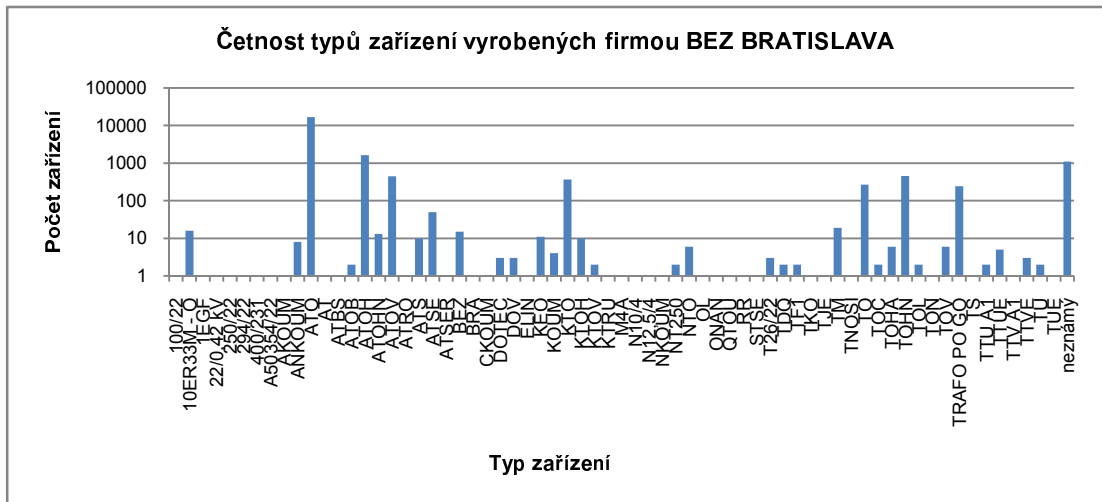
Z hlediska výrobců je nejvíce zařízení vyrobeno firmou BEZ BRATISLAVA (Obrázek 30, Příloha 11), která vyrobila celkem 21 656 zařízení, což činí 43 % z celkového počtu zařízení. Většina (93 %) zařízení vyrobená firmou BEZ BRATISLAVA nebyla hermetizována, důvodem je to, že firma BEZ BRATISLAVA vyráběla nejvíce v období 1955–1992, ale růst výroby hermeticky uzavřených zařízení začal až po roce 1992 (viz Obrázek 24).

Vezmeme-li v potaz pouze firmu BEZ BRATISLAVA, tak nejčastějším typem zařízení je ATO (16 822 ks), ATOH (1 626 ks), TOHN (452 ks), viz Obrázek 31, a nejčastější výkon zařízení je 400 kVA, viz Obrázek 32.

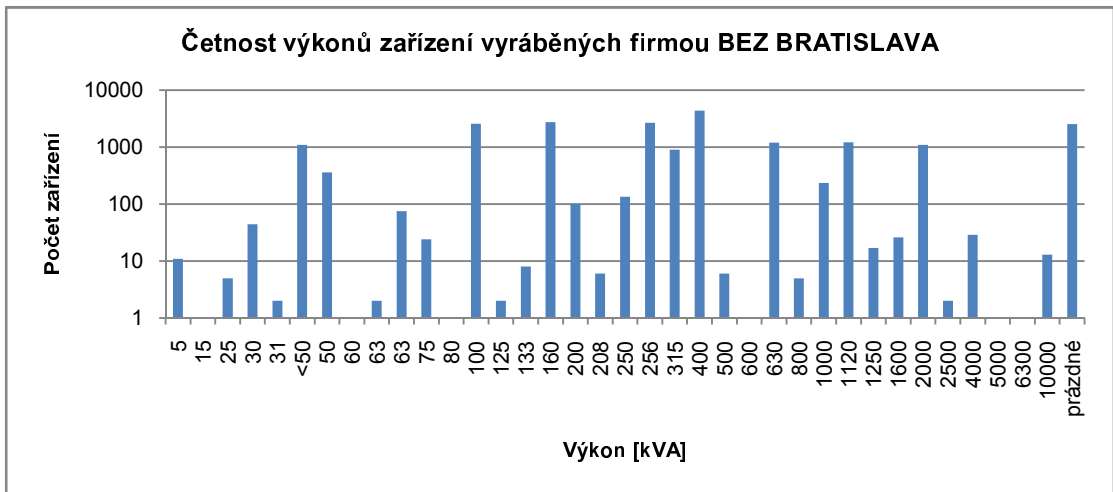
Graf (Obrázek 33, Příloha 12) ukazuje počty zařízení vyrobených v daném roce v rozmezí od 1900 do 2008. Růžovou barvou je znázorněna četnost zařízení vyrobených firmou BEZ BRATISLAVA a modrou je četnost zařízení celkem. Je vidět, že firma BEZ BRATISLAVA vyrobila nejvíce zařízení v roce 1977, bylo jich 958, což odpovídá i maximu celkové výroby a po roce 1992 nastává útlum její produkce z hlediska územní působnosti ČEZ Distribuce, a. s. Nyní je v provozu 19 877 (92 %) zařízení od firmy BEZ BRATISLAVA.



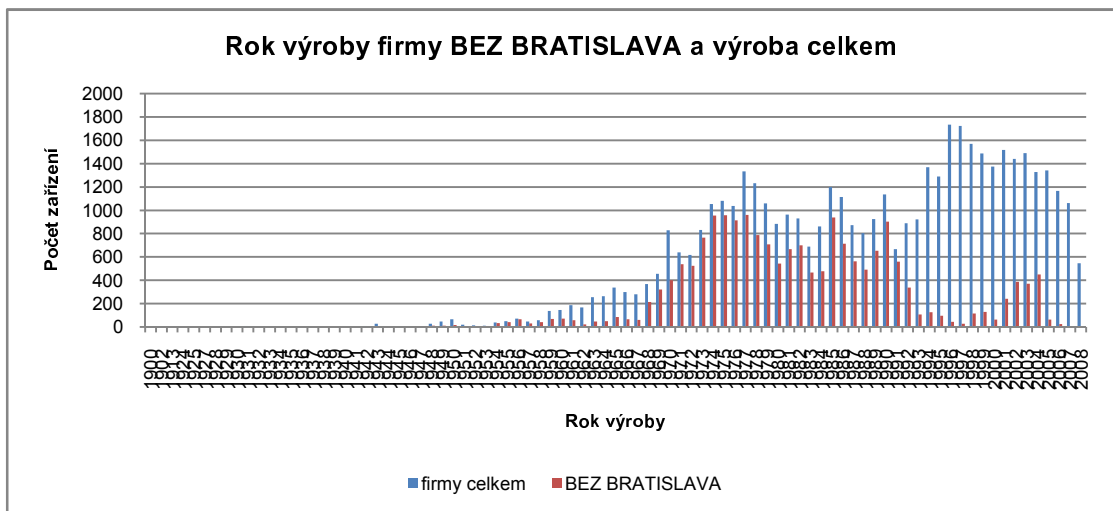
Obrázek 30 Graf znázorňující zastoupení jednotlivých výrobců zařízení



Obrázek 31 Graf znázorňující četnost typů zařízení vyrobených BEZ BRATISLAVA



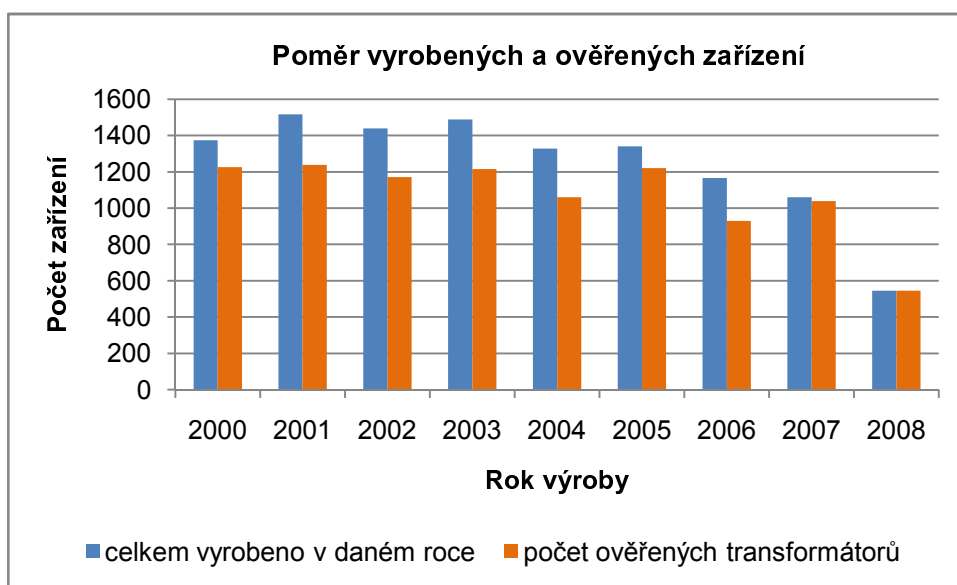
Obrázek 32 Graf znázorňující četnost výkonů zařízení



Obrázek 33 Graf znázorňující roky výroby zařízení

Z hlediska přítomnosti PCB v transformátorových olejích byla od společnosti ČEZ Distribuce, a. s. k dispozici evidence s 51 160 zařízeními, v 12 685 zařízeních se koncentrace  $\Sigma$ PCB pohybuje v rozmezí 0–37 mg/kg, hodnoty tedy leží pod hranicí pro lehce kontaminovaná zařízení. U zbývajících 37 475 zařízení nebyla dosud ověřena (ne)přítomnost PCB (rok 2009).

Po roce 2000 bylo vyrobeno 11 260 zařízení, podle zákona č. 157/1998 Sb. (nový zákon č. 356/2003 Sb.) je zakázána výroba, dovoz, vývoz, distribuce PCB, a proto by u těchto zařízení nemělo být potřeba provádět analytickou zkoušku k ověření přítomnosti PCB. I přes to byla většina (85 %) těchto zařízení ověřena a prokázala se nepřítomnost PCB. V grafu (Obrázek 34) je modrou barvou znázorněn počet vyrobených zařízení po roce 2000 a červenou barvou počet zařízení ověřených.



Obrázek 34 Graf znázorňující Poměr vyrobených a ověřených zařízení

Podle ústního sdělení Miloslava Malíka z ČEZ Distribuce, a. s. bylo dosud prověřeno přes 40 tisíc zařízení (rok 2010). Nadlimitní množství PCB bylo nalezeno pouze v 25 zařízeních, což je 0,000625 % z celkového počtu prověřených zařízení.

## 5. Diskuze

Od roku 2002 se systematicky ověřuje kvalita olejových náplní v distribučních zařízeních i z hlediska možného výskytu polychlorovaných bifenyly. Tato evidence byla nařízena zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech, který ukládá povinnost inventarizovat zařízení s obsahem náplně větším než 5 litrů a s koncentrací PCB nad 50 mg/kg. V roce 2007 bylo prověřeno cca 7 500 náplní s nákladem 6,75 mil. Kč, což odpovídá cca 900 Kč na jeden vzorek zařízení (SKUPINA ČEZ, 2008). Celkem ČEZ Distribuce, a. s. spravuje přes 50 tisíc zařízení, v přepočtu to znamená, že musí vynaložit přes 45 mil. Kč na ověření množství PCB ve svých zařízeních. ČEZ Distribuce, a. s. dosud ověřila přes 40 tisíc transformátorů. Nadlimitní množství PCB bylo pouze v 25 zařízeních (0,000625 %) a tedy 99,9993 % zařízení PCB neobsahuje. Geuss (2009) ve svém článku uvádí, že do 30. 6. 2008 bylo společnostmi ČEZ, a. s., ČEZ Distribuce, a. s., E. ON Distribuce, a.s., ČEPS, a.s., a PRE, a.s. prověřeno celkem 55 280 kusů provozovaných zařízení. Z nich pouze u 20 kusů (0,00036 %) byla zjištěna koncentrace PCB v intervalu 50–500 ppm, tedy spadajících mezi lehce kontaminovaná zařízení. Z odběrů vzorků vyplynulo, že 99,99964 % zařízení PCB neobsahuje (GEUSS et al., 2009). Což se shoduje se zjištěnými výsledky, navíc všechna zařízení s nadlimitním množstvím PCB provozovaná společností ČEZ Distribuce, a. s. byla ihned odstraněna.

Z hlediska přítomnosti PCB bylo při výběru zařízení, která budou přednostně ověřena, postupováno tak, že nejdříve se ověří zařízení novější výroby, protože, jak uvádí Geuss (2009), neproověřená zařízení do konce roku 2009 by byla považována za zařízení s obsahem PCB a musela by být odstraněna do konce roku 2010. Voženílek (2007) ve své práci uvádí, že životnost transformátorů je většinou 30 let. Proto se při rozboru dat soustředila pozornost na transformátory s rokem výroby 2000–2008, kterých bylo z celkových 12 865 prověřených 75 %, tedy 9 645. Paradoxní je, že podle zákona č. 157/1998 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích, od roku 2000 je zakázána výroba, dovoz, vývoz, distribuce PCB. To znamená, že zařízení, jejichž rok výroby je 2000–2008, PCB obsahovat nemohou a tudíž ověřování těchto zařízení nebylo nutné.

Předpokládalo se, že díky masivní výrobě v letech 1959–1984, bude i velké zastoupení PCB v transformátorových olejích. Ale ukázalo se, že z 99,99 % zařízení PCB neobsahují. Otázkou zde zůstává, zda PCB, které se využívaly v ČR, jsou dnes dobře uložené a nehrozí žádná sekundární kontaminace.

## 6. Závěr

Během posledních deseti let vedla rozsáhlá legislativní opatření k přímému či nepřímému snížení vstupů POP do prostředí a objektivnímu snížení jejich hladin v potravinách a lidské populaci, a tím k významné ochraně lidského zdraví a prostředí (HOLOUBEK et al., 2006). Z celostátního hlediska jsou pro ČR asi nejproblémovější skupinou POP polychlorované bifenylly (HOLOUBEK et al., 2003).

Polychlorované bifenylly mají výborné vlastnosti. Díky těmto vlastnostem našly velké uplatnění v průmyslu (např. jako dielektrické kapaliny kondenzátorů a transformátorů, PCB se přidávaly do barev, lepidel, NCR papíru atd.). Jejich vlastnosti jsou závislé na počtu a pozici chlorového atomu na molekule bifenylu. Jejich negativní vlastností je, že jsou lipofilní a mají tendenci k bioakumulaci v lidech i biotě. PCB se pro komerční účely začaly vyrábět v roce 1929, od té doby celková produkce PCB dosáhla 1,5 milionů tun, z čehož USA vyrobily přes 700 000 tun. V Československu bylo v období 1959–84 vyrobeno přes 21 000 tun PCB. Degradace PCB je velice náročná a hlavně drahá. Mezi hlavní zneškodňovací technologie patří spalování v martinských pecích, fluidní ohniště, dechlorace sodíkem, BCD technologie, biodegradace a fotolýza.

Ve své diplomové práci jsem využila souhrnnou evidenci dat společnosti ČEZ Distribuce, a. s., která byla vytvořena v letech 2002–2009. Tato evidence byla nařízena zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech, který ukládá povinnost inventarizovat zařízení s obsahem náplně větším než 5 litrů a s koncentrací PCB nad 50 mg/kg. Jedním cílem bylo vyhodnotit data a zjistit (ne)přítomnost PCB v zařízeních používaných v energetice. A dále posoudit přibližné náklady na splnění legislativních požadavků v oblasti eliminace PCB v energetice.

Zjistila jsem, že z 50 tisíc zařízení není pouze 6 % v provozu. Z analýzy dat vyplynulo, že nejvíce zařízení bylo vyrobeno v roce 1996 a to 1 735 transformátorů. Nejproduktivnějším výrobcem byla firma BEZ BRATISLAVA, která vyrobila 43 % z celkového počtu zařízení. Z hlediska přítomnosti PCB v transformátorových olejích bylo dosud ověřeno přes 40 tisíc zařízení. Nadlimitní množství PCB bylo nalezeno pouze u 25 zařízení, která byla ihned odstraněna.

Zhodnocení výsledků systematického ověřování všech zařízení, která jsou na území ČR v majetku ČEZ Distribuce, a. s., vyplývá, bez ohledu na rok výroby, že žádné zařízení podle zákona č. 185/2001 Sb. neobsahuje delor či jinou látku na bázi deloru, která by byla indikovaná jako PCB. Z praktického hlediska je zajímavé, že ověřování potvrdilo původní předpoklady, že pro posouzení přítomnosti PCB není nezbytné masivní vzorkování všech zařízení, ale stačilo by rozdělit zařízení do jednotlivých skupin např. podle výrobce, ze kterých by se ověřilo jen několik zařízení. V případě zjištění PCB, by následovalo detailnější ověřování dané skupiny. Tím by se výrazně snížily náklady na splnění legislativně stanoveného

úkolů. Navíc podle zákona č. 157/1998 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích, (nový zákon č. 356/2003 Sb.) je zakázána výroba, dovoz, vývoz, distribuce PCB, tudíž zařízení vyrobená po roce 2000 neobsahují PCB a proto jejich ověřování zbytečně navýšilo náklady na splnění legislativních úkolů.

Dalším cílem bylo posoudit možnosti výskytu PCB v případě havarijních úniků v transformátorovnách v ČR a možnosti šíření PCB na starých ekologických zátěžích.

Po roce 1989 bylo zjištěno, že negativní vliv na ŽP mohou mít i energetická zařízení jako transformovny, transformační stanice, transformátory. Transformátory jsou umístěny v nádrži naplněné olejem, jehož hlavním významem je izolovat a stabilizovat teplotní podmínky. Největší nebezpečí představuje fakt, že může dojít k nekontrolovaným únikům oleje do prostředí. Proto jsou budovány záchytné jímky, které jsou nejúčinnější opatření na ochranu ŽP.

V ČR je evidováno 43 lokalit s kontaminací PCB, tato kontaminovaná místa vznikla důsledkem používání a následné neodborné likvidace PCB (např. ukládáním na běžné skládky). Část kontaminovaných lokalit je již sanována. Dnes je problematika týkající se PCB zákonem ošetřena (jejich výroba, dovoz, vývoz, distribuce je zakázána, je preferováno bezpečné a kontrolované odstranění či dekontaminace zařízení obsahující PCB) a tudíž by nemělo docházet ke vzniku nových kontaminovaných míst. Holoubek (2003) uvádí, že dodnes je celé území České republiky pod vlivem zvýšené zátěže, díky tomu, že se PCB ještě v první polovině 80. let vyráběly na území Slovenska a masivně používaly v celém bývalém Československu. Aktuální situaci podmiňuje i ta skutečnost, že PCB jsou dodnes součástí některých technologických zařízení (provozní kapaliny) a materiálů, velká část PCB byla odvezena na skládky, ale přitom skládkování není trvalé odstranění PCB, a tudíž může představovat nebezpečí pro budoucí generace. Existuje podezření, že PCB mohou jako vedlejší produkty vznikat i při některých současných chemických výrobcích a hrát tak roli „stále živých“ zdrojů kontaminace životního prostředí PCB (HOLOUBEK et al., 2003).

Závěrem lze konstatovat, že základem je kontrolované odstranění PCB, dekontaminace nebo odstranění zařízení obsahující PCB. Proto je nutná inventarizace všech zdrojů, které obsahují PCB, Tím se zajistí prevence proti vzniku kontaminovaných míst, Z výsledků vylývá, že společnost ČEZ Distribuce, a. s. nyní nespravuje žádné transformátory, které by obsahovaly nadlimitní množství PCB.

## 7. Literatura

1. ANDERLOVÁ, N.; BRÁZDIL, J. Problematika PCB v izolačních olejích. *Environmentální aspekty podnikání*. 1999, 1, s. 28–31.
2. BARCHÁNKOVÁ, J.; POLÁKOVÁ, K.; PAVLOVÁ, S. Plán odstranění zařízení s obsahem PCB nebo dekontaminace zařízení s obsahem PCB. *VÚV TGM* [online]. 2006, červen [cit. 2009-09-17]. Dostupný z WWW: <[http://ceho.vuv.cz/CeHO/CeHO/PCB\\_PCT/Plan\\_odstraneni\\_PCB\\_2006.pdf](http://ceho.vuv.cz/CeHO/CeHO/PCB_PCT/Plan_odstraneni_PCB_2006.pdf)>.
3. BLÁHA, V. Problémy evidence zařízení s obsahem PCB. *Odpady*. 2002, 10, s. 12–13.
4. BOATE, A, et al. Chemistry of PCBs. [online]. 2004, [cit. 2009-09-20]. Dostupný z WWW: <<http://wvlc.uwaterloo.ca/biology447/modules/intro/assignments/Introduction2a.htm>>.
5. BRÁZDIL, J. Zabránit únikům do prostředí, PCB a legislativa. *Odpady*. 2000a, 4, s. 23–24.
6. BRÁZDIL, J. Přesná evidence je nutná, zneškodňování odpadů s PCB. *Odpady*. 2000b, 5, s. 11.
7. BRÁZDIL, J. Inventarizace zařízení s PCB. *Nepublikováno*. 2009. Archiv ČEZ Distribuce, a. s. s. 3–8.
8. BREIVIK, K.; SWEETMAN, A.; PACYNA, J. H. Towards global historical emission inventory for selected PCB congeners – a mass balance approach. *Science of the Total Environment*. 2007, 377, s. 296–307.
9. ČÍŽEK, Z. *Polychlorované bifenyly*. [s.l.] : [s.n.], 1992. 81 s.
  - a. BUCHTA, M. Metodika stanovení PCB. In ČÍŽEK, Z. *Polychlorované bifenyly*. [s.l.] : [s.n.], 1992. s. 41–56.
  - b. RÁBL, V. Polychlorované bifenyly : Výroba, složení, vlastnosti. In ČÍŽEK, Z. *Polychlorované bifenyly*. [s.l.] : [s.n.], 1992. s. 9–19.
10. ČÍŽEK, Z. Úloha a postavení analytické chemie v procesu odstraňování starých ekologických zátěží. *Chem. Listy*. 1999, 93, s. 600–603.
11. ČSN EN 61619. *Izolační kapaliny – Kontaminace polychlorovanými bifenyly (PCB) – Stanovení metodou kapilární plynové chromatografie*. ČR : Český normalizační institut, 1.srpen 1999. 32 s.
12. ECKHERT, C. Environmental Health Sciences: UCLA School of Public Health [online]. c2008 [cit. 2010-02-28]. Dostupné z WWW: <[www.ph.ucla.edu/ehs/student%20hazards/PCB.pdf](http://www.ph.ucla.edu/ehs/student%20hazards/PCB.pdf)>.
13. ERICKSON, M. D. *Analytical chemistry of PCBs*. New York : CRC Press, 1997. 667 s. ISBN 0873719239.
14. ESB. *Servis (oprava a revize) transformátorů* [online]. 2008 [cit. 2010-02-27]. Elektrické stroje, a.s. Dostupné z WWW: <<http://www.esb-bez.cz/download/transformatory.pdf>>.
15. GEUSS, E.; HAVRÁNKOVÁ, V.; HAVLICE, V. Ministerstvo průmyslu a obchodu uplatňuje svůj vliv na odpadové hospodářství ČR. *Odpadové fórum*. 2009, 12, s. 24–25.
16. HANSEN, L. G. Stepping backward to improve assessment of PCB congener toxicities. *Environ Health Perspect*. 1998, 106, suppl 1, s. 171–189.
17. HOLOUBEK, I. (koordinátor, projekt manager), Adamec, V., Bartoš, M., Černá, M., Čupr, P., Bláha, K., Demnerová, K., Drápal, J., Hajšlová, J., Holoubková, I., Jech, L., Klánová, J., Kocourek, V., Kohoutek, J., Kužilek, V., Machálek, P., Matějů, V., Matoušek, J., Matoušek, M., Mejstřík, V., Novák, J., Ocelka, T., Pekárek, V., Petira, K., Provazník, O., Punčochář, M., Rieder, M., Ruprich, J., Sánka, M., Tomaniová, M., Vácha, R., Volka, K., Zbiral, J.: Úvodní národní inventura persistentních organických polutantů v České republice. Projekt GF/CEH/01/003: ENABLING ACTIVITIES TO FACILITATE EARLY ACTION ON THE IMPLEMENTATION OF THE STOCKHOLM CONVENTION ON PERSISTENT ORGANIC

- POLLUTANTS (POPs) IN THE CZECH REPUBLIC. TOCOEN,s.r.o., Brno v zastoupení Konsorcia RECETOX - TOCOEN & Associates, TOCOEN REPORT No. 249, Brno, srpen 2003.
18. HOLOUBEK, I. (koordinátor, projekt manager), Adamec, V., Bartoš, M., Bláha, K., Bláha, L., Budňáková, M., Černá, M., Čupr, P., Demnerová, K., Drápal, J., Hajšlová, J., Hanzálková, M., Holoubková, I., Hrabětová, S., Jech, L., Klánová, J., Kohoutek, J., Kužilek, V., Machálek, P., Matějů, V., Matoušek, J., Matoušek, M., Mejstřík, V., Novák, J., Ocelka, T., Pekárek, V., Petira, K., Petrlík, J., Provazník, O., Punčochář, M., Rieder, M., Ruprich, J., Sáňka, M., Tomaniová, M., Vácha, R., Volka, K., Zbiral, J.: Národní implementační plán pro Implementaci Stockholmské úmluvy v České republice. Projekt GF/CEH/01/003: ENABLING ACTIVITIES TO FACILITATE EARLY ACTION ON THE IMPLEMENTATION OF THE STOCKHOLM CONVENTION ON PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS (POPs) IN THE CZECH REPUBLIC. TOCOEN, s.r.o., Brno v zastoupení Konsorcia RECETOX - TOCOEN & Associates, TOCOEN REPORT No. 293, Brno, leden 2006, 99 s. + 11 příloh.
  19. HOLOUBEK, I. *Studijní materiály ke stažení* [online]. 2008 [cit. 2010-03-19]. Studijní materiály ke stažení. Dostupné z WWW: <<http://recetox.muni.cz/index.php?pg=studium--studijni-materialy-ke-stazeni>>.
  20. HORÁK, J.; LINHART, I.; KLUSOŇ, P. *Úvod do toxikologie a ekologie pro chemiky*. Praha : VŠCHT, 2004. 187 s. ISBN 80-7080-548-X.
  21. JANČÁŘOVÁ, I. Staré ekologické zátěže v kontextu evropské právní úpravy. *Časopis pro právní vědu a praxi*. 2007, 2, s. 182–189.
  22. KÁŠ, J., et al. *Biotechnologie životního prostředí*. Praha : VŠCHT, 2000. 142 s. ISBN 80-7080-376-2.
  23. KOCOUREK, V. *Vědecký výbor fytosanitární a životního prostředí : Projekty 2002* [online]. 2002 [cit. 2010-02-28]. Přehled imisní zátěže agrárního ekosystému vybranými prioritními organickými polutanty. Dostupné z WWW: <<http://www.phytosanitary.org/?link=cs/projekty/2002/>>.
  24. KOČAN, A. Persistent Organic Pollutants in the Slovak Republic. *RBA PTS Project* [online]. Brussels, 5–8, [cit. 2009-11-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.recetox.muni.cz/sources/unep/Kocan.pdf>>.
  25. KOMÍNKOVÁ, D. *Ekotoxikologie*. Praha : ČVUT, 2008. 156 s. ISBN 978-80-01-04058-4.
  26. Likvidace PCB v Chemku Strážské. *Odpady* [online]. 2003, 4, [cit. 2010-02-27]. Dostupný z WWW: <[www.ihned.cz/download/DOT\\_nwsltr/ODPADY\\_2003\\_IV.pdf](http://www.ihned.cz/download/DOT_nwsltr/ODPADY_2003_IV.pdf)>.
  27. MALÍK, M. – ústní sdělení (ČEZ Distribuce a. s., Teplická 874/8, Děčín IV – Podmokly, dne 17. února 2010)
  28. MANHART, J. Polychlorované bifenylly, odpady PCB a povinnosti při nakládání s nimi. *Odpady*. 2008, 2, s. 24–25.
  29. *METODICKÝ POKYN o postupu při evidenci a prokazování nepřítomnosti PCB v hermeticky uzavřených elektrických zařízeních ve smyslu § 26 a § 27 zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, v platném znění*. Praha : MŽP, 12. listopadu 2008. 4 s. Dostupné z WWW: <[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodicky\\_pokyn\\_evidence/\\$FILE/OODP-Metodicky\\_pokyn\\_pro\\_evidenci\\_a\\_prokazovani\\_nepřitomnosti\\_PCB-20081112.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodicky_pokyn_evidence/$FILE/OODP-Metodicky_pokyn_pro_evidenci_a_prokazovani_nepřitomnosti_PCB-20081112.pdf)>.
  30. *METODICKÝ POKYN pro shromažďování a skladování zařízení, kapalin a provozních náplní s obsahem PCB a pro dekontaminaci zařízení s obsahem PCB (polychlorovaných bifenylů)*. *Věstník MŽP*. 2006, XVI, 2, s. 4–11. Dostupný také z WWW:



<[http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/F6A2C14B3E5BCB27C125710D0037ACF5/\\$file/vestnik\\_02\\_2006.pdf](http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/F6A2C14B3E5BCB27C125710D0037ACF5/$file/vestnik_02_2006.pdf)>. ISSN 0862-9013.

31. NATIONAL RESEARCH COUNCIL, (U. S.). *Risk-management strategy for PCB-contaminated sediments* [online]. Washington : National Academy Press, 2001 [cit. 2010-03-19]. Dostupné z WWW:  
<[http://books.google.com/books?id=2jOCRSruXZUC&printsec=frontcover&dq=%22ERICKSON+MD%22&lr=&hl=cs&source=gbs\\_similarbooks\\_s&cad=1#v=onepage&q=&f=false](http://books.google.com/books?id=2jOCRSruXZUC&printsec=frontcover&dq=%22ERICKSON+MD%22&lr=&hl=cs&source=gbs_similarbooks_s&cad=1#v=onepage&q=&f=false)>. ISBN 0-309-07321-9.
32. OLBRICHOVÁ, A. Česko čeká vleklá podzemní chemická válka s nebezpečnými odpady : Podnikům se krutě prodraží. *Ekonom*. 2001, 43, s. 41–43.
33. NEISNER, J. *Obecná chemická technologie*. Praha : SPN, 1981. 288 s. ISBN 14-416-81.
34. PEREIRA, M. Polychlorinated dibenzo – p – dioxins (PCDD), dibenzofurans (PCDF) and polychlorinated biphenyls (PCB) : Main sources, environmental behaviour and risk to man and biota. *Quim. Nova*. 2004, 27, 6, s. 934-943.
35. POLÁKOVÁ, K. Inventarizace polychlorovaných bifenylů v České republice. *VTEI*. 2009, 4, s. 20–24.
36. PROCHÁZKA, O. Z realizačního programu pro dekontaminaci a odstranění zařízení s obsahem PCB. *Odpadové fórum*. 2004, 3, s. 15–20.
37. ROBERTSON, L. W.; HANSEN, L. G. *Recent Advances in the Environmental Toxicology and Health Effects of PCBs*. University Press of Kentucky : Lexington, 2001. 461 s. ISBN 0-8131-2226-0.
  - a. ERICKSON, M. D. Properties, Uses, Occurrence, and Regulatory History. In ROBERTSON, L. W.; HANSEN, L. G. *Recent Advances in the Environmental Toxicology and Health Effects of PCBs*. University Press of Kentucky : Lexington, 2001. s. XI–XXX. ISBN 0-8131-2226-0.
  - b. FIEDLER, H. Global and Local Disposition of PCBs. In ROBERTSON, L. W.; HANSEN, L. G. *Recent Advances in the Environmental Toxicology and Health Effects of PCBs*. University Press of Kentucky : Lexington, 2001. s. 11–15. ISBN 0-8131-2226-0.
  - c. HOLOUBEK, I. Polychlorinated Biphenyl (PCBs) Contaminated Sites Worldwide. In ROBERTSON, L. W.; HANSEN, L. G. *Recent Advances in the Environmental Toxicology and Health Effects of PCBs*. University Press of Kentucky : Lexington, 2001. s. 17–26. ISBN 0-8131-2226-0.
  - d. GUO, Y. L.; HSU, C. C. Yucheng and Yusho : The Effects of Toxic Oil in Developing Humans in Asia. In ROBERTSON, L. W.; HANSEN, L. G. *Recent Advances in the Environmental Toxicology and Health Effects of PCBs*. University Press of Kentucky : Lexington, 2001. s. 137–141. ISBN 0-8131-2226-0.
38. ROLEČKOVÁ, E. *Staré ekologické zátěže* [online]. 2005 [cit. 2009-11-02]. Staré ekologické zátěže. Dostupné z WWW: <[http://www.cizp.cz/513\\_Stare-ekologicke-zateze](http://www.cizp.cz/513_Stare-ekologicke-zateze)>.
39. STATISTICKÁ ROČENKA životního prostředí České republiky 2008. Ministerstvo životního prostředí, Český statistický úřad, CENIA. 1x ročně.
40. SKUPINA, ČEZ. *Staré ekologické zátěže* [online]. c2008 [cit. 2010-02-13]. Zpráva o společenské odpovědnosti skupiny ČEZ 2007. Dostupné z WWW:  
<<http://www.cez.cz/edee/content/file/investori/informacni-povinnost-emitenta/2008-10/vnitri-informace-cez-169-2008.pdf>>.

41. SMĚRNICE RADY 96/59/ES o zneškodňování polychlorovaných bifenyliů a polychlorovaných terfenyliů (PCB/PCT).
42. ŠUBERT, J. Jak dále s interpretací nálezů PCB. *Odpady*. 2003, 9, s. 27–28.
43. TECHNICAL GUIDELINES for the Environmentally Sound Management of Wastes Consisting of, Containing or Contaminated with Polychlorinated Biphenyls (PCBs), Polychlorinated Terphenyls (PCTs) or Polybrominated Biphenyls (PBBs) [online]. 2005, [cit. 2009-10-29]. Dostupný z WWW: <<http://www.basel.int/pub/techguid/tg-PCBs.pdf>>
44. TKOTZ, K., et al. *Příručka pro elektrotechnika*. 2. doplněné vydání. Praha : EUROPA - SOBOTÁLES, 2006. 624 s. ISBN 80-86706-13-3.
45. VAN DEN BERG, M., et al. Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife. *Environ. Health Perspect.* 1998, 106, s. 775–792.
46. VÉBR, K.; KREDL, F. *Polychlorované bifenyly v biosféře, zejména ve vodách s některých vodních organismech*. Praha : ACADEMIA, 1991. 72 s. ISSN: 0577-3652.
47. VONDRÁČEK, J. Aryl Hydrocarbon Receptor-Activating Polychlorinated Biphenyls and Their Hydroxylated Metabolites Induce Cell Proliferation in Contact-Inhibited Rat Liver Epithelial Cells. *Toxicological Sciences*. 2005, 83, 1, s. 53–63.
48. VOŽENÍLEK, D. *Vliv rozvoden vysokého napětí vybrané složky životního prostředí*. [s.l.], 2007. 85 s. Diplomová práce. FLE ČZU, Katedra ekologie a životního prostředí. Vedoucí práce Landa, I.
49. VRÁBLÍKOVÁ, J.; ŠKRLANT, V. *Problematika polychlorovaných bifenyliů ve vztahu ke kontaminaci životního prostředí*. Ústí n. L. : Ústav pro životní prostředí, 1991. 47 s. ISBN 80-85399-21-0.
50. VYHLÁŠKA Ministerstva životního prostředí č. 384/2001 Sb., o nakládání s polychlorovanými bifenyly, polychlorovanými terfenyly, monometyltetrachlordifenylmetanem, monometyldichlordifenylmetanem, monometyldibromdifenylmetanem a veškerými směsmi obsahujícími kteroukoliv z těchto látek v koncentraci větší než 50 mg/kg (o nakládání s PCB).
51. ZÁKON č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, v platném znění.
52. ZHANG, G. Cavitation Chemistry of Polychlorinated Biphenyls: Decomposition Mechanisms and Rates. *Environ. Sci. Technol.* 2000, 34, 8, s. 1529–1534.
53. *Zkušenosti České republiky s odstraňováním starých ekologických zátěží jsou jedinečné* [online]. 12. listopadu 2004 [cit. 2010-03-19]. Priroda.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.priroda.cz/clanky.php?sub=70&stranka=16>>. ISSN 1801-2787.
54. ZMETÁKOVÁ, Z.; ŠALGOVIČOVÁ, D. Polychlorovanými bifenyly, životné prostredie a človek. *TRENDY v potravinárstve*. 2006, 1, s. 4. Dostupné z WWW: <[http://enviroportal.sk/ism/pdf/cudzorode-latky/PCB\\_ZP\\_clovek.pdf](http://enviroportal.sk/ism/pdf/cudzorode-latky/PCB_ZP_clovek.pdf)>.

Citace byly vytvořeny pomocí generátoru <http://www.citace.com>, verze 2.0, který pracuje podle normy ČSN ISO 690 a ČSN ISO 690–2.

## 8. Seznam obrázků a tabulek

- Obrázek 1 Mapa ekologického rizika (zdroj CENIA, úprava Bc. Jana Zmrhalová)
- Obrázek 2 Mapa zatížení PCB (VUV TGM)
- Obrázek 3 Mapa ekologického zatížení PCB (VUV TGM)
- Obrázek 4 Dálkové a mezinárodní přenosy elektrické energie (TKOTZ et al., 2006)
- Obrázek 5 Úrovně napětí (TKOTZ et al., 2006)
- Obrázek 6 Transformační stanice Dražice (Bc. Jana ZMRHALOVÁ, 2009)
- Obrázek 7 Řez transformátorem (TKOTZ et al., 2006)
- Obrázek 8 Vzorky odebraných olejů v průběhu regenerace oleje znečištěné → po regeneraci (ESB, 2008)
- Obrázek 9 Chlorace bifenyly (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001)
- Obrázek 10 Homolog – trichlorbifenylyl (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001)
- Obrázek 11 – Struktura indikátorových kongenerů (YUPAC:  
<http://voda.chmi.cz/ojv2/htm/pasporty/PCB/>)
- Obrázek 12 Zastoupení jednotlivých kongenerů v Aroclor 1242 a Aroclor 1260 (ECKHERT, 2008)
- Obrázek 13 Množství PCB vyrobené továrnou Chemko Strážske v letech 1959–1984 (KOČAN, 2001)
- Obrázek 14 Továrna Chemko Strážske (<http://www.sdruzeniarnika.cz/publikace.shtml>)
- Obrázek 15 Množství vyrobených PCB největšími světovými producenty (zdroj dat: HOLOUBEK, 2001 in ROBERTSON, 2001, grafické zpracování Bc. Jana ZMRHALOVÁ)
- Obrázek 16 Transportní cesty PCB v prostředí (ERICKSON, 2001 in ROBERTSON, 2001)
- Obrázek 17 Migrace PCB potravním řetězcem (ERICKSON 2001 in ROBERTSON, 2001)
- Obrázek 18 Inventarizace PCB v ČR pro rok 2009. (zdroj dat: [http://recetox.muni.cz/pops-centrum/res/File/NIPOPs%20CR%202008/NIPOPsCR\\_Inventarizace%20PCB%20v%20CR\\_2008.pdf](http://recetox.muni.cz/pops-centrum/res/File/NIPOPs%20CR%202008/NIPOPsCR_Inventarizace%20PCB%20v%20CR_2008.pdf)); grafické zpracování Bc. Jana ZMRHALOVÁ)
- Obrázek 19 Mapa působnosti společnosti ČEZ Distribuce, a. s. ([www.cez.cz](http://www.cez.cz))
- Obrázek 20 Graf znázorňující procentuální zastoupení zařízení v provozu
- Obrázek 21 Graf znázorňující procentuální zastoupení hermetizovaných zařízení
- Obrázek 22 Graf znázorňující rok výroby nehermetizovaných zařízení
- Obrázek 23 Graf znázorňující zastoupení výrobců nehermetizovaných zařízení
- Obrázek 24 Graf znázorňující rok výroby hermetizovaných zařízení
- Obrázek 25 Graf znázorňující zastoupení výrobců hermetizovaných zařízení
- Obrázek 26 Graf znázorňující četnost výroby zařízení podle roku výroby
- Obrázek 27 Graf znázorňující četnost zařízení s daným jmenovitým výkonem
- Obrázek 28 Graf znázorňující zastoupení druhů provozních kapalin
- Obrázek 29 Graf znázorňující četnost zařízení s daným množstvím provozní kapaliny
- Obrázek 30 Graf znázorňující zastoupení jednotlivých výrobců zařízení
- Obrázek 31 Graf znázorňující Četnost typů zařízení vyrobených BEZ BRATISLAVA
- Obrázek 32 Graf znázorňující četnost výkonů zařízení
- Obrázek 33 Graf znázorňující roky výroby zařízení
- Obrázek 34 Graf znázorňující Poměr vyrobených a ověřených zařízení
- Tabulka 1 Doporučené parametry oleje pro bezporuchový provoz transformátorů (ČR) ([http://www.kr-ustecky.cz/VismoOnline\\_ActionScripts/File.aspx?id\\_org=450018&id\\_dokumenty=1643057](http://www.kr-ustecky.cz/VismoOnline_ActionScripts/File.aspx?id_org=450018&id_dokumenty=1643057))
- Tabulka 2 Vlastnosti indikátorových kongenerů (HOLOUBEK, 2008; KOCOUREK, 2002)

- Tabulka 3 Charakteristika a použití výrobků z Chemka Strážske (HOLOUBEK, 2003)
- Tabulka 4 Množství vyrobených PCB největšími světovými producenty (HOLOUBEK, 2001 in ROBERTSON, 2001)
- Tabulka 5 Obchodní názvy PCB (TECHNICAL GUIDELINES, 2005)
- Tabulka 6 Společnosti, které mohou nakládat s PCB (MANHART, 2008)
- Tabulka 7 Přibližné ceny za odstranění odpadu s obsahem PCB (HOLOUBEK, 2006)
- Tabulka 8 Inventarizace PCB v ČR v období 2002–2005 (HOLOUBEK, 2006)

## 9. Seznam použitých zkratek

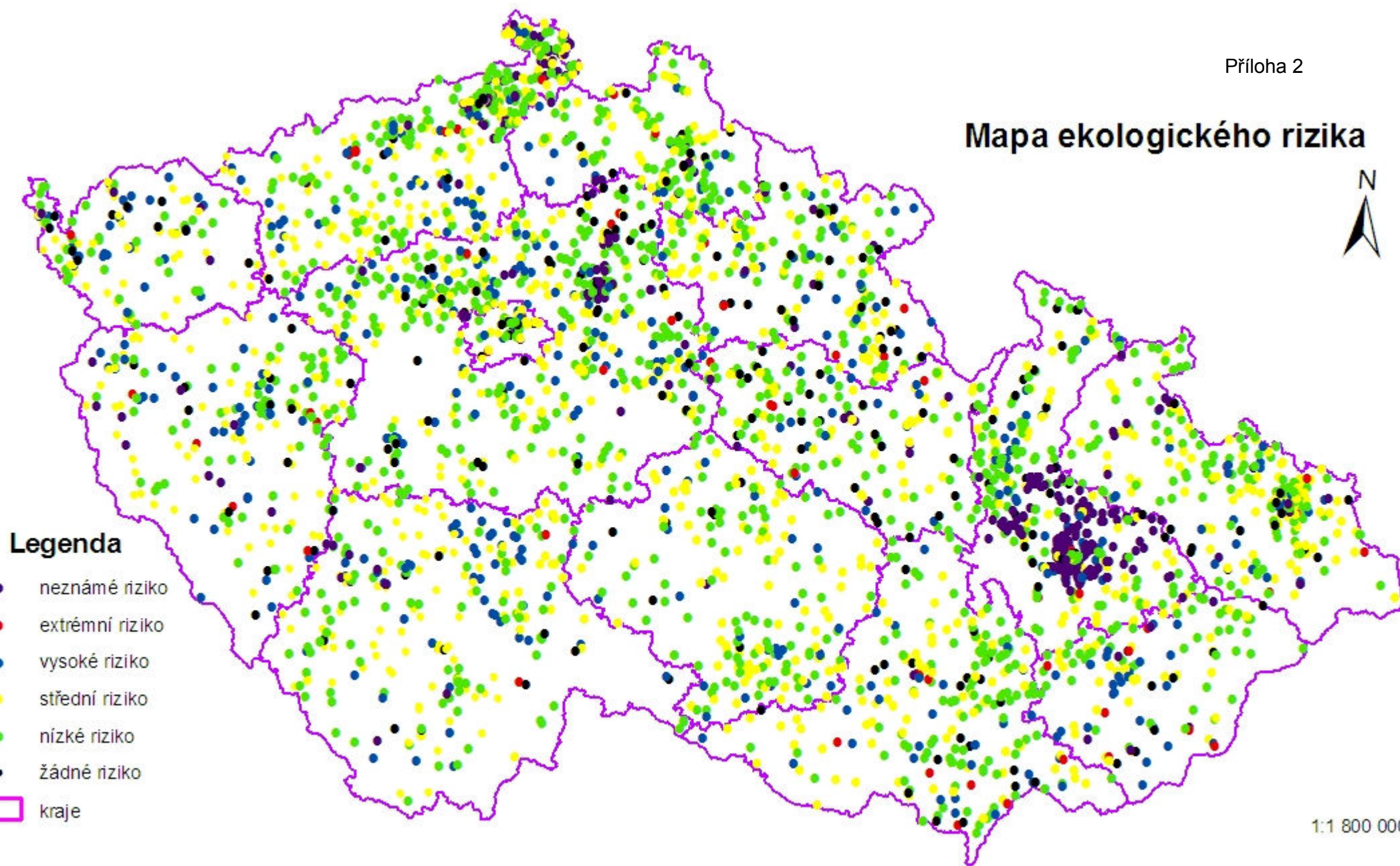
BCD...base catalysed dechlorination  
CEHO...centrum pro hospodaření s odpady  
ČR...Česká republika  
EPA...agentura pro ochranu životního prostředí  
GS – ECD... plynová gromatografie s detektorem elektronového záchytu  
GS – MS...plynová gromatografie s hmotnostním spektrometrem  
kV...kilo Volt  
MVA...mega Volt Ampér  
MZ ČSR...ministerstvo zdravotnictví Československé republiky  
MŽP...ministerstvo životního prostředí  
NN...nízké napětí  
NO...nebezpečný odpad  
PCB...polychlorované bifenyly  
PCT...polychlorované terfenyly  
POP...persistentní organické polutanty  
SEKM...systém evidence kontaminovaných míst  
SESEZ... systéme evidence starých ekologických zátěží  
SEZ...staré ekologické zátěže  
VN...vysoké napětí  
VUV TGM...Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka  
VVN...velmi vysoké napětí  
ZVN...zvlášť vysoké napětí  
ŽP...životní prostředí

## 10. Přílohy

### Seznam příloh:

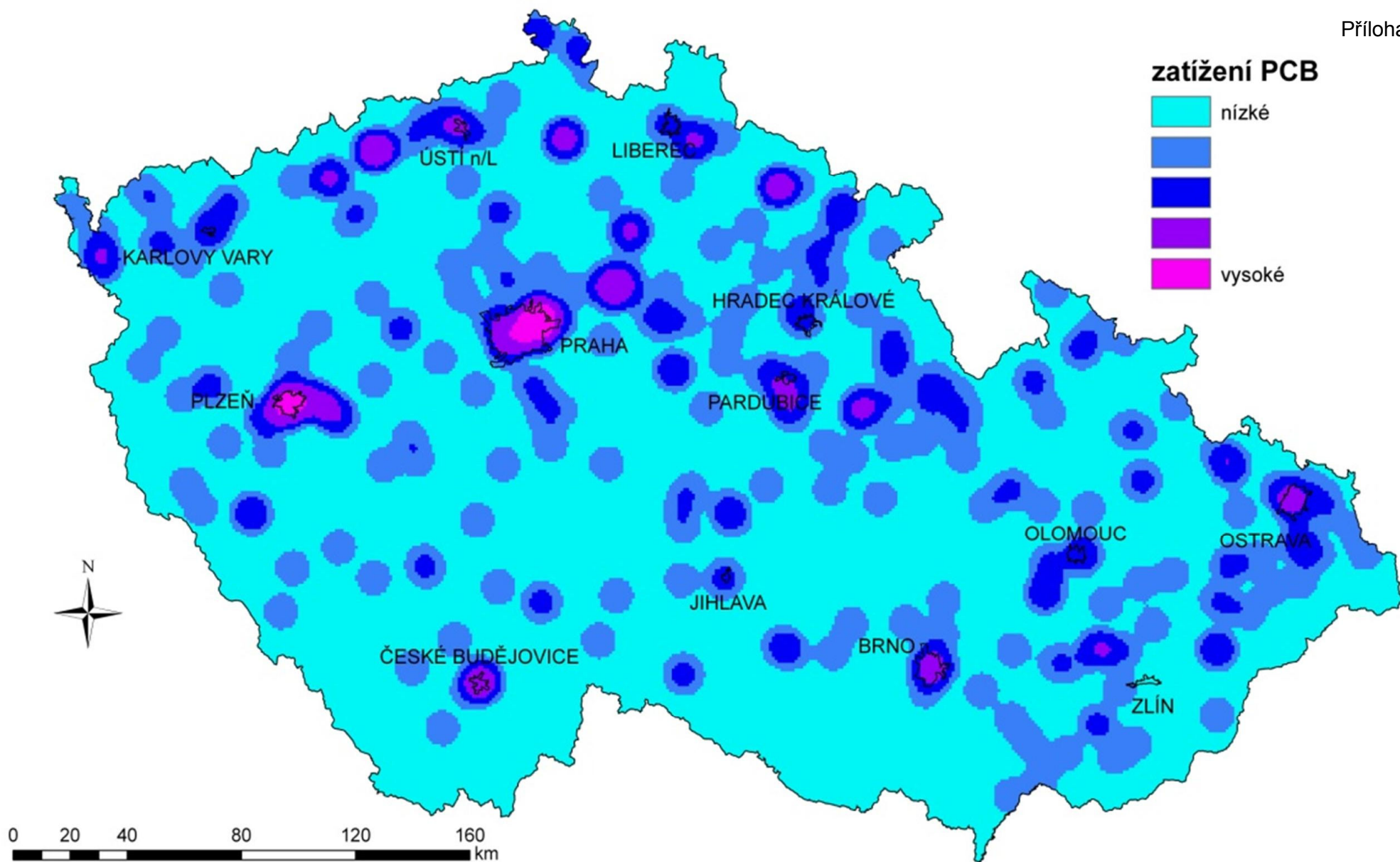
Příloha 1	Evidence a výsledky inventarizace zařízení společností ČEZ Distribuce, a. s. (k dispozici u vedoucího práce Doc. Ing. RNDr. Ivana Landy, DrSc.)
Příloha 2	Mapa ekologického rizika podle metodiky AGRA
Příloha 3	Mapa zatížení PCB
Příloha 4	Mapa konkrétních lokalit zatížení PCB
Příloha 5	Čs. patent 277801 (C07C25/18)
Příloha 6	Evidenční list
Příloha 7	Mapa dálkového a mezinárodního přenosu elektrické energie
Příloha 8	Řez transformátorem
Příloha 9	Zvětšený Obrázek 26 (Rok výroby zařízení)
Příloha 10	Zvětšený Obrázek 29 (Množství provozní kapaliny)
Příloha 11	Zvětšený Obrázek 30 (Výrobci zařízení)
Příloha 12	Zvětšený Obrázek 33 (Rok výroby firmy BEZ BRATISLAVA a výroba celkem)

## Mapa ekologického rizika



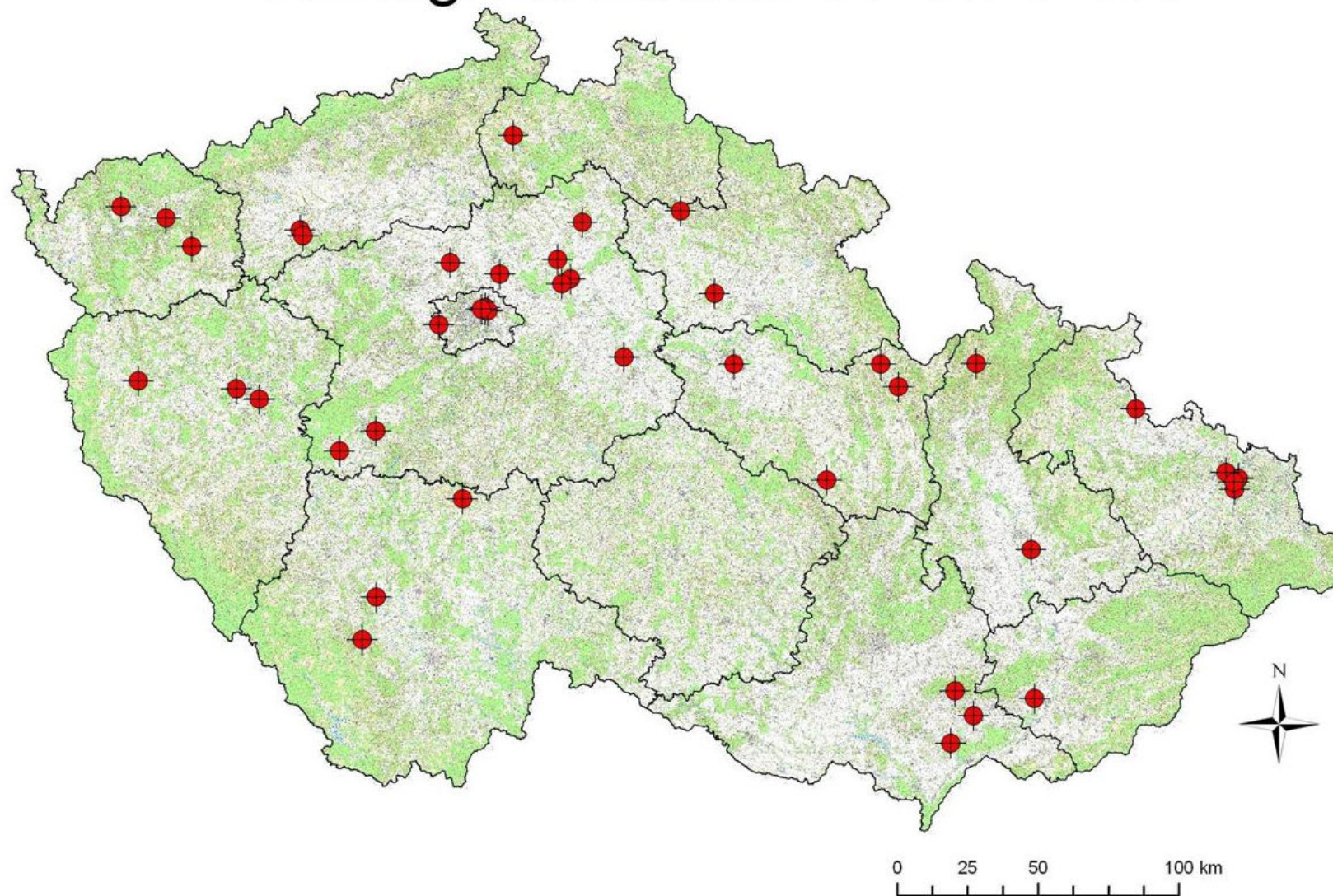
### Legenda

- neznámé riziko
- extrémní riziko
- vysoké riziko
- střední riziko
- nízké riziko
- žádné riziko
- kraje





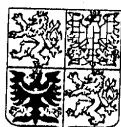
# Ekologické zátěže s PCB v ČR



## PATENTOVÝ SPIS

ČESKÁ  
REPUBLIKA

(19)

ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ(21) Číslo přihlášky: **889-92**

(22) Přihlášeno: 24. 03. 92

(40) Zveřejněno: 14. 04. 93

(47) Uděleno: 24. 02. 93

(24) Oznámeno udělení ve Věstníku: 14. 04. 93

(11) Číslo dokumentu:

**277 801**(13) Druh dokumentu: **B6**(51) Int. Cl.<sup>5</sup>:**C 07 C 25/18****C 07 B 61/00**

(73) Majitel patentu:

Ústav teoretických základů chemické  
techniky ČSAV, Praha, CZ;

(72) Původce vynálezu:

Kaštánek František doc. ing. DrSc., Praha,  
CZ;

Svoboda Petr CSc., Praha, CZ;

Hetflejš Jiří ing. DrSc., Praha, CZ;

Šabata Stanislav ing., Praha, CZ;

Friesová Anna ing., Praha, CZ;

(54) Název vynálezu:

**Způsob chemické destrukce  
polychlorovaných bifenyľů**

(57) Anotace:

Způsob chemické destrukce polychlorovaných bifenyľů dehalogenačním činidlem na bázi sodíku, při kterém se destrukce provádí v inertním organickém rozpouštědle s dehalogenačním činidlem obsahujícím systém sodík -dihydrido-bis(2-methoxyethoxo)hlinitan sodný ve vzájemném molárním poměru 10:1 až 1:3, při teplotě 20 až 200 °C, s výhodou při obsahu polychlorovaných bifenyľů v reakční směsi nanejvýše 15 % hmot.

CZ 277 801 B6

### Oblast techniky

Vynález se týká chemické destrukce polychlorovaných bifenyly dehalogenačním činidlem na bázi sodíku. Termín polychlorované bifenyly je v popisu vynálezu používán v běžně přijatém významu a rozumí se jím všechny chlorderiváty bifenyly obsahující jeden až deset atomů chloru v jeho molekule.

### Dosavadní stav techniky

Polychlorované bifenyly, (dále PCB) byly v řadě zemích po několik desítek let používány v řadě aplikací, zejména jako dielektrické kapaliny v transformátorech a kondensátorech, teplosměnné a hydraulické kapaliny i jako plastifikátory v průmyslu nátěrových hmot. Dále se používaly i jako náhražka vosků v nábytkářském průmyslu nebo jako přísada do střešních lepenek a kopírovacích papírů. Kapalné PCB se přidávaly i do pesticidních přípravků ke snížení jejich prašnosti a zlepšení jejich přilnavosti.

Toto rozsáhlé využití bylo založeno na některých výhodných vlastnostech PCB, jako je nízká hořlavost, vysoká chemická rezistence, velká tepelná kapacita, nízká elektrická vodivost i vysoká dielektrická konstanta.

Ze zdravotního hlediska byly tyto látky dlouho považovány za málo jedovaté a teprve hromadná otrava PCB v Japonsku koncem šedesátých let se stala signálem k přijetí řady opatření, která vedla ve světě v průběhu sedmdesátých let k silnému omezení a posléze zastavení výroby těchto látek.

Vzhledem k tomuto nebezpečí a rizikům spojeným se skladováním těchto látek bylo v řadě zemí přikročeno k jejich likvidaci. K tomuto účelu byla navržena řada metod, jejichž použitelnost závisí na obsahu PCB v likvidovaném materiálu. Tyto metody jsou známy jak z patentové literatury, tak z řady přehledných článků, například Kokozska L. Kuntz G.: Water, Air Soil Pollut. 1985, 25(1), 41-62; Piner W.T., Lindstrom F.T.: EHP, Environ, Health. Perspect, 1985, 59, 163-77; Martinetz D.: Cem. Techn. (Leipzig) 1987, 39 (11), 466-70; Grov J.P.: RGE, Rev. Gen. Eletr. 1987 (8), 156-62.

Jednou z účinných metod je i tzv. sodíkový proces, který se zvláště osvědčil při destrukci PCB obsažených v nepolárních organických kapalinách, zejména minerálních olejích používaných jako náplně transformátorů a kondenzátorů. Jeho účinnost je doložena v řadě patentů, například US pat. 4.416767, US pat.4.340471, US pat. 4.379472, CA pat. 1.185265, EP pat. 99951, CA pat. 1.142551, US pat. 4.465590. Proces je založen na reakci sodíku ve formě taveniny nebo jemné disperse s roztoky PCB v nepolárních, se sodíkem nereagujících kapalinách. Postup vyžaduje inertní atmosféru, nevýbušné prostředí, předřazené sušení vstupujících látek, PCB i rozpouštědel. Produkty reakce jsou chlóríd sodný a nerozpustný polymer, který ztěžuje zpracování reakční směsi.

Je známo, že tvorbu tohoto polymeru lze významně snížit provedením reakce v atmosféře vodíku podle US pat 4.755628 nebo přidavkem látek působících jako protondonory podle EP pat. 225849 a CA pat. 2.026506. Přesto ani tyto postupy nejsou bez nevýhod. V případě použití vodíku, jeho malá rozpustnost při daných reakčních podmínkách, tj. teplotách nad 100 °C, vyvolává nutnost provádět reakci v tlakové aparatuře. V druhém případě, kdy byly jako protondonory použity nižší alkoholy v množství přibližně 50% návažky sodíku, bylo k dosažení vysokého stupně destrukce PCB opět nezbytné odstranit vlhkost z PCB materiálu, popřípadě rozpouštědla. I za těchto podmínek však destrukce PCB není dokonalá a například při přibližně čtyřnásobném molovém přebytku sodíku vzhledem k atomu chloru v molekule PCB a 50 % hmot. methanolu k sodíku bylo při 120 °C dosaženo konverze 99,7 % (podle příkladu 1. z EP pat. 225849).

#### Podstata vynálezu

Podstatou chemické destrukce PCB podle vynálezu je, že se destrukce provádí v inertoním organickém rozpouštědle a dehalogenizačním činidlo je systém obsahující sodík - dihydridobis(2-methoxyethoxy)hlinitan sodný ve vzájemném molárním poměru 10:1 až 1:3 při teplotě 20 až 200 °C. Potom uvedená látka, která je v reakční směsi zdrojem hydridového vodíku, má složení  $\text{NaAlH}_2(\text{OCH}_2\text{-CH}_2\text{OCH}_3)_2$ .

Jako reakční prostředí lze k destrukci použít inertoních rozpouštědel o bodu varu 30 až 350 °C při atmosférickém tlaku, jako jsou ethery, například dimethylether, tetrahydrofuran, dioxan, ethylenglykol, diethylether, methyl(terc. butyl)ether, dále aromatické uhlovodíky, jako například benzen, toluen, xylen, ethylbenzen, alifatické uhlovodíky, jako například hexan, oktan, iosoparafínické směsi o t.v. nad 150 °C, popřípadě směsi těchto látek. Výhodně lze k tomuto účelu použít odpadní rozpouštědla, která jsou také produktem způsobu podle vynálezu, po oddělení nerozpustných produktů vzniklých reakcí. Tato rozpouštědla je tak možno použít bez dalšího čištění, přednostně však po jejich regeneraci. Pokud je materiálem určeným k dekontaminaci olej obsahující PCB, například transformátorový olej, potom tento olej slouží výhodně jako inertoní rozpouštědlo.

V uvedených roztocích lze pracovat s koncentrací PCB v širokém rozmezí. Pro zajištění vysoké konverze však nejvýše do 15 % hmot. výhodně do 5 % hmot. přednostně do 1 % hmot. PCB. Postup dehalogenace podle vynálezu lze aplikovat jak na směs těchto derivátů, tak i na jednotlivé PCB izomery (kongenery).

Dehalogenačním činidlem způsobujícím dehalogenaci polychlorovaných bifenyly ve smyslu vynálezu je sodík v kombinaci s dihydridobis(2-methoxyethoxy)hlinitanem sodným. Posledně jmenovanou látku lze s výhodou použít ve formě 70% roztoku v toluenu, komerčně vyráběného pod obchodním názvem Synhydrid (Lučební závody Kolín). Bylo zjištěno, že podobně výhodně lze použít roztoků s nižší koncentrací uvedeného dihydridohlinitanu, a to i v tom případě, že snížená koncentrace je důsledkem částečné hydrolýzy dihydridohlinitanu v původně 70% roztoku.

Přestože vzájemný poměr složek v uvedeném dehalogenačním činidle, tj. sodíku a dihydridohlinitanu, lze měnit v širokém rozmezí, aniž by došlo k výraznému poklesu účinnosti činidla, je výhodné použít systémů obsahujících sodík a dihydridobis(2-methoxyethoxy)hlinitan sodný v molárním poměru 10:1 až 1:3, přednostně v molárním poměru 2:1 až 1:1,5. Bylo zjištěno, že v uvedeném rozmezí závisí optimální poměr obou složek na složení polychlorovaných bifenyly určených k destrukci v tom smyslu, že činidla s vyšším relativním zastoupením dihydridohlinitanu lze výhodněji použít pro polychlorované bifenyly s vyšším průměrným počtem atomů chloru v jejich molekule.

Je zřejmé, že dosažený stupeň dehalogenace PCB bude vedle těchto faktorů záviset i na podmínkách vlastní dehalogenace. Bylo zjištěno, že prakticky úplné dehalogenace PCB lze dosáhnout při použití dehalogenačního činidla v přebytku, který vyjádřen v celkovém molárním množství sodíku na jeden atom chloru v PCB se rovná 1,5 až 4, výhodně 2 až 2,5. To znamená, že činidlo se použije v množství 1,5 až 4 ekvivalenty sodíku na 1 ekvivalent chloru vázaného v PCB.

Pokud jde o reakční teplotu dehalogenace, lze ji volit od teploty místnosti až po bod varu použitého rozpouštědla, nejvýše však 200 °C. Výhodné je zejména pracovat nad bodem tání sodíku t.j. nad 97,8 °C, přednostně při 100 až 150 °C.

Vlastní dehalogenaci lze podle vynálezu provést v několika variantách, které se liší pořadím vnášení jednotlivých komponent. Tak například podle varianty A se k roztoku PCB v daném rozpouštědle, popřípadě ke kapalnému PCB materiálu, například transformátorovému oleji obsahujícím PCB, přidá vypočtené množství dihydridobis(2-methoxyethoxy)hlinitanu sodného, reakční směs se za míchání zahřeje na reakční teplotu nad 100 °C a potom se po případné časové prodlevě do ní vnese sodík a dehalogenace se dokončí dalším zahříváním při této teplotě po zvolenou dobu.

Jiným postupem podle varianty B se k roztoku PCB přidají současně obě komponenty dehalogenačního činidla, v tomto případě výhodně při teplotě nad teplotou tání sodíku, přednostně v pořadí dihydridobis(2-methoxyethoxy)hlinitan sodný a sodík.

Další varianta C způsobu je založena na použití sodíku ve formě jemné disperze. Ta se připraví v prvním stupni reakce roztavením sodíku za současného míchání, výhodně pod 90 °C. Přípravu sodíkové disperze lze výhodně provést i v kapalině určené k dekontaminaci. V dalším kroku této varianty se k míchané reakční směsi přidá příslušný objem toluenového roztoku dihydridobis(2-methoxyethoxy)hlinitanu sodného a reakce se dokončí při teplotě 90 °C.

Jiným postupem je varianta D, při níž se k zahřátému roztoku PCB přidává kontinuálně tavenina sodíku a roztoku dihydridobis(2-methoxyethoxy)hlinitanu sodného.

Z hlediska dosahovaného stupně dehalogenace není mezi výše uvedenými variantami podstatný rozdíl. Výběr závisí spíše na technickém zařízení zvoleném k provedení chemické dekontaminace.

Závěrečným stupněm společných všem uvedeným variantám je zpracování výsledné reakční směsi. To se provádí známým způsobem rozložením nezreagovaného sodíku a dihydridobis(2-methoxyethoxy)hlinitanu sodného přidávkem nižšího alifatického alkoholu, přednostně methanolu nebo ethanolu a odstraněním pevných produktů reakce obsahujících převážně chlorid sodný a oxid hlinitý filtrací, odstředěním, popřípadě dekantací.

Další zpracování organické fáze závisí na typu dehalogenovaného materiálu a účelu dehalogenace tj. likvidace PCB, regenerace oleje a podobně.

#### Příklady provedení vynálezu

Dále uvedené příklady ilustrují postup chemické destrukce PCB podle vynálezu, aniž by jej nějak vymezovaly nebo omezovaly. Uvedené navážky jsou v hmotnostních dílech, kromě rozpouštědla, které je uváděno v objemových dílech.

##### Příklad 1

Do reaktoru opatřeného turbinovým míchadlem, zařízením pro dávkování reaktantů, měřicem teploty a zpětným chladičem bylo vneseno 100 dílů petroleje, 4,5 dílů Delor 103 s průměrným počtem tří atomů chloru v molekule a za míchání bylo k tomuto roztoku přidáno 16,5 dílů Synhydridu s obsahem  $\text{NaAlH}_2(\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_3)_2$  68 % hmot. Potom byla reakční směs zahřáta za míchání na 90 °C a při této teplotě míchána 30 min. Potom bylo přidáno 1,5 dílů sodíku, přičemž došlo ke zvýšení teploty na 120 °C. Reakce byla dokončena při této teplotě po dvou hodinách. Po rozložení nezreagovaných komponent dehalogenačního činidla methanolem byla směs ochlazená a organická vrstva oddělena od pevných produktů filtrací. Analýza organické vrstvy na obsah organicky vázaného chloru prokázala, že tímto způsobem bylo dosaženo 99,1% dehalogenace PCB.

##### Příklad 2

Do zařízení popsaného v příkladu 1 byl předložen roztok 15 dílů Delor 103 ve 100 dílech xylenu. 100 dílů Synhydridu a 3,5 dílů sodíku. Potom byla tato směs za intenzivního míchání zahřívána k bodu varu rozpouštědla a při této teplotě udržována po dobu 3 hodin. Po zpracování reakční směsi podle příkladu 1 bylo zjištěno, že organická vrstva byla zbavena PCB z 98,8%.

##### Příklad 3

Ke 100 dílům petroleje zahřátého v zařízení podle příkladu 1 na teplotu 110 °C byl postupně za míchání vnesen 1 díl sodíku, 39 dílů Synhydridu a 3 díly Delor 106 a směs byla zahřívána

na 150 °C po 2 hodiny. Po zpracování reakční směsi podle příkladu 1 bylo plynově chromatografickou analýzou spojenou s hmotovou spektrometrií tj. GC-MS analýzou zjištěno, že PCB byly v tomto případě dehalogenovány z 99,92%.

#### Příklad 4

Ke 100 dílům transformátorového oleje kontaminovaného 1 130 ppm PCB bylo v zařízení podle příkladu 1 přidáno 6 dílů Synhydridu o koncentraci aktivní složky 37,6% a směs byla za míchání zahřata na 110 °C. Potom bylo přidáno 0,6 dílů sodíku, směs za intenzivního míchání ochlazená na 90 °C a při této teplotě udržována po 4 hodiny. Po zpracování uvedeném v příkladu 1 bylo GC-MS analýzou zjištěno, že olej obsahuje PCB v koncentraci méně jak 2 ppm.

#### Příklad 5

K roztoku 1 dílu Delor 103 v 80 dílech tetrahydrofuranu byly přidány 2 díly Synhydridu a 1,5 dílu 20% disperze sodíku v toluenu. Potom byla směs za intenzivního míchání udržována při teplotě 20 až 28 °C po dobu 6 hodin. Po zpracování reakční směsi postupem podle příkladu 1 byla organická fáze analyzována na obsah PCB. Plynově chromatografickou analýzou spojenou s hmotovou spektrometrií tj. GC-MS analýzou bylo zjištěno, že organická vrstva obsahuje PCB v koncentraci 12 ppm.

#### Průmyslová využitelnost

Způsob chemické destrukce polychlorovaných bifenyly podle vynálezu lze s výhodou použít k dehalogenaci nepolárních organických kapalin obsahujících PCB, například transformátorových olejů a hydraulických kapalin. Z hlediska typu PCB je způsob zvláště vhodný k dehalogenaci v Československu vyrobených kapalin typu Delor 103, Delor 106, Delotherm, respektive Hydeler. Způsob podle vynálezu lze úspěšně aplikovat i při dehalogenaci dalších chlorovaných aromatických uhlovodíků, jako jsou chlorované naftaleny, chlorbenzeny s jedním až šesti atomy chloru, pentachlorfenol, chlorované dibenzofurany a dioxiny.

## P A T E N T O V É   N Á R O K Y

1. Způsob chemické destrukce polychlorovaných bifenylyů dehalogenačním činidlem na bázi sodíku, vyznačující se tím, že destrukce se provádí v inertním organickém rozpouštědle s dehalogenačním činidlem obsahujícím systém sodík -dihydridobis(2-methoxyethoxo)hlinitan sodný ve vzájemném molárním poměru 10:1 až 1:3 při teplotě 20 až 200 °C
2. Způsob podle bodu 1, vyznačující se tím, že jako inertní organické rozpouštědlo se použije ether, s výhodou tetrahydrofuran a dimethylether ethylenglykolu, aromatické uhlovodíky, s výhodou toluen a xylen, alifatické uhlovodíky obsahující s výhodou 8 až 20 atomů uhlíku a směsi těchto látek.
3. Způsob podle bodu 1, vyznačující se tím, že jako inertní organické rozpouštědlo slouží přímo kapalina obsahující polychlorované bifenyly a je určena k dekontaminaci.
4. Způsob podle bodů 1 až 3, vyznačující se tím, že vzájemný molární poměr sodíku a dihydridobis(2-methoxyethoxo)hlinitanu sodného je 2:1 až 1:1,5, přičemž množství dehalogenačního činidla vztaženého na sodík a na jeden atom chloru v molekule polychlorovaného bifenyly se rovná jeden a půl až čtyři ekvivalenty sodíku na jeden ekvivalent chloru, s výhodou dva až dva a půl ekvivalentu sodíku na jeden ekvivalent chloru.
5. Způsob podle bodů 1 až 4, vyznačující se tím, že obsah polychlorovaných bifenylyů v reakční směsi je nanejvýše 15 % hmot. s výhodou 1 až 5 % hmot.

---

Konec dokumentu

---





CZ 277801B6  
Batch : N91090

Date : 09/12/2005

Number of pages : 8

Next document : CZ 277802B6

Příloha č. 2 vyhlášky č. 384/2001 Sb.					
EVIDENČNÍ LIST pro inventarizaci zařízení a látek podle § 39 odst. (7) zákona a zařízení, u nichž se prokazuje neexistence PCB podle § 27 odst. (7) zákona					
Císlo položky	Atribut - úplný název položky	Datový typ	Přesný nebo maximální počet znaků	Specifikace	Hodnoty položek (Číselník/Seznam)
<b>List číslo 0</b>					
<b>Vlastník (držitel)</b>					
1	Firma:	text	60		
2	IČ	číslo	8	00000001 až 99999999	
3	Obec:	text	30		
4	Kód obce	číslo	6	nové kódování	
5	Okres:	text	32		
6	Kód okresu	číslo	4	nové kódování, bez CZ	
7	Ulice:	text	30		
8	PSC	číslo	5	bez mezery	
9		Jméno:	text	30	
10	Pověřená osoba:	Příjmení:	text	30	
11	Telefon		text	15	
12	E-mail:		text	30	
13	Za správnost:	Jméno:	text	30	oddělené mezerou
		Příjmení:	text	30	
<b>List číslo 1</b>					
14	Identifikace osoby provádějící odběr NEBO 9999	číslo	4	0001 až 9998 nebo 9999	
15	Identifikace vzorkovnice NEBO námi generované číslo	číslo	6	000001 až 999999	
16		Provozovatel			X (zaskrtnete správnou možnost, v případě, že vlastník je zároveň provozovatelem, zaškrtněte
17	Inventarizaci provádí:	Vlastník (držitel)	text	1	
18	IČ vlastníka (držitele)	číslo	8	00000001 až 99999999	
<b>Provozovatel</b>					
19	Firma:	text	60		
20	IČ	číslo	8	00000001 až 99999999	
21	Obec:	text	30		
22	Kód obce	číslo	6	nové kódování	
23	Okres:	text	32		
24	Kód okresu	číslo	4	nové kódování, bez CZ	
25	Ulice:	text	30		
26	PSC	číslo	5	bez mezery	
27		Jméno:	text	30	
28	Pověřená osoba:	Příjmení:	text	30	
29	Telefon		text	15	
30	E-mail:		text	30	
<b>Místo umístění zařízení</b>					
31	Místo umístění zařízení (název)	text	60		
32	Obec:	text	30		
33	Kód obce	číslo	6	nové kódování	
34	Specifikace místa:	text	512		
<b>Zařízení</b>					
35	Výrobní číslo zařízení / Jiná	text	30		10 - Výkonový transformátor 11 - Tlumivka

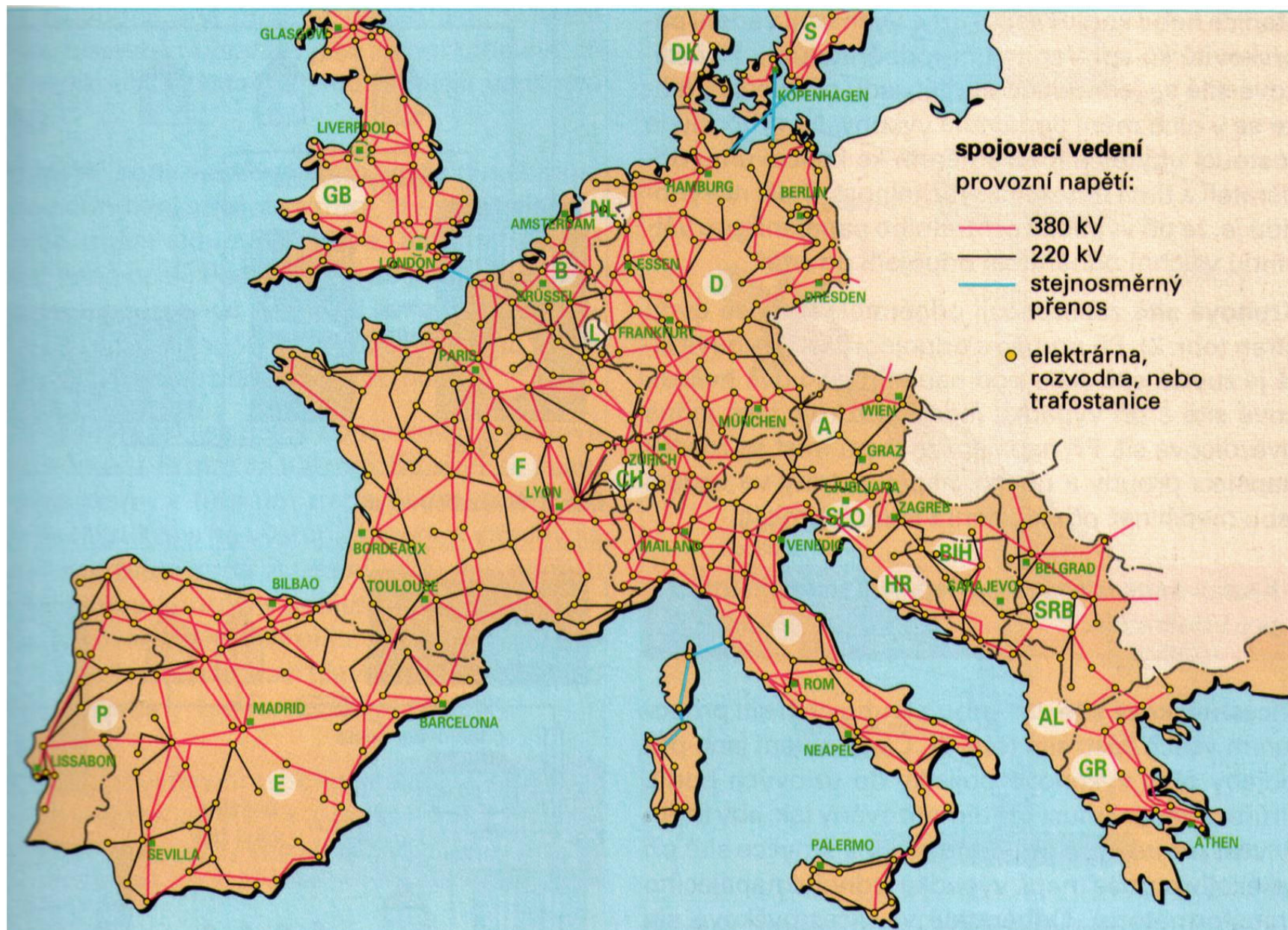
					12 - Reaktor
					13 - Transformátor elektrofiltru (odlučovač)
					14 - Průchodka
					15 - Přepínač odboček (v transformátoru)
					16 - Přístrojový (měřicí) transformátor napětí (PTN)
					17 - Přístrojový (měřicí) transformátor proudu (PTP)
					18 - Přístrojový (měřicí) transformátor kombinovaný (PTK) - napětí + proud
					20 - Kondenzátor
					25 - Vypínač
					30 - Ostatní elektrická zařízení s kapalným dielektrikem
					40 - Hydraulické důlní zařízení
					50 - Vakuové čerpadlo
					60 - Průmyslové zařízení s ohřevem teplotnosnou kapalinou (duplikátor, obalovna drti apod.)
					70 - Jiné zařízení
					81 - Nádrž s provozní kapalinou s PCB
					82 - Cisterna s provozní kapalinou s PCB
					83 - Sud s provozní kapalinou s PCB
					90 - Jiný způsob uskladnění provozní kapaliny s PCB
36	Kód zařízení	číslo	2		
37	Hermetizace zařízení	text	1	N nebo H	H - Hermetizované zařízení N - Nehermetizované zařízení
38	Upřesnění druhu zařízení (platí pro kódy 30, 70 a 90):	text	512		
39	Rozlišení oddělených částí:	text	100		
40	Vazba na mateřské zařízení	text	30		
41	Typ zařízení:	text	100		
42	Výrobce zařízení:	text	60		
43	Rok výroby zařízení	číslo	4	rrrr	
44	Jmenovitá napětí [kV]:	text	30		
45	Jmenovité výkony [MVA]:	text	30		
					1 - Minerální izolační olej

					2 - Syntetický izolační olej
					3 - Minerální turbinový olej
					4 - Syntetický turbinový olej
					5 - Minerální hydraulický olej
					6 - Syntetický hydraulický olej
					7 - Syntetický olej vakuový
					8 - Minerální olej vakuový
					9 - Askarel nebo jiná provozní kapalina na bázi PCB
46	Druh provozní kapaliny	číslo	2	1 až 99	99 - Jiný
47	Upřesnění druhu provozní kapaliny (platí pro kód 99):	text	512		
48	Obchodní název provozní kapaliny:	text	60		
49	Výrobce provozní kapaliny:	text	60		
50	Množství provozní kapaliny [kg]	číslo	6	0 až 999999	
51	Způsob určení množství provozní kapaliny	text	1	M nebo O nebo V	M - Udaj naměřený O - Udaj odhadnutý V - Udaj od výrobce
52	Za správnost:	Jméno:	text	30	oddělené mezerou
		Příjmení:	text	30	
<b>List číslo 2</b>					
53	Identifikace osoby provádějící odběr NEBO 9999	číslo	4	0001 až 9998 nebo 9999	
54	Identifikace vzorkovnice NEBO námi generované číslo	číslo	6	000001 až 999999	
55		Provozovatel			
56	Inventarizaci provádí:	Vlastník (držitel)	text	1	správnou možnost, v případě, že vlastník je zároveň provozovatelem, zaškrtněte variantu Vlastník
57	IČ vlastníka (držitele)	číslo	8	00000001 až 99999999	
<b>Zařízení</b>					
58	Výrobní číslo zařízení / Jiná	text	30		
					10 - Výkonový transformátor
					11 - Tlumivka
					12 - Reaktor
					13 - Transformátor elektrofiltru (odlučovač)
					14 - Průchodka
					15 - Přepínač odboček (v transformátoru)
					16 - Přístrojový (měřicí) transformátor napětí (PTN)
					17 - Přístrojový (měřicí) transformátor proudu (PTP)

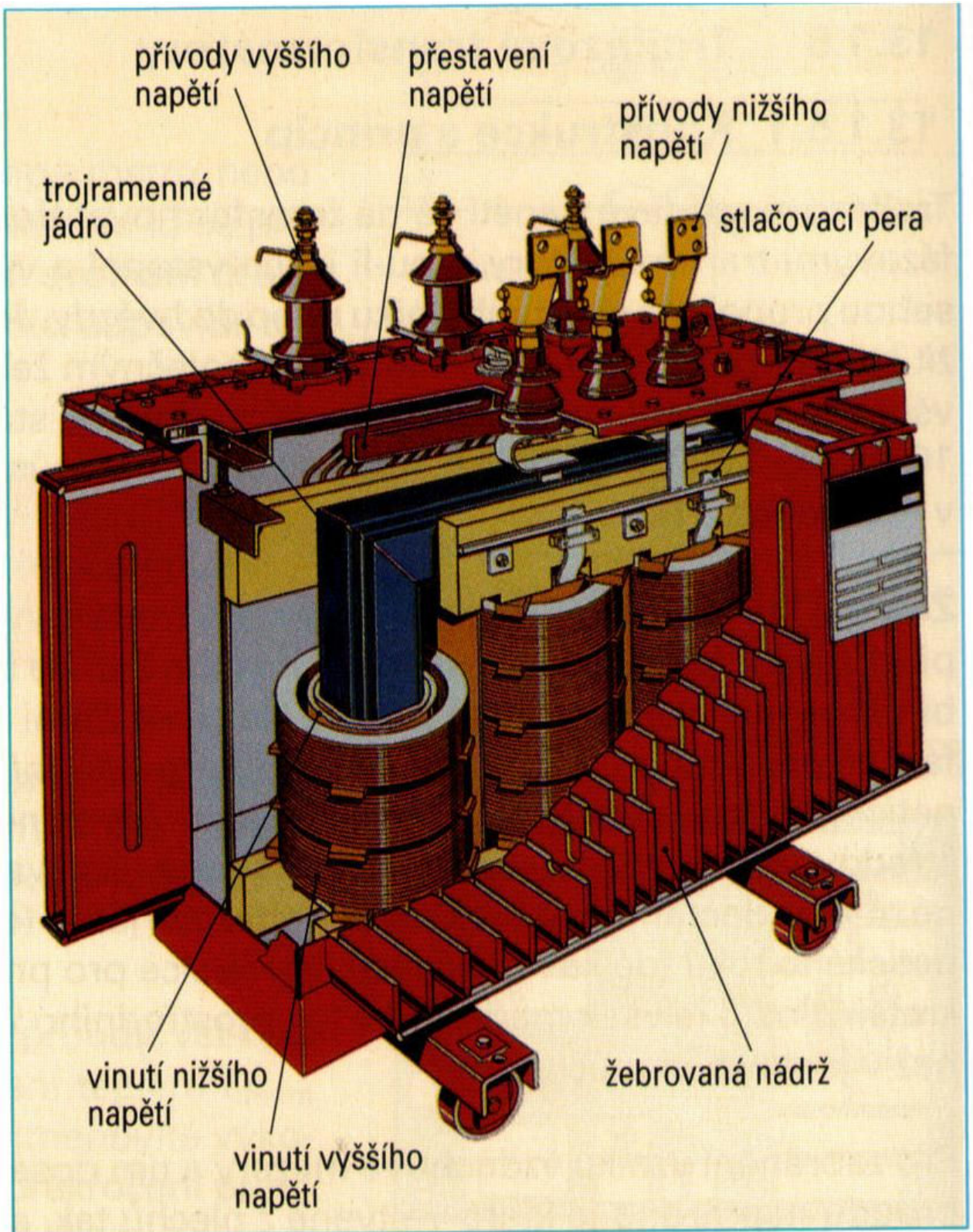
					18 - Přístrojový (měřicí) transformátor kombinovaný (PTK) - napětí + proud 20 - Kondenzátor 25 - Vypínač 30 - Ostatní elektrická zařízení s kapalným dielektrikem 40 - Hydraulické důlní zařízení 50 - Vakuové čerpadlo 60 - Průmyslové zařízení s ohřevem teplotosnou kapalinou (duplikátor, obalovna drti apod.) 70 - Jiné zařízení 81 - Nádrž s provozní kapalinou s PCB 82 - Čisterna s provozní kapalinou s PCB 83 - Sud s provozní kapalinou s PCB 90 - Jiný způsob uskladnění provozní kapaliny s PCB
59	Kód zařízení	číslo	2	10 až 90	H - Hermetizované zařízení N - Nehermetizované zařízení
60	Hermetizace zařízení	text	1	N nebo H	
<b>Způsob prokázání (ne)existence PCB</b>					
61					Čestným prohlášením výrobce
63					Analytickým stanovením
65	Způsob prokázání (ne)existence PCB	text	1	X (zaškrtněte správnou možnost)	Odečtením ze štítku
62	Identifikace prohlášení:	text	30		
64	Číslo protokolu	text	30		
<b>Protokol o odběru vzorku</b>					
66		V provozu			X (zaškrtněte správnou)
67	Zařízení:	Mimo provoz	text	1	
68	Specifikace místa odběru:		text	512	
69	Datum odběru vzorku		datum		dd.mm.rrrr
70	Číslo vzorku		číslo	6	000001 až 999999
71	Identifikační číslo osoby provádějící		číslo	4	0001 až 9999
72	Zástupce	Jméno:	text	30	
73	Provozovatele	Příjmení:	text	30	
74	Poznámka:		text	2000	
<b>Protokol o analytickém stanovení nebo obsahu dle prohlášení výrobce nebo vlastníka (držitele)</b>					
75	Kód laboratoře		číslo	4	
76	Číslo protokolu		text	30	
77	Datum analýzy		datum		dd.mm.rrrr
78		PCB 28	desetinné číslo	6,1	

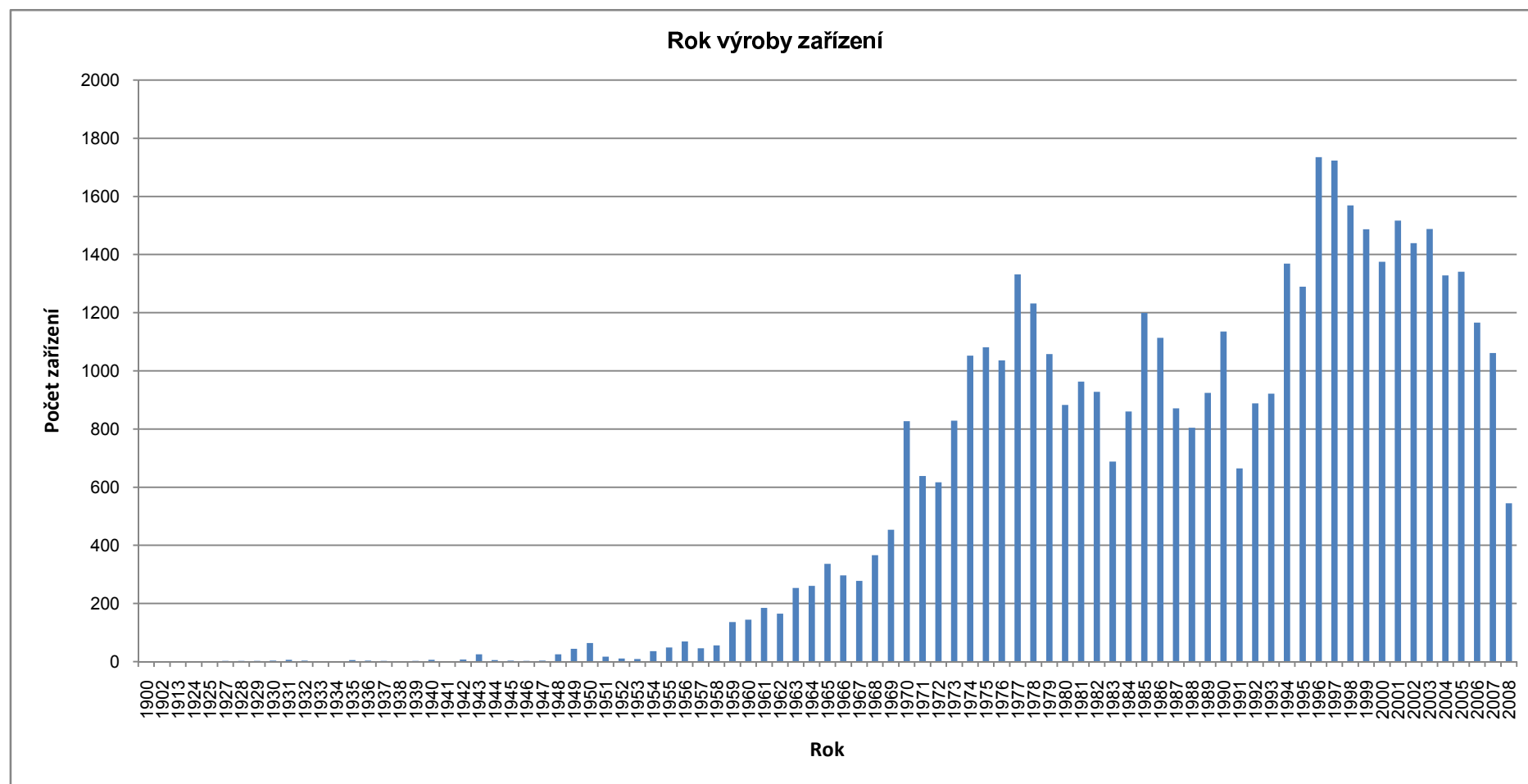


					60 - Průmyslové zařízení s ohřevem teplotnosnou kapalinou (duplikátor, obalovna drti apod.)
					70 - Jiné zařízení
					81 - Nádrž s provozní kapalinou s PCB
					82 - Cisterna s provozní kapalinou s PCB
					83 - Sud s provozní kapalinou s PCB
92	Kód zařízení	číslo	2	10 až 90	90 - Jiný způsob uskladnění provozní kapaliny s PCB
93	Hermetizace zařízení	text	1	N nebo H	H - Hermetizované zařízení N - Nehermetizované zařízení
<b>Protokol o zneškodnění nebo odstranění PCB</b>					
94	Datum nakládání	datum		dd.mm.rrrr	
95	Hmotnost zařízení [kg]	číslo	8	00000001 až 99999999	
96	Z toho kapalina [kg]	číslo	6	000001 až 999999	
97					Předání oprávněné osobě ke spálení
98					Předání oprávněné osobě k dekontaminaci
99				X (zaškrtněte správnou možnost)	Předání oprávněné osobě k vývozu za účelem zneškodnění či odstranění
100	Způsob nakládání	text	1		Jiný
101	Specifikace jiného způsobu	text	512		
<b>Oprávněná osoba</b>					
102	Firma:	text	60		
103	IČO	číslo	8	00000001 až 99999999	
104	Obec:	text	30		
105	Kód obce	číslo	6	nové kódování	
106	Okres:	text	32		
107	Kód okresu	číslo	4	nové kódování, bez CZ	
108	Ulice:	text	30		
109	PSC	číslo	5	bez mezery	
110	Telefon	text	15		
111	E-mail:	text	30		
<b>Zařízení předal:</b>					
112		Jméno:	text	30	
113	Zařízení předal:	Příjmení:	text	30	
114	Datum předání	datum		dd.mm.rrrr	
<b>Zařízení převzal:</b>					
115		Jméno:	text	30	
116	Zařízení převzal:	Příjmení:	text	30	
117	Datum převzetí	datum		dd.mm.rrrr	
118		Jméno:	text	30	oddělené mezerou
	Za správnost:	Příjmení:	text	30	

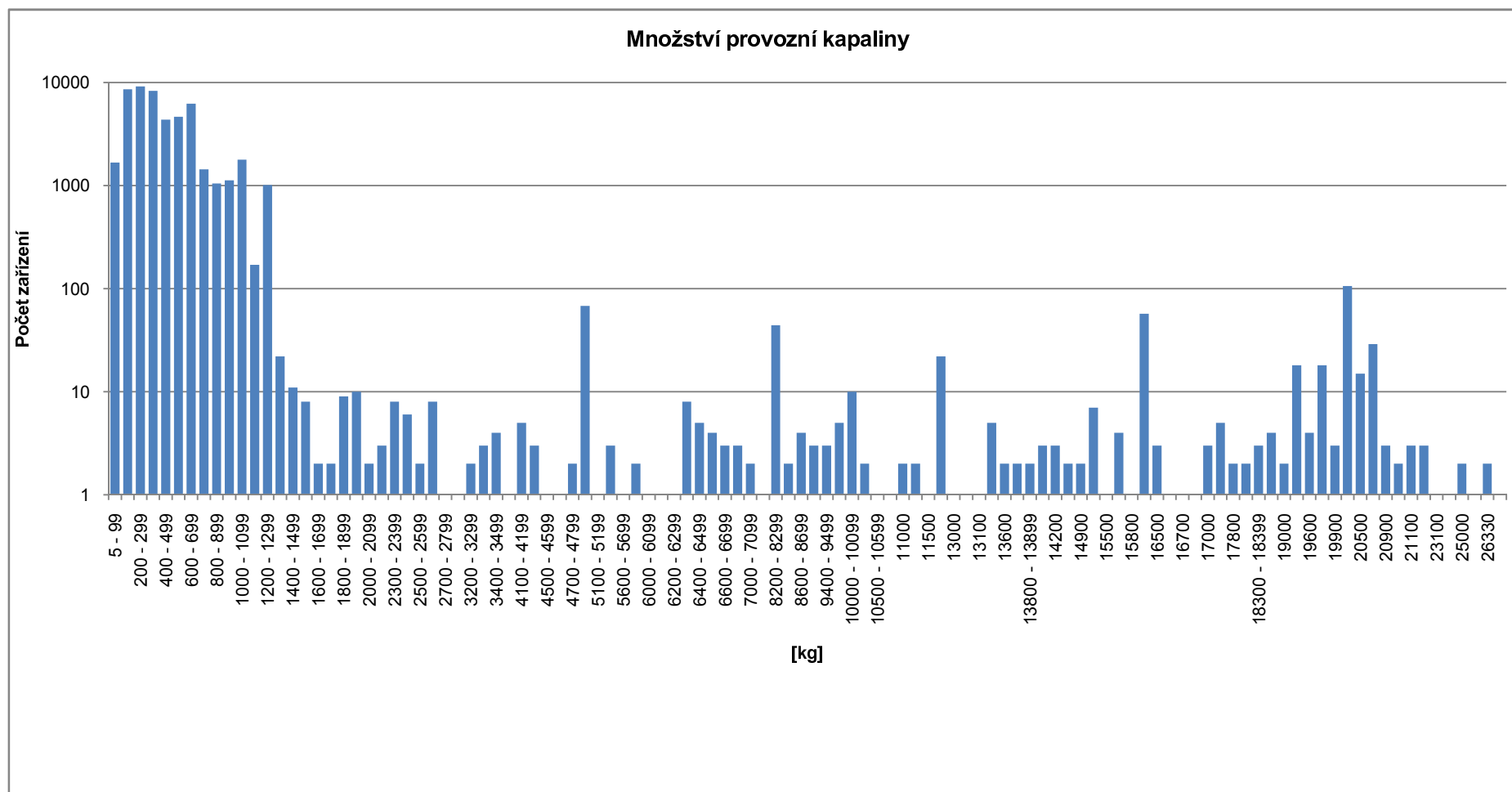




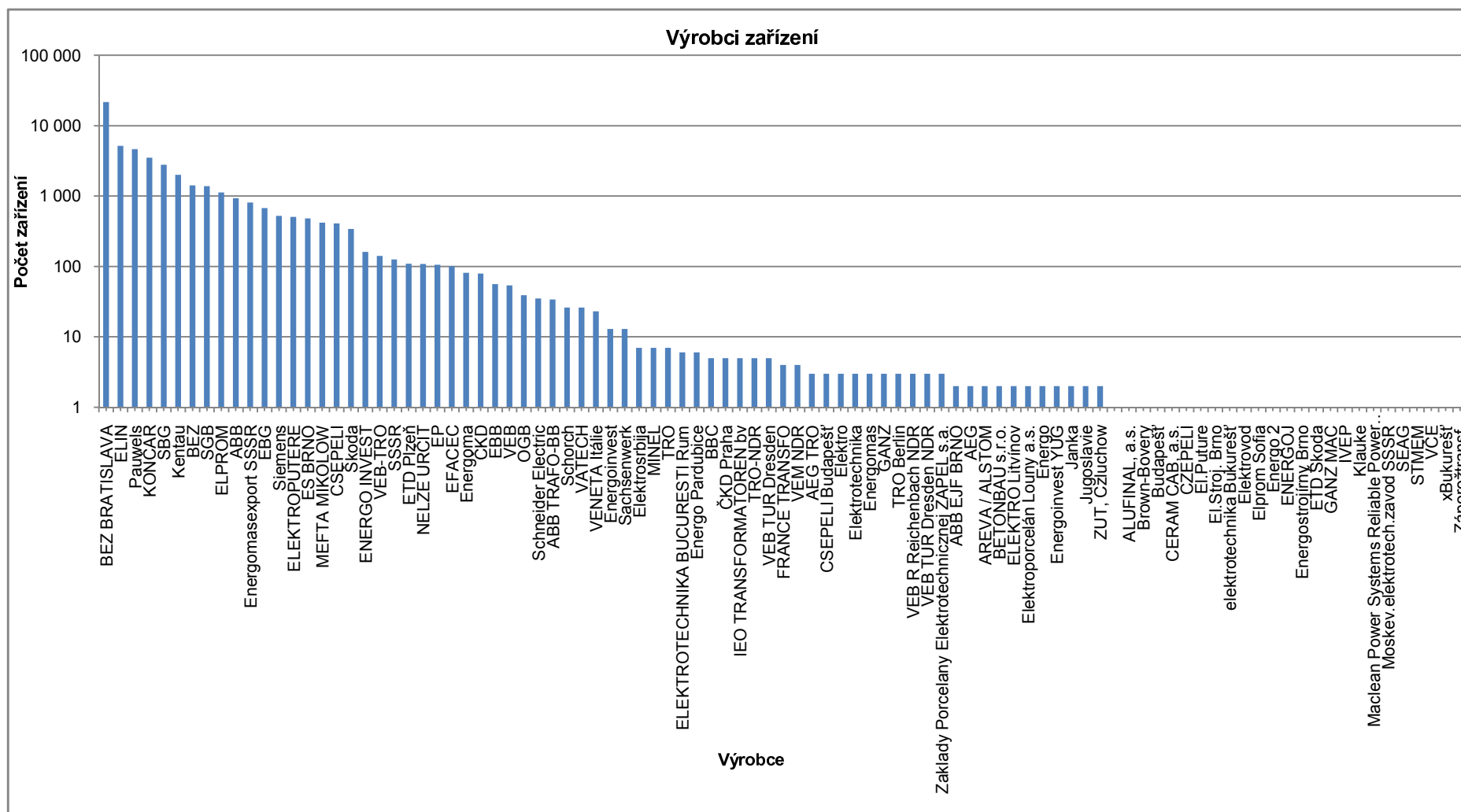




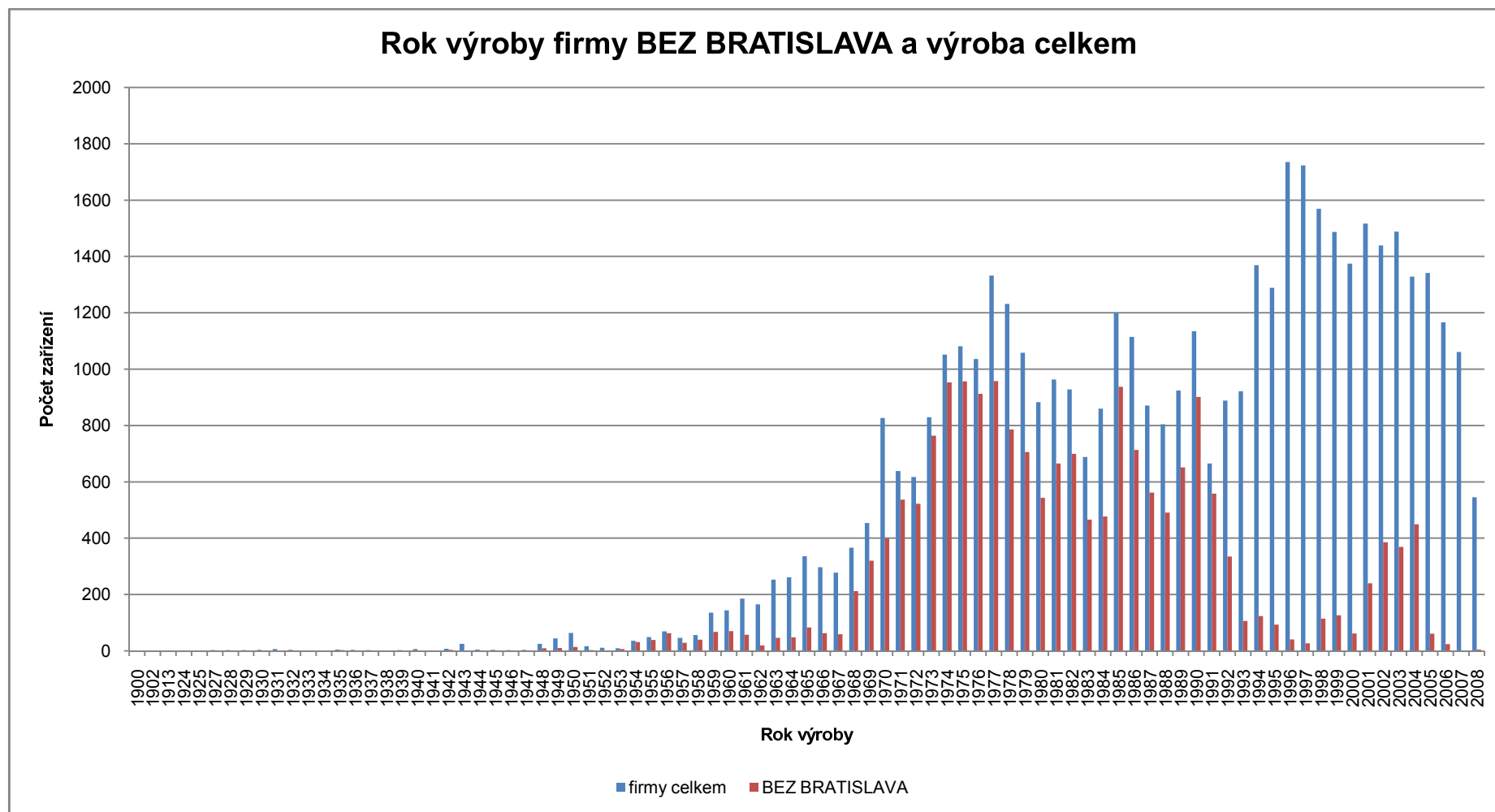
Graf znázorňující četnost výroby zařízení podle roku výroby



Graf znázorňující četnost zařízení s daným množstvím provozní kapaliny



Graf znázorňující zastoupení jednotlivých výrobců zařízení



Graf znázorňující roky výroby zařízení