

Rtuť v životním prostředí

Aleš Krejčí

Bakalářská práce
2006



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí
akademický rok: 2005/2006

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Aleš KREJČÍ**
Studijní program: **B 2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Chemie a technologie materiálů**

Téma práce: **Rtuť v životním prostředí**

Zásady pro vypracování:

- 1. Provedte literární studii na základě znalostí získaných za 3 roky studia na FT UTB ohledně rtuti v životním prostředí s přihlédnutím k toxicitě jednotlivých forem a ke zdroji, jakým se rtuť dostává do životního prostředí.**
- 2. Na základě této literární studie provedte rozvahu daného problému.**
- 3. Při rozvaze se zaměřte na skutečný stav věci a trendy vývoje do blízké budoucnosti s ohledem na životní prostředí.**
- 4. Stručný přehled literární části a vyvozené závěry připravte v programu PowerPoint pro zhruba 10 minutovou prezentaci.**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle pokynů vedoucího bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Josef Houser, Ph.D.

Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí

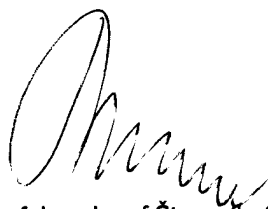
Datum zadání bakalářské práce:

14. února 2006

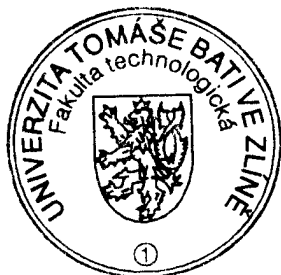
Termín odevzdání bakalářské práce:

13. června 2006

Ve Zlíně dne 1. února 2006



prof. Ing. Josef Šimoník, CSc.
děkan



doc. Ing. Jaromír Hoffmann, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Hlavním cílem mé bakalářské práce je popsat současný stav znečišťování životního prostředí rtutí a jejími sloučeninami na základě fyzikálně-chemických vlastností, toxicity atd.

Dalším bodem je zjistit, jak se rtuť dostává do jednotlivých sektorů životního prostředí (zejména do atmosféry a hydrosféry) a jak zabránit jejím únikům nebo alespoň omezit rizika z toho vyplývající.

Klíčová slova: rtuť, životní prostředí, fyzikálně-chemické vlastnosti, toxicita, atmosféra, hydrosféra.

ABSTRACT

The chief aim of my bachelor work is describe the present state of an environment's pollution by mercury and its compounds on basis of physiochemical properties, toxicity, etc.

Another point is find a way, how mercury gets to component parts of environment (mainly to atmosphere and hydrosphere) and how prevent of its escapes or at least limit risks which follow from that.

Keywords: mercury, environment, physiochemical properties, toxicity, atmosphere, hydrosphere.

Děkuji tímto vedoucímu bakalářské práce Ing. Josefu Houserovi, Ph.D. za odborné vedení, rady a připomínky, které mi poskytl během řešení mé bakalářské práce.

„Příroda dala člověku rozum, aby se jí bránil, a srdce, aby se jí neubráníl.“

JEAN GALBERT DE CAMPRISTON

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

V Prostějově dne 30. května 2006

.....

podpis

OBSAH

ABSTRAKT	4
ÚVOD.....	8
1 CHARAKTERISTIKA RTUTI A JEJÍCH SLOUČENIN	10
1.1 VÝSKYT.....	10
1.2 VLASTNOSTI VYPLÝVAJÍCÍ Z ELEKTRONOVÉ STRUKTURY	10
1.3 FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ VLASTNOSTI	11
1.4 VÝROBA	11
1.5 VYUŽITÍ.....	12
2 TOXICKÉ ÚČINKY RTUTI A JEJÍCH SLOUČENIN	13
2.1 KATASTROFY ZPŮSOBENÉ RTUTÍ A JEJÍMI SLOUČENINAMI.....	13
2.2 CELKOVÝ CHARAKTER ÚČINKU NA ČLOVĚKA	14
2.2.1 Nejnebezpečnější sloučeniny rtuti z hlediska toxicity	16
2.3 VLIV SELENU NA TOXICITU RTUTI	17
3 SPECIFIKA EMISÍ RTUTI V OBLASTI ZNEČIŠŤOVÁNÍ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ.....	20
3.1 ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ RTUTÍ.....	20
3.1.1 Zdroje rtuti v ovzduší	21
3.1.2 Stav znečištění ovzduší	22
3.2 POHYB RTUTI VE VODNÍCH EKOSYSTÉMECH	23
3.2.1 Zdroje rtuti ve vodních ekosystémech.....	23
3.2.2 Rezidua rtuti v organismech vodního prostředí	23
3.3 OPOMÍJENÉ PŘÍPADY ZNEČIŠŤOVÁNÍ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ SLOUČENINAMI RTUTI.....	25
4 ZNEČIŠTĚNÍ BIOSFÉRY RTUTÍ A JEJÍ NEBEZPEČÍ U NÁS A VE SVĚTĚ.....	27
4.1 SITUACE V ČESKÉ REPUBLICE.....	27
4.1.1 Amalgámová elektrolýza.....	28
4.1.2 Odpady	29
4.1.2.1 Problematika vybitých tužkových baterií s obsahem rtuti.....	30
4.1.3 Amalgámové výplně.....	31
4.1.4 Kontaminace krmiv živočišného původu rtutí	34
4.2 ČERVENÁ RTUŤ - MÝTUS NEBO SKUTEČNOST?.....	35
5 CELOSVĚTOVÁ PERSPEKTIVA OMEZENÍ RIZIKA RTUTI	37
5.1 CÍLE VEDOUcí KE SNÍŽENÍ HLADINY RTUTI V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ.....	38
5.1.1 Snížení nabídky	39
5.1.2 Snižování poptávky	39
5.1.3 Řešení přebytků a zásob rtuti	39
5.1.4 Sběr a recyklace výrobků s obsahem rtuti	40

5.1.5 Omezení uvádění přístrojů obsahujících rtuť na trh EU	41
ZÁVĚR	45
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	47
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	50
SEZNAM OBRÁZKŮ	51
SEZNAM TABULEK.....	52

ÚVOD

Jednou z nejdiskutovanějších otázek lidské společnosti 21. století je problematika stavu a ochrany životního prostředí.

Pro ochranu životního prostředí je minimalizace zátěže toxickými kovy a organickými polutanty základním přístupem pro zvýšení kvality života obyvatel a zamezení vzniku trvale poškozených zón. Vzhledem k ochraně lidského zdraví je třeba stále sledovat kvalitu pitné vody a snižovat zátěž lidské populace ze znečištěného ovzduší a potravin polutanty (zejména organochlorovými látkami, agrochemikáliemi, ftaláty, benzenem, toxickými kovy, polyaromatickými uhlovodíky (PAH), azbestem, prachovými mikročásticemi PM₁₀ a dalšími). Tyto polutanty také negativně působí na biodiverzitu a ekosystémy [1].

Mezinárodní vládní i nevládní environmentální organizace se začaly v posledních dvaceti letech cíleně zabývat otázkou, jak zvrátit nebo alespoň zpomalit dynamiku pozvolna vzrůstajících koncentrací rtuti nebo jejích sloučenin v ovzduší, vodě a půdě [2].

Rtuť je v poslední době velmi sledovaným kovem, a to zejména z hlediska mezinárodních aktivit, jež se emisemi rtuti a jejím vstupem do životního prostředí zabývají. Emise rtuti jsou předmětem dálkového přenosu a její účinky na lidské zdraví a životní prostředí jsou velmi závažné.

Pro účely emisního monitoringu jsou důležité poznatky o fyzikálně-chemických vlastnostech rtuti, které jsou odlišné od vlastností ostatních sledovaných kovů. Zejména tvorba organokovových sloučenin rtuti, její schopnost redepozice a recyklace ve složkách životního prostředí jsou vlastností, které vyvolávají potřebu zpřesnění emisního monitoringu, zaměřeného i na alespoň dílčí speciaci.

Hlavními zdroji emisí rtuti, pomineme-li zdroje přírodní (jejichž objem je odhadován na souměřitelný s emisemi antropogenními), jsou spalovací procesy a některé výrobní procesy, z nichž výroba chloru a alkálií elektrolýzou s použitím rtuťových elektrod je nejzávažnější. Obsah rtuti ve fosilních palivech je značně kolísavý.

Ke zvýšené pozornosti k vysokému riziku rtuti a jejích sloučenin pro lidský organismus přispěly také negativní zkušenosti s nedostatečným zabezpečením okolí před následky havárií nebo přírodních katastrof [2].

1 CHARAKTERISTIKA RTUTI A JEJÍCH SLOUČENIN

Rtuť byla známa již starověkým Egypťanům, Řekům a Římanům. První přesné zprávy o způsobu získání rtuti z rumělky mědí a octem udává Theofrast kolem r. 300 před n. l. V 80. letech n. l. popisuje Dioskorides přípravu rtuti z rumělky železem. Římané ji těžili z rumělkových dolů u Almadénu ve Španělsku, které jsou v provozu dodnes. Rtuť se koncem 6. století n. l. užívalo k získávání zlata z jeho rud. Na počátku 2. poloviny 16. století zavedl Bartholomeus de Medina v Mexiku amalgamací stříbrných rud, přičemž tento pochod spotřeboval dočasně značný podíl almadénské výroby rtuti [3, 4].

1.1 Výskyt

Rtuť se vyskytuje v přírodě převážně v podobě svého sirníku, HgS, známého jako rumělka. Vzácněji se nalézají oxidy, chloridy, jodidy apod. Hlavní naleziště jsou Almadén ve Španělsku, Idrija ve Slovinsku, Monte Amiata v Toskánsku, dále některá místa v Kalifornii, Texasu, Oreganu, Nevadě, Mexiku a v Nikitovce na Ukrajině [3].

1.2 Vlastnosti vyplývající z elektronové struktury

Rtuť (lat. Mercurius nebo hydrargyrum, Hg) patří společně se zinkem a kadmiem do II.B skupiny periodické soustavy, do tzv. skupiny zinku. Atomy těchto tří prvků, které následují po mědi, stříbru a zlatu, mají v orbitalech ns dva valenční elektrony. Od s^2 -prvků (II.A skupiny) se liší zaplněnými $(n - 1)d$ -orbitaly, jejichž elektrony se na vazbách nepodílejí. Větší náboj jádra v atomech prvků skupiny zinku působí na elektronový obal, proto jsou jejich atomové poloměry menší než u prvků II.A skupiny, a proto jsou tyto kovy méně reaktivní. Teploty tání těchto stříbrolesklých kovů jsou poměrně nízké v důsledku slabé kovové vazby [5].

1.3 Fyzikálně-chemické vlastnosti

Rtuť je za normální teploty kapalný, stříbrobílý, silně lesklý kov. Páry rtuti těkají s vodní parou, které jsou 7krát těžší než vzduch. Rtuť je dobrým vodičem elektrického proudu [3, 6].

Rtuť se za normální teploty slučuje s kyslíkem jen nepatrně; zřetelnější oxidace nastává za tepla, zejména kolem jejího bodu varu (na povrchu se tvoří zvolna vrstva oxidu rtuťnatého HgO). Ozón působí na rtuť již za normální teploty za vzniku oxidu rtuťného Hg₂O. Podobně reaguje rtuť za normální teploty s halogeny a se sírou [4].

Rtuť tvoří s četnými kovy slitiny zvané amalgámy. Zvláště snadno se slévá se sodíkem, draslíkem, stříbrem, zlatem a také se zinkem, cínem a olovem; s mědí však jen tehdy, je-li měď jemně rozptýlena. Vůbec se neshlívá s manganem, železem, kobaltem a niklem [3].

V tabulce (Tab. I) jsou uvedeny některé z fyzikálně-chemických vlastností rtuti.

Tab. I: Některé vlastnosti rtuti [3].

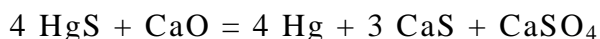
Elektronová konfigurace	[Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ²
Bod varu	356,95 °C
Bod tání	-38,84 °C
Hustota (při 20 °C)	13,546 g.cm ⁻³

1.4 Výroba

Výroba rtuti vychází hlavně z rumělky, siřníku rtuťnatého HgS, která se praží, přičemž se síra oxiduje na oxid siřičitý, kdežto rtuť, která se neshlívá, uniká v podobě par, které se zachytí kondenzací:



Dříve se používal i způsob rozkladu rumělky s páleným vápnem nebo se železem:



Znečištěná rtuť se čistí filtrací nebo destilací. V polarografické praxi, kde je rtuť užívána jako kapková elektroda, se rtuť často čistí jednoduchým rozstříknutím tenkého proudu rtuti do vrstvy zředěné kyseliny dusičné, v níž se ostatní kovy rozpustí, kdežto rtuť projde většinou nerozpuštěna [4].

1.5 Využití

Značného uplatnění našla rtuť a její sloučeniny v Římě. Znalosti převzali Římané od Řeků a rtuť byla používána při výrobě zlata amalgamací. Ze sloučenin rtuti našla největšího uplatnění zejména rumělka („rumělkový okr“), která se používala jako dekorační pigment ve stavebnictví a kosmetice, ale našla uplatnění i v lékařství při léčení očních chorob a kožních onemocnění [4].

V kovové podobě má rtuť mnohostranné použití pro technická zařízení a zejména pro vědecké přístroje. Užívá se jí do rtuťových výbojkových usměrňovačů, automatických elektrických přerušovačů, regulátorů tlaku, brzdících ventilů, dále na výrobu teploměrů (Fahrenheit, 1714) a barometrů (Toricelli, 1644) pro vědecká měření, tvoří kapalínový uzávěr pro plyny, varnou náplň do Volmerových vysokovakuových vývěv a používá se jí k mnoha jiným podobným účelům [3].

V moderní medicíně je rtuť účinnou složkou diuretik, antiseptik a léků v kožním lékařství (ještě v minulém století i při léčení syfilidy). Rtuť je dosud nezbytnou komponentou zubních výplní a ani novější technologie nedokázaly zubní výplně na bázi amalgámu vytlačit, naopak, řada stomatologů pokládá amalgámové výplně za spolehlivější a s delší životností. Dříve byly některé sloučeniny rtuti (např. chlorid rtuťnatý nebo kyanid rtuťnatý) používány v medicíně jako účinná antiseptika [4].

2 TOXICKÉ ÚČINKY RTUTI A JEJÍCH SLOUČENIN

2.1 Katastrofy způsobené rtutí a jejími sloučeninami

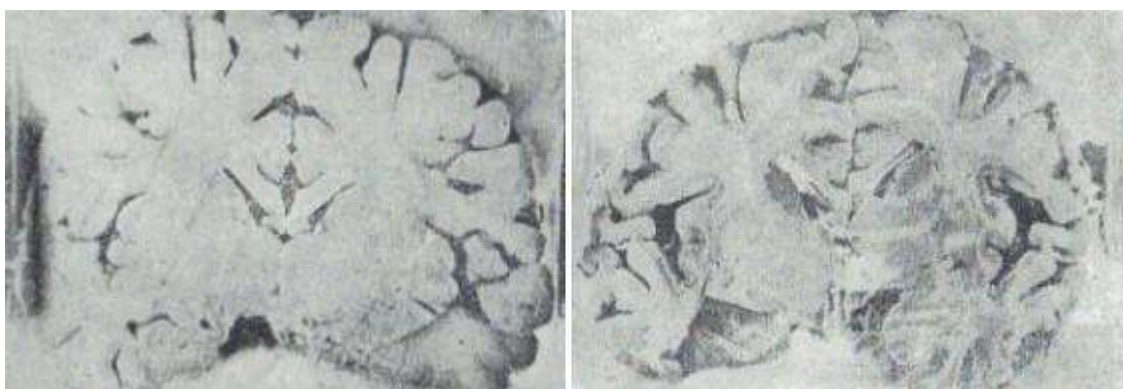
Používání sloučenin rtuti k chemickému ošetření obilí vedly k otravám, z nichž historicky nejznámější je otrava obyvatel v Iráku v letech 1971 - 1972. Rok před tím byla sklizeň v zemi dost nízká, takže zemědělcům nezbylo osivo. Proto dostali od státu levné osivo (pšenice a ječmen) s upozorněním, že je otráveno mořidlem. Zemědělci předhodili zrno slepicím, a protože slepice okamžitě nejevily příznaky otravy, usoudili, že upozornění vlády nemusejí brát až tak moc vážně. Pšenici si semleli a z mouky upekli chléb, ječmen zkrmlili dobyt看kem, ovceci nebo drůbeží. Výsledek byl katastrofální. Bylo postiženo velké množství lidí, hospitalizováno bylo 6 530 lidí, z nichž 459 zemřelo. Většina postižených se však do nemocnice vůbec nedostala, proto se odhadoval počet postižených na cca 10 000 a mrtvých na 3 000 [7].

Jinou podobnou událostí byla hromadná otrava obyvatel a domácích zvířat v rybářské vesnici u mořského zálivu Minamata v Japonsku na podzim roku 1953. Psi a kočky zde podléhali jakémusi šílenství, divoce poskakovali, svíjeli se a nakonec se vrhali do moře, kde utonuli. Nakonec začali churavět i sami rybáři. Oprávněné podezření padlo na místní chemickou továrnu velkého koncernu Chisso Corporation vyrábějící plastické hmoty, která denně vypouštěla velké množství splašků přímo do moře. Potrava Japonců je tvořena až z 50 % z rýže a jiných obilovin a jen asi z 12 - 13 % živočišnými bílkovinami. U rybářů, zvláště u těch chudších, značnou část potravy tvoří ryby. Pozdější analýzy ukázaly, že ryby ze zálivu Minamata obsahovaly v průměru $0,557 \text{ mg.g}^{-1}$ rtuti, z čehož bylo $0,315 \text{ mg.g}^{-1}$ prudce jedovaté methylované rtuti $[(\text{CH}_3)_2\text{Hg}]$. Podíl ryb s obsahem rtuti nad $1,0 \text{ mg.g}^{-1}$ tvořil v zálivu Minamata téměř 9 % celého úlovku. V období 1951 - 1961 onemocnělo 121 rybářů. Zemřelo jich 46, zatímco ostatní měli „jen“ nezhojitelně poškozenou nervovou soustavu a z toho plynoucí invaliditu. Do roku 1973 stoupl počet mrtvých na 71 [7].

Nemoc se ukázala i v jiné oblasti, a to na dolním toku řeky Agano v prefektuře Niigata. Tam onemocnělo v roce 1965 nejméně 47 obyvatel a 6 z nich tehdy zemřelo. Do roku 1973 stoupl počet mrtvých na 13. Příznaky nemoci byly stejné jako v zálivu Minamata. Postižení jeví nejprve ochromení svalů kolem úst, ochromení nohou a rukou, později poruchy řeči, zúžení pole vidění, nedoslýchavost, následovaly duševní poruchy, chvění, trhavé až křečovitě pohyby. A nakonec smrt. Nemoc se navíc přenášela z kontaminovaných matek na novorozence. U nich se projevovalo mentální zpoždění, zpoždění v řeči, obtíže s jídlem, což mělo ovšem vliv na jejich celkový zdravotní stav [7].

Anorganická rtuť, která byla vypouštěna z továren jako odpad, není sama o sobě tak nebezpečná. Stala se však součástí potravního řetězce mořské hydrobiocenózy a dostala formu prudce jedovaté dimethylrtuti. Zpočátku se jen sorbovala na řasách a s nimi se dostala do žaludku býložravých a později i masožravých ryb. Tak došlo jak k osudné chemické přeměně její formy, tak i k její zvýšené koncentraci [7].

Na obrázku (Obr. 1) jsou zobrazeny snímky normálního mozku a mozku po otravě rtuť. Jsou patrná poškozená centra zraku, sluchu a rovnováhy.



Obr. 1: Snímek normálního mozku a mozku po otravě [7].

2.2 Celkový charakter účinku na člověka

Patologické vlastnosti rtuti a jejích sloučenin jsou sledovány po dlouhou řadu let. Za nejtoxičtější sloučeniny rtuti jsou pokládány její ethyl-

a methylsloučeniny, obecně alkylsloučeniny, které navíc mají výraznou tendenci k bioakumulaci [4].

V metabolismu i toxickému působení elementární Hg a jejích sloučenin existují významné rozdíly. V organismu může docházet k transformaci jedné formy rtuti v druhou. Tak např. elementární Hg je v organismu poměrně rychle oxidována na Hg^{2+} , fenylrtuť se štěpí a uvolňují se Hg^{2+} ionty, methylrtuť se demethyluje a naopak anorganické sloučeniny Hg se mohou působením střevní flóry methylovat. Alkylsloučeniny s krátkým řetězcem jsou relativně více odolné vůči biotransformaci [8].

Lokálně soli rtuti leptají, dráždí. Vstřebaná rtuťnatá sůl ruší permeabilitu kloubíčkových kapilár a poškozují epitel ledvinných kanálků. Dále rtuť (hlavně ve formě Hg^{2+}) blokuje účinek proteolytických enzymů. Důsledkem toho je to, že jsou nedostatečně štěpeny proteiny, případně lipidy, které pak pronikají poškozenými glomerulami a infiltrují tabulární epitel [8].

Proto zde dochází k degeneraci až nekrose, někdy až bazální membrány. Pokud je intoxikace náhlá, dochází k šoku. Regenerace může trvat i několik týdnů - tzv. Feerova nemoc je pozdní neuroalergická reakce na malé terapeuticky nezávadné dávky rtuti (mastě, zásyp apod.) [8].

Hlavní příčinou otrav rtutí je vdechování jejích par. Za normální teploty se může dosáhnout poměrně vysoké koncentrace par. Hygienicky závadná je již koncentrace $0,1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$. Ta se dosáhne snadno i za teploty $-25 \text{ }^\circ\text{C}$. Kovová rtuť se může také vstřebávat kůží [8].

Akutní intoxikace není tak častá jako chronická. Nicméně k ní dochází. Nejznámější otravou je otrava chloridem rtuťnatým. Již po nějaké chvíli se projeví pálením v ústech, obtížným polykáním, sliněním, bolestmi na prsou a v břiše. Po větší dávce může dojít ke kolapsu a úmrtí. Jinak se stupňují bolesti břicha, dostavují se krvavé průjmy. Již druhého dne po intoxikaci jsou znatelně zduřeny slinné žlázy a začíná zánět ústní sliznice. Kolem zubních krčků se vytváří šedý lem a zuby se začínají uvolňovat, případně i vypadávají. Za 2 - 3 dny se dostaví typické příznaky pro otravu rtutí,

spojené s poruchou funkce ledvin. Vylučování moči je omezeno, objeví se otoky. Poté pokračuje zánět břišní sliznice a současně se projevují poškozená játra. Pro další osud nemocného je ovšem rozhodující stupeň poškození ledvin [8].

Mezi akutní a chronickou intoxikací Hg z hlediska chorobných příznaků nejsou příliš velké rozdíly a dochází k vzájemnému stírání a překrývání. Je zajímavé, že chronické otravy nemají vždy stejné příznaky. Prvním příznakem je nechutenství, poté dochází k nadměrnému vylučování slin a zduření slinných žláz. Na to navazuje zánět ústní sliznice, doprovázený zápachem z úst a měděným zbarvením patra. Často je to provázeno rýmou, onemocněním hltanu a hrtanu [8].

Současně dochází s podstatnějším časovým opožděním k projevům nervových poruch, někdy i bez předchozích uvedených objektivních potíží. Je ovlivněna nejprve činnost mozkové kůry. Z toho pramení nemožnost se soustředit, zapomnětlivost, pocit únavy, slabosti a nemohoucnosti. Jde tedy v počátku o příznaky, které se mohou překrývat s běžnými stesky neurotiků a tím je ztížena možnost včasné diagnózy. Později, když nastoupí např. stádium klidového třesu, vedle končetin třes zachvacuje někdy i oční víčka, rty a jazyk. Velmi často je doporučována diagnostika s písmem. Postižený zpočátku píše několik slov čitelně a pomalu přechází do stádia, kde je vlivem třesu písmo již zcela nečitelné. Někdy k tomu přistupují poruchy hmatu, sluchu a rovnováhy [8].

Pro klasickou chronickou intoxikaci rtuť je typickým znakem spavost. V literatuře jsou však popsány i případy opačné. V kritických stádiích pak dochází k celkové zchátralosti. Velmi časté jsou účinky na zrak, jsou popisovány změny na elektrokardiogramech a dochází k poškození kůry nadledvinek [8].

2.2.1 Nejnebezpečnější sloučeniny rtuti z hlediska toxicity

a) Methylmerkurihydroxid CH_3HgOH

- Kumuluje se v mozku a je teratogenní [9].

b) Methylmerkurichlorid CH_3HgCl

- Účinky jeho otravy psychicky působí na CNS.
- Při styku s pokožkou vznikají puchýře [9].

c) Dimethylrtuť $\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$

- Je méně toxická než soli methylrtuti, ale k těžké otravě dochází již po krátké expozici a většinou končí smrtí [9].

d) Fenylmercurichlorid $\text{C}_6\text{H}_5\text{HgCl}$

- Pro CNS je méně toxický než alkylrtuťnaté deriváty, způsobuje však poškození jater, srdce, vznik anémie, leukopenií a alergií.
- Vstřebává se pokožkou.
- Používal se v přípravcích na moření obilí (přípravek PCM) [9].

e) Fenyloctan rtuťnatý $\text{C}_6\text{H}_5\text{HgOCOCH}_3$

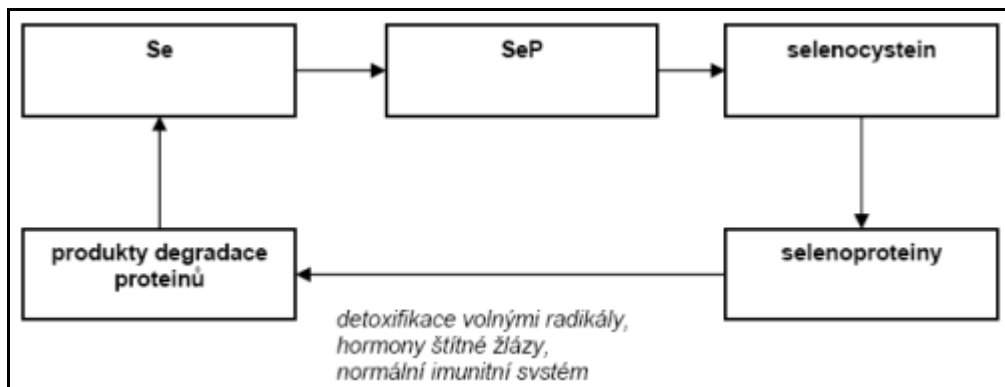
- Je účinnou součástí mořidel pro obilí (Ceresan, Ceresol, TAG atd.).
- Akutní otrava se projevuje progresivní slabostí, sliněním, krvácením dásní a v těžkých případech ztuhnutím svalů a oslabením zraku.
- Chronické otravy mají za následek poruchy funkce jater, ledvin a krvetvorby [9].

2.3 Vliv selenu na toxicitu rtuti

Již ve čtyřicátých letech minulého století bylo prokázáno, že toxicita rtuti může být snížena přítomností selenu. Účinek selenu se projevuje jak při akutních, tak i při chronických intoxikacích, a to rtutí vázanou anorganicky i organicky [4].

Při modelové otravě krys methylrtutí se projevil ochranný účinek selenu přidávkem 5 mg Se/kg krmiva. Podobný účinek byl zaznamenán i u koček, navíc s prokázáním, že přídavek selenu zabraňuje vzniku histopatologických změn v nervové soustavě, játrech a ledvinách. Mechanismus působení selenu je vysvětlován vazbou rtuti do složitých konglomerátů s bílkoviny (selenoprotein + Hg), což brání průniku iontů rtuti do tkání organismu [4].

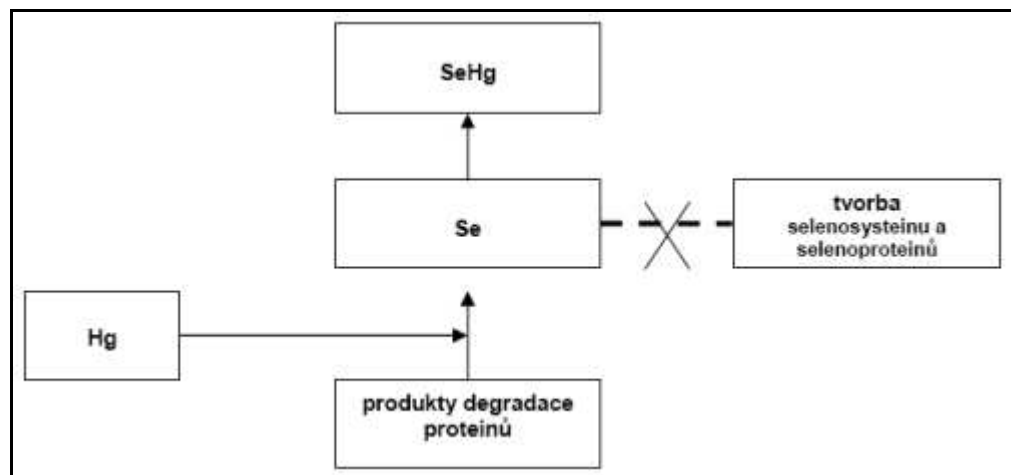
Toto vysvětlení není ale jednoznačně přijímáno, a proto je v současné době studován detoxikační efekt selenu z hlediska termodynamické analýzy vazebné afinity a molekulární kinetiky. Jedná se o představu, že rtuť může narušit syntézu esenciálních selenoenzymů, jež jsou důležité pro nervové tkáně, a tak způsobit odumření nervových buněk zejména v mozku plodu. To může nastat, když matka přijme množství rtuti, jež převyší množství esenciálního selenu [4]. Na obrázku (Obr. 2) je zobrazeno schéma vzniku selenoproteinů a rušivého působení rtuti.



Obr. 2: Vznik selenoproteinů a rušivé působení rtuti [4].

Defekt selenoenzymového metabolismu má za následek poškození vývoje neuronové tkáně, což se projeví zejména v ranném stádiu vývoje mozku plodu [4].

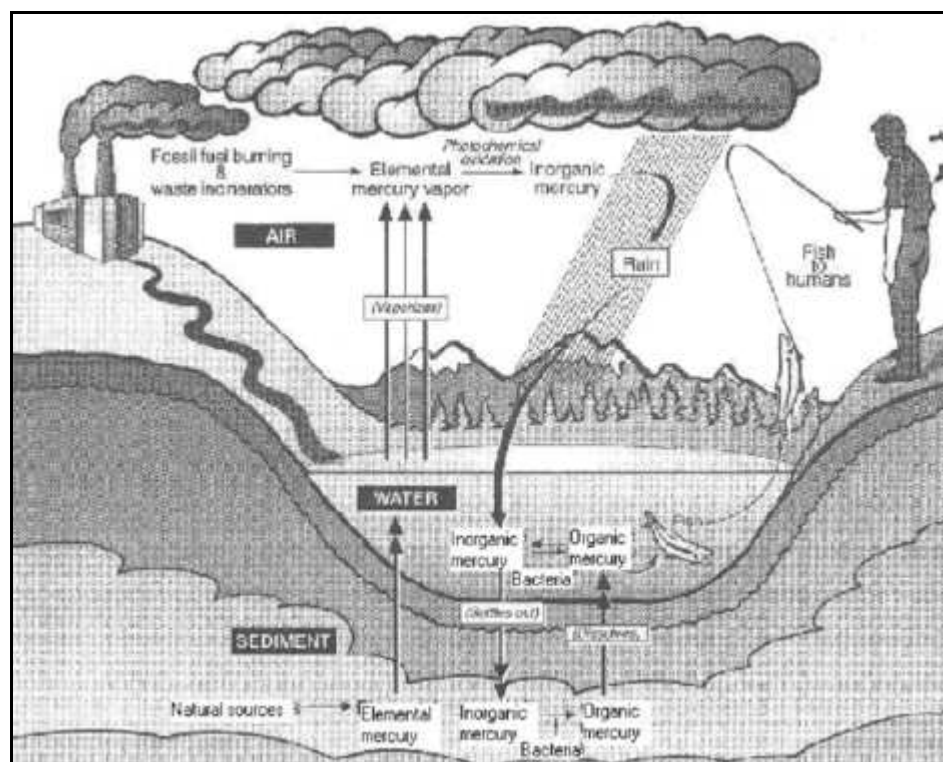
Na obrázku (Obr. 3) je zobrazen cyklus, který je narušen přítomností rtuti, což vede k tvorbě jiných sloučenin než selenoproteinů.



Obr. 3: *Tvorba jiných sloučenin než selenoproteinů [4].*

3 SPECIFIKA EMISÍ RTUTI V OBLASTI ZNEČIŠŤOVÁNÍ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Největší objem rtuti se uvolňuje do ovzduší, ale v současnosti je větší dynamika zaznamenána v růstu koncentrací ve vodě a v půdě. Mezi jednotlivými složkami životního prostředí rtuť cirkuluje a stává se perzistentním polutantem [2]. Na obrázku (Obr. 4) je zobrazeno, jakým způsobem se rtuť dostává do životního prostředí.



Obr. 4: Oběh rtuti v ŽP [10].

3.1 Znečištění ovzduší rtuť

Přestup rtuti ze zemského povrchu do ovzduší je několikrát větší než přestup mezi kontinenty a oceány. Do ovzduší přestupuje rtuť především ve formě par, zatímco z kontinentů do oceánů přechází rtuť především ve formě solí dvojmocné rtuti. Celkové množství rtuti vstupující do ovzduší se odhaduje na 150 000 tun ročně [2, 4].

Všechny formy rtuti v ovzduší mohou být transportovány na velké vzdálenosti (uvádí se 100 až 1 000 km od zdroje znečištění). To znamená,

že některá znečištění lokálního charakteru z krátkodobého hlediska přispívají ke globální kaluži z dlouhodobého hlediska. To vede k znečištění oblastí s malými či žádnými zdroji rtuti, jako je Arktida [2, 11].

3.1.1 Zdroje rtuti v ovzduší

Atmosféra obsahuje vedle hlavních plynných složek, které ji tvoří z 99,96 % i nepatrná množství látek ve stopových koncentracích kolem $1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, která se vyskytují v plynném, kapalném i pevném skupenství. Látky, které vstupují do ovzduší, jsou jednak přírodního původu (např. z biogeochemických cyklů), jednak antropogenního původu [12].

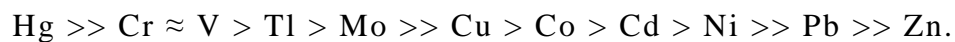
Zatímco u ostatních kovů, jako např. Cd, Pb, jsou antropogenní emise mnohonásobně vyšší než přírodní emise, v případě rtuti je její přírodní emise souměřitelná s antropogenní (někteří autoři dokonce pokládají přírodní emise rtuti vyšší než antropogenní) [4].

Hlavním zdrojem přírodních emisí rtuti je mořský aerosol a vulkanická činnost. Poměrně velké množství rtuti obsažené v mořských a jezerních sedimentech se uvolňuje do ovzduší za vzniku methylrtuti a ta je schopna dálkového přenosu [4]. V tabulce (Tab. II) jsou uvedeny toky přírodních emisí rtuti do ovzduší.

Tab. II: Toky přírodních emisí rtuti do ovzduší [4].

Tok	Rozpětí [t/rok]	Průměr [t/rok]
Prašnost transponovaná větrem	0 - 100	50
Mořský aerosol	0 - 40	20
Sopečná činnost	30 - 2 000	1 000
Lesní požáry	0 - 50	20
Biologické procesy na kontinentech - aerosol	0 - 40	20
Biologické procesy na kontinentech - plynná fáze	20 - 1 200	610
Biologické procesy v mořích	40 - 1 500	770
Celkem	100 - 4 900	2 500

K údajům o emisích rtuti je třeba dodat, že rtuť je již od počátku padesátých let minulého století zařazována mezi nejnebezpečnější polutanty. Její míra toxických účinků na organismy je předřazována ostatním kovům, např. v pořadí [4]:



Sledování antropogenních emisí rtuti se zpravidla neodděluje od sledování emisí ostatních kovů, protože zdroje, až na určité výjimky, jsou totožné. Za nejmocnější antropogenní zdroje emisí rtuti jsou pokládány samotná výroba a zpracování rtuti, spalování fosilních paliv a odpadů i průmyslové a zemědělské postupy. Toto množství se odhaduje na 10 000 tun za rok [4, 13].

3.1.2 Stav znečištění ovzduší

Všeobecně lze konstatovat, že na rozdíl od ostatních částí světa, emise rtuti v ovzduší v Evropě klesají, a to díky legislativnímu tlaku na omezování zdrojů znečišťování. Podle údajů EHK/OSN z roku 2003 se v dekádě 1990 až 2000 snížila koncentrace rtuti v ovzduší o 60 %. Důsledný monitoring a kontrola dodržování předepsaných limitů koncentrací v posledních letech byla zaměřena především na velká zařízení s výrazným příspěvkem k celkové úrovni znečištění ovzduší (tepelné elektrárny, spalovny, hutě, cementárny). Mezi státy, jež se v nejvyšší míře podílely na emisích rtuti a jejich sloučenin z velkých zdrojů, jsou uváděny v Evropě: Polsko, Španělsko, Německo, Itálie a Rumunsko [2].

Vedle nejvíce sledovaných velkých zařízení, v nichž jsou zdrojem emisí rtuti převážně fosilní paliva, však existují ve všech evropských zemích doposud méně sledované objekty, mezi něž patří např. krematoria. Příspěvek emisí rtuti z krematorií je rok od roku výraznější. Je to způsobeno postupně se zvyšujícím relativním podílem kremací proti klasickým pohřbům do země a dále vyšším průměrným věkem dožití obyvatel Evropy (více zubního amalgámu, srdečních stimulatorů). Odhadované současné množství rtuti v zubních výplních obyvatel Evropy,

které představuje pro příští léta potenciální zdroj znečištění ovzduší z krematorií, je asi 2 000 tun [2].

3.2 Pohyb rtuti ve vodních ekosystémech

Všechny formy rtuti obsažené v ovzduší jsou následně deponovány v půdě a ve vodě. Působením mikroorganismů obsažených v půdě nebo bahně pod vodní hladinou se velmi snadno transformuje elementární, i v solích vázaná rtuť na organokovové sloučeniny s monomethyl-, dimethyl-, ethyl-, fenyl- nebo s obdobným radikálem. Chemicky vázaná rtuť má schopnost bioakumulace. Z vodných roztoků se dostává do potravního řetězce především prostřednictvím ryb a vodních živočichů nebo ptáků či savců tyto živočichy konzumující [2].

3.2.1 Zdroje rtuti ve vodních ekosystémech

Největším původcem znečištění rtutí pro evropské řeky byla zařízení na elektrolýzu chloridů alkalických kovů s amalgámovými elektrodami. To se týká většiny velkých chemických továren (včetně českých), vyrábějících chlor a alkalické hydroxidy. Na druhém místě v žebříčku znečišťovatelů odpadních vod jsou zubařské amalgámy [2].

3.2.2 Rezidua rtuti v organismech vodního prostředí

V ekosystémech povrchových vod je největší pozornost věnována rtuti v rybách, jako konečném článku potravního řetězce, a to z hlediska indikace znečištění povrchových vod a především z hlediska ovlivnění hygienické kvality masa ryb [12].

Obecně platným poznatkem je zvyšující se hladina rtuti v těle ryb s rostoucím věkem. Ve svalovině je rtuť přítomna převážně ve formě monomethylsloučeniny. Není zcela vyjasněna otázka, zda ryba alkylртуť přijímá z vody nebo z potravy, protože obě cesty jsou možné. Například u pstruha duhového se prokázalo, že ryba může přijímat anorganicky i organicky vázanou rtuť žábami. Methylртуť v rybím mase ale pravděpodobně pochází z potravy. V rybím organismu je rtuť krví zanášena

do hepatopankreatu a sleziny, kde se zdržuje, anorganicky vázaná rtuť se dostává až do ledvin, kde je vylučována z těla. Methylrtuť se ale z podstatné části nevylučuje, ale kumuluje se ve svalovině. Část methylrtuti mohou ovšem játra detoxikovat transformací na anorganickou rtuť [4].

V tabulce (Tab. III) jsou uvedeny výsledky výzkumu obsahu rtuti v povrchových vodách českých řek a rybníků v osmdesátých letech minulého století.

Tab. III: *Hodnoty koncentrací rtuti v povrchových vodách českých řek a rybníků [4].*

Lokalita	$\mu\text{g.l}^{-1}$ Hg
Vltava - Český Krumlov	0,09
Vltava - Rájov	0,20
Vltava - Podolí	0,18
Vltava - Dol	0,10 - 0,49
Vltava - Vraňany	0,09
Jihlava	0,01
povodí Berounky - Plzeň	0,03 - 0,16
povodí Berounky - Podhora	0,02 - 0,09
povodí Berounky - Skalka	0,20 - 0,50
povodí Berounky - Reslava	0,44 - 1,32
povodí Berounky - Malachovský potok	0,30
povodí Berounky - Želivka	0,03 - 0,10
rybníky Třeboňsko	0,03 - 0,12
rybníky Pardubicko	0,02 - 0,11
rybníky jihozápadní Čechy	0,04 - 1,00

Ryby jsou též významným indikátorem znečištění vod rtutí. Stanovení rtuti v rybí svalovině začalo být aktuální zejména v šedesátých a sedmdesátých letech, mimo jiné i proto, že se prokázal dálkový přenos emisí rtuti ze střední Evropy do Skandinávie, kde musela být následně zakázána konzumace ryb v řadě jezer [4].

Mechanismus toxického působení rtuti (a podobně kadmia a olova) na ryby a ostatní vodní živočichy spočívá převážně ve vazbě rtuti na aminokyseliny a SH-skupiny bílkovin. Rtuť tak působí jako enzymový jed. Pro posuzování toxicity vodního prostředí je ale třeba znát i obsahy dalších kovů a též aniontů, které mohou s kovy tvořit komplexy; velmi záleží i na hodnotě pH [4].

3.3 Opomíjené případy znečišťování životního prostředí sloučeninami rtuti

Pro zajímavost je dobré připomenout, že se sloučeniny rtuti dostávají do životního prostředí i po výbuších průmyslových a vojenských trhavin, v jejichž rozbuškách se nachází fulminát rtuťnatý, triviálním názvem třaskavá rtuť.

Fulminát rtuťnatý tvoří šedý nebo bílý jemně krystalický prášek. Jako třaskavina se používá v primární části rozbušek, dříve jako jediná náplň rozbušek samotná nebo ve směsi s chlorečnanem draselným (KClO_3) a antimonitem (Sb_2S_3). V současnosti v čisté podobě jako primární slož měděných rozbušek nebo ve směsi s azidem olovnatým a azidem stříbrným (astrylová směs) [14].

Třaskavá rtuť vyniká vysokou citlivostí k plameni, za tímto účelem se přidává do složí pro zvýšení zápalnosti. Citlivost k nárazu třaskavé rtuti je ve srovnání s jinými používanými třaskavinami malinko vyšší. Naopak žádanou vlastností je vysoká citlivost k tření a snadná zápalnost. Co je však důležité, je její vysoká chemická stabilita, mnohonásobně převyšující stabilitu organických peroxidů, acetylidů, většiny perchlorátů a diazosloučenin [14].

První rozbušky vyráběné zhruba před 100 lety obsahovaly jen jednu náplň - třaskavou rtuť. V tabulce (Tab. IV) je uvedeno rozdělení podle obsahu a tím pádem i síly účinku:

Tab. IV: Rozdělení podle obsahu třaskavé rtuti a síly účinku rozbušky z doby před 100 lety [15].

Číslo rozbušky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Třaskavá rtuť [g]	0,30	0,40	0,54	0,65	0,80	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00

Těchto se v současnosti už nepoužívá. Pro dosažení většího iniciačního efektu je výhodnější a také bezpečnější sestavit náplň ze 2 částí, jak je tomu nyní [15].

4 ZNEČIŠTĚNÍ BIOSFÉRY RTUTÍ A JEJÍ NEBEZPEČÍ U NÁS A VE SVĚTĚ

4.1 Situace v České republice

V České republice se v posledním desetiletí omezil dovoz i výroba chemických prostředků a dalších výrobků s obsahem rtuti. Pesticidy na bázi rtuti se přestaly používat v letech 1992 - 1993, totéž platí o chloridu fenylrtuťnatém (Agronal), jímž se mořilo osivo. Byla ukončena výroba výbojek s obsahem rtuti v podniku Tesla. V roce 2002 se zastavila výroba kypových barviv v Synthesii Pardubice, kde se spotřebovala přibližně 1 t Hg/rok (katalyzátor) [2].

V množství nad 3 kg/rok (podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb.) se rtutí v roce 2002 nakládalo 14 průmyslových podniků s celkovým objemem rtuti 360 tun (přepočteno na kov). Z toho množství však 350 tun připadlo na dva podniky s amalgámovou elektrolýzou a zbývajících 10 tun na ostatních 12 podniků [2].

V tabulce (Tab. V) jsou uvedeny společnosti, které vypustily nebo předaly jinam nejvíce rtuti a jejích sloučenin v ČR za rok 2004. Seznam těchto největších znečišťovatelů životního prostředí zveřejnilo sdružení Arnika.

Tab. V: *Společnosti, které vypustily nejvíce rtuti do ŽP za rok 2004 v ČR [16].*

Poř.	Organizace/firma	Provozovna (lokality)	Množství [kg]
1	Spolek pro chemickou a hutní výrobu, a. s.	Spolek pro chemickou a hutní výrobu, a. s., Ústí nad Labem	2 200,2
2	Českomoravské doly, a. s., člen koncernu KARBON INVEST, a. s.	Důl ČSM	1 446,0
3	SPOVO, s. r. o.	Spalovna průmyslových odpadů, Ostrava	910,0
4	Mittal Steel Ostrava, a. s.	Mittal Steel Ostrava, a. s.	669,6
5	DEZA, a. s.	DEZA, a. s. závod Valašské Meziříčí	639,4
6	ALIACHEM, a. s.	o. z. SYNTHESIA, Pardubice	479,8
7	CHEMOPETROL, a. s.	CHEMOPETROL, a. s., Litvínov	279,8
8	ČEZ, a. s.	Elektrárny Pruněřov	271,0
9	Teplárna Ústí nad Labem, a. s.	Teplárna Ústí nad Labem, a. s.	205,0
10	VYSOKÉ PECE Ostrava, a. s.	VYSOKÉ PECE Ostrava, a. s.	193,0

4.1.1 Amalgámová elektrolýza

Rtuť se ve větším množství v České republice používá pouze při elektrolytické výrobě chloru. Jde o dva výrobní podniky (Spolek pro chemickou a hutní výrobu, a. s. v Ústí nad Labem a Spolana, a. s. Neratovice), v nichž se vyskytuje po jedné jednotce amalgámové elektrolýzy chloridů alkalických kovů. Technologickou součástí obou jednotek jsou demerkurizační stanice. Spolana, a. s. má zabudované dvoustupňové čištění odpadních vod, které vyhovuje předepsaným technickým normám [2].

Oba podniky provozující výrobu chloru, Spolana, a. s. a Spolek pro chemickou a hutní výrobu, a. s., podepsaly dobrovolný závazek evropské asociace EURO CHLOR i smlouvu mezi EURO CHLOR a Minas de Almaden SA, které představují rámec pro budoucí strategii pro snížení negativního dopadu rtuti na životní prostředí:

- nezvyšovat kapacitu produkce v amalgámových elektrolyzérách,
- realizovat program pro snižování emisí rtuti a emise monitorovat,
- postupně ukončovat činnost stávajících elektrolyzérů,
- po odstavení neposkytovat elektrolyzéry třetím stranám ke znovupoužití,
- bezpečně zajistit rtuť z odstavených elektrolyzérů [2].

4.1.2 Odpady

Rtuť se vyskytuje v řadě různých druhů odpadů (zářivky, výbojky, rtuťové měřicí přístroje, elektrotechnická zařízení, baterie atd.). V případě rtuti tedy není vhodné hovořit o likvidaci, ale o nezbytné recyklaci. Je již používáno zařízení nazvané rotační demerkurizační pec, opatřené zařízením pro kondenzaci Hg a pochopitelně čištěním odplynů. Ovšem i v tomto případě se projevuje nežádoucí konkurence skládek. Odpady obsahující rtuť je možno na některé skládky ukládat a tato možnost likvidace odpadu je lacinější než chemicky zajištěná recyklace. Z technického i environmentálního hlediska by tato možnost měla být vyloučena, neboť i když se rtuť ze zajištěné skládky nedostane do spodních vod, bude díky své těkavosti unikat do ovzduší. Samozřejmě nejhorší situace nastává, zamíchá-li se takovýto odpad (často se jedná o zářivky) do netříděného komunálního odpadu [17].

V České republice se kovová rtuť (např. odloučená z prvního demerkurizačního stupně elektrolýzy) částečně recykluje a znovu uvádí na trh, zbytek se ukládá na zabezpečené skládky [2].

V tabulce (Tab. VI) jsou uvedena množství vyprodukovaného odpadu s obsahem rtuti v ČR za období 1999 až 2002 ze zdroje VÚV T.G.M.

Tab. VI: *Množství vyprodukovaného odpadu s obsahem rtuti [2].*

Rok	Celkový objem odpadů s Hg [t]
1999	2 116
2000	2 391
2001	1 000
2002	1 077

4.1.2.1 Problematika vybitých tužkových baterií s obsahem rtuti

K výrobě tužkových baterií je totiž zapotřebí několika druhů kovů a některé se také vyrábějí s použitím toxické rtuti či kadmia. Vyhazovat vybité baterie do komunálního odpadu tedy příliš moudré není. Nabízí se ale několik alternativ. První z nich jsou jednorázové svozy nebezpečného odpadu, které zajišťují úřady státní správy či existence stálých sběrů. Další možností je jejich recyklování [18].

Problematikou recyklace tužkových baterií se odborníci zabývají již několik desetiletí. Většina zahraničních firem baterie nejdříve rozemele ve speciálních mlýnech a směs poté roztrídí pomocí separačních zařízení. Chemickou a elektrochemickou cestou se získají zpět kovové a nekovové suroviny bez ohledu na typ baterií. V naší republice se recyklací baterií a akumulátorů zabývá jediná firma, a to Ekogalva, s. r. o. ve Žďáru nad Sázavou, která si nechala patentovat svůj zcela originální postup. Vedla ji k němu situace na našem trhu, na němž figurují i tužkové baterie zcela nezjistitelného původu. Přestože směrnice Rady evropských společenství z roku 1991 v Bruselu doporučuje limity obsahu škodlivých látek a některé státy dokonce dovoz nebo výrobu tužkových baterií s nadlimitním obsahem škodlivin zakazují, v ČR dovozce ani výrobce kvalitu baterií prokazovat nemusí. Na našem trhu jsou k dostání desítky typů tužkových baterií,

z nichž některé jsou velmi nízké kvality. Postup při recyklaci je proto následující - baterie se demontují opačným způsobem, než jakým se postupovalo při jejich výrobě. Nejprve se důsledně roztřídí podle typu, rozměru, elektrochemického systému a obsahu škodlivin. Demontáž je náročná na podíl ruční práce, ale snižuje energetickou náročnost provozu a zvyšuje kvalitu výstupních surovin [18].

4.1.3 Amalgámové výplně

Otázku zubního amalgámu, slitiny rtuti, stříbra, mědi a dalších kovů jako příčiny různých onemocnění řešili již mnozí odborníci a další se k ní budou stále vracet, dokud nebude nalezen materiál, který ve stomatologii bude schopen amalgám nahradit. Otázka škodlivosti amalgámu je složitá a najít na ni jednoznačnou odpověď nelze. Důležité je, že za celou více než 150letou historii používání amalgámu jako výplňového materiálu ve stomatologii žádná studie jeho vlivu na organismus nepotvrdila tak závažnou škodlivost, aby to ohrozilo jeho použití. Naopak se většina z nich shoduje v tom, že amalgám je zatím i se svými nevýhodami nejlepším výplňovým materiálem v postranním úseku chrupu. Je pravda, že například ve Skandinávii se v posledních letech amalgám téměř přestal ve stomatologii používat, ale i mnoho tamních stomatologů to považuje za škodu [19].

S používáním amalgámu bývá spojována i řada různých onemocnění, mimo jiné i roztroušená skleróza. Na straně amalgámu stojí však fakt, že roztroušená skleróza byla v literatuře popsána již několik století před tím, než se ve stomatologii začal amalgám používat [19].

Za příčinu roztroušené sklerózy je všeobecně považována autoagrese vůči myelinovému obalu nervových vláken a tak, pokud bychom amalgám považovali za prvotní vyvolávací příčinu této agrese, musel by být vlastně prvotním alergenem. Molekula myelinu je však tak odlišná od atomu rtuti a dalších kovů s ní smísených v amalgámu, že zkřížená alergická reakce je velmi nepravděpodobná. Rtuť navíc nepatří ani mezi stopové prvky, a

nevyskytuje se proto ani v žádné molekule podobné myelinu, která by tuto zkříženou reakci umožňovala [19].

V literatuře již bylo popsáno několik případů alergií na amalgám, ale byly velmi ojedinělé. Největší studii škodlivosti amalgámu provedl v letech 1989 až 1994 Shiele, který zřídil v Erlangenu mezinárodní středisko pro výzkum vedlejších účinků amalgámu. V něm soustředil více než 100 pacientů s tzv. „nemocí z amalgámu“ a kožními testy prokázal alergii na amalgám u 5 % z nich. Zdravotní stav většiny vyšetřených pacientů se však nelišil od zdravých kontrol. U více než 40 % vyšetřovaných zjistil psychickou nadstavbu [19].

Pokud bychom amalgám považovali za příčinu roztroušené sklerózy, logicky by tomuto onemocnění byly nejvíce vystaveni stomatologové, zdravotní sestry a lidé přicházející do styku s jeho složkami v průmyslu. Zvýšený výskyt roztroušené sklerózy v těchto skupinách však nebyl nikdy prokázán [19].

Vedle alergie bývá také diskutována otázka toxicity rtuti z amalgámu. Amalgám opravdu obsahuje rtuť. Je v něm však obsažena v méně toxické formě, jako anorganická. Pro organismus jsou daleko toxičtější páry rtuti nebo methylртуť. Množství, ve kterém se může rtuť při zubním ošetření do organismu dostat, je pro člověka též zanedbatelně nízké a prakticky neškodné. Jakmile amalgám ztuhne, je jeho rtuť poměrně pevně vázána s ostatními složkami a její uvolňování již nehrozí. K dalšímu uvolnění může dojít až při odvrtávání, pokud výplň dostatečně nechladíme vodou. Rtuť se přitom uvolňuje jako její jedovaté páry [19].

Z několika studií vyplývá, že průměrná zátěž ze zubního amalgámu je významně převyšena zátěží rtuti z potravy (až 10krát). Je to hlavně v přímořských oblastech, kde jsou hlavní potravinou ryby, jelikož rtuť v organické formě dostává do potravního řetězce nejčastěji v potravě ryb, a je proto v relativně vysokých dávkách obsažena například v mase velkých mořských ryb [19].

K otázce toxicity amalgámu je třeba dodat, že jeho používání ve stomatologii přispívá k celkové zátěži prostředí rtutí jen asi 3 - 15 % [19].

Zátěž organismu z amalgámových výplní závisí také na zacházení s amalgámem v ordinaci při zhotovování výplně. Dnes je již možno získat amalgám uzavřený v kapslích v přesném poměru rtuti ke kovovému prášku. Nedochozí proto k úniku rtuťových par při míchání jako dříve a rtuť není ve výplni v nevázaném přebytku a minimálně se tak uvolňuje při tuhnutí. Pojišťovny bohužel takto v kapslích balený amalgám momentálně nehradí a tak tento amalgám nepoužívají zdaleka vůči ordinace. Správně zhotovená výplň by pak měla dát dobrou záruku toho, že ji nebude třeba odstraňovat proto, že selže mechanicky nebo proto, že se v její blízkosti vytvoří znovu zubní kaz [19].

V České republice došlo v roce 2001 ke zlepšení situace týkající se problému zubních amalgámů. Ministrem životního prostředí a prezidentem České stomatologické komory byla podepsána Dobrovolná dohoda mezi MŽP a ČSK o omezování zatížení životního prostředí rtutí ze stomatologických zdravotnických zařízení, která zpracovávají zubní amalgám. V ČR se jednalo o cca 6 000 těchto zařízení s více než 8 000 pracovišti, přičemž každé pracoviště zpracuje ročně několik kg amalgámu. ČSK vyjádřila připravenost realizovat v postupných krocích do roku 2005 vybavení všech stomatologických pracovišť odlučovači amalgámu s ověřenou minimální účinností 95 % a s náklady v celkové výši 400 mil. Kč (cca 13 mil. EUR). Dohoda obsahuje konkrétní harmonogram postupu. [2]

Do konce roku 2003 bylo v souladu s Dobrovolnou dohodou vybaveno rtuťovými odlučovači 49 % stomatologických laboratoří z celkového počtu 6 506 v ČR [2].

Z věcně technického hlediska se jedná o zachycování částic amalgámu, které jsou suspendovány v odpadních vodách ze stomatologických zdravotnických zařízení a spolu s nimi vypouštěny do kanalizace. Rtuť v této formě je za obvyklých podmínek jen velmi omezeně rozpustná ve vodní fázi, ale suspendované částice jsou unášeny kanalizační sítí, kde

způsobují kontaminaci usazováním na stěnách a v konečné fázi kontaminují čistírenský kal, čímž je znemožněno jeho žádoucí využívání v zemědělství a naopak kaly je nutno nákladně likvidovat jako nebezpečný odpad se všemi potenciálními riziky [20].

4.1.4 Kontaminace krmiv živočišného původu rtutí

Kontaminanty představují jedny z nejzávažnějších antinutričních látek v krmivech. Je to dáno především tím, že v živých organismech, které jsou zdrojem animálních krmiv dochází k jejich kumulaci a s tím související i koncentraci. Veškeré kontaminanty lze rozdělit do tří hlavních skupin:

- fyzikálně-mechanické kontaminanty,
- chemické kontaminanty,
- biologické kontaminanty [21].

Těžké kovy, jako rtuť, olovo a kadmium, se řadí mezi chemické, přesněji anorganické kontaminanty [21].

Základní zdroje kontaminace prostředí sloučeninami rtuti jsou emise z energetických a průmyslových závodů, průmyslové odpady, odpadní vody, výroba a manipulace s rtuťnatými prostředky na moření osiva. U hospodářských zvířat chovaných v našich podmínkách je nejvýznamnější příjem rtuti krmivem. Až na výjimky je kontaminace živočišných produktů rtutí způsobena nezákonným a nezodpovědným zkrmováním mořeného osiva obilnin [21].

Používání přípravků na bázi rtuti pro moření obilí je spojeno se znečišťováním spodních i povrchových vod, do kterých je tento prvek splachován ze zasetých obilí. Dokazují to vysoké obsahy rtuti v masě a v orgánech mnoha druhů ryb. Rybí moučky vyrobené z kontaminovaných ryb jsou dalším zdrojem rtuti pro hospodářská zvířata. Obsah rtuti v rybích moučkách je uváděn 0,17 - 0,22 mg.kg⁻¹ a zkrmování těchto mouček se projevilo vzestupem rtuti v játrech a ledvinách. Nejvýrazněji vzrostl obsah v peři pokusných zvířat (až na 0,85 mg.kg⁻¹). V této souvislosti lze upozornit na nebezpečí zkrmování péřové moučky vyráběné

z kontaminovaného materiálu. Četnost překročení platných limitů klesá v pořadí: Hg > Cr > Cd > Pb [21].

Vedle zjištění rozsahu, v jakém jsou odpady živočišného původu k dispozici, jaké jsou jejich vlastnosti, skladovatelnost, požadavky na úpravu před zařazením do krmných směsí nebo dávek, jaká je jejich nutriční hodnota, stravitelnost, produkční účinnost a ekonomika využívání, je základním předpokladem uplatnění těchto zdrojů ve výživě zvířat i znalost obsahu specificky účinných či zdraví škodlivých látek a jejich působení na zdravotní stav zvířat při různém zastoupení v krmné dávce [21].

Použitelnost zemědělských, průmyslových a jiných odpadů ke krmení hospodářských zvířat závisí na nutriční hodnotě a zdravotní nezávadnosti suroviny před opracováním [21].

4.2 Červená rtuť - mýtus nebo skutečnost?

V posledních letech probleskly sdělovacími prostředky v souvislosti s pašeráky štěpného materiálu ze zemí bývalého Sovětského svazu zprávy o tzv. „červené rtuť“. Tuto tajemnou rudou substancí znali a zřejmě i používali dávní alchymisté. První zmínku o ní nalezneme už ve spisech proslulého Pythagora [22].

Na téma této záhadné substance se v devadesátých letech minulého století vyjádřilo několik významných vědců. Frank Barnaby, bývalý ředitel Stockholmského mírového institutu, tvrdí, že existence této substance je „pravděpodobná“. Podle něj a jeho podřízených pracovníků je „červená rtuť“ polymer na bázi žele obsahující antimón a rtuť. Své neobvyklé vlastnosti získává po dvacetidenním ozařování v jaderném reaktoru. Poprvé měla být tato substance vyrobena v Centru jaderných výzkumů v ruském Dubně [23].

Barnaby dále tvrdí, že tato substance je vyráběna v relativně malých množstvích v chemických závodech v Jekatěrinburgu a v donedávna pouze číslly označovaných ruských městech (v Krasnojarsku na Sibiři a v Penze,

asi pět set kilometrů jihovýchodně od Moskvy). Rusové uvádějí, že se ročně vyrobí zhruba kolem 60 kg této substance [23].

Na druhé straně je existence této substance popírána jak vládními místy v USA, Velké Británii a Německu, tak i celou řadou nezávislých vědců. K těm patří i Ted Taylor, který byl v padesátých letech minulého století projektantem atomových bomb v americké laboratoři vyvíjející atomové zbraně v Los Alamos. Taylor se domnívá, že jediným možným způsobem, jak lze pomocí hypotetického polymeru získat obrovské množství chemické energie, je dislokace (změna orbitalů) elektronů antimonu a rtuti. Zároveň však tvrdí, že je zcela nemožné udržet takovou substanci ve stabilním stavu natolik dlouho, aby ji bylo možné prakticky použít. Vyražené elektrony by se okamžitě vracely zpátky na své původní místo. Navzdory této skepsi Taylor soudí, že výzkumy v této oblasti, které by vedly k přípravě substance, jež by silou svého výbuchu stonásobně nebo i tisícinásobně převyšovala TNT, mají mnohem větší význam než další štěpení jádra. Mohou radikálně změnit kosmické cesty a přispět k rozvoji nových kategorií jaderných zbraní [23].

Dodnes je „červená rtuť“ jedním z nejstřeženějších tajemství světa. Ví se pouze, že je to neuvěřitelně silný katalyzátor, který působí nejen na chemické, ale i na subatomární úrovni. Třeba při výrobě atomové zbraně je nutné určité nejmenší, tzv. kritické množství štěpného materiálu. Rudá substance ovšem umí tuto podmínku obejít. Tak je možné sestrojít nukleární bombu opravdu nepatrných, přímo kapesních rozměrů [22].

Zdá se, že alchymisté objevili cosi, s čím si ani současní vědci nevědí rady. Využití tohoto tajemného prášku se proto odkládá do budoucnosti. I když pro lidstvo je to možná lepší [22].

5 CELOSVĚTOVÁ PERSPEKTIVA OMEZENÍ RIZIKA RTUTI

Produkce rtuti se u jednotlivých zemí světa značně liší. Závisí to především na jejich vyspělosti, ale i na způsobu řízení hospodářské politiky. Dnes do produkce rtuti výrazně zasahuje i samotný dopad rtuti na životní prostředí. V současnosti připadá z produkce rtuti na Asii 46 %, Evropu 28,8 %, na Ameriku 18,4 %, na Afriku 5,2 % a na Oceánii 1,6 %. V porovnání s rokem 1953, kdy na Evropu připadlo 76,6 %, na Ameriku 16,6 % a na Asii 6,8 %, je vidět, že produkce rtuti v Evropě výrazně klesla [3].

Pro zajímavost je dobré uvést, že Báňský úřad ve Washingtonu v roce 1993 odhadl, že světové zásoby rtuti vystačí na 43 let (tedy do roku 2036) [24].

Z pohledu světové bilance rtuti jsou země EU jednoznačným exportérem velmi levné kovové rtuti. Např. v roce 2000 to bylo cca 1 tis. tun rtuti ve prospěch exportu z Evropy. Vyváží se především do zemí třetího světa, v nichž se využívá při těžbě zlata a stříbra v menších dolech. Hlavními příjemci evropské rtuti jsou země východní a jižní Asie a severní Afriky (Čína, Alžír atd.). Evropští vývozci takto bezprostředně přispívají ke globálnímu zamořování životního prostředí v rozvojových zemích [2].

Česká republika přispívá k omezování rizika vyplývajícího s nakládáním se rtutí řadou postupných kroků v souladu se závazky členských zemí EU. Kromě toho, že harmonizovala legislativu, má zavedený monitoring pro kontrolu dodržování limitů přípustných koncentrací v jednotlivých složkách životního prostředí, v potravinách atd. [2]

ČR v posledních letech rtuť (v množství nad 10 tun ročně) nedováží, ale využívá specializovanými firmami přepravované vlastní recyklované zdroje [2].

V tabulce (Tab. VII) je uvedena spotřeba rtuti ve světě a v tehdejších 15 zemích EU.

Tab. VII: *Spotřeba rtuti ve světě a v EU [25].*

Sektor	Svět [t]	EU15 [t]
Těžba zlata	800	5
Chlorový průmysl	750	105
Baterie	700	10
Zubní amalgámy	270	70
Katalyzátor pro výrobu VCM	250	-
Měřicí a regulační technika	160	22
Spínače a elektrická zařízení	160	22
Osvětlovací technika	110	21
Ostatní	50	25
Celkem	3 250	280

5.1 Cíle vedoucí ke snížení hladiny rtuti v životním prostředí

Hlavním cílem je snížení hladiny rtuti v životním prostředí a vystavení člověka účinkům rtuti, zejména účinkům methylrtuti v rybách. Ale vyloučení problému methylrtuti v rybách pravděpodobně potrvá celá desetiletí, jelikož současné limity vyplývají z minulých emisí, a jejich snížení si vyžádá čas, i kdyby už k dalším únikům rtuti nedocházelo. Společenství týkající se rtuti již přijalo množství opatření pro snížení emisí a pro používání rtuti [11].

Strategie má proto tyto cíle:

- Snížení emisí rtuti.
- Snížení vstupu rtuti do oběhu ve společnosti zastavením nabídky a poptávky.
- Řešení dlouhodobého osudu přebytků a lidskou společností naakumulovaných zásob (ve stále používaných či uskladněných výrobcích).
- Ochrana proti vystavení účinkům rtuti.
- Zlepšení porozumění problému rtuti a jeho řešení.

- Podpora a propagace mezinárodních akcí týkajících se rtuti [11].

5.1.1 Snížení nabídky

Se rtutí se na světovém trhu obchoduje volně. Současná celková nabídka je přibližně 3 600 tun ročně. Hlavním vývozcem je EU, s čistým ročním vývozem okolo 1 000 tun. Cena rtuti výrazně poklesla od doby, kdy dosáhla svého maxima v šedesátých letech dvacátého století, a po většinu minulého desetiletí byla na poměrně stabilní úrovni kolem 5 EUR za kilogram. Ekonomický dopad obchodování se rtutí je proto velmi malý [11].

Hlavním světovým dodavatelem rtuti je španělská státem vlastněná firma MAYASA. Na základě dohody z roku 2001 nakupuje společnost MAYASA přebytky rtuti EU z odvětví výroby chloru a alkalických hydroxidů pro opětovný prodej. Společnost MAYASA také prodává rtuť, která byla získána z rudy vytěžené ve španělském Almadénu [11].

5.1.2 Snižování poptávky

Poptávka po rtuti se pohybuje celosvětově okolo 3 600 tun za rok; v roce 2003 to bylo v tehdejších 15 členských státech EU okolo 300 tun. Využití rtuti se snižuje jak na světové tak na evropské úrovni, avšak některé významné oblasti využití zůstávají. Hlavním celosvětovým využitím je těžba zlata, výroba baterií a průmysl výroby chloru a alkalických hydroxidů, které dohromady představují 75 % spotřeby [11].

5.1.3 Řešení přebytků a zásob rtuti

V rámci kompetencí Evropské komise probíhají diskuse představitelů členských zemí a zainteresovaných průmyslových i environmentálních organizací o dalším postupu, který by vyústil do návrhu společné strategie také v otázce zneškodňování nebo recyklace přebytečných zásob rtuti. Existují dva základní diskutované návrhy: trvalé uskladnění rtuti jako odpadu nebo dočasné uskladnění, zatím než se světové trhy začnou o evropské zásoby ucházet. Zaznívají požadavky na větší kontrolu

soukromých společností, které se rtutí obchodují a na větší popularizaci evropských zásob [2].

Většina předběžně navrhovaných řešení bude finančně náročná a proto členské země EU zaujmají velmi omezující postoj při rozhodování o podpoře jednotlivých námětů v rámci připravované „Mercury Strategy“. Rozdílný postoj mají přímořské země, které obchodují s rybami. Tato komodita je vzhledem ke znečištění rtutí málo konkurenceschopná na světových trzích. Týká se to hlavně severských zemí. Především představitelé Švédska zastávají variantu, že přebytečná rtuť v Evropě by se měla trvale ukládat jako nebezpečný odpad, nemělo by se s ní dále manipulovat, např. recyklovat. Jiné problémy má Slovinsko: nedostatek finančních prostředků na likvidaci starých zátěží rtuti v okolí uzavřených dolů [2].

5.1.4 Sběr a recyklace výrobků s obsahem rtuti

Jedním z nejvíce řešených problémů v oblasti sběru a recyklace jsou v současnosti použité baterie s obsahem nejrůznějších kovů, tedy i včetně rtuti.

Evropská komise požaduje sbírání a recyklaci veškerých baterií na trhu EU. Jejím cílem je zabránit tomu, aby použité baterie končily ve spalovnách nebo na skládkách, a získat zpět různé kovy obsažené v bateriích. Poněvadž na výrobu baterie jsou spotřebovávány tisíce tun různých kovů, jejich sběr a recyklace má přispět i k šetření přírodních zdrojů [26].

Rtuti se týkají především přenosné spotřebitelské baterie, kterých se na trhu EU ročně prodá průměrně 160 000 tun [26].

Existující legislativa EU selhala v adekvátní kontrole rizik způsobovaných bateriemi v odpadu a ve vytvoření homogenního rámce pro sběr a recyklaci baterií. Tím, že se stávající zákony uplatňují pouze na baterie s určitým obsahem kadmia, rtuti nebo olova, pokryjí ročně pouze 7 % ze všech přenosných baterií na trhu EU. Navíc spotřebitelé byli zmateni co sbírat a co nikoliv, proto se sběru raději nezúčastnili vůči. V důsledku

toho v současnosti stále končí baterie v životním prostředí. Například v roce 2002 v průměru 45 % celkového množství přenosných baterií prodaných v evropské patnáctce (přes 72 tisíc tun) šlo na skládky či do spaloven [26].

Pro přenosné baterie by bylo těžké vynucovat zákaz kvůli jejich malé velikosti a širokému spektru uživatelů. Proto mají členské země založit sběrný systém, který umožní zákazníkům vracet baterie bezplatně [26].

5.1.5 Omezení uvádění přístrojů obsahujících rtuť na trh EU

Společenství týkající se rtuti v lednu roku 2005 předložilo Evropské komisi sdělení, ve kterém požaduje zavést omezení uvádění měřicích a kontrolních přístrojů obsahujících rtuť na trh. Jednalo se o přístroje určené pro používání spotřebiteli a - s určitými výjimkami - ve zdravotnictví [27].

Jak už bylo zmíněno dříve, po vniknutí uvolněné rtuti do odpadového řetězce se produkty obsahující rtuť mohou přeměnit na dimethylrtuť, což je nejvíce toxická forma rtuti. Dimethylrtuť se soustřeďuje hlavně v potravinách, zejména ve vodním potravinovém řetězci. Tato skutečnost vede k velké zranitelnosti především u lidí, jejichž strava obsahuje vysoký podíl ryb (především v přímořských oblastech Středomoří) [28].

Z dostupných údajů vyplývá, že 80 - 90 % veškeré rtuti uplatňované v měřicích a kontrolních zařízeních se používá ve zdravotnických teploměrech (na určování tělesné teploty) a dalších teploměrech pro domácí použití. Ačkoli používání rtuti je na ústupu, uplatňovaná množství zůstávají značná; odhaduje se, že v souvislosti s měřicími a kontrolními zařízeními se v EU ročně použije 33 tun rtuti a jen na teploměry se každoročně využije přibližně 25 - 30 tun rtuti [27].

Ze zprávy společnosti RPA z roku 2002 vyplývá, že na spotřebu 33 tun rtuti v nových měřicích a kontrolních přístrojích ročně připadají emise do vzduchu v objemu přibližně 8 tun ročně; do toku odpadů vstoupí ze starých zařízení dalších 27 tun. Je však obtížné vyčíslit odstraňování postupem času, protože většina těchto zařízení má dlouhou životnost. Mnoho typů

spotřebního zboží obsahujícího rtuť skončí na skládkách, což představuje potenciál pomalého, avšak dlouhodobého vyluhování. V obydlích může u některých nástrojů obsahujících rtuť k jejímu úniku dojít též v případě rozbití [27].

Z hlediska řízení rizik je vhodné rozlišovat mezi měřicími zařízeními pro použití spotřebiteli a měřicími zařízeními pro odborné využití ve vědě a průmyslu. Odborné využití je vysoce specializované. Zatímco obsah rtuti v jednotlivém zařízení může být vcelku vysoký, jejich počet je veskrze omezený a tyto přístroje se zpravidla používají v systémech s dobře fungujícími kontrolními postupy bezpečnosti na pracovišti a nakládání s nebezpečnými odpady. Naopak snahy zamezit vstupu použitých měřicích zařízení pro použití spotřebiteli do toku odpadů se ukázaly jako mimořádně obtížné. Ze zpráv některých členských států (např. Nizozemsko, Francie) vyplývá, že rtuť z výrobků je hlavním zdrojem přítomnosti rtuti v povrchové vodě [27].

Jak ukazují výsledky studie vypracované RPA z roku 2002, měřicí zařízení pro spotřebitele (přibližně dvě třetiny) se nyní do EU většinou dovážejí. Mnoho teploměrů a dalších měřicích zařízení se dováží z Číny, Indie a Japonska. V rámci EU je výroba situována především ve Spojeném království a v Německu. Nástroje pro technické nebo vědecké použití se vyrábějí především v Evropě, další hlavní oblastí je Dálný východ [27].

Různé výrobky obsahující rtuť již byly v několika zemích jako např. Dánsko, Francie, Nizozemsko a Švédsko zakázány nebo omezeny [27].

V únoru roku 2006 Evropská komise navrhla zákaz nebo alespoň omezení prodeje rtuti v nových lékařských a pokojových teploměrech, barometrech, tonometrech, manometrech a sfygmomanometrech. Proti možnému omezení sfygmomanometrů používaných ve zdravotnictví se ohradilo hned několik členských států EU. Evropská komise se proto obrátila na odborníky členských států v oboru zdravotnických prostředků a z konzultací s nimi vyplynulo, že nemocnice potřebují vysokou úroveň přesnosti, neboť reagují na situace ohrožení života jako např. hypertenze,

arytmie a preeklampsie. Rtuťové sfygmomanometry se vyznačují odpovídající mírou přesnosti a spolehlivosti, jíž je zapotřebí k zajištění bezpečnosti pacienta. Dosáhnout stejné míry spolehlivosti u alternativních měřidel krevního tlaku není ještě možné [27].

Očekává se, že hospodářský dopad navrhovaného omezení bude malý. Pokud jde o měřicí zařízení používaná v domácnostech, jsou k dispozici alternativní produkty za srovnatelné ceny. Podle dostupných údajů je počet zbývajících výrobců v EU nízký. Negativní dopad na výrobce je nutné posuzovat vůči úspoře výdajů na odstraňování rtuti při nakládání s odpady a na zmírňování emisních dopadů [27].

Očekává se, že sociální dopady navrhovaného omezení by z velké části mohly spočívat ve snižování počtu pracovních míst u výrobců, kteří nebudou moci přejít na výrobu alternativních produktů [27].

Hlavním přínosem plynoucím z omezení uvádění určitých měřicích zařízení na trh by bylo snížení výskytu rtuti v toku komunálního odpadu. Přínosy by se rovněž projevíly v toku odpadu ve zdravotnictví. Výsledkem by celkově bylo účinnější nakládání s odpady a snížení emisí ze skládek a spalování [27].

Klíčovým dlouhodobým přínosem snížení emisí rtuti bude nižší míra výskytu rtuti v životním prostředí. Následně se tím sníží míra příjmu rtuti člověkem, a to včetně methylrtuti z ryb, což bude mít příznivý vliv na lidské zdraví. Opatřením se rovněž sníží dopady rtuti na půdu a na biologickou rozmanitost [27].

Omezené použití měřicích zařízení, která obsahují rtuť, v domácnostech navíc zabrání úniku rtuti v obydlích. Ačkoli přímý vliv na lidské zdraví mají takové úniky jen zřídka, představují zdroj expozice a emisí, jež je třeba minimalizovat [27].

Podle návrhu budou také sjednocena pravidla prodeje měřicích přístrojů obsahujících rtuť na vnitřním trhu, neboť současná pravidla platná v jednotlivých členských státech se vzájemně liší [27].

Evropská koalice ekologických organizací, nemocnic a dalších skupin působících ve zdravotnictví, tzv. HCWH Europe, prosazuje takovou péči o zdraví a léčení lidí, které nemá zároveň negativní vliv na životní prostředí a na lidské zdraví. V ČR se kampaně HCWH účastní hnutí Arnika. Arnika spolupracuje s několika nemocnicemi včetně Nemocnice Na Homolce v Praze a FN Olomouc. Zde už byly rtuťové teploměry nahrazeny digitálními v důsledku zabránění expozice pacientů a lékařského personálu výparům rtuti v případě neopatrného zacházení s teploměry. Rtuť můžeme v nemocnicích dále najít ve vakcínách, laboratorních chemikáliích, fluorescenčních lampách a v již dříve zmíněných sfygmomanometrech a zubních amalgámech. Alternativním řešením v případě sfygmomanometrů jsou aneroidy a digitální tonometry, v případě zubních amalgámů keramické a polymerní materiály [29].

ZÁVĚR

Rtuť a její složky jsou vysoce toxické pro člověka, ekosystémy a volně žijící zvěř. Původně se na znečištění rtutí pohlíželo jako na naléhavý a místní problém, nyní je však chápáno jako problém celosvětový, rozšířený a chronický. Vysoké dávky rtuti mohou být pro člověka smrtelné, ale i relativně nízké dávky mohou velmi vážně poškodit nervový systém a vývoj, a v poslední době byly spojovány i s možnými škodlivými účinky na kardiovaskulární, imunitní a reprodukční systém. Rtuť také zpomaluje mikrobiologické procesy v půdě [11].

Mezery v poznání problému týkajícího se rtuti a jeho možných řešení mohou zaplnit výzkumné, vývojové a pilotní projekty. Oblasti těchto činností zahrnují účinky rtuti na lidské zdraví, pohyb nebo hromadění rtuti v životním prostředí a otázky citlivosti ekosystému a toxicity. Úsilí je nutno také nasměrovat k řešení problémů spojených se rtutí ve výrobcích, v emisích a v odpadech, zejména s vývojem technik pro snížení úniků rtuti ze spalování uhlí a z ostatních velkých zdrojů, stejně jako na nakládání, stabilizaci a trvalou likvidaci přebytků rtuti a odpadů obsahujících rtuť [11].

Důležité je postupovat v řešení problému týkajícího se rtuti celkově, zejména snížit emise a také snížit nabídku a poptávku.

Na základě získaných informací o rtuti a trendech jejího vývoje v budoucnosti s dopadem na životní prostředí bych učinil následující závěry:

- Společnost týkající se rtuti by měla ustanovit zavedení speciálních programů na financování výzkumných a pilotních projektů pro snižování emisí rtuti ze spalování uhlí, zejména pro země s velkou mírou využitelnosti fosilních paliv, jako je Rusko nebo Čína.
- Postupně by se měly vyřazovat výrobky obsahující rtuť a následně nahrazovat jinými, zejména tam, kde rtuť a její sloučeniny ohrožují lidské životy nejvíce, tedy v nemocnicích a domácnostech.

- Dále by se měla postupně vyřazovat zastaralá technologie výroby chloru amalgámovou elektrolýzou solanky, kvůli které se do životního prostředí uvolňuje 12 až 15 tisíc tun rtuti [25].
- Měl by se začít řešit i problém dlouhodobých přebytků rtuti po celém světě. Např. Švédsko plánuje stabilizaci a ukládání rtuti v hlubinných skalních masivech a Německo zvažuje možnost skladování kovové rtuti v bývalých solných dolech [25].
- V neposlední řadě by se měla ve všech zemích světa zpřísnit legislativa týkající se všech stádií koloběhu rtuti životním prostředím, především oblasti produkce a zásob a řízení obchodu se surovou rtutí.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Státní politika životního prostředí České republiky* [online]. [cit. 2006-02-01].
Dostupný z WWW:
<http://www.ibot.cas.cz/biop/texts/SPZP.doc>.
- [2] *Rizika znečišťování životního prostředí rtutí v globálním měřítku a v České republice* [online]. [cit. 2006-02-01]. Dostupný z WWW:
[http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/\\$pid/MZPJSF62MOKX/\\$FILE/oer-rizika-Hg-20040731.pdf](http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/$pid/MZPJSF62MOKX/$FILE/oer-rizika-Hg-20040731.pdf).
- [3] REMY, H. *Anorganická chemie II*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962.
- [4] FARA, M. *Specifika emisí rtuti ze zdrojů znečišťování ovzduší vzhledem k potřebám modelům rozptylu znečištění ovzduší a posuzování potenciálních rizik v životním prostředí* [online]. [cit. 2006-02-01]. Dostupný z WWW:
http://www.chmi.cz/uoco/prj/vav_740_4_03/vav740403dp1.pdf.
- [5] VACÍK, J., BARTHOVÁ J., PACÁK, J., STRAUCH, B., SVOBODOVÁ, M., ZEMÁNEK, F. *Přehled středoškolské chemie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1996.
- [6] LAZAREV, N. V. *Chemické jedy v průmyslu: Anorganické a organické sloučeniny prvků (II. díl)*. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství, 1959.
- [7] HADAČ, E. *Ekologické katastrofy*. Praha: Horizont, 1987.
- [8] KUPEC, J. *Toxikologie*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2004.
- [9] *Ze skript toxikologie VŠCHT* [online]. [cit. 2006-03-12]. Dostupný z WWW:
http://home.tiscali.cz:8080/e.muky//zaba/clanky/m_o/Minamata.html.
- [10] *Rtuť* [online]. [cit. 2005-10-24]. Dostupný z WWW:
<http://www.bezjedu.arnika.org/chemicka-latka.shtml?x=214885>.
- [11] *Strategie Společenství týkající se rtuti* [online]. [cit. 2006-02-01]. Dostupný z WWW:

- [http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/\\$pid/MZPJSF62MOKX/\\$FILE/oer-Strategie_ceskypreklad-20050825.pdf](http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/$pid/MZPJSF62MOKX/$FILE/oer-Strategie_ceskypreklad-20050825.pdf).
- [12] CIBULKA, J. a kolektiv. *Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře*. Praha: Academia, 1991.
- [13] BENCKO, V., CIKRT, M., LENER, J. *Toxické kovy v životním prostředí*. Praha: Grada, 1995.
- [14] *Fulminát rtuťnatý* [online]. [cit. 2006-06-07]. Dostupný z WWW:
http://pxd.czechian.net/pxd.php?id=hg_fulm.
- [15] *Rozbušky I* [online]. [cit. 2006-06-07]. Dostupný z WWW:
http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/vybusnin/PXD/cl/rozb_1.htm.
- [16] *Seznam největších znečišťovatelů životního prostředí* [online]. [cit. 2006-04-18]. Dostupný z WWW:
<http://denik.obce.cz/go/clanek.asp?id=6194459>.
- [17] SÁKRA, T. *Přehled fyzikálně-chemických metod zpracování průmyslových odpadů v České republice* [online]. [cit. 2006-04-16]. Dostupný z WWW:
<http://envi.upce.cz/publikace/sakra.html>.
- [18] *Recyklace* [online]. [cit. 2006-04-16]. Dostupný z WWW:
<http://www.radioservis-as.cz/archiv/3800/38styl11.htm>.
- [19] TICHÝ, R. *Amalgámové výplně a RS* [online]. [cit. 2006-02-01]. Dostupný z WWW:
<http://www.roska-czmss.cz/casopis/html/05-04/amalgam.html>.
- [20] *Směrnice Ministerstva životního prostředí* [online]. [cit. 2006-02-01]. Dostupný z WWW:
[http://www.env.cz/env.nsf/0/a10b7e2f78941aec1256b480046378c/\\$FILE/Sm%C4%9Brnice%20k%20DD%20s%20%C4%8CSK.doc](http://www.env.cz/env.nsf/0/a10b7e2f78941aec1256b480046378c/$FILE/Sm%C4%9Brnice%20k%20DD%20s%20%C4%8CSK.doc).
- [21] HERZIG, I., SUCHÝ, P. *Škodlivé a toxické látky v krmivech živočišného původu* [online]. [cit. 2006-04-17]. Dostupný z WWW:
<http://www.vuzv.cz/vyziva/studie13.doc>.

- [22] HRUBÝ, J. *Červená rtuť alchymistů* [online]. [cit. 2006-04-16]. Dostupný z WWW:
<http://www.smisene.webzdarma.cz/view.php?cisloclanku=2006013101>.
- [23] CHMELÁŘ, D. „*Červená rtuť*“ – mýtus nebo skutečnost? [online]. [cit. 2006-04-16]. Dostupný z WWW:
<http://www.ova.inecnet.cz/sci-fi/nonfiction4.htm>.
- [24] SVRŠEK, J. *Katastrofy* [online]. [cit. 2006-04-18]. Dostupný z WWW:
<http://natura.baf.cz/natura/2000/7/20000706.html>.
- [25] *Evropská strategie eliminace rtuti* [online]. [cit. 2006-04-16]. Dostupný z WWW:
http://ihned.cz/2-16480620-000000_d-ff.
- [26] *Sběr a recyklace všech baterií* [online]. [cit. 2006-04-17]. Dostupný z WWW:
<http://zpravodajstvi.ecn.cz/index.stm?apc=zzzx4--&x=156005>.
- [27] *Směrnice Evropského parlamentu a rady* [online]. [cit. 2006-04-16]. Dostupný z WWW:
http://www.senat.cz/tmp_sqw/6e280017.doc.
- [28] *Zákaz rtuti v lékařských teploměrech* [online]. [cit. 2006-04-18]. Dostupný z WWW:
<http://www.businessinfo.cz/cz/clanky/unor-2006/navrh-zakaz-rtuti-lekarsky-teplomer/1001541/39518/>.
- [29] RŮŽIČKOVÁ, K. *Strategie zdravotnických zařízení* [online]. [cit. 2006-05-10]. Dostupný z WWW:
http://www.spz.sk/sk/aktuality/seminare11.2005_prez/ruzickova_strategie.pdf.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PAH	Polyaromatické uhlovodíky.
PM ₁₀	Prachové pevné částice menší než deset mikrometrů.
CNS	Centrální nervová soustava.
ŽP	Životní prostředí.
EHK	Evropská hospodářská komise.
OSN	Organizace spojených národů.
ČR	Česká republika.
VÚV T.G.M.	Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka.
MŽP	Ministerstvo životního prostředí.
ČSK	Česká stomatologická komora.
TNT	Trinitrotoluen.
EU	Evropská unie.
VCM	Monomer vinylchloridu.
RPA	Risk and Policy Analysts Ltd.
HCWH	Health Care Without Harm.
FN	Fakultní nemocnice.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Snímek normálního mozku a mozku po otravě [7].....	14
Obr. 2: Vznik selenoproteinů a rušivé působení rtuti [4].	18
Obr. 3: Tvorba jiných sloučenin než selenoproteinů [4].....	19
Obr. 4: Oběh rtuti v ŽP [10].....	20

SEZNAM TABULEK

Tab. I: Některé vlastnosti rtuti [3].	11
Tab. II: Toky přírodních emisí rtuti do ovzduší [4].	21
Tab. III: Hodnoty koncentrací rtuti v povrchových vodách českých řek a rybníků [4].	24
Tab. IV: Rozdělení podle obsahu třaskavé rtuti a síly účinku rozbušky z doby před 100 lety [15].	26
Tab. V: Společnosti, které vypustily nejvíce rtuti do ŽP za rok 2004 v ČR [16].	28
Tab. VI: Množství vyprodukovaného odpadu s obsahem rtuti [2].	30
Tab. VII: Spotřeba rtuti ve světě a v EU [25].	38

