

Koloběh rtuti v přírodě

Kateřina Mudříková

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav inženýrství polymerů
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kateřina MUDŘÍKOVÁ**
Osobní číslo: **T08392**
Studijní program: **B 2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Chemie a technologie materiálů**

Téma práce: **Koloběh rtuti v přírodě**

Zásady pro vypracování:

1. Popište hlavní zdroje emisí rtuti a jejich sloučenin do životního prostředí, cyklus rtuti a jejich forem životním prostředím (transport vodním systémem, atmosférou, depozice), jejich nebezpečnost pro lidské zdraví a ekosystémy.
2. Pokuste se definovat strategii omezování emisí rtuti do životního prostředí

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Cibulka: Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře. Praha, Akademia 1991, ISBN 8020004017

Pitter P.: Hydrochemie, Vydavatelství VŠCHT, 1999

On-line databáze : <http://www.knihovna.utb.cz/czech/databaze/new/>

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Marie Dvořáčková, Ph.D.

Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí

Datum zadání bakalářské práce:

11. února 2011

Termín odevzdání bakalářské práce:

30. května 2011

Ve Zlíně dne 11. února 2011

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 30.5.2011

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem mé bakalářské práce je popsat hlavní zdroje rtuti a její sloučeniny v životním prostředí. Dále se ve své práci zabývám koloběhem rtuti různými systémy, kterými jsou vodní ekosystémy, atmosféra atd.

V neposlední řadě se zde pojednává o vlivu a působení rtuti na člověka a o každodenním používání rtuti v běžném životě.

Klíčová slova: Rtuť, životní prostředí, atmosféra, vodní ekosystémy, sloučeniny rtuti.

ABSTRACT

The aim of this bachelor's work is to describe the main sources of mercury and its compounds in the environment. In addition, I deal with the cycle of mercury in different systems, which are aquatic ecosystems and the atmosphere, etc.

Last but not least, I deal with the influence and the effects of mercury on humans and day-to-day use of mercury in everyday life.

Keywords: Mercury, environment, atmosphere, aquatic ecosystems, mercury compounds.

Děkuji své vedoucí bakalářské práce ing. Marii Dvořáčkové Ph.D. za velmi příjemnou spolupráci, cenné rady, poskytnutou literaturu a připomínky k mé bakalářské práci.

Příroda je stále nekonečně populárnější než dějiny

Karel Čapek

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
1 CHARAKTERISTIKA RTUTI	10
1.1 FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI RTUTI.....	10
1.2 VÝSKYT RTUTI	11
1.3 HISTORICKÝ VÝVOJ	11
1.4 VYUŽITÍ RTUTI	12
1.4.1 Rtuť ve zdravotnictví	12
1.4.2 Rtuť v úsporných zářivkách	13
1.5 TOXICITA RTUTI PRO ČLOVĚKA	14
1.6 EKOLOGICKÉ RIZIKA	19
2 KOLOBĚH RTUTI PŘÍRODOU	21
2.1 TRANSPORT RTUTI A JEJÍ PŘEMĚNY ATMOSFÉROU	21
2.2 PŘÍRODNÍ ZDROJE EMISÍ RTUTI	23
2.3 ANTROPOGENI ZDROJE EMISÍ RTUTI.....	23
2.4 TRANSPORT RTUTI A JEJÍ PŘEMĚNY VODNÍM SYSTÉMEM.....	25
2.5 DEPOZICE RTUTI.....	28
2.5.1 Suchá depozice.....	29
2.5.2 Mokrý depozice	29
3 OMEZOVÁNÍ EMISÍ RTUTI DO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	31
3.1 ELIMINACE RTUTI PODLE EU.....	31
ZÁVĚR	33
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	34
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	37
SEZNAM OBRÁZKŮ	38
SEZNAM TABULEK	39

ÚVOD

V přírodě se rtuť vyskytuje již celá tisíciletí, je využívána v lékařství i pro komerční účely. Otázkou zůstává, jak dlouho můžeme ještě bez následků využívat tento vysoce toxický kov. Rtuť je velmi nebezpečná pro lidské zdraví a rizika spojená s její kontaminací jsou příliš vysoká.

Zdrojem rtuti jsou dnes zejména odpadní vody z chemického průmyslu, výroby barviv, dále zubní ordinace, skládky toxických odpadů, výroba cementu, rudné úpravny, zpracování odpadů drahých kovů, odpadní vody ze zemědělství (rtuťnaté pesticidy), čistírenské kaly, výroba teploměru, suchých baterií, amalgamů, rtuťových výbojek, silových spínačů, regulátorů. Rtuť jako prvek je často náplní teploměru a tlakoměrů.

Rtuť koluje životním prostředím a zanechává za sebou nemalé stopy v podobě kontaminací vod a s nimi spojených otrav živočichů i člověka.

Proto je nutná eliminace rtuti a to v celosvětovém měřítku.

1 CHARAKTERISTIKA RTUTI



Obrázek 1. Kapky rtuti v křemen-sideritové žilovině s drobně zrnitým cinabaritem. Štola Zimné, Rudňany, Slovensko. Velikost kapek 7 a 3 mm. Sběrka J. Mazucha, foto J. Jirásek 2006. [28]

1.1 Fyzikální a chemické vlastnosti rtuti

Latinsky je rtuť nazývána hydrargyrum nebo Mercurium. Značí se Hg. Má protonové číslo 80, relativní atomovou hmotnost 200,59; elektronovou konfiguraci $[\text{Xe}]4f^{14}5d^{10}6s^2$. Její teplota tání v elementární podobě je 234,32 K čili $-38,83^{\circ}\text{C}$ a teplota varu 629,88K čili $356,73^{\circ}\text{C}$. S poměrně vysokou tenzí par a kromě vzácných plynů je jediným prvkem, jehož páry jsou téměř výhradně jednoatomové. Vyskytuje se převážně ve sloučeninách a ryzí pouze velmi vzácně. Má pouze omezený počet oxidačních stavů (0, +I, +II). Přesto vytváří širokou škálu sloučenin, které se liší jak svými fyzikálními a chemickými vlast-

nostmi, tak i svou toxicitou. Mezi nejdůležitější chemické formy rtuti náleží elementární (kovová) rtuť, rtuťné(Hg_2^{2+}) a rtuťnaté (Hg^{2+}) anorganické formy rtuti a organokovové sloučeniny rtuti. Nejběžnější sloučeniny jednomocné rtuti jsou halogenidy, které obsahují ion Hg_2^{2+} . Kalomel (Hg_2Cl_2) je poměrně málo rozpustný ve vodě (2 mg l^{-1} při 25°C) a proto je také méně toxický, než ostatní ve vodě rozpustné sloučeniny rtuti.

Dvojmocná rtuť vytváří mnohem větší množství chemických sloučenin než rtuť jednomocná. Patří mezi ně oxidy, sulfidy, halogenidy, soli silných oxokyselin (dusičnany, chloristany a sírany) a řada koordinačních sloučenin obsahujících především velmi stálé sulfidické vazby ($\text{Hg}^{\text{II}}\text{-S}$) a dále vazby $\text{Hg}^{\text{II}}\text{-X}$ a $\text{Hg}^{\text{II}}\text{-N}$. Organokovové sloučeniny rtuti obsahují jeden nebo dva uhlovodíkové zbytky navázané na atom kovu a vytváří tak sloučeniny typu RHgX nebo RHgR. , kde R a R. představují uhlovodíkové zbytky (nejčastěji $\text{CH}_3\text{-}$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{-}$, $\text{C}_6\text{H}_5\text{-}$) a X anion nejčastěji halogenid, dusičnan, sulfid nebo síran. Organokovové sloučeniny rtuti jsou poměrně často vytvářeny v životním prostředí z anorganických forem rtuti mechanismem neenzymatického přenosu methylové skupiny z methylkobalaminu (CH_3B_{12}) na Hg^{2+} . [12]

O její barvě lze říci, že je stříbrolesklá. Rtuť je kovem ušlechtilým. Páry rtuti jsou jedovaté. Je vysoce toxická.

1.2 Výskyt rtuti

Rtuť se vyskytuje v přírodě převážně v podobě svého sirníku HgS , jako rumělka. Bývá k ní přimísena v nepatrných množstvích také ryzí, v kapičkách rozptýlená v horninách. Hlavní naleziště rumělky jsou Almadén ve Španělsku, Monte Almiata v Toskánsku, Idria ve Slovinsku, dále některé místa v Kalifornii, Mexiku, Texasu, Oregonu, Nevadě a v Rusku. [1]

1.3 Historický vývoj

Rtuť a její těžba z rumělky byla známá již starým Řekům a Římanům. První přesné zprávy o tom máme od THEROFRASTA (kolem roku 300 přen n. l.). Římané těžili už z rumělkových dolů u Almadénu ve Španělsku, které jsou dodnes v provozu. Druhý z nejstarších evropských dolů na rtuť je v Idrii a využíval se od konce 15. století.

Rtuti se užívalo již koncem 6. Století n. l. k získávání zlata z jeho rud. Na počátku 2. poloviny 16. století zavedl Bartholomeus de Medina v Mexiku amalgamací stříbrných rud. Tento pochod spotřeboval dočasně značný podíl almadénské výroby rtuti.

Alchymisté se zabývali rtutí se zvláštní oblibou a považovali ji za součást všech kovů. Domnívali se, že přeměna (transmutace) jednoho kovu v druhý je možná změnou jejich obsahu rtuti.

Do lékařství zavedli preparáty rtuti zejména iatrochemici. Jejímu použití k léčebným účelům bránily především obavy z její jedovatosti, ačkoli léčivá schopnost sloučenin rtuti např. rumělký, byla známa již ve středověku.[1]

1.4 Využití rtuti

V dnešní době se stalo používání rtuti z hlediska životního prostředí celosvětovým problémem. Rtuť je běžně využívána ve formě dentálních amalgámů, náplní různých jednoduchých fyzikálních přístrojů, výbojek a zářivek, v polarografii, při výrobě chlóru a těžbě zlata.

1.4.1 Rtuť ve zdravotnictví

Zubní amalgámy:

Zubní amalgám je materiál ze slitiny stříbra, cínu a mědi míchané těsně před aplikací se rtutí v poměru přibližně 1:1. Značný obsah rtuti v zubním amalgámu vedl v minulosti a vede v současnosti ke snahám o jeho vytlačení ze stomatologické praxe. Hlavním argumentem proti amalgámům je rtuť uvolňovaná z výplní v průběhu expozice. Žvýkání nebo čištění zubů mohou zvýšit několikanásobně rychlost uvolňování rtuti z amalgámu.

Rtuť ve stomatologii neohrožuje jen pacienty, kterým je vládán do úst, ale i samotného stomatologa při odvrátání zubního amalgámu.

Výplně ze rtuťového zubního amalgámu představují významný zdroj chronické expozice rtuti u prakticky celé populace a speciální pozornost má být věnována nejen profesionální expozici rtuti při přípravě a aplikaci amalgámu, ale též nebezpečí alergizace rtutí a možnosti vzniku organických sloučenin rtuti v ústní dutině.

K minimalizaci profesionální expozice rtuti ve stomatologii lze doporučit používání ochranných štítů v kombinaci s rouškou především při odvrtávání a broušení amalgámové výplně, častou výměnu ochranné roušky, resp. pracovního oděvu, používání dávkovaného amalgámu a spolehlivých amalgámátorů, používání účinných čističů vzduchu se speciální vložkou pro záchyt rtuti a důsledné uchovávání odstraněných výplní pod vodní hladinou v uzavřených nádobách. Aplikace byť jediné amalgámové výplně vede k průkaznému zvýšení obsahu rtuti bezprostředně ve slinách a v krvi s maximem za 4 a. 5 h po ošetření. Důsledkem této aplikace je významně zvýšená exkrece rtuti do moče s maximem do 8 h po ošetření. Je proto třeba zvažovat nezbytnost aplikace amalgámových výplní přes jejich nesporné výhody (cena a vlastnosti, zejména zvětšování objemu při tuhnutí) při stomatologických ošetřeních zejména u nervově nemocných, u osob s onemocněními ledvin, u těhotných žen a u žen zvažujících těhotenství. Veškeré amalgámové výplně nutno vyleštit a tím minimalizovat riziko jejich koroze v ústech. [7]

Zubní ordinace jsou již vybaveny odlučovači amalgámů, které zabraňují průniku rtuti do vodního systému a kanalizace.

Rtuťové teploměry:

Od počátku června 2009 se na trh nesmí uvádět teploměry obsahující rtuť. Zákaz se týká i dalších měřicích zařízení se rtutí, jako jsou například tlakoměry, barometry, tonometry a teploměry určené k jinému užití, než pro určování tělesné teploty.

1.4.2 Rtuť v úsporných zářivkách

a) Technická charakteristika problému

Vznik viditelného světla uvnitř úsporných zářivek je založen na světélkování (fluorescenci), ke kterému dochází při dopadu primárního UV záření na některé chemické sloučeniny. Směsmi těchto látek (označovanými jako luminofory), jsou v 1 až 3 vrstvách pokryty vnitřní stěny trubic, které jsou vyrobeny ze speciálního sodno-vápenatého skla. Podle druhu a velikosti trubic činí celkový vnitřní obsah elementární rtuti v nové úsporné zářivce 3 – 25 mg. Uvnitř trubic nelze „kuličky“ rtuti nalézt ani pod silnou lupou, protože je rozetřena s luminoforovou hmotou a vytváří s ní disperzi. Rtuť tím zcela ztrácí „kovový“ vzhled a disperze si přitom zachovává při hmotnostní koncentraci rtuti 0,1 – 0,4 % téměř bílou barvu. Rtuť neztrácí dispergací schopnost „vypařování“ (maximální tlak par nad kovovou rtutí je při 20 °C nižší než tlak v trubicích a činí pouze 0,169 Pa). V úsporné zářivce se trvale

udržují páry rtuti v množství asi 50 µg, což představuje 0,2 – 1,7 % z celkového obsahu. Podíl rtuti v plynné fázi se ke konci životnosti úsporných zářivek (po 6 000 – 16 000 provozních hodinách) snižuje, neboť v podmínkách elektrického výboje se část atomů rtuti ionizuje a chemicky reaguje se složkami luminoforové hmoty, v níž se imobilizuje ve formě sloučenin.

Po mechanické destrukci nové zářivky o příkonu 14 W ve zkušebním boxu bylo měřícím přístrojem zjištěno, že náhlý výron par rtuti vytvoří v bezprostřední blízkosti střepů koncentrační hladiny, které v přepočtu odpovídají rozpětí 25 000 – 100 000 ng/m³. Tyto hladiny se v prostoru nad otevřeným boxem velmi rychle „ředí“ (klesají účinkem difuze, konvekce a sorpce). Protože přísun nových par odparem z disperze (z vnitřních stěn skleněných střepů) je velmi pomalý, zůstanou po rozptýlení prvotního výronu jen nízké koncentrační hladiny.

b) Zhodnocení zdravotního rizika

Člověk nemůže v okamžiku náhodné destrukce úsporné zářivky náhlý výron rtuťových par vnímat žádným smyslem. Krátkodobé vdechování (inhalační expozice) par rtuti při koncentračních hladinách do 100 000 ng/m³ nevyvolá u člověka žádnou fyziologickou odezvu, akutní dráždění, ani jiný subjektivně pociťovaný diskomfort. Informace, která byla uvedena v mediích, že dávka par rtuti z rozbité zářivky může po vdechnutí vyvolat zánět průdušek a plic, nemá medicínské opodstatnění.

Nepříjemná kovová chuť v ústech a dráždění plic a žaludku se objevuje teprve při koncentracích vyšších jak 1 000 000 ng/m³. Takové koncentrace nemohou vzniknout za žádných okolností, a to ani při destrukci rozsvícené úsporné zářivky, kdy má sklo jejích trubic teplotu 50 – 70 °C.

Krátkodobé limity (pro 10 – 15 minut) vyhlášené pro prostředí, kde lidé s nechráněnými dýchadly profesionálně pracují s kovovou rtutí, pokrývají ve světě rozpětí 150 000 ng/m³ (ČR-Nař.vlády č. 361/2007 Sb.) – 800 000 ng/m³ (SRN). [14]

1.5 Toxicita rtuti pro člověka

Rtuť patří k nejdéle známým toxickým kovům. Z hlediska toxikologického je velmi důležitá **forma**, ve které se rtuť vyskytuje. Toxicita je přímo ovlivněna délkou expozice. Rtuť se vyznačuje velmi silnou afinitou k síře. Proto se pevně váže na thiolové skupiny bílkovin

včetně enzymů, a negativně tak ovlivňuje jejich funkčnost. Rovněž se váže na sérový albumin a hemoglobin, a tím poškozují krevní buňky. Vazba rtuti na buněčné membrány může inhibovat aktivní transport živin, zejména cukrů, membránami a zvyšovat permeabilitu membrán pro draslík. Následkem nedostatečného transportu cukru do mozkových buněk může dojít k energetickému deficitu v těchto buňkách. Zvýšená propustnost membrán pro draslík způsobuje poruchy přenosů nervových impulzů z mozku. [21]

Neurotoxická rtuť:

Rtuť může poškozovat několik orgánových systémů. Poškození nervového systému, *neurotoxická*, se považuje za jeden z tzv. kritických toxických účinků rtuti, tj. patří mezi toxické účinky, které se objevují při relativně nejnižších koncentracích chemické látky. Aby se nepříznivý účinek nějaké noxy mohl projevit, musí tato látka proniknout k příslušným cílovým strukturám. O tom zpravidla rozhodují její fyzikálně-chemické vlastnosti. Rtuť existuje v několika fyzikálně-chemických formách:

- **elementární rtuť kovová či ve formě par**
- **anorganické sloučeniny dvojmocné a jednomocné rtuti**
- **organické sloučeniny - sloučeniny metylrtuti (MeHg).**

Předpoklady k průniku do nervové soustavy za hematoencefalickou bariéru mají především *páry elementární rtuti a organické sloučeniny rtuti*. Proto tyto dvě formy jsou z hlediska neurotoxicity nejrizikovější. Páry elementární rtuti prostupují hematoencefalickou bariérou snadno díky své rozpustnosti v tucích. Metylrtuť je přes hematoencefalickou bariéru dokonce aktivně transportována na nosiči pro velké neutrální aminokyseliny. Komplex, který metylrtuť vytváří s cysteinem, se totiž stereochemicky podobá molekule methioninu, který je pro tento nosič přirozeným substrátem. [10]

Tabulka 1. Profil tří hlavních forem rtuti [22]

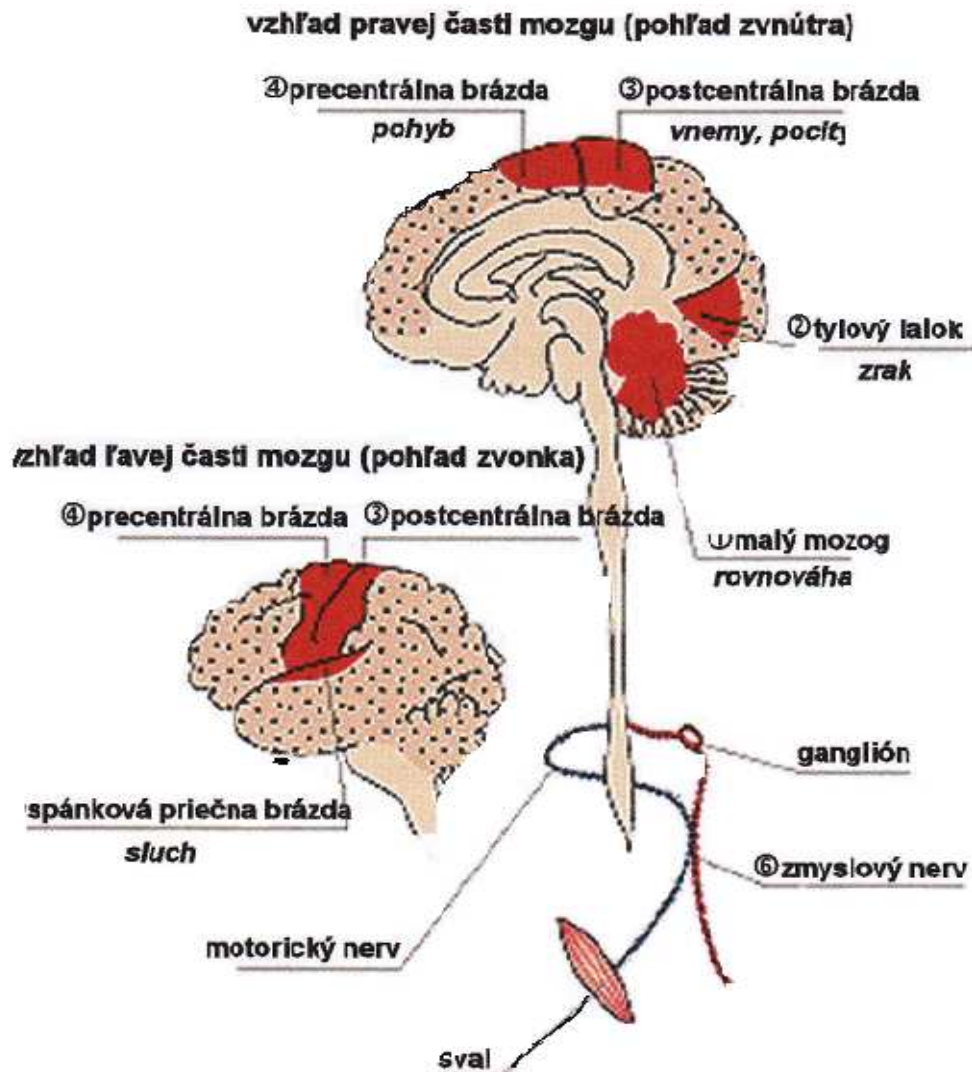
	Elementární rtuť	Anorganická rtuť	Organická rtuť
Použití	Amalgámy, teploměry, při těžbě zlata, při zpracování uhlí a nafty	V elektrických a elektronických přístrojích, v některých fungicidech, anti-septických léčích a zesvětlujících krémch	Fungicid v barvách
Zdroje emisí	Spalovny odpadů, spalováním nafty a uhlí	Různé průmyslové zdroje	Jiné formy rtuti se přeměňují na organickou rtuť, působením procesů v životním prostředí
Absorpce lidským tělem	Plícemi a omezeně při požití	Mírně se absorbuje kůží nebo požitím	Rychlá absorpce pokud je požitá, jinak se částečně vstřebává plícemi a kůží
Výměna v lidském těle	Prostupuje placentou a dostává se do mozku	Nesnadná prostupnost	Prostupuje placentou, dostává se do mozku a je přítomna v mateřském mléce.

Tyto tři formy rtuti se vyrábějí a užívají k různým účelům, tělo je různým způsobem vstřebává a mají odlišné účinky na reprodukční schopnosti a vývoj. Nejvíce nebezpečná je rtuť ve formě organické, která se nazývá **methylrtuť**. [23]

Methylrtuť:

Methylrtuť patří mezi nejnebezpečnější sloučeniny rtuti a vzniká z anorganických sloučenin působením methanogenních bakterií v anaerobním prostředí, např. v sedimentech sladkých i slaných vod. Protože je rozpustná ve vodě i v tucích, zůstává ve vodním prostředí, odkud přechází snadno do rybího masa. Methylrtuť v rybím masu je vydatným zdrojem rtuti pro potravní řetězec vedoucí až k člověku, přičemž v jednotlivých člancích řetězce dochází k jejímu zkoncentrování. Toxicita methylrtuti vyplývá především z její schopnosti přestupovat dvě z nejpřísnějších ochranných bariér v lidském organismu na plodovou placentu a hematoencefalickou bariéru mezi krví a mozkiem. Z tohoto důvodu patří methylrtuť mezi embryotoxické a mutagenní látky, a je tudíž nebezpečná zejména pro těhotné ženy,

protože může vyvolat poškození plodu nebo spontánní potrat. Toxická je rovněž pro malé děti. U nich způsobuje především smyslové poruchy až úplné selhání některých funkcí (hluchota, slepota, ztráta chuti). U dospělých jedinců pak může vyvolat třes těla. [21]



Obrázek 2. Poškození nervového systému metylrtutí, preferenční místa nervového systému, ve kterých se objeví patologické změny (červené místa)[30] [24]

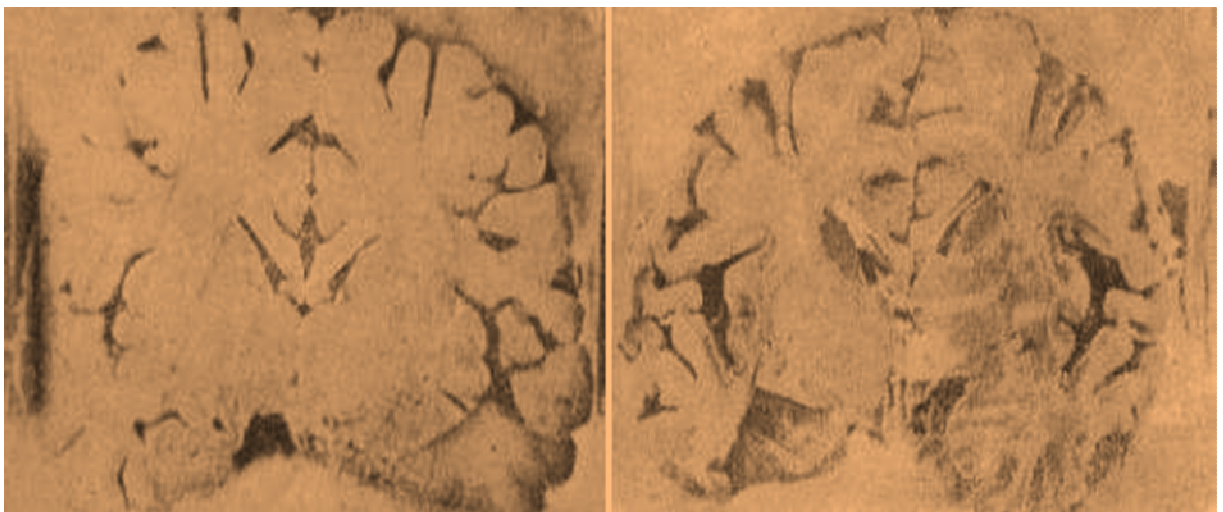
1. Poruchy chůze, ztráta rovnováhy, poruchy řeči a chybná výslovnost
2. Porucha periferního vidění v zorném poli
3. Poruchy citlivosti
4. Svalová slabost a svalové křeče
5. Hluchota
6. Poruchy vnímání bolesti, dotyků a teplot

Anorganická rtuť

Anorganické sloučeniny rtuti jsou mírně toxické, přičemž sloučeniny jednomocné rtuti jsou obecně méně škodlivé než sloučeniny rtuti dvojmocné, především z důvodu jejich menší rozpustnosti ve vodě i v kyselém prostředí. Zvláště vnímavé jsou vůči účinkům rtuti děti, podobně jako v případě olova. Právě u dětí mohou být rtuťné sloučeniny příčinou tzv. růžové nemoci. Jde o hypersenzitivní reakci na tento typ látek způsobující hypersekreci potních žláz, světloplachost, horečku, charakteristicky zbarvenou vyrážku (odtud název nemoci), otoky prstů, zduření mízních a slezinných uzlin a rohovatění s následným olupováním pokožky. Anorganické sloučeniny rtuti mohou poškozovat rovněž ledviny. Pomocí mikroorganismů je lze převést na toxičtější organické sloučeniny rtuti. [21]

Elementární rtuť

Elementární rtuť je po použití často vyloučena bez dopadu na organismus. Jedná se o nejméně toxickou formu rtuti. Nebezpečí spočívá v možnosti převedení kovové rtuti methanogenními bakteriemi na velmi toxickou methylртуť. Navíc se kovová rtuť kontinuálně odpařuje do ovzduší. Páry rtuti jsou po nadechnutí rychle adsorbovány do krevního oběhu, kterým jsou dopraveny do cílového orgánu, mozku. Mírné expozice způsobují poškození centrálního nervového systému, který může vyvolat únavu, podrážděnost, nespavost, poruchy jemné motoriky včetně třesu končetin a poruchy paměti. Silné expozice mohou mít až smrtící účinek následkem závažného poškození plic. [21]



Obrázek 3. Snímek normálního mozku a mozku po otravě. Jsou patrné poškozené centra zraku, sluchu a rovnováhy[22]

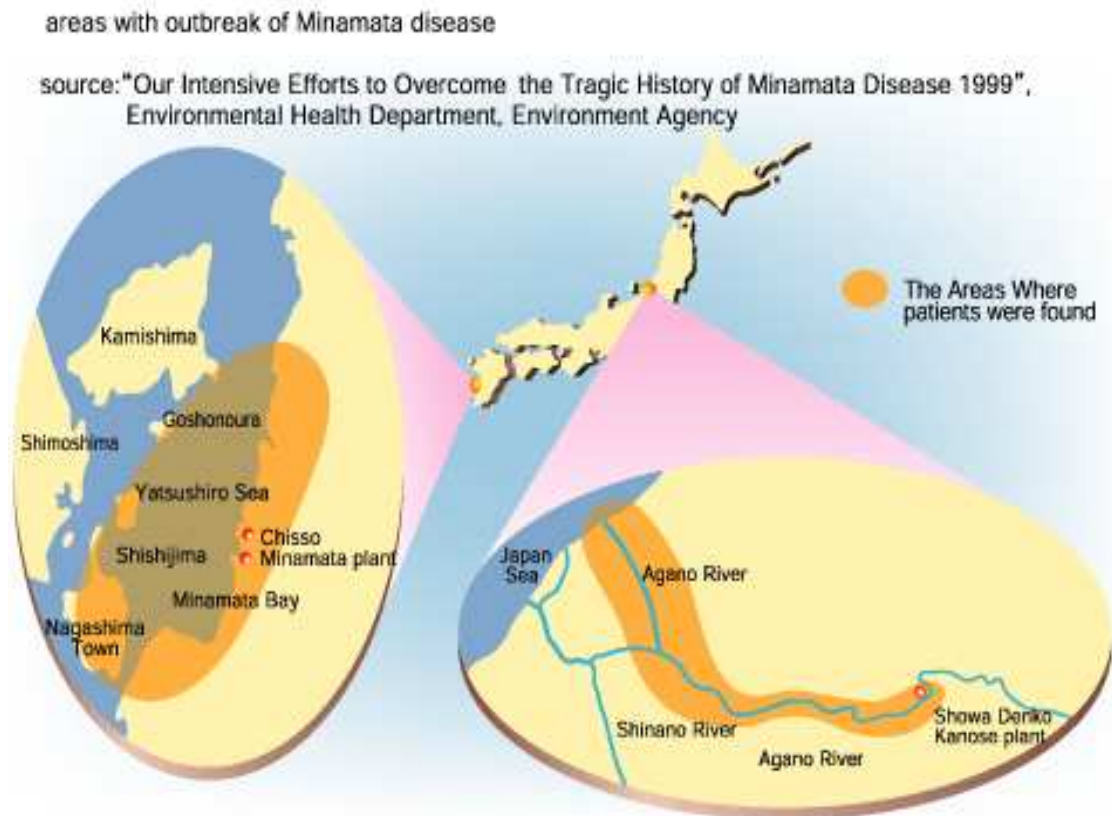
1.6 Ekologické rizika

V roce 1932 začala japonská petrochemická společnost Nippon Chisso Hiryu s výrobou acetaldehydu a polyvinylchloridu. A rtuť používaná při výrobě jako katalyzátor, byla následně vypouštěna do zálivu Minamoto . V průběhu 60. let bylo popsáno přibližně 700 úmrtí v důsledku požití kontaminované mořské potravy, těžká kongenitální postižení byla popsána u většiny nově narozených dětí, jejichž matky byly vystaveny expozici metylrtuti. K velmi podobné tragické události došlo v Japonsku i v roce 1965, v Niigatě na řece Agano, intoxikace byla popsána u 700 lidí.

Velká tragédie související s intoxikací metylrtutí byla opakovaně popsána v Iráku (1971-1972). V tomto případě se jednalo o pšenici, která byla přivezena z Mexika a aby nepodlehla v průběhu dlouhého zaoceánského transportu plesnivění, byla ošetřena fungicidy, které v této době zaznamenávaly velký rozmach. Žel, díky neorganizovanosti přepravy trvalo ještě několik měsíců, než se pšenice dostala k tamním zemědělcům. Díky špatné úrodě bylo později rozhodnuto, že bude i tato již zjevně nekvalitní pšenice použita. Zdravotní nezávadnost byla testována nejprve na domácích zvířatech, později na starých lidech a protože, nikdo ze subjektů nezemřel, pšenice tak byla shledána nezávadnou.

Díky její narůžovělé barvě našlo pečivo připravené z této pšenice značnou oblibu zejména u dětí. Po půl roce se však toxicita metylrtuti projevila a nemocnice se začaly plnit lidmi s poruchami centrálního nervového systému s původní domněnkou, že se jedná o zánět plen mozkových. Až malá skupina přivolaných zahraničních expertů rozpoznala rozsáhlou intoxikaci metylrtutí. Metylrtuť však nepocházela pouze z pečiva, pšenicí byl krmen i dobytek, významným zdrojem rtuti tak bylo i maso, mléko, sýry, máslo. Podle oficiálních informací byla intoxikace popsána u 40 000 osob, 6530 osob muselo být hospitalizováno, 460 osob zemřelo. Skutečná čísla jsou však podle neoficiálních zdrojů mnohem vyšší.

Příjem metylrtuti při minamatské a irácké tragédii byl odhadován na 3000 mikrog/den. Až později se ukázalo, že metylrtuť je obsažena i v mořských živočišných žijících v průmyslově nekontaminovaných oblastech a že ke vzniku metylrtuti dochází i v rámci jejího přírodního geochemického cyklu.



Obrázek 4. Oblasti výskytu nemoci Minamata [24]

Alarmující jsou výsledky studií arktických lvounů v oblasti Kanady a Grónska - u těch za posledních 25 let vzrostl obsah metylrtuti čtyřnásobně.(9-12) Po orální expozici je metylrtuť velmi dobře absorbována z trávicího ústrojí, přibližně z 95 % (v případě transdermálního prostupu se uvádí hodnota 3-5 %). Po absorpci dochází k vazbě metylrtuti na sulfhydrylové skupiny bílkovin. V krvi je metylrtuť kumulována převážně v erythrocytech, zde je většinou vázána na hemoglobin a glutathion (koncentrace metylrtuti je v erythrocytech až 20krát vyšší než její koncentrace v plazmě), odtud pomalu dochází k její distribuci do okolních tkání (koncentrace ve vlasech koreluje s plazmatickou hladinou, je přibližně 250krát vyšší, proto plazma a vlasy slouží jako indikátor hladiny metylrtuti v organismu). Cílovým orgánem metylrtuti je mozek, neuropatologické změny ústí v degeneraci neuronů. [25]

2 KOLOBĚH RTUTI PŘÍRODOU

Rtuť a její minerály jsou přirozenou součástí zemské kůry. Lze proto předpokládat určitou rovnováhu jejího obsahu mezi složkami životního prostředí. Tato rovnováha byla ale narušena intenzivní antropogenní činností, expandující do koloběhu rtuti ve složkách životního prostředí a do potravního řetězce.

2.1 Transport rtuti a její přeměny atmosférou

V koloběhu rtuti má největší význam atmosféra. Atmosféra obsahuje vedle hlavních plynných složek, které ji tvoří z 96,6 %, též malá množství látek, jejichž koncentrace je řádu mikrogramů v m³ a vyskytují se v plynném, kapalném i pevném skupenství. Tyto látky podléhají fyzikálně chemickým procesům v atmosféře a podléhají se na celkových vlastnostech a změnách atmosféry především v části troposféry (tzn. do výše 15 km). Látky, které vstupují do atmosféry, jsou jednak přírodního původu (např. z biogeochemických cyklů), jednak původu antropogenního.

Transport látek v atmosféře lze rozdělit do tří kategorií:

lokální transport – do 50 km; jedná se o okamžitou disipaci danou směrem převládajících větrů, která vzniká mísením přízemních vrstev ovzduší

regionální transport – stovky kilometrů; je závislý na meteorologické situaci a probíhají při něm fotodegradační procesy,

globální transport – sleduje se při něm rovnováha mezi globálními zdroji a celým rezervoárem země.

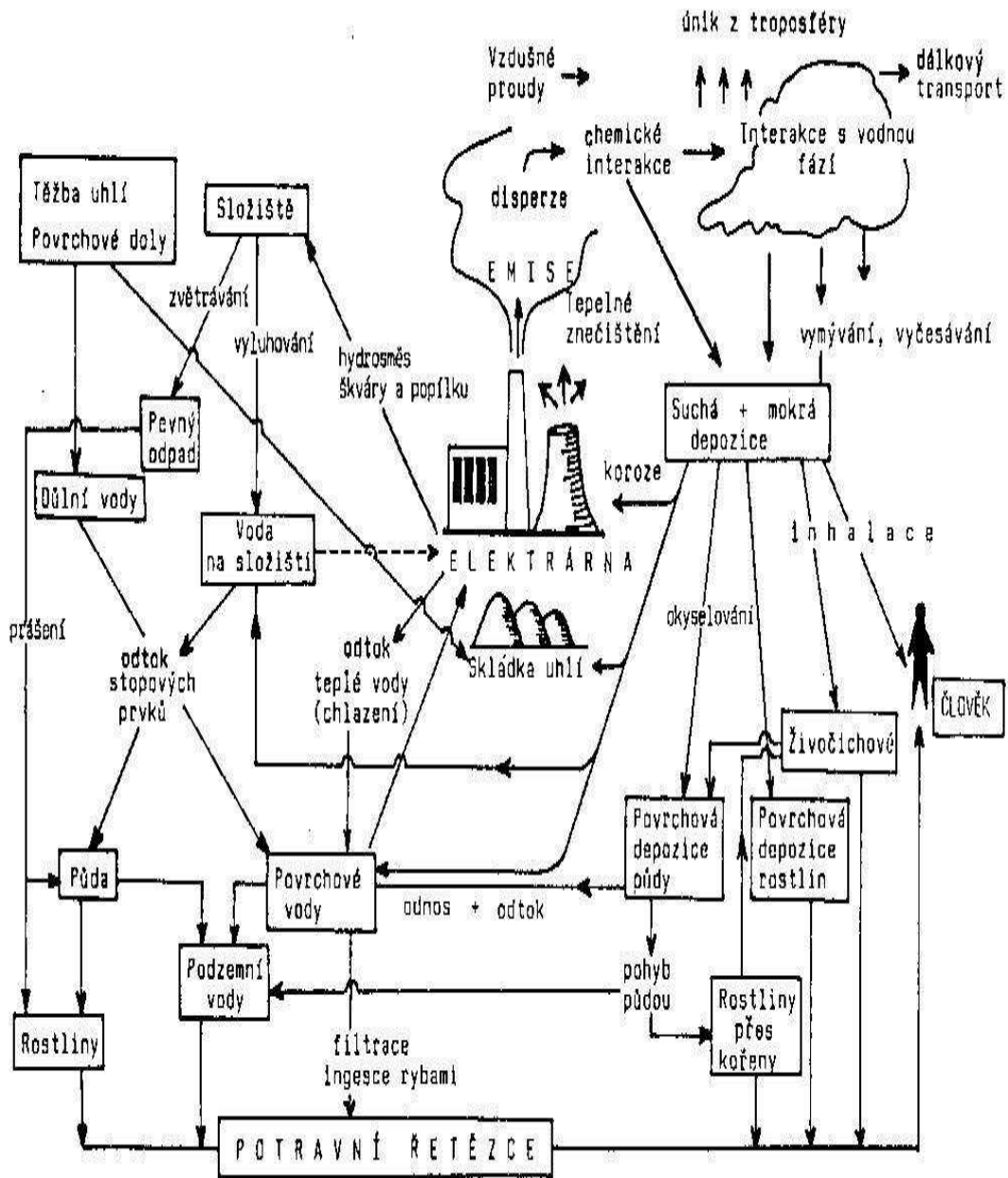
Přestup rtuti ze zemského povrchu do atmosféry je několikrát větší než přestup mezi kontinenty a oceány. Do atmosféry přestupuje rtuť především ve formě par, zatímco z kontinentů do oceánů přechází rtuť především ve formě solí dvojmocné rtuti.

Během transportu dochází k chemickým reakcím a ke změnám charakteru částic. Rtuť se v tomto ohledu chová výjimečně, neboť je schopna transportu na veliké vzdálenosti bez chemických změn.

Celkové množství rtuti, které odchází do atmosféry je odhadnuto na 38.10⁹ g ročně. Kovová rtuť je těkavá a koncentrace nasycených par při 24°C dosahuje 18 mg.m⁻³, pro chlorid monomethylrtuti je to 90g. m⁻³ Během těžby, výroby, zpracování a použití vytěká asi 1/3

roční světové produkce rtuti do vzduchu. Také poměrně velké množství rtuti obsažené v mořských a jezerních sedimentech se uvolňuje do ovzduší [6]

Možné cesty znečišťování životního prostředí těžkými kovy provozem elektrárny



Obrázek 5. Schéma distribuce a pohybu stopových prvků v okolí klasické tepelné elektrárny[7]

Jedním z významných zdrojů emitované rtuti jsou fosilní paliva. Mezi hlavní aktuální emisní zdroje rtuti u nás patří průmyslová topeniště spalující hnědé uhlí, spalovny komunálního odpadu, krematoria, cementárenské pece, chemická výroba, výroba rtuťových zařízení a přístrojů, ale například i zubní ordinace. Páry rtuti uvolňované ze zemské kůry či vznikající při hoření fosilních paliv stoupají do atmosféry a přibližně po roce jsou oxidovány na dvojmocnou rtuť. Ta je díky rozpustnosti ve vodě splavována deštěm do vodních rezervoárů, zde je činností mikroorganismů fytoplanktonu metylována za vzniku metylrtuti. [6]

Koncentrace celkové rtuti v atmosféře je 2 ng/m^3 na severní polokouli a na jižní polokouli je to asi polovina této hodnoty. Hodnota v obydlených oblastech je obvykle vyšší (10 ng/m^3). V atmosféře převažují výpary elementární rtuti ale vyskytuje se tu také methylrtuť. Zastoupení jednotlivých forem rtuti v atmosféře je 75 % elementární rtuť, methylrtuť 20% a 5 % dvojmocné anorganické sloučeniny rtuti. [29]

2.2 Přírodní zdroje emisí rtuti

Mezi přírodní emise rtuti do atmosféry patří:

- Prašnost transportovaná větrem
- Mořský aerosol
- Sopečná činnost
- Lesní požáry (spontánní)
- Biologické procesy na kontinentech – aerosol
- Biologické procesy na kontinentech – plynná fáze
- Biologické procesy v mořích

2.3 Antropogeni zdroje emisí rtuti

Antropogenní emise těžkých kovů nabývají na významu od doby rozvoje průmyslu, souvisejícího se zavedením parního stroje a s přechodem manufakturní výroby na průmyslovou velkovýrobu, ve značné míře exploatující tuhá paliva. Experimenty založené na stanovení kovů v ledovcových vrstvách, v nichž se kovy ukládaly díky dálkovému přenosu emisí, toto časové rozlišení jednoznačně potvrzují.

Snaha kvantifikovat emise znečišťujících látek vedla ke kategorizaci zdrojů podle složení

polutantů. Pro případ emisí těžkých kovů byly podrobně klasifikovány různé technologické procesy z hlediska emisí kovů a byly určeny následující **hlavní zdroje**:

- výroba energie spalováním fosilních paliv
- primární výroba železa a oceli
- sekundární výroba železa a oceli
- primární výroba neželezných kovů
- sekundární výroba neželezných kovů
- výroba ferroslitin
- chemický průmysl (výroba chloru a alkálií elektrolytickým procesem se rtuťovými elektrodami)
- výroba skla
- těžba uhlí a nerostů
- aglomerace rud
- spalování odpadů.

Uvedené kategorie lze dále dělit do podskupin podle konkrétních technologií. Zvláštní kategorie zůstávají výrobky s obsahem těžkých kovů, které samy o sobě nejsou zdroji emisí, pokud se nestanou odpadem.[6]

Tabulka 2.Odhad celkové roční emise ze všech přirozených zdrojů ($1 \cdot 10^6$ kg), (NRIAGU, 1979; LANDIS, 1989)

Zdroj	Hg
Prach unášený větrem	17,80
Lesní požáry	0,01
Vulkanická činnost	0,02
Mořský aerosol	7,60
Vegetace	0,04
Celkem	25,47

Tabulka 3. celkové roční emise ze všech antropogenních zdrojů ($1 \cdot 10^6$ kg), (BARTH, 1977; PACYNA, 1979)

Zdroj	Hg
Těžba rud	6,25
Spalování odpadu	0,10
Spalování uhlí	0,62
Spalování ropy-plynu	0,003
Průmyslové využití	5,50
Celkem	12,55

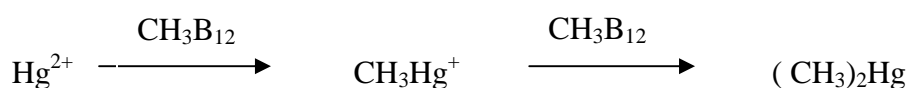
Z tabulky vyplývá, že přirozená emise rtuti je dvakrát vyšší než z antropogenních zdrojů.[2],[3],[4][5]

2.4 Transport rtuti a její přeměny vodním systémem

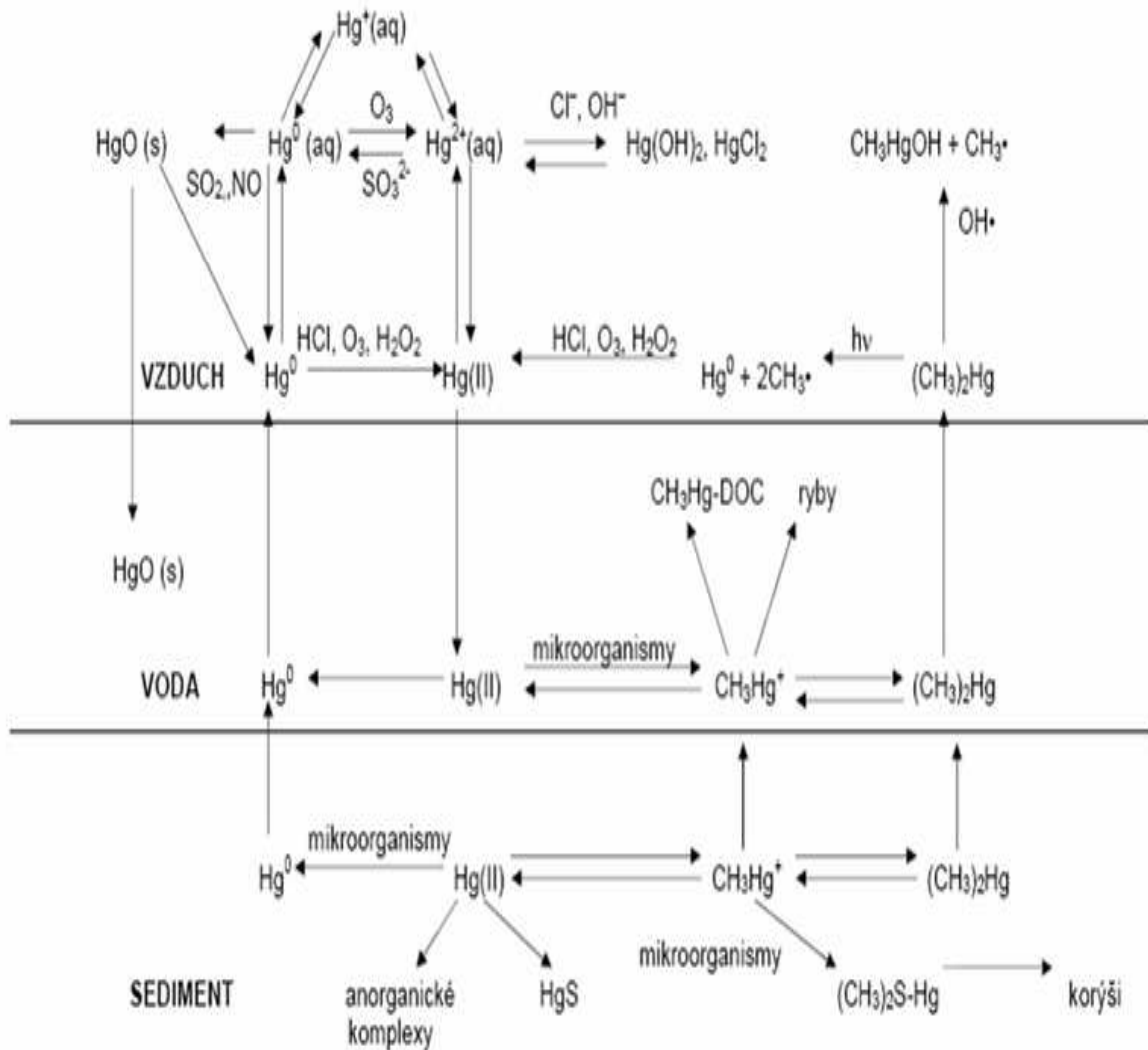
V přírodních vodách se rtuť vyskytuje řádově jen v setinách $\mu\text{g l}^{-1}$. V poněkud větší koncentraci bývá v podzemních vodách v okolí nalezišť minerálu rumělký. Zvýšená koncentrace rtuti v přírodních vodách svědčí o antropogenním znečištění. Ve splaškových vodách anglických měst byly v roce 1970 nalezeny koncentrace rtuti až do $2,2 \mu\text{g l}^{-1}$. U průmyslových odpadních vod se koncentrace rtuti pohybuje od několika jednotek $\mu\text{g l}^{-1}$ (u odpadních vod z elektrolýzy) až do několika set $\mu\text{g l}^{-1}$ (u odpadních vod z některých chemických výroby). V mořské vodě je rtuť vázána převážně v chlorokomplexech v koncentraci kolem $0,03 \mu\text{g l}^{-1}$. Ve vodovodní vodě v Praze a ve vodě z Vltavy a Želivky byla nalezena celková koncentrace organických sloučenin rtuti $0,01$ až $0,03 \mu\text{g l}^{-1}$ a z toho méně než $0,01 \mu\text{g l}^{-1}$ fenylrtuti. Ve dnových sedimentech a vodních organismech se rtuť vyskytuje převážně v organicky vázaných formách. [11]

Nejdůležitějším transformačním procesem rtuti ve vodách je biotransformace. V povrchových vodách dochází také k fotolýze methylrtuti, která však nedosahuje významu biotrans-

formace. Anorganické sloučeniny rtuti vstupující do vodního ekosystému mohou být snadno přeměněny na sloučeniny methylrtuti. Většinou je metylace rtuti mikrobiálně řízený proces, který probíhá za aerobních (enzymatických) i anaerobních (chemických) podmínek. Mechanismus methylyace rtuti zahrnuje neenzymatickou methylaci rtuťnatých iontů methylkobalaminovými sloučeninami v přítomnosti různýchypů mikroorganismů (druhy bakterií z rodů *Bifidobacterium*, *Chromobacterium*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Methanobacterium*, *Pseudomonas*) vyskytujících se v sedimentech



Rychlost tvorby methylrtuti je závislá na koncentraci methylkobalaminových sloučenin, koncentraci Hg^{2+} , přítomnosti organických i anorganických komplexotvorných látek, koncentraci kyslíku ve vodě při aerobní metylaci. Na teplotě vody, na množství a druhu mikroorganismů, pH a redoxních podmínkách vodního systému. Významnou a poměrně komplexní úlohu při methylaci rtuti hraje množství a charakter DOM. Methylyace Hg^{2+} může být snižována vzrůstající koncentrací DOC, protože dochází k rychlé sorpci Hg^{2+} na organické částice a Hg^{2+} již nejsou přístupné mikrobiální metylaci. Mikrobiální methylyace probíhá optimálně při pH 4,7. I když je biotická methylyace sloučenin rtuti převládajícím procesem, může ve vodních ekosystémech docházet také k abiotické methylaci Hg^{2+} methyl deriváty olova nebo cínu a také v přítomnosti vysoké koncentrace huminových látek. Dialkylové sloučeniny rtuti (např. dimethylrtuť) jsou těkavé, ve vodě špatně rozpustné a snadno přecházejí do atmosféry. Elementární rtuť je ve vodě vytvářena demethylyací MeHg nebo redukcí Hg^{2+} a je následně uvolňována do atmosféry. [12]

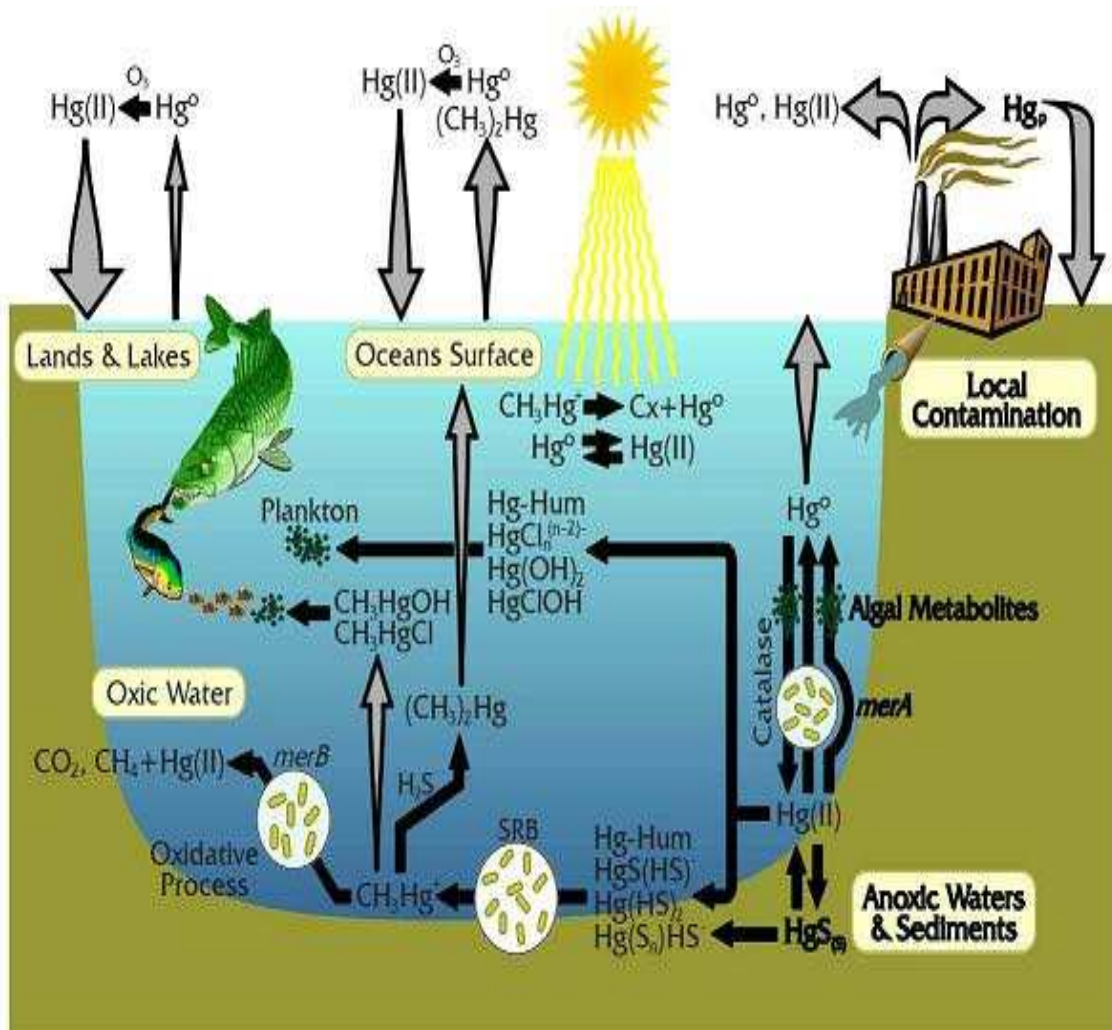


Obrázek 6. Přeměny sloučenin rtuti probíhající ve složkách vodního ekosystému [12]

K metylaci dochází ve vrchní vrstvě dna moří, řek, a jezer. Vytvořená metylrtuť je rychle využívána živými organismy ve vodním prostředí, měněna na plynnou metylrtuť a uvolňována do atmosféry. Dimethylrtuť může být v atmosféře rozložena kyselými srážkami na sloučeniny metylrtuti, které se vrací zpět do vodného prostředí. Methylrtuť může být rovněž demetylována, čímž je celý cyklus dokončen. [9]

Methylrtuť se potravním řetězcem dostává až organismu dravých ryb a potravním řetězcem až ke člověku.

Obecně platí, že ryby obsahují tím více metylrtuti, čím jsou větší a čím déle žijí. Z mořských ryb obsahují nejvíce rtuti žralok, mečoun, platýz, tuňák a makrela, ze sladkovodních štika a okoun. Nicméně, koncentrace rtuti v masě ryb žijících v relativně nekontaminovaných oblastech je zpravidla pod $0,5 \mu\text{g/g}$, tedy pod přípustnou hodnotou, kterou stanovila Evropská komise svým rozhodnutím ECD 93/351. [10]



Obrázek 7. Koloběh rtuti přírodou[8]

2.5 Depozice rtuti

Znečišťující látky jsou za určitých podmínek z atmosféry odstraňovány. Atmosféra má schopnost samočištění, kdy se zbavuje škodlivin suchou nebo mokrou cestou. Škodliviny se dostávají z atmosféry na zemský povrch. Přenos látek na zemský povrch se vyjadřuje jako hmotnost sledované látky na jednotku plochy za určitou časovou jednotku ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ za rok, $\text{kg}\cdot\text{km}^{-2}$ za rok) a nazývá se atmosférická depozice.

2.5.1 Suchá depozice

Suchá atmosférická depozice představuje hmotnost příměsí, která je uložena na jednotku plochy zemského povrchu za jednotku času v důsledku jiných procesů samočištění ovzduší, než procesů vymývání. Suchá depozice je v porovnání s mokrou podstatně pomalejším procesem, který však na rozdíl od srážek probíhá neustále. Suchá depozice se přímo neměří, ale hodnotu toku látky k povrchu (F) lze získat výpočtem z naměřené koncentrace sledované látky (C) a její depoziční rychlosti (v_d):

$$F = C \cdot v_d$$

Prostřednictvím suché depozice jsou z ovzduší na zemský povrch transportovány plyny a pevné částice. Velké pevné částice sedimentují na zemském povrchu vlivem gravitace, malé částice plynu se pohybují turbulentní difuzí a na povrchu (včetně povrchu vegetace) se zachytávají absorpcí či chemickými reakcemi s látkami, které jsou součástí povrchu.

Rychlost je ovlivněna:

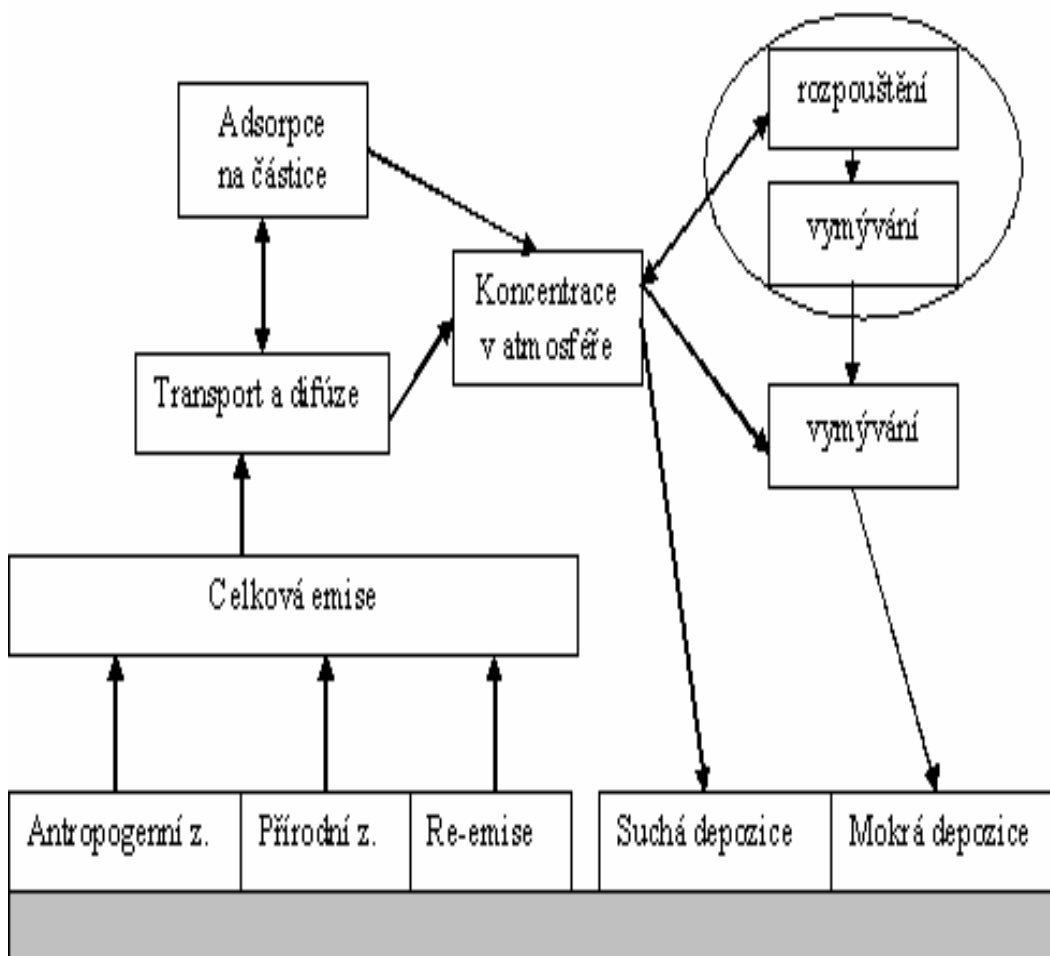
- Meteorologickými podmínkami
- vlastnostmi deponovaných látek
- vlastnostmi samotného povrchu

Všechny procesy suché depozice jsou reverzibilní, za určitých podmínek může docházet ke zpětnému uvolnění do atmosféry, což komplikuje měření.

Suchá depozice převládá v blízkosti emisních zdrojů, tedy ve městech a v průmyslových aglomeracích. V celkových bilancích za delší časové období suchá depozice v průmyslových oblastech několikanásobně převyšuje mokrou depozici.

2.5.2 Mokrá depozice

Mokrá atmosférická depozice je definována jako hmotnost atmosférické příměsí, která je uložena na jednotku plochy zemského povrchu za jednotku času v důsledku procesů vymývání příměsí z atmosféry. Je nejučinnějším procesem samočisticí atmosféry a je spojena se srážkami. Způsobují ji padající a usazené srážky. Mezi srážky padající patří: mrholení, déšť, mrznoucí déšť, sníh, kroupy, atd... Usazené srážkou jsou: rosa, jinovatka, námraza a ledovka. [17]



Obrázek 8. Mechanismus emise a depozice rtuti. Převzato a upraveno z [15], [16].

Rtuť do ovzduší vstupuje v plynné fázi nebo vázaná na aerosolové částice. Pouze asi 2% rtuti jsou deponována převážně suchou depozicí v těsné blízkosti emisních zdrojů. Snadné vypařování a transport par elementární rtuť vede k vysokým koncentracím rtuť v ovzduší za slunečných letních dní. Rostliny přijímají rtuť kořeny i prūdouchy, ale většina rtuť v rostlinách je ukládána v kořenech.

Koncentrace rtuti v ovzduší se pohybují mezi $1\text{--}100\text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$, ale v okolí antropogenních zdrojů rtuti i $10\text{--}20\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Depozice rtuti se udává mezi $20\text{--}100\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$, z čehož více než 50 % tvoří suchá depozice.[18]

3 OMEZOVÁNÍ EMISÍ RTUTI DO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Hlavní problém rtuti v současné době nepředstavuje expozice vysokých koncentrací rtuti, ale spíše dlouhodobá expozice nízkých koncentrací této látky z životního prostředí. K nejdůležitějším zdrojům této expozice patří páry rtuti ze zubního amalgámu, metylrtuť z ryb a thiomersal z vakcín. [10]

Emise rtuti se považují za celosvětovou hrozbu, která odůvodňuje přijetí opatření na místní, regionální, státní a světové úrovni.

Strategie omezování rtuti do životního prostředí :

Tato strategie má šest hlavních částí, jejichž cílem je:

- snížení emisí rtuti
- omezení vstupu rtuti do oběhu ve společnosti snížením nabídky a poptávky;
- řešení dlouhodobého osudu přebytků a zásob (ve stále používaných či uskladněných výrobcích);
- ochrana proti vystavení účinkům rtuti;
- zlepšení porozumění problému rtuti a jeho řešení;
- podpora a propagace mezinárodní činnosti týkající se rtuti.

Sdružení pro výrobu chlóru Euro-Chlor plánuje do roku 2020 postupně přestat používat rtuť v odvětví chlor-alkalického průmyslu na základě dobrovolné dohody. [29]

3.1 Eliminace rtuti podle EU

Na úrovni EU existuje více než 40 právních předpisů (nařízení, směrnice), jejichž cílem je snížení rizika spojeného s negativními účinky rtuti na člověka a životní prostředí. V roce 2005 byla schválena ucelená koncepce „Strategie Společenství týkající se rtuti“ (EU Macurry strategy - KOM(2005) 20) stanovující okruhy činnosti EU v souvislosti se snižováním emisí rtuti do životního prostředí a omezováním negativních účinků rtuti na lidské zdraví.

Strategie obsahuje 20 opatření, jejichž hlavními cíli jsou snížení emisí rtuti, vstupu rtuti do oběhu ve společnosti zastavením nabídky a poptávky, řešení dlouhodobého osudu přebytků a společenských zásob, snížení vystavení účinkům rtuti především methylrtuti z ryb,

zlepšení porozumění problému rtuti, jeho řešení, podpora a propagace mezinárodních akcí týkajících se rtuti. [26]

Od schválení Strategie v roce 2005 byla nově přijata důležitá legislativní opatření týkající se omezení uvádění na trh měřicích zařízení obsahujících rtuť a zákazu vývozu kovové rtuti a některých jejích sloučenin ze zemí Společenství a povinnosti jejich bezpečného ukládání. Evropská komise připravuje studii, kterou vyhodnotí plnění Strategie a na jejímž základě chce do konce roku 2010 členskými zeměmi EU předložit návrh revize této Strategie, zejména pak souhrn dodatečných opatření pro zlepšení stavu při zahrnutí posledních vědeckých informací a mezinárodní situace vyjednávání v problematice rtuti.

Ministři životního prostředí dne 14. března 2011 přezkoumali strategii EU týkající se rtuti a přijali závěry o dalších krocích, které je třeba přijmout za účelem omezení a postupného odstranění emisí rtuti, a to na úrovni EU i na mezinárodní úrovni.

Rada uvítala významný pokrok, jehož bylo dosaženo v posledních pěti letech od přijetí strategie. Očekává šetření, které Komise hodlá provést ohledně používání zubního amalgámu. Součástí zkoumání by měly být alternativy bez obsahu rtuti a možnosti, jak omezit uvolňování rtuti z krematorií a zubních klinik. Podrobněji prozkoumány by měly být rovněž knoflíkové baterie obsahující rtuť. [27]

Rtuť se vyskytuje také v energeticky úsporných žárovkách (kompaktní zářivky). V září roku 2010 byl maximální obsah rtuti povolený v EU pro tyto žárovky výrazně snížen. Ministři zdůraznili, že je důležité minimalizovat expozici rtuti v případě spotřebitelů, pracovníků a životního prostředí způsobenou svítidly obsahujícími rtuť.

Jelikož rtuť je globální znečišťující látkou a znečištění, které způsobuje, přesahuje hranice jednotlivých států, je nutná koordinovaná činnost na mezinárodní úrovni. EU musí posílit své úsilí na mezinárodní úrovni za účelem snížení emisí rtuti a zaměřit se na dosažení postupného celosvětového zastavení jejího používání. [14]

ZÁVĚR

Rtuť se stala v posledních letech z mezinárodního hlediska velmi sledovaným kovem.

Hlavním problémem emisí rtuti není v dnešní době vysoká expozice koncentrace rtuti, ale spíše dlouhodobá expozice nízkých koncentrací.

Emise rtuti vstupující do atmosféry, jsou schopny velkých dálkových přenosů a jejich úniky mají velký vliv na lidské zdraví i životní prostředí.

Hlavními zdroji antropogenních emisí rtuti jsou zejména spalovací procesy a některé výrobní procesy v chemickém průmyslu. Rtuť se dnes vyskytuje v půdě, vodě, sedimentech řek a moří, vodních živočiších a nakonec i v člověku.

Rtuť je vysoce toxický a velmi nebezpečný kov ve všech svých formách, z nichž nejnebezpečnější je metylrtuť. Její účinky na člověka jsou závažné a proto je nutné rtuť ve formě emisí eliminovat a vytěsnit z životního prostředí.

Přispívá k tomu i Evropská Unie a Ministerstvo životního prostředí zákazem vývozu kovové rtuti a zákazem prodejem rtuťových teploměrů. Další opatření, která zabrání úniku rtuti do životního prostředí budou následovat.

Rtuť patří mezi kovy sledované Protokolem o těžkých kovech, který je součástí Úmluvy o dálkovém znečištění ovzduší přesahující hranice států.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] REMY, Heinrich. *Anorganická chemie II*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962. Druhá vedlejší podskupina periodické soustavy: zinek, kadmiu, rtuť, s. 459.
- [2] NRIAGU, J. O. *Global inventory of natural and anthropogenic of trace metals to the atmosphere*. Nature, 1979, 279: 409-411.
- [3] BARTH, D. S. – BLOCH, S. C. – HAMMERLE, J. R.: *Chemical Agents in Air*. Handbook of Physiology, Maryland, 1977: 157-166
- [4] LANDIS, J. W.: *An assessment of worldwide energy-related atmospheric pollution*. 14th Congress of the World Energy Conference, “Energy for Tomorrow”, Montreal, No 5.1., 1989: 1-61.
- [5] PACYNA, J. M.: *Estimation of the atmospheric emission of trace elements from anthropogenic sources in Europe*. Atm. Environm., 18, 1984, 1: 41-50
- [6] CIBULKA, Jiří. *Pohyb olova kadmia a rtuti v biosféře*. Praha: Academia, 1991. Zdroje olova, kadmia a rtuti v atmosféře, s. 27-29 ISBN 8020004017
- [7] Tuček Milan, Bencko Vladimír, Krýsl Svatopluk. :*Zdravotní rizika rtuti ze zubních amalgámů*. Chemické listy 101, 1038–1044 (2007) [online] [cit. 2011-05- 02]. Dostupné z: < http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2007_12_1038-1044.pdf>.
- [8] *Cykly vybraných chemických prvků* [online] [cit. 2011-04-18]. Koloběh rtuti v přírodě. Dostupné z www: <http://knc.czu.cz/~vachm/che_pro/kolobeh_vybranych_prvku.pdf>.
- [9] TUČEK, Milan. Současná zdravotní rizika expozice rtuti a jejím sloučeninám. *České pracovní lékařství*. 2006, 1, s. 27.
- [10] *Aktuální problémy neurotoxicity rtuti* [online] [cit. 2011-04-26]. Dostupné z :< <http://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2006/05/05.pdf>>
- [11] PITTER, Pavel *Hydrochemie* Praha: Nakladatelství technické literatury 1990. Kovy ve vodách, s. 216 ISBN 978-80-7080-701-9

- [12] Houserkova P., Janak K., Kubaň P., Pavličkova J., Kubaň V.: *Chemické formy rtuti ve vodních ekosystémech - vlastnosti, úrovně, koloběh a stanovení*, Chemické listy 100 (2006), 862-876. [online] [cit. 2011-04-27]. Dostupné z :< /www.chemicke-listy.cz/docs/full/2006_10_862-876.pdf>
- [13] *Stanovisko Evropského hospodářského a sociálního výboru k tématu „Přezkum strategie Společenství týkající se rtuti* Úřední věstník Evropské unie [cit. 2011-05-06].Dostupné: <http://eur-lex.europa.eu>
- [14] *Svícení úspornými zářivkami*. [online] [cit. 2011-05- 02]. Státní zdravotní ústav. Dostupné z :< <http://www.szu.cz>>
- [15] Baeyens W., Ebinghaus R., Vasiliev W.: *Global and regional mercury cycles: sources, fluxes and mass balances*, 2. environment vol. 21, Kluwer academic publishers, 1996. 588 s. ISBN 978-0792343141.
- [16] SZKANDERA, R. *Testování modifikovaných sorbetů iontosorb pro užití v technice difúzního gradientu v tenkém filmu (DGT)*.Brno, 2008. 44s. Diplomová práce ne Chemické fakultě VUT v Brně, na katedře chemie a technologie ochrany životního prostředí. Vedoucí diplomové práce Pavel Diviš.
- [17] Nábělková Jana, Nekovářová Jana.: *Chemie životního prostředí Praha 2010*, ČVUT v Praze, [skripta]
- [18] *Zátěž základních složek životního prostředí a jejich vliv na zdraví obyvatel*[online] [cit. 2011-05- 02] Dostupné z :< <http://www.zubrno.cz/studie/kap03.htm>
- [19] ATSDR: *Toxicological Profile for Mercury* (Update). Atlanta: GA 1999; 617 s.
- [20] WHO, IPCS. CICAD 50. *Elemental Mercury and Inorganic Mercury Compounds. Human Health Aspects*. Geneva 2003. 61 s.
- [21] Kafka Zdenek, Punčochářová Jana. : *Těžké kovy v přírodě a jejich toxicita* Chemické listy96, 611 - 617 (2002) [online] [cit. 2011-05- 02]. Dostupné z :< http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2002_07_05.pdf>.

[22] HADEČ Emil. *Ekologické katastrofy* Praha : Nakladatelství socialistické akademie ČSSR 1987. Minimata, Kanemi Yusho a Itai- Itai s.141.

[23] SCHETTLER Ted, SALAMON Gina, VALENTI Maria, HUDDLE Annette. *Generace v ohrožení, Reprotoxické látky v životním prostředí*. Praha Arnika 2008. Těžké kovy s.60.

[24] FARGAŠOVÁ Agáta. *Enviromentálna toxikológia a všeobecná ekotoxikológia* Bratislava: ORMAN 2008. Historické aspekty vedúce k vytvoreniu vednej disciplíny ekotoxikológie. s.23. ISBN 789-80-969675-6-8

[25] *Toxikologie metylrtuti* Zdravotnické noviny - ISSN 1214-7664 [online] [cit. 2011-05-02]. Dostupné z :< <http://www.zdn.cz/clanek/postgradualni-medicina/toxikologie-metylrtuti-367840>>

[26] *Úmluva o rtuti* Ministerstvo životního prostředí [cit. 2011-05- 14]. Dostupné: <http://www.mzp.cz/cz/umluva_o_rtuti>

[27] *Postupné ukončení užívání rtuti* Rada evropské unie [cit. 2011-05- 14]. Dostupné: <<http://www.consilium.europa.eu/showFocus.aspx?lang=cs&focusID=572>>

[28] *Rtuť* Institut geologického inženýrství, Hornicko-geologická fakulta [cit. 2011-05-24]. Dostupné: <<http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/rudy/rtu%C5%A5.html>>

[30] *Metylртуť ve vodních ekosystémech* Jihočeská univerzita v Českých budějovicích [cit. 2011-05-14]. Dostupné: z <http://www.frov.jcu.cz/publikace/bulletin/03_06/marsalek117_124.pdf>

[30] *Minemata dinase archive* Poškození nervového systému metylrtutí [cit. 2011-05-14]. Dostupné: z <<http://www.nimd.go.jp/archives/english/index.html>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

DOC Rozpuštěné organické látky

DOM Rozpuštěná organická hmota

ECD European Commission Decision – Rozhodnutí evropské komise

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Kapky rtuti v křemen-sideritové žilovině s drobně zrnitým cinabaritem. Štola Zimné, Rudňany, Slovensko. Velikost kapek 7 a 3 mm. Sběrka J. Mazucha, foto J. Jirásek 2006. [29].....	10
Obrázek 2. Poškození nervového systému metylrtuťí, preferenční místa nervového systému, ve kterých se objeví patologické změny (červené místa)[30] [25].....	17
Obrázek 3. Snímek normálního mozku a mozku po otravě. Jsou patrné poškozené centra zraku, sluchu a rovnováhy[22]	18
Obrázek 4. Oblasti výskytu nemoci Minamata [25]	20
Obrázek 5. Schéma distribuce a pohybu stopových prvků v okolí klasické tepelné elektrárny[7]	22
Obrázek 6. Přeměny sloučenin rtuti probíhající ve složkách vodního ekosystému [12].....	27
Obrázek 7. Koloběh rtuti přírodou[8]	28
Obrázek 8. Mechanismus emise a depozice rtuti. Převzato a upraveno z [15], [16].....	30

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Profil tří hlavních forem rtuti [22]	16
Tabulka 2. Odhad celkové roční emise ze všech přirozených zdrojů (1.10^6 kg), (NRIAGU, 1979; LANDIS, 1989)	24
Tabulka 3. celkové roční emise ze všech antropogenních zdrojů (1.10^6 kg), (BARTH, 1977; PACYNA, 1979)	25