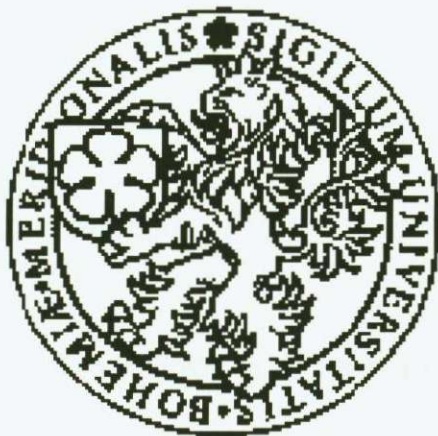


Jihočeská universita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta



Bakalářská práce

Bezobratlí živočichové jako bioindikátory antropogenních vlivů.  
Využití včelího medu jako bioindikátoru zatížení prostředí  
chemickými polutanty (pesticidy, těžké kovy).

Invertebrates as bioindicators of man effect. The honey bee as  
bioindicator of environmental pollution by chemical pollutants (heavy  
metals, pesticides).

Václav Kos

2006

Knihovna JU - ZF



3114700291

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Václav KOS

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Agroekologie

Název tématu: Bezobratlí živočichové jako bioindikátory antropogenních vlivů.

Využití včelího medu jako bioindikátoru zatížení prostředí chemickými polutanty (pesticidy, těžké kovy).

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Vypracovat literární rešerši problematiky biomonitorování s pomocí.

Seznámit se s metodikou odběru a přípravy vzorků medu pro účely chemických analýz pesticidů a těžkých kovů.

Stanovit obsah vybraných pesticidů nebo těžkých kovů v odebraných vzorcích po dohodě se specializovaným chemickým pracovištěm.

Navrhnout opatření pro dlouhodobé monitorování medu z hlediska zatížení prostředí chemickými polutanty.

Význam monitorování medu pro zdraví člověka.

Rozsah práce: 30 stran  
Rozsah příloh: mapová a fotografická příloha  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

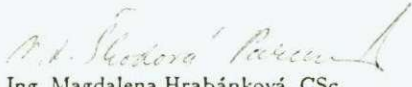
Seznam odborné literatury:

- Salanki J., Jeffrey D., Hughes G. M., 1990: Biological monitoring of the environment, CAB International, Walingford, 453 pp.  
Jeffrey D., Madden B., 1993: Bioindicators and environmental management, Academic Press, San Diego etc., 1991, 345 pp.  
Munawar M. et al., 1995: Bioindicators of environmental health, Ecovision World Monograph Series, SPB Acad. Publ., Amsterdam, 285 pp.  
Boháč, J., Tříška J., Tichý R., 1995: Abstracts of the 8th International Bioindicators Symposium, Institute of Landscape Ecology, České Budějovice, 1995  
Boháč J.: Organismy jako bioindikátory měnícího se prostředí. Životné prostředí. 33 (1999) 126-129.

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Emilie Pecharová, CSc.  
Katedra ekologie  
Konzultant bakalářské práce: RNDr. Jaroslav Boháč, DrSc.  
Katedra ekologie a hydrobiologie

Datum zadání bakalářské práce: 4. února 2005  
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2006

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13  
370 05 České Budějovice

  
prof. Ing. Magdalena Hrabánková, CSc.  
děkanka

L.S.

  
doc. RNDr. Ing. Josef Rajchard, Ph.D.  
vedoucí katedry

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění a za pomoci uvedené literatury.

Václav K.

V Českých Budějovicích dne 5.4.2006



Vedoucí bakalářské práce: Doc.RNDr.Emilie Pecharová, CSc.

Konzultant bakalářské práce: Doc.RNDr. Jaroslav Boháč, DrSc.

## OBSAH:

|                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Úvod.....</b>                                                                   | <b>3</b>  |
| <b>2. Literární přehled .....</b>                                                     | <b>5</b>  |
| 2.1. Včela medonosná - <i>Apis mellifera</i> (L.) – zařazení a vztah s člověkem ..... | 5         |
| 2.2. Význam včely medonosné .....                                                     | 5         |
| 2.3. Stav chovu včely medonosné v ČR .....                                            | 5         |
| 2.4. Rozšíření včely medonosné .....                                                  | 6         |
| 2.5. Med a ostatní včelí produkty .....                                               | 7         |
| 2.5.1. Med .....                                                                      | 7         |
| 2.5.2. Vosk .....                                                                     | 7         |
| 2.5.3. Propolis .....                                                                 | 8         |
| 2.5.4. Pyl .....                                                                      | 8         |
| 2.5.5. Mateří kašička .....                                                           | 8         |
| 2.6. Těžké kovy .....                                                                 | 9         |
| 2.6.1. Zdroje a ekotoxikologická charakteristika olova (Pb) .....                     | 10        |
| 2.6.2. Zdroje a ekotoxikologická charakteristika kadmia (Cd) .....                    | 10        |
| 2.6.3. Zdroje a ekotoxikologická charakteristika rtuti (Hg) .....                     | 11        |
| 2.7. Včela medonosná jako bioindikátor .....                                          | 11        |
| 2.7.1. Proč je včela medonosná dobrý bioindikátor .....                               | 12        |
| 2.7.2. Co může včela medonosná indikovat .....                                        | 14        |
| 2.7.3. Metody které se používají při bioindikaci s použitím včely medonosné .....     | 16        |
| <b>3. Vlastní experimentální část .....</b>                                           | <b>22</b> |
| 3.1. Materiál a metody .....                                                          | 22        |
| 3.2. Výběr a charakteristika sledovaných oblastí .....                                | 22        |
| 3.1.1. Charakteristika oblasti hl. města Praha .....                                  | 23        |
| 3.1.2. Charakteristika oblasti kraje Vysočina .....                                   | 25        |
| 3.3. Odběr vzorků medu .....                                                          | 26        |
| 3.4. Rozbory vzorků .....                                                             | 28        |
| <b>4. Výsledky a diskuse .....</b>                                                    | <b>30</b> |
| 4.1. Koncentrace rtuti ve včelím medu .....                                           | 30        |
| 4.2. Koncentrace kadmia ve včelím medu .....                                          | 31        |
| 4.3. Koncentrace olova ve včelím medu .....                                           | 32        |
| 4.4. Celkové zatížení sledovaných oblastí monitorovanými těžkými kovy .....           | 34        |
| 4.5. Zatížení sledovaných oblastí z hlediska hygienických limitů .....                | 35        |



## 1. Úvod

Včela medonosná má v přírodě nezastupitelnou roli jakožto opylovač kulturních, ale především divokých entomofilních rostlin. V opylování hmyzem mají včely 90% podíl. Včely navštěvují mnoho druhů rostlin a nespecializují se jen na některé druhy. Další jejich důležitou vlastností je jejich florokonstantnost tzn. že po určitou dobu navštěvují pouze jeden druh a dojde tak k dokonalému opylení navštěvovaného druhu. Velký význam má též včela v opylování kulturních rostlin, kde je prokazatelné, že kvalitní opylování zvyšuje výnosy a zlepšuje kvalitu semen (Díememrová, 1995).

Včela medonosná vytváří v Evropě několik ras. Nejznámější je z nich svou pílí včela kraňská. Včela žije sociálním způsobem života v početně bohaté kolonii. Žádný jedinec však není schopen existence bez svého domova. V čele státu stojí matka – královna. Nejpočetnějšími obyvateli jsou dělnice - nedospělé samičky, a dočasnými příslušníky také samci - trubci (Zahradník, 1987).

Negativní faktory antropogenní činnosti způsobují narušování životního prostředí a do přírody se díky člověku dostávají látky, které jsou buď nepůvodní svým složením a nebo nepřírodní svým množstvím (těžké kovy, pesticidy a jiné polutanty). Svou přítomností a aktivitou pak následně způsobují destabilizaci a v nejhorším případě i likvidaci přírodních ekosystémů. Jedním z největších a nejpošnějších zatížení životního prostředí jsou imise z průmyslových částí lidských aglomerací a automobilového provozu. Právě toto zatížení člověka přivádí k potřebě zjišťovat množství a složení imisního spadu.

A právě to, že se jedná o znečištění plošné a velmi obtížně měřitelné, člověka dovedlo k možnosti využití včely medonosné *Apis mellifera*, jako bioindikátoru znečištění životního prostředí. Včelu medonosnou k tomuto využití přímo předurčují především její specifické vlastnosti. Jsou to vlastnosti etologické a morfologické. Včela medonosná je velmi snadno chovatelná, je nenáročná na potravu, jejich těla jsou pokryta chloupky, které umožňují zachytávat materiál a látky s kterými včely přijdou do kontaktu. Včely jsou vysoce citlivé na většinu produktů používaných k ochraně rostlin, což může odhalit jejich nevhodné používání např. v zemědělství. Dále mají velmi vysokou rozmnožovací schopnost a krátký život což způsobuje, že kolonie prodělává neustálou regeneraci. Jejich velká mobilita a rozptyl umožňuje monitorovat velkou oblast. Včela medonosná se dostává do kontaktu s téměř všemi součástmi životního prostředí. Včela nám sama přináší do úlu velmi kvalitní vzorky jako jsou - nektar, medovice, pyl, voda a ukládá je zde v podobě medu, vosku, propolisu nebo přímo jako pyl a samozřejmě také kumuluje velké množství látek ve svém těle (Porrini, 2003).

Prvkové složení včel a jejich produktů odpovídá kontaminaci půdy, vody, a rostlin na území, které včelám poskytuje potravu. V imisních oblastech jsou nadzemní části rostlin obohacovány toxickými prvky přímo i přes půdu, rozevřenými květy jsou též kontaminovány reprodukční orgány rostlin, které včely při sběru potravy navštěvují. Kromě pylu a nektaru jsou potravními zdroji včel medovice, produkována mšicemi v lesních porostech a voda. Všechny tyto složky potravy včel mohou být v imisních oblastech významně kontaminovány toxickými prvky, které se ukládají ve včelích produktech a ovlivňují zdravotní stav včel (Mondspiegel, 1992).

Včelí med je také důležitý jako potravina. Proto nás zajímá nejen jeho složení z hlediska medu jako bioindikátoru znečištění životního prostředí, ale i jeho složení z hlediska medu jako potraviny pro člověka, nebezpečné jsou především těžké kovy zejména kadmium.

Cílem mé práce je vytvoření literárního přehledu o poznatcích, které jsou známe o včele medonosné jako bioindikátoru. Cílem je též praktický pokus o využití včely medonosné jako bioindikátoru znečištění životního prostředí a vyhodnocení hygienické kvality včelího medu po rozboru na těžké kovy.



## 2. Literární přehled

V literárním přehledu budou zmíněny nejdůležitější záležitosti týkající se významu včely medonosné jako bioindikátoru znečištění životního prostředí a možnosti jejího využívání.

### 2.1. Včela medonosná - *Apis mellifera* (L.) – zařazení a vztah s člověkem

Včela medonosná, *Apis mellifera* (L.), systematicky ji zařazujeme do řádu blanokřídlí – Hymenoptera, podřádu štíhlopasí – Apocrita, nadčeleď včely – Apoidea, čeleď včelovití – Apidae a druh včela medonosná – *Apis mellifera* (L.) (Zahradník, 1987).

Včela je společenský hmyz, který žije v početných (40.000 – 80.000 jedinců) a trvalých společenstvech, která nazýváme včelstva. Včelstvo tvoří oplozená matka a její potomstvo – dělnice a trubci. Žádná včela není schopna žít delší dobu sama. (Veselý, 1999). Včelu považujeme za domácí zvíře, přestože se jím nikdy nestala. Již před 6000 lety ji chovali staří Egypťané. Svědčí o tom mnoho obrazových dokumentů v hrobkách i ve starých chrámech. Včela však žila odedávna divoce a i když během doby do určité míry zdomácněla, dodnes je schopna existovat bez pomoci člověka. Člověk se snaží usměrnit způsob jejího života především tím, že jí poskytuje bezpečné a pohodlné obydlí v úlech i s patřičným stavebním příslušenstvím a přikrmuje ji (Zahradník, 1987).

### 2.2. Význam včely medonosné

Význam chovu včel spočívá především v opylovací činnosti. Včela medonosná opyluje přes 90% hmyzosnubných rostlin. Tyto rostliny by se bez včely medonosné nemohly rozmnožovat a postupně by vymizely z naší přírody (Díememrová, 1995). Nesmírně důležitou roli hraje také v opylování kulturních rostlin. V současné době je včela medonosná nesmírně důležitá při opylování semenářských porostů řepky. Velmi významnou úlohu však sehrává i u produkčních porostů řepky, kde prokazatelně zvyšuje výnos a kvalitu semen (Vašák, 2004). Stejně tak má význam i v ovocnářství, kde po přísunu k ovocným sadům se výrazně zlepšuje kvalita a výnos ovocných plodů. Je však nutné poznamenat, že nároky na opylování u jednotlivých druhů ovocných dřevin jsou odlišné. Podle odlišných požadavků se odvíjí i výše potřeby opylování včelou medonosnou (Řeháček, 2002).

### 2.3. Stav chovu včely medonosné v ČR

Současný stav počtů včelstev v ČR zaznamenává dlouhodobě klesající tendenci (tab. 1). Příčinou současného nízkého stavu počtů včelstev v ČR je především nevýhodná



ekonomická stránka chovu. Ta je způsobena především nízkou výkupní cenou medu, vysokou cenou cukru a dovozem levného medu ze zahraničí (Peroutka, 2005). Z hlediska dostatečného opylování divokých i hmyzosnubných rostlin by bylo v ČR potřeba přibližně 700.000 včelstev oproti současným 477.734 včelstev (Ministerstvo zemědělství ČR, 2004).

Tab. 1: Vývoj počtu včelařů a včelstev (Ministerstvo zemědělství ČR, 2004).

| <b>Rok</b> | <b>Počet včelařů</b> | <b>Počet včelstev</b> |
|------------|----------------------|-----------------------|
| 1993       | 73.401               | 685.321               |
| 1994       | 70.534               | 630.026               |
| 1995       | 65.805               | 622.336               |
| 1996       | 61.428               | 537.136               |
| 1997       | 58.647               | 510.363               |
| 1998       | 57.280               | 542.161               |
| 1999       | 57.622               | 564.981               |
| 2000       | 55.245               | 534.814               |
| 2001       | 53.315               | 537.226               |
| 2002       | 52.768               | 517.743               |
| 2003       | 50.940               | 477.734               |

V Evropské unii bylo k roku 2002 (EU 15) 8.793.078 včelstev. Podíváme-li se na vývoj počtů včelstev v Evropské unii od roku 1992 do roku 2002, tak zaznameneáme výrazný nárůst počtů včelstev ve Španělsku. Mírný pokles včelstev v Německu a Francii. Ostatní státy Evropské unie zaznamenávají více či méně stabilní vývoj (Lloria, 2002).

## 2.4. Rozšíření včely medonosné

Jednou z největších výhod využívání včely medonosné jako bioindikátoru je její rozšíření na velkých územích a jejich početnost (Porrini, 2003). Velkou výhodou v možnosti celosvětového využívání je i její rozšíření ve všech zeměpisných pásmech s výjimkou severního a jižního pólu (German, Bender, Rodacy, 2003). Velmi dobré pro monitorování stavu životního prostředí je též i poměrně velké a pravidelné zavčelení na území České republiky, ale i celé Evropy (Lloria, 2002). Včely jsou rozšířeny v oblastech málo zatížených chemickými látkami, tak i v oblastech které jsou velmi zatížené. Téměř dokonalé rozmístění včelstev v různě zatížených oblastech je přímo dáno tím, kde všude žije člověk. Ošetřování

včelstev je totiž poměrně časově náročná práce, která vyžaduje mít včelstva v blízkosti bydliště. Rozmístění včelstev v určitých oblastech vlastně tvoří jakési monitorovací síť, které se dají poměrně lehce na nezavčelených plochách doplňovat. Přirozeně rozmístěná včelstva vytvářejí veliké potencionální možnosti monitorování velkých ploch (Porrini, 2003).

## **2.5. Med a ostatní včelí produkty**

Včela medonosná svou činností vytváří několik produktů. Je to včelí med, který je pro člověka nejvýznamnější, dále pak včelí vosk ke stavbě včelího díla, propolis sloužící včelám jako tmel k utěsňování drobných mezer v úlu, mateří kašička sloužící jako výživa včelích larev. Podrobnějšímu popisu včelích produktů se věnují následující kapitoly. Významným včelím produktem je také včelí jed, využívaný především ve farmacii, avšak k bioindikaci se nevyužívá a proto se o něm dále nezmiňuji.

### **2.5.1. Med**

Včelí med je nejznámější a nejdůležitější včelí produkt. Med definujeme jako sladkou hmotu vytvářenou včelami z nektaru nebo z medovice, které včely sbírají, přetvářejí pomocí výměšků hltanových žláz a zralý uskladňují v plástech. Účelem zrání je přetvoření řídkých, a tedy i mikrobiálně nestálých přírodních šťáv na hutné a mikrobiálně stálé zimní zásoby – med. Při zrání se mění i chemické složení původních surovin. Především se štěpí sacharóza na invertní cukr a současně z jednoduchých cukrů vznikají cukry složitější. Med je z 15 – 21% tvořen vodou. Sušina medu je z 95% tvořena různými cukry, většinu tvoří fruktóza a glukóza. Cukernou součástí medu je i sacharóza, která se však enzymaticky štěpí a proto je jí v medu jen okolo 1%. Med také obsahuje množství oligosacharidů a to kolem 10%. Med dále obsahuje velké množství organických kyselin, aminokyselin, vitaminů, barviv, aromatických látek, látek hormonální povahy a další stovky přírodních látek (Veselý, 2003).

### **2.5.2. Vosk**

Včelí vosk je metabolický produkt včely, který se tvoří ve voskotvorné žláze včely dělnice, jejímž vnějším zakončením jsou vosková zrcadélka na třetím, čtvrtém, pátém a šestém zadečkovém článku. Z vosku včely stavějí pláсты do nichž ukládají pylové a medné zásoby a také odchovávají plod. Chemické složení včelího vosku je velmi složité. Základní složky tvoří monoestery 35%, uhlovodíky 14%, diestery 14%, volné kyseliny 12%. (Veselý, 2003).



## 2.6. Těžké kovy

Termín těžké kovy je používán z různých hledisek. Z fyzikálního hlediska se jedná o kovy o měrné hmotnosti větší než  $4,5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . Z biologického hlediska se jedná o kovy, které jsou biologické účinné a to i včetně tzv. lehkých kovů (jako je např. hliník) a polokovy (zejména arsen a selen). Pro všechny tyto prvky se používá termín těžké kovy. Nejběžněji sledovanými těžkými kovy jsou v abecedním pořadí Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb a Zn (Kalač, Tříška, 1998).

Základní aspekt odlišující těžké kovy od ostatních znečišťujících látek (pesticidy) je jejich role v životním prostředí. Pesticidy jsou rozšířeny, jak v čase, tak v místě a v závislosti na chemické sloučenině, jsou eliminovány různými vlivy. Těžké kovy jsou naopak vylučovány neustále různými přírodními zdroji a nejsou eliminovány a vstupují do biologických cyklů (Porrini, 2003).

Přítomností cizorodých látek v prostředí může být snížena aktivita a opylovací schopnost včel s následným narušením článků potravních řetězců jiných živočichů živících se především semeny rostlin (Mondspiegel, 1992).

Kontaminace jednotlivých složek životního prostředí těžkými kovy vzrůstá v důsledku rostoucí produkce a spotřeby, jak tradičně využívaných kovů, tak těch, které jsou v rychle rostoucí míře aplikovány v moderních technologiích. Těžké kovy nejsou na rozdíl od většiny organických látek v biologických systémech degradovány a hromadí se v povrchových vrstvách půdy a v sedimentech toků a vodních nádrží. Část se mikrobiální činností methyloje (zejména rtuť, arsen a cín) a jejich toxicita podstatně vzrůstá. Těžké kovy také vstupují do různých článků potravních řetězců, zde jsou pak také nejnebezpečnější (Kalač, Tříška, 1998).

Mezi cesty znečištění životního prostředí těžkými kovy patří zejména:

- větrná eroze polymetalických odpadů ze skládek u kovohutí
- prach z pyrolytických hutních procesů
- průnik do podzemních vod při loužících procesech těžby rud
- spalování uhlí, především hnědého
- odpadní vody z galvanizoven ( Ni, Cr, Cd, Zn ), koželužen ( Cr ), brusíren skla ( Pb ) a složišť popílků
- průmyslová hnojiva spolu s okyselením půd, které vede ke zvýšené využitelnosti těžkých kovů pro rostliny (Kalač, Tříška, 1998).



### 2.6.1. Zdroje a ekotoxikologická charakteristika olova (Pb)

Ačkoliv přírodní procesy vznášejí do globálního životního prostředí cca 180.000 tun olova ročně, za globální ekotoxikologické problémy spojené s výskytem olova jsou odpovědné následující vstupy:

- těžba a úprava železných a neželezných rud (30% celkových emisí olova)
- spalování uhlí a topných olejů (4,5% celkových emisí olova)
- spalování odpadů a dřeva (1% celkových emisí olova)
- různé jiné zdroje (například nátěry, baterie atd. 3,5% celkových emisí olova)
- spalovací motory (61% celkových emisí olova před rokem 1989)

Olovo je v atmosféře vázáno na prachové částice, kam se dostávalo především z automobilů spalující benzín s tetraethylolovem, tzn. že ekotoxikologický efekt je vázán především na městskou zástavbu. Zvýšená hladina olova ve vodních ekosystémech je způsobena především těžebními aktivitami ze kterých se olovo dostává do okolního sedimentu, kde potom dochází k methylaci a uvolňování organoolovnatých sloučenin do vody.

Olovo má afinitu k atomům síry a dusíku, což vede k ovlivnění funkce některých enzymů. Olovo má tendenci se kumulovat v kostní dřeni a tím snižovat tvorbu červených krvinek, což může vést až k anémii (Kalač, Tříška, 1998).

### 2.6.2. Zdroje a ekotoxikologická charakteristika kadmia (Cd)

Kadmium je relativně vzácný prvek, ale s významnými toxikologickými vlastnostmi. Kadmium je toxické proto, že má podobné chemické vlastnosti jako zinek, který je důležitým esenciálním prvkem. Kadmium je izomorfní se zinkem a doprovází jej v rudách. Hlavní zdroje znečištění životního prostředí kadmiem jsou následující:

- těžba a úprava rud
- pokovování kadmiem
- výroba nikl - kadmiových baterií
- elektronický průmysl (fotovoltanické články)
- průmysl plastických hmot (steran kademnatý jako stabilizátor plastických hmot)
- spalování fosilních paliv (uhlí až 2 ppm, oleje do 0,5 ppm)
- hnojení minerálními hnojivy (superfosfát)

Kadmium je přijímáno do těla přes buněčné membrány. V organismu se váže na speciální proteiny, které jsou obsaženy především v játrech, ledvinách a krvinkách. Vyšší koncentrace kadmia v ledvinách vyvolá u obratlovců poškození ledvin kadmium je tedy nefrotoxické (Kalač, Tříška, 1998).

### 2.6.3. Zdroje a ekotoxikologická charakteristika rtuti (Hg)

Rtuť se vyskytuje ve dvou formách anorganická rtuť a organická rtuť tzv. methylртуť, která vzniká z anorganické rtuti methylací pomocí anaerobních bakterií především v sedimentech. Každá z těchto forem je trochu jinak nebezpečná. Do životního prostředí se dostává lidskou činností kolem 10.000 tun rtuti ročně, ale minimálně 30.000 tun z oceánů a půdy. Hlavní vstupy jsou tyto:

- geochemické zdroje (v zemské kůře se nacházejí ložiska kovové rtuti a sulfidu rtuťnatého, ze kterých se pak uvolňuje nejčastěji jako kovová rtuť do atmosféry)
- průmyslová výroba (výroba acetaldehydu a vinylchloridu - ve většině zemí již zakázána, výroba chloru alkalických hydroxidů)
- nátěry
- farmaceutické preparáty
- zemědělství (v některých státech se používají mořidla obilí obsahující rtuť)
- spalování fosilních paliv (uhlí a ropa obsahuje různé množství rtuti, které se při spalování uvolňuje)

Rtuťnatý kationt má afinitu k atomům síry a dusíku a proto se snadno váže na aktivní místa proteinů.

Toxicita rtuti se mění v závislosti na její formě. Anorganická rtuť špatně prochází bariérou představovanou krevním řečištěm, nevstřebává se ani placentou a ani mozkovými tkáněmi, toxicita se tudíž projevuje především odumíráním buněk v játrech a ledvinách. Naproti tomu organická rtuť prochází velmi snadno bariérami a dostává se do mozkových tkání, zárodku a vajec. U lidí dochází k neurologickým poruchám a poškození plodu, u ptáků snížením počtu kladených vajec a omezením líhnutí mláďat (Kalač, Tříška, 1998).

### 2.7. Včela medonosná jako bioindikátor

Současná doba člověka nutí k tomu, aby se stále intenzivněji zajímal o stav životního prostředí. Jednou z možností, jak zjišťovat vliv lidské činnosti na zdravý organismů a funkci ekosystémů je využití živých organismů jako indikátorů kvality životního prostředí. Jako



bioindikátory označujeme organismy nebo jejich společenstva, jejichž životní funkce jsou korelovány s faktory prostředí tak těsně, že mohou sloužit jako jejich ukazatele (Boháč, 1999).

Bioindikátory můžeme rozdělit do tří skupin:

1. Testovací organismy – využíváné v laboratořích.
2. Indikátory pro impaktní monitorování – využíváme jejich fyziologických změn, patologických úchylek od normálu nebo také organismy se schopností kumulace látek.
3. Bioindikátory ekologické homeostáze – sledujeme chování (přítomnost, početnost, zastoupení adt.) druhů a společenstev.

Bioindikace je metoda používaná k získání rychlé biologické informace s minimální časovou prodlevou. Biologické monitorování je dlouhodobé v pravidelných intervalech se opakující sledování vybraných organismů a jejich životních projevů (Boháč, 1999).

### **2.7.1. Proč je včela medonosná dobrý bioindikátor**

Včela medonosná je velmi dobrým biologickým indikátorem z mnoha důvodů. Předurčují ji k tomu její etologické a morfologické charakteristiky, které z ní dělají spolehlivý ekologický bioindikátor. Včela medonosná je poměrně snadno chovatelná a přizpůsobivá životnímu prostředí (Porrini, 2003). Její přizpůsobivost nejlépe dokazuje její celosvětové rozšíření s výjimkou pouze těch nejextrémnějších oblastí (German, Bender, Rodacy, 2003).

Velikou výhodou včel je i jejich délka doletu, která nám umožňuje sledovat imisní zátěže v lokálně zatížených oblastech. Délka doletu je dána potravní nabídkou. Není-li to nutné, tak včely létají na co nejkratší vzdálenost. Toho lze využít například v porostech řepky či slunečnice, abychom zjistili zatížení či kontaminaci velmi malé lokality, řádově se jedná o stovky metrů. Nemá – li však včela ve svém bezprostředním okolí dostatečně atraktivní zdroj potravy, a to je většina případů, pak můžeme s její pomocí sledovat větší avšak stále ještě lokální oblasti. Dolet včely medonosné může činit i 8 km, nejčastěji však 4 – 6 km. Bylo ověřeno, že lze sledovat dvě různě zatížené oblasti vzdálené od sebe pouhých 8 km s velmi přesnými výsledky (Mondspiegel, 1992).

Včela medonosná je také nenáročná na potravu, což ji dělá snadno a levně chovatelnou. Její tělo je pokryto jemnými chloupky, které umožňují zachytávat materiál a látky s kterými včely přijdou do kontaktu (Porrini, 2003). Zachytávání drobných částic na tělo včely medonosné je způsobeno elektrostatickým nábojem, který slouží k zachytávání drobných částic z ovzduší (German, Bender, Rodacy, 2003). Další nesmírně důležitou vlastností, která je využívána při bioindikaci, je vysoká citlivost na většinu produktů



předávají i ostatním včelám. Stačí vycvičit jedinou včelu a všechny ostatní, které se s ní dostanou do kontaktu se to od ní naučí. Těchto posledních vlastností se využívá k tomu, aby včela medonosná místo znečištění sama vyhledala a dovedla nás k němu (German, Bender, Rodacy, 2003).

2.7.2. Co může včela medonosná indikovat

Včela medonosná je velmi citlivým bioindikátorem, který dokáže často odhalit i látky, které jsou současnými standardními měřicími přístroji obtížně zjistitelné. Kromě vysoké citlivosti je včela medonosná schopna detekovat i velké množství polutantů znečišťujících životní prostředí (Porrini, 2003). Polutanty, které včela medonosná může indikovat jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab. 2: Chemické látky, které může včela medonosná indikovat v krajině.

| Chemická látka            | Autor                        | Úroveň indikace<br>(biotop, krajina) | Země           |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------------------|----------------|
| pesticid (Nurell, Regent) | Kamler, 2001                 | řepkové pole                         | ČR             |
| pesticid (imidacloprid)   | Schnier, 2002                | kukuřičné pole                       | Itálie, Friuli |
| pesticid (fenoxycarb)     | Tornier, Schur, 2002         | pole                                 | Německo        |
| pesticid (fenoxicarb)     | Porrini, Celli, 2003         | pole                                 | Itálie         |
| radionuklidy              | Porrini, 2003                | krajina                              | Ukrajina       |
| radionuklidy              | Mondspiegel, 1992            | krajina                              | ČR             |
| těžké kovy (Cd,Cr,Pb)     | Conti, Botrè, 2001           | krajina                              | Itálie, Řím    |
| těžké kovy                | Mondspiegel, 1992            | krajina                              | ČR             |
| těžké kovy                | Porrini, 2003                | krajina                              | Itálie         |
| minová pole               | German, Bender, Rodacy, 2003 | krajina                              | USA            |

V zemědělství je využíváno obrovské množství chemických látek sloužících k ochraně rostlin, avšak tyto látky mohou být nebezpečné pro lidi, zvířata, rostliny i celé ekosystémy, zejména tehdy, používají-li se nevhodným způsobem, tj. nevhodná doba aplikace, špatná koncentrace, použití velkého množství nebo použití ve špatné kombinaci s jiným prostředkem (Klumpar, 2003).

Při chemickém ošetření řepky ozimé se využívají chemické prostředky, které při nevhodném používání mohou poškozovat životní prostředí. Ve výzkumném ústavě v Libčici

nad Vltavou zjistili, že pokud se u uhynulých včel do čtyř dnů udělá rozbor, tak lze zjistit, jaká potencionálně jedovatá látka byla použita (např. Nurell, Regent, atd.) (Kamler, 2001).

V italském regionu Friuli byl v roce 2000 zjištěn nadměrný úhyn včel. Po provedených pokusech a výzkumech se došlo k závěru, že k otravám došlo díky mořidlu na osivo s aktivní látkou imidacloprid. Nebezpečná látka se uvolňovala obrušováním při seti pneumatickými secími stroji. Tato látka se poté dostala do kontaktu se včelou medonosnou, která díky své veliké citlivosti k nebezpečným látkám odhalila toto uvolňování nebezpečné látky do okolí (Schnier, 2002). V Itálii se také dokázalo, že včely jsou schopny odhalit chemické prostředky, které jsou zakázané a nebo nesprávně používány. V mnoha případech, dokonce italští vědci zjistili že zneužívání nebo nevhodné používání pesticidu nemohlo být prokázáno jinak než bez pomoci včel, konkrétně jejich medu (Porrini, Celli, 2003).

Němečtí výzkumníci pomocí pokusů ve dvou velkých uzavřených tunelech zjistili také velkou citlivost včely medonosné k chemickým prostředkům na ochranu rostlin s aktivní látkou fenoxycarb. Včela tuto látku indikovala zvýšenou úmrtností dospělců a plodu (Tornier, Schur, 2002 ).

Včelu medonosnou a její produkty lze také využít k monitorování radionuklidů. Tato možnost se začala prověřovat už v 50. letech a při havárii jaderné elektrárny Černobyl v roce 1986 bylo prokázáno, jak bezchybným indikátorem jsou včely při zjišťování radioizotopů. Bylo analyzováno mnoho vzorků včel, vosku a pylu a výsledky ukázaly, že pyl byl nejúčinnějším indikátorem kontaminace vzduchu radionuklidy (Porrini, 2003). Bylo též zjištěno, že radionuklidy se v různých částech včelího těla hromadí různě. Při využití včely medonosné k indikaci radioaktivity je nejvhodnější rozbor střev, žaludku a především výkalového váčku (Mondspiegel, 1992). Dalším důkazem, že včelu medonosnou můžeme používat jako bioindikátor znečištění životního prostředí, je pozorování italských výzkumníků. Zjistili že v prokazatelně zatíženějších oblastech se v medu, ve včelích tělech a na povrch těl objevují vyšší koncentrace těžkých kovů (Porrini, 2003). Ke stejnému výsledku došli též v Itálii při pokusech přímo v centru města Řím, kde byly prokazatelně vyšší koncentrace těžkých kovů než mimo centrum (Conti, Botrè, 2001).

Jednou z nesmírně zajímavých možností je i využití včely medonosné k vyhledávání minových polí. Včela má vynikající čich a paměť na vůně. Je také schopna se naučit létat za specifickou vůní a naučit to i ostatní včely. Těchto jejích vlastností se právě využívá k vyhledávání minových polí (German, Bender, Rodacy, 2003).



**2.7.3. Metody které se používají při bioindikaci s použitím včely medonosné**

Způsobů, jakými lze zjišťovat stav životního prostředí pomocí včely medonosné, je více. V zásadě však existují dva základní způsoby jimiž znečištění indikujeme:

- 1. Velká úmrtnost včel v úlech a před úlem  
(tj. především v případě pesticidů a jiných jedů).
- 2. Rezidua přítomná v jejich těle a na povrchu jejich těla, medu a ostatních produktech  
(tj. v případě pesticidů, těžkých kovů, radioaktivity).

Tato znečištění pak mohou být zjištěna vhodnými laboratorními analýzami (Porrini, 2003).

V případě zjišťování přítomnosti pesticidů ve zkoumané lokalitě je nejdůležitějším ukazatelem počet mrtvých včel před úlem. Včely se zachytávají ve speciálních odchyťových zařízeních, která jsou umístěna před česny úlů. Je zde využíváno geneticky naprogramované vlastnosti včel, kdy umírající včela má snahu před smrtí opustit úl. Právě tyto včely jsou, pak odchyťovány v již zmíněných odchyťových zařízeních. Ukazatel se mění v závislosti na několika faktorech:

- toxicita použité látky ( $LD_{50}$ )
- přítomnost a množství květů u pěstovaných či volně rostoucích rostlin
- přítomnost včel v lokalitě v době chemického ošetření
- způsob jakým byl použit a rozšířen pesticid
- přítomnost větru a dalších faktorů

Tyto faktory ovlivňují a omezují použití včel k biologické indikaci. Je zde totiž problém, že mnoho včel, které byly přímo zasaženy insekticidy nemají sílu vrátit se zpět do úlu a umírají na poli nebo během letu. Také některé přípravky mají pro včely repelentní účinky. V těchto dvou případech včely použít nelze (Porrini, 2003).

Avšak jsou-li včely zasaženy jen částečně z rostlin, které opylují, nebo když opylují volně rostoucí rostliny kontaminované větrem, tak neumírají hned, ale umírají až po přiletu do úlů. Jen v těchto případech lze včelu medonosnou použít jako bioindikátor kontaminace zkoumané lokality. A počet mrtvých včel se tak stává přímým ukazatel znečištění.

V případě sloučenin, které nejsou obzvlášť nebezpečné pro hmyz, hraje roli nepřímého indikátoru. Je totiž vystaven znečišťujícím látkám a poskytuje informaci ve formě zbytkových látek. Počet mrtvých včel je monitorován každý týden. Některé z insekticidů nezpůsobují tak vysokou úmrtnost včel, ale mohou způsobit vážné změny v jejich chování i při nízkých dávkách. Tyto aktivní látky se těžko zjišťují chemickou analýzou, a proto výše zmíněné ukazatele (úmrtnost a rezidua) nejsou schopny takovéto látky odhalit (Porrini, 2003).



Při zjišťování látek, které jsou obsaženy v atmosféře se využívá jemného ochlupení na částech včelího těla. Jsou takto využívány především k monitorování těžkých kovů. Těžké kovy přítomné v atmosféře se mohou ukládat na ochlupených tělech včel a být přineseny do úlu spolu s pylem nebo mohou být absorbovány spolu s nektarem květin, vodou a medovicí. Při použití včely medonosné a jejích produktů jako bioindikátoru je nutné brát v úvahu velké množství proměnných:

- počasí (déšť a vítr mohou vyčistit atmosféru nebo přesunout těžké kovy do jiných sektorů)
- roční období (množství nektaru je většinou větší na jaře než v létě a na podzim)
- botanický původ medu (nektar květin dlouhokvetoucích a medovice jsou mnohem více vystaveny znečištění)(Porrini, 2003).

Zachytáváním částic na včelím těle se zabývají také výzkumníci z univerzity v Montaně zjišťují, zda včely medonosné lze využít k bioindikaci cizorodých látek v ovzduší. Metoda spočívá na jednoduché fyzikální zákonitosti. Povrch pohybující se včely medonosné získává elektrostatický náboj způsobený třením molekul vzduchu. Tento náboj přitahuje během letu na tělo včel lehké částice s opačným nábojem, které se vyskytují ve vzduchu, například drobná pylová zrnka. Při laboratorním pokusu byla včela umístěna do proudu vzduchu naplněného spory půdních bakterií *Bacillus subtilis* a konstatovali, že mikroorganismy se skutečně nalepují na tělo hmyzu ve větším či menším počtu v závislosti na velikosti elektrostatického náboje. Na základě těchto údajů vytvořili matematický model schopný odhadnout množství spor obsažených v atmosféře podle jejich hustoty na včelím těle (German, Bender, Rodacy, 2003).

Včelu medonosnou a její produkty lze také využít k monitorování radionuklidů. Tato možnost se začala prověřovat už v 50. letech, a to při havárii jaderné elektrárny Černobyl v roce 1986, bylo prokázáno, jak bezchybným indikátorem jsou včely při zjišťování radioizotopů. Bylo analyzováno mnoho vzorků včel, vosku a pylu a výsledky ukázaly, že pyl byl nejúčinnějším indikátorem kontaminace vzduchu radionuklidy. Sledování radionuklidů z atomových elektráren, továren nebo zdravotních zařízení se často spojuje s monitorováním pesticidů. Tohoto bylo využito ke konci dubna v roce 1998 kdy v ocelárně v Algeciras v jižním Španělsku docházelo k emisím Cesia <sup>137</sup>, uvolňujícím se z radioaktivního zdroje, který již nebyl v provozu. Ve vzorkách včel z monitorovacích stanic se odhalila anomální přítomnost Cesia<sup>137</sup>. Bylo zjištěno, že včela medonosná dokáže odhalit i hodnoty radioaktivity, které jsou zanedbatelné a často pod prahem nebezpečí, a to s přesností a účinností vyšší než tradiční monitorovací techniky (Porrini, 2003).



Pro sledování imisní zátěže lze také využít rozboru prvkového složení organismu včel. Kdy pro sledování vlivu imisní zátěže prostředí na prvkové složení organismu včel byla zvolena metodika prvkových analýz včelích dělnic – létavek, tj. včel ve stáří 4 – 8 týdnů v měsíci srpnu. Tyto včely při své činnosti přicházejí dlouhodobě do těsného kontaktu s prostředím a lze u nich předpokládat nejvýraznější vliv imisní zátěže na prvkové složení jejich organismu. Pro sledování této závislosti byly zvoleny dvě oblasti s rozdílným stupněm imisní zátěže (Mostecko a Třeboňsko). Odlov včel létavek probíhal v prvním týdnu měsíce srpna před česny úlů s použitím mikrotenových sáčků. Včely byly lapány při opouštění úlů ve fázi odletu z letáku česna. Bezprostředně po odlovu byly včely v sáčcích usmrceny chloroformem a po dobu transportu umístěny v teplotě do 8 °C. Dále následovalo sušení včel do konstantní hmotnosti při teplotě 75 °C. Dále byly vzorky pomocí plamenové atomové absorpční spektrometrie vyhodnoceny. Výsledky prokázaly vyšší koncentrace Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, a Zn na Mostecku než na Třeboňsku (Mondspiegel, 1992).

Těžké kovy, které se vyskytují v potravních řetězcích, se mimo jiné zjišťují pomocí rozborů včelích produktů. V přírodě se nejčastěji soustřeďují tři představitelé těžkých kovů – kadmium, chrom a olovo. Jejich výskyt byl zjišťován pomocí včelích produktů (med, pyl, propolis a vosk). Vzorky byly sbírány z pěti různých monitorovacích stanic, čtyři byly z oblasti okolí města Řím a pátý byl sbírán přímo v centru města, které je intenzivně zatíženo automobilovou dopravou. Všechny monitorovací stanice byly vybudovány přímo za účelem tohoto sledování tzn., že bylo vše podřízeno tomu, aby vzorky nemohly být kontaminovány z materiálů použitých ke stavbě monitorovacích stanic. Experiment byl prováděn během tří měsíců a za tuto dobu bylo odebráno šest vzorků medu a pylu, tři vzorky propolisu a vosku a dva vzorky včely medonosné. Všechny vzorky byly sebrány dvojmo a z každé ze sledovaných oblastí. Po odběru vzorků byly polutanty zjišťovány pomocí atomové absorpční spektroskopie. Výsledky prokázaly obvyklý statisticky významný rozdíl mezi centrem města Řím a jeho okolím. Výsledky tak ukázaly, že včelu medonosnou a její produkty lze považovat za bioindikátory znečištění životního prostředí (Conti, Botrè, 2001).

Ke stejnému závěru došel Montspiegel (1992), když zjistil, že koncentrace všech analyzovaných prvků v plástovém pylu byly vyšší na imisně zatížené lokalitě Slévárna Škoda ve srovnání s lokalitou Stromovka. V lokalitě Slévárna Škoda byly obsahy Al 1,5 krát, Cr a Cu 1,8 krát, Mn, Ni a Zn 2 krát, Fe a Pb 3,5 krát a Sr až 5,5 krát vyšší než na prokazatelně méně zatížené oblasti Stromovka. Stejně tak byla ověřena i koncentrace prvků v plástovém medu z obou lokalit. V lokalitě Slévárna Škoda bylo zjištěno, že koncentrace Al a Cu 1,8 krát,



Ba a Zn 2 krát, Ca a Fe 2,4 krát, Mg a Sr 3 krát a Mn 9,2 krát je vyšší než v lokalitě Stromovka (Mondspiegel, 1992).

V jedné oblasti Itálie vědci ověřovali spolehlivost včelích produktů jako ukazatelů znečištění životního prostředí. K porovnání dvou lokalit bylo použito 43 vzorků včel z 16 úlů a 74 vzorků medu z 29 úlů, byly zkoumány ve stejných podmínkách s použitím stejných postupů. Statistická analýza ukázala mírně vyšší stupeň spolehlivosti u medu, statisticky důležitý pro chrom. K lepšímu porovnání vzorů včel bylo analyzováno 178 vzorků včel odchycených po návratu do úlu ve třech různých oblastech: město, průmyslové zóny a přírodní oblasti. Obsah kovů nahromaděných ve včelách a nachytaných na povrchu jejich těla byl analyzován. Olovo v městských a průmyslových oblastech bylo nalezeno ve větším množství uvnitř včelího těla než na jejím povrchu, rozdíl byl veliký. Naopak tento poměr byl v přírodních oblastech převrácený. Co se týče niklu, byla výrazná změna nalezena jen v přírodních oblastech, kde bylo množství opět větší na povrchu včelího těla (Porrini, 2003).

Jiné pokusy ukazují na to, že vytvořením sítí monitorovacích stanic by bylo možné sledovat velká území s vynaložením minimálních nákladů a úsilí. Včely žijící na určitém území sbírají potravu, jejíž prvkové složení ukazuje na množství dostupných forem prvků zapojených do potravního řetězce včel. Vytvoření sítě speciálních měřících a pozorovacích stanic se včelstvy v oblastech s intenzivní průmyslovou výrobou umožňuje sběr údajů charakterizujících ekologické poměry v místních podmínkách i z globálního pohledu. Jako indikátory znečištění prostředí toxickými prvky uvádějí někteří autoři organismus včel a včelí produkty. V průmyslových oblastech může docházet ke zvýšení obsahů některých prvků v medu, hlavně Cu, Fe, Mn, Ni a Zn. Dále bylo zjištěno, že pyl je dobrým indikátorem vlivu polutantů z automobilové dopravy na prostředí. Z dalších včelích produktů také mateří kašička odráží ve svém prvkovém složení zvýšenou kontaminaci prostředí toxickými prvky. Nevýhodou při jejím použití může být skutečnost, že její prvkové složení je závislé na stáří krmených larev. Při použití včelího vosku a propolisu bylo zjištěno znečištění prostředí olovem a kadmiem (Mondspiegel 1992).

Další možnou variantou odběru vzorků medu a pylu ze včelstev a měření vybraných prvků je sledování vybraných lokalit s různým stupněm imisní zátěže, kde se prováděl sběr vzorků plástového medu a pylu od včelstev od června do srpna v měsíčních intervalech. Na každé lokalitě se odebíraly vzorky ze tří až pěti včelstev, což činilo pro oblast Mostecká a Prahy v průměru 32, pro oblast Šumavy 28 a pro oblast Třeboňska 16 vzorků od každého včelího produktu v jednom měsíci. Odběr včelích produktů se prováděl během prvního týdne každého měsíce. Vzorky včelích produktů se ukládaly do mikrotenových sáčků a skladovaly se při



teplotě 4 °C. Materiál, se kterým přicházel med a pyl do styku při sběru a během zpracování, byl před použitím ponořen v lázni s roztokem HNO<sub>3</sub>. Pak následovalo usušení nádob. Sběr medu probíhal samovolným vytékáním medu z plástů do sběrných nádob za teploty 40 °C. Celkové množství získaného medu se pohybovalo kolem 50 g. Skladování vzorků medu probíhalo při teplotě 4 °C. Pak následovala vlastní analýza. Prokázalo se, že pro zjišťování znečištění prostředí jsou včely, plástový med a pyl jako nejvhodnější modelové objekty pro sledování imisní zátěže prostředí. Vzorky včel a jejich produktů byly odebírány ze dvou imisně zatížených (Mostecko, Praha) a dvou kontrolních oblastí (Šumava, Třeboňsko). Terénní sledování byla doplněna některými experimenty provedenými v laboratorních podmínkách. Pro detailní sledování imisní zátěže jednotlivých sledovaných oblastí byla ještě zvolena metoda sběru a prvkových analýz mokrého depozitu. Za tímto účelem byla zhotovena a rozmístěna zařízení na lokalitách ve výšce 1,5 m nad povrchem půdy. Zařízení byla umístěna standardně na volném prostranství, nikoliv pod korunami stromů, které by zvyšovaly podíl depozitu. Vzorky depozitu byly odebírány v měsíčních intervalech od začátku měsíce června do srpna. Shodně se sběrem vzorků včelích produktů na sledovaných lokalitách (Mondspiegel, 1992).

Bylo též zjištěno, že včely sbírající pyl a medovici mohou objevit skryté nášlapné miny. Minová pole jsou označována za jedno z nejhorších forem znečištění životního prostředí na Zemi. Protože detektory kovů nejsou schopny zjišťovat plastové nášlapné miny a jejich využití je velmi nákladné, bylo nutné objevit jiné metody k zjišťování minových polí. Vlastnost, která tento blanokřídlí hmyz předurčuje k hledání min je vynikající čich, mnohem jemnější a citlivější než mají psi. Kromě toho jsou včely schopné si zapamatovat velké množství různých pachů. Je snadné je vycvičit, aby zamířily ke zdroji určité vůně, aniž by byla přímo spojena s potravou. Pak už jen stačí včely vycvičit. Výcvik spočívá ve vytvoření podmíněných reflexů. Včela si přičichne k určité vůni a vzápětí dostane oslazenou vodu. Po opakování pokusu je možné sledovat, že jakmile včela ucítí danou vůni, automaticky vystrčí jazyček, jakoby čekala na příděl potravy. To vše proběhne během necelých deseti vteřin. Včely si nejen dokáží zapamatovat pachy, s nimiž se střetly, ale tyto znalosti předávají i ostatním včelám. Stačí vycvičit jedinou včelu a všechny ostatní, které se s ní dostanou do kontaktu, se to od ní naučí. Přesnost informací o pachu si lze vysvětlit tak, že květový nektar je nasáklý vůní kalichu v němž se vytváří. Tato vůně je specifická pro danou květinu. Včela, která nektar sbírá vůni rovněž nasákne a předá ji svým družkám při návratu do úlu, jednak prostřednictvím nektaru, jednak svým tělem, na němž se pach zachytil. Probíhalo několik zkoušek. V první zkoušce jsou úly umístěny ve skleníku s několika

květinami pokropenými TNT. Včely, předběžně naučené na pach výbušniny, vždy neomylně zamíří k označeným květům. Druhá zkouška probíhala ve volné přírodě. Miny byly zakopány do země a květiny v okolí absorbují výpary trinitrotoluenu či jeho malé částice. I tento pokus byl úspěšný. Včely z úlů vzdálených několik kilometrů od min zamířily přímo ke kontaminovaným květům. Situace v reálných podmínkách je ovšem značně odlišná. Minová pole nejsou vždy porostlá květy a včely mohou brzy rezignovat na hledání bez rychlé odměny. Musí se proto neustále motivovat a posilovat jejich podmíněný reflex. Kromě toho je třeba je sledovat. K tomu slouží malá anténka upevněná na těle včely. Signály jsou přenášeny radarem a pohyby hmyzu jsou zaznamenány na počítačové obrazovce (German, Bender, Rodacy, 2003).



### 3. Vlastní experimentální část

#### 3.1. Materiál a metody

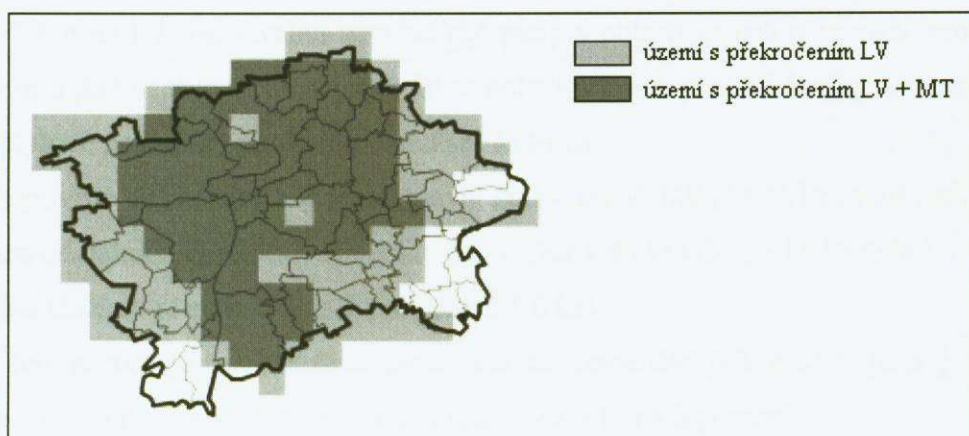
Použil jsem metodu podle Mondspiegela (1992) a přizpůsobil jsem ji svým podmínkám, protože jsem byl omezen především finančními prostředky. Odrazilo se to především v počtu vzorků a množství kovů, které byly zjišťovány. Pro zjišťování zatížení životního prostředí těžkými kovy jsem na základě citované literatury použil včelí med, který je k tomuto účelu velmi vyhovující a jeho odběr je současně nenáročný na prostředky. Vzorky jsem odebíral z jedné zatížené oblasti (hl. město Praha) a jedné kontrolní oblasti (kraj Vysočina), které jsem vybral na základě údajů ze Zprávy o životním prostředí České republiky v roce 2004 (2005). Charakteristiky sledovaných oblastí jsou uvedeny níže.

Rozbory vzorků byly provedeny na analyzátoru AMA 254 (rtuť) a na přístroji Spectr AA 640 (olovo a kadmium), oba přístroje pracují na principu atomové absorpční spektroskopie.

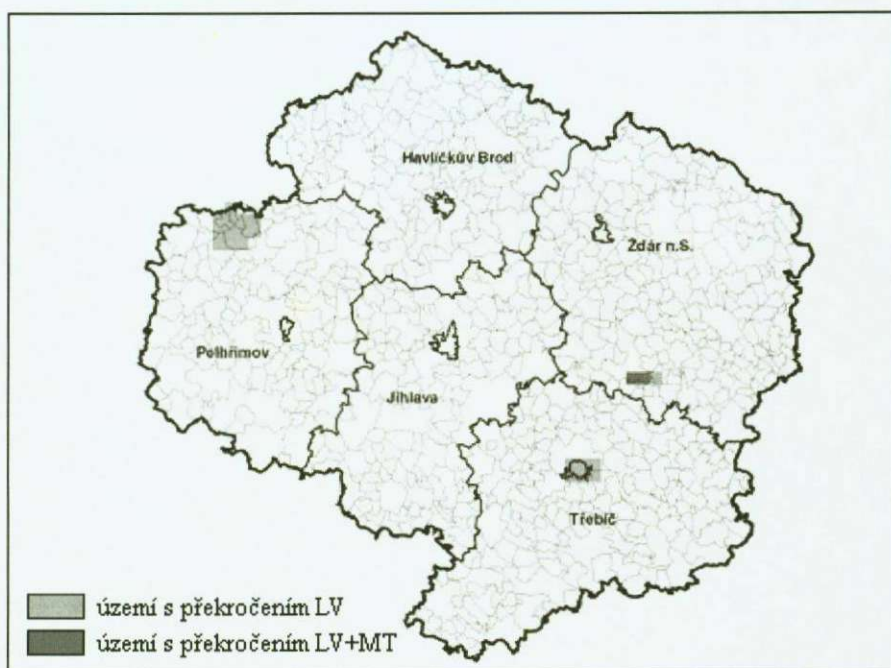
#### 3.2. Výběr oblastí

Pro srovnání jsem vybral dvě oblasti. Oblast výrazně zatíženou imisními vlivy a oblast nezatíženou imisními vlivy. Výběr oblastí jsem provedl na základě Zprávy o životním prostředí České republiky v roce 2004 (2005). Jako oblast zatíženou imisními vlivy bylo zvoleno hl. město Praha a jako oblast nezatíženou imisními vlivy byl zvolen kraj Vysočina (obr. 2 a 3).

Obr. 2: Sledovaná oblast 1 - území hl. města Praha. Zatížení emisemi je znázorněno graficky označením území s překročením imisního limitu (LV) nebo imisního limitu navýšeného o mez tolerance (LV + MT) v roce 2003 (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2005).



Obr. 3: Sledovaná oblast 2 - území kraje Vysočina. Zatížení emisemi je znázorněno graficky označením území s překročením imisního limitu (LV) nebo imisního limitu navýšeného o mez tolerance (LV + MT) v roce 2003 (Ministerstvo životního prostředí ČR, 2005).



### 3.2.1. Charakteristika oblasti hl. města Praha

Je z hlediska imisí považována za velmi zatíženou oblast a to zejména díky automobilovému provozu a průmyslu.

Konkrétní stanoviště (fotografie 5) se nachází u obce Březiněves (Městská část Prahy 8 – Březiněves) (obr. 4). Obec leží na severním okraji města skryta za Ďáblickým a Proseckým kopcem, který tuto severní část odděluje přirozenou hradbou od zbytku města. Na tomto severním okraji Prahy začíná zajímavá zemědělská oblast táhnoucí se severně dalších 30 km až k Labi. Kvalita zemědělské půdy v oblasti je velmi vysoká, proto se zde pěstuje mimo jiné například slunečnice. Obec neleží přímo v pražské kotlině a proto zde jsou lepší rozptylové podmínky narozdíl od pražské kotliny.

Stanoviště se nachází 150 m od hlavní sinice na Mělník, která je velmi zatížena, dále pak 1,3 km od dálnice Praha-Lovosice, která je také velmi vytížená. Další velmi významnou znečišťující složkou je aktivní skládka vzdálená 1,6 km.

Včelí pastva je zde složena poněkud více ze zemědělských plodin jako jsou řepka, slunečnice, svazenka, ovocné stromy a menší množství lesních porostů.



Fotografie 5: Stanoviště u obce Březiněves (Městská část Prahy 8 – Březiněves).



Obr. 4. Mapka s označenou obcí Březiněves (<http://mapy.atlas.cz/>).





### 3.2.2.. Charakteristika oblasti kraje Vysočina

Z hlediska imisí je Vysočina velmi málo zatížená oblast. Nejsou zde větší průmyslové oblasti a automobilový provoz je několikanásobně menší než v Praze.

Konkrétní stanoviště (**fotografie 6 musí se dodat**) se nachází u obce Houserovka (nejbližší větší město je Pelhřimov) (obr. 5). Houserovka se nachází 12 km jižně od Pelhřimova. Okolí stanoviště u obce Houserovka je obklopeno především zemědělsky využívanou půdou, velké množství lučních porostů o něco méně pak každoročně využívaných polí s měnícími se plodinami.

Nejbližší komunikací je asi 750 m vzdálená silnice druhé třídy spojující Pelhřimov a Počátky. Silnice je zatížena málo. Žádné jiné objekty, které by mohly znečišťovat tuto oblast ve větším měřítku se zde nenacházejí.

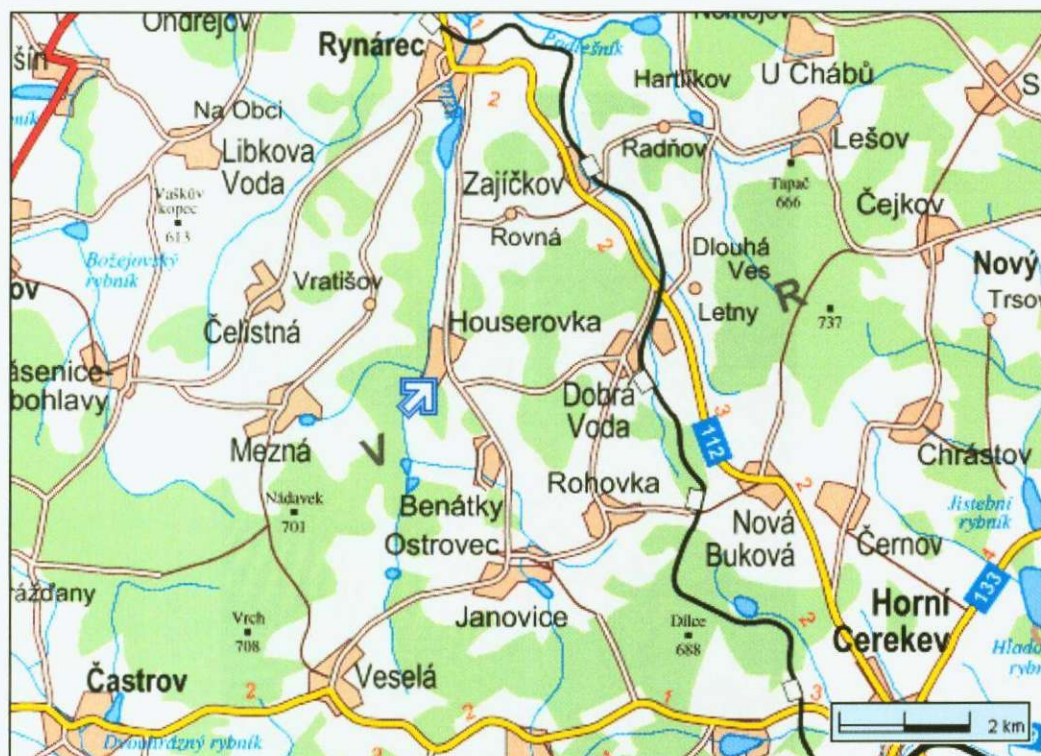
Včelí pastvou jsou zde pak především luční a zemědělské porosty zejména řepka a svazenka. Dále pak připadá v úvahu ještě lesní pastva, avšak ta v době odběru vzorků nepřipadá v úvahu.

Fotografie 6: Stanoviště u obce Houserovka (kraj Vysočina).





Obr. 5: Mapka s označenou obcí Houserovka (<http://mapy.atlas.cz/>).



### 3.3. Odběr vzorků medu

Na sledovaných lokalitách jsem provedl odběr směsných vzorků v období uprostřed června. Na obou lokalitách jsem odebíral směsný vzorek ze 3 – 5 včelstev. Vzorek byl bohužel vždy jen jeden a to z finančních důvodů. Med byl odebírán do čistých a suchých nádob vymytých destilovanou vodou. Med byl odebírán v místnosti s teplotou vzduchu 23 °C. Samotný odběr jsem prováděl samovolným vytékáním medu do sběrných nádob (fotografie 3 a 4). Celkové množství medu se pohybovalo vždy kolem 45 g. Skladování vzorků probíhalo v lednici při teplotě 6 °C v plastických nádobkách až do dalšího zpracování.

**Fotografie 3:** Odběr vzorků samovolným vytékáním medu z plástu.



**Fotografie 4:** Odebrané vzorky v plastových nádobkách.





### 3.4. Rozbory vzorků

Rozbory vzorků probíhaly na dvou přístrojích: analyzátor rtuti AMA 254 a atomový absorpční spektrometr Spectr AA 640.

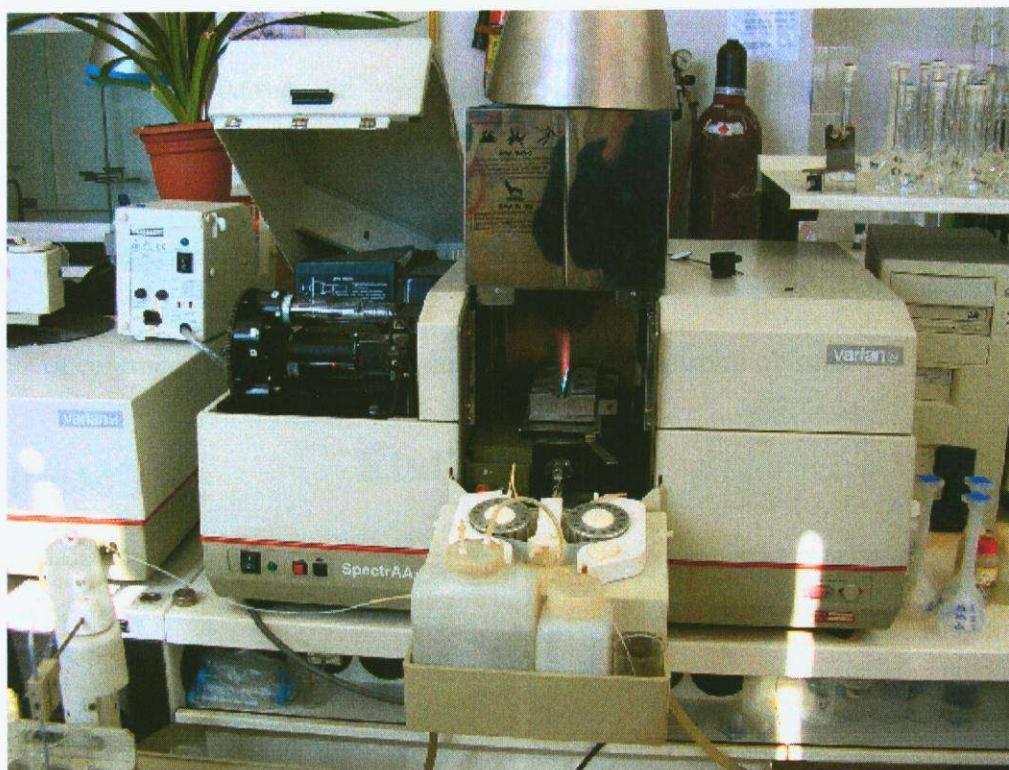
Rtuť byla zjišťována na analyzátoru AMA 254, (fotografie 1). AMA 254 je jednoúčelový atomový absorpční spektrofotometr pro stanovení rtuti. Je určen pro přímé stanovení obsahu rtuti v pevných a kapalných vzorcích bez potřeby chemické předúpravy vzorku. Využitím techniky generování par kovové rtuti s následným zachycením a obohacením na zlatém amalgamátoru se dosahuje mimořádně vysoké citlivosti stanovení a nezávislosti výsledku stanovení na matici vzorku.

Kadmium a olovo bylo zjišťováno na přístroji Spectr AA 640, (fotografie 2). Spekt AA 640 je mnohoúčelový atomový absorpční spektrometr pracující na principu měření pohlceného záření. Lze na něm stanovovat pouze kapalně vzorky, je tedy nutná předúprava vzorků. Pro stanovování jednotlivých prvků se používají specifické katodové lampy naplněné pracovním plynem argonem.

Fotografie 1: AMA 254, celý přístroj i s příslušnou výpočetní technikou.



Fotografie 2: Spectr AA 640, celý přístroj i s příslušnou výpočetní technikou.



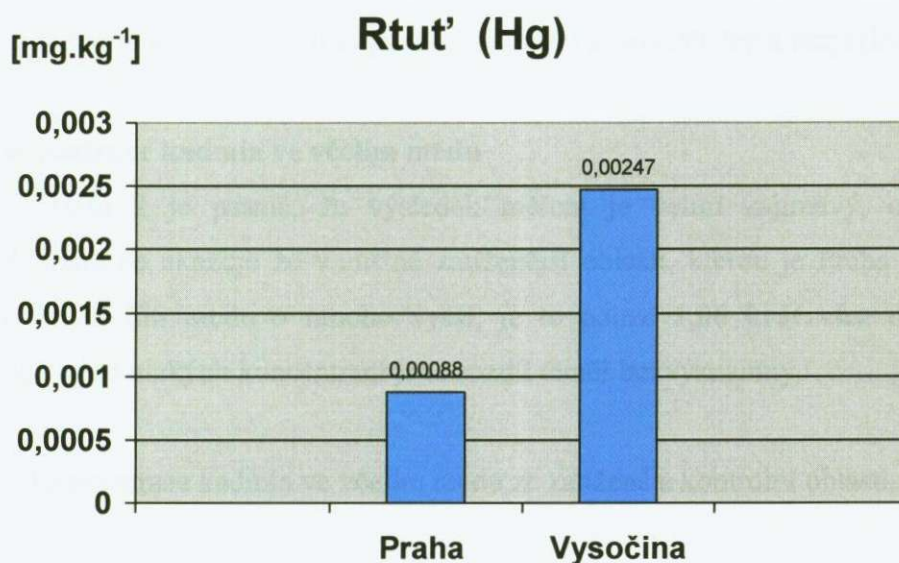


## 4. Výsledky a diskuse

### 4.1. Koncentrace rtuti ve včelím medu

Z grafu 1 je patrné, že výsledek měření je velmi překvapující, protože jsem předpokládal že v imisně zatíženější oblasti, kterou je hl. město Praha by měla být koncentrace rtuti ve včelím medu vyšší než v kraji Vysočina. Místo toho rozborů ukázali, že v kraji Vysočina je koncentrace **2,8 krát vyšší** než v hl. městě Praha.

Graf 1: Koncentrace rtuti ve včelím medu ze zatížené a kontrolní oblasti.



Tento výsledek je ojedinělý. V případě porovnání výsledků s jiným autorem (Porrini, 2003) zjistíme, že jsou oba výsledky naprosto odlišné. Porrini (2003) zjistil prokazatelně vyšší koncentrace v zastavěných a průmyslových oblastech. Moje výsledky ukazují že rozdíl není sice vysoký avšak vyšší koncentrace je v imisně méně zatížené oblasti.

Výsledek může být odlišný z mnoha důvodů:

1. Naměřené hodnoty nejsou dostatečně vypovídající neboť byl odebrán pouze jeden vzorek z každé oblasti, což je nedostatečné množství. Avšak z finančních důvodů jsem si více vzorků dovolit nemohl. Porrini (2003) odebral 74 vzorků medu z 29 úlů. Conti a Botrè (2001) odebrali 6 vzorků medu z každé oblasti. Mondspiegel (1992) odebral průměrně 20 vzorků z každé oblasti.

2. Včely mohli navštěvovat místo, které je lokálně více zatíženo, například je možné, že včely v době odběru vzorků navštěvovali rostliny rostoucí poblíž skládky odpadů. Je také možné, že včely navštěvovaly místa nacházející se po větru od blízké vesnice, kde se přes zimu vytápí

rodinné domky téměř výhradně uhlím a spad z emisí se tak mohl dostat do půdy a následně pak do rostlin a nektaru. Mondspiegel, (1992) zjistil, že plástový med vypovídá o dlouhodobé imisní zátěži lokalit a ve vyšších koncentracích obsahuje prvky naakumulované v půdě během období vegetačního klidu.

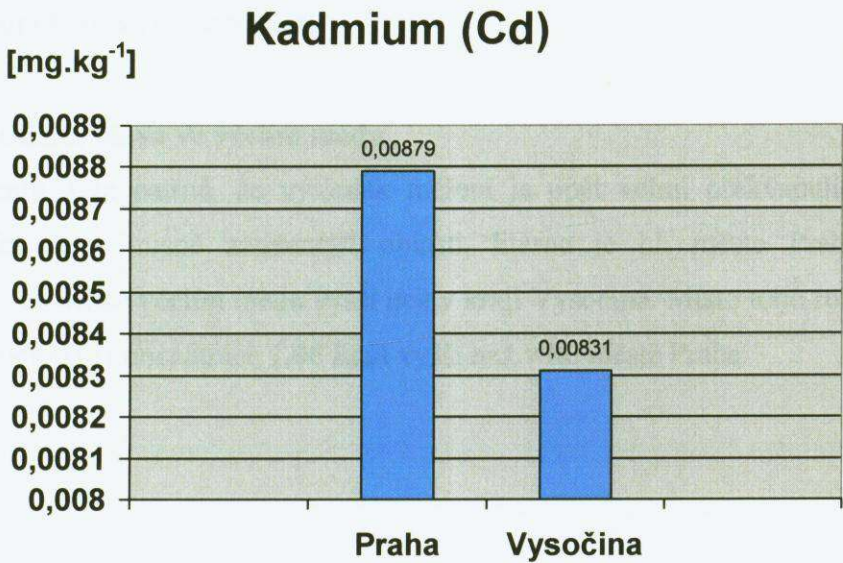
3. Zemědělská činnost může také ovlivňovat prvkové složení medu. Dříve se používala mořidla na obilí obsahující rtuť. V současné době se však již nepoužívají, takže tento zdroj je zřejmě zanedbatelný.

4. Je také možné že poměrně nízké koncentrace na stanovišti v Praze jsou způsobeny geografickou polohou. Leží mimo pražskou kotlinu a jsou zde lepší rozptylové podmínky.

4.3. Koncentrace kadmia ve včelím medu

Z grafu 2 je patrné, že výsledek měření je velmi zajímavý, opět oproti mým předpokladům se ukazuje že v imisně zatíženější oblasti, kterou je Praha není koncentrace kadmia ve včelím medu o mnoho vyšší, je to pouze **1,06 krát více** než na Vysočině. V případě takto nízkých koncentrací je to rozdíl téměř bezvýznamný.

Graf 2: Koncentrace kadmia ve včelím medu ze zatížené a kontrolní oblasti.



Tento výsledek je zajímavý výsledky se sice více přiblížily předpokladům, avšak stále jsou výsledky velmi rozdílné porovnáme-li je s jinými autory. Porrini (2003) zjistil prokazatelně vyšší koncentrace v zastavěných a průmyslových oblastech. Mondspiegel (1992)



zjistil vyšší koncentrace olova na Mostecku a v Praze na rozdíl od výrazně nižších na Třeboňsku a Šumavě. Moje výsledky ukazují že rozdíl není sice vysoký avšak vyšší koncentrace je v imisně více zatížené oblasti.

Naměřené hodnoty jsou však opět nedostatečně vypovídající neboť byl odebrán pouze jeden vzorek z každé oblasti, což je nedostatečné množství. Avšak z finančních důvodů jsem si více vzorků dovolit nemohl.

Výsledek může být odlišný z těchto důvodů:

1. Naměřené hodnoty nejsou dostatečně vypovídající neboť byl odebrán pouze jeden vzorek z každé oblasti, což je nedostatečné množství. Avšak z finančních důvodů jsem si více vzorků dovolit nemohl. Porrini (2003) odebral 74 vzorků medu z 29 úlů. Conti a Botrè (2001) odebrali 6 vzorků medu z každé oblasti. Mondspiegel (1992) odebral průměrně 20 vzorků z každé oblasti.

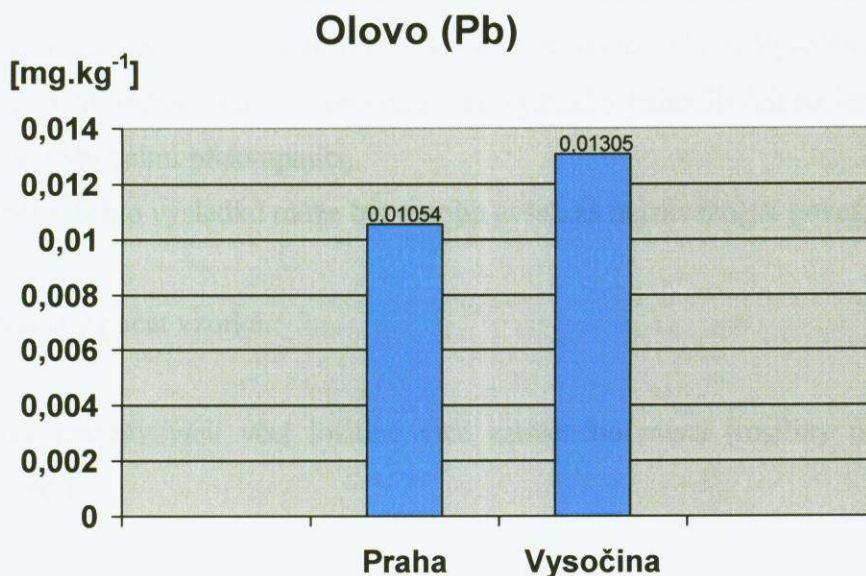
2. Je možné, že včely navštěvovaly místa nacházející se po větru od blízké vesnice, kde se přes zimu vytápí rodinné domky téměř výhradně uhlím a spad z emisí se tak mohl dostat do půdy a následně pak do rostlin a nektaru. Mondspiegel, (1992) zjistil, že plástový med vypovídá o dlouhodobé imisní zátěži lokalit a ve vyšších koncentracích obsahuje prvky naakumulované v půdě během období vegetačního klidu.

3. Jinou příčinou by mohla být i intenzivnější zemědělská činnost, kdy zdrojem těžkých kovů jsou minerální hnojiva (superfosfát).

#### 4.2. Koncentrace olova ve včelím medu

Z grafu 3 je patrné, že výsledek měření je opět velmi překvapující, protože jsem předpokládal že v imisně zatíženější oblasti, kterou je hl. město Praha by měla být koncentrace olova ve včelím medu vyšší než v kraji Vysočina. Místo toho rozborů ukázali, že v kraji Vysočina je koncentrace **1,06 krát** vyšší než v hl. městě Praha.

Graf 3: Koncentrace olova ve včelím medu ze zatížené a kontrolní oblasti.



Tento výsledek je ojedinělý. V případě porovnání výsledků s jinými autory (Porrini, 2003 a Mondsiegel, 1992) zjistíme, že jsou oba výsledky naprosto odlišné. Porrini (2003) zjistil prokazatelně vyšší koncentrace v zastavěných a průmyslových oblastech. Mondspiegel (1992) zjistil vyšší koncentrace olova na Mostecku a v Praze na rozdíl od nižších na Třeboňsku a Šumavě. Moje výsledky ukazují že rozdíl není sice vysoký avšak vyšší koncentrace je v imisně méně zatížené oblasti.

Výsledek může být odlišný z těchto důvodů:

1. Naměřené hodnoty nejsou dostatečně vypovídající neboť byl odebrán pouze jeden vzorek z každé oblasti, což je nedostatečné množství. Avšak z finančních důvodů jsem si více vzorků dovolit nemohl. Porrini (2003) odebral 74 vzorků medu z 29 úlů.

2. Včely mohli navštěvovat místo, které je lokálně více zatíženo, například je možné, že včely v době odběru vzorků navštěvovali rostliny rostoucí u silnice. Je také možné, že včely navštěvovaly místa nacházející se po větru od blízké vesnice, kde se přes zimu vytápí rodinné domky téměř výhradně uhlím a spad z emisí se tak mohl dostat do půdy a následně pak do rostlin a nektaru. Mondspiegel, (1992) zjistil, že plástový med vypovídá o dlouhodobé imisní zátěži lokalit a ve vyšších koncentracích obsahuje prvky naakumulované v půdě během období vegetačního klidu.

3. Je také možné že poměrně nízké koncentrace na stanovišti v Praze jsou způsobeny geografickou polohou. Leží mimo pražskou kotlinu a jsou zde lepší rozptylové podmínky.



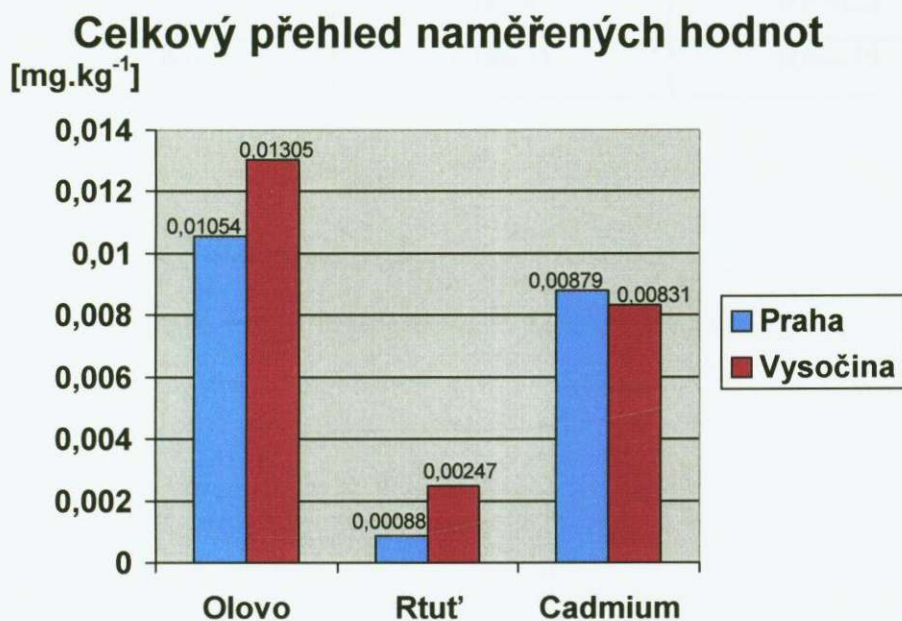
#### 4.4. Celkové zatížení sledovaných oblastí monitorovanými těžkými kovy

Graf 4 ukazuje celkové shrnutí výsledků rozborů. Podle výsledků je hl. město Praha celkově méně zatíženo. Olova a rtuti jsou vyšší koncentrace v kraji Vysočina, kadmia je vyšší koncentrace v hl. městě Praha. Podrobněji jsou výsledky jednotlivých rozborů popsány výše. Výsledek je tedy velmi překvapující.

Příčin těchto výsledků může být mnoho avšak za nejzávažnější považují tyto:

1. Nedostatečný počet vzorků.
2. Možnost navštěvování včel lokálně více zatíženého místa (rostliny u silnice, rostliny u skládky atd.)
3. Způsob používání, složení a množství zemědělských hnojiv.

Graf 4: Srovnání všech měřených těžkých kovů.



4.5. Zatížení sledovaných oblastí z hlediska hygienických limitů

Hygienické limity pro konzumaci medu jsou uvedeny v tabulce 3. Výsledky rozborů medu jsou uvedeny v tabulce 4. Při porovnání výsledků rozborů včelího medu s hygienickými limity zjistíme, že včelí med z obou oblastí je naprosto nezávadný pro konzumaci.

Tab. 3: Hygienické limity v medu (Anonym, 2005).

| Těžké kovy | Hygienický limit [mg.kg <sup>-1</sup> ] |
|------------|-----------------------------------------|
| Kadmium    | 0.100                                   |
| Rtuť       | 0,050                                   |
| Olovo      | 0,200                                   |

Tab. 4: Výsledky rozborů včelího medu na těžké kovy.

| Těžké kovy | Vysočina [mg.kg <sup>-1</sup> ] | Praha[mg.kg <sup>-1</sup> ] |
|------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Kadmium    | 0,01305                         | 0,01054                     |
| Rtuť       | 0,00247                         | 0,00088                     |
| Olovo      | 0,00831                         | 0,00879                     |



## 5. Závěr

Sledoval jsem znečištění životního prostředí těžkými kovy za použití včely medonosné – *Apis mellifera* jako bioindikátoru. Přesněji řečeno pomocí jejího produktu – včelího medu. Odběr vzorků probíhal ve dvou různě imisně zatížených oblastech. V oblasti hl. města Prahy a v oblasti kraje Vysočina. Odebral jsem z každé oblasti jeden směsný vzorek ze 3 – 5 včelstev, který jsem následně podrobil rozboru na těžké kovy. Rozbor probíhal za pomoci atomové absorpční spektroskopie na přístrojích AMA 254 (rtuť) a Spectr AA 640 (olovo a kadmium).

Sledováním obsahu těžkých kovů (Pb, Hg, Cd) ve dvou sledovaných oblastech bylo zjištěno:

1. Rtuť – vyšší koncentrace byla naměřena v imisně méně zatížené oblasti v kraji Vysočina oproti více zatížené oblasti hl. města Praha, kde byla koncentrace nižší.
2. Kadmium – vyšší koncentrace byla naměřena v imisně více zatížené oblasti v hl. městě Praha oproti méně zatížené oblasti kraje Vysočina, kde byla koncentrace nižší.
3. Olovo – vyšší koncentrace byla naměřena v imisně méně zatížené oblasti v kraji Vysočina oproti více zatížené oblasti hl. města Praha, kde byla koncentrace nižší.

Mé výsledky tedy nepotvrzují, že včelu medonosnou lze používat jako bioidikátor znečištění životního prostředí. Avšak je nutné říci, že výsledky nejsou plnohodnotné protože při pokusu bylo použito příliš málo vzorků. Pro další analýzy je tedy nutné použít vzorků více, aby se co nejvíce vyloučily chyby, kterými je zatížen malý počet vzorků.

Při sledování hygienických limitů mnou sledovaných těžkých kovů jsem zjistil absolutní nezávadnost včelího medu v obou zkoumaných lokalitách. Včelí med z těchto lokalit lze tedy bez problémů konzumovat.

## 6. Použitá literatura

- Anonym, 2005: Vyhláška č. 305/2004 Sb., kterou se stanoví druhy kontaminujících a toxikologicky významných látek a jejich přípustné množství v potravinách, ve znění zákona 110/1997 Sb., *Sbírka zákonů*.
- Boháč, J., 1999: Organismy jako bioindikátory měnícího se prostředí. *Životné prostredie*, 33, 126 – 129.
- Conti, M., E., Botrè, F., 2001: Honeybees and their products as potential bioindicators of heavy metals contamination. *Environmental Monitoring and Assessment*, 69, 267-282.
- Diemerová, I., 1995: *Imkern als Hobby*. Franck – Kosmos, Stuttgart, 95 pp.
- German, J., Bender, S., Rodacy, P., 2003: Foraging bees may help counter the 'worst form of pollution on earth'. *Sandia, University of Montana researchers try training bees to find buried landmines*. <http://www.sandia.gov/media/minebees.htm>.
- Kalač, P., Tříška, J., 1998: *Chemie životního prostředí*. České Budějovice, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích zemědělská fakulta, skripta, 147 pp.
- Kamler, F., Titěra, D., Piškulková, J., 2001: Intoxication of honeybees on chemical treated winter rape. *Bulletin of insectology*, 56, 125 – 127.
- Klumpar, J., 2003: Aktuální otázky ochrany včel. *Včelařství*, 56, 140 – 141.
- Lloria, S., G., 2004: Evropská unie v číslech. *Včelařství*, 57, 156 – 159.
- Ministerstvo zemědělství ČR, 2004: *Situační a výhledová zpráva VČELY - únor 2004*.
- Ministerstvo životního prostředí ČR, 2005: *Zpráva o životním prostředí České republiky v roce 2004*.
- Monspiegel, K., 1992: *Prvkové složení včel a jejich produktů v oblastech s různou imisní zátěží*. České Budějovice, Československá akademie věd, Ústav krajinné ekologie, kandidátská disertační práce, 116 pp.
- Peroutka, M., 2005: Včelaři se bojí o budoucnost. *Včelařství*, 58, 34 – 35.
- Porrini, C., Celli, G., Sabatini, A., G., Girotti, S., Fini, F., Monaco, L., Bortolotti L., Ghini, S., 2003: The death of honey bees and environmental pollution by pesticides: the honey bees as biological indicators. *Bulletin of insectology*, 56, 147 - 152.
- Porrini, C., Sabatini, A., G., Girotti, S., Ghini, S., Medrzycki, P., Grillenzoni, F., Bortolotti, L., Gattavecchia, E., Celli, G., 2003: Honeybees and bee products as monitors of the environmental contamination. *Apicta*, 38, 63-70.



- Řeháček, V., 2002: Požadavky ovocných dřevin na opylení hmyzem. *Včelařství*, 55, 130 – 131.
- Tornier, I., Schur, A., 2002: Honey bee brood ring-test in 2002 - method for the assessment of side effects of plant protection products on the honey bee brood under semi-field conditions. *Bulletin of insectology*, 56, 91 – 96.
- Vašák, J., 2004: Význam přísunu včelstev k řepce ozimé a změny ochrany řepky ve vztahu ke včelám. *Včelařství*, 57, 118 – 119.
- Veselý, V., 2003: *Včelařství*. Brázda, Praha, 230 pp.
- Veselý, V., Kamler, F., Titěra, D., 1999: *Základy včelaření*. Mze ČR, Praha, 39 pp.
- Zahradník, J., 1987: *Blanokřídli*, Artia, Praha, 154 pp.

Internetové odkazy:

<http://mapy.atlas.cz/>

## 7. Seznam fotografií, grafů, obrázků a tabulek

**Fotografie 1:** AMA 254, celý přístroj i s příslušnou výpočetní technikou.

**Fotografie 2:** Spectr AA 640, celý přístroj i s příslušnou výpočetní technikou.

**Fotografie 3:** Odběr vzorků samovolným vytékáním medu z plástu.

**Fotografie 4:** Odebrané vzorky v plastových nádobkách.

**Fotografie 5:** Stanoviště u obce Březiněves (Městská část Prahy 8 – Březiněves).

**Graf 1:** Koncentrace rtuti ve včelím medu ze zatížené a kontrolní oblasti.

**Graf 2:** Koncentrace kadmia ve včelím medu ze zatížené a kontrolní oblasti.

**Graf 3:** Koncentrace olovo ve včelím medu ze zatížené a kontrolní oblasti.

**Graf 4:** Srovnání všech měřených těžkých kovů.

**Obr. 1:** Grafické znázornění cest kterými kolují polutanty v životním prostředí a přírodních složek, které včela medonosná navštěvuje (Porrini, 2003).

**Obr. 2:** Sledovaná oblast 1 - území hl. města Praha. Zatížení emisemi je znázorněno graficky označením území s překročením imisního limitu (LV).

**Obr. 3:** Sledovaná oblast 2 - území kraje Vysočina. Zatížení emisemi je znázorněno graficky označením území s překročením imisního limitu (LV).

**Obr. 4:** Mapka s označenou obcí Březiněves (<http://mapy.atlas.cz/>).

**Obr. 5:** Mapka s označenou obcí Houserovka (<http://mapy.atlas.cz/>).

**Tab. 1:** Vývoj počtu včelařů a včelstev.

**Tab. 2:** Chemické látky, které může včela medonosná indikovat.

**Tab. 3:** Hygienické limity v medu.

**Tab. 4:** Výsledky rozborů včelího medu na těžké kovy.



## 8. Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval především Doc.RNDr. Jaroslavu Boháčovi, DrSc. za konzultace, připomínky a věcné rady. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Jaroslavovi Švehlovi CSc. za umožnění provedení rozborů včelího medu na katedře chemie. Rád bych též poděkoval paní Hedvice Štolcpartové a panu Ing. Janu Bastlovi za provedení rozborů včelího medu. V neposlední řadě patří můj dík panu Ondřeji Fatkovi jako včelaři, který mi poskytl vzorky medu z jeho včelstev.

## 9. Abstract

### **Invertebrates as bioindicators of man effect. The bee honey as bioindicator of environmental pollution by chemical pollutants (heavy metals, pesticides).**

Václav Kos

University of South Bohemia  
Agricultural faculty

#### **Abstract:**

The main objective of my work was to evaluate if it is possible to use the honey bee - *Apis mellifera* as a bioindicator of the environmental contamination by heavy metals.

Two areas were chosen. The first one was heavily polluted by deposition (The Capital city of Prague) and the second one was very little polluted by deposition (The Highlands). During the beginning of June one sample was taken away from 3-5 colony of bees in each area.

The analysis was made to show how much cadmium, chromium and lead the sample contained. In the heavily polluted area less lead and chromium was detected than in the less polluted area. But on the other hand in The Highlands more cadmium was detected.

To sum up the results of my work it has not been proved that the honey bee could be used as a bioindicator of the environmental contamination by heavy metals. But it is necessary to say that the quantity of samples was not sufficient for quality evaluation of this problem.

**Key words:** honeybee, bioindicator, heavy metals.