

Ochrana a podpora zdraví: Životní prostředí v ČR II.:

**Chemické faktory životního prostředí:
Kovy v prostředí**

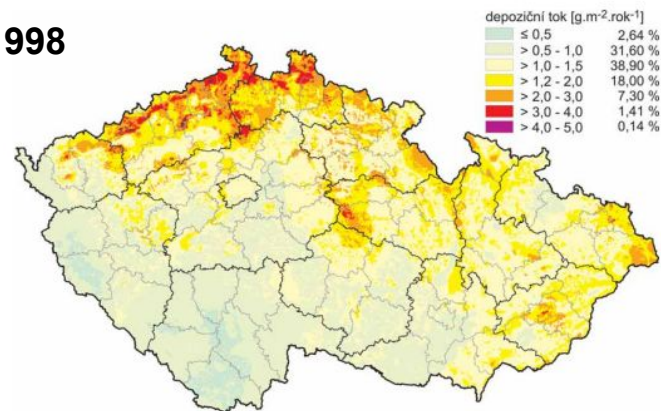
RNDr. Ondřej Zvěřina, Ph.D.
jaro 2019

Vývoj znečištění prostředí na území ČR

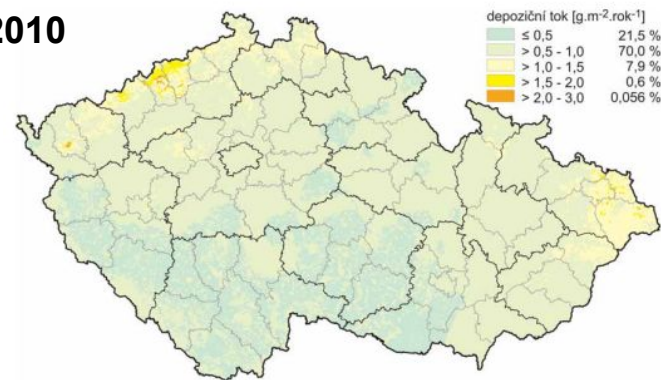
60. léta	obrovský nárůst imisní zátěže
70. léta	Československo: 3. místo v zatížení emisemi SO ₂ (po Belgii a NDR), zavádění odlučovačů prachu. Výrazné poškození lesů Krkonoš a Jizerských hor, zvýšený výskyt alergií a onemocnění dýchacích cest u dětí.
80. léta	kulminace znečištění ovzduší (průmysl, lokální topeniště, doprava)
90. léta	výrazný pokles emisí,
současnost	další omezování emisí, přetrvávající problém: depozice dusíku

Celková depozice síry

1998



2010

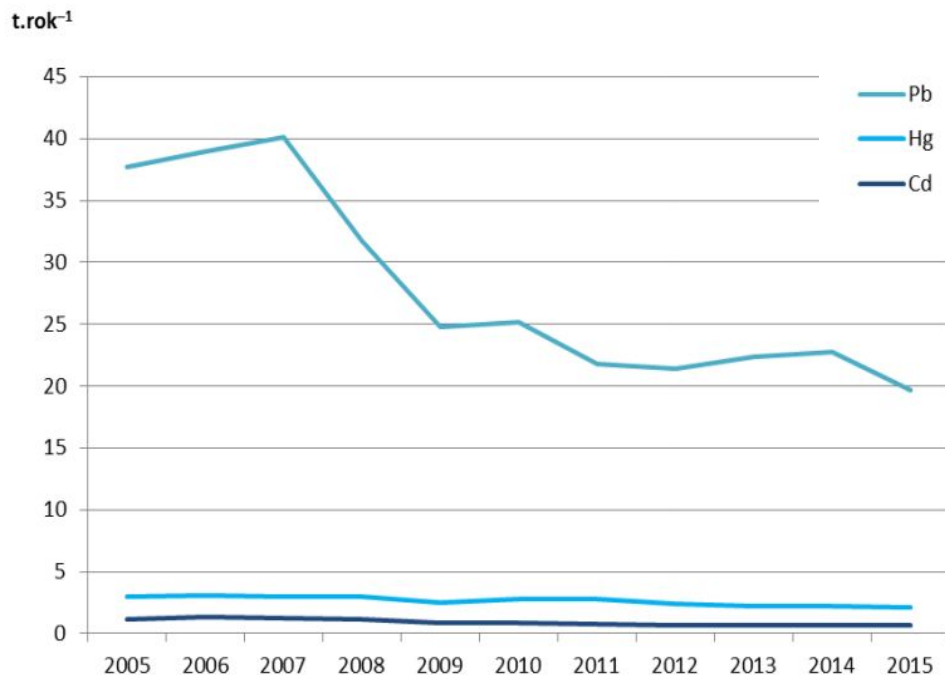
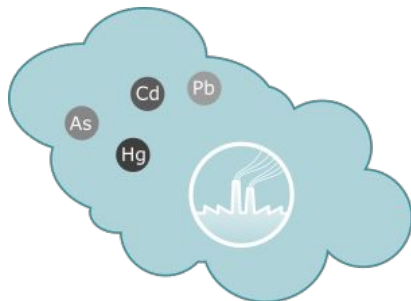


zdroj: [ČHMÚ](#)

Emise těžkých kovů v ČR

trend těžkých kovů v posledních desetiletích:
setrvalý sestup

hlavní zdroje současnosti:
otěry pneumatik a brzd (Pb), veřejná energetika
(Cd, Hg), výroba tepla (Hg), lokální topení (As)



vývoj obsahu Pb v krvi dětí

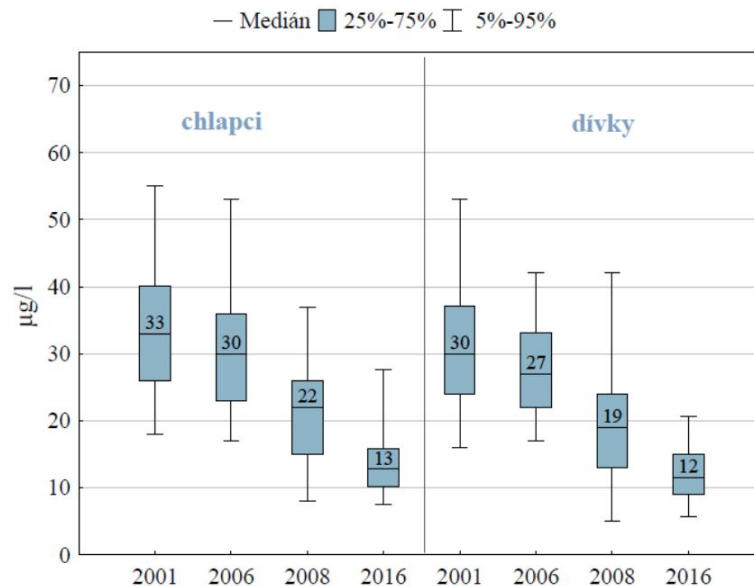
Od zákazu olovnatého benzínu (2000) vykazuje obsah Pb v krvi populace **sestupný trend**

Proč obsahy stále sledovat?

nežádoucí účinky i při expozici nepřekračující současné limity

Olovo a některé další těžké kovy toxické v každé koncentraci

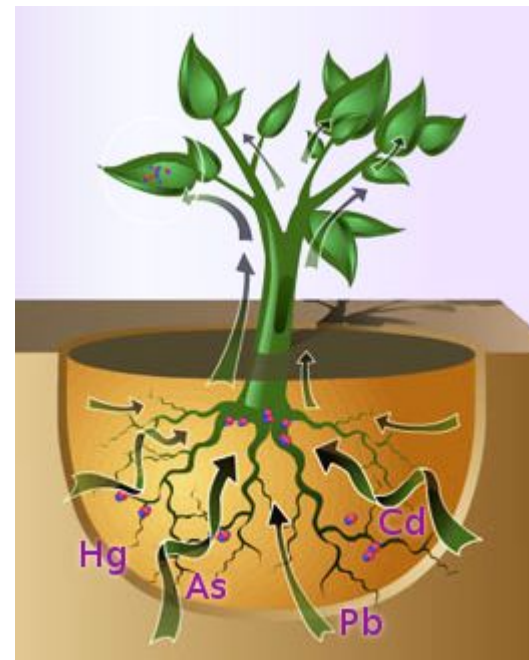
Obsah olova v krvi dětí (plumbémie)



Zdroj: [SZÚ: Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí](#)

Charakteristiky kovů v prostředí

- v prostředí **neodbouratelné** (perzistentní) pouze přechází mezi **formami**
- **rozpustnost řídí jejich pohyblivost (mobilitu)**
 - rozpustnost **v kyselinách**
rozp. v sírové, dusičné → vymývání z půd
 - obzvlášť rizikové prvky: As, Cd, Hg, Pb
- biodostupnost i toxicitu určuje **forma kovu**
 - anorganické (elementární kov, ionty, sloučeniny),
 - organické (humínové látky, alkylové)





Fe

esenciální těžký kov
(hemoglobin, oxidoredukční procesy)

nejrozšířenější mikronutrientní deficit; > 1,5 mld.

VDD: 10 mg muži, 15 mg ženy v reprodukčním období
ztráty ~1 mg denně, ženy víc (menstruace)

projevy nedostatku:
anémie, snížení výkonnosti,
narušení kognitivní vývoj, náchylnost k infekcím

jednoduché návyky podpoří absorpci Fe:

- nepít čaj a kávu během jídla (1-2h prodleva)
- podpořit vstřebání džusem či zeleninou

absorpce železa ze stravy

- mocenství železa ($\text{Fe}^{+II} > \text{Fe}^{+III}$)
- vazba na ostatní složky stravy
 - ⬆️ vitamin C ($\rightarrow \text{Fe}^{+II}$)
 - ⬇️ oxaláty, fytáty, vláknina, taniny (káva, čaj)
- Resorpce regulována dle zásob.
- Příjem Fe ovlivňuje i jiné prvky:
deficience \rightarrow zvýšená absorpce Cd, Pb



hemová forma
(lépe vstřebatelná)
- maso, vnitřnosti



nehemové (horší vstřebatelnost)
cereálie + pečivo, listová zelenina, luštěniny

Toxické kovy v historii lidstva

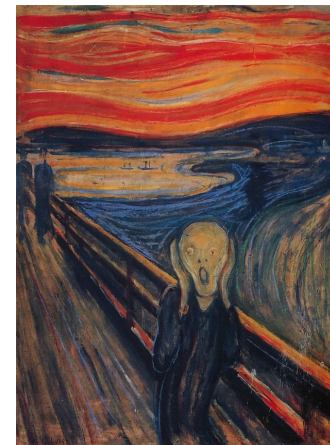
- lidstvo zná těžké kovy a využívá je už tisíce let;
 - Pb v době bronzové v Malé asii, antika
 - As jako pigment ve starém Egyptě
 - trávení sloučeninami As a Sb popisuje Ebersův papyrus
 - některé objeveny poměrně nedávno (Cd r. 1817)
 - rozsáhlé průmyslové využití ⇒ zátěž prostředí



olovo tvořilo materiál nádob na uchování vína ve starém Římě

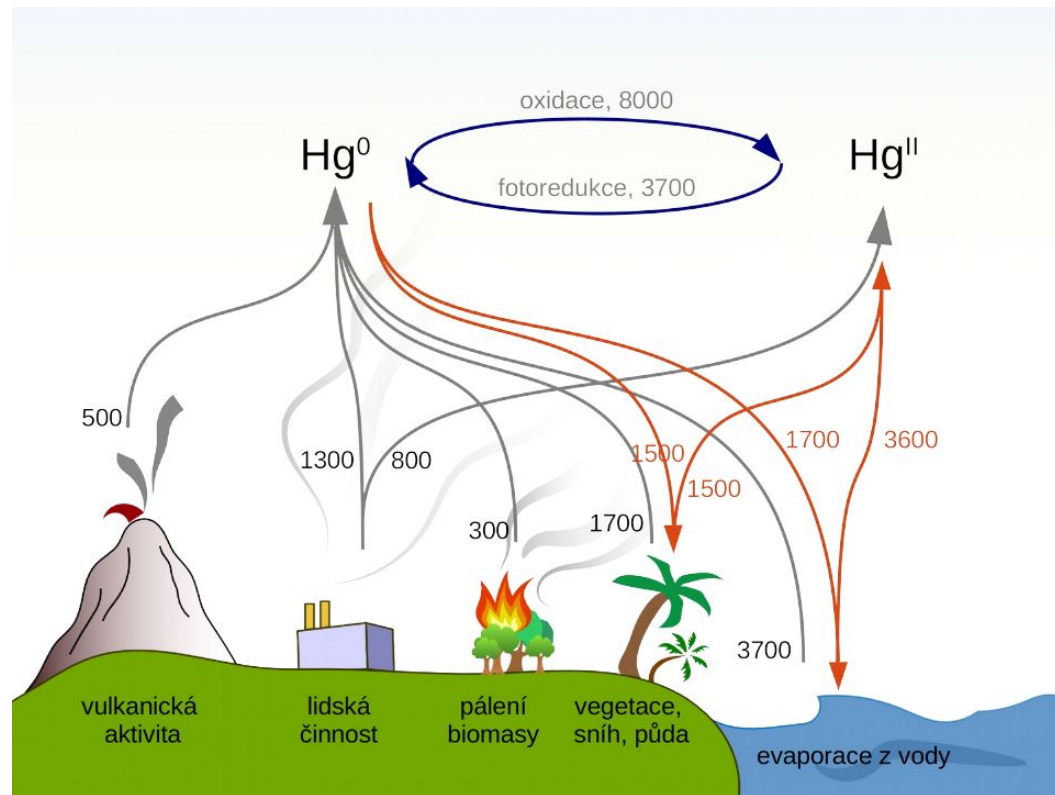


Zelené arsenové pigmenty (Vincent van Gogh), Sulfidy kadmia: žluté, oranžové i červené (Monet, Munch)
Mnoho těžkých kovů tvoří výrazně barevné sloučeniny, pigmenty, využívané v malířství.



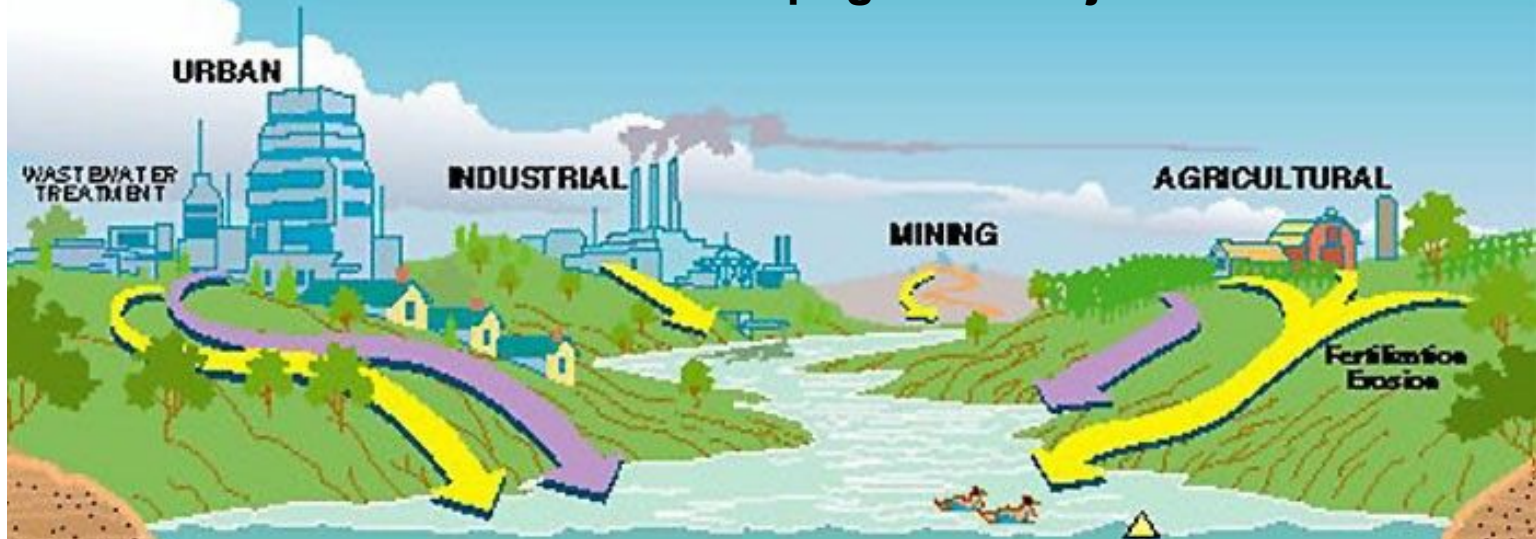
Cyklování kovů v prostředí

- Kovy jsou neodbouratelné, stálé (**perzistentní**);
- vyskytují se různých formách (ryzí kovy / tuhé, kapalné, plynné sloučeniny)
- v ekosystému se **pohybují v cyklech**:
 - geochemických
 - biochemických
 - biogeochemických
- vystupování z cyklů ⇒ **kumulace**
- činností člověka velké množství kovů z rezervoáru v zemské kůře do prostředí → zvyšování expozice



Globální cyklus rtuti podle Holmese a kol. Jednotlivé toky jsou vyjádřeny v tunách Hg za rok

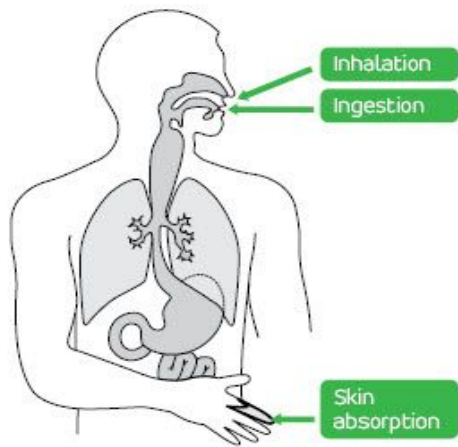
antropogenní zdroje kovů



nejrizikovější kovy: **As, Cd, Pb, Hg** (kvůli toxicitě, svému využití i průmyslovým emisím)

- **zpracování rud**
profesionální expozice (např. [horečka slévačů](#)
způsobená inhalací plynů některých kovů)
- **zemědělská výroba**
průmyslová hnojiva (fosfátová - Cd, Pb)
pesticidy (As, Pb, Hg, Cu, Cd)
- **další zdroje**
 - konzervace dřeva (Cr)
 - elektrochemické procesy (Hg)
 - tabákový kouř (Cd, Ni)
 - dříve olovnatý benzin (Pb)
- **spalování paliv v tepelných elektrárnách a domácnostech**
emise Pb, Se, Cd, Hg, Cr, ..

Vstup kovů do organismu a jejich distribuce



nutný předpoklad: **vstřebání** → do oběhového systému (krve/lymfy)
výjimka: lokální působení ([alergie na nikel](#) - [kontaktní dermatitida](#))

hlavní **vstupní brány** těžkých kovů

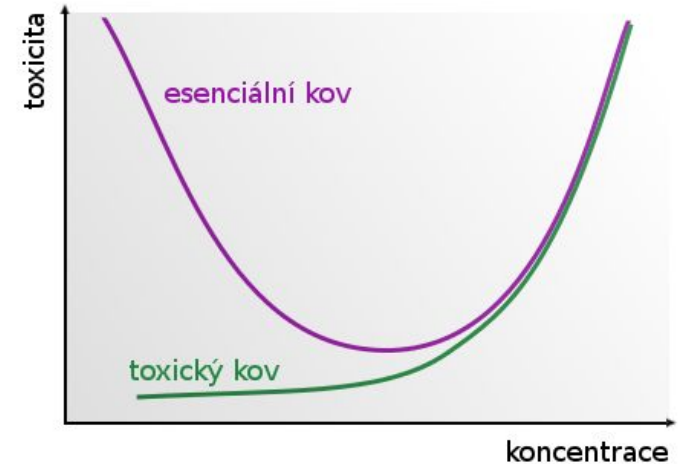
- ingesce (potrava, voda, léky)
- inhalace (výpary, prach)
- přes kůži (barviva, ...)

během transportu v č.krvinkách/na bílkovinách plazmy
→ **cílové orgány**

kov	cílový orgán	poločas vyloučení
arsen	centrální nervová soustava, kůže	hodiny-dny
chrom	plíce, játra, ledviny, pohlavní orgány, kůže	hodiny-dny
kadmium	ledviny, játra, varlata	20-30 let
olovo	kosti, mozek, játra, ledviny, placenta	20-30 let
rtuť	mozek, játra, ledviny	dny (krev), měsíce (celkově)

Toxické kovy - působení na organismus

- mnohostranné, často **nespecifické účinky**
(dermatitidy, zažívací potíže, poškození orgánů, nádory, vazba na buněčné stěny a omezení průchodnosti živinám)
As, Cr^{VI}, Pt karcinogeny
Cd, Pb, Th spermioxicita
Hg teratogen, embryotoxicita
- vazba na **-SH, -COOH a -NH₂ skupiny** biologických struktur → změna funkce, deaktivace enzymů
- **nahrazování jiných prvků**
Pb a Sr vs. Ca v kostech
Cd vs. Zn v enzymech
As vs. P

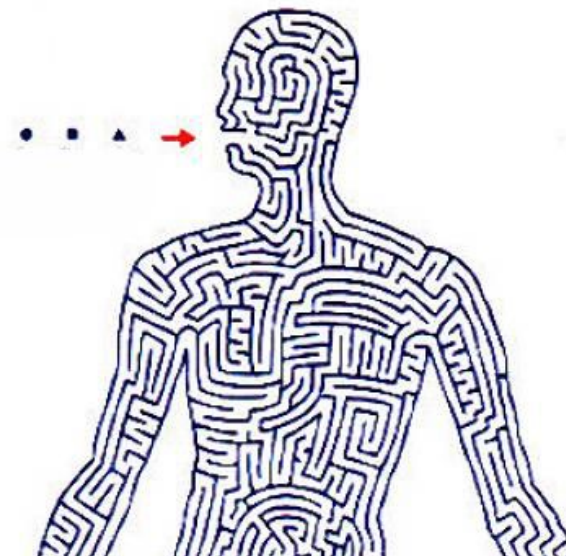


Příjem a biodostupnost

- **voda a potraviny** jsou hlavní zdroj (kromě vysoce znečištěných oblastí)
dietní zdroje 80 % Cd, 40 % Pb, 98 % rtuti
- **biodostupnost** je dána vlastnostmi kovu i okolí
 - **forma kovu:**
 - anorganické (elementární kov, ionty, sloučeniny),
 - organické (huminové látky, alkylové)
- příklady ovlivnění stravou
 - vitamin C: snižuje absorpci Cd a Pb (částečně zvýšením absorpce Fe)
 - mléko absorpci některých kovů zvyšuje (Ca však omezuje vstřebání Fe)
 - alkohol narušuje hospodaření s minerálními látkami
 - kouření (Cd, Ni)

biodostupnost

podíl podané dávky, který nakonec vstoupí do systémového oběhu



Otrava těžkými kovy

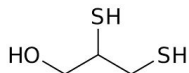
Akutní intoxikace těžkými kovy jsou vzácné, většinou profesního původu.

Nějkastější je otrava olovem, arsenem a anorganickou rtuťí.

Při akutní otravě se nejlépe prokazují v moči a krvi, při dlouhodobé expozici ve vlasech.

Chelatační terapie

V léčbě se uplatňují látky, které s těžkými kovy tvoří cheláty, které se zpravidla vylučují močí.



příznaky otravy těžkými kovy



otrava TK- zbarvené dásně a zuby (*hyperpigmentosis*), vlevo otrava mědí, vpravo olovem

zbarvení zubů

černé
šedé
modrozelené
žluté

zdroj otravy

stříbro, železo, mangan
olovo, rtuť
měď, nikl, antimon
kadmium

chelatační činidlo

EDTA

dimerkaprol
(dimerkaptopropanol)

DMSA

otrava

Pb

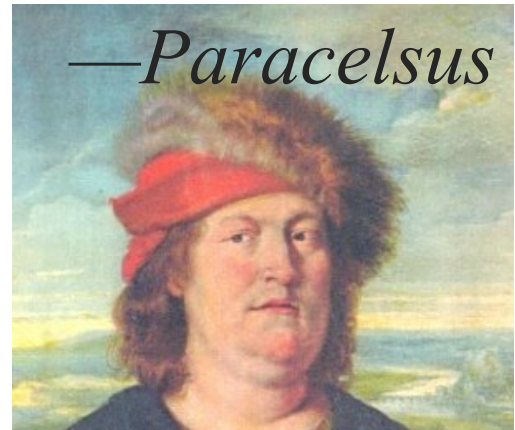
As, Au, Hg, Pb

As, Hg, Pb

Všechny sloučeniny jsou jedy.

Neexistuje sloučenina, která by jedem nebyla.

Rozdíl mezi lékem a jedem tvoří dávka.





Rtuť

(Hg, hydrargyrum)

lidstvem využívána přes 3 000 let

po celou dobu sbírání zkušeností s její toxicitou

rtuť poškozuje několik orgánových systémů

neurotoxicita = kritický toxický účinek Hg

projev nepříznivého účinku podmíněný dostupností

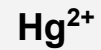
(fyzikálně-chemické vlastnosti konkrétní formy)



Rtuť a její fyzikálně-chemické formy



elementární rtuť:
kovová nebo ve
formě par



anorganické
sloučeniny

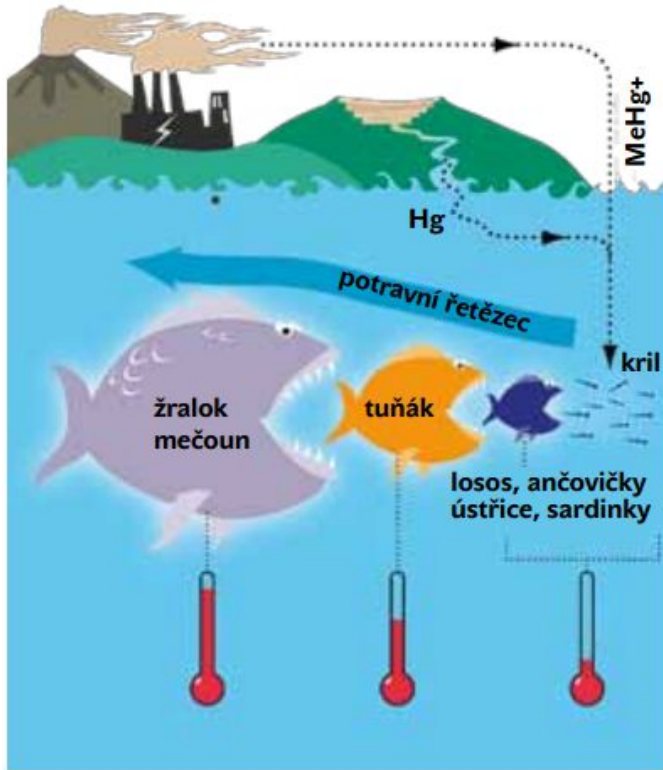
organická Hg

organické formy,
zejména methylrtuť
(MeHg, CH_3Hg)

tyto formy nejnáze prochází
hematoencefalickou
membránou



[EPA: what to do with broken thermometer](#)



Rtuť ve vodním prostředí

Schéma cesty rtuti od emisních zdrojů (sopka, elektrárna spalující uhlí) do vodního prostředí.

Značná část rtuti i její metylované formy vzhledem ke svým fyzikálním vlastnostem skončí adsorbovaná přímo na drobné vodní organismy nebo částičky organické hmoty, které jsou pozřeny.

Tyto drobné organismy jsou pak např. v moři potravou pro kril. Kril je pak potravou pro větší ryby a na konci potravního řetězce jsou predátoři jako žralok nebo mečoun.

Symbolický teploměr znázorňuje, jak se koncentrace rtuti zvyšují při cestě potravním řetězcem v důsledku bioakumulace.

MERCURY LEVELS IN FISH

HIGH

Bluefish
 Crab (*Blue*)
 Grouper*
 Mackerel (*King, Spanish, Gulf*)
 Marlin*
 Orange Roughy*
 Salmon**
 (*Farmed, Atlantic*)

Seabass
 (*Chilean**)
 Shark*
 Swordfish*
 Tilefish*
 Tuna
 (*Ahi, * Yellowfin, * Bigeye, Blue, Canned Albacore*)

*Overfished **May Contain PCBs



MEDIUM

Bass
 (*Striped, Black*)
 Carp
 Cod (*Alaskan*)
 Croaker
 (*White Pacific*)
 Halibut
 (*Pacific, Atlantic**)
 Lobster
 Mahi Mahi

Monkfish*
 Perch
 (*Freshwater*)
 Sablefish
 Skate*
 Snapper*
 Tuna
 (*Canned Chunk Light, Skipjack**)
 Sea Trout

Data from: nrdc.org



LOW

Arctic Cod
 Anchovies
 Butterfish
 Catfish • Clam
 Crab (*Domestic*)
 Crawfish/Crayfish
 Croaker (*Atlantic*)
 Flounder*
 Haddock (*Atlantic**)
 Hake • Herring
 Mackerel
 (*N. Atlantic, Chub*)

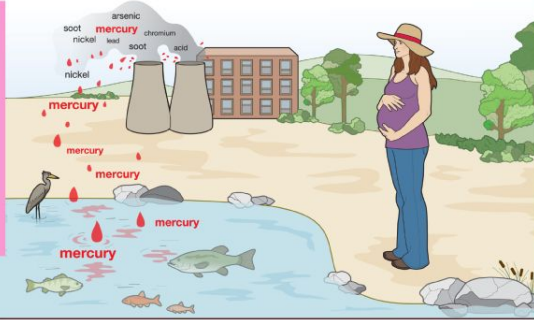
Mullet • Oyster
 Perch (*Ocean*)
 Plaice • Pollock
 Salmon**
 (*Canned, Fresh, Wild*)
 Sardine • Scallop*
 Shad • Shrimp*
 Sole • Squid
 Tilapia • Trout
 Whitefish
 Whiting



COAL-FIRED POWER PLANTS ARE THE LARGEST SOURCE OF TOXIC MERCURY; THEY EMIT 72% OF ALL MERCURY AIR POLLUTION IN THE UNITED STATES.

WHEN A COAL SMOKESTACK IS NOT FILTERED, MERCURY AND OTHER POISONS—ARSENIC, LEAD, NICKEL, CHROMIUM, AND ACID GASES—ARE RELEASED INTO THE AIR.

THAT MERCURY DRIFTS THROUGH THE AIR ACROSS THE GLOBE AND RAINS DOWN INTO RESERVOIRS, RIVERS, LAKES, AND THE OCEAN.



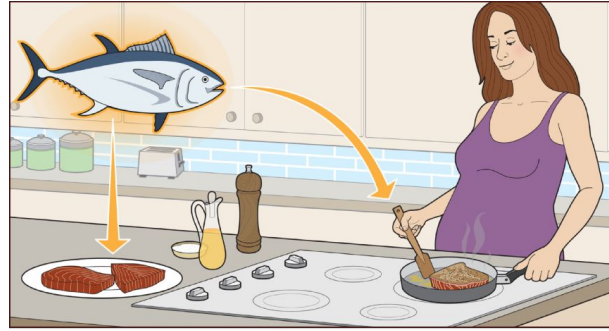
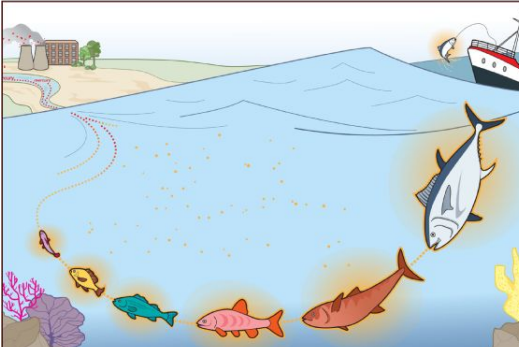
EVERY STATE IN THE COUNTRY HAS ISSUED A FISH ADVISORY BECAUSE OF UNSAFE MERCURY CONTAMINATION.

MICROORGANISMS IN THE WATER CONVERT THE MERCURY TO A HIGHLY TOXIC FORM, CALLED METHYLMERCURY.

THAT BACTERIA MAKES THE MERCURY "BIO-AVAILABLE" — ABLE TO BE TAKEN UP BY FISH THAT CONSUME IT.

METHYLMERCURY IS ABSORBED BY FISH THROUGH THEIR GILLS AND DISPERSED THROUGH THEIR BODIES.

IT ACCUMULATES IN FATTY TISSUE.



CONTAMINATED FISH IS EATEN BY OTHER FISH, BIRDS, AND MAMMALS — INCLUDING HUMANS.

TYPICALLY, THE LONGER A FISH LIVES, AND THE LARGER IT IS, THE MORE MERCURY ACCUMULATES IN ITS FLESH.

KING MACKEREL, TILEFISH, RAY, GROUPER, HALIBUT, SWORDFISH, BARRAMUNDI, SHARK, GEMFISH, TUNA, AND ORANGE ROUGHY ALL CONTAIN HIGH LEVELS OF MERCURY.

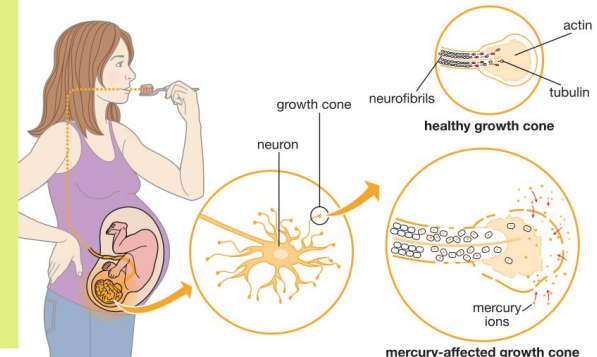
ONCE WE EAT CONTAMINATED FISH, METHYLMERCURY GOES DIRECTLY INTO THE ORGANS THAT HAVE THE MOST FATS, WHERE IT ACCUMULATES.

BREASTS: MERCURY IS FOUND IN BREAST MILK.















BRAINS: METHYLMERCURY IS ABLE TO BREACH THE BLOOD-BRAIN BARRIER.

UMBILICAL CORD: METHYLMERCURY REACHES THE FETUS AND THE BABY'S DEVELOPING BRAIN.

FETUSES AND YOUNG CHILDREN ARE ESPECIALLY VULNERABLE TO POISON, WHICH CAUSES BRAIN NEURON DEGENERATION AND IMPAIRS LEARNING AND GROWTH.



KNOW YOUR TUNA

	TRAITS	MAX LENGTH	MAX WEIGHT	USED FOR	HE.
 SKIPJACK	- Reproduce early (1 year) and often - Short lifespan (<4 years)	108 cm/ 3.5 feet	33 kg/ 73 lbs	Canned 	
 ALBACORE	- Reproduce later (5 years) - Longer lifespan (<7 years)	130 cm/ 4.3 feet	40 kg/ 88 lbs	Canned & steaks  	
 YELLOWFIN	- Reproduce early (1-2 years) and often - Longer lifespan (<7 years)	205 cm/ 6.7 feet	194 kg/ 427 lbs	Canned, steaks & sushi   	
 BIGEYE	- Reproduce later (5 years) - Longer lifespan (<10 years)	230 cm/ 7.5 feet	210 kg/ 462 lbs	Steaks & sushi  	
 BLUEFIN	- Reproduce late (5-15 years) and only once a year - Long lifespan (>35 years)	300 cm/ 9.8 feet	668 kg/ 1472 lbs	Sushi 	

Jak je to s konzervovaným tuňákem?

druhy tuňáka se výrazně liší obsahem Hg

- malé druhy obsahují méně rtuti (běžně v konzervách)
- velké druhy obsahují Hg mnohem více (používané na steaky nebo do sushi)



Minamata (JAP)



mercury poisoning - Minamata story

Veterináři stahují z obchodů mečouna, obsahuje rtuť - tuna masa už se ale prodala

26. 2. 2016

Státní veterinární správa (SVS) stáhla z trhu 300 kilogramů mraženého mečouna kvůli zvýšenému obsahu rtuti. Více než tuna masa se ale už prodala. Ve vzorcích bylo asi dvojnásobně víc rtuti, než je povolené množství. Podle veterinářů to neznamená pro zdraví akutní nebezpečí.



Mečoun obecný (*Xiphias gladius*)

Zdroj: EMPICS Autor: PA

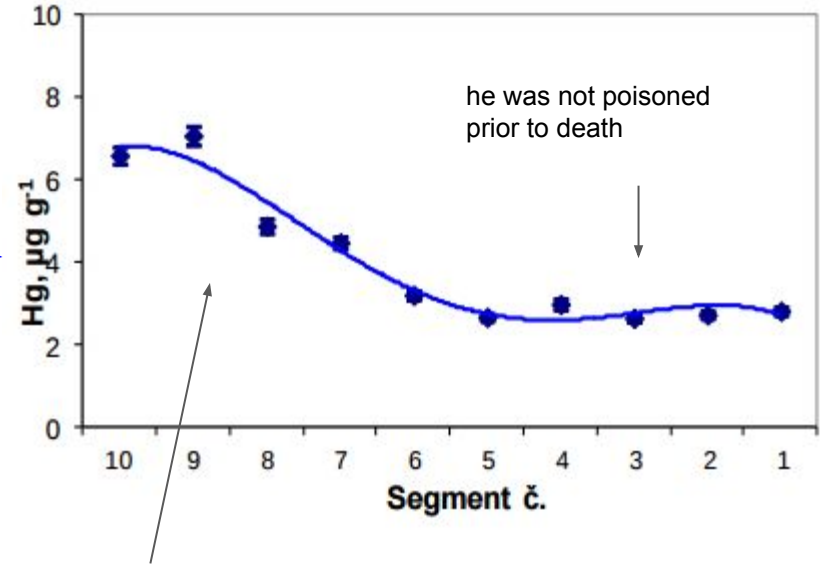
In the Iraq poisoning, of an estimated 50,000 people exposed to the contaminated bread, 459 died, and 6,530 were hospitalized.



Photographs from *Neurotoxicology*, 1995, Vol. 16, No. 4



Tycho Brahe had 7.5 cm long hair.
Daily growth rate of hair: 0.27 mm,
thus record of 6-9 months



he was developing (and probably using)
the elixir *Medicamenta tria*. One of the
three components was mercury

it seems Tycho Brahe was not poisoned by Hg

Analýza zátěže kovy

Vlasy a nehty

Vhodné pro měření minerálních látek:

Se, Cd, Hg, Pb, ...

časová integrace:

podle délky vlasů lze sledovat až roky života

Snadný odběr i skladování, zřetel na vnější kontaminaci. (Vzdálenější části často obsahují víc kovů než u hlavy.)

Péče o vlasy může zkreslovat výsledky. Ideální stav vlasů u hlavy (ztráta dlouhodobé informace).



Analýza kovů v těle

Vlasy a nehty

oběr vlasů

odběr z temene, <5 cm od hlavy,
cca 0,5-1 g vzorku

Mycí procedura (dle WHO):

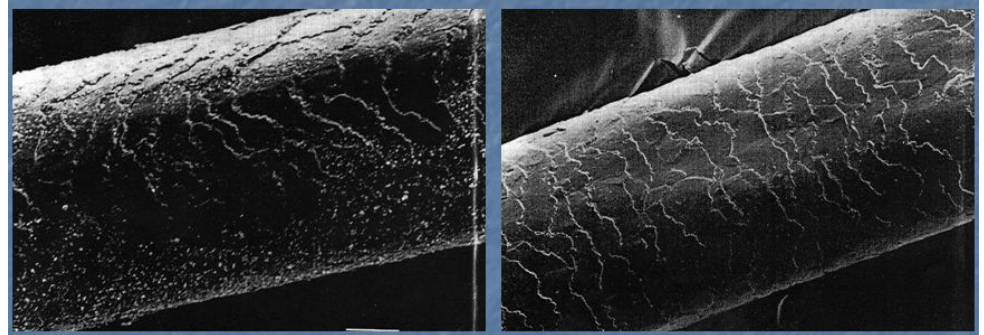
- aceton,
 - 3x deionizovaná voda,
 - aceton
- (vždy 10 minut)

Rozklad vzorku

Mikrovlnný rozklad do roztoku

Stanovení kovů

Atomová absorpční spektrometrie



před mytím

po mytí



Arsen ve vodách Bangladéše

delty řek Ganga a Brahmaputra silně biologicky znečištěné

řešení: hloubkové vrty (podpora WHO, Unicef)

→ výrazné omezení parazitárních onemocnění

→ avšak: výskyty otravy arsenem

limitní obsah As ve vodě dle WHO: **10 $\mu\text{g/litr}$**

v ČR stejný limit

žádoucí koncentrace = 0.

85 % vrtů víc As (často až tisícinásobně)

voda pro 77+ milionu lidí, většina přijíma nadlimitní množství As

⇒ největší hromadná otrava v dějinách



Arsen ve vodách České republiky

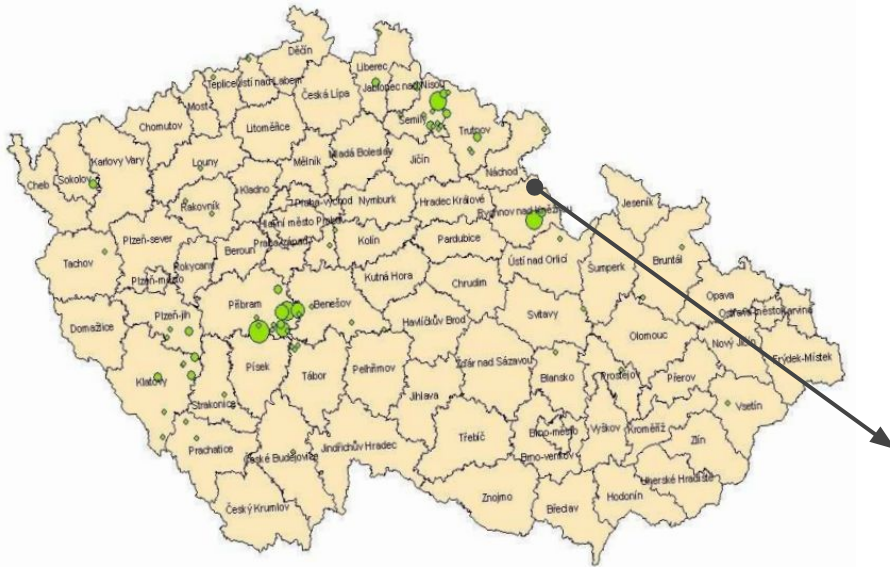
V ČR je situace obecně příznivá.

Avšak: **rozmanité geologické podloží** a na jistých místech problematika aktuální.

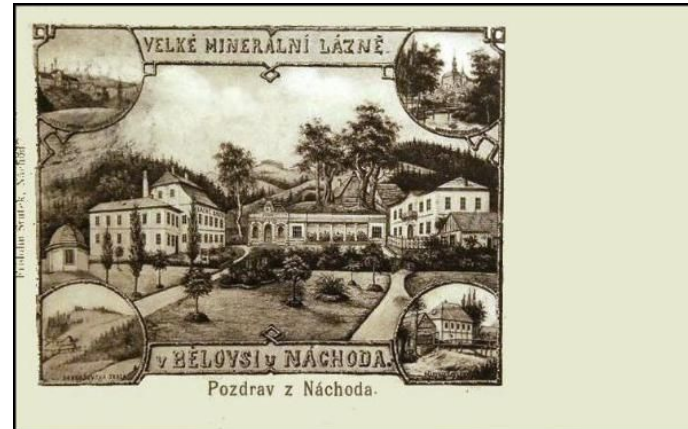
V asi 1 % oblastí může být expozice významná.

Nadlimitní množství arsenu v oblastech Krkonoš, Orlických hor

možnost úpravy vody speciálními filtry







Běloves na Náchodsku
minerální voda 2,7 mg As/
dříve ozdravné prameny, lázně





Lidé pili čtyři roky arzen v minerálce, město přehlédlo zákaz inspekce

20. února 2016 7:50    



Arsen - toxicita

toxicita spojena se **speciací arsenu** (oxidační stav, vazba, rozpustnost):

- sulfid arsenitý (As_2S_3) nerozpustný \Rightarrow netoxický
- kovový arsen nejedovatý (až v těle přetvářen na toxické produkty)
- organické sloučeniny arsenu málo toxické
- **nejtoxičtější: anorganické sloučeniny As(III), příp. As(V)**

chronický účinek: kožní léze, hyperkeratóza, rakovina

akutní účinek: podobné kožní problémy + kardiovaskulární a cns

$\text{LD}_{50} \text{As}_2\text{O}_3$: 70-180 mg



Rezaul Morol, a young Bangladeshi man, nearly died from arsenic poisoning caused by drinking arsenic-laden well-water for several years. The doctor advised Rezaul to stop drinking contaminated water and eat more protein-rich food such as fish. Since then Rezaul feels a lot better and is happy that his skin is healing (Photo and original story: Asia Arsenic Network)



otrava arsenem se projevuje skvrnami na kůži, které přecházejí do hyperkeratózy, často i rakoviny kůže.

Olovo (Pb)

spolu se rtuťí nejdéle známý a využívaný kov
žádný esenciální význam - pouze toxický

v těle antagonista vápníku → **kumulace v kostech**,
ovlivnění krvevrotorby (ruší syntézu hemoglobinu)

v období nedostatku vápníku (těhotenství) může dojít
k mobilizaci Pb do krve a průniku placentární bariérou

u dětí způsobuje mentální retardaci

významný expoziční vstup: **ingesce** (60% zadrž)
(mohou zmírnit preparáty na bázi zinku)



Olovo v říši Římské

období chronických otrav olovem

osudná záliba ve víně

kyselé víno postupně rozpouštělo stěny olověných nádob, navíc přísady octanu olovnatého
⇒ bohatí Římané často pokročilé otravy

projevy: demence, nepříčetnost (Neron, Kaligula)
méně výrazné projevy (málomluvnost, zasmušilost, snížená sexuální výkonnost) běžné mezi aristokraty

chudina ohrožena vodou

olověné potrubí, olověné nádoby na potraviny, psaní olůvkem,

otroci v olověných dolech



příjem olova

hlavně potrava a voda
dermální absorpce minimální

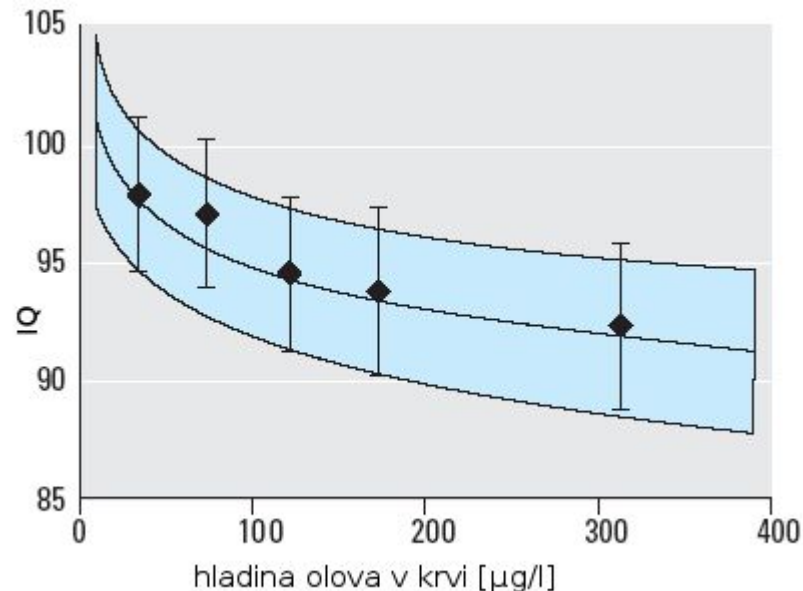
hladina olova v krvi = *plumbémie* ($\mu\text{g/l}$)

poločas vyloučení
krev - desítky dní
kosti - desítky let

toxicita olova

akutní poměrně nízká
chronická - vazba na SH skupiny,
interference s metabolismem vápníku,
nejcitlivější těhotné ženy a děti,
poruchy psychiky, změny chování, snížení intelektu

Olovo proniká placentární i mozkovou bariérou
(v mozku se však nekumuluje)



zvýšená hladina olova v krvi dětí předškolního věku se prokazatelně projevuje snížením jejich IQ. Referenční limitní hodnota plumbémie $50 \mu\text{g/l}$ odpovídá snížení IQ asi o 3 body.

Tzn. neexistuje bezpečná prahová dávka, nelze stanovit tolerovatelný denní příjem.

Olovo v pitné vodě

používání olověných materiálů (v 19. století plošně)

V současnosti v ČR několik procent domů s Pb rozvody

Pb potrubí = nevyčerpatelný zdroj olova

významnost ovlivňuje agresivita vody (měkká, kyselá, úprava chloraminací) i její stagnace.

Pokrytí vrstvičkou **uhličitanu pasivuje** uvolnění.

možnosti snížení uvolnění olova přidavkem orthofosforečnanu (GB), u nás spíš výměna

Pb ve vodě variabilní - jednotky až stovky $\mu\text{g/l}$
po nočním stání až mg/l

Limit Pb ve vodě

doporučení WHO i u nás **10 $\mu\text{g/l}$**

(ani tento limit nevyklučuje nepříznivé ovlivnění vývoje)





Balení obsahuje čtyři sáčky dlouhozrné rýže o hmotnosti 400 gramů s minimální trvanlivostí do srpna 2013. Vysoké množství olova bylo nalezeno jen v této šarži.

Typ výrobku	PARBOILED
Kategorie	Jídlo a pití - Jídlo + pití
Riziko	Zdravotní
Nebezpečí	⚠ Balení obsahuje 2,5krát více olova, než povoluje norma. Povolená hodnota je 0,2 mg/kg.
Země původu	Polsko
Rozpor s	V odebraném vzorku analýza potvrdila množství 0,51 miligramu olova na kilogram, a potravinu byla proto vyhodnocena jako nevhodná k lidské spotřebě.

Kadmium

dlouhý poločas vyloučení (10-30 let)
hlavními zdroji **jídlo a kouření**

rostliny přijímají Cd z půdy (kontaminant hnojiv)
při nízkém pH, tímto známé obiloviny,
zejména pšenice (v otrubách)

pokusně zjištěno, že krysy na celozrnné dietě
obsahují více kadmia (játra)

kromě obilovin také ovoce, zelenina

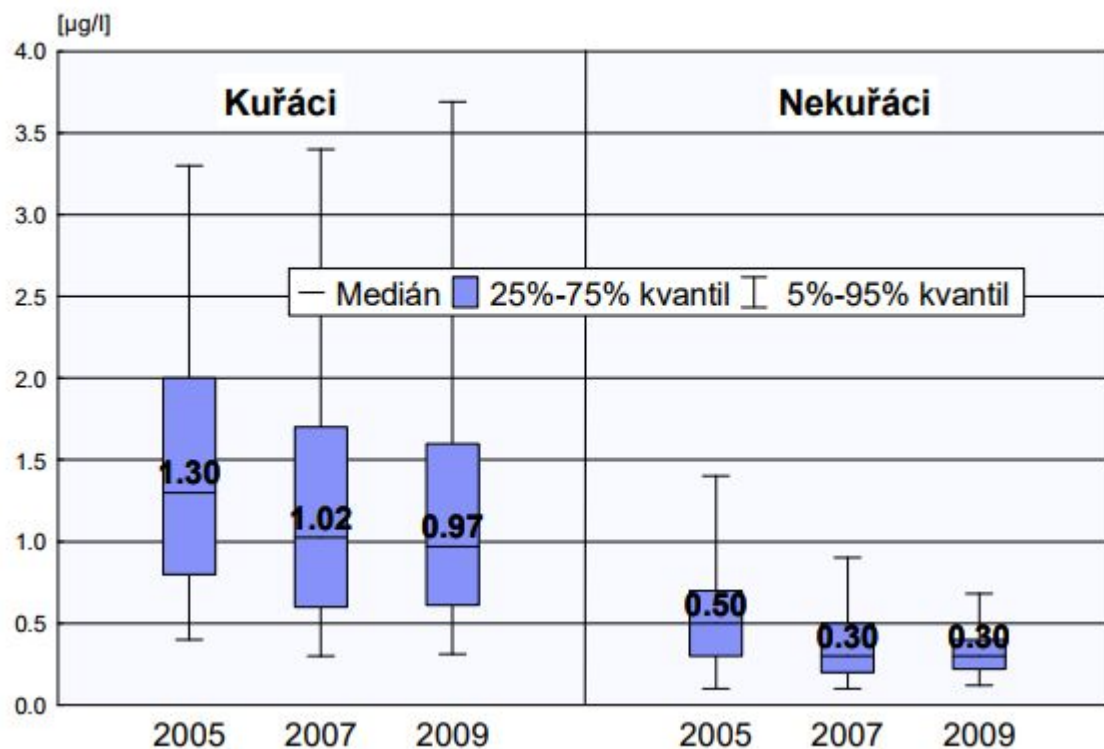
⇒ **dieta ovlivňuje příjem Cd**

V Japonsku v 50. letech hromadná otrava kadmiiem z kontaminované rýže. Projevem bylo odvápnění kostí a změna jejich struktury, zlomeniny. Bolestivá choroba byla pojmenována itai-itai (bolí-bolí).

Jedna cigareta obsahuje 1 - 2 μg Cd, z toho je inhalací asi 10% absorbováno



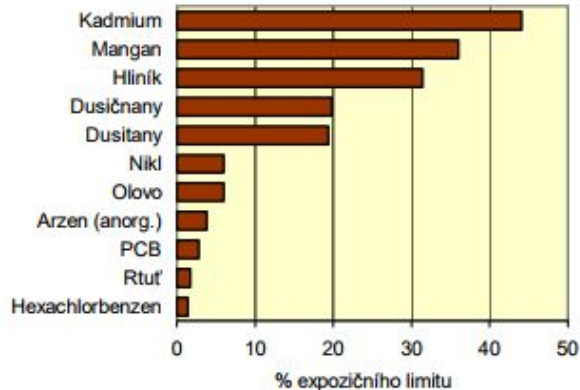
Obsah kadmia v krvi kuřáků a nekuřáků, 2005-2009

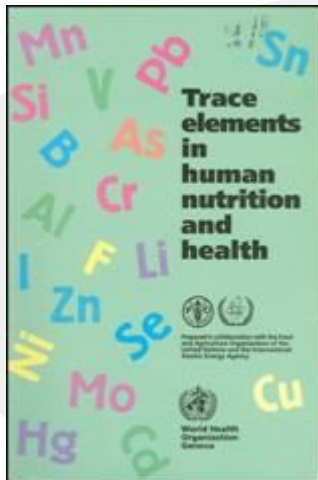


pozitivní závěr

klíčové sdělení

Pro osoby s průměrnou spotřebou a skladbou potravin nepřekračuje přívod žádného sledovaného kovu přijatelnou hodnotu.





K dalšímu čtení

[Trace elements in human nutrition and health](#)

Pokud vám něco z této prezentace není jasné, zkuste nalézt odpovědi ve volně dostupné publikaci od WHO.