



Perzistentni organski  
polutanti



## Dugotrajne organske zagađujuće supstance

- Stabilna jedinjenja
- Dugo se zadržavaju u životnoj sredini
- Nepromijenjeni prelaze velike razdaljine
  - Bioakumuliraju se
- Negativan uticaj na ljudsko zdravlje

## Bioakumulacija i transport POPs jedinjenja

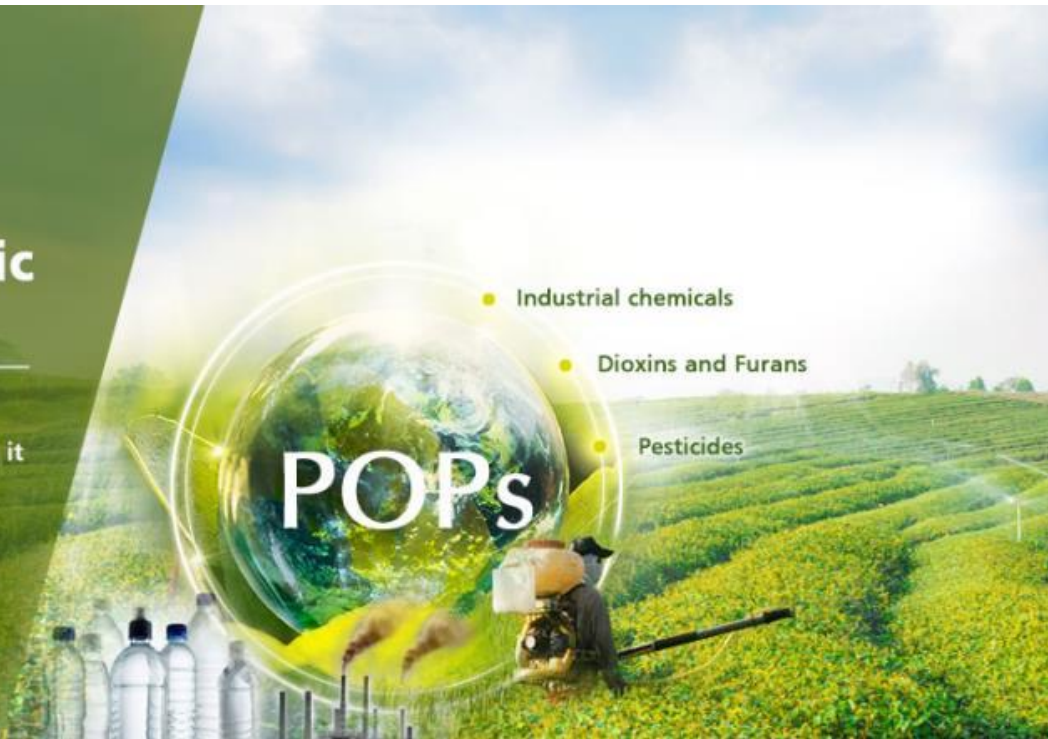
- Nakupljaju se u masnom tkivu organizma
- Koncentracije u organizmima viših trofičnih nivoa (ribe, ptice, sisari, ljudi) mogu biti desetinama do hiljadama puta veće nego u životnoj sredini

## Globalna distribucija

- Poluisparljivi-prelaze u gasoviti fazu u toplim krajevima
- Transportuju se pomoću vodenih i vazdušnih struja
  - Kondenzuju se u hladnijim područjima
  - Detektovani daleko od izvora zagađenja

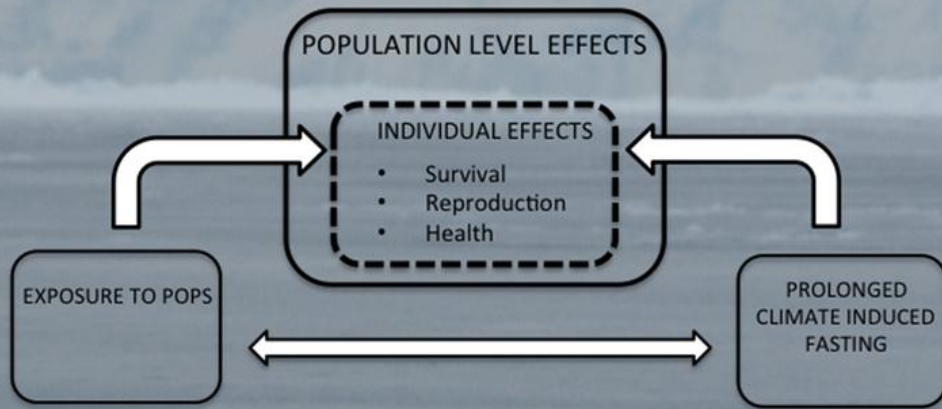
## Persistent Organic Pollutants

In the natural environment, it is difficult to decompose naturally, and it is dangerous for human health and natural ecology.



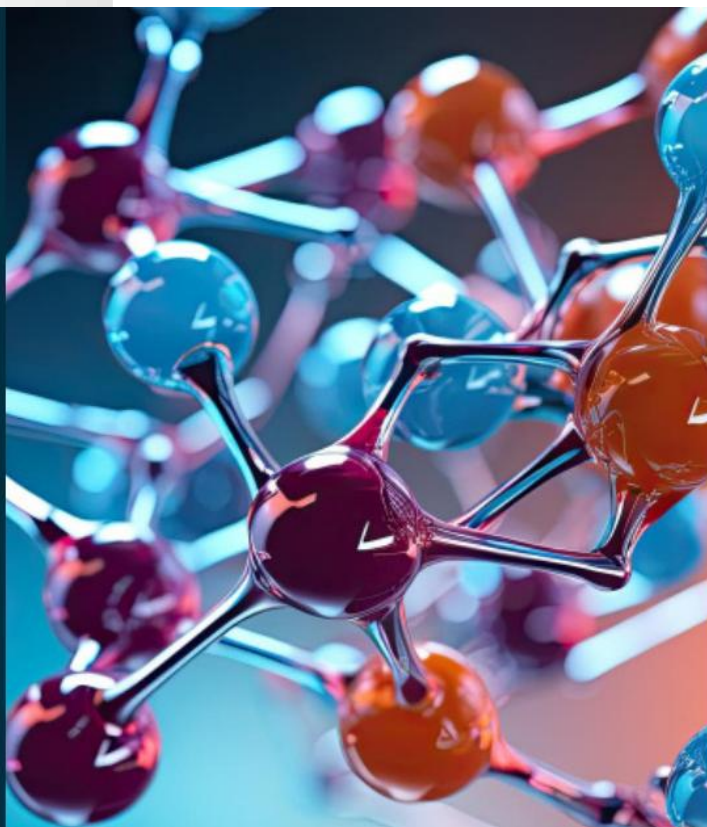
Nijesu lokalni problem

- Globalna prijetnja
- Prisutni u gotovo svim djelovima planete



Otkriveni i u netaknutim predjelima

- Arktičkim životinjama
- Majčinom mlijeku
- Bez direktnog izvora zagađenja



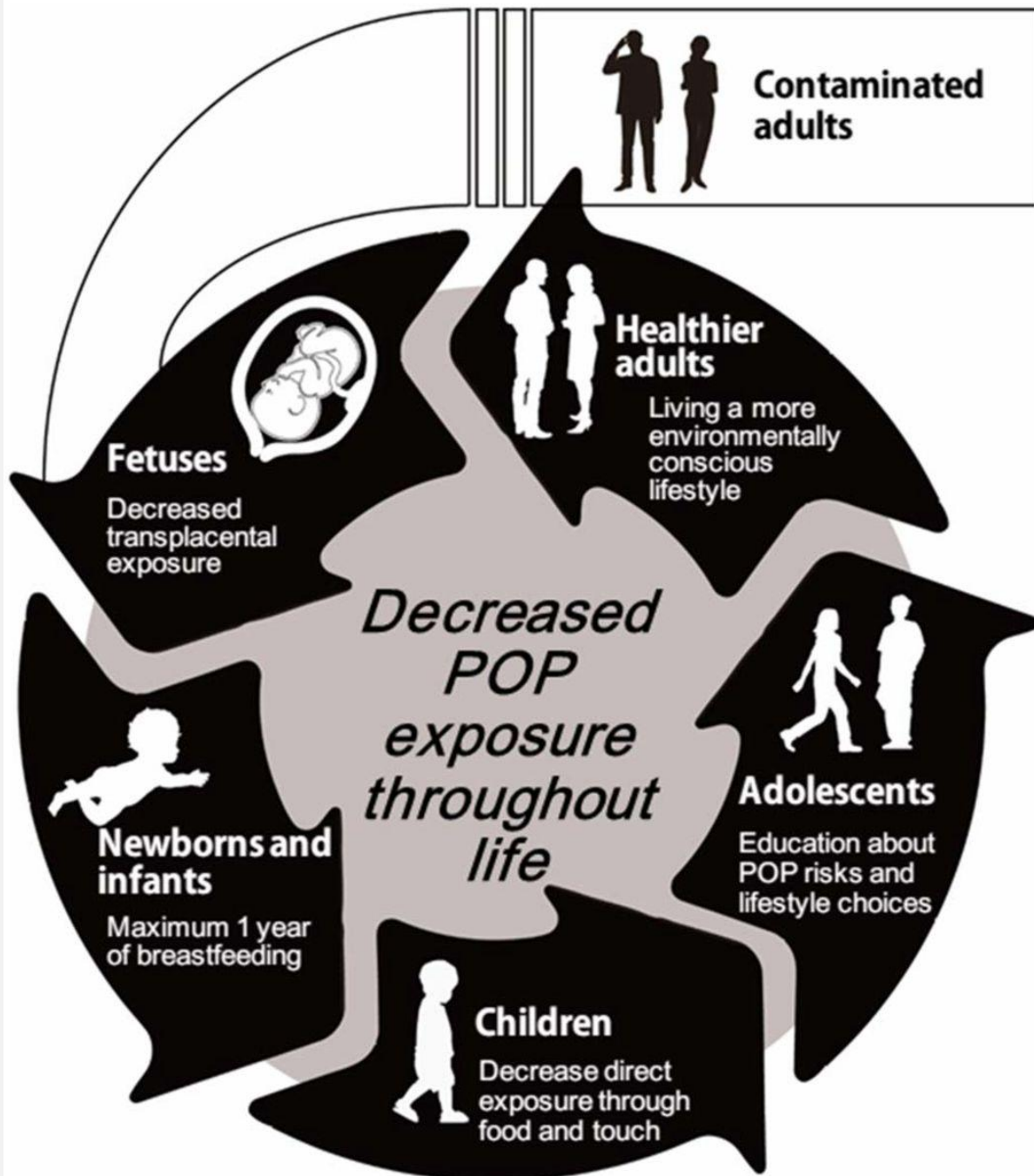
## **EU POPS AMENDMENT**

**Draft Delegated Regulation to Reduce  
Maximum PFOS Concentration**

I dalje su prisutni

- Iako su mnoge zemlje zabranile njihovu upotrebu, POPs su i dalje prisutni zbog svoje dugotrajnosti, otpornosti i mobilnosti

# *A Virtuous Cycle for Reducing POP Exposure*



## Toksičnost

- Štetna su i za ljude i za druge organizme
- Povezuju se sa padom brojnosti divljih vrsta, pojavom oboljenja i abnormalnosti kod ljudi i životinja
- Hormonske poremećaje, kancer, reproduktivne i razvojne smetnje čak i pri vrlo niskim koncentracijama

# Important properties of pollutants

## Targeted compounds:

- PTS = Persistent Toxic Substances
- PBTs = Persistent, Bioaccumulative, Toxic compounds
- POPs = Persistent Organic Pollutants



---

Tipični predstavnici,

# POPs polutanata

## PCDDs

Polihlorovani dibenzo-*p*-dioksini

## PCDFs

Polihlorovani dibenzo-*p*-furani

## PCBs

Polihlorovani bifenili

## PBDEs

Polibromovani difenil etri

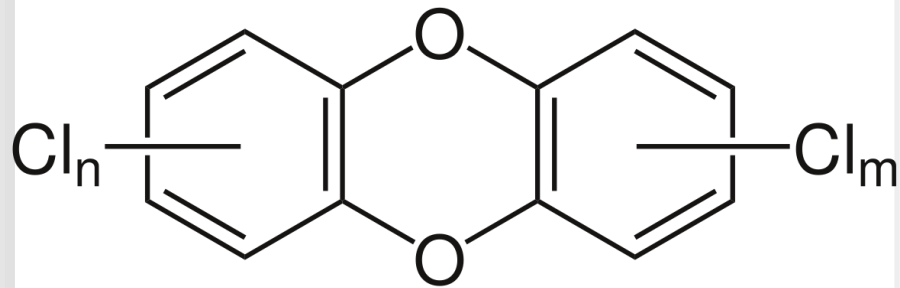
## OC

Organohlorni pesticidi

## PAHs

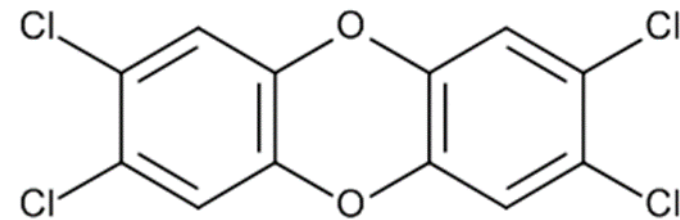
Policiklični aromatični  
ugljovodonici

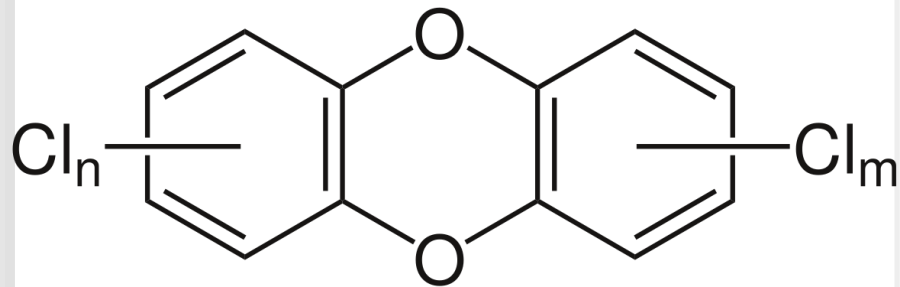


**PCDD**

## Polihlorovani dibenzo-*p*-dioksini

Grupa ima 75 kongenera. Najduže proučavan i najtoksičniji predstavnik je 2,3,7,8-tetrahaloro dibenzo-*para*-dioksin.





**PCDD**

## Polihlorovani dibenzo-*p*-dioksini

Sa brojem atoma hlora raste stabilnost, dok se toksičnost progresivno smanjuje.

■ nepolarni

■ lipofilni

■ Otporni na hemijsku razgradnju

■ Bioakumulacija, biomagnifikacija



## antropogeni

Hlorovani fenoli i derivati

Hlorovani difenil etri

Polihlorovani bifenili

Industrija

Proizvodnja čelika

Bijeljenje papira

Izduvni gasovi automobila

Sagorijevanje plastičnih masa npr

PVC

## prirodni

Baštenski otpad

Nepotpuno sagorijevanje tokom požara

70% se emituje u

vazduh

Sagorijevanje uglja i drveta

Topljenje ruda

Komunalni otpad

Izloženost ljudi

# Eliminišu se sporo Kumuliraju veoma dugo

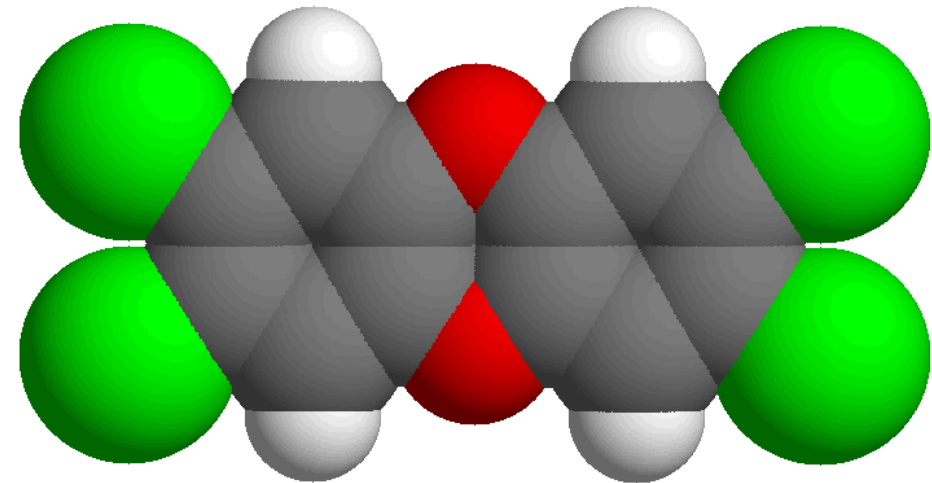
Ima ih u mesu, mliječnim proizvodima, ribama.

U ribama koncentracija dioksina bude 100-1000 puta veće nego u staništima.

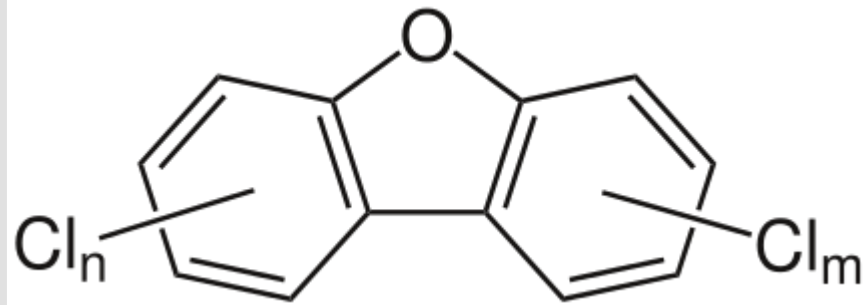


---

## TCDD

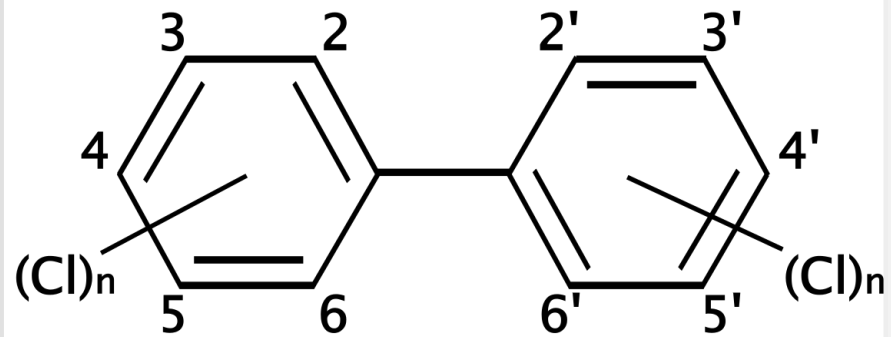


- Promoter kancera
- Pospješuje rast ćelija kancera
- U prirodi se ne nalazi u čistom obliku
- Vrijeme poluraspada 7-8 godina

**PCDFs**

## Polihlorovani dibenzo-*p*-furani

U hemijskom i toksikološkom smislu slični dioksinima. Grupa se sastoji od 135 kongenera. Najtoksičniji su 2,3,7,8 supstituisani furani. Nastali su kao nepoželjni sporedni proizvodi u proizvodnji i upotrebi polihlorovanih bifenila (PCB) i hlorfenola, najčešće zajedno sa PCDD, a takođe se mogu naći u otpadu tokom proizvodnje vinil hlorida i alkalnog procesa za proizvodnju hlora.

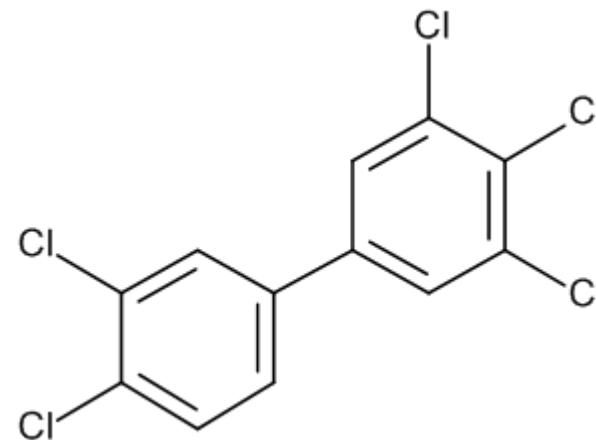


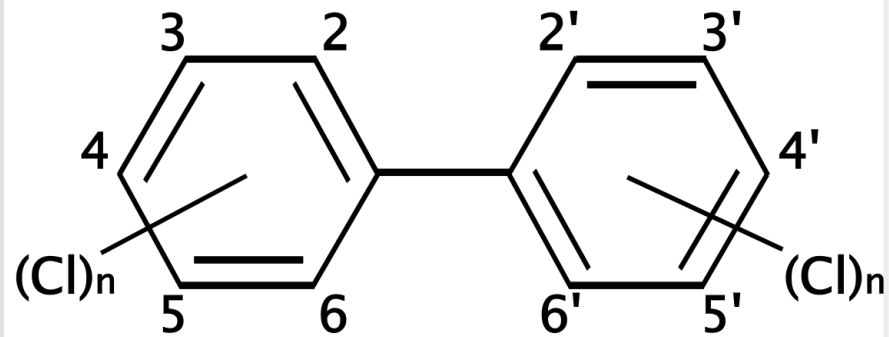
PCB

## Polihlorovani bifenili

Ovu grupu čini 209 kongenera. Ukupno imaju 10 vezivnih mjesta za atome hlora.

Najtoksičniji kongener je PCB<sub>126</sub>, 3,4,5,3',4'-Pentahlorobifenil





PCB

## Polihlorovani bifenili

Na sobnoj temperaturi većina ih je u čvrstom stanju, dok su komercijalne PCB smješe ulja, viskozne tečnosti ili lepljive smole. Najveću toksičnost pokazuju PCB-i koji su supstituisani u oba para i bar jednom meta- položaju, ali bez supstitucije u orto položaju (ili samo sa jednim orto supstituentom)



nepolarni



Otporni na hemijsku razgradnju



lipofilni



Bioakumulacija, biomagnifikacija

## Ne proizvode se više

još uvijek se oslobađaju u životnu  
sredinu

**Kontaminirani otpad**

Curenja iz postojećih sistema koji su  
još uvijek u upotrebi

## Japan 1968

**YUSHO BOLEST**

Oko 2000 ljudi je izloženo dejstvu PCB i  
PCDFs iz kontaminiranog pirinčanog ulja

Izloženost ljudi

## Širok spektar toksičnog dejstva

Species-specifični

Pojava hlorakni

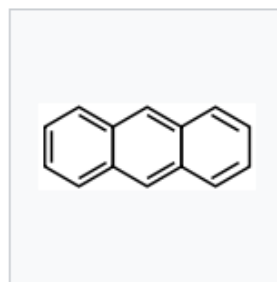
Pigmentacija kože

Poremećaj funkcije imunog, reproduktivnog,  
nervnog, respiratornog sistema

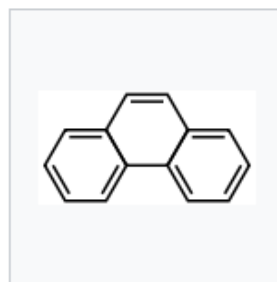
Karcinom jetre



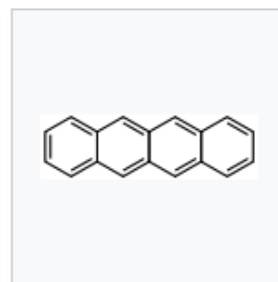
# Policiklični aromatični ugljovodonici (PAHs)



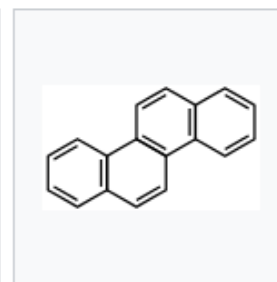
Antracen



Fenantren



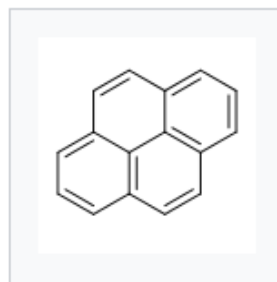
Tetracen



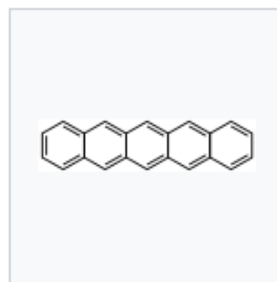
Hrizen



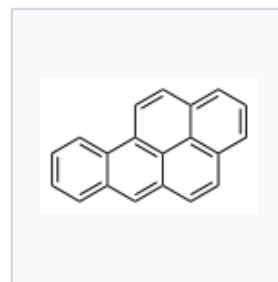
Trifenilen



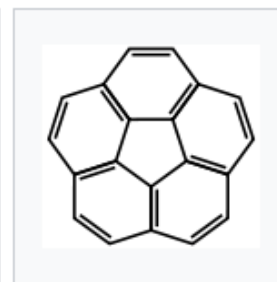
Piren



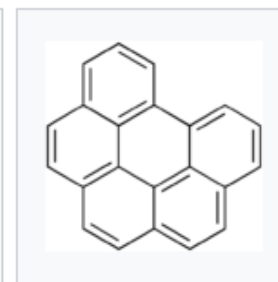
Pentacen



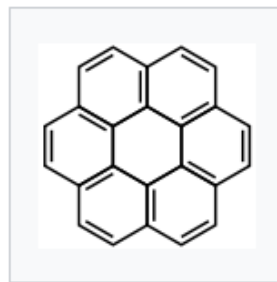
Benzo[a]piren



Koranulen



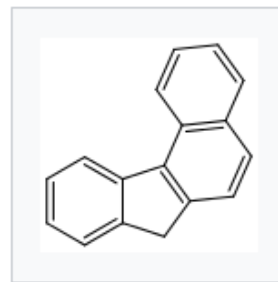
Benzo[ghi]perilen



Koronen



Ovalen

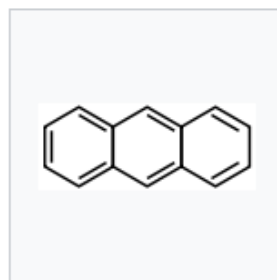


Benzo[c]fluoren

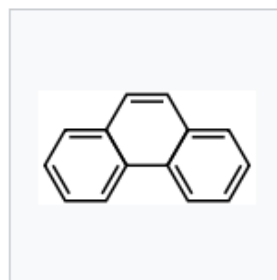
- Najčešće se javljaju u smješama
- Porastom M raste hidrofobnost i perzistentnost
- Skloni su bioakumulaciji
- Izrazita lipofilnost
- Dobra rastvorljivost u organskim rastvaračima



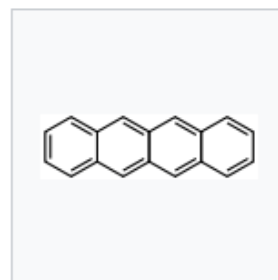
# Policiklični aromatični ugljovodonici (PAHs)



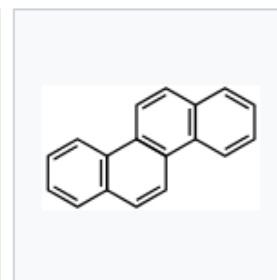
Antracen



Fenantren



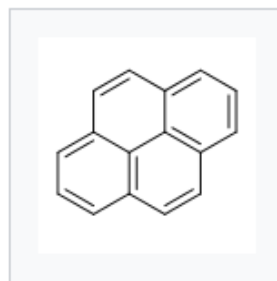
Tetracen



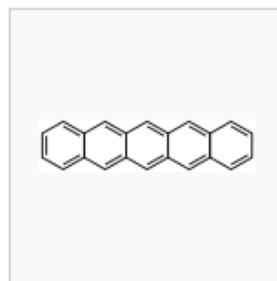
Hzizen



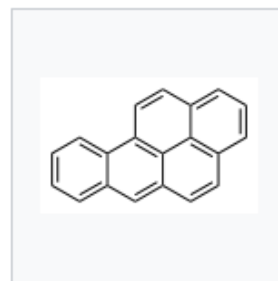
Trifenilen



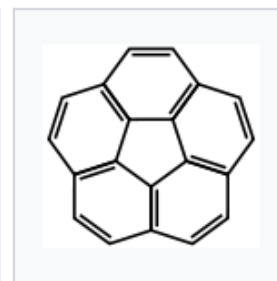
Piren



Pentacen



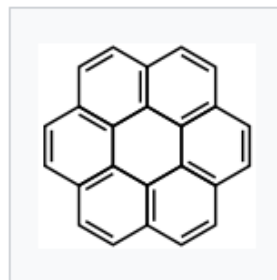
Benzo[a]piren



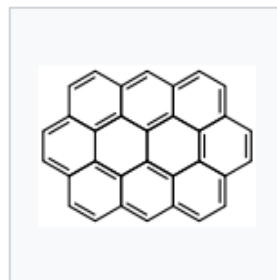
Koranulen



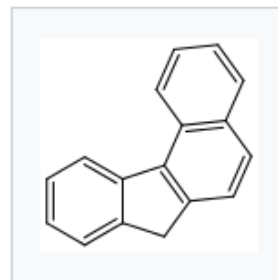
Benzo[ghi]perilen



Koronen



Ovalen



Benzo[c]fluoren

- Hemijski inertna jedinjenja
- Moguće reakcije fotorazlaganja, reakcije sa oksidima azota, sumpora
- Visoke TT i TK

## Pušenje davana

Pečenje i dimljenje prehrambenih  
namirnica

Industrija

Topljenje metala

Proizvodnja guma

## komercijalno

naftalen, acenaften, fluoren,  
antarcen, fenantren, piren

ložišta

Zagrijavanje stanova

Drumski saobraćaj

Više od 100 PAH-ova je  
identifikovano u atmosferskim  
česticama i emitovanim  
česticama iz peći na ugalj u  
domaćinstvima, a oko 200 je  
pronađeni u dimu davana

Uticaj na ljude

## Benzopiren

Čovjek je ovim jedinjenjima u najvećoj mjeri izložen preko hrane ili inhalatorno, s obzirom na njihovu liposolubilnu prirodu, lako se apsorbuju i transportuju do ostalih tkiva, gdje se i akumuliraju u najvećoj mjeri u masnom tkivu.

# Pušenje duvana

Pečenje i dimljenje prehrambenih  
namirnica

**Industrija**

Topljenje metala

Proizvodnja guma

## komercijalno

naftalen, acenaften, fluoren,  
antarcen, fenantren, piren

**ložišta**

Zagrijavanje stanova

Drumski saobraćaj

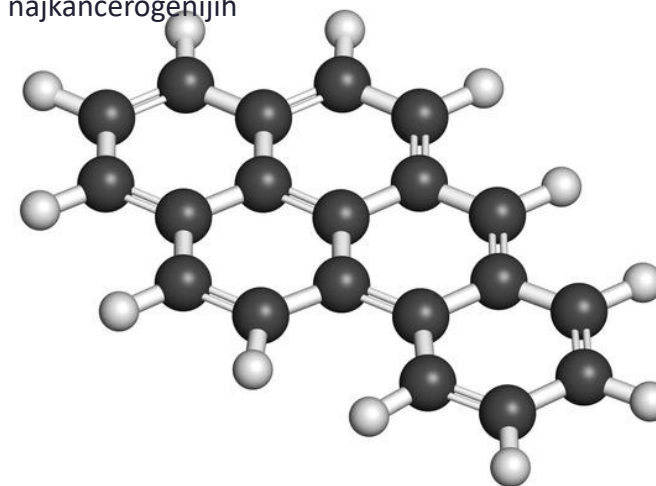
Više od 100 PAH-ova je  
identifikovano u atmosferskim  
česticama i emitovanim  
česticama iz peći na uglj u  
domaćinstvima, a oko 200 je  
pronađeni u dimu duvana

Uticaj na ljude

## Benzopiren

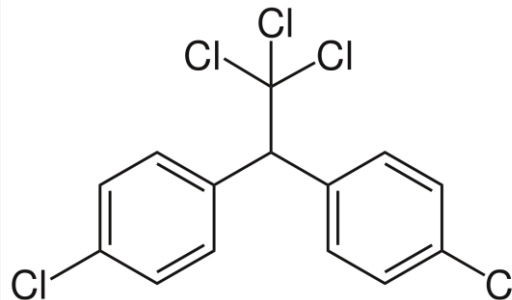
Jedan od najčešćih

Jedan od najkancerogenijih



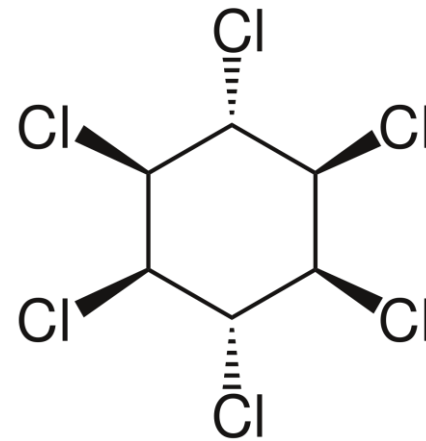
# Organohlorni pesticidi

- DDT i analozi



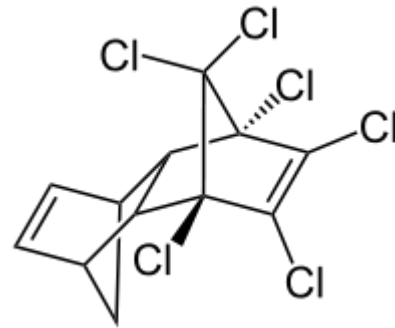
## Organohlorni pesticidi

- DDT i analozi
- Heksahlorcikloheksan (klasa koja se sastoji od 8 izomera od kojih je najpoznatiji lindan)



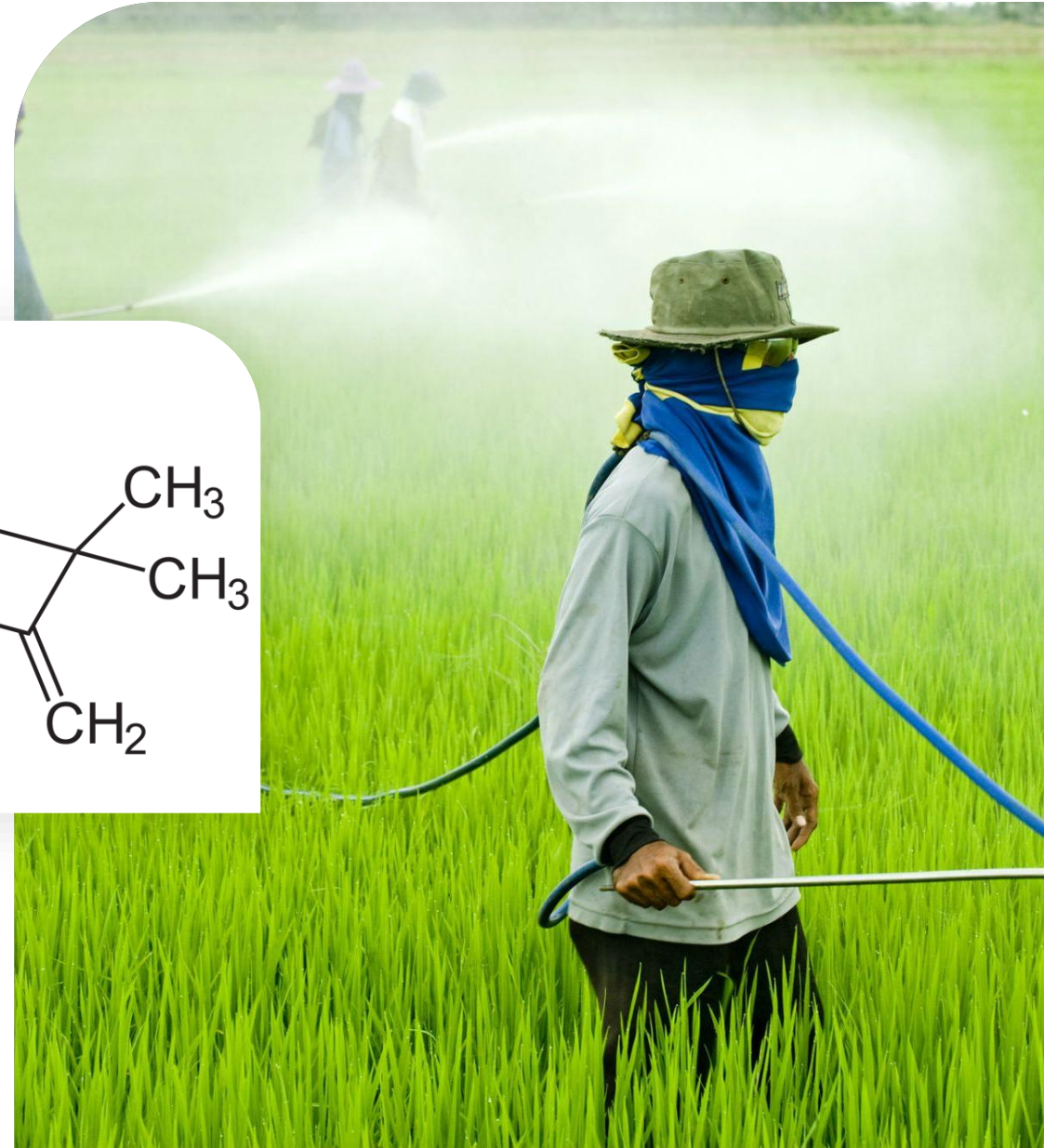
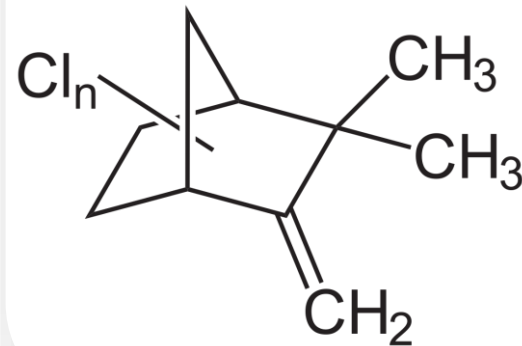
## Organohlorni pesticidi

- DDT i analozi
- Heksahlorcikloheksan (klasa koja se sastoji od 8 izomera od kojih je najpoznatiji lindan)
- Ciklodieni i slična jedinjenja (aldrin, dieldrin, heksahlor, endrin, hlordan, endosulfan)



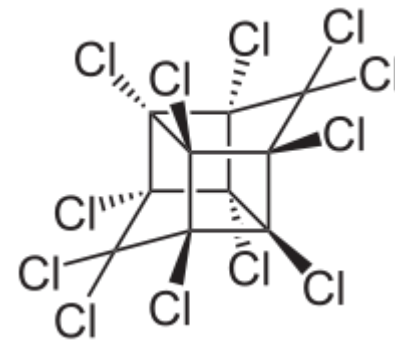
## Organohlorni pesticidi

- DDT i analozi
- Heksahlorcikloheksan (klasa koja se sastoji od 8 izomera od kojih je najpoznatiji lindan)
- Ciklodieni i slična jedinjenja (aldrin, dieldrin, heksahlor, endrin, hlordan, endosulfan)
- Toksafen i slična jed.



## Organohlorni pesticidi

- DDT i analozi
- Heksahlorcikloheksan (klasa koja se sastoji od 8 izomera od kojih je najpoznatiji lindan)
- Ciklodieni i slična jedinjenja (aldrin, dieldrin, heksahlor, endrin, hlordan, endosulfan)
- Toksafen i slična jed.
- Jedinjenja kavezaste strukture (mireks)



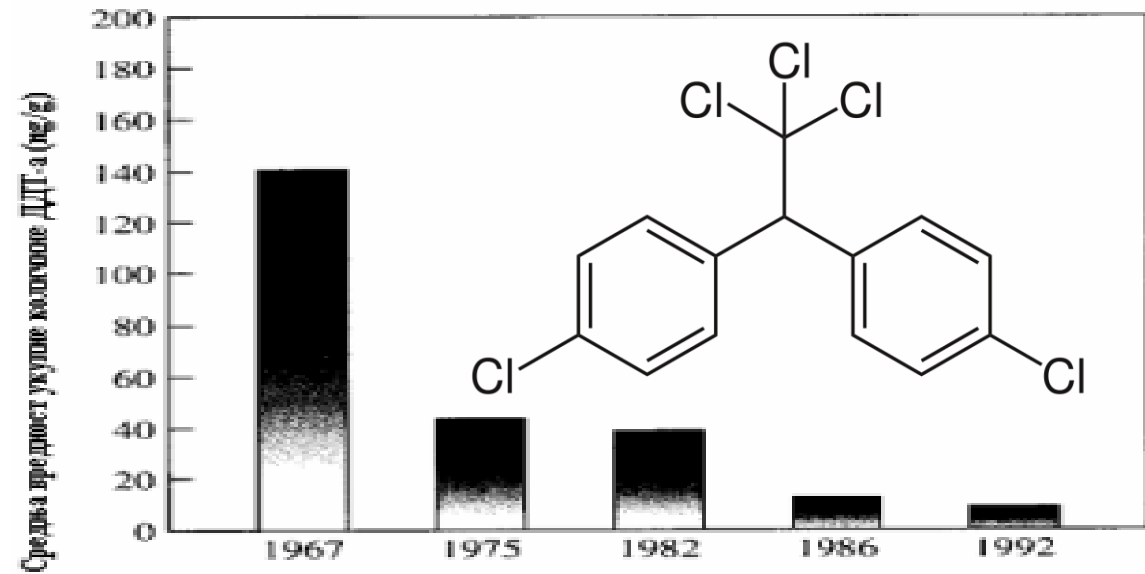
# Organohlorni pesticidi

Različite aktivne supstance imaju različitu perzistentnost. DDT npr. perzistira u vodi 26 dana, a u zemljištu 15 godina.

- Lipofilnost
- Bioakumulacija-terestične vrste
- Biomagnifikacija-akvatične vrste
- Nespecifičan spektar dejstva



## DDT



Слика 6: Трендови концентрације DDT -а у људском млеку (испитивање млека канадских жена у периоду 1967.-1992.)

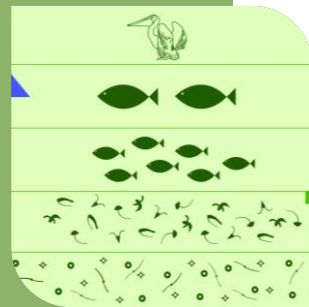


**1972 god zabranjen u Crnoj Gori.**

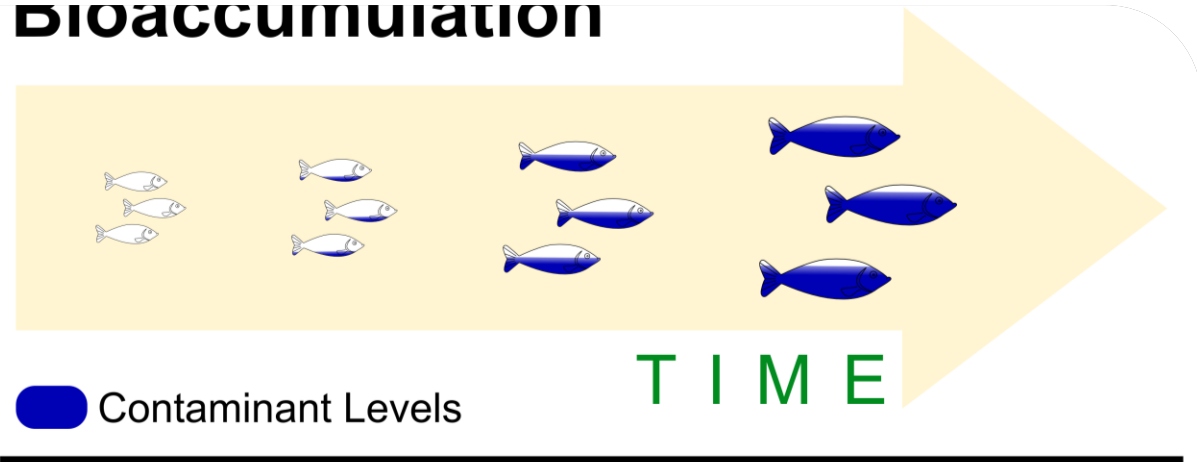
Dosadašnjim monitoringom zemljišta, voda, mora i biološkog materijala, nije utvrđeno prisustvo DDT-a i njegovih metabolita, osim povremeno u tragovima na granici detekcije instrumentalne opreme.



# Bioakumulacija i biomagnifikacija

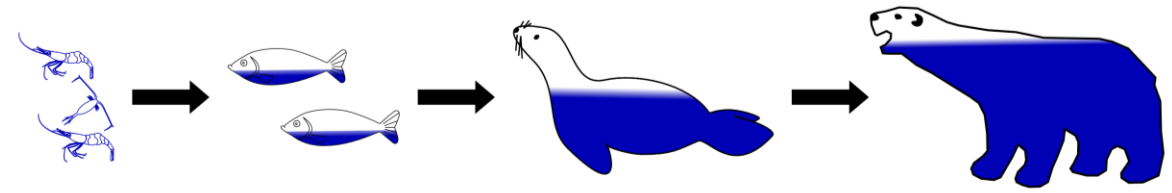


## Bioaccumulation



 Contaminant Levels

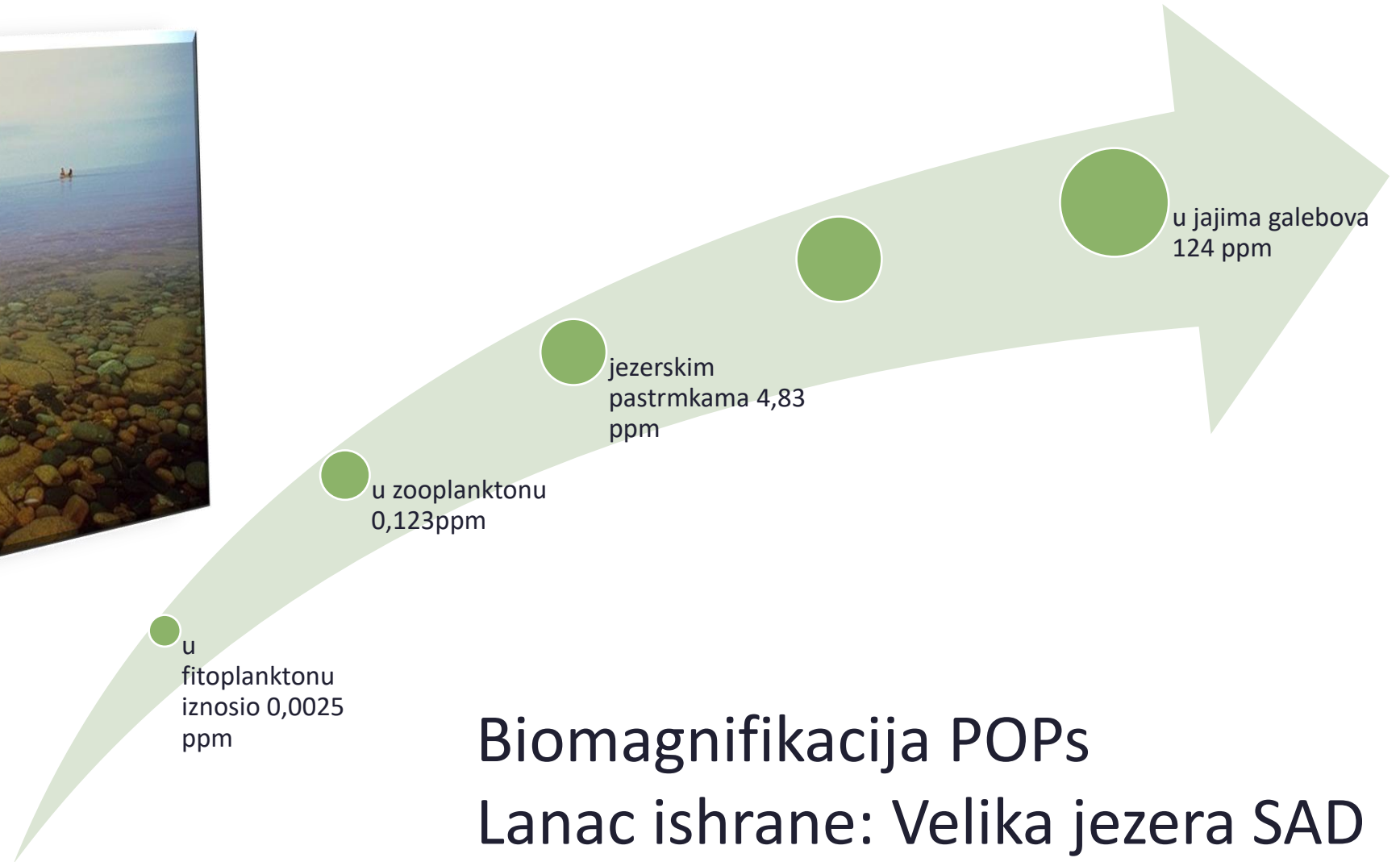
T I M E



 Contaminant Levels

## Biomagnification

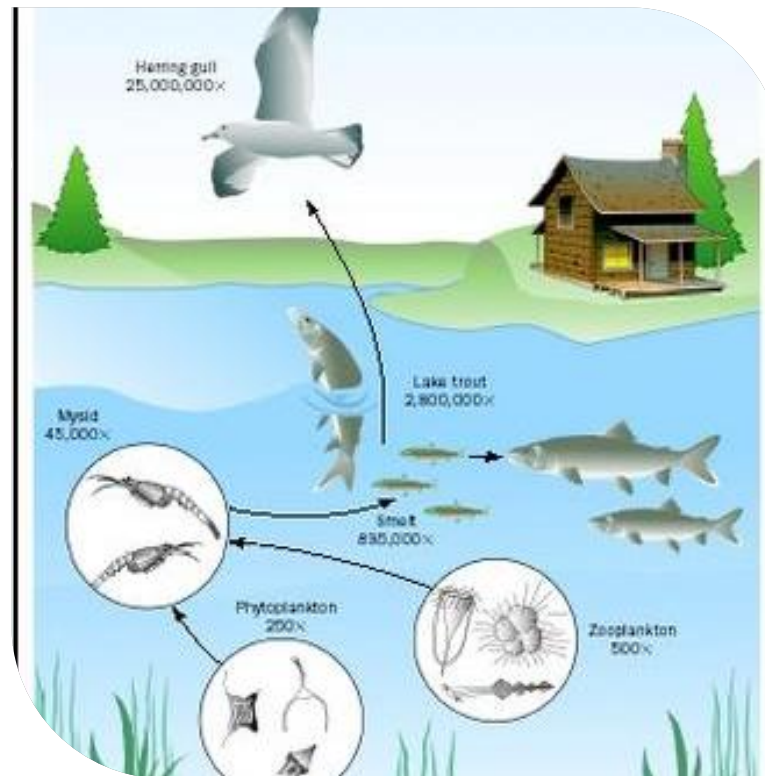
# Nivo polihlorovanih bifenila



**Biomagnifikacija POPs**  
**Lanac ishrane: Velika jezera SAD**

# BAF

## Bioakumulacioni faktor

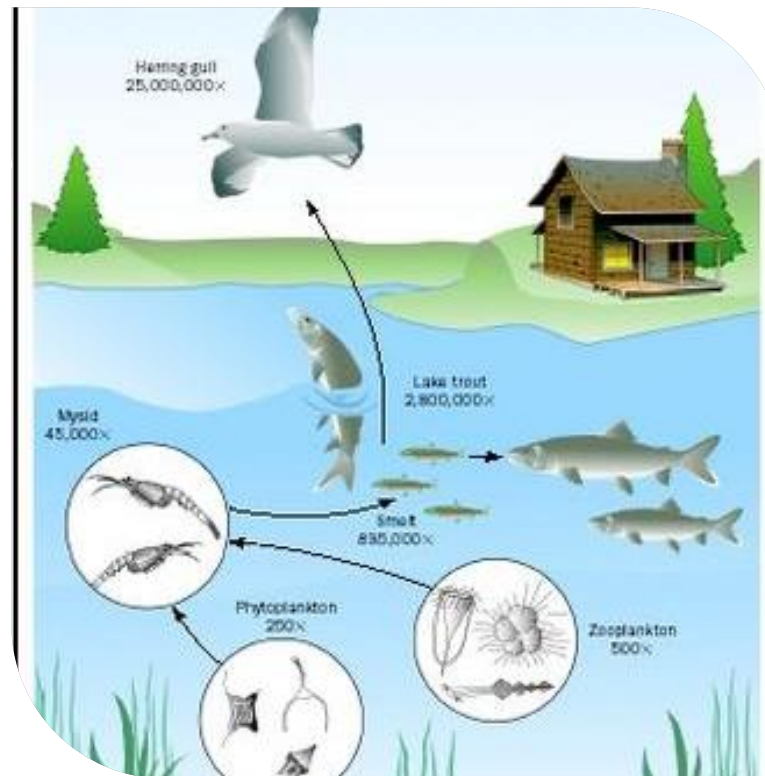


Predstavlja indikator  
potencijalne  
implementacije toksičnih  
supstanci u lancu ishrane.

$$BAF = \frac{C_{organizam}}{C_{okruženje}}$$

# BAF

## Bioakumulacioni faktor



U dobroj korelaciji je sa Kow-oktan/voda koeficijentom.

$$BAF = \frac{C_{organizam}}{C_{okruženje}}$$

Supstanca	Voda	Zemljište
TCDD	>380	10 god.
Aldrin	760	>20
DDT	>4380	>15 god
Dieldrin	>1460	>175
Endrin	>112	>1460
Heksahlorbenzen	<1	>986
Heksahlorcikloheksani	26 god na 5°C i pH 8	12 do 1146
Heptahlor		9 mjeseci do 2 godine
Hlordan	7,6 god	>20 god
Hlorodekon		1-2 godine
Mireks		>600 god
PCBs		5-15 godina
Toksafen	20 god	20 god
PAH		24-1524 dana (prosječno 570)

*K. Ilijević i I. Gržetić, Hemijski pregled, Godište 49. br 6 (2008)*

Dugotrajnost:  
otpornost prema  
fizičkoj, hemijskoj i  
biološkoj degradaciji.

Supstanca	Voda	Zemljište
TCDD	>380	10 god.
Aldrin	760	>20
DDT	>4380	>15 god
Dieldrin	>1460	>175
Endrin	>112	>1460
Heksahlorbenzen	<1	>986
Heksahlorcikloheksani	26 god na 5°C i pH 8	12 do 1146
Heptahlor		9 mjeseci do 2 godine
Hlordan	7,6 god	>20 god
Hlorodekon		1-2 godine
Mireks		>600 god
PCBs		5-15 godina
Toksafen	20 god	20 god
PAH		24-1524 dana (prosječno 570)

*K. Ilijević i I. Gržetić, Hemijski pregled, Godište 49. br 6 (2008)*

Vremena polu-života za POPs ove u vodi i zemljištu (izraženo u danima osim ako je naznačeno drugačije)

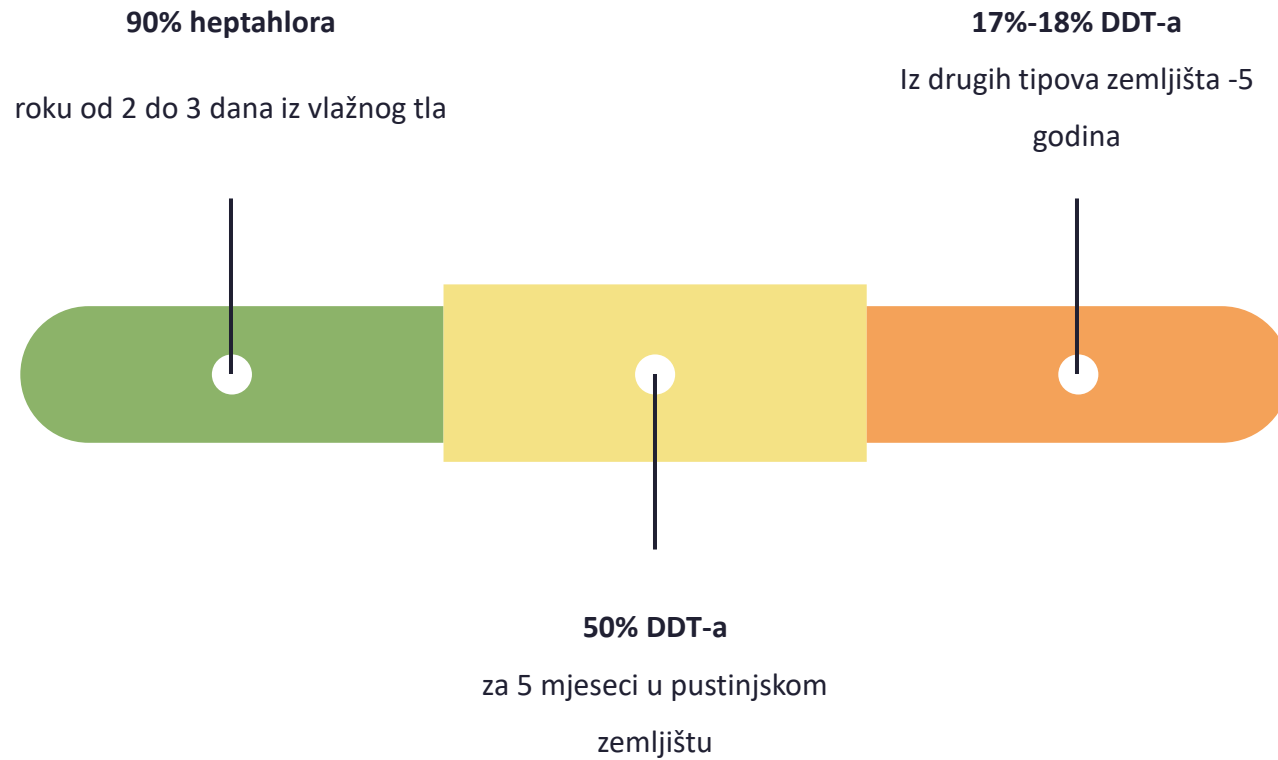
# Glavni procesi eliminacije POPs-ova

Procesi eliminacije zavise od meteoroloških uslova, temperature, pH, sastava i natopljenosti zemljišta, odnosno vlage u vazduhu. Zadržavanje POPs-ova u nekom mediju će takođe zavisiti od njihove tendencije da se talože u sedimentima, isparljivosti, biokoncentrovanaj itd

**Fotoliza**

**Hidroliza**

**Biodegradacija**

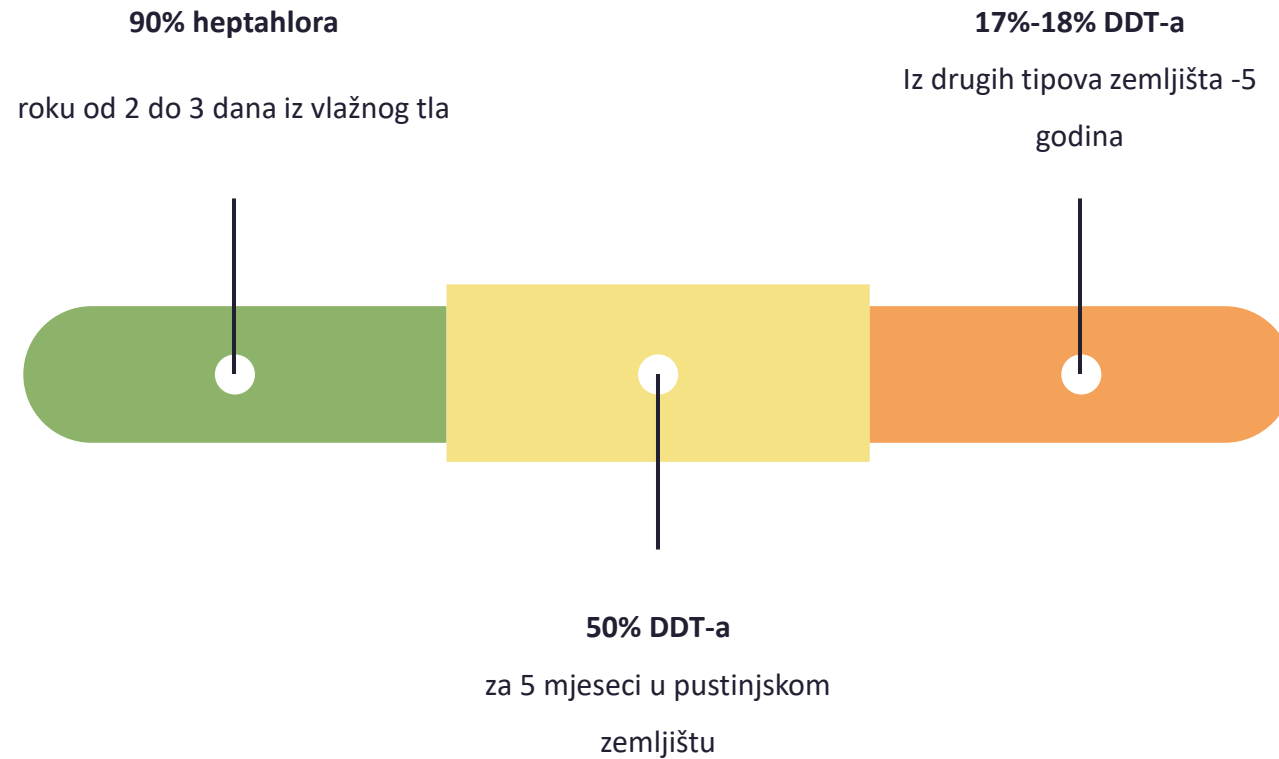


Iz površinskog sloja zemljišta

## ISPARAVANJE

aldrin, dieldrin, hlordan, toksafen, endrin, heptachlor, HCB, DDT





Iz površinskog sloja zemljišta

## ISPARAVANJE

Vlaga pogoduje isparavanju (voda preuzima njihovo adsorpciono mjesto).

Organske materije-suprotan uticaj.

# Transport POPs-ova u životnoj sredini

POPs-ovi se ne mogu okarakterisati kao primarni zagađivači isključivo vode, vazduha ili zemljišta. Njihova dugotrajnost im omogućava da prelaze velike razdaljine što je stvorilo problem globalnih razmjera.

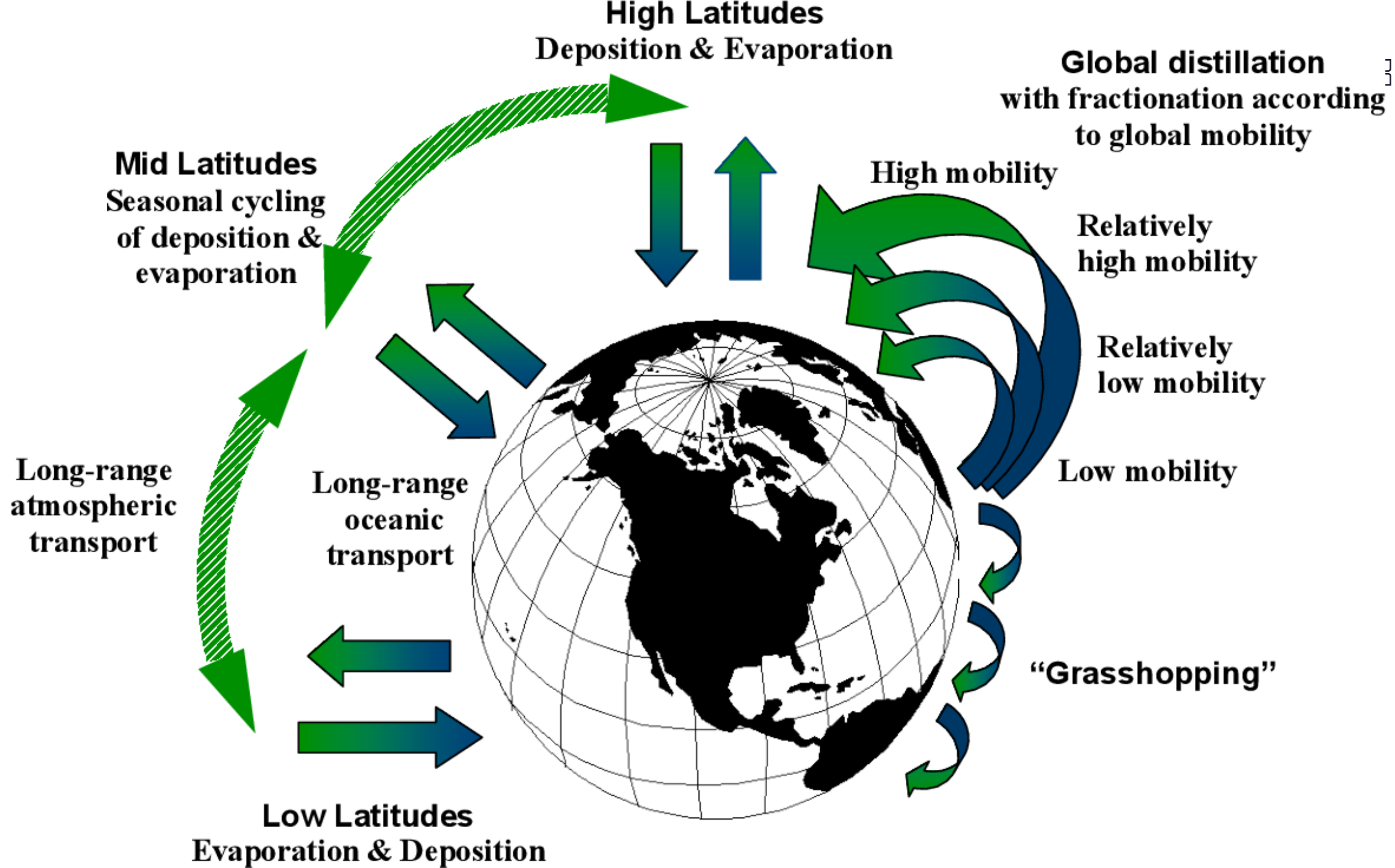
- Atmosferski: u obliku pare, sorbovani na suspendovanim česticama ili rastvoreni u vodenim kapljicama oblaka
- Rastvoreni u vodi ili sorbovani na suspendovanim česticama okeana
- Rastvoreni u vodi ili sorbovani na suspendovanim česticama rijeka
- U tkivima migratornih životinja
- Antropogenim transportom i to u obliku raznih proizvoda ili otpada



Kategorija		Osobine	Primjeri
A	Bez skoka	Supstance koje su toliko isparljive da se ne deponuju na Zemljinoj površini i ostaju trajno u atmosferi	Freoni
B	Višeskočni	Supstance koje lako prelaze iz gasne u kondenzovanu fazu (u zemljištu, void, vegetaciji) prilikom promjena temperature ili sastava okoline u kojoj se nalaze, te stoga prelaze duge razdaljine ponavljajući cikluse ispiranja i depozicije	PCB, lakši PCDD/PCDF, HCB, toksafen, dieldrin, hlordan, endosulfan
C	Jednoskočni	Supstance koje su toliko neisparljive i nerastvorne u vodi da se prenose daleko samo ako su deponovani na čvrstim česticama u vazduhu ili vodi	Teži PCDD/PCDF, PAH sa 5 prstenova (benzopiren), teži PBDE-polibromovanidifenil etri, mireks, dekahlorbifenil
D	Bez potrebe za skokom	Supstance koje su dovoljno rastvorne u vodenoj fazi	Heksahlorcikloheksani, polihlorovani fenoli, atrazine, ftalati, perfluoroktasil sulfat

*K. Ilijević i I. Gržetić, Hemijski pregled, Godište 49. br 6 (2008)*

Kategorizacija  
organskih supstanci u  
odnosu na njihove  
osobine vezane za  
dugodometni  
transport



# Uticaj na zdravlje Ekotoksikološki aspekti

Ljudi najčešće izloženi POPs hemikalijama preko hrane, naročito usled konzumiranja ribe, živine, mesa i mliječnih proizvoda jer su to namirnice sa većim sadržajem masti.

## **POPs izazivaju**

neurološke poremećaje, poremećaj funkcije jetre i reproduktivnog sistema, poremećaje u ponašanju, poremećaje na nivou imunog i endokrinog sistema, kancerogeni su

## **Visoke konc. PCB, PCDD, PCDF**

se manifestuju u vidu promjena na koži (hlorakne i hiperpigmentacija noktiju i kože), neuroloških efekata, negativnih uticaja na jetru, štitnu žlezdu, rast i razvoj, imuni i reproduktivni sistem

**glavni POPs intoksikanti DDT i PCBs.**

## Toksični ekvivalent TEQ

Simple Similar Action, Relative Potency Factor, Toxicity Equivalency Factor, Toxic Equivalent Quantity (TEQ)

$$TEQ = \sum_{i=1}^n (c_i * TEF_i)$$

$TEF_i$  Toxicity Equivalency Factor for compound I  
 $c_i$  Concentration of compound i in the mixture  
 $n$  number of mixture components

Stupila je na snagu 2004 god.



**STOCKHOLM  
CONVENTION**

Protecting human health and the environment  
from persistent organic pollutants

**Preko 150 zemalja su potpisnice  
konvencije.**

Stupila je na snagu 2004 god.



# STOCKHOLM CONVENTION

Protecting human health and the environment  
from persistent organic pollutants

- **Prekinuti sa upotrebom i proizvodnjom POPs-ova**
- **Maksimalno umanjiti nenamjerna proizvodnja POPs-ova**
- **Transport i razmjena se vrše samo radi njihovog konačnog uništenja**
- **Do 2025 godine zamijeniti svu opremu koja sadrži POPs-ove**
- **Razvijanje bezbjednijih alternativa**
- **Nacionalni akcioni planovi primjene konvencije**

Crna Gora je zemlja članica Stokholmske konvencije o dugotrajnim organskim zagađujućim materijama od marta 2011 godine



## Nacionalni plan za implementaciju Stokholmske konvencije za period 2014-2021. godine

Ministarstvo održivog razvoja i turizma  
Podgorica, oktobar 2013. godine



U CG je jedan od najvećih problema prisustvo opreme koja sadrži PCB i otpad PCB.

1. Prema prikupljenim podacima uočava se da se PCB i PCT ne proizvode u CG.
2. Zabranjen je uvoz opreme i tečnosti koje sadrže PCB.
3. Utvrđene su kontaminirane lokacije na teritoriji CG.
4. Opremljenost laboratorija za obavljanje potrebnih analiza je visoka. U CRnoj Gori postoje svi neophodni kapaciteti za monitoring PCB supstanci u uzorcima biljaka i biljnih proizvoda, hrane, vode i zemljišta.

## Konstatacije



1. Upotreba POPs pesticida je zabranjena više od 20 godina, osim za lindan koji se ne koristi zadnjih 6 ili 7 godina i endosulfan.
2. Prema prikupljenim podacima uočava se da se POPs pesticidi ne proizvode i gotovo ne upotrebljavaju u Crnoj Gori.
3. Takođe gotovo da ne postoji uvoz i izvoz POPs pesticida. Nisu utvrđene kontaminirane lokacije niti zalihe POPs pesticida.
4. Postojeći podaci se prikupljaju kroz različite programe monitoringa (Program monitoringa namirnica animalnog porijekla od 2007. godine, Program monitoringa opasnih i štetnih materija u zemljištu u Crnoj Gori od 1998) ili analizom inspekcijskih uzoraka.
5. Opremljenost laboratorija za obavljanje potrebnih analiza je visoka. U Crnoj Gori postoje svi neophodni kapaciteti za organizovanje monitoringa POPs pesticida u uzorcima biljaka i biljnih proizvoda, hrane, vode i zemljišta uz djelimičnu dopunu odgovarajuće zakonske regulative i osiguranje finansijskih sredstava.