

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin

**Rizikové prvky v životním prostředí – jejich toxicita pro
rostliny a živočichy**
Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Daniela Pavlíková, CSc.
Autor práce: Miroslava Kollmannová

2009

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Rizikové prvky v životním prostředí – jejich toxicita pro rostliny a živočichy“ vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.

V Praze dne 31.3.2009

.....

Miroslava Kollmannová

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěla poděkovat své vedoucí práce doc. Ing. Daniele Pavlíkové, CSc. za pomoc, ochotu a příjemné konzultace při vypracování mé bakalářské práce. Poděkování patří také mému manželovi za podporu a trpělivost.

AUTORSKÝ REFERÁT

Znečišťující látky, které způsobují kontaminaci, jsou produkty lidské činnosti, které vstupují do prostředí (ovzduší, vody, půdy, hornin apod.) nebo v něm zvyšují svou koncentraci a mohou poškodit zdraví člověka a životaschopnost organismů.

Mezi závažné prvky kontaminace můžeme zařadit kovy a metaloidy. Část těchto prvků, které můžeme označit jako těžké kovy jsou pro mikroorganismy, rostliny, živočichy a člověka od určitých koncentrací hygienicky závadné a některé vysoce toxické.

Do těžkých kovů toxických pro všechny živé organismy můžeme zařadit i kadmium a olovo. Kadmium je součástí mnoha hornin a jako další zdroje můžeme uvést NiCd baterie, metalurgické závody, spalovny, teplárny a elektrárny, kadmiové žlutooranžové barvy, výfukové zplodiny. Olovo můžeme přirozeně najít v půdách a v olověných rudách (galenit, anglezit, cerusit). Dříve se olovo používalo jako antidetonační přísada do benzínu, nyní ho můžeme najít ve starších domech u starých olověných rozvodů vody, v průmyslové výrobě (akumulátory, barviva, střelivo, keramické výrobky...), tavení olovnatých rud a šrotu, antikorozi ochranný nátěr.

Kadmium a olovo můžeme najít ve vzduchu, vodě i půdě. Jejich obsah závisí na faktorech jako je typ a množství emisních zdrojů, na reliéfu a meteorologických podmínkách lokality. Po roce 1989 můžeme registrovat velký pokles těchto látek v ovzduší díky omezení emisí z průmyslu, ale podle statistik se od roku 2003 jejich hodnoty nijak výrazně nemění a v některých oblastech registrujeme i mírný nárůst. Ale i tak v roce 2003-2007 nebyly nahlášený žádné dny se signály smogových varovných a regulačních systémů. Ve vodě jsou kovy obsaženy jako jednoduché kationty či anionty, nebo ve formě komplexních anorganických a organických sloučenin. Významným omezením emisí v 90. letech minulého století, se zřetelně omezil i obsah rizikových prvků ve srážkové vodě. Kvalita srážkových vod a průměrné roční koncentrace olova a kadmia se v Praze- Libuši od roku 1991 zlepšily o $\frac{3}{4}$ původních hodnot. Do půdy se olovo dostává z primárních zdrojů emisí. Kadmium se v půdě vyskytuje z průmyslových zdrojů a z čistírenských kalů, které se do půdy dostávají jako hnojiva.

Kadmium a olovo mají toxické účinky na všechny živé organismy. Pro lidský organismus je kadmium velmi toxické, co se týká karcinogenních účinků byl prokázán vznik zhoubných nádorů plic, ledvin a urogenitálního systému. U olova se karcinogenní účinky jednoznačně nepotvrdily, ale ani nevyvrátily. Oba kovy jsou kumulativní.

Rostlinami je kadmium přijímáno převážně kořenovým systémem, ale existuje i mimokořenový příjem přímo z atmosféry prostřednictvím listů. Vysoké koncentrace Cd mohou způsobit pokles výnosů o 5-22%. Obecně způsobuje rolování listů, chlorózy a snižuje růst. U olova bylo prokázáno, že rostliny s měkkými a ochlupenými listy akumulují více tohoto kovu, než rostliny s listy hladkými a tuhými. Dvouděložné rostliny akumulují do své biomasy vyšší množství Cd a Pb než rostliny jednoděložné.

U živočichů může vlivem Cd a Pb dojít k akutnímu, nebo chronickému onemocnění. Bylo zjištěno, že nejvíce citlivá skupina jsou sladkovodní organismy, narozdíl od savců a ptáků, které jsou vůči Cd docela odolné. Údaje o toxických účincích olova u savců a volně žijících živočichů chybí.

Těžké kovy, konkrétně kadmium a olovo jsou látky, které svým působením v životním prostředí představují neustálé riziko.

KLÍČOVÁ SLOVA: rizikové prvky, kadmium, olovo, zdroje, toxicita

ABSTRACT

Pollutants, which generally cause contamination are produced by humans and enter the environment through water, air, soil, rock, etc. They can also increase their concentrations in the environment and be very harmful to human health and the viability of all living organisms.

Metaloids and metals are the serious forms of contamination. These elements, also described as heavy metals, can be very harmful and in some cases highly toxic to many microorganisms, plants, animals, and humans in high concentrations.

Cadmium and lead are highly toxic heavy metals, which are very harmful to all living organisms. Cadmium can be found in nickel-cadmium accumulators (NiCd), metallurgical plants, incineration plants, generation plants and power plants, cadmium yellows and oranges and smoke exhausts. Cadmium is primarily the result of the burning of fossil fuels and municipal wastes. Metallic lead occurs in nature in the forms galenit, anglezit and cerusit. Lead is usually found in ore with zinc, silver and (most abundantly) copper, and is extracted together with these metals. Lead to be used as a fuel anti-knock additive; now it can be found in older houses in lead piping, different kinds of industrial manufacturing, such as accumulators, dyes, ammunition, and ceramics ware, also ore sintering, and anti-corrosive paint.

Cadmium and lead can be found in the air, water and soil. Their content depends on several factors such as the type and amount of emissions, landscape and weather conditions in the region. After 1989, we have noticed a significant decrease of these substances in the environment due to lower industrial air pollution; however recent statistics showed an unchanged amount of these pollutants since 2003. Between 2003 and 2007 there were no records of smog warnings or regulation systems (no days with smog warnings or days when environmental regulation systems had to be implemented). In the water metals are formed in simple anions and cations or in a form of complex organic and inorganic substances.

A significant pollution restrictions in 1990s resulted in a noticeable decrease of high risk factors in a rain water. The quality of water from precipitation recorded at Praha-Libus improved significantly since 1991, with average annual concentrations of Cd and Pb decreasing by 75%.

Lead enters the soil from primary sources of emissions. The main source of cadmium in the soil consists of fertilizers and from industrial plants and sewage sludge.

Both cadmium and lead are toxic to all living organisms. Specifically, cadmium is highly toxic and harmful to the human body and may cause many illnesses, such as lung and kidney malignancy. Lead carcinogenic effects have been neither proved nor disproved. Both metals are cumulative.

Cadmium generally penetrates into plants through their root system; however there are a few cases of penetration through their leaves. High concentration of Cadmium lowers crop yields by 5-22%. It generally causes leaf-curl, chlorosis and stops the growth. It has been proven that lead is accumulated in plants with fuzzy and soft leaves more than others. Also, dicotyledonous plants accumulate higher amounts of Cd and Pb.

As far as animals are concerned, Cd and Pb can cause acute or chronic illnesses. It has been shown that the most sensitive species are freshwater organisms and fish. Contrary, mammals and birds seem to be more resistant to Cd. There are no data about Pb effects on mammals and other wildlife.

Heavy metals, such as Cd and Pb pose continuous risk to the environment.

Key words: risk elements, cadmium, lead, sources, toxicity

OBSAH

1. ÚVOD	- 9 -
1.1. KONTAMINACE.....	- 9 -
2. CÍL PRÁCE	- 10 -
3. PŘEHLED LITERATURY	- 10 -
3.1. RIZIKOVÉ PRVKY	- 10 -
3.2. KADMIUM – CD (LATINSKÝ NÁZEV: CADMIUM).....	- 10 -
3.2.1. Přírodní zdroje kadmia:	- 11 -
3.2.2. Nepřírodní (antropogenní) zdroje kadmia:	- 11 -
3.3. OLOVO – PB (LATINSKÝ NÁZEV: PLUMBUM).....	- 12 -
3.3.1. Přírodní zdroje olova:	- 13 -
3.3.2. Nepřírodní (antropogenní) zdroje olova :	- 13 -
3.4. OLOVO A KADMIUM V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ	- 14 -
3.5. ZATÍŽENÍ OVZDUŠÍ KADMIEM A OLOVEM	- 15 -
3.6. PŮSOBENÍ KADMIA A OLOVA VE VODĚ	- 19 -
3.7. VÝSKYT KADMIA A OLOVA V PŮDĚ.....	- 22 -
3.8. VLIV KADMIA A OLOVA NA ROSTLINY, ŽIVOČICHY A ČLOVĚKA.....	- 24 -
3.8.1. Vliv na člověka	- 24 -
3.8.1.1. kadmium	- 24 -
3.8.1.2. olovo	- 26 -
3.8.2. Vliv na rostliny	- 28 -
3.8.3. Vliv na živočichy	- 30 -
4. ZÁVĚR	- 31 -
5. SEZNAM LITERATURY	- 32 -

1. ÚVOD

1.1. KONTAMINACE ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Znečišťující látky, které způsobují kontaminaci, jsou produkty lidské činnosti, které vstupují do prostředí (ovzduší, vody, půdy, hornin apod.), nebo v něm zvyšují svou koncentraci a mohou poškodit zdraví člověka a životaschopnost organismů. Znečištění může způsobit také změny ve skladbě ekosystémů potlačením růstu některých organismů a podpořením růstu jiných (Prokeš a kol., 2005).

Přetrvávající rozsáhlý výskyt starých kontaminovaných míst na území České republiky je jedním z historických pozůstatků více jak šedesátiletého působení (1938–1989) nedemokratických režimů, kdy nebyla ochrana životního prostředí a nakládání se závadnými látkami při průmyslové a další výrobě na vysoké úrovni (Statistická ročenka životního prostředí ČR, 2006).

Dle Prokeše a kol. (2005) je znečišťování způsobené činností člověka, díky kterému se do prostředí dostávají takové fyzikální, chemické, nebo biologické činitele, které jsou svým původem, místem vzniku, nebo množstvím pro dané prostředí cizorodé.

Mezi závažné prvky kontaminace můžeme zařadit kovy a metaloidy, které se získávají a zpracovávají většinou ve značném měřítku pro jejich významné uplatnění v mnoha oborech lidské činnosti. Ze 104 známých prvků je 79 kovů a 11 metaloidů. Část těchto prvků, které jsou označovány jako těžké kovy, jsou pro mikroorganismy, pro rostliny a zejména pro živočichy a člověka od určitých koncentrací hygienicky závadné a některé vysoce toxické. (Jizba, 1995). Těžké kovy jsou kovy, jejichž specifická hmotnost je vyšší než 5 g/cm^3 (např. Pb a Cd). Do této skupiny patří Cu, Zn, Cd, Hg, Pb, Cr, Ni, Mn, Fe (Balík a kol., 2004).

Bencko a kol. (1995) zjistili, že při zvyšování obsahu toxických kovů v půdě se v mnoha případech zvyšuje jejich obsah v poživatinách rostlinného původu i v živočišných produktech, což může mít pro člověka neblahé následky. Zdrojem kontaminace životního prostředí je především výroba kovů. Hlavní součástí polymetalických kovů je obvykle olovo, zinek, případně měď, kromě nich obsahují i kadmium, thalium, gallium, indium a germanium, které se koncentrují v meziproduktech a odpadech závodů na výrobu olova, zinku, hliníku a mědi.

Kontaminace způsobená toxickými těžkými kovy dosáhla zejména v okolí hutních provozů a chemických závodů i přes v poslední době přísnější hygienické předpisy značných rozměrů. Povolené koncentrace těchto prvků v takových půdách jsou často překročeny

několikanásobně. Kontaminace těžkými kovy je přirozeně nejvyšší v blízkosti uvedených závodů. Vlivem řady faktorů i pohybem zemních vod jsou toxické ionty zanášeny do větších vzdáleností od průmyslových podniků. To představuje značné nebezpečí pro zemědělskou půdu a následně pro potravní řetězec člověka (Jizba, 1995).

2. CÍL PRÁCE

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku rizikových prvků v životním prostředí, konkrétně na těžké kovy. Cílem práce je sledování změn obsahu kadmia a olova v životním prostředí v posledních deseti letech, a vliv těchto prvků na růst a vývoj rostlin i živočichů.

3. PŘEHLED LITERATURY

3.1. RIZIKOVÉ LÁTKY

Rizikové látky jsou prvky, sloučeniny a směsi škodlivé pro živé organismy. V současné době je v ČR zvýšená kontrola všech vypouštěných látek do prostředí, ale k náhodným únikům nebezpečných látek může samozřejmě kdykoliv dojít. Další věcí je řada látek, které v běžném životě běžně používáme a negativně mohou působit až po delší době, kdy se jejich koncentrace zvýší nad určitý práh škodlivosti (Prokeš a kol.,2005).

Lidské zdraví může být mimo přímých zdrojů ohroženo i nepřímými tím, že některé toxické látky se kumulují v organismu rostlin nebo živočichů uplatňujících se ve výživě člověka a takto se potom dostávají, někdy dokonce v množství proti původnímu obsahu značně zkoncentrovaném, a tím i podstatně nebezpečnějším do lidského organismu. Druhy, které v sobě škodlivé látky, jako např. Cd a Pb shromažďují, nemusí být přitom samy zjevně poškozeny, a nebo je poškození takového charakteru, že to neodradí buď od přímé konzumace, nebo od použití k potravinovému zpracování (Manych, 1988).

3.2. KADMIUM – CD (LATINSKÝ NÁZEV: CADMIUM)

Kadmium je lesklý bílý kov s bodem tání 320°C a bodem varu 765°C. Toxické jsou téměř všechny sloučeniny kadmia (oxidy, sulfidy, hydroxidy, soli). Na rozdíl od jiných kovů

má poměrně nízkou teplotu, při které přechází do plynné fáze ovzduší, a jeho dýmy a prach představují značné riziko. Dým z hořícího kadmiového prášku – oxid kademnatý CdO je žlutohnědé barvy. Tuhé kadmium je nehořlavé. Hlavním zdrojem příjmu kadmia pro člověka jsou potraviny a nápoje. Odhaduje se, že denní příjem Cd potravou je 50 µg a z denního příjmu se v organismu zadrží až 25% (Buchancová a kol., 2003).

Denní příspěvek kadmia z různých zdrojů představuje více než jeden mikrogram. U kuřáků nebo pasivních kuřáků jsou tyto údaje i více jak dvojnásobné. Hlavní vylučovací orgán pro kadmium jsou ledviny, hlavní vstřebávací orgán pak plíce, které jsou kadmii velmi poškozovány. Pokud jde o chronickou zátěž kadmii, pak se většinou nejedná o jednorázovou otravu, ale o kumulativní vrstvení malých každodenních příspěvků z životního prostředí a potravy (Bencko a kol., 1995).

Podle analýzy z roku 1989 obsahovala u nás největší množství kadmia zvířina (Cibulka a kol., 1991).

Dle Buchancové a kol. (2003) se kadmium může dostávat do vzduchu a potravního řetězce přírodními a nepřírodními zdroji:

3.2.1. Přírodní zdroje kadmia:

- je součástí mnoha hornin, které se zvětráváním postupně rozpadají, a tím se stávají součástí půdy.
- značným zdrojem v potravním řetězci mohou být sladkovodní ryby chované v rybnících, v jejichž bahně se kadmium kumuluje.

3.2.2. Nepřírodní (antropogenní) zdroje kadmia:

- asi tři čtvrtiny vyprodukovaného kadmia se spotřebuje na výrobu NiCd baterií. Většina zbývajících kadmia se použije na pigmenty (sulfid kademnatý = kadmiová žlutá, selenid kademnatý = kadmiová červená), povrchové úpravy kovů a jako stabilizátory pro plastické hmoty. Kadmium se také užívá jako příměs do pájek.
- v blízkosti metalurgických závodů bývá ovzduší kromě jiných toxinů znečištěno kadmii
- spalování domácího odpadu
- likvidace NiCd baterií
- spalovny komunálního odpadu
- teplárny a elektrárny spalující fosilní paliva, stejně jako domácí kotelny

- při svařování nebo pokovování olova, zinku a mědi kadmium dochází k uvolňování kadmia do ovzduší
- výfukové zplodiny z aut též obsahují kadmium
- kouřením tabáku nebo marihuany se kadmium dostává do organismu, zvláště do plic. Z jedné cigarety se do plic dostane množství cca 0,07 μ g - 0,35 μ g kadmia
- v automobilovém, leteckém a lodním průmyslu se také používá kadmium
- kadmiové žlutooranžové barvy se přidávají do barev, gumy, textilu, skla a keramiky
- v nukleárních reaktorech slouží kadmium na adsorpci neutronů

Eisler (2007) popsal, jak se procentuelně vyskytuje kadmium v průmyslových odvětvích. Kadmium můžeme najít při výrobě NiCd baterií, toto odvětví zastává 35% z celkových antropogenních zdrojů Cd, v pokovování je zastoupení 30%, u výroby barev 15%, u plastů 10% a u ostatních 10% z celkových antropogenních zdrojů.

3.3. OLOVO – PB (LATINSKÝ NÁZEV: PLUMBUM)

Olovo je jedním z nejznámějších toxických kovů. Jedná se o těžký, velmi dobře kujný kov stříbromodrého lesku s bodem tání 327,5°C a bodem varu 1740°C. Je nerozpustný ve vodě, rozpouští se v teplé kyselině chlorovodíkové a v žaludečních šťávách. Můžeme ho najít snad ve všech biologických systémech. Co se týká toxicity, tak toxické není jen samotné olovo, ale jedovaté jsou i jeho oxidy a soli (např. oxid olovnatý PbO) a ze solí jsou toxicky nejnebezpečnější (pro lehčí rozpustnost ve vodě) dusičnan olovnatý Pb(NO₃)₂, chlorid olovnatý PbCl₂, chlorečnan olovnatý Pb(ClO₃)₂ a chloristan olovnatý Pb(ClO₄)₂. Denní příjem olova u člověka je okolo 0,2-0,4mg a stejné množství denně také vyloučí (Buchancová a kol., 2003).

Všichni s ním denně přicházíme do styku, v nepatrných koncentracích je vdechováno vzduchem a přijímáno v potravě. Tento kov je známý lidstvu déle než 3000 let, je všudypřítomný - žádný lidský jedinec se mu ve svém životě nevyhne (Prokeš kol.,2005).

Dle Buchancové a kol. (2003) se olovo může dostávat do vzduchu a potravního řetězce přírodními a nepřírodními zdroji:

3.3.1. Přírodní zdroje olova:

- olovo je přirozeně přítomné v půdách, v přírodě se vyskytuje v olověných rudách – galenitu (PbS), anglezitu ($PbSO_4$) a cerusitu ($PbCO_3$). Průměrně se v rudách nachází 1-11% olova, v důsledku zvětrávání hornin, které stopové množství olova obsahují se olovo stává součástí ekosystému
- radon, který se dostane do plic se velmi rychle přeměňuje na jiné prvky – nejvýznamnější je radioizotop olova ^{210}Pb
- sopečné erupce, které na řadu let vychrlí do atmosféry různé mikročástice, mezi nimi také olovo

3.3.2. Nepřírodní (antropogenní) zdroje olova :

- Jako antidetonační přísada do benzínu se dříve používalo tetraethyl olovo a v době před zavedením současných emisních limitů a katalyzátorů byla situace daleko horší. Také nesrovnatelně stoupla hustota dopravy a dodnes jezdí automobily vyrobené před více jak 20 lety, které nespĺňují evropské emisní normy
- olověné rozvody vody ve starších domech - výrazný příspěvek k celkové zátěži olovem
- cigaretový dým - rovněž obsahuje sloučeniny olova
- nátěry a malby omítek, zvláště ty starší, obsahují jako pigmenty sloučeniny olova
- některé potravní doplňky a prostředky lidové medicíny, které pocházejí zejména z Asie obsahují vysoké koncentrace olova
- amatérské odlévání olověných předmětů – střeliva, rybářských potřeb nebo dekorativních předmětů
- větší použití olova v průmyslové výrobě (akumulátory, barviva, antidetonační příměsi, stínění rentgenového záření, střelivo, keramické výrobky...) vede k větší koncentraci olova v průmyslových odpadech – touto cestou se olovo dostává do životního prostředí
- tavení olovnatých a zinkových rud a šrotu (do vzduchu se dostává při teplotách okolo 400-500°C
- opracování olověných odlitků
- výroba barevných kovů, bronzu a mosazi
- výroba olověných obalů kabelů rezistentních na vlhko a kyselé prostředí

- antikorozi ochranný nátěr kovových konstrukcí

3.4. OLOVO A KADMIUM V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ

Vliv těžkých kovů na životní prostředí je zvýrazněný jejich nedegradovatelností. Těžké kovy procházejí globálním ekologickým cyklem, v kterém má hlavní úlohu půda a voda. Znečištěná půda se stává zdrojem znečištění pro ostatní složky životního prostředí a potravinového řetězce (Makovníková a kol., 2006).

Olovo se ve vzduchu váže na prachové částice, které mohou být inhalovány, smyty deštěm do půdy či vody nebo se mohou usazovat na vegetaci. Přibližná doba setrvání olova v atmosféře je asi 10 dní. V neznečištěných vodách je koncentrace olova poměrně nízká z důvodu malé rozpustnosti sloučenin olova. V přítomnosti jílu za pH 5–7 se většina olova sráží a sorbuje ve formě rozpustných hydroxidů. Rozpuštěné olovo také může vytvářet organické komplexní sloučeniny, které se sorbují na huminových materiálech. Koncentrace olova v podzemní i povrchové vodě jsou nízké. Olovo je toxické pro zooplankton a zoobentos (dnoví živočichové). Olovo má vysoký akumulací koeficient a významně se proto hromadí nejenom v sedimentech a kalech, ale i v biomase organismů. Popsanou vlastnost lze nazývat bioakumulací. Přítomnost olova v půdě je zdroj akumulace pro rostliny a zvířata. Olovo se kontaminací surovin může dostat do potravin. Do potravin se olovo může dostat také kontaminací z obalů (konzervy, smalt, olovnaté sklo – zvláště vykazuje-li obsah kyselou reakci, nebo použitím kontaminované vody při přípravě (Šváb a kol., 2006).

Kadmium se může vázat na popílek, prachové a půdní částice a jílové půdy. Vazba je nejsilnější u popílku a jílových částic. Kadmium uvolňované do atmosféry, které se váže na částice popílku, může zůstat v atmosféře více než týden, než pomocí atmosférické depozice přejde do vody nebo půdy. Tímto způsobem se kadmium může distribuovat na velké vzdálenosti. Na zemi se kadmium naváže na částice jílu nebo prachu. V této podobě se může dešťovou vodou vymýt do vodního prostředí nebo může být akumulováno organismy. Akumulace organismy je velmi vysoká, proto dochází ke hromadění kadmia v potravních řetězcích. Popsanou vlastnost lze nazývat bioakumulací. Vysoké koncentrace kadmia v půdním roztoku nepříznivě ovlivňují schopnost půdních mikroorganismů rozkládat organickou hmotu i polutanty (Šváb a kol., 2006).

Mikroorganismy významně ovlivňují toxické kovy ve vodních a půdních ekosystémech. Podílejí se na jejich rozpustnosti, biodostupnosti a mobilitě. Buňky mikroorganismů dokážou využívat širokou paletu mechanismů pro vstřebávání a akumulaci kovů. Patří sem aktivní transport, extracelulární tvorba komplexů a oxidačně - redukční reakce. Mikroorganismy dokážou akumulovat širokou paletu kovů z vnějšího prostředí. Schopnost přijímat a kumulovat kovy mají živé i mrtvé buňky, produkty metabolismu buněk, extracelulární polysacharidy a složky buněčných stěn (Makovníková a kol., 2006).

3.5. ZATÍŽENÍ OVZDUŠÍ KADMIEM A OLOVEM

Znečištění ovzduší je značně nerovnoměrné a je způsobeno soustředěním průmyslu do určitých lokalit spolu s městskými aglomeracemi, ale i morfologickými a klimatickými poměry našeho území. Celkový stav znečištění je zhoršován ještě vlivem dálkového transportu tuhých i plyných emisí ze sousedních států (Cibulka a kol.,1991).

Dle Hůnové a Janouškové (2004) může být lokální znečištění ovzduší nejružnějšího charakteru a je dáno specifickými emisními zdroji ovlivňujícími danou lokalitu či oblast. Například pro sklárny jsou charakteristické emise těžkých kovů (kadmium). Znečištění závisí ale i na ostatních faktorech, na typu a množství emisních zdrojů, na reliéfu a meteorologických podmínkách lokality. Na území České republiky se v zimních měsících vyskytne obvykle několikrát zimní smog, kdy koncentrace znečišťujících látek nabývají značně vysokých hodnot. Zimní smog obsahuje směsici látek. Jejich částice jsou v převážné většině (asi 90%) vdechované. Jsou tvořeny hlavně sazími, sulfáty, nitráty, amonnými ionty, těžkými kovy (např. Cd a Pb) a organickými sloučeninami.

V roce 2003-2007 však nebyly nahlášeny žádné dny se signály smogových varovných a regulačních systémů (Statistická ročenka životního prostředí ČR, 2008).

Podkladem pro národní emisní bilanci je Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší – REZZO, který je od roku 1980 metodicky vedený a od roku 1993 provozovaný Českým hydrometeorologickým ústavem. Zdroje znečišťování ovzduší byly v roce 2002 v databázi REZZO rozděleny do čtyřech kategorií – velké, střední, malé a mobilní zdroje.

Obsah těžkých kovů v prašném aerosolu je sledován na velkém počtu stanic v ČR a vedle limitních hodnot pro ochranu zdraví sledují i limitní hodnoty pro ochranu vegetace a ekosystémů – dle příslušných směrnic EU (Statistická ročenka životního prostředí ČR, 2003).

Odhad celkové emise Cd a Pb do atmosféry ze všech přirozených zdrojů jsou v následující tabulce č. I. (Cibulka a kol.,1991)

Tab. I Odhad celkové roční emise ze všech přirozených zdrojů na území ČR (1.10⁶kg),(Cibulka a kol.,1991)

Zdroj	Cd (1.10 ⁶ kg)	Pb (1.10 ⁶ kg)
prach unášený větrem	0,1	16
lesní požáry	0,01	0,5
vulkanická činnost	0,52	6,4
mořský aerosol	0,001	0,02
vegetace	0,2	1,6
celkem	0,831	24,5

Na emisích řady látek a zátěži životního prostředí vlivem automobilového provozu je velká i při snížení obsahu olova v benzínu, problémem je však významný nárůst motorových vozidel ve všech světových regionech. Počet automobilů v ČR v minulých 5 letech viz. tabulka č.II :

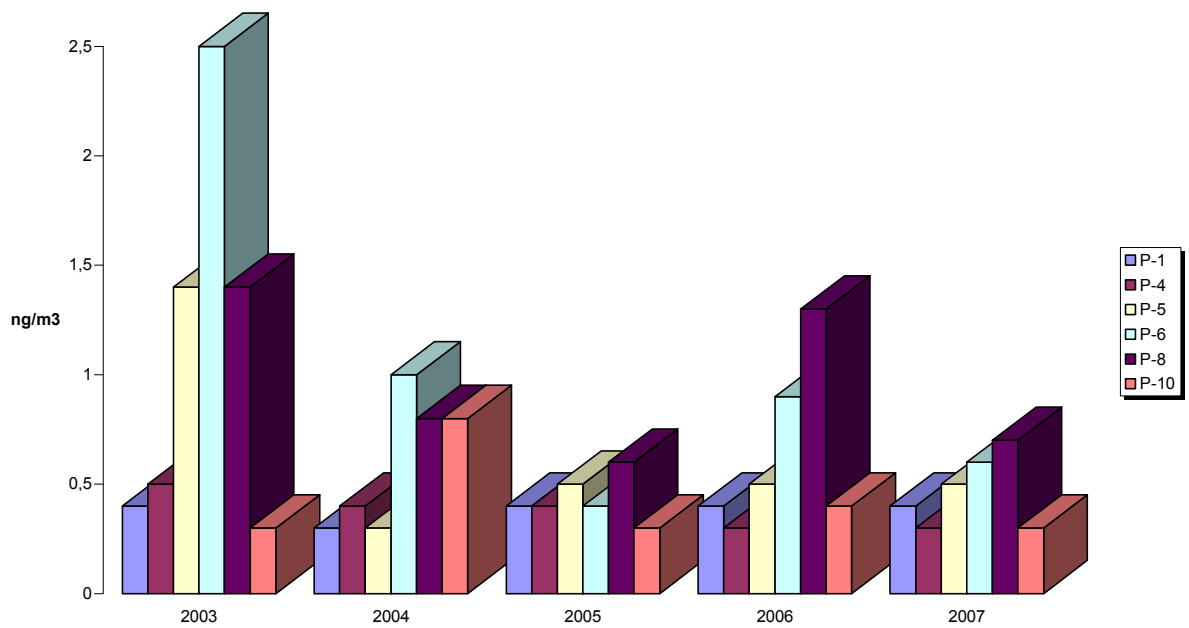
Tab. II Motorová vozidla v roce 2002-2006 (Statistická ročenka životního prostředí ČR, 2007)

ROK	automobily		autobusy	malé motocykly	motocykly	silniční tahač	návěs nákladní	přívěs nákladní
	osobní	nákladní						
	počet							
2002	3 647 067	323 434	21 340	443 767	316 452	26 061	26 809	128 419
2003	3 706 012	340 094	20 627	438 322	313 312	25 652	27 654	140 187
2004	3 815 547	371 437	19 948	438 839	317 720	24 769	28 573	153 828
2005	3 958 708	415 101	20 134	459 962	334 038	24 060	29 087	170 111
2006	4 108 610	468 282	20 331	469 087	353 616	22 622	44 974	189 786

Vyplývá to i ze statistik Českého hydrometeorologického ústavu, kde díky záznamům z různých částí Prahy vidíme z grafů č. I a II, že zatížení ovzduší olovem a kadmii nijak významně neklesá a na některých místech dokonce můžeme zpozorovat i nárůst.

Graf I

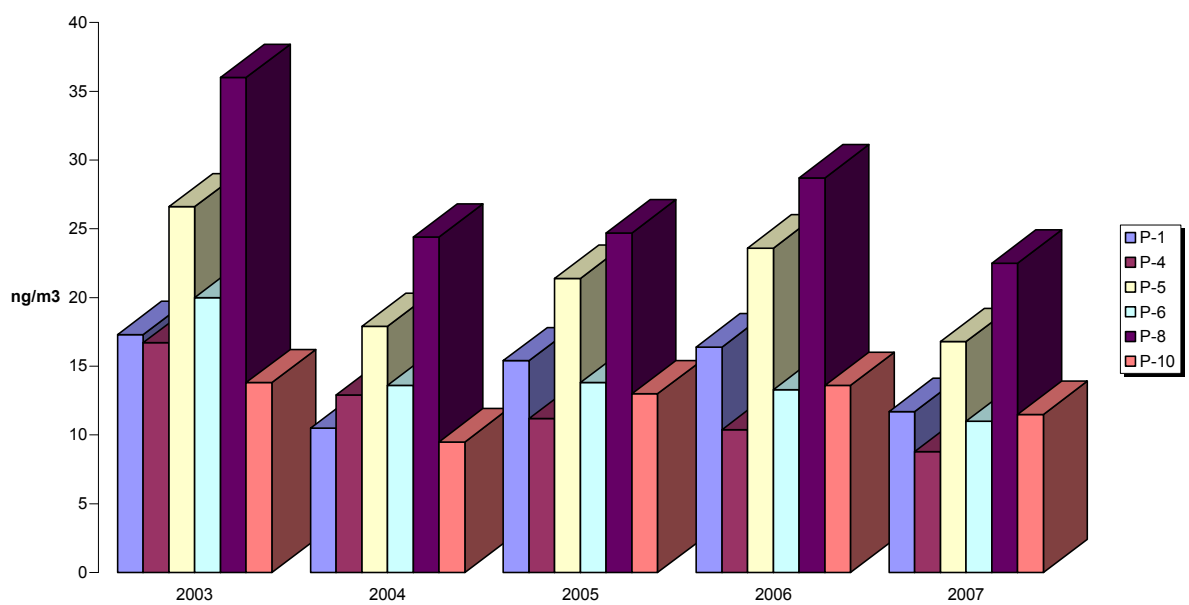
**NAMĚŘENÉ HODNOTY Cd V OVZDUŠÍ
V PRAZE 2003-2007 (zdroj dat ČHMÚ)**



P -1 (4,5,6,8,10) = Praha 1 (4,5,6,8,10)

Graf II

**NAMĚŘENÉ HODNOTY Pb V OVZDUŠÍ
V PRAZE 2003-2007 (zdroj dat ČHMÚ)**

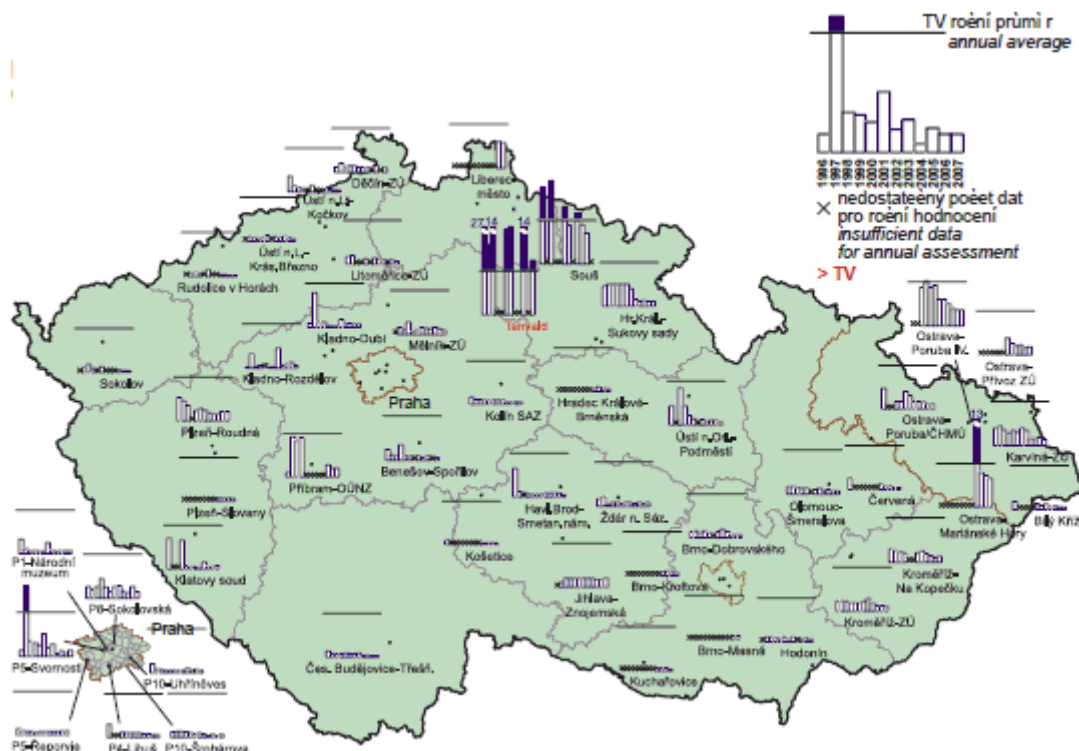


V další tabulce č. III, vydanou Statistickou ročenkou životního prostředí ČR (2008), můžeme vidět, že v těchto letech se emise těžkých kovů výrazně nemění a u některých těžkých kovů zaznamenáváme i nepatrný nárůst.

Tab. III Emise těžkých kovů v ČR 2002-2006 (Statistická ročenka životního prostředí, 2008)

	2002	2003	2004	2005	2006
	t.rok-1				
Těžké kovy					
Pb	47,2	39,4	36,6	47,1	42,7
Cd	2,7	2,3	2,4	3,1	3,2
Hg	2,8	1,8	2,1	3,7	3,8
As	6,4	6	5,8	4	2,6
Cr	13,8	13,8	15,8	14	12,9
Cu	20	17,9	18,5	20,1	18,1
Ni	17,2	16,1	16,5	17,2	18
Se	9,7	8,4	9,8	8,8	8
Zn	169,1	166,2	169,1	165,9	171,4

Obr. I Roční průměrné koncentrace kadmia v ovzduší na vybraných stanicích v ČR, 1996-2007



(Tabelemní ročenky ČHMÚ, 2008)

Cílový imisní limit kadmia, který je $0,005 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, byl pro roční průměrné koncentrace území České republiky na 0,02 % území (Statistická ročenka životního prostředí ČR, 2008).

3.6. PŮSOBENÍ KADMIA A OLOVA VE VODĚ

Podle druhu působení toxické látky, můžeme rozlišovat působení lokální a resorpční. Do skupiny látek, které působí převážně lokálně můžeme zařadit oproti jiným i kadmium a olovo a jejich soli (Štěpánek a kol., 1979).

Kovy pokud se nacházejí ve vodách ve stopových množstvích, jsou přirozeného původu. Ve vodě jsou kovy přítomny jako jednoduché kationty či anionty, nebo ve formě komplexních anorganických a organických sloučenin. Jednou z negativních vlastností kadmia a olova je jejich schopnost se akumulovat v sedimentech, proto se při stanovení znečištění vody těžkými kovy musí dávat pozor na obsah těchto prvků především v kalech a ve vodních organismech (Cibulka a kol., 1991).

Dle Cibulky a kol. (1986) se koncentrace olova v přírodních vodních nádržích drží na velmi nízkých hodnotách v rozmezí $0,0041\text{-}0,01 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

Dle Pittera (1981) je toxicita kovů ve vodě ovlivněna teplotou, pH a složením vody, ale může ji ovlivnit i druh a původ přítomných organismů.

Pohyblivost sloučenin ve vodném prostředí závisí na jejich rozpustnosti. Zatímco oxidy a sulfidy kadmia jsou poměrně nerozpustné, chloridy a sírany rozpustné jsou. Koncentrace kadmia v sedimentech dna je obvykle více než desetkrát vyšší než ve vodě. Adsorpce kadmia na půdy a oxidy křemíku a hliníku silně závisí na hodnotě pH a vzrůstá s rostoucí alkalitou prostředí. Pokud je pH nižší než 6–7, dochází k desorpci kadmia z těchto materiálů. Zvýšením kyselosti (způsobené např. kyselými dešti) může dojít k uvolnění kadmia ze sedimentů a k výraznému zvýšení jeho koncentrace ve vodě (Šváb a kol., 2006).

Téměř všechny kovy jsou ve stopových množstvích obsaženy ve vodách díky styku vody s horninou a půdou. V okolí rudných nalezišť se může voda obohatit i velkými koncentracemi kovů (Pitter, 1981). Podle Švába a kol. (2006) mohou být zdrojem kovů i odpadní vody ze zpracování rud, z barevné metalurgie, z výroby akumulátorů a ze sklářského průmyslu, dále také důlní vody. V důlních vodách se olovo většinou hromadí poměrně málo, protože galenit na rozdíl od jiných sulfidických rud nepodléhá chemické a biochemické oxidaci. V případě, že jsou přítomné ještě jiné sulfidické rudy, vzniká jejich oxidací kyselina

sírová, která mobilitu olova zvyšuje. Dalším zdrojem může být koroze olovených částí vodovodního potrubí a pájené spoje měděného potrubí. Tento zdroj ale přestává být v našich podmínkách významný. Voda může být kontaminována také úniky ze špatně zabezpečených skládek.

Obsah kovů ve vodách závisí na:

- imobilizačních procesech – srážení, výměna iontů, adsorpce nerozpustných látek a sedimentů, včlenění do biomasy vodních organismů
- remobilizačních procesech – rozpouštění, výměna iontů, desorpce, uvolňování z odumřelé biomasy (Pitter, 1981)

V přírodních vodách se z rozpuštěných forem kadmia a olova mohou vyskytovat převážně komplexní sloučeniny s kladným nebo záporným nábojem, jde zejména o komplexy síranové, uhličitanové, hydrogenuhličitanové a fosforečnanové. V povrchových a podzemních vodách se kadmium a olovo přirozeně vyskytuje v koncentracích, které obvykle nejsou zdravotně závadné. Výjimkou jsou vody z okolí rudných nalezišť. K obohacení těchto vod kovy dochází oxidací sulfidických rud za vzniku volné kyseliny sírové, která rozpouští okolní minerály. Mezi toxické kovy ve vodách řadíme: Hg, As, Se, Cd, Cu, Zn, Ni, Ba, V a Ag. Tyto kovy inhibují růst organismů a činnost enzymů, což se prakticky může projevit nepříznivým vlivem na samočisticí pochody v tocích a nádržích a na aerobních a anaerobních biologických procesích v čistírnách odpadních vod. Mezi další nepříjemné vlastnosti kovů, může patřit, že mohou zhoršovat sensorické vlastnosti vody (zejména chuť) a často již v koncentracích, kdy se ještě toxicky neprojevují (Pitter, 1981).

Účinek všech výše zmiňovaných látek může být různý, podle jejich chemického složení, fyzikálního stavu, podle množství, koncentrace a doby působení (Štěpánek a kol., 1979). Dle Balíka a kol. (2004) významným omezením emisí z průmyslu 90. let minulého století, se zřetelně omezil obsah rizikových prvků ve srážkové vodě. Jak tabulka č. IV ukazuje, dochází k postupnému zlepšování kvality ovzduší.

Tab. IV Kvalita srážkových vod – roční mokrá depozice a průměrná roční koncentrace pro Prahu – Libuš (1991-2001)

místo	1991	1996	2001	1991	1996	2001
	koncentrace Pb ²⁺ (µg/l)			depozice Pb ²⁺ (g/ha)		
Praha - Libuš	17,38	5,11	4,32	71	28	28
místo	koncentrace Cd ²⁺ (µg/l)			depozice Cd ²⁺ (g/ha)		
	Praha - Libuš	2,56	0,16	0,12	10	1

(Balík a kol., 2004)

Tab. V Množství Cd a Pb v atmosférických spadech (g.ha⁻¹.rok⁻¹)

prvek	množství rizikových prvků (g/ha/rok)			
	1997	1998	2002	2003
Cd	0,99	0,82	0,8	0,58
Pb	26,02	18,18	18,69	15,21

(Balík a kol., 2004)

Podle vyhodnocení dat ČHMÚ se zjistilo, že hlavními podniky, které znečišťují Prahu a okolí kadmíem patří Letov s.r.o. Praha a Aero Vodochody a.s.. Co se týká olova můžeme opět pro Prahu a okolí uvést Barvy a laky Praha, Ruckl Crystal a.s. Nižbor, Sklárný Bohemia a.s. Poděbrady (internetový zdroj ČHMÚ, 2008).

Tab. VI

kvalitativní limity Pb ve vodě		
	ČR	EU
povrchová voda	0,1 mg.l ⁻¹	0,05 mg.l ⁻¹
podzemní voda	0,025mg.l ⁻¹ (pitná voda)	0,05 mg.l ⁻¹
sedimenty, plaveniny	80 mg.kg ⁻¹	žádný záznam

Tab. VII

kvalitativní limity Cd ve vodě		
	ČR	EU
povrchová voda	0,005 mg.l ⁻¹	0,005 mg.l ⁻¹
podzemní voda	0,005mg.l ⁻¹ (pitná voda)	0,005 mg.l ⁻¹
sedimenty, plaveniny	0,5 mg.kg ⁻¹	žádný záznam

(internetový zdroj ČHMÚ, 2008)

3.7. VÝSKYT KADMIA A OLOVA V PŮDĚ

Kontaminace půd se řadí spolu s vodní a větrnou erozí, zábořem půd, degradací půdy úbytkem organické hmoty a narušením vodního režimu a acidifikací k procesům, které nepříznivě ovlivňují produkční a ekologické funkce půdy. Na kontaminaci půd se podílí celá řada anorganických i organických látek, jejichž zdrojem v půdě mohou být jednak přirozené procesy a jednak antropogenní aktivita. Potenciální nebezpečnost těchto látek je posuzována z hlediska ekotoxikologického (působení na ostatní složky ekosystému), z hlediska humanotoxikologického (působení na organismus člověka) a z hlediska ekonomického (snížení výnosovosti rostlinné produkce) (internetový zdroj MŽP, 2008).

Do půdy a prachu se olovo dostává z primárních zdrojů emisí nebo může být půda kontaminována olovem ze vzduchu. V půdě se olovo váže na půdní částice v povrchové vrstvě (2–5 cm). Transport do nižších vrstev se příliš neuskutečňuje, pokud není překročena pufrční schopnost půdy. Nejvyšší obsahy olova se proto nacházejí ve svrchních vrstvách půd, orbou se však mohou dostat hlouběji (Šváb a kol., 2006).

Dle Cibulky a kol. (1986) je přirozeným zdrojem olova pro rostliny samozřejmě jeho obsah v půdách. Běžný obsah olova v půdách se pohybuje okolo 10-25 mg.kg⁻¹, což se v různých publikacích nepatrně liší. Olovo přijaté z půdy se kumuluje v kořenovém systému, naopak v reprodukčních orgánech rostlin je olova velmi málo.

Kromě průmyslových zdrojů může být půda znečištěna i kadmíem z čistírenských kalů, které se dodávají do půdy jako hnojiva, nebo pro zlepšení struktury. Jizba (1995) se zmiňuje, že do půdy těžké kovy vnášejí komposty a zároveň vytvářejí podmínky omezující transfer těchto kovů do rostlin. Příjem těžkých kovů rostlinami je totiž snižován sorpcí kovů

na humusové látky a je omezován vyššími hodnotami pH půdy. Dle Mühlbachové (1997) má aplikace průmyslových kompostů dobrý účinek a zlepšuje půdní úrodnost, ale vyžaduje velkou opatrnost, protože může obsahovat těžké kovy. Kovy obsažené v průmyslových kompostech a čistírenských kalesích jsou do půdy vnášeny hlavně v organické formě a jejich pohyb v půdě je tedy mnohem různorodější než v anorganických formách. Udává, že přístupné formy těžkých kovů mohou být závislé na mineralizaci při aplikaci organické hmoty do půdy, která pak usnadňuje jejich uvolňování. Kadmium, olovo a ostatní těžké kovy se tak mohou stát toxickejšími a přístupnějšími ke vstupu do metabolických cyklů organismů.

Balík a kol. (2004) uvádí, že podmínky pro použití kalů na zemědělskou půdu řeší vyhláška Ministerstva životního prostředí 382/2001 Sb., kde jsou kromě jiných faktorů i mezní (maximální) koncentrace vybraných rizikových prvků, které jsou pro Cd 5 mg/kg a Pb 200 mg/kg sušiny.

Bencko a kol. (1995) se zmiňují, že celosvětové užívání minerálních hnojiv výrazně zvyšovalo výskyt kadmia v půdách a potravinách, protože zkrmování a zpracování rostlin ošetřených fungicidy znamená průnik těchto kovů do potravinového řetězce.

Pohyb olova v půdě je minimální, tvoří v půdě stabilní sloučeniny a je pevně fixováno v jílových materiálech. Kumulace olova v povrchových vrstvách půdy však přispívá k jeho většímu koloběhu v ekosystémech (Cibulka a kol., 1986).

Váňa (1997) provedl výzkum, kdy zkoušel dekontaminaci těžkých kovů v půdách pomocí rostlin. Do vyhodnocení bylo zahrnuto 21 rostlin, které byly technicky vhodné pro spalování, nebo zplynování. Bylo zjištěno že nejvyšší hodnoty dekontaminačního faktoru se vyskytovaly u křídlatky sachalinské (*Reynoutria sachalinensis Nakai*) a u šťovíku krmného (*Rumex tianshanicus x Rumex patientia*). Tyto rostliny jsou však schopny zabezpečit odběr cca 1,4% celkového obsahu těžkých kovů. Lepších výsledků by se mohlo dosáhnout šlechtěním uvedených druhů rostlin.

Tab. VIII Hodnoty maximálně přípustných koncentrací (MPC) pro rizikové prvky v půdě (internetový zdroj MŽP, 2008)

PRVEK	MPC mg.kg ⁻¹
As	34
Cd	1,6
Cr	100
Cu	40
Hg	2,2
Ni	38
Pb	140
Zn	16

Dle Cibulky a kol. (1986) přítomnost kadmia v půdách a následně pak v rostlinách vzrůstá, díky znečištění z rudných dolů, hutí a průmyslových provozů. Do půdy se tento kov může dostat i prostřednictvím odpadních vod.

Kadmium v půdních roztocích je přímo dostupné rostlinám, ale pokud se jedná o další půdní systémy jako: koloidní systémy, hydratované oxidy, půdní organická hmota, nerozpustné precipitáty, větrající mateřské horniny, tak zde hraje roli hodnota pH, kdy s poklesem pH roste využitelnosti kadmia.

Čermák a Provazník (2004) uvádějí, že z výsledků různých analýz vyplývá, že zemědělské půdy v České republice nejsou po stránce obsahu zjišťovaných těžkých kovů nebezpečné pro potravní řetězce.

3.8. VLIV KADMIA A OLOVA NA ROSTLINY, ŽIVOČICHY A ČLOVĚKA

3.8.1. Vliv na člověka

3.8.1.1. Kadmium

Pro lidský organismus je kadmium velmi toxické a už ve velmi malých dávkách způsobuje chemickou kastraci. Nachází se v organismu každého z nás - průměrný člověk má v sobě asi 50 mg kadmia. Podle toho, jaká je míra koncentrace v těle, se kadmium může spolupodílet na chronických zdravotních obtížích (Prokeš et. al.2005).

Kadmium může vyvolat chronický problém, ale nemusí být jeho jedinou příčinou. Chronické problémy, které jsou s kadmiem spojovány

- poškození ledvin
- proteinuria – velké množství bílkovin v moči
- nedostatek vápníku – kadmium je antagonistu vápníku
- osteoporóza
- bolestivost kosterního aparátu
- rakovina prostaty
- poškození varlat
- neplodnost u mužů
- dušnost, dýchavičnost
- rakovina plic
- rozedma plic
- zmodrání kůže a sliznic
- malátnost
- svalová slabost způsobená nízkou hladinou fosfátů v krvi v důsledku poškození ledvin
- dna
- ztráta čichu

Kadmium se do organismu může dostávat inhalací (10-50%). Menší část (cca 5-10%) se přijímá perorálně. Hodgson (2004) uvádí, že obvyklým zdrojem kadmia v jídle jsou obilné a cereální produkty a listová zelenina. V Japonsku je dokonce známá otrava rýží, která způsobuje nemoc zvanou itai-itai (bolí-bolí). Převážně postihuje ženy a dochází u ní k chudokrevnosti, ale hlavně ke ztrátě kostní hmoty a minerálů. Kožní adsorpce je velmi nízká, až zanedbatelná.

Co se týká karcinogenních účinků, byl prokázán vznik zhoubných nádorů plic u pracovníků vystavených působení kadmia, zároveň se prokázal i výskyt nádorů ledvin a urogenitálního systému. U dětí z kontaminovaných oblastí bylo zaznamenáno ukládání do růstových zón, kdy mohou vznikat patologické zlomeniny (Buchancová a kol. 2003).

Akutní otrava se projevuje po 1-12 hodinách po kontaminaci (inhalačně, perorálně, kůží) bolestmi hlavy, krátkodobou euforií, hyperaktivitou, závratěmi, pocitem „velkého jazyka“, nepřirozeným smíchem, zuřivostí a kómatem. Jedna třetina akutních otrav končí smrtí. Chronická intoxikace je charakteristická mírnějším průběhem poruchy nervového systému, která se může projevovat děsivými sny, pocitem mravenčení, nespavostí,

maniakálními záchvaty a poruchami paměti a koncentrace. Řada z těchto symptomů vzniká třeba až po 20 letech postupného ukládání malých dávek kadmia do organismu. Biologický poločas kadmia je odhadován na 10-30 let (některé zdroje uvádí 26 let). Hodgson (2004) udává biologický poločas rozpadu v lidském těle 30 let. Jeho množství s přibývajícím věkem stoupá až zhruba do věku 70 let. Zajímavostí je, že na otravu kadmiem jsou citlivější ženy se světlejšími vlasy a po menopauze (Buchancová a kol., 2003).

3.8.1.2. Olovo

Olovo je prvek pro člověka velmi toxický. Jakákoliv přítomnost tohoto kovu v lidském organismu je nežádoucí. Průměrný člověk vážící 70 kg má v sobě asi 120 mg olova. (Buchancová a kol., 2003). Dospívající dítě vstřebá a uloží do tkání až 50% olova, ale dospělý člověk jen 10-20% z denní dávky (Bencko et al.1995). Hodgson (2004) také udává, že nejcitlivější skupinou jsou malé děti a zárodky.

Hlavní toxicita olova spočívá v tom, že si ho organismus může zaměnit s vápníkem a ukládá ho na stejná místa jako vápník a to převážně do kostí. Dospělý člověk má proto 95% olova přítomno v kostech a olovo se tak podílí na vzniku osteoporózy. S přibývajícím věkem koncentrace olova v lidském organismu tedy roste (Buchancová a kol., 2003).

Olovo je zároveň neurotoxin, což znamená, že negativně ovlivňuje centrální nervový systém, a je tedy nebezpečné zvláště u dětí - při vývinu mozku totiž může zapříčinit závažné vývojové vady (Bencko et al.1995).

Přítomnost olova v mozku od dětského věku bývá spojována s těmito problémy: mentální zaostalost, zhoršená schopnost učit se novým věcem, zhoršené řečové a vyjadřovací schopnosti, IQ v pásmu nižšího průměru či lehce podprůměrné, hyperaktivita (kolektiv autorů, 1995).

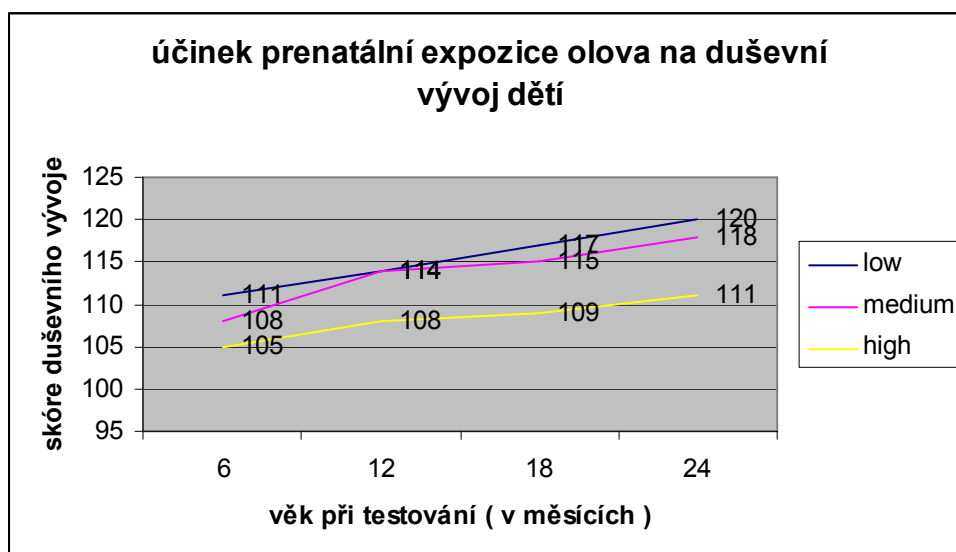
Do těla se dostává inhalací, perorálně a výjimečně přes porušenou kůži. Příjem 2mg olova denně způsobí už za pár měsíců otravu. Největší zásoby v těle jsou v kostech (ne v kostní dřeni), kde se ukládá 90-98% veškerého olova v těle. Poločas uvolňování uloženého olova v kostech je 32 roků. Z měkkých tkání se uvolňuje 20-30 dní. Karcinogenní účinky olova se zatím jednoznačně nepotvrdily, ale ani nevykloučily. Pb je zařazeno mezi karcinogeny dokázané u zvířat. Sloučeniny olova mají mutagenní účinky a předpokládá se souvislost se zhoubnými nádory plic a ledvin (ale nebylo to potvrzeno) (Buchancová a kol., 2003).

Mezi další projevy toxicity olova přítomného v lidském organismu patří:

- bolesti hlavy
- bolesti břicha
- svalové slabosti
- chudokrevnost – nedostatek železa
- snížená schopnost koncentrace
- podrážděné chování
- vysoký krevní tlak
- osteoporóza
- snížená činnost štítné žlázy
- bledá pokožka
- větší kazivost zubů
- ledvinové obtíže
- deprese a úzkosti (Buchancová a kol., 2003)

Olovo se označuje jako výrazný ledvinový kov. To znamená, že se akumuluje hlavně v tkáních spadajících do okruhu ledvin a zejména v kostech. Negativním vlivem olova se zpomaluje duševní vývoj, pokud je hladina olova v krvi vyšší než $15\mu\text{g}/\text{dl}$, je nutné zajistit opatření, které povede ke snížení. U dětí vystavených i relativně nízkým dávkám olova v raném věku (cca do 4 let, kdy je účinek pro děti nejkritičtější), může způsobit i 2-3 (výjimečně 5) bodů dolů na hodnocení IQ (kolektiv autorů, 1995).

Graf III



Low = méně než 30 ppb (ppb = 1×10^{-9})

Medium = 67 ppb

High = vyšší než 100 ppb (Baird, 1999)

Perorální otrava se po několika hodinách projevuje bouřlivým zvracením a průjmem s příměsí krve, s celkovou slabostí a apatií, u dětí otok mozku, kóma, křeče.

U chronické otravy, která vzniká dlouhodobým nadměrným příjmem olova se můžeme setkat s neuropsychickými příznaky jako: deprese, poruchy paměti a koncentrace, únava, nechutenství a střídání průjmu a zácpy (Buchancová a kol., 2003).

Mezi zajímavosti lze uvést, že existují některé potraviny, které nám mohou pomoci při detoxikaci olovem, např. dýňová semínka, ibišek jedlý, kořen rebarbory, máta peprná, mořské řasy a ovoce (Šváb a kol., 2006).

3.8.2. Vliv na rostliny

Těžké kovy patří mezi abiogenní prvky, které se mohou v rostlinách hromadit i ve značných množstvích. Kadmium je rostlinami přijímáno převážně kořenovým systémem. Existuje i mimokořenový příjem kadmia přímo z atmosféry prostřednictvím listů. Procesy bioakumulace Cd a Pb závisí na faktorech vnějšího prostředí a to na koncentraci kumulovaného iontu v prostředí a jeho formě, hodnotě pH prostředí, interakci s dalšími prvky, obsahu organických a dalších komplexotvorných látek, teplotě aj.. Platí, že při identické koncentraci Cd a Pb v půdě, jejich obsah v pletivech rostlin se vzrůstající hodnotou pH klesá. Příjem kovů rostlinami může být zároveň ovlivněn interakcí s některými mikroelementy (Cibulka a kol., 1991). Sanita di Toppi a Gabrielli (1999) shrnují současné znalosti vlivu kadmia na vyšší rostliny. Provedli analýzu dat z mezinárodní literatury, která byla provedena s cílem ukázat kvalitativní a kvantitativní odlišnosti v reakci rostlin na dlouhodobé a krátkodobé zatížení kadmiem. Vztah mezi dávkou Cd a reakcí rostliny naznačuje, že reakce rostlin na nízkou a vysokou dávku je velmi složitý jev. Cd způsobuje řadu paralelních nebo posobě jdoucích procesů na molekulární, fyziologické a morfologické úrovni. Mezi hlavní mechanismy reagující na stres Cd uvádějí tvorbu fytochelatinů a tvorbu kompartmentů ve vakuolách. Jako doplňkové obranné mechanismy rostlin zmiňují tvorbu stresových proteinů, stresového ethylenu a zvýšení či snížení aktivity peroxidas. Tyto mechanismy můžeme sledovat při vysokých hladinách rizikových prvků.

Sloučeniny olova působí na vegetaci ve formě aerosolu, který se zachytává na povrchu rostliny. Rostliny s měkkými a ochlupenými listy akumulují více olova, než rostliny s hladkými tuhými listy. Listy akumulují více Pb než stonky. Dovnitř do rostlinných pletiv proniká jen velmi malá část olova zachyceného na povrchu listů a vstupní cestou mohou být např. otevřené průduchy, trhliny v kutikule, trichomy a poranění. Výraznou povrchovou kontaminaci rostlin sloučeninami olova můžeme najít zejména v okolí frekventovaných komunikací. Obsah Cd a Pb v rostlinách podél komunikací závisí na řadě faktorů: na vzdálenosti od vozovky a výšce nad vozovkou, na druhu vegetace a morfologii listů, délce expozice rostlin, na postavení terénu, klimatických podmínkách, hustotě provozu, stáří a rychlosti vozidel. Uvádí se, že do 25m od komunikací jeví rostliny symptomy poškození jako je: zakrslý růst, chlorózy, zasychání listů. Ve vzdálenosti 50m od vozovky už vizuální známky poškození nejsou patrné, ale mohou zde přetrvávat fyziologické poruchy, zejména u tvorby chlorofylů a proteinů (Cibulka a kol., 1991). Celkové obsahy Cd a Pb stejně jako jejich mobilní podíly klesají se vzdáleností od zdroje kontaminace. V důsledku vyšší mobility Cd v půdě je plošná variabilita výraznější než v případech Pb. Obsahy Cd a Pb v rostlinách závisí na jejich mobilních podílech v půdě. Dvouděložné rostliny akumulují do své biomasy vyšší množství Cd a Pb než rostliny jednoděložné (Šichorová a kol., 2004).

Kadmium obecně zapříčiňuje rolování listů, chlorózy, snižuje růst a to jak kořene, tak i stonků. Rostlinné buňky mohou na Cd reagovat řadou obranných systémů, např. imobilizací a syntézou proteinů. Cd a jiné toxické kovy mají v rostlinách dlouhý expoziční čas (roky, nebo v některých buněčných kulturách alespoň několik měsíců). Vysoké koncentrace Cd v půdách může být pro rostliny velice toxické. Může měnit syntézu RNA (ribonukleonové kyseliny), snížit adsorpci dusičnanů a jejich transport z kořenů do prýtu. Poškozuje také fotosyntetický aparát, snižuje aktivitu plazmatické membrány a silně ovlivňuje činnost některých enzymů (Pavlíková a kol. – 1, 2002). Negativní dopad vysoké koncentrace Cd může být i snížení celkových rostlinných výnosů a to o 5-22% (Makovníková a kol., 2006).

Pavlíková a kol. - 2 (2002) popisuje pokus, kdy po aplikaci čistírenského kalu na dvou různých zeminách, došlo k nárůstu Cd a Zn ve špenátu pěstovaného na černozemi a fluvizemi. U zvýšení celkového Cd a Zn v nadzemní biomase zároveň došlo ke snížení obsahu Fe o 2,5-2,7 krát. Výsledky ukazují, že Fe má na rozdíl od Cd a Zn pevnou vazbu v rostlinných buněčných membránách.

Olovo je rostlinami přijímáno jen ve velmi malých množstvích, ukládá se hlavně v kořenech, přičemž až 80% olova akumulovaného v rostlinách může pocházet z atmosféry. Fytotoxicky působí olovo až při extrémě vysokých koncentracích, proto můžou úspěšně přežít i rostliny, v kterých je obsah olova z hygienického hlediska pro živočišný organismus už nepřijatelný (Makovníková a kol., 2006).

Mezi zajímavosti patří zjištění, kde Cibulka a kol. (1986) udává, že některé rostliny jsou vůči kadmii rezistentnější, například brambory a rajčata jsou značně odolné, kdežto špenát a sója přijmou z půdy daleko větší množství.

3.8.3. Vliv na živočichy

Není důkaz o tom, že by kadmium bylo nějak biologicky přínosné, naopak je to známý teratogen (narušuje vývoj) a karcinogen a byly u něj prokázány závažné škodlivé účinky na ryby a volně žijící zvířata. Mořské organismy jsou odolnější vůči kadmii než sladkovodní. Sladkovodní organismy jsou nejvíce citlivá skupina, koncentrace 0,8-9,9 $\mu\text{g Cd/l}$ ve vodě uje smrtelná pro několik druhů vodního hmyzu. Na koryše a některé organismy z nadřádu kostnatých měla koncentrace 0,7-570 $\mu\text{g Cd/l}$ subletální účinky, jako je snížený růst, snížená reprodukce a populační změny. Tyto účinky byly nejzřetelnější s poměrně nízkou alkalitou. Savci a ptáci jsou vůči kadmii docela odolné. Nejnižší jediná perorální dávka způsobující smrt u potkanů a prasat je v rozmezí od 150-250 mg Cd/kg (Eisler, 2007). U živočichů může vlivem Cd a Pb dojít k akutnímu, nebo chronickému onemocnění (Pitter, 1981).

Kadmium je značně toxické pro vodní organismy, nejcitlivěji reagují lososovité ryby. Zvýrazňuje také toxicitu dalších kovů (zinku, mědi aj.) a negativně ovlivňuje samočisticí schopnost vody (Šváb a kol., 2006). Může způsobovat u vodních organismů i poškození dýchacích cest (žábry), nebo pokožky, takže organismy hynou udušením. Pokud jsou dýchací cesty vodních živočichů značně poškozeny, umírají i po přenesení do čisté vody (Štěpánek, 1979). Eisler (2007) popsal, že populace volně žijících živočichů (zejména stěhovavý ptáci) které se živí plodinami pěstovaných na polích, kde byl použit komunální čistírenský kal, můžou být vystaveny značnému riziku škodlivých účinků kadmia. Odhaduje, že nepříznivé účinky na ryby, nebo volně žijící zvířata jsou pravděpodobné, pokud koncentrace kadmia ve sladké vodě překročí 3,0 $\mu\text{g/l}$, ve slané vodě 4,5 $\mu\text{g/l}$, v potravě 100 $\mu\text{g/kg}$, nebo 100 $\mu\text{g/cm}^3$ ve vzduchu.

Na základě mnoha pokusů Bencko a kol. (1995) konstatovali, že pouze malá část kadmia použitého v potravě je v organismu kumulována. Rozsah retence se v závislosti na živočišném druhu liší – 0,3% u potkanů, 7% u drůbeže a až 25% u člověka. Retence je ovlivňována i dalšími faktory, např. při mléčné stravě se vstřebávání kadmia výrazně zvyšuje.

U zvířat může docházet při intoxikaci kadmiiem ke zpomaleným reflexům, svalovým záškubům a morfologickým lézám v mozkové tkáni. Kadmennaté ionty poškozují u dospělých zvířat po aplikaci mimo zažívací trakt senzoričká ganglia.

U skotu působí kadmium dekalifikaci kostí, anémii a neplodnost. Ze všech živočišných druhů má největší schopnost kumulace kadmia v ledvinách kůň.(přes 200mg.kg⁻¹ vlhké hmotnosti).

U olova Eisler (2007) popisuje jeho nepříznivé účinky na vodní organismy už u koncentrace 1,0-5,1 µg/l, kdy může mít za následek snížené přežití, poruchy reprodukce, nebo nižší růst. Údaje o toxických a subletálních účincích olova u savců a volně žijících živočichů chybí. U citlivých druhů domácích a laboratorních zvířat se snižuje jejich přežití už u dávky 5 mg/kg u krys, 5 mg/kg u psa a 1,7 mg/kg u koně. Subletální účinky byly dokumentovány u opic, které byly vystaveny denní dávce 0,1 mg Pb/kg (docházelo k poruchám učení ještě 2 roky poté), nebo 0,5 mg/kg v krmení, kdy docházelo k abnormálnímu sociálnímu chování.

4. ZÁVĚR

Těžké kovy, konkrétně kadmium a olovo jsou látky, které svým působením v životním prostředí představují neustálé riziko. Jejich zdroje byly po roce 1989 postupně eliminovány, avšak stále jsou velmi nebezpečné a jejich úplné odstranění ze vzduchu, vody a půdy poměrně nemožné. Značně se projevil zákaz používání tetraethyl olova, jako antidetonační příměs do benzinů. Obsahy olova a kadmia v ČR nedosahují kritických hodnot a ty největší hodnoty se nacházejí pouze v okolí průmyslových závodů. Důležitý faktor pro ochranu životního prostředí je neustálý monitoring těchto látek, případně vhodná likvidace, pokud se látky nacházejí ve stavu vhodném k likvidaci.

5. SEZNAM LITERATURY

BAIRD C. (1999), Environmental Chemistry, W.H. Freeman and Company, New York, U.S.A., 557 s.

BALÍK J., PAVLÍKOVÁ D., HLUŠEK J., KOLÁŘ L. (2004), Zdroje rizikových prvků v životním prostředí, Sborník 10. mezinárodní konference RACIONÁLNÍ POUŽITÍ HNOJIV, ČZU v Praze, 22-27 s.

BUCHANCOVÁ J. a kol. (2003), Pracovní lékařstvo a toxikologie, Osveta Martin, 1133 s.

BENCKO V., CIKRT M., LENER J. (1995), Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka, Grada Praha, 281 s.

CIBULKA J., MADER P., SOVA Z., MACHÁLEK E. (1986), Pohyb olova, kadmia a rtuti v zemědělské výrobě a biosféře, Státní nakladatelství Praha, 157 s.

CIBULKA J. a kol. (1991), Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře, Academia Praha, 427 s.

ČERMÁK P., PROVAZNÍK K. (2004), Rizikové prvky a rizikové látky v půdách České republiky, sborník 10. mezinárodní konference RACIONÁLNÍ POUŽITÍ HNOJIV, ČZU v Praze, 42-47 s.

EISLER D. (2007), Eisler's Encyclopedia of Environmentally Hazardous Priority Chemicals, Elsevier, The Netherlands, 950 s.

HODGSON E. (2004), A Textbook of Modern Toxicology. 3ed., J. Wiley, New Jersey, 557 s.

HŮNOVÁ I., JANOUŠKOVÁ S. (2004), Úvod do problematiky znečištění venkovního ovzduší, Karolinum, 144 s.

Internetový zdroj MŽP, Ministerstvo životního prostředí (2008) (on-line)

[http://www.env.cz/C1257458002F0DC7/cz/poskozeni_pudy_kontaminaci/\\$FILE/OOHPP-Poskozeni_%20pudy_kontaminaci-081119.pdf](http://www.env.cz/C1257458002F0DC7/cz/poskozeni_pudy_kontaminaci/$FILE/OOHPP-Poskozeni_%20pudy_kontaminaci-081119.pdf)

Internetový zdroj ČHMÚ – oddělení jakosti vod, Český hydrometeorologický ústav (2008)

(on-line)<http://voda.chmi.cz/ojv2/htm/pasporty/kovy/olovo.htm>,

<http://voda.chmi.cz/ojv2/htm/pasporty/kovy/kadmium.htm>

JIZBA J. (1995), Těžké kovy v zemědělské půdě a rostlinách, Sborník z česko-bavorského semináře, Praha (on-line) <http://stary.biom.cz/sborniky/sb95vana/index.html>

KOLEKTIV AUTORŮ (1995), Olovo a zdraví, TOXYCOLOGY, Státní zdravotní ústav Praha, Fortuna, 1-5 s.

MAKOVNÍKOVÁ J., BARANČÍKOVÁ G., DLAPA P., TERCOVÁ K. (2006), Anorganické kontaminanty v pódnom ekosystéme, Chemické listy, 424-432 s.

MANYCH J. (1988), Ekologie pro lékaře, Avicentrum Praha, 184 s.

MÜHLBACHOVÁ G. (1997), Vliv aplikace průmyslových kompostů na biologické vlastnosti a na pohyb těžkých kovů v půdě, sborník časopisu Biom, Výzkumný ústav rostlinné výroby v Praze Ruzyni (on-line)

http://stary.biom.cz/sborniky/sb97PrVana/sb97PrVana_muhl.html

PAVLÍKOVÁ D., PAVLÍK M., VAŠÍČKOVÁ S., SZÁKOVÁ J., TLUSTOŠ P., VOKÁČ K. a BALÍK J. - (1) (2002), The effect of soil properties on kadmium bonds to organic substance of spinach biomass, Applied Organometallic Chemistry, 16, 187-191 s.

PAVLÍKOVÁ D., PAVLÍK M., VAŠÍČKOVÁ S., TLUSTOŠ P. a BALÍK J. - (2) (2002), The effect of Cd and Zn contents in plants on Fe binding into organic substances of spinach biomass, ROSTLINNÁ VÝROBA, 48, 531–535 s.

PITTER P. (1981), Hydrochemie, SNTL Nakladat. Technické literatury Praha, 373 s.

PROKEŠ J. a kol. (2005), Základy toxikologie, Galén, 248 s.

SANITA DI TOPPI L., GABBRIELLY R. (1999), Response to cadmium in higher plants, Environmental and Experimental Botany, Elsevier, 10-128 s.

STATISTICKÁ ROČENKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR 2003, Ministerstvo životního prostředí (on-line)
<http://www.env.cz/osv/edice.nsf/e26dd68a7c931e61c1256fbe0033a4ee/dc5eea7884f86f6ac12570110041b047?OpenDocument>

STATISTICKÁ ROČENKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČESKÉ REPUBLIKY 2006, Cenia (on-line) http://www.env.cz/www/dav.nsf/rocenka_06/06_titul.htm

STATISTICKÁ ROČENKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČESKÉ REPUBLIKY 2007, Cenia (on-line) [http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFMVTMNS/\\$FILE/rocenka07.htm](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFMVTMNS/$FILE/rocenka07.htm)

STATISTICKÁ ROČENKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČESKÉ REPUBLIKY 2008, Cenia Praha10, 628 s.

ŠICHOROVÁ K., TLUSTOŠ P., SZÁKOVÁ J. (2004), Změny obsahu Cd a Pb v rostlinách rostoucích ve znečištěné oblasti, sborník 10. mezinárodní konference, ČZU v Praze, 168-171 s.

ŠTĚPÁNEK M. a kol. (1979), Hygienický význam životních dějů ve vodách, Avicentrum, 587 s.

ŠVÁB a kol. (2006), Informace o látkách zařazených do Integrovaného registru znečišťování, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Ústav chemie ochrany prostředí, Praha (on-line) http://www.irz.cz/latky/kadmium_a_sl,
http://www.irz.cz/latky/olovo_a_sl

VÁŇA J. (1997), Dekontaminace těžkých kovů z půdy rostlinami, Výzkumný ústav rostlinné výroby, sborník časopisu Biom, Praha (on-line)
http://stary.biom.cz/sborniky/sb97PrVana/sb97PrVana_vana.html

TABELÁRNÍ ROČENKY ČHMÚ (2008) – úsek ochrany čistoty ovzduší, Český hydrometeorologický ústav, (on-line) http://www.chmi.cz/uoco/isko/tab_roc/tab_roc.html a <http://www.chmi.cz/uoco/index.html>