

Stanovení vybraných anorganických polutantů ve svalovině volně žijící divoké zvěře

Bc. Andrej Migaľa

Diplomová práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav analýzy a chemie potravin
akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Andrej MIGALA**
Osobní číslo: **T10937**
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Stanovení vybraných anorganických polutantů ve svalovině volně žijící divoké zvěře.**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Monitorování cizorodých látek v potravním řetězci
2. Hygienické limity obsahu kovů v potravinách
3. Sledování obsahu kovů v divoké zvěři
4. Anorganické cizorodé látky
5. Atomová absorpční spektrometrie

II. Praktická část

1. Charakteristika lokalit
2. Indikátorové druhy lovné zvěře
3. Odběr vzorků lovné zvěře
4. Použité přístroje a chemikálie
5. Stanovení obsahu kadmia, olova, arzenu, mědi a zinku
6. Stanovení obsahu rtuti
7. Vyhodnocení výsledků

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. FRIBERG, L. et al. Cadmium in the environment. 2nd ed. Cleveland: CRC Press, 1974. 248 p.
2. FRIBERG, L. et al. Handbook on the toxicology of metals. 2nd ed. Oxford: Elsevier, 1986. 704 p.
3. KOMÁREK, J. Atomová absorpční spektrometrie. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2000. 85 s.
4. WEXLER, P. (ed.): Encyclopedia of Toxicology. Volume 1. 2nd. ed. edition. Oxford: Elsevier, Ltd., 2005a. 794 p.
5. LIPMANN, M. (ed.). Environmental Toxicants: Human exposure and ther health effects. 2nd ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2006. 987 p.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Stanislav Kráčmar, DrSc.**
Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání diplomové práce: **6. ledna 2012**

Termín odevzdání diplomové práce: **21. května 2012**

Ve Zlíně dne 15. února 2012


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně

.....

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Cílem předkládané diplomové práce bylo stanovení obsahu vybraných kovů (kadmium, olovo, rtuť, arzen, měď, zinek) ve svalovině volně žijící lovné zvěře. Jako indikátory byly zvoleny – srnec obecný, jelen lesní a prase divoké. Monitorování uvedených kontaminantů bylo provedeno v rámci pěti VVP, které se nachází na území České republiky (Hradiště, Libavá, Brdy, Boletice, Březina). Obsah sledovaných kovů byl analyzován pomocí atomové absorpční spektrometrie.

Zjištěné výsledky byly porovnány s dostupnými hygienickými limity a porovnány s výsledky uváděnými v literatuře. Limity byly překročeny nejčastěji u zinku (43 vzorků ze 131 zanalyzovaných) a pak také u olova (5 ze 159 zanalyzovaných vzorků), kadmia (1 ze 159 zanalyzovaných vzorků) a arzenu (4 ze 138 zanalyzovaných vzorků). Dále ze získaných výsledků vyplývá, VVP Libavá vykazuje nejvíce výsledků, překračujících limity. Toto území se nachází na severní Moravě, která patří mezi nejvíce zatíženou oblastí České republiky. Nejméně znečištěným VVP je na základě námi zjištěných výsledků vojenský prostor Březina.

Klíčová slova: vojenské výcvikové prostory, kovy, atomová absorpční spektrometrie, zvěřina, kontaminace životního prostředí

ABSTRACT

The objective of this thesis was determination of selected metals (cadmium, lead, mercury, arsenic, copper, zinc) in hunted animals muscular tissue. As indicator species were chosen roebuck common, red deer and wild pig. Listed pollutants monitoring was realized within five MTAs (military training areas), situated in the Czech Republic (Hradiště, Libavá, Brdy, Boletice, Březina). Concentration level of monitored metals was analyzed by AAS (atomic absorption spectrometry).

Observed results were compared with available maximum admitted limits and with literature presented results. Limits were exceeded most frequently at zinc (43 samples from 131 analyzed), next at lead (5 from 159 analyzed samples), cadmium (1 from 159 analyzed samples) and arsenic (4 from 138 analyzed samples). Further, it follows from established results, that VVP Libavá records the most exceeded limit results. This area is situated in North Moravia, which is ranked among the most heavy-laden regions in Czech Republic. The least polluted VVP is, on account to established results, military space Březina.

Key words: military training areas, metals, atomic absorption spectrometry, game, environment contamination

Touto cestou bych rád poděkoval prof. Ing. Stanislavu Kráčmarovi, DrSc. z Ústavu analýzy a chemie potravin Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně za odbornou pomoc, skvělé vedení, trpělivost a poskytnuté informace, které mi pomohly při vypracování této diplomové práce. Rovněž bych rád poděkoval řediteli Ústředního vojenského veterinárního ústavu Hlučín podplukovníku MVDr. Vladimíru Žákovčíkovi a majoru MVDr. Františku Harcekovi, bez nichž by nebylo možné práci realizovat.

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

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST	13
1 MONITOROVÁNÍ CIZORODÝCH LÁTEK V POTRAVNÍM ŘETĚZCI.....	14
2 HYGIENICKÉ LIMITY OBSAHU KOVŮ V POTRAVINÁCH.....	16
3 SLEDOVÁNÍ OBSAHU KOVŮ V DIVOKÉ ZVĚŘI.....	17
4 ANORGANICKÉ CIZORODÉ LÁTKY	19
4.1 KADMIUM.....	19
4.2 OLOVO	20
4.3 RTUŤ	21
4.4 ARZEN.....	23
4.5 MĚĎ	24
4.6 ZINEK	25
5 ATOMOVÁ ABSORPČNÍ SPEKTROMETRIE.....	27
II PRAKTICKÁ ČÁST	31
6 CHARAKTERISTIKA LOKALIT	32
6.1 VOJENSKÝ VÝCVIKOVÝ PROSTOR HRADIŠTĚ	33
6.2 VOJENSKÝ VÝCVIKOVÝ PROSTOR LIBAVÁ	33
6.3 VOJENSKÝ VÝCVIKOVÝ PROSTOR BRDY	34
6.4 VOJENSKÝ VÝCVIKOVÝ PROSTOR BOLETICE.....	35
6.5 VOJENSKÝ VÝCVIKOVÝ PROSTOR BŘEZINA	36
7 INDIKÁTOROVÉ DRUHY LOVNÉ ZVĚŘE	37
7.1 SRNEC OBECNÝ (<i>CAPREOLUS CAPREOLUS</i>)	37
7.2 PRASE DIVOKÉ (<i>SUS SCROFA</i>).....	38
7.3 JELEN LESNÍ (<i>CERVUS ELAPHUS</i>)	39
8 ODBĚR VZORKŮ LOVNÉ ZVĚŘE	40
9 POUŽITÉ PŘÍSTROJE A CHEMIKÁLIE	41
9.1 PŘÍPRAVA ROZTOKŮ	42
10 STANOVENÍ OBSAHU KADMIA, OLOVA, ARZENU, MĚDI A ZINKU	43
10.1 PŘÍPRAVA VZORKU	43
10.2 PŘÍPRAVA STANDARDŮ.....	44
10.3 PODMÍNKY STANOVENÍ OBSAHU Cd, Pb, As, Cu a Zn POMOCÍ AAS	44
11 STANOVENÍ OBSAHU RTUTI.....	45

11.1	PŘÍPRAVA VZORKU A PODMÍNKY ANALÝZY	45
11.2	PŘÍPRAVA STANDARDU.....	45
12	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	46
12.1	VALIDAČNÍ PARAMETRY POUŽITÝCH METODIK.....	46
12.2	CELKOVÝ POČET ODEBRANÝCH VZORKŮ A PROVEDENÝCH ANALÝZ.....	46
12.3	VVP LIBAVÁ (ROK 2003 A 2009)	47
12.4	VVP BRDY (ROK 2004 A 2008).....	49
12.5	VVP BOLETICE (ROK 2005 A 2010).....	51
12.6	VVP BŘEZINA (ROK 2006 A 2011)	53
12.7	VVP HRADIŠTĚ (ROK 2007)	55
12.8	SOUHRNNÉ VÝSLEDKY A JEJICH POROVNÁNÍ S HYGIENICKÝMI LIMITY.....	55
13	DISKUZE	59
	ZÁVĚR	66
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	67
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	71
	SEZNAM OBRÁZKŮ	72
	SEZNAM TABULEK.....	73

ÚVOD

Rozvoj chemie a chemické technologie přispěl rozhodující měrou k celkovému civilizačnímu pokroku. Vysoké výnosy v zemědělství by nebyly možné bez umělých hnojiv a pesticidů. Zvládnutí mnoha chorob by taktéž nebylo možné bez syntézy nových vysoce účinných léčiv (především antibiotik). Chemizace života má však i své negativní důsledky, nejen pro životní prostředí, ale i pro zdraví člověka. Rozsah způsobených škod je někdy velice nesnadné odhadnout. Značnou část škodlivých účinků používaných chemických látek neznáme, protože některé, zvláště ty nejhorší účinky, se mohou projevit až po dlouhé době latence.

S kontaminací životního prostředí nedílně souvisí i kontaminace potravin a potravinových surovin různými anorganickými a organickými látkami, které mohou vykazovat toxické účinky. Podle původu rozlišujeme kontaminanty primární (exogenní) a sekundární (endogenní). *Exogenní kontaminanty* pocházejí z vnějšího prostředí a dělíme je na organické (př. rezidua pesticidů) a anorganické (př. kovy) kontaminanty. *Endogenní kontaminanty* mohou za určitých podmínek vznikat z přirozených složek potravin během zpracování nebo skladování (př. biogenní aminy, nitrozaminy).

Mezi nejdůležitější toxické anorganické kontaminanty řadíme olovo, kadmium, rtuť a arzen. Ve vyšších koncentracích mohou negativně působit i další kovy jako cín, hliník, chrom, měď, nikl, zinek nebo železo. Ke vstupu těchto prvků do potravního řetězce dochází především antropogenní činností. Hlavní antropogenní zdroj kontaminace toxickými prvky jsou procesy spalování fosilních paliv, doprava, průmyslová výroba kovů a použití jednotlivých prvků v průmyslu a technice. Významným zdrojem je také nadměrné používání minerálních hnojiv, agrochemikálií nebo aplikace čistírenských kalů do půdy. Mezi přírodní zdroje toxických prvků v životním prostředí patří zvětrávání hornin, lesní požáry nebo vulkanická činnost. Navíc ovzduší a vodní toky působí jako vhodná média přenosu toxických prvků v životním prostředí. Zejména v atmosféře mohou být kovy v tuhých částicích aerosolu nebo i v plynném stavu (rtuť a organokovové sloučeniny, arzan a methy-larziny) přenášeny na větší vzdálenosti. Hlavními cestami povrchové kontaminace půdy a rostlin je spad uvedených tuhých částic a mokrá depozice, ke které může docházet jejich stržením srážkovou vodou.

V důsledku kontaminace životního prostředí a tím i potravin a potravinových surovin se v celém světě provádí pravidelné monitorování kontaminujících látek. Významem

monitorování kontaminujících látek je nejen získávání informací o stavu zatížení ekosystému, ale hlavně také slouží k ochraně zdraví obyvatelstva. Na základě získaných výsledků se mohou následně stanovovat a případně upravovat limity vybraných škodlivých látek v potravinách a potravinových surovinách v příslušné legislativě.

Cílem předkládané diplomové práce bylo zhodnocení obsahů vybraných anorganických polutantů (*kadmium, olovo, rtuť, arzen, měď, zinek*) ve svalovině volně žijící divoké zvěře, která byla odlovena ve vojenských výcvikových prostorech (VVP). Získané výsledky byly porovnány s dostupnými hygienickými limity a byly využity při monitorování ekologické zátěže v lokalitách vojenských výcvikových prostorů patřících Armádě České republiky (AČR). Mimo sledování obsahu vybraných anorganických látek ve svalovině volně žijící lovné zvěře, byly v rámci monitoringu sledovány v abiotické a biotické matrici také ostatní ukazatele (biochemické, mikrobiologické aj.), které indikují míru znečištění vybraných lokalit. Sledování těchto ukazatelů a kontaminujících látek však není předmětem prezentované diplomové práce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MONITOROVÁNÍ CIZORODÝCH LÁTEK V POTRAVNÍM ŘETĚZCI

Monitorování cizorodých látek v potravním řetězci se provádí každým rokem podle stanovených plánů v celé ČR. Zabývá se sledováním zdrojů možné kontaminace potravin, krmiv a surovin určených k jejich výrobě cizorodými látkami. Mimo jiné se sleduje také kontaminace volně žijících organismů, které doplňují spotřební koš člověka. Pro komplexní posouzení jsou sledovány i složky prostředí, které tuto kontaminaci mohou způsobit nebo ovlivnit. Sleduje se výskyt a obsah organických tak i anorganických látek, které jsou pro svou škodlivost vůči zdraví zcela zakázané nebo jsou přípustné v omezeném množství nebo se o jejich regulaci v budoucnu uvažuje. Ministerstvo zemědělství každým rokem vydává zprávu o výsledcích sledování a vyhodnocování cizorodých látek v potravních řetězcích.

Vlastní koordinovaný resortní systém kontroly cizorodých látek v zemědělské půdě, krmivech a potravinách byl založen již v roce 1983. V roce 1992, na základě usnesení vlády ČR, se na Ministerstvu zemědělství začal realizovat informační portál o cizorodých látkách v potravních řetězcích. Jeho hlavním cílem bylo poskytnout pravdivé informace o stavu, dynamice a vzájemných vazbách zatížení jednotlivých složek agrárních, vodních a v neposlední řadě lesních ekosystémů. Výstupy z tohoto informačního portálu umožňují každoroční informování veřejnosti o momentální situaci v dané oblasti [6].

V dnešní době je celý systém sledování cizorodých látek realizován několika odbornými pracovišti. Podle informací Ministerstva zemědělství se v roce 2011 na monitorování výskytu cizorodých látek v potravním řetězci podílelo celkem deset organizací. Jednalo se o Státní zemědělskou a potravinářskou inspekci, Státní veterinární správu ČR, Ústav pro státní kontrolu veterinárních biopreparátů a léčiv, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Zemědělskou vodohospodářskou správu, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Institut ekologie a chovu zvěře a Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech [16].

Výsledky získané z monitoringu slouží především k dlouhodobému sledování zatížení potravních řetězců cizorodými látkami, ověřování hlavních směrů státního dozoru, návrhům opatření pro místa se zvýšenou kontaminací v důsledku geologických faktorů a orientačnímu zjišťování dosud nesledovaných, ale přesto se vyskytujících cizorodých

látek. Dále jsou využívány ke sdílení výsledků sledování vybraných kontaminantů s ostatními členskými státy Evropské unie. Sdílení výsledků umožňuje následnou úpravu limitů některých látek nebo může být využito pro stanovení nových limitů u látek, pro něž limity dosud neexistují. Za účelem možnosti zpochybnit výsledky monitoringu jsou vzorky odebírány proškolenými inspektory a veškeré analýzy jsou prováděny akreditovanými laboratořemi [16].

2 HYGIENICKÉ LIMITY OBSAHU KOVŮ V POTRAVINÁCH

Výsledky monitorování obsahu kontaminantů jsou posuzovány a vyhodnocovány podle platných předpisů a legislativy. V případě hodnocení obsahu kovů v potravinách se postupuje podle Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006 ve znění pozdějších předpisů, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách [19].

Ovšem při posuzování obsahu kovů ve svalovině lovné zvěře (zvěřině) nejsou v rámci Evropské unie platné hygienické limity. Proto při posuzování obsahu vybraných kovů (kadmium, olovo, rtuť, arzen, měď a zinek) bylo využíváno dnes již neplatné vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 53/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů, kterou se stanoví chemické požadavky na zdravotní nezávadnost jednotlivých druhů potravin a potravinových surovin, podmínky použití látek přídatných, pomocných a potravních doplňků [29].

Ve vyhlášce č. 53/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů jsou u jednotlivých kovů uvedeny v příloze hodnoty *nejvyššího přípustného množství* (NPM) a *přípustného množství* (PM) pro potraviny. Stanovené limitní hodnoty platí pro jedlý podíl potraviny. V tabulce 1 jsou uvedeny hodnoty PM a NPM vybraných kovů ve svalovině lovné zvěře. Při zjištění, že je hodnota PM v potravine překročena do 50 procent, odebere se ze šarže, ze které byla tato potravina vybrána, odpovídající počet vzorků (n). V případě, že překročení přípustného množství nebude prokázáno u vyššího počtu vzorků než (M), bude potravina posouzena jako zdravotně nezávadná. Počty vzorků jsou uvedeny u jednotlivých kovů ve formě zlomku n/M [29].

Tabulka 1: Hygienické limity kovů pro zvěřinu (Vyhláška č. 53/2002 Sb.)

Kontaminanty (n/M)	PM (mg/kg)	NPM (mg/kg)
Arzen (5/2)	0,2	–
Cín (5/2)	200,0	–
Chrom (5/2)	4,0	–
Kadmium (7/1)	0,1	–
Měď (5/2)	5,0	–
Olovo (7/1)	1,0	–
Zinek (5/3)	50,0	–
Rtuť	–	0,05

3 SLEDOVÁNÍ OBSAHU KOVŮ V DIVOKÉ ZVĚŘI

Státní veterinární správa (SVS) České republiky každým rokem vydává informační zpravodaj, ve kterém uvádí výsledky a hodnotí stav obsahu reziduí a kontaminantů v krmivech, u živých zvířat, v surovinách a potravinách živočišného původu. V kategorii živých zvířat jsou mimo jiných také hodnoceny výsledky vyšetřování svaloviny hlavních druhů volně žijící lovné zvěře (bažanti, divoké kachny, zajíci, černá zvěř a spárkatá zvěř lovná). Vzorky svaloviny jsou odebírány převážně ve zvěřinových závodech. U uvedených indikátorových druhů se sledují vybrané organické (polychlorované bifenyly, aldrin, dieldrin, hexachlorbenzen aj.), anorganické polutanty (kovy) a izotopy radioaktivního cesia (^{137}Cs , ^{134}Cs). Vzhledem k tomu, že se jedná o zvěř lovenou střelnou loveckou zbraní, dle platné legislativy zákonem o myslivosti Zk. č. 449/2001 Sb. se střelivem obsahujícím olovo, je nutné výsledky stanovení tohoto prvku brát s jistou rezervou a s ohledem na možnou kontaminaci střelou. V roce 2011 došlo k výraznému zlepšení ve výběru vzorkované zvěře, kdy veterinární inspektoři lépe odebírali vzorky svaloviny s ohledem na kontaminaci střelou. V roce 2011 při sledování obsahu kovů ve svalovině bažantů bylo z celkového počtu 21 vyšetřených vzorků devět vzorků s nadlimitním obsahem olova. Zjištěné koncentrace olova v nadlimitních vzorcích byly v rozmezí od 0,32 až 14,6 mg/kg. Ve svalovině divokých kachen bylo potvrzeno šest nadlimitních vzorků z devatenácti s obsahem olova v koncentraci od 0,19 do 4,44 mg/kg. Ve všech vyšetřených vzorcích svaloviny zajíce polního a spárkaté zvěře byly obsahy sledovaných kovů (kadmium, rtuť) pod hygienickými limity, všechny hodnoty ležely v intervalu do 50 % hodnot limitů. Ve svalovině prasat divokých a ostatní spárkaté zvěře lovné byly také zjištěny nadlimitní koncentrace olova. U šesti vzorků prasat divokých se obsah olova pohyboval v rozmezí 0,299 – 22,2 mg/kg a u ostatní spárkaté zvěře lovné byla naměřena koncentrace olova v rozmezí od 0,235 – 54,8 mg/kg [26].

Kolektiv autorů [5] prováděli dlouhodobou studii zaměřenou na monitorování obsahu těžkých kovů (kadmium, olovo, rtuť) u volně žijící lovné zvěře na území severní Moravy. Vzorky od různých druhů divoké zvěře byly odebírány ve stejných lokalitách v letech 2005 – 2007 a v letech 1986 – 1989. Kvantifikace těžkých kovů byla provedena pomocí atomové absorpční spektrometrie (AAS). Výzkum prokázal snížený vstup těžkých kovů do potravních řetězců na sledovaném území v posledních letech. Ve svalovině a ledvinách daňků, srnců a bažantů bylo v letech 2005 – 2007 zjištěno statisticky výrazné sníže-

ní ($P < 0,01$) obsahu kadmia. Podobně tomu bylo také v případě obsahu rtuti ve svalovině, játrech a ledvinách srnců a zajíců, kdy zjištěné koncentrace byly statisticky významně nižší než v předchozím období ($P < 0,01$). V případě olova nebyly rozdíly mezi sledovanými obdobími prokázány jako statisticky významné.

[20] se zabývali sledováním obsahu vybraných kovů u divoké zvěře v průmyslově zatížené oblasti regionu Zemplín (Slovensko). V uvedené oblasti se nacházejí významné průmyslové závody (Chemko Strážské, Bukóza Vranov nad Topľou a elektrárna Vojany), které negativně ovlivňují kvalitu životního prostředí. Jako indikátorové druhy byly zvoleny liška obecná a prase divoké. Ve většině případů byly u zjištěných zvířat v jednotlivých druzích tkání překročeny hygienické limity. Při sledování obsahu rtuti u prasete divokého byl překročen hygienický limit v ledvinách u 73,3 % vzorků, v játrech u 53,3 % vzorků a ve svalovině u 13,3 % vzorků. Podobné výsledky byly získány i v případě lišky obecné, kdy hygienické limity obsahu rtuti byly překročeny u 44,4 % vzorků jater, 66,6 % vzorků ledvin a 5,5 % vzorků svaloviny. Hygienický limit pro olovo nebyl překročen u žádného vzorku. Při monitorování koncentrace kadmia bylo zjištěno překročení limitů pouze u vzorků z prasete divokého. Nadlimitní hodnoty byly potvrzeny u 20 % vzorků jater, 26,6 % vzorků ledvin a 13,3 % vzorků svaloviny. U arzenu byly zjištěny nadlimitní hodnoty pouze u vzorků svaloviny. U prasete divokého to bylo 6,6 % vzorků a u lišky obecné 22,2 % vzorků.

Problematika výskytu obsahu kovů u divoké zvěře je také velmi obsáhle popsána v zahraniční literatuře [2, 13, 17, 25]

4 ANORGANICKÉ CIZORODÉ LÁTKY

4.1 Kadmium

Kadmium je stříbřitý chalkofilní toxický kov. Na vzduchu se kadmium pokrývá vrstvou oxidu, za vyšších teplot reaguje s halogeny. Za normálních podmínek se neslučuje s dusíkem ani vodíkem. Snadno se rozpouští v kyselinách, většina rozpustných sloučenin kadmia je silně jedovatá. Ve sloučeninách se vyskytuje téměř pouze v mocenství Cd^{2+} . Sloučeniny Cd^+ jsou silně nestálé [3, 7].

V životním prostředí se kadmium vyskytuje spolu se zinkem a olovem v rudách, které obsahují sulfidy těchto kovů. Pro své významné vlastnosti kadmium nachází široké uplatnění v průmyslu, i když je snahou prvek potlačit a kvůli toxickým vlastnostem nahrajit. Kadmium chrání železo před korozí, a je proto používáno při výrobě plechů hlavně v automobilovém průmyslu. Přidává se také jako stabilizátor plastů. Pro svou schopnost zlepšit mechanicko–chemické vlastnosti jiných kovů se přidává do slitin na bázi mědi. Dalším významným využitím kadmia je jeho použití jako součásti elektrod v alkalických akumulátorech a při výrobě barevných pigmentů, pájek, slitin a jiných výrobků [21, 28, 30].

Kadmium do ovzduší uniká hlavně ve formě stabilního CdO , CdS , CdSO_4 a CdCl_2 , který se adsorbuje na pevné částičky sazí a prachu, zvláště při spalování fosilních paliv hnědého uhlí, domovních odpadů a odpadních kalů, dále tavením některých kovů s obsahem kadmia, mědi, olova a zinku. V nezasazených oblastech je koncentrace kadmia nižší než 1 ng/m^3 , v zasažených oblastech se obvykle pohybuje mezi 1 až 5 ng/m^3 . V bezprostřední blízkosti silných zdrojů znečištění může dosáhnout až hodnoty 700 ng/m^3 . Globální emise činily v polovině 80. let 7600 tun ročně. Kadmium kontaminuje i vodu 9400 tun ročně, ale nejvíce ho uniká do půd a to až 22 000 tun ročně. Především z fosfátových hnojiv, skládek s domovními odpady. Kadmium se ze vzduchu do půd a povrchových vod dostává deštěm a spadem. Ve vodě tvoří hydratované ionty, případně s některými částicemi anorganické i organické iontové komplexy. Nerozpustné sloučeniny se adsorbují na sedimenty. Hromadí se v rostlinách, odkud se dostává do potravního řetězce. Kontaminace půdy tak nepřímou způsobuje největší expozici [7].

Při vstřebávání kadmia jsou kritickým orgánem ledviny, mimo ně se kadmium ukládá v játrech. Závažnost působení kadmia v lidském organismu je v jeho dlouhém biologickém poločasu, který je 10 – 30 let [10]. Kadmium negativně ovlivňuje metabolismus

vápníku a tím tvorbu vitamínu D. Jako důsledek působení kadmia byly popsány nekrózy a tumory pohlavních žláz, dysfunkce ledvin nebo poruchy kardiovaskulárního systému. Kadmium může také způsobit poškození plodu a má karcinogenní účinky [22, 28].

V potravinách je obsah kadmia poměrně malý a proměnlivý. U potravin rostlinného původu je jeho obsah závislý především na kontaminaci půdy. Relativně vysokou koncentraci kadmia můžeme nalézt u některých druhů zeleniny, jedlých hub a olejnatých semen. U potravin živočišného původu mají nejvyšší obsah kadmia především vnitřnosti, v ledvinách může jeho obsah být až v jednotkách mg/kg. V jednotlivých druzích masa (vepřové, hovězí, kuřecí) se jeho obsah pohybuje v rozmezí $<0,001 - 0,01$ mg/kg [28]. Maximální přijatelný denní příjem kadmia se pohybuje v jednotkách mikrogramů na kg tělesné hmotnosti, což v přepočtu na průměrnou váhu člověka (70 kg) představuje asi 67 – 83 $\mu\text{g}/\text{den}$ [28].

4.2 Olovo

Olovo je měkký a dobře kujný kov, který má velkou odolnost vůči korozi. Významnou vlastností je jeho toxicita vůči živým organismům. Za normálních podmínek je olovo odolné a neomezeně stálé vůči atmosférickým vlivům. V kompaktním stavu se na vlhkém vzduchu příliš nemění, pouze pozvolna ztrácí lesk a tvoří se na něm šedobílá vrstva oxidů, hydroxidů a uhličitánů. Ve většině anorganických sloučenin se vyskytuje v mocenství Pb^{2+} a Pb^{4+} [3, 7].

Olovo se nejčastěji získává z galenitu, který se koncentruje z rudy. V současné době se nejvíce olova spotřebuje při výrobě nosných mřížek do akumulátorů, různých slitin, kabelů, barviv, munice, broků, zařízení na stínění RTG, skla, nádrží pro uchování chemikálií aj. [28, 31]. Významným zdrojem olova pro životní prostředí je doprava. Olovo z výfukových plynů se usazuje na vegetaci, v půdě okolo silnic a následně přetrvává v atmosféře. Ve vzduchu se váže na prachové částice, které mohou být inhalovány nebo smyty deštěm do půdy či vody. Přibližná doba setrvání olova v atmosféře je 10 dní. Dále je půda kontaminována olovem hlavně ze vzduchu, z domovních odpadů, špatně zabezpečených skládek a hnojiv, která obsahují odpadní kaly. V půdě se olovo váže na půdní částice v povrchové vrstvě 2 – 5 cm, které se orbou dostávají hlouběji. Přítomnost olova v půdě je zdrojem expozice jak orální tak inhalační pro rostliny i zvířata. Zemědělská půda obsahuje průměrně 10 mg/kg, ovšem v listech stromů kolem frekventovaných komunikací může být obsah

olova až 700 mg/kg. Koncentrace olova v půdách se přímo odráží v koncentraci v podzemních vodách. Přírodními zdroji emisí olova do prostředí jsou vulkanické erupce a geologické zvětvávání. Roční emise z přírodních zdrojů se odhadují na 19 000 tun olova. Nezanedbatelné mohou být koncentrace přímo v lidských obydlích. Prach obsahující olovo se může usazovat na kobercích, podlahách a nábytku. Olovo se může uvolňovat z nábytku, hraček, porcelánu a keramiky. Zvýšeným dávkám olova jsou také vystaveni aktivní či pasivní kuřáci [10].

Do lidského organismu vstupuje olovo především potravou, existuje však možnost vstupu i respirační cestou. Vstřebávání olova v trávicím traktu je závislé na věku, složení stravy a celkovém zdravotním stavu. Účinnost vstřebávání olova u dospělých se odhaduje na 10 %. Dětský organismus resorbuje 40 – 50 % olova z potravy. Vstřebávání olova je vyšší při vysokém podílu bílkovin ve stravě a nižší za přítomnosti vyššího množství vlákniny, železa a vápníku. Olovem mohou být ohroženy zejména děti, u nichž se objevuje řada nepříznivých účinků, jimiž jsou například pomalejší mentální i fyzický vývoj, nižší schopnost učení, nižší inteligence, anémie nebo snížená imunita [22, 28, 31]. Při intoxikaci olovem mohou být poškozeny ledviny a játra, krev, nervový a kardiovaskulární systém. Při dlouhodobé expozici klesá množství hemoglobinu v červených krvinkách a objevuje se anémie. Olovo se ukládá především v kostech, játrech a ledvinách. V důsledku dlouhodobé expozice dochází k poruchám trávení, hubnutí a případnému ochrnutí končetin [9].

V potravinách rostlinného původu se podobně jako kadmium vyskytuje především v zelenině, houbách nebo olejnatých semenech. V potravinách živočišného původu se ve vyšší koncentraci nalézá ve vnitřnostech. V mase (vepřové, hovězí, kuřecí) se jeho obsah pohybuje v rozmezí 0,004 – 0,070 mg/kg. Maximální přijatelný denní příjem olova se pohybuje v jednotkách mikrogramů na kg tělesné hmotnosti, což v přepočtu na 70 kg představuje příjem asi 500 µg/den [28].

4.3 Rtuť

Rtuť je kapalný, silně pohyblivý, stříbřitě bílý toxický kov. V tuhém stavu je měkká a tažná. Zřetelně těká už při obyčejné teplotě. Páry rtuti jsou velmi jedovaté a nebezpečné zejména při dlouhodobé expozici. Rtuť je nehořlavá a bez zápachu. Je možno ji snadno emulgovat roztíráním například s tukem. Za přítomnosti ochranných koloidů tvoří stabilní koloidní vodné roztoky, které mají mimo jiné silné baktericidní účinky a jsou mnohem

méně jedovaté než rozpustné soli rtuti. V suchém prostředí čistá rtuť neoxiduje. Ve vlhkém prostředí se rtuť nebo znečištěná rtuť postupně pokrývá vrstvou oxidu. S čertnými kovy tvoří rtuť slitiny zvané amalgámy. Velmi snadno se slévá se sodíkem, draslíkem, stříbrem, zlatem a také se zinkem, kadmíem, cínem a olovem. V zemské kůře je obsažena v koncentraci asi 0,05 mg/kg. V přírodě se vyskytuje především v podobě sulfidu (rumělka) [7].

Do životního prostředí vstupuje rtuť během své výroby a zpracování, při spalování fosilních paliv, vulkanickou činností, použitím rtuti v průmyslu, zemědělství a nesprávnou manipulací s odpady. Toto množství se odhaduje na 10 000 tun ročně a dalších 30 000 tun rtuti se dostává do životního prostředí při vypařování rtuti z oceánů a povrchu zemského. V současné době se nejvíce rtuti spotřebovává hlavně v elektrotechnice při výrobě baterií, elektrod nebo měřicích přístrojů. Rtuť jako katoda se využívá pro elektrochemickou výrobu chlóru a hydroxidu sodného elektrolýzou roztoku NaCl. Používá se také při výrobě nátěrových hmot, katalyzátorů, fungicidů, osvětlovacích těles a v zubním lékařství [28, 32].

Toxické účinky rtuti a jejich sloučenin souvisí s vysokou afinitou rtuti k tiolovým skupinám v peptidech a bílkovinách. Vazbou rtuti na uvedená místa dochází u některých enzymů k jejich inhibici. Toxicita jednotlivých forem rtuti klesá v řadě alkylrtuťnaté sloučeniny (hlavně CH_3Hg^+) > páry elementární rtuti > rtuťnaté soli > arylrtuťnaté a alkoxyrtuťnaté sloučeniny > rtuťnaté soli [14, 28]. Z hlediska toxikologie je nejdůležitější metylrtuť, která se ve vyšší koncentraci vyskytuje v rybách [15]. Při otravě metylrtutí převažují neurotoxické účinky. Dochází k poruchám zraku, sluchu, rovnováhy, poruchám řeči a polykání. Metylrtuť má také teratogenní účinky. Příznaky otravy se u dospělých jedinců objevují při koncentraci rtuti ve vlasech vyšší než 30 mg/kg. Hlavní orgány, které jsou poškozeny při intoxikaci rtutí a jejími sloučeninami, jsou ledviny a mozek [28].

Koncentrace rtuti se ve většině potravin pohybuje v desetitisícinách až setinách mg/kg. Vysoké koncentrace rtuti (desetiny až jednotky mg/kg) se nacházejí v některých jedlých houbách, rybách, měkkýších a korýších. Ve vepřovém, hovězím a kuřecím mase se obsah rtuti pohybuje v rozmezí 0,001 – 0,006 mg/kg. Maximální přijatelný denní příjem rtuti se pohybuje v jednotkách mikrogramů na kg tělesné hmotnosti, což v přepočtu na 70 kg představuje asi 50 $\mu\text{g}/\text{den}$ [28].

4.4 Arzen

Arzen je šedě zbarvený polokovový prvek vyskytující se v mocenství As^{3-} , As^{3+} a As^{5+} . Je široce rozšířeným toxickým prvkem. Jeho toxicita je závislá na chemické formě a velikosti částic, na kterých je navázaný. Arzen vázaný ve větších částicích má nízkou toxicitu, protože se téměř nevstřebává. Trojmocná forma As^{3+} je 10x více toxická než pětímocná forma As^{5+} . Z anorganických sloučenin arzenu jsou nejnebezpečnější arziny, arzenitany, méně toxické jsou arzeničnany. Arzen vázaný v organických látkách je obvykle méně toxický než arzen z anorganických sloučenin. Kovový arzen se získává tavením Fe-As_2 nebo FeAsS při 650 až 700 °C bez přístupu vzduchu. Nejdůležitějším zdrojem arzenu je především odpadávající polétavý prach, který se vyskytuje při získávání As_2O_3 tavením z koncentrátů mědi a olova. Světová produkce As_2O_3 v roce 1977 byla asi 50 000 tun.[7, 28].

Arzen vstupuje do životního prostředí hlavně v důsledku hutní činnosti, spalování uhlí a dřeva konzervovaného sloučeninami arzenu. Arzen netvoří těkavé sloučeniny, takže se do ovzduší dostává především lidskou činností. Ke vstupu arzenu do životního prostředí přispívá menší měrou také vulkanická činnost a zvětrávání hornin. V současné době se nejvíce arzenu spotřebuje při výrobě elektroniky, polovodičů, tranzistorů, počítačových procesorů a do slitin s olovem (surovina pro výrobu broků). V minulosti byly sloučeniny na bázi arzenu využívány jako herbicidy, fungicidy, mořidla dřeva, insekticidy nebo rodenticidy. Podzemní vody mohou být kontaminovány i ze špatně zabezpečených skládek odpadů, které obsahují velké množství arzenu. Koncentrace arzenu v ovzduší jsou proměnlivé mezi 1-10 ng/m^3 . V blízkosti zdrojů znečištění například v blízkosti uhelných elektráren jsou koncentrace arzenu v ovzduší až 70 $\mu\text{g/m}^3$. V nekontaminovaných půdách se arzen vyskytuje v koncentracích 2-10 mg/kg . V lokalitách kde se aplikovali pesticidy lze nalézt arzen v koncentraci až 600 mg/kg , v oblastech metalurgického průmyslu 33-2000 mg/kg . Do lidského organismu vstupuje arzen především orálně potravou, ale i respirační cestou [28, 33].

Při vstřebání je arzen primárně akumulován v játrech a odtud je pomalu uvolňován do dalších orgánů. Arzen se akumuluje v ledvinách, slezině a plicích, prostupuje také přes placentární bariéru. Organismus savců dokáže detoxifikovat absorbované anorganické sloučeniny arzenu metylací a následným vyloučením močí, proto nedochází při nízkých dávkách k akumulaci arzenu v těle. Vysoká expozice arzenem poškozuje buňky nervového systému, jater, ledvin, žaludku, střev a pokožky [28, 33].

V potravinách se zvýšená koncentrace arzenu vyskytuje u mořských ryb, zvláště u korýšů a měkkýšů. V těchto potravinách je ale převážná část arzenu obsažena v téměř netoxických organických sloučeninách. Ve vepřovém, hovězím a kuřecím masu se obsah arzenu pohybuje v rozmezí 0,001 – 0,070 mg/kg, mírně zvýšenou koncentraci můžeme nalézt ve vnitřnostech. U potravin rostlinného původu se vyšší množství arzenu vyskytuje v obilí (oves) a v některých vínech. Maximální přijatelný denní příjem arzenu se pohybuje v jednotkách mikrogramů na kg tělesné hmotnosti, což v přepočtu na 70 kg představuje asi 140 µg/den [28].

4.5 Měď

Měď je načervenalý kov s velkou odolností vůči atmosférické korozi. Vyznačuje se velmi dobrou tepelnou a elektrickou vodivostí a mechanicky se velice dobře zpracovává. Při působení atmosférické vlhkosti a oxidu uhličitého se měď pokrývá tenkou vrstvičkou zeleného zásaditého uhličitanu měďnatého (tzv. měděnkou), která měď chrání vůči další korozi vzdušným kyslíkem i vlhkostí. V přírodě se vyskytuje v jednomocném a dvojmocném stavu. V zemské kůře se nachází v množství 68 mg/kg a v mořské vodě se její množství pohybuje kolem 0,003 mg/l. Měď se nejčastěji v přírodě vyskytuje v podobě sulfidu, oxidu a uhličitanu [7, 29].

V posledních letech výroba mědi neustále stoupá. Ročně do životního prostředí vstupuje téměř milion tun mědi. V současné době se nejvíce mědi spotřebuje při výrobě elektrických vodičů, střešních krytin, trubíc pro rozvod technických plynů, kotlů, zařízení pro rychlý a bezetrátový přenos tepla, chladičů, kuchyňského nádobí nebo jako přísada do mincovních slitin. Sloučeniny mědi jsou také obsaženy ve fungicidních přípravcích, pro léčbu parazitů u ryb, proti řasám a inhibici růstů bakterií. Významným znečišťovatelem životního prostředí je hutní průmysl. Do životního prostředí se měď dostává také díky zemědělství při používání pesticidů [28].

Měď je pro organismus esenciálním prvkem, na nižší organismy však působí jako silný jed. Vyskytuje se v řadě enzymatických cyklů (cytochrom-*c*-oxidáza, superoxid-dismutáza aj.), které jsou nezbytné pro správnou funkci životních pochodů. Ovlivňuje například metabolismus sacharidů, vytváření kostní hmoty, krve tvorbu a správnou funkci nervového systému. Absorbovaná měď v tenkém střevě se váže na plasmatické albuminy a makroglobuliny a je transportována do jater. V játrech je měď vylučována do žluče a transport-

ního proteinu, který přenáší měď k buňkám v různých částech těla. Měď se v těle akumuluje v ledvinách. Nedostatek mědi se projevuje anémií, zpomalením duševního vývoje, zhoršením metabolismu cukrů, ztrátou pigmentu, vypadáváním vlasů, poruchou tvorby kostí, vaziva nebo plodnosti. Požití většího množství mědi vyvolává vážná onemocnění případně i smrt [28, 31].

V potravinách je až na výjimky poměrně nízký obsah mědi, zvýšený obsah se ovšem může vyskytnout v důsledku kontaminace. Týká se to plodin (př. hroznů) ošetřených některými pesticidy na bázi měďnatých sloučenin. Vyšší obsah můžeme nalézt ve vepřových játrech, kde se obsah mědi pohybuje v rozmezí 10 – 23 mg/kg. Doporučené denní dietární dávky mědi se pohybují v jednotkách miligramů na kg tělesné hmotnosti a jsou závislé na věku a pohlaví. Pro děti do 1 roku se uvádí doporučená denní dávka 0,4 – 0,7 mg/kg, naopak pro dospělého jedince jsou to až 3 mg/kg [28].

4.6 Zinek

Zinek je modrobílý kovový prvek se silným leskem, který je díky své relativně nízké toxicitě využíván v řadě oborů. Zinek je v současnosti ve světě čtvrtým nejvíce používaným kovem v průmyslu. Ve sloučeninách se vyskytuje pouze v mocenství Zn^{2+} [7].

Pro průmyslovou výrobu zinku je hlavní minerální rudou sfalerit, nebo také se vyskytující minerál wurtzit, kalamín uhličitý a křemičitý, troosit, zinkit. Největší světová naleziště zinkové rudy se nachází v Kanadě, Spojených státech amerických a v Austrálii. V současné době se nejvíce zinek využívá jako antikorozi ochranný materiál pro železo a jeho slitiny. Různým poměrem obsahu zinku ve slitinách s jinými kovy nám vznikají významné slitiny například mosaz a bronz. Zinek je také obsažen v rodenticidních přípravcích. Oxid zinku se využívá ve farmaceutickém průmyslu, při výrobě mastí, které jsou určeny pro léčbu opruzenin. Do životního prostředí vstupuje zinek během tavení zinkové rudy, kdy dochází k emisím zinku do ovzduší. Významné znečištění půdy zinkem se objevuje v blízkém okolí hutního průmyslu. Sloučeniny zinku, i vysoce chemicky čisté, mohou obsahovat významné množství některých jiných více toxických kovů, jako je kadmium nebo olovo [21, 30].

Zinek je pro organismus esenciálním prvkem a vyskytuje se ve všech živočišných i rostlinných tkáních. Tělo dospělého člověka obsahuje až 2 g zinku. Je součástí metaloen-

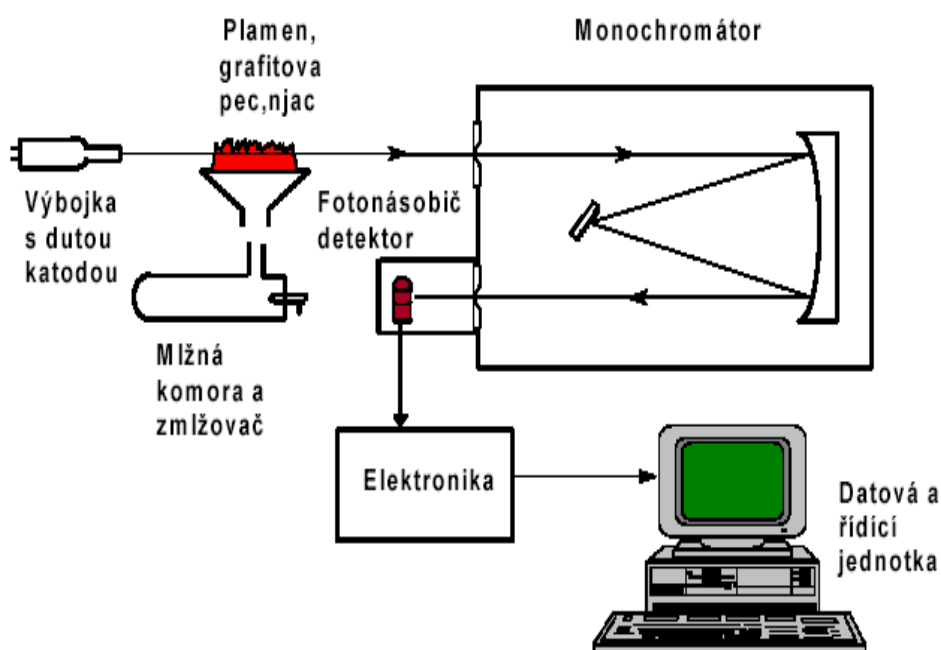
zymů (alkoholdehydrogenáza, laktátdehydrogenáza aj.), jeho přítomnost v jejich molekule je nezbytná pro jejich katalytickou funkci. Zinek se stává toxickým v dávkách vyšších než 1000 mg/kg, kdy způsobuje potlačení růstu, snížení příjmu potravy nebo záněty trávicího ústrojí. V opačném případě, při nedostatku zinku v množství menším než 1 mg/kg, se prokázal zpožděný růst a pohlavní dozrávání, dermatitida, atrofie varlat a anorexie [28].

V potravinách se ve vyšších koncentracích vyskytuje především v obilovinách, luštěninách a ořeších (desítky mg/kg). Ve vepřovém, hovězím a kuřecím masu se obsah zinku pohybuje v rozmezí 8,1 – 43,0 mg/kg. Zvýšený obsah se nachází ve vnitřnostech, především vepřových játrech (56 – 112 mg/kg). Doporučené denní dietární dávky zinku se pohybují v jednotkách miligramů na kg tělesné hmotnosti a obsah příjmu je závislý na věku a pohlaví. Pro děti do 1 roku je uváděna denní dávka 5 mg, naopak pro těhotné ženy se doporučuje dávka 15 mg za den [28].

5 ATOMOVÁ ABSORPČNÍ SPEKTROMETRIE

Atomová absorpční spektrometrie patří mezi optické metody, která se využívá pro analýzu prvkového složení materiálu. Podstatou AAS je absorpce vhodného elektromagnetického záření atomy a měření zářivého toku procházejícího analytem. Atomová absorpční spektra jsou využívána v rozpětí vlnových délek 190 – 900 nm. Atomový absorpční spektrometr (obrázek 1) se skládá ze tří základních částí – zdroj atomizace, optický systém, řídicí a vyhodnocovací jednotka [11, 27].

Obrázek 1: Složení atomového absorpčního spektrometru



Atomy prvků absorbují v plynném stavu na základní hladině energie modulované monochromatické záření, zpravidla rezonanční čáry téhož prvku v ultrafialové a viditelné oblasti spektra, které emituje monochromatický zdroj. Předpokladem je vznik atomů v plynné fázi v různých rezervoárech atomů. Absorpce záření je úměrná koncentraci atomů prvku v plynné fázi a propuštěné záření se detekuje citlivým detektorem. Po interakci atomu s fotonem dané energie setrvá atom ve vzbuzeném stavu cca 10^{-8} s. Absorpce fotonu atomem je málo závislá na teplotě, například v nízkoteplotních plamenech je většina atomů v základním stavu. Pro AAS jsou používány rezonanční čáry s největší pravděpodobností přechodu. Neabsorbované záření prochází monochromátorem a dopadá na detektor [11, 27].

Obrázek 2: Ukázka atomových absorpčních spektrometrů foto: Andrej Migal'a

a) Elektrotermický AAS



b) Plamenový AAS



c) Analyzátor AMA 254



Pro tvorbu (generování) volných atomů se v AAS používají dva základní zdroje: **plamen**, který podle druhu paliva a oxidovadla dosahuje teploty 2000 – 3150 K nebo se používá **grafitová kyveta**. Pokud se jako zdroj použije plamen, využívá se pro stanovení některých prvků **hydridová technika**, protože tyto prvky tvoří těkavé hydridy reakcí s borhydridem NaBH_4 . Pro stanovení rtuti se využívá **jednouchélový atomový absorpční spektrofotometr** (AMA 254). Je určen pro přímé stanovení obsahu Hg v pevných a kapalných vzorcích bez potřeby chemické předúpravy vzorku (mineralizace apod.). Vzorek se termicky rozloží a páry kovové Hg se zachytávají a zakoncentrují na zlatém amalgátoru. Pak se termicky uvolní a absorpce uvolněné Hg se měří technikou AAS [11, 27]. Na obrázku 2 jsou ukázky jednotlivých typů atomových absorpčních spektrometrů.

➤ **Plamenová AAS (klasická varianta)**

Atomy prvků se převážně tvoří v plamenech plynných směsí v průběhu složitějších tepelných a chemických pochodů z monooxidu prvku nebo také karbidu, sulfidu, těkavých komplexů, aj. V klasické variantě je analyzovaný roztok zmlžován v mlžné komoře a vznikající aerosol unášen plynem (oxidovadlem) do předmíchaného plamene. Účinnost zmlžení není velká. Zpravidla 5 – 20 % roztoku se dostane do plamene. Potřebná absorpční dráha je realizována dlouhým štěrbinovým laminárním hořákem, který poskytuje laminární plamen. Zdrojem primárního záření je lampa s dutou katodou, která je zhotovena ze spektrálně čistého kovu nebo jeho slitiny a emituje specifické čárové spektrum.

Neznámou koncentraci prvku lze určit metodou kalibrační křivky nebo metodou standardních přídavek. Plamenovou AAS lze výhodně stanovit kovové prvky v prostředí zředěné HCl nebo HNO_3 (př. Mg, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, In, Tl, Cd, Au, Pb, Bi v plameni směsi acetylen – vzduch nebo Be, Ca, Sr, V, Si, Ge, Al, Mo, W v plameni směsi acetylen – oxid dusný). Metodika je obecně používána při analýze kovů a slitin, hornin, potravin a objektů životního prostředí.

➤ **Elektrotermická AAS (ET-AAS)**

Do speciálních grafitových kyvet ($\varnothing = 4 - 8 \text{ mm}$, $l = 20 - 50 \text{ mm}$) jsou dávkovány μl -objemy roztoku vzorku v indukční nebo odporové peci (atomizéry) a kyveta se zahřívá v atmosféře argonu v rychlém sledu až na 3 000 K. Pec je programována do tří oddělených oblastí teplot, odpovídajících sušení vzorku ($\leq 570 \text{ K}$), rozkladu vzorku ($\leq 1980 \text{ K}$)

a atomizaci ($< 3\,500\text{ K}$). Konečný atomizační puls má charakter absorpčního maxima, jehož plocha se vyhodnocuje v závislosti na koncentraci analytu. Elektrotermická AAS se úspěšně aplikuje ve stopové analýze a mikroanalýze minerálních i biologických vzorků a objektů životního prostředí s pozoruhodnou mezí stanovitelnosti (pg/ml), k čemuž přispívá i delší životnost atomů při ET-AAS v kyvetě než v plamenech.

➤ *Atomizace po konverzi prvku na těkavé hydridy (HG-AAS)*

Pro stanovení As, Sb, Se, Te, Ge, Hg, Bi, Sn, Pb je vhodná předchozí redukce vzorku na těkavé hydridy NaBH_4 , případně lze využít jiná redukovaná při aplikaci v kyselém prostředí. Hydrid je transportován proudem Ar (He, N_2) do studeného vodíkového plamene ($300 - 1\,000\text{ K}$) nebo horké grafitové kyvety nebo vyhřívané křemenné trubice, kde se rozloží za vzniku atomů stanovovaného prvku. Možné je předchozí zakoncentrování hydridu vymražením kapalným dusíkem a uvolněním při zvýšené teplotě.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CHARAKTERISTIKA LOKALIT

Monitorování bylo realizováno v rámci VVP, které se nacházejí na území ČR (Hradiště, Libavá, Brdy, Boletice, Březina) (obrázek 3). Vojenský výcvikový prostor je vymezená část území státu určená k zajišťování obrany státu a k výcviku ozbrojených sil. Na území VVP jsou vyčleněny výcvikové plochy s vybavením a zázemím pro zabezpečení polního výcviku AČR, Policie ČR a složek integrovaného záchranného systému. Od roku 1994 se VVP staly místem společného výcviku a cvičení české armády se svými spojenci, nejdříve v rámci programu Partnerství pro mír a později s vojenskými jednotkami států NATO. Od roku 2001 se ve VVP uskutečnila také národní cvičení ozbrojených sil Belgie, Francie, Maďarska, Nizozemska, Rakouska a Spojených států amerických.

Obrázek 3: Monitorované VVP na území České republiky



Zařízené výcvikové prostory mají důležitou funkci v rámci taktické a operační přípravy vojsk, proto zaujímají větší souvislá území téměř nepřístupná veřejnosti. Pro krajinu všech VVP je charakteristický rozsáhlý lesní porost a speciální výcvikové plochy (tankové, pěchotní a dělostřelecké střelnice, cvičiště řazení bojových vozidel, vodní cvičiště aj.) Lesy mají funkci jednak ochranou, aby při výcviku nedošlo k ohrožení veřejnosti, jednak slouží k výcviku vojsk v polních podmínkách a jako kryt k vojenským objek-

tům podléhajícím určitému stupni utajení. Hospodářské využití je plně v kompetenci státního podniku Vojenské lesy a statky ČR a přednosty újezdního úřadu. Státní podnik Vojenské lesy a statky ČR se stará o krajinu VVP a svou hospodářskou činností podstatně přispívá k udržování ekologické a biologické rovnováhy na území VVP v souladu s potřebami výcviku vojsk [24].

6.1 Vojenský výcvikový prostor Hradiště

Vojenský výcvikový prostor Hradiště je největším z českých vojenských výcvikových území a je také jedním z největších ve střední Evropě. Zaujímá plochu okolo 33 tisíc hektarů. Nachází se mezi městy Karlovy Vary a Bochov v Doupovských horách. Vojenským výcvikovým prostorem Hradiště protékají řeky a potoky (př. Ohře, Liboc, Lomnice, Hošánky) a nachází se zde spousta vodních ploch. Zdejší lesy jsou domovem stovky druhů zvířat a vzácných chráněných i ohrožených rostlin. I přes vliv těžké vojenské techniky je celý újezd z ekologického hlediska velice stabilním územím s minimálním poškozením přírody a krajiny, s tendencí neustálého zlepšování životního prostředí [24].

Využití vojenského výcvikového prostoru Hradiště

- polní výcvik jednotek a útvarů AČR, účelová vyvedení k plnění taktických cvičení s bojovou střelbou, společných a součinnostních cvičení
- výcvik protiletadlových jednotek krátkého dosahu AČR i NATO, včetně střelb
- výcvik jednotek pasivních sledovacích systémů a elektronického boje
- výcvik jednotek připravujících se do mírových misí, aktivních záloh, záchranných praporů
- plnění úkolů bojového stmelení rozvinovaných a vytvářených útvarů
- výcvik složek integrovaného záchranného systému, speciálních jednotek Policie ČR
- komerční využití jednotkami zahraničních ozbrojených sil

6.2 Vojenský výcvikový prostor Libavá

Vojenský výcvikový prostor Libavá se nachází v Olomouckém kraji, 25 km severovýchodně od Olomouce. Jeho východní část se nazývá Oderské vrchy a svojí rozlohou je druhým největším VVP v ČR. Celková rozloha je 32 tisíc hektarů. Vojenským výcvikovým

prostorem protékají různé řeky a potoky (př. Libavský potok, Velička, Heřmanský potok a Jezernice). Vojenským prostorem (újezdem) prochází od severozápadu k východu rozvodnice povodí Odry a Dunaje. Převážná část újezdu leží v povodí Odry, která zde také pramení. V újezdu je mnoho vodních ploch (př. Barnov na řece Odře, Čermná na Plazském potoce). Významné jsou také rybníky Heřmánky, Smilovské rybníky, Ranošov a další, které jsou ve správě Vojenských lesů a statků ČR. Vojenský výcvikový prostor Libavá je krajina s cennými biotopy, výskytem zvláště chráněných druhů rostlin i živočichů. Celý prostor je z ekologického hlediska velice stabilní území s minimálním poškozením přírody a krajiny s tendencí neustálého zlepšování životního prostředí. Na území VVP Libavá se nachází přírodní rezervace Smolenská luka [24].

Využití vojenského výcvikového prostoru Libavá

- vševojskové cvičiště s leteckou, tankovou, dělostřeleckou, ženijní a pěší střelnicí
- výcvik složek integrovaného záchranného systému, záchranných praporů, jednotek připravujících se do mírových misí
- cvičiště pro řízení bojových vozidel, vodní cvičiště
- balistická střelnice pro výcvik s ostrou municí
- cvičiště pro praktické zkoušky nově vyvíjených zbraní, munice, odborné expertízy jak pro vojenské tak pro civilní subjekty, prováděcí pyrotechnický výcvik specialistů AČR, Policie ČR a vězeňské služby

6.3 Vojenský výcvikový prostor Brdy

Vojenský výcvikový prostor Brdy se nachází ve Středočeském kraji (Brdská vrchovina). Celková rozloha vojenského prostoru je 26 tisíc hektarů. Vojenský výcvikový prostor Brdy je tvořen z devadesáti procent lesy a jen pouhých deset procent je využíváno armádou. Uvedenou lokalitou protékají řeky a potoky (př. Klabava, Tisí potok, Jalový, Mourový, Červený, Ohrazenický potok) a nachází se zde několik vodních ploch (př. Horní a Dolní Padtržský rybník, vodní nádrže Obecnice, Pilská, Láz). Porost je zde složen z jehličnatých lesů – převážně smrků, křovin, mokřadů a rašelišť. Vojenský výcvikový prostor Brdy je krajina s cennými biotopy, výskytem zvláště chráněných druhů rostlin i živočichů. Celá lokalita, potažmo Brdská vrchovina, je z ekologického hlediska jednou z chráněných oblastí přirozené akumulace vod [24].

Využití vojenského výcvikového prostoru Brdy

- dělostřelecká střelnice – pro všechny ráže dělostřeleckých zbraní v AČR
- letecká zkušební střelnice sloužící k bombardování cvičnými a ostrými pumami
- k pozemním střelbám palubními zbraněmi, ke střelbě řízenými, a naváděnými raketami
- protitanková, tanková a pěchotní střelnice
- trhací jáma pro závadnou munici, sloužící i Policii ČR
- výcvik jednotek připravujících se do mírových misí

6.4 Vojenský výcvikový prostor Boletice

Vojenský výcvikový prostor Boletice se nachází v Jihočeském kraji na západě okresu Český Krumlov. Celková rozloha vojenského prostoru je 21 tisíc hektarů. Vojenským výcvikovým prostorem Boletice protékají řeky a potoky (př. Blanice, Olšina, Planský, Černý, Lesní, Pucheřský, Kremžský, Loutecký potok) a nachází se zde několik vodních ploch (př. vodní nádrž Olšina, Horní polemický, Dolanský a Velký podvorský rybník). Porost je zde složen převážně z jehličnatých lesů, křovin, rašelinišť a travinných luk. Vojenský výcvikový prostor Boletice je krajina s cennými biotopy a výskytem zvláště chráněných druhů rostlin i živočichů. Téměř padesát procent území VVP prostoru Boletice je vyčleněno jako chráněná krajinná oblast Šumava, která nezasahuje do hlavních výcvikových zařízení. Patří k nejcennějším územím v ČR. Voda ve zdejších potocích újezdu je mimořádně čistá, protože zde chybějí jakékoli zdroje znečištění [24].

Využití vojenského výcvikového prostoru Boletice

- střelnice bojových vozidel, dělostřelecká, protitanková, pěchotní střelnice
- cvičiště boj o osadu a výcvik v činnosti na kontrolním propouštěcím místě
- cvičiště řízení bojových vozidel, vodní cvičiště
- cvičiště taktických směrů s úseky pro nácvik boje v obraně a v útoku ozbrojených složek ČR a složek Integrovaného záchranného systému ČR
- k výcviku jednotlivce, družstev, čet, rot, praporů a dalších jednotek a útvarů AČR
- k přípravě kontingentů AČR, vysílaných do zahraničních operací koaličních sil a kontingentů sil OSN

- k výcviku sil a prostředků elektronického boje, jednotek radiační, chemické a biologické ochrany

6.5 Vojenský výcvikový prostor Březina

Vojenský výcvikový prostor Březina se nachází v Jihomoravském kraji na severu okresu Vyškov. Je nejmenším vojenským výcvikovým prostorem AČR. Celková rozloha vojenského prostoru je 15 tisíc hektarů. Vojenským výcvikovým prostorem Březina protékají řeky a potoky (př. Hloučela, Osina, Brodečka, Repešský, Žbánovský, Hraniční, Ferdinanský, Drysický potok) a nachází se zde některé vodní nádrže a rybníky (př. Myslejovická nádrž, rybník Želivka, Orálek). Porost je zde složen převážně z listnatých a jehličnatých stromů, křovin, mokřadů, nivních a květnatých luk. Ve vojenském výcvikovém prostoru Březina díky tamějším ekologickým podmínkám žije mnoho druhů živočichů [24].

Využití vojenského výcvikového prostoru Březina

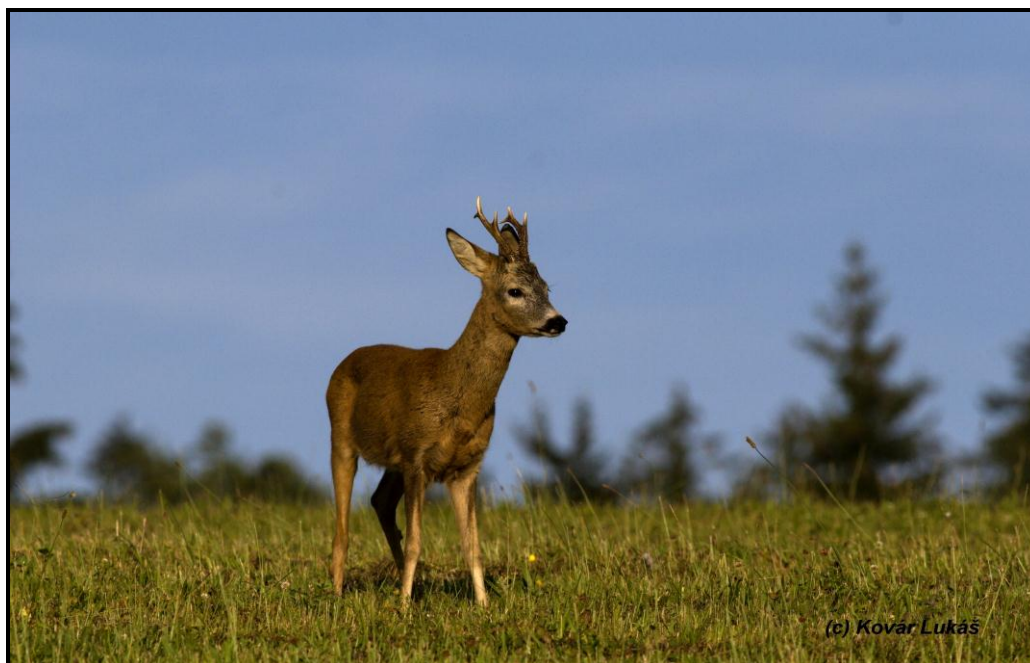
- cvičiště se zařízením pro výcvik žáků a posluchačů vojenských škol
- nácvik vedení boje ve městech, zastavěných oblastech a obytných budovách, speciální tělesné přípravy, překážkové dráhy, lezecká příprava
- nácviky slánění z budov, vrtulníků a ostatních dovedností souvisejících s tělesnou připraveností
- rozvíjení nových druhů střeleckých dovedností s ručními zbraněmi v neobvyklých prostředích a situacích
- chemický polygon pro výcvik specialistů chemiků a činností souvisejících s ochranou osob
- výcvik jednotek vyslaných do zahraničních mírových misí
- nácvik speciálních taktických dovedností – patroly, přepady, doprovody

7 INDIKÁTOROVÉ DRUHY LOVNÉ ZVĚŘE

7.1 Srnec obecný (*Capreolus capreolus*)

Srnec obecný (obrázek 4) je nejmenší evropský zástupce jelenovitých, žijící v lesích. Vyskytuje se téměř v celé Evropě. Vyznačuje se mírně klenutým hřbetem, nízko nasazeným krkem a zakrnělým ocasem, zcela ukrytým v srsti. Paroží má krátké a jednoduché. Dorůstá délky 65 – 75 cm a dosahuje hmotnosti mezi 15 – 30 kg. V létě má zbarvení převážně rezavě červeného odstínu, zimní srst bývá nažloutle šedá až šedohnědá s tmavším hřbetem a šíjí. Každý rok, v měsících říjen až listopad, samci shazují své paroží, které jim novým rokem narůstá. Za soumraku, kdy je nejaktivnější, často navštěvuje zemědělskou krajinu a proniká až na okraj měst.

Obrázek 4: Srnec obecný (*Capreolus capreolus*) foto: Lukáš Kovár



Živí se různými bylinami a plody. V oblibě má mladé výhonky trav. Většinu roku se zdržuje samostatně, výjimkou je pouze období rozmnožování. Samci jsou polygamní a začátkem listopadu začínají bojovat o přízeň samic. V tomto období jsou velmi agresivní a napadají všechny konkurenty, často svým parožím poškozují i vegetaci v okolí. Srny po desetiměsíční březosti rodí obvykle dvě mláďata (kolouchy). Srnec obecný se ve volné přírodě dožívá maximálně 10 let [1].

7.2 Prase divoké (*Sus scrofa*)

Prase divoké (obrázek 5) je sudokopytník z čeledi prasatovitých a je předkem prasete domácího. Má robustní tělo se širokým krkem a mohutným hrudníkem na nízkých nohách. Protáhlá hlava přechází v pohyblivý rypák. Ocas je krátký, tenký, řídce osrstěný a zakončený štětičkou delších černých chlupů. Zimní zbarvení bývá tmavé až černé, v létě hnědožluté či šedohnědé, někdy až rezavé. Dospělí samci dorůstají 120 – 180 cm a v kohoutku měří až 90 cm. Jejich hmotnost je značně různorodá a v jednotlivých oblastech se viditelně liší, v průměru však činí 50 – 90 kg. Dalším nápadným znakem prasete divokého jsou jeho kly, které slouží hlavně jako účinná zbraň při soubojích.

Obrázek 5: Prase divoké (*Sus scrofa*) foto: Lukáš Kovár

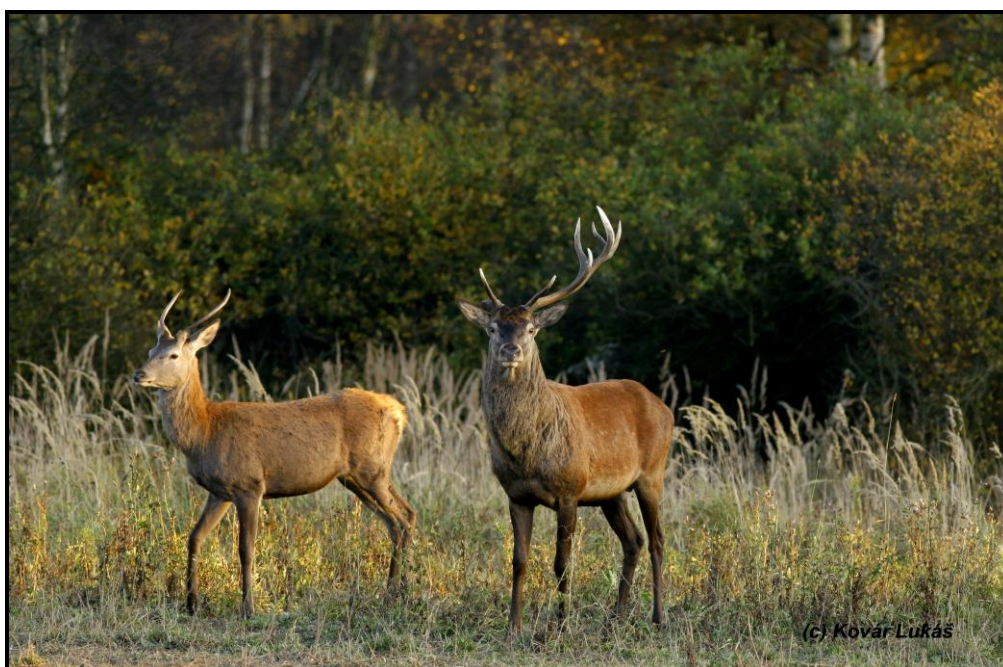


Prase divoké má skvěle vyvinutý čich a sluch, jeho nejhůře vyvinutým smyslem je zrak. Vyskytuje se téměř v celé Evropě, ke svému životu preferuje zejména staré listnaté lesy s bohatým porostem. Prase divoké je aktivní zejména v noci, den tráví odpočinkem. Žije obvykle ve skupinách, které průměrně čítají 20 a vzácně až 50 jedinců. Výjimku tvoří pouze staří samci, kteří žijí samotářsky. Prase divoké je typický všežravec. Samice prasat divokých pohlavně dospívají v 8. až 10. měsíci života, samci přibližně ve věku 2 let. Doba páření probíhá většinou v rozmezí listopadu až ledna. Počet mláďat ve vrhu je kolem 8 – 12 [1].

7.3 Jelen lesní (*Cervus elaphus*)

Jelen lesní (obrázek 6), uváděný také pod názvem jelen evropský, je velký sudokopytník, který se řadí do čeledi jelenovitých. Vyznačuje se těžkopádnou postavou se širokou, dopředu se zužující hlavou. Nejtypičtějším znakem pro samce jsou parohy, které každý rok na konci zimy shazuje. Mohutné, silně větvené parohy samců zakončuje u starších jedinců korunka, obě lodyhy mohou dohromady vážit 8 – 13 kg. Jelen lesní patří mezi největší zástupce své čeledi. Samci dorůstají 175 – 230 cm a jejich hmotnost se pohybuje mezi 160 – 240 kg. Samice jsou oproti samcům značně menší.

Obrázek 6: Jelen lesní (*Cervus elaphus*) foto: Lukáš Kovár



Jelen lesní se vyskytuje téměř v celé Evropě. Je typický obyvatel starých lesů s občasnými palouky a pásy křovin. Samci se mimo říji zdržují převážně samostatně. Samice naopak ve skupinách, které mohou čítat až 50 jedinců. Samci jsou během říje charakterističtí svým hlasitým troubením, které můžeme zaslechnout při svítání nebo naopak při soumraku, kdy jsou jeleni nejaktivnější. Jelen lesní je typický býložravec. Ve stravě převažují zelené byliny, ale často okusuje kůru stromů nebo požírá lesní plody, bukvice, kaštiny, žaludy a pupeny. Samice pohlavně dospívají druhým rokem života a březost trvá 240 – 262 dnů. Rodí jedno vzácně dvě mláďata o váze v průměru 15 kg. Ve volné přírodě se jelen lesní dožívá průměrně 10 – 13 let, v zajetí se může dožít i více jak 20 let.

8 ODBĚR VZORKŮ LOVNÉ ZVĚŘE

Odběr vzorků (obrázek 7) se prováděl ve sběrných místech zvěřiny příslušné lesní správy ČR monitorovaného VVP. Odběr vzorků byl proveden odběrovým pracovníkem nejčastěji vojenským veterinárním lékařem. Počet odebraných vzorků byl předem stanoven odběrovým plánem na danou lokalitu a časové období.

Obrázek 7: Odběr vzorků foto: Andrej Migal'a



Při vlastním odběru musel odběrový pracovník zabezpečit identifikaci (číslo plomby) vybraných kusů. Dále si zajistil prostor pro vlastní odběr vzorku, ukládání vzorku a mytí nástrojů. Současně s odběrem vzorku vyplnil příslušné odběrové protokoly (žádanky). V žádance uvedl druh, pohlaví, věk (pokud to bylo možné), datum a lokalitu. Odběr vzorků potravin se řídí vyhláškou č. 211/2004 Sb. a platnými ČSN normami. Pro stopovou analýzu dle ČSN EN 13804 se odebírala jedlá část svaloviny o váze alespoň 300 g. Při odběru bylo důležité, aby nedošlo ke kontaminaci vzorků. Vzorky musely být zabaleny ve dvou uzavíratelných mikrotenových sáčkích a ihned konzervovány nejlépe zmrazením. Po odběru byl vzorek neprodleně transportován do laboratoře v přenosných mrazicích boxech, při teplotě minimálně $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Doba transportu nesměla přesáhnout 24 hodin. Mimo vzorek svaloviny se v mrazicích boxech nepřeváželo nic jiného, aby nedošlo ke kontaminaci vzorku a do odběrového protokolu se zaznačilo, které vzorky byly převáženy v jednom boxu. V laboratoři pracovník laboratoře vzorky přijal, zaevidoval a uložil je do mrazicích boxů při minimální teplotě $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

9 POUŽITÉ PŘÍSTROJE A CHEMIKÁLIE

Přístroje:

- analytické váhy METTLER AT 200 (Mettler – Toledo s.r.o. Praha)
- pec pro mikrovlnný rozklad MARS 5 (Amedis, spol. s r.o. Praha)
- plamenný AAS VARIAN AA 240FS (Amedis, spol. s r.o. Praha)
- grafitová kyveta VARIAN GTA 120 (63-100012-EL) (Amedis, spol. s r.o. Praha)
- hydridový systém pro VARIAN AA 240FS (Amedis, spol. s r.o. Praha)
- teflonové nádoby s adaptérem, pojistné membrány pro mikrovlnný rozklad (Amedis, spol. spol. s r.o. Praha)
- přístroj pro stanovení rtuti AMA 254 (Altech, Praha)
- mikropipeta, niklová lodička, homogenizátor (mixér)
- acetylen rozpuštěný, argon 99,9 %, kyslík Conoxia (Messer Technogas s.r.o.), dusík 4.0 (Linde Gas a.s.)

Chemikálie a roztoky:

- deionizovaná voda
- HNO₃, HCl, KCl, KI, K₂Cr₂O₇ (vše p.a.) (Lach-ner s r.o., Neratovice)
- NaBH₄, NaH₂PO₄, roztok Pd (Riedel-de Haën GmbH)
- standard As (H₃AsO₄ v HNO₃ 0,5 mol/l; standardní roztok na SRM NIST, o koncentraci 1000 mg/l) (Merck spol. s r.o., Praha),
- standard Cd (Cd(NO₃)₂ v HNO₃ 0,5 mol/l; standardní roztok na SRM NIST, o koncentraci 1000 mg/l) (Merck spol. s r.o., Praha),
- standard Pb (Pb(NO₃)₂ v HNO₃ 0,5 mol/l; standardní roztok na SRM NIST, o koncentraci 1000 mg/l) (Merck spol. s r.o., Praha),
- standard Zn (Zn(NO₃)₂ v HNO₃ 0,5 mol/l; standardní roztok na SRM NIST, o koncentraci 1000 mg/l) (Merck spol. s r.o., Praha),
- standard Cu (Cu(NO₃)₂ v HNO₃ 0,5 mol/l; standardní roztok na SRM NIST, o koncentraci 1000 mg/l) (Merck spol. s r.o., Praha)
- standardní kalibrační roztok rtuti o $c = 1,000 \pm 0,002$ g/l (matrice 2% HNO₃) (Analytika spol. s r.o., Praha)

9.1 Příprava roztoků

- modifikátor 1 – paladiový: 1 ml Pd modifikátoru + 4 ml vody
- modifikátor 2 – fosforečnanový: 0,5 g dihydrogenfosforečnanu do 100 ml vody
- 10M HCl: 425 ml HCl do odměrné baňky na 500 ml a doplnit vodou po rysku
- 5% HNO₃: 53,5 ml 65% HNO₃ se zředí vodou a doplní na objem 1000 ml v odměrné baňce
- 1,5% HNO₃: 15 ml 65% HNO₃ se zředí vodou a doplní na objem 1000 ml v odměrné baňce
- 0,6% NaBH₄ + 0,5% NaOH: 1,5 g NaBH₄ + 1,25 g NaOH do odměrné baňky na 250 ml a doplnit vodou po rysku
- roztok Zn: 2,5 ml standardu do 250 ml odměrné baňky a doplní se vodou (10 mg/l)
- roztok As: 2,5 ml standardu do 250 ml odměrné baňky a doplní se vodou (10 mg/l), z něj se odpipetuje 5 ml a doplní vodou na objem 250 ml v odměrné baňce
- roztok Cd: 1 ml standardu se zředí 5% HNO₃ na objem 1000 ml v odměrné baňce (0,001 mg/l), z něj se odpipetuje 1 ml a zředí 1,5% HNO₃ na objem 1000 ml
- roztok Pb: 5 ml standardu se zředí 5% HNO₃ na objem 1000 ml v odměrné baňce (0,05 mg/l), z něj se odpipetuje 1 ml a zředí 1,5% HNO₃ na objem 1000 ml
- roztok Cu: 10 ml standard do 1000 ml odměrné baňky a doplní se vodou (10 mg/l)
- 1% K₂Cr₂O₇: naváží se 1 g K₂Cr₂O₇ převede se do odměrné baňky 100 ml a doplní se vodou po rysku

10 STANOVENÍ OBSAHU KADMIA, OLOVA, ARZENU, MĚDI A ZINKU

10.1 Příprava vzorku

Vzorek svaloviny byl před vlastní analýzou zhomogenizován a následně byl navážen (cca 0,4 g s přesností na 0,0001 g) do teflonových nádobek (obrázek 8) určených k mikrovlnnému rozkladu. Ke vzorku bylo přidáno 10 ml 65% HNO₃. Vlastní mikrovlnný rozklad probíhal ve dvou krocích. První krok byl v délce 13 minut při teplotě 170 °C a druhý krok byl v délce 7 minut při teplotě 190 °C. Po ukončení mikrovlnného rozkladu byl vzorek po dobu 20 minut ponechán, aby vychladnul. Z teflonových nádobek byly rozložené vzorky převedeny do odměrných baněk a doplněny na objem 50 ml. Poté se převedly do plastových lahví o objemu 100 ml a byly připraveny pro vlastní analýzu (interní metodika č. 8 AAS).

Obrázek 8: Mikrovlnný rozklad vzorků svaloviny foto: Andrej Migal'a



10.2 Příprava standardů

- *standard pro stanovení kadmia*: ze zásobního roztoku (0,001 mg/l) byla připravena kalibrační řada roztoku o koncentraci 0,5 µg/l; 1,0 µg/l; 1,5 µg/l
- *standard pro stanovení olova*: ze zásobního roztoku (0,05 mg/l) byla připravena kalibrační řada roztoků o koncentraci 16,67 µg/l; 30 µg/l; 50 µg/l
- *standard pro stanovení arzenu*: ze zásobního roztoku (10 mg/l) byla připravena kalibrační řada roztoku o koncentraci 5 µg/l; 10 µg/l; 15 µg/l; 20 µg/l
- *standard pro stanovení mědi*: ze zásobního roztoku (10 mg/l) byla připravena kalibrační řada roztoků o koncentraci 0,05 mg/l; 0,5 mg/l; 1 mg/l
- *standard pro stanovení zinku*: ze zásobního roztoku (10 mg/l) byla připravena kalibrační řada roztoků o koncentraci 0,5 mg/l; 1 mg/l; 2 mg/l

10.3 Podmínky stanovení obsahu Cd, Pb, As, Cu a Zn pomocí AAS

V tabulce 2 jsou uvedeny podmínky stanovení obsahu kadmia, olova, arzenu, mědi a zinku pomocí AAS (interní metodika č. 8 – AAS).

Tabulka 2: Podmínky stanovení obsahu kadmia, olova, arzenu, mědi a zinku

Analyt	Technika AAS	Vlnová délka (nm)
Kadmium	grafitová kyveta	228,8
Olovo	grafitová kyveta	283,3
Arzen	hydrid	193,7
Měď	plamen	324,8
Zinek	plamen	213,9

11 STANOVENÍ OBSAHU RTUTI

11.1 Příprava vzorku a podmínky analýzy

Vzorek svaloviny byl před vlastní analýzou homogenizován. Poté byl vzorek navážen do předem vyžíhané niklové lodičky. Navážka vzorku byla od 50 do 90 mg s přesností na 0,0001 g. Vzorek v niklové lodičce byl vložen do analyzátoru AMA 254 a zanalyzován (obrázek 9) interní metodika č. 12 – AMA.

11.2 Příprava standardu

- *standard pro stanovení rtuti:* ze zásobního roztoku (1 g/l) byla připravena kalibrační řada roztoků o koncentraci 0,5 mg/l a 5 mg/l, ředění bylo prováděno do směsi 1% $K_2Cr_2O_7$, HNO_3 a destilované vody

Obrázek 9: Stanovení obsahu rtuti (niklová lodička, váhy Kern, AMA 254) foto: Andrej Migal'a



12 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

12.1 Validační parametry použitých metodik

Analýzy byly provedeny v Ústředním vojenském veterinárním ústavu Hlučín v laboratořích oddělení veterinární diagnostiky na pracovišti chemie potravin. Jedná se o akreditovanou zkušební laboratoř číslo 1183 akreditovanou Českým institutem pro akreditaci. Všechny metody jsou validovány a laboratoř se pravidelně zúčastňuje kruhových testů.

Stanovení obsahu vybraných anorganických polutantů (Cd, Pb, As, Hg, Zn, Cu) bylo provedeno podle postupu uvedeném v Interní metodice č. 8 pro AAS a Interní metodice č. 12 pro AMA. Všechny vzorky byly analyzovány v duplikátu. V tabulce 3 jsou uvedeny základní validační parametry používaných metodik – mez detekce a mez stanovitelnosti pro jednotlivé analyty. Mez detekce představuje nejnižší koncentraci analytu, která může být za podmínek zkoušky detekována, ale ne nutně kvantifikována. Mez stanovitelnosti představuje nejnižší koncentrace analytu, která může být stanovena s přijatelnou přesností (opakovatelností) a správností za uvedených podmínek.

Tabulka 3: Meze detekce a meze stanovitelnosti jednotlivých analytů

Analyt	Mez detekce (mg/kg)	Mez stanovitelnosti (mg/kg)
Kadmium	0,0029	0,0090
Olovo	0,0510	0,1500
Rtuť	0,0001	0,0003
Arzen	0,0002	0,0006
Měď	0,0042	0,0140
Zinek	0,0034	0,0110

12.2 Celkový počet odebraných vzorků a provedených analýz

Pro dosažení cíle diplomové práce bylo v letech 2003 až 2011 ve sledovaných lokalitách dohromady odebráno a vyšetřeno 159 vzorků svaloviny volně žijící lovné zvěře. Jednalo se o 92 kusů vzorků jelena lesního (*Cervus elaphus*), 35 kusů vzorků srnce obecného (*Capreolus capreolus*) a 32 kusů vzorků prasete divokého (*Sus scrofa*). Celkem bylo zkušební laboratoř číslo 1183 provedeno 749 analýz z odebraných vzorků.

12.3 VVP Libavá (rok 2003 a 2009)

V lokalitě VVP Libavá byly odebírány vzorky svaloviny v letech 2003 a 2009. V roce 2003 bylo získáno 20 ks vzorků jelena lesního a 4 ks vzorků prasete divokého. Výsledky obsahu kovů (Cd, Pb, As, Cu, Zn) z roku 2003 jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4: Obsah kovů ve VVP Libavá v roce 2003

Vzorek	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	As (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Jelen lesní	0,0530	<0,1500	0,0030	1,9200	52,2500
Jelen lesní	0,0430	0,2500	0,0040	1,2500	32,7500
Jelen lesní	0,0400	0,2000	0,0030	1,7100	71,7500
Jelen lesní	0,0380	0,1600	0,0040	1,6900	65,0000
Jelen lesní	0,0360	0,2800	0,0030	2,2800	32,5000
Jelen lesní	0,0280	0,2300	0,0030	1,8100	24,2500
Jelen lesní	0,0340	<0,1500	0,0050	2,4500	33,2500
Jelen lesní	0,0310	0,1700	0,0080	2,7500	44,7500
Jelen lesní	0,0360	0,3000	0,0130	0,4969	61,2070
Jelen lesní	0,0380	0,1800	0,0070	0,4970	59,9460
Jelen lesní	0,0370	0,2300	0,0130	1,3066	71,2980
Jelen lesní	0,0550	0,1700	0,0120	1,1250	70,8040
Jelen lesní	0,0450	<0,1500	0,0240	2,8000	36,9170
Jelen lesní	0,0370	0,1600	0,0030	1,2000	58,3640
Jelen lesní	0,0440	<0,1500	0,0040	1,4060	71,4060
Jelen lesní	0,0220	<0,1500	0,0030	1,3330	47,1500
Jelen lesní	0,0330	<0,1500	0,0070	2,1360	69,7500
Jelen lesní	0,0460	0,4100	0,0040	1,6750	62,0000
Jelen lesní	0,0590	0,2600	0,0030	1,2500	68,5000
Jelen lesní	0,0310	0,2500	0,0100	1,2750	52,7500
Prase divoké	0,0380	0,3200	0,0070	2,2010	36,2460
Prase divoké	0,0330	0,2300	0,0030	2,4000	49,5000
Prase divoké	0,0590	0,1800	0,0060	2,3000	24,7000
Prase divoké	0,0370	0,2500	0,0070	2,1250	59,5000
Průměr	0,0397	0,2120	0,0065	1,7044	53,5434
SD	0,0094	0,0653	0,0049	0,6313	15,8347
min	0,0220	<0,1500	0,0030	0,4969	24,2500
max	0,0590	0,4100	0,0240	2,8000	71,7500

V roce 2009 bylo získáno 13 ks vzorků jelena lesního, 9 kusů vzorků srnce obecného a 5 kusů vzorků prasete divokého. Výsledky kovů (Cd, Pb, Hg, As, Zn) jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5: Obsah kovů ve VVP Libavá v roce 2009

Vzorek	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)	As (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Jelen lesní	<0,0090	0,1880	0,0010	0,0580	46,8900
Jelen lesní	0,0723	0,3070	0,0003	0,1490	50,9400
Jelen lesní	0,0670	<0,1500	0,0003	0,0240	37,4100
Jelen lesní	<0,0090	<0,1500	<0,0003	0,1710	44,4900
Jelen lesní	<0,0090	<0,1500	0,0003	0,1890	39,2200
Jelen lesní	<0,0090	0,1840	<0,0003	0,1440	52,6900
Jelen lesní	0,0875	<0,1500	0,0005	0,1770	38,0900
Jelen lesní	0,0986	<0,1500	0,0010	0,0180	48,4800
Jelen lesní	0,0246	<0,1500	0,0075	0,0920	29,7800
Jelen lesní	0,0492	<0,1500	0,0009	0,0950	53,6700
Jelen lesní	0,0612	<0,1500	0,0003	0,0720	39,1600
Jelen lesní	0,0474	<0,1500	0,0090	0,1530	19,8200
Jelen lesní	0,0875	<0,1500	0,0098	0,0875	19,4500
Srnc obecný	0,1870	1,3550	0,0021	0,1140	42,1500
Srnc obecný	0,0785	<0,1500	0,0048	0,0660	46,2300
Srnc obecný	<0,0090	<0,1500	0,0062	0,1681	43,1200
Srnc obecný	<0,0090	<0,1500	0,0005	0,1140	35,3000
Srnc obecný	<0,0090	<0,1500	<0,0003	0,0820	54,7300
Srnc obecný	<0,0090	0,1910	0,0004	0,0690	45,3100
Srnc obecný	0,0663	<0,1500	0,0005	0,0940	40,2100
Srnc obecný	0,0772	<0,1500	0,0004	0,0430	40,9100
Srnc obecný	<0,0090	<0,1500	0,0048	0,2950	14,2800
Prase divoké	<0,0090	0,1660	0,0033	0,1020	37,1100
Prase divoké	0,0426	<0,1500	0,0032	0,0760	39,8800
Prase divoké	<0,0090	0,1600	0,0076	0,1050	42,5800
Prase divoké	0,0693	<0,1500	0,0003	0,0800	39,0600
Prase divoké	<0,0090	<0,1500	0,0012	0,0710	43,6200
Průměr	0,0419	0,1308	0,0025	0,1083	40,1700
SD	0,0367	0,4396	0,0031	0,0589	9,9302
min	<0,0090	<0,1500	<0,0003	0,0180	14,2800
max	0,1870	1,3550	0,0098	0,2950	54,7300

12.4 VVP Brdy (rok 2004 a 2008)

V lokalitě VVP Brdy byly odebírány vzorky svaloviny v letech 2004 a 2008. V roce 2004 bylo získáno 7 ks vzorků srnce obecného, 1 ks vzorku jelena lesního a 4 ks vzorků prasete divokého. Výsledky obsahu kovů (Cd, Pb, As, Cu, Zn) z roku 2004 jsou uvedeny v tabulce 6.

Tabulka 6: Obsah kovů ve VVP Brdy v roce 2004

Vzorek	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	As (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Jelen lesní	0,0250	0,2500	0,0060	0,6300	56,7000
Srnc obecný	0,0640	0,2700	0,0360	4,9300	23,4000
Srnc obecný	0,0330	0,4900	0,0020	1,0500	89,6000
Srnc obecný	0,0490	<0,1500	0,0510	1,9800	51,5500
Srnc obecný	0,0400	0,2000	0,0020	1,2480	59,6000
Srnc obecný	0,0550	0,2600	0,0220	1,4700	50,2000
Srnc obecný	0,0440	2,8200	0,0240	1,5430	95,6000
Srnc obecný	0,0450	0,2600	0,0110	0,9410	26,0500
Prase divoké	0,0580	0,2000	0,0040	1,4600	42,0000
Prase divoké	0,0550	<0,1500	0,0360	2,4300	50,4500
Prase divoké	0,0450	0,2700	0,0110	1,1760	79,2000
Prase divoké	0,0280	0,3400	0,0030	2,0300	25,0000
Průměr	0,0451	0,4717	0,0173	1,7407	54,1125
SD	0,0121	0,8068	0,0164	1,1237	24,1342
min	0,0250	<0,1500	0,0020	0,6300	23,4000
max	0,0640	2,8200	0,0510	4,9300	95,6000

V roce 2008 bylo získáno 11 ks vzorků jelena lesního, 3 ks vzorků srnce obecného a 4 ks vzorků prasete divokého. Výsledky obsahu kovů (Cd, Pb, Hg, Zn) z roku 2008 jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7: Obsah kovů ve VVP Brdy v roce 2008

Vzorek	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Jelen lesní	0,0190	<0,1500	0,0006	34,9500
Jelen lesní	<0,0090	<0,1500	0,0005	43,5900
Jelen lesní	<0,0090	<0,1500	0,0005	35,3500
Jelen lesní	<0,0090	0,1890	0,0004	44,6000
Jelen lesní	<0,0090	0,2270	0,0026	47,1200
Jelen lesní	0,0220	<0,1500	0,0006	32,9800
Jelen lesní	0,0080	0,1700	0,0010	45,5400
Jelen lesní	<0,0090	<0,1500	0,0009	60,2500
Jelen lesní	<0,0090	<0,1500	0,0009	64,1700
Jelen lesní	0,0240	0,6220	0,0035	36,1200
Jelen lesní	0,0100	<0,1500	0,0009	39,8100
Srnc obecný	<0,0090	<0,1500	0,0032	16,1100
Srnc obecný	<0,0090	<0,1500	0,0008	49,8000
Srnc obecný	0,0290	<0,1500	0,0029	40,1100
Prase divoké	0,0100	<0,1500	0,0064	49,2500
Prase divoké	0,0160	0,3780	0,0127	30,9100
Prase divoké	0,0210	<0,1500	0,0075	37,2500
Prase divoké	0,0130	<0,1500	0,0033	35,7900
Průměr	0,0116	0,1406	0,0027	41,3876
SD	0,0069	0,1890	0,0032	10,9819
min	<0,0090	<0,1500	0,0004	16,1100
max	0,0290	0,6220	0,0127	64,1700

12.5 VVP Boletice (rok 2005 a 2010)

V lokalitě VVP Boletice byly odebírány vzorky svaloviny v letech 2005 a 2010. V roce 2005 bylo získáno 8 ks vzorků jelena lesního, 5 ks vzorků srnce obecného a 3 ks vzorků prasete divokého. Výsledky obsahu kovů (Cd, Pb, As, Cu, Zn) z roku 2005 jsou uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 8: Obsah kovů ve VVP Boletice v roce 2005

Vzorek	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	As (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Jelen lesní	0,0520	0,3700	0,0050	1,2010	59,9000
Jelen lesní	0,0140	0,2400	0,0050	1,0250	73,8000
Jelen lesní	0,0120	<0,1500	0,0160	1,4800	48,1000
Jelen lesní	0,0100	0,1500	0,0050	1,5980	51,7000
Jelen lesní	0,0120	0,1600	0,0050	1,3710	33,2000
Jelen lesní	0,0440	0,2400	0,0060	1,3800	53,9000
Jelen lesní	0,0500	0,3400	0,0060	0,1580	47,5000
Jelen lesní	0,0490	0,2900	0,0050	0,1510	61,4000
Srnc obecní	0,0800	0,6200	0,0180	1,3180	43,2000
Srnc obecný	0,029	<0,1500	0,0060	1,2340	52,0000
Srnc obecný	<0,0090	0,3100	0,0060	1,5200	43,1000
Srnc obecný	<0,0090	0,2200	0,0170	1,1290	73,9000
Srnc obecný	0,0360	0,2300	0,0110	1,2800	58,0000
Prase divoké	0,0420	0,2600	0,0150	2,0800	46,5000
Prase divoké	0,0470	0,2700	0,0060	1,5700	53,6000
Prase divoké	0,0320	<0,1500	0,0320	1,8600	33,0000
Průměr	0,0329	0,2594	0,0103	1,2722	52,0500
SD	0,0199	0,1187	0,0076	0,5104	17,0192
min	<0,0090	<0,1500	0,0050	0,1510	33,0000
max	0,0800	0,6200	0,0320	2,0800	73,9000

V roce 2010 bylo získáno 15 ks vzorků jelena lesního, 3 ks vzorků srnce obecného a 6 ks vzorků prasete divokého. Výsledky obsahu kovů (Cd, Pb, As, Cu, Zn) z roku 2010 jsou uvedeny v tabulce 9.

Tabulka 9: Obsah kovů ve VVP Boletice v roce 2010

Vzorek	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)	As (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Jelen lesní	0,0034	0,0405	0,0007	<0,0480	17,8570
Jelen lesní	0,0032	0,0552	0,0014	0,1647	11,9850
Jelen lesní	0,0101	0,0441	0,0003	0,3535	21,0410
Jelen lesní	0,0100	<0,0094	0,0007	0,7729	26,0710
Jelen lesní	0,0038	0,1206	0,0007	0,1071	40,5507
Jelen lesní	0,0032	0,3594	0,0003	0,0564	18,6921
Jelen lesní	<0,0018	0,0534	0,0002	0,2458	23,5552
Jelen lesní	<0,0018	0,0771	0,0005	0,1914	55,7492
Jelen lesní	0,0040	0,0304	0,0002	<0,0480	71,5618
Jelen lesní	<0,0018	0,0096	0,0004	<0,0480	53,8383
Jelen lesní	0,0206	0,0148	0,0002	<0,0480	52,0598
Jelen lesní	0,0077	0,0190	0,0033	<0,0480	21,3885
Jelen lesní	0,0086	<0,0094	0,0001	<0,0480	17,9867
Jelen lesní	0,0211	<0,0094	0,0011	<0,0480	17,9866
Jelen lesní	0,0047	0,0094	0,0013	<0,0480	14,4320
Srnc obecný	0,0045	0,0227	0,0004	<0,0480	22,2065
Srnc obecný	0,0096	0,0171	0,0011	<0,0480	9,5442
Srnc obecný	0,0196	<0,0094	0,0060	<0,0480	11,1733
Prase divoké	0,0090	<0,0094	0,0034	<0,0480	8,8315
Prase divoké	0,0038	0,1900	0,0107	<0,0480	12,0224
Prase divoké	0,0032	0,1369	0,0046	<0,0480	20,6320
Prase divoké	0,0096	1,3737	0,0036	<0,0480	16,7370
Prase divoké	0,0079	0,1104	0,0032	<0,0480	15,3660
Prase divoké	0,0032	0,9012	0,0004	<0,0480	24,7960
Průměr	0,0081	0,1887	0,0018	0,2702	25,2526
SD	0,0057	0,3536	0,0024	0,2414	16,7692
min	0,0032	0,0094	0,0001	0,0564	8,8315
max	0,0211	1,3737	0,0107	0,7729	71,5618

12.6 VVP Březina (rok 2006 a 2011)

V lokalitě VVP Březina byly odebírány vzorky svaloviny v letech 2006 a 2011. V roce 2006 byly získány 3 ks vzorků srnce obecného a 4 ks vzorků prasete divokého. Výsledky obsahu kovů (Cd, Pb, As, Cu, Zn) z roku 2006 jsou uvedeny v tabulce 10.

Tabulka 10: Obsah kovů ve VVP Březina v roce 2006

Vzorek	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	As (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Srnc obecný	0,0770	0,2700	0,0070	2,4750	21,2800
Srnc obecný	0,0450	0,2600	0,0100	1,6590	52,2500
Srnc obecný	<0,0090	<0,1500	0,0075	1,2300	33,7500
Prase divoké	0,0650	0,2700	0,0080	2,2510	29,2500
Prase divoké	0,0820	6,7500	0,0065	2,4750	44,7500
Prase divoké	0,0260	<0,1500	0,0330	1,6000	26,7300
Prase divoké	0,0230	2,3000	0,0070	1,8900	64,7500
Průměr	0,0467	1,4500	0,0113	1,9393	38,9657
SD	0,0255	2,8134	0,0096	0,4779	15,5930
min	<0,0090	<0,1500	0,0065	1,2300	21,2800
max	0,0820	6,7500	0,0330	2,4750	64,7500

V roce 2011 bylo získáno 24 ks vzorků jelena lesního a 4 ks vzorků srnce obecného. Výsledky obsahu kovů (Cd, Pb, As, Cu, Zn) z roku 2011 jsou uvedeny v tabulce 11.

Tabulka 11: Obsah kovů ve VVP Březina v roce 2011

Vzorek	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)	As (mg/kg)
Jelen lesní	0,0058	0,1131	0,0005	<0,0480
Jelen lesní	0,0066	0,0683	0,0003	<0,0480
Jelen lesní	0,0077	0,0817	0,0007	<0,0480
Jelen lesní	0,0077	0,0754	0,0006	<0,0480
Jelen lesní	0,0123	0,0246	0,0006	<0,0480
Jelen lesní	0,0144	0,2898	0,0003	<0,0480
Jelen lesní	0,0034	0,0571	0,0003	<0,0480
Jelen lesní	0,0352	0,0692	0,0005	<0,0480
Jelen lesní	0,0246	0,0287	0,0011	<0,0480
Jelen lesní	0,0177	0,0433	0,0007	<0,0480
Jelen lesní	0,0505	0,0826	0,0005	<0,0480
Jelen lesní	0,0075	0,0793	0,0003	<0,0480
Jelen lesní	0,0610	0,0485	0,0003	<0,0480
Jelen lesní	0,0046	0,0218	0,0003	<0,0480
Jelen lesní	0,0370	0,0094	0,0005	<0,0480
Jelen lesní	0,0138	0,1106	0,0003	<0,0480
Jelen lesní	0,0115	0,3796	0,0003	<0,0480
Jelen lesní	0,0129	0,0828	0,0003	<0,0480
Jelen lesní	0,0127	0,0443	0,0004	<0,0480
Jelen lesní	0,0157	0,0094	0,0003	<0,0480
Jelen lesní	0,0089	0,0118	0,0005	<0,0480
Jelen lesní	0,0359	0,0395	0,0006	<0,0480
Jelen lesní	0,0100	0,0255	0,0005	<0,0480
Jelen lesní	0,0106	0,0377	0,0004	<0,0480
Srnc obecný	0,0040	0,0511	0,0043	<0,0480
Srnc obecný	0,0850	<0,0094	0,0096	<0,0480
Srnc obecný	<0,0018	<0,0094	<0,0003	<0,0480
Srnc obecný	<0,0018	0,0439	<0,0003	<0,0480
Průměr	0,0198	0,0741	0,0009	<0,0480
SD	0,0200	0,0841	0,0019	<0,0480
min	0,0034	0,0094	0,0003	<0,0480
max	0,0850	0,3796	0,0096	<0,0480

12.7 VVP Hradiště (rok 2007)

V lokalitě VVP Hradiště byly odebírány vzorky svaloviny pouze v roce 2007. Celkem byly získány 2 ks vzorků prasete divokého a 1 ks vzorku srnce obecného. Výsledky obsahu kovů (Cd, Pb, Hg, Cu, Zn) z roku 2007 jsou uvedeny v tabulce 12.

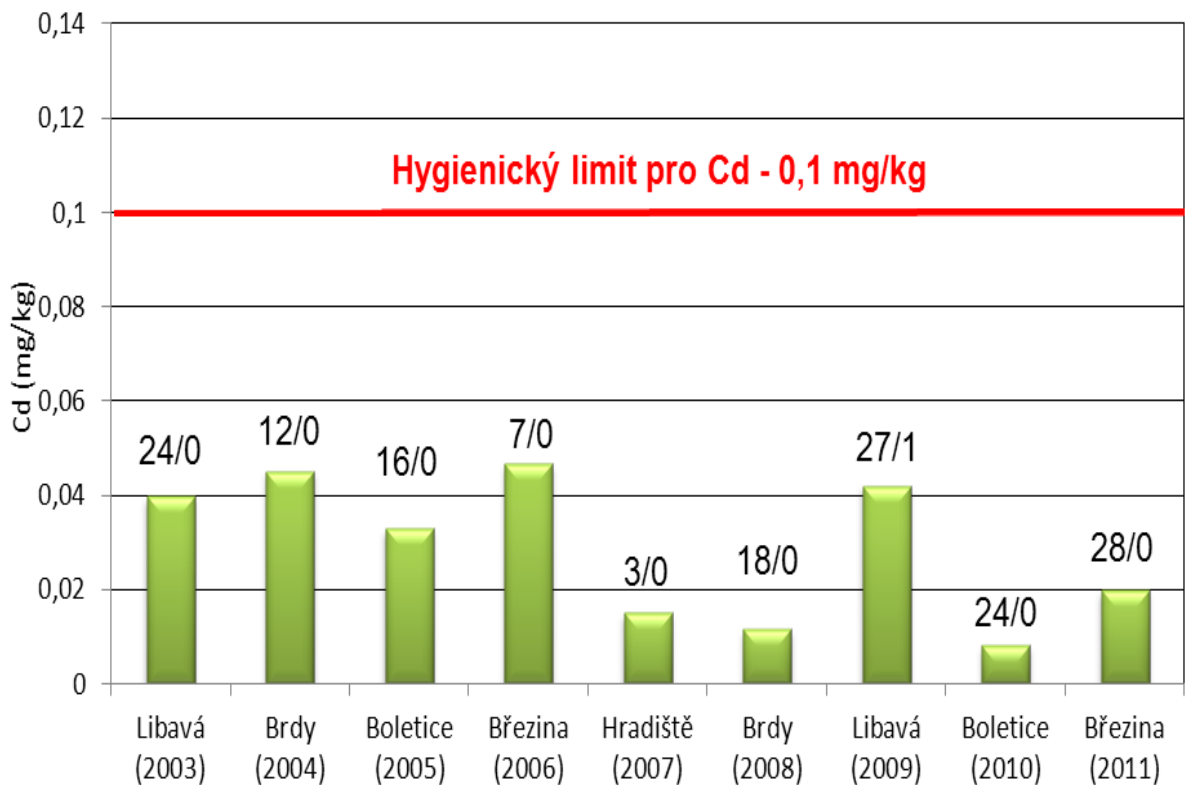
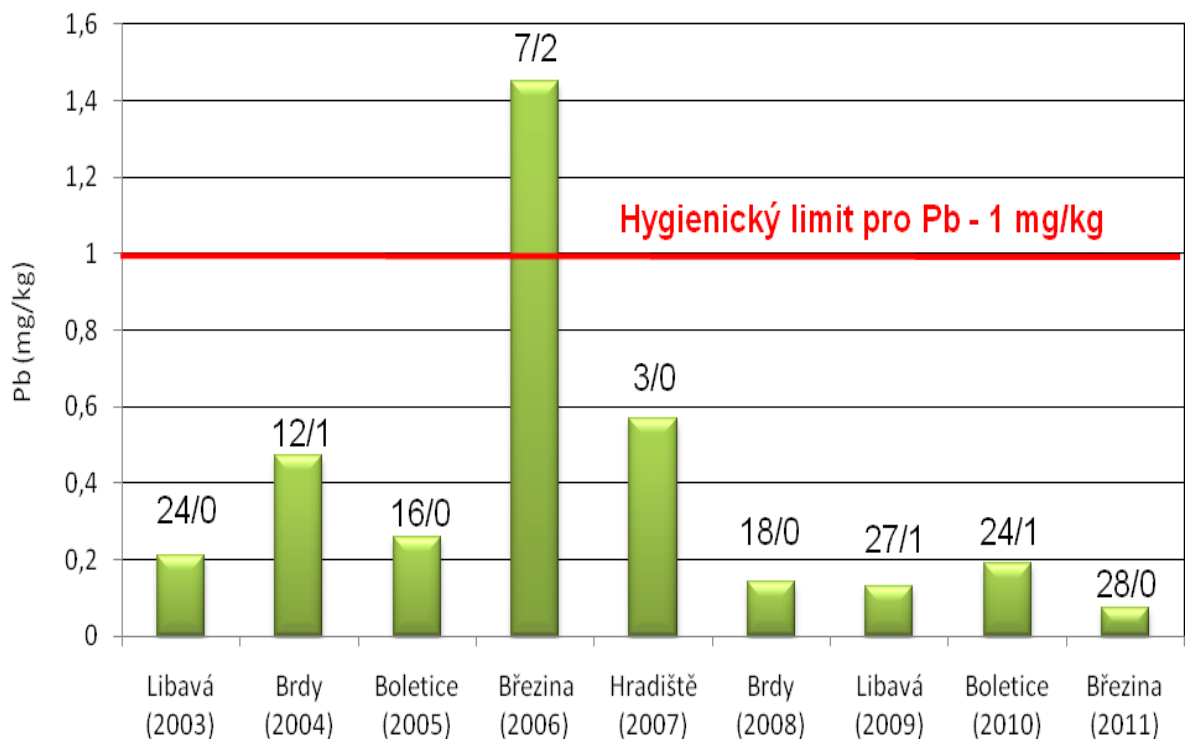
Tabulka 12: Obsah kovů ve VVP Hradiště v roce 2007

Vzorek	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Srnc obecný	0,0095	0,6660	0,0055	1,3650	36,3100
Prase divoké	0,0157	0,5700	0,0062	1,2900	32,3800
Prase divoké	0,0198	0,4740	0,0075	1,2150	28,4500
Průměr	0,0150	0,5700	0,0064	1,2900	32,3800
SD	0,0052	0,0960	0,0010	0,0750	3,9300
min	0,0095	0,4740	0,0055	1,2150	28,4500
max	0,0198	0,6660	0,0075	1,3650	36,3100

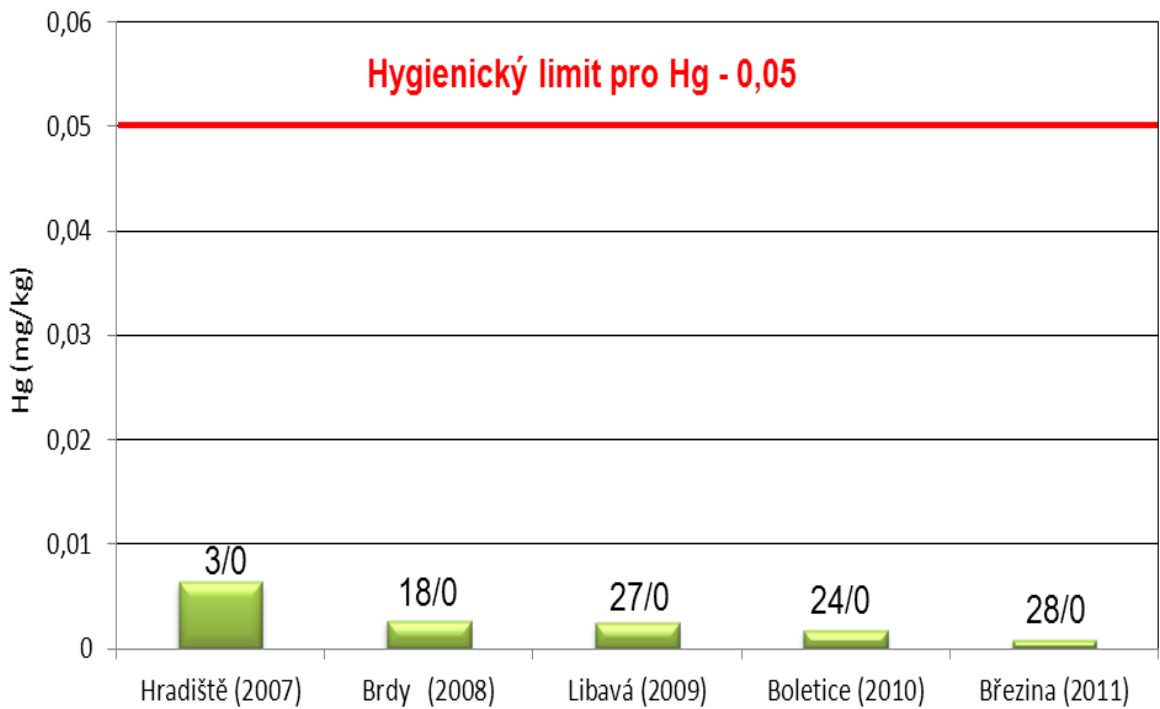
12.8 Souhrnné výsledky a jejich porovnání s hygienickými limity

V grafech 1 až 6 jsou uvedeny průměrné obsahy sledovaných kovů v jednotlivých lokalitách. Získané výsledky byly porovnány s hygienickými limity, které jsou uvedeny ve vyhlášce č. 53/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Vyhláška č. 53/2002 Sb. je sice již neplatná a je nahrazena Nařízením Komise (ES) č. 1881/2006 ve znění pozdějších předpisů, ovšem v uvedeném Nařízení Komise nejsou stanoveny hygienické limity pro zvěřinu.

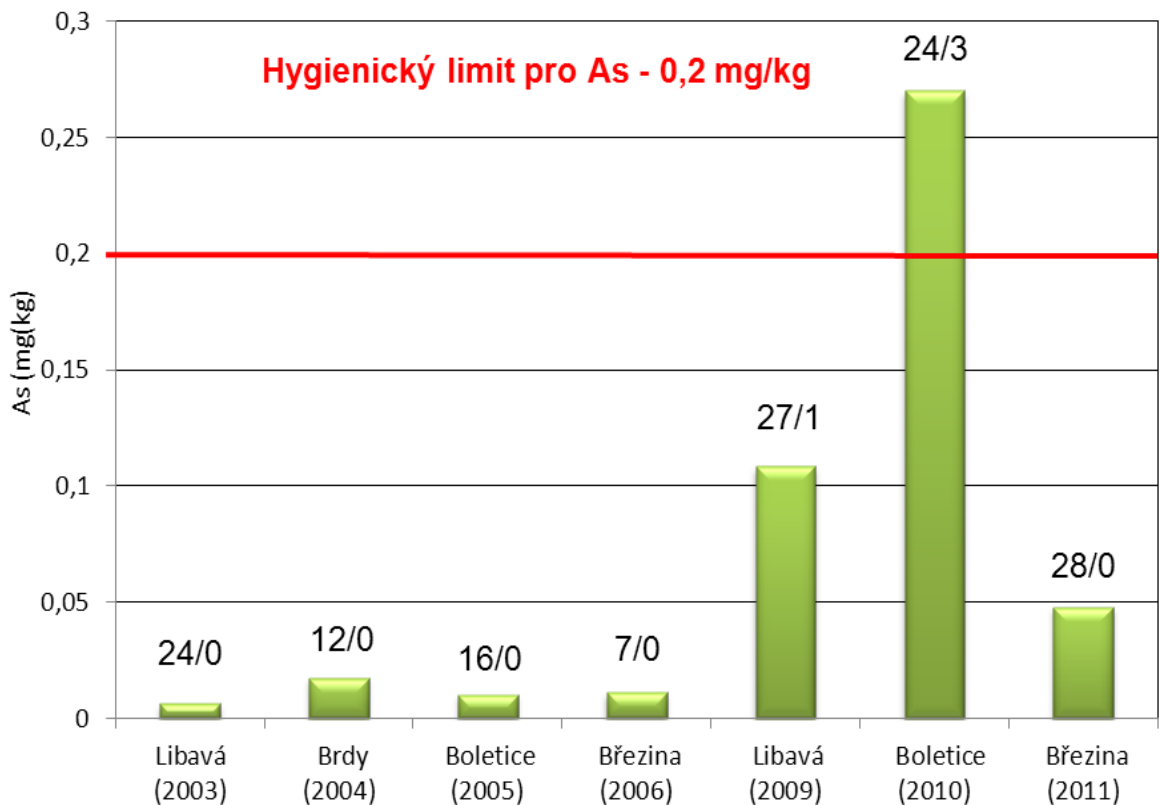
Vyhláška č. 53/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů uvádí pro zvěřinu přípustné množství obsahu kontaminantů, které je pro **kadmium – 0,1 mg/kg, olovo – 1 mg/kg, arzen – 0,2 mg/kg, měď – 5 mg/kg a zinek – 50 mg/kg**. Pro **rtuť** vyhlášku definuje maximální přípustné množství, které je **0,05 mg/kg**. Všechny hodnoty jsou vztaženy na kilogram jedlé tkáně (svaloviny). V grafech je u každé lokality uveden celkový počet analyzovaných vzorků/počet vzorků nad hygienickým limitem.

Graf 1: Průměrný obsah *kadmia* ve svalovině lovné zvěře**Graf 2:** Průměrný obsah *olova* ve svalovině lovné zvěře

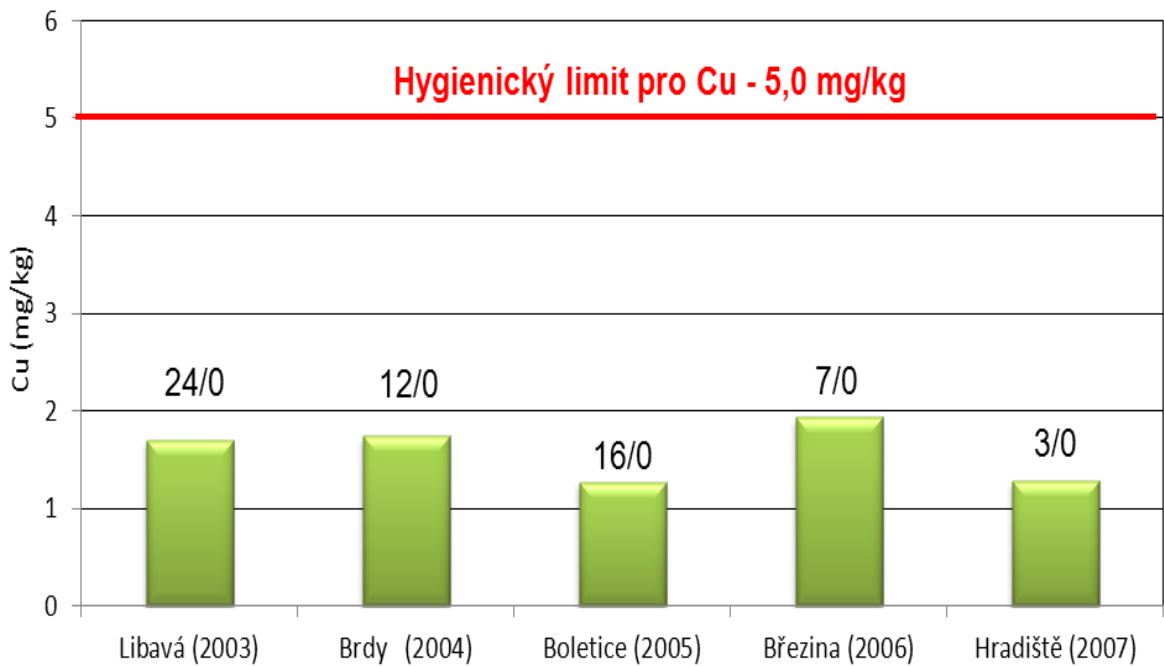
Graf 3: Průměrný obsah *rtuti* ve svalovině lovné zvěře



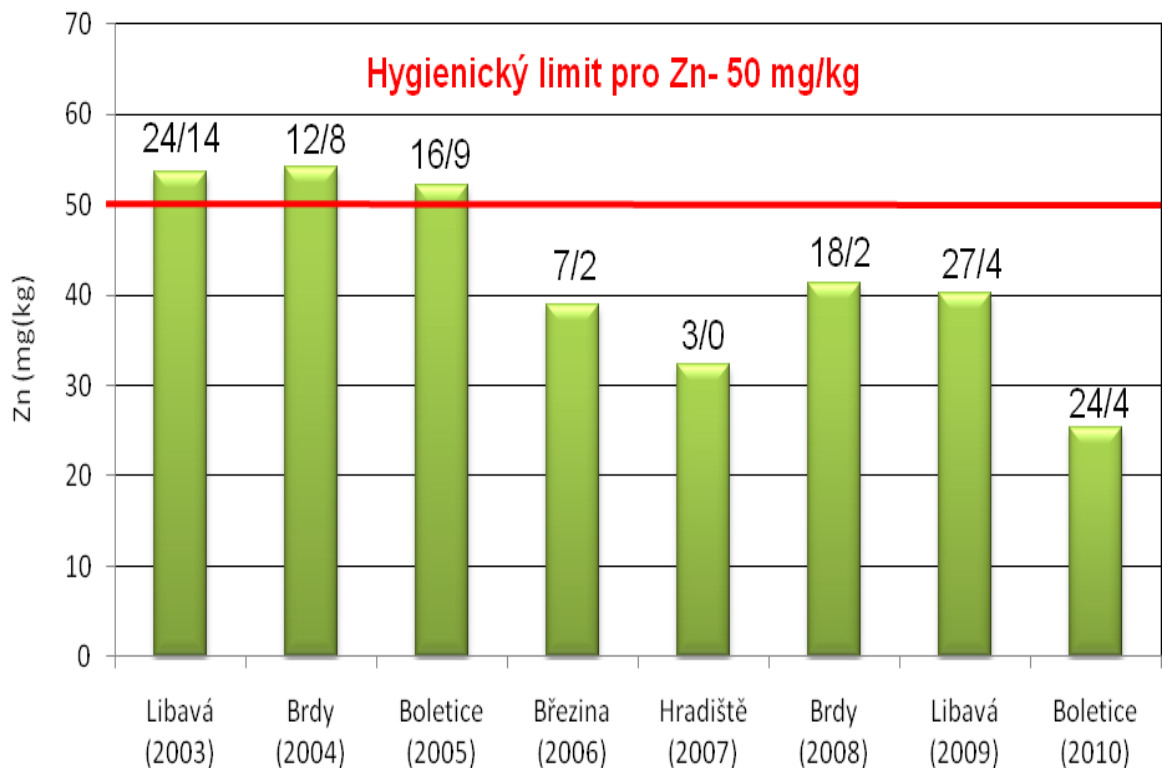
Graf 4: Průměrný obsah *arzenu* ve svalovině lovné zvěře



Graf 5: Průměrný obsah *mědi* ve svalovině lovné zvěře



Graf 6: Průměrný obsah *zinku* ve svalovině lovné zvěře



13 DISKUZE

Kontaminace životního prostředí a tím i potravin a potravinových surovin je nedílnou součástí našeho života. Vlivem hutního průmyslu, dopravy, spalováním fosilních paliv a chemizací našich každodenních životů zatěžujeme přírodní ekosystém nejrůznějšími toxickými látkami. Díky tomu je zapotřebí provádět pravidelné monitorování kontaminace potravin a potravinových surovin toxickými cizorodými látkami, které mohou způsobit nevratné poškození zdraví člověka. Mezi nejvýznamnější kontaminanty z řady anorganických látek řadíme *kadmium, olovo, arzen a rtuť*. Ve zvýšené koncentraci mohou negativně ovlivnit zdraví člověka i prvky, které jsou za normálních okolností pro organismus esenciální. Sledování obsahů kovů se každoročně provádí v rámci monitorování kontaminujících látek v potravinách a potravinových surovinách. V kategorii živých zvířat jsou hodnoceny obsahy cizorodých látek také ve volně žijící zvěři, protože tato zvířata tvoří neopomenutelnou složku spotřebního koše potravin. Hodnocení obsahu polutantů ve volně žijící zvěři se neprovádí pouze v rámci monitorování výskytů kontaminujících látek v potravinách a potravinových surovinách, ale bývá také součástí rozsáhlých projektů zaměřených na komplexní posouzení zatížení ekosystému. S uvedenými projekty se můžeme setkat jak v ČR [5], tak i v zahraničí [17, 18].

Cílem předkládané diplomové práce bylo zhodnocení obsahů vybraných kovů (kadmium, olovo, rtuť, arzen, měď, zinek) ve svalovině volně žijící lovné zvěře, jejich posouzení z hlediska hygienických limitů ve VVP (Libavá, Brdy, Boletice, Březina a Hradiště) a zmonitorování ekologické zátěže v lokalitách VVP patřících AČR. Monitorování probíhalo v letech 2003 až 2011 a bylo kompletně zajišťováno Ústředním vojenským veterinárním ústavem Hlučín. Jako indikátorové druhy zvěře byly zvoleny jelen lesní (*Cervus elaphus*), srnec obecný (*Capreolus capreolus*) a prase divoké (*Sus scrofa*). Získané výsledky byly porovnávány s hygienickými limity stanovenými Vyhláškou č. 53/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů.

Kadmium

Kadmium je významný toxický kov, který mimo negativního vlivu na ledviny a játra vykazuje také teratogenní a karcinogenní účinky [30]. U volně žijící zvěře obsah kadmia v organismu vypovídá o zatížení zvířete kontaminovanou potravou a především o stupni znečištění biotopu, ve kterém zvíře žije. Za normálních podmínek je obsah kadmia

ve svalovině velmi nízký na rozdíl od koncentrace v játrech a ledvinách, které jsou někdy až o 2 – 3 řády vyšší [28]. Hygienický limit obsahu Cd ve svalovině zvěřiny je 0,1 mg/kg .

Při sledování obsahu kadmia ve svalovině lovné zvěře ve VVP v rámci ČR bylo v letech 2003 až 2011 vyšetřeno celkem 159 vzorků. Z analyzovaných vzorků byl pouze u jednoho vzorku prokázán nadlimitní obsah kadmia. Jednalo se o vzorek svaloviny srnce obecného z lokality Libavá (rok 2009), kdy obsah kontaminantu byl 0,1870 mg/kg a překročil stanovený limit o 87 %. Nejvyšší průměrný obsah kadmia ($0,0467 \pm 0,0255$ mg/kg) byl zjištěn v lokalitě Březina (rok 2006), naopak nejnižší průměrný obsah kadmia ($0,0081 \pm 0,0057$ mg/kg) byl zjištěn v lokalitě Boletice při odběru vzorků v roce 2010.

Zvýšený obsah kadmia u lovné zvěře byl potvrzen i v pracích ostatních autorů. [20] monitorovali průmyslově zatížené lokality Zemplínského regionu na Slovensku. Mimo ostatních kovů sledovali také obsah kadmia ve svalovině, ledvinách a játrech prasete divokého a lišky obecné. U obou indikátorových druhů byly zjištěny nejvyšší obsahy kadmia v ledvinách (prase divoké: $0,56 \pm 0,69$ mg/kg, liška obecná: $0,25 \pm 0,08$ mg/kg). Ve svalovině se obsah kadmia pohyboval u prasete divokého v rozmezí 0,02 až 0,17 mg/kg a u lišky obecné v rozmezí 0,02 až 0,07 mg/kg. Hygienický limit byl překročen pouze u prasete divokého, a to u 20,0 % vzorků jater, 26,6 % vzorků ledvin a u 13,3 % vzorků svaloviny. Současně byly také odebrány kontrolní vzorky od prasete divokého, které bylo odloveno v průmyslově nezatížené oblasti – Slovenském Ráji. Ovšem i v této lokalitě byl u dvou vzorků z pěti zjištěn nadlimitní nálezní obsah kadmia (0,30 a 0,15 mg/kg). [2] sledovali obsah kadmia a olova v tkáních prasete divokého a jelena lesního v různých lokalitách na území Chorvatska. Opět potvrdili nejvyšší nálezy kadmia v ledvinách, poměr obsahu Cd v játrech/obsah Cd v ledvinách se pohyboval v rozmezí 0,091 až 0,329. Nejvyšší obsah kadmia ve svalovině (3,91 mg/kg) byl zjištěn u vzorku prasete divokého odloveného v lokalitě Virovitica-Podravina. V této lokalitě byl také nejvyšší průměrný obsah kadmia ($0,23 \pm 0,10$ mg/kg), který byl několikanásobně vyšší než v ostatních sledovaných lokalitách. Hygienický limit pro obsah kadmia ve svalovině masa v Chorvatsku je 0,05 mg/kg.

Olovo

Olovo je jedním z neznámějších těžkých kovů, který vykazuje u živých organismů toxické účinky. Zvýšená expozice olovem představuje zdravotní rizika především pro vyvíjející se plody a malé děti, u kterých je koncentrace olova v krvi 100 µg/l a vyšší spojována s toxickými účinky na vyvíjející se mozek a nervový systém s následným poklesem inteligentního kvocientu [4]. Podobně jako u kadmia vypovídá obsah tohoto kovu v těle žijícího zvířete o míře zatížení ekosystému. V organismu se kumuluje především v játrech a ledvinách [28]. Hygienický limit pro Pb ve svalovině zvěřiny je 1,0 mg/kg.

V rámci monitorování obsahu olova ve svalovině lovné zvěře ve VVP na území ČR bylo v letech 2003 až 2011 hodnoceno celkem 159 vzorků. U pěti vyšetřovaných vzorků byl prokázán nadlimitní obsah olova. Hygienický limit byl překročen u tří vzorků prasete divokého z lokalit Březina v roce 2006 (zjištěné obsahy – 6,75 a 2,30 mg/kg) a Boletice v roce 2010 (1,37 mg/kg), dále u dvou vzorků srnce obecného z lokality Brdy v roce 2004 (2,82 mg/kg) a Libavá v roce 2009 (1,36 mg/kg). Nejvyšší naměřená koncentrace olova (6,75 mg/kg) byla zjištěna u prasete divokého z lokality Březina (rok 2006), kdy obsah kovu překročil hygienický limit o 575 %. Tato zjištěná hodnota, která několikanásobně překračuje hygienický limit, může také souviset s možnou kontaminací střelou, protože zvěř je lovena střelnou zbraní se střelivem obsahující olovo. V lokalitě Březina byl také zaznamenán nejvyšší průměrný obsah olova ze všech sledovaných lokalit v daném období ($1,45 \pm 2,81$ mg/kg), ale také naopak v roce 2011 byla v lokalitě Březina naměřena nejnižší průměrná hodnota obsahu olova o koncentraci ($0,074 \pm 0,08$ mg/kg). Tato zjištění potvrzují možnou kontaminaci střelou.

Problematikou výskytu olova u divoké zvěře se zabývalo mnoho autorů jak v rámci ČR [5], tak i v zahraničí [2, 17, 20, 25]. Velká část prací byla zaměřena především na sledování obsahu olova v ledvinách a játrech, kde dochází k největší kumulaci tohoto kovu. [2] monitoroval čtyři vybrané lokality v Chorvatsku, jako indikátorové druhy využíval prasce divoké a jelena lesního. V Chorvatsku je hygienický limit obsahu olova ve svalovině 0,1 mg/kg. Nejvyšší průměrný obsah olova ($1,95 \pm 1,86$ mg/kg) ve svalovině byl prokázán ve vzorcích prasce divokého z lokality Virovitica-Podravina (stejně jako u kadmia). V této lokalitě byl u jednoho vzorku nález olova 82,20 mg/kg. Tato vysoká koncentrace ovšem může souviset s kontaminací od střely, která olovo obsahuje.

Arzen

Arzen je významný toxický kov, který při vysoké expozici poškozují buňky nervového systému, jater i ledvin a také má karcinogenní, mutagenní a teratogenní účinky [28, 33]. Do životního prostředí vstupuje především antropogenní činností. Hygienický limit pro obsah As ve svalovině zvěřiny je 0,2 mg/kg.

Obsah arzenu byl v rámci monitoringu kvantifikován u 138 vzorků svaloviny, které byly získány ve sledovaných lokalitách VVP. U čtyř vzorků byl prokázán nadlimitní obsah arzenu. Jednalo se o vzorky srnce obecného odloveného v lokalitě Libavá v roce 2009 (0,2950 mg/kg) a tři vzorky jelena lesního v roce 2010 z lokality Boletice (0,3535; 0,7729; 0,2458 mg/kg). V této lokalitě byla také zaznamenána nejvyšší průměrná koncentrace arzenu ($0,2702 \pm 0,2414$ mg/kg). Nejnižší obsah arzenu byl stanoven v lokalitě Libavá v roce 2003 ($0,0065 \pm 0,0049$ mg/kg). Několikanásobné zvýšení obsahu arzenu v lokalitách Boletice v horizontu pěti let a lokalitě Libavá v průběhu šesti let může souviset především s intenzivní průmyslovou činností a následnou kontaminací sledované oblasti. Arzen vstupuje do životního prostředí především v důsledku hutní činnosti a spalování uhlí (popílek z tepelných elektráren) [28].

Monitorování obsahu arzenu v různých tkáních lovné zvěře prováděli [20]. Obsah arzenu byl stanoven v játrech, ledvinách a svalovině prasete divokého a lišky obecné pocházející z oblasti průmyslově zatíženého Zepmlínského regionu (Slovensko). Nejvyšší průměrné obsahy arzenu byly detekovány ve vzorcích jater (prase divoké: $0,21 \pm 0,36$ mg/kg, liška obecná: $0,17 \pm 0,20$ mg/kg). Ve svalovině se obsah arzenu pohyboval v rozmezí 0,01 až 0,90 mg/kg, vyšší obsah byl zjištěn u lišky obecné. Hygienický limit (pro svalovinu 0,2 mg/kg) byl překročen pouze v případě vzorků svaloviny, u prasete divokého v 6,6 % vzorků a u lišky obecné v 22,2 % vzorků. Hodnocení obsahu kovů (kadmium, olovo, arzen) u volně žijící lovné zvěře ve vybraných lokalitách na Slovensku prováděli také [12]. Získané výsledky naznačují, že koncentrace sledovaných kovů ve svalovině a ostatních tkáních (ledviny, játra, plíce a slezina) se pohybuje v rámci norem uvedených v potravinovém kodexu. Mezi jednotlivými druhy zvířat byly ovšem zjištěny významné rozdíly v obsahu kovů, což souvisí především s rozdílným způsobem příjmu potravy a jejím složením.

Rtuť

Rtuť řadíme mezi toxické prvky a podobně jako kadmium má charakter kumulativního jedu. Z organismu se vylučuje velmi pomalu a koncentruje se především v ledvinách, játrech a mozku. Toxicita rtuti je ovlivněna především její formou, nejtoxičtější jsou alkylrtuťnaté sloučeniny (př. metylrtuť) [15, 28]. Ke vstupu rtuti do životního prostředí a následně do potravního řetězce dochází především antropogenní činností. Hygienický limit pro obsah Hg ve svalovině zvěřiny je 0,05 mg/kg.

Sledování obsahu rtuti ve svalovině lovné zvěře bylo provedeno pouze v letech 2007 až 2011 ve VVP Hradiště, Brdy, Boletice, Březina a Libavá. Celkem bylo vyšetřeno 100 vzorků. U analyzovaných vzorků nebyl prokázán nadlimitní obsah rtuti. Nejvyšší obsah byl zaznamenán v lokalitě Brdy (2008) u vzorku prasete divokého, zjištěný obsah byl 0,0127 mg/kg. Nejvyšší průměrný obsah rtuti ($0,0064 \pm 0,0010$ mg/kg) byl zjištěn v lokalitě Hradiště (rok 2007), naopak nejnižší průměrný obsah rtuti ($0,0009 \pm 0,0019$ mg/kg) byl zjištěn v lokalitě Březina (rok 2011).

Při sledování obsahu rtuti u volně žijící zvěře můžeme nalézt nejvyšší koncentrace především v játrech a ledvinách [5, 8, 17, 20] zjistili při sledování obsahu rtuti u prasete divokého a lišky obecné v průmyslově zatížené oblasti Zemplínského regionu poměrně vysoké procento nadlimitních nálezů. Nejvíce nadlimitních nálezů bylo zjištěno u vzorků ledvin, kdy u prasete divokého bylo z celkového počtu 15 analyzovaných vzorků 11 nad hygienickým limitem. Nejvyšší zjištěná koncentrace byla 1,6 mg/kg (hygienický limit 0,1 mg/kg). Podobné nálezy byly i u lišky obecné, z 18 analyzovaných vzorků bylo 12 nad hygienickým limitem. Nejvyšší zjištěná koncentrace byla 1,4 mg/kg. U vzorků jater bylo zjištěno překročení hygienických limitů v 53,3 % případů u prasete divokého a u 44,4 % případů u lišky obecné. Nadlimitní nálezy byly zjištěny i v případě vzorků svaloviny, u prasete divokého to bylo 13,3 % případů a u lišky obecné pouze 5,5 % případů. Nejvyšší obsah rtuti ve svalovině byl u prasete divokého 0,07 mg/kg a u lišky obecné 0,09 mg/kg.

Měď

Měď je esenciálním stopovým prvkem pro člověka i ostatní živočichy. Měďnaté ionty jsou součástí aktivní center řady enzymů. Deficit mědi se nejčastěji projevuje anémií, poklesem krvinek bílé řady, osteoporózou a šedivěním vlasů. Naopak při chronicky nadměrném přívodu mědi může docházet až k jaterní cirhóze [28, 31]. Do životního prostředí

se dostává především antropogenní činností (hutní průmysl, zemědělství) [28]. Hygienický limit pro obsah Cu ve svalovině zvěřiny je 5,0 mg/kg.

Obsah mědi byl v monitorovaných VVP sledován v rozmezí let 2003 až 2007. Za uvedené období bylo vyšetřeno celkem 62 vzorků. U žádného vzorku nebyl zjištěn obsah mědi nad hygienickým limitem. Nejvyšší obsah (4,93 mg/kg) byl zaznamenán u vzorku srnce obecného z lokality Brdy (rok 2004). Nejvyšší průměrný obsah mědi ($1,94 \pm 0,48$ mg/kg) byl zjištěn v lokalitě Březina (rok 2006), naopak nejnižší průměrný obsah ($1,27 \pm 0,51$ mg/kg) byl stanoven v lokalitě Boletice (rok 2005).

Monitorováním obsahu mědi v různých tkáních divoké zvěře z oblasti Karelíe (Rusko) se zabýval [17]. V rozmezí let 1989 až 1991 sledoval mimo jiných polutantů obsah mědi u losa amerického, soba polárního a medvěda hnědého. Nejvyšší obsahy byly zjištěny v játrech a plicích. Ve svalovině indikátorových druhů se obsah mědi pohyboval v rozmezí 0,93 až 6,6 mg/kg. Nejvyšší průměrný obsah mědi byl zjištěn u losa amerického ($3,80 \pm 0,43$ mg/kg). Zároveň nebyly potvrzeny statisticky významné rozdíly v obsahu mědi mezi pohlavím a věkem.

Zinek

Zinek je dalším esenciálním prvkem, který je důležitou součástí mnoha metaloenzymů a je nezbytný pro jejich katalytickou funkci. Zvýšený příjem zinku může vyvolávat poruchy trávicího traktu (záněty, snížení příjmu potravy). Do životního prostředí se dostává především antropogenní činností (hutní průmysl) [28]. Hygienický limit pro obsah Zn ve svalovině zvěřiny je 50,0 mg/kg.

Při sledování obsahu zinku ve svalovině lovné zvěře ve VVP bylo v letech 2003 až 2010 vyšetřeno celkem 131 vzorků. Z analyzovaných vzorků byl u 43 vzorků prokázán nadlimitní obsah zinku. Hygienický limit obsahu zinku byl překročen 14x v lokalitě Libavá (rok 2003), 8x v lokalitě Brdy (2004), 9x v lokalitě Boletice (2005), 2x v lokalitě Březina (2006), 2x v lokalitě Brdy (2008), 4x v lokalitě Libavá (2009) a 4x v lokalitě Boletice (2010). Nejvyšší naměřená koncentrace zinku (95,60 mg/kg) byla zaznamenána u vzorku srnce obecného v lokalitě Brdy (2004), hygienický limit byl překročen o více jak 91 %. V této lokalitě byl také zjištěn nejvyšší průměrný obsah zinku ($54,11 \pm 24,13$ mg/kg). Nejnižší průměrný obsah ($25,25 \pm 16,77$ mg/kg) byl zaznamenán v lokalitě Boletice při odběru vzorků v roce 2010.

[8] se zabýval hodnocením obsahu vybraných prvků u divoké zvěře na území Polska. Monitorování bylo realizováno v letech 1987 až 1991. Z prezentovaných výsledků vyplývá, že v případě zinku nebyly zjištěny rozdíly mezi obsahem tohoto prvku ve svalovině, játrech a ledvinách, jak tomu bylo u ostatních kovů. Mírně zvýšený obsah byl zaznamenán v játrech. Průměrná koncentrace zinku v analyzovaných tkáních se pohybovala v rozmezí 32 až 48 mg/kg. Podobné závěry uvádí ve své studii také [17]. Průměrný obsah zinku stanovený ve tkáních (játra, ledviny, svalovina) divoké zvěře byly v rozmezí 21, 25 až 51, 39 mg/kg, kdy mírně zvýšený obsah byl opět zaznamenán ve vzorcích jater.

Podle zjištěných koncentrací sledovaných kovů ve svalovině volně žijící lovné zvěře ve VVP AČR lze jako nejvíce znečištěnou oblast posuzovat VVP Libavá. Vojenský výcvikový prostor Libavá se rozléhá na území severní Moravy. Zvýšené obsahy stanovených kovů v této lokalitě pravděpodobně souvisí s poměrně rozvinutou průmyslovou činností v této oblasti. Na severu Moravy jsou každoročně překračovány platné imisní limity pro některé sledované ukazatele. Úroveň znečištění je nejvyšší v rámci celé ČR. Severní Morava je znečištěná především vlivem hutního průmyslu na Ostravsku, Třinecku a těžbou nerostného bohatství na Karvinsku. Dalším už méně znečištěným VVP je VVP Boletice, který se rozléhá západně od Českého Krumlova, VVP Brdy rozléhající se v okolí Příbrami a VVP Hradiště, který se rozléhá v okolí Chomutova. Monitorované oblasti jsou ve svém okolí vystaveny těžbě nerostného bohatství a tím i větrné erozi hornin a zvýšeným spadem z antropogenních zdrojů. Nejméně znečištěným VVP je VVP Březina, který se rozléhá v Jihomoravském kraji okres Vyškov.

Státní veterinární správa ČR každoročně monitoruje v rámci naší republiky obsah vybraných kovů (kadmium, olovo, rtuť) ve svalovině volně žijící lovné zvěře. Srovnáme-li data získaná ve VVP a nálezy SVS v roce 2003 až 2011, dojdeme k závěru, že zjištěné hodnoty obsahu kovů jsou srovnatelné a ve většině případů hluboko pod stanovenými přípustnými limity. Přestože tedy v některých VVP došlo k překročení hygienických limitů obsahu kovů ve svalovině volně žijící zvěře, je míra znečištění ekosystému VVP poměrně nízká [23].

ZÁVĚR

V rámci předkládané diplomové práce bylo provedeno porovnání obsahu vybraných anorganických polutantů (*kadmium, olovo, rtuť, arzen, měď, zinek*) stanovených ve svalovině volně žijící lovné zvěře s dostupnými hygienickými limity. Sledovány byly VVP, které se nacházejí na území České republiky. Získané výsledky byly využity pro zhodnocení ekologické zátěže lokalit VVP.

Při porovnání obsahu kovů ve svalovině zvěřiny s hygienickými limity byly prokázány nadlimitní obsahy zinku, olova, kadmia a arzenu. Nejčastěji byly překročeny limity u zinku (32,8 % vzorků) a dále u olova (3,1 % vzorků), kadmia (0,6 % vzorků) arzenu (2,9 % vzorků). Nejvyšší překročení bylo zjištěno při sledování koncentrace olova. U vzorku prasete divokého z lokality Březina (rok 2006) došlo k překročení hygienického limitu o 575 %. Ovšem zjištěný výsledek může souviset s kontaminací střelou, protože zvěř je lovena střelnou zbraní se střelivem obsahujícím olovo. U rtuti a mědi nedošlo u žádného vzorku k překročení hygienického limitu.

Dále z výsledků analýz vyplývá, že nejvíce zatíženou oblastí VVP AČR je lokalita Libavá. Vojenský výcvikový prostor Libavá se nachází na území severní Moravy. Hlavním důvodem vyššího obsahu sledovaných anorganických kontaminantů ve zmíněných lokalitách je intenzivní průmyslová činnost (hutní průmysl na Ostravsku a Třinecku, těžba nerostného bohatství na Karvinsku). Méně znečištěné VVP kontaminanty (kovy) jsou Boletice a Brdy. Nejméně zatíženou lokalitou z pohledu výskytu kovů je VVP Březina, který se nachází v Jihomoravském kraji na severu okresu Vyškov, který tak není zatížen průmyslovou činností a spadem jako ostatní regiony ve kterých se VVP nacházejí.

Závěrem lze tedy konstatovat, že průměrné hodnoty obsahu analyzovaných kovů ve svalovině volně žijící lovné zvěře na území VVP AČR jsou ve srovnání s průměry těchto látek získaných při každoročním sledování výskytu kontaminujících látek v potravinách a potravinových surovinách velice příznivé a svědčí o nízké míře kontaminace sledovaných oblastí.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ANDĚRA, M., HORÁČEK, I. *Poznáváme naše savce*. 2. vyd. Praha: Sobotáles, 2005. 327 s. ISBN
- [2] BILANDŽIČ, N. et al. Lead and cadmium in red deer and wild boar from different hunting grounds in Croatia. *Science of the Total Environment*, 2009, vol. 407, no. 14, p. 4243 – 4247.
- [3] CIBULKA, J. *Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře*. Praha: Academia, 1991. 427 s.
- [4] Centers for Disease Control and Prevention. *Preventing lead poisoning in young children*. Atlanta: CDC; 2005. 137 p.
- [5] ČELECHOVSKÁ, O., MALOTA, L., ZIMA, S. Entry of heavy metals into food chains: a 20-year comparison study in northern Moravia (Czech Republic). *Acta Veterinaria Brno*, 2008, vol. 77, no. 4, p. 645 – 654.
- [6] ČERNÁ, E., HRABĚTOVÁ, S. Systém kontroly a monitoringu cizorodých látek v rezortu zemědělství. *Chemické Listy*, 1997, roč. 91, č. 10, s. 829 – 832.
- [7] EKOTOXIKOLOGICKÁ DATABÁZE, dostupné na <http://www.piskac.cz/ETD/Default.htm> (citováno 15.4.2012)
- [8] FALANDYSZ, J. Some toxic and trace metals in big game hunted in the northern part of Poland in 1987 – 1991. *The Science of the Total Environment*, 1994, vol. 141, p. 59 – 73.
- [9] FRIBERG, L. et al. *Cadmium in the environment*. 2nd ed. Cleveland: CRC Press, 1974. 248 p.

- [10] FRIBERG, L. et al. *Handbook on the toxicology of metals*. 2nd ed. Oxford: Elsevier, 1986. 704 p.
- [11] KOMÁREK, J. *Atomová absorpční spektrometrie*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2000. 85 s.
- [12] KOVÁČ, G. aj. Koncentrace kadmia, arzénu a olova vo vybraných tkanivách jelenej a diviačej zveri. In *Rizikové faktory potravného reťazy V. – 2005, Nitra*. Nitra: SPU v Nitre, 2005, s. 157 – 161.
- [13] KRAMÁROVÁ, M. et al. Concentration of cadmium in the liver and kidneys of some wild and farm animals. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*, 2005, vol. 49, no. 2, p. 465 – 469.
- [14] LIPMANN, M. (ed.). *Environmental Toxicants: Human exposure and their health effects*. 2nd ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2006. 987 p.
- [15] MARŠÁLEK, P. Metylrťuť ve vodních ekosystémech. *Bulletin VÚRH*, 2006, roč. 42, č. 3, s. 117 – 124.
- [16] Ministerstvo zemědělství ČR. *Zpráva o výsledcích sledování a vyhodnocování cizorodých látek v potravních řetězcích v resortu zemědělství v roce 2011*. Praha: MZe ČR, 2012. 66 s.
- [17] MEDVEDEV, N. Levels of heavy metals in Karelian wildlife, 1989-91. *Environmental Monitoring and Assessment*, 1999, vol. 56, no. 2, p. 177 – 193.
- [18] MORNER, T. Health monitoring and conservation of wildlife in Sweden and Northern Europe. *Annals of the New York Academy of Science*, 2002, vol. 969, p. 34 – 38.

- [19] Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách. *Ústřední věstník Evropské unie*, 2006, L364, s. 5 – 24.
- [20] PISKOROVÁ, L., VASILKOVÁ, Z., KRUPICER, I. Heavy metal residues in tissues of wild boar (*Sus scrofa*) and red fox (*Vulpes vulpes*) in the Central Zemplin region of the Slovak Republic. *Czech Journal of Animal Science*, 2003, vol. 48, no. 3, p. 134 – 138.
- [21] PITTER, P. *Hydrochemie*. 4. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2009. 592 s.
- [22] PRASAD, M.N.V. (ed.). Trace elements as contaminants and nutrients: Consequences in ecosystems and human health. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008. 777 p.
- [23] PUBLIKACE SVS ČR, dostupné na <http://www.svscr.cz> (citováno 10.4. 2012)
- [24] ROUŠAR, J. *Stručně o České republice, armádě a výcvikových zařízeních vojenských újezdů*. Praha: Ministerstvo obrany České republiky – Agentura vojenských informací a služeb, redakce účelové tvorby, 2006. 159 s.
- [25] SANTIAGO, D., et al. Lead and cadmium in red deer and wild boar from Sierra Morena mountains (Andalusia, Spain). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 1998, vol. 61, no. 6, p. 730 –737.
- [26] Státní veterinární správa ČR. Informační bulletin č. 1/2012. Kontaminace potravních řetězců cizorodými látkami – situace v roce 2011. Liberec: Informační centrum SVS ČR, 2012. 192 s.
- [27] STUŽKA, V. *Analytická atomová optická spektrometrie*. 2. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2000. 81 s.

- [28] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 2*. 1. vyd. Tábor: Ossiss, 1999. 304 s.
- [29] Vyhláška č. 53/2002 Sb., kterou se stanoví chemické požadavky na zdravotní nezávadnost jednotlivých druhů potravin a potravinových surovin, podmínky použití látek přídatných, pomocných a potravních doplňků. *Sbírka zákonů*, 2002, č. 22, s. 865 – 984.
- [30] WEXLER, P. (ed.): *Encyclopedia of Toxicology. Volume 1*. 2nd. ed. edition. Oxford: Elsevier, Ltd., 2005a. 794 p.
- [31] WEXLER, P. (ed.): *Encyclopedia of Toxicology. Volume 2*. 2nd. ed. edition. Oxford: Elsevier, Ltd., 2005b. 754 p.
- [32] WEXLER, P. (ed.): *Encyclopedia of Toxicology. Volume 3*. 2nd. ed. edition. Oxford: Elsevier, Ltd., 2005c. 786 p.
- [33] WEXLER, P. (ed.): *Encyclopedia of Toxicology. Volume 4*. 2nd. ed. edition. Oxford: Elsevier, Ltd., 2005d. 748 p.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AAS	Atomová absorpční spektrometrie.
AČR	Armáda české republiky.
ET – AAS	Elektronická atomová absorpční spektrometrie.
HG – AAS	Atomová absorpční spektrometrie po konverzi prvku na těkavé hybridy.
NPM	Nejvyšší přípustné množství.
PM	Přípustné množství.
SD	Směrodatná odchylka.
SVS	Státní veterinární správa.
VVP	Vojenský výcvikový prostor.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Složení atomového absorpčního spektrometru	27
Obrázek 2: Ukázka atomových absorpčních spektrometrů foto: Andrej Migaľa	28
Obrázek 3: Monitorované VVP na území České republiky	32
Obrázek 4: Srnec obecný (<i>Capreolus capreolus</i>) foto: Lukáš Kovár	37
Obrázek 5: Prase divoké (<i>Sus scrofa</i>) foto: Lukáš Kovár	38
Obrázek 6: Jelen lesní (<i>Cervus elaphus</i>) foto: Lukáš Kovár	39
Obrázek 7: Odběr vzorků foto: Andrej Migaľa	40
Obrázek 8: Mikrovlnný rozklad vzorků svaloviny foto: Andrej Migaľa	43
Obrázek 9: Stanovení obsahu rtuti (niklová lodička, váha Kern, AMA 254) foto: Andrej Migaľa	45

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Hygienické limity kovů pro zvěřinu (Vyhláška č. 53/2002 Sb.)	16
Tabulka 2: Podmínky stanovení obsahu kadmia, olova, arzenu, mědi a zinku	44
Tabulka 3: Meze detekce a meze stanovitelnosti jednotlivých analys	46
Tabulka 4: Obsah kovů ve VVP Libavá v roce 2003	47
Tabulka 5: Obsah kovů ve VVP Libavá v roce 2009	48
Tabulka 6: Obsah kovů ve VVP Brdy v roce 2004	49
Tabulka 7: Obsah kovů ve VVP Brdy v roce 2008	50
Tabulka 8: Obsah kovů ve VVP Boletice v roce 2005	51
Tabulka 9: Obsah kovů ve VVP Boletice v roce 2010	52
Tabulka 10: Obsah kovů ve VVP Březina v roce 2006	53
Tabulka 11: Obsah kovů ve VVP Březina v roce 2011	54
Tabulka 12: Obsah kovů ve VVP Hradiště v roce 2007	55