

Monitoring rtuti v okolí krematoria

Lenka Janošová

Bakalářská práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav inženýrství ochrany životního prostředí
akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lenka JANOŠOVÁ**
Osobní číslo: **T09717**
Studijní program: **B 2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Inženýrství ochrany životního prostředí**

Téma práce: **Monitoring rtuti v okolí krematoria**

Zásady pro vypracování:

- 1. Provedte literární studii na zadané téma.**
- 2. V okolí vybraných krematorií (počet obyvatel města do 100 tis. a nad 100 tis.) provedte odběr vzorků půd a rostlinného pokryvu. U takto odebraných vzorků pak provedte analýzu obsahu Hg pomocí přístroje AMA-254.**
- 3. Získaná data přehledně zpracujte a výsledky kriticky zhodnoťte.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Ke studiu problematiky využijte mimo jiné následujících odborných časopisů: Chemické listy, Vodní hospodářství, Odpadové fórum, Wasteforum.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Markéta Julinová, Ph.D.

Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Datum zadání bakalářské práce:

13. února 2012

Termín odevzdání bakalářské práce:

18. května 2012

Ve Zlíně dne 13. února 2012



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




doc. Mgr. Marek Koutný, 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 obhajoby¹⁾,
- 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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ 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 § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit 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, považuji 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 14. 5. 2012

Lenka Janošová

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 předpisy 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 vzdělávacímu 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). Odpirá-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

Tato práce se zabývá monitoringem rtuti v okolí krematorií. Teoretická část je zaměřena na rtuť a její vliv na životní prostředí, způsobem jejího šíření a zdroje rtuti. Praktická část se soustředí na stanovení obsahu rtuti ve vzorcích smetánky lékařské a půdy odebraných v okolí krematorií (Zlín, Olomouc) a kontrolní lokalitě. Rtuť ve vzorcích byla zjištěna přímou analýzou půdy a smetánky lékařské pomocí analyzátoru rtuti AMA 254. Po srovnání výsledků získaných z okolí krematorií s průměrným obsahem rtuti v půdách může být konstatováno, že obsah rtuti je v mezích stanovených norem. Výsledky ukazují, že emise rtuti z krematorií nejsou významné riziko pro okolní ekosystém.

Klíčová slova: rtuť, krematorium, půda, smetánka lékařská, monitoring, AMA 254

ABSTRACT

This work deals with monitoring mercury around crematoria. The theoretical part focuses on the mercury and its influence on environment, manner of its distribution and sources of mercury. The practical part focuses on identifying the mercury in samples dandelion and soil collected around crematoria (Zlín, Olomouc) and control area. Mercury in the samples was detected by direct analysis of soil and dandelion using a mercury analyzer AMA 254. After comparing the results obtained the vicinity of the crematoria with an average content of mercury in soils can be found that concentration of mercury is in range limits set standards. The results show that mercury emissions from crematories are not a significant risk to the surrounding ecosystem.

Keywords: Mercury, Crematorium, Soil, Dandelion, monitoring, AMA 254

Na tomto místě bych chtěla poděkovat své vedoucí bakalářské práce Ing. Markétě Julinové, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a také za čas, který mi věnovala při vypracování mé bakalářské práce.

Dále chci poděkovat Ing. Romanu Slavíkovi, Ph.D. za zpracování vizualizace dat pomocí GIS a paní laborantce Věře Zbrankové za vytvoření dobrých pracovních podmínek a pomoc při práci v laboratoři.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala celé mé rodině, kamarádům a kolegům za všestrannou podporu a pomoc při celém mém studiu.

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

Ve Zlíně 14. 5. 2012

Lenka Janková
.....

podpis

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 RTUŤ	12
1.1 FYZIKÁLNĚ – CHEMICKÉ VLASTNOSTI RTUTI.....	12
1.2 TOXICITA RTUTI.....	13
1.3 VÝSKYT A CYKLUS RTUTI	15
1.4 RTUŤ V PŮDÁCH A ROSTLINÁCH	19
1.5 KONTAMINACE RTUTÍ ZPŮSOBENÉ ANTROPOGENNÍ ČINNOSTÍ.....	20
1.5.1 Současný stav kontaminace rtutí ve světě	20
1.5.2 Současný stav kontaminace rtutí v České Republice	22
1.6 KONTAMINACE RTUTI ZPŮSOBENÉ KREMATORII	25
2 CÍL PRÁCE	28
II PRAKTICKÁ ČÁST	29
3 ODBĚRY VZORKŮ PŮDY	30
3.1 CHEMIKÁLIE, ROZTOKY A PŘÍSTROJE	30
3.2 ODBĚROVÉ MÍSTA.....	30
3.2.1 Zlín	30
3.2.2 Olomouc	32
3.2.3 Kontrolní lokality	33
3.3 ODBĚR VZORKŮ PŮD A SMETÁNKY LÉKAŘSKÉ	34
3.4 ZPRACOVÁNÍ ODEBRANÉHO VZORKU PŮDY	35
3.5 STANOVENÍ OBSAHU RTUTI POMOCÍ AMA254	35
3.6 VIZUALIZACE DAT POMOCÍ GIS	35
4 DISKUZE A VÝSLEDKY	37
4.1 STANOVENÍ RTUTI V PŮDĚ A V LISTECH SMETÁNKY LÉKAŘSKÉ.....	38
4.1.1 Srovnání koncentrací rtuti naměřených v půdě.....	38
4.1.2 Distribuce rtuti v okolí krematorií – stanoveno v půdách.....	45
4.1.3 Srovnání koncentrací rtuti naměřených v listech smetánky lékařské.....	48
4.1.4 Distribuce rtuti v okolí krematorií - stanoveno v listech smetánky lékařské.....	53
4.1.5 Srovnání koncentrace rtuti v půdách a smetánce lékařské.....	56
4.1.6 Srovnání koncentrací rtuti naměřených v kontrolních lokalitách a v okolí krematorií	57
ZÁVĚR	62
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	64
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	69
SEZNAM OBRÁZKŮ	70

SEZNAM TABULEK.....	72
----------------------------	-----------

ÚVOD

Znečištění životního prostředí toxickými kovy je celosvětovým problémem. Toxické kovy se do něj dostávají přírodní činností, jako jsou biogeochemické cykly nebo antropogenní činností při spalování fosilních paliv a průmyslové výrobě. Tyto látky, které se dostávají do životního prostředí, mají škodlivé účinky nejen na rostliny, ale na všechny organismy. Díky jejich akumulaci v rostlinách a následné kumulaci v živočiších, mohou mít negativní vliv i na zdraví člověka.

Jedním z významných toxických kovů je rtuť, která patří mezi globální polutanty. Jedná se o kov, který se přirozeně vyskytuje ve všech složkách životního prostředí, v různých chemických a fyzikálních formách. Mezi nejtoxičtější sloučeniny rtuti se řadí methylртуť, která v minulosti způsobila hromadné otravy u lidí, kteří konzumovali potraviny, připravené z mořeného obilí nebo kontaminované rybí maso.

Jedním z antropogenních zdrojů rtuti jsou také emise z krematorií, kde je rtuť uvolňována při kremaci mrtvých těl, které mají zubní amalgámové výplně tvořené slitinou elementární rtuti s dalšími kovy (Ag, Sn, Cu). V poslední době se v zahraničí objevilo několik studií na toto téma. Z výsledků těchto prací vyplývá, že krematoria jsou významné zdroje emisí rtuti, ale i celé řady dalších polutantů (např. polychlorovaných dibenzodioxinů/furanů). V pracích se také uvádí, že s dobou provozu krematoria a počtem kremací se pravděpodobně může zvýšit množství emitované rtuti do životního prostředí. [1] Výsledky tak poukazují na skutečnost, že emise rtuti z krematorií by neměly být podceňovány a tomuto tématu by měla být věnována zvýšená pozornost.

Z dostupných informačních zdrojů vyplývá, že v rámci České Republiky nebyla doposud zveřejněna studie, která by popisovala, jaké množství rtuti se uvolňuje do ovzduší při kremaci lidského těla a především jaké množství rtuti je obsaženo v půdách a rostlinném pokryvu v jejich okolí. Tato práce je tedy zaměřena na monitoring rtuti v okolí krematoria. Cílem této práce je posoudit zda krematoria mohou v současné době představovat zátěž pro životní prostředí.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 RTUŤ

Rtuť je prvek patřící do skupiny přechodných kovů. Chemickou značkou rtuti je Hg, která je odvozená z latinského slova *Hydragyrum*. Za normálních teplot je to stříbrolesklá kapalina, kterou Aristoteles pojmenoval tekutým stříbrem. [2] Rtuť a její sloučeniny byly známy již ve starém Egyptě a Číně, kde byla rumělka (HgS) používána k barvení a proto i těžena. Z tohoto důvodu se rtuť řadí mezi nejstarší známé jedy. [3]

1.1 Fyzikálně – chemické vlastnosti rtuti

Rtuť se spolu se zinkem a kadmiem řadí do skupiny 2B¹. Jedná se o těkavý stříbrolesklý kov, jehož páry jsou vysoce toxické. [4], [5] V tabulce (Tab. 1.) jsou uvedeny základní fyzikálně – chemické vlastnosti rtuti.

Tab. 1. Základní fyzikálně – chemické vlastnosti rtuti [2]

Vlastnosti Hg	
Atomové číslo:	80
Atomová hmotnost:	200,59
Teplota tání [°C]:	-38,9
Teplota varu [°C]:	357
Hustota při 25°C [g.cm ⁻³]:	13,534

Rtuť se vyskytuje v oxidačních stavech 0, +I, +II. Mezi nejdůležitější chemické formy rtuti patří: elementární rtuť, rtuťné (Hg₂²⁺) a rtuťnaté (Hg²⁺) anorganické sloučeniny rtuti a organokovové sloučeniny rtuti. [5]

¹ Dle Mezinárodní agentury pro výzkum rakoviny (IARC) se rtuť řadí, jako podezřelý karcinogen pro člověka

a) Elementární rtuť a její anorganické sloučeniny

Elementární rtuť je za normálních podmínek kapalná (bod tání $-38,9\text{ }^{\circ}\text{C}$) a má vysokou tenzi par. Nejběžnější sloučeninou jednomocné rtuti jsou halogenidy, obsahující ion Hg_2^{2+} , např. Kalomel (Hg_2Cl_2), který je poměrně málo toxický díky malé rozpustnosti ve vodě. Dvojmocná rtuť vytváří větší množství chemických sloučenin, např.: sulfidy, halogenidy, oxidy a soli silných oxokyselin (dusičnany, chloristany a sírany). Oxid rtuťnatý HgO se v přírodě vyskytuje jako minerál montroydit a synteticky se připravuje pyrolýzou dusičnanu rtuťného nebo rtuťnatého. Mezi další dvojmocné sloučeniny můžeme zařadit sulfid rtuťnatý HgS , který má černou a červenou modifikaci. [5], [6]

b) Organokovové sloučeniny

Organokovové sloučeniny rtuti obsahují jeden nebo dva uhlovodíkové zbytky navázané na atomu kovu. Těchto sloučenin je známo velké množství. Vytváří sloučeniny typu RHgX , RHgR^+ nebo R_2Hg , kde X je halogenid, síran, sulfid nebo dusičnan a R, R^+ jsou uhlovodíkové zbytky (např. CH_3^-). Mezi krystalické látky se řadí sloučeniny typu RHgX a jejich vlastnosti závisí na povaze X. Jedná se o látky, které jsou dobře rozpustné v organických rozpouštědlech. Diarylové a dialkylové sloučeniny rtuti jsou nízkotající pevné látky nebo těkavé kapaliny, které jsou citlivé na světlo a nestálé. V životním prostředí jsou organokovové sloučeniny vytvářeny z anorganických forem rtuti a to mechanismem neenzymatického přenosu methylové skupiny z methylkobalaminu (CH_3B_{12}) na Hg^{2+} . [5], [6]

1.2 Toxicita rtuti

Různé formy rtuti vykazují rozdílné toxické účinky. Míra toxicity závisí na fyzikálních a chemických vlastnostech jednotlivých forem rtuti, ale také na množství, cestě intoxikace a době expozice. Mezi expoziční cesty rtuti u lidí patří nejčastěji inhalační, dermální a orální. U lidí se expozice projevuje imunologickými, genotoxickými, neurologickými, vývojovými, reprodukčními a karcinogenními účinky a mohou končit až smrtí. [5], [7]

a) Toxicita chemických forem rtuti pro člověka:*Elementární rtuť:*

Při akutní expozici (projevuje se zvracením a průjmy) vysokými koncentracemi par elementární rtuti jsou kritickým orgánem plíce. Poškození dýchacího ústrojí může být doprovázeno příznaky poškození centrálního nervového systému. Při chronické otravě parami kovové rtuti dochází k poškození mozku, které se projevuje: poruchami trávení, slabostí, poklesem hmotnosti, únavou, nechutenstvím bolestmi hlavy a závratěmi. Později se projevuje třes na rtech, prstech, očních víčkách, jazyku a horních a dolních končetinách. V závažných případech se můžou objevit halucinace. [8]

Anorganické sloučeniny rtuti:

Nejvýznamnější jsou z toxikologického hlediska oxykyanid rtuťnatý $\text{Hg}(\text{CN})_2$, chlorid rtuťnatý HgCl_2 , kyanid rtuťnatý $\text{Hg}(\text{CN})_2$ a dusičnan rtuťnatý $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$. Při akutní intoxikaci dochází k významnému poškození trávicího ústrojí a ledvin. Přičemž chlorid a kyanid rtuťnatý mají při perorálním příjmu korozivní účinek na sliznici a trávicí ústrojí, při jejich toxické dávce (0,2-1,0 g) dochází ke krvácivému zvracení. Během 24 hodin dochází k selhání ledvin. U anorganických sloučenin rtuti je chronická otrava málo pravděpodobná a jejich karcinogenita nebyla prokázána. [8]

Organické sloučeniny rtuti:

Nejsou velké rozdíly mezi chronickou a akutní intoxikací alkylsloučeninami rtuti. Z toxikologického hlediska je velmi významnou sloučeninou MeHg, která se vstřebává do organismu a způsobuje tak jeho poškození. Methylrtuť se snadněji absorbuje v důsledku větší propustnosti biomembránami. MeHg se koncentruje v krvi a má negativní účinek na centrální nervový systém a mozek.

Nejnámější byla hromadná intoxikace MeHg v Minamatě v Japonsku v roce 1952. Jednalo se o malou rybářskou vesnici, kde hlavní součástí potravy byly ryby, ve kterých byl zjištěn vysoký obsah rtuti. Původcem rtuti byla chemická továrna, která vypouštěla rtuťnaté soli do moře. Na intoxikaci rtutí tehdy zemřelo v Minamatě 52 lidí.

Mezi další organické sloučeniny rtuti patří fenylrtuť (PhHg), která může způsobit poškození v místě styku s kůží nebo sliznicí a při inhalaci metoxyethylrtuti dochází k poškození plic. Dále dochází také k poškození ledvin a trávicího ústrojí. U organických sloučenin rtuti nebylo prokázáno karcinogenní působení avšak methylrtuť byla zařazena do tzv. 2B skupiny. [2], [8]

b) Ekotoxická chemických forem rtuti:

Převážná část rtuti (asi 90%) se vyskytuje ve svalovině dravých ryb ve formě methylrtuti, a její koncentrace vzrůstá s věkem. Ryby se pak stávají potravou pro vodní ptáky a savce. Pro které s rostoucím množstvím zkonsumovaných ryb, rostou také toxické účinky. U savců jako vydra a norek se intoxikace projevuje neurologickými účinky. Naproti tomu, u ptáků se intoxikace rtutí projevuje reprodukčními problémy. V savcích a ptácích se rtuť akumuluje v játrech a ledvinách, navíc ji můžeme najít i ve velkém množství v ptačím peří. Koncentrace rtuti vzrůstá také s věkem. Intoxikace rostlin rtutí způsobuje snížení syntézy chlorofylu a dýchání a také snížení příjmu vody. [5] Rtuť v rostlinách omezuje jejich růst a vývin kořenů. [9]

1.3 Výskyt a cyklus rtuti

Přírodní zdroje rtuti

Rtuť se vyskytuje v přírodě hlavně ve formě sulfidů v horninách - HgS (rumělka, cinabarit). K nejvýznamnějším nalezištím rumělky patří např. Almadén ve Španělsku, Indrie v Itálii. [10] V menším množství se vyskytuje také ve formě oxidů, jodidů a chloridů, tyto nerosty nejsou technicky významné např. kalomel Hg_2Cl_2 , coccinit Hg_2I_2 , tilmannit HgSe a coloradoit HgTe . [8], [11]. Přírodním působením se dostává do životního prostředí asi 30 000 tun za rok a to vypařováním rtuti z povrchu země a oceánů. [8]

Antropogenní zdroje rtuti

Hlavní zdrojem rtuti v životním prostředí jsou emise způsobené spalováním uhlí a komunálního rizikového odpadu. Mezi další zdroje patří: vody z chemického průmyslu, výroba cementu, zpracování odpadů drahých kovů, rudné úpravy, z průmyslových závodů (výroba rentgenových lamp, elektrických součástek a katalyzátorů), dále ze zubních ordinací, kremací a výroby litiny, železa, oceli, amalgámů, teploměrů, suchých baterií, barev atd. [8], [12]

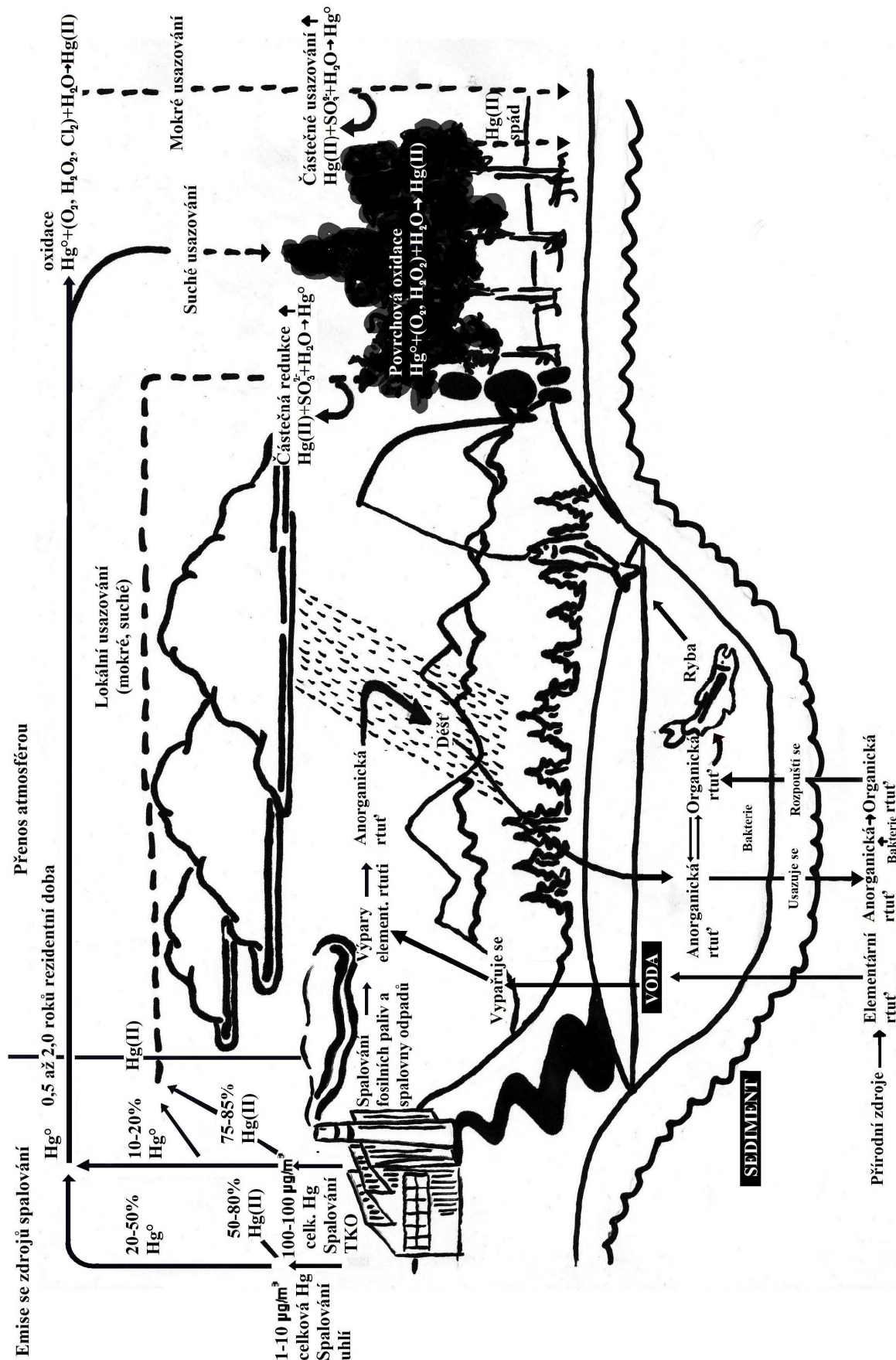
Množství rtuti, které se do životního prostředí dostává antropogenním působením, je asi 10 000 tun za rok. [8] Z celkové roční produkce rtuti se na výrobu elektrod pro průmyslovou elektrochemii zpracuje asi 25 %, na výrobu elektrických zařízení 20 %, na výrobu barviv 15 %, na výrobu kontrolních a měřicích zařízení 10 %, v zemědělství 5 %, v zubním lékařství 3 % a v laboratořích 2 %. Papírenský průmysl, vojenské účely a farmaceutický průmysl tvoří zbývajících 20 %. [8]

Cyklus rtuti lze rozdělit do šesti hlavních kroků:

1. Vypaření rtuti z hornin, půdy a povrchových vod nebo emise ze sopečných a antropogenních činností.
2. Pohyb v plynné formě v atmosféře.
3. Depozice rtuti na půdu a povrchové vody.
4. Přeměna prvků na nerozpustné sulfidy rtuti.
5. Srážení, biokonverze na nestálé nebo rozpustné formy, jako je methylrtuť.
6. Přestup do atmosféry nebo bioakumulace v potravních řetězcích. [13]

Rtuť ve formě Hg^0 může být distribuována na dlouhé vzdálenosti v důsledku doby, po kterou zůstává v atmosféře, což je až 2 roky. Elementární rtuť Hg^0 se v důsledku spadu zachycuje na rostlinách a díky přítomnosti vody může na vzduchu oxidovat za vzniku formy Hg^{2+} , které jsou rozpustné ve vodě. Rtuť ve formě Hg^{2+} představuje v atmosféře 3 až 5 % celkové rtuti a tato forma rtuti je z atmosféry odstraňována pomocí dešťových srážek v blízkosti spaloven. Popsaný geochemický cyklus rtuti je zobrazen v obrázku (*Obr. 1.*). [14]

Ke vzniku methylrtuti dochází methylací rtuťnatých iontů a elementární rtuti v sedimentačních vrstvách jezerního a mořského dna. Methylrtuť se zachycuje na drobných vodních organismech a ty se potravním řetězcem dostávají do těla ryb, kde se koncentruje. Při rozkladu odumřelých vodních organismů vznikají plyny dimethylrtuti, které unikají do vzduchu, kde může dojít k rozkladu zpět na methylrtuť.[8]



Obr. 1. Cyklus rtuti životním prostředím [13], [14]

1.4 Rtut' v půdách a rostlinách

Rtut' se hromadí v horních vrstvách půdy, díky její velké afinitě, čím se snižuje její koncentrace v půdním roztoku. Průměrná koncentrace rtuti v půdách se pohybuje v rozmezí 0,02-0,2 mg.kg⁻¹ [15]. Formy rtuti v půdách jsou závislé na redox potenciálu a půdním pH. Půdními součástmi může být snadno sorbována kationová forma rtuti. Dvojmocná rtut' se na organické a anorganické součásti půdy silně a rychle váže kovalentní vazbou. Rtut' se přednostně váže na velké molekuly humusových látek a ty jsou jejím hlavním nosičem při transportu z terestrických do vodních ekosystémů. Ke ztrátě rtuti z půdy dochází těkáním, při mikrobiální methylaci rtuti v půdách. Nicméně v půdách nebyla pozorována žádná rozsáhlá methylace, a proto možnost intoxikace z terestrických potravních řetězců je mnohem menší než z vodních potravních řetězců. [15] Sloučeniny rtuti, které prochází methylací, jsou dobře těkavé a mají vyšší tenzi par. Tímto způsobem se dostávají do atmosféry a z atmosféry se srážkami rtut', transportuje zpět do půdy.

Při zvýšení pH půdy (např. vápněním) dochází ke snížení negativního vlivu rtuti v půdě. [15]

Příjem anorganické nebo organické rtuti rostlinami je závislý na koncentraci rtuti v prostředí. [15] Průměrná koncentrace rtuti v rostlinách se pohybuje v rozmezí 0,005-0,2 mg.kg⁻¹ sušiny. [16] Obsah rtuti v jednotlivých částech rostliny stoupá v pořadí: stonek < listy < kořeny. Rtut' je rostlinami přijímána snadno, díky jejich vysokému akumulárnímu koeficientu. Je kumulována v kořenech a transportována do nadzemní části a je přijímána ve formě HgOHCl a Hg(OH)₂ z půdního roztoku nebo ve formě páry z ovzduší. [15], [9] V půdách je rtut' vázána v komplexech s huminovými kyselinami, z toho vyplývá, že příjem rtuti rostlinami je omezený. Akumulace rtuti rostlinami je ovlivněna i dalšími faktory, jako je aktivita mikroorganismů, šířka huminové vrstvy a pH půdy. [5] Atmosférická depozice rtuti může v cévnatých rostlinách představovat až 90% z celkového obsahu rtuti v rostlině. [15]

1.5 Kontaminace rtuťí způsobené antropogenní činností

1.5.1 Současný stav kontaminace rtuťí ve světě

Ze studie „Redukce globálních emisí rtuti ze spalování produktů s obsahem rtuti“ z roku 2009 vyplývá, že míra emisí rtuti z kontrolovaných i nekontrolovaných zdrojů spalování, by měla být koordinována. Neboť spalování produktů s obsahem rtuti ve spalovnách nebo otevřené pálení domácího odpadu je vyznaným zdrojem rtuti a dalších toxických látek, jak pro lokální, tak pro globální ekosystémy. Z toho důvodu by rtuť měla být co nejrychleji vyřazena s výroby produktů, kde může být zaměněna za jiné alternativy.

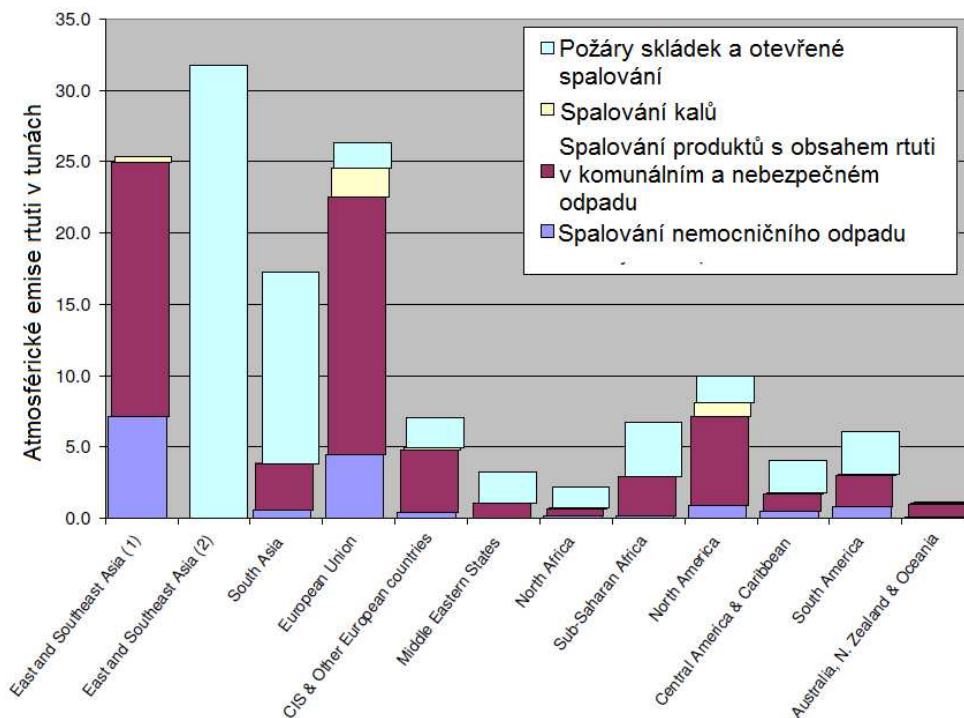
V této studii byly zkoumány procesy spalování nemocničních, komunálních a nebezpečných odpadů, dále také spalování kalů, otevřené spalování a požáry na skládkách. Hodnoty emisí rtuti z roku 2005 jsou uvedeny v tabulce (Tab. 2). [17]

Tab. 2. Globální emise rtuti se spalování produktů obsahující rtuť v roce 2005 [17]

Procesy	Atmosférické emise Hg [t]
Spalování nemocničního odpadu	10 - 25
Spalování produktů s obsahem rtuti v komunálním a nebezpečném odpadu	45 - 70
Spalování odpadních kalů	2 - 8
Požáry skládek a otevřené spalování	45 - 100
Celkem	100-200

Z tabulky (Tab. 2.) vyplývá, že emise rtuti v roce 2005 ze 4 zkoumaných zdrojů činily 100 – 200 tun. Na dalším obrázku (Obr. 2.) můžeme vidět emise rtuti jednotlivých regionů.

Majoritním zdrojem emisí rtuti je Jihovýchodní Asie v důsledku nedostatečné kontroly spaloven a velmi nízké míry recyklace produktů, které obsahují rtuť. V Evropské Unii, i přes objemné spalování komunálního odpadu, nedosahují emise rtuti extrémních hodnot, díky kontrolám emisí rtuťí ze spaloven (Obr. 2). [17]

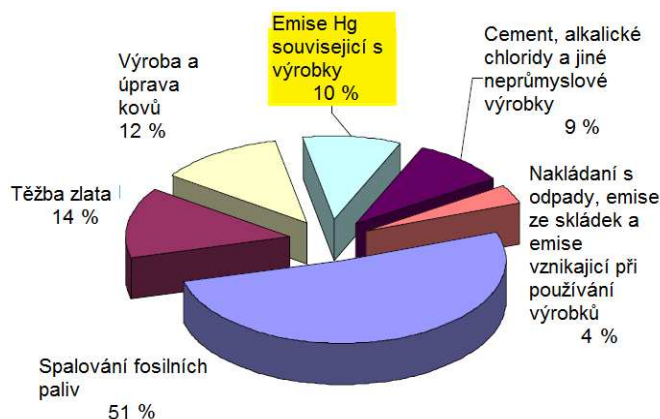


Obr. 2. Globální emise rtuti ze spalování produktů obsahující rtuť (2005) [17]

Majoritními zdroji emisí rtuti jsou kremace, které produkují 20 – 30 tun Hg ročně, zařízení na spalování kalů a odpadů produkují 10 – 25 tun Hg ročně, dále emise ze skládek činí 10 – 45 tun Hg ročně, emise při nakládání s odpady jsou 3 – 8 tun ročně, emise z procesu čištění vod produkují 4 – 8 tun Hg ročně a emise ze zpracování kovových odpadů činí 5 – 10 tun Hg ročně. Ze jmenovaných zdrojů se do ovzduší vypouští dalších 50 – 125 tun Hg ročně.

Nakonec by se měli ještě započítat emise, které nejsou spojeny s nakládáním s odpady. Jako jsou emise z výrobního procesu a výroby, které obsahují rtuť a byly během používání poškozeny atd. Tyto emise představují dalších 15 – 40 tun ročně.

Po sečtení všech informací se emise rtuti pohybují v rozmezí 165 – 365 tun ročně, a to se jedná pouze o 10 % antropogenní produkce rtuti. Globální antropogenní emise Hg za rok 2005, můžeme vidět v grafu (Obr. 3). [17]



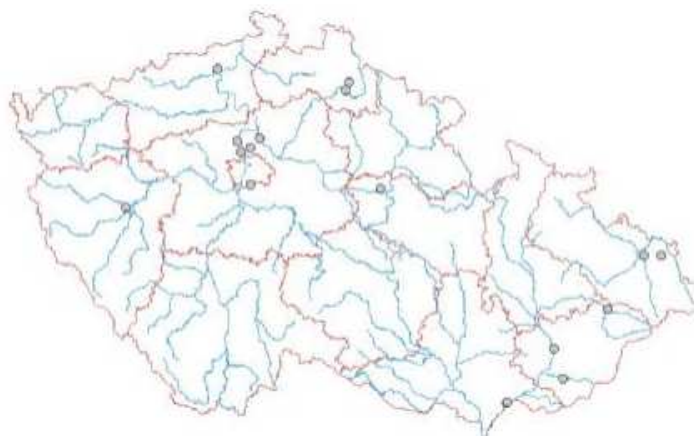
Obr. 3. Antropogenní zdroje rtuti [17]

Z výsledků vyplývá, že za velké množství rtuti v atmosféře odpovídá antropogenní činnost. V době průmyslové revoluce se její výskyt v atmosféře zvýšil až 3 krát. V některých oblastech až 10 krát v závislosti na lokálních a regionálních zdrojích emise Hg. Zatímco atmosférické emise Hg v Severní Americe a ve většině Evropy se zmenšují. V Asii a Africe se předpokládá jejich další nárůst. [17]

1.5.2 Současný stav kontaminace rtutí v České Republice

V České Republice je většina rtuti emitována při spalování odpadů a uhlí (5 - 10 tun). Rtuť je v uhlí přítomná v nízkých koncentracích (0,02 – 0,25 mg.kg⁻¹). Například množství emitované rtuti do atmosféry ze spalování uhlí se pohybuje v rozmezí 0,1 - 0,3 kg.den⁻¹, v závislosti na výkonu a typu použitého odlučovače a druhu spalovaného uhlí. [14], [15] Dalším zdrojem je dřívější používání rtuťnatých pesticidů, které se používaly k moření osiva (např. Agronal – chlorid rtuťnatý). Jejich používání je již zakázáno. [12]

Rtuť je dále rozšiřována z průmyslových závodů. V roce 2001 bylo evidováno v registru průmyslových zdrojů znečištění 17 podniků, které nakládají se rtutí. (Obr. 4.) [12]



Obr. 4. Mapa lokalit podniků, které nakládají se rtutí na území ČR [12]

V následující kapitole je uveden příklad monitoringu obsahu rtuti v životním prostředí České republiky. V práci nazvané „Výskyt rtuti ve vypouštěných vodách z bodových zdrojů znečištění v povodí Odry“ byly autory zjištěny následující skutečnosti. K překročení norem pro nejvyšší přípustné koncentrace a průměrné koncentrace rtuti došlo v profilech Ostravice-Kunčičky, Lučina-Kunčičky, Olše-Ropice, Karvinský potok-Sovinec a Mlýnká-ústí. Naměřené hodnoty jsou uvedené v tabulce (Tab. 3.), kde jsou překročené koncentrace rtuti označeny tučně. Tyto kontaminace byly způsobeny antropogenní činností (komunální čistírny odpadních vod, důlní vody a průmyslová činnost) (Tab. 4.). V ostatních případech se koncentrace sledovaných rozpuštěných forem rtuti v tocích pod vybranými bodovými zdroji znečištění většinou pohybovaly pod nebo těsně nad mezí stanovitelnosti. [18]

Tab. 3. Průměrné hodnoty koncentrací Hg v povrchových vodách a sedimentech recipientů pod sledovanými zdroji znečištění [18]

Profil	Hg [$\mu\text{g/l}$]	Hg (filtrovaný vzorek) [$\mu\text{g/l}$]		Hg [mg/kg sušiny]
NEK ² - průměrná hodnota	0,05		Kritérium "B" dle metodického pokynu ³	2,5
			Limit dle přílohy č. 3 NV č. 61/2003 sb. ⁴	0,47
Kopřivnička - ústí	0,091	< 0,05	Kopřivnička - ústí	0,576
Opava - Malé Hoštice	0,054	< 0,05	Opava - Malé Hoštice	0,284
Černý potok - Pod ÚČOV	< 0,05	< 0,05	Černý potok - Pod ÚČOV	1,18
Ostravice - Žabeň	0,069	< 0,05	Ostravice - Žabeň	0,283
Ostravice - Kunčičky	0,06	< 0,05	Ostravice - Kunčičky	0,336
Lučina - Bludovice	< 0,05	< 0,05	Lučina - Bludovice	0,136
Lučina - Kunčičky	0,319	0,092	Lučina - Kunčičky	0,228
Doubravská Stružka - pod vyústí dolu ČSA	0,195	0,087	Doubravská Stružka - pod vyústí dolu ČSA	0,068
Bohumínská Stružka - pod ČOV železářny	< 0,05	< 0,05	Bohumínská Stružka - pod ČOV železářny	0,696
Olše - Ropice	0,097	0,074	Olše - Ropice	0,473
Karvinský potok - Sovinec	0,146	0,058	Karvinský potok - Sovinec	0,092
Mlýnka - ústí	0,157	0,063	Mlýnka - ústí	0,576
Zlatý potok - pod ČOV důlních vod	< 0,05	< 0,05	Zlatý potok - pod ČOV důlních vod	0,083
Doubský potok - Minkovice	0,056	< 0,05	Doubský potok - Minkovice	0,08
Lužická Nisa - nad Černou Nisou	< 0,05	< 0,05	Lužická Nisa - nad Černou Nisou	0,953

² Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/105/ES ze dne 16. prosince 2008 o normách environmentální kvality v oblasti vodní politiky, změně a následném zrušení směrnic Rady 82/176/EHS, 83/513/EHS, 84/156/EHS, 84/491/ES, 86/280/EHS a o změně směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES.

³ Metodický pokyn odboru pro ekologické škody Ministerstva životního prostředí České republiky – kritéria znečištění zemín a podzemní vody. *Věstník MŽP*, 3, 1996.

⁴ Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění pozdějších předpisů.

Tab. 4. Průměrné hodnoty koncentrace Hg z jednotlivých typů bodových zdrojů znečištění [18]

Typ zdroje	Hg [$\mu\text{g/l}$]	Hg (filtrovaný vzorek) [$\mu\text{g/l}$]
Komunální ČOV	0,0619	< 0,05
Hutní výroba a zpracování oceli	0,2769	0,138
Výroba elektřiny a tepla	0,1982	0,06
Výroba a zpracování skla	< 0,05	< 0,05
Výroba bučiny	0,0698	< 0,05
Důlní vody - těžba černého uhlí	0,184	0,067
Důlní vody - těžba černého uhlí (sanace)	0,0917	0,064
Důlní vody - těžba rud (sanace)	< 0,05	< 0,05

1.6 Kontaminace rtuti způsobené krematorií

Obsah rtuti emitované do životního prostředí z krematorií je rok od roku výraznější. K stoupajícímu trendu dochází v důsledku preference kremací před klasickými pohřby do země a dále vyšším věkem dožití (více zubního amalgámu a srdečních stimulatorů). Odhadované množství rtuti, které se uvolní v nadcházejících letech do ovzduší z krematorií je asi 2 000 tun. [19] Každou kremací se uvolní 2 až 4 g rtuti. Rtuť se při kremaci neuvolňuje jen ze zubních amalgámů, ale i z živočišných tkání. V krvi žen ve věku od 16 do 49 let můžeme najít $1,2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a ve vlasech $1,4 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Při kremaci se rtuť může usazovat na stěnách spalovny i komínu. Ze studií vyplývá, že většina rtuti vypouštěné z krematorií nepadá atmosférickým spadem v blízkosti krematoria, ale 99 % vypuštěné rtuti se distribuuje atmosférou na dlouhé vzdálenosti. I přes tyto skutečnosti byly v půdách v blízkosti krematoria, zjištěny vyšší koncentrace rtuti než v kontrolních lokalitách. V důsledku vzrůstajícího trendu kremací, lze očekávat, že bude docházet i k vzrůstu koncentrace rtuti v půdě, je odhadováno $100 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ na 18 000 kremací. [20]

Zubní amalgám

První zmínka o amalgámu byla začátkem 19. století ve Francii. Dnes se ve stomatologii používá stříbrný amalgám, jako výplňová hmota. Jedná se o slitinu cínu, mědi a stříbra, které se smíchají těsně před aplikací se rtutí v poměru 1:1. [21] Důvodem jeho stálého používání je nízká cena, snadná zpracovatelnost, mechanická odolnost, trvanlivost, antibakteriální účinky. [22]

Dlouhodobé studie ukazují, že lidé, kteří mají v zubech amalgámové výplně, mají i zvýšené množství rtuti v krvi, než lidé kteří tyto výplně nemají. [22] Průměrný denní příjem elementární rtuti se odhaduje od 3 do 17 $\mu\text{g}/\text{den}$ v závislosti na počtu výplní. [21] V důsledku požívání horké či kyselé stravy se mohou z amalgámových plomb oddělit mikroskopické části kovů, což vede k zvýšenému vylučování rtuti do těla. To může vést až k chronické otravě rtutí, která se u lidí projevuje např.: oslabeným imunitním systémem, bolestí hlavy a depresemi. U mnoha lidí odstranění amalgámové výplně vede ke zlepšení zdravotního stavu, ale jeho odstranění je opět zátěží pro zdraví pacienta a odpad přitom vzniklý může ohrozit životní prostředí. [22] V roce 1990 spotřeba rtuti v zubních amalgámech v zemích Evropské unie dosáhla 110 tun a v roce 2000 poklesla na 70 tun. [21]

Ze stanoviska Evropské unie o problematice bezpečnosti užívání amalgámu, která se zabývá problematikou ohrožení životního prostředí a nepřímými zdravotními účinky rtuti z dentálního amalgámu, vyplývá: [23]

- a) Zubní lékaři produkuje ročně cca 109 tun Hg.
- b) Kremací zemřelých, kteří mají amalgámové výplně, se uvolní cca 14 tun rtuťových výparů.
- c) Odpad ze zubních ordinací při použití separátoru amalgámu tvoří nízké zatížení pro vodní organismy.
- d) Kontaminace půdy anorganickou Hg je nezávažná. [23]

Kardiostimulátor

Kardiostimulátory jsou přístroje určené k dlouhodobé úpravě srdečního rytmu, které musí být implantovány do lidského těla např. po infarkt myokardu. [24] Dříve se k napájení kardiostimulátoru používaly rtuťové baterie, ale díky jejich nízké výdržnosti byly nahraze-

ny. Díky obsahu rtuťového článku kardiostimulátory přispívaly k emisím rtuti z krematorií.
[25]

2 CÍL PRÁCE

V řadě zahraničních prací byly v půdách v blízkosti krematoria, zjištěny vyšší koncentrace rtuti než v kontrolních lokalitách [1], [20], [37]. Z dostupných informačních zdrojů vyplývá, že v rámci České Republiky nebyla doposud zveřejněna studie, která by popisovala, jaké množství rtuti se nachází v okolí krematoria. Cílem této bakalářské práce je tak sledování obsahu rtuti v půdě a rostlinném materiálu ve vybraných kontrolních lokalitách a v okolí krematorií (Zlín, Olomouc).

Práce se skládá z několika na sebe navazujících částí:

1. Z výběru odběrových lokalit v závislosti na stáří krematoria a na velikosti měst (pod 100 tisíc a nad 100 tisíc obyvatel), ve kterých se krematoria nachází (Zlín, Olomouc). Byly také zvoleny dvě kontrolní lokality, město, ve kterém se krematorium nenachází (Vsetín) a chráněná krajinná oblast Beskydy (Pustevny).
2. Samotný odběr vzorků půdy a rostlinného porostu (smetánka lékařská) ve vybraných lokalitách. Smetánka lékařská byla vybrána, díky velkému rozšíření na celém území České Republiky.
3. Grafické zpracování naměřených výsledků a srovnání dosažených výsledků se zahraničními studiemi. Vizualizace distribuce rtuti byla provedena pomocí prostorové analýzy v programu ESRI® ArcGIS™ 9.3.1.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 ODBĚRY VZORKŮ PŮDY

3.1 Chemikálie, roztoky a přístroje

K zaznamenání souřadnic odběrových míst bylo použito GPS (GPSmap 60CSx GARMIN) a k odběru vzorků vzorkovací zařízení (půdní vpichová jehla).

Přístroje a zařízení použité pro práci: Advanced Mercury Analyzer AMA 254 (Altec, s.r.o., ČR); Analytické váhy SCALTEC SB 32 (Denver Instrument, Německo); Mikropipeta Finnpiquette 20 – 200 μ l; Síto o velikosti ok 2 mm.

V rámci bakalářské práce bylo pracováno s kalibračním standardním roztokem rtuti o koncentraci $1 \pm 0,002$ g/l (Analytica, s.r.o. Praha), z toho roztoku byly připraveny pracovní kalibrační roztoky o koncentraci 0,01 μ g/ml a 0,1 ng/ml. Dále byl použit pracovní čistící roztok destilované vody + 0,1 ml HCl (čistoty p.a., Lach-Ner, s.r.o.)

3.2 Odběrové místa

Vzorky půdy a smetánky lékařské byly odebírány v blízkosti krematoria situovaného ve Zlíně a krematoria situovaného v Olomouci, dále v kontrolních lokalitách (Vsetín a CHKO Beskydy – Pustevny).

3.2.1 Zlín

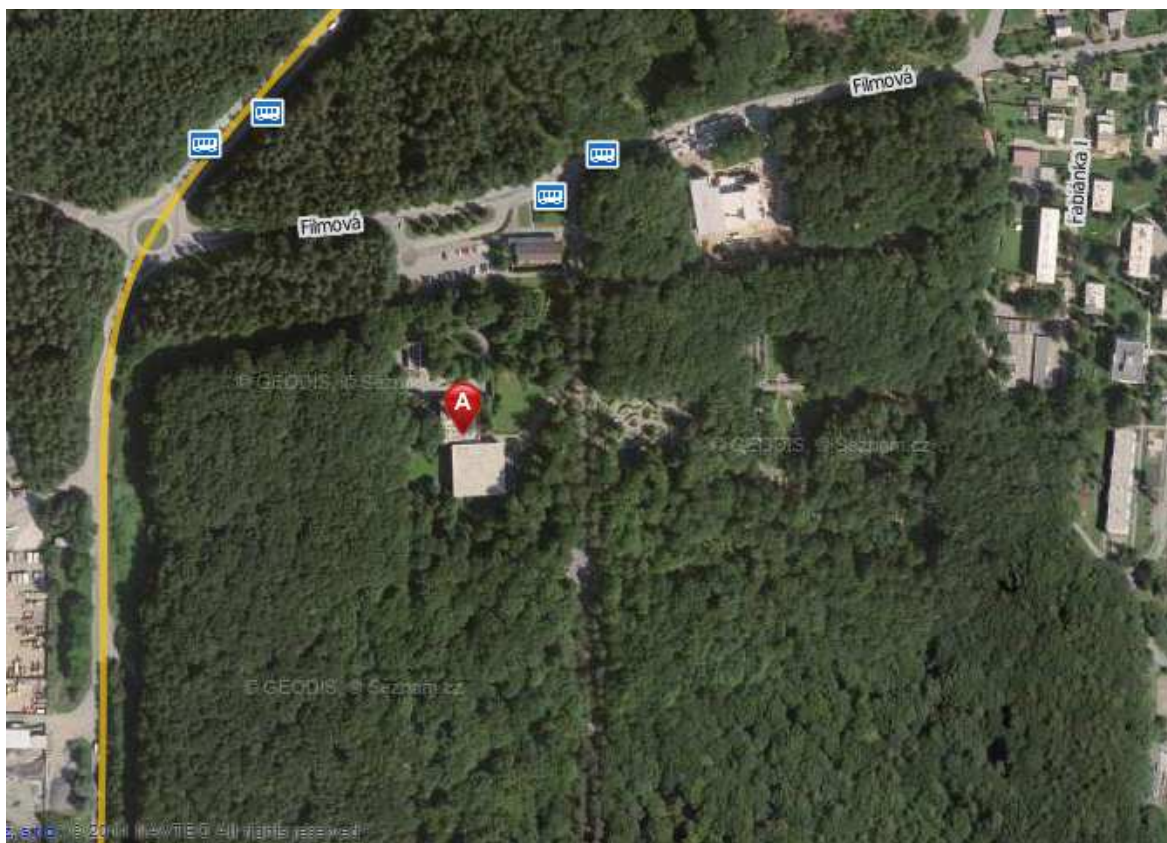
Zlínské krematorium se nachází na ulici Filmová 412, GPS: 49°12'0.846"N, 17°39'42.455"E. V okolí Zlínského krematoria je travnatý a lesní porost. Základní informace o krematoriu jsou uvedeny v tabulce (Tab. 5.). Tyto informace byly zaslány Krematoriem Zlín. Mapová dokumentace společně s označenými místy odběru je uvedena příloze.

Tab. 5. Informace o krematoriu Zlín

Rok založení	Počet kremací ročně	Spalovací zařízení	Palivo	Odlučovače
1978	cca 3 000	Kremační pec TABO Standard	Zemní plyn	Nejsou instalovány

Půdní poměry města Zlín:

Půdy Zlína jsou tvořeny několika půdními typy. Na většině území nacházíme mezotrofní hnědozem, vytvořenou na flyši Zlínských vrstev a hlinitopísčité půdy. Kamenité a suťové půdy jsou ve vyšších polohách. Glejové půdy vznikají v lokalitách ovlivňovaných spodní vodou. [26]



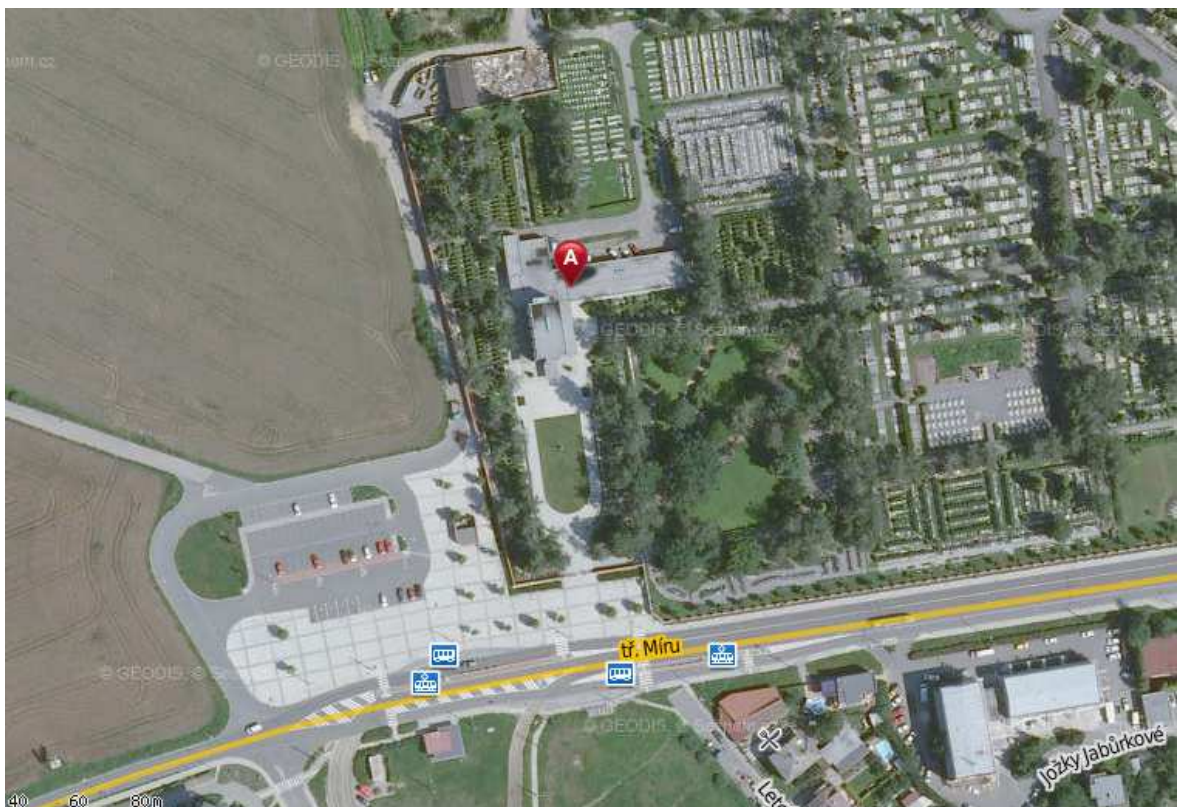
Obr. 3. Fotografický pohled na Zlínské krematorium a jeho okolí, místo označené písmenem A je Zlínské krematorium [27]

3.2.2 Olomouc

Olomoucké krematorium se nachází v Olomouc-Neředín, tř. Míru 137/104, GPS: 49°35'47.541"N, 17°13'2.085"E. V okolí Olomouckého krematoria je zástavba a zemědělská půda. Olomoucké krematorium bylo založeno v roce 1932. Mapová dokumentace společně s označenými místy odběru je uvedena příloze.

Půdní poměry města Olomouc:

Půdy Olomouce jsou tvořeny několika půdními typy. V nejnižším území se nachází nivní půdy, které vyplňují říční údolí podél vodních toků. Nivní půdy přecházejí v hnědozem. Dalším typem půd je Černozemě, které se nacházejí zejména v západní a jihozápadní části města. Hnědé půdy se vyskytují ve východní části města. Okrajově můžeme najít i glejové půdy. [28]



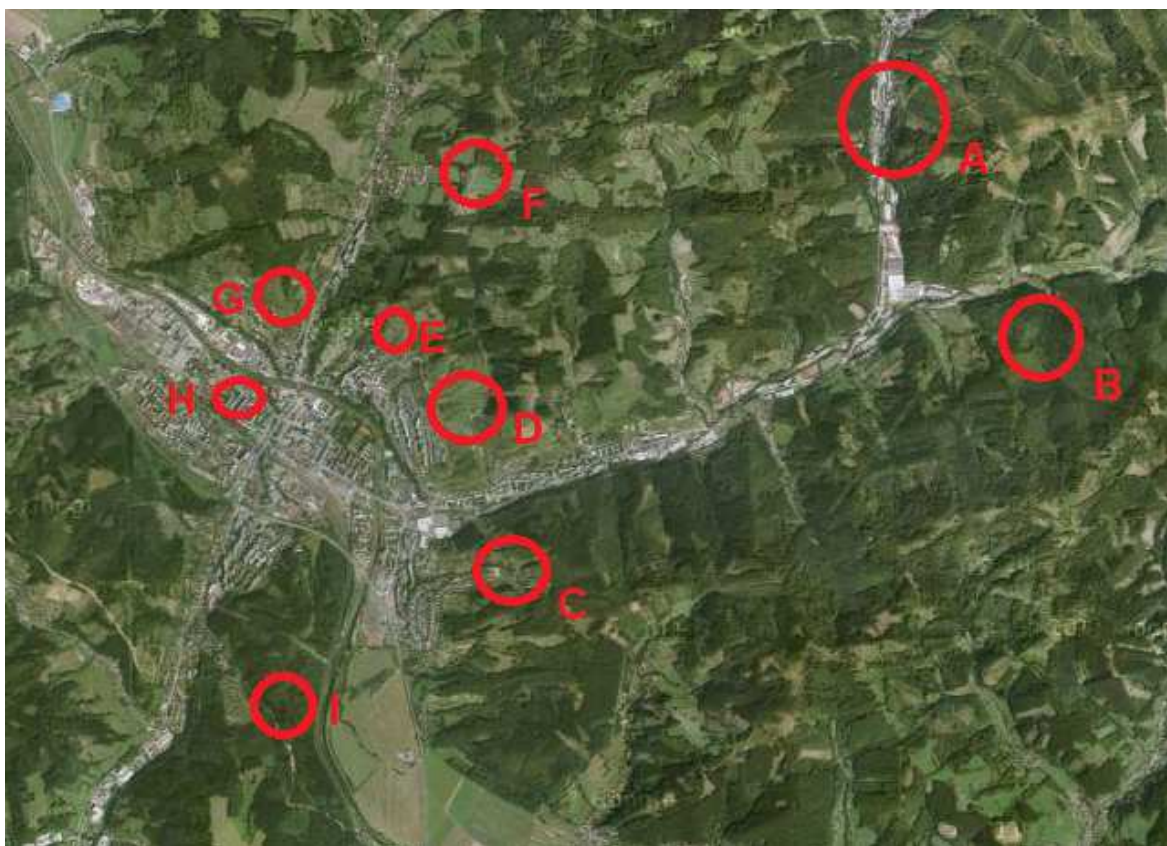
Obr. 4. Fotografický pohled na Olomoucké krematorium a jeho okolí, místo označené písmenem A je Olomoucké krematorium [27]

3.2.3 Kontrolní lokality

Jako kontrolní lokality byly vybrány dvě oblasti. Byla vybrána část chráněné krajinné oblasti Beskydy – Pustevny, za předpokladu, že se jedná o oblast bez antropogenní zátěže. Město Vsetín bylo vybráno jako druhá kontrolní lokalita. Ve Vsetíně se nevyskytuje krematorium a jedná se oblast s mírnou antropogenní zátěží.

Převládajícím typem ve vybraných oblastech jsou těžké půdy a střední podzoly vytvořené na flyšových horninách. Podél vodních toků se nacházejí aluviální půdy. Hnědé půdy s kyselým mělkým půdním profilem se nachází na svazích na pevné hornině. Lehké a písčité půdy jsou v oblasti Prostředních Bečev, kde se také nachází Pustevny. [29]

Oblasti odběrů v kontrolní lokalitě Vsetín můžete vidět na obrázku (*Obr. 5*). Vybraná místa: A - Jasenice, B - Červenka, C - Ohrada, D - Sychrov, E - Na Kopečku, F - Jasenka, G - Hrbová, H - Trávníky, I - Rokytnice.

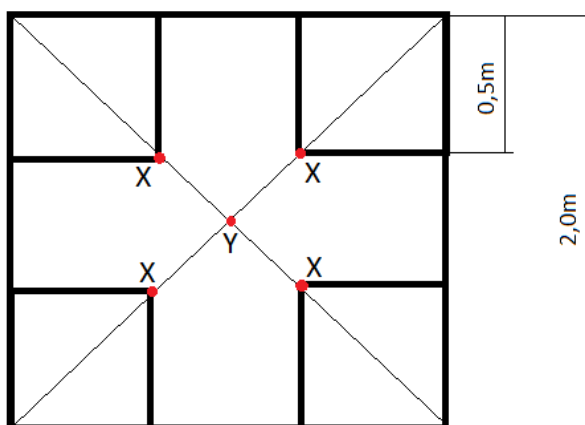


Obr. 5. Oblasti odběrů vzorků v kontrolní lokalitě Vsetín [27]

3.3 Odběr vzorků půd a smetánky lékařské

Vzorky půdy a smetánky lékařské byly odebírány v dané lokalitě v podzimní a jarní sezóně dle meteorologických podmínek. V přílohách (P I – P XI) jsou uvedeny termíny jednotlivých odběrů, GPS souřadnice a také meteorologické podmínky.

Vlastní odběr byl proveden podle následujícího postupu: pomocí kolíků byl vytyčen čtverec (2 x 2 m), ze kterého bylo získáno celkem 5 dílčích vzorků půdy, ty byly odebírány z vrcholů X a z průsečíku úhlopříček čtverce Y (Obr. 6.). Půdní vzorky byly odebrány z hloubky 10 - 15 cm pomocí půdní vpichové jehly. Poté byly smíchány v jeden směsný vzorek půdy. [30]



Obr. 6. Schéma odběru vzorku [30]

Ze směsného vzorku byl odstraněn cizorodý materiál: kořeny rostlin a kameny, případně jiné větší cizorodé materiály. Odebraný vzorek o hmotnosti cca 100 g byl převeden do polyethylenového sáčku, na kterém bylo uvedeno datum, GPS souřadnice a meteorologické podmínky. [30]

Smetánka lékařská byla odebírána nejlépe nad místem odběru půdních vzorků. Odebírána byla pouze nadzemní část rostliny. Vzorky byly uloženy do papírového sáčku, na kterém bylo uvedeno datum, GPS a meteorologické podmínky. [30]

Vzorek půdy byl v co nejkratším čase dopraven do laboratoře nebo uchován v chladičím zařízení.

3.4 Zpracování odebraného vzorku půdy

V laboratoři byl vzorek půdy z polyethylenového sáčku přemístěn na filtrační papír, půda byla rovnoměrně rozprostřena do stejné výšky a byla volně sušena při laboratorní teplotě. Nakonec byl vzorek homogenizován (rozdrcen a prosit sítím o velikosti ok 2 mm). Vzorek byl analyzován pomocí absorpčního spektrometru AMA 254. [31]

Vzorek smetánky lékařské byl pomocí nůžek nastříhán na malé kousky a sušen na filtračním papíře při laboratorní teplotě. Po vysušení byl vzorek rozdrcen a prosit sítím o velikosti ok 2 mm, poté analyzován pomocí absorpčního spektrometru AMA 254. [32]

3.5 Stanovení obsahu rtuti pomocí AMA254

Obsah rtuti byl stanoven pomocí AMA254, metodou atomové absorpční spektrometrie (AAS). AMA254 je přístroj určený ke stanovení nízkých obsahů rtuti v pevných, kapalných a plynných materiálech spalovací metodou. [15], [33]

Před samotnou analýzou byl spuštěn čistící program. Na lodičku bylo nadávkováno 100 μ l čistícího roztoku (destilovaná voda + 0,1ml HCl) a byl spuštěn čistící program s těmito parametry: sušení/rozklad/čekání – 20/150/45 s. Čištění bylo ukončeno, až absorbance klesla pod hodnotu 0,003. Samotná analýza měla tyto parametry: 20/150/45 s. Na lodičku bylo naváženo přibližně 100 mg upraveného vzorku půdy nebo smetánky lékařské. Lodička s navážkou byla umístěna do dávkovacího zařízení, poté byla spuštěna analýza. Výsledkem měření byl celkový obsah rtuti v ppm ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Stanovení bylo u každého vzorku opakováno třikrát. [34]

3.6 Vizualizace dat pomocí GIS

Vizualizace byla provedena v souřadnicovém systému WGS 84. Souřadnice odběrových míst byly zaměřeny pomocí GPS (GPSmap 60CSx GARMIN). V tabulkovém procesoru MS EXCEL[®] byly zaznamenány data o koncentracích Hg v odebraných vzorcích a souřadnice odběrových bodů. V programu ESRI[®] ArcGIS[™] 9.3.1. byla pomocí prostorové

analýzy provedena vizualizace distribuce Hg. Metoda inverzních vzdáleností (Inverse Distance Weighting – IDW), která využívá při výpočtu váženého lineárního průměru, byla použita pro získání mapových výstupů distribuce Hg. Dále byly použity mapové vrstvy z volně přístupných webových mapových služeb (WMS): TopoCR , HEIS VÚV, ÚHUL a agentura Cenia.

4 DISKUZE A VÝSLEDKY

V několika zahraničních studiích byly sledovány koncentrace rtuti v okolí krematorií [1], [20], [37]. Důvodem těchto monitoringů bylo zjistit, zda krematoria představují významnou antropogenní zátěž pro okolní ekosystém.

Ze základních informací o Zlínském krematoriu vyplývá, že doposud v tomto zařízení nebyly nainstalovány odlučovače (Tab. 5.). Vzhledem ke stáří krematoria v Olomouci, lze předpokládat, že ani zde odlučovače nejsou nainstalovány. Na základě těchto skutečností, lze diskutovat, zda díky nepřítomnosti odlučovačů, se v okolí krematorií budou vyskytovat vyšší koncentrace rtuti, než v kontrolních lokalitách. Zjištěné fakta jsou uvedeny v kapitole (kap. 4.1.6.).

Ke sledování obsahu rtuti v zájmových a kontrolních lokalitách byly vybrány vzorky půd a listů smetánky lékařské. Smetánka lékařská (*Taraxacum officinale*) je uváděna jako rostlinný bioindikátor těžkých kovů zvolený pro uplatnění v monitoringu VÚRV v resortu Ministerstva zemědělství [36]. Jedná se o nejrozšířenější druh rostliny na území České Republiky, je to 10 až 25 cm vysoká bylina, patřící do čeledi hvězdčovitě. Listy jsou kopinaté až obvejčité a rostou v přízemní růžici. Na konci dutých stvolů můžeme najít žluté jazykovité květy. [35]

V následujících kapitolách jsou porovnány koncentrace rtuti v půdách (kap. 4.1.1.) a v listech smetánky lékařské (kap. 4.1.3.), s ohledem na roční období (podzim, jaro), kdy byl uskutečněn odběr vzorků. Distribuce rtuti v okolí krematorií, je znázorněna v kapitolách (kap. 4.1.2., kap. 4.1.4.). Také byly konfrontovány koncentrace rtuti v půdě a v listech smetánky lékařské ve vzorcích odebraných ve stejném odběrovém čtverci (Obr. 6.) a čase. Důvodem tohoto porovnání bylo zjistit, zda je závislost mezi obsahem rtuti v listech smetánky lékařské a obsahem rtuti v půdě. Výsledek tohoto porovnání je uveden v kapitole (kap. 4.1.5.).

4.1 Stanovení rtuti v půdě a v listech smetánky lékařské

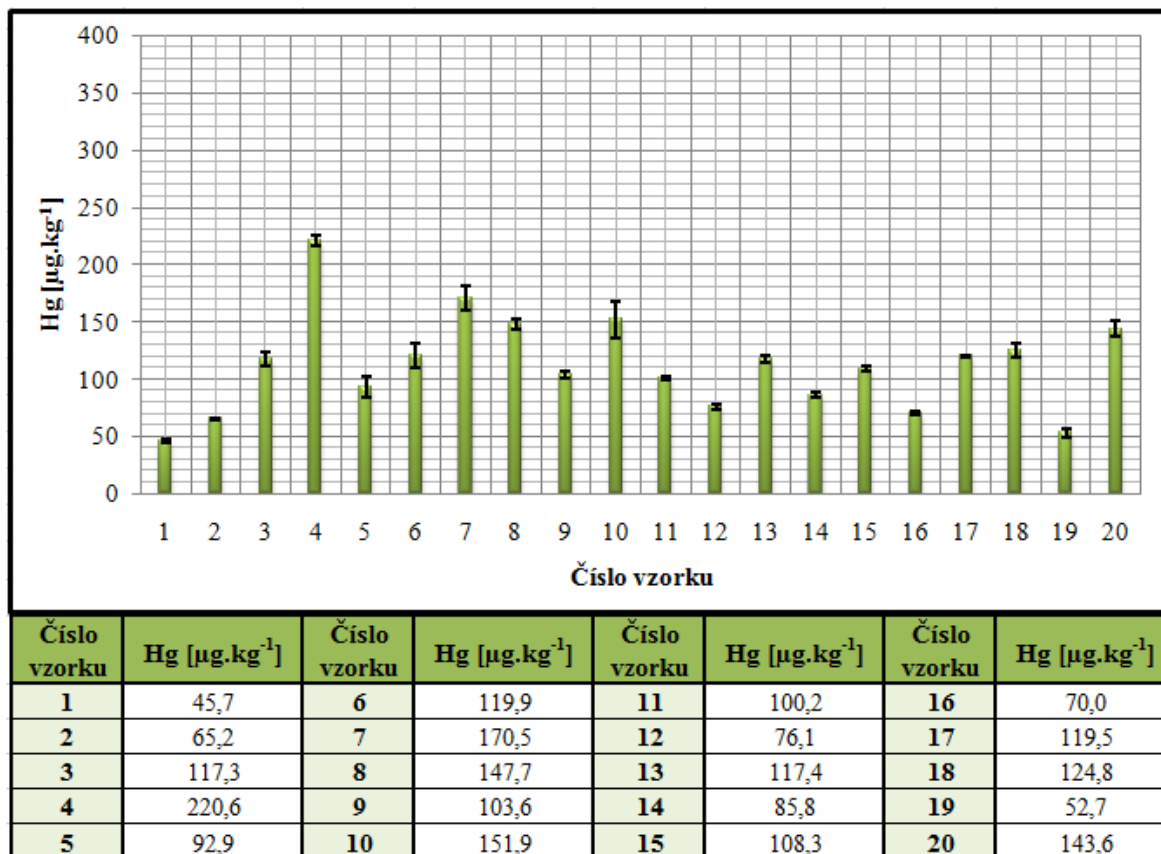
Dohromady bylo odebráno 148 vzorků, z toho 96 vzorků půdy a 52 vzorků smetánky lékařské. V odebraných vzorcích byl stanoven celkový obsah rtuti. Každý vzorek byl analyzován třikrát a z těchto dílčích výsledků byl vypočten aritmetický průměr a směrodatná odchylka. V níže uvedených kapitolách se nachází výsledky těchto analýz.

4.1.1 Srovnání koncentrací rtuti naměřených v půdě

Podle Cibulky a kol. se průměrná koncentrace rtuti v půdách pohybuje v rozmezí 20-200 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ [15]. Maximální přípustná hodnota rtuti v půdách, dle vyhlášky č. 13/1994 Sb. Ministerstva životního prostředí je 800 $\mu\text{g.kg}^{-1}$.

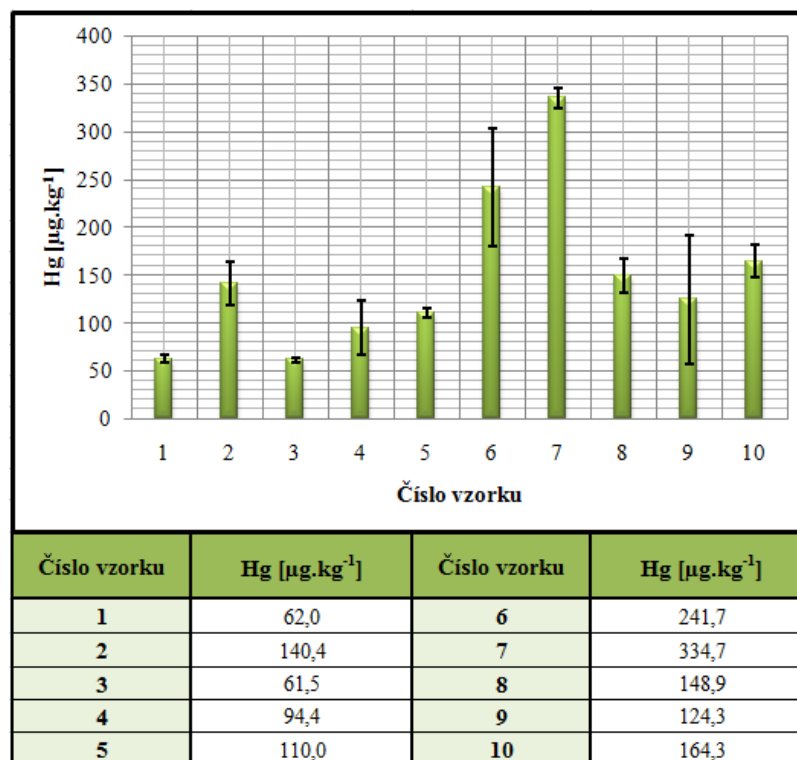
Podzimní odběry vzorků půd

Odběr vzorků označených jako podzimní byl proveden na podzim roku 2011. Bylo odebráno dohromady 30 vzorků půd. Z toho 20 vzorků v okolí Zlínského krematoria a 10 vzorků v okolí Olomouckého Krematoria. Termíny odběrů, meteorologické podmínky a GPS souřadnice míst odběrů vzorků půd jsou přiloženy v přílohách (P I, P III). Naměřené koncentrace rtuti ve vzorcích půdy, odebraných na podzim 2011, jsou graficky zpracovány v níže uvedených obrázcích (*Obr. 7.*, *Obr. 8.*) a také zaznamenány v přílohách, spolu se směrodatnou odchylkou.



Obr. 7. Koncentrace rtuti v půdních vzorcích odebraných ve Zlíně na podzim 2011 (aritmetický průměr \pm směrodatná odchylka)

Na obrázku (Obr. 7.) lze vidět, že největší naměřená koncentrace rtuti v půdách ve Zlíně byla $220,6 \mu\text{g.kg}^{-1}$ a nejmenší koncentrace rtuti $45,7 \mu\text{g.kg}^{-1}$. Tato koncentrace sice mírně překročila průměrné hodnoty v půdách, ale nebyly překročeny limitní hodnoty pro obsah rtuti v půdách.



Obr. 8. Koncentrace rtuti v půdních vzorcích odebraných v Olomouci na podzim 2011 (aritmetický průměr ± směrodatná odchylka)

Na obrázku (Obr. 8.) lze vidět, že koncentrace rtuti v půdách odebraných na podzim 2011 v okolí Olomouckého krematoria se pohybuje v rozmezí od 61,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ do 334,7 $\mu\text{g.kg}^{-1}$. Nejvyšší naměřená koncentrace byla vyšší než v případě lokality Zlín a značně překročila rozmezí průměrných hodnot uváděných v práci Cibulky a kol. [15], ale nepřekročila limitní hodnoty.

Nejvyšší obsah rtuti v půdě odebrané na podzim 2011 byl tedy zjištěn v okolí Olomouckého krematoria. Tato hodnota činila 334,71 $\mu\text{g.kg}^{-1}$. Na odběrovém místě v okolí Zlínského krematoria byla nejvyšší naměřená hodnota 220,63 $\mu\text{g.kg}^{-1}$. V okolí Zlínského ani Olomouckého krematoria nebyla překročena maximální přípustná hodnota 800 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ dle vyhlášky č. 13/1994 Sb. Ministerstva životního prostředí.

Z naměřených hodnot vyplývá, že v okolí krematoria s delší působností, můžeme nalézt větší koncentrace rtuti. Výsledky podzimních odběrů tak korespondují s výsledky

zahraniční studie Nieschmidta a Kima, kde byl zkoumán obsah rtuti v okolí tří různě starých krematorií na Novém Zélandu [37].

Výsledky této studie a základní informace o sledovaných krematoriích, lze vidět v předložené tabulce (*Tab. 6.*). Z údajů v tabulce (*Tab. 6.*) vyplývá, že největší koncentrace rtuti byla naměřená v okolí krematoria v Purewě, které je v provozu od roku 1957 a také má největší počet kremací ročně.

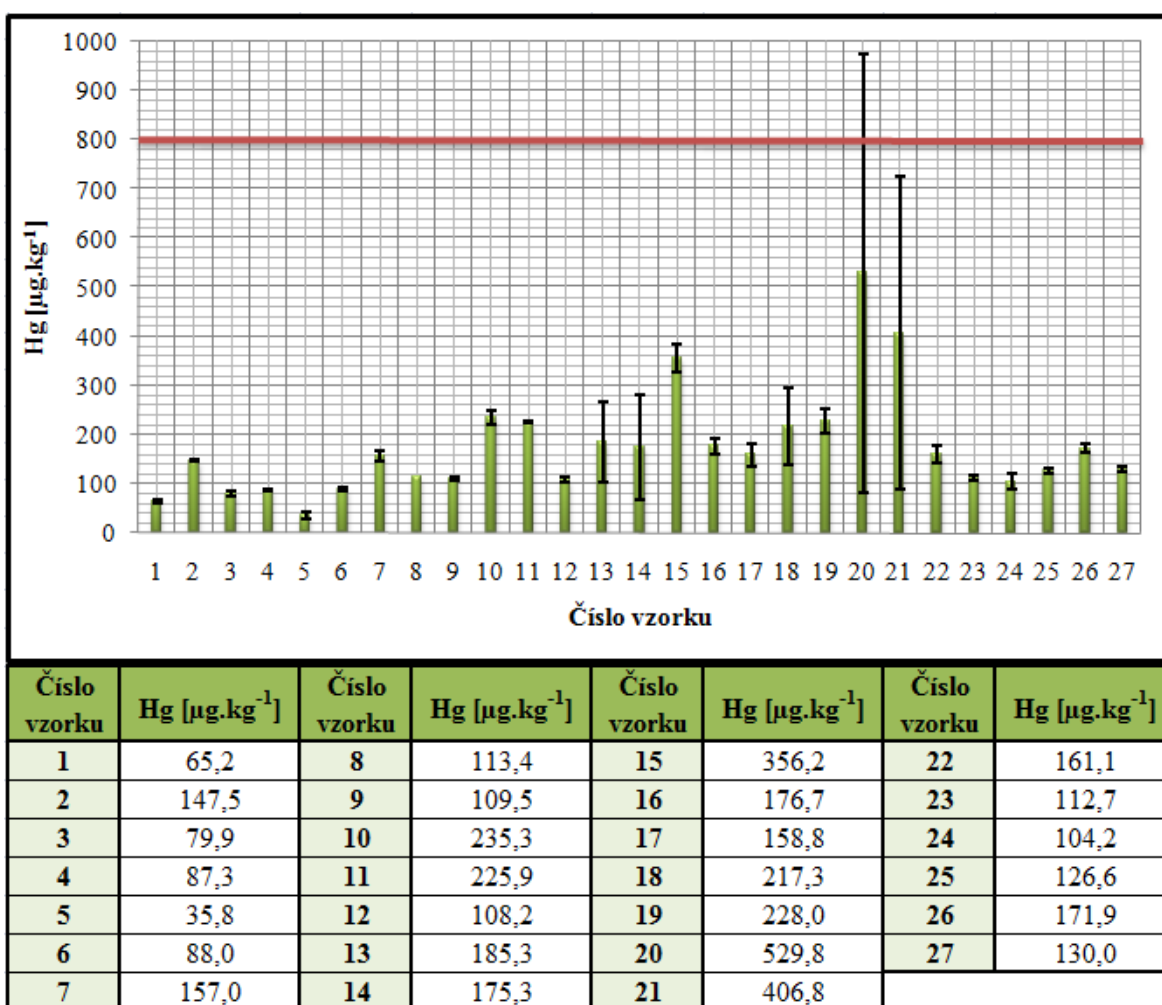
Tab. 6. Základní údaje o sledovaných krematoriích a naměřené koncentrace rtuti [37]

Krematorium	Rok založení	Počet kremací ročně	Hg [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	Spalovací zařízení	Palivo
South Auckland	1982	800	25	D & M*	Nafta
Hamilton	1964	960	170	D & M*	Plyn
Purewa	1957	1740	350	D & M*	Plyn
* Dowson and Mason twin reflux					

Tyto zjištěné fakta korespondují s obrázky (*Obr. 11, Obr. 12*), kde jsou znázorněny distribuce rtuti v okolí obou sledovaných krematorií. Z mapové dokumentace distribuce rtuti v okolí Olomouckého krematoria (*Obr. 12*), lze pozorovat, že se zde nacházejí vyšší koncentrace rtuti, než v okolí Zlínského krematoria (*Obr. 11*).

Jarní odběry vzorků půd

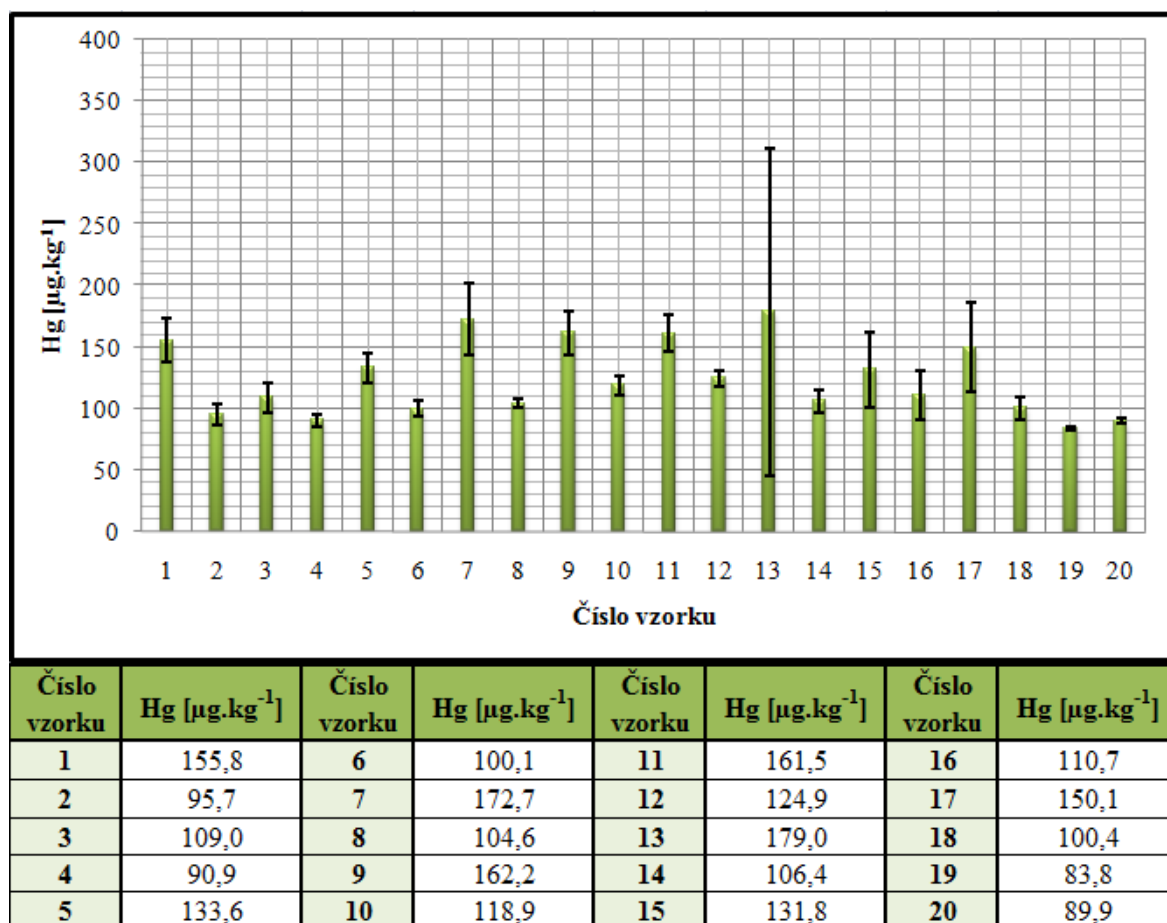
Odběr jarních vzorků půd byl proveden na jaře roku 2012. Termíny odběrů, meteorologické podmínky a GPS souřadnice míst odběrů jsou přiloženy v přílohách (P V, P VII). Bylo odebráno 46 půdních vzorků. V okolí Zlínského krematoria 27 půdních vzorků a v okolí Olomouckého krematoria 19 půdních vzorků. Naměřené koncentrace rtuti ve vzorcích půd, odebraných v jarních termínech, jsou graficky zpracovány v níže uvedených obrázcích (*Obr. 9., Obr. 10.*) a také zaznamenány v přílohách, spolu se směrodatnou odchylkou.



Obr. 9. Koncentrace rtuti v půdních vzorcích odebraných ve Zlíně na jaře 2012 (aritmický průměr \pm směrodatná odchylka)

Na obrázku (*Obr. 9*) lze vidět, že koncentrace rtuti v půdách v okolí Zlínského krematoria odebraných na jaře 2012 se pohybuje v rozmezí od 35,8 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ do 529,8 $\mu\text{g.kg}^{-1}$.

Nejvyšší naměřená koncentrace byla vyšší než v případě lokality Olomouc. Vzorky číslo 10, 11, 15, 18, 19, 20, 21 značně překročily rozmezí průměrných hodnot rtuti v půdách (dle Cibulky a kol.). V případě vzorku číslo 20 došlo při stanovování koncentrací na analyzátoru AMA 254 i k překročení maximální přípustné hodnoty dle zákona 13/1994 Sb. (maximální přípustná hodnota rtuti je v obrázku znázorněna červenou čarou), jak lze vidět pomocí směrodatné odchylky uvedené v obrázku. Vzorky 20 a 21 i po provedené homogenizaci, pravděpodobně vykazovaly heterogenitu, což je důvodem velkého rozptylu naměřených koncentrací.



Obr. 10. Koncentrace rtuti v půdních vzorcích odebraných v Olomouci na jaře 2012 (aritmetický průměr \pm směrodatná odchylka)

Na obrázku (Obr. 10) lze vidět naměřené koncentrace rtuti v odebraných vzorcích půdy na jaře 2012 v okolí Olomouckého krematoria. Naměřené koncentrace rtuti se pohybovaly v rozmezí od $83,8 \mu\text{g.kg}^{-1}$ do $179,0 \mu\text{g.kg}^{-1}$. Z naměřených výsledků vyplývá, že

koncentrace rtuti se pohybovaly v rozmezí průměrných hodnot (dle Cibulky a kol.) a nedošlo k překročení maximální přípustné hodnoty stanovené zákonem 13/1994 Sb.

U jarních odběrů můžeme z naměřených výsledků sledovat jinou tendenci než u podzimních odběrů. Tyto skutečnosti mohou být způsobeny meteorologickými podmínkami, ale také rozdílným okolím krematorií. Zlínské krematorium se nachází v zalesněném území. Na jaře 2012 byly vzorky odebírány v částech lesů obklopujících Zlínské krematorium. Vzorky tam byly odebírány z důvodu získání mapové dokumentace celého katastrálního pozemku, na kterém se krematorium Zlín nachází. Zalesněná půda má 10x až 20x větší specifický povrch, než půda bez vegetace, což zvyšuje záchyt emisí i imisí rtuti [38]. Tato skutečnost pravděpodobně způsobila i vyšší koncentrace rtuti v odebraných vzorcích půd.

V okolí Olomouckého krematoria se nachází zemědělská půda, kde na jaře 2012 byly také odebírány vzorky půdy, z důvodu zmapování katastrálního pozemku, na kterém se nachází Olomoucké krematorium. Pravidelnou orbou půdy může pravděpodobně docházet k uvolňování rtuti z půd, proto v odebraných vzorcích byly naměřené nižší koncentrace rtuti.

Z mapové dokumentace distribuce rtuti v okolí studovaných krematorií (*Obr. 11*, *Obr. 12*), ale lze pozorovat, že vyšší koncentrace rtuti se vyskytují v okolí Olomouckého krematoria (*Obr. 12*). V okolí Zlínského krematoria jsou nejvyšší koncentrace naměřeny především v zalesněné půdě (zvýšený záchyt emisí a imisí rtuti), jak lze vidět z obrázku (*Obr. 11*).

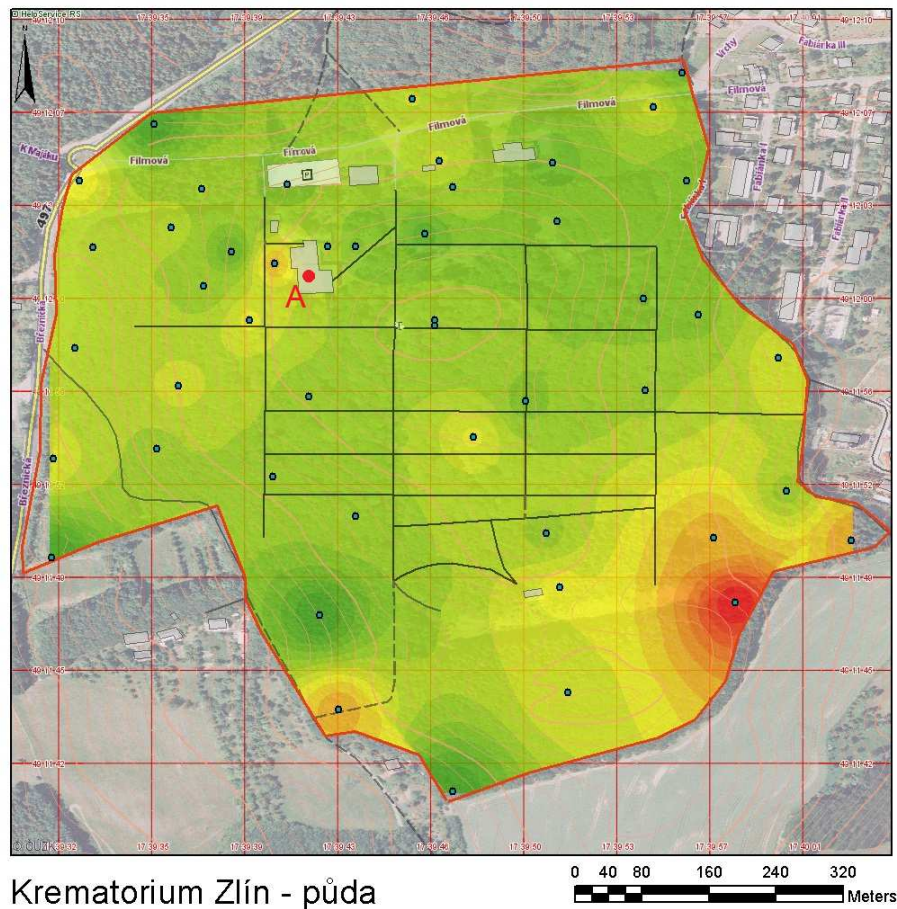
4.1.2 Distribuce rtuti v okolí krematorií – stanoveno v půdách

Na obrázcích (*Obr. 11.*, *Obr. 12.*) je zobrazena distribuce rtuti v půdách v okolí studovaných krematorií. Místa s největší naměřenou koncentrací jsou zde označeny červenou barvou a místa s nejnižší naměřenou koncentrací rtuti jsou označeny zelenou barvou.

Na podzim byl proveden screening pomocí, kterého byly vytipovány základní odběrová místa v těsné blízkosti krematoria, a na základě výsledků byla poté na jaře zmapována celá katastrální oblast studované lokality.

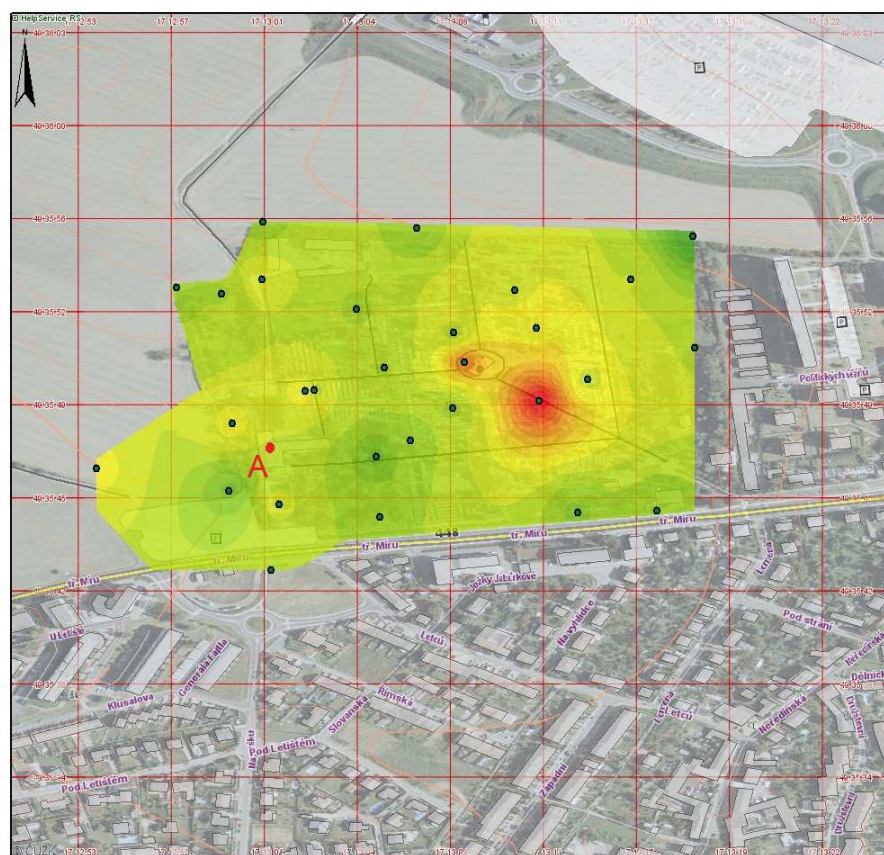
V okolí Zlínského krematoria, které je na obrázku označeno písmenem A (*Obr. 11.*), byly nejvyšší koncentrace rtuti v půdách naměřeny $529,8 \mu\text{g.kg}^{-1}$, $406,8 \mu\text{g.kg}^{-1}$ a $356,2 \mu\text{g.kg}^{-1}$. Z obrázku je možno vidět že tyto koncentrace byly stanoveny ve vzorcích, které byly odebrané v zalesněné ploše. Tyto skutečnosti potvrzují, že zalesněná půda zachycuje více emisí a imisí rtuti. Dále na obrázku, lze vidět pravděpodobný směr větru. Na západní straně budovy Zlínského krematoria jsou mírně zvýšené koncentrace rtuti, které mohou být důsledkem mokré atmosférické depozice.

V okolí Olomouckého krematoria, které je na obrázku (*Obr. 12.*), označeno písmenem A, byly nejvyšší koncentrace rtuti v půdách naměřeny $334,71 \mu\text{g.kg}^{-1}$, $241,7 \mu\text{g.kg}^{-1}$ a $170,0 \mu\text{g.kg}^{-1}$. Tyto koncentrace byly naměřené v půdách s travním pokryvem. Olomoucké krematorium bylo založené o 46 let dříve než Zlínské krematorium. Z těchto zjištěných skutečností, lze souhlasit s předpokladem Reind J., že v důsledku vzrůstajícího trendu kremací, bude docházet i k vzrůstu koncentrace rtuti v půdě ($100 \mu\text{g.kg}^{-1}$ na 18 000 kremací) [20].

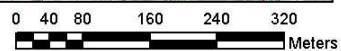


Obsah Hg [mg/kg]	0,0951 - 0,1187	0,2375 - 0,2611
0 - 0,0238	0,1188 - 0,1424	0,2612 - 0,2848
0,0239 - 0,0475	0,1425 - 0,1662	0,2849 - 0,3086
0,0476 - 0,0712	0,1663 - 0,1899	0,3087 - 0,3323
0,0713 - 0,095	0,19 - 0,2136	0,3324 - 0,356
	0,2137 - 0,2374	

Obr. 11. Distribuce rtuti v okolí Zlínského krematoria, místo označené písmenem A je Zlínské krematorium (stanoveno v půdách)



Krematorium Olomouc - půda



Obsah Hg [mg/kg]	0,089 - 0,1111	0,2223 - 0,2444
0 - 0,0222	0,1112 - 0,1333	0,2445 - 0,2666
0,0223 - 0,0444	0,1334 - 0,1555	0,2667 - 0,2888
0,0445 - 0,0667	0,1556 - 0,1777	0,2889 - 0,311
0,0668 - 0,0889	0,1778 - 0,2	0,3111 - 0,3333
	0,2001 - 0,2222	

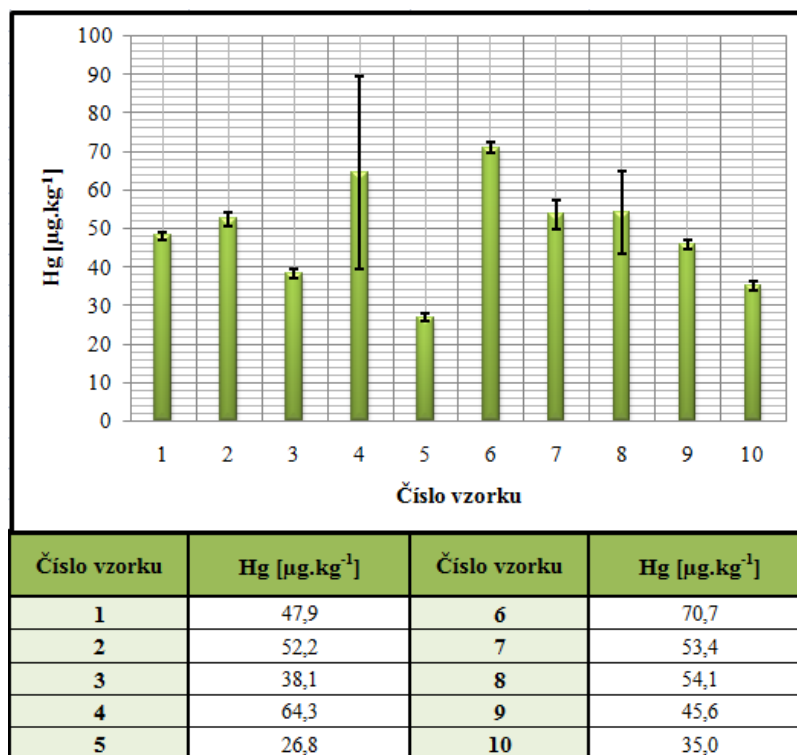
Obr. 12. Distribuce rtuti v okolí Olomouckého krematoria, místo označené písmenem A je Olomoucké krematorium (stanoveno v půdách)

4.1.3 Srovnání koncentrací rtuti naměřených v listech smetánky lékařské

Podle Markert B. se průměrná koncentrace rtuti v rostlinách pohybuje v rozmezí 5-200 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ v sušině [16]. Doposud neexistují schválené normy pro hodnocení rostlin-bioindikátorů, proto byly použity existující normy pro krmiva [36]. Maximální přípustná hodnota rtuti ve smetánce lékařské je 100 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ dle vyhlášky č. 356/2008 Sb.

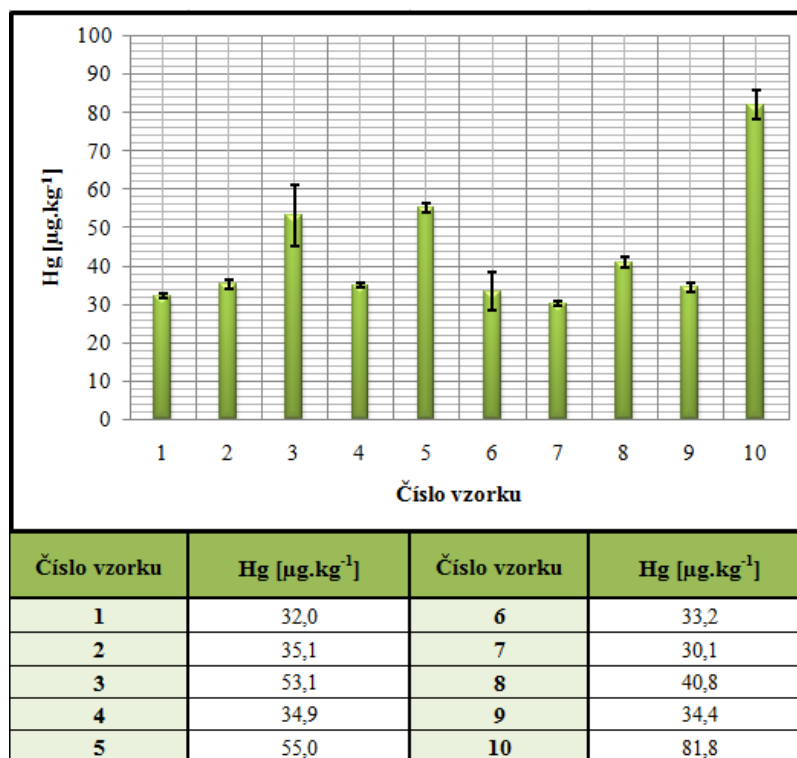
Podzimní odběry vzorků listů smetánky lékařské

Odběr vzorků označených jako podzimní byl proveden na podzim roku 2011. Dohromady bylo odebráno 20 vzorků listů smetánky lékařské, v okolí Zlínského krematoria 10 vzorků a v okolí Olomouckého krematoria taktéž 10 vzorků. Termíny odběrů, meteorologické podmínky a GPS souřadnice míst odběrů vzorků listů smetánky lékařské jsou přiloženy v přílohách (P II, P IV). Naměřené koncentrace rtuti ve vzorcích listů smetánky lékařské, získaných na podzim 2011, jsou graficky zpracovány v níže uvedených obrázcích (*Obr. 13., Obr. 14.*) a také zaznamenány v přílohách, spolu se směrodatnou odchylkou.



Obr. 13. Koncentrace rtuti v listech smetánky lékařské odebrané ve Zlíně na podzim 2011 (aritmetický průměr \pm směrodatná odchylka)

Na obrázku (Obr. 13) lze vidět, že největší naměřená koncentrace rtuti v listech smetánky lékařské odebrané v okolí Zlínského krematoria na podzim 2011 byla $70,7 \mu\text{g.kg}^{-1}$ a nejmenší koncentrace rtuti $26,8 \mu\text{g.kg}^{-1}$. Tyto koncentrace jsou v rozmezí průměrných hodnot [16] a nepřekračují limitní hodnoty stanovené zákonem.

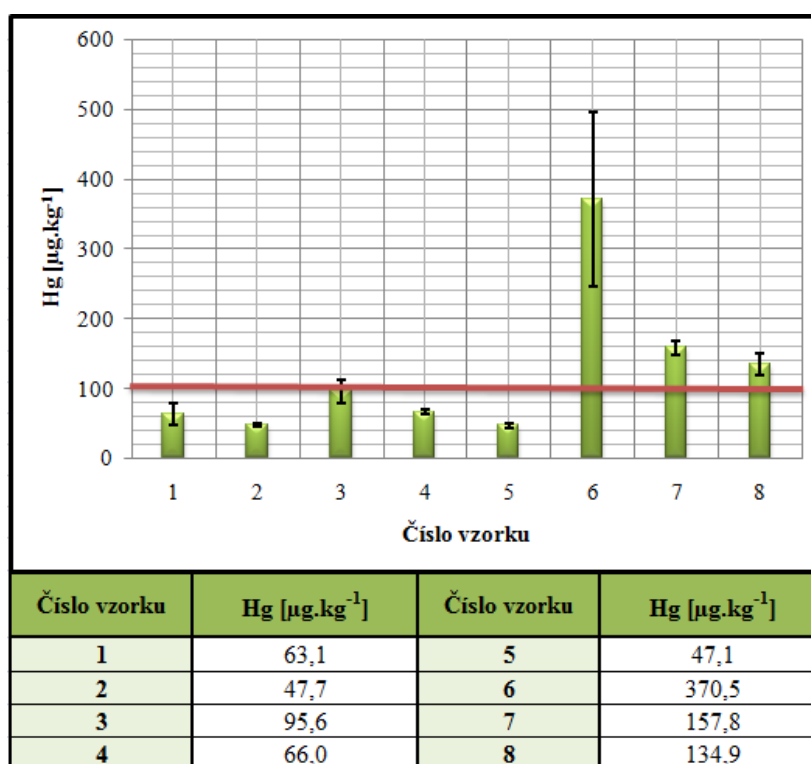


Obr. 14. Koncentrace rtuti v listech smetánky lékařské odebrané v Olomouci na podzim 2011 (aritmetický průměr \pm směrodatná odchylka)

Na obrázku (Obr. 14) lze vidět, že největší naměřená koncentrace rtuti v listech smetánky lékařské, odebrané v okolí Olomouckého krematoria na podzim 2011, byla $81,8 \mu\text{g.kg}^{-1}$ a nejmenší koncentrace rtuti $30,1 \mu\text{g.kg}^{-1}$. Hodnoty naměřené ve smetánce lékařské se pohybovaly v rozmezí průměrných koncentrací rtuti zjištěných v rostlinách [16]. Nedošlo k překročení limitních hodnot stanovených zákonem 356/2008 Sb. Ve vzorcích listů smetánky lékařské, odebraných na podzim 2011, byl pozorován stejný trend jako u koncentrace rtuti v půdách. Nejvyšší obsah rtuti ve smetánce lékařské byl naměřen na vzorku odebraným v okolí Olomouckého krematoria a to $81,76 \mu\text{g.kg}^{-1}$.

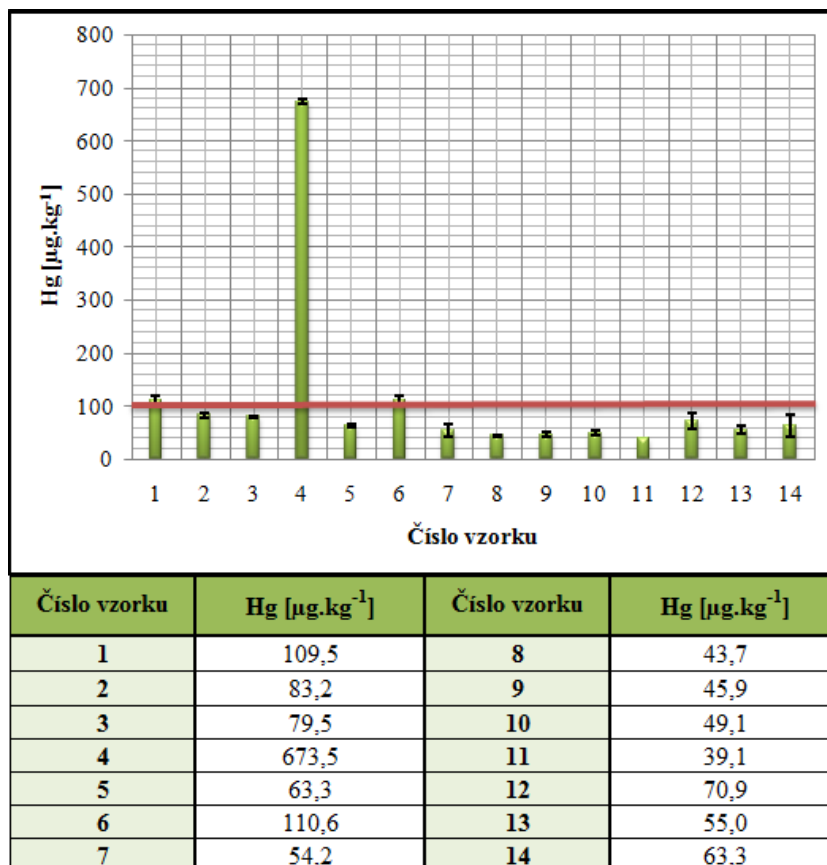
Jarní odběry vzorků listů smetánky lékařské

Odběr jarních vzorků byl proveden na jaro roku 2012. Dohromady bylo odebráno 21 vzorků listů smetánky lékařské. V okolí Zlínského krematoria 8 vzorků a v okolí Olomouckého krematoria 13 vzorků listů smetánky lékařské. Termíny odběrů, meteorologické podmínky a GPS souřadnice míst odběrů vzorků listů smetánky lékařské jsou přiloženy v přílohách (P VI, P VIII). Naměřené koncentrace rtuti ve vzorcích listů smetánky lékařské, odebraných na jaře 2012, jsou graficky zpracovány v níže uvedených obrázcích (Obr. 15., Obr. 16.) a také zaznamenány v přílohách, spolu se směrodatnou odchylkou.



Obr. 15. Koncentrace rtuti ve smetánce lékařské odebrané ve Zlíně na jaře 2012 (aritmetický průměr \pm směrodatná odchylka)

Na obrázku (Obr. 15) lze vidět, že největší naměřená koncentrace rtuti v listech smetánky lékařské odebrané v okolí Zlínského krematoria na jaře 2012 byla $370,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ a nejmenší koncentrace rtuti $47,1 \mu\text{g.kg}^{-1}$. V případech vzorků 6, 7, 8 došlo k překročení maximální přípustné hodnoty rtuti $100 \mu\text{g.kg}^{-1}$ stanovené zákonem 356/2008 Sb. (maximální přípustná hodnota rtuti je v obrázku znázorněna červenou čarou).



Obr. 16. Koncentrace rtuti ve smetánce lékařské odebrané v Olomouci na jaře 2012 (aritmetický průměr \pm směrodatná odchylka)

Na obrázku (Obr. 16) lze vidět, že největší naměřená koncentrace rtuti v listech smetánky lékařské odebrané v okolí Olomouckého krematoria na jaře 2012 byla $673,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ a nejmenší koncentrace rtuti $39,1 \mu\text{g.kg}^{-1}$. V případech vzorků 1, 4, 6 došlo k překročení maximální přípustné hodnoty rtuti stanovené zákonem 356/2008 Sb. (maximální přípustná hodnota rtuti je v obrázku znázorněna červenou čarou). Koncentrace rtuti $673,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ je nejvyšší koncentrací naměřenou ve všech odebraných vzorcích listů smetánky lékařské i z odebraných vzorků půd. Z obrázku (Obr. 16.), lze vidět malé rozmezí směrodatné odchylky, jedná se tedy o relativně přesnou hodnotu. Důvodem nadlimitní koncentrace je nejspíše automobilová doprava, jak lze vidět z distribuce rtuti (Obr. 17, Obr. 18.).

V listech smetánky lékařské, odebrané na jaře 2012, byly naměřeny vyšší koncentrace rtuti, než ve vzorcích odebraných na podzim 2011. Pravděpodobným důvodem může být, že smetánka lékařská v období jara roste rychleji než na podzim. To může být důsled-

kem vyšší akumulace rtuti do těla rostliny. Dalším faktorem může být i atmosférická depozice a počty kremací uskutečněných v různém období roku.

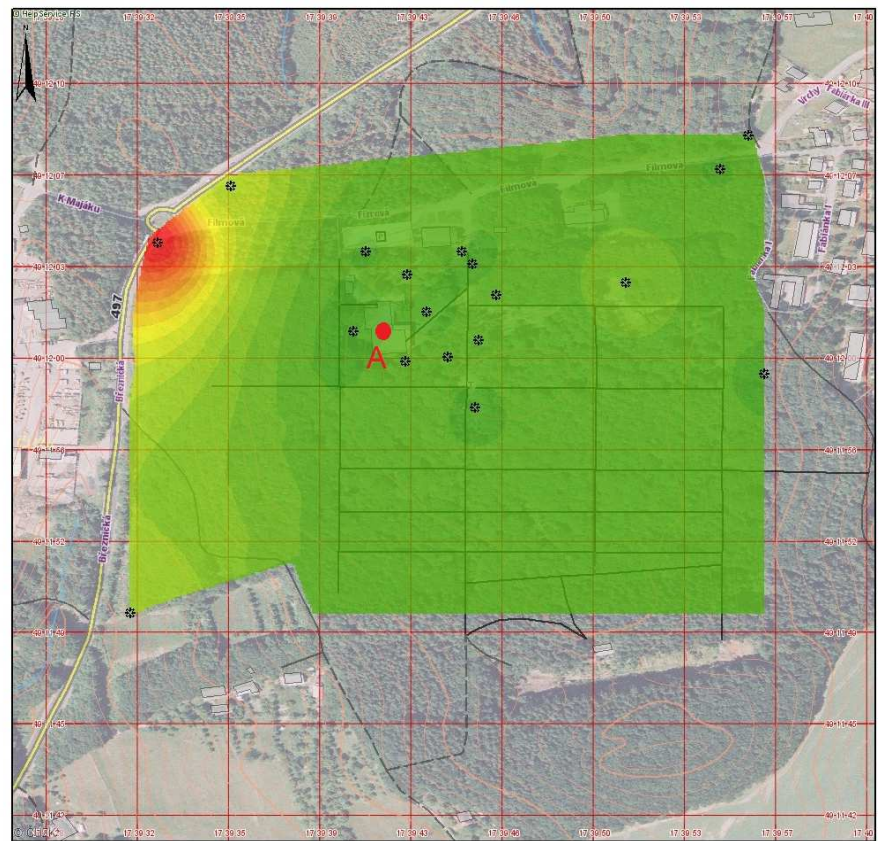
Mapová dokumentace distribuce rtuti v okolí sledovaných krematorií (stanoveno v listech smetánky lékařské) je uvedena v další kapitole (kap. 4.1.4.).

4.1.4 Distribuce rtuti v okolí krematorií - stanoveno v listech smetánky lékařské

Na obrázcích (*Obr. 17.*, *Obr. 18.*) znázorněná distribuce rtuti v okolí krematoria Zlín a Olomouc. Místa s největší koncentrací jsou zde označeny červenou barvou a místa s nejmenší koncentrací rtuti jsou označené zelenou barvou.

Na podzim byl proveden screening pomocí, kterého byly vytipovány základní odběrová místa v těsné blízkosti krematoria, a na základě výsledků byla poté na jaře zmapována celá katastrální oblast studované lokality.

V případě Olomouckého i Zlínského krematoria byla největší koncentrace rtuti naměřena v okolí cest (*Obr. 17.*, *Obr. 18.*). Ze studie Won J. H. vyplývá, že automobilová doprava patří mezi jedny z významných antropogenních zdrojů rtuti. V pohonných hmotách se rtuť vyskytuje nejméně v naftě (200 ng.l^{-1}), středně v benzínu (600 ng.l^{-1}) a nejvíce v LPG (1200 ng.l^{-1}). Automobily poháněné zkapalněným plynem zatěžují ovzduší výlučně elementární rtuti (okolo $5 \mu\text{g.h}^{-1}$) [39]. Tyto zjištěné skutečnosti mohou být pravděpodobně důsledkem stanovení zvýšených koncentrací rtuti v listech smetánky lékařské odebraných okolí silniční komunikaci vyskytující se ve studovaných lokalitách.



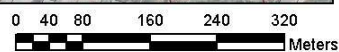
Krematorium Zlín -
Smetánka lékařská

Obsah Hg [mg/kg]	0,1185 - 0,1413	0,256 - 0,2788
0,0268 - 0,0497	0,1414 - 0,1642	0,2789 - 0,3017
0,0498 - 0,0726	0,1643 - 0,1872	0,3018 - 0,3246
0,0727 - 0,0955	0,1873 - 0,2101	0,3247 - 0,3475
0,0956 - 0,1184	0,2102 - 0,233	0,3476 - 0,3704
	0,2331 - 0,2559	

Obr. 17. Distribuce rtuti v okolí Zlínského krematoria, místo označené písmenem A je Zlínské krematorium (stanoveno v listech smetánky lékařské)



Krematorium Olomouc -
Smetánka lékařská

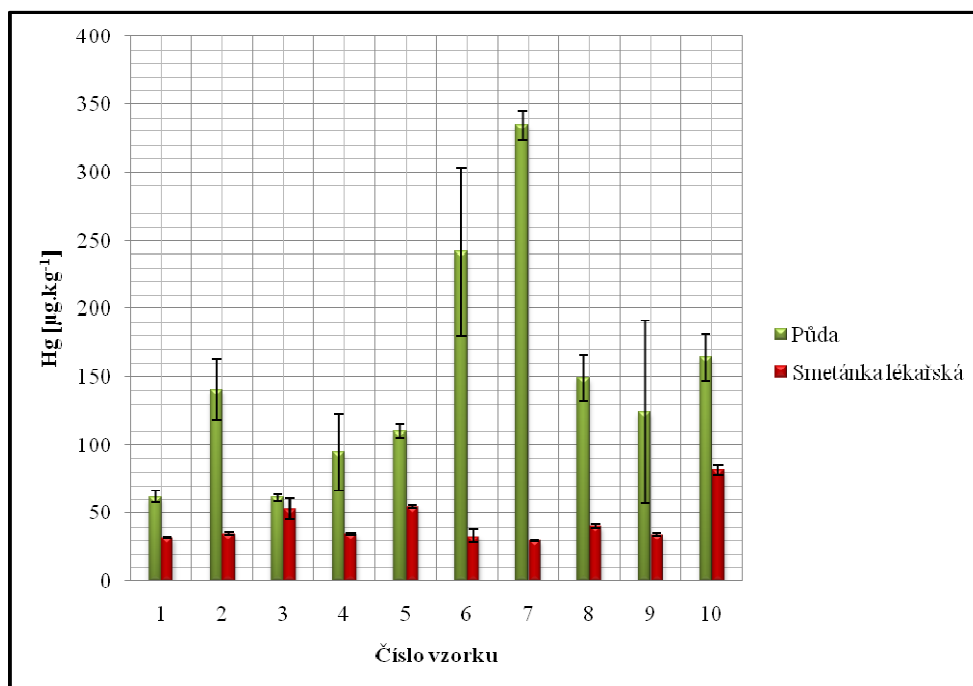


Obsah Hg [mg/kg]	0,2018 - 0,2446	0,4591 - 0,5019
0,2447 - 0,2875	0,502 - 0,5448	
0,0301 - 0,073	0,2876 - 0,3304	0,5449 - 0,5877
0,0731 - 0,1159	0,3305 - 0,3733	0,5878 - 0,6306
0,116 - 0,1588	0,3734 - 0,4161	0,6307 - 0,6735
0,1589 - 0,2017	0,4162 - 0,459	

Obr. 18. Distribuce rtuti v okolí Olomouckého krematoria, místo označené písmenem A je Olomoucké krematorium (stanoveno v listech smetánky lékařské)

4.1.5 Srovnání koncentrace rtuti v půdách a smetánce lékařské

Byly porovnány koncentrace rtuti v půdách a v listech smetánky lékařské, u vzorků které byly odebrány ve vytyčeném odběrovém čtverci na podzim 2011 v okolí Olomouckého krematoria. Z obrázku (Obr. 19.) nevyplývá závislost mezi koncentrací rtuti v listech smetánky lékařské a koncentrací rtuti v půdě. To odpovídá skutečnosti, že rostliny hůře přijímají sloučeniny rtuti z půdy. Nemají schopnost uvolňovat rtuť z pevných komplexů huminových kyselin, přičemž akumulace rtuti rostlinami je ovlivněna řadou dalších faktorů jako je aktivita mikroorganismů, šířka huminové vrstvy a pH půdy [5]. Ze zmíněných poznatků lze přepokládat, že větší koncentrace rtuti, nalezené v listech smetánky lékařské jsou v důsledku atmosférické depozice.



Obr. 19. Obsah rtuti v půdách a v smetánce lékařské – podzim 2011 (aritmetický průměr \pm směrodatná odchylka)

4.1.6 Srovnání koncentrací rtuti naměřených v kontrolních lokalitách a v okolí krematorií

Aby bylo možné posoudit míru antropogenní zátěže na ekosystém, kterou krematoria mohou představovat, byly porovnány koncentrace rtuti naměřené v okolí krematorií s koncentrací rtuti naměřenými v kontrolních lokalitách. Cílem bylo zjistit, zda se v okolí krematorií nachází vyšší koncentrace rtuti než na kontrolních lokalitách, kde se krematoria nenachází.

Vzorky půd a listů smetánky lékařské odebraných v kontrolních lokalitách

Vzorky půd a listů smetánky lékařské byly v kontrolních lokalitách odebírány na jaře 2012. Proto byly průměrné koncentrace porovnány s průměrnými koncentracemi vzorků půd a listů smetánky lékařské odebraných na jaře 2012. Termíny odběrů, meteorologické podmínky a GPS souřadnice míst odběrů vzorků listů smetánky lékařské a vzorků půd jsou přiloženy v přílohách (P IX, P X, P XI), spolu s naměřenými koncentracemi a směrodatnými odchylkami.

Chráněná krajinná oblast Beskydy - Pustevny

Kontrolní lokalita, která se nachází v CHKO Beskydy – Pustevny, byla vybrána za předpokladu, že se jedná o méně zatíženou lokalitu, kde se v blízkosti nevyskytují průmyslové zdroje znečištění. V této lokalitě bylo odebráno 10 vzorků půdy a vzhledem k meteorologickým podmínkám pouze jeden vzorek smetánky lékařské. Tato lokalita se nachází v nadmořské výšce 1000 metrů nad mořem a v době odběru se ještě na lokalitě vyskytovala sněhová pokrývka, z tohoto důvodu byl odebrán pouze jeden vzorek listu smetánky lékařské. (Z časových důvodů další vzorky listů smetánky lékařské nebyly odebrány.) V tabulce (*Tab. 7.*) lze vidět hodnoty naměřené koncentrace rtuti ve vzorcích půd odebraných v kontrolní lokalitě Pustevny.

Tab. 7. Hodnoty koncentrace rtuti ve vzorcích půdy odebrané v kontrolní lokalitě Pustevny

Nejnižší naměřená koncentrace Hg [$\mu\text{g.kg}^{-1}$]	Nejvyšší naměřená koncentrace Hg [$\mu\text{g.kg}^{-1}$]	Průměr koncentrace Hg [$\mu\text{g.kg}^{-1}$]	Medián koncentrace Hg [$\mu\text{g.kg}^{-1}$]
80,76	133,56	118,99	121,94

Ve vzorku smetánky lékařské byla naměřena koncentrace rtuti $393,36 \mu\text{g.kg}^{-1}$. Tato koncentrace sice přesahuje maximální přípustné limity stanovené zákonem 356/2008 Sb., ale z důvodu odebrání pouze jednoho vzorku bylo rozhodnuto o nezařazení této hodnoty do celkového hodnocení.

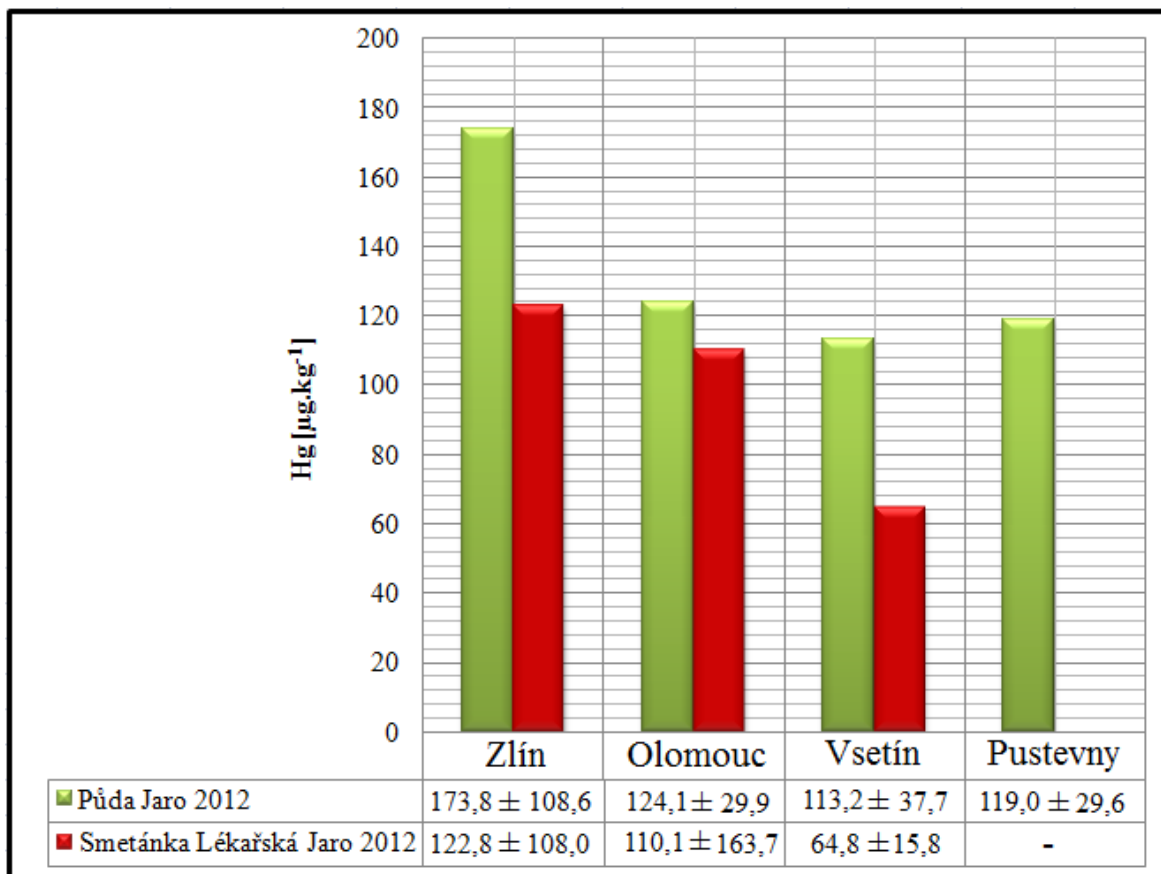
Vsetín

Kontrolní lokalita Vsetín byla vybrána z důvodu nepřítomnosti krematoria a díky průmyslové zatíženosti tohoto města. Bylo odebráno 10 vzorků půdy a 10 vzorků smetánky lékařské. Vzorky byly odebírány v různých lokalitách města Vsetína. Tyto lokality jsou znázorněny na obrázku (Obr. 5). Pro odběr vzorků byly vybrány průmyslově zatížené oblasti (Jasenice, Trávníky) i oblasti sídlišť (Ohrada, Sychrov, Jasenka) a méně osídlených míst (Na Kopečku, Červenka, Hrbová, Rokytnice). V tabulce (Tab. 8.) lze vidět hodnoty naměřených koncentrací rtuti ve vzorcích půd a listů smetánky lékařské odebraných v kontrolní lokalitě Vsetín.

Tab. 8. Hodnoty koncentrace rtuti ve vzorcích půdy a v listech smetánky lékařské odebraných v kontrolní lokalitě Vsetín

Nejnižší naměřená koncentrace Hg [$\mu\text{g.kg}^{-1}$]	Nejvyšší naměřená koncentrace Hg [$\mu\text{g.kg}^{-1}$]	Průměr koncentrace Hg [$\mu\text{g.kg}^{-1}$]	Medián koncentrace Hg [$\mu\text{g.kg}^{-1}$]
Vzorky půdy			
77,1	193,5	113,2	105,0
Vzorky listů smetánky lékařské			
39,8	90,0	64,8	61,0

Na obrázku (Obr. 20.) jsou znázorněny vypočtené průměrné koncentrace rtuti ze vzorků odebraných v okolí studovaných krematorií a vypočtené průměrné koncentrace rtuti ve vzorcích odebraných v kontrolních lokalitách na jaře 2012.



Obr. 20. Vypočtené průměry koncentrací rtuti vzorků odebraných na jaře 2012, pro různé odběrové lokality (aritmetický průměr ± směrodatná odchylka)

Z obrázku (Obr. 20.) vyplývá, že koncentrace rtuti v půdách a v listech smetánky lékařské v kontrolních lokalitách jsou téměř identické. Ze srovnání vypočtených koncentrací naměřených v různých lokalitách, lze usuzovat, že v blízkosti krematorií lze najít mírně zvýšené koncentrace rtuti v půdách i v listech smetánky lékařské. Bylo zaznamenáno pouze bodové znečištění, jak lze vidět na obrázcích (Obr. 11., Obr. 12., Obr. 17., Obr. 18.). V tabulce (Tab. 9.) lze vidět hodnoty vypočtených koncentrací rtuti ve vzorcích půd a v listech smetánky lékařské odebraných v různých lokalitách na jaře 2012.

Tab. 9. Hodnoty vypočtených koncentrací rtuti ve vzorcích půdy a v listech smetánky lékařské odebraných v různých lokalitách

	Zlín	Olomouc	Vsetín	Pustevny
	Půda			
Nejnižší naměřená koncentrace Hg [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	35,8	83,9	68,0	80,7
Nejvyšší naměřená koncentrace Hg [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	529,8	179,0	193,5	180,1
Průměrná koncentrace Hg [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	173,8	124,1	113,2	119,0
Směrodatná odchylka [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	108,6	29,9	37,7	29,6
Medián koncentrace Hg [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	157,0	114,8	105,0	121,9
Interval spolehlivosti [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	40,9	13,1	23,3	18,3
	Smetánka lékařská			
Nejnižší naměřená koncentrace Hg [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	47,1	39,2	39,8	-
Nejvyšší naměřená koncentrace Hg [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	370,5	673,5	90,0	-
Průměrná koncentrace Hg [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	122,8	110,1	64,8	-
Směrodatná odchylka [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	108,0	163,7	15,8	-
Medián koncentrace Hg [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	80,8	63,3	61,0	-
Interval spolehlivosti [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	74,8	85,8	9,8	-

Ze zjištěných faktů, lze souhlasit s předpokladem Reind J., že pouze 1 % rtuti se atmosférickým spadem usazuje v blízkosti antropogenní zdrojů rtuti. Zbylých 99 % rtuti v atmosféře se transportuje na velké vzdálenosti [20]. Z této skutečnosti, lze usoudit, že kontrolní lokality mohou být ovlivněny emisemi rtutí z podniků, které se nachází v bývalém okrese Vsetín, nynějším Zlínském kraji. Pravděpodobnými antropogenními zdroji rtuti v kontrolních lokalitách by mohli být DEZA, a.s., výtopna Energoaqua, a.s. a

briketovací komplex MARK METAL s.r.o. V roce 2002 DEZA, a.s., která se nachází ve Valašském Meziříčí, spalovacími procesy vyprodukovala 12,2 kg emisí rtuti. Výtopna Energoqua, a.s. se nachází v Rožnově pod Radhoštěm a za rok 2002 vyprodukovala 2,4 kg emisí rtuti. Briketovací komplex MARK METAL s.r.o. se nachází ve Velkých Karlovicích a za rok 2002 vyprodukoval 2 kg emisí rtuti [6]. Tyto tři antropogenní zdroje by mohli ovlivnit koncentrace rtuti v kontrolních lokalitách, díky schopnosti rtuti se atmosférou transportovat na velké vzdálenosti. Transport rtuti atmosférou ovlivní i meteorologické podmínky a převládající směr větru.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá monitoringem rtuti v okolí krematorií. Byly sledovány koncentrace rtuti v půdách a rostlinném porostu (listy smetánky lékařské) v okolí krematorií. Krematoria byla vybrána ve dvou městech. Ve Zlíně, kde je počet obyvatel pod 100 tisíc, bylo krematorium založeno v roce 1978. Dále bylo vybráno krematorium v městě s počtem obyvatel nad 100 tisíc. Jedná se o město Olomouc, ve kterém bylo krematorium založeno v roce 1932. Byly také vybrány dvě kontrolní lokality (Vsetín a CHKO Beskydy – Pustevny), kde byly stanoveny koncentrace rtuti.

Odběr vzorků půdy a listů smetánky lékařské proběhl na podzim 2011 a na jaře 2012. Maximální přípustná koncentrace rtuti v půdách je $800 \mu\text{g.kg}^{-1}$, dle zákona 13/1994 Sb. Ministerstva životního prostředí. Smetánka lékařská byla vybrána jako vhodný bioindikátor, díky jejímu výskytu během celého roku. Maximální přípustná koncentrace rtuti ve smetánce lékařské je $100 \mu\text{g.kg}^{-1}$, dle zákona 356/2008 Sb. Ministerstva zemědělství. Koncentrace rtuti v odebraných vzorcích byly stanoveny pomocí atomového absorpčního spektrometru AMA 254.

Koncentrace rtuti ve vzorcích odebraných na podzim 2011 korespondovaly s výsledky zahraniční studie uskutečněné na Novém Zélandu, ze kterých vyplývá, že v okolí krematorií s delší působností se nachází i větší koncentrace rtuti. Ale naměřené koncentrace rtuti v odebraných vzorcích půdy na jaře 2012 mají opačnou tendenci, než odebrané vzorky půdy na podzim 2012, což bylo pravděpodobně způsobeno místy odběrů vzorků (zalesněná plocha vs. zemědělská půda). Nejvyšší koncentrace rtuti byly naměřeny ve vzorcích odebraných na jaře 2012. V půdách byla naměřena nejvyšší koncentrace $529,8 \mu\text{g.kg}^{-1}$ v okolí Zlínského krematoria a nejvyšší koncentrace rtuti v listech smetánky lékařské byla naměřena v okolí Olomouckého krematoria, tato hodnota činila $673,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$. Ve vzorcích rostlinného pokryvu odebraných na jaře 2012 byly taktéž naměřeny vyšší koncentrace rtuti než ve vzorcích odebraných na podzim 2011, což bylo pravděpodobně důsledkem rychlejšího růstu rostliny a vyšší akumulace rtuti do těla rostliny.

Naměřené průměrné koncentrace rtuti v okolí krematorií byly také porovnány s průměrnými koncentracemi rtuti v kontrolních lokalitách. V okolí krematorií nebyly naměřeny mírně zvýšené koncentrace rtuti oproti koncentracím rtuti stanovených v kontrolních lokalitách.

Závěrem je nutno říci, že nedošlo k překročení koncentrace rtuti v půdách stanovených zákonem a v některých případech došlo k překročení maximální přípustných hodnot rtuti v rostlinném porostu. Z naměřených výsledků lze konstatovat, že kontaminace půdy a rostlinného porostu rtutí v okolí krematorií není závažná. Je však vhodné neustále sledovat a snižovat emise rtuti z krematorií (např. instalace odlučovačů), a tím zamezit dalšímu zvýšení koncentrací rtuti v okolním ekosystému. Jelikož díky schopnosti rtuti se distribuovat atmosférou na velké vzdálenosti, by mohlo docházet k zvyšování koncentrací rtuti v životním prostředí jako celku.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MARI, Montse a José L. DOMINGO. *Toxic emissions from crematories: A review. Environment International*. 2010, roč. 36, č. 1, s. 131-137. ISSN 01604120. DOI: 10.1016/j.envint.2009.09.006.
- [2] GREENWOOD, N. N. a A. EARNSHAW. *Chemie prvků. 1. vyd.* Praha: Informatorium, 1993, s. 1491-1519. ISBN 80-85427-38-9.
- [3] TICHÝ, Miloň. *Toxikologie pro chemiky: toxikologie obecná, speciální, analytická a legislativa. 2. vyd.* Praha: Karolinum, 2003, s. 80-80. ISBN 80-246-0566-X.
- [4] KULVEITOVÁ, Hana. *Chemie II: (chemie prvků)*. [online]. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007, 151 s. ISBN 978-80-248-1322-6. [cit. 2012-03-05]. Dostupné z WWW: <http://www.studopory.vsb.cz/studijnimaterialy/ChemieII/ChemieII.pdf>.
- [5] HOUSEROVÁ, Pavlína, et al. *Chemické formy rtuti ve vodních ekosystémech - vlastnosti, úrovně, koloběh a stanovení. Chemické listy*. 2006, 100, s. 862-876.
- [6] KEDER, Josef, Pavel MACHÁLEK a Milan FARA. *Projekt Ministerstva životního prostředí VaV 740/4/03.: Vstupní emisní data pro modely posuzování potenciálních rizik a vlivů zdrojů znečišťování ovzduší na životní prostředí*. [online]. Praha, 2004, [cit. 2012-03-08]. Dostupné z WWW: http://old.chmi.cz/uoco/prj/vav_740_4_03/vav740403dp12r04.pdf.
- [7] PROKEŠ, Jaroslav. *Základy toxikologie: obecná toxikologie a ekotoxikologie*. 1. vyd. Praha: Galén, 2005, s. 59-60. ISBN 80-7262-301-X.
- [8] BENKO, Vladimír; CIKRT, Miroslav; LENER, Jaroslav. *Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka*. 1. Praha: Grada Publishing, 1995. s. 235-254. ISBN 80-7169-150-X
- [9] RICHTER, Rostislav a Jaroslav HLUŠEK. *Výživa a hnojení rostlin*. [online]. 1. vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1999, 171 s. ISBN 80-715-7138-5. [cit. 2012-04-18]. Dostupné z WWW: http://www.agrokrom.cz/texty/HNOJENI/skripta_Richter/VR_rtut.pdf.

- [10] VOTOČEK, Emil. *Anorganická chemie: Sešit 3*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1954, s. 672-684.
- [11] KAMENÍČEK, Jiří, Zdeněk ŠINDELÁŘ, Richard PASTOREK a František KAŠPÁREK. *Anorganická chemie*. 4. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009, s. 309-314. ISBN 978-80-244-2387-6.
- [12] *Rtuť a její sloučeniny*. In: *Registr povinnosti* [online]. [cit. 2012-02-27]. Dostupné z WWW:
<<http://www.registrpovinnosti.com/df23h54/voda/registrlegislativy/Rtut.pdf>>.
- [13] *The Mercury Cycle* [online]. c2011 [cit. 2011-06-28]. Mercury in the Environment and Water Supply. Dostupné z WWW:
<http://people.uwec.edu/piercech/Hg/mercury_water/cycling.htm>.
- [14] STACH, Martin, Zdeněk KLIKA a Lucie BARTOŇOVÁ. *Sborník vědeckých prací. Doklady. Seriiá gorno-geologicheskaia. Transactions. Mining and geological series. Řada hornicko-geologická: Distribuce a zachytávání rtuti při spalování pevných paliv*. [online]. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2005, s. 27-42. ISBN 0474-8476. [cit. 2012-03-25]. Dostupné z WWW:
<<http://gse.vsb.cz/2005/LI-2005-2-27-42.pdf>>.
- [15] CIBULKA, Jiří, et al. *Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře*. 1. Praha: Academia, 1991. s. 62-121. ISBN 80-200-0401-7.
- [16] Markert B.: *Presence and significance of naturally occurring chemical elements of the periodic system in the plant organism and consequences for future investigations on inorganic environmental chemistry in ecosystems*. Osnabruck. Kluwer Academic Publisher: 1992, 29 s.
- [17] *Mercury rising: Reducing global emissions from burning mercury-products*. In: *Zeromercury* [online]. 2009 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z WWW:
<http://www.zeromercury.org/index.php?option=com_phocadownload&view=file&id=12:zmgw-report-mercury-rising-reducing-global-emissions-from-burning-mercury-products&Itemid=70>.

- [18] DURČÁK, Martin a Alena KRISTOVÁ. *Vodní hospodářství: Výskyt vybraných prioritních látek ve vypouštěných vodách z bodových zdrojů znečištění v povodí Odry*. Praha: Vodní hospodářství, 2011, roč. 2011, č. 6. ISSN 1211-0760.
- [19] ČERNÁ, Marta. *Opatření mezinárodních institucí a české republiky k omezení rizika znečišťování životního prostředí rtutí*. In: *Chemické listy*. Praha: Česká společnost chemická, 2004, s. 916-921. ISSN 0009-2770.
- [20] REIND, John. *Summary of References on Mercury Emissions from Crematoria* [online]. Dane County Department of Public Works Madison, Wisconsin, 2005 [cit. 2012-03-29]. Dostupné z WWW: <http://www.ejnet.org/crematoria/reindl.pdf>.
- [21] TUČEK, Milan, Vladimír BENCKO a Svatopluk KRÝSL. *Zdravotní rizika ze zubních amalgámů*. In: *Chemické listy*. Praha: Česká společnost chemická, 2007, s. 1038-1044. ISSN 0009-2770.
- [22] NEUMANN, MUDr. Martin. *Amalgám - trvanlivý výplňový materiál nebo hrozba?* [online]. [cit. 2012-02-27]. Dostupné z WWW: <http://www.zuby.cz/vyplne-zubu/amalgam-nejsledovanejsi-kauza-dentalniho-sveta.html>.
- [23] NEUMANN, MUDr. Martin. *Stanovisko České stomatologické komory a EU k používání amalgámu*. [online]. [cit. 2012-02-27]. Dostupné z WWW: <http://www.zuby.cz/vyplne-zubu/stanovisko-ceske-stomatologicke-komory-a-eu.html>.
- [24] *Kardiostimulátory: Základy lékařské elektroniky*. In: HAVLÍK, Jan. Webový server Noel [online]. 2008 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z WWW: http://noel.feld.cvut.cz/vyu/x31zle/Lectures/06_Kardiostimulatory.pdf.
- [25] *Historie implantabilních kardiostimulátorů*. In: BIOTRONIK excellence for life [online]. [cit. 2012-04-04]. Dostupné z WWW: http://www.biotronik.com/wps/wcm/connect/en_cz_web/biotronik/sub_top/patients/Heart_and_circulation_en/Kardiostimulatory/Historie/.

- [26] KEROUŠ, Karel. *Životní prostředí Zlínska a jeho ochrana: zdravé město Zlín*. Zlín: Úřad města Zlína, 1998. 96 s. ISBN (brož.).
- [27] *Mapy* [online]. [cit. 2012-05-04]. Dostupné z WWW: <<http://mapy.cz/>>.
- [28] *Koncepce ochrany přírody a krajiny pro území olomouckého kraje: Vymezení zájmového území*. In: *Ecological consulting* [online]. [cit. 2012-04-04]. Dostupné z WWW: <<http://ecological.cz/download.php?id=24>>.
- [29] Resort životního prostředí: CHKO Beskydy, Charakteristika oblasti, Půdní poměry. *Resort životního prostředí* [online]. [cit. 2012-05-04]. Dostupné z WWW: <<http://old.ochranaprirody.cz/beskydy/index.php?cmd=page&id=120>>.
- [30] LEPŠÍ; MATĚJŮ. *Metodika vzorků půd volných hracích ploch pro studium mikrobiologických procesů a pro fyzikálně-chemické rozborů*. Odborná skupina hygieny půdy a odpadů. SZÚ Praha 2000. 6 s.
- [31] ZBÍRAL, Jiří a Ivo HONSA. *Analýza půd: jednotné pracovní postupy*. Vyd. 3., přeprac. a rozš. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2010, s. 17-20. ISBN 978-80-7401-031-6.
- [32] ZBÍRAL, Jiří. *Analýza rostlinného materiálu: jednotné pracovní postupy*. Vyd. 2., rozš. a přeprac. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2005, s. 9-10. ISBN 80-86548-73-2.
- [33] *Leco* [online]. 2007 [cit. 2011-05-19]. AMA254. Dostupné z WWW: <http://www.leco.cz/cz/products/organic/ama_254/ama_254.htm>.
- [34] ALTEC S.R.O. *AMA 254, Advanced Mercury Analyser: Návod na obsluhu*. Praha, 2000.
- [35] *Smetánka lékařská*. In: *Květena ČR* [online]. [cit. 2012-03-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.kvetenacr.cz/detail.asp?IDdetail=132>>.
- [36] VÚRV Chomutov: Monitoring imisí. USŤAK. VÝZKUMNÝ ÚSTAV ROSTLINNÉ VÝROBY, v.v.i. (VÚRV, v.v.i.), odd. ekotoxikologie. *Souhrnná zpráva za období 2004 - 2010: Kauzální monitoring vlivu imisí na zemědělskou výrobu* [online]. Praha, 2010 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z

WWW: <<http://monitoring.eto.vurv.cz/monitoring-imisi>>.

- [37] NIESCHMIDT, A. K. a N. D. KIM. *Effects of Mercury Release from Amalgam Dental Restorations During Cremation on Soil Mercury Levels of Three New Zealand Crematoria*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. [online]. 1997-5-1, roč. 58, č. 5, s. 744-751. ISSN 0007-4861. DOI: 10.1007/s001289900396. 2010 [cit. 2012-05-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.springerlink.com/openurl.asp?genre=article>>.
- [38] UHLÍŘOVÁ, Hana, Věra FADRHOŇSOVÁ, Milan BÍBA a Václav LOCHMAN. *Chemické listy: Depozice a pohyb vybraných látek v lesních ekosystémech s vazbou na potravní řetězec*. Praha: Česká společnost chemická, 2002. s. 598 – 606. ISBN 0009-2770
- [39] WON, Jong Hyun, Jae Young PARK a Tai Gyu LEE. Mercury emissions from automobiles using gasoline, diesel, and LPG. *Atmospheric Environment*. 2007, [online]. roč. 41, č. 35, s. 7547-7552. ISSN 13522310. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2007.05.043. [cit. 2012-05-10]. Dostupné z WWW: <<http://web.yonsei.ac.kr/mercury/Atmospheric%20Environment-2007.pdf>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AAS	Atomová absorpční spektroskopie
AMA	Advanced Mercury Analyser
ČOV	Čistírna odpadních vod
ČSA	Československá armáda
GPS	Global Positioning System
CHKO	Chráněná krajinná oblast
ÚČOV	Ústřední čistírna odpadních vod
VÚRV	Výzkumný ústav rostlinné výroby

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Cyklus rtuti životním prostředím [13], [14].....</i>	18
<i>Obr. 2. Globální emise rtuti ze spalování produktů obsahující rtuť (2005) [17]</i>	21
<i>Obr. 3. Antropogenní zdroje rtuti [17]</i>	22
<i>Obr. 4. Mapa lokalit podniků, které nakládají se rtutí na území ČR [12]</i>	23
<i>Obr. 5. Oblasti odběrů vzorků v kontrolní lokalitě Vsetín [27]</i>	33
<i>Obr. 6. Schéma odběru vzorku [30]</i>	34
<i>Obr. 7. Koncentrace rtuti v půdních vzorcích odebraných ve Zlíně na podzim 2011 (aritmetický průměr ± směrodatná odchylka)</i>	39
<i>Obr. 8. Koncentrace rtuti v půdních vzorcích odebraných v Olomouci na podzim 2011(aritmetický průměr ± směrodatná odchylka)</i>	40
<i>Obr. 9. Koncentrace rtuti v půdních vzorcích odebraných ve Zlíně na jaře 2012 (aritmetický průměr ± směrodatná odchylka)</i>	42
<i>Obr. 10. Koncentrace rtuti v půdních vzorcích odebraných v Olomouci na jaře 2012 (aritmetický průměr ± směrodatná odchylka)</i>	43
<i>Obr. 11. Distribuce rtuti v okolí Zlínského krematoria, místo označené písmenem A je Zlínské krematorium (stanoveno v půdách).....</i>	46
<i>Obr. 12. Distribuce rtuti v okolí Olomouckého krematoria, místo označené písmenem A je Olomoucké krematorium (stanoveno v půdách).....</i>	47
<i>Obr. 13. Koncentrace rtuti v listech smetánky lékařské odebrané ve Zlíně na podzim 2011 (aritmetický průměr ± směrodatná odchylka)</i>	49
<i>Obr. 14. Koncentrace rtuti v listech smetánky lékařské odebrané v Olomouci na podzim 2011(aritmetický průměr ± směrodatná odchylka).....</i>	50
<i>Obr. 15. Koncentrace rtuti ve smetánce lékařské odebrané ve Zlíně na jaře 2012 (aritmetický průměr ± směrodatná odchylka)</i>	51
<i>Obr. 16. Koncentrace rtuti ve smetánce lékařské odebrané v Olomouci na jaře 2012 (aritmetický průměr ± směrodatná odchylka)</i>	52
<i>Obr. 17. Distribuce rtuti v okolí Zlínského krematoria, místo označené písmenem A je Zlínské krematorium (stanoveno v listech smetánky lékařské).....</i>	54
<i>Obr. 18. Distribuce rtuti v okolí Olomouckého krematoria, místo označené písmenem A je Olomoucké krematorium (stanoveno v listech smetánky lékařské).....</i>	55

<i>Obr. 19. Obsah rtuti v půdách a v smetánce lékařské – podzim 2011 (aritmetický průměr ± směrodatná odchylka)</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 20. Vypočtené průměry koncentrací rtuti vzorků odebraných na jaře 2012, pro různé odběrové lokality (aritmetický průměr ± směrodatná odchylka).....</i>	<i>59</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Základní fyzikálně – chemické vlastnosti rtuti [2].....</i>	12
<i>Tab. 2. Globální emise rtuti se spalování produktů obsahující rtuť v roce 2005 [17]</i>	20
<i>Tab. 3. Průměrné hodnoty koncentrací Hg v povrchových vodách a sedimentech recipientů pod sledovanými zdroji znečištění [18].....</i>	24
<i>Tab. 4. Průměrné hodnoty koncentrace Hg z jednotlivých typů bodových zdrojů znečištění [18].....</i>	25
<i>Tab. 5. Informace o krematoriu Zlín.....</i>	31
<i>Tab. 6. Základní údaje o sledovaných krematoriích a naměřené koncentrace rtuti [37].....</i>	41
<i>Tab. 7. Hodnoty koncentrace rtuti ve vzorcích půdy odebrané v kontrolní lokalitě Pustevny.....</i>	58
<i>Tab. 8. Hodnoty koncentrace rtuti ve vzorcích půdy a v listech smetánky lékařské odebraných v kontrolní lokalitě Vsetín.....</i>	58
<i>Tab. 9. Hodnoty vypočtených koncentrací rtuti ve vzorcích půdy a v listech smetánky lékařské odebraných v různých lokalitách</i>	60

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Podzimní termíny odběrů vzorků půdy ve Zlíně, GPS souřadnice a meteorologické podmínky, koncentrace rtuti a směrodatné odchylky
- P II Podzimní termíny odběrů vzorků listů smetánky lékařské ve Zlíně, GPS souřadnice a meteorologické podmínky, koncentrace rtuti a směrodatné odchylky
- P III Podzimní termíny odběrů vzorků půdy v Olomouci, GPS souřadnice a meteorologické podmínky, koncentrace rtuti a směrodatné odchylky
- P IV Podzimní termíny odběrů vzorků listů smetánky lékařské v Olomouci, GPS souřadnice a meteorologické podmínky, koncentrace rtuti a směrodatné odchylky
- P V Jarní termíny odběrů vzorků půdy ve Zlíně, GPS souřadnice a meteorologické podmínky, koncentrace rtuti a směrodatné odchylky
- P VI Jarní termíny odběrů vzorků listů smetánky lékařské ve Zlíně, GPS souřadnice a meteorologické podmínky, koncentrace rtuti a směrodatné odchylky
- P VII Jarní termíny odběrů vzorků půdy v Olomouci, GPS souřadnice a meteorologické podmínky, koncentrace rtuti a směrodatné odchylky
- P VIII Jarní termíny odběrů vzorků listů smetánky lékařské v Olomouci, GPS souřadnice a meteorologické podmínky, koncentrace rtuti a směrodatné odchylky
- P IX Termíny odběrů vzorků půdy a vzorků listů smetánky lékařské v CHKO Beskydy - Pustevny, GPS souřadnice a meteorologické podmínky, koncentrace rtuti a směrodatné odchylky
- P X Termíny odběrů vzorků půdy ve Vsetíně, GPS souřadnice a meteorologické podmínky, koncentrace rtuti a směrodatné odchylky
- P XI Termíny odběrů vzorků listů smetánky lékařské ve Vsetíně, GPS souřadnice a meteorologické podmínky, koncentrace rtuti a směrodatné odchylky

**PŘÍLOHA P I: PODZIMNÍ TERMÍNY ODBĚRŮ VZORKŮ PŮDY VE
ZLÍNĚ, GPS SOUŘADNICE A METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY,
KONCENTRACE RTUTI A SMĚRODATNÉ ODCHYLKY**

Číslo vzorku	Nadmořská výška	N - souřadnice	E - souřadnice	Hg [$\mu\text{g.kg}^{-1}$]	Sd [$\mu\text{g.kg}^{-1}$]
Datum:	10. 8. 2011				
Meteorologické podmínky:	Pod mrakem, mírný vítr, 16 °C				
ZL001PP	407	49°13,505′	017°39,651′	45,7	1,8
ZL002PP	409	49°12,034′	017°39,731′	65,2	1,0
ZL003PP	405	49°12,034′	017°39,713′	117,3	5,5
ZL004PP	409	49°12,023′	017°39,679′	220,6	4,4
Datum:	16. 8. 2011				
Meteorologické podmínky:	Pod mrakem, mírný vítr, 22 °C				
ZL005PP	414	49°11,983′	017°39,782′	92,9	9,2
ZL006PP	407	49°11,986′	017°39,782′	119,9	10,6
ZL007PP	401	49°11,911′	017°39,807′	170,5	10,8
ZL008PP	400	49°12,089′	017°39,785′	147,7	4,9
Datum:	26. 9. 2011				
Meteorologické podmínky:	Bezvětrné, slunečno, 16 °C				
ZL009PP	289	49°11,885′	017°39,678′	103,6	3,5
ZL010PP	289	49°11,944′	017°39,617′	151,9	16,2
ZL011PP	413	49°12,008′	017°39,633′	100,2	1,6
ZL012PP	448	49°12,074′	017°39,687′	76,1	2,3
Datum:	15. 10. 2011				
Meteorologické podmínky:	Pod mrakem, mírný vítr, 8 °C				
ZL013PP	298	49°12,072′	017°39,794′	117,4	3,0
ZL014PP	419	49°11,934′	017°39,841′	85,8	1,9
ZL015PP	416	49°11,849′	017°39,854′	108,3	2,2
ZL016PP	444	49°12,000′	017°39,917′	70,0	1,7
Datum:	27. 10. 2011				
Meteorologické podmínky:	Pod mrakem, mírný vítr, 9 °C				
ZL017PP	378	49°12,071′	017°39,632′	119,5	0,7
ZL018PP	381	49°12,033′	017°39,562′	124,8	5,9
ZL019PP	410	49°12,088′	017°39,858′	52,7	3,6
ZL020PP	406	49°12,129′	017°39,768′	143,6	7,2

**PŘÍLOHA P II: PODZIMNÍ TERMÍNY ODBĚRŮ VZORKŮ LISTŮ
SMETÁNKY LÉKAŘSKÉ VE ZLÍNĚ, GPS SOUŘADNICE A
METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY, KONCENTRACE RTUTI A
SMĚRODATNÉ ODCHYLKY**

Číslo vzorku	Nadmořská výška	N - souřadnice	E - souřadnice	Hg [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	Sd [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]
Datum:	19. 10. 2011				
Meteorologické podmínky:	Pod mrakem, bezvětrné, 10 °C				
ZL001SP	393	49°12,070′	017°39,690′	47,9	1,0
ZL002SP	397	49°12,070′	017°39,753′	52,2	1,8
ZL003SP	400	49°12,062′	017°39,760′	38,1	1,3
ZL004SP	403	49°12,055′	017°39,717′	64,3	25,1
ZL005SP	405	49°12,018′	017°39,682′	26,8	0,9
ZL006SP	413	49°11,998′	017°39,716′	70,7	1,4
ZL007SP	417	49°12,001′	017°39,744′	53,4	4,0
ZL008SP	422	49°12,012′	017°39,764′	54,1	10,6
ZL009SP	425	49°11,968′	017°39,762′	45,6	1,2
ZL010SP	423	49°12,031′	017°39,730′	35,0	1,3

**PŘÍLOHA P III: PODZIMNÍ TERMÍNY ODBĚRŮ VZORKŮ PŮDY V
OLOMOUCI, GPS SOUŘADNICE A METEOROLOGICKÉ
PODMÍNKY, KONCENTRACE RTUTI A SMĚRODATNÉ
ODCHYLKY**

Číslo vzorku	Nadmořská výška	N - souřadnice	E - souřadnice	Hg [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	Sd [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]
Datum:	19. 11. 2011				
Meteorologické podmínky:	Pod mrakem, mlha, 3,5 °C				
OL001PP	239	49°35,765′	017°12,997′	62,0	4,1
OL002PP	244	49°35,756′	017°13,029′	140,4	22,7
OL003PP	246	49°35,787′	017°13,092′	61,5	2,4
OL004PP	245	49°35,797′	017°13,114′	94,4	28,5
OL005PP	241	49°35,844′	017°13,097′	110,0	4,7
OL006PP	240	49°35,848′	017°13,149′	241,7	61,8
OL007PP	241	49°35,823′	017°13,197′	334,7	10,5
OL008PP	237	49°35,894′	017°13,181′	148,9	17,4
OL009PP	242	49°35,830′	017°13,052′	124,3	66,9
OL010PP	244	49°35,808′	017°12,999′	164,3	17,0

**PŘÍLOHA P IV: PODZIMNÍ TERMÍNY ODBĚRŮ VZORKŮ LISTŮ
SMETÁNKY LÉKAŘSKÉ V OLOMOUCI, GPS SOUŘADNICE A
METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY, KONCENTRACE RTUTI A
SMĚRODATNÉ ODCHYLKY**

Číslo vzorku	Nadmořská výška	N - souřadnice	E - souřadnice	Hg [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	Sd [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]
Datum:	19. 11. 2011				
Meteorologické podmínky:	Pod mrakem, mlha, 3,5 °C				
OL001SP	239	49°35,765′	017°12,997′	32,0	0,6
OL002SP	244	49°35,756′	017°13,029′	35,1	1,3
OL003SP	246	49°35,787′	017°13,092′	53,1	8,0
OL004SP	245	49°35,797′	017°13,114′	34,9	0,7
OL005SP	241	49°35,844′	017°13,097′	55,0	1,2
OL006SP	240	49°35,848′	017°13,149′	33,2	5,0
OL007SP	241	49°35,823′	017°13,197′	30,1	0,7
OL008SP	237	49°35,894′	017°13,181′	40,8	1,4
OL009SP	242	49°35,830′	017°13,052′	34,4	1,1
OL010SP	244	49°35,808′	017°12,999′	81,8	3,8

**PŘÍLOHA P V: JARNÍ TERMÍNY ODBĚRŮ VZORKŮ PŮDY VE
ZLÍNĚ, GPS SOUŘADNICE A METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY,
KONCENTRACE RTUTI A SMĚRODATNÉ ODCHYLKY**

Číslo vzorku	Nadmořská výška	N - souřadnice	E - souřadnice	Hg [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	Sd [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]
Datum:	5. 4. 2012				
Meteorologické podmínky:	Slunečno, větrno, 11 °C				
ZL003PJ	422	49°12,146´	17°39,942´	65,2	3,3
ZL004PJ	420	49°12,124´	17°39,923´	147,5	2,7
ZL005PJ	420	49°12,076´	17°39,945´	79,9	4,5
ZL006PJ	431	49°12,050´	17°39,861´	87,3	2,4
ZL007PJ	442	49°12,042´	17°39,776´	35,8	5,6
ZL008PJ	423	49°11,990´	17°39,952´	88,0	3,2
ZL009PJ	407	49°11,962´	17°40,004´	157,0	9,7
ZL010PJ	419	49°11,941´	17°39,918´	113,4	0,7
ZL011PJ	402	49°11,876´	17°40,009´	109,5	3,1
ZL012PJ	397	49°11,844´	17°40,051´	235,3	13,9
ZL013PJ	412	49°11,846´	17°39,962´	225,9	1,9
ZL027PJ	414	49°11,860´	17°39,731´	108,2	4,1
Datum:	13. 4. 2012				
Meteorologické podmínky:	Slunečno, bezvětrné, 13 °C				
ZL001PJ	403	49°12,076	17°39,553´	185,3	81,2
ZL002PJ	400	49°12,113´	17°39,601´	175,3	106,1
ZL014PJ	420	49°11,804´	17°39,976´	356,2	27,2
ZL015PJ	425	49°11,814´	17°39,863´	176,7	16,8
ZL016PJ	422	49°11,746´	17°39,868´	158,8	22,1
ZL017PJ	405	49°11,682´	17°39,794´	217,3	78,5
ZL018PJ	406	49°11,735´	17°39,720´	228,0	25,6
ZL019PJ	406	49°11,796´	17°39,708´	529,8	446,5
ZL020PJ	381	49°11,833´	17°39,535	406,8	319,0
ZL021PJ	391	49°11,897´	17°39,536´	161,1	18,4
ZL022PJ	398	49°11,903´	17°39,603´	112,7	4,9
ZL023PJ	415	49°11,937´	17°39,701´	104,2	15,5
ZL024PJ	397	49°11,968´	17°39,550´	126,6	4,4
ZL025PJ	412	49°11,986´	17°39,663´	171,9	9,8
ZL026PJ	407	49°12,046´	17°39,612´	130,0	6,1

**PŘÍLOHA P VI: JARNÍ TERMÍNY ODBĚRŮ VZORKŮ LISTŮ
SMETÁNKY LÉKAŘSKÉ VE ZLÍNĚ, GPS SOUŘADNICE A
METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY, KONCENTRACE RTUTI A
SMĚRODATNÉ ODCHYLKY**

Číslo vzorku	Nadmořská výška	N - souřadnice	E - souřadnice	Hg [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	Sd [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]
Datum:	5. 4. 2012				
Meteorologické podmínky:	Slunečné, větrné, 11 °C				
ZL003SJ	422	49°12,146´	17°39,942´	63,1	15,8
ZL004SJ	420	49°12,124´	17°39,923´	47,7	2,7
ZL006SJ	431	49°12,050´	17°39,861´	95,6	16,8
ZL007SJ	442	49°12,042´	17°39,776´	66,0	3,6
ZL008SJ	423	49°11,990´	17°39,952´	47,1	3,3
Datum:	13. 4. 2012				
Meteorologické podmínky:	Slunečné, bezvětrné, 13 °C				
ZL001SJ	403	49°12,076	17°39,553´	370,5	125,7
ZL002SJ	400	49°12,113´	17°39,601´	157,8	9,2
ZL020SJ	381	49°11,833´	17°39,535	134,9	15,9

**PŘÍLOHA P VII: JARNÍ TERMÍNY ODBĚRŮ VZORKŮ PŮDY V
OLOMOUCI, GPS SOUŘADNICE A METEOROLOGICKÉ
PODMÍNKY, KONCENTRACE RTUTI A SMĚRODATNÉ
ODCHYLKY**

Číslo vzorku	Nadmořská výška	N - souřadnice	E - souřadnice	Hg [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	Sd [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]
Datum:	20. 4. 2012				
Meteorologické podmínky:	Mírný vítr, zataženo, 12 °C				
OL001PJ	244	49°35,901´	017°13,018´	155,8	17,8
OL002PJ	244	49°35,896´	017°12,963´	95,7	8,6
OL003PJ	244	49°35,892´	017°12,992´	109,0	11,5
OL005PJ	238	49°35,934´	017°13,118´	90,9	5,1
OL006PJ	238	49°35,901´	017°13,256´	133,6	12,2
OL007PJ	241	49°35,938´	017°13,019´	100,1	6,8
OL009PJ	241	49°35,870´	017°13,195´	172,7	29,3
OL013PJ	245	49°35,818´	017°13,141´	104,6	4,0
OL014PJ	236	49°35,929´	017°13,296´	162,2	17,8
OL015PJ	250	49°35,714´	017°13,024´	118,9	7,1
OL017PJ	245	49°35,779´	017°31,170´	161,5	15,6
OL020PJ	243	49°35,867´	017°13,142´	124,9	6,2
Datum:	28. 4. 2012				
Meteorologické podmínky:	Slunečno, větrno, 25 °C				
OL004PJ	248	49°35,829´	017°13,046´	179,0	132,8
OL008PJ	244	49°35,882´	017°13,079´	106,4	8,9
OL010PJ	244	49°35,857´	017°13,297´	131,8	30,6
OL012PJ	246	49°35,837´	017°13,228´	150,1	35,9
OL016PJ	243	49°35,748´	017°13,094´	100,4	9,1
OL018PJ	245	49°35,751´	017°13,222´	83,8	1,0
OL019PJ	245	49°35,752´	017°13,273´	89,9	2,2

**PŘÍLOHA P VIII: JARNÍ TERMÍNY ODBĚRŮ VZORKŮ LISTŮ
SMETÁNKY LÉKAŘSKÉ V OLOMOUCI, GPS SOUŘADNICE A
METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY, KONCENTRACE RTUTI A
SMĚRODATNÉ ODCHYLKY**

Číslo vzorku	Nadmořská výška	N - souřadnice	E - souřadnice	Hg [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	Sd [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]
Datum:	20. 4. 2012				
Meteorologické podmínky:	Mírný vítr, zataženo, 12 °C				
OL003SJ	244	49°35,892´	017°12,992´	109,5	8,6
OL009SJ	241	49°35,870´	017°13,195´	83,2	4,9
OL013SJ	245	49°35,818´	017°13,141´	79,5	2,5
OL015SJ	250	49°35,714´	017°13,024´	673,5	4,3
OL017SJ	245	49°35,779´	017°31,170´	63,3	2,2
OL020SJ	243	49°35,867´	017°13,142´	110,6	9,5
Datum:	28. 4. 2012				
Meteorologické podmínky:	Slunečné, větrné, 25 °C				
OL004SJ	248	49°35,829´	017°13,046´	54,2	11,6
OL008SJ	244	49°35,882´	017°13,079´	43,7	2,8
OL010SJ	244	49°35,857´	017°13,297´	45,9	4,1
OL012SJ	246	49°35,837´	017°13,228´	39,1	0,8
OL016SJ	243	49°35,748´	017°13,094´	70,9	15,3
OL018SJ	245	49°35,751´	017°13,222´	55,0	8,5
OL019SJ	245	49°35,752´	017°13,273´	63,3	21,2

**PŘÍLOHA P IX: TERMÍNY ODBĚRŮ VZORKŮ PŮDY A VZORKŮ
LISTŮ SMETÁNKY LÉKAŘSKÉ V CHKO BESKYDY - PUSTENY,
GPS SOUŘADNICE A METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY,
KONCENTRACE RTUTI A SMĚRODATNÉ ODCHYLKY**

Číslo vzorku	Nadmořská výška	N - souřadnice	E - souřadnice	Hg [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	Sd [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]
Datum:	14. 4. 2012				
Meteorologické podmínky:	Mlha, větrno 3,5°C				
Půda					
P001P	1017	49°29,213´	18°15,835´	129,54	13,93
P002P	1022	49°29,233´	18°15,826´	180,12	11,92
P003P	1011	49°29,243´	18°15,864´	122,01	10,01
P004P	1018	49°29,290´	18°15,859´	102,54	3,62
P005P	1019	49°29,308´	18°15,819´	121,86	6,36
P006P	1021	49°29,323´	18°15,849´	133,56	4,96
P007P	1019	49°29,351´	18°15,878´	80,76	1,8
P008P	1018	49°29,371´	18°15,883´	91,27	7,6
P009P	1018	49°29,359´	18°15,926´	89,22	10,82
P010P	1015	49°29,367´	18°15,967´	139,06	48,07
Smetánka lékařská					
P010S	1015	49°29,367´	18°15,967´	393,36	26,91

**PŘÍLOHA P X: TERMÍNY ODBĚRŮ VZORKŮ PŮDY VE VSETÍNĚ,
GPS SOUŘADNICE A METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY,
KONCENTRACE RTUTI A SMĚRODATNÉ ODCHYLKY**

Číslo vzorku	Nadmořská výška	N - souřadnice	E - souřadnice	Hg [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]	Sd [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]
Datum:	21. 4. 2012				
Meteorologické podmínky:	Slunečné, Bezvětrné, 14 °C				
VS001P	440	49°21,653´	018°02,840´	138,2	6,6
VS002P	408	49°20,859´	018°02,887´	193,5	13,2
VS003P	440	49°20,839´	018°04,015´	98,2	8,3
VS004P	399	49°19,838´	018°00,473´	114,8	15,0
VS005P	408	49°20,430´	018°00,247´	96,6	7,2
VS006P	390	49°20,671´	017°59,790´	68,0	5,2
VS007P	434	49°21,252´	018°00,285´	77,1	2,3
VS008P	434	49°20,833´	017°59,358´	86,9	3,1
VS009P	332	49°20,836´	017°58,537´	147	3,9
VS010P	347	49°19,547´	017°59,819´	111,9	6,0

**PŘÍLOHA P XI: TERMÍNY ODBĚRŮ VZORKŮ LISTŮ SMETÁNKY
LÉKAŘSKÉ VE VSETÍNĚ, GPS SOUŘADNICE A
METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY, KONCENTRACE RTUTI A
SMĚRODATNÉ ODCHYLKY**

Číslo vzorku	Nadmořská výška	N - souřadnice	E - souřadnice	Hg[$\mu\text{g.kg}^{-1}$]	Sd [$\mu\text{g.kg}^{-1}$]
Datum:	21. 4. 2012				
Meteorologické podmínky:	Slunečné, Bezvětrné, 14 °C				
VS001S	440	49°21,653´	018°02,840´	90,0	19,4
VS002S	408	49°20,859´	018°02,887´	58,7	4,8
VS003S	440	49°20,839´	018°04,015´	53,7	2,2
VS004S	399	49°19,838´	018°00,473´	74,9	14,9
VS005S	408	49°20,430´	018°00,247´	55,1	8,7
VS006S	390	49°20,671´	017°59,790´	39,8	10,5
VS007S	434	49°21,252´	018°00,285´	52,5	4,7
VS008S	434	49°20,833´	017°59,358´	63,4	7,7
VS009S	332	49°20,836´	017°58,537´	82,8	1,7
VS010S	347	49°19,547´	017°59,819´	77,5	18,2

EVIDENČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Sigla (místo uložení bakalářské práce)	Univerzitní knihovna UTB ve Zlíně
Název bakalářské práce	Monitoring rtuti v okolí krematoria
Autor bakalářské práce	Lenka Janošová
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Markéta Julinová, Ph.D.
Vysoká škola	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Adresa vysoké školy	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01, Zlín
Fakulta (adresa, pokud je adresa jiná než adresa VŠ)	Fakulta technologická, nám. T. G. Masaryka 275, 762 72 Zlín
Katedra (adresa, pokud je adresa jiná než adresa VŠ)	Ústav inženýrství ochrany životního prostředí, nám. T. G. Masaryka 275, 762 72, Zlín
Rok obhájení BP	2012
Počet stran	84
Počet svazků	3
Vybavení (obrázky, tabulky...)	Obrázky, tabulky
Klíčová slova	Rtuť, krematorium, půda, smetánka lékařská, monitoring, AMA 254