

Prirodoslovno-matematički fakultet,  
biologija

SEMINAR:  
**PCB-i**

Kolegij: Zaštita prirode  
Prof.: M. Mrakovčić

Dragica Šalamon  
Smjer: Dipl.ing.biologije-ekologija  
4. godina

Lipanj 2004.

# Sadržaj

## Uvod

### Kemija...1

### Odakle potiču?...1

## Karakteristike

### Kako djeluju?...2

Toksikološki efekti na čovjeka...2

Širi i dublji spektar djelovanja...3

### Što se dešava s njima u okolišu?...3

Zagrijavanje, spaljivanje, oksidacija, led...3

Lakši i teži PCB-i...3

Put putuju...4

U biocenozi...4

### I što sad?...4

Stanje u svijetu i Europi...4

Hrvatska...5

Iskra Semič incident...5

## Zaključak...6

## Literatura...7

## Kemija

PCB-i, punim imenom *poliklorirani bifenili*, su skupina kemijskih spojeva građenih od dvostrukog benzenovog prstena na koji su s vanjske strane (na jednom od 10 mogućih položaja) vezani atomi klora koji mijenjaju po jedan vodik. Ukupno 209 spojeva je grupirano u skupine koje se međusobno razlikuju po broju i položaju atoma klora na vanjskim dijelovima molekule. Zbog različitih oblika, svaki tip molekula PCB se ponaša drukčije.

Razlikujemo teško klorirane i lagane PCB-e, ovisno o koncentraciji klora koja se umeće pri proizvodnji. A oni se razlikuju po sudbini u ekosustavu.

Pri proizvodnji PCB-a nastaju i TCDD (dioksini) i dibenzofurani ( furani). Po obliku 12 od ukupno 209 različitih molekula PCB-a su strukturno i djelovanjem slični dioksinima, a oko stotinu ih je jednakog toksiciteta. Dioksin se smatra najtoksičnijim spojem kojeg je čovjek ikad napravio, a zajedno s ovih 12 PCB-a i bliskim furanima (koji su 10 puta manje toksični) se često nazivaju "dioksin". Mjeri im se potencijal sličnosti dioksinima i opisuju se terminom "Toxic Equivalency Factor" (TEF). Ostali PCB-i koji nisu slični dioksinu imaju druga toksična svojstva.

## Odakle potiču?

1865. je otkrivena prva molekula nalik na PCB u nusproduktima katranske smole, a 1881. je prvi PCB sintetiziran. 1914. zamijećene veće količine PCB-a u okolišu po velikom broju uginulih ptica. Komercijalna proizvodnja počinje 1927. u Monsanto tvornici papira i boja (Sjeverna Amerika) i značajnija primjena u General Electrics.

Uglavnom se proizvode direktnim kloriranjem bifenila, pa nastaju kao skupina kongenera (različitih tipova). Komercijalne mješavine s višim udjelom klora sadrže i više teže kloriranih kongenera. Proizvodili su se pod različitim imenima od kojih je jedna od zastupljenijih serija bila "Aroclor" (ta se koristila i u Sloveniji).

Prije nego je u SAD-u strogo ograničena proizvodnja i uporaba PCB-a, redovito su se koristili u raznim komercijalnim proizvodima (adhezivi, transformatori, veliki visoko- i niskonaponski kondenzatori, električni motori s tekućim hlađenjem, hidraulični sustavi, sustavi za prijenos topline, balasti za fluorescentno svjetlo, elektromagneti, kabeli s tekućim punjenjem, sredstva za fiksiranje mikroskopskih preparata i imerzijska ulja, prekidači, regulatori napona, vakuum pumpe, mikrovalne pećnice, elektronička oprema, papiru i bojama za papir).

Većina prijašnjih primjena je sada zakonski zabranjena. PCB-i se mogu koristiti samo u posebnim uvjetima. Ali, kako je PCB oprema bila široko korištena, a neka još funkcionira, otpadna ulja iz takvih strojeva često sadrže mjerljive koncentracije PCB-a.

## Kako djeluju?

### -toksikološki efekti na čovjeka-

Svijest o djelovanju PCB-a počinje tridesetih godina dvadesetog stoljeća, kada su radnici Monsanto pogodeni **primarnim simptomima: aknama, gubitkom energije, apetita i libida, lezijama kože**. Journal of Industrial Hygiene and Toxicology objavljuje studije koje povezuju PCB s bolestima jetre. U General Electric Company desilo se par smrtnih slučajeva i prvo značajnije istraživanje djelovanja PCB-a na ljude. Dokazano toksično djelovanje kontaktom preko kože na kožu i na jetru. Kako nije postojala zamjenska kemikalija za industriju, industrijalci (a i vlada i EPA koja se tim problemom počela baviti tek pred 10 godina) to nisu objavili.

1949. eksplozija u tvornici PCB-a je izložila radnike herbicidu 2,4,5-T pomiješanom s dioksinima. To kasnije postaje Agent Orange, prva primjena dioksina (u širem smislu riječi), defolijant koji se koristio za Vijetnamskog rata. Zbog njega su evakuirani gradovi Times Beach, Missouri, 1983. i Love Canal područje na Niagarinim slapovima 1978. Uz to su tokom zadnjih 30 godina u Vijetnamu zabilježeni brojni teratogeni učinci za koje znanstvenici vjeruju da su uzrokovani spomenutim defolijantom. Tada ljudi postaju svjesni i **moćnog kancerogenog djelovanja**. 1956. uvodi se upotreba zaštitne opreme u Monsanto.

1964. Švedski istraživač Dr. Soren Jensen, je proučavajući DDT koncentracije u krvi ljudi stalno nailazio ometanja nekog drugog spoja. Nakon što je razvijena metoda za razlikovanje DDT-a od PCB-a u dvogodišnjem istraživanju se saznalo da su PCB-i prisutni **gotovo u svim tkivima čovjeka**. Kako se nije radilo o pesticidu jer su taj spoj sadržavali i uzorci skupljeni 1935. kada još nije bilo kloriranih pesticida, počelo se saznati o njihovoj širokoj primjeni.

### -širi i dublji spektar djelovanja-

1966. Dr. Jensen je objavio svoj rad. PCB-i su detektirani i u vršnim predatorima u znatno višim koncentracijama. **Bioakumulacija u hranidbenom lancu** je dokazana kao i kod ostalih spororazgradivih molekula koje lako prolaze kroz membrane stanica i odlažu se u masnom tkivu. Znanstvena javnost postaje svjesna da se radi o ekološkom problemu svjetske razine. 1969. Dr. Robert Riseborough iz Kalifornijskog sveučilišta Berkeley, pokazao je bioakumulacijsko djelovanje na sokolovima po prvi puta u SAD-u.

1968. 1,300 stanovnika Kyushu-a, Japan, razbolilo se od rižinog ulja (yusho) kontaminiranog PCB tekućinom. Osim trenutačnih primarnih simptoma, efekti su se iskazali i preko mrtvorodne djece i one koja su preživjela, ali s oštećenjima. Kasnije se pokazalo da izaziva i rak limfnih čvorova i jetre, a rastao je i rizik raka pluća, oštećenja imunog sustava, reproduktivnog, živčanog i endokrinog sustava. Iz "**Yusho katastrofe**" su znanstvenici puno naučili o dugoročnim posljedicama izlaganja PCB-ima. Od 1969. do 1971. dogodilo se bar 9 većih **trovanja PCB-ima iz hrane**.

1973. zabilježeno je **ometanje reproduktivnog sustava** velikih morskih sisavaca zbog organoklorinskih molekula kao što su to PCB-i.

Tek je 1970. prvi put stigao prijedlog da se zabrane PCB-i (u SAD-u). Kasnih sedamdesetih počinje ograničenje proizvodnje. 1977. Monsanto prestaje proizvoditi PCB i ne baca se više toksični otpad u rijeku. Tek je nakon toga Environmental Protection Agency zakonski zabranila proizvodnju PCB-a

1990. **Interuterino** izlaganje PCB-u izaziva **hipotoniju i hiporefleksiju** pri rođenju, **zastoj psihomotornog razvoja** kod 6 i 12 mjeseci, te smanjenu memoriju vizualnog prepoznavanja kod 7mj., a 1994. u Taivanu je proučavan utjecaj na veličinu muškog reproduktivnog organa. Manji je. 1992. objavljena je **Studija o ksenoestrogenom djelovanju na čovjeka**.

1993. Istraživanja pokazala da su ljudi **u arktičkim područjima teže izloženi PCB-u** koji atmosferski stiže u ta područja i taloži se s hladnim zrakom. Kao bioindikator se koriste koncentracije A vitamina i hormona rasta tiroksina. Lokalna tradicionalna prehrana u tim područjima je potpuno ovisna o ribi, za koju je dokazano da pojačano akumulira PCB, i masti kita. Kod Kanadskih Inuita je istraživani **metabolički put PCB-a u obliku hidroksiliranog PCB-a** koji djeluje ometajuće na štitnjaču jer su neki od tih spojeva povoljniji od tiroksina koji je prirodni prohormon. Koncentracije PCBa i hidroksiliranog oblika su i do 70X veće nego u ljudi iz južnijih dijelova Kanade.

1998. Norveški polarni institut je našao **polarne medvjede sa muškim i ženskim spolnim organima**. Pretpostavlja se da je zahvaćeno 4% populacije. Sigurno je da se prenose na fetus i kroz placentu, te majčinih mlijekom jer su lipofilni. Stariji mužjaci su ugroženiji od ženki jer nemaju mogućnost detoksikacije kroz mobilizaciju masti prilikom laktacije, a mladunčad jer je izložena koncentratu PCB-a u mlijeku i zbog više razine metabolizma.

## Što se dešava s njima u okolišu?

### -zagrijavanje, spaljivanje, oksidacija, led-

Takav toksični otpad se ne može spaljivati jer se zagrijavanjem i spaljivanjem povećava opasnost od PCB-a. Točka vrelišta im je oko 325-366°C, pa toleriraju visoke temperature bez da se zapale ili eksplodiraju, ali je problem pri tim temperaturama isparavanje. Od 250-450 °C nastaju furani, kao i pri procesu proizvodnje smjese kongenera PCB-a. Pri spaljivanju nastaju furani i dioksini (najveći izvor su spalionice otpada) koji se mogu pretaložiti iz dima.

Starenjem ulja u transformatorima lakši PCB-i oksidiraju i razgrađuju se do kiselina, aldehida i peroksida- tj. oksidacije i aditivi povećavaju toksicitet.

Arktički sustavi su skupljališta antropogenih polutanata koji talože se na polovima gdje je fotokemijski učinak znatno opasniji. U tijeku su istraživanja leda kao katalizatora pri fotoaktivnostima na polikloriranim bifenilima, policikličkim aromatskim ugljikovodicima i DDT-u. U travnju 2004. je *RECETOX-Research Center for Environmental Chemistry and Ecotoxicology, Masaryk University* objavio da led uzrokuje stvaranje toksičnijih fotoprodukata koji su opasniji okolišni polutanti.

2-klorofenol i 4-klorofenol su izlagani UV zračenju u vodi i u ledu. U vodi je reakcija bila neusporedivo brža i nastali su korofenoli nestabilni na svjetlosti. U ledu je reakcija bila puno sporija i nastali su stabilniji dimeri koji su za morske bakterije i štakorove jetrene stanice toksičniji nego ijedan matični kontaminant.

### -lakši i teži PCB-i-

Dioksinski tip PCB-a i oni teže klorirani se najčešće akumuliraju u ribi. Lakši PCB-i ostaju u vodi ili isparavaju u zrak, pa se prenose vjetrom. PCB-i putuju polako. Iz odlagališta otpada, toksinskih filtera u podzemne vode, pa u površinske, pa isparavaju u atmosferu.

Kada prodru u okoliš, izloženi su klimatskim pojavama, ili ih u sebe unose biljke i životinje, pa ih mogu akumulirati, metabolizirati i izlučivati. Uslijed takvih procesa, mijenja se omjer kongenera, pa je točno određivanje sastava, odnosno, porijekla matične mješavine kongenera gotovo nemoguće.

### **-put putuju-**

Zračnim strujama putuju na sjever. Mogu putovati zrakom i do 10 dana prije nego ih sunčeve zrake ili atmosferilije obore. Ili se ohlade i odlažu precipitacijom.

Prvi puta je uočeno da onečišćenje na Arktik stiže s drugih područja- 50tih, kada su piloti primijetili debelu tamnu maglu koja je dizala sulfate i prašinu s manjih visina. Neki zrakom nošeni polutanti do Arktika stižu već za tjedan dana, a zna se i da tvari koje mogu isparavati imaju skokoviti mehanizam transporta kroz seriju izmjeničnih isparavanja i kondenzacija dok ne dosegnu temperaturu na kojoj mogu biti kondenzirani. Zbog toga su POP-ovi globalni problem.

### **-u biocenozi-**

PCB-i se ne razgrađuju, akumuliraju se u hranidbenom lancu i prenose se od vrste do vrste i od generacije do generacije (tzv. Horizontalni i vertikalni prijenos). Oslobađaju se ponovo u okoliš razgradnjom masti.

Razrijeđena onečišćenja koja stižu do 80-te paralele i na Arktik oštećuju sustav ulaskom u lišajeve ili fitoplankton koji su osnova terestričkih i morskih hranidbenih lanaca. Do 10 puta se akumuliraju u karibuima i još bar šest puta u vukovima.

## **I što sad?**

### **-stanje u svijetu i Europi-**

U Americi postoji značajna kontaminacija rijeke Fox i jezera Michigan, a sljedeći znatni globalni izvori PCB-a za Arktik su Rusija (koja nema toksikološke visoke standarde kao ostatak svijeta) i zemlje u razvoju gdje se još uvijek koristi znatni dio opreme koja sadrži PCB-e.

1991. je 8 država (SAD, Kanada, Danska, Finska, Island, Norveška, Rusija i Švedska) Arktičke Environmental Protection Strategije uposlilo 400 znanstvenika u okviru Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). Jedan od bitnijih dogovora je bio o razvoju okolišno sigurnom odlaganju u Rusiji.

2000. UN-ov Odbor za Programe za okoliš je završio 3-godišnje pregovore sa 120 zemalja svijeta o zakonskoj zabrani 12 teško razgradivih organskih zagađivala (persistent organic pollutants) zvanih POP, uključujući PCB-e, dioksine i furane. The POPs Sporazum je potpisan u Stockholmu 22. 5. 2001. Ratifikacija barem 50 zemalja je potrebna prije stupanja na snagu, a procijenjeno je da to će trajati 3-4 godine.

Poljska je proizvodila PCB-e i organoklorne pesticide. 2,4-D još proizvodi. Analize rade dva laboratorija, malo je podataka zbog visokih cijena analiza i jer nema konstantnog monitoringa POP-a. Nešto ih je nađeno u transformatorima.

Češka više ne proizvodi PCB ni HCB. Postoji monitoring zraka, pitke vode, tla i hrane. PCB-i se još koriste u kondenzatorima. Velika istraživanja 1995.-1999. su se bavila PCDD-ima koji dolaze iz spalionica.

U Slovačkoj je stanje slično Češkom, s tim da je kod njih bila proizvodnja kondenzatora, a nakon zatvaranja tvornica 1984. otpad je spaljen. Posljedice toga nisu analizirane.

U Rumunjskoj je 1986. prestala proizvodnja transformatora i kondenzatora s PCB-om.

U Bugarskoj počinje POP inventarizacija. Korištenje je zakonski ograničeno, a donekle je prisutan i monitoring.

U Albaniji se radila PCB analiza transformatorskih ulja. Izvor mogu biti i ulja od automobila. Ne proizvode POP-ove i nema redovitog monitoringa. Nema spalionica otpada

Mađarska je završila istraživanja s osnovnim informacijama o POP-ovima, otpuštanju u okoliš i uporabi.

Makedonija još nije poslala izvješće UNEP-u, a za Bosnu i Hercegovinu uopće nema podataka o POP proizvodnji i monitoringu.

U Sloveniji nije bilo PCB proizvodnje. Moguće je da nastaju u novim spalionicama koje su nedavno otvorene. Veliki incident je bio osamdesetih na Krupi u Semiču. Danas ne postoji nacionalni akcijski plan za POP u Sloveniji, a vrši se monitoring PCB-a, iako ne i u podzemnim vodama.

### **-Hrvatska-**

Novi pristup sigurnom kemijskom (i POPs) menadžmentu je počeo 1995. 1996. je osnovan Intersektorski Odbor za sigurni kemijski menadžment (PSGK). Članovi su predstavnici 16 administrativnih tijela odgovornih za sigurni kemijski menadžment i predstavnici Hrvatske Gospodarske komore, povremeni suradnici su iz profesionalnih institucija, NVO-a i drugi stručni suradnici.

Osim što nadgledaju regulativu 565 oblika pesticida sa 270 aktivnih tvari s dozvolom ministarstva poljoprivrede i šumarstva, tri proizvođača iz Hrvatske i 15 stranih koji imaju dozvolu za distribuciju pesticida s POP-ovima i dozvolu za uvoz i distribuciju na području Hrvatske, prati se i stanje PCB-a. U Hrvatskoj se ne proizvode PCB- i. Postoji 405 korisnika 22 532 PCB kondenzatora i 293 korisnika PCB transformatora. 1997. smo uvezli više od 2000 t transformatorskih ulja i sumnja se da neka sadrže PCB. Najveći dio je uvezen iz Austrije i Njemačke, a znatno manje iz Cipra, Rumunjske i Slovenije.

U Hrvatskoj nema mogućnosti destrukcije PCB-a, pa se "PCB" transformatori, kondenzatori i ulja odvoze u Francusku. Tokom zadnje 4 godine, odvezeno je 10% takvih proizvoda.

Ministarstvo zdravstva je zadužilo Institut za javno zdravstvo područja Zagreba (PHIZC) za monitoring PCB izloženosti.

PHIZC je izvijestio o PCB ispustu u Kupu iz Slovenije 1982. Zabilježili su PCB u ljudskom mlijeku do 2,7 ppm i masnom tkivu do 5,2 ppm kao i u zraku, tlu i podzemnoj i površinskoj i podzemnoj vodi.

RSPOP bi trebao potaknuti PHIZC na objavljivanje podataka o PCB-u javnosti i suradnju pri provođenju akcijskog plana.

### **-Iskra Semič incident-**

Projekti i studije o Dunavu obrađuju i njegove pritoke. Jedan od većih PCB incidenata je tvornica kondenzatora Iskra u Semiču, Bela Krajina (oko 80 km JI od Ljubljane) (Polič and Leskovšek, 1996.) koja je uvozila PCB iz njemačkog Bayera i francuskog Prodoleca.

Mjerenja 1982. u Jožef-Štefan institutu, Ljubljana i Institutu za javno zdravstvo, Novo Mesto su pokazala visoke koncentracije PCB-a u zraku, vodi i tlu, hrani, životinjama i ljudskim tkivima (Polič i Kontič, 1987). Količine su bile osobito visoke u oko 3 km dugoj rijeci Krupi koja izvire na tipičnom krškom terenu 2 km od tvornice.

Slovenske vlasti i istraživački instituti su počeli 1984. program remedijacije PCB-a koji uključuje odlaganje toksičnog otpada, okolišni monitoring i zdravstvena istraživanja.

1.1.1985. tvornica prestaje s proizvodnjom PCB kondenzatora.

Kontaminiranost područja je do 50 mg PCB<sub>a</sub>.g<sup>-1</sup> suhe mase. Planira se dekontaminacija 6 000 m<sup>3</sup> terena.

Usporedba koncentracija PCB-a nakon 10 godina (1994.) je pokazala lagani pad u zraku, tlu i hrani što upućuje na uspješnost remedijacijskih aktivnosti, prvenstveno zbog prestanka emitiranja PCB-a u okoliš. Ipak, nedavno su zabilježene velike koncentracije PCB-a u regiji oko Krupe.

Povisile su se koncentracije u sjeveroistočnom predjelu Krupe koje je glavni smjer puhanja vjetra, pa je tamo najjača depozicija.

Sedimenti uzeti 1995. u najdubljem dijelu Krupe s najmanjim preturbacijama vodenog stupca pokazuju koncentracije: 30-34 cm ispod  $0.1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , oko  $1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  između 6-8 cm i preko  $160 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  na 0-1 cm..

Danas se vrši monitoring sedimenta i vode Krupe, Lahinje i Kupe (u koju se ulijeva Krupa) 2 puta godišnje, podzemne vode se ne provjeravaju. U regionalnom prostornom planu se predviđa Kočevsko-Kolpa regionalni park. U nedavnoj prijavi oštećenja europskim nadležnim tijelima stoji da ljudi nisu pogođeni polutantom

Kao posljedica PCB incidenta na uskom krškom području u Sloveniji (Brumen et al., 1984) prisutnost polutanta je zabilježena i u vodi, suspendiranim česticama i ribi u Kupi kod nas. Uzorci su iz nefiltrirane vode skupljeni 1985. blizu Siska, 200 km nizvodno od kontaminacije. Sadržaj: 1 to  $52 \text{ ng}\cdot\text{l}^{-1}$  (Šmit et al., 1987).

Kupa je s 296 km među prvih pet najdužih u Hrvatskoj. Iako je na njoj uz HE Ozalj i 5 km plovnog pravca III kategorije, te odteretni kanal s povremenim odvođenjem viškova voda u nizinska područja i retencije i ublažavanje maksimalnih protoka u nižim dionicama rijeka : Kupa-Kupa, 22km,  $76\text{m/s}$ , postoje planovi da se dio toka zaštiti kao Park Prirode kao i u Sloveniji. Čistoća vode za piće u Sisku (centar industrijske regije Hrvatske), koja ovisi o primarnoj kontaminaciji i učinkovitosti pročišćivača, je praćena tokom 1988./9. (Fingler et al., 1992). Uspoređivane su vrijednosti sa Zagrebačkom površinskom vodom sa Sljemena i krškom iz Labina. Koncentracije PCB-a (Aroclor 1254 i 1260) su bile 2 reda veličine manja od onih s Niagare i Hudson rijeke koje su među najpogođenijima u svijetu sa  $1-8 \text{ ng}\cdot\text{l}^{-1}$ . Zakonska granica za vode I i II kategorije koje se koriste za piće je u Hrvatskoj  $1 \text{ ng}\cdot\text{l}^{-1}$ . (Fingler et al., 1992).

Jedini organoklorni pesticid prisutan uz PCB u Kupi je bio lindan koji se tada puno koristio u javnom zdravstvu. Oba spoja u vodi za piće su bila ispod maksimalne dozvoljene koncentracije utvrđene od EU i ispod maksimalne dozvoljene u US EPA.

## Zaključak

PCB-i su teško razgradivi visoko toksični kemijski spojevi opsežnog i dubokog djelovanja na organizme, ekosustave i biosferu. Kao i ostali sintetski organski spojevi derivirani iz nafte, imaju lipofilne karakteristike koje im uz visoku postojanost omogućuju bioakumulaciju.

I oni su se, kao i DDT, lindan, atrazin i brojni drugi, počeli masovno koristiti u širokoj proizvodnji prije nego su detaljno istražena njihova svojstva i djelovanja, i prije nego je o njima obaviještena javnost.

Danas se nalaze u gotovo svim rijekama, tlima, organizmima i atmosferi i nastavljaju svoje devastirajuće djelovanje. Organizacije cirkumpolarnih, američkih i europskih zemlja koje su se oformile za provođenje akcijskih planova uspješno organiziraju aktivnosti monitoringa, ali su još daleko od konačnog rješenja. Trebat će dugi niz godina kako bi se locirali svi izvori prodora PCB-a u biosferu i ograničilo njihovo djelovanje, te se razvio (ako je to uopće moguće) niz metoda za uništavanje akumuliranih PCB-ova bez stvaranja jednako toksičnih produkata.

## Literatura

<http://ehp.niehs.nih.gov/docs/1998/106-2/focus.html>

<http://nfp-si.eionet.eu.int/soe-eng/13.pdf>

<http://pubs.acs.org/cen/news/8219/8219ice.html>

<http://pubs.acs.org/cgi-bin/jcen?esthag/asap/html/es035076k.html>

<http://recetox.chemi.muni.cz/index.php?language=en&id=4365>

<http://www.apollon.uio.no/apollon-english-96/a06.html>

<http://www.arso.gov.si/>

[http://www.arso.gov.si/podro~cja/vode/programi/kakovost\\_voda/povr~sinske\\_vode/Program\\_vodotoki\\_2003.pdf](http://www.arso.gov.si/podro~cja/vode/programi/kakovost_voda/povr~sinske_vode/Program_vodotoki_2003.pdf)

[http://www.chem.unep.ch/pops/POPs\\_Inc/proceedings/slovenia/KWG.html](http://www.chem.unep.ch/pops/POPs_Inc/proceedings/slovenia/KWG.html)

<http://www.chem.unep.ch/pops/pops-gs/si/pcbsf1.pdf>

[http://www.foxriverwatch.com/long\\_distance\\_pcb\\_pcbs\\_1.html](http://www.foxriverwatch.com/long_distance_pcb_pcbs_1.html)

<http://www.grida.no/amap/amap.htm>

<http://yosemite.epa.gov/opa/admpress.nsf/0/2d4d42482db9ad728525672e0072524e?OpenDocument>

<http://www.ourstolenfuture.org/NewScience/ubiquitous/2000courtneyetal.htm>

<http://www.semic.si/STRATEGIJA.pdf>