



Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta UK



Znečištění životního prostředí v ČR

„Znečištění životního prostředí v postmoderní době“

Tomáš Cajthaml

Ústav pro životní prostředí, Přírodovědecká fakulta UK
Mikrobiologický ústav AVČR, v.v.i.



Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta UK

ENVIRONMENTÁLNÍ ORGANICKÉ POLUTANTY

ČR v globalizovaném světě
legislativa odvozená od EU

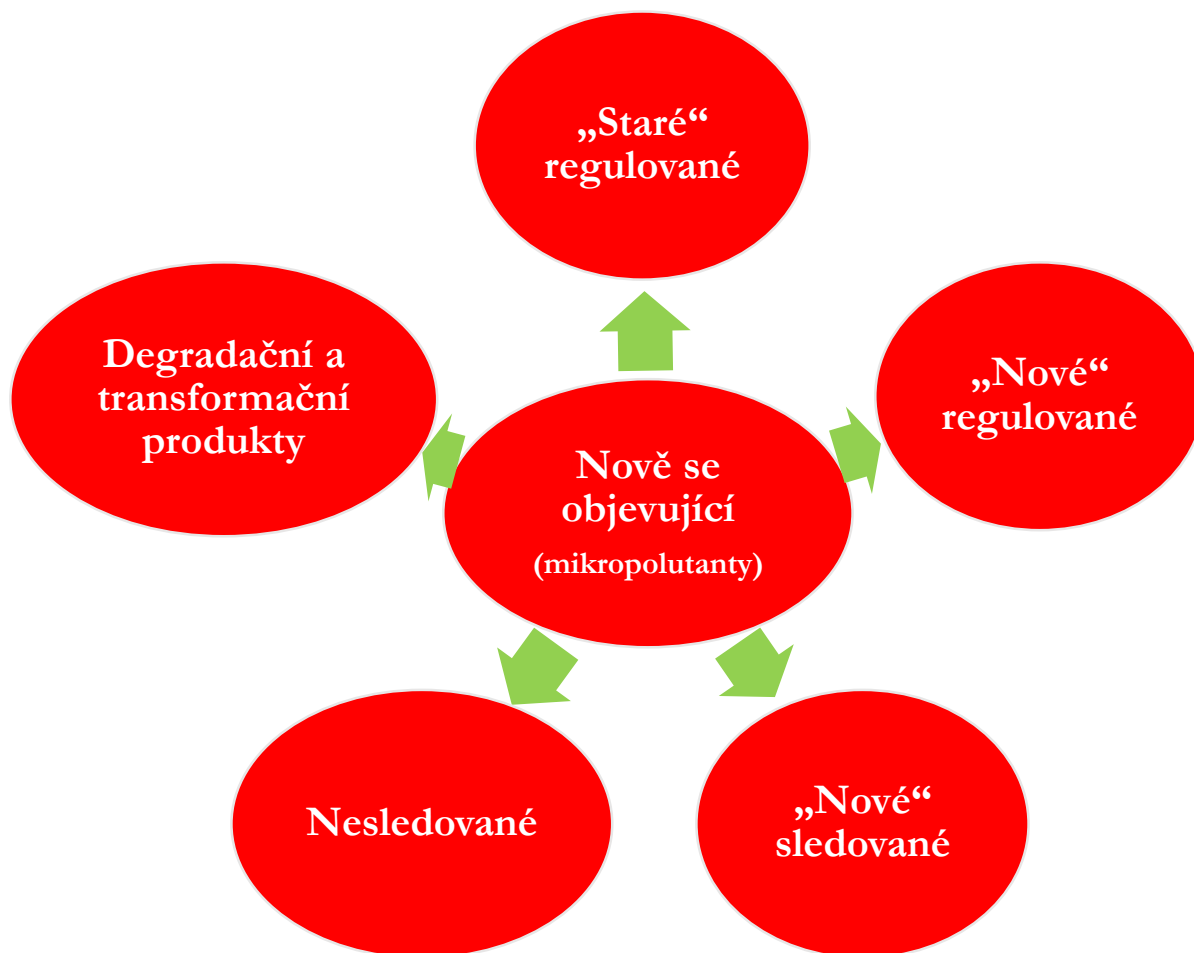


- znečištění velmi podobné okolním zemím
- řada „starých“ kontaminantů regulována a kontrolována
(na rozdíl od rozvíjejících se zemí)
- globální hrozba v podobě „nově se objevujících polutantů“

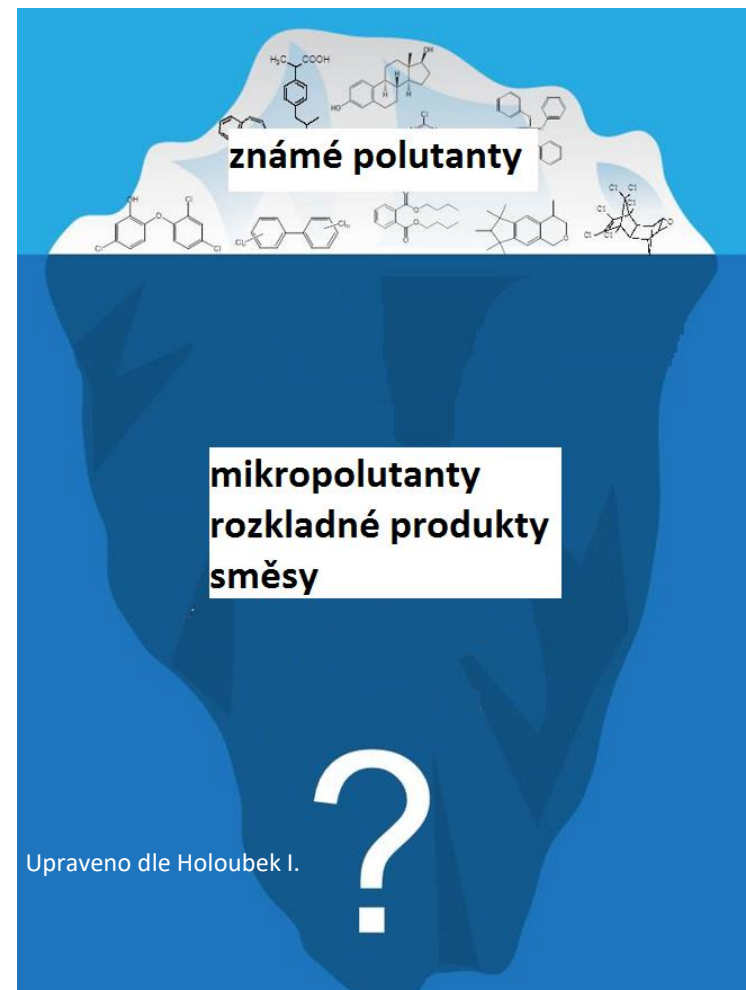


Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta UK

ENVIRONMENTÁLNÍ ORGANICKÉ POLUTANTY



www.dreamstime.com



Upraveno dle Holoubek I.

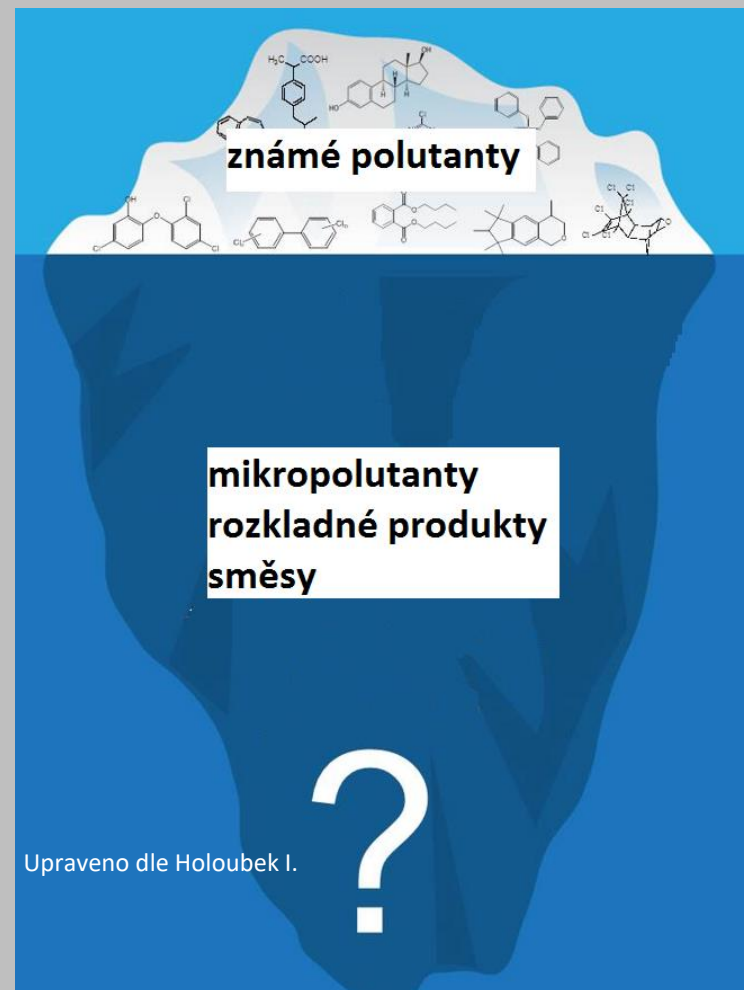


Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta UK

ENVIRONMENTÁLNÍ ORGANICKÉ POLUTANTY

„Staré“

Nízká (bio)degradabilita
Produkce
Kumulace
Toxicita



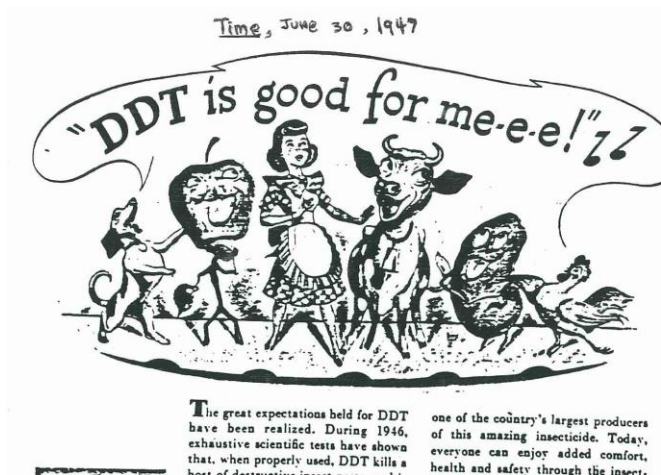
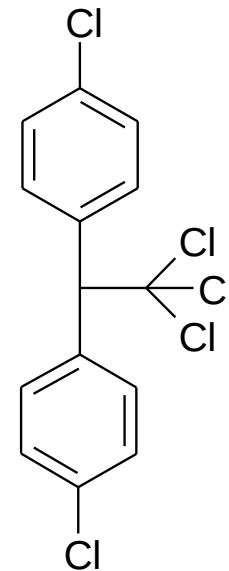


Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta UK

Případ DDT – historie se stále opakuje

1,1,1-trichlor-2,2-bis(*p*-chlorfenyl)ethan

- DDT – 1,1,1-trichlor-2,2-bis(*p*-chlorofenyl)ethan
- poprvé syntetizováno 1884
- 1939 Paul Hermann Müller objevil jeho insekticidní vlastnosti (1948 – Nobelova cena)
- masivně používáno jako insekticid na celém světě do 60. let 20. století
- v roce 1962 vychází kniha „Mlčíci jaro“ (Rachel Carson) popisující vliv DDT a dalších pesticidů na ekosystémy
- Např: snížení populace orlů (zeslabení skořápek vajec)- inhibice syntézy prostaglandinů v děloze ptáků a ovlivnění syntézy skořápky
- vznik US EPA a zákaz používání DDT v 70. letech





ENVIRONMENTÁLNÍ ORGANICKÉ POLUTANTY

Stockholmská úmluva - Perzistentní organické polutanty

Stockholmská úmluva o persistentních organických polutantech je právně závazná mezinárodní dohoda, jejímž cílem je eliminace vybraných persistentních organických látek (strikní seznam).

Česká republika úmluvu podepsala i ratifikovala. Úmluva vstoupila v platnost dne 17. května 2004.

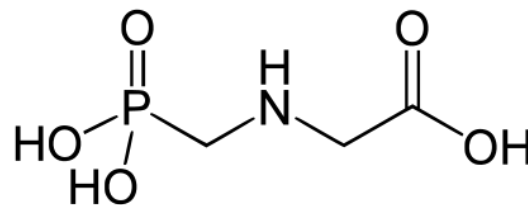
- původní seznam – 12 (skupin) látek
- Stále se rozšiřuje – pomalý proces, látky musí splňovat různá kritéria



Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta UK

Případ glyfosát

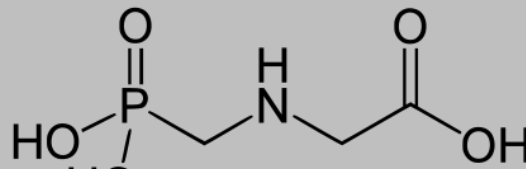
N-(fosfonomethyl)glycin



- objeven 1970 - Johnem Franzem (Monsanto)
- 2000 patent vypršel – rozšíření výroby na další výrobce
- totální herbicid vstřebávaný listy
- inhibitor enzymu 5-enolpyruvylšikimát-3-fosfát (EPSP) syntázy
- v současnosti nejpoužívanější pesticid na světě
- 90. léta - nalezeny rezistentní bakterie mající EPSP – vývoj geneticky upravených tzv. Round-up ready plodin
- mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC) zařadila glyfosát v roce 2015 mezi pravděpodobné karcinogeny (skupina 2A)
- Evropské agentura pro chemické látky (ECHA) zveřejnila na základě výsledků své studie, že glyfosát nebude klasifikován jako karcinogen



Případ glyfosát



N-(fosfonomethyl)glycin



- objeven 1970 -
- 2000 patent vy
- totální herbicid
- inhibitor enzym
- v současnosti r
- 90. léta - nalez
- Round-up ready
- mezinárodní ag
- pravděpodobné ka

~~Nízká biodegradabilita~~

Produkce !

~~Kumulace~~

Toxicita !

- Evropské agentura pro chemické látky (ECHA) zveřejnila na základě výsledku své studie, že glyfosát nebude klasifikován jako karcinogen

ky upravených tzv.

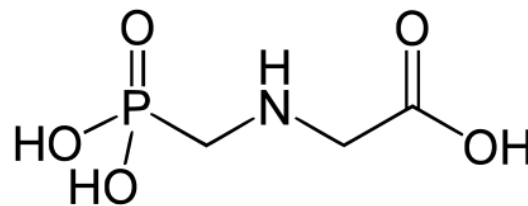
v roce 2015 mezi



Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta UK

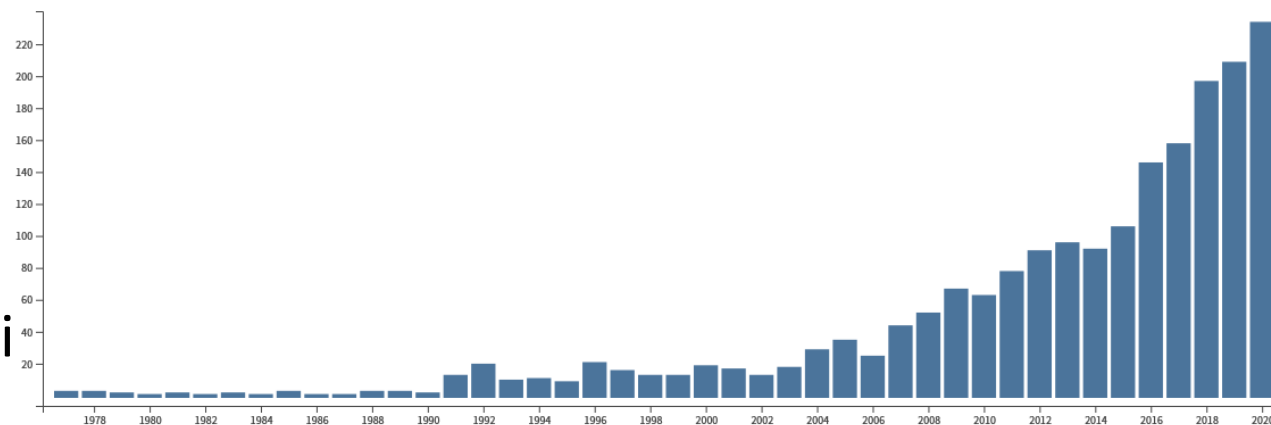
Případ glyfosát

N-(fosfonomethyl)glycin



- publikační aktivita na téma toxicita glyfosátu stoupá
- mnoho studií ukazuje řadu toxických efektů glyfosátu jeho transformačních produktů a komerčních přípravků
- řada studií kontroverzních
- mnoho studií prováděno s nedostatečným kontrolním vzorkem
- řada studií s nereálně vysokými koncentracemi
- akutní toxicita spíše neprokázána
- podle federálního soudu ve Spojených státech způsobuje herbicid Roundup rakovinu

Total Publications
1 943 [Analyze](#)



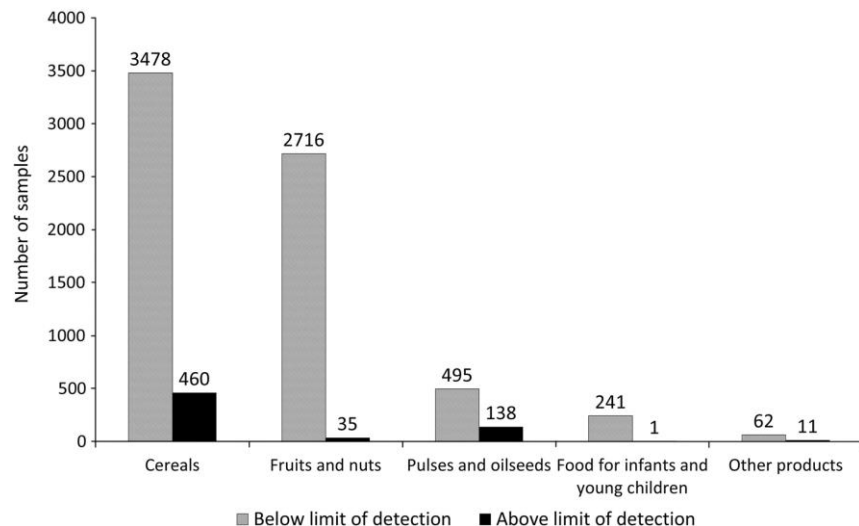
Počet studií zabývajících se toxicitou glyfosátu (WoS,
26.11.2020)



Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta UK

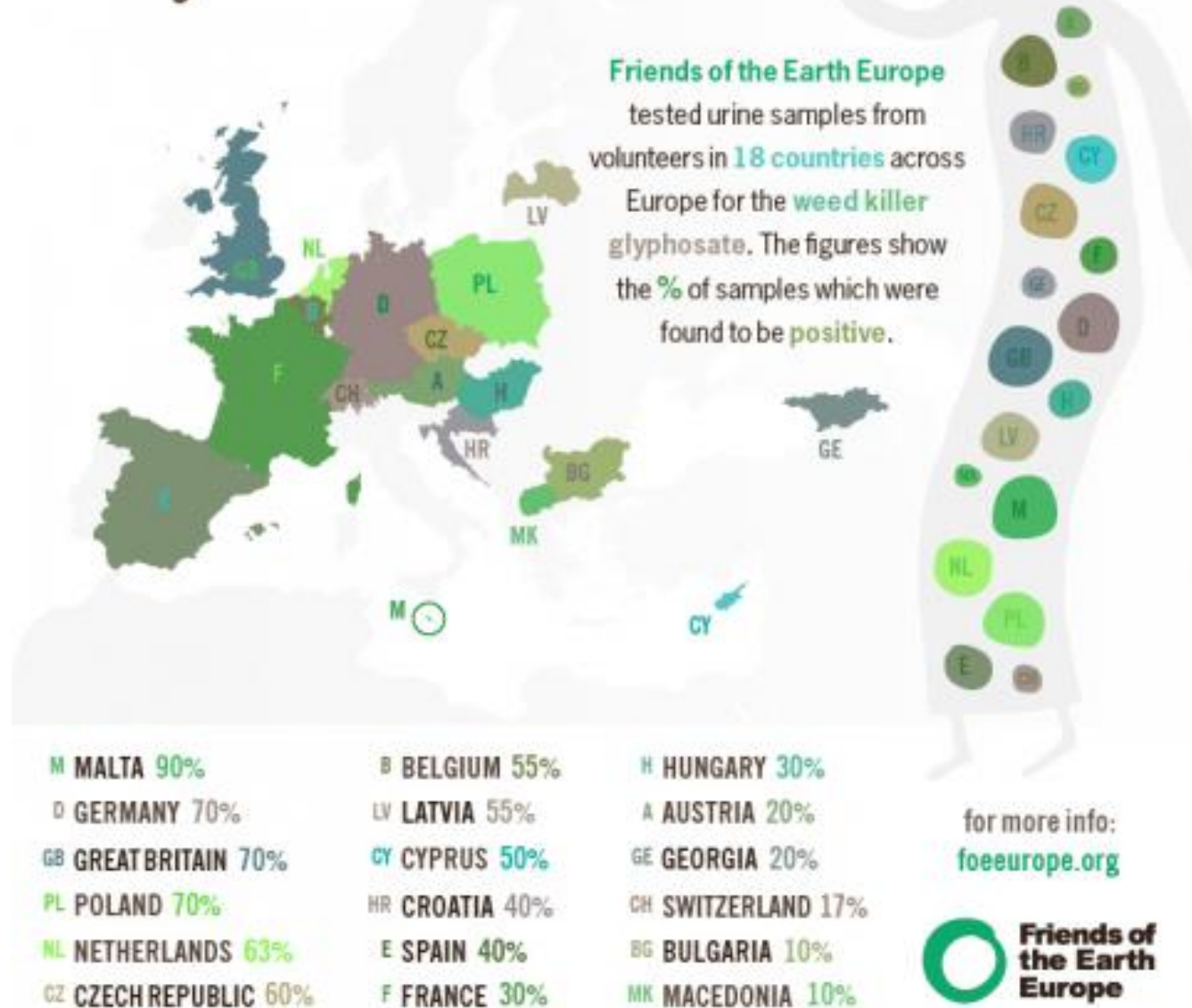
Případ glyfosát

- poločas rozkladu v bezpečnostním listu přípravku Roundup Expres: 2-174 dní – ve skutečnosti mnohem delší
- detekován běžně v potravinách (až ppm), půdě a povrchových vodách (ppb a sub-ppb)



Arch Toxicol (2017) 91:2723–2743 (2012-2014)

Why is weed killer in our bodies ?

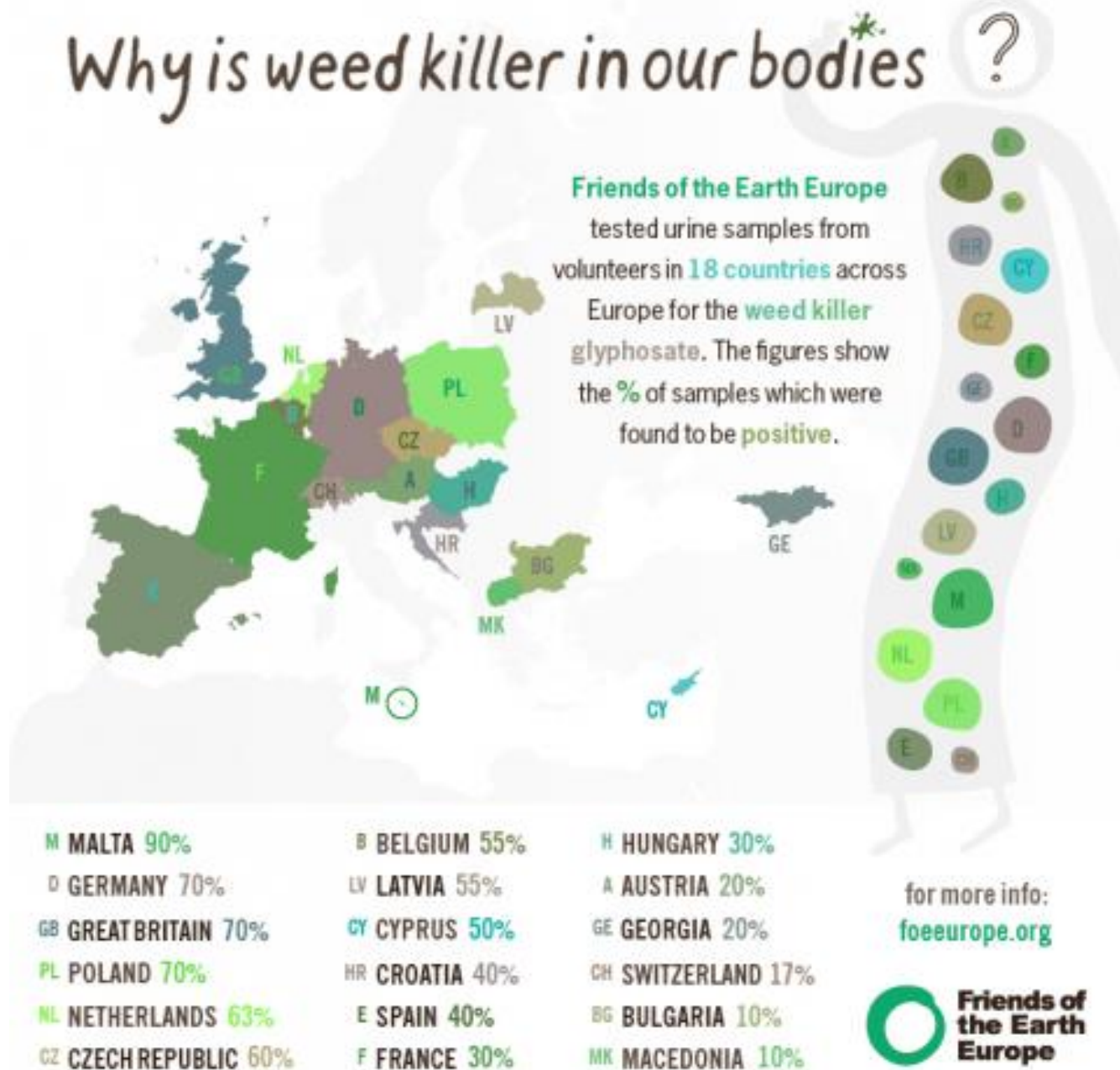




Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta UK

Případ glyfosát

- prokázána genotoxicita
- negativní vliv na mikrobiální složku půdy
- nefrotoxita, hepatotoxicita – některé studie naznačují chronické účinky i stopových koncentrací
- studie naznačují souvislost s poruchou pozornosti
- možná aktivace a inhibice CYP
- oxidativní stres
- snížení mykorhizní kolonizace
- prokázána i genotoxicita
- endokrinní disruptor
- značná kritika kauzality studií karcinogenity



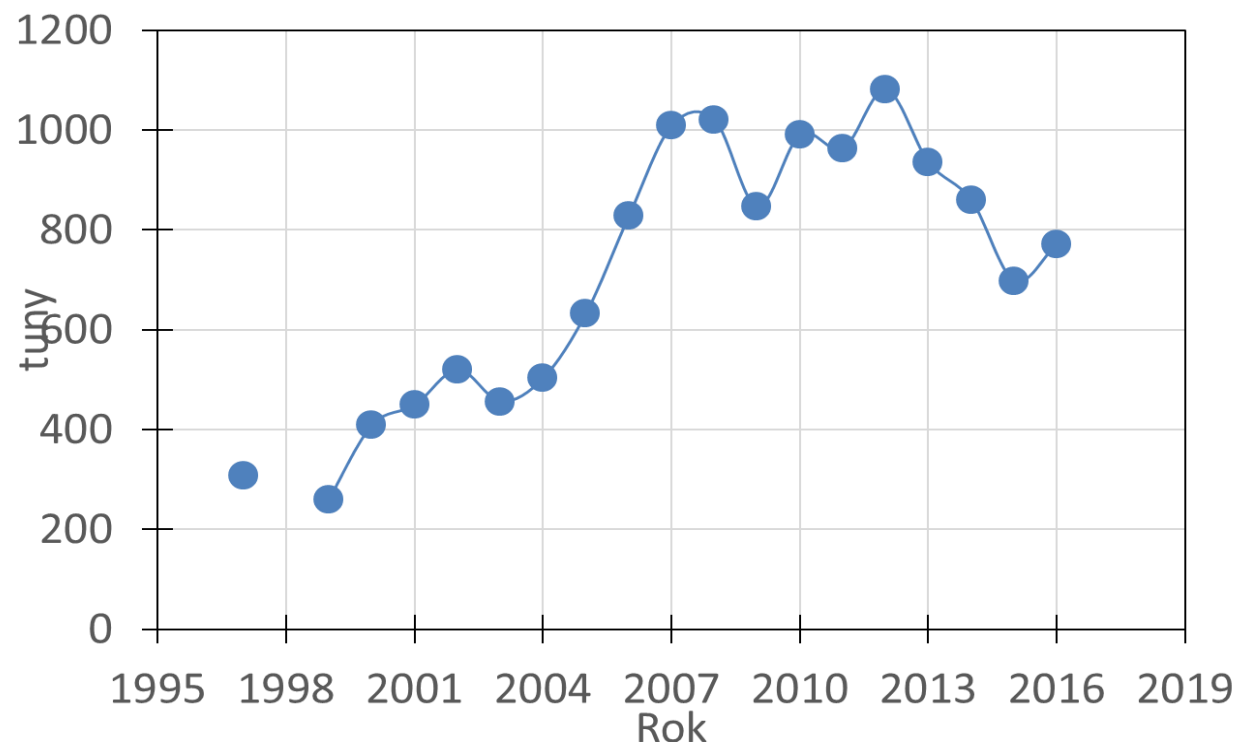


Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta UK

Případ glyfosát

prokázána genotoxicita

Spotřeba glyfosátu v ČR (zdroj: Hruška 2018)

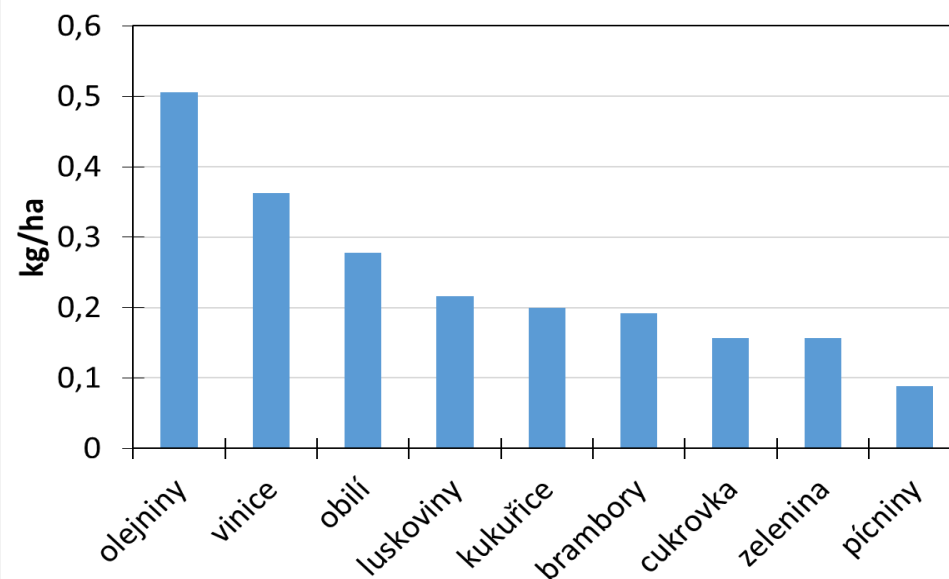


znatelná kritika kauzality studií karcinogenity

Why is weed killer in our bodies?

Friends of the Earth Europe
tested urine samples from
volunteers in 18 countries across
Europe for the weed killer

Spotřeba glyfosátu na hektar, 2016 (zdroj: Hruška 2018)



A 90%
MANY 70%
T BRITAIN 70%
ND 70%
ERLANDS 63%
CZ CZECH REPUBLIC 60%

CY CYPRUS 50%
HR CROATIA 40%
E SPAIN 40%
F FRANCE 30%

GE GEORGIA 20%
CH SWITZERLAND 17%
BG BULGARIA 10%
MK MACEDONIA 10%

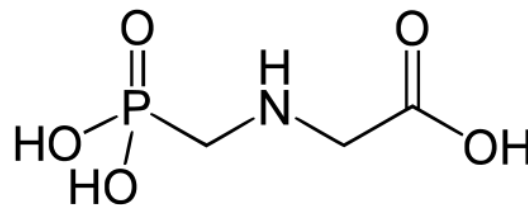
for more info:
foeeurope.org

Friends of the Earth Europe



Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta UK

Případ glyfosát



shutterstock.com • 665536294

Zemědělská půda

v meziporostním období na orné půdě
po sklizni / podmítce
před setím
předsklizňové aplikace v zrninách
obnova luk a pastvin
odrůdy s tolerancí k herbicidům (HT)

Nezemědělská půda

železnice a silniční komunikace (nežádoucí vegetace)
komunální sféra (údržba pevných povrchů)
lesní porosty (nežádoucí vegetace, hubení výmladků, náletu a obrůstajících pařezů) -

Hobby uživatelé

zahrádkáři, majitelé nemovitostí



Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta UK

Mikropolutanty

Mikropolutanty

-nově se objevující látky, které nelze účinně odstranit běžnými procesy čištění vod, které jsou detekovány ve velmi malých koncentracích napříč planetou

Farmaka a látky z produktů osobní spotřeby (Pharmaceuticals and personal care products)

- skupina polutantů (většinou mikropolutantů), které jsou detekovány v ŽP
- farmaka, kosmetika, hygienické prostředky apod.

Nově se objevující polutanty (New emerging pollutants)

- obecně široká skupina látek antropogenního původu, nově se objevujících v ŽP

Endokrinní disruptory

- skupina látek narušující hormonální systémy živočichů



www.freepik.com/photos/background">Background photo created by jannoon028 - www.freepik.com



http://www.greenpeace.org/czech/cz/news/nonylfenol_podnet_CIZP/



Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta UK

Endokrinní disruptory (ED)

- látky, které narušují přirozené hormonální signály napodobování přirozených hormonů inhibice funkce a syntézy přirozených hormonů apod.
- pesticidy (mnohdy zakázané)
- povolené a používané látky (léčiva, aditiva)
- přírodní či syntetický původ
- různé hormonální dráhy
- odtoky z čistíren odpadních vod
- až 800 EDs nebo potenciálních EDs

Nejvýznamnější disruptory:

estrogenní , antiestrogenní	}	pohlavní hormony
androgenní, antiandrogení		
antithyroidní	→	štítná žláza

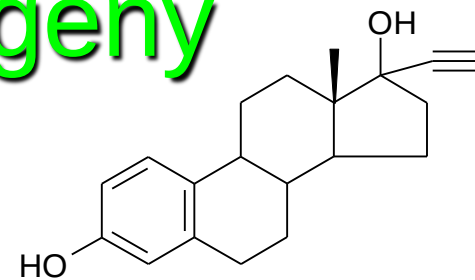




Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta UK

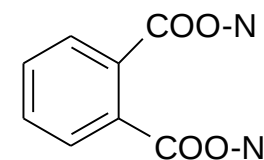
Mikropolutanty - xenoestrogeny

- **17 α -ethinylestradiol** – syntetický estrogen používaný jako orální antikoncepce: estrogen



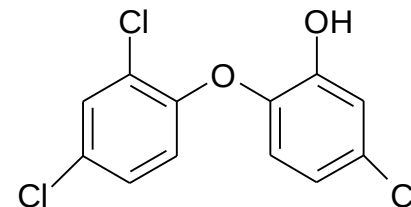
17 α -Ethinylestradiol

- **estery kyseliny ftalové** – změkčovadla plastů: estrogeny



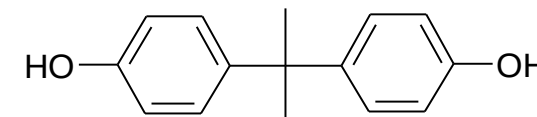
estery kyseliny ftalové

- **triclosan** (irgasan) – antimikrobiální přísada ústních vod a zubních past: estrogen, androgen, thyroidní ED



Irgasan (Triclosan)

- **bisfenol A** – užívá se při chemických syntesách průmyslových polymerů jako jsou polykarbonáty, epoxy-pryskyřice, fenol-pryskyřice, polyestery a polyakryláty: estrogen, thyroidní ED



bisfenol A



Mikropolutanty - xenoestrogeny

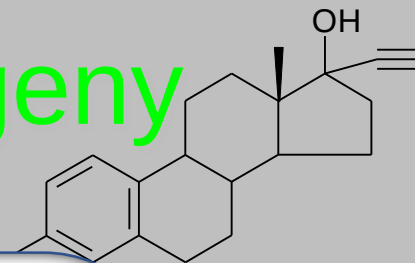
- **17 α -ethinylestradiol**
orální antikoncepce

- **estery kyseliny ftalové**

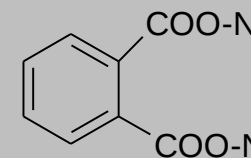
- **triclosan** (irgasan)
zubních past: estrogen

- **bisfenol A** – užívá se
polymerů jako jsou polystyren, polycarbonat, epoxidové pryskyřice, polyestery a polyakryláty: estrogen, thyroidní ED

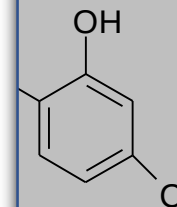
Nízká biodegradabilita ?
Produkce !
Kumulace ?
Toxicita !



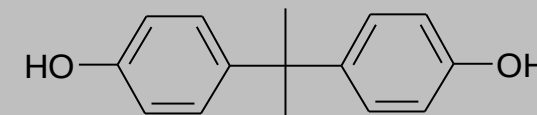
17 α -ethinylestradiol



estery kyseliny ftalové



triclosan)

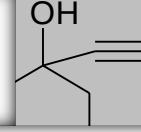


bisfenol A



Mikrop

Celosvětová produkce BPA v roce 2013 – 6,2 milionů tun



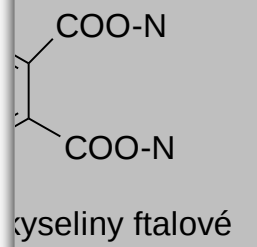
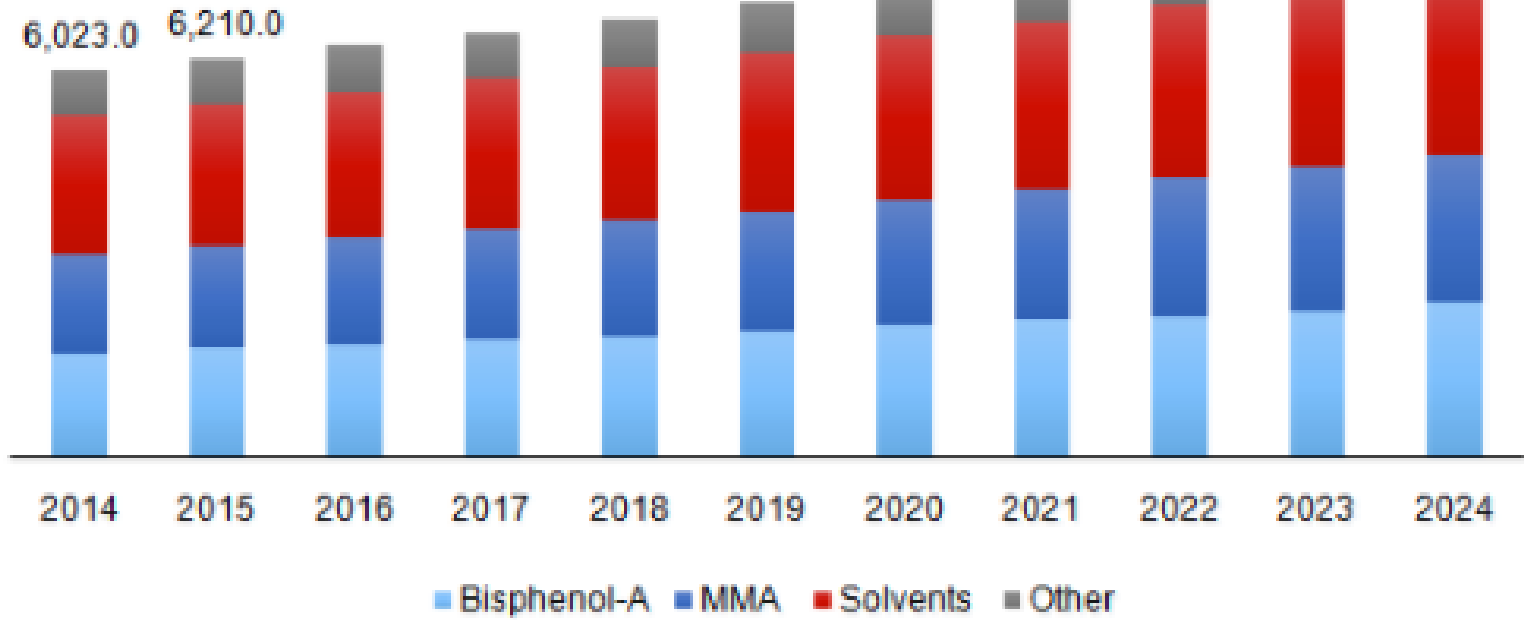
- **17 α -ethinylestr**
orální antikoncep

- **estery kyseliny**

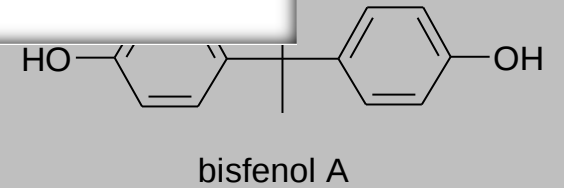
- **triclosan** (irgasa
zubních past: est

- **bisfenol A** – užív
polymerů jako jso
pryskyřice, polyestery a polyakryláty: es

Global acetone market volume, by application, 2014 – 2024 (Kilo Tons)



<https://hexaresearchinc.wordpress.com/>





Mikropolutanty - xenoestrogeny

Estrogenní aktivita ve vzorcích z ČR

Čistírenské kaly

51 kalů z ČOV testováno

na estrogenní aktivitu

-> **16 je estrogenně aktivních**
(až 13 EEQ ng/g)

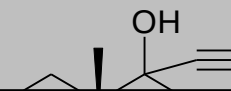
Odtoky z ČOV

24 odtoků z ČOV testováno

na estrogenní aktivitu

-> **9 odtoků estrogenně aktivních**
(až 4,27 EEQ ng/L)

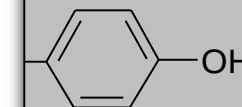
- i méně než 1 EEQ ng/L je považován za rizikový
- více než 30 % vzorků vykazuje estrogenní receptorovou aktivitu
- nejčastěji zastoupený hormon je estron
- bisphenol A a triclosan téměř ve všech vzorcích



COO-N

COO-N

seliny ftalové

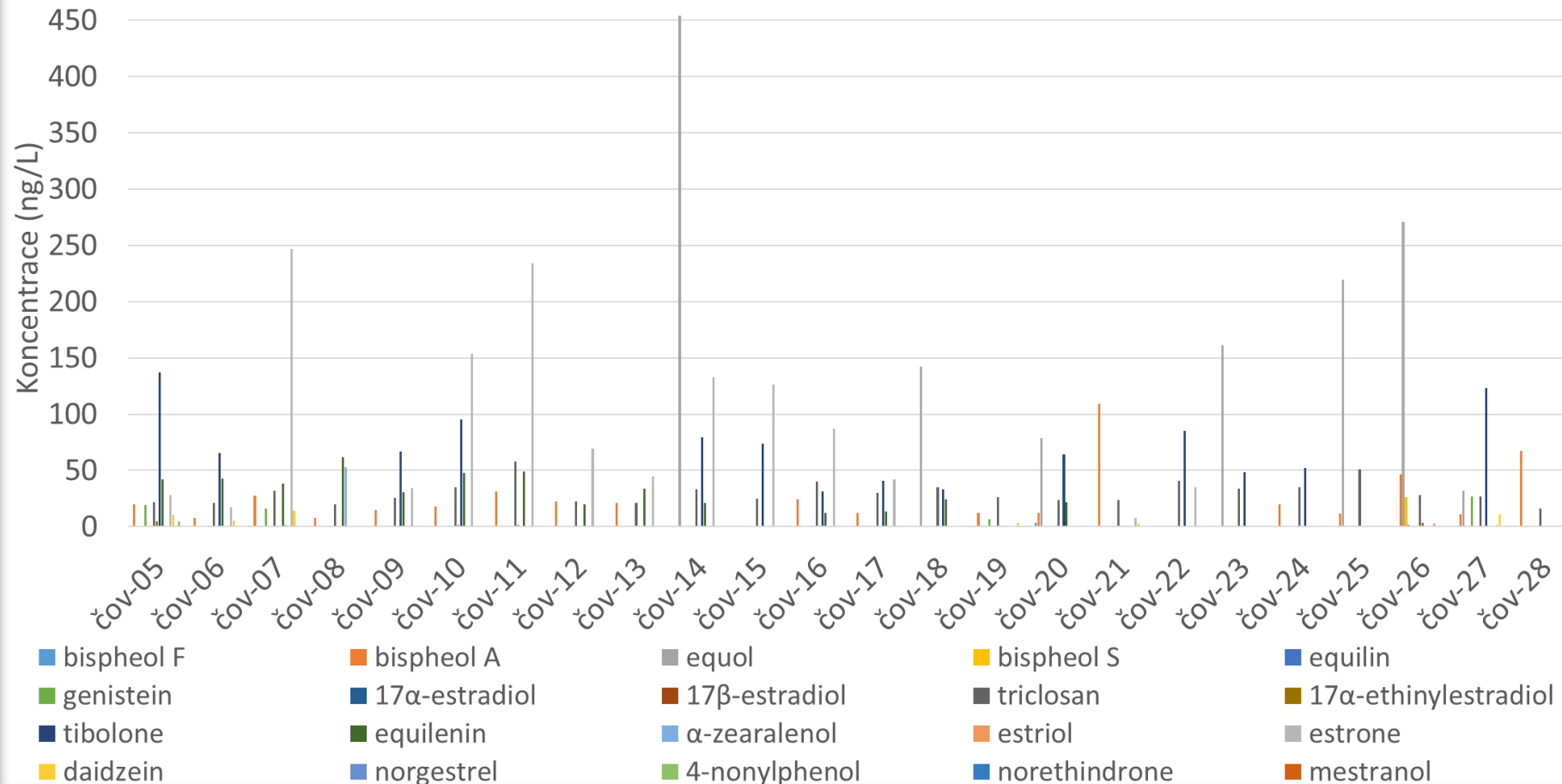


bisfenol A



Mikropolutanty - xenoestrogeny

Endokrinní disruptory ve výpustích čistíren odpadních vod (ČOV)

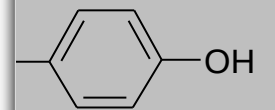
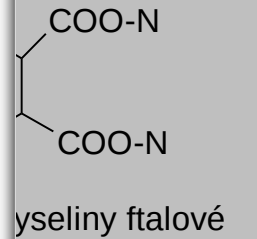
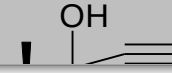


- **17α-ethinylestradiol**
orální antikoncepce

- **estery kyseliny**

- **triclosan**
zubních past

- **bisfenol A**
polymerů jako
pryskyřice,

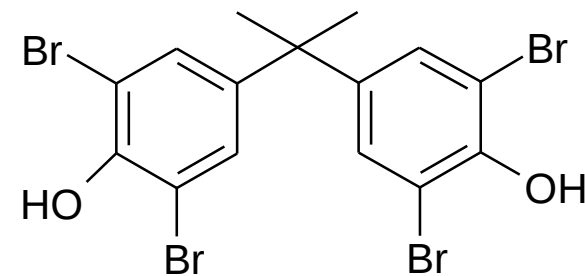




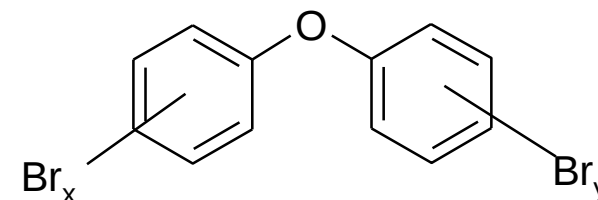
Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta UK

Mikropolutanty - polybromované zhášače hoření

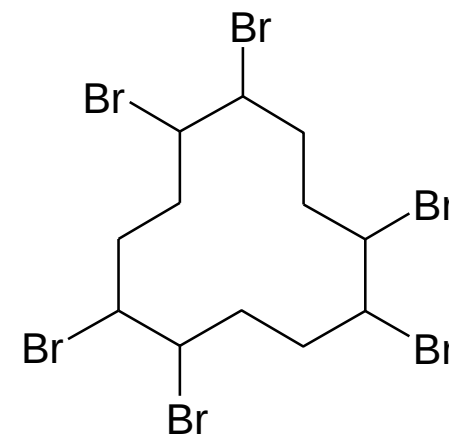
- látky používané k zamezení hoření:
polybromované difenylethery (PBDE)
hexabromcyklododekan (HBCD)
tetrabromobisfenol A (TBBPA)
- použití v elektronice, domácích textiliích, nábytku apod.
- detekovatelné v domácím prachu
- některé již zakázány (penta-BDE a okta-BDE)
- hexabrombifenyl, HBCD = POPs
- lipofilní, chemicky stálé
- thyroidní ED, některé pravděpodobně estrogení ED



TBBPA



PBDE



HBCD

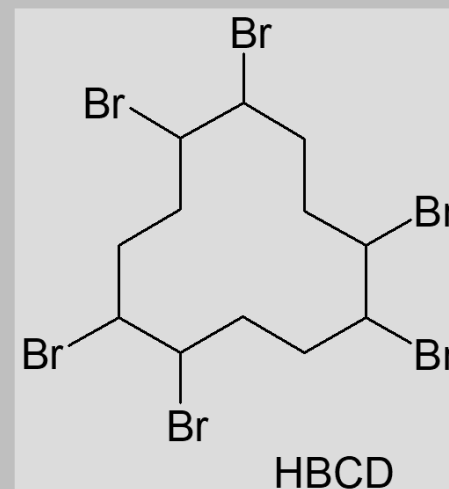
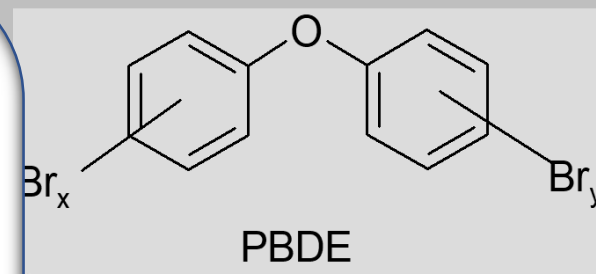
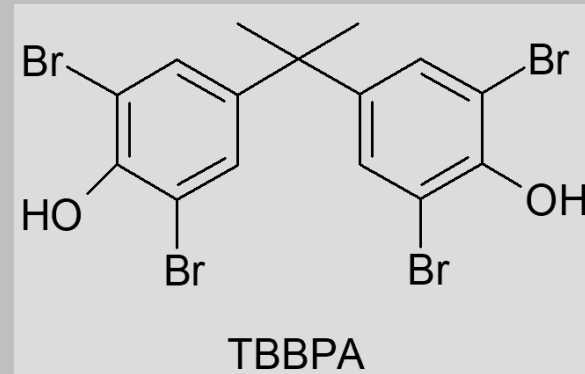


Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta UK

Mikropolutanty - polybromované zhášače hoření

- látky používané jako
polybromované
hexabromcyklo
tetrabromobisfenol
- použití v elektrické
nábytku apod.
- detekovatelné
- některé již zakázány
- hexabrombifenyl
- lipofilní, chemicky stabilní
- thyroidní ED, některé pravděpodobně
estrogenní ED

Nízká (bio)degradabilita
Produkce
Kumulace
Toxicita



www.freepik.com/photos/leaf>Leaf photo
created by freepik - www.freepik.com



Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta UK

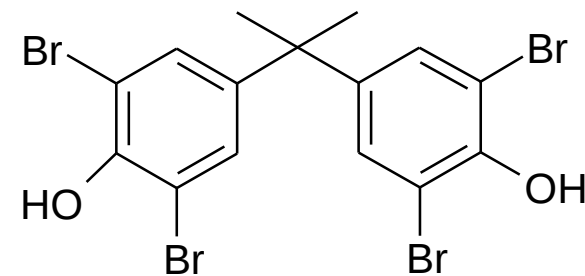
Mikropolutanty - polybromované zhášecí hoření

dle nařízení komise (EU) č. 757/2010 ze dne 24.
srpna 2010, Rady (ES) č.

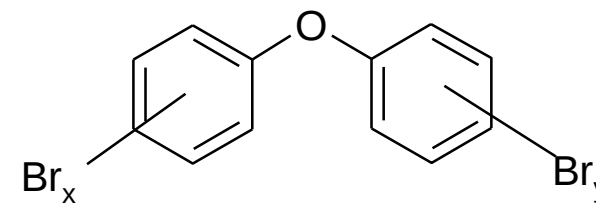
- tetrabromdifenylether (tetraBDE)
- pentabromdifenylether (pentaBDE)
- hexabromdifenylether (hexaBDE)
- heptabromdifenylether (heptaBDE)

– nesmí jich být ve výrobcích více než 10 mg/kg
(0,001 % hmotnostních)

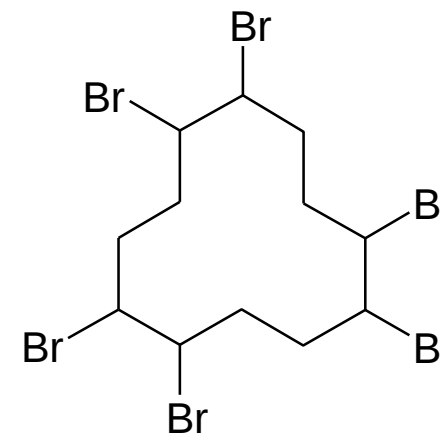
– ve výrobcích z recyklovaných materiálů (i
částečně z recyklovaných materiálů) smí být
max. 0,1 % hmotnostních.



TBBPA



PBDE



HBDCD



Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta UK

Mikropolutanty - perfluorované látky

Případ PFOA – historie se stále opakuje

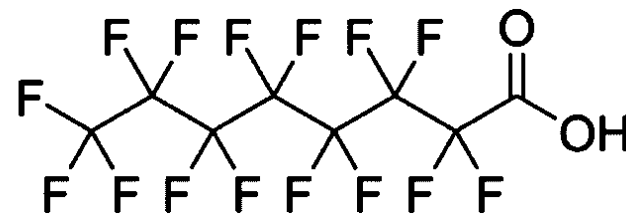
1951 Parkensburg , Záp.Virginia , USA – továrna firmy
DuPont (původně 3M) – produkce PFOA

odpad – oficiálně 700 tun uniklo, bylo skládkováno apod. –
reálně zřejmě o dost více...

Na blízké farmě (Wilbur Tennan) zemřelo celé stádo krav na
selhání orgánů

2000 – DuPont prohrává soud (právník Rob Bilott) – firma
dekády zkoumala nežádoucí účinky PFOA: karcinomy slinivky,
jater, varlat, zvýšený, cholesterol, nemoci štítné žlázy

kontaminace okolí (podzemní a povrchová voda), zdravotní
problémy zaměstnanců a místní populace



Dark Waters (film 2019)

The Devil We Know (dokument. film 2018)



Mikropolutanty - perfluorované látky

Případ PFOA – historie se stále opakuje

- syntetické fluorované látky (včetně jejich oligomerů a polymerů); persistentní látky s bioakumulačním potenciálem
- od poloviny 90. let se výzkum zaměřuje na fluorované uhlovodíky s delším řetězcem – v průmyslových směsích C4 - C20
- odolnost vůči hydrolýze, fotolýze, mikrobiální degradaci a metabolismu obratlovců
- zdroje: hasící pěny, impregnace, použití s teflonem: tkaniny, papír, nábytek, nádobí...prostě všude
- hepatotoxické, karcinogenní, ED thyroidních hormonů (štítné žlázy); poruchy imunitního a nervového systému a zvýšená mortalita mláďat
- PFOS a PFOA = POPs květen 2019



Perfluorocarboxylic acids
(ex. PFOA)



Perfluorosulfonic acids
(ex. PFOS)



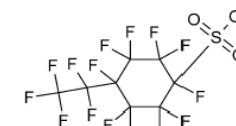
Fluorotelomer alcohol
(ex. 8:2 FTOH)



Perfluorophosphonic/phosphinic acids
(ex. If R=OH then PFOPA
If R=C8 perfluoroalkane then 8:8 PFPI)



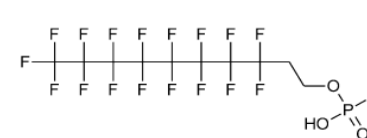
Perfluorosulfonamide
(ex. FOSA)



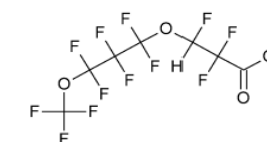
Perfluorinated cyclo sulfonates
(ex. PFECs)



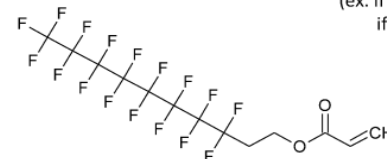
Perfluorosulfonamidoethanol
(ex. N-EtFOSE)



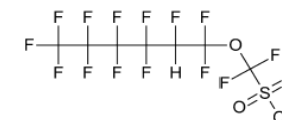
Fluorotelomer phosphate esters
(ex. if R= OH then 8:2 monoPAP
if R= 8:2 FTO ester then 8:2 diPAP)



Polyfluorinated ether carboxylates
(ex. 4,8-dioxia-3H-perfluorononanoate)



Polyfluorinated polymeric unit
(ex. 1H,1H,2H,2H-perfluorodecyl acrylate)



Polyfluorinated ether sulfonates
(ex. Perfluoro [hexyl ethyl ether sulfonate])



Ústav pro
Přírodovědné

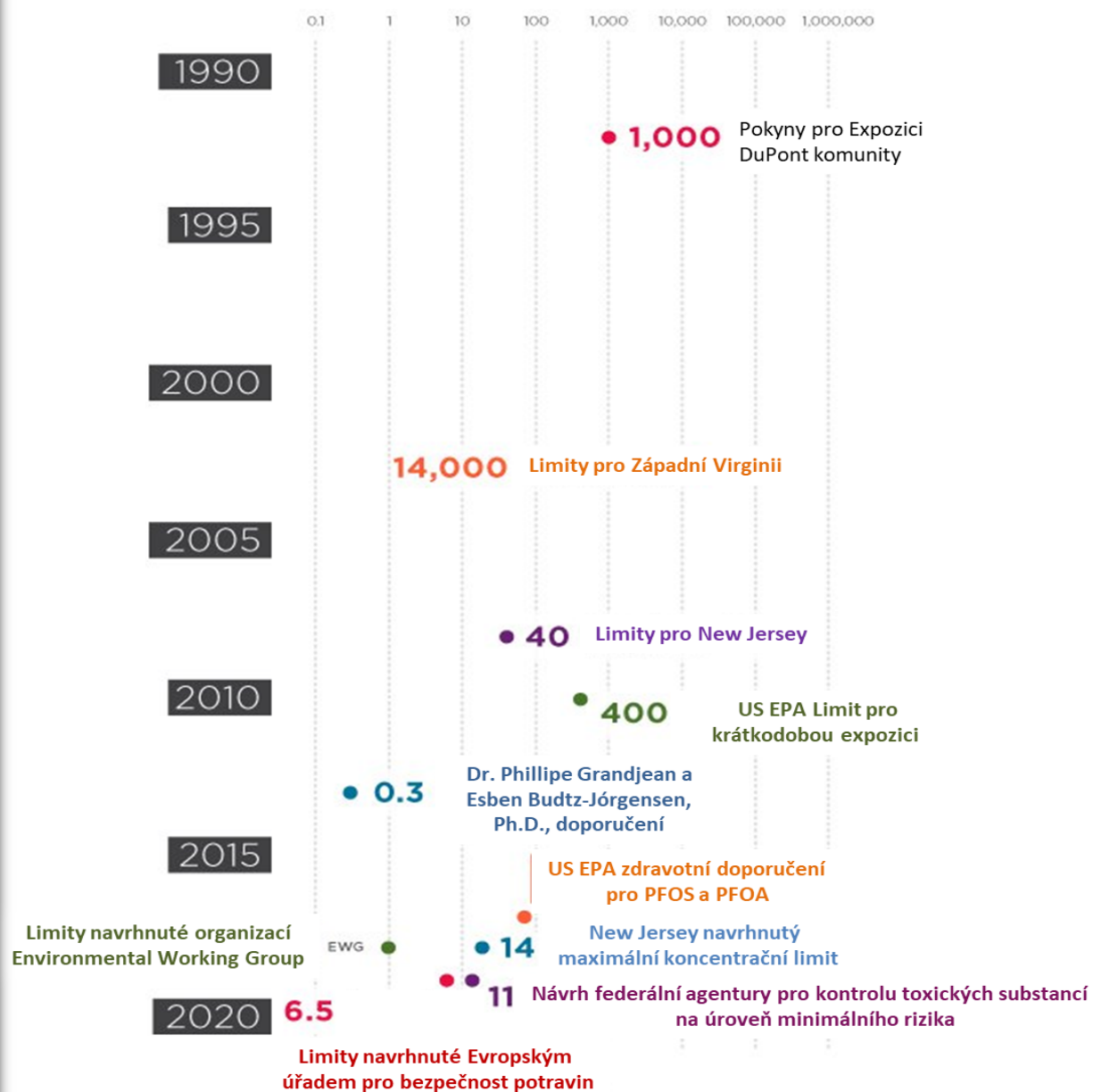
Mikrop

Případ P

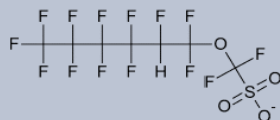
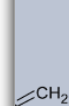
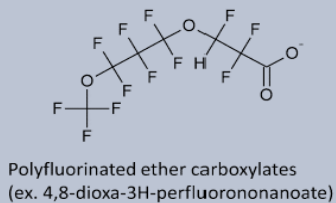
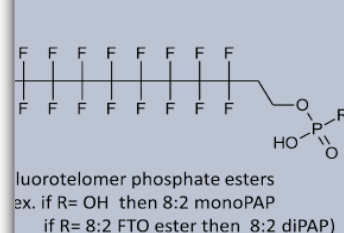
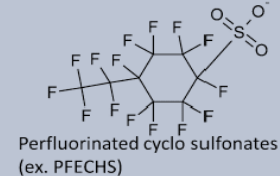
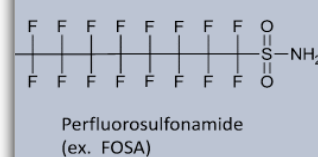
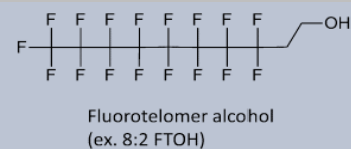
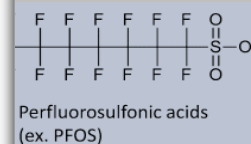
- syntetické fluorované polymerů); persistentní potenciálem
- od poloviny 90. let se uhlovodíky s delším řetězcem (C4 - C20)
- odolnost vůči hydrolyze a metabolismu obrátilo
- zdroje: hasící pěny, impregnační přípravky, tkaniny, papír, nábytek
- hepatotoxické, karcinogenní (štítné žlázy); poruchy reprodukce, zvýšená mortalita mláďat
- PFOS a PFOA = POPs

Limity pro „bezpečnou“ úroveň expozice PFOA

Koncentrace v ng/L v pitné vodě



Vývoj limitů a doporučení pro obsah PFOS a PFOA v pitné vodě (upraveno dle www.ewg.org)



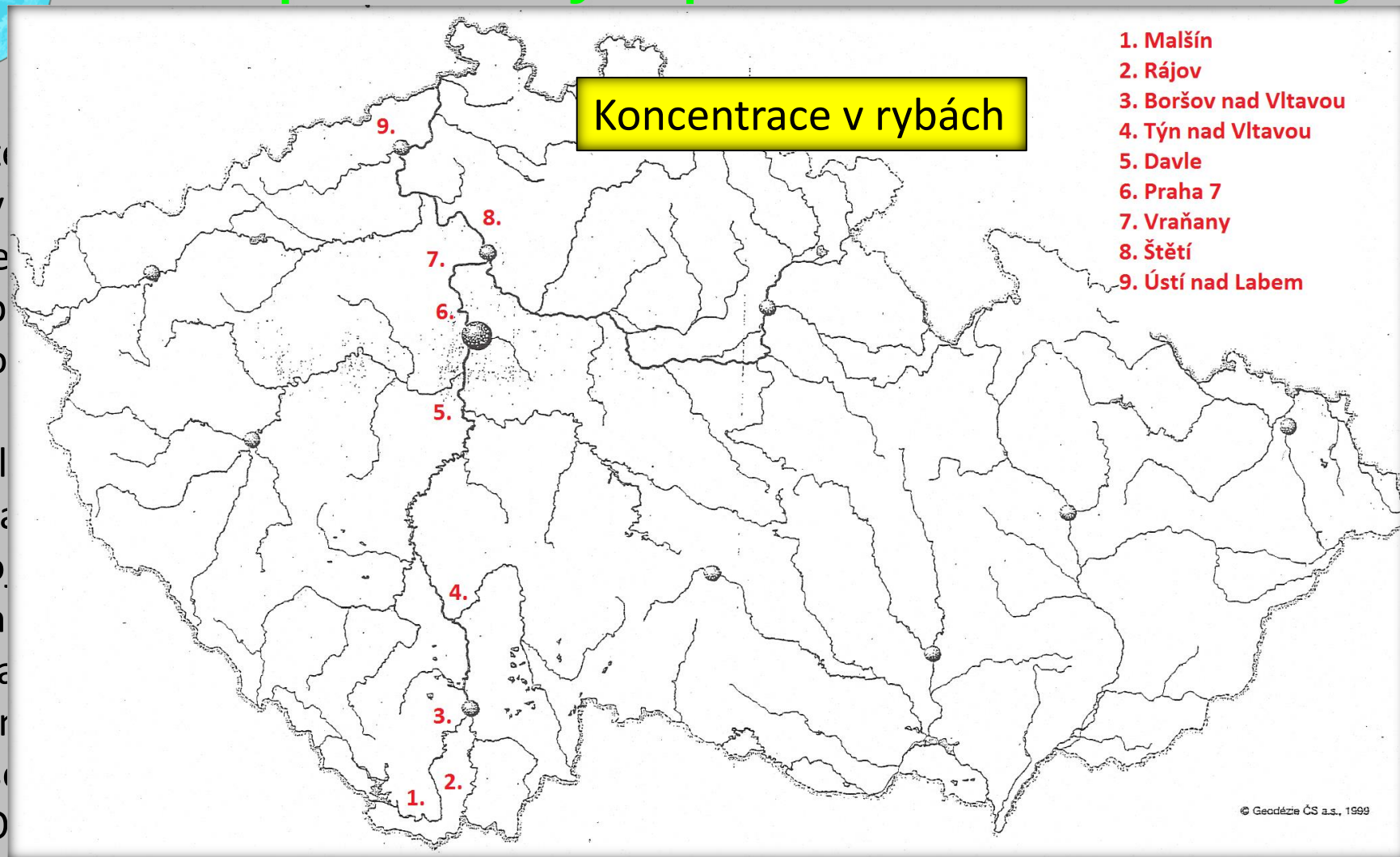
(late)

Polyfluorinated ether sulfonates
(ex. Perfluoro [hexyl ethyl ether sulfonate])



Mikropolutanty - perfluorované látky

- syntéza
- poly
- pote
- od p
- uhlo
- C4 -
- odol
- meta
- zdro
- tkan
- hepa
- (štítr
- zvýš
- PFO



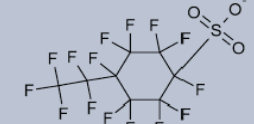
Fluorinated sulfonic acids



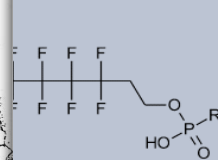
Fluorotelomer alcohol
(ex. 8:2 FTOH)



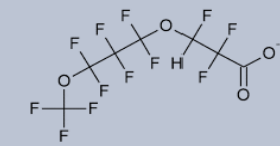
Fluorinated sulfonamides



Perfluorinated cyclo sulfonates
(ex. PFECSS)



Fluorinated phosphate esters
(ex. 8:2 monoPAP or 8:2 diPAP)



Polyfluorinated ether carboxylates
(ex. 4,8-dioxa-3H-perfluorononanoate)



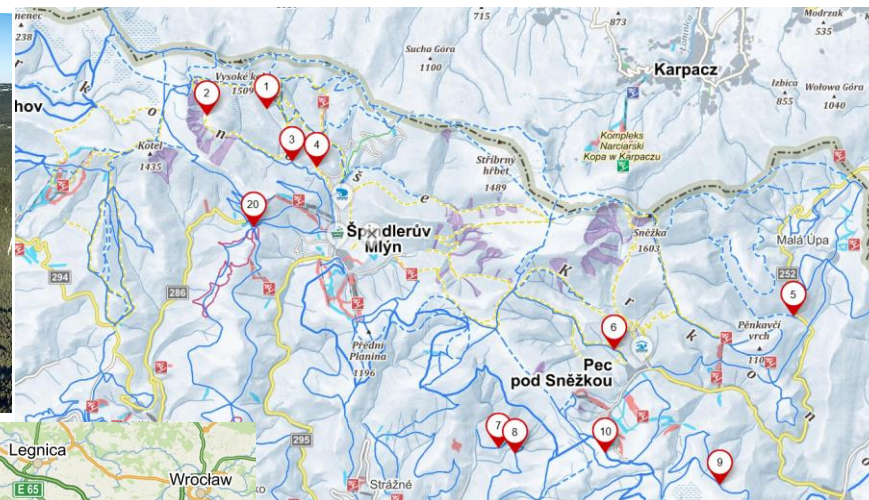
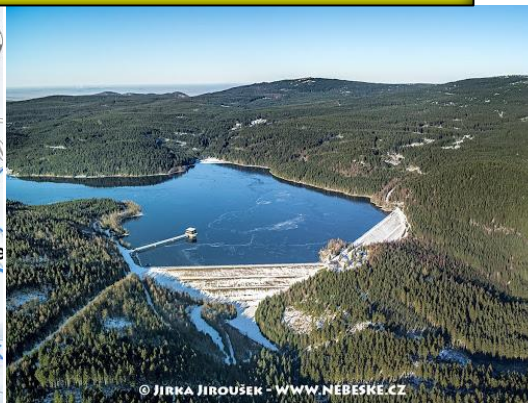
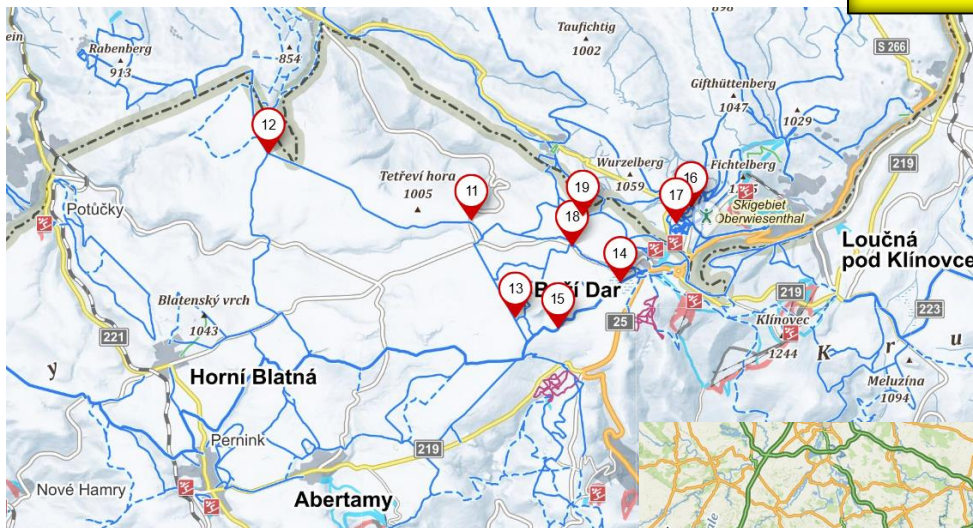
Polyfluorinated ether sulfonates
(ex. Perfluoro [hexyl ethyl ether sulfonate])



Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta UK

Mikropolutanty - perfluorované látky

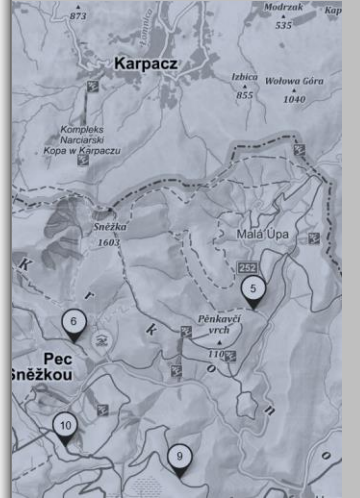
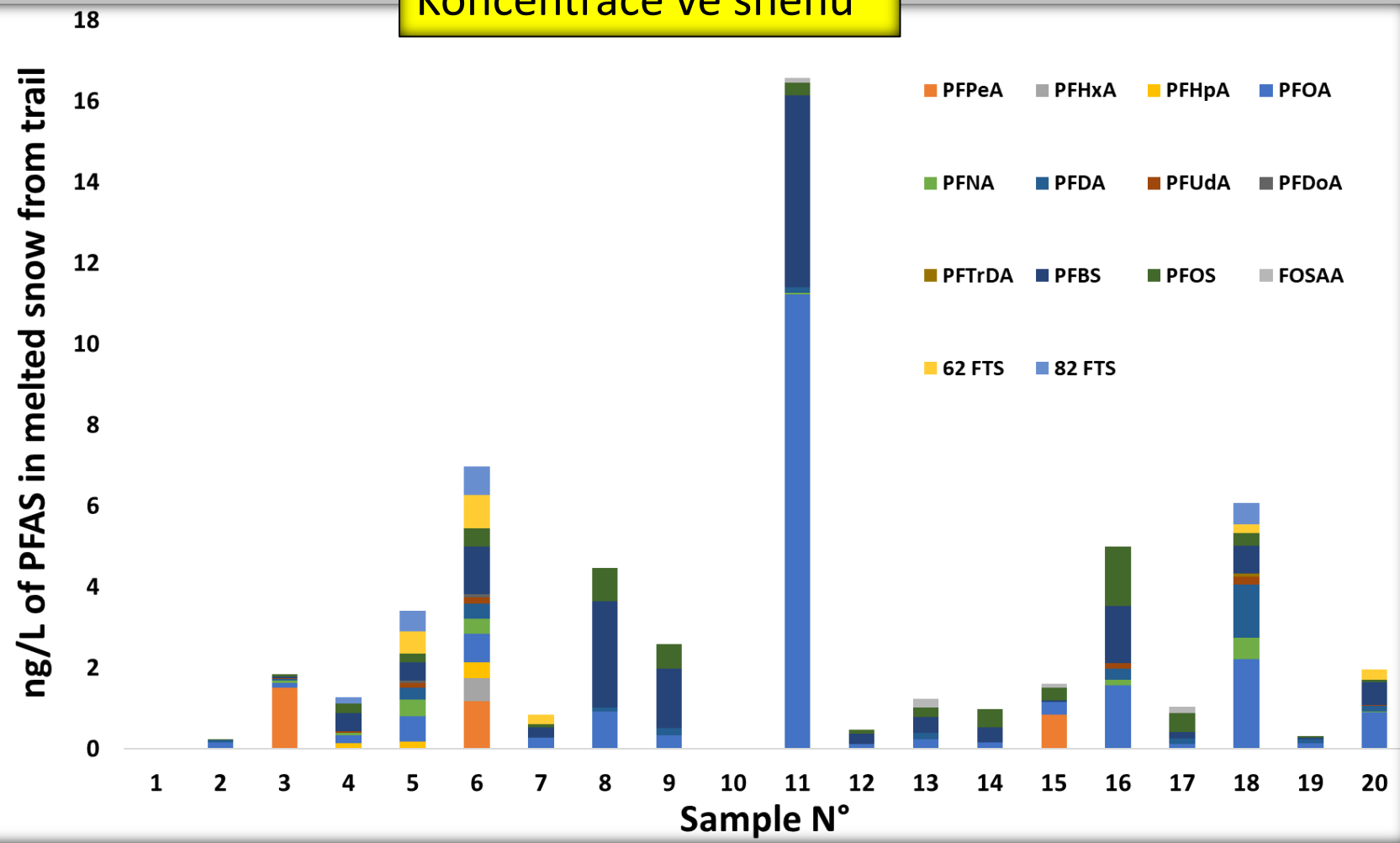
Koncentrace ve sněhu





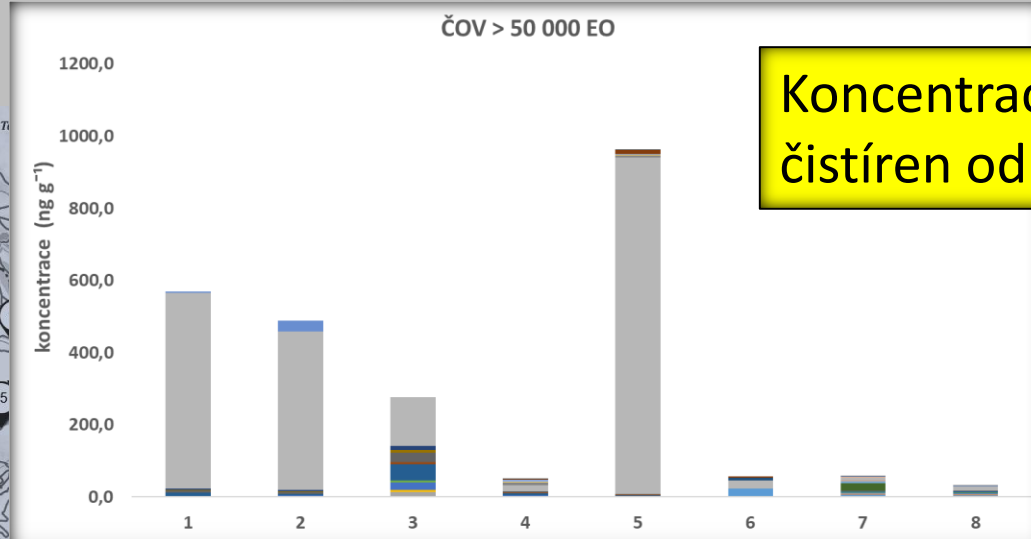
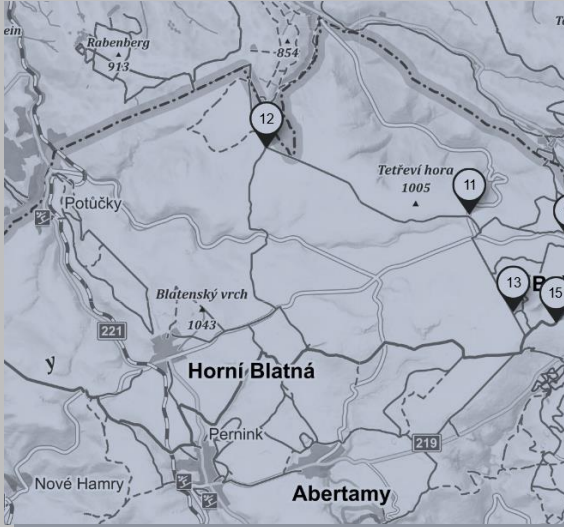
Mikropolutanty - perfluorované látky

Koncentrace ve sněhu

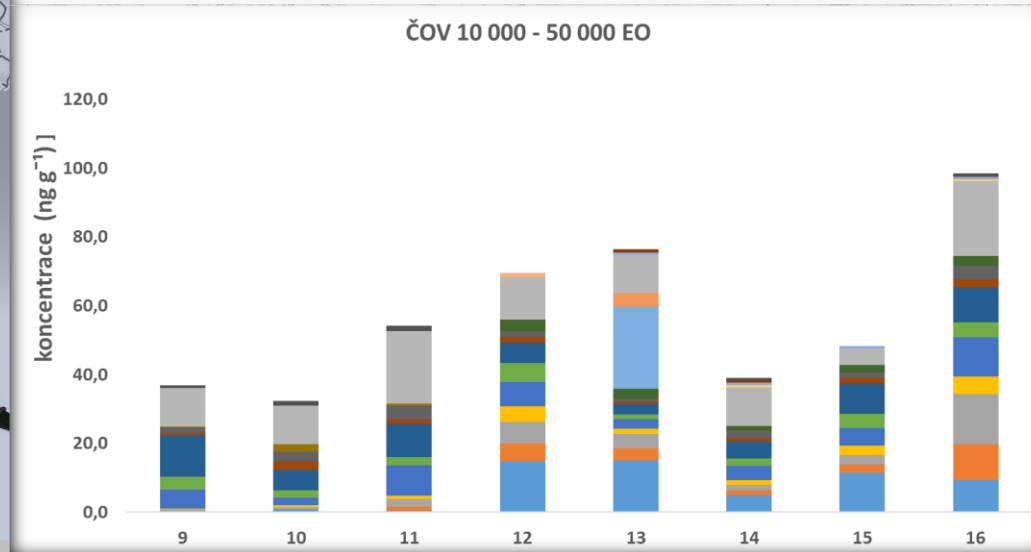




Mikropolutanty - perfluorované látky



Koncentrace v kalu z
čistíren odpadních vod



- | | | |
|-----------------|---------------|---------|
| PFBA | PFPeA | PFHxA |
| PFHpA | PFOA | PFNA |
| PFDA | PFUdA | PFDoA |
| PFTeDA | PFTeDA | PFBS |
| PFHxS | PFHxS | PFOS |
| MeFBSA | FOSA | EtFOSA |
| 3:3 FTA | 5:3 FTA | 7:3 FTA |
| 9-Cl-PF3ONS | 11-Cl-PF3OUdS | NaDONA |
| HFPO-DA (Gen-X) | FOSAA | MeFOSAA |
| EtFOSAA | 4:2 FTS | 6:2 FTS |
| 8:2 FTS | 10:2 FTS | |





Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta UK

Mikroplasty

Vznikají rozpadem z větších kusů plastů - SEKUNDÁRNÍ
Jsou záměrně vyráběny - PRIMÁRNÍ

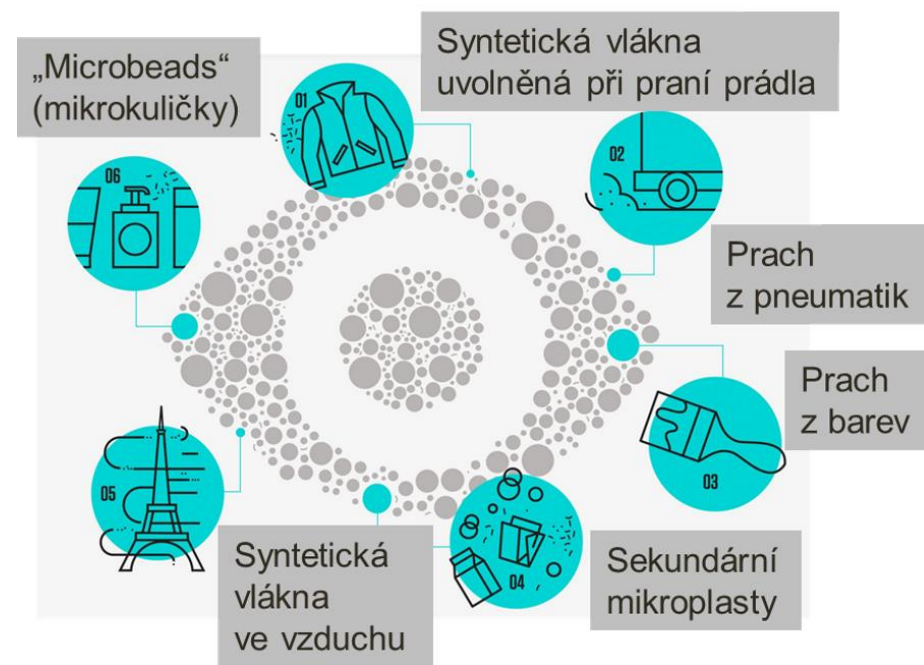
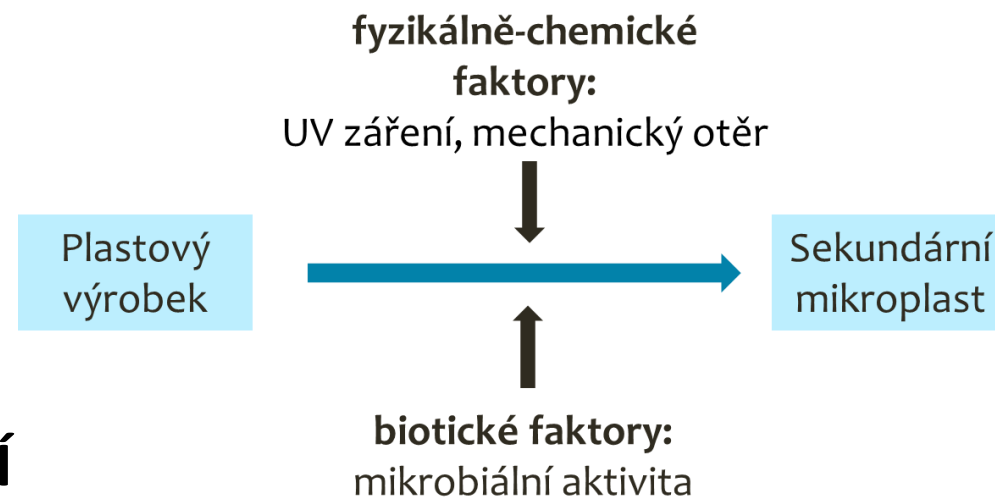
Dělí se dle velikosti:

velké mikroplasty (1–5 mm); malé mikroplasty (20 μm –1 mm); nanoplasty (< 20 μm , < 1 μm , < 100 nm)

Podle materiálu:

polyethylen (HDPE i LDPE), polyethylen tetraftalát (PET), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), ...

Podle tvaru: fragmenty, granule, vlákna

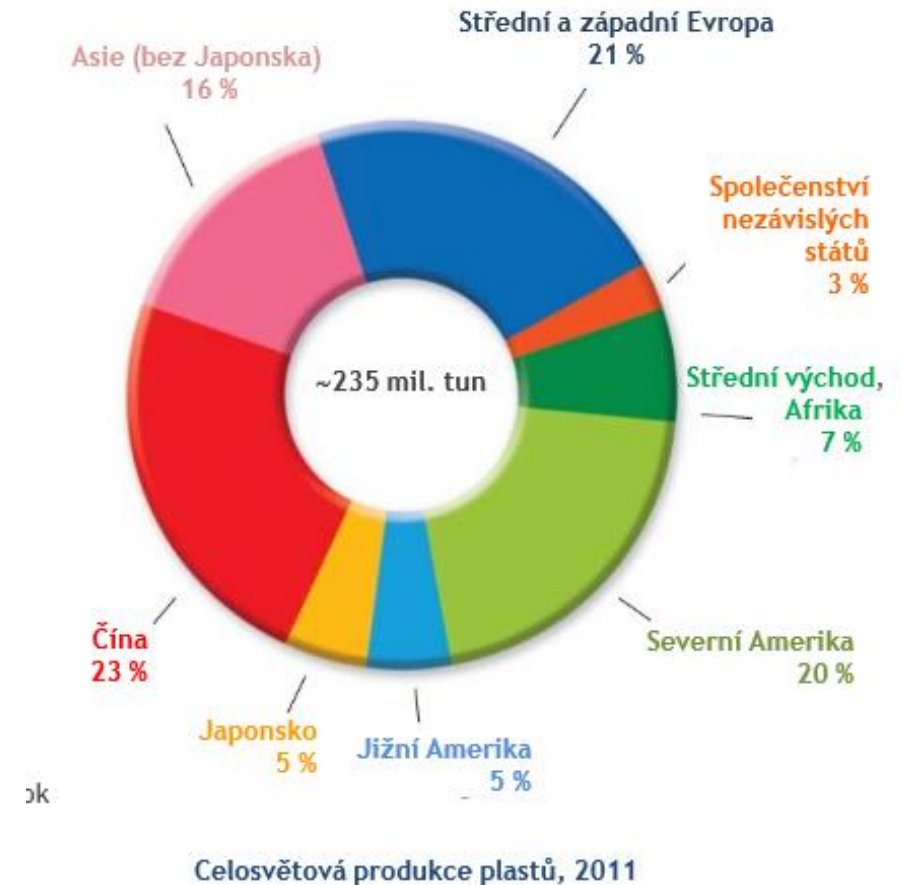
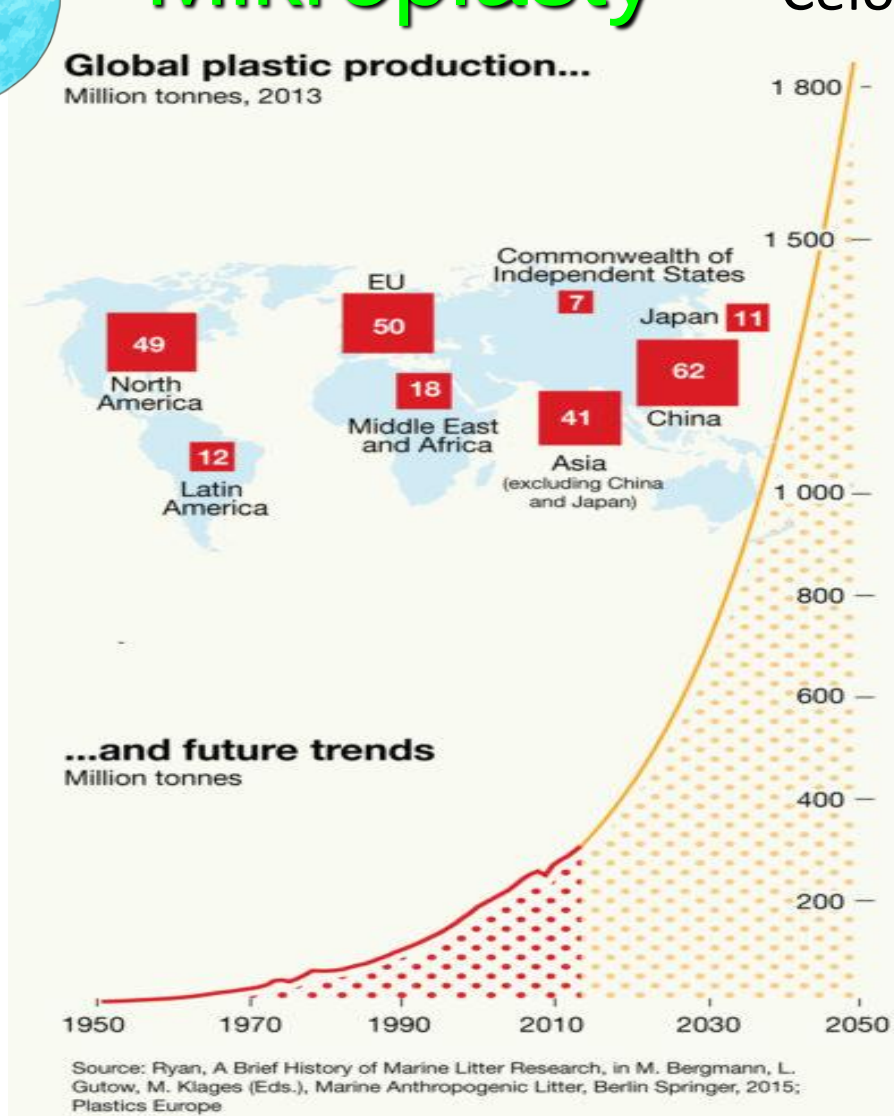


Upraveno dle Pivokonský M.



Mikroplasty

- Celosvětová produkce plastů 2018 – více okolo 400 mil. tun

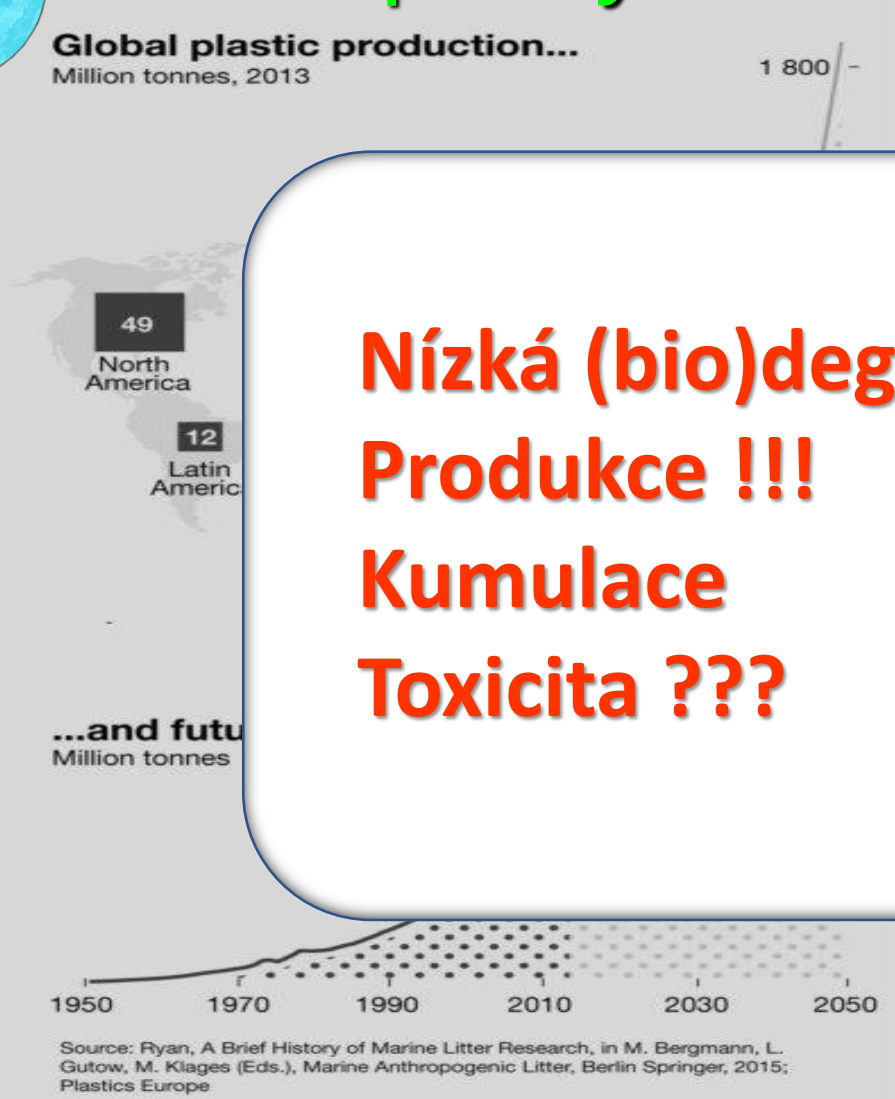




Mikroplasty

- Celosvětová produkce plastů 2018 – více okolo 400 mil. tun

Global plastic production...
Million tonnes, 2013



**Nízká (bio)degradabilita
Produkce !!!
Kumulace
Toxicita ???**

Asie (bez Japonska)

Střední a západní Evropa
21 %

Společenství
nezávislých
států
3 %

Střední východ,
Afrika
7 %

Severní Amerika
20 %

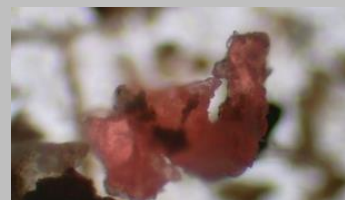
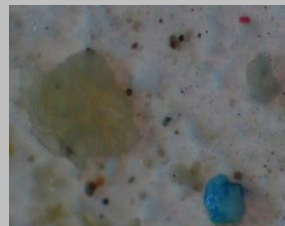
Jižní Amerika
5 %

Celosvětová produkce plastů, 2011

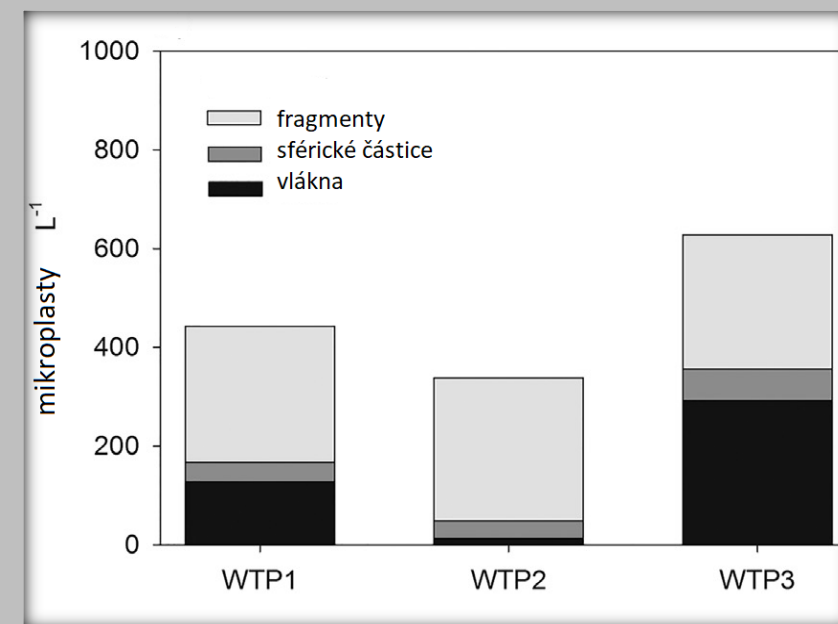
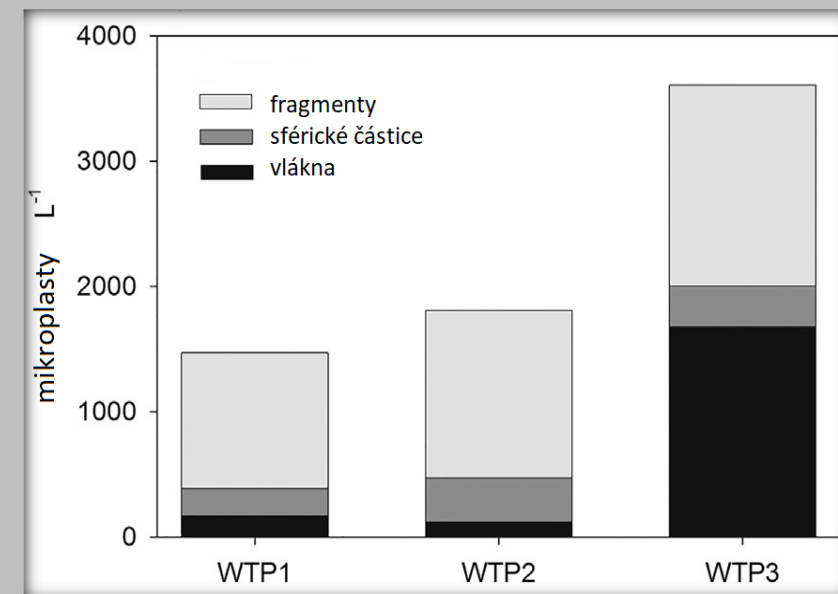
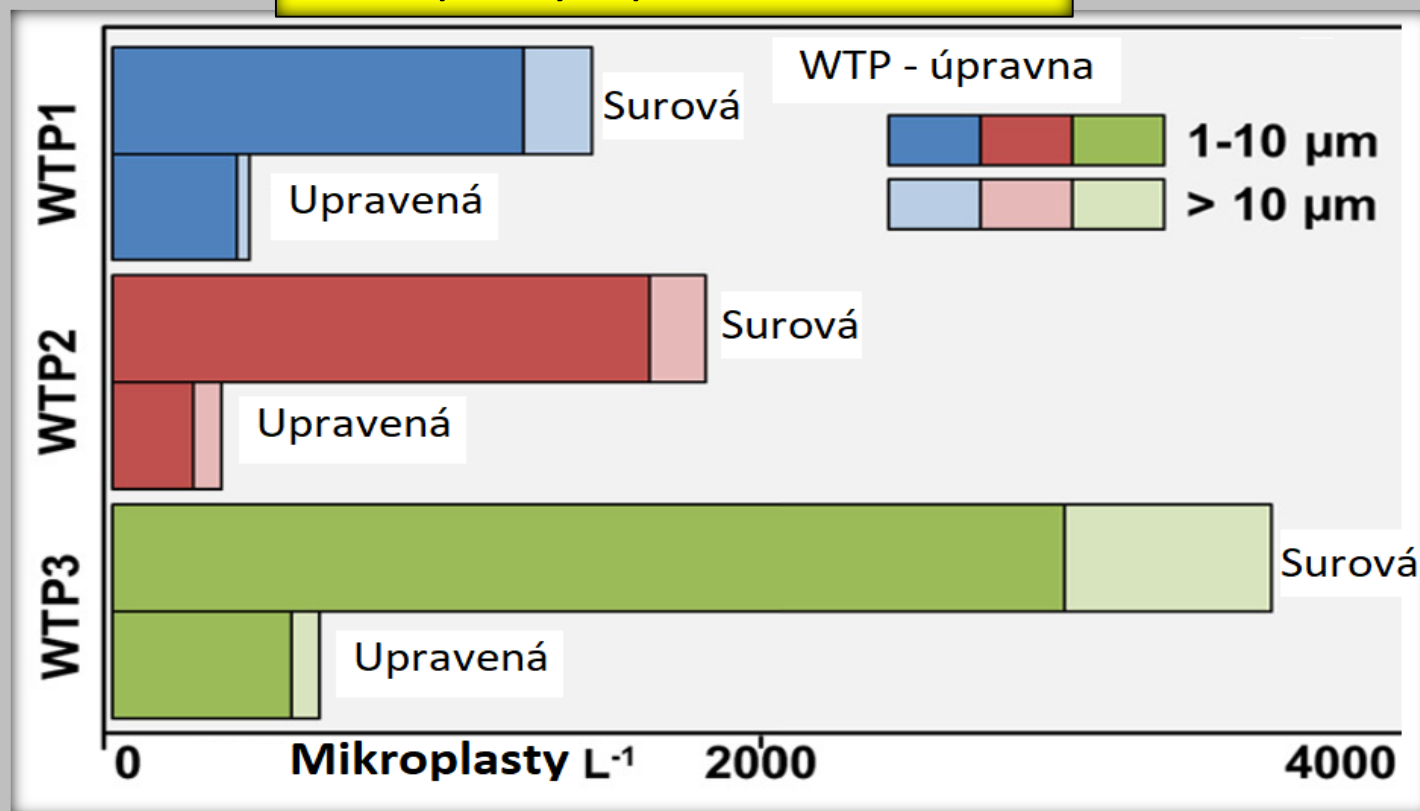


Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta UK

Mikroplasty



Mikroplasty v pitné vodě v ČR





Ústav pro životní prostředí
Přírodovědecká fakulta UK



Děkuji za pozornost!

Poděkování:
Jaroslav Semerád
Tereza Černá