

Česká zemědělská univerzita v Praze  
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů  
Katedra zoologie a rybářství



Vliv infekce tasemnicí ovčí (*Moniezia expansa*) a experimentálního podání  
kadmia na koncentrace stopových prvků v těle hostitele (*Ovis aries*)  
Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Ivana Jankovská, Ph.D.

Autor práce: Bc. Veronika Nejedlá

2010

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Vliv infekce tasemnicí ovčí (*Moniezia expansa*) a experimentálního podání kadmia na koncentrace stopových prvků v těle hostitele (*Ovis aries*)** vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

V Černčicích dne 11.4.2010

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji doc. Ing. Ivaně Jankovské, Ph.D. za cenné rady, připomínky a pomoc s vypracováním diplomové práce.

## SOUHRN

Záměrem této diplomové práce bylo zjistit vliv infekce tasemnicí ovčí (*Moniezia expansa*) a experimentálního podání kadmia na koncentrace stopových prvků v těle hostitele (*Ovis aries*). U ovcí, přirozeně infikovaných tasemnicí (*Moniezia expansa*), byl sledován vliv parazita a experimentálně podaného kadmia na koncentrace jednotlivých stopových prvků (Zn, Cu, Fe, Mn) ve svalovině, ledvinách a játrech hostitele (*Ovis aries*). Dále byl sledován vliv experimentálně podaného kadmia na koncentrace jednotlivých prvků (Zn, Cu, Fe, Mn) v tělech tasemnic (*Moniezia expansa*) parazitujících ve střevě ovcí.

Kadmium ( $0,2 \text{ g CdCl}_2$ ) bylo přidáno do destilované vody a orálně podáno ovčím (denně po dobu 1 týdne). Poté byly ovce poraženy a jejich orgány i tasemnice (*Moniezia expansa*) byly analyzovány na přítomnost vybraných prvků. Sledován byl především vliv infekce *Moniezia expansa*, na koncentraci stopových prvků ve tkáních hostitele (ovce).

Experimentální podání kadmia ovčím domácím (*Ovis aries*) ovlivňuje hladiny zinku, mědi, železa i manganu ve svalovině, ledvinách a játrech ovcí. Nejvíce však ovlivňuje hodnotu železa, která se u ovcí zatížených kadmiiem oproti ovčím kadmiiem nezatíženým ve všech zkoumaných orgánech několikanásobně zvyšuje.

Také infekce tasemnicí ovčí má vliv na koncentraci stopových prvků (Zn, Cu, Fe a Mn) ve svalovině, ledvinách a játrech hostitele (*Ovis aries*). Tasemnice ovčí (*Moniezia expansa*) ve střevě infikovaných ovcí odnímá určitou část zinku z ledvin, mědi a železa ze svaloviny, ledvin i jater a manganu ze svaloviny a ledvin hostitele. Naopak obsah zinku ve svalovině a játrech, a manganu v játrech hostitele (ovce) narůstá s infekcí tasemnicemi.

Experimentální podání kadmia ovčím domácím (*Ovis aries*) ovlivňuje obsah zinku, mědi, železa a manganu také v tělech tasemnic (*Moniezia expansa*) ve střevě ovcí, tj. schopnost vychytávání těchto stopových prvků tasemnicemi. Zatížení ovcí kadmiiem zvyšuje koncentraci mědi a manganu v tělech tasemnic. Koncentrace zinku a železa v tělech tasemnic je naopak nižší než v tělech tasemnic ovcí bez zatížení kadmiiem.

Mezi hodnotami jednotlivých prvků (Zn, Cu, Fe, Mn) ve svalovině, ledvinách, játrech a v tělech tasemnic ovčích (*Moniezia expansa*) ve střevě ovcí byly mezi zkoumanými skupinami ovcí zjištěny statisticky průkazné rozdíly ( $p < 0,05$ ).

**Klíčová slova:** ovce domácí (*Ovis aries*), tasemnice ovčí (*Moniezia expansa*), kadmium, zinek, měď, železo, mangan

## SUMMARY

The purpose of this work was to study the effect of *Moniezia expansa* infection and experimental cadmium exposure on trace element concentrations in host (*Ovis aries*). In sheep, which are naturally infected by *Moniezia expansa*, the influence of parasite and experimental cadmium exposure on concentrations of single trace elements in muscle, kidneys and livers of host was watched. Next the influence of experimental cadmium exposure on concentrations of single trace elements (Zn, Cu, Fe, Mn) at *Moniezia expansa*, which parasited in sheep, was watched.

Cadmium (0,2 g CdCl<sub>2</sub>) was added to distilled water and orally given to sheep (daily for a one week). Then the sheep was sticed and their organs as well as *Moniezia expansa* was tested on a presence of recent trace elements. Especially the influence of infection *Moniezia expansa* on tissue load of hosts by trace elements was watched.

The experimental serving of cadmium to domestic sheep influence levels of zinc, copper, ferrum and manganese in muscle, kidneys and livers of sheep. Most of all it influence level of ferrum, which is multiple bigger in cadmium loaded sheep than unloaded.

As well infection of *Moniezia expansa* have influence on concentration of tracer elements (Zn, Cu, Fe, Mn) in muscle kidneys and livers of host. *Moniezia expansa* at gut of infected sheep withdraw a certain part of zinc from kidneys, copper and ferrum from muscle, kidneys and livers and manganese from muscle and kidneys of host. Reversly the level of zinc in muscle and livers and manganese in livers raises with tapeworm infection.

The experimental serving of cadmium influence as well the level of zinc, copper, ferrum and manganese in *Moniezia expansa* at guts of domestic sheep. So it is tapeworms ability to catch these trace elements. Loading of sheep by cadmium inceases the tapeworms ability to copper and manganese. The ability to catch zinc and ferrum is reversly weaker by sheep which werent laoded by cadmium.

Between the values of single elements (Zn, Cu, Fe, Mn) in muscle, kidneys, livers and *Moniezia expansa* at the guts was find out statistic evidential difference ( $p < 0,05$ ).

**Keywords:** domestic sheep, *Moniezia expansa*, cadmium, zinc, copper, ferrum, manganese

## OBSAH

1. ÚVOD .....	1
2. CÍL PRÁCE .....	2
3. PŘEHLED LITERATURY .....	3
3.1. Ovce domácí ( <i>Ovis aries</i> ) .....	3
3.1.1. Stavba těla ovce .....	3
3.2. Role prvků (Zn, Cu, Fe, Mn) ve výživě ovcí .....	4
3.2.1. Zinek .....	4
3.2.2. Měď .....	5
3.2.3. Železo .....	5
3.2.4. Mangan .....	6
3.3. Kovy a polokovy v prostředí .....	6
3.3.1. Kadmium .....	8
3.3.1.1. Dopady na životní prostředí .....	9
3.3.1.2. Dopady na zdraví člověka, rizika .....	9
3.3.2. Zinek .....	10
3.3.3. Měď .....	11
3.3.4. Železo .....	13
3.3.5. Mangan .....	13
3.4. Metalothioneiny .....	14
3.5. Parazitičtí helminti .....	15
3.5.1. Vrtejši ( <i>Acanthocephala</i> ) .....	15
3.5.2. Ploštěnci ( <i>Plathelminthes</i> ) .....	16
3.5.2.1. Tegument parazitických ploštěnců .....	17
3.5.2.2. Tasemnice ( <i>Cestoda</i> ) .....	18
3.5.1.2.1. Tasemnice ovčí ( <i>Moniezia expansa</i> ) .....	19
3.6. Akumulace těžkých kovů parazitickými helminty .....	21
3.6.1. Akumulace kovů vrtejšem velikým ( <i>Macracanthorhynchus hirudinaceus</i> ) u přirozeně infikovaných prasat .....	22
3.6.2. Vychytávání, kinetika a metabolismus anorganických látek a iontů parazitickými helminty .....	24
4. MATERIÁL A METODY .....	25

4.1. Experimentální plán .....	25
4.1.1. Experiment I: porovnávání skupin A, B, CA, CB .....	26
4.1.2. Experiment II: porovnání obsahu Zn, Cu, Fe, Mn u skupin A, B, CA, CB.....	26
4.1.3. Experiment III: porovnání obsahu Zn, Cu, Fe, Mn v tělech tasemnic ( <i>Moniesia expansa</i> ) ve střevě ovcí skupiny B, CB .....	26
4.2. Statistické zhodnocení .....	26
5. VÝSLEDKY .....	27
5.1. Experiment I: porovnávání skupin A, B, CA, CB .....	27
5.1.1. Svalovina .....	27
5.1.2. Ledviny .....	29
5.1.3. Játra .....	31
5.2. Experiment II: porovnání obsahu Zn, Cu, Fe, Mn u skupin A, B, CA, CB.....	33
5.2.1. Zinek .....	33
5.2.2. Měď .....	34
5.2.3. Železo.....	35
5.2.4. Mangan .....	36
5.3. Experiment III: porovnání obsahu Zn, Cu, Fe, Mn v tělech tasemnic ( <i>Moniesia expansa</i> ) ve střevě ovcí skupiny B, CB .....	37
5.4. Statistické zhodnocení .....	38
6. DISKUZE .....	39
7. ZÁVĚR .....	43
8. SEZNAM LITERATURY .....	44
10. SAMOSTATNÉ PŘÍLOHY .....	50

## **SEZNAM PŘÍLOH**

**Tabulka 3:** Koncentrace stopových prvků Zn, Cu, Fe a Mn (mg/kg sušiny) ve svalovině ovcí s různým zatížením Cd/tas.

**Tabulka 4:** Koncentrace stopových prvků Zn, Cu, Fe a Mn (mg/kg sušiny) v ledvinách ovcí s různým zatížením Cd/tas.

**Tabulka 5:** Koncentrace stopových prvků Zn, Cu, Fe a Mn (mg/kg sušiny) v játrech ovcí s různým zatížením Cd/tas.



## 1. ÚVOD

Podnebí v naší geografické oblasti a přechod od karpatského systému pastvy ovcí k systémům oplůtkovým umožňuje rozvinutí vývojových cyklů mnoha parazitů ovcí. Nejpodstatnějšími parazitologickými nálezy v našich chovech jsou nálezy plicní, střevní a slezové červivosti, motolic a tasemnic.

Tasemnice (Cestoda) jsou třídou bezobratlých živočichů, patřící do kmene ploštěnců (Platyhelminthes), kteří žijí parazitickým způsobem života. Je známo zhruba 5000 druhů tasemnic, jež parazitují u všech skupin obratlovců. Tasemnice ovčí (*Moniezia expansa*) patří mezi nejčastější a nejzávažnější helmintózy ovcí. Je to ekonomicky nejzávažnější parazitóza zjišťovaná při pastevním odchovu jehňat. Vyskytují se v pastevních oblastech na celém světě, nejčastěji v oblastech pahorkatin s nedostatkem vodních srážek.

Při posuzování znečištění prostředí kovy nebo polokovy se často hovoří o samostatné skupině tzv. těžkých nebo toxických kovů, která však není přesně specifikována. Téměř všechny kovy, popř. polokovy jsou alespoň ve stopových množstvích v prostředí přirozeně obsaženy, a to v závislosti na geologických podmínkách. V současné době je značně obtížné odlišit přírodní pozadí od antropogenního znečištění. Mezi esenciální těžké kovy zpravidla řadíme zinek, měď, železo a mangan. Řada vědeckých pracovišť se zabývá hodnocením hranice esenciality a toxicity těžkých kovů.

Vztah mezi znečištěním životního prostředí a parazitismem, a potenciální role parazitů jako indikátorů kvality životního prostředí zvyšují pozornost. Ze studií (Sures a Siddal, 1999) vyplynulo, že někteří parazité, zejména vrtejší, mohou akumulovat těžké kovy ve vyšší koncentraci než hostitelské tkáně nebo okolní prostředí. Vnější povrch parazitických ploštěnců je tvořen multifunkčním synciciálním tegumentem, který je propustný pro řadu organických roztoků. Tasemnice nemají trávicí soustavu, ale jejich tegument má vysoce účinnou digestivně absorpční vrstvu, která soutěží se sliznicí střeva hostitele o živiny, ale také těžké kovy ze střeva hostitele.

Hlavním předmětem této práce bylo zjistit rozdíl v koncentraci stopových prvků v tkáních u ovcí s tasemnicemi ve střevě a ovcí bez tasemnic. Účelem této práce bylo studovat dopad cizopasníka na zatížení různých tkání hostitele stopovými prvky. Byl analyzován vliv infekce tasemnicí ovčí (*Moniezia expansa*) a experimentálního podání kadmia na koncentrace stopových prvků ve svalovině, ledvinách a játrech hostitele (*Ovis aries*).

## 2. CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo zjistit rozdíl v zatížení tkání stopovými prvky u ovcí s tasemnicemi ve střevě a ovcí bez tasemnic a posoudit vliv infekce tasemnicí ovčí (*Moniezia expansa*) a experimentálního podání kadmia na koncentrace stopových prvků ve svalovině, ledvinách a játrech hostitele (*Ovis aries*).

### 3. PŘEHLED LITERATURY

#### 3.1. Ovce domácí (*Ovis aries*)

Ovce slouží člověku jako užitkové zvíře více než 6000 let (Černošek a kol., 1989). Patří k nejstarším domestikovaným hospodářským zvířatům, v Přední Asii byly domestikovány v 10. až 9. tisíciletí před n. l., v Evropě asi o 2 tisíciletí později. Na našem území se ovce chovají od 9. století. Všestranná užitkovost, velká odolnost, nenáročnost, kratší reprodukční cyklus, jednodušší ošetřování a velká přizpůsobivost způsobily, že se ovce postupně rozšířily do všech zeměpisných pásem, rozdílných nadmořských výšek, klimatických a výrobních podmínek. Dlouhou dobu byly hlavním druhem hospodářských zvířat (Horák a kol., 2004).

##### Systematické zařazení

Říše: živočichové (Animalia)

Kmen: strunatci (Chordata)

Třída: savci (Mammalia)

Řád: sudokopytníci (Artiodactyla)

Podřád: přežvýkaví (Ruminantia)

Čeleď: turovití (Bovidae)

Podčeleď: kozy a ovce (Caprinae)

Rod: ovce (*Ovis*)

Druh: ovce domácí (*Ovis aries*)

><http://www.savci.upol.cz><

##### 3.1.1. Stavba těla ovce

Tělo ovce domácí je členěno na pět základních částí: hlavu, krk, trup (dále se dělí na hřbet, hrudník, břicho a pánev), ocas a končetiny. V těle je celá řada orgánů, které zajišťují četné životně nezbytné funkce. Orgány jsou seskupeny do funkčně jednotného ústrojí a do orgánových soustav. Rozlišuje se pohybové ústrojí se složkou pasivní (skelet) a aktivní (svaly), dále ústrojí trávicí, dýchací, močové, pohlavní samčí a samičí, ústrojí krevního a mízního oběhu, ústrojí tělního pokryvu, smyslové orgány a řídicí orgánové soustavy (nervová soustava, čidla a žlázy s vnitřní sekrecí). Celá řada orgánů se nachází v tělních

dutinách, především v dutině břišní, hrudní a pánevní. Jsou to orgány ústrojí trávicího, dýchacího, močového a pohlavního a ústrojí krevního oběhu (Horák a kol., 2004).

### Svalovina

Aktivní pohyb jednotlivých částí skeletu zajišťuje asi 340 kosterních svalů, které se na vůli ovládaný podnět zkracují a tak mění vzájemné zaúhlení sousedních kostí spojených pomocí kloubů. To umožňuje při pevné opoře o zem vyvolat pohyb. Kosterní svaly jsou lokalizované na kostře ve funkčních skupinách v jednotlivých částech nebo krajinách těla. Ve skupině působí buď jako synergisté, nebo antagonisté. V některých krajinách těla jsou svaly velmi rozvinuté a tvoří podstatu masné produkce. Jinde, zvláště na končetinách, jsou svaly zastoupeny pouze nebo převážně šlachami svalů (Horák a kol., 2004).

### Ledviny

Ledvina ovce má tvar oválu a je zhruba 10 cm dlouhá. Na povrchu je hladká, krytá šedavým vazivovým pouzdrem. Na vnitřním okraji má prohlubeň, kde se nachází ledvinová branka, kam vstupují ledvinové cévy, močovod a nachází se zde prostorná ledvinová pánvička, vše je obalené tukem. Obě ledviny ovce váží přibližně 100 – 150 g. Pod vazivovým pouzdrem je ledvinová kůra, ve které se nacházejí ledvinová tělíska a ledvinové kanálky s funkcí tvorby moče. Pod kůrou je ledvinová dřevina, ve které jsou ledvinové kanálky a vývody, kudy odtéká moč z parenchymu do ledvinové pánvičky (Horák a kol., 2004).

### Játra

Játra jsou tvaru disku, oploštělá, s nezřetelnými čtyřmi laloky, zřetelnou jaterní bránou a žlučovým měchýřem. Jsou červenohnědé barvy, uložena za bránicí napravo. U dospělé ovce váží přibližně 1 kg (Horák a kol., 2004).

## **3.2. Role prvků (Zn, Cu, Fe, Mn) ve výživě ovcí**

### **3.2.1. Zinek**

Zinek se nalézá ve značném množství v játrech, spermatu a svalech, také v kůži a vlně. Napomáhá růstu, je obsažen v enzymu podporujícím dýchání. Má kladnou úlohu při rozmnožování a v přeměně sacharidů, tuků a bílkovin. Nedostatek zinku způsobuje především poruchy kůže, srsti a také paznehtů. Nedostatek zinku v krmné dávce může nastat

také při zkrmování dávek s velkým nadbytkem vápníku, například při překrmování vojteškovým senem (Horák a kol., 2004).

### **3.2.2. Měď**

Měď je obsažena v krvi, ledvinách, játrech, mozku i ve svalové tkáni. V menším množství i v mléce a vaječném žloutku. Je katalyzátorem při tvorbě hemoglobinu. Obsah mědi v játrech kolísá podle věku zvířete. Mláďata mají zvýšenou potřebu mědi. Má vliv na růst, podněcuje krvetvorné procesy a dýchání tkání. Březí zvířata mají zvýšený obsah mědi v krvi. Měď zlepšuje využití sacharidů. Syntéza některých vitaminů a jejich aktivita souvisí s mědí. Nedostatek mědi se může vyskytovat na půdách lehkých a bahnitých. Při trvalém nadbytku se měď hromadí v těle zvířete, což může být pro zvířata (ve vyšším věku) nebezpečné (Horák a kol., 2004).

Nedostatek mědi se u jehňat vyskytuje ve dvou formách. V neonatální formě způsobuje narození mrtvého mláděte, zatímco později se jehně narodí normální, ale vykazuje klinické příznaky během šesti měsíců po narození (Patterson et al., 1974). Při primárním nedostatku mědi je příjem mědi nedostatečný z důvodu nízké hladiny mědi v krmivu, zatímco při sekundárním nedostatku mědi má krmivo dostatečné množství mědi, ale vzhledem k přítomnosti přebytku molybdenu, síry, železa nebo zinku, které tvoří komplexy s mědí, není dostatečné množství mědi k dispozici tkáním (Dick et al., 1975).

Nemoc způsobená nedostatkem mědi je velmi rozšířená a značný význam má na Trinidadu. K většině případům dochází na Trinidadu během období sucha, v období mezi únorem a květnem. Tato nemoc a faktory, které způsobují hypokupremii vyvolaly značný zájem výzkumu na Trinidadu (Adogwa et al., 2005). Youssef (1985, 1987) uvádí nízké hladiny mědi v píci a v krvi malých přežvýkavců. Mohamed et al (1995) popsal i léze této nemoci u jehňat. Alleyne et al (1996) dokázali, že mitochondrie v jehňatech a kůzlatech postižených nemocí, způsobenou nedostatkem mědi, jsou poškozené (Adogwa et al., 2005).

### **3.2.3. Železo**

Železo je součástí hemoglobinu a respiračních enzymů. Je přenašečem kyslíku a napomáhá při přeměně živin v buňce. Železo je ve formě organické i anorganické. Jeho množství v organismu je 0,4 – 0,5 g na 10 kg živé hmotnosti, což představuje asi 0,03 – 0,007 % hmotnosti. Polovina se nachází v hemoglobinu. Železo se ukládá ve slezině, kostní dřeni a v játrech. Dostatek vitaminu D zvyšuje využití železa. Větší potřeba

železa je u intenzivně rostoucích zvířat. Bohaté na železo jsou motýlokvěté rostliny, dále také otruby a jádro. V mléce bahnice není dostatek železa, proto je nutné zajistit pro jehňata možnost pastvy nebo přikrmit kvalitní seno. Při nedostatku železa může nastat chudokrevnost a zakrslost (Horák a kol., 2004).

### **3.2.4. Mangan**

Mangan je obsažen v játrech, ledvinách, lymfatických žlázách a pankreatu. Má kladný vliv na růst, vývoj a rozmnožovací schopnost zvířat. Při nedostatku manganu se zpomaluje pohlavní vývin a porušuje pravidelnost ovulace. Mláďata jsou pak při narození slabá a špatně vyvinutá, někdy se rodí mrtvá. Mangan je součástí enzymů nebo aktivizuje jejich činnost. Napomáhá oxidaci železa a je nutný správný poměr železa a manganu. Pro normální tvorbu krve je nutná kombinace železa, mědi a manganu. Nadbytek manganu je škodlivý, může způsobit anémie pravděpodobně tím, že snižuje využití železa z krmné dávky (Horák a kol., 2004).

### **3.3. Kovy a polokovy v prostředí**

Při posuzování znečištění prostředí kovy nebo polokovy (As, Se) se často hovoří o samostatné skupině tzv. těžkých nebo toxických kovů, která však není přesně specifikována. Těžké kovy bývají z chemického hlediska definovány měrnou hmotností větší než  $5000 \text{ kg.m}^{-3}$  nebo také tím, že jejich soli se srážejí sulfidem sodným za vzniku málo rozpustných sulfidů. Často se název těžké kovy používá jako synonymum pro toxické kovy, což může vést k určitým nesrovnalostem (např. berylium je sice toxický kov, ale nikoli těžký kov). Na druhé straně pojem toxický kov lze vymezit snáze, a proto se doporučuje neužívat název těžké kovy jako synonymum pro toxické kovy (např. železo a mangan patří sice mezi těžké kovy, nelze je však řadit mezi kovy toxické). Název těžké kovy lze doporučit tehdy, pokud je zapotřebí odlišit je např. od Na, K, Ca a Mg, které mají rozdílné chemické a biologické chování (Pitter, 1999).

Téměř všechny kovy, popř. polokovy jsou alespoň ve stopových množstvích v prostředí přirozeně obsaženy, a to v závislosti na geologických podmínkách. V současné době je značně obtížné odlišit přírodní pozadí od antropogenního znečištění. Hlavním antropogenním zdrojem kovů a polokovů jsou odpadní vody z těžby a zpracování rud, z hutí, z válcoven, z povrchových úprav kovů, z fotografického, textilního a kožedělného

průmyslu atd. Dalším zdrojem jsou agrochemikálie (Hg, Zn, Ba,As), algicidní preparáty (Cu) a vyluhování kalových deponií. Také atmosférické vody znečištěné exhalacemi ze spalování fosilních paliv a výfukovými plyny motorových vozidel mohou být významným zdrojem kovů a polokovů (Hg, Pb, Zn, Cd, As, Se aj.). V některých oblastech může být antropogenní vstup kovů atmosférickou cestou velmi významný, protože některé sloučeniny kovů při spalování komunálních odpadů sublimují a nezůstávají jen v popelu, ale část jich přechází i do plynné fáze v závislosti na složení odpadu. Například měď zůstává převážně v popelu, na rozdíl od kadmia, které přechází převážně do plynných zplodin (Pitter, 1999).

Toxické těžké kovy již ve velmi nízké koncentraci vyvolávají závažnou, většinou nevratnou negativní metabolickou změnu, která vede ke smrti organismu. Mezi toxické kovy řadíme především olovo, kadmium, rtuť, arsen a řadu dalších (Blaštík a kol., 2006).

Z hlediska toxicity má prioritní význam rtuť, kadmium, olovo a arsen. Inhibují růst organismů a činnost enzymů. U člověka a zvířat mohou být příčinou akutních nebo chronických onemocnění (Pitter, 1999). Toxické těžké kovy vstupují do organismů především kontaminovanou potravou a vodou. Mohou kompetitivně inhibovat vazebná místa v apoenzymech a tím narušit biochemické procesy (Blaštík a kol., 2006).

Mezi esenciální těžké kovy zpravidla řadíme železo, měď, zinek, selen, chrom a mangan. V případě vyššího příjmu esenciálních těžkých kovů se výrazně zvyšuje riziko vzniku volných kyslíkových radikálů. Vyšší příjem esenciálních těžkých kovů zlepšuje aktivitu organismu. Řada vědeckých pracovišť se zabývá hodnocením hranice esenciality a toxicity těžkých kovů (Blaštík a kol., 2006).

Do krmiva pro zvířata je přidávána celá řada stopových prvků – měď, zinek, selen atd. Zlepšuje se tím jejich zdravotní stav i váhový přírůstek. Těžké kovy se do zvířat dále dostávají i z vody a z korodujících konstrukcí ve stájích. Vysoké koncentrace těžkých kovů byly laboratorně zjištěny například v prasečích exkrementech <<http://www.csvv.cz>>.

Nejzávažnější negativní vlastností těžkých kovů je jejich schopnost bioakumulace. Bioakumulace znamená nashromáždění látek v těle organismu důsledkem stravování se vyšších organismů organismy nižšího stupně v potravní pyramidě <<http://www.priroda.cz>>.

Rovnováha iontů těžkých kovů vstupujících do organismů je ovlivněna především koncentrací těžkých kovů v tělních tekutinách. Změny koncentrace těžkých kovů v tělních tekutinách souvisí s jejich vylučováním především ledvinami a případně změnou v resorpci sliznicí střeva. Bohužel je stále velmi málo známo o mechanismu regulace hladiny jak v ledvinách, tak ve střevu. Navíc je zřejmé, že na udržení této rovnováhy prostřednictvím

hospodaření s elektrolyty a vodou, se podílí hormony. Především se této hormonální regulace účastní mineralokortikoidy. V současné době není vůbec jasné, jak do tohoto procesu vstupují peptidy a proteiny schopné vázat těžký kov (Blašík a kol., 2006).

### 3.3.1. Kadmium

Vzhledem k chemické podobnosti doprovází kadmium zinek v jeho rudách (Pitter, 1999). Kadmium je součástí mnoha hornin, které se zvětváním postupně rozpadají, a tím se stávají součástí půdy. Významným zdrojem kadmia je cigaretový dým, ale kadmium se do tabákových listů dostalo pouze z půdy, na které tabáková rostlina vyrůstala. Kadmium se vlivem přírodních pochodů dostává do bažinatých půd a sedimentů, takže rostliny, které na takovýchto půdách vyrůstají, obsahují větší množství kadmia <<http://www.joalis.co.uk>>. Z kouře jedné cigarety inhalací dostaneme 0,1 - 0,2 mg Cd <<http://aldebaran.feld.cvut.cz>>.

Asi tři čtvrtiny vyprodukovaného kadmia se spotřebuje na výrobu NiCd baterií. Většina zbývajících kadmia se použije na pigmenty (kadmium sulfid = kadmiová žluť, kadmium selenid = kadmiová červeň), povrchové úpravy kovů a jako stabilizátory pro plastické hmoty. Kadmium se též užívá jako příměs do pájek <<http://www.joalis.co.uk>>.

Kadmium není esenciálním prvkem pro organismy. Patří mezi velmi nebezpečné jedy, což bylo dříve podceňováno. Pokud se týká kovů, pak v řadě podle klesající toxicity se nachází na druhém místě hned za rtuť. Značně se kumuluje v biomase. Má jeden z nejvyšších koncentračních koeficientů. Setrvává velmi dlouho v těle, protože na rozdíl od rtuti netvoří biochemickou cestou těkavé alkylderiváty. Detoxikace je proto pomalá a hrozí nebezpečí chronických otrav. Kromě toho zesiluje toxické účinky jiných kovů (synergismus), např. Zn a Cu (Pitter, 1999).

Onemocnění zapříčiněné kadmiiem bylo poprvé popsáno v roce 1969 v Japonsku a nazváno „itai-itai“. Kadmium se ukládá v kůře nadledvinek a způsobuje jejich dysfunkci a kromě toho způsobuje dekalifikaci kostí (zpomaluje se růst a dochází k bolestivému zkracování kostí). Kromě toho se předpokládají i karcinogenní účinky při inhalaci. Při orálním podání nebyla karcinogenita prokázána (Pitter, 1999).

Kadmium ovlivňuje agregační aktivitu trombocytů, prostacyklinu v endoteliálních buňkách, stimuluje proteinkinázu C a fosfodiesterázy. Kadmium také inhibuje superoxidodismutázy a tím narušuje antioxidační ochranu organismu (Blašík a kol., 2006).



### 3.3.1.1. Dopady na životní prostředí

Kadmium se může vázat na popílek, prachové a půdní částice a jílové půdy. Vazba je nejsilnější u popílku a jílových částic. Kadmium uvolňované do atmosféry se proto váže na emitované částice popílku. Tyto částice mohou zůstat v atmosféře více než týden, než pomocí atmosférické depozice přejdou do vody nebo půdy. Tímto způsobem se kadmium může distribuovat na velké vzdálenosti <<http://www.irz.cz>>.

Na zemi se kadmium naváže na částice jílu nebo prachu. V této podobě se může dešťovou vodou vymýt do vodního prostředí nebo může být akumulováno organismy. Akumulace organismy je velmi vysoká, proto dochází ke hromadění kadmia v potravních řetězcích. Popsanou vlastnost lze nazývat bioakumulací. Vysoké koncentrace kadmia v půdním roztoku nepříznivě ovlivňují schopnost půdních mikroorganismů rozkládat organickou hmotu i polutanty. Tato inhibice je důsledkem zúžení škály bakterií v zemině. Mobilita sloučenin ve vodném prostředí závisí na jejich rozpustnosti. Zatímco oxidy a sulfidy kadmia jsou poměrně nerozpustné, chloridy a sírany rozpustné jsou. Koncentrace kadmia v sedimentech dna je obvykle více než desetkrát vyšší než ve vodě. Adsorpce kadmia na půdy a oxidy křemíku a hliníku silně závisí na hodnotě pH a vzrůstá s rostoucí alkalitou prostředí. Pokud je pH nižší než 6–7, dochází k desorpci kadmia z těchto materiálů. Zvýšením kyselosti (způsobené např. kyselými dešti) může dojít k uvolnění kadmia ze sedimentů a k výraznému zvýšení jeho koncentrace ve vodě. Kadmium je značně toxické pro vodní organismy, nejcitlivěji reagují lososovité ryby. Zvýrazňuje také toxicitu dalších kovů (zinku, mědi aj.) a negativně ovlivňuje samočisticí schopnost vody <<http://www.irz.cz>>.

### 3.3.1.2. Dopady na zdraví člověka, rizika

Kadmium je velmi toxický prvek výrazně poškozující ledviny. Má velmi vysoký akumulační koeficient, detoxikace je proto pomalá a hrozí nebezpečí chronických otrav. Podle klasifikace EPA je zařazeno jako pravděpodobný lidský karcinogen, může způsobovat rakovinu plic a prostaty. Je teratogenní (poškozující plod). Z dalších účinků je významné poškození jater, kostí, plic a gastrointestinálního traktu. Chronické expozice mohou také způsobovat poškození srdce a imunitního systému. Kromě toho zesiluje toxické účinky jiných kovů, například zinku a mědi <<http://www.irz.cz>>.

Kadmium je velmi toxický prvek, který má schopnost hromadit se v potravních řetězcích. Může se vyskytovat ve všech složkách životního prostředí a akumulovat se v půdách a sedimentech s rizikem potenciálního nárazového uvolnění například změnou

pH. Jeho toxické působení na člověka je skutečně mimořádně závažné. Zcela důvodné je proto pečlivé sledování emisí a jejich minimalizace <<http://www.irz.cz>>.

Ohlašovací práh pro emise a přenosy uvádí tabulka 1. Ohlašovací práh do vod 5 kg za rok si lze například představit jako objem vypuštěné vody 500 m<sup>3</sup> o koncentraci kadmia 10 mg.l<sup>-1</sup>. V případě kadmia ve vzduchu o koncentraci 100 mg.m<sup>-3</sup> představuje ohlašovací práh 10 kg ročně objem vzduchu 100 000 m<sup>3</sup>, za stejné teploty a tlaku jako je uvedena koncentrace <<http://www.irz.cz>>.

Již pod 10 mg Cd jsou zřetelné syndromy: zvracení, poškození jater a ledvin. Mimořádný toxikologický význam mají páry kovového Cd a následná inhalační otrava. Cd poskytuje páry již při 321°C. Vzniká zánět plicního epitelu a edém plic. Zdrojem Cd v potravě jsou především fosfátová hnojiva, zvláště z afrických ložisek. Podle analýz z r. 1989 je největší množství Cd u nás ve zvířině. mezní hodnota NPK-P je 0,5 mg.m<sup>-3</sup> pro oxid kademnatý. Navrhuje se snížení tohoto limitu na hodnotu 0,1 mg.m<sup>-3</sup> pro Cd a jeho sloučeniny <<http://aldebaran.feld.cvut.cz>>.

**Tabulka 1: Ohlašovací práh pro emise a přenosy**

do ovzduší (kg/rok)	10
do vody (kg/rok)	5
do půdy (kg/rok)	5
ohlašovací práh mimo provozovnu (kg/rok)	5
rizikové složky životního prostředí	ovzduší, voda, půda

<<http://www.irz.cz>>

### 3.3.2. Zinek

Nejrozšířenějšími zinkovými rudami jsou sfalerit (ZnS) a smithsonit (Zn CO<sub>3</sub>). Zinek je běžnou součástí hornin, půd a sedimentů. Například v jílech bývá obsaženo asi 100 mg . kg<sup>-1</sup> zinku. Pozadřová hodnota zinku v půdách je asi 80 mg kg<sup>-1</sup>. Větší množství zinku se dostává do podzemních vod při oxidačním rozkladu sulfidických rud. Antropogenním zdrojem zinku je především atmosférický spad. Do atmosféry se dostává zinek při spalování fosilních paliv a při zpracování nezelezných rud. Dalším zdrojem zinku jsou nádoby ze zinku nebo pozinkovaných kovů (vědra, plechy, okapy), se kterými přichází do styku voda. Také hnojiva obsahují zinek jako znečišťující příměs. Dalším zdrojem zinku

mohou být deponované čistírenské kaly. Zinek patří také mezi esenciální stopové prvky pro lidi, zvířata i rostliny. Doporučený příjem Zn pro dospělé osoby je 10 mg až 20 mg. Zinek je součástí některých enzymů a má řadu dalších biologických a biochemických funkcí. Jeho deficit může být příčinou řady zdravotních problémů. Proto je z hygienického hlediska zinek v prostředí málo závadný. Avšak zinek je značně toxický pro ryby a jiné vodní organismy. Zvláště citlivé jsou lososovité ryby a jejich plůdek (Pitter, 1999).

### 3.3.3. Měď

V přírodě se měď nejčastěji vyskytuje ve formě sulfidů (chalkopyritu  $\text{CuFeS}_2$  a chalkosinu  $\text{Cu}_2\text{S}$ ), ze kterých se může do prostředí dostat značné množství mědi v důsledku rozkladu sulfidických rud. Dále mají význam hydroxid-uhličitany malachit  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$  a azurit  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$  a z oxidů tenorit  $\text{CuO}$  (Pitter, 1999).

Měď se v životním prostředí vyskytuje přirozeně a lidé ji přijímají vdechováním, požitím v pitné vodě nebo v potravě, ale také kožním kontaktem - např. se šperky obsahujícími měď a dalšími měděnými předměty. Zvýšené koncentrace mědi antropogenního původu se často vykytují v blízkosti továren, které se zabývají zpracováním mědi. Ještě vyšší koncentrace mohou být zaznamenány v oblastech, kde se měď těží. V domácnostech se spíše dostaneme do kontaktu s kontaminovanou vodou, což je způsobeno instalací měděných vodovodních rozvodů. Nejčastěji se tak stává, když voda delší dobu neproudí a je tak déle ve styku s mědí. S mědí se také můžeme setkat v některých zahradnických přípravcích (modrá skalice), které slouží k ošetřování rostlin. V prostředí se měď zpravidla pohybuje vzduchem, ve formě tuhých částic, nebo se pohybuje rozpuštěná v přírodních vodách. Většina mědi, která je emitována do ovzduší, vody, sedimentů a půdy se zpravidla velmi dobře váže na tuhé částice, které jsou přítomny v prostředí, čímž značně snižuje svoji toxicitu <<http://www.bezjedu.arnika.org>>.

Měď je ve stopové koncentraci pro živé organismy nesmírně důležitá. Doporučená denní dávka je pro člověka přibližně 1-2 mg. Nicméně nepřiměřeně vysoký příjem mědi může vést ke vzniku závažných zdravotních problémů, jako je poškození jater a ledvin, nebo vznik anemie. Extrémně vysoké dávky mědi mohou způsobit i smrt <<http://www.bezjedu.arnika.org>>.

Také nedostatek mědi, zapříčiněný nevhodným složením stravy, ovlivňuje negativně několik druhů domácích a divokých zvířat (Suttle et al., 1970). Může způsobit zpomalení růstu, ataxii, chudokrevnost, poruchu tvorby a zhoršení kvality kostí, průjmy, ztrátu pigmentů

a snížení reprodukce. Intenzita projevů nedostatku mědi je ovlivněna druhem, věkem a pohlavím. Na nedostatek mědi jsou nejvíce citlivým druhem zvířat přežvýkavci (Adogwa et. al., 2005).

Ve vzácných případech se u lidí může objevit genetická porucha metabolického zpracování mědi, která se projevuje buď sníženou schopností absorbovat měď (Menkeho choroba), nebo se jí naopak zbavovat (Wilsonova choroba). V některých případech se může v pitné vodě vyskytovat abnormálně zvýšená koncentrace mědi, která je způsobena uvolňováním mědi z měděných potrubních rozvodů. Takové případy mohou vést k vyvolání zvracení, průjmů, žaludečních křečí nebo závratí. Naštěstí zvýšenou koncentraci mědi v pitné vodě lze poměrně dobře rozpoznat kvůli typické kovové pachuti a proto se dá požití kontaminované vody snadno předejít. Z hlediska negativních účinků mědi jsou malé děti podstatně citlivější než dospělí, přičemž dlouhodobý přísun vysokých dávek mědi v jídle nebo ve vodě může vést k závažnému poškození jater a v extrémních případech také k smrti. Měď se může vedle požití v potravě nebo ve vodě do těla dostávat také dýcháním. Expozice vůči měděnému prachu ve vzduchu může způsobovat podráždění nosu a očí, případně může docházet ke vzniku obtíží typu bolestí hlavy, otupělosti a průjmů. Vdechování prachu způsobuje také onemocnění podobné chřipce, jehož symptomy jsou kovová pachuť v ústech, horečka, která se může střídát se zimnicí, svírání na prsou a kašel. Negativní působení mědi a závažnost problémů, které jsou mědí způsobeny se obecně odvíjejí od doby a míry expozice <<http://www.bezjedu.arnika.org>>.

Podobně jako v případě člověka, příjem určitého množství mědi je nezbytný také pro život zvířat a rostlin. Pokud jde o negativní dopady mědi, je velmi toxická pro mnohé viry a bakterie. S přirozeným výskytem mědi se můžeme setkat ve vodách, přičemž měďnatý iont je potenciálně velmi toxický pro vodní ekosystémy. Podle míry jeho zastoupení mohou hrozit problémy akutního nebo chronického rázu. Toxicita mědi se zvyšuje s poklesem tvrdosti vody a množstvím rozpuštěného kyslíku, zatímco se snižuje při vysokých koncentracích rozpustných organických látek a tuhých částic. Také pH ovlivňuje míru toxicity mědi pro vodní organismy. Jedním z vodních organismů u kterých bylo prokázáno negativní působení mědi jsou ryby, přičemž bylo zjištěno, že měď má schopnost biokumulovat se v rybích tkáních. Přes její značnou toxicitu pro vodní organismy, výskyt volné mědi většinou nepředstavuje v ekosystémech velký problém, protože se komplexně váže v půdě, čímž se značně snižuje její toxicita <<http://www.bezjedu.arnika.org>>.

Hlavním proteinem pro transport a ukládání mědi je ceruloplazmin, který přenáší v cytoplazmě asi 90 % mědi, vykazuje oxidázovou aktivitu a podílí se také na vylučování mědi z organismu (Blaštík a kol., 2006).

### 3.3.4. Železo

Nejrozšířenější železnou rudou je pyrit  $\text{FeS}_2$ , po něm následuje krevet  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , magnetovec  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , limonit  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  a siderit  $\text{FeCO}_3$ . Železo je v malém množství obsaženo také v řadě přírodních hlinitokřemičitanů (Pitter, 1999).

Železo je esenciální prvek a součást hemoglobinu. Je důležité pro krvetvorbu a transport kyslíku. Tvoří základ všech cytochromů a má značný vliv na průběh biotransformace. Podílí se na detoxikačních mechanismech a má značný průmyslový význam. Práškové železo je prakticky netoxické, onemocnění se vyskytuje jen při velkých dávkách ( $10 \text{ mg/m}^3$ ). Oxid železitý  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  se toxikologicky neodlišuje od  $\text{FeO}$ . Onemocnění siderosu (prašné onemocnění plic) způsobuje pouze chronická inhalace. Síran železnatý způsobuje podráždění žaludeční sliznice, poškození jater a možnost alergických onemocnění. Pentakarbonyl železa  $\text{Fe}(\text{CO})_5$  je toxická kapalina, která se vstřebává i neporušenou pokožkou, je vylučována plicemi a způsobuje edém plic při jakékoli expozici. <<http://kalch.upce.cz>>.

Hlavním transportérem železa je plazmatický protein transferrin, který dvěma vazebnými místy váže kov v trojmocné podobě. Tento protein předává železo ferritinu, který jej v organismu skladuje (Blaštík a kol., 2006).

### 3.3.5. Mangan

Pitter (1999) uvádí, že mangan doprovází obvykle železné rudy. Z manganových rud se v přírodě vyskytuje zejména burel či pyroluzit ( $\text{MnO}_2$ ), braunit ( $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ), hausmanit ( $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ), manganit [ $\text{MnO}(\text{OH})$ ] a dialogit ( $\text{MnCO}_3$ ).

Mangan je nezbytný pro rostliny i živočichy (Pitter, 1999). Přítomnost malých množství manganu v organismu a jeho pravidelný přísun v potravě je nezbytné pro jeho správnou funkci. Dlouhodobý nedostatek manganu v potravě vede především k problémům v cévním systému, protože dochází k nežádoucím změnám v metabolismu cholesterolu a jeho zvýšenému ukládání na cévní stěnu. Tento jev v dlouhodobém měřítku značně zvyšuje riziko vzniku kardiovaskulárních chorob. Mangan je důležitý i pro správný metabolismus cukrů a jeho nedostatek může vést k nebezpečí onemocnění cukrovkou (diabetes melitus).

Hlavními přirozenými zdroji manganu v potravě je rostlinná strava jako obilniny, hrášek, olivy, borůvky, špenát a ořechy. Doporučená denní dávka v potravě se pohybuje mezi 20 – 30 mg Mn denně (Greenwood a Earnshaw, 1993).

Naopak přebytek manganu v potravě působí negativně především na nervovou soustavu a působí potíže podobné projevům Parkinsonovy nemoci. Dlouhodobá expozice vysokými dávkami manganu může podle některých údajů zapříčinit vznik Parkinsonovy nemoci (Greenwood a Earnshaw, 1993).

### **3.4. Metalothioneiny**

Metalothioneiny (MT) jsou velmi významnou skupinou proteinů vyskytující se v rámci celé živočišné říše. Jejich biologická úloha není doposud plně objasněna. Za jejich velmi významnou roli lze považovat regulaci hladiny esenciálních kovů (jako je zinek, měď a další). Je třeba s nimi do budoucna počítat při hledání optimální minerální výživy zvířat. Metalothioneiny jsou charakteristické jak svým unikátním obsahem iontů kovů, tak obsahem síry. Je známa různá afinita k jednotlivým iontům kovů, a ty mohou představovat až 20 % hmotnosti MT. Savčí formy MT jsou charakteristické molekulovou hmotností v rozmezí 6 až 7 kDa. Většinou obsahují 60 až 68 aminokyselinových zbytků. V centrální části, většinou s dvaceti cysteiny, a celkovou vazbou sedmi jednomocných nebo dvojmocných iontů kovů. Aromatické kyseliny obyčejně chybí. Všechny cysteiny jsou v redukované podobě a jsou koordinované s ionty kovu, a vytvářejí tak metal-thiolátové klustery. Prostorová struktura byla odvozena na základě 2D NMR spektrometrie a rentgenové krystalografie. Ačkoliv aminokyselinové sekvence u různých druhů mohou být rozdílné, jejich prostorové uspořádání je však velmi podobné. Všechny MT mají krátký lineární úsek, na který jsou vázány dvě separátní proteinové domény. Domény obsahují klustery s vysokou afinitou ke kovům (minerálům). Kovy jsou vázány do společných tetrahedrálních Me (II) – Cys jednotek. Do této vazby jsou zapojeny všechny cysteiny přítomné v doménách (Blaštík a kol., 2006).

Metalothioneiny se vyskytují skrz celou živočišnou říši a jsou také známé z vyšších rostlin, eukaryotických mikroorganismů a řady prokaryot. U živočichů je jejich výskyt pozorován především v tkáních jako jsou játra, ledviny, slinivka a střevo. Jsou pozorovány značné rozdíly v koncentraci MT v závislosti na různém druhu, tkáni, stádiu vývoje, potravních zvyklostech a dalších dosud ne zcela známých a identifikovaných faktorech.

Ačkoliv je MT cytoplazmatický protein, může být akumulován v lyzosomech a v průběhu vývoje být pozorován v jádře (Blaštík a kol., 2006).

Na DNA se nachází regulační oblast označená jako „metal responsive element (MRE)“. MRE odpovídá za vazbu transkripčního aktivačního faktoru (MTF – 1) regulujícího MT – genovou expresi. Existuje možná role MT při aplikaci minerálních látek do krmiva zvířat. Ionty minerálních prvků jsou pravděpodobně začleněny do aktivních center enzymů, váží se do regulačních proteinů, a tak pozitivně působí na celkový stav zvířete. Hladinu těchto látek však může výrazným způsobem ovlivnit zvýšená syntéza MT. Ten následně vyváže jednotlivé ionty, které mohou být z organismu vyloučeny (Blaštík a kol., 2006).

### **3.5. Parazitičtí helminti**

#### **3.5.1. Vrtejši (Acanthocephala)**

Vrtejši (Acanthocephala) jsou pseudocoelní živočichové (Papáček a kol., 1994). Tělo je válcovité nebo vřetenovité, dlouhé od několika milimetrů do 60 cm. Jeho povrch je kryt vrstvičkou kutikuly, pod kterou leží syncytiální hypodermis. Pod ní je vrstva okružní a podélné svaloviny (Laštůvka a kol., 2001). Na předním konci těla vrtejšů je zatažitelný chobot (Zicháček, 1995) Vysouvateľný chobůtek se zpětnými háčky má různý tvar a slouží k přichycení ve střevní sliznici hostitele. Vakovité lemnisky v přední části těla vznikly vchlípením hypodermis a ovlivňují patrně vysouvání chobotku (Laštůvka a kol., 2001). Nemají vytvořena ústa ani trávicí trubici. Živiny přijímají celým povrchem těla vstřebáváním (Zicháček, 1995). Nervová soustava je podobné stavby jako u hlístic. Je tvořena centrálním gangliem a několika nervovými provazci, které vybíhají dopředu a dozadu. Smyslové orgány jsou vytvořeny pouze v podobě papil na chobotku. Vylučovací soustava je protonefridiální (Laštůvka a kol., 2001). Vrtejši jsou odděleného pohlaví s výrazným pohlavním dimorfismem (samečkové jsou menší). Samičky mají schopnost svá vajíčka při výstupu z vejcovodu procezovat a uvolňovat podle stupně zralosti (Zicháček, 1995). Vývody vaječnicků se skládají z vejcovodu, dělohy a pochvy. Děloha dospělých samiček vyplňuje podstatnou část těla. Chámovody se spojují do jediného vývodu, který je rozšířen v semenný váček (vesicula seminalis) a zakončen penisem. Poblíž varlat jsou umístěny cementové žlázy, jejichž lepkavým sekretem samec uzavírá samičí pohlavní otvor po páření. K přichycení na těle samice při páření slouží zvonová *bursa copulatrix* s prstovitými výběžky. Vrtejši jsou

v dospělosti vždy střevní cizopasníci obratlovců, larvy se vyvíjejí v tělní dutině bezobratlých (Laštůvka a kol., 2001). Vajíčka odcházejí z těla hostitele trusem (Zicháček, 1995). Larva se uvolňuje teprve v trávicím traktu mezihostitele. Její první stádium se nazývá akantor. Ten po nějaké době proniká ze střeva do tělní dutiny, kde ztrácí ostny a mění se v tzv. preakantelu. U té se postupně vytvářejí orgány dospělců a po 2 – 5 týdnech se zapouzdřuje a mění se v infekční larvu zvanou akantela. Další vývoj pokračuje teprve po pozření mezihostitele hostitelem. V jeho trávicím traktu se akantela uvolňuje ze svého obalu, zachytí se chobotkem ve střevní stěně a dospívá. Intenzivnější napadení vrtejší vede k oslabení hostitelů, zpomalení růstu, příležitostně dokonce i k jejich uhynutí. Z našeho území je známo asi 30 druhů, celkem jich je popsáno asi 750 (Laštůvka a kol., 2001).

Naším nejznámějším zástupcem je vrtejš veliký (*Macracanthorhynchus hirudinaceus*). Cizopasí v tenkém střevě prasat, ale může se vyskytnout i u člověka (Papáček a kol., 1994). Samci jsou dlouzí až 10 cm, samice až 30 cm. Mezihostiteli jsou nejčastěji ponravy (Laštůvka a kol., 2001).

### 3.5.2. Ploštěnci (Plathelminthes)

Typickým znakem příslušníků tohoto kmene je zploštění těla z hřbetní a břišní strany (dorzoventrálně). Je tvořeno pouze dvěma zárodečnými lupeny (Zicháček, 1995). Pokožku tvoří jednovrstevný epitel ektodermálního původu. Trávicí dutina entodermálního původu se podobá lácce. Je slepá. Může být velmi krátká, přímá, ale i rozsáhlá a rozvětvená. Prostor mezi pokožkou a trávicí dutinou vyplňuje mezenchym. Jeho mezibuněčné prostory představují nepravou druhotnou dutinu tělní – schizocoel (Papáček a kol., 1994). Orgány a svaly leží v mezenchymu. Těla ploštěnců obsahují pravé orgánové soustavy (Berger, 1997).

Neurony vytvářejí shluky a pruhy. Nervová soustava většiny zástupců je tvořena párovým mozgovým gangliem a šesti pruhy, které vybíhají do těla a jsou spojeny komisury, tj. příčnými spojkami (Berger, 1997; Papáček a kol., 1994). Ploštěnci představují začátek evoluční tendence soustředit nervová ústrojí do přední části těla, tj. cefalizace (Berger, 1997).

Ploštěnci jsou nejprimitivnější skupina živočichů, u kterých se setkáváme s vylučovací soustavou. Je tvořena protonefridiemi a vývodními kanálky. Základem protonefridií jsou plaménkové buňky. Jsou to buňky se svazkem vířících bičíků, které svým pohybem mohou připomínat tvarové změny plamene při hoření. Kromě toho, že odfiltrávají odpadní látky, regulují i obsah vody v těle. Mají tedy i významnou funkci orgánů osmoregulačních (Papáček a kol., 1994). Ploštěnci jsou téměř vždy hermafroditi s vývojem



nepřímým, který u parazitických druhů probíhá ve složitých vývojových cyklech (Zicháček, 1995).

Význam ploštěnců vyplývá ze způsobu jejich života. Patří mezi ně řada ekonomicky významných ektoparazitů ryb (jednorodí) a endoparazitů všech skupin obratlovců i člověka. Jimi způsobované parazitózy jsou tradičně označovány jako helmintózy. U nás jsou to zejména fasciolóza a dikrocelióza přežvýkavců, coenuróza a moniezióza ovcí, jelenovitých a dalších přežvýkavců, anoplocephalidózy koní a zajícovitých, hymenolepidózy drůbeže, hlodavců i člověka, různé cysticerkózy a taeniózy (u člověka např. způsobené tasemnicí bezbrannou), v subtropických a tropických oblastech a sporadicky i v mírném pásmu např. echinokokóza a schistosomózy zvířat i člověka a cercárie dermatitidy. Do určité míry pozitivně se uplatňují volně žijící ploštěny jako potrava ryb a indikátoři kvality vod (Laštůvka a kol., 2001).

Nejčastěji se ploštěnci dělí na ploštěnky, motolice a tasemnice. Vzájemně se liší nejen morfologií, ale i strategií rozmnožování a způsobem života (Papáček a kol., 1994).

### **3.5.2.1. Tegument parazitických ploštěnců**

Vnější povrch parazitických ploštěnců je tvořen multifunkčním synciciálním tegumentem, který je propustný pro řadu organických roztoků. Povrch tegumentu nemá cilie, ale často má nápadně tvořený glykokalyx (ochranný plášť povrchu buňky tvořený oligosacharidy). Glykokalyx chrání povrch buňky před mechanickým a chemickým poškozením. Vlastní epitel tegumentu je tvořen vnější bezjadernou synciciální vrstvou (nesprávně označovanou jako kutikula), tato vrstva je propojena pomocí cytoplazmatických spojů s buněčnými těly obsahujícími jádro. Těla buněk jsou uložena pod fibrózní *lamina basalis* a pod vrstvou podpovrchové podélné a okružní svaloviny a zasahují tak do tělního parenchymu (Horák a Scholz, 1998).

Tegument se podílí na přenosu živin do těla a jejich přeměně v potřebnou energii ve formě ATP. Molekuly transportující glukózu a aminokyseliny jsou umístěné v povrchu tegumentu a bazální membráně plochých červů. Tegument zajišťuje příjem těchto molekul a jejich distribuci do parazitické tkáně. Tasemnice nemají trávicí soustavu, ale jejich tegument má vysoce účinnou digestivně absorpční vrstvu, která soutěží se sliznicí střeva hostitele o živiny, ale také těžké kovy ze střeva hostitele (Dalton et al., 2004).

Buňky tenkého střeva (enterocyty) rozdělujeme na několik typů buněk (absorpční, pohárkové, enteroendokrinní buňky). Absorpční buňky (columnar absorptive cells) jsou

na luminárním povrchu lemovány hustou řadou *mikrovilů* tzv. kartáčový lem. Mikrovily (absorbční buňky) jsou místem konečného trávení a vstřebávání složek potravy. Každá absorpční buňka má až 3000 mikroklků. Na jejich povrchu je apikální obal – *glykokalyx*, který je sídlem hydrolytických enzymů (Starling, 1975).

Starling (1975) popisuje vlastnosti systému zajišťujícího transport hexózy tegumentem dvou fyleticky vzdálených parazitických červů (tasemnice a vrtejše), kteří žijí ve shodném (biochemickém) prostředí a srovnává je s tkáněmi obratlovců, které také sdílejí shodné prostředí. Z tohoto srovnání vyšla najevo korelace mezi povrchovou stavbou a transportní funkcí bez ohledu na fylogenii.

Dále Starling (1975) popisuje, že tegumentární povrchy tasemnice *H. diminuta* a vrtejše *M. moniliformis* jsou funkčním ekvivalentem kartáčového lemu buněk střevní sliznice obratlovců (tj. místo konečného trávení a vstřebávání složek potravy).

### 3.5.2.2. Tasemnice (Cestoda)

Tasemnice (Cestoda) jsou třídou bezobratlých živočichů, patřící do kmene ploštěnci (Platyhelminthes), kteří žijí parazitickým způsobem života. Je známo zhruba 5000 druhů tasemnic, jež parazitují u všech skupin obratlovců, zejména pak ryb a paryb (Volf a Horák, 2007).

Tasemnice jsou živočichové zcela přizpůsobení způsobu života uvnitř těla hostitele (Zicháček, 1995). Cizopasí v tělních dutinách a tkáních mezihostitele a ve střevě definitivního hostitele (Berger, 1997). Jsou zde přichyceny a peristaltické pohyby střeva vyrovnávají svými pohyby (Papáček a kol., 1994). S jejich způsobem života souvisí i způsob příjmu potravy. Pro svůj cizopasný způsob života nepotřebují trávicí soustavu. Potravu přijímají celým povrchem těla – tento způsob příjmu potravy je označován jako osmotická výživa (Berger, 1997).

Jejich larva – onkosféra se dostává do krevního oběhu a s ním do svalů, kde se přeměňuje v klidové stadium (larvocystu), zvané boubel. Některé druhy se mohou usazovat (encystovat) v játrech či mozku obratlovců nebo i v těle korýšů (Zicháček, 1995).

Tělo tasemnic je tvořeno třemi částmi: hlavičkou (scolex), nečlánkovaným krčkem (colum) a článkovaným tělem (strobilum) (Berger, 1997). Plnohodnotný jedinec je v podstatě tvořen již pouhým scolexem velikosti špendlíkové hlavičky. Její horní zúžený konec má věnec přichytných háčků (rostelum), který je typickým určovacím znakem jednotlivých druhů tasemnic (Zicháček, 1995). Papáček a kol. (1994) uvádí, že v tkáních krčku dochází k intenzivnímu dělení buněk a vznikají zde postupně ploché články (proglotidy).

Ploché články (proglotidy) se postupně rozšiřují a prodlužují. Tělo tasemnice je pentlicovité a může dosáhnout délky i několika metrů. Glykokalyx poskytuje ochranu před trávicími šťávami hostitele. Pod pokožkou je ve srovnání s ploštěnkami značně redukován podkožní svalový vak, jehož činností se může pohybovat jak tasemnice, tak její jednotlivé články. Zralé články se na konci těla odtrhují a s výkaly opouštějí tělo hostitele (Zicháček, 1995).

Tasemnice mohou žít bez kyslíku, jejich metabolismus je anaerobní (Papáček a kol., 1994). Trávicí dutina tasemnici zcela chybí, živiny přijímá vstřebáváním celým povrchem těla. Vylučování se děje protonefridiemi. Po stranách těla prostupují podélné nervové pruhy. Tasemnice jsou proterandričtí hermafroditi (Zicháček, 1995). Dochází u nich k samooplození. Většina prostoru každého článku je vyplněna pohlavní soustavou (Papáček a kol., 1994). Poslední články jsou výhradně vyplněny oplozenými vajíčky (Zicháček, 1995). Počet denně produkováných vajíček je odhadován na milióny (Papáček a kol., 1994). Vajíčka se dostávají do vnějšího prostředí s trusem hostitele. Vývoj probíhá přes 1 – 2 mezihostitele, v jejichž měkkých tkáních se nacházejí různé typy larev. Mezihostitel se nakazí perorálně vajíčkem, z něhož se v jeho těle uvolňuje larva zvaná onkosféra, nebo u druhů s vývojem ve vodním prostředí přímo larvou (coracidium). K dalšímu přenosu dochází pozřením mezihostitele (Laštůvka a kol., 2001). Ve vývojových cyklech tasemnic vázaných na potravní řetězce hostitelů se střídají dva nebo tři typy larev. Mezihostiteli jsou planktonní korýši buchanky, ryby nebo i teplotekvní obratlovci (Papáček a kol., 1994).

Tasemnice se dělí do dvou podtříd, z nichž jsou u nás významní pouze zástupci řádů šterbinovky a kruhovky podtřídy šestinozí (Laštůvka a kol., 2001).

#### **3.5.1.2.1. Tasemnice ovčí (*Moniezia expansa*)**

##### Systematické zařazení

Říše: živočichové (Animalia)

Kmen: ploštěnci (Plathelminthes)

Třída: tasemnice (Cestoda)

Řád: kruhovky (Cyclophyllidea)

Čeleď: Anoplocephalidae

><http://www.sci.muni.cz><

Tasemnice ovčí (*Moniezia expansa*) patří mezi nejčastější a nejzávažnější helmintózy ovcí. Je to ekonomicky nejzávažnější parazitóza zjišťovaná při pastevním odchovu jehňat (Horák a kol., 2007).

*Moniezia expansa* je velmi rozšířená tasemnice kopytníků v Evropě, Asii, Africe, Americe a Austrálii. U přežvýkavců bylo popsáno nejméně sedm druhů rodu *Moniezia*, ale jen *M. expansa* a *M. benedeni* lze podle Spasski (1951) považovat za platné druhy (Chilton et al., 2007).

Tasemnice ovčí (*M. expansa*) parazitují v tenkém střevě a způsobují onemocnění především jehňat, u kterých dochází k zaostávání v růstu a při větším výskytu tasemnic až k úhynu (Černošek a kol., 1989). Dorůstají až 8 cm denně a v dospělosti dosahují celkové délky až 10 m (Černošek a kol., 1989; Horák a kol., 2007). Vyskytují se v pastevních oblastech na celém světě, nejčastěji v oblastech pahorkatin s nedostatkem vodních srážek. Nejvíce ohrožena jsou jehňata od 2 – 8 měsíců věku (Černošek a kol., 1989).

Rezervoárem parazita jsou nemocné ovce, ale i skot a volně žijící zvěř (Černošek a kol., 1989). Zralé články s vajíčky parazita odcházejí trusem, vajíčka se stávají potravou půdních roztočů čeledi *Orobatiidae* (pancířníků), kteří slouží ve vývojovém cyklu parazita jako mezihostitelé, přežívající v dané lokalitě i několik roků. K nakažení dalších ovcí (nejčastěji jehňat) dochází pozřením pastevního porostu, na který aktivně vycestovali nakažení roztoči (Horák a kol., 2007).

Ke klinickým příznakům zjišťovaným u postižených zvířat patří výrazná ztráta užitkovosti a především průjmy, náhlé hubnutí, křeče a častý úhyn. Podstatný je i sekundární důsledek invazí, kterým je porušení střevní bariéry a rozvoj sekundárních bakteriálních infekcí, především enterotoxémie ovcí (Horák a kol., 2007).

Průběh je u mláďat často velmi rychlý, s kolikovými bolestmi a nervovými příznaky (potácivost, křeče). Už 3 – 4 tasemnice mohou způsobit úhyn. U dospělých zvířat dochází často k spontánnímu uzdravení, a protože dospělá tasemnice přežívá ve střevě 2 – 5 měsíců, dochází k vytvoření imunity. Na základě klinických příznaků, nálezem článků tasemnic v trusu a koprologickým vyšetřením se určí diagnóza. Slezová a střevní červivost se odliší koprologicky (Černošek a kol., 1989).

K léčbě se používají benzimidazolové přípravky, musí se podávat ve dvojnásobných dávkách. Při závažné invazi u jehňat je někdy nutné přípravky aplikovat v měsíčních intervalech. Injekční přípravky používané proti oblým červům a ektoparazitům nejsou proti tasemnicím účinné (Horák a kol., 2007). Při léčbě je nutné odčervit všechna vnímavá zvířata současně (Černošek a kol., 1989).

Prevenčí je oddělená pastva jehňat a dospělých ovcí, střídání pastvy, pravidelné odčervování zvířat. Pastviny lze asanovat dusíkatým vápnem, které ničí mezihostitele (Černošek a kol., 1989).

### 3.6. Akumulace těžkých kovů parazitickými helminty

Vztah mezi znečištěním životního prostředí a parasitismem, a potenciální role parazitů jako indikátorů kvality životního prostředí zvyšují pozornost (MacKenzie et al., 1995; Lafferty et al., 1997; Sures et al., 1999). Ze studií (Sures et al., 1999) vyplynulo, že někteří parazité, zejména vrtejši, mohou akumulovat těžké kovy ve vyšší koncentraci než hostitelské tkáně nebo okolní prostředí. Sures et al. (1997) uvádí, že kapacita vrtejšů akumulovat kovy dokonce převyšuje zavedené volně žijící sentinelové organismy, jako slávička mnohotvárná (*Dreissena polymorpha*). Ze série terénních studií (Sures et al., 1999) vyplynulo, že nejvyšší akumulace kovu ve vrtejši (*Pomphorhynchus laevis*) bývá 2700 a 400 krát vyšší než ve svalu hostitele (ryby) a 11 000 a 27 000 krát vyšší než koncentrace ve vodě (Sures et al., 1994; Sures a Taraschewski, 1995). Až dosud zůstávalo nejasné, zda toto nápadné hromadění kovů červy ovlivňuje hladiny kovů ve tkáních konečného hostitele. Nejsou k dispozici žádné srovnávací studie o koncentracích těžkých kovů ve tkáních infikovaných a neinfikovaných ryb. Zatímco dospělý vrtejš obývá střevo konečného hostitele, jejich infekční larvální stadia se vyvíjí uvnitř hemocoelu mezihostitele (například korýše). Experimentální studie (Siddall a Sures, 1998) potvrdily dřívější pozorování (Brown a Pascoe, 1989, Sures a Taraschewski, 1995), že těžké kovy jsou kumulované převážně dospělým vrtejšem ve střevě rybiho hostitele a nikoli infekčními larválními stádii v mezihostiteli. Toto pozorování rozdílů v obsahu těžkých kovů u larev a dospělých vrtejšů může být způsobeno různými prostředím uvnitř příslušných hostitelů. Vzhledem k tomu, že larvy jsou obklopeny kapalinou hostitelského původu, dospělci uvnitř střeva jsou vystaveny látkám, které nejsou tolik změněny hostitelem. Bylo rovněž zjištěno, že žluč může hrát důležitou roli v zavádění a akumulaci olova v parazitech. U jater bez motolice jaterní (*Fasciola hepatica*) bylo zjištěno, že obsahují značně vyšší koncentrace olova, než játra z infikovaných zvířat (Sures et al., 1998). Motolice jaterní (*F. hepatica*), která je obklopena žlučovou tekutinou uvnitř žlučovodů v játrech, může absorbovat na žluč navázané olovo skrze svůj tegument (Sures a Siddall, 1999).

Experimentální studie autorů Sures a Siddall (1999) byla navržena tak, aby odpověděla na otázky: (1) Zda může akumulace olova dospělci *P. laevis* ovlivnit hladiny kovů ve tkáni definitivního hostitele jelce (*L. cephalus*)? (2) Zda může přítomnost rybí žluči zvýšit vychytávání a akumulaci olova cystakantů vrtejše *P. laevis* in vitro?

Olovo nalezené v jelci tloušti (*Leuciscus cephalus*) experimentálně nakaženého vrtejšem *Pomphorhynchus laevis* mělo za následek značnou akumulaci tohoto kovu ve vrtejších žijících ve střevě jelce. Koncentrace olova byly signifikantně vyšší než ve svalovině, játrech a střevě hostitele a průměrně 1000krát vyšší než ve vodě. Infikovaný jelec tloušť kumuloval významně méně olova ve své střevní stěně než neinfikovaný (Mann-Whitney *U* test,  $P \leq 0,05$ ). Podle studie *in vitro* bylo zjištěno, že vychytávání olova vrtejšem (*P. laevis*) se jasně zvyšuje přidáním 1% úhoří žluči do komerčního RMPI-1640 média obsahujícího  $0,1 \text{ ug ml}^{-1} \text{ Pb}^{2+}$  porovnávané s kontrolou, která byla udržována v RMPI-1640 médiu obsahující olovo ve stejné koncentraci ale bez žluči. Je to nejspíše proto, že vrtejš v jelci tloušti absorbuje na žluč navázané olovo ze střeva hostitele, a tím snižuje jeho vstřebání do střevní stěny, tudíž vrtejš přerušuje jaterně – střevní koloběh tohoto kovu. Jedná se o první příklad skutečného pozitivního dopadu parazita na jeho hostitele (Sures a Siddall, 1999).

### **3.6.1. Akumulace kovů vrtejšem velikým (*Macracanthorhynchus hirudinaceus*) u přirozeně infikovaných prasat**

Vzrůstá zájem o enviromentální parazitologii, a to především ve vodním prostředí, kde byla prokázána bioakumulace těžkých kovů střevními parazity ryb, zejména vrtejši (MacKenzie et al., 1995; Lafferty, 1997; Valtonen et al., 1997; Sures et al., 1999). Vzhledem k indikátorové schopnosti helmintů akumulovat těžké kovy (Siddal et al., 1998; Zimmermann et al., 1999; Sures et al., 1997) byli vrtejši navrženi jako indikátorové organismy (Sures et al., 1999). Na rozdíl od suchozemských hostitelsko-parazitárních systémů, kde je málo zpráv (Enigk et al., 1973; Greichus et al., 1980; Ince, 1976; Sures et al., 1998, 2000; Scheef et al., 2000), což je nešťastné, protože je zde naléhavá potřeba indikátorových druhů v suchozemských, zejména v městských biotopech (Schubert, 1991). Proto byly provedeny experimentální studie, aby prošetřily bioakumulaci olova a kadmia vrtejšem *Moniliformis moniliformis* parazitujícím u potkanů (Scheef et al., 2000; Sures et al., 1995). Tyto studie odhalily významné využití těchto kovů parazity po perorálním podání infikovaných potkanů. Nicméně, terénní studie zaměřené na akumulaci kovů vrtejši parazitujícími u savců nebyly

zveřejněny, i když existují studie o vychytávání kovů škrkavkou prasečí (*Ascaris suum*) v prasatech (Enigk et al., 1973; Greichus et al., 1980; Ince, 1976; Sures et al., 1998) a motolicí jaterní (*Fasciola hepatica*) u skotu (Sures et al., 1998). Zatížení kadmíem zjištěné u obou druhů parazitů byly nízké a vedli jen k akumulaci u motolice jaterní, ale ne u škrkavek (Sures et al., 1998). Studie rybích parazitů naznačují, že vrtejší jsou nejvhodnější zvířata pro posouzení kontaminace těžkých kovů ve vodním prostředí (Sures et al., 1999). Proto jsme studovali akumulace kovu vrtejšem velikým (*Macracanthorhynchus hirudinaceus*) u přirozeně infikovaných prasat. Druhým cílem studie autorů Sures et al. (2000) bylo určit koncentrace prvků v rámci jednotlivých vrtejšů velikých (*M. hirudinaceus*), ve srovnání s tkání hostitele, aby bylo lépe pochopeno rozložení kovů v těle parazita.

Autoři Sures et al. (2000) porovnávali koncentrace olova a kadmia, které byly stanoveny pomocí elektrotermické atomové absorpční spektrometrie, a koncentrace barya, kadmia, mědi, železa, hořčíku, manganu, niklu, olova, selenu a stroncia, které byly stanoveny pomocí optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem, ve vzorcích vrtejše velikého (*Macracanthorhynchus hirudinaceus*) a jeho definitivního hostitele (prasete) na jatkách La Paz, Bolívie. Metoda ICP ukázala, že většina prvků byla nalezena ve vyšších koncentracích ve vrtejši než v tkáních hostitele. Bioakumulace prvků ve vrtejši velikém (*M. hirudinaceus*) byla ve srovnání se střevem hostitele, v pořadí podle klesající hodnoty:  $Cd > Pb > Ni > Sr = Cu > Mg > Se > Fe = Mn = Ba$ . Analýza podle elektrotermické atomové absorpční spektrometrie ukázala, že vrtejš veliký (*M. hirudinaceus*) obsahoval 85, 85, 56 a 24 krát více olova než svalovina, játra, ledviny a střevo hostitele. Průměrná koncentrace kadmia u parazita byla 32krát vyšší než u jater a 5krát vyšší v porovnání s ledvinami. Distribuce kovu v těle *M. hirudinaceus* byla následující: cementové žlázy > varlata > lemnisky > vejce = tegument u olova a lemnisky > varlata > cementové žlázy > tegument > vejce u kadmia. Proto hypotéza, že paraziti vylučují toxické kovy s jejich vaječnými skořápkami, platí pravděpodobně pro vrtejše velikého (*M. hirudinaceus*).

Autoři Sures et al. (2000) došli k závěru, že nejen Eoacanthocephala a Palaeacanthocephala, parazitující u ryb, ale také Archiacanthocephala parazitující u savců, jsou schopny bioakumulace kovů.

### 3.6.2. Vychytávání, kinetika a metabolismus anorganických látek a iontů parazitickými helminty

Dosud existuje jen málo informací o vychytávání, kinetice a metabolismu anorganických látek a iontů vrtejší (Taraschewski, 2000). Starling (1985) uvádí, že „buněčné komponenty tělní stěny vrtejší mají nerovnovážné rozdělování sodíku a pravděpodobně i draslíku s ohledem na střevní tekutiny hostitele a tekutiny pseudocoelu“. Na druhé straně, u vrtejší parazitujícího u potkanů (*Moniliformis moniliformis*) bylo zjištěno, že se chová jako osmometr, ubývá nebo nabývá v poměru k externím osmotickým změnám (Uglem, 1991). Tyto studie odhalily, že u různého spojení hostitele s parazitem, střevní helminti akumulují kovy v koncentraci několiksetkrát vyšší než hladiny v hostitelských tkáních (shrnuto v Sures, 2001). Jedním z hlavních zjištění při vyšetřování vychytávání a akumulaci toxických kovů ve vrtejších bylo to, že vrtejš *Pomphorhynchus leavis* je schopný snižovat koncentraci olova ve střevní stěně svého definitivního hostitele jelce tlouště (Sures a Siddal, 1999). Tento „příznivý vliv“ parazitismu je jasný projev kompetice mezi definitivním hostitelem a jeho střevním parazitem, což nasvědčuje o vyšší účinnosti vychytávání kovů vrtejší než střevní stěnou hostitele. Poslední studie o různých toxických kovech, jakož i o fyziologicky důležitých prvcích v *Acanthocephalus lucii* byly prezentovány, ale diskuse byla zaměřována hlavně na možnost použití vrtejšů jako bioindikátorů znečištění prostředí kovy (Sures et al., 1999). Následné statistické analýzy dat s ohledem na infrapopulaci *A. lucii* a její závislosti na dostupnosti základních prvků odhalily některé nové aspekty související se soutěžením v hostitelsko-parazitárním systému. Koncentrace řady esenciálních a toxických prvků (Ba, Ca, Co, Cu, Fe, Mg, Mn, Sr, Zn a Al, Ag, Cd, Cr, Ni, Pb, Tl) byly analyzovány pomocí optické emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem ve vrtejší *Acanthocephalus lucii* a v různých tkáních jeho hostitele *Perca fluviatilis*. Téměř všechny prvky byly nalezeny v podstatně vyšších koncentracích ve vrtejší než v hostitelských tkáních. Spearmanova korelační analýza odhalila několik silných meziprvkových asociací uvnitř orgánů okouna říčního a uvnitř parazitů. Kromě toho, statistické analýzy ukázaly různé konkurenční vztahy. Koncentrace několika esenciálních prvků (Ba, Ca, Fe, Mn, Sr a Zn) v parazitech poklesly s rostoucím počtem nebo hmotností červů uvnitř střeva hostitele. Navíc hladiny některých prvků v játrech okouna byly v negativní korelaci s hmotností *A. lucii* ve střevě. Vyšlo tak najevo, že jde nejen o soutěž o esenciální prvky mezi vrtejší uvnitř střeva, ale jde také o soutěž o tyto prvky mezi hostitelem a jeho parazity (Sures, 2002).



## 4. MATERIÁL A METODY

Koncentrace experimentálně podaného kadmia a jeho vliv na koncentraci dalších prvků (Zn, Cu, Fe, Mn) byla sledována ve svalovině, ledvinách a v játrech ovcí (*Ovis aries*) a jejich tasemnicích (*Moniezia expansa*) z malé farmy v Mrtníku (okres Beroun, Středočeský kraj).

Po experimentálním podání Cd byly ovce poraženy a pitvány. Vzorky svaloviny, jater a ledvin stejně jako tasemnice byly vyjmuty nekovovými pitevními nástroji, které byly očištěny destilovanou vodou. Všechny vzorky byly zamražené při teplotě - 18 °C až do dalšího zpracování.

### 4.1. Experimentální plán

Všechny ovce byly rozdělené do skupin (tabulka 2). Ovce byly přirozeně infikované tasemnicí ovčí (*Moniesia expansa*). Skupiny, které neobsahovaly tasemnici ovčí (*Moniesia expansa*) byly před pokusem odčerveny.

Vybraným ovcím byl per os podán roztok kadmia. Ovce, u kterých nebylo experimentálně podáno kadmium, jej mohly obsahovat v důsledku přirozeného příjmu.

**Tabulka 2: Experimentální plán pro kadmium**

skupina	n	CdCl <sub>2</sub>	<i>Moniezia expansa</i>
A) zatížené Cd a neinfikované tasemnicí	6	0,2 g	-
B) zatížené Cd a infikované tasemnicí	6	0,2 g	+
CA) nezatížené Cd a neinfikované tasemnicí	3	-	-
CB) nezatížené Cd a infikované tasemnicí	3	-	+

Pro pokus s kadmíem byl připraven roztok 0,2 g chloridu kademnatého CdCl<sub>2</sub> v 10 ml destilované vody a podáván per os ovcím každý den po dobu jednoho týdne (7 dnů).

#### **4.1.1. Experiment I: porovnávání skupin A, B, CA, CB**

První experiment zahrnoval čtyři skupiny (tabulka 2): první skupina (A) zahrnovala ovce zatížené kadmíem a neinfikované tasemnicí a jejich kontrolní skupinu (CA), ovce nezatížené kadmíem a neinfikované tasemnicí. Druhá skupina (B) zahrnovala ovce zatížené kadmíem a infikované tasemnicí a jejich kontrolní skupinu (CB), ovce nezatížené kadmíem a infikované tasemnicí. Srovnávaly se jednotlivé hostitelské tkáně (svalovina, ledviny a játra) mezi jednotlivými skupinami (A, B, CA, CB) a vliv přidaného kadmia na obsah jednotlivých prvků (Zn, Cu, Fe a Mn) ve svalovině, ledvinách a játrech.

#### **4.1.2. Experiment II: porovnání obsahu Zn, Cu, Fe, Mn u skupin A, B, CA, CB**

Ve druhém experimentu se srovnávaly koncentrace jednotlivých prvků (Zn, Cu, Fe, Mn) u jednotlivých skupin ovcí (A, B, CA, CB).

Byl porovnán vliv infekce tasemnice ovčí (*M. expansa*) na koncentraci jednotlivých prvků Zn, Cu, Fe, Mn ve svalovině, ledvinách a játrech ovcí (skupiny A, B, CA, CB).

#### **4.1.3. Experiment III: porovnání obsahu Zn, Cu, Fe, Mn v tělech tasemnic (*Moniesia expansa*) ve střevě ovcí skupiny B, CB**

Ve třetím experimentu byly srovnávány koncentrace jednotlivých prvků (Zn, Cu, Fe, Mn) v tělech tasemnic (*M. expansa*) ve střevě ovcí zatížených Cd (skupina B) a nezatížených Cd (skupina CB).

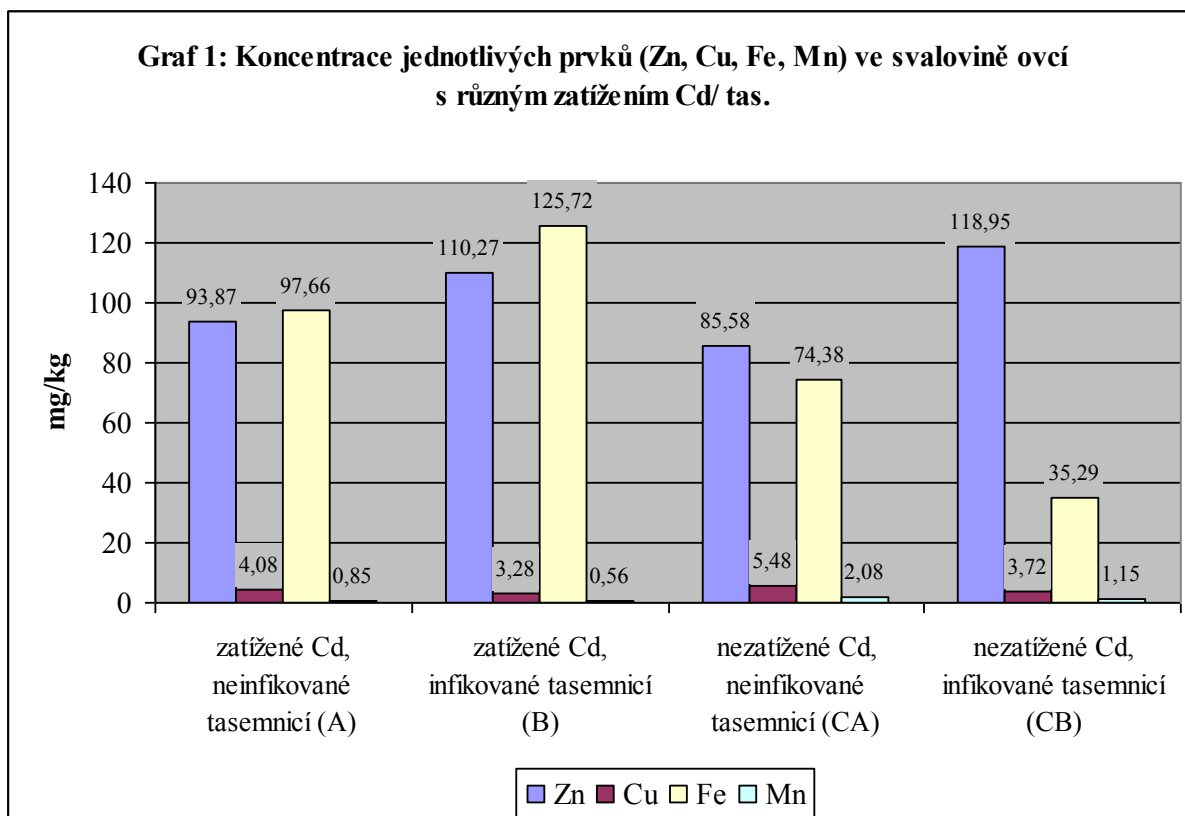
#### **4.2. Statistické zhodnocení**

Hodnoty jednotlivých prvků (Zn, Cu, Fe, Mn) ve svalovině, ledvinách, játrech a v tělech tasemnic (*M. expansa*) ve střevě ovcí byly mezi skupinami (A, B, CA, CB) porovnávány pomocí t – testu.

## 5. VÝSLEDKY

### 5.1. Experiment I: porovnávání skupin A, B, CA, CB

#### 5.1.1. Svalovina



Graf 1 znázorňuje koncentrace jednotlivých prvků (Zn, Cu, Fe, Mn) ve svalovině ovcí s různým zatížením Cd nebo tasemnicí ovcí (*Moniezia expansa*). Z grafu vyplývá, že ovce zatížené kadmíem a neinfikované tasemnicí (skupina A) oproti ovcím nezatíženým kadmíem a neinfikovaným tasemnicí (skupina CA) měly zvýšené hodnoty Zn a Fe. Hodnoty Cu a Mn byly nižší než u ovcí skupiny CA, nezatížených kadmíem a neinfikovaných tasemnicí.

Ovce zatížené kadmíem a infikované tasemnicí (skupina B) oproti ovcím nezatíženým kadmíem a infikovaným tasemnicí (skupina CB) měly zvýšené pouze hodnoty Fe. Hodnoty Zn, Cu a Mn byly nižší než u ovcí skupiny CB, tj. nezatížených kadmíem a infikovaných tasemnicí (graf 1). Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3 (v příloze).

Z grafu 1 vyplývá, že nejvíce železa (125,72 mg/kg sušiny) bylo ve svalovině ovcí zatížených Cd a infikovaných tasemnicí (skupina B). 97,66 mg Fe/kg sušiny bylo zjištěno ve svalovině ovcí zatížených Cd a neinfikovaných tasemnicí (skupina A), následovala skupina ovcí nezatížených Cd a neinfikovaných tasemnicí (skupina CA) s hodnotou železa 74,38 mg/kg sušiny a nejméně železa (35,29 mg/kg sušiny) bylo obsaženo ve svalovině ovcí skupiny CB, tj. nezatížených Cd a infikovaných tasemnicí.

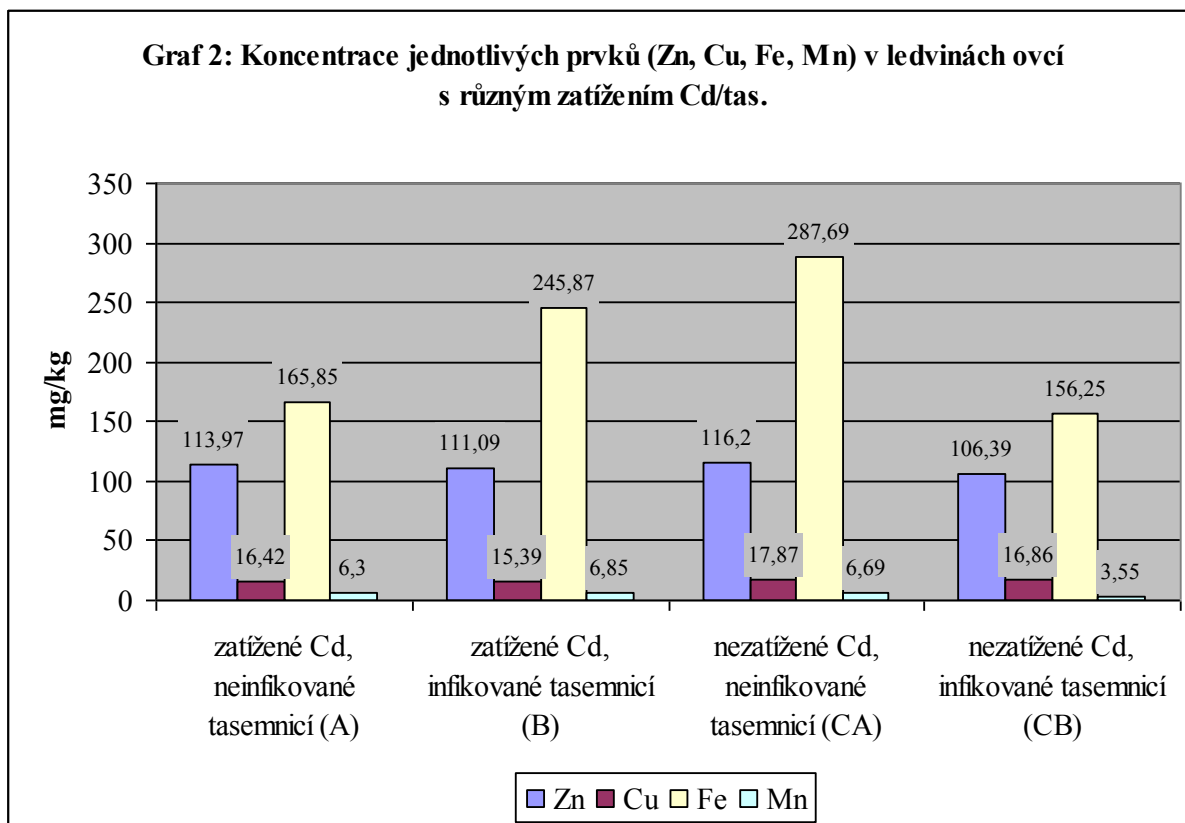
Nejvyšší hodnota zinku (118,95 mg/kg sušiny) byla ve svalovině ovcí nezatížených Cd a infikovaných tasemnicí (skupina CB), následovala skupina B (ovce zatížené Cd a infikované tasemnicí) se 110,27 mg Zn/kg sušiny, nižší hodnota zinku (93,87 mg/kg sušiny) byla u ovcí zatížených Cd a neinfikovaných tasemnicí (skupina A) a nejméně zinku (85,58 mg/kg sušiny) bylo u ovcí skupiny CA, tj. nezatížených Cd a neinfikovaných tasemnicí (graf 1).

Nejvíce mědi (5,48 mg/kg sušiny) bylo ve svalovině ovcí nezatížených Cd a neinfikovaných tasemnicí (skupina CA). 4,08 mg Cu/kg sušiny bylo zjištěno ve svalovině ovcí zatížených Cd a neinfikovaných tasemnicí (skupina A), následovaly ovce nezatížené Cd a infikované tasemnicí (skupina CB) s obsahem 3,72 mg Cu/kg sušiny svaloviny a nejméně mědi (3,28 mg/kg sušiny) bylo ve svalovině ovcí skupiny B, zatížených Cd a infikovaných tasemnicí (graf 1).

Obsah manganu (2,08 mg/kg sušiny) byl nejvyšší ve svalovině ovcí nezatížených Cd a neinfikovaných tasemnicí (skupina CA), 1,15 mg Mn/kg sušiny bylo obsaženo ve svalovině ovcí nezatížených Cd a infikovaných tasemnicí (skupina CB), následovala skupina A (ovce zatížené Cd a neinfikované tasemnicí) s hodnotou manganu 0,85 mg/kg sušiny, nejméně manganu (0,56 mg/kg sušiny) bylo obsaženo ve svalovině ovcí zatížených Cd a infikovaných tasemnicí (skupina B).

Z toho vyplývá, že při zatížení ovcí kadmíem (skupiny A, B) se snižují hodnoty mědi a manganu ve svalovině. Zatímco hodnoty železa se u skupin A a B, tj. zatížených kadmíem ve svalovině několikanásobně zvyšují oproti jejich kontrolním skupinám CA a CB (graf 1).

### 5.1.2. Ledviny



Graf 2 znázorňuje koncentrace jednotlivých prvků (Zn, Cu, Fe, Mn) v ledvinách ovcí s různým zatížením Cd nebo tasemnicí ovčí (*Moniezia expansa*). Z grafu vyplývá, že ovce zatížené kadmíem a neinfikované tasemnicí (skupina A) oproti ovcím nezatíženým kadmíem a neinfikovaným tasemnicí (skupina CA) měly nižší hodnoty Zn, Cu, Fe i Mn.

Ovce zatížené kadmíem a infikované tasemnicí (skupina B) oproti ovcím nezatíženým kadmíem a infikovaným tasemnicí (skupina CB) měly hodnoty Zn, Cu, Fe a Mn nižší než u ovcí skupiny CB, tj. nezatížených kadmíem a infikovaných tasemnicí (graf 2). Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 4 (v příloze).

Z grafu 2 vyplývá, že nejvíce zinku (116,2 mg/kg sušiny) bylo v ledvinách ovcí nezatížených Cd a neinfikovaných tasemnicí (skupina CA), 113,965 mg Zn/kg sušiny bylo zjištěno v ledvinách ovcí zatížených Cd a neinfikovaných tasemnicí (skupina A), následovala skupina B (ovce zatížené Cd a infikované tasemnicí) s obsahem zinku 111,09 mg/kg sušiny a nejméně zinku (106,39 mg/kg sušiny) bylo nalezeno u ovcí nezatížených Cd a infikovaných tasemnicí (skupina CB).

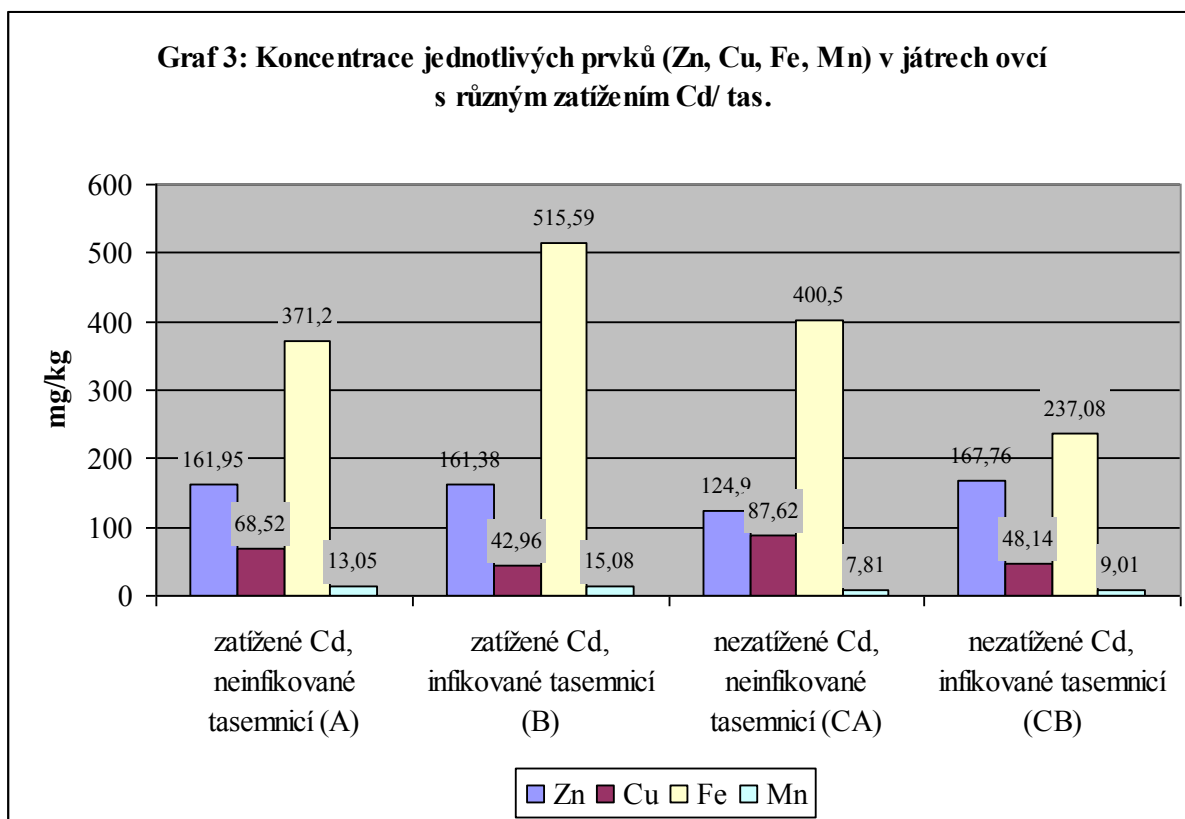
Nejvyšší hodnota mědi (17,87 mg/kg sušiny) v ledvinách byla nalezena u ovcí nezatížených Cd a neinfikovaných tasemnicí (skupina CA), 16,86 mg Cu/kg sušiny bylo nalezeno u ovcí nezatížených Cd a infikovaných tasemnicí (skupina CB), následovala skupina A (ovce zatížené Cd a neinfikované tasemnicí) s hodnotou mědi 16,42 mg/kg sušiny a nejméně mědi (15,39 mg/kg sušiny) bylo v ledvinách ovcí skupiny CB, tj. zatížených Cd a infikovaných tasemnicí (graf 2).

Jak je znázorněno na grafu 2, obsah železa (287,69 mg/kg sušiny) byl nejvyšší u ovcí nezatížených Cd a neinfikovaných tasemnicí (skupina CA), 245,87 mg Fe/kg sušiny bylo nalezeno v ledvinách ovcí zatížených kadmíem a infikovaných tasemnicí (skupina B), následovaly ovce zatížené Cd a neinfikované tasemnicí (skupina A) s obsahem železa v ledvinách 165,85 mg/kg sušiny a nejnižší obsah železa v ledvinách měly ovce nezatížené Cd a infikované tasemnicí (skupina CB).

Nejvíce manganu (6,85 mg/kg sušiny) bylo nalezeno v ledvinách ovcí zatížených Cd a infikovaných tasemnicí (skupina B), obsah manganu (6,69 mg/kg sušiny) byl v ledvinách ovcí nezatížených Cd a neinfikovaných tasemnicí (skupina CA), následovala skupina A (ovce zatížené Cd a neinfikované tasemnicí) s obsahem manganu v ledvinách 6,30 mg/kg sušiny a nejméně manganu (3,55 mg/kg sušiny) bylo v ledvinách ovcí skupiny CB, nezatížených Cd a infikovaných tasemnicí (graf 2).

Z grafu 2 plyne, že hodnoty zinku, mědi a železa v ledvinách jsou při zatížení ovcí kadmíem (skupiny A, B) nižší než u ovcí kadmíem nezatížených (skupiny CA, CB).

### 5.1.3. Játra



Graf 3 znázorňuje koncentrace jednotlivých prvků (Zn, Cu, Fe, Mn) v játrech ovčí s různým zatížením Cd nebo tasemnicí ovčí (*Moniezia expansa*). Z grafu vyplývá, že ovce zatížené kadmíem a neinfikované tasemnicí (A) oproti ovčím nezatíženým kadmíem a neinfikovaným tasemnicí (CA) měly zvýšené hodnoty Zn a Mn. Hodnoty Cu a Fe byly nižší než u ovčí skupiny CA, tj. nezatížených kadmíem a neinfikovaných tasemnicí.

Ovce zatížené kadmíem a infikované tasemnicí (B) oproti ovčím nezatíženým kadmíem a infikovaným tasemnicí (CB) měly zvýšené hodnoty Fe a Mn. Hodnoty Zn a Cu byly nižší než u ovčí skupiny CB, tj. nezatížených kadmíem a infikovaných tasemnicí (graf 3). Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 5 (v příloze).

Z grafu 3 vyplývá, že nejvíce zinku (167,76 mg/kg sušiny) bylo v játrech ovčí nezatížených Cd a infikovaných tasemnicí (skupina CB), 161,95 mg Zn/kg sušiny bylo nalezeno v játrech ovčí zatížených Cd a neinfikovaných tasemnicí (skupina A), následovala skupina B (ovce zatížené Cd a infikované tasemnicí) s hodnotou zinku 161,38 mg/ kg sušiny,

nejméně zinku (124,90 mg/kg sušiny) bylo nalezeno v játrech ovcí nezatížených Cd a neinfikovaných tasemnicí (skupina CA).

Nejvyšší obsah mědi (87,62 mg/kg sušiny) byl obsažen v játrech ovcí nezatížených Cd a neinfikovaných tasemnicí (skupina CA), u ovcí zatížených Cd a neinfikovaných tasemnicí (skupina A) byl obsah mědi v játrech 68,52 mg/kg sušiny, 48,14 mg Cu/kg sušiny bylo nalezeno u ovcí nezatížených Cd a infikovaných tasemnicí (skupina CB) a nejnižší hodnotu mědi (42,96 mg/kg sušiny) v játrech měla skupina B, tj. ovce zatížené Cd a infikované tasemnicí (graf 3).

Graf 3 dále znázorňuje, že obsah železa (515,59 mg/kg sušiny) byl nejvyšší v játrech ovcí zatížených Cd a infikovaných tasemnicí (skupina B), 400,50 mg Fe/kg sušiny bylo nalezeno v játrech ovcí nezatížených Cd a neinfikovaných tasemnicí (skupina CA), následovaly ovce zatížené Cd a neinfikované tasemnicí (skupina A) s hodnotou železa v játrech 371,2 mg/kg sušiny a nejnižší hodnota železa (237,08 mg/kg sušiny) byla nalezena v játrech ovcí nezatížených Cd a infikovaných tasemnicí (skupina CB).

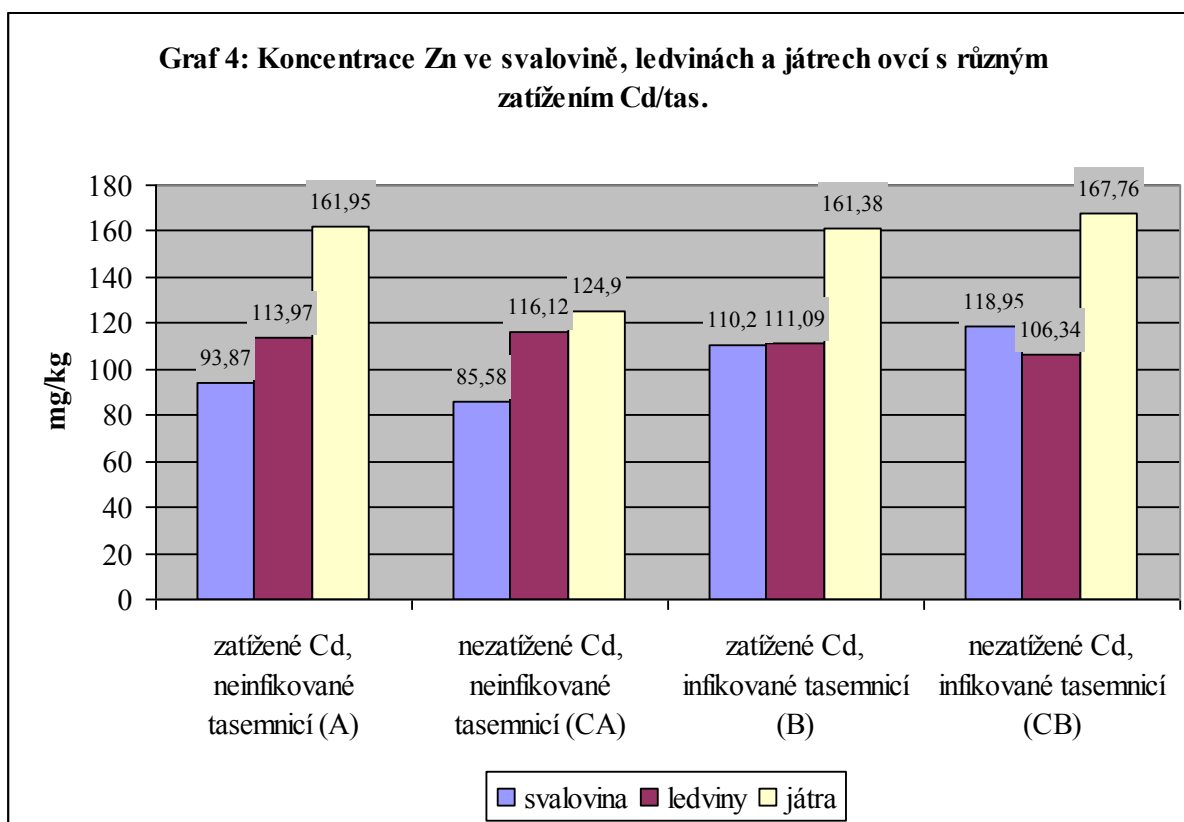
Nejvíce manganu (15,08 mg/kg sušiny) bylo nalezeno v játrech ovcí zatížených Cd a infikovaných tasemnicí (skupina B), druhá nejvyšší hodnota manganu (13,05 mg/kg sušiny) byla naměřena v játrech ovcí zatížených Cd a neinfikovaných tasemnicí (skupina A), následovala skupina CB (ovce nezatížené Cd a infikované tasemnicí) s obsahem manganu v játrech 9,01 mg/kg sušiny, nejméně manganu (7,81 mg/kg sušiny) bylo v játrech ovcí skupiny CA, nezatížených Cd a neinfikovaných tasemnicí (graf 3).

Z grafu 3 vyplývá, že zatížení kadmíem snižuje v játrech ovcí skupiny A a B pouze hodnoty mědi. Obsah manganu se v játrech po zatížení kadmíem u obou skupin ovcí (A i B), oproti jejich kontrolním skupinám (skupina CA a skupina CB), zvyšuje.



## 5.2. Experiment II: porovnání obsahu Zn, Cu, Fe, Mn u skupin A, B, CA, CB

### 5.2.1. Zinek



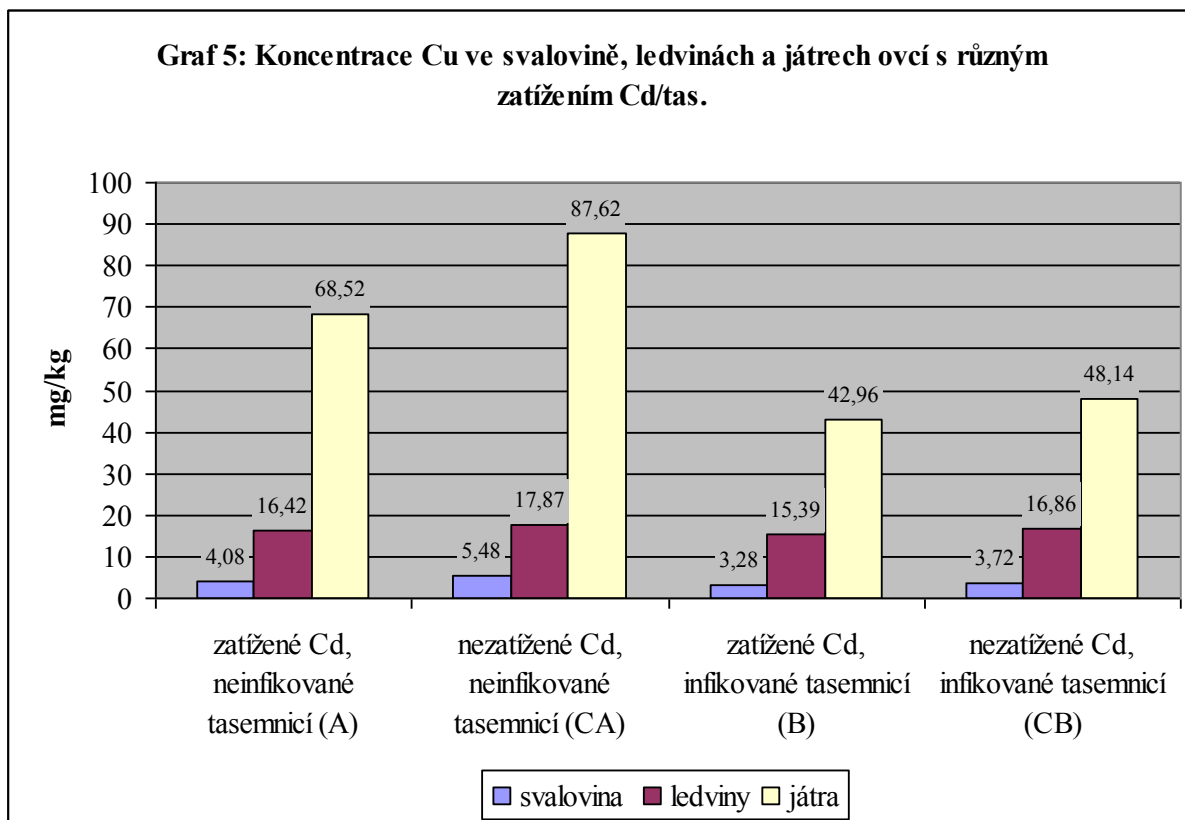
Graf 4 znázorňuje koncentrace zinku ve svalovině, ledvinách a játrech ovcí s různým zatížením Cd nebo tasemnicí ovčí (*Moniezia expansa*). Z grafu vyplývá, že nejvyšší koncentrace zinku (167,76 mg/kg) byla v játrech u skupiny CB, ovce nezatížené kadmíem a infikované tasemnicí. Nejméně zinku (85,58 mg/kg) bylo nalezeno ve svalovině u skupiny CA, ovce nezatížené Cd a neinfikované tasemnicí.

Ovce zatížené kadmíem a neinfikované tasemnicí (skupina A) měly oproti ovčím zatíženým kadmíem a infikovaným tasemnicí (skupina B) zvýšené hodnoty zinku v ledvinách a játrech. Hodnota zinku ve svalovině byla nižší než u skupiny B, ovce zatížené kadmíem a infikované tasemnicí (graf 4)

Ovce nezatížené kadmíem a neinfikované tasemnicí (skupina CA) oproti ovčím nezatíženým kadmíem a infikovaným tasemnicí (skupina CB) měly zvýšené hodnoty zinku pouze v ledvinách. Hodnoty ve svalovině a játrech byly nižší než u ovčí skupiny CB, tj. nezatížených kadmíem a infikovaných tasemnicí (graf 4).

Z toho vyplývá, že přítomnost tasemnice (*Moniezia expansa*) ve střevě infikovaných ovcí odnímá určitou část zinku z ledvin svého hostitele. Ve svalovině a játrech naopak obsah zinku s infekcí tasemnice (*Moniezia expansa*) narůstá (graf 4).

### 5.2.2. Měď



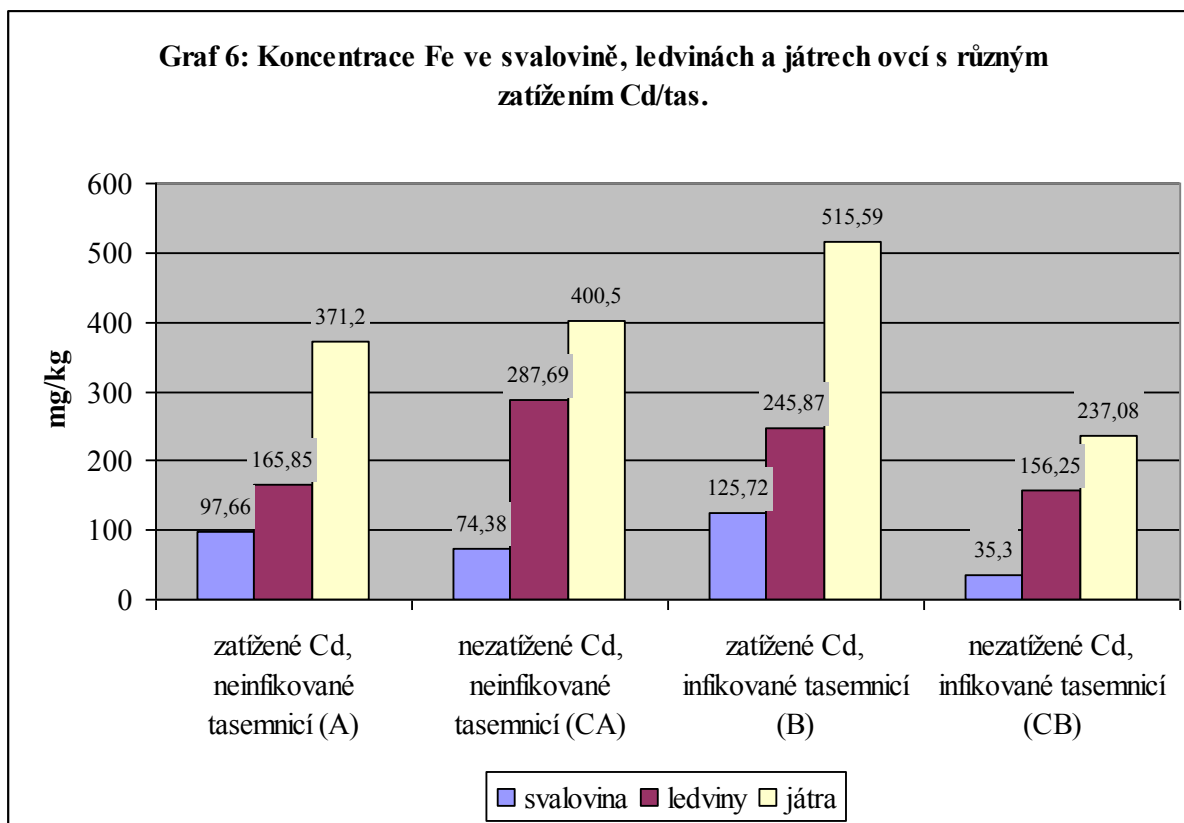
Graf 5 znázorňuje koncentrace mědi ve svalovině, ledvinách a játrech ovcí s různým zatížením Cd nebo tasemnicí ovčí (*Moniezia expansa*). Z grafu vyplývá, že nejvyšší hodnota mědi (87,62 mg/kg) byla v játrech ovcí nezatížených kadmíem a neinfikovaných tasemnicí (skupina CA). Nejméně mědi (3,28 mg/kg) bylo nalezeno ve svalovině u skupiny B, ovce zatížené kadmíem a infikované tasemnicí.

Koncentrace mědi u skupiny A, ovce zatížené kadmíem a neinfikované tasemnicí, ve všech tkáních (svalovině, ledvinách a játrech) je vyšší než u skupiny B, ovce zatížené kadmíem a infikované tasemnicí (graf 5).

Stejně tak u kontrolní skupiny CA, ovce nezatížené kadmíem a neinfikované tasemnicí a kontrolní skupiny CB, ovce nezatížené kadmíem a infikované tasemnicí (graf 5).

Z grafu 5 jasně vyplývá, že přítomnost tasemnice (*Moniezia expansa*) ve střevě infikovaných ovcí odnímá určitou část mědi ze svaloviny, ledvin i jater svého hostitele.

### 5.2.3. Železo



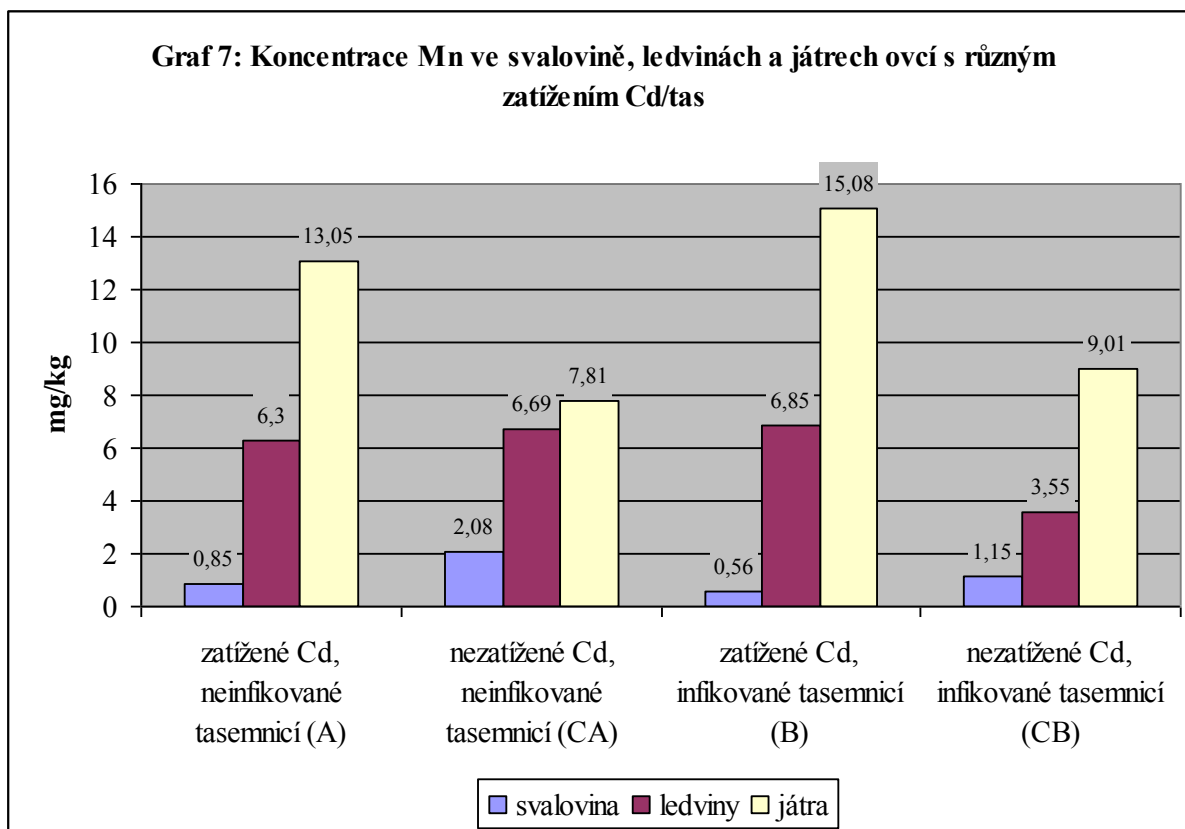
Graf 6 znázorňuje koncentrace železa ve svalovině, ledvinách a játrech ovcí s různým zatížením Cd nebo tasemnicí ovčí (*Moniezia expansa*). Z grafu vyplývá, že nejvíce železa (515,59 mg/kg) bylo v játrech ovcí zatížených kadmíem a infikovaných tasemnicí (skupina B). Nejméně železa (35,3 mg/kg) obsahovala svalovina u skupiny CB, ovce nezatížené kadmíem a infikované tasemnicí.

Ovce zatížené kadmíem a neinfikované tasemnicí (skupina A) měly oproti ovcím zatíženým kadmíem a infikovaným tasemnicí (skupina B) snížené hodnoty železa ve svalovině, ledvinách i játrech (graf 6).

Ovce nezatížené kadmíem a neinfikované tasemnicí (skupina CA) oproti ovcím nezatíženým kadmíem a infikovaným tasemnicí (skupina CB) měly rovněž zvýšené hodnoty železa ve svalovině, ledvinách i játrech (graf 6).

Z grafu 6 jasně vyplývá, že přítomnost tasemnice (*Moniezia expansa*) ve střevě infikovaných ovcí odnímá určitou část železa ze svaloviny, ledvin i jater svého hostitele.

#### 5.2.4. Mangan



Graf 7 znázorňuje koncentrace manganu ve svalovině, ledvinách a játrech ovcí s různým zatížením Cd nebo tasemnicí ovčí (*Moniezia expansa*). Z grafu vyplývá, že manganu bylo nalezeno nejvíce (15,08 mg/kg) v játrech ovcí zatížených kadmíem a infikovaných tasemnicí (skupina B). Naopak nejméně manganu (0,56 mg/kg) bylo nalezeno ve svalovině ovcí skupiny B, tj. ovce zatížené kadmíem a infikované tasemnicí.

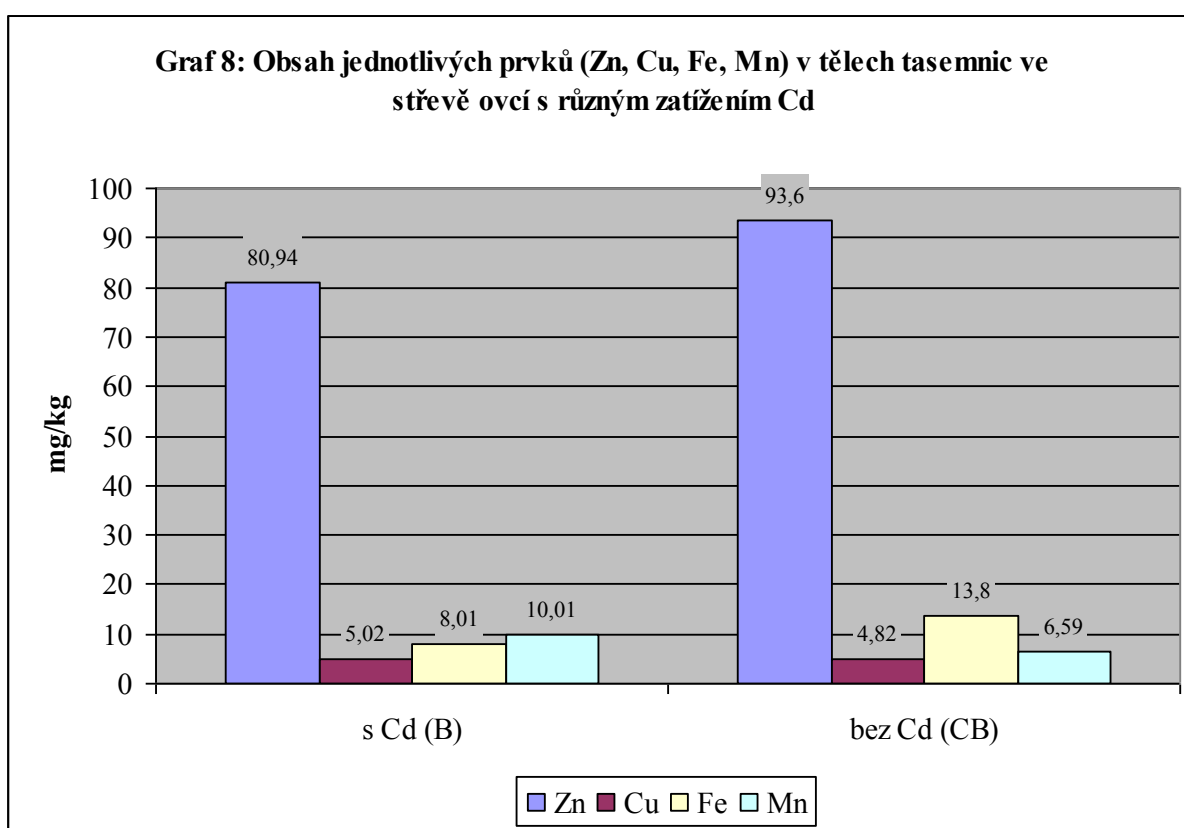
Ovce zatížené kadmíem a neinfikované tasemnicí (skupina A) měly oproti ovčím zatíženým kadmíem a infikovaným tasemnicí (skupina B) zvýšené hodnoty manganu pouze ve svalovině. Koncentrace manganu v ledvinách a játrech byla nižší než u skupiny B, tj. ovce zatížené kadmíem a infikované tasemnicí (graf 7)

Ovce nezatížené kadmíem a neinfikované tasemnicí (skupina CA) oproti ovčím nezatíženým kadmíem a infikovaným tasemnicí (skupina CB) měly zvýšené hodnoty

manganu ve svalovině a ledvinách. Hodnoty v játrech byly nižší než u ovcí skupiny CB, tj. nezatížených kadmíem a infikovaných tasemnicí (graf 7).

Z toho vyplývá, že přítomnost tasemnice (*Moniezia expansa*) ve střevě infikovaných ovcí odnímá část manganu ze svaloviny a ledvin svého hostitele. V játrech naopak obsah manganu s infekcí tasemnice (*Moniezia expansa*) narůstá (graf 7).

### 5.3. Experiment III: porovnání obsahu Zn, Cu, Fe, Mn v tělech tasemnic ve střevě ovcí skupiny B, CB



Graf 8 znázorňuje koncentrace jednotlivých prvků (Zn, Cu, Fe, Mn) v tělech tasemnic ovčích (*Moniezia expansa*) ve střevě ovcí s různým zatížením Cd. Z grafu vyplývá, že tasemnice ve střevě ovcí zatížených kadmíem (skupina B) oproti tasemnicím ve střevě ovcí nezatížených kadmíem (skupina CB) měly zvýšený obsah Cu a Mn. Hodnoty Fe a Zn byly nižší než v tělech tasemnic skupiny CB, tj. nezatížených kadmíem.

Hodnota zinku (93,6 mg/kg sušiny) v tělech tasemnic ve střevě ovcí nezatížených Cd (skupina CB) byla o 12,66 mg Zn/kg sušiny vyšší než hodnota zinku (80,94 mg/kg sušiny) v tělech tasemnic ve střevě ovcí skupiny B, zatížených Cd (graf 8).

Obsah mědi (5,02 mg/kg sušiny) v tělech tasemnic ve střevě ovcí zatížených Cd (skupina B) byl o 0,2 mg Cu/ kg sušiny zvýšený než v tělech tasemnic ve střevě ovcí nezatížených Cd (skupina CB), kde hodnota mědi dosahovala 4,82 mg/kg sušiny (graf 8)

Více železa (13,8 mg/kg sušiny) bylo nalezeno v tělech tasemnic ve střevě ovcí nezatížených Cd (skupina CB) než v tělech tasemnic ve střevě ovcí zatížených Cd (skupina B), kde hodnota železa (8,01 mg/kg sušiny) byla o 5,79 mg/kg sušiny nižší než v tělech tasemnic ve střevě ovcí skupiny CB, nezatížených Cd (graf 8).

Hodnota manganu (10,01 mg/kg sušiny) byla o 3,42 mg/kg sušiny vyšší v tělech tasemnic ve střevě ovcí zatížených Cd (skupina B) než hodnota manganu v tělech tasemnic ovcí nezatížených Cd (skupina CB), kde byl obsah manganu 6,59 mg/kg sušiny (graf 8)

Z grafu 8 vyplývá, že se při zatížení ovcí kadmiem (skupina B) zvyšuje vychytávání mědi a manganu tasemnicemi. Schopnost vychytávání zinku a železa tasemnicemi je naopak nižší než u tasemnic ovcí bez zatížení kadmiem (skupina CB).

#### **5.4. Statistické zhodnocení**

Mezi všemi sledovanými skupinami (A, B, CA, CB) byly u jednotlivých prvků (Zn, Cu, Fe, Mn) ve svalovině, ledvinách, játrech a v tělech tasemnic (*Moniesia expansa*) ve střevě ovcí zjištěny statisticky průkazné rozdíly ( $p < 0,05$ ).

## 6. DISKUZE

V této práci bylo zjištěno, že infekce tasemnicí ovčí (*Moniezia expansa*) má vliv na koncentraci stopových prvků (Zn, Cu, Fe a Mn) ve svalovině, ledvinách a játrech hostitele (*Ovis aries*). Ovce zatížené kadmii a infikované tasemnicí (skupina B) a její kontrolní skupina CB, tj. ovce nezatížené kadmii a infikované tasemnicí měly oproti ovčím zatíženým kadmii a neinfikovaným tasemnicí (skupina A) a kontrolní skupině CA, tj. ovčím nezatíženým kadmii a neinfikovaným tasemnicí, nižší hodnoty všech zkoumaných prvků (Zn, Cu, Fe a Mn) v ledvinách. Pitter (1999) uvádí, že deficit zinku může být příčinou řady zdravotních problémů.

V ostatních orgánech byly výsledky sporné. Ve svalovině ovčí odnímala tasemnice ovčí (*Moniezia expansa*) pouze část mědi, železa a manganu, a v játrech měla vliv na nižší hodnoty mědi a železa.

Dále bylo v této práci zjištěno, že experimentální podání kadmia má rovněž vliv na koncentrace stopových prvků (Zn, Cu, Fe a Mn) v jednotlivých orgánech (svalovině, ledvinách a játrech) ovce domácí (*Ovis aries*). Ovce zatížené Cd a neinfikované tasemnicí (skupina A) a ovce zatížené Cd a infikované tasemnicí (skupina B) měly oproti ovčím nezatíženým kadmii a neinfikovaným tasemnicí (skupina CA) a skupině CB, tj. ovčím nezatíženým kadmii a infikovaným tasemnicí, ve svalovině, ledvinách i játrech nižší koncentrace mědi.

Adogwa et al. (2005) uvádí, že přežvýkavci jsou nejvíce citlivým druhem zvířat na nedostatek mědi. Nedostatek mědi může způsobit zpomalení růstu, ataxii, chudokrevnost, poruchu tvorby a zhoršení kvality kostí, průjmy, ztrátu pigmentů a snížení reprodukce.

Experimentálně podané kadmium mělo dále vliv na nižší hodnoty zinku a železa v ledvinách a také koncentrace manganu ve svalovině se díky podanému kadmiiu snížila.

Greenwood a Earnshaw (1993) uvádějí, že mangan je důležitý pro správný metabolismus cukrů a jeho nedostatek může vést k nebezpečí onemocnění cukrovkou (diabetes melitus).

Naopak zvýšené hodnoty železa byly ve svalovině ovčí zatížených kadmii. Stejně tak v játrech ovčí zatížených kadmii byla nalezena vyšší koncentrace manganu.

Greenwood a Earnshaw (1993) dále uvádějí, že naopak přebytek manganu v potravě působí negativně především na nervovou soustavu a působí potíže podobné projevům Parkinsonovy nemoci.

Experimentální podání kadmia ovčím domácím (*Ovis aries*) ovlivňuje také obsah zinku, mědi, železa a manganu v tělech tasemnic (*Moniezia expansa*) ve střevě ovčí, tj. schopnost vychytávání těchto stopových prvků tasemnicemi. Tasemnice ve střevě ovčí zatížených kadmiiem (skupina B) oproti tasemnicím ve střevě ovčí nezatíženým kadmiiem (skupina CB) měly zvýšený obsah mědi a manganu. Hodnoty železa a zinku byly nižší než v tělech tasemnic ovčí skupiny CB, tj. nezatížených kadmiiem.

Vzájemné vztahy mezi podáním kadmia a infekcí vrtejše (*Moniliformis moniliformis*) a jejich vliv na hladinu stresového hormonu (kortizolu) u potkanů sledovali autoři Sures et al. (2002).

Kortizol zvyšuje celkovou pohotovost organismu při zátěžových situacích (stresech, infekčních chorobách, velké tělesné námaze, dlouhodobém hladovění). Snižuje vychytávání glukózy svaly a trávicím traktem, čímž ji šetří pro mozek. Kortizol však také způsobuje demineralizaci kostní tkáně, což při zvýšených koncentracích vede k osteoporóze a podporuje ukládání tuků v tukové tkáni trupu a obličeje (Cushingův syndrom). Kortizol zmírňuje imunitní odpověď organismu, stimuluje CNS a zvyšuje její dráždivost a emoční labilitu. Kortizol ovlivňuje vstřebávání vápníku ve střevě, způsobuje retenci sodíku a tím zadržování vody v organismu. Nižší či vyšší produkce glukokortikoidů včetně kortizolu v kůře nadledvin vede k patologickým změnám <<http://cs.wikipedia.org>>.

Autoři Sures et al. (2002) zjistili významný nárůst stresového hormonu (kortizolu) bezprostředně po podání kadmia potkanům. Avšak infekce vrtejši (*Moniliformis moniliformis*), stejně jako absorpce kadmia, snižovali uvolňování kortizolu ve srovnání s kontrolními (neovlivněnými) potkany. Zatímco koncentrace katecholaminů neukázala žádný jasný směr během pokusného období, poměr  $c_{\text{adrenalin}}/c_{\text{noradrenalin}}$  v kontrolách ukázal výrazně nejnižší hodnoty ze všech čtyř skupin po usmrcení zvířat. Proto infekce vrtejši, stejně jako podání kadmia a kombinace léčby ovlivňují hormonální homeostázu u potkanů, která pravděpodobně vede k negativním dopadům na zdraví potkanů. Proto u parazitární infekce musí být brány v úvahu při studiích o životním prostředí, jelikož jde o důležitý faktor ovlivňující zdraví hostitele.

Vztahy mezi stopovými prvky a gastrointestinálními hlísticemi, resp. mezi stopovými prvky a imunitou hostitele zjišťovaly autorky Koski a Scott (2003), které zjistily, že hlístice škrkavka dětská (*Ascaris lumbricoides*) a tenkohlavec lidský (*Trichuris trichiura*) způsobují aktivaci Th2 imunity, imunitní kaskády a vylučování Th2 cytokinů a jejich účinku po vypuzení helmintů. Avšak paraziti vyvinuli řadu strategií, jak se obranným mechanismům při napadení hostitele vyhnout. Mnohé z těchto mechanismů zahrnují metaloproteinázy pro



tkáňové invaze a enzymy, jako kataláza a superoxiddismutasa, které minimalizují poškození parazitární tkáňe volnými radikály imunitního systému hostitele.

Autorky Koski a Scott (2003) spojují nedostatek železa, molybdenu, mědi a zinku s vyšším zatížením červy, stejně jako nadbytek molybdenu, železa a mědi. Důležité je optimální množství stopových prvků v potravě nad nějž a pod nějž je parazit zvýhodněný.

V této diplomové práci bylo ovlivněno množství zinku, mědi, železa a manganu jak přítomností tasemnic, tak experimentálně přidaným kadmíem.

Autorky Koski a Scott (2003) také uvádějí, že určité stopové prvky mohou být přímo toxické pro parazita.

V této práci bylo zjištěno, že ovce nenapadené tasemnicemi měly narozdíl od ovcí tasemnicemi napadenými vyšší podíl těchto prvků: zinku v ledvinách, mědi a železa ve svalovině, ledvinách a játrech a manganu ve svalovině a ledvinách.

Dále autorky Koski a Scott (2003) zkoumají roli studovaných stopových prvků (železa a zinku) pomocí různých lidských infekcí hlísticemi, ale jsou zde možné role nedostatku molybdenu, jódu a mědi a nadbytku gastrointestinálních hlístic.

V této práci byly nejvyšší hodnoty železa a zinku nalezeny v játrech u ovcí infikovaných tasemnicí, avšak s různým zatížením kadmíem. Železa (515,59 mg/kg) bylo nejvíce v játrech ovcí zatížených kadmíem a infikovaných tasemnicí a zinku bylo nejvíce (167,76 mg/kg) v játrech ovcí nezatížených kadmíem a infikovaných tasemnicí.

Autorky Koski a Scott (2003) také zkoumají, jak nutriční stav hostitele ovlivňuje hostitelsko-parazitární vztah. Jeden z nejstarších stanovených vztahů mezi výživou a infekcí popisuje, že gastrointestinální hlístice vedou k chudokrevnosti z nedostatku železa, což vyvolává zpomalení růstu, zakrnělost nebo špatný kognitivní vývoj u člověka a zvířat. Již dávno bylo zjištěno, že vysoké střevní zátěže hlísticemi jako jsou *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichura*, *Ancylostoma duodenale* nebo *Necator americanus* vedou k anorexii, poklesu příjmu potravy a tělesné hmotnosti, snížení vstřebávání a využití živin a patofyziologii střeva. Když tato situace u rozsáhlých parazitóz nastane, doprovodné střevní krvácení může uspišit středně těžké až těžké anémie vyžadující léčbu. Proto ve většině rozvojových zemí jsou gastrointestinální infekce hlístic důležitými prediktory anémie.

V této práci bylo zjištěno, že u ovcí infikovaných tasemnicí a nezatížených kadmíem je obsah železa ve svalovině, ledvinách i játrech o několik desítek nižší než u ovcí neinfikovaných tasemnicí a nezatížených kadmíem. Avšak u ovcí infikovaných tasemnicí a zatížených kadmíem je obsah železa naopak o několik desítek vyšší než u ovcí tasemnicí

neinfikovaných. Což naznačuje, že experimentální podání kadmia by mohlo u parazity infikovaných jedinců riziko anemie podstatně snížit.

Spojení mezi nedostatkem mědi a parazitizmem zkoumali autoři Adogwa et al. (2005). Autoři Adogwa et al. (2005) uvádějí, že hladina mědi u přežvýkavců nakažených hlísticemi byla snížena.

Také v této práci bylo zjištěno, že u ovcí infikovaných tasemnicí byly hodnoty mědi znatelně nižší než u ovcí tasemnicí neinfikovaných.

Výsledky autorů Adogwa et al. (2005) ukázaly, že parazitizmus snižuje hladinu mědi a hemoglobinu v krvi i při podávání parenterálně a tudíž může výrazně zhoršit hypocupremii.

Koncentraci prvků ve vrtejší velikém (*Macracanthorhynchus hirudinaceus*) v porovnání s definitivním hostitelem (prasetem) sledovali autoři Sures et al. (2000). Autoři Sures et al. (2000) uvádějí, že většina prvků byla nalezena ve vyšších koncentracích ve vrtejší než v různých tkáních hostitele.

V této práci byly v tělech tasemnic ovcí nalezeny vyšší hodnoty mědi než ve svalovině hostitele, v ledvinách a játrech ovcí byl obsah mědi naopak o několik desítek vyšší než v tělech tasemnic. Dále hodnoty manganu byly vyšší v tělech tasemnic než v hostitelské svalovině a ledvinách. V játrech ovcí byla koncentrace manganu nepatrně vyšší než v tělech tasemnic. Také obsah zinku a železa byl mnohonásobně vyšší v tkáních ovce než v tělech tasemnic.

## 7. ZÁVĚR

Závěrem lze konstatovat, že mezi hodnotami jednotlivých prvků (Zn, Cu, Fe, Mn) ve svalovině, ledvinách, játrech a v těle tasemnicí ovčích (*Moniezia expansa*) byly mezi skupinami (A, B, CA, CB) zjištěny statisticky průkazné rozdíly ( $p < 0,05$ ). Z toho plyne, že vliv infekce tasemnicí ovčí (*Moniezia expansa*) a experimentálního podání kadmia na koncentrace stopových prvků ve svalovině, ledvinách a játrech hostitele (*Ovis aries*) byl potvrzen.

Experimentální podání kadmia ovčím domácím (*Ovis aries*) ovlivňuje hladiny zinku, mědi, železa i manganu ve svalovině, ledvinách a játrech ovčí. Nejvíce však ovlivňuje hodnotu železa, která se u ovčí zatížených kadmíem oproti ovčím kadmíem nezatíženým ve všech zkoumaných orgánech několikanásobně zvyšuje. Tento jev by pravděpodobně mohl u nakažených zvířat pomoci k prevenci anémie.

Také infekce tasemnicí ovčí má vliv na koncentraci stopových prvků (Zn, Cu, Fe a Mn) ve svalovině, ledvinách a játrech hostitele (*Ovis aries*). Tasemnice ovčí (*Moniezia expansa*) ve střevě infikovaných ovčí odnímá určitou část zinku z ledvin, mědi a železa ze svaloviny, ledvin i jater a manganu ze svaloviny a ledvin hostitele. Naopak obsah zinku ve svalovině a játrech a manganu v játrech narůstá s infekcí tasemnice.

Experimentální podání kadmia ovčím domácím (*Ovis aries*) ovlivňuje obsah zinku, mědi, železa a manganu také v tělech tasemnic (*Moniezia expansa*) ve střevě ovčí, tj. schopnost vychytávání těchto stopových prvků tasemnicemi. Zatížení ovčí kadmíem zvyšuje koncentraci mědi a manganu v tělech tasemnic. Koncentrace zinku a železa v tělech tasemnic je naopak nižší než v tělech tasemnic ovčí bez zatížení kadmíem.

## 8. SEZNAM LITERATURY

Adogwa, A., Mutani, A., Rammanan, A., Ezeokoli, C. 2005. The effect of gastrointestinal parasitism on blood copper and hemoglobin levels in sheep. *Can Vet J*, 46, 1017-1021.

Alleyne, T., Adogwa, A., Lalla, A., Joseph, J., John, R., Mohammed, A. 1996. Novel mitochondrial proteins and decreased intrinsic activity of cytochrome-c-oxidase. Characteristics of swayback diseases in sheep. *Mol Chem Neuropathol*, 28, 285-293.

Berger, J. 1997. *Systematická zoologie*. 1. vyd., Tobiáš, Havlíčkův Brod, 223 s.

Blašík, O., Adam, V., Beklová, M., Kizek, R. 2006. Metalothionein a jeho vztah k metabolismu iontů těžkých kovů. *Krmivářství*, 4, 30-32.

Brown, A.P., Pascoe, D. 1989. Parasitism and host sensitivity to cadmium: An acanthocephalan infection of the freshwater amphipod *Gammarus pulex*. *Journal of Applied Ecology*, 26, 473-487.

Černošek, A., Bojko, J., Konrád, J., Kučera, K., Vokoun, P. 1989. *Zdraví zvířat v drobných chovech*. 1. vyd., SZN, Praha, 354 s.

Dalton P.J., Skelly P., Halton D.W. 2004. Role of the tegument and gut in nutrient uptake by parasitic platyhelminths. *Revue canadienne de zoologie*, 82, 211-232.

Dick, A.T., Dewey, D.W., Gawthorne J.M. 1975. Thiomolybdates and copper – molybdenum – sulphur interaction in ruminant nutrition. *J Agric Sci*, 85, 567-568.

Enigk, K., Feder, H., Dey-Hazra, A. 1973. Zur chemischen Zusammensetzung von *Ascaris suum* (Nematoda) nach unterschiedlicher mineralstoffütterung der Wirtstiere. *Z Parasitenkd*, 42, 147-164.

Greenwood, N.N., Earnshaw, A. 1993. *Chemie prvků*. 1. vyd., Informatorium, Praha, 125 s.

Greichus, A., Greichus, Y.A. 1980. Identification and quantification of some elements in the hog roundworm, *Ascaris lumbricoides suum*, and certain tissues of its host. *Int J Parasitol*, 10, 89-91.

Horák, F., Axmann, R., Červený, Č., Doležal, P., Doskočil, J., Jílek, F., Loučka, R., Mareš, V., Milerski, M., Pindák, A., Tůma, J., Veselý, P., Zeman, L. 2004. *Ovce a jejich chov*. 1. vyd., Brázda, Praha, 299 s.

Horák P., Scholz T. 1998. *Biologie helmintů*. 1. vyd., Karolinum – nakladatelství Univerzity Karlovy, Praha. 139 s

Chilton, N.B., O'Callaghan, M.G., Beveridge, I., Andrews, R.H. 2007. Genetic markers to distinguish *Moniezia expansa* from *M. benedeni* (Cestoda: Anoplocephalidae) and evidence of the existence of cryptic species in Australia. *Parasitol Res* 100, 1187 – 1192

Ince, A.J. 1976 Some elements and their relationship in *Ascaris suum*. *Int J Parasitol*, 6, 127-128.

Koski, K.G., Scott, M.E. 2003. Gastrointestinal Nematodes, Trace Elements, and Immunity. *The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine*, 16, 237-251.

Lafferty, K.D. 1997. Environmental parasitology: What can parasites tell us about human impacts on the environment? *Parasitology Today*, 13, 251-255.

Laštůvka, Z., Gaisler, A., Šťastná, P., Pelikán, J. 2001. *Zoologie pro zemědělce a lesníky*. 2. vyd., Konvoj, Brno, 267s

MacKenzie, K., Williams, H.H., Williams, B., McVicar, A.H., Siddal, R. 1995. Parasites as indicators of water quality and the potential use of helminth transmission in marine pollution studies. *Advances in Parasitology*, 35, 85-144.

- Mohammed, A., Adogwa, A., Youssef, F.G. 1995. Pathological and mineral status investigation in quadriplegic lambs. *Mol Chem Neuropathol*, 24, 257-261.
- Papáček, M., Matěnová, V., Matěna, J., Soldán, T. 1994. *Zoologie*. 1. vyd., Scientia, Praha, 286 s.
- Patterson D.S.P., Foulkes, J.A., Sweasey, D., Glancyand, E.M., Terkecki, S. 1974. A neurochemical study of field cases of the delayed spinal form of swayback (enzootic ataxia) in lambs. *J Neurochem*, 123, 1245-1253.
- Pitter, P. 1999. *Hydrochemie*. 3. vyd., VŠCHT, Praha, 568 s.
- Scheef, G., Sures, B., Taraschewski, H. 2000. Cadmium accumulation in *moniliformis moniliformis* (Acanthocephala) from experimentally infected rats. *Parasitol Res*, 86, 688-691.
- Schubert, R. 1991. *Bioindikation in terrestrischen ökosystemen*. Jena: Fischer Verlag.
- Siddal, R., Sures, B. 1998. Uptake of lead by *Pomporhynchus laevis* cystacanths in *Gammarus pulex* and immature worms in chub (*Leuciscus cephalus*). *Parasitology Research*, 84, 573-577.
- Starling J. A. 1975. Tegumental carbohydrate transport in intestinal helminths: correlation between mechanisms of membrane transport and the biochemical environment of absorptive surfaces. *Trans. Am. Microsc. Soc*, 94, 508-523.
- Starling, J.A. 1985. Feeding, nutrition and metabolism. In: Crompton, D.W.T., Nickol, B.B. (Eds.). *Biology of the Acanthocephala*, Cambridge University Press, Cambridge, MA, pp. 125-212.
- Sures, B. 2001. The use of fish parasites as bioindicators of heavy metals in aquatic ecosystems: a review. *Aquat. Ecol*, 35, 245-255.

Sures, B. 2002. Competition for minerals between *Acanthocephalus lucii* and its definitive host perch (*Perca fluviatilis*). *International Journal for Parasitology*, 32, 1117-1122.

Sures, B. Taraschewski, H. 1995. Cadmium concentrations of two adult acanthocephalans, *Pomphorhynchus laevis* and *Acanthocephalus lucii*, as compared with their fish hosts and cadmium and lead levels in larvae of *A. lucii* as compared with their crustacean host. *Prarasitology Research*, 81, 494-497.

Sures, B. Taraschewski, H., Jackwerth, E. 1994. Lead accumulation in *Pomphorhynchus laevis* and its host. *Journal of Parasitology*, 80, 355-357.

Sures, B. Taraschewski, H., Rydlo, M. 1997. Intestinal fish parasites as heavy metal bioindicators: A comparison between *Acanthocephalus lucii* (Palaeacanthocephala) and the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 59, 14-21.

Sures, B., Franken, M., Taraschewski, H. 2000. Element concentrations in the archiacanthocephalan *Macracanthorhynchus hirudinaceus* compared with those in the porcine definitive host from a slaughterhouse in La Paz, Bolivia. *International Journal for Parasitology*, 30, 1071-1076.

Sures, B., Jürges, G., Taraschewski, H. 1998. Relative concentrations of heavy metals in the parasites *Ascaris suum* (Nematoda) and *Faciola hepatica* (Digenea) and their respective porcine and bovine definitive hosts. *International Journal for Parasitology*, 28, 1173-1178.

Sures, B., Scheef, G., Klar, B., Kloas, W., Taraschewski, H. 2002. Interaction between cadmium exposure and infection with the intestinal parasite *Moniliformis moniliformis* (Acanthocephala) on the stress hormone levels in rats. *Environmental Pollution*, 8, 333-340.

Sures, B., Siddal, R. 1999. *Pomphorhynchus laevis*: The intestinal Acanthocephalan as a Lead Sink for its Fish Host, Chub (*Leuciscus cephalus*). *Experimental parasitology*, 93, 66-72.

Sures, B., Siddal, R., Taraschewski, H. 1999. Parasites as accumulation indicators of heavy metal pollution. *Parasitology Today*, 15, 16-21.

Suttle, N.F., Field, A.C. 1970. Production of swayback by experimental copper deficiency. In: Mills CF, ed Trace elements Metabolism in Animals. London: E & S Livingston, 110-113.

Taraschewski, H. 2000. Host parasite interactions in Acanthocephala – morphological approach. *Adv. Parasitol*, 46, 1-179.

Uglem, G.L. 1991. Water balance and its relation to fermentation acid production in the intestinal parasites *Hymenolepis diminuta* (Cestoda) and *Moniliformis moniliformis* (Acanthocephala). *J. Parasitol*, 77, 874-883.

Valtonen, E.T., Holmes, J.C., Koskivaara, M. 1997. Eutrophication, pollution, and fragmentation: effects on parasite communities in roach (*Rutilus rutilus*) and perch (*Perca fluviatilis*) in four lakes in central Finland. *Can J Fish Aquat Sci*, 54, 572-585.

Volf, P., Horák, P. 2007. Paraziti a jejich biologie. 1. vyd., Triton, Praha, 318 s.

Youssef, F.G. 1985. A preliminary mineral blood profile of tropical goats and sheep in Trinidad. In: Mills, C.F., Bremner, I., Chesters, J.K., eds. Trace elements in Man and Animals (TEMA 5): TEMA: Farnham Royal, 857-859.

Youssef, F.G., Brathwaite, R.A. 1987. The mineral profile of some tropical grasses in Trinidad. *Trop Agric*, 64, 122-128.

Zicháček, V. 1995. Zoologie. 1. vyd., FIN, Olomouc, 292 s.

Zimmermann, S., Sures, B., Taraschewski, H. 1999. Experimental studies on lead accumulation in the eel specific endoparasites *Anguillicola crassus* (Nematoda) and *Paratenuisentis ambiguus* (Acanthocephala) as compared with their host, *Anguilla anguilla*. *Arch Environ Contam Toxicol*, 37, 190-195.



## Internetové zdroje

Anonym. Kortizol [online]. 30. března 2010 [cit 2009-03-31]. Dostupné z <<http://cs.wikipedia.org>>.

Anonym. Látka: Kadmium a sloučeniny (jako Cd) [online]. 15. března 2005 [cit 2009-12-11]. Dostupné z <<http://www.irz.cz>>.

Bálek, R. Chemické látky v životním prostředí. 21.zář 2008 [cit 2010-03-22]. Dostupné z <<http://aldebaran.feld.cvut.cz>>

Bryl, M., Pírková, L., Matyáščík, T. Artiodactyla - Sudokopytníci - Even-toed ungulates [online]. 6. května 2002 [cit 2009-11-12]. Dostupné z <<http://www.savci.upol.cz>>.

Horák, M. Systém bezobrtlých [online]. 21. září 2009 [cit 2009-11-20]. Dostupné z <<http://www.sci.muni.cz>>.

Jelínek, V. Kadmium – Cd [online]. 2. ledna 2007 [cit 2009-11-12]. Dostupné z <<http://www.joalis.co.uk>>.

Kleger, L. Měď [online]. 3. února 2005 [cit 2009-11-09]. Dostupné z <<http://www.bezjedu.arnika.org>>.

Mangl, O. Toxicita železa [online]. 6. června 2007 [cit 2009-11-11]. Dostupné z <<http://kalch.upce.cz>>.

Ruflová, A. Bioakumulace, toxicita a toxický efekt [online]. 15. března 2005 [cit 2009-11-12]. Dostupné z <<http://www.priroda.cz>>.

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. Role hospodářských zvířat ve spotřebě a znečištění vody [online]. 19. února 2006 [cit 2009-11-12]. Dostupné z <<http://www.csvv.cz>>.

## 10. SAMOSTATNÉ PŘÍLOHY

**Tabulka 3:** Koncentrace stopových prvků Zn, Cu, Fe a Mn (mg/kg sušiny) ve svalovině ovcí s různým zatížením Cd/tas.

skupina	ovce	Zn	Cu	Fe	Mn
A) zatížené Cd a neinfikované tasemnicí	1A	101,723	3,638	126,422	0,669
	2A	106,485	3,965	124,708	0,496
	3A	131,722	3,896	117,685	0,888
	4A	83,021	4,319	75,886	1,04
	5A	83,29	4,187	77,636	1,006
	6A	86,024	4,566	77,332	0,807
medián	skupina A	<b>93,874</b>	<b>4,076</b>	<b>97,66</b>	<b>0,848</b>
SD		<b>18,9957</b>	<b>0,33053</b>	<b>25,3647</b>	<b>0,20757</b>
B) zatížené Cd a infikované tasemnicí	1B	116,397	3,264	158,417	0,36
	2B	108,709	3,396	152,125	0,291
	3B	119,173	3,352	154,408	0,357
	4B	108,225	3,064	86,391	0,762
	5B	111,827	3,287	99,31	1,085
	6B	104,986	2,875	94,732	0,843
medián	skupina B	<b>110,268</b>	<b>3,276</b>	<b>125,718</b>	<b>0,561</b>
SD		<b>5,365</b>	<b>0,199</b>	<b>34,001</b>	<b>0,326</b>
CA) nezatížené Cd a neinfikované tasemnicí	1CA	85,582	5,325	74,381	2,076
	2CA	80,051	5,476	85,506	2,512
	3CA	85,72	5,728	68,477	1,757
medián	skupina CA	<b>85,582</b>	<b>5,476</b>	<b>74,381</b>	<b>2,076</b>
SD		<b>3,234</b>	<b>0,203</b>	<b>8,647</b>	<b>0,379</b>
CB) nezatížené Cd a infikované tasemnicí	1CB	124,638	3,45	36,53	1,2
	2CB	118,945	3,724	34,276	1,152
	3CB	111,175	3,854	35,297	0,868
medián	skupina CB	<b>118,945</b>	<b>3,724</b>	<b>35,297</b>	<b>1,152</b>
SD		<b>6,758</b>	<b>0,206</b>	<b>1,129</b>	<b>0,179</b>

**Tabulka 4:** Koncentrace stopových prvků Zn, Cu, Fe a Mn (mg/kg sušiny) v ledvinách ovcí s různým zatížením Cd/tas.

skupina	ovce	Zn	Cu	Fe	Mn
A) zatížené Cd a neinfikované tasemnicí	1A	117,803	13,915	135,343	6,225
	2A	118,053	14,487	128,965	6,94
	3A	125,307	14,702	137,566	6,867
	4A	109,201	18,588	194,14	6,38
	5A	102,884	18,132	218,144	5,555
	6A	110,127	18,346	208,578	5,977
medián	skupina A	<b>113,965</b>	<b>16,417</b>	<b>165,853</b>	<b>6,302</b>
SD		<b>8,003</b>	<b>2,204</b>	<b>40,803</b>	<b>0,529</b>
B) zatížené Cd a infikované tasemnicí	1B	109,819	16,553	256,376	8,194
	2B	120,93	17,668	270,525	8,74
	3B	114,327	18,294	281,352	7,519
	4B	104,778	13,795	235,37	5,602
	5B	112,354	14,221	231,942	6,183
	6B	97,703	12,845	232,833	4,582
medián	skupina B	<b>111,087</b>	<b>15,387</b>	<b>245,873</b>	<b>6,851</b>
SD		<b>8,02823</b>	<b>2,24424</b>	<b>21,2979</b>	<b>1,60973</b>
CA) nezatížené Cd a neinfikované tasemnicí	1CA	123,735	18,406	301,733	6,693
	2CA	116,199	17,69	287,686	6,037
	3CA	114,451	17,874	272,323	6,745
medián	skupina CA	<b>116,199</b>	<b>17,874</b>	<b>287,686</b>	<b>6,693</b>
SD		<b>4,934</b>	<b>0,372</b>	<b>14,71</b>	<b>0,394</b>
CB) nezatížené Cd a infikované tasemnicí	1CB	92,275	14,42	145,45	2,531
	2CB	106,388	17,675	160,139	3,547
	3CB	112,774	16,855	156,249	3,73
medián	skupina CB	<b>106,388</b>	<b>16,855</b>	<b>156,249</b>	<b>3,547</b>

**Tabulka 5:** Koncentrace stopových prvků Zn, Cu, Fe a Mn (mg/kg sušiny) v játrech ovcí s různým zatížením Cd/tas.

skupina	ovce	Zn	Cu	Fe	Mn
A) zatížené Cd a neinfikované tasemnicí	1A	193,392	71,467	291,127	13,255
	2A	177,24	69,444	255,781	13,388
	3A	191,446	71,702	275,303	13,601
	4A	146,663	66,108	523,783	12,838
	5A	136,554	59,503	451,263	11,632
	6A	146,23	67,594	535,068	12,073
medián	skupina A	<b>161,951</b>	<b>68,519</b>	<b>371,195</b>	<b>13,046</b>
SD		<b>25,1104</b>	<b>4,53806</b>	<b>129,331</b>	<b>0,78595</b>
B) zatížené Cd a infikované tasemnicí	1B	144,317	35,465	714,149	15,254
	2B	95,383	31,526	639,667	9,663
	3B	147,983	33,237	677,032	14,087
	4B	174,768	50,46	389,403	14,906
	5B	179,964	55,496	372,962	15,457
	6B	182,27	50,73	391,519	16,123
medián	skupina B	<b>161,376</b>	<b>42,962</b>	<b>515,593</b>	<b>15,08</b>
SD		<b>33,077</b>	<b>10,5367</b>	<b>161,962</b>	<b>2,34408</b>
CA) nezatížené Cd a neinfikované tasemnicí	1CA	123,8	87,623	400,504	7,418
	2CA	124,898	79,749	391,674	7,813
	3CA	125,852	99,195	462,639	8,056
medián	skupina CA	<b>124,898</b>	<b>87,623</b>	<b>400,504</b>	<b>7,813</b>
SD		<b>1,0268</b>	<b>9,782</b>	<b>38,676</b>	<b>0,32174</b>
CB) nezatížené Cd a infikované tasemnicí	1CB	167,763	48,636	240,159	8,901
	2CB	167,981	48,139	237,084	9,16
	3CB	166,331	43,488	227,902	9,012
medián	skupina CB	<b>167,763</b>	<b>48,139</b>	<b>237,084</b>	<b>9,012</b>
SD		<b>0,897</b>	<b>2,84</b>	<b>6,377</b>	<b>0,13</b>