

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

RTUŤ, JEJÍ VÝZNAM A VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2015

Marek Němec

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Marek Němec

Krajinářství

Název práce

Rtuť, její využití a její vliv na životní prostředí

Anglický název

Mercury – its usage and its impact on the environment

Cíle práce

Cílem práce je analyzovat současné využití rtuti a poukázat, kde všude se setkáváme s rtutí, aniž by to mnozí lidé tušili. Přitom právě rtuť je jedním z velmi těžkých, toxických prvků, který umí člověku nevratně zničit zdraví.

Metodika

sběr dat z odborné literatury, dále od mezinárodní společnosti Eco Instrumental se kterou jsem pracovně v úzkém kontaktu

Rozsah textové části

30 stran textu

Klíčová slova

Hg, mercury, rtuť, rumělka, těžké kovy, toxicita, toxické prvky

Doporučené zdroje informací

Bencko V., Cíkr M., Lener J., Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka, Grada 1995

Beneš J. a kol., Životní prostředí České Republiky, Ročenka 1992

Cibulka J. a kol., Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře, Akademia Praha 1991

Jursík F., Anorganická chemie kovů. 1. vydání 2002

Lew K., Understanding the elements of the periodic tables, Mercury, 1st edition 2009

Wat S., Mercury, Marshall Cadendish Corporation, 2005

Vedoucí práce

doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 22. 1. 2014

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 1. 2014

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan FŽP ČZU

V Praze dne 20. 01. 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedených zdrojů a literatury. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne 7.dubna 2015

Poděkování

Rád bych poděkoval panu doc. Mgr. Marku Vachovi, Ph.D. za odborné vedení práce a cenné rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat.

Abstrakt

Hlavním cílem mé bakalářské práce je popsat vliv rtuti a jejích sloučenin na životní prostředí, zhodnotit aktuální situaci a vývoj znečištění. V práci je popsán výskyt rtuti v přírodě, jakým způsobem se dostává do okolního prostředí a nejčastější způsoby jejího využití.

Dalším bodem práce je ukázat možnosti, kterými můžeme výrazně omezit používání rtuti a tím i méně znečišťovat životní prostředí ve kterém žijeme tímto vysoce toxickým těžkým kovem. Emise rtuti a jejích sloučenin v půdě, vodních ekosystémech a v ovzduší je závažný celosvětový ekologický problém, o kterém se bohužel málo mluví.

Abstract

The main objective of my work is to describe the effect of mercury and its compounds to the environment, to assess the current situation and development of pollution. The work is described in the occurrence of mercury in nature, how it gets into the surrounding environment and the most common ways to usage.

The next point of the work is to show the possibilities which we can significantly reduce the using of mercury and thereby less pollute the environment in which we live this highly toxic heavy metal. Emissions of mercury and its compounds in the soil, water ecosystems, and in the air is a serious global environmental problem, which unfortunately little talk.

Klíčová slova

těžké kovy, rtuť, mercury, Hg, toxické prvky, toxicita, rumělká

Key words

heavy metals, mercury, Hg, toxic elements, toxicity, cinnabar

OBSAH

ÚVOD	9
CÍLE PRÁCE	9
METODIKA	9
1. Rtuť všeobecně	10
1.1. Historie využití rtuti	11
1.2. Výskyt rtuti	12
1.2.1. Antropogenní zdroje	14
1.2.2. Přírodní zdroje	16
1.3. Využití rtuti	18
2.1. Rtuť a její vliv na lidské zdraví	19
2.2. Rtuť a její vliv na životní prostředí	22
2.2.1. Vliv rtuti na půdu	23
2.2.2. Vliv rtuti na vodu	25
3. Fytoremediace	29
4. Diskuse	31
5. Závěr	31
5.1. Seznam použité literatury	33
5.2. Seznam obrázků a grafů	35
5.3. Seznam tabulek	35

Úvod

Tato bakalářské práce přináší ucelený přehled o nebezpečí znečišťování životního prostředí rtutí a jejími sloučeninami a hlavním cílem je zvýšit informovanost obyvatel o kontaminaci touto velmi nebezpečnou látkou, včetně nastínění stávající legislativy v oblasti nakládání s odpady obsahující rtuť.

Zvyšování koncentrace rtuti v životním prostředí člověka – v ovzduší, ve vodě, v půdě a také v potravě se stalo vážným problémem, kterým je nutno se zabývat a proto jsem si vybral toto aktuální téma.

Původně se na znečištění rtutí nahlíželo jako na místní problém, ale nyní je to problém celosvětový, vyžadující urychlenou změnu legislativy.

Kontaminace životního prostředí rtutí je vážný ekologicko-sociální problém, který se týká celé populace a přesto o něm není veřejnost dostatečně informována.

Cíle práce

Cílem bakalářské práce na téma „Rtuť, její význam a vliv na životní prostředí“ je poskytnout ucelený přehled o této problematice, analyzovat současné využití rtuti a poukázat, kde všude se setkáváme s rtutí, aniž by to mnozí lidé tušili.

Metodika

Při vypracování této bakalářské práce na téma „Rtuť, její význam a vliv na životní prostředí“ jsem se seznámil s danou problematikou rešerší odborné literatury, časopisů, internetových článků, studií platných zákonů a následně jsem uspořádal informace do výsledného textu.

1. Rtuť všeobecně

Lat. hydrargyrum, chemická značka Hg, je kapalný kov. Má stříbřitě bílou barvu, je těžká a elektricky vodivá. Tuhne při $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$ na houževnatý a kujný kov, který je měkký a dá se krájet. Za normálního tlaku vře při $357\text{ }^{\circ}\text{C}$, ale vypařuje se i za pokojové teploty. Rtuť má vysoké povrchové napětí. Proto se při rozliti rozpadne na malé kuličky. Svými chemickými vlastnostmi se podobá drahým kovům. Oxiduje se zahříváním na asi $400\text{ }^{\circ}\text{C}$, poté se však vzniklé oxidy opět rozkládají. Rtuť může být oxidována i vlhkým vzduchem, což způsobuje vznik tenké vrstvy oxidu rtuťnatého na jejím povrchu. V chemických sloučeninách se vyskytuje v oxidačním čísle I (Hg^+) – tyto sloučeniny se podobají solím stříbrným - a II (Hg^{2+}) – podobně měďnatým solím. Tyto sloučeniny jsou vytvořeny prostřednictvím kovalentní vazby. Rtuť může být ale i součástí pevných slitin s kovy jako sodík, draslík, měď, zinek, stříbro, kadmium, cín, zlato nebo olovo, které se nazývají amalgámy. Rtuť je doposud jediným známým prvkem, který tvoří sloučeniny helia - helidy.

Z jejího postavení v periodické tabulce vyplývá, že rtuť se řadí mezi přechodné *d*-kovy. Mezi kovy má však výjimečné postavení. Jako jediný kov se při pokojové teplotě nachází v kapalném stavu.

obr. č. 1

PERIODICKÁ SOUSTAVA PRVKŮ

Legend:

- relativní atomová hmotnost* (relative atomic mass)
- protonové číslo (atomic number)
- český název (Czech name)
- značka (symbol) prvku (element symbol)
- elektronegativita (electronegativity)

1,0079 1H 2,2 VODÍK																	4,00260 2He HELIUM	
6,941 3Li 0,97 LITHIUM	9,01218 4Be 1,5 BERYLÍUM											10,81 5B 2,0 BOR	12,011 6C 2,5 UHLÍK	14,0067 7N 3,1 DUŠÍK	15,9994 8O 3,5 KYSLIK	18,998403 9F 3,5 FLUOR	20,179 10Ne 3,5 NEON	
22,98977 11Na 1,0 SODÍK	24,305 12Mg 1,2 HOŘČÍK											26,98154 13Al 1,5 HLÍZEK	28,0855 14Si 1,7 KREMIK	30,97376 15P 2,1 FOSFOR	32,06 16S 2,4 SIŘA	35,453 17Cl 2,8 CHLOR	39,948 18Ar 2,8 ARGON	
39,0983 19K 0,91 DRASLÍK	40,80 20Ca 1,0 VÁPNEK	44,9559 21Sc 1,2 SKANDIUM	47,88 22Ti 1,3 TITAN	50,9414 23V 1,5 VANAD	51,996 24Cr 1,6 CHROM	54,9380 25Mn 1,6 MANGAN	55,847 26Fe 1,8 ŽELEZO	58,9332 27Co 1,7 KOBALT	58,69 28Ni 1,7 NIKEL	63,546 29Cu 1,7 MĚď	65,38 30Zn 1,7 ZINEK	69,72 31Ga 1,8 GALLIUM	72,59 32Ge 2,0 GERMANIUM	74,9216 33As 2,2 ARSEN	78,96 34Se 2,5 SELEN	79,904 35Br 2,7 BROM	83,80 36Kr 2,7 KRYPTON	
85,4678 37Rb 0,89 RUBIDIUM	87,62 38Sr 0,99 STRONCIUM	88,9059 39Y 1,1 YTRIJUM	91,22 40Zr 1,2 ZIRKONIUM	92,9064 41Nb 1,2 NIOB	95,94 42Mo 1,3 MOLYBDEN	(98) 43Tc 3,4 TECHNETIUM	101,07 44Ru 1,4 RUTHENIUM	102,9055 45Rh 1,4 RHODIUM	106,42 46Pd 1,3 PALLADIUM	114,82 47Ag 1,4 STŘIBRO	112,41 48Cd 1,5 KADMIUM	114,82 49In 1,5 INDIUM	118,69 50Sn 1,7 CÍN	121,75 51Sb 1,9 ANTIMON	127,60 52Te 2,0 TELUR	126,9045 53I 2,2 JOD	131,29 54Xe 2,2 XENON	
132,9054 55Cs 0,96 CEZÍUM	137,33 56Ba 0,97 BARIUM	138,9055 57La 1,1 LANTANUM	178,49 72Hf 1,2 HAFNÍUM	180,9479 73Ta 1,3 TANTAL	183,85 74W 1,4 WOLFRAM	186,207 75Re 1,5 RÉNÍUM	190,2 76Os 1,5 OSMIUM	192,22 77Ir 1,5 IRIDIUM	195,08 78Pt 1,4 PLATINA	196,9665 79Au 1,4 ZLATO	200,59 80Hg 1,4 RTUŤ	204,383 81Tl 1,4 THALLIUM	207,2 82Pb 1,5 OLOVO	208,9804 83Bi 1,7 BISMUT	(209) 84Po 1,8 POLONIUM	(210) 85At 1,9 ASTAT	(222) 86Rn 1,9 RADON	
(223) 87Fr 0,86 FRANCIUM	226,0254 88Ra 0,97 RADIUM	227,0278 89Ac 1,0 AKTINIUM																
140,12 58Ce 1,3 CER	140,9077 59Pr 1,3 PRASEODYM	144,24 60Nd 1,3 NEODYM	(145) 61Pm 1,1 PROMETHIUM	150,36 62Sm 1,1 SAMARIUM	151,96 63Eu 1,0 EUROPIUM	157,25 64Gd 1,1 GADOLINIUM	158,9254 65Tb 1,1 TERBIUM	162,50 66Dy 1,1 DYSPROSIUM	164,9304 67Ho 1,1 HOLMIUM	167,26 68Er 1,1 ERBIUM	168,9342 69Tm 1,1 THULIUM	173,04 70Yb 1,1 YTERBIUM	174,967 71Lu 1,1 LUTECIUM					
232,0381 90Th 1,1 THORIUM	231,0359 91Pa 1,1 PROTAKTINIUM	238,0289 92U 1,2 URAN	237,0482 93Np 1,2 NEPTUNIUM	(244) 94Pu 1,2 PLUTONIUM	(243) 95Am 1,2 AMERICIUM	(247) 96Cm 1,2 CURIUM	(247) 97Bk 1,2 BERKELIUM	(251) 98Cf 1,2 KALIFORNIUM	(252) 99Es 1,2 ERSTENIUM	(257) 100Fm 1,2 FERMIUM	(258) 101Md 1,2 MENDELEVIUM	(259) 102No 1,2 NOBELIUM	(260) 103Lr 1,2 LAWRENCIUM					

Periodická (Mendělejeva) soustava prvků

zdroj: http://fld.czu.cz/vyzkum/nauka_o_lp/chemie/chemie.html

1.1. Historie využití rtuti

Těžba rtuti a využití má tradici několik tisíciletí. Nejstarší dochovaný vzorek rtuti, který je dochován, pochází z 5000 let staré Egyptské hrobky. Potvrdily se i domněnky, že staří Egypťané znali výrobu rtuti, amalgamací s cínem a mědí.

obr. č. 2



Rumělka (cinabarit, siřník rtuťnatýHgS),

zdroj: <http://chemickeprvky.euweb.cz/rtut.htm>

V Aristotelových spisech (4. stol. př.n.l.) je elementární rtuť doporučována k léčení očních a kožních chorob.

Po pádu Říma značně klesá spotřeba rtuti, Iterou Římané používali ve stavebnictví a kosmetyce jako dekorační pigment. Naopak v lékařství našla své další uplatnění při léčbě zavšivení, svrabu, různých vyrážek a lepry.

V polovině 16. století byl objeven způsob výroby stříbra amalgamací. Další významné využití představil Torricelli v roce 1643, který vynalezl rtuťový barometr. V roce 1720 představil svůj vynález i Fahrenheit, jde o rtuťový teploměr, který používáme i v dnešní době.

Později našla rtuť další, převážně technické využití. Jedná se o rozbušky, baterie, výbojky, žárovky atd.

Širokému využití se rtuti nadále dostává i v moderní medicíně. K nejnámějším patří zubní výplně na bázi amalgámu.

1.2. Výskyt rtuti

Zdroje rtuti můžeme rozdělit na zdroje z antropogenní činnosti (např. spalování uhlí, odpadů, výroba chloru a cementu, atd.) a na zdroje přírodní (např. lesní požáry, vypařování z mokřadů a oceánů, sopečná činnost, zvětrávací proces minerálů, atd.). Emise rtuti, které se dostanou do atmosféry z přírodních zdrojů převyšují emise z antropogenních zdrojů zhruba dvojnásobně. Odhadované celkové emise rtuti jsou 7 527 mg/rok, z tohoto množství je 5207 mg/rok ze zdrojů přírodních a 2320 mg/rok ze zdrojů antropogenních. Přestože emise z antropogenních zdrojů je přibližně o polovinu nižší, hrozí zde největší ekologické riziko (Vágnerová, 2012). Obsah rtuti v zemské kůře je asi $0,08 \text{ mg.kg}^{-1}$. Jedná se o chalkofilní prvek, který se v redukční atmosféře převládající při vzniku zemské kůry vyloučil jako ruda v sulfidové fázi. Ruda rtuti se nazývá cinabarit (HgS), jehož největší naleziště nalezneme ve Španělsku (6 – 7 % obsah Hg). Méně významná naleziště se nacházejí v Mexiku, Alžírsku a Itálii (< než 1 % Hg). (Greenwood, Earnshaw, 1993).

obr. č. 3



Kapka rtuti

zdroj: <http://chemickeprvky.euweb.cz/rtut.htm>

Průměrný obsah rtuti v severočeském hnědém uhlí je $0,26 \text{ mg.kg}^{-1}$, maximum dosahuje $1,84 \text{ mg.kg}^{-1}$ a minimum $0,03 \text{ mg.kg}^{-1}$. Rtuť se váže v uhlí hlavně na síru, kde závislost těchto dvou prvků nám vyjadřuje korelační koeficient R , který má hodnotu 0,55. (Šafářová, Řehoř, 2006)

Další důležité zdroje rtuti v povrchových vodách jsou atmosférické srážky kontaminované spalováním fosilních paliv. Sloučeniny rtuti se používají při organických syntézách, kde se uplatňují jako katalyzátory. Průmyslové odpadní vody obsahují rtuť, např. při elektrolýze chloridu sodného amalgámovým způsobem. Existují i rtuťnaté pesticidy – především jde o fungicidy, prostředky k moření osiva či konzervační prostředky uplatňované při konzervaci řezných emulzí. (Pitter, 2009) Suchý rtuťový článek tvoří kladný pól obsahující oxid rtuťnatý s grafitem. Záporný pól obsahuje slisovaný amalgamový zinkový prášek. Póly článku jsou odděleny absorbentem silným koncentrovaným hydroxidem draselným sloužícím jako elektrolyt.

1.2.1. Antropogenní zdroje

Jedním z antropogenních zdrojů je spalování uhlí. Dalšími antropogenními zdroji jsou:

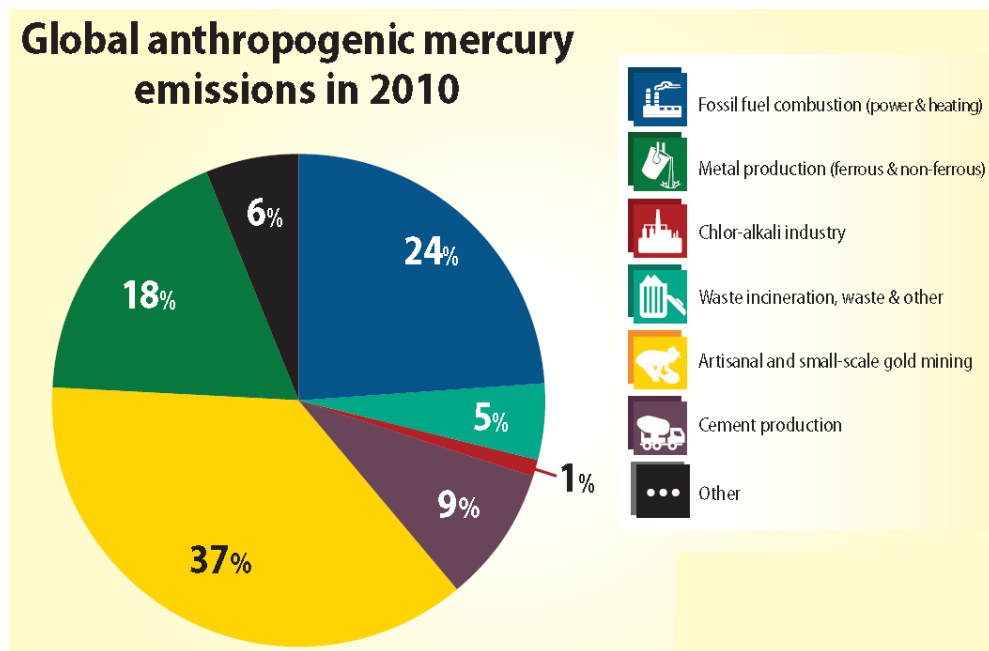
- používání již zmíněných zdraví škodlivých amalgámových plomb,
- spalování mrtvých těl v krematoriích,
- spalování fosilních paliv- výroba energie,
- používání rtuti při rituálech v některých náboženstvích,
- aglomerace rud,
- některé potravní doplňky,
- pozůstatky některých herbicidů, do kterých byla přidána rtuť, v půdě,
- výroba skla,
- očkovací vakcíny, do kterých je pro konzervaci přidáván Thimerosal, což je látka obsahující rtuť,
- každé průmyslové zařízení obsahující rtuť, kterému končí životnost, představuje hrozbu pro životní prostředí, při nešetrné recyklaci, či rozbití na skládce se do životního prostředí rtuť uvolní.

Mohou to být například:

- rtuťové teploměry,
- rtuťové barometry,
- výbojky a zářivky,
- výroba chloru amalgamovým způsobem, elektrolytickým procesem se rtuťovými elektrodami,
- rtuťové bateriové články apod.

- Těžba drahých kovů pomocí amalgámové metody, kdy je ruda rozemleta na prášek a smíchána se rtuť, vznikne amalgám, ve kterém se po zahřátí rtuť odpaří a zůstane pouze drahý kov. Tento způsob se používá již jen v nevyspělých zemích a ve vyspělých je zakázán.
- Rizikem jsou také již zmíněné ryby, zvláště ty velké.

Obr.č.4



Antropogenní zdroje vyjádřené procentuálním grafem v roce 2010.

zdroj: <http://mercurypolicy.scripts.mit.edu/blog/?tag=emissions&paged=2>

Jako nejzávažnější antropogenní zdroj emisí těžkých kovů jsou považovány spalovací procesy. Emise spalovacích procesů jsou ovlivněny řadou faktorů, mezi něž se řadí spalovací technologie, matrice uhlí, fyzikální vlastnosti popelovin, apod. Těžké kovy obsažené v uhlí jsou mají několikanásobně větší koncentraci než kovy obsažené v kapalných, či plynných palivech. Rtuť je přitom emitována v převážné části jako rtuť plynná, nikoli jako oxidy, siřičky, sírany a halogenidy jak je to u ostatní většiny kovů.

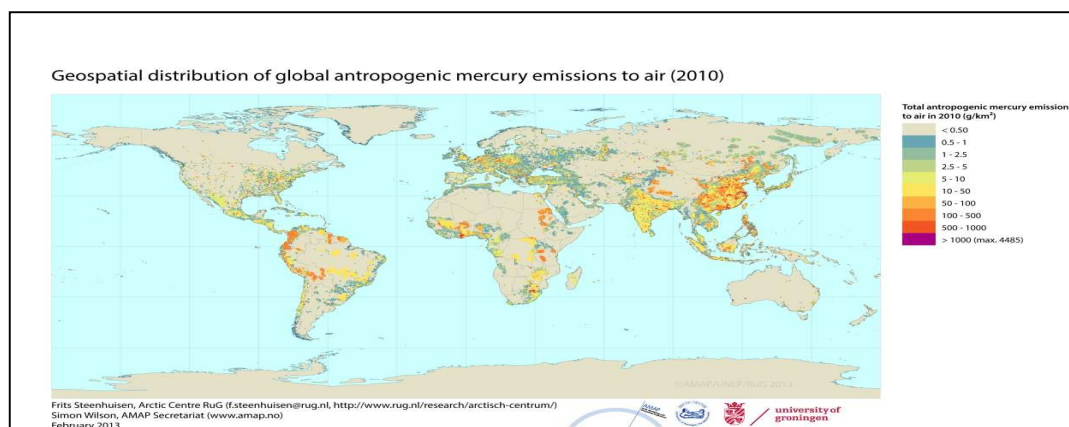
1.2.2. Přírodní zdroje

Rtuť je přirozenou součástí zemské kůry, jelikož je přítomna v horninách a minerálech jako je již zmíněná rumělka- HgS , livingstonit- HgSb_4S_8 , laffittit- AgHgAsS_3 , coloradoit- HgTe , montroydit- HgO , tiemanit- HgSe , grumiplucit- HgBi_2S_4 . Celkový počet nerostů, ve kterých se rtuť vyskytuje, je přes 90. Ryzí rtuť se vyskytuje zřídka, největší podíl rtuti v minerálu má jeden z vzácnějších nerostů hanawaltit $\text{Hg}_7[\text{Cl},(\text{OH})]_2\text{O}_3$. Celkové zásoby rtuti se odhadují na více než 600kt v Evropských zemích jsou největší ložiska těchto nerostů ve Španělsku a Slovinsku. Zvětráváním těchto hornin se rtuť uvolňuje a dostává se do půdy a dále také do atmosféry a vody.

Obsah rtuti v zemské kůře není nijak velký, ovšem v mořských vodách je ještě menší, v litru vody až na hranici měřitelnosti. Největší jsou však přestupy rtuti ze zemského povrchu do atmosféry ve formě par. Mezi kontinenty a do oceánů přechází rtuť nejčastěji ve formě solí dvojmocné rtuti. Navzdory tomu z jezerních a mořských sedimentů se uvolňuje v nich obsažená rtuť za vzniku methylrtuti a je schopná se transportovat na velké vzdálenosti bez chemických změn.

Dalším přírodním zdrojem je vulkanická činnost, která se velmi podílí na zvyšování koncentrace rtuti v atmosféře. Její činností se v rámci přírodního koloběhu dostává rtuť opět do půdy. Dále také geotermální činnost, uvolňování a re-emitování dříve uložené rtuti z půd a vod.

Obr.č.5



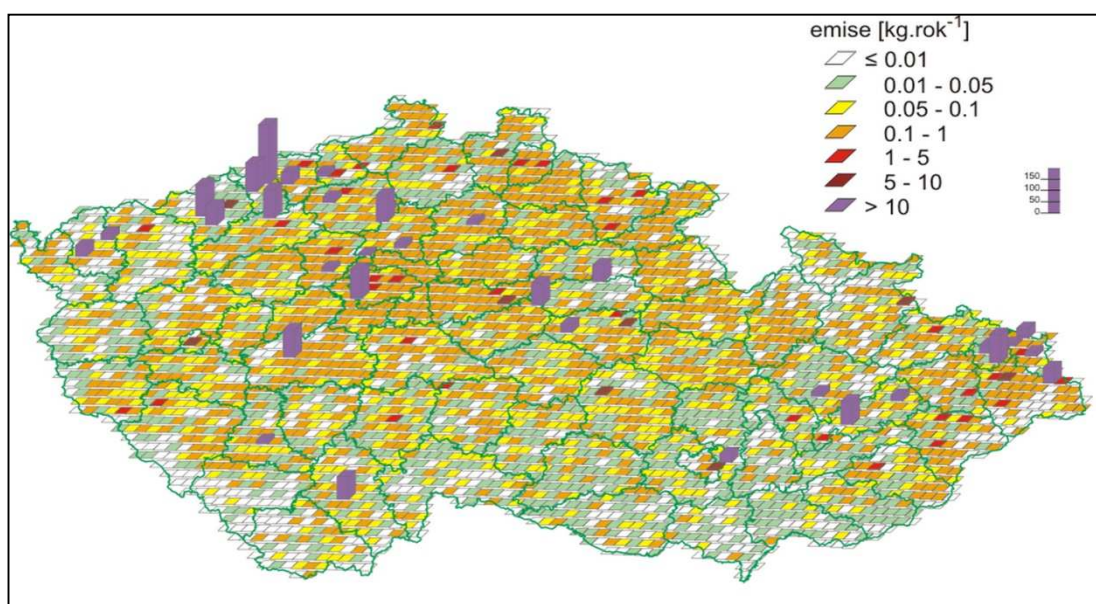
Globální mapa emise rtuti do atmosféry, rok 2010

zdroj: <http://www.amap.no/mercury-emissions>

Emise rtuti ze svrchní půdy, ale také z vegetace je silně závislá na klimatických podmínkách a v nemalém podílu na množství uložené rtuti. Rostlinstvo obsahuje v sobě rtuť přijatou ze země i z ovzduší, po jejich uhynutí se dostává rtuť zpět do půd, při spálení do atmosféry. Lesní požáry a pálení biomasy přispívá ke globálnímu znečištění životního prostředí rtutí.

Na tuhé částice, kterými mohou být různé pyly a semena, terigenní produkty větrné eroze pedosféry nebo mořský aerosol, a také průmyslový prach, se váží těžké kovy. Čím menší je velikost částice, tím déle vydrží v atmosféře a je schopná se transportovat na velké vzdálenosti. Při tomto transportu dochází ke změně charakteru částice vlivem chemických reakcí. Rtuť má tu vlastnost, že se dokáže transportovat na delší vzdálenosti a to, jak již bylo napsáno, bez chemických reakcí.

Obr.č.6



Mapa ČR emise rtuti ze čtverců 5x5km za rok 2005

zdroj: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/groc/gr06cz/gif/o110em10Hg.gif>

Aitkenovy částice nacházející se také v atmosféře jsou částice, které nesou elementární náboj a vznikají chemickými procesy, či kondenzací, tím může být například oxidace na sírany a dusičnany.

1.3. Využití rtuti

Přes její jedovatost má rtuť řadu různých uplatnění. Snad každý ví, že slouží jako náplň teploměrů nebo také tlakoměrů. V EU je však již výroba rtuťových teploměrů zakázána. Používá se i v dalších fyzikálních měřeních, např. v polarografii, je také součástí výbojek a zářivek. Velké uplatnění mají její slitiny – amalgámy. Známe je například ze zubní ordinace, kde se používají k výrobě plomb.

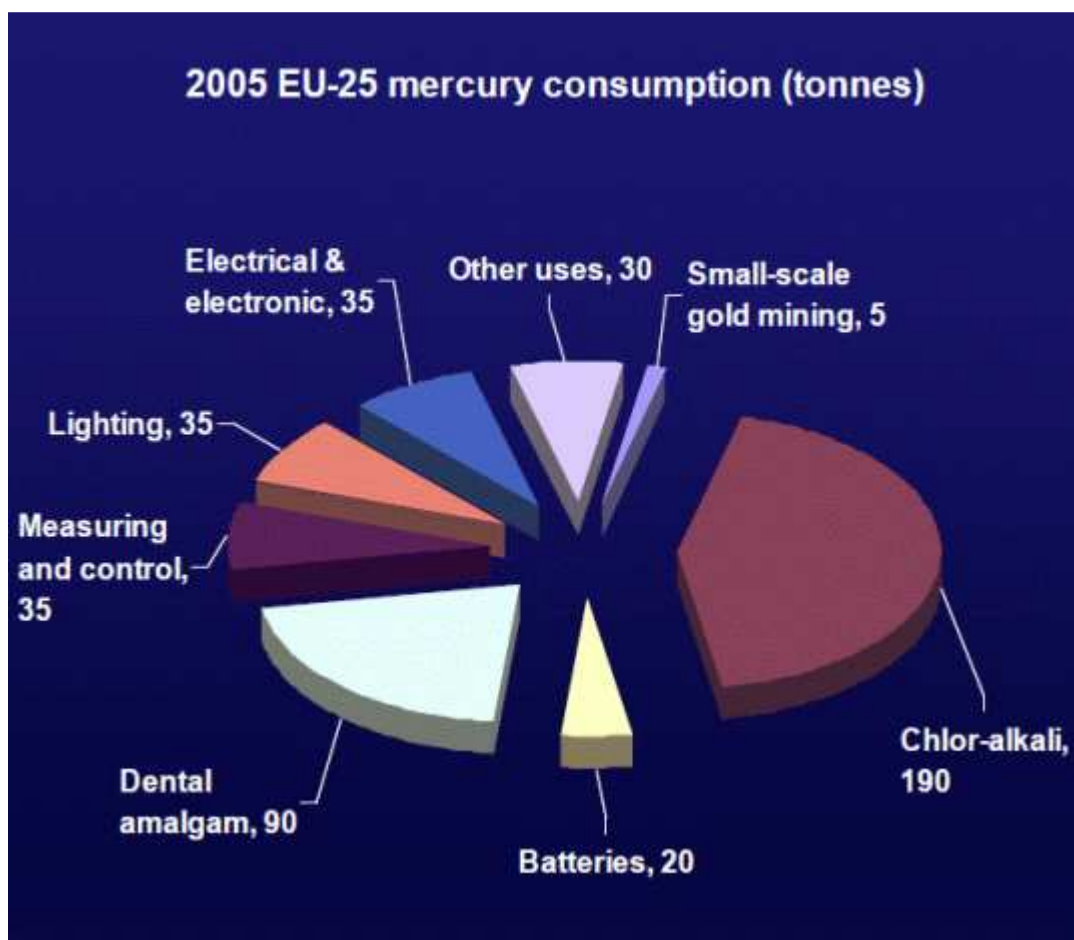
obr.č.7



Amalgám jako výplň zubu po odstranění zubního kazu (Hg+Ag+Cu+SN)

zdroj : <http://chemickeprvky.euweb.cz/rtut.htm>

Rtuť můžeme najít i v dalších oborech zdravotnictví – stopové množství je součástí vakcín proti některým virovým a bakteriálním onemocněním (žloutenka, dětská obrna). Velký význam má rtuť v chemickém průmyslu, kde se používá v elektrolytické výrobě chloru. Je však snahou kvůli jejímu špatnému vlivu na životní prostředí tento způsob výroby chloru zakázat. Čištění rtuti se pak provádí destilací. Vyskytuje se však i v dalších sloučeninách, celkem je známo přibližně 95 nerostů s obsahem rtuti. Celosvětová těžba rtuti dosáhla v roce 2012 hodnoty 1600 t, z toho připadá 1200 t na Čínu. Z evropských zemí jsou nejvyšší ložiska minerálů rtuti ve Španělsku a Slovinsku. U nás nejsou známá žádná úložiště, rtuť k nám dovážíme.



Graf ukazuje spotřebu rtuti jednotlivými odvětvími v EU. Druhým největším spotřebitelem rtuti byl v roce 2005 sektor stomatology - hned po chlorových chemičkách - a to v poměru s nimi zhruba 2:1

zdroj : <http://english.arnika.org/mercury>

2.1. Rtuť a její vliv na lidské zdraví

Rtuť patří k nejedovatějším kovům a má negativní vliv na lidské zdraví. Je to kov, který má tendenci se vypařovat. Do těla se tedy může dostat potravou, kterou konzumujeme, nebo také dýchacími cestami. Z těla se vylučuje velmi pomalu, zato v těle se může kumulovat i několik desítek let. K největším koncentracím a také k největšímu poškození dochází v ledvinách, méně také v játrech a slezině. Při požití čistá rtuť projde trávicím traktem, kde se nevstřebává a vyloučí se stolicí. Anorganické sloučeniny rtuti se však v trávicím traktu vstřebávat mohou a tím způsobí příznaky otravy, jako jsou průjemy, bolest břicha, či zvracení. Tyto případy se

však moc nevyskytují. Požití tedy není tak nebezpečné jako vdechování rtuťových par. V tomto případě dochází k akutní, nebo chronické otravě.

Vdechnutí vzduchu s vysokou koncentrací rtuťových par vede k akutní otravě, která nevyhnutelně vede k poškození plicní tkáně a vzniká tzv. chemický zápal plic, který může přejít až v plicní edém (toxický otok). Tato otrava může mít nejhorší následky při selhání dýchací soustavy s následnou smrtí. Při akutní otravě lze zjistit koncentraci rtuti v krvi. Častá expozice rtuťovým parám v menším množství způsobuje otravu chronickou. Kritickým orgánem pro tuto otravu je mozek. Počátečními příznaky mohou být závratě, nechutenství, slabost a únava, dalším stádiem otravy je charakteristický třes, který je způsoben ukládáním rtuti do mozku. Jemné chvění se střídá se silnějším třesem, ke kterému dochází při cílení na předmět. Třes však nepostihuje jen prsty na končetině, ale také rty, nebo oční víčka. Dalšími příznaky je psychický projev, kterým může být výbušnost, deprese, ztráta paměti, nervozita a jakákoli jiná změna chování, ale také zánět dásní, vypadávání vlasů, studené končetiny. Potíže mohou přejít až k chudokrevnosti, revmatiditě nebo závažné onemocnění ledvin. Koncentraci rtuti lze zjistit při chronické otravě v moči.

Organické sloučeniny rtuti, například dimethylrtuť, jsou pro lidský organismus nejnebezpečnější z důvodů akumulace v organismu a dalším přenášením potravním řetězcem. Jedním z nejvýznamnějších zdrojů přísunu rtuti do těla mohou být tedy kontaminované potraviny. Jako nebezpečné mohou být například vnitřnosti (játra, ledviny) nebo kontaminované ryby a mořské plody. Jako kritické jsou považovány ryby jako mečoun, žralok, tuňák a také makrela. Mohou to ale být i zemědělské plodiny, které byly vypěstované na špatně upravené nebo kontaminované půdě. Smrtelnou dávkou již zmíněné dimethylrtuti je již 0,1ml a to pro dospělého člověka. Tato sloučenina je nejvíce nebezpečná plodům těhotných žen. V průběhu vývoje plodu dochází vlivem methylrtuti a dalších toxických látek k poškození vyvíjejícího se mozku. Poškození je ve většině případů nevratné a dochází tak také ke snížení inteligence.

Ve formě výparů se do organismu dostává v převážné většině elementární rtuť, jejíž smrtelnou dávkou může být vdechnutí 1g rtuti. Ke vdechování rtuti dochází v převážné většině případů při technologických procesech v různých odvětvích

výroby, nevyjímaje těžký průmysl, zdravotnictví nebo při zpracovávání odpadů obsahujících rtuť.

Jak již bylo popsáno v kapitole o využití rtuti, častým případem, kdy se člověk setká se rtutí je u stomatologů a to ve formě amalgámových plomb. Amalgámy vznikají smísením rtuti, stříbra, mědi a cínu. Tato zubní výplň byla objevena na konci 19. století. Tato levná sloučenina měla nahradit zlato, které si jako zubní výplň nemohli dovolit pořídit všichni lidé a také olovo, které bylo velmi nebezpečné. Společnosti zubařů se však tehdy po dlouhých diskusích shodly, že rtuťnaté amalgámové výplně používat nebudou. Tento materiál byl však stejně přijat u zubařů, kteří měli za pacienty chudší vrstvy společnosti a ze zvyku se používání amalgámu přeneslo až do dnešní doby. Dříve nebyly nové výrobky podrobovány takovým testům jako je tomu dnes, ale tento výrobek by neprošel ani přes testy na zvířatech, natož na lidech. Z amalgámových plomb pochází největší denní příjem rtuti u lidí. Samotní stomatologové navíc s tímto materiálem přijdou do styku většinu svých dní a pitevní protokoly zubařů ukázaly v porovnání s ostatní populací na vyšší koncentrace rtuti v organismu.

Amalgámové výplně se řeší globálně v mezinárodním společenství a připravují se opatření ke snížení jejich užívání. Tento problém řeší samotná Evropská unie, která se chce zabývat úplným zákazem využívání amalgámu tak, jak jej zakázalo i Švédsko.

Rtuť je jedna z nejjedovatějších látek, kterou člověk zná, ale přesto je používána ve zdravotnictví a to nejen u zubařů.

Průměrná koncentrace rtuti ve vlasech testovaných osob pracujících ve stomatologii dosáhla 0,373 miligramů na kilogram vlasů. Tyto výsledky jsou podobné studii z roku 2007 od kolektivu docenta Tučka z Univerzity Karlovy, kdy naměřili ve vlasech dentistů v průměru 0,380 miligramů/kg. U populace, která není expozici vystavena při zaměstnání, je průměrná hodnota méně než poloviční – jen 0,180 miligramů v jednom kg vlasů. Vyšší hodnoty je možné, kromě kontaminace v práci, vysvětlit třeba častým pobytem ve znečištěném prostředí v okolí spaloven a

chemických závodů, velkou konzumací ryb nebo zvířecích vnitřností, z některých druhů kosmetiky, starých baterií nebo vakcín s obsahem thiomersalu.

<http://arnika.org/svet-bude-jednat-o-zakazu-rtuti-podkladem-k-diskusi-bude-i-nova-ceska-studie>

Vzrůstající koncentrace rtuti v životním prostředí je problém, kterým se zabývá již mnoho organizací. V Evropské unii byla mimo jiné v roce 2010 sepsána globální úmluva o omezování rtuti. Tato úmluva je k nalezení na webových stránkách ministerstva životního prostředí.

http://www.mzp.cz/cz/umluva_o_rtuti

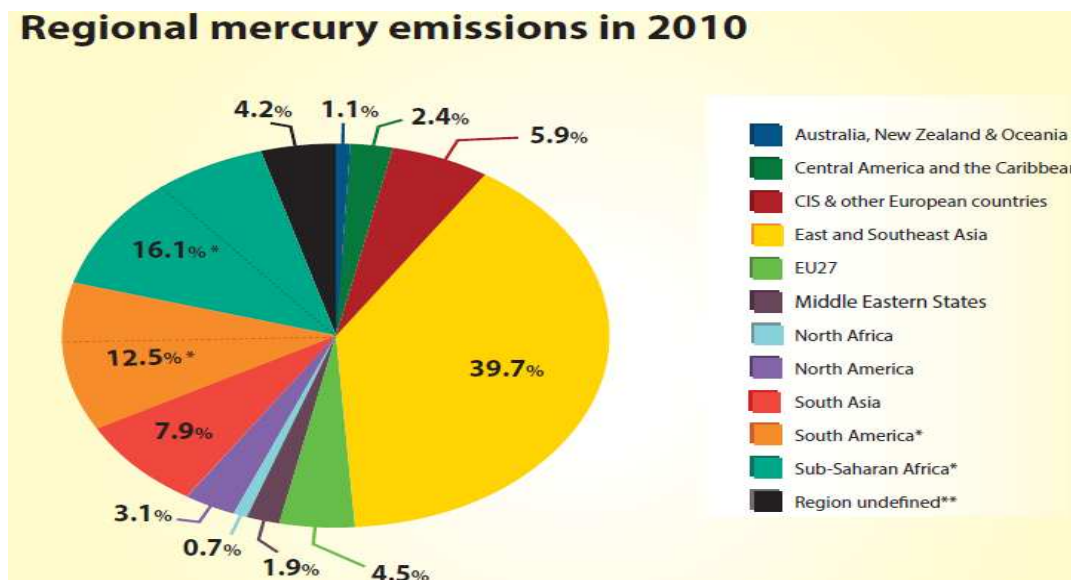
Vlivem globálně znečištěného prostředí rtutí je příští generace dětí vážně ohrožena již zmíněným snižováním inteligence, ale také zhoršením sensorických funkcí, rozvojem poruch učení a celkovým opožděním vývoje. Proto je nutné tento problém řešit celosvětově, únik rtuti kdekoli na světě může způsobit potíže lidem kdekoli jinde.

Jako příklad, kdy měla rtuť špatný dopad na lidský organizmus může být uveden přelom roku 1971 a 1972, kdy byly do Iráku dovezeny pytle se semeny pšenice ošetřeny fungicidem, jehož součástí byla methylrtuť. Tato semena byla použita jako osivo, ale také přes varování, které však bylo napsáno španělsky, byla rozemleta na mouku, ze které byl upečen chléb a ten následně zkonsumován. Přibližně 50 000 lidí tento chléb požilo, z tohoto počtu jich 459 zemřelo a 6530 jich bylo hospitalizováno.

2.2. Rtuť a její vliv na životní prostředí

V této podkapitole budou přesněji rozepsány problémy, které se vyskytují ve spojení s celkovým znečištěním životního prostředí rtutí. Z mnoha studií je možno sledovat emise rtuti a zejména podíl jednotlivých států a oblastí. Nejhuře dopadla velká část Asie. Znázorněno na obrázku č.9.

Obr.č.9



Procentuelně vyjádřený graf emisí jednotlivých zemí - rok 2010

zdroj: <http://mercurypolicy.scripts.mit.edu/blog/?tag=emissions&paged=2>

2.2.1. Vliv rtuti na půdu

Půda je jednou ze základních složek životního prostředí produkující potraviny, proto je důležité starat se o její nezávadnost a úrodu. Původ znečištění půdy může být přímý a to například formou zemědělských chemikálií, ukládání odpadů a tak dále, nebo nepřímý formou například závlahy znečištěnou vodou, či kontaminací znečištěnou atmosférou a podobně. Toto znečištění zvyšuje koncentraci toxických látek v půdě, tedy i rtuti a ovlivňují tak biologické chemické i fyzikální vlastnosti půdy.

Z fyzikálního hlediska může být v půdě kontaminovaná tuhá složka, kterou je hornina, ale i živočichové a rostliny, dále kapalná složka ve formě půdní vody a složka plynná, kterou je půdní vzduch. Z hlediska chemického půda obsahuje anorganickou a organickou složku.

Průměrným obsahem rtuti v půdách se udává 0,02- 0,2 mg.kg⁻¹. Dle vyhlášky č. 13/1994 Sb. Ministerstva životního prostředí, kterou se upravují některé podrobnosti

ochrany zemědělského půdního fondu, je rizikový obsah rtuti v anorganických půdách :

- 0,6 mg.kg⁻¹ - Lehké půdy (písčité, hlinitopísčité půdy)
- 0,8 mg.kg⁻¹ - Ostatní půdy

http://www.kr-karlovarsky.cz/zivotni/Documents/ZPF_1994_13.pdf

Vyskytovat se mohou tři formy rtuti, závislé na pH půdy a redox potenciálu:

- *elementární rtuť Hg (Hg⁰)*, tato rtuť je těkavá a málo rozpustná ve vodě,
- *dvojmocná anorganická forma (Hg²⁺)* má vysokou afinitu k mnoha organickým a anorganickým ligandům, speciálně obsahují-li sirné funkční skupiny,
- *methylrtuť (CH₃ Hg⁺)*, sloučeniny s vysokou perzistencí v životním prostředí.

http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/puda_tk.htm

Emise rtuti z půdy ovlivňují klimatické podmínky (teplo, světlo, déšť) a obsah rtuti samotné. V blízkosti dolů, spaloven, průmyslových skládek lze zaznamenat zvýšené množství, ovšem tato malá území s velkou koncentrací rtuti mají na globální znečištění menší vliv než území velká s koncentrací nižší. Zvýšený obsah rtuti v půdě bývá nalezen také v oblastech okolo činných sopek, nebo nalezišť Rumělky. Jako další antropogenní zdroj, který postihuje půdu, je použití hnojiv obsahujících fosfáty. Dále používání čistírenských kalů a použití fungicidů vyrobených na bázi rtuti.

Procesy, které zde hrají důležitou roli, jsou sorpce a desorpce. Velkou sorpční kapacitu mají jemné, jílovité koloidní částice, proto jsou největšími sorbenty rtuti tyto jílovité materiály, hydroxidy, amorfny oxidy, humusové látky a další organická hmota. Jako hlavní nosič pro transport z ekosystému terestrického do vodního je využíván právě humus. Lze předpokládat, že půdy s vyšším obsahem humusu mají tedy i vyšší obsah rtuti. Z půdy se rtuť ztrácí těkáním při mikrobiální methylaci rtuti, k methylaci však příliš často nedochází. Proto je intoxikace z půdního potravního řetězce menší než z potravního řetězce vodního.

Rostliny přijímají rtuť snadno, příjem jak organické, tak anorganické rtuti je závislý na její koncentraci. Rostlina přijme rtuť kořeny ve formě páry z ovzduší, nebo půdního roztoku a dále rtuť postupuje do nadzemní části rostliny. Tato akumulace je ovlivněna, jak již bylo řečeno, množstvím humusových látek, ale také mikroorganismy a pH půdy. Negativní vliv rtuti může být snížen různými způsoby, jedním z nich je vápnění, tedy zvýšení pH půdy. Snížení pH zvyšuje přenos z pevné fáze do roztoku, ale snižuje schopnost vazby kovů na biotický povrch kořenu rostliny.

2.2.2. Vliv rtuti na vodu

Jak již bylo zmiňováno, pro výrobu rtuti jsou nutné základní rudy a to HgS (rumělka) a také další sulfidové rudy, které se při zpracování tzv. praží. Při tomto procesu se část vypařuje, atmosféra většinu absorbuje a „vrací“ zpět v podobě dešťových srážek. Dalším negativním efektem může být i spalování různých fosilních paliv, tento proces taktéž uvolňuje rtuť, která se následně uvolňuje do povrchových vod. Vyšším nebezpečím se mohou stát odpadní vody, které jsou přímým zdrojem z průmyslu. Například u výroby s použitím elektrolýzy, podniků zpracovávajících rudy nebo také z organických syntéz (stopové množství je obsaženo v katalyzátorech). Také v zemědělství se nacházejí jisté sloučeniny se rtutí např. pesticidy a fungicidy nebo různé konzervanty atd.

Všechny tyto úniky a negativní dopady, na vodu a také na celé životní prostředí, jsou striktně monitorovány a většina norem jsou velmi přísné. V České republice se o tuto záležitost stará několik norem (ISO 5666:1999, EN 1483:2007, ISO 16590:2000, EN 12338:1998 atd.), které budou vysvětleny dále.

Tyto normy definují přesné hranice a mantinely, které musí být dodržovány. Pokud by nějaký podnik či firma porušil tyto normy, přicházejí obrovské sankce či pokuty. Často se jedná likvidační sumy (u menších podniků) a to především z důvodu nebezpečnosti chemických látek. Díky této normě a také díky omezování používání průmyslové rtuti se momentálně v přírodních vodách rtuť vyskytuje, pouze ve velice malém množství. Zvýšená koncentrace se nachází právě ve znečištěných odpadních vodách pocházejících z průmyslu. Rtuť jako příměs se může nalézat v organických a také anorganických sloučeninách. Z anorganických sloučenin rtuti se ve vodních tocích a nádržích objevují především základní rtuť Hg^0 , dále Hg^{2+} ,

[HgOH]⁺. U organických forem rtuti je rozdíl. U sladkovodních ploch se nalézají CH₃HgOH, v oceánech a mořích to je CH₃HgCl. Uvedené sloučeniny povětšinou vznikají pomocí tzv. methylace, což je účinek činnosti vodních mikroorganismů. Methylrtuť se tedy vstřebává do organismů živočichů, především ryb různými způsoby např. přes žábry, kůži, nejvíce však skrz jejich trávicí ústrojí po požití již kontaminovaného planktonu atd. Obsah rtuti v čisté (tedy nekontaminované) povrchové vodě se pohybuje od 0,0001 – 0,001 µg.l⁻¹. V průmyslově zastavěných částech se může tato hranice vyšplhat až na 0,1 – 1 µg.l⁻¹.

I přes tyto relativně malá čísla je otázka nebezpečnosti rtuti stále na místě a to kvůli její velice nepříjemné vlastnosti a tou je akumulace, která nastává ve stojatých vodách, sedimentech či různých kalištích a nejen tam, ale také v živých organismech. Rtuť je známá jako prvek s jedním z nejvyšších možných akumulčních koeficientů. Mnoho studií dokázalo, že tento prvek má závažný vliv na organismy, poškozují tkáně, orgány a také má velice špatný vliv na reprodukci. I v menších koncentracích má rtuť vliv na spermie, jikry ryb a také na již oplozené zárodky, které mají o mnoho nižší šanci na přežití. Nejhorší forma tzv. methylrtuť viz. výše se však nenachází v orgánech, ale ve svalstvu. Tato část je povětšinou nejvíce konzumována dravými rybami a také lidmi. Poločas vyloučení methylrtuti z organismu ryb je totiž cca 3 roky. Rtuť se tedy „nestihne“ vždy vyloučit a tak se dostává dále.

Většina organismů velké množství rtuti nesnese a v kontaminovaném prostředí zaniká. Jednou z výjimek jsou pijavky, které jsou proti rtuti velice odolné. Usmrtit je dokáže až dávka okolo 1,5 mg.l⁻¹ a také výjimečně odolní nálevníci, kteří přežívají i ve vodě kontaminované až do 10 mg.l⁻¹. Avšak například nitěnky umírají již při 0,07 mg.l⁻¹. Důležitým indikátorem je samotný zooplankton povrchových vod, ten je výrazně ovlivněn hodnotou již kolem 0,002 mg.l⁻¹. Tento plankton je totiž základem celého vodního ekosystému. Následuje tabulka, ve které lze pozorovat nejvíce přípustné množství (NPM) a přípustné množství (PM) obsahu rtuti ve vodě, a v různých vodních organismech.

<http://arnika.org/mercury>

http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/puda_tk.htm

Tabulka č. 1

Obsah rtuti ve vodě a různých organismech.

	NPM [mg/kg]	PM [mg/kg]
Pitná voda, Pramenitá voda	0,001	
Povrchová voda	0,0001	
Kojenecká voda	0,0005	
Mořské ryby	0,5	
Dravé mořské ryby	1,0	
Sladkovodní ryby		0,1
Dravé sladkovodní ryby		0,5
Rybí výrobky Sladkovodní ryby		0,5
Rybí výrobky Mořské ryby		1,0
Kaviár, tresčí játra		2,0
Měkýši a hlavonožci		2,0
Korýši		0,5

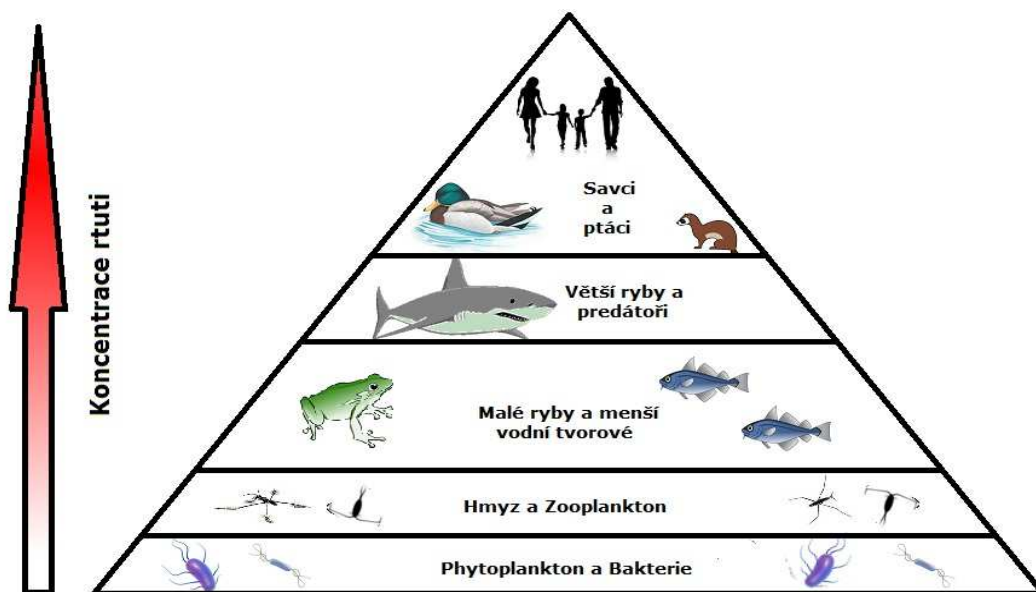
zdroj : vlastní

Ne všude na celém světě platí a platily přísné normy jako dnes. Proto docházelo v minulosti k onemocněním a otravám. Lidé tuto hrozbu podcenili a nevěnovali jí pozornost. Zájem o tato znečištění výrazně vzrostl po obrovských otravách, které se staly v padesátých letech v Japonsku (přesněji v roce 1953 poprvé a poté 1956 v zálivu Minamata). Jak již bylo naznačeno, rtuť se dostává do organismu převážně zažívacím ústrojím a to až z 90%. Otrávení lidé byli z velké většiny rybáři a jejich rodiny, jednalo se tedy o převážné konzumenty rybího masa, bohužel pro ně kontaminovaného. Úmrtnost těchto pacientů byla velice vysoká, ze 116 onemocněných 43 zemřelo. A ti kteří přežili, zůstali natrvalo postiženi.

Až po třech letech, co bylo příčinou této otravy. Jednalo se o odpadní vody z blízké továrny, která používala sloučeniny rtuti při syntéze methanolu a výrobě chlorethenu. Následnou transformací vnikaly různé sloučeniny methylrargyria, které mají vysoký akumulací koeficient. Toto následně kontaminovalo ryby a také jejich konzumenty. Další případ pak následoval v roce 1965 u ústí řeky Agano, kdy také šlo o velice vážnou situaci, při níž zemřelo několik osob. Toto jsou však případy,

kteře jsou dobře zdokumentovány. Je zcela možné, že se těchto hromadných otrav stalo více, avšak nikdo se s nimi takzvaně nechlubí.

Obr.č.10



Rtuť a její koncentrace v organizmech

zdroj: <https://sites.google.com/a/eto.vurv.cz/monitoring-imisi/monitoring-imisi/vyzkumna-zprava/4-vysledky-kauzalniho-monitoringu-vlivu-imisi-na-zemedelskou-vyrodu-v-roce-2008/4-06-vysledky-monitorovani-rostlinnych-bioindikatoru/4-06-5-hodnoceni-vysledku-biomonitoringu-dle-jednotlivych-prvku>

Z dosavadně zmíněných fakt je jasné, že vypuštění rtuť do přírody má velmi závažné důsledky. Proto se musí pravidelně měřit hodnoty vodních toků a nádrží, především v rizikových oblastech. Dostupné technologie měření metodou AAS umožňují spojit techniky starších a stávajících metod s těmi novými. Může se tak měřit se zkoncentrováním i bez něj. Aby bylo samotné měření spolehlivé, je nutno zajistit naprosto čisté chemikálie, vyčištěné nádoby a ovzduší v laboratoři musí být bez rtuť. Jsou tedy k dispozici tyto metody:

Metody bez zkoncentrování:

- ISO 5666:1999
(Kvalita vod – Stanovení rtuti)
- EN 1483:2007
(Kvalita vod – Stanovení rtuti – Metoda atomové absorpční spektrometrie.)

Metody se zkoncentrováním:

- ISO 16590:2000
(Kvalita vod – Stanovení rtuti – Metody zahrnující zkoncentrování amalgamací)
- EN 12338:1998
(Kvalita vod – Stanovení rtuti – Metody po zkoncentrování amalgamací.)

Tyto normy ve zkratce určují metody stanovení rtuti v pitné, povrchové, podzemní, dešťové a odpadní vodě po vhodné digestaci. Pro případné detaily testování a ověřování viz. originální sborník norem ČSN nebo například náhled originálu na těchto webových stránkách.

http://csnonlinefirmy.unmz.cz/html_nahledy/75/91662/91662_nahled.htm

3.1. Fytoremediace

Fytoremediaci můžeme definovat jako využití rostlin pro odstranění či transformaci kontaminantů z životního prostředí. Při fytoremediaci uplatňujeme čtyři různé procesy : extrakce těžkých kovů z vody a půdy, degradace organických sloučenin, volatilizace organických sloučenin a stimulace mikrobiálního metabolismu. Přesná klasifikace fytoremediačních technik je uvedena v tabulce s konkrétně uvedeným kontaminantem a rostlinami, které se bývají užívány pro jednotlivé aplikace.

Tabulka č. 2

Rostliny používané u fytoremediace

Aplikace	Médium	Kontaminanty	Typické rostliny
Fytotransformace	půda, podzemní voda, výluhy ze skládek, aplikace odpadních vod na půdy	herbicide; chlorované alifatické uhlovodíky (např. TCE); aromatické uhlovodíky (např. BTEX); exploziva (TNT, RDX, HMX, perchlorát); živiny (dusičnany, amoniak, fosfáty)	freatofytické stromy (čeled' Salix, včetně topolu, vrby, amerického topolu); trávy (žito, kostřava, troskut prstnatý, čirok, proso panenské, rákos, lesknice kanárská); Fabaceae (jetel, vojtěška, vigna)
Rhizosferní bioremediace	půda, sedimenty, aplikace na půdu, omezené skládky	biodegradovatelné organické látky (BTEX, TPH, PAHs, PCBs, pesticidy)	traviny s vláknitými kořeny (troskut prstnatý, kostřava, žito); uvolňovače fenolických látek (moruše, jabloň, <i>Maclura aurantica</i>), freatofytické stromy
Fytostabilizace	půda	kovy (Pb, Cd, Zn, As, Cu, Cr, Se, U); hydrofobní organické sloučeniny, které nejsou degradovatelné	freatofytické stromy pro hydraulickou kontrolu; trávy s vláknitými kořeny pro kontrolu eroze
Fytoextrakce	půda, sedimenty, brownfields	kovy (Pb, Cd, Zn, Ni, Cu)	hořčice sareptská (<i>Brassica juncea</i>); slunečnice (<i>Helianthus</i> spp.); <i>Thlaspi carulescens</i>
Rhizofiltrace	podzemní voda, odpadní voda přes umělé mokřady	kovy (Pb, Cd, Zn, Ni, Cu); radionuklidy, hydrofobní organické sloučeniny	vodní rostliny: mokřadní (orobinec, růžkatec, <i>Potamogeton nodosus</i> , maranta třtinová); vodní (řasy, paroženatka, stolistek vodní, <i>Hydrilla</i> spp.)
Fytovolatilizace	půdy a sedimenty	Se, As, Hg, těžké organické sloučeniny (např. MTBE)	<i>Brassica juncea</i> ; mokřadní rostliny; freatofytické stromy pro zachycení podzemních vod

Pozn.: BTEX – benzen, toluen, ethylbenzen a celkový xylen; HMX – oktahydro-1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazocin; MTBE – methyl-*tert*-butylether; PAHs – polycyklické aromatické uhlovodíky; PCBs – polychlorované bifenyly; RDX – hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazin; TCE – trichloroethylen; TNT – 2,4,6-trinitrotoluen; TPH – celkové ropné uhlovodíky

zdroj: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2008_05_346-352.pdf

Fytoremediace představuje laciný a k životnímu prostředí šetrný způsob revitalizace a dekontaminace narušené krajiny. Nejznámější z metod je fytoextrakce (někdy také nazývána fytoakumulace). Ta je založena na schopnosti rostlin přijímat a koncentrovat těžké kovy ve svých kořenech anebo v nadzemní části rostliny. Podstata této metody spočívá v pěstování rostlin na kontaminované půdě. Po akumulování těžkých kovů do rostliny, se tyto rostliny sklídí, vysuší a následně spálí nebo uloží na bezpečnou skládku. Pokud je to ekonomicky výhodné, mohou se použít k opětovnému získávání kovů (Macek at al., 2002). Tento proces opakujeme, dokud hodnotu koncentrace těžkých kovů nesnížíme na požadovanou hodnotu.

Další techniky nazýváme : fytodegradace (dochází k absorpci, přeměně a odbourávání kontaminantu uvnitř rostliny), rhizodegradace (svýšené množství půdních bakterií díky kořenovému systému vysázených rostlin), fytostabilizace

(využití rostlin k imobilizaci vodních a půdních kontaminantů), rhizofiltrace (odstraňování kontaminantu z povrchových, splaškových nebo vyčerpaných podzemních vod) a fytovalatilizace (dochází k příjmu kontaminantu kořenovým systémem a transportu do nadzemní části).

4. Diskuse

K největším únikům rtuti dochází v důsledku spalovacích, hutních a chemických procesů. Sledován je i výskyt rtuti ve vodě a půdě.

Všechny formy rtuti a jejích sloučenin jsou vysoce toxické. Napadán obvykle bývá nervový systém organismů. Nejnebezpečnější formou rtuti pro organismus jsou její páry a alkylrtuťové sloučeniny. Methylrtuť způsobuje nevratné změny v mozku. Aalkylsloučeniny rtuti jsou velmi nebezpečné pro novorozence a malé děti, prokazatelně poškozují nervový systém.

V polovině 90. let 20. století byla v Evropě díky legislativnímu tlaku na omezení zdrojů znečištění, značně snížena koncentrace rtuti v ovzduší,

K velmi sledovaným zdrojům znečištění (elektrárny, doly, spalovny), se v poslední době přiřazují i jiné objekty, např. krematoria. Jejich příspěvek ke znečištění je stále větší a větší, což je dáno vyšším počtem kremací i vyššímu množství dentálního amalgámu.

5. Závěr

Rtuť je z hlediska mezinárodních aktivit velmi sledovaným prvkem. Její účinky na živý organismus a životní prostředí jsou závažné a nevratné. Hlavní antropogenní zdroje jsou některé výrobní procesy a spalovací procesy. Nejzávažnější je výroba chloru a alkálií elektrolýzou s použitím rtuťových elektrod.

Další hrozbou je netříděný odpad. Je důležitá důkladná recyklace a zneškodňování výrobků s obsahem rtuti.

Na rtuť myslí i Protokol o těžkých kovech k Úmluvě o dálkovém znečišťování ovzduší přesahujícím hranice států. V rámci svého závazku k protokolu dosáhla Česká republika výrazného snížení emisí rtuti.

5.1. Seznam použité literatury

http://fld.czu.cz/vyzkum/nauka_o_lp/chemie/chemie.html

<http://chemickeprvky.euweb.cz/rtut.htm>

VÁGNEROVÁ M., Zpravodaj Hnědé uhlí, Výzkumný ústav pro hnědé uhlí, Most, vydání 1/2012, 35 s.

GREWOOD N.N., EARNSHAW A., Chemie prvků, Informatorium, Praha 1993, 1490-1511.

<http://chemickeprvky.euweb.cz/rtut.htm>

ŠAFÁŘOVÁ M., ŘEHOŘ M. Stopové prvky v uhelných a neuhelných sedimentech severočeské pánve a zeminách rekultivovaných lokalit, Chemické listy 100, č. 6, s. 462-466, 2006, ISSN 0009-2770

PITTER P. Hydrochemie. 1. vyd. Praha: SNTL, 1981. 373 s.

Mercury science and policy at MIT. SELIN, Noelle. Where in the World is Mercury? [online]. 2013 [cit. 2015-02-28]. Dostupné z:

<http://mercurypolicy.scripts.mit.edu/blog/?tag=emissions&paged=2>

AMAP. Mercury Emissions: Global Anthropogenic Emissions of Mercury to the Atmosphere [online]. 2005. vyd. [cit. 2015-02-26]. Dostupné z:

<http://www.amap.no/mercury-emissions>

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. Emise rtuti ze čtverců 5x5 [obrázek]. 2005 [online][cit. 2015-02-26]. Dostupné z:

<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/groc/gr06cz/gif/o110em10Hg.gif>

<http://chemickeprvky.euweb.cz/rtut.htm>

<http://english.arnika.org/mercury>

ARNIKA. Tiskové zprávy [online]. 2012 [cit. 2015-02-28]. Dostupné z:

<http://arnika.org/svet-bude-jednat-o-zakazu-rtuti-podkladem-k-diskusi-bude-i-nova-ceska-studie>

http://www.mzp.cz/cz/umluva_o_rtuti

Ministerstvo životního prostředí. Vyhláška Ministerstva životního prostředí 13/1994 Sb. Vymezení nejvyšší přípustného obsahu škodlivých látek v půdě atd. [online]. 1993, 2007 [cit. 2015-02-28]. Dostupné z:

http://www.kr-karlovarsky.cz/zivotni/Documents/ZPF_1994_13.pdf

Rtuť. PETRLÍK J., ARNIKA. Databáze chemických látek [online]. 2014 [cit. 2015-02-26]. Dostupné z: <http://arnika.org/mercury>

Živinný režim půd. RICHTER, Rostislav. Těžké kovy v půdě [online]. 2004 [cit. 2015-02-28]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/pud_a_tk.htm

Účinky kovů ve vodních ekosystémech (zdroje, kumulace, detekce). ÚSTAV ZOOLOGIE, rybářství a hydrobiologie. [Http://web2.mendelu.cz](http://web2.mendelu.cz) [online]. 2014 [cit. 2015-02-26]. Dostupné z:

http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=2304

Monitoring imisí. VÚRV CHOMUTOV. Hodnocení výsledků biomonitoringu dle jednotlivých prvků [online]. 2008 [cit. 2015-02-28]. Dostupné z:

<https://sites.google.com/a/eto.vurv.cz/monitoring-imisi/monitoring-imisi/vyzkumna-zprava/4-vysledky-kauzalniho-monitoringu-vlivu-imisi-na-zemedelskou-vyrobu-v-roce-2008/4-06-vysledky-monitorovani-rostlinnych-bioindikatoru/4-06-5-hodnoceni-vysledku-biomonitoringu-dle-jednotlivych-prvku>

ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA. EVROPSKÝ VÝBOR PRO NORMALIZACI. [online]. 2012 [cit. 2015-02-26]. Dostupné z:

http://csnonlinefirmy.unmz.cz/html_nahledy/75/91662/91662_nahled.htm

MACEK T., MACKOVÁ M., KUČEROVÁ P., CHROMÁ Ľ., BURHARD J., DEMNEROVÁ K. (2002) Phytoremediation. Biotechnology for the Environment: Soil remediation. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. s 115-137, ISBN 1-44020-1051-6.

http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2008_05_346-352.pdf

5.2. Seznam použitých obrázků a grafů

Obr.č.1 : Periodická soustava prvků	10
Obr.č.2 : Rumělka	11
Obr.č.3 : Kapka rtuti	13
Obr.č.4 : Antropogenní zdroje vyjádřené procentuálním grafem v roce 2010	15
Obr.č.5 : Globální mapa emise rtuti do atmosféry, rok 2010	16
Obr.č.6 : Mapa ČR emise rtuti ze čtverců 5x5km za rok 2005	17
Obr.č.7 : Amalgám jako výplň zubu	18
Obr.č.8 : Graf spotřeby rtuti	19
Obr.č.9 : Procentuelně vyjádřený graf emisí jednotlivých zemí - rok 2010	23
Obr.č.10 : Rtuť a její koncentrace v organismech	28

5.3. Seznam tabulek

Tabulka 1 : Obsah rtuti ve vodě a různých organismech	27
Tabulka 2 : Rostliny používané u fytoremediace	30