



Minerální látky

Pavel Coufalík

BVCP0222p, jaro 2022

Minerální látky

- Látkové složení (sloučeniny) x elementární složení (prvky)
- Voda
- Organogenní prvky – C, O, N, P, S
- Minerální látky – ostatní prvky + P, S (lze zařadit do obou skupin)

Dělení minerálních látek podle množství

Majoritní minerální prvky :

- Setiny až jednotky procent
- Na, K, Mg, Ca, Cl, P, S

Minoritní minerální prvky:

- Desítky až stovky $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$
- Fe, Zn

Stopové prvky:

- Al, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, F, Hg, I, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sn

Minerální látky

Dělení minerálních látek podle fyziologického významu

Esenciální prvky:

- Slouží k zajištění biologických funkcí (stavba biologických struktur, katalýza, regulační a ochranná funkce)
- Esenciální prvek = přítomen v zdravých tkáních; jeho nedostatek vede k fyziologickým změnám nebo smrti
- Na, K, Mg, Ca, Cl, P, S
- Fe, Zn, Mn, Cu, Ni, Co, Mo, Cr, Se, I, F, B, Si

Toxické prvky:

- Vykazují toxické účinky (sloučeniny nebo volné prvky)
- Inhibice významných enzymů
- Pb, Cd, Hg, As

Neesenciální prvky:

- Fyziologicky indiferentní; s neznámou biologickou funkcí; ostatní prvky ve stopových koncentracích
- Esencialita i toxicita prvků je různá pro jednotlivé organismy
- Některé esenciální prvky mohou být toxické ve vyšších dávkách (Se, Ni)

Minerální látky

- Obsah minerálních látek v potravinách je velmi variabilní – metabolismus prvků v různých organismech
- U rostlin je obsah látek závislý na obsahu prvků v půdě, na vlastnostech půdy, hnojení, klimatických podmínkách, zralosti plodiny ...
- U živočišné produkce je rozhodující výživa, stáří a zdravotní stav zvířete
- O chemickém stavu prvku v potravine rozhoduje složení potraviny, pH, hydratace kovových iontů, možnost změny oxidačního stupně ...

Factors That Affect the Bioavailability of Minerals

Factors That Increase Bioavailability

Deficiency in a mineral increases absorption

Cooking increases the bioavailability of minerals in legumes

Vitamin C increases the absorption of some minerals such as iron

Vitamin D increases the absorption of calcium, phosphorus, and magnesium

Factors That Reduce Bioavailability

Binders, such as oxalates found in some vegetables

Phytates found in grains

Polyphenols in tea and coffee

Supplementation of single minerals affects absorption of competing minerals

Minerální látky

- Aminokyseliny, peptidy, bílkoviny, sacharidy, lignin, kys. fytová, organické kyseliny i jiné látky mohou vázat minerální látky a tím ovlivňovat jejich biologickou využitelnost
- Resorpce v trávicím traktu závisí na rozpustnosti forem prvku
- Rovnováha minerálů v těle: GIT – reguluje absorpci podle potřeb; ledviny – vylučují nebo reabsorbují minerály podle potřeb

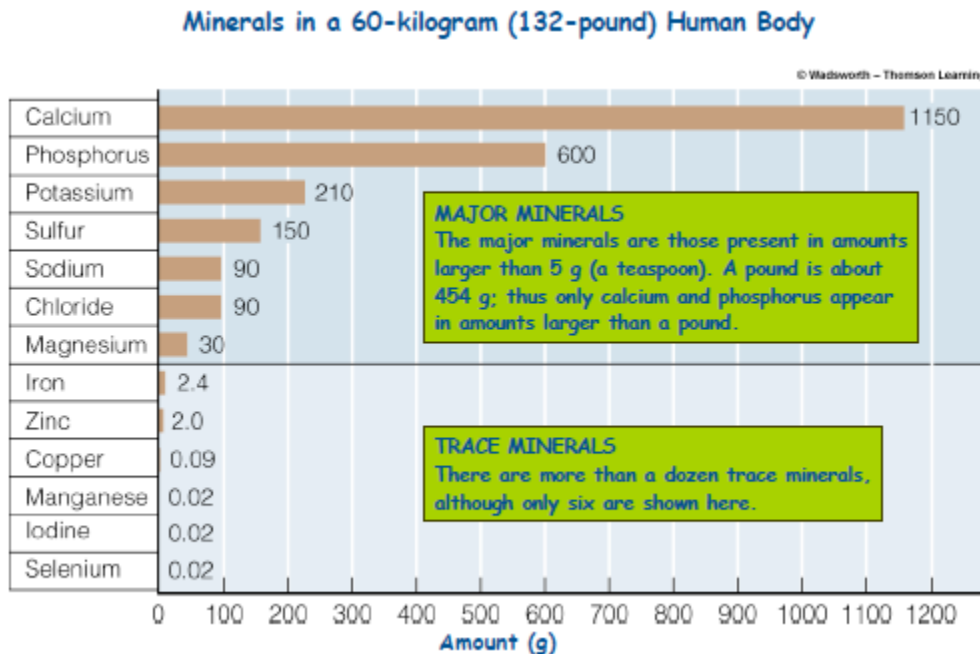
Formy výskytu minerálních látek v potravinách

Forma	Příklady
elementární forma	Fe ve fortifikovaných potravinách
volné nebo hydratované ionty kovů a nekovů v různých oxidačních stupních	Cu^{2+} , $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4^{2+}$, $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$, $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$, AsO_3^{3-} , AsO_4^{3-}
komplexní sloučeniny kovů s anorganickými ligandy	CuCl_4^{2-} , $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$
komplexní sloučeniny kovů s nízkomolekulárními či vysokomolekulárními organickými ligandy	sloučeniny s aminokyselinami, peptidy, bílkovinami, sacharidy, kyselinou fytovou, hydroxykarboxylovými kyselinami, rostlinnými fenolovými látkami, flavonoidy, porfyriny atd.
málo rozpustné sloučeniny	sulfidy, sírany, fosforečnany, šťavelany, hydroxidy, fytáty
kovalentní sloučeniny nekovových a polokovových prvků	fytová kyselina, sirmé aminokyseliny a jejich selenová analoga, arsenová analoga aminosloučenin
organokovové sloučeniny	methylrtuť, dimethylrtuť, tetraethylolovo
minerální látky vázané na nerozpustné biopolymery	vazba na různé složky vlákniny

Minerální látky

- Vývoj kostry; Kosti, zuby
- Osmotická regulace
- Rovnováha pH
- Podpora imunitního systému
- Základní biochemické děje (přenos O₂ ...)

Obsah minerálních látek v těle dospělého člověka o hmotnosti 70 kg



Prvek	Celkové množství	Jednotka
Ca	1000-1500	g
Mg	25-40	g
K	140-180	g
Na	70-100	g
P	420-840	g
S	cca 140	g
Cl	70-110	g
Fe	3-5	g
Zn	1,4-3	g
F	0,8-2,5	g
Si	1,4	g
Cu	100-180	mg
Mn	10-20	mg
Mo	5-10	mg
Co	1-1,5	mg
Ni	10	mg
Cr	5	mg
V	< 1-20	mg
I	10-30	mg
Se	10-20	mg

Minerální látky

- Nejčastější deficience prvků: Ca, Fe, Zn, Se, I
- Nedostatek Fe – některá forma anémie je velmi častým onemocněním – až 25 % populace na Zemi

Funkce prvků v organismu a jejich nedostatek

Metal	Function	Typical Deficiency Symptoms
Na, K	charge carrier, osmotic balance	death
Mg	Structure, hydrolase, isomerase	Muscle cramps
Ca	Structure, trigger, charge carrier	Retarded skeletal growth
V	Nitrogen fixation, oxidase	N/A
Cr	Glucose intolerance	Diabetes symptoms
Mo	N ₂ fixation, oxidase, oxo transfer	Retardation of cell growth
Mn	Photosynthesis, oxidase, structure	Infertility, impaired growth
Co	Oxidase, carbon group transfer	Pernicious anaemia
Fe	O ₂ transport and storage, oxidase, electron transfer, N ₂ fixation	Anaemia, disorders of the immune system
Ni	Hydrogenase, hydrolase	Growth depression dermatitis
Cu	E-transfer, O ₂ Transport, oxidase	Artery weakness, liver disorders
Zn	Structure, hydrolase, male fertility	Skin damage, stunted growth, retarded sexual maturation, impaired development
Se, As	Puberty (?) and growth	Impaired development

Některé důležité metaloproteiny

Prvek	Metaloprotein	Výskyt
Ca	kalmofulin	sval
	parvalbumin	sval
	troponin C	sval
Fe	myoglobin	sval
	hemoglobin	erythrocyty
	cytochromy, katalasy, všeo	všeobecné
	peroxidasy	rozšíření
	transferrin	krev, játra
Cu	ferritin	slezina
	laktoferrin	mléko
	ferredoxiny	např. špenát
	plantakyanin	špenát
Mo	ceruloplasmin	krevní plasma
	cerebrokupyren	mozek
	hemokupyren	krev
Fe (Cu, Zn, Mn)	xanthinoxidasa	játra
	konalbumin	vaječný bílek
Ni	niklplasmin	krevní plasma
	ureasa	sója, rýže
Mn	pyruvátkarboxylasa	všeobecné
	arginasa	rozšíření játra

	Na	K	Cl	Mg	Ca	P	S
maso vepřové	450-600	2600-4000	480-490	80-220	50-90	1300-2200	1400-2600
maso hovězí	580-690	3400	400-740	170-250	30-150	1200-2000	750-2100
maso kuřecí	460	4100	610	130-290	60-130	1200-2500	2700
játra vepřová	770	3500	1000	220-260	60-70	3600-4800	2300-2800
ryby	650-1200	2200-3600	570-1200	140-310	60-5200	1900-3900	1400-2300
mléko plnotučné ^{a)}	480-500	1550-1600	900-980	110-140	1100-1300	870-980	290-330
tvářoh	-	1000	-	90	960-990	2000	1500
sýry	450-14100	1070-1100	12000-23000	170-550	1500-12000	2900-8600	1900-2600
jogurt	-	1700-2200	-	140	1400	1100-1200	390-430
vejce slepičí	1350	1380	1600-1800	120-140	550-570	2100-2200	1700-2000
vaječný bílek	1920	1480	1700	110	50-110	210-330	1800-2000
vaječný žloutek	500	1230	1400	140-150	1300-1400	5000-5900	1600-1700
pšenice	80	3500-5000	670	700-1500	230-500	3000-4100	1300-1500
mouka pšeničná	20-30	1100-1300	360-480	210-1300	130-260	1000-3500	1300-1400
chléb celozrnný	4000-6000	2300-2500	9100	230-550	140-650	1800-2000	800-1000
rýže loupaná	60	1000	60-270	260-430	50-110	770-1200	690-860
hrách	20-380	2900-9900	390-600	1100-1300	440-780	3000-4300	1600-2000
čočka	40-550	6700-8100	640	770	400-750	2400	1200
fazole	20-400	12000	20-250	230-1800	300-1800	3700-4300	1100-1700
sója	60	16000	-	2400-2500	1300-1800	2900-7900	3500-3700
zelí	130	2300	220-450	120-230	300-750	280-680	440-900
květák	70-100	2100-4100	340	170	180-310	420-750	510-590
špenát	600-1200	4900-7700	560-750	420-770	700-1250	250-550	270-400
hlávkový salát	30-100	2200	400	150-290	400-800	300-390	120-190
rajčata	30-60	2900	500-600	110-180	60-140	210-260	110-140
mrkev	210	950	690	100-190	240-480	300-560	70-180
hrášek	20	3000	340-380	380-410	260-410	1000-1500	410-550
cibule	100-260	1300	190-270	70-160	200-440	300-480	360-530
brambory	30-280	4400-5700	450-790	200-320	30-130	320-580	240-350
jablka	16-30	900-1400	< 10-190	35-70	30-80	100-130	30-100
pomeranče	14-30	1800-2000	32-40	110-140	400-730	230-240	90-130
banány	10	3500	790	310-420	50-120	230-310	80-130
jahody	15-30	1500	180	120-170	180-260	230-350	80-140
vlašské ořechy	30	6900	230	1300	600	4300-5100	1000
čaj černý	450	21600	5200	2500	4300	6300	1800
káva pražená	740	20200	240	2400	1300	1600	1100
čokoláda mléčná	2800	3500	1700	590-710	2200-3200	2200-3000	780-1100

Sodík a draslík

- Celkový obsah v lidském těle: 70-100 g Na, 140-180 g K
- Společně s Cl⁻ udržují osmotický tlak a acidobazickou rovnováhu
- K – ovlivňuje aktivitu svalů, srdce
- Resorpce v trávicím traktu: asi 90 %
- Denní přijímané množství: 1,7 – 6,9 g Na, 2-5,9 g K
- Minimální denní potřebné množství: 0,5 g Na, 2 g K
- Maximální vhodné denní množství: 2,4 g Na (tj. cca 6 g NaCl)
- Vylučování z organismu močí, Na i potem (při extrémní zátěži až 20 g NaCl)
- Nedostatek Na: svalové křeče, bolesti hlavy, průjemy; objevuje se i při poruše ledvin, dehydratace
- Přebytek Na vede těžkým poruchám, vysokému krevnímu tlaku, kardiovaskulárním chorobám, otokům
- Nedostatek K: porucha ledvin, svalová slabost, nepravidelná srdeční činnost

Výskyt v potravinách:

- Na – velmi proměnlivý, malý v potravinách rostlinného původu; ochucování a konzervace potravin – nárůst koncentrace o několik řádů
- K – vysoký obsah v některých potravinách rostlinného původu (čaj, káva)

Sodík a draslík

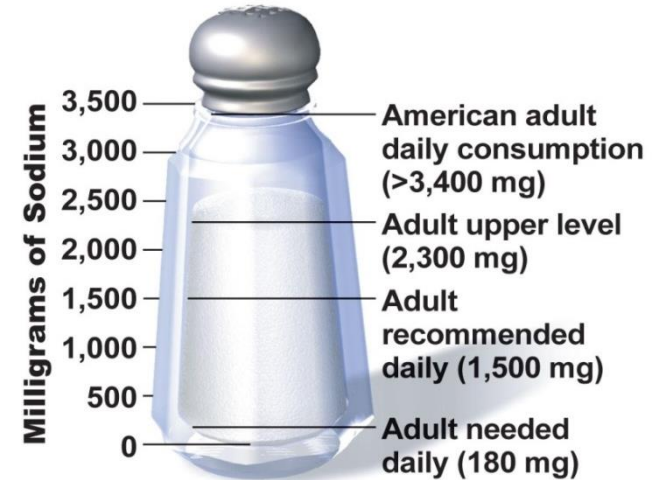
- Vysoký obsah Na v některých druzích pečiva
- U některých potravin je obsah soli legislativně omezen; nemusí se uvádět pokud není vyšší než 2,5 %

Chlór

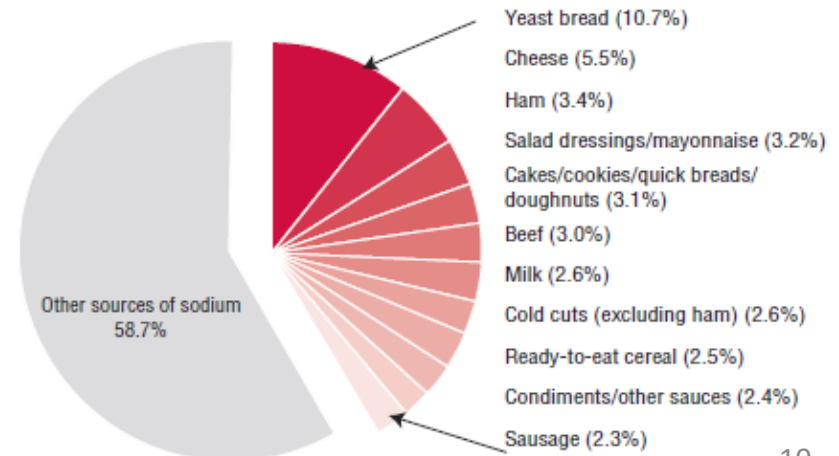
- Obsah Cl v lidském těle – 80 g
- Udržení osmotického tlaku spolu s Na
- Cytoplasma buněk, žaludeční šťáva, krev, moč
- Obsah chloridů v potravinách závisí na množství kuchyňské soli

Náhrada soli v potravinářství:

- Chloridy, mléčnany a fosfáty draselné, hořečnaté a vápenaté

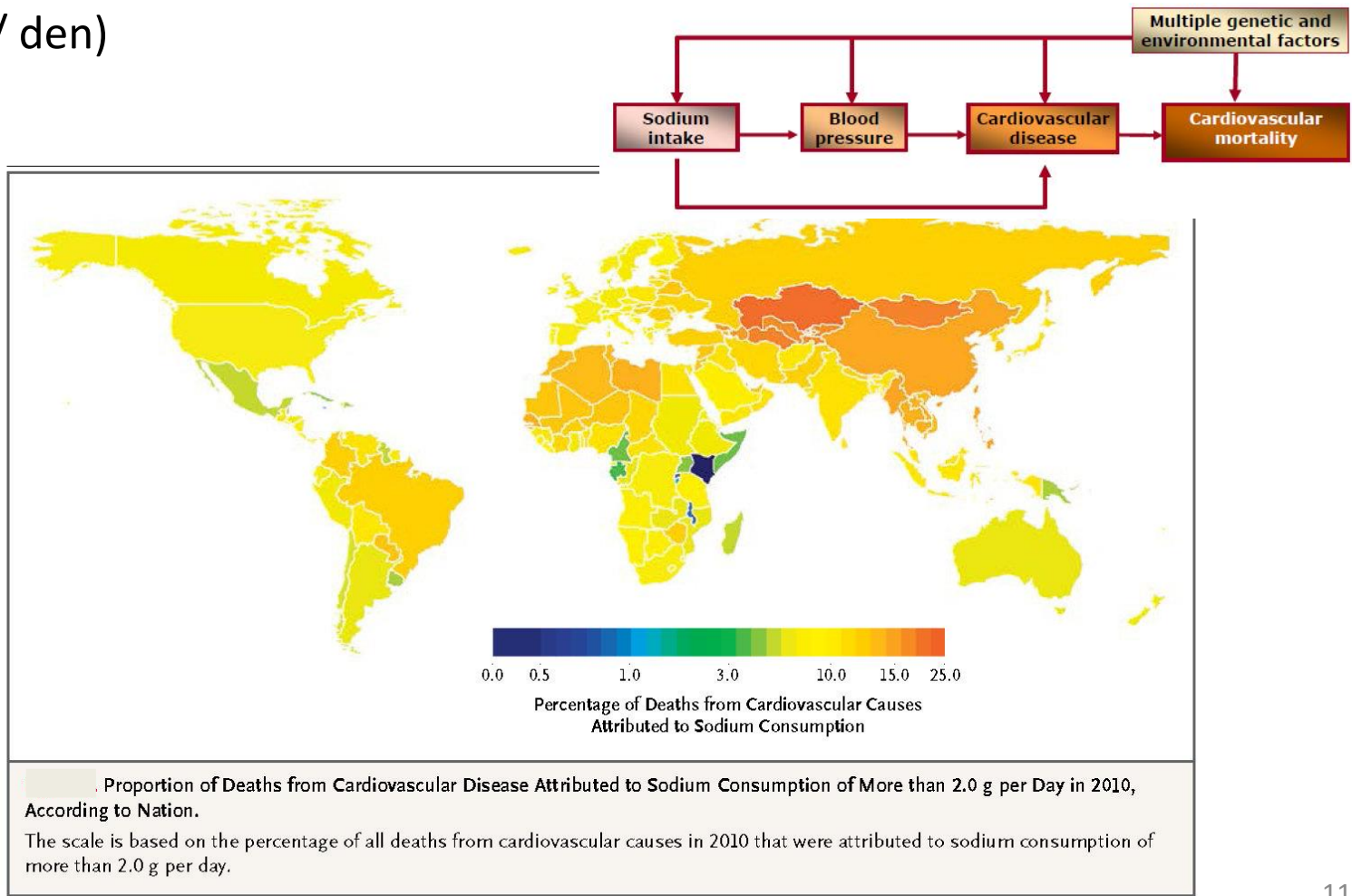


Sodium-rich foods (as % of total dietary sodium)



Sodík a draslík

- Denní skladba příjmu soli: přirozený výskyt v potravinách – 10 %, sůl přijatá ze zpracovaných potravin – 75 %, dochucení pokrmů při vaření – 15 %
- V ČR – denní dávka soli překračuje maximální denní dávku! (asi 8 – 12 g / osoba / den)



Hořčík a vápník

- Obsah Mg v těle: 25-40 g (především kostra; játra, svalová hmota)
- Obsah Ca v těle: 1,5 kg – hlavní minerální složka, 99 % v kostech a zubech ve formě fosforečnanu vápenatého; vazba Ca na osteokalcin a osteonektin
- Další funkce Ca: účast na činnosti nervů a svalů, srážlivost krve
- Funkce Mg: součást enzymů v metabolických dějích s ATP, stabilizace DNA, aktivace enzymů, dráždivost nervových buněk; spolu s Ca ovlivňuje permeabilitu biologických membrán

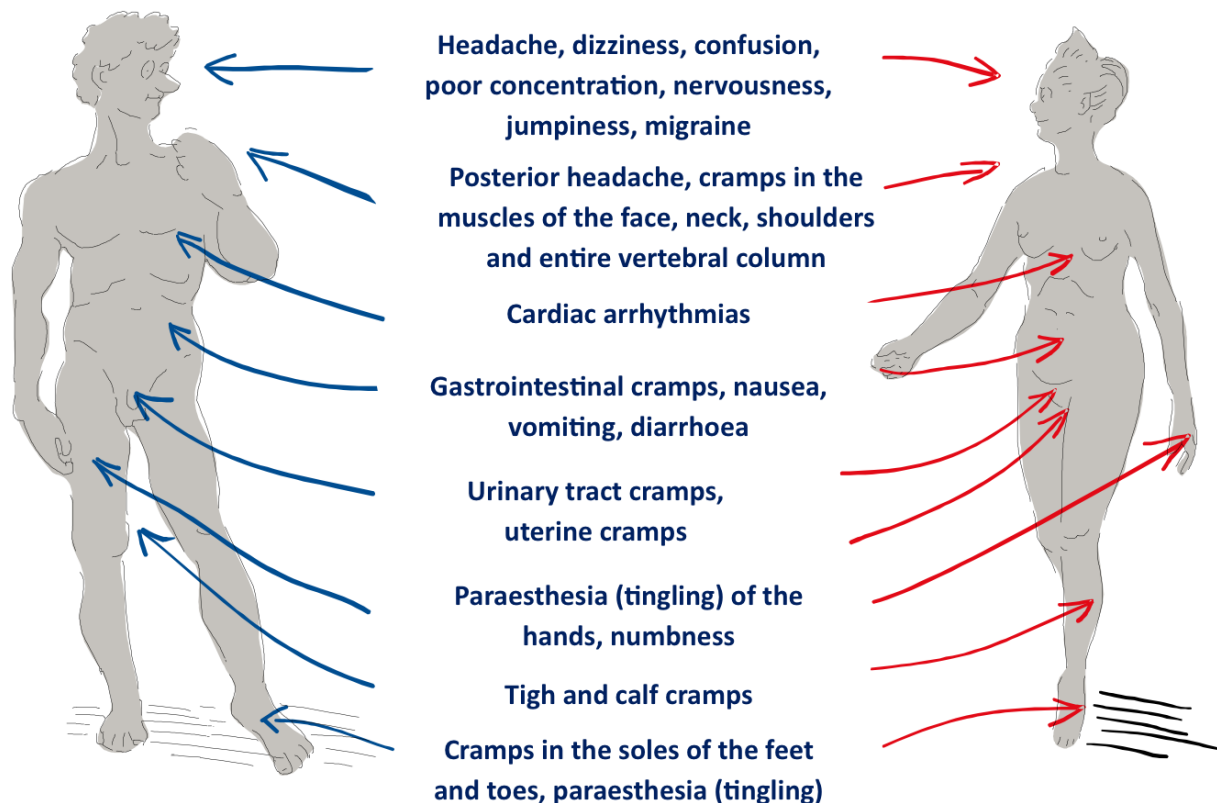
- Zdroj z potravy: Mg – listová zelenina, maso, ořechy; Ca – mléko a mléčné výrobky
- Resorpce Mg (40-50 %) a Ca (5-15 %) probíhá v tenkém střevu, u Ca značně závisí na chemické formě a na pH (alkalické pH zvyšuje resorpci)
- Doporučený denní příjem: 350 mg Mg, 800 mg Ca; 450 mg Mg a 1200 mg Ca u těhotných a kojících žen

- Nedostatek Ca – osteomalacie, křivice, kazivost zubů

Hořčík a vápník

- Nedostatek Mg – zvýšená dráždivost nervových buněk, arytmie, zvýšený krevní tlak
- Nadbytek Mg – útlum nervové činnosti, zvracení, nízký krevní tlak, slabost

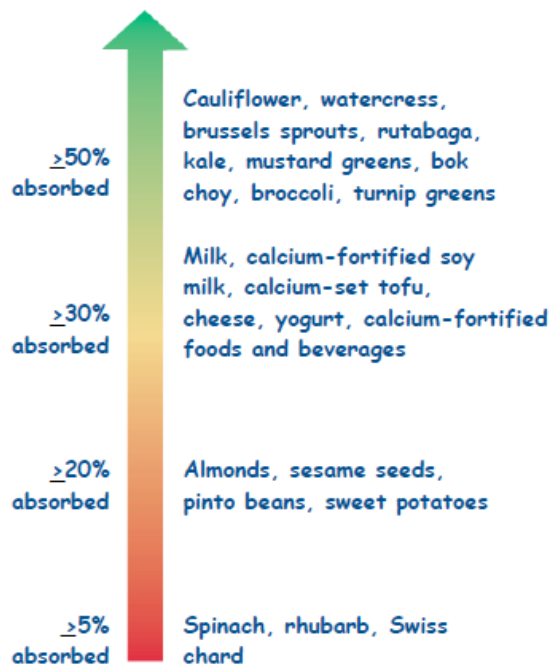
Symptoms of magnesium deficiency



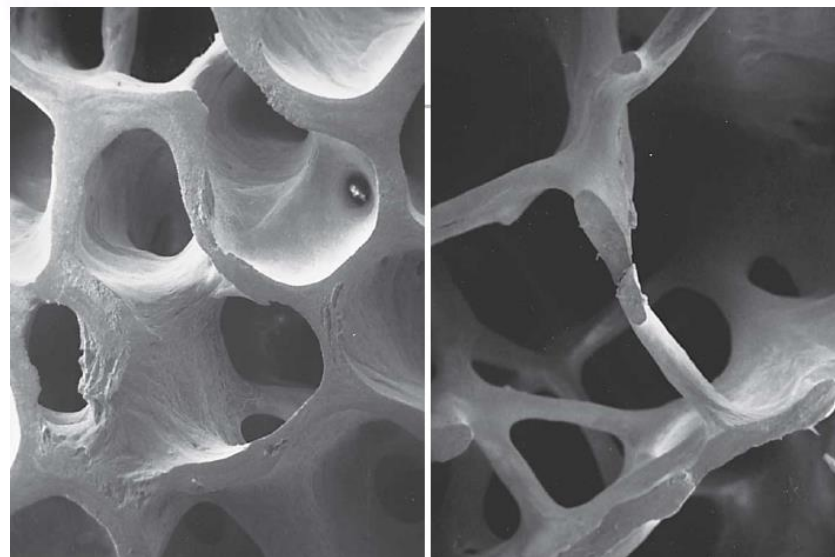
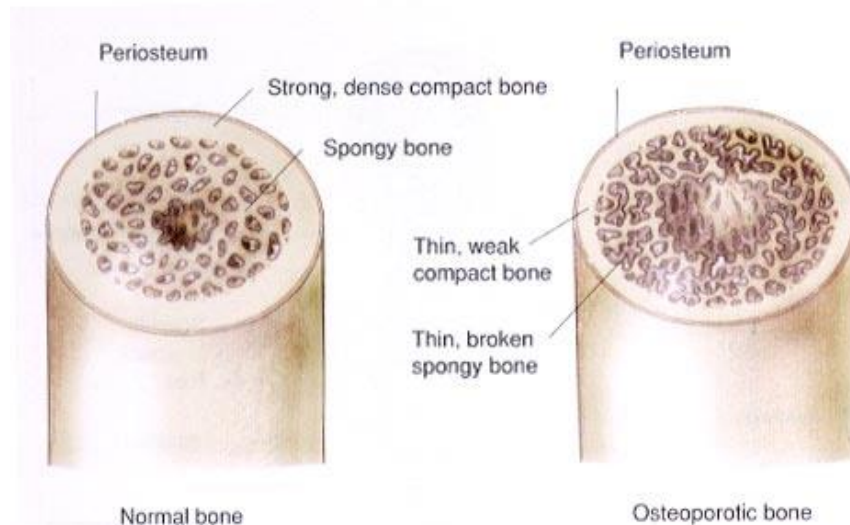
Hořčík a vápník

Osteoporóza

- Metabolická choroba
- Vzniká nedostatkem Ca a vitamínu D (vitamínu K), věkem, menopauzou
- Zvýšené riziko: kouření, alkohol, nedostatek pohybu
- Prevence: pestrá strava, dostatek pohybu



Bioavailability of Calcium from Selected Foods



Fosfor

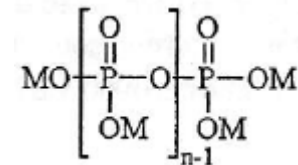
- Obsah v těle: 420-840 g (kosti, zuby – 22 %; krev, svalovina, nervová tkáň)
- Funkce stavební, metabolické, regulační a katalytické
- Součást důležitých částí biologických struktur, ATP, součást kofaktorů enzymů, enzymová fosforylace, nukleové kyseliny

- Resorpce v tenkém střevě (50-70 %) – resorpce i exkrece závisí na obsahu Ca ve stravě a naopak (nadbytek jednoho prvku zvýší exkreci druhého), závisí i na věku a zdravotním stavu
- Optimální poměr Ca/P = 1:1 až 1:1,5 (např. kravské mléko)
- Nejlépe se resorbují soli a estery kys. trihydrogenfosforečné, méně hydrogenfosforečné a polyfosforečnanů
- Resorpce P ve formě kys. fytové asi 20-50 %, snižuje se při vysokých dávkách Ca
- Nedostatek – svalová slabost (např. u chronického alkoholismu)
- Nadbytek – projevy nedostatku Ca

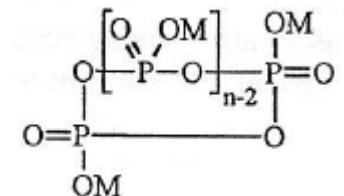
Fosfor

- Doporučená denní dávka: 1200 mg
- Podstatný je poměr Ca/P – více Ca než P obsahují pouze mléko, sýry a listová zelenina
- Obsah ve většině potravin nad 100 mg/kg (ořechy, sýry, mléčné výrobky)
- Potraviný rostlinného původu s vysokými koncentracemi P – P často ve formě kys. fytové a jejích solí; fytátový P - snížená biologická využitelnost
- Sodné a draselné polyfosfáty – aditiva v potravinách – ovlivnění hydratace bílkovin a polysacharidů; tavené sýry, některé masné výrobky
- Kys. fosforečná – okyselující látka v nápojích

Potravina	Fytová kyselina v g.kg ⁻¹	Podíl fytátového fosforu v %
pšenice	3,9-13,5	60-80
pšeničný chléb		
celozrnný	4,3-8,2	38-66
žito	5,4-14,6	38-46
ječmen	7,5-11,6	66-70
oves	7,0-11,6	49-71
kukuřice	8,3-22,2	71-88
ryže neloupaná	8,4-8,9	-
ryže loupaná	3,4-5,0	61
sojové boby	10,0-22,2	50-70
sojová mouka		
odtučněná	15,2-25,2	87
čočka	2,7-10,5	27-87
hrách	2,2-12,2	37
mandle	12,9-14,6	82
arašidy	17,6	57
vlašské ořechy	6,5-7,7	42
kakao	0,9	15
mrkev	0,2-0,3	16
brambory	0,2-0,5	19-23



lineární polyfosfát
(M = Na nebo K)



cyklický polyfosfát
(M = Na nebo K) 16

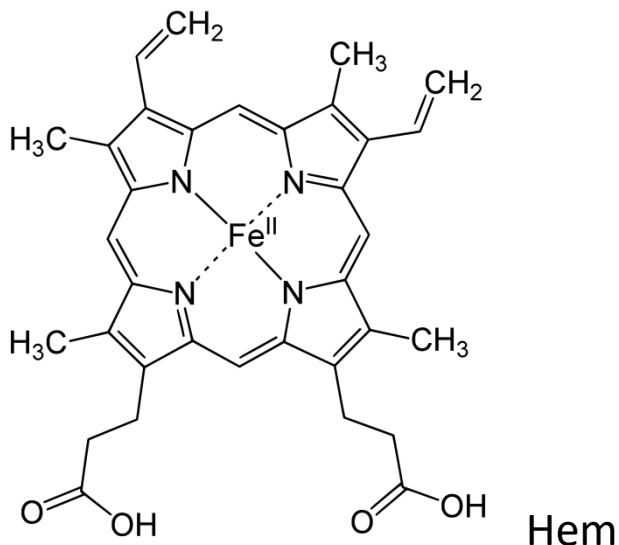
Síra

- Obsah v těle: 140 g (pojivová tkáň, chrupavky)
- Součást biokatalyzátorů (thiamin, pantothenová kys., koenzym A, biotin ...), bílkovin, vonných a chuťových látek
- Vliv na kvalitu vlasů, nehtů, kůže; vliv na detoxikaci organismu
- Denní příjem z potravy – asi 0,1-0,6 g ve formě různých sloučenin
- Zdroj z potravy – živočišné i rostlinné bílkoviny
- Nedostatek – lámavost nehtů



Železo

- Obsah v těle: 3-5 g – hemoglobin; játra, slezina (feritin a homosiderin), ledviny, srdce a kosterní svalstvo (myoglobin a oxymyoglobin)
- Enzymy obsahující železo: hemové enzymy (cytochromy, oxygenasy a peroxidasy), nehemové enzymy
- Účast na transportu kyslíku a jeho skladování ve svalech, katalýza oxidačně-redukčních reakcí
- Proteiny železa a síry (např. feredoxiny) – přenos elektronů
- Transferin – nehemový glykometaloprotein, transportní forma železa
- Feritin a homosiderin – zásobní forma železa

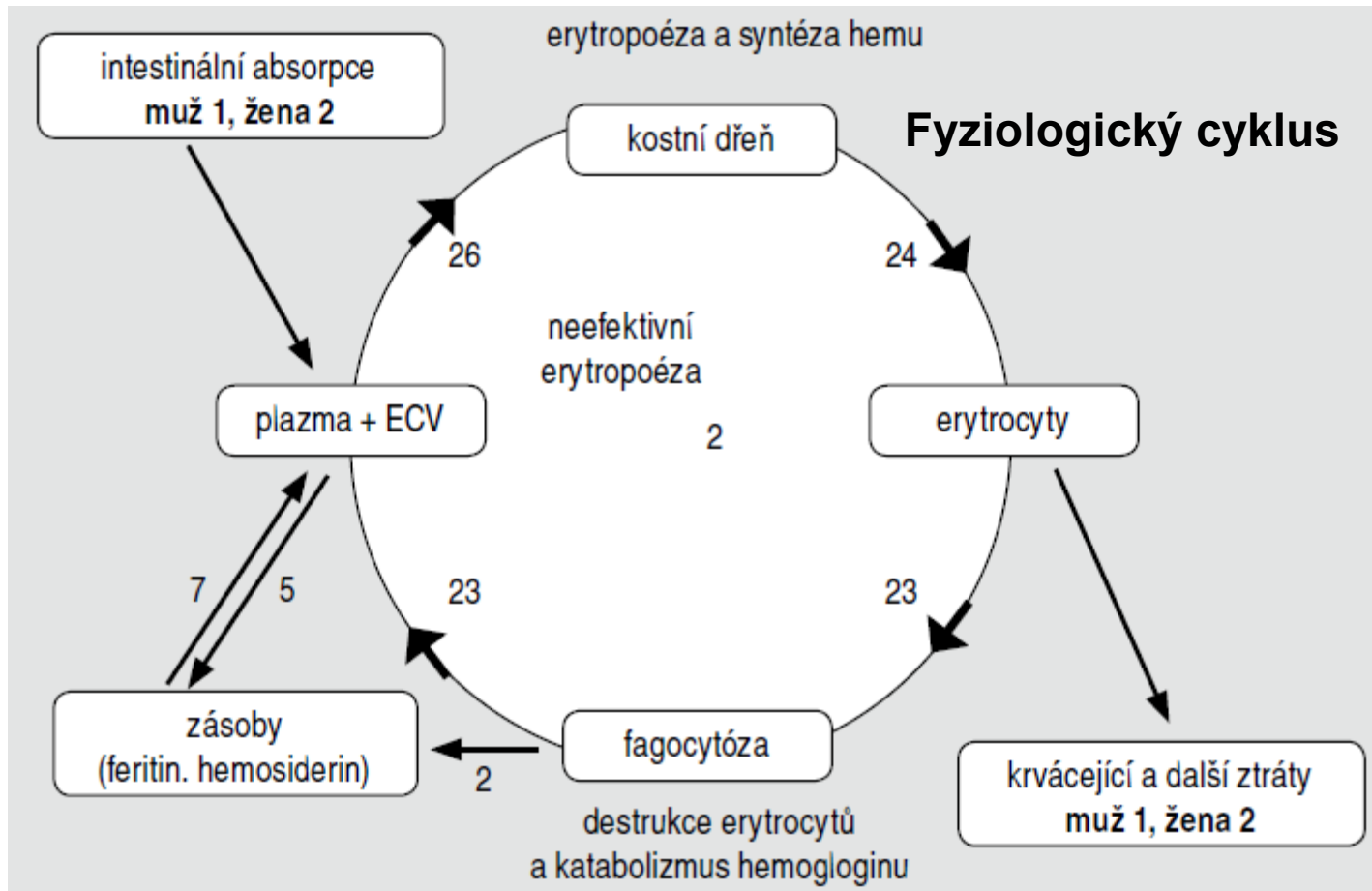


Rozložení Fe v těle muže (70kg)

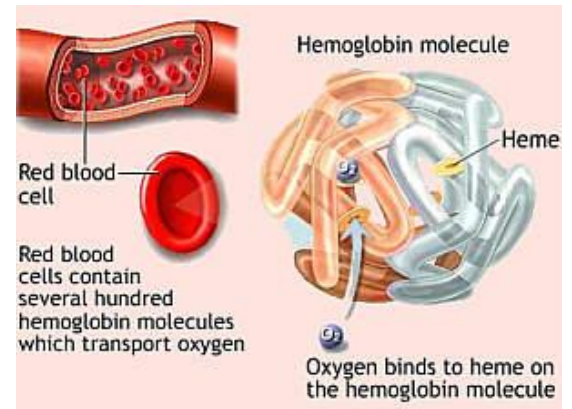
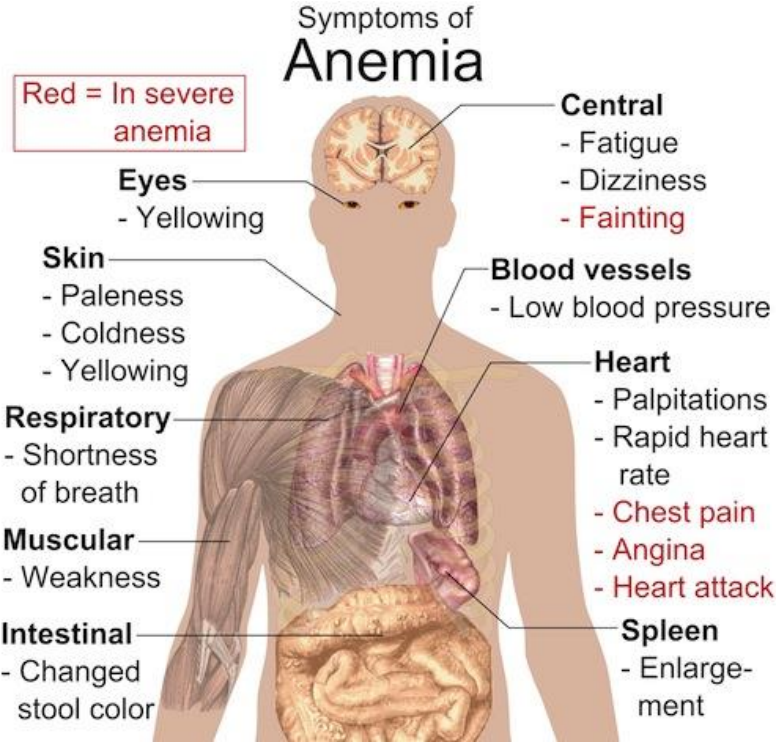
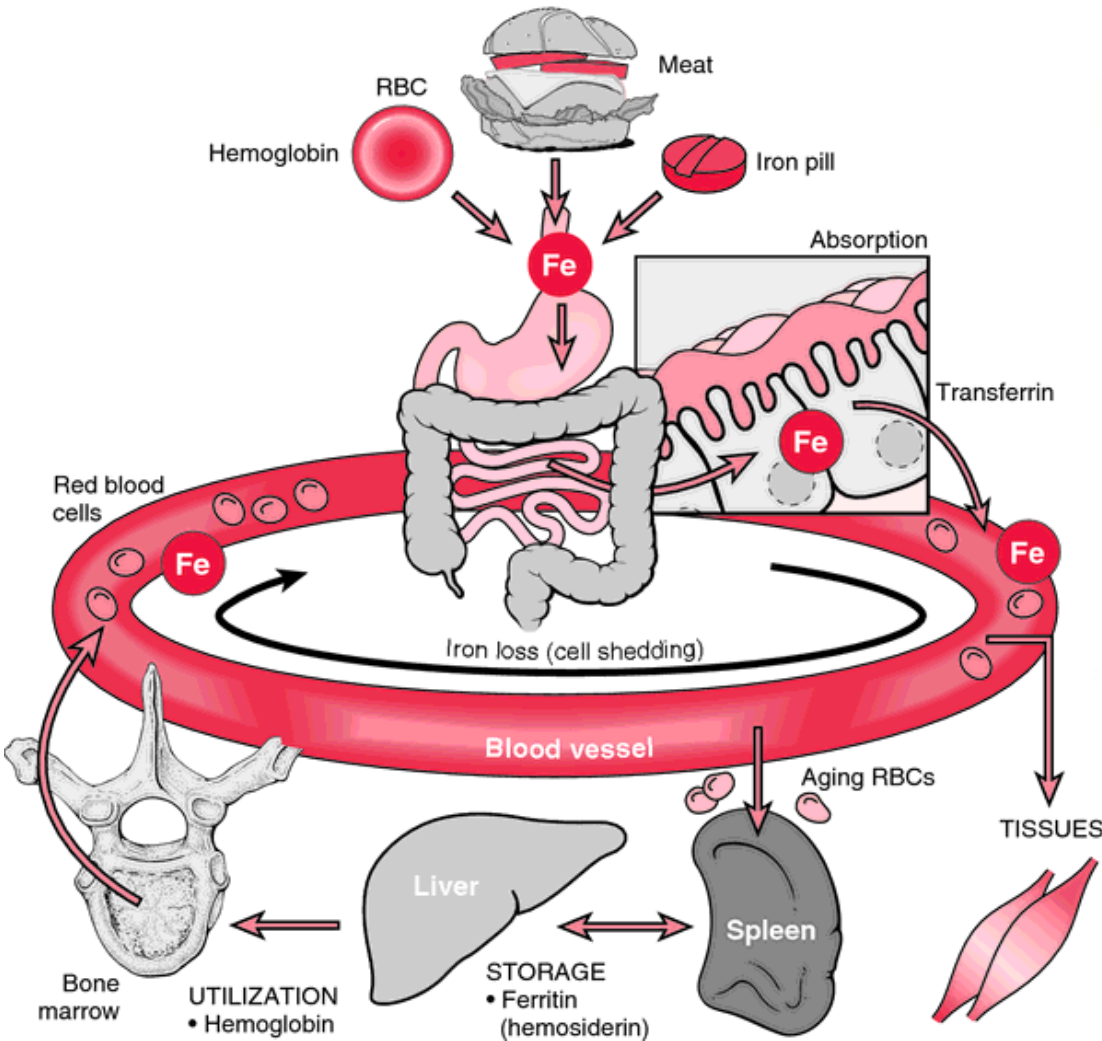
Kompartment	% celkového železa
hemoglobin	67
zásoby	27
tkáňové železo	
– myoglobin	3,5
– enzymy	0,2
volně mobilizovatelná	2,2
zásoba železa	0,08
transportní železo	

Železo

- Poruchy metabolismu a využití Fe způsobují vážná onemocnění:
- Nedostatek – hypochromní mikrocytární anémie – pokles hladiny hemoglobinu (hypochromie) a zmenšování červených krvinek (mikrocytosa)
- Nadbytek – těžké poškození jater (hemosiderosa)



Železo



Železo

- Resorpce v trávicím traktu asi 5-15 %, Fe^{II} se resorbuje snáze než Fe^{III} , vliv komplexace kovů; vstřebávání je regulováno – u nedostatku může stoupnout až na 30-60 %; ovlivněna zdravotním stavem, věkem, pohlavím, formou železa a celkovým složením potravy

Faktory snižující resorpci ze střeva:

oxaláty (obsaženy ve špenátu)
fytáty (obsaženy v obilných produktech – například ovesných vločkách i některé zelenině)
tanin (čaj)
káva, kakao
fosfáty nápoje typu Coca-Cola
současně vysoký příjem draslíku (mléko)
současný vysoký příjem zinku
současně vysoký příjem vápníku (nejenom mléko, ale i například vejce)
současně vysoký příjem hořčíku
z léčiv především antacida

Potravina	Obsah v $mg \cdot kg^{-1}$	
	Fe	Zn
maso vepřové	10-20	17-40
maso hovězí	22-30	30-43
maso kuřecí	4,3-8,4	8,1-12
játra vepřová	130-370	56-112
ryby	1,3-15	3,3-27
mléko plnotučné ^{a)}	0,35-0,8	3,4-4,7
tvaroh	0,91-1,5	13-14
sýry	1,5-4,7	36-44
jogurt	0,44-1,2	5,3-5,6
vejce slepičí	21-26	13-15
vaječný bílek	1,0-2,0	2,0
vaječný žloutek	61-72	38
pšenice	33-66	26-38
mouka pšeničná	12-25	8-36
chléb celozrnný	24-33	13-29
ryže loupaná	6,0-23	10-15
hrách	47-68	20-49
čočka	69-130	28-32
fazole	59-82	21-38
soja	50-110	29-67
zelí	3,1-9,0	1,5-2,9
květák	5,0-11	3,2-7,8
špenát	10-40	4,3-13
hlávkový salát	5,8-11	3,3-9,0
rajčata	2,2-5,0	1,2-4,8
mrkev	3,4-7,4	2,5-5,9
hrášek	18-22	11-15
cibule	3,0-6,1	3,1-5,2
brambory	3,0-8,4	1,7-4,9
jablka	2,3-4,8	0,2-4,9
pomeranče	1,3-5,0	0,9-1,2
banány	3,1-5,5	1,8-2,6
jahody	3,6-9,6	1,1-1,9
vlašské ořechy	21-24	24
čaj černý	110-310	23-38
káva pražená	41	6,1-8,0
čokoláda mléčná	11-19	18-19

Železo

- Látky zvyšující resorpci Fe komplexací: kys. askorbová, organické kys. (např. citronová), aminokyseliny (např. histidin, lysin a cystein), sacharidy (např. laktosa)
- Látky snižující resorpci: fenolové látky, třísloviny, kys. fytová, vyšší dávky P a Ca

Zdroj z potravy:

- Vnitřnosti, maso, vejce, luštěniny, čaj, kakao – vysoký obsah
- Ryby, drůbež, cereálie, špenát, petržel, ořechy – střední obsah
- Mléko, mléčné výrobky, tuky a oleje, brambory, ovoce – velmi nízký obsah
- Fortifikace potravin – v ČR fumaran železnatý (sunar)
- Doporučená denní dávka: 10 mg, 15 mg kojící a 30 mg těhotné ženy

Snížený příjem

nevhodná skladba stravy (vegetariáni, zvýšená konzumace alkoholu)
změněný postoj k jídlu (anorexie)
malabsorpce
resekce žaludku
atrofická gastritida
achlorhydrie
glutenová enteropatie
antacida

Zvýšená potřeba

těhotenství
dialyzovaní nemocní
zvýšený rozpad erytrocytů

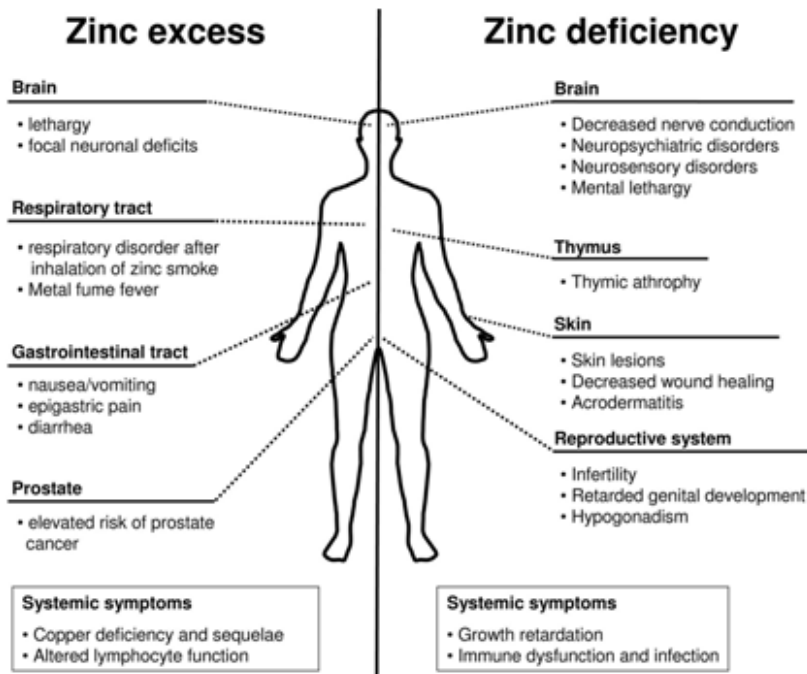
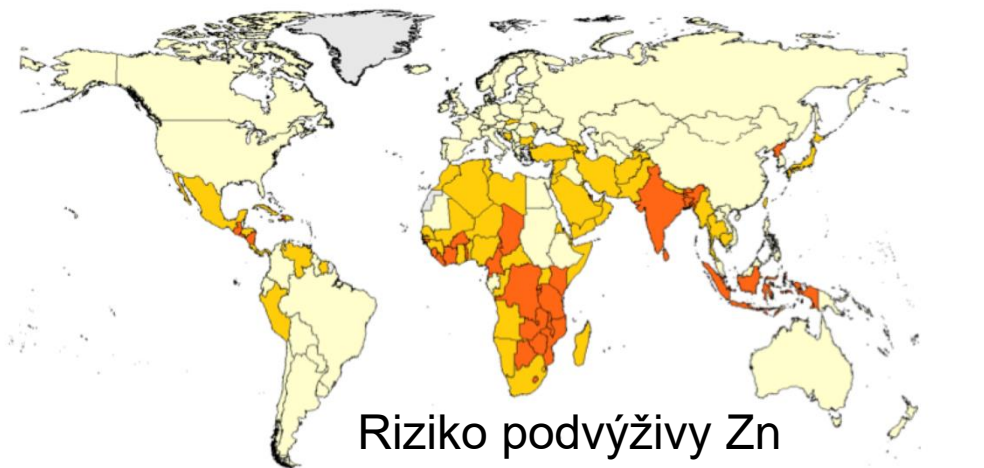
Zinek

- Obsah v těle: 1,4-3 g; kůže, vlasy, nehty, oční tkáně, játra, ledviny, slezina, mužské pohlavní orgány
- Součást metaloenzymů – katalýza reakcí metabolických drah, nutný pro syntézu DNA
- Resorpce v tenkém střevě – asi 30 %; závislá na hmotnosti jedince, složení potravy (zvyšují bílkoviny a aminokyseliny; snižuje kys. fytová) a aktuální saturaci organismu – regulace příjmu i vylučování
- Lépe využitelný z živočišných než z rostlinných potravin; maso, potraviny bohaté na bílkoviny

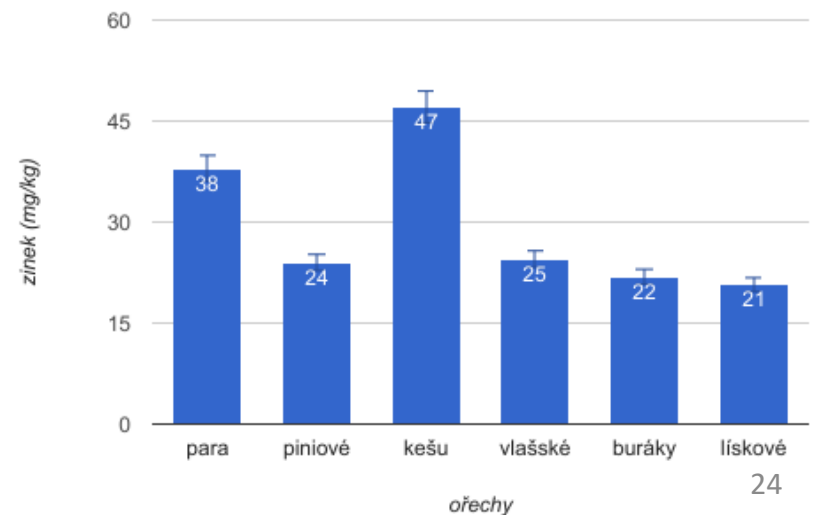
- Doporučená denní dávka: 10 mg, 15 mg těhotné a 16-19mg kojící ženy
- Nedostatek – rozštěp páteře u plodu, opožděný růst plodu, výrazný deficit zvyšuje riziko samovolného potratu; zpomalený růst a vývoj mužských pohlavních orgánů – v dětském věku; ztráta chuti, změny na kůži, vypadávání vlasů a nehtů, pomalé hojení ran
- Nadbytek – změny krevního obrazu (toxicita extrémních dávek); průjem, zvracení, horečka, kašel – profesní intoxikace (slévárenství)
- Zn je antagonistou Cu – nadbytek Zn může vést k deficitu Cu

Zinek

- Nedostatek Zn je poměrně běžný, často způsobený při špatném vstřebávání
- V některých oblastech Světa silná podvýživa Zn způsobená složením stravy



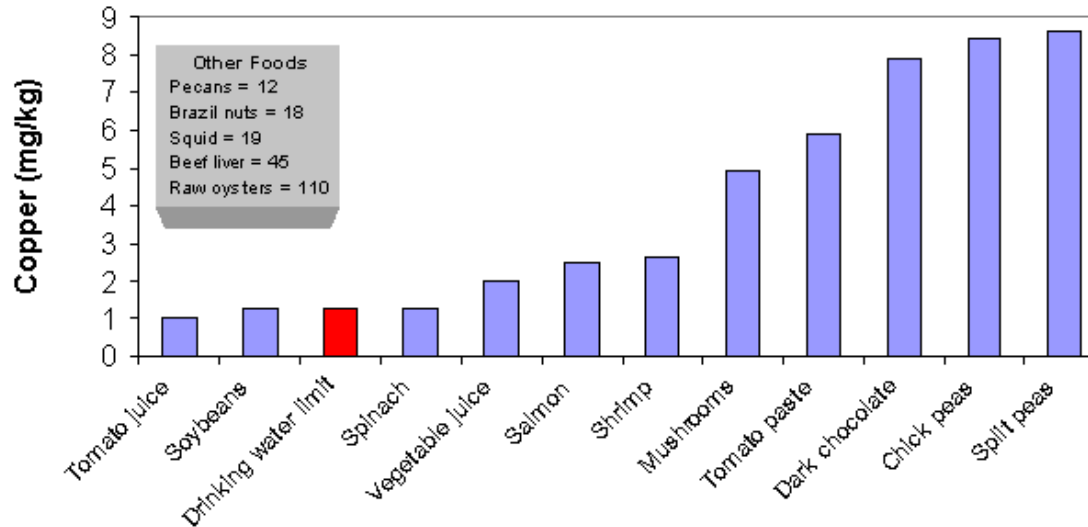
obsah zinku v suchých skořápkových plodech



	Cu	Mn	Ni	Co	Mo	Cr
maso vepřové	< 0,4-1,8	0,12-0,18	< 0,01-0,03	< 0,001-0,012	< 0,1	< 0,01-0,09
maso hovězí	0,6-1,8	0,10-0,14	< 0,01-0,04	0,001-0,02	< 0,1	< 0,01-0,05
maso kuřecí	0,35-0,51	0,14-0,16	< 0,02-0,04	< 0,01	< 0,1-0,14	0,01-0,08
játra vepřová	10-23	3,4-4,4	< 0,01-0,28	0,002-0,023	2,0	0,003-0,16
ryby	0,2-3,1	0,10-3,1	0,005-0,05	< 0,001-0,012	< 0,1	0,002-0,23
mléko plnotučné ^{a)}	0,05-0,2	0,03-0,09	< 0,003-0,03	0,0004-0,0011	0,01-0,07	0,002-0,02
tvarož	0,29-0,36	0,2-0,3	0,01-0,03	0,005	0,03-0,05	0,02
sýry	0,3-19	0,4-0,8	0,02-0,2	0,01	0,05-0,1	0,01-0,13
yogurt	0,05-0,14	0,09-0,12	0,004-0,03	< 0,005	< 0,05	0,005-0,04
vejce slepičí	0,68-0,73	0,36-0,55	0,08	0,001-0,04	< 0,05	0,005-0,02
vejce bílé	0,3	0,20	-	-	-	-
vejce žluté	1,6	1,0	-	-	-	-
pšenice	4,0-14	35-49	0,05-0,89	0,007-0,089	0,1-0,8	0,007-0,06
mouka pšeničná	2,0-6,5	7,3-36	< 0,01-0,3	0,005-0,09	0,1-0,3	0,010-0,03
chléb celozrnný	3,5	13-21	0,08-0,2	0,01-0,05	< 0,2	0,01-0,13
ryže loupaná	0,6-2,8	5,3-15	0,1	0,01-0,02	0,1-0,3	0,01-0,03
hrách	4,9-8,5	8,1-15	0,4-3,0	0,013-0,2	0,1-2,6	0,02-0,09
čička	5,8-8,9	12-14	2,3-3,0	0,016-0,092	2,0-10	0,048-0,054
fazole	6,0-13	12-20	2,5-5,0	0,01-0,3	1,0-3,0	0,05-0,10
soja	8,0-20	14-90	2,0-10	0,05-0,14	< 0,06-10	0,05-0,08
zeví	0,3-1,0	1,1-3,6	0,01-0,3	< 0,001-0,01	< 0,1	0,001-0,03
květák	0,41-0,64	1,5-3,9	0,03-1,0	0,001-0,01	< 0,1	0,001-0,01
špenát	0,6-1,7	3,5-34	0,05-0,4	0,001-0,02	< 0,006-0,10	0,01-0,12
hlávkový salát	0,4-1,5	1,3-12	0,01-0,3	< 0,001-0,006	< 0,1	0,005-0,08
majčata	0,4-1,0	0,7-1,6	0,01-0,25	< 0,005	< 0,005-0,09	0,002-0,01
mrkev	0,37-0,8	1,5-6,9	< 0,01-0,09	0,001-0,005	< 0,006-0,06	0,001-0,13
hrášek	1,9-2,4	3,4-4,3	0,2-0,7	0,002-0,01	0,2	0,005-0,04
cibule	0,35-0,91	1,1-3,8	0,03-0,42	0,001-0,01	< 0,006-0,06	0,005-20
brambory	0,3-1,6	0,9-4,4	0,01-0,26	0,002-0,02	0,01-0,09	0,002-0,035
jablka	0,24-0,63	0,3-4,1	0,004-0,03	< 0,001-0,005	< 0,1	0,003-0,03
pomeranče	0,44-0,91	0,3-0,5	0,01-0,04	0,001-0,01	< 0,1	< 0,001-0,02
banány	0,7-1,6	1,5-3,1	0,01-0,05	< 0,001-0,002	< 0,1	0,02-0,05
jahody	0,54-0,74	1,4-7,5	0,02-0,13	< 0,001-0,01	< 0,1	< 0,002-0,02
orechy vlašské, lískové	3,1	18	9,0	0,008-0,29	< 0,2	0,08-0,29
čaj černý	11-33	320-1040	1,9-12	0,60-1,0	0,13	0,62-2,6
káva pražená	8,2	15	0,6-1,0	0,34-0,88	< 0,2	0,01-0,05
čokoláda mléčná	4,9	2,2-3,2	0,34	0,34	< 0,2	0,04-0,1

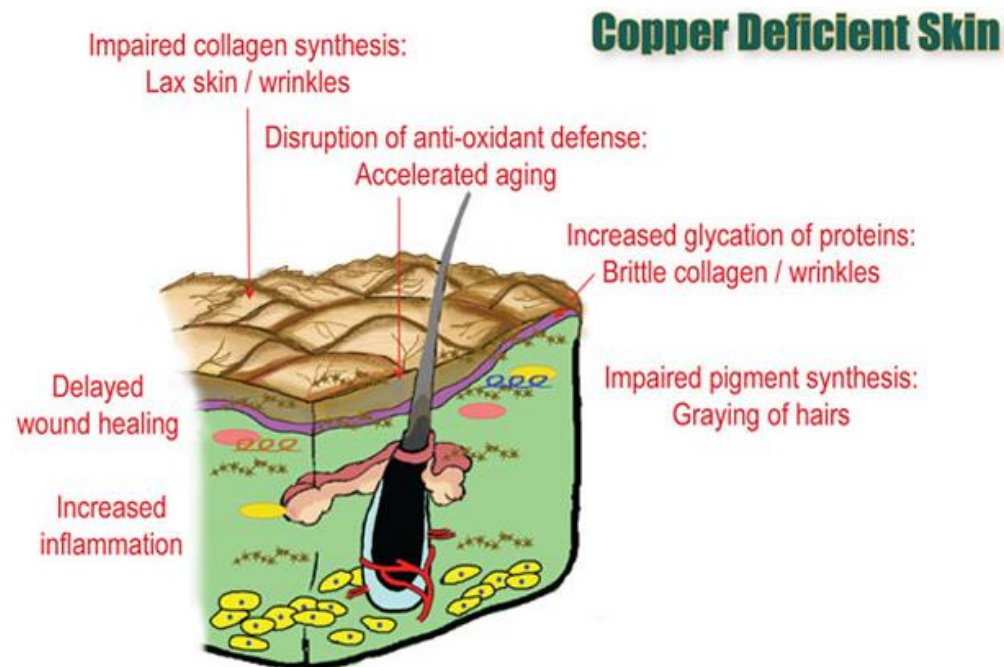
Měď

- Obsah v těle: 100-180 mg; játra, ledviny, svaly, mozek, krev
- Součást aktivních center enzymů, účast na efektivním využití Fe, biosyntéze fyziologicky významných sloučenin, má význam pro tvorbu vlasů a pigmentů, podporuje imunitní reakce, správnou funkci nervového systému
- Katalyzuje oxidaci vstřebaných iontů Fe^{2+} v krevní plasmě na Fe^{3+} a tím umožňuje fixaci Fe v transferinu → nedostatek Cu vede k anémii
- Resorpce v dvanácterníku 25-70 %; závisí na aktuální saturaci organismu, chemické formě, složení potravy (bílkoviny zvyšují; kys. askorbová a Zn snižují)
- Zdroj z potravy: játra, luštěniny, některé houby; mléko je zvláště chudé



Měď

- Toxicita: zejména vdechování par („horečka slévačů“); poškození jater, ledvin
- Kontaminace potravin – ošetření hroznů, použití měděných nádob
- Doporučená denní dávka: 1,5 – 3 mg
- Antagonisté: Zn, Mo
- Nedostatek: vzácný; vyšší hladiny cholesterolu v krvi, změny srdečního rytmu, poruchy imunity, růstu vlasů a nehtů
- Menkesova choroba – neschopnost vstřebávat Cu, končí smrtí v kojeneckém věku



Mangan

- Obsah v těle: 10-20 mg; kosti, játra, slinivka, ledviny
- Součást enzymů, ovlivňuje metabolismus sacharidů (syntéza glukosy), součást struktury kostí, správná funkce nervové soustavy
- Resorpce: 3-4 %, v tenkém střevě, ovlivněna složením potravy (Fe snižuje)
- Zdroj z potravy: obiloviny a luštěniny, lesní plody, čajové lístky, kakao, některá koření (hřebíček); potraviny živočišného původu jsou chudé na Mn
- Přiměřená denní dávka: 2-5 mg
- Dlouhodobý nedostatek: zpomalený růst, abnormální vývoj kostí a poškození reprodukční funkce
- Velmi vysoké dávky: zpomalení růstu, anémie; chronická otrava Mn inhalací – zvýšení cholesterolu a lipidů v krvi, aterosklerosa

Nikl

- Obsah v těle: 10 mg; kosti, plíce
- Není známa žádná biochemická funkce, účast na vstřebávání Fe
- Resorpce menší než 10 %
- Malý obsah v potravinách; vyšší obsahy mají ořechy, čajové lístky, kakaové boby
- Kontaminace u konzervovaného ovoce
- Toxické účinky nad 250 mg/kg potravy; změny krevního obrazu, karcinogenní účinky při vdechování par
- Způsobuje „kontaktní“ alergii – v Evropě až 10 % žen a 6 % mužů



Kobalt

- Obsah v těle: pod 1,5 mg
- Součást vitamínu B₁₂, podporuje vstřebávání jodu
- Resorpce 20-97 %, zvyšuje se při nedostatku Fe
- Zdroj v potravě: listová zelenina, luštěniny a vnitřnosti (játra)
- Nedostatek: anémie, nechutenství, únava, zpomalení růstu
- Toxicita: vdechování par; poruchy štítné žlázy, poškození srdce

Molybden

- Obsah v těle: 5-10 mg
- Součást enzymů
- Přiměřená denní dávka: 50-100 μg
- Resorpce 25-80 %
- Fyziologické účinky Mo jsou závislé na interakcích se sloučeninami síry – zmírňující účinky síry na zvýšené dávky Mo
- Zdroj z potravy: luštěniny, vnitřnosti

Chrom

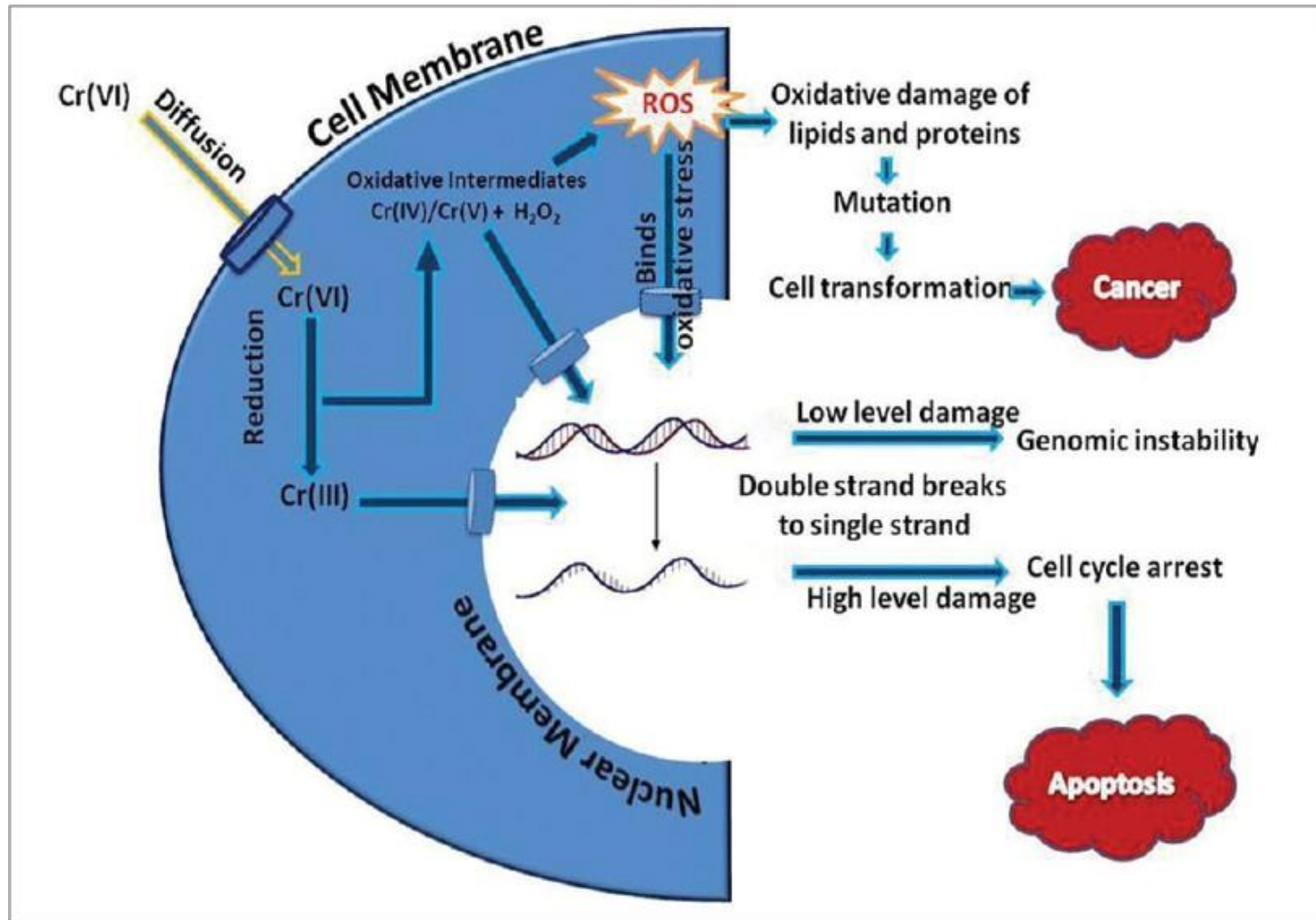
- Obsah v těle: 5 mg
- Esenciální prvek jako Cr^{III} , Cr^{VI} je karcigenní a mutagenní
- Cr^{III} – podílí se na metabolismu sacharidů stimulací inzulínu (vyšší dávky mají pozitivní vliv v případě cukrovky)
- Resorpce Cr^{III} – u anorganických forem velmi malá; kys. šťavelová zvyšuje, kys. fytová snižuje
- Resorpce Cr^{VI} – 3-5x vyšší než u Cr^{III} ; váže se na hemoglobin v erythrocytech
- Zdroj z potravy: hnědý cukr, kvasnice, maso, sýry, ořechy
- Kontaminace potravin při výrobě a zpracování
- Přiměřená denní dávka: 50-200 μg

- Nedostatek: zvýšená hladina glukosy v krvi, zvýšená hladina cholesterolu, přítomnost sacharidů v moči → souvislost se vznikem diabetu a kardiovaskulárních onemocnění; nervové a mozkové poruchy

- Toxicita Cr^{VI} : poruchy růstu, poškození jater a ledvin, astma, chromany při kontaktu s kůží mohou způsobit ekzém; chronická expozice prachu s chromany způsobuje rakovinu plic

Chrom

- Snadno prochází membránami
- Způsobuje tzv. DNA-DNA crosslinks přispívající k mutagenезi



Chrom

- Znečištění z koželužen



Vanad

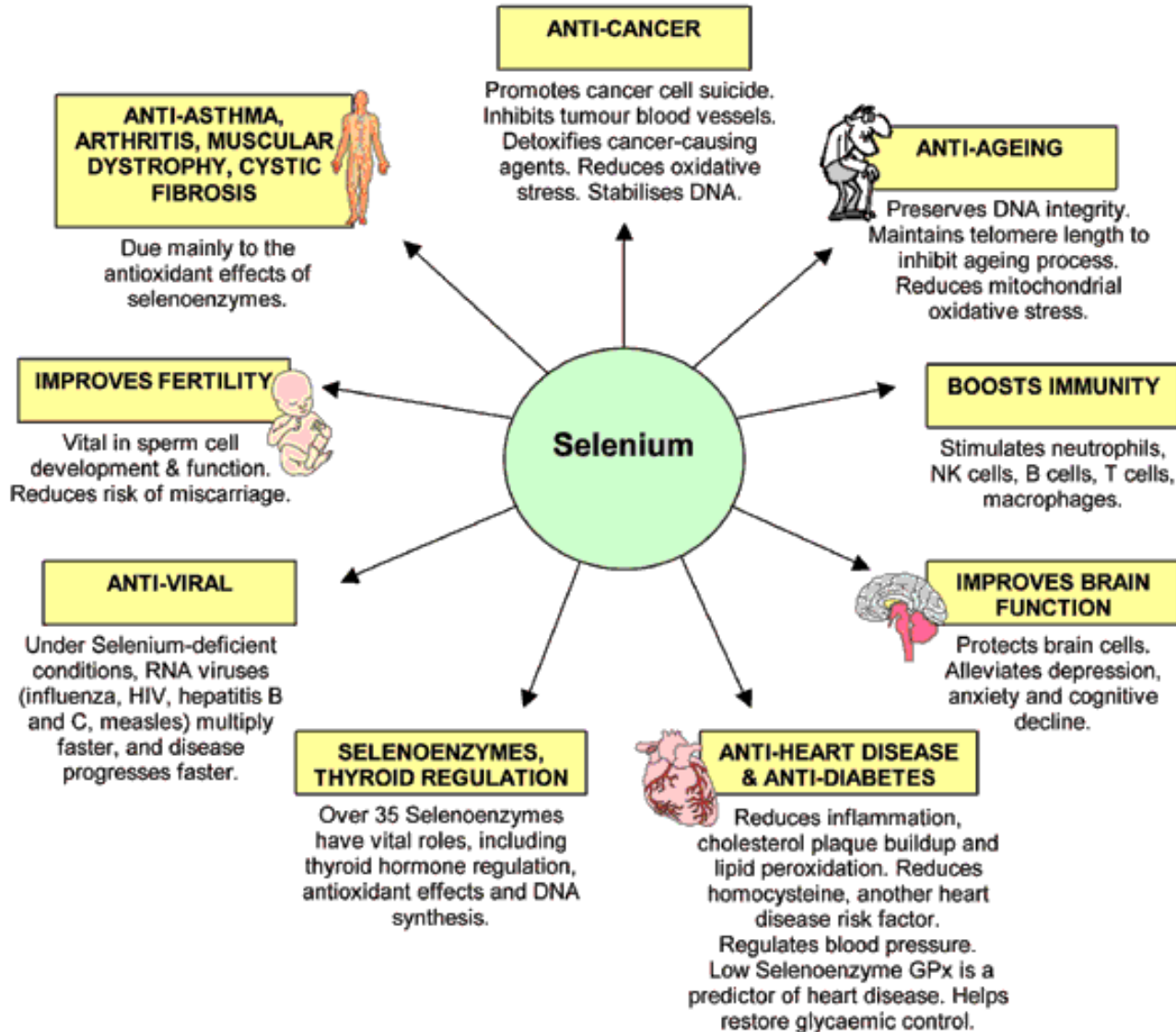
- Nedefinované biologické funkce; zřejmě může zasahovat do metabolismu sacharidů a lipidů – možné příznivé působení při cukrovce (není objasněn mechanismus)
- Resorpce: 0,1-1 %
- Velmi nízký obsah v potravinách; ryby, rostlinné oleje, některé druhy zeleniny, houby
- Toxicita při profesní expozici (metalurgie) – chronická otrava

Selen

- Obsah v těle: 15 mg; kosti, vlasy, ledviny
- Esenciální prvek, součást enzymů, pozitivní působení na imunitní systém
- Umocňuje účinky vitamínu E – ochrana proti oxidačnímu poškození biologických struktur; vstupuje do metabolismu jodu a hormonů štítné žlázy; vliv sloučenin Se na reprodukční funkci
- Zmírňuje toxické účinky Hg, Cd, Tl, As, Te
- Resorpce – vysoká (až 97 %), závislá na formě; snižuje vláknina, Zn, Cd
- Výrazné regionální rozdíly v zemědělských produktech
- Zdroj z potravy: ryby, vnitřnosti, vejce (žloutek); ovoce a zelenina – minimální obsah
- Fortifikace krmiv zvířat
- Akumulace Se v některých druzích rostlin
- V potravinách je Se především ve formě selenových aminokyselin
- Doporučená denní dávka: 55 μg ženy, 70 μg muži, 65-75 μg těhotné a kojící ženy
- V ČR jsou nízké koncentrace Se v půdách → velmi nízké konc. Se v českých potravinách – denní dávky asi 25-40 μg (deficit)

Selen

The Health Benefits of Selenium.



Selen

- Deficience: poškození imunity, vyšší výskyt kardiovaskulárních chorob a nádorových onemocnění
- Chronická expozice vysokým dávkám: záněty dýchacích cest, edém plic, krvácivost, kožní změny, deprese; při vážných případech – žloutenka, cirhóza jater, vypadávání vlasů, nehtů, zubní kazy, selhání ledvin

Too Low in Selenium

- Increased risk of Type II Diabetes
- Increased risk of Cancer of the Ovary and Bladder
- Increased risk of Cardiovascular Disease
- Increased Overall Mortality
- Increased Cognitive Decline

Too High in Selenium

- Increased risk of Type II Diabetes
- Increased risk of Bladder Cancer
- Increased risk of Peripheral Artery Disease
- Increased Mortality from Cancer and from Cardiovascular Disease
- Increased Bone Mass Loss

Potravina	Obsah Se v mg.kg ⁻¹
	ČR a SR
maso vepřové	0,02-0,07 ^{d)}
maso hovězí	0,02
maso kuřecí	0,07-0,11
játra vepřová	0,09-0,34
játra hovězí	0,02-0,14
ledviny vepřové	0,97-1,84
ledviny hovězí	0,20-1,02
ryby sladkovodní	0,05-0,38
ryby mořské	-
mléko plnotučné ^{e)}	0,003
tvaroh	-
sýry	0,02-0,04 ^{d)}
jogurt	0,004-0,008 ^{d)}
vejce slepičí	0,18-0,24
vaječný bílek	0,06
vaječný žloutek	0,53
pšenice	-
mouka pšeničná	0,016
chléb celozrnný	0,015-0,026 ^{d)}
rýže loupaná	0,024-0,034 ^{d)}
žito	-
čočka	0,03-0,08 ^{d)}
hrách	0,02
fazole	0,09
sója	-
zelí	0,003
květák	0,005
špenát	-
hlávkový salát	0,001 ^{d)}
rajčata	< 0,001 ^{d)}
mrkev	0,001-0,003 ^{d)}
hrášek	0,005
cibule	0,003
česnek	0,03-0,14
brambory	0,003-0,018
jablka	0,001-0,003 ^{d)}

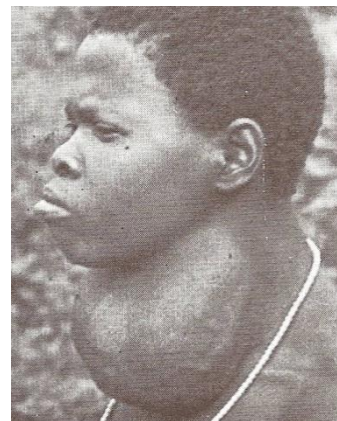
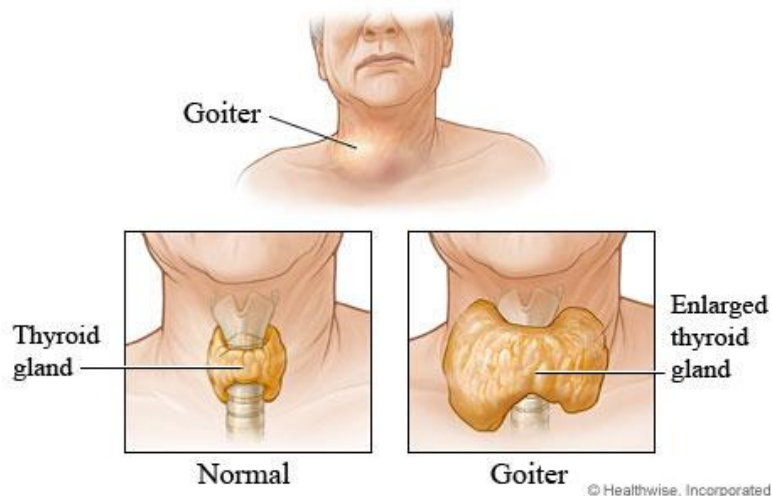
	I ^{a)}	F	B	Si
maso vepřové	0,009-0,016 ^{b)}	< 0,2	0,1-0,2	5-10
maso hovězí	0,015-0,019 ^{b)}	0,1-0,2	0,1-0,2	5-10
maso kuřecí	< 0,005	< 0,2	0,1-0,4	1-5
játra vepřová	-	< 0,2	< 0,2	20-100
ryby mořské	0,28-1,75	0,3-2,2	< 0,2	< 5
mléko plnotučné ^{c)}	0,016-0,75 ^{b) d)}	0,08-0,1	0,02-0,2	< 2-3
tvářoh	0,084-0,32 ^{b)}	0,2-0,4	0,1-0,2	1-3
sýry	0,06-0,69	0,5-0,9	0,2-0,4	10-50
jogurt	0,022-0,26 ^{b)}	0,1	0,2	< 2
vejce slepičí	0,029-0,73 ^{b)}	0,3	0,2-0,3	3
pšenice	0,024-0,043 ^{b)}	0,2-0,9	0,7-1,4	20-190
mouka pšeničná	0,017-0,025 ^{b)}	0,1-1,4	0,3-2,0	30-70
chléb celozrnný	-	0,4-0,8	0,3-1,0	20-70
rýže loupaná	-	0,3-0,6	0,7-0,8	30-90
žito	-	0,3-2,0	0,7-1,5	30-290
ječmen	-	0,4-1,6	0,7-1,4	1400-2900
oves	-	0,4-1,5	0,5-1,4	3400-6300
hrách	-	0,3-0,9	6,1-7,1	20-50
fazole	-	1,0-2,0	14-26	-
sója	-	0,9-1,3	28	30
zelí	< 0,01	0,02-0,2	1,7-2,2	< 2
květák	< 0,005	0,02-0,2	1,7-2,2	2-10
špenát	0,022-0,028	0,3-0,4	2,4-2,9	1-60
hlávkový salát	< 0,01-0,018	0,02-0,4	1,3-1,8	10-40
rajčata	< 0,01	0,02-0,1	0,8-1,1	< 2
mrkev	0,013	0,03-0,2	2,4-4,0	1-10
hrášek	0,047	< 0,1	2,6-3,4	2-5
cibule	0,025	0,04-0,1	1,3-3,3	1-10
brambory	0,018-0,037	0,06-0,2	1,1-1,8	1-2
houby	0,013	0,2-0,3	0,2-0,3	10-40
jablka	0,002-0,007	< 0,1-0,3	1,0-6,0	1-10
pomeranče	0,008	0,04-0,1	2,7-3,0	< 2
banány	< 0,005	0,1	1,4-2,2	70-90
jahody	0,09	0,03-0,3	1,7-2,1	10-30
arašídy	0,11	-	18	50
čaj černý	-	115-450	-	-
čokoláda mléčná	0,33	1,0	1,7-2,9	10

Jod

- Obsah v těle: 10-30 mg; 70-90 % ve štítné žláze
- Je součástí hormonů štítné žlázy – thyroxin a trijodthyronin – regulují rychlost buněčných oxidačních procesů, ovlivňují spotřebu kyslíku v jaterní, ledvinové a srdeční tkáni, zvyšují resorpci glukosy a galaktosy, ovlivňují termoregulaci ...
- Hlavní forma v potravě: I⁻; úplná resorpce
- Je transportován krví do štítné žlázy, záchyt ve formě jodidu
- Zdroj z potravy: mořské ryby; u ostatních potravin je obsah závislý na obsahu jodu v krmivu nebo v půdě; mléko, vejce
- Aditiva v potravinách; kuchyňská sůl (jodidace od roku 1947)
- Doporučená denní dávka: 150 µg, těhotné ženy 175 µg, kojící ženy 200 µg
- Průměrná denní dávka v ČR je asi 100 µg
- Hyperthyreosa – nadměrná funkce štítné žlázy – Basedowova choroba (růst látkové přeměny, tělesné teploty, hubnutí ...); nadměrný růst (gigantismus) nebo zvětšení částí těla (akromegalie)
- Maximální tolerovatelný příjem: 0,6 mg denně
- Mírný nedostatek – opožděný mentální i fyzický vývoj, snížené plodnosti

Jod

- Deficience: hypothyreosa (vzniká i působením antithyreoidních látek) – poruchy růstu (nanismus), zvětšení štítné žlázy (struma); jako vrozená se projevuje tzv. kretenismem
- Kritické je období od prenatálního věku do tří let
- V oblastech s deficitem IQ nižší až o 13,5 bodu
- Především jihovýchodní Asie a Evropa

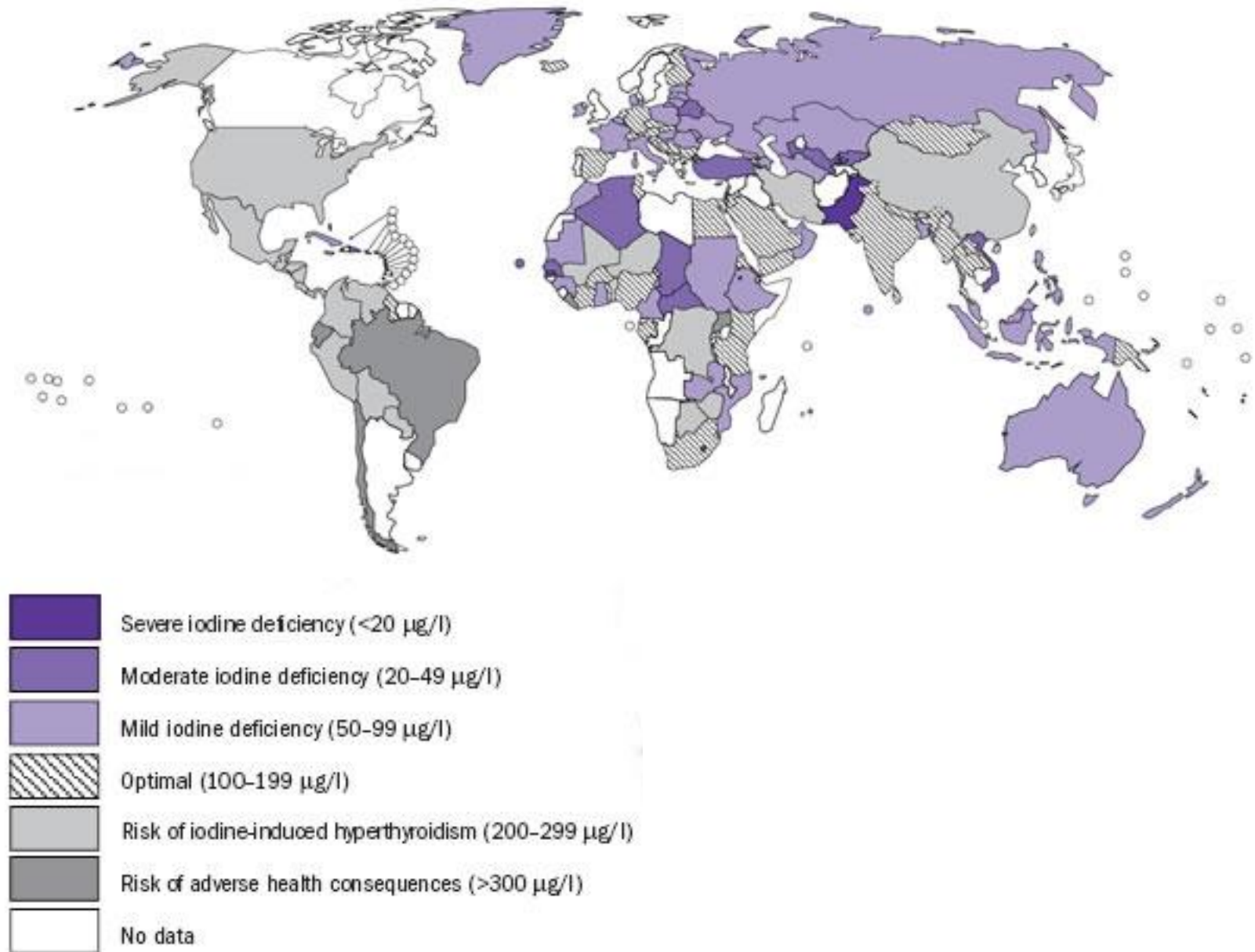


Struma



Kretenismus

Jod



Fluor

- Obsah v těle: 0,8-2,5 g; kosti, zuby
- Ochranný účinek proti zubnímu kazu; F^- působí jako inhibitor některých enzymů
- Fluorování pitné vody – optimum asi 1mg/L, nad 10 mg/L vzniká dentální fluorosa
- Resorpce: 85-98 %; prudce klesá při požívání antacid; při vazbě na bílkoviny velmi nízká
- Zdroj z potravy: čajové lístky (odvar z černého čaje), mořské ryby
- Doporučená denní dávka: 1,5-4 mg
- Nedostatek: kazivost zubů, osteoporosa
- Nadbytek (20-80 mg/den): fluorosa – poškození zubů, kostí, ledvin, nervového systému
- Riziko nadbytku v řadě zemí díky fluorizaci vody



dentální fluorosa

Bor

- Esencialita není potvrzena
- Ovlivňuje metabolismus Mg, Ca, P
- Kyselina boritá ovlivňuje aktivitu mnoha enzymů
- Obsah B je u rostlin závislý na obsahu v půdě
- Zdroj z potravy: luštěniny a ořechy; potraviny živočišného původu velmi málo
- Nedostatek: narušuje metabolismus Mg, Ca, P – podporuje vznik osteoporózy

Křemík

- Obsah v těle: 1,4 g; kosti, kůže, nehty, vlasy
- Nezbytný pro syntézu kolagenu, pro pojivovou tkáň, působí proti stárnutí kůže
- Resorpce: 30-50 %; mechanismus vstřebání není znám
- Zdroj z potravy: cereálie, zelenina; potraviny živočišného původu velmi málo
- Nedostatek: lámavost nehtů, vlasů
- Nadbytek: přispívá ke vzniku ledvinových a močových kamenů
- Při dlouhodobém vdechování částic vznik silikózy (profesní riziko)

Hliník

- Dříve považovaný za netoxický, má zdravotně nepříznivé účinky
- Vyšší obsah potravinách rostlinného původu
- Vysoký obsah v čajových listech (rozpuštěný z 30 %); vyšší obsah má také tymián, oregáno, bobkový list, bazalka; střední obsah v cereáliích; velmi nízké koncentrace v mléce, vejcích
- Kontaminace potravin obalovým materiálem, hliníkovými nádobami (především u kyselých potravin)
- Antacida – léčiva neutralizující žaludeční šťávy (oxid nebo hydroxid hlinitý), kosmetické přípravky, zubní pasty
- Resorpce: 0,1-0,3 %; zcela vylučován močí – toxicita hliníku pouze při selhání ledvin
- Přímý vstup Al infusí nebo při dialýze vyvolává osteomalacii, anémii nebo encefalopatii způsobující demenci
- Potenciálně neurotoxický prvek – podezření na výskyt Alzheimerovy choroby
- Profesionální intoxikace inhalací

Cín

- Přirozený obsah v potravinách je velmi nízký, nejvyšší u ryb (4-8 mg/kg)
- Tolerovatelná denní dávka: 140 mg (pro hmotnost 70 kg)
- Resorpce: 1-8 %
- Při extrémním příjmu z potravin v plechovkách vyvolává průjem a zvracení
- Toxické účinky jen v případě dlouhodobé konzumace potravin s extrémním množstvím cínu (1,4 g/kg); vysoce toxické jsou organokovové sloučeniny
- Intoxikace především v minulosti

Toxické prvky v potravinách

Vstup toxických prvků do potravin:

- 1) kontaminace během výroby
- 2) kontaminace z obalů
- 3) ze zpracovávaných surovin

- Přírodní biogeochemické procesy – zvětrávání hornin, vulkanická činnost, lesní požáry, přechod prvků z půd do rostlin ... → potravní řetězec
- Znečištění ovzduší, vod, půdy hnojením, skladováním odpadů, dopravou, průmyslovou výrobou, spalováním ...
- Cyklus kontaminantů, depozice (suchá, mokrá), dálkový transport, nesnadná identifikovatelnost zdrojů znečištění
- Mobilita a biodostupnost kontaminujících látek je závislá na formě (speciaci), vliv adsorpce i absorpce, pH, redoxních podmínek, kondenzace na částicích, meteorologických podmínek ...
- Jsou všechna „ekologická“ opatření opravdu ekologická?

- Nejvyšší přípustná množství v potravinách stanoveny pro Pb, Cd, Hg, As, Sn, Al, Cr, Cu, Ni, Zn

Toxické prvky v potravinách

Limity pro kontaminanty v potravinách:

- Skupina A – dětská a kojenecká výživa, základní potraviny (mléko, maso, drůbež, pečivo, těstoviny, rýže, zelenina, nealkoholické nápoje ...)
- Skupina B – mléčné výrobky (sýry), masné výrobky, ryby, luštěniny, sirupy ...

Potravina	Nejvyšší povolené množství nebo povolené množství prvku v mg.kg ⁻¹										
	As	Sn	Al ^{b), c)}	Cr	Cd	Cu	Ni	Pb	Hg	Zn	Fe ^{b), c)}
maso	0,1		10,0		0,1 ^{a)}	5,0	0,5	0,1	0,05	50 ^{a)}	
mléko	0,05		1,0		0,01	0,4	0,1	0,02	0,01	10,0 ^{a)}	
vejce	0,1				0,02 ^{a)}	3,0 ^{a)}		0,1 ^{a)}	0,03	25,0 ^{a)}	
chléb					0,07			0,1			
cukr	1,0				0,02	1,0		1,0	0,01		
ovoce	0,5				0,05 ^{a)}	5,0		0,1	0,01	10,0 ^{a)}	
zelenina	0,5				0,1 ^{d)}	10,0 ^{a)}	2,5	0,3	0,03	25,0 ^{a)}	
nealkoholické nápoje	0,1		5,0		0,05	3,0		0,02	0,003	5,0 ^{a)}	
pivo	0,2		5,0		0,01	5,0		0,05 ^{a)}			
obecně potraviny A	0,5 ^{a)}	100,0 ^{a)}		0,2 ^{a)}	0,1 ^{a)}	20,0 ^{a)}	2,0 ^{a)}		0,05 ^{a)}	50,0 ^{a)}	
obecně nápoje A	0,5 ^{a)}	100,0 ^{a)}		0,1 ^{a)}		20,0 ^{a)}	1,0 ^{a)}				
obecně potraviny B	3,0 ^{a)}	200,0 ^{a)}		4,0 ^{a)}	0,5 ^{a)}	80,0 ^{a)}	6,0 ^{a)}	8,0 ^{a)}	0,5 ^{a)}	80,0 ^{a)}	
obecně nápoje B	3,0 ^{a)}	200,0 ^{a)}		1,0 ^{a)}		20,0 ^{a)}	6,0 ^{a)}				

^{a)} Povolené množství. ^{b)} Pro Al a Fe není pro potraviny A a B povolené množství uvedeno. ^{c)} Např. pro výrobky v hliníkových obalech a fóliích je nejvyšší povolené množství 100,0 mg.kg⁻¹. ^{d)} Hodnota 0,1 platí pro plodovou a kořenovou zeleninu, pro listovou zeleninu je nejvyšší povolené množství 0,15 a pro špenát 0,2 mg.kg⁻¹. ^{e)} Povolené množství (5 mg.kg⁻¹) a speciální množství (1,5 mg.kg⁻¹) je stanoveno jen pro tuky a oleje.

Toxické prvky v potravinách

Potravina	Obsah v mg.kg ⁻¹			
	Pb	Cd	Hg	As
maso vepřové	0,005-0,05	0,001-0,01	0,002-0,006	0,003-0,03
maso hovězí	0,004-0,07	< 0,001-0,01	0,001-0,003	0,001-0,07
maso kuřecí	0,008-0,04	0,001-0,005	0,001-0,002	0,001-0,03
játra vepřová	0,014-0,04	0,025-0,10	0,007-0,014	0,005-0,02
játra hovězí	0,01-0,42	0,03-0,17	0,001-0,005	0,005-0,07
ledviny vepřové	0,01-0,04	0,07-0,52	0,011-0,015	0,01
ledviny hovězí	0,06-0,22	0,06-2,0	0,003-0,014	0,02-0,13
ryby mořské	0,01-0,14	0,001-0,07	0,03-0,85	0,50-1,4
ryby sladkovodní	0,01-0,05	0,001-0,005	0,07-1,01	0,03-0,56
mléko plnotučné ^{b)}	0,001-0,002	< 0,0001-0,001	< 0,001	< 0,001-0,003
tvarož	0,02	< 0,002	< 0,001	0,01
sýry	0,01-0,06	0,005-0,02	< 0,002	< 0,002-0,025
jugurt	0,01-0,03	0,001-0,003	< 0,001	< 0,005
vejce slepičí	0,001-0,01	0,001-0,01	0,005-0,008	< 0,002-0,01
pšenice	0,02-0,65	0,02-0,35	0,0001-0,006	0,005-0,29
mouka pšeničná	0,004-0,05	0,01-0,09	0,002-0,004	0,01-0,17
chléb celozrnný	0,012-0,013	0,02-0,05	0,001-0,006	0,006-0,05
ryže loupaná	0,003-0,08	0,004-0,14	0,002-0,008	0,04-0,31
žito	0,01-0,17	0,004-0,04	0,002-0,007	0,03-0,10
ječmen	0,03-0,27	0,004-0,04	0,001-0,006	0,005-0,38
oves	0,03-0,30	0,004-0,07	0,0001-0,008	0,01-0,54

Toxické prvky v potravinách

Potravina	Obsah v mg.kg ⁻¹			
	Pb	Cd	Hg	As
hrách	0,01-0,43	0,01-0,03	0,002-0,02	0,01-0,05
fasole	0,02-0,10	0,003-0,02	0,004-0,02	< 0,01
sója	< 0,002-0,32	0,04-0,09	< 0,004	0,03-0,05
mlí	0,002-0,04	0,01-0,017	0,0003-0,001	< 0,01
květák	0,002-0,02	0,002-0,02	0,0004-0,002	0,002-0,01
špenát	0,01-0,29	0,01-0,35	< 0,001-0,008	0,005-0,02
hlávkový salát	0,003-0,25	0,002-0,16	0,0005-0,01	0,002-0,14
rajčata	< 0,001-0,04	0,002-0,05	0,0001-0,008	< 0,001-0,002
mukev	0,004-0,21	0,003-0,16	0,0006-0,005	0,003-0,11
hrášek	0,01-0,02	0,001-0,03	0,0005-0,002	0,01
cibule	< 0,001-0,05	0,004-0,05	< 0,001	0,01
brambory	0,006-0,04	0,002-0,06	0,0001-0,017	< 0,001-0,04
houby	0,01-0,20	0,01-0,33	0,07-0,22	0,01
jablka	0,01-0,05	0,001-0,002	0,0003-0,002	0,001-0,22
pomeranče	0,005-0,07	0,001-0,007	< 0,001	0,004-0,02
banány	0,02-0,05	< 0,002	0,001-0,002	0,04-0,09
jahody	0,006-0,09	0,001-0,03	0,0002-0,001	< 0,005
brozky	0,012-0,024	0,001-0,002	0,0004-0,002	0,01-0,16
arašidy	0,01-0,19	0,01-0,51	< 0,004	-
čaj černý	0,07-1,29	0,005-0,12	0,007-0,025	0,05-0,40
káva pražená	0,02-0,05	0,003-0,007	< 0,004	0,05-0,22
kakao	0,03-0,07	0,095-0,17	< 0,004	0,10
čokoláda mléčná	0,05	0,005-0,01	0,002-0,004	< 0,05

Toxické prvky v potravinách

Faktory ovlivňující toxický účinek prvku:

- Zastoupení chemických forem prvku (speciace)
 - Složení stravy (bílkoviny, vitaminy, kys. fytoová)
 - Interakce mezi prvky
 - Individuální citlivost jedince
 - Synergické působení více faktorů – např. kouření
-
- Toxické účinky jsou výsledkem interakce kov–enzym – inhibice buněčných pochodů
 - Při akutní otravě zvýšené koncentrace v krvi a v moči
 - Léčba: dimerkaptopropanol (antidotum)

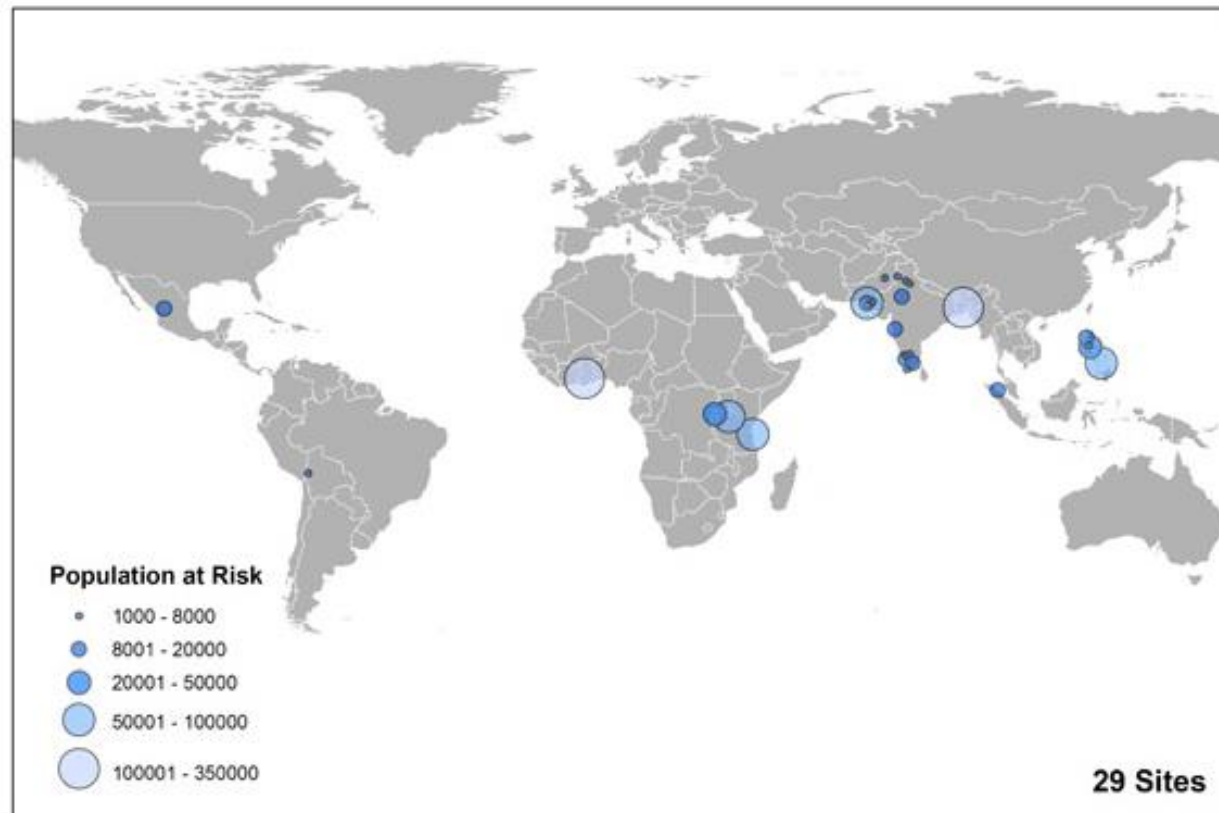
Prvek	PWTI* (mg/(kg. týden))	TDI** (µg/den)
Pb	0,025	250
Cd	0,007	70
Hg	0,005 (MeHg 0,0016)	50 (16)
As	0,015	150

* tolerovatelná týdenní dávka na 1 kg tělesné hmotnosti

** tolerovatelná denní dávka při tělesné hmotnosti 70 kg

Olovo

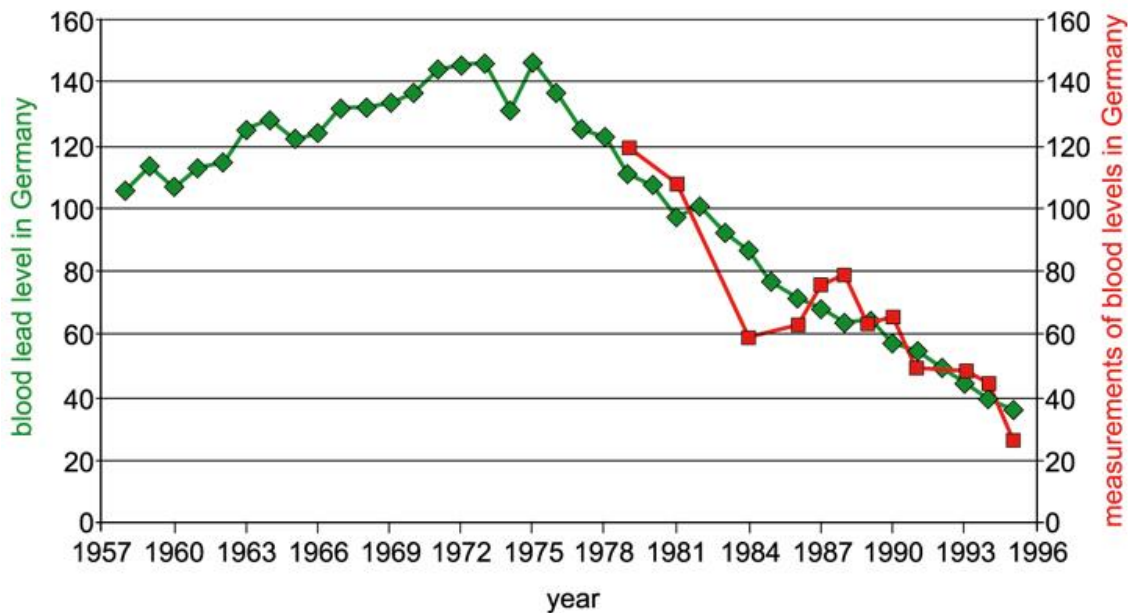
- Zdroje kontaminace: akumulátory, přísady do benzínu (již se nepoužívá), pigmenty, slitiny, plechy, olovnaté sklo
- Obsah v těle: běžná koncentrace v krvi 50-200 $\mu\text{g}/\text{L}$; játra, ledviny; kosti (hlavní depozit) a zuby při dlouhodobé expozici; při transportu vazba na erythrocyty



Olovo

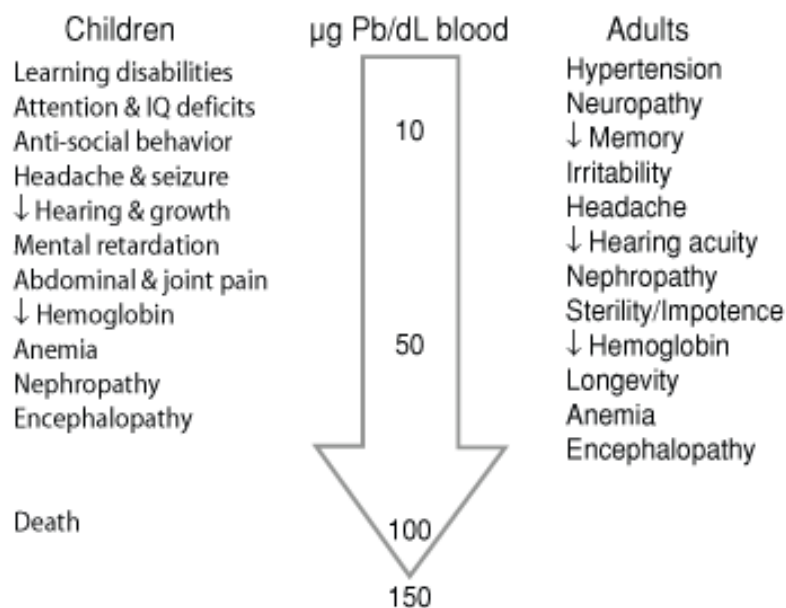
- Potraviny s obsahem nad 0,1 mg/kg: vnitřnosti, mrkev, špenát, salát, houby, čaj, víno
- Resorpce: 10 %, vyšší při vysokém podílu bílkovin ve stravě, nižší za většího množství vlákniny, kys. fytové, Fe a Ca; 40-50 % u dětí!
- Vylučování je velmi pomalé
- Antagonismus – sloučeniny Zn

Human Blood Lead Levels 1958-1995



Olovo

- Od 150 $\mu\text{g/L}$ v krvi se u dětí objevují nepříznivé účinky (pomalejší mentální i fyzický vývoj); poškození mozku – 0,8-1 mg/L v krvi
- Toxické účinky: poruchy krvevotvorby, poškození jater, ledvin, slinivky, nervového systému
- Otrava z potravy nepravděpodobná (omezené vstřebávání); otrava při profesní expozici – metalurgie



Lead poisoning

Lead buildup in the body causes serious health problems

Symptoms

- Headaches
- Irritability
- Reduced sensations
- Aggressive behavior
- Difficulty sleeping

Additional complications for children:

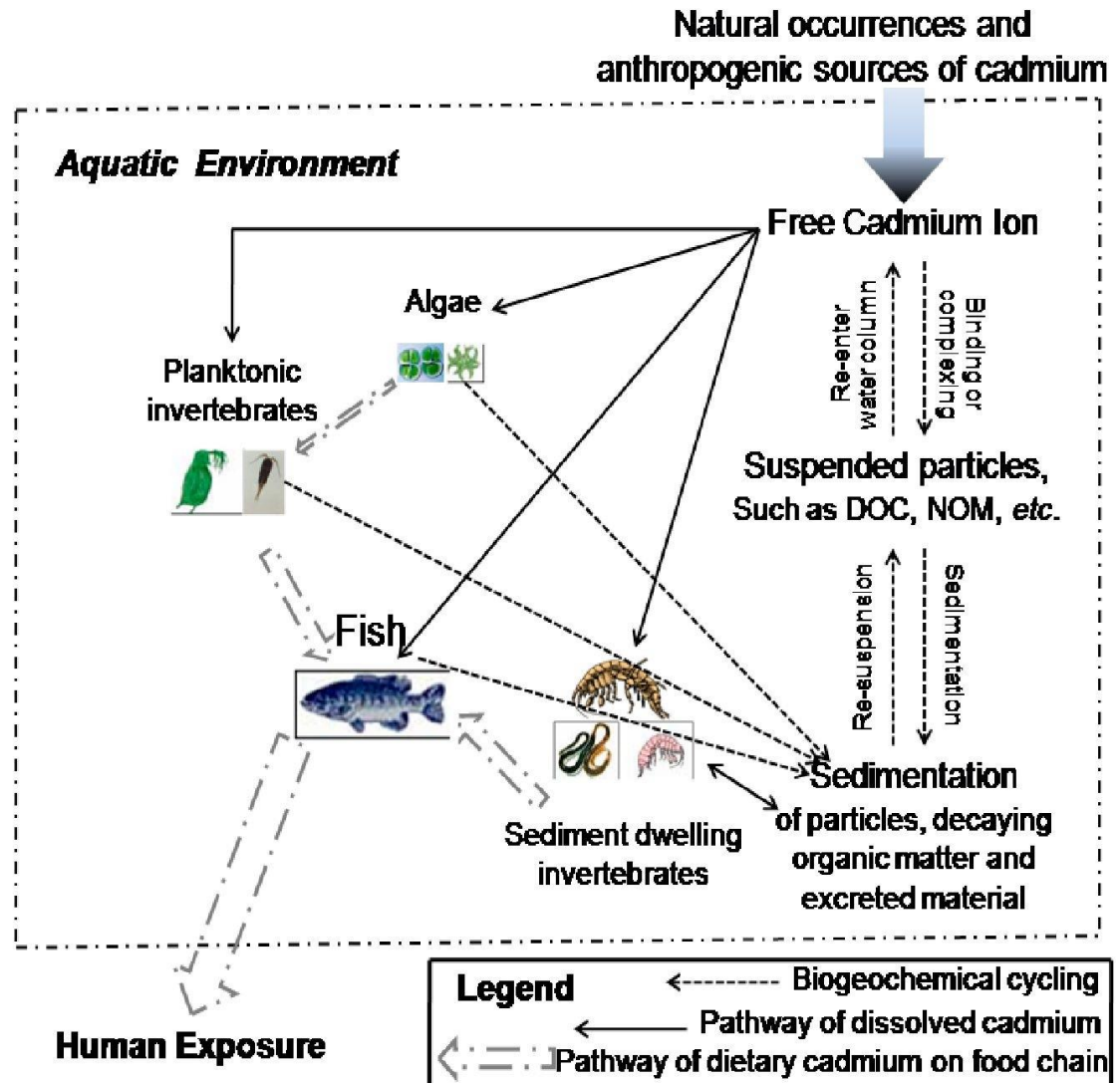
- ▶ Loss of developmental skills
- ▶ Behavior, attention problems
- ▶ Hearing loss
- ▶ Kidney damage
- ▶ Reduced IQ
- ▶ Slowed body growth

Lead is more harmful to children as it can affect developing nerves and brains

Source: MedlinePlus/Mayo Clinic 240809 AFP

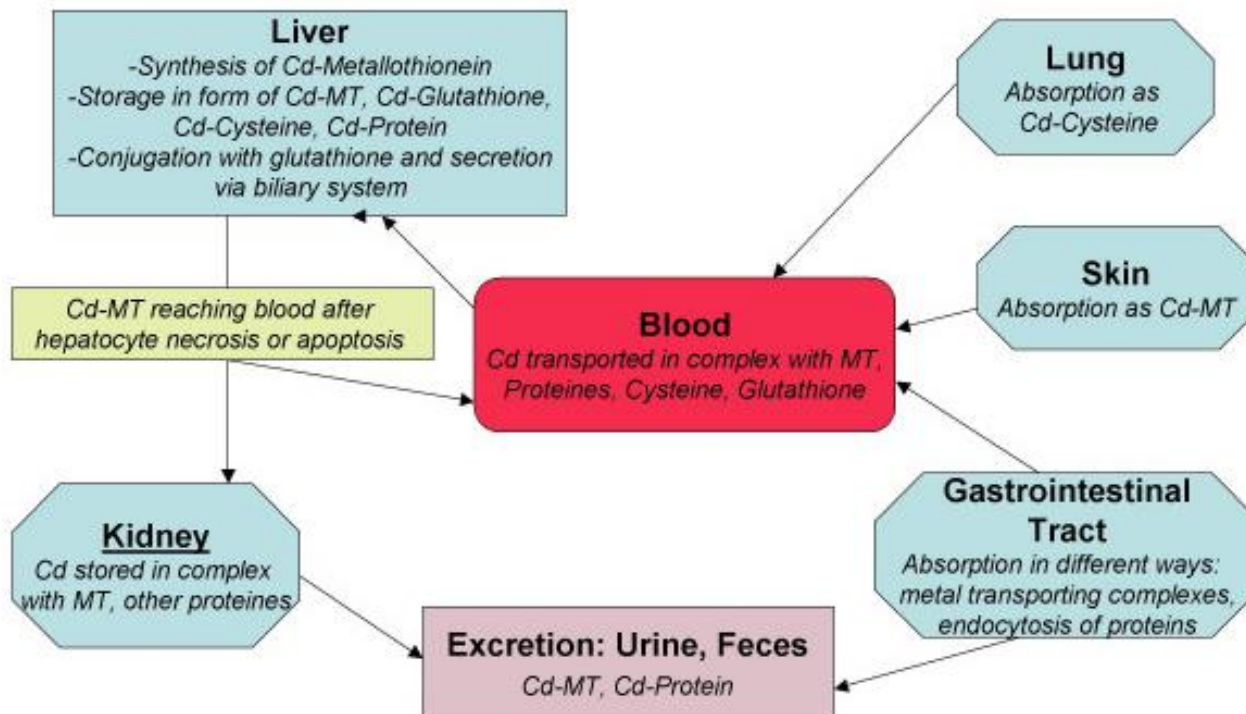
Kadmium

- Zdroje kontaminace: metalurgie, spalování uhlí, baterie, pigmenty, odpady, hnojiva, stabilizátor PVC
- Obsah v krvi: 0,2-3 $\mu\text{g/L}$, 0,2-5 $\mu\text{g/L}$ u kuřáků
- Potraviny s obsahem nad 0,07 mg/kg: vnitřnosti, korýši, mrkev, špenát, salát, mák, ořechy, houby, čaj, kakao



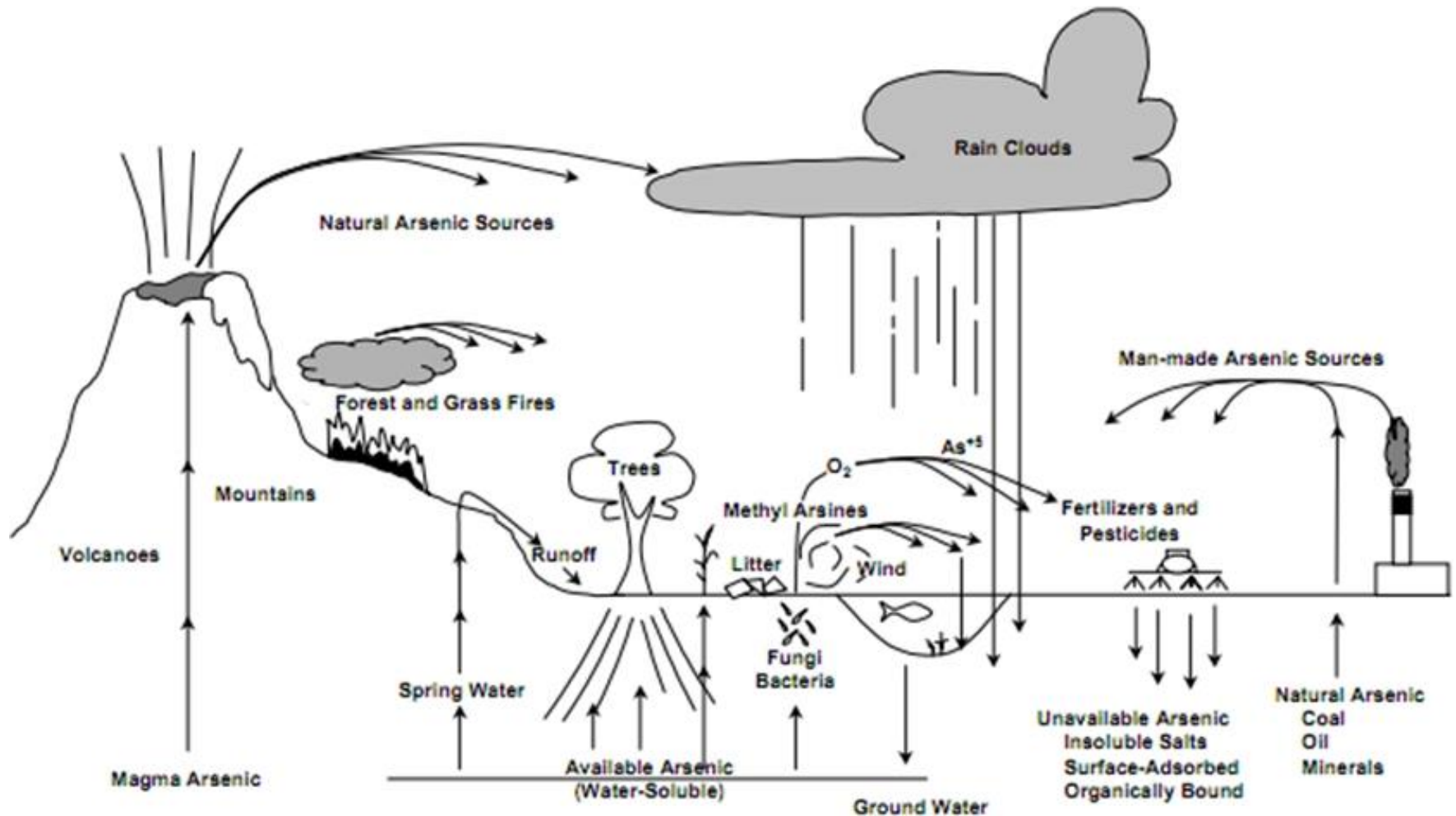
Kadmium

- Toxické účinky: inhibice enzymů, selhání ledvin, poškození jater, plic, pohlavních orgánů, odvápnění kostí; karcinogenní a teratogenní účinky
- Chronická otrava: inhalace kouřením; akumulace v těle
- Při otravě z kontaminované potravy dochází k dekalifikaci kostí – choroba Itai-Itai



Arsen

- Zdroje kontaminace: vulkanická činnost, lesní požáry, metalurgie, spalování uhlí, pesticidy a fungicidy (používané dříve k ochraně dřeva, postřiky)

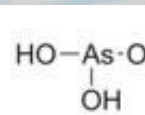
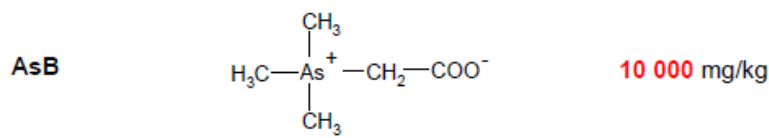
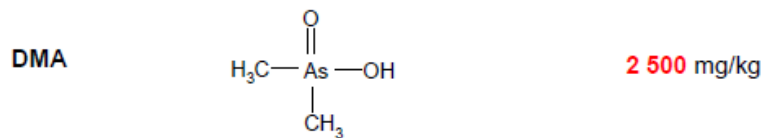
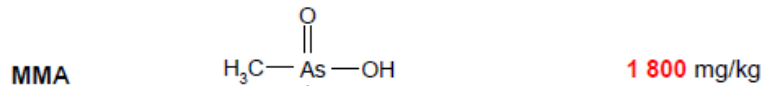


Arsen

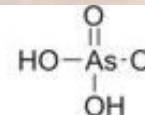
Změny chemických forem arsenu

- oxidačně-redukční reakce:
 $As^{III} \leftrightarrow As^V$
 významné z hlediska toxicity (As^{III} toxičtější než As^V)
- vznik methylovaných sloučenin (jsou méně toxické)
 z kys. arseničné:
 $CH_3AsO(OH)_2$ methylarsonová kyselina
 $(CH_3)_2As(O)OH$ dimethylarsinová kyselina
 vznikají ve vodních organismech
 a metabolickou transformací u savců při intoxikaci
 anorganickými sloučeninami As
- vznik trimethylarsoniových sloučenin např. v rybách
 $(CH_3)_3As^+-CH_2-COO^-$ arsenobetain (netoxická látka)

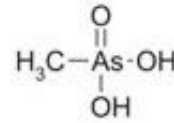
		LD ₅₀
As ^{III}	H ₃ AsO ₃	4 mg/kg
As ^V	H ₃ AsO ₄	15 mg/kg



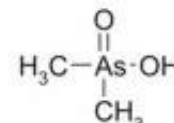
arsenite



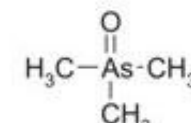
arsenate



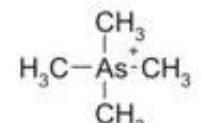
monomethylarsonic acid (MMA)



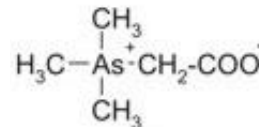
dimethylarsinic acid (DMA)



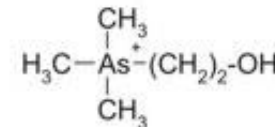
trimethylarsine oxide (TMAO)



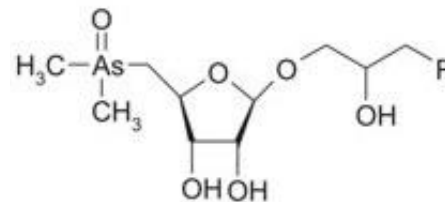
tetramethylarsonium ion (TMAs)



arsenobetaine (AsBet)



arsenocholine (AsCho)

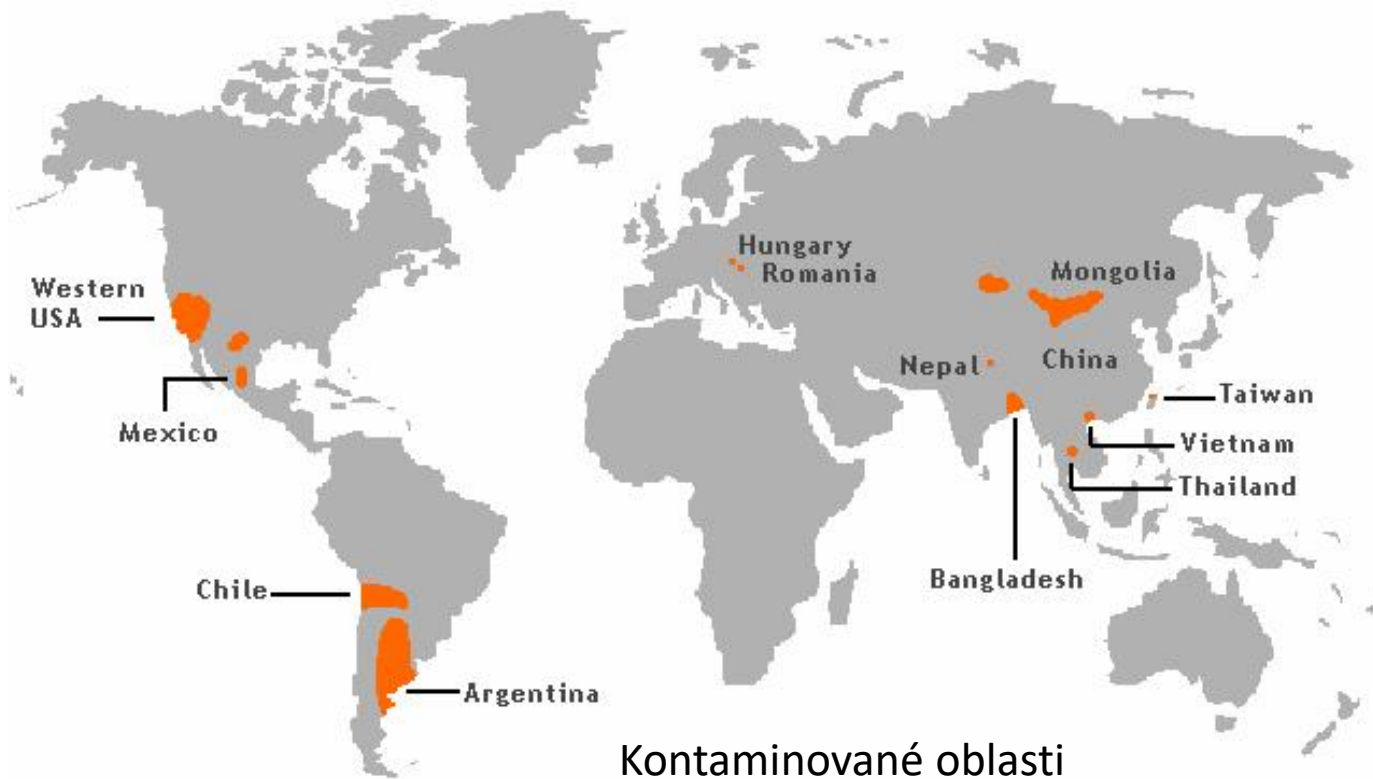


arsenosugars:

- sugar a
 - sugar b
 - sugar c
 - sugar d
- R = OPO₃HCH₂CH(OH)CH₂OH
 R = SO₃H
 R = OSO₃H
 R = OH

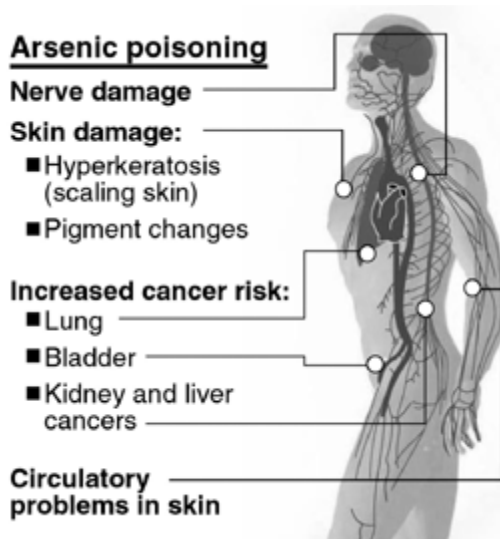
Arsen

- Tolerovaná denní dávka: 140 μg (pro hmotnost 70 kg)
- Ovlivňuje aktivitu enzymů vazbou na thiolové skupiny
- Afinita As ke keratinu – kumulace ve vlasech, nehtech a v kůži



Arsen

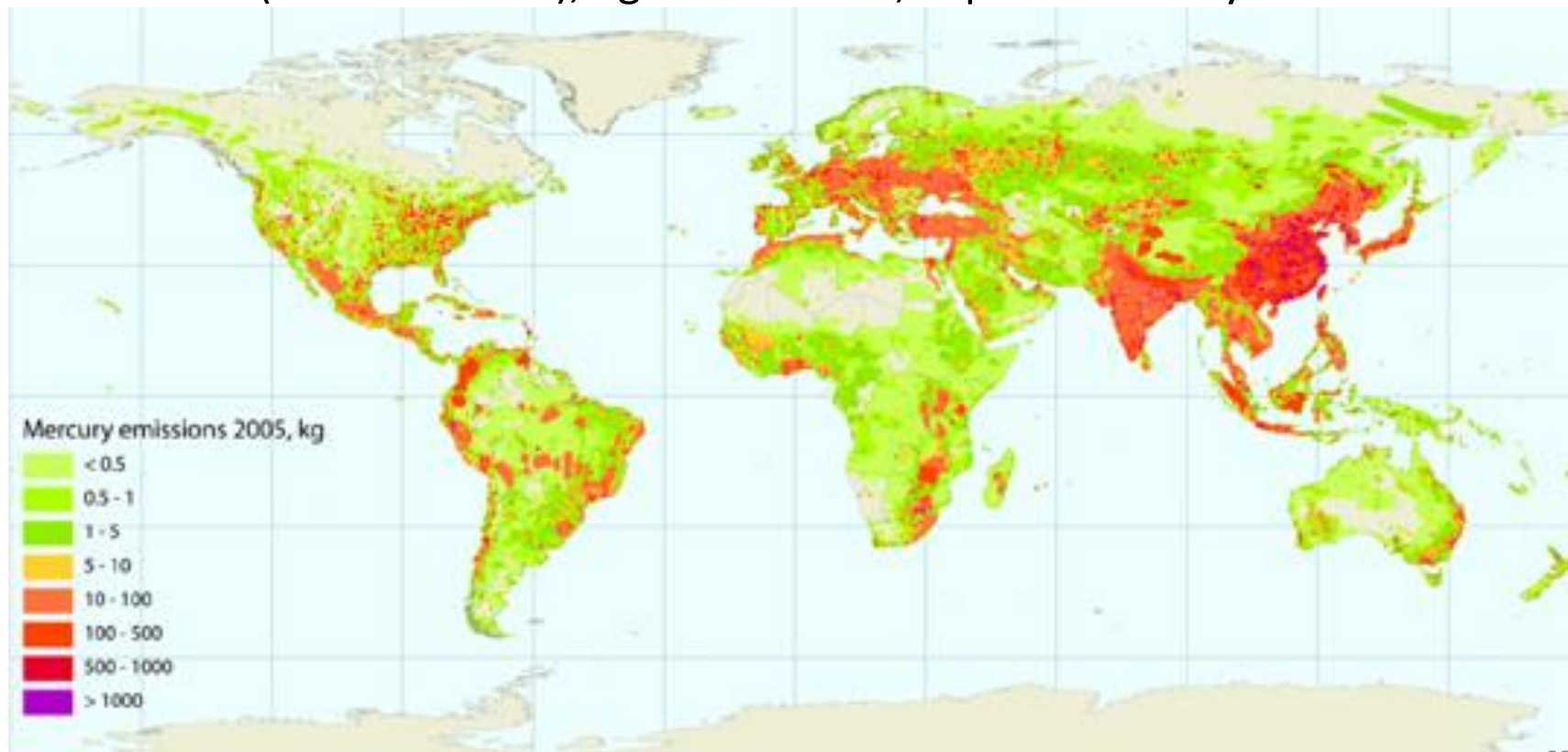
- Intoxikace kouřením, potravou
- Potraviny s vyšším obsahem: ryby, korýši – ve formě málo toxických organických sloučenin; akumulace v některých rostlinách – tabák, oves
- Resorpce: 2-25 %, u organických forem v rybách 100 %
- Chronická otrava: příjem nad 10 mg denně; hubnutí, slinivost, zhoršení zraku, kožní změny (otoky, ekzémy, keratosa), hematologické i neurologické změny (obrtna prstů, spavost, ztráta paměti, zmatenost, zhoršení sluchu); As má karcinogenní, mutagenní a teratogenní účinky
- Akutní otrava: bolesti břicha, zvracení, průjem, vlhká kůže, slabý pulz



Rtuť

Zdroje kontaminace:

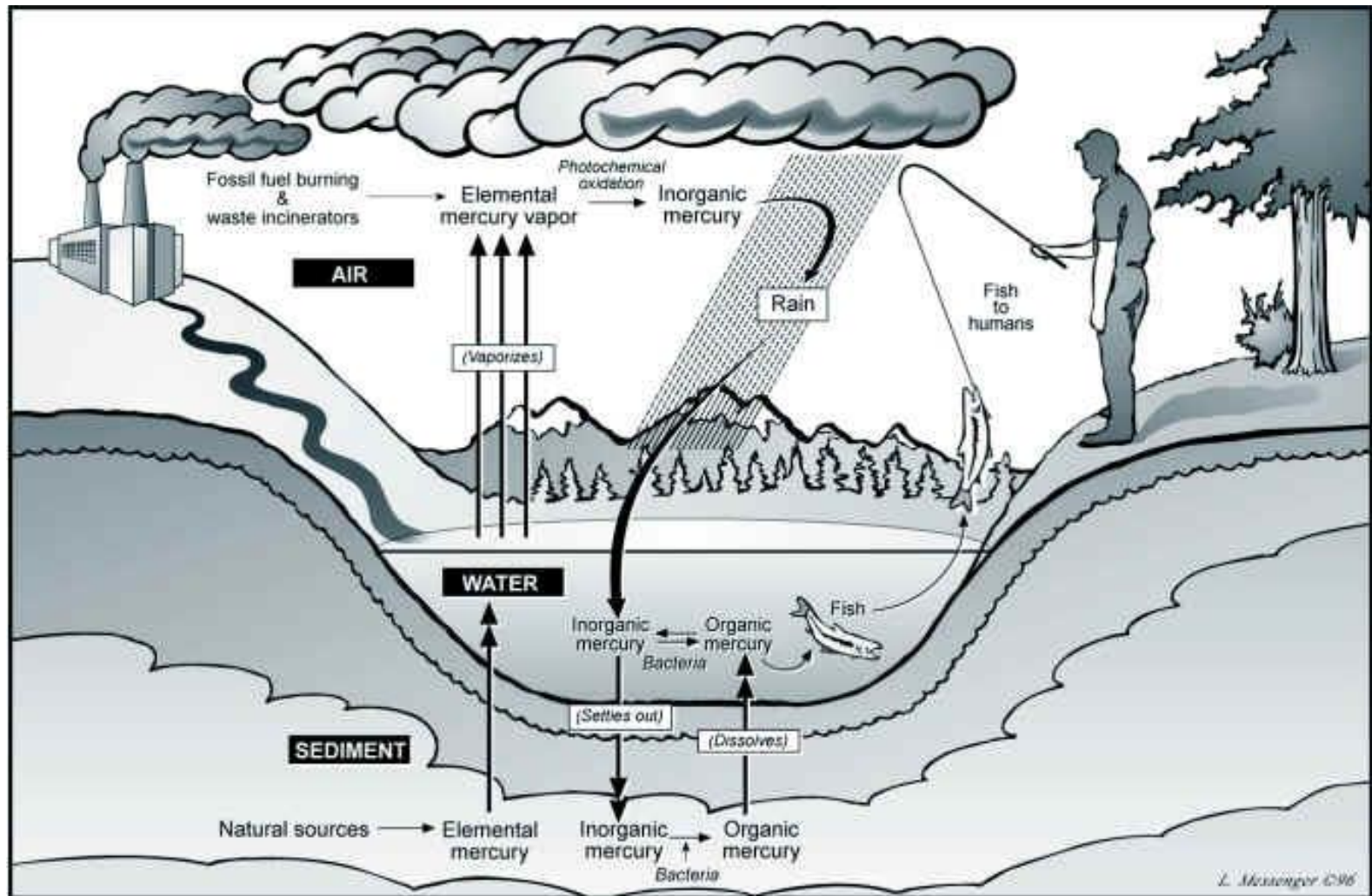
- Přírozené zdroje – sopečná činnost, zvětrávání hornin, lesní požáry, permafrost, moře a oceány
- Spalování fosilních paliv (především uhlí), průmyslové použití rtuti a jejích sloučenin – elektrochemická výroba, elektrotechnika, katalyzátory, medicína (zubní lékařství), agrochemikálie, úsporné žárovky



Global distribution of human-generated atmospheric emissions of mercury for 2005 (Pacyna et al. 2010).

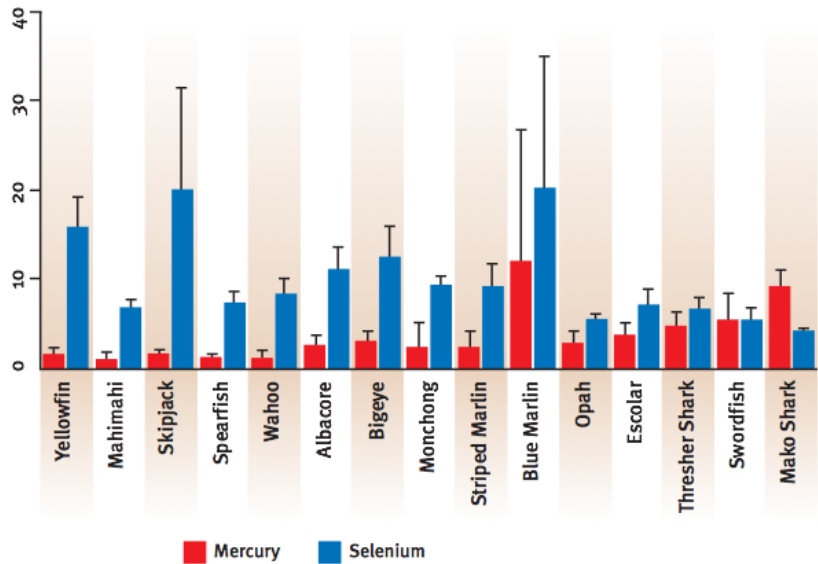
Rtuť

- Bioakumulace potravním řetězcem
- Asi 90 % Hg v tělech ryb tvoří MeHg⁺



Rtuť

- Tolerovaná denní dávka: 50 μg (pro hmotnost 70kg); může být překročena jen konzumací ryb
- Kumulace v játrech, ledvinách, mozku, vlasech, nehtech
- Afinita Hg k thiolovým skupinám v peptidech a bílkovinách \rightarrow inhibice enzymů
- Potraviny s obsahem 0,05-2 mg/kg: ryby (především dravé)
- Resorpce z potravy v tenkém střevě: 7 % (liší se podle formy)
- Hromadné otravy obyvatelstva: z ryb – Minamata (Japonsko), z mořného obilí – Irák
- Profesní otravy v chemických provozech

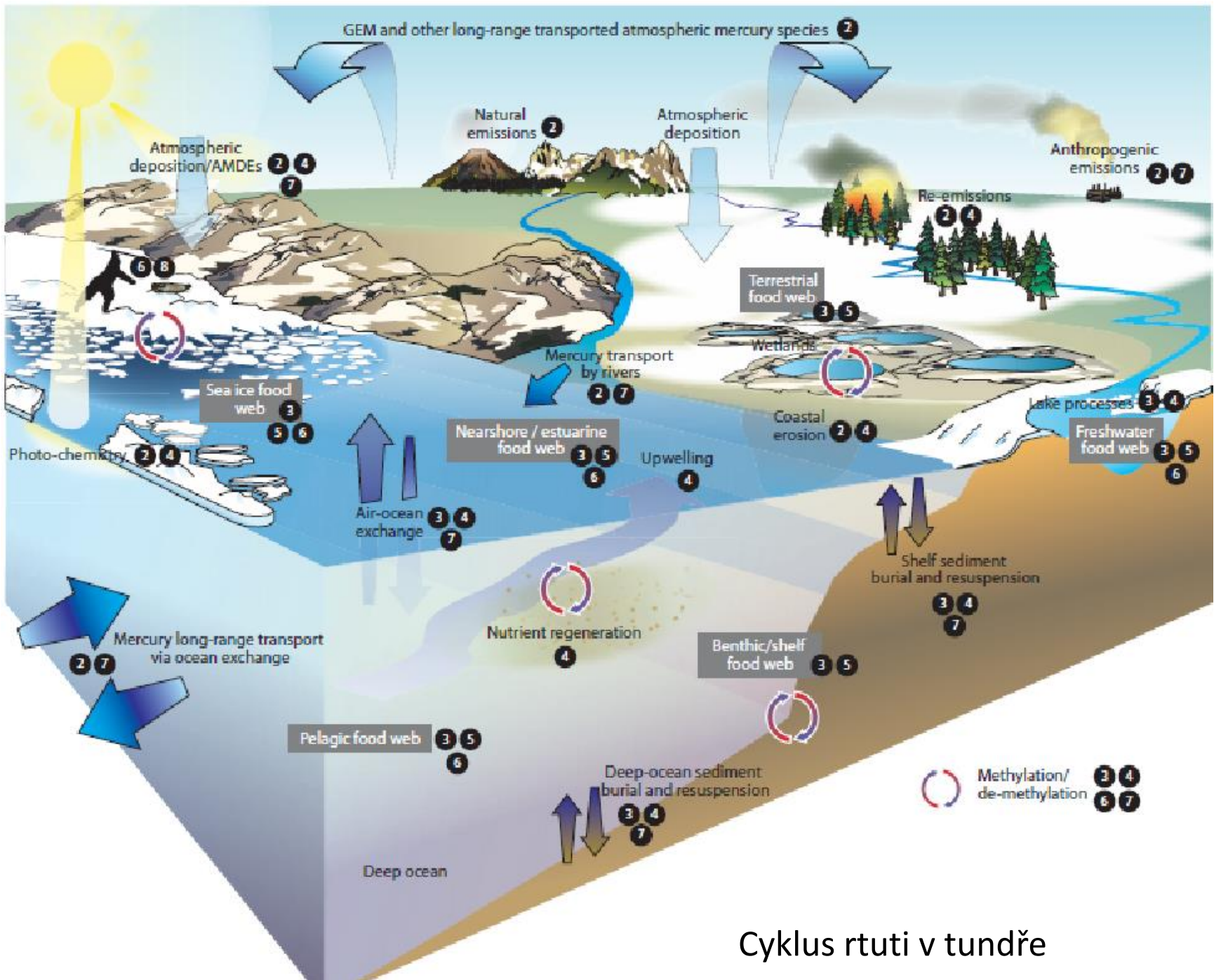


Korelace obsahu Hg a Se v mořských rybách

Rtuť

Toxické účinky:

- Anorganické sloučeniny – vysoce toxické; poškození ledvin a nervové soustavy
- Methylrtuť a dimethylrtuť – extrémně toxické; působí na nervový systém, teratogenní účinky
- Fenylrtuť – méně toxická než methyl a dimethyl forma
- Amalgámy – slitiny Hg s Ag, Cu, Sn (Zn); diskutabilní vliv na zdraví
- Antagonista: Se
- Otrava MeHg^+ – poruchy smyslových funkcí (zrak, sluch, rovnováha), poruchy řeči, polykání, mentální poruchy; teratogenní účinky
- Otrava anorganickými sloučeninami: selhání ledvin, změny psychiky
- Otrava elementární Hg (především inhalací par): slinění, kovová chuť v ústech, otoky dásní, vypadávání zubů, ztráta chuti k jídlu, nespavost, svalový třes, zvracení, průjem, únava, zhoršená funkce ledvin; u inhalace – navíc zánět průdušek, kašel



Cyklus rtuti v tundře

COUNTERTHINK

