

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Parazitofauna hrabošovitých hlodavců a její potenciální
nebezpečí pro kvalitu zemědělských produktů a potravin**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Kateřina Schmidtová

**Obor studia: Kvalita potravin a zpracování zemědělských
produktů**

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

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Parazitofauna hrabošovitých hlodavců a její potenciální nebezpečí pro kvalitu zemědělských produktů a potravin" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26. 4. 2021

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. Ing. Ivaně Jankovské, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování této diplomové práce věnovala. Mé díky patří také Ing. Veronice Karešové a Ing. Richardu Ševčíkovi za pomoc při realizaci experimentální části práce.

Parazitofauna hrabošovitých hlodavců a její potenciální nebezpečí pro kvalitu zemědělských produktů a potravin

Souhrn

Hrabošovití hlodavci patří mezi významné evropské škůdce v zemědělství a lesnictví. Jsou nositeli některých cizopasníků, kteří mohou být přeneseni různými způsoby na člověka. Cílem této diplomové práce bylo zjistit skutečné parazitární napadení gastrointestinálními helminty u hrabošů a posoudit vliv nalezených parazitů na zemědělské produkty a potraviny. Hlodavci zkoumaní v této práci byli odchyceni v červnu roku 2020 v Krušných horách a následně podrobeni helmintologické pitvě. Konkrétně se jednalo o druhy hraboš mokřadní (*Microtus agrestis*) a norník rudý (*Myodes glareolus*). Nalezení helminté byli dále pomocí mikroskopického vyšetření identifikováni na základě své morfologie.

Z celkového počtu 33 vyšetřovaných hlodavců bylo parazitologicky pozitivních 36,4 % jedinců. Všichni nalezení parazité se řadili do skupin tasemnice (Cestoda) nebo hlístice (Nematoda). Nejčastěji identifikovaným parazitem byla hlístice *Heligmosomum costellatum*, která byla zjištěna u 21,2 % hlodavců. Další parazité byli zastoupeni následovně: *Trichuris arvicolae* u 6,1 % hlodavců, tetrahydria tasemnic rodu *Mesocestoides* u 3 % hlodavců, boubele tasemnic čeledi Taeniidae u 6 % hlodavců, adultní tasemnice rodu *Paranoplocephala* (pravděpodobně *Paranoplocephala dentata*, syn. *Anoplocephaloides dentata*) u 3 % hlodavců a adultní tasemnice rodu *Hymenolepis* (pravděpodobně *Hymenolepis horrida*, syn. *Arostrilepis horrida*) u 6,1 % hlodavců.

Identifikované hlístice a dospělé tasemnice nejsou zoonotické. Bližší určení larválních stádií tasemnic nebylo možné, nicméně některé druhy čeledi Taeniidae a rodu *Mesocestoides* vyskytující se u hrabošů přenosné na člověka jsou. K přenosu tasemnic čeledi Taeniidae (zejména *Echinococcus multilocularis*) by ale muselo dojít prostřednictvím dalších hostitelů, u tasemnic rodu *Mesocestoides* prostřednictvím zbytků těl uhynulých hlodavců. Parazitofauna vyšetřovaných hlodavců tudíž nemá významný potenciál přímo ohrožit bezpečnost potravin. Zároveň je ale nutné uhynulé hlodavce vždy řádně odstranit.

Endoparazité rodu *Trichuris* mají negativní dopad na vitalitu a plodnost hostitele. Lze tedy navrhnout zvážení možnosti využití hlístice *Trichuris arvicolae*, jako prostředku biologické regulace populací hrabošů. Je to jedna z eventualit zmírnění škod v zemědělství způsobených hlodavci, namísto používání rodenticidů, které kromě úhynu hlodavců způsobují i úhyn dalších živočichů, včetně ohrožených druhů. V každém případě využití parazitů k regulaci populací je třeba dále podrobně zkoumat.

Klíčová slova: hraboš, parazit, helmint, přemnožení, kvalita, potraviny

Parasitofauna of Arvicolinae and its potential danger to the quality of agricultural products and food

Summary

Voles are the major European pests in agriculture and forestry. They carry some parasites that can be transmitted to humans in various ways. The aim of this diploma thesis was to determine the actual parasitic infestation by gastrointestinal helminths in voles and to assess the effect of found parasites on agricultural products and food. The rodents examined in this work were captured in June 2020 in Krušné hory and subsequently subjected to an autopsy. Specifically, these were the species of field vole (*Microtus agrestis*) and bank vole (*Myodes glareolus*). Found helminths were further identified by microscopic examination on the basis of their morphology.

Out of the total number of 33 examined rodents, 36,4 % were parasitologically positive. All parasites found were classified as tapeworm (Cestoda) or nematode (Nematoda). The most frequently identified parasite was the nematode *Heligmosomum costellatum*, which was found in 21,2 % of rodents. Other parasites were represented as follows: *Trichuris arvicolae* in 6,1 % of rodents, tapeworm tetrahydia of the genus *Mesocestoides* in 3 % of rodents, tapeworms of the family Taeniidae in 6 % of rodents, adult tapeworms of the genus *Paranoplocephala* (probably *Paranoplocephala dentata*, syn. *Anoplocephaloides dentata*) in 3 % rodents and adult tapeworms of the genus *Hymenolepis* (probably *Hymenolepis horrida*, syn. *Arostrilepis horrida*) in 6,1 % rodents.

Identified nematodes and adult tapeworms are not zoonotic. Closer determination of the larval stages of tapeworms was not possible. Some species of the family Taeniidae and the genus *Mesocestoides* occurring in voles are transmissible to humans. However, the transmission of tapeworms of the family Taeniidae (especially *Echinococcus multilocularis*) would have to take place via other hosts, in the case of tapeworms of the genus *Mesocestoides* via the remains of the bodies of dead rodents. Therefore, the parasitic fauna of the examined rodents does not have a significant potential to directly endanger food safety. At the same time, dead rodents must always be properly removed.

Endoparasites such as genus *Trichuris* have a negative impact on the vitality and fertility of the host. It is therefore an option to consider the possibility of using the nematode *Trichuris arvicolae* as a means of biological regulation of rodent populations. It is one of the possible mitigations of damage to agriculture caused by rodents, instead of the use of rodenticides, which, in addition to the death of rodents, also cause the death of other animals, including endangered species. In any case, the use of parasites to control populations needs to be further investigated in detail.

Keywords: vole, parasite, helminth, overgrowth, quality, food

Obsah

1 Úvod	7
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	8
3 Literární rešerše	9
3.1 Charakteristika vybraných hostitelů	9
3.1.1 Hraboš polní (<i>Microtus arvalis</i> (Pallas, 1778)).....	9
3.1.2 Hraboš mokřadní (<i>Microtus agrestis</i> (Linnaeus, 1761)).....	11
3.1.3 Norník rudý (<i>Myodes glareolus</i> (Schreber, 1780)).....	12
3.1.4 Hrabošík podzemní (<i>Microtus subterraneus</i> de Sélys-Longchamps, 1836)..	13
3.2 Parazitofauna hlodavců a bezpečnost potravin	13
3.2.1 Prevence parazitárních nákaz přenášených hlodavci.....	15
3.3 Problematika přemnožení hrabošů	16
3.3.1 Rodenticidy.....	17
3.3.2 Parasitismus a dynamika populací.....	18
3.3.3 Biologická kontrola hlodavců parazity.....	19
3.4 Vybraní parazité hrabošovitých hlodavců	20
3.4.1 Prvoci (Protozoa).....	20
3.4.2 Tasemnice (Cestoda).....	22
3.4.3 Hlístice (Nematoda).....	27
4 Metodika	34
4.1 Odchyt a uchování zvířat	34
4.2 Helmintologická pitva a diagnostika parazitů	34
4.2.1 Použité pomůcky a chemikálie.....	35
4.3 Statistické zpracování dat	35
5 Výsledky	36
5.1 Identifikace a fotodokumentace parazitů	37
5.2 Statistické šetření	40
6 Diskuse	42
7 Závěr	46
8 Literatura	47
9 Samostatné přílohy	I

1 Úvod

Hlodavci, nejrozšířenější skupina savců na světě, jsou dobře známí tím, že jsou nositeli nepřeberného množství patogenů. Jejich kosmopolitní rozšíření a vysoká adaptabilita na prostředí jim umožňuje hrát významnou roli při přenosu mnohdy nebezpečných onemocnění na člověka a domácí nebo hospodářská zvířata. Jsou nedílnou součástí zemědělské krajiny a šíří patogeny zejména tím, že kontaminují prostředí farem, skladů a polí svými výkaly a močí. Zemědělské produkty tak mohou být kontaminovány kdykoliv během procesu „z farmy na vidličku“, přičemž kontaminace produktů na polích představuje jednu ze zásadních hrozeb pro bezpečnost potravin. Je důležité identifikovat hrozby, které představují divoce žijící organismy pro bezpečnost potravin. A to zejména z důvodu, že neúčinnějšími kroky, jak zabránit přenosu patogenů na člověka je vždy prevence a informovanost o hrozcích rizicích (Jahan et al. 2021). Vniknutí choroboplodných zárodků do plodin před sklizní může být navíc i důsledkem pocházejícím z různých zdrojů, jako je kontaminace následkem vniknutí divoké zvěře, aplikace znečištěného hnoje či vody na pole nebo ze strany nedostatečné hygieny pracovníků v zemědělství a potravinářství (Kilonzo et al. 2013).

Mnoho studií, které se zabývají výskytem zoonotických parazitů u hlodavců se zaměřuje na komenzálové škůdce, jako jsou myši, krysy nebo potkani, kteří žijí často v blízkosti lidských obydlí. Je však známo, že i hrabošovití hlodavci zejména během zimy pronikají do stájí, sklepů a ostatních prostor skladování potravin, kde kromě poškození plodin mohou zanechávat i výkaly nebo dokonce na těchto místech hynout a ohrožovat tím kvalitu potravin z hlediska jejich bezpečnosti (Viro & Niethammer 1978). Hrabošovití jsou mimo jiné například významnými přenašeči patogenních hantavirů, které způsobují hemoragickou horečku s renálním syndromem (Jonsson et al. 2010).

V některých oblastech světa byl v posledních letech zaznamenán rostoucí počet případů parazitárních onemocnění lidí (Han et al. 2015; Hassell et al. 2017). Zoonotická onemocnění, zejména ta, spojená s divoce žijícími hlodavci tedy mohou představovat významnou hrozbu pro veřejné zdraví (Woolhouse et al. 2001).

Na druhou stranu jsou parazitární nákazy považovány za jeden z faktorů, které mohou hrát významnou roli v populační dynamice hlodavců. Někteří cizopasníci svým negativním vlivem na vitalitu hostitele nebo reprodukční schopnosti tak mohou zmírňovat přemnožení hlodavců, které je v Evropě v posledních letech čím dál zásadnějším problémem. Zejména u hrabošů, kteří jsou dominantními škůdci v Evropě a jejich populace způsobují nepřehlédnutelné ekonomické škody v lesnictví, zemědělství a produkci potravin (Jacob et al. 2020).

V parazitologických výzkumech, které se provádějí na území České republiky jsou hrabošovití hlodavci opomíjeni, a to i přes jejich hojné rozšíření. Z tohoto důvodu je v této práci zmapován výskyt helmintů parazitujících u těchto hlodavců, posouzen vliv nalezených parazitů na bezpečnost potravin a možnosti jejich vlivu na vitalitu hostitelů a případný potenciál regulace populace hostitelů.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cíl práce:

Cílem této diplomové práce bylo zjistit skutečné parazitární napadení hrabošovitých hlodavců v ČR a posoudit potenciální dopad zjištěných parazitů na kvalitu zemědělských produktů.

Hypotéza:

Hrabošovití hlodavci v ČR jsou hostitelé parazitických helmintů, kteří mohou ovlivňovat kvalitu zemědělských produktů a potravin.

3 Literární rešerše

Hlodavci jsou nejhojnější a nejrozšířenější skupinou savců na světě. Představují přibližně 40 % z celkového počtu druhů savců. Z důvodu jejich dobrých reprodukčních schopností a vysoké adaptability na prostředí jsou rozšířeni na všech kontinentech, kromě Antarktidy, díky čemuž se také řadí mezi významné globální škůdce (Huchon et al. 2002).

3.1 Charakteristika vybraných hostitelů

Hrabošovití (Arvicolinae), označovaní také jako hraboši, jsou rozmanitou podčeledí náležící do řádu hlodavci (Rodentia). Podčeleď Arvicolinae zahrnuje 28 rodů primárně býložravých savců, kteří jsou zpravidla aktivní po celý rok. Během života vytváří velmi komplikované dráhy ve vegetaci nebo těsně pod zemí. Hnízda hrabošů jsou většinou lokalizována pod povrchem země, ve skalních štěrbinách či jiných dobře chráněných místech. Jejich tělo je statné s krátkými končetinami. Mají malé, kulaté uši a tupý tvar čenichu. Srst v oblasti hřbetu má různé odstíny hnědé nebo šedé barvy a u některých druhů má výrazný červený nebo žlutý nádech. Tito drobní savci obývají velmi širokou škálu stanovišť, jako jsou listnaté, jehličnaté i smíšené lesy, horské svahy, močály, rašeliniště, zemědělská pole, louky či pastviny. V období nedostatku potravy, zejména v zimě, se mohou stahovat k lidským obydlím či skladům potravin, kde způsobují nemalé škody (Nowak 1999).

Ze skupiny obratlovců jsou právě hraboši považováni za hlavní evropské škůdce na zemědělské půdě. Způsobují výrazné škody v lesnictví a snížení výnosů zemědělských plodin, které je výrazné zejména na konci léta, kdy populace hrabošů dosahují nejvyšších hustot (Roos et al. 2019). V České republice se hojně vyskytují čtyři druhy, které mají vliv na ekologické systémy, zemědělství i na skladované potraviny. Jedná se o hraboše polního, hraboše mokřadního, norníka rudého a v menší míře i hrabošíka podzemního (Anděra & Beneš 2001).

3.1.1 Hraboš polní (*Microtus arvalis* (Pallas, 1778))

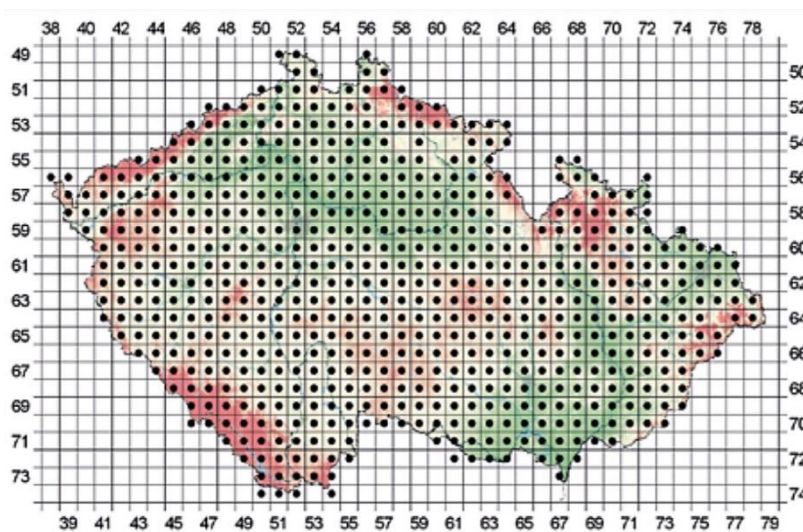
Hraboš polní je jedním z nejhojněji se vyskytujících drobných savců u nás (obrázek 1). Lze ho nalézt až na 88 % území České republiky (Anděra & Beneš 2001) a zároveň je jedním z nejrozšířenějších savců v celé zemědělské krajině Evropy (Mitchell-Jones et al. 1999).

Živí se hlavně rostlinami a částečně hmyzem, ale výjimkou u tohoto druhu není ani kanibalismus. Denní spotřeba potravy činí asi 100-125 % hmotnosti jejich těla. Březost trvá asi 19-21 dní a ve vrhu bývá 4-7 mláďat (Anděra & Horáček 2005).

Mezi primární stanoviště těchto hlodavců patří louky, půdy vyňaté z produkce a travnaté okraje polí. V podstatném počtu, hlavně během vrcholných fází hustoty populace, se vyskytují v oblastech zemědělské produkce jako jsou pole. Zejména na plochách pěstování obilnin, řepky, hrachu, fazolí a mrkve, příležitostně také cukrové řepy a brambor. V zimních obdobích mohou pronikat i do skladů a domácností (Imholt et al. 2011). Populace hraboše polního se vyznačují tím, že jejich početnost cyklicky kolísá v intervalu 2-5 let a zároveň nejvyšší hustoty

dosahuje na konci období rozmnožování, obvykle na konci léta a na podzim (Cornulier et al. 2013).

Hraboši polní jsou považováni za významné škůdce v zemědělství, jelikož poškozují obiloviny, řepku či jiné plodiny okusem. V období, kdy populace těchto hlodavců dosahuje vyšších hustot způsobují značné ekonomické ztráty v zemědělství. Na zimu se navíc tento druh hraboše stahuje do stohů, sýpek a skladů, kde může docházet ke kontaminaci potravin (Schlötelburg et al. 2018). Když hustota populace přesáhne více než 200 hrabošů na hektar, výsledné škody na plodinách v zemědělství, lesnictví a zahradnictví jsou mnohem zřetelnější. Kromě toho, že v období hojnosti hraboši polní poškozují významně plodiny, mají také vysoký potenciál přenášet různá onemocnění na člověka, hospodářská nebo společenská zvířata (Babińska-Werka 1979).



Obrázek 1: Mapa rozšíření hraboše polního v České republice v letech 1950-2011 (Anděra 2011)

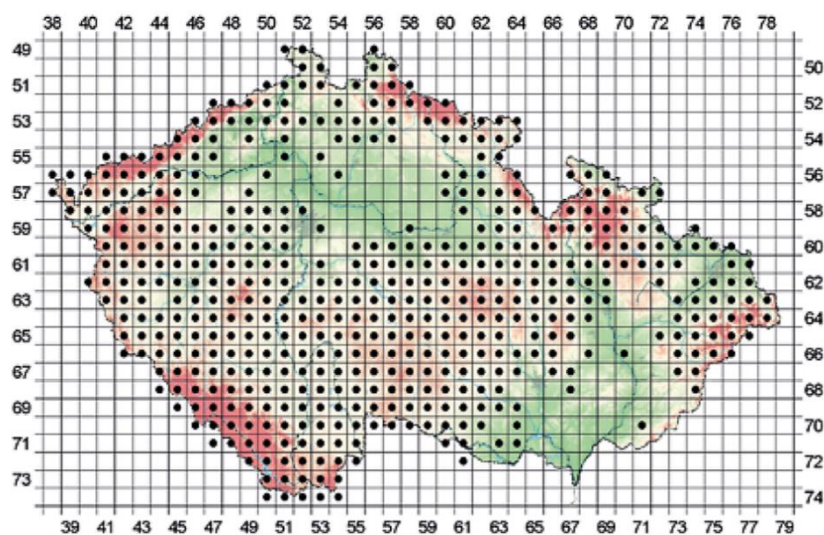
Na druhou stranu hraboši polní, stejně jako jiní drobní savci, hrají v ekosystémech nejednu významnou roli. Jsou důležitým zdrojem potravy pro více než 75 druhů predátorů v severní a střední Evropě (Halle 1993). Přispívají k šíření rostlin, provzdušňování, obměně půdy a jejímu hnojení. Jejich nory a tunelové systémy navíc poskytují útočiště dalším malým savcům, plazům, obojživelníkům a členovcům (Martin 2003). Nepřímé negativní účinky na ekosystém mohou nastat v případě zhroucení populace hrabošů, kdy budou dravci nuceni vyhledávat jiné alternativy potravy a vytvoří tak tlak na ostatní živočichy, kteří mohou mít vysokou hodnotu pro zachování, či dokonce patří mezi silně ohrožené druhy (Panek 2009).

Pokud vezmeme v úvahu výhody, které hraboši poskytují ekosystémům i škody jimi způsobené během jejich pravidelných fází nejvyšší hojnosti, související ztráty plodin a náklady na správu naznačují, že tento druh je stále nejzávažnějším škůdcem mezi obratlovci v evropském zemědělství (Jacob et al. 2014). Lokálně mohou být způsobené škody velmi dramatické, například může dojít ke ztrátě více než 80 % pěstované brukve řepky olejky (Babińska-Werka 1979).

3.1.2 Hraboš mokřadní (*Microtus agrestis* (Linnaeus, 1761))

Hraboš mokřadní byl v České republice dlouho považován za druh poměrně vzácný, ale intenzivní výzkumy prováděné na konci 20. století prokázaly, že tento hlodavec je rozšířený mnohem více, než se předpokládalo. Podle současných znalostí pokrývá jeho rozšíření, které je do jisté míry mozaikovitě, což může být důsledkem zkulturnování krajiny, a vázané na mírně chladnější a vlhčí stanoviště, asi 70 % území České republiky (obrázek 2) (Anděra & Beneš 2001).

Hraboš mokřadní je od hraboše polního vzhledem k základní morfologii téměř nerozeznatelný, nicméně se vyznačuje tím, že má mírně odlišné zbarvení – více žlutavě hnědé a nepatrně menší tělo (Anděra & Horáček 2005). V České republice je dynamika populací tohoto hlodavce vysoce variabilní, i když vrcholy hojnosti se pravidelně, stejně jako v jiných zemích Evropy, vyskytují v intervalech 4–5 let (Gouveia et al. 2015).



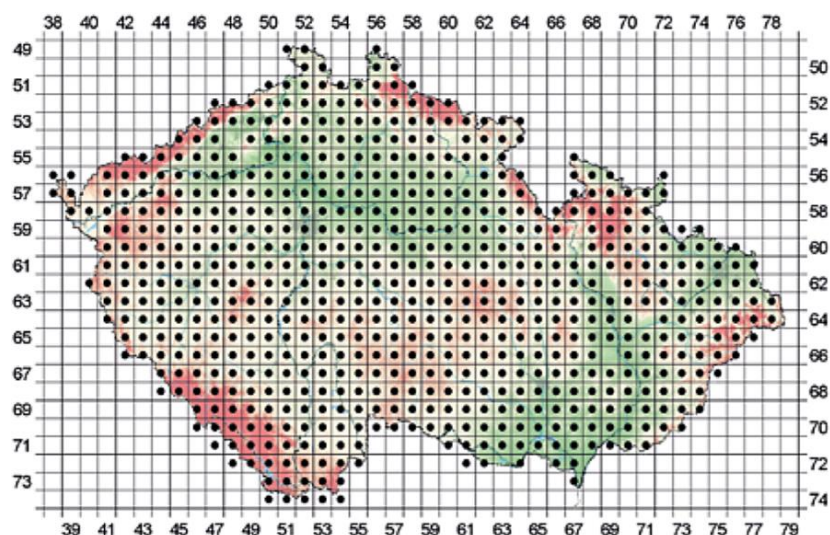
Obrázek 2: Mapa rozšíření hraboše mokřadního v České republice v letech 1950-2011 (Anděra 2011)

Upřednostňuje mokré oblasti na loukách, na nábrežních stanovištích a v lesích s hustým bylinným porostem. Často se ale vyskytuje také na zahradách, loukách i polích, většinou ve vlhkém prostředí poblíž vody (Yletyinen & Norrdahl 2008). Dle výzkumu prováděného v letech 1956–2012 může tento hlodavec hojně osidlovat i obhospodařovanou zemědělskou půdu a okraje vesnic a měst. Na těchto stanovištích se koncentrují ve vlhkých podestýlkách s bylinným nebo keřovým porostem. Vyhýbá se hustě zalesněným oblastem, zejména monotónním porostům jehličnatých stromů. Typy stanovišť tohoto hlodavce závisí také na ročním období a na množství jedinců tohoto druhu v dané oblasti. Při nejvyšší hustotě populace je lze také odchytit na farmách, a dokonce i v pomocných budovách (Ivanter et al. 2013).

Při zvýšeném počtu jedinců populací dochází k poškození přirozené vegetace i zemědělských plodin. Nejběžnějším typem poškození jsou ohlodané kmeny stromů, které poškozují dokonce i pod sněhovou pokrývkou. V zahradnictví je nejčastěji napadená jablona, ale znehodnocuje širokou škálu i ostatních dřevin nejen listnatých, ale i jehličnatých, a proto představují do značné míry hrozbu i pro lesnictví (Myllymäki 1977).

3.1.3 Norník rudý (*Myodes glareolus* (Schreber, 1780))

Norník rudý (*Myodes glareolus*, syn. *Clethrionomys glareolus* (Schreber, 1780)) je dalším z hrabošů, který se hojně vyskytuje na našem území. Jedná se o velmi běžný druh hraboše. Tento hlodavec se vyskytuje na celém území České republiky (obrázek 3) a je zároveň jediným druhem norníka u nás (Anděra a Horáček 2005).



Obrázek 3: Mapa rozšíření norníka rudého v České republice v letech 1950-2011 (Anděra 2011)

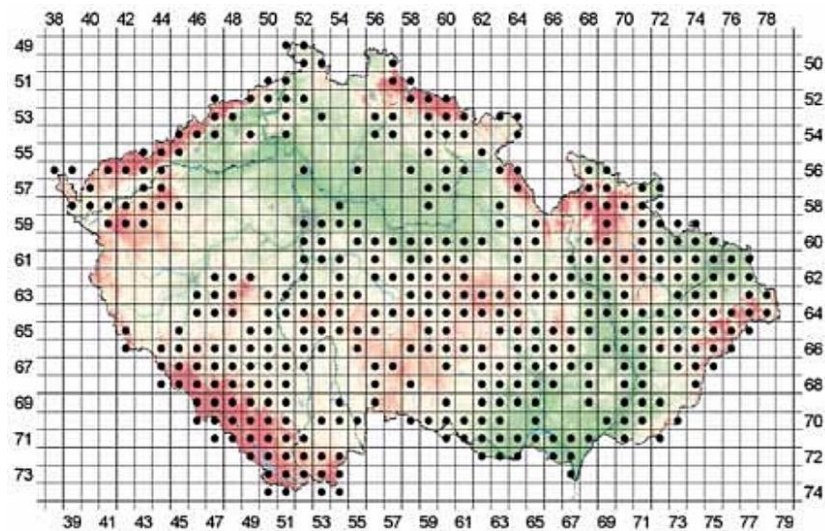
Stejně jako ostatní hrabošovité rodu *Myodes*, má norník rudý podél hřbetu od čela ke spodní části ocasu široký pás červeně zbarvené srsti. Je zajímavé, že červenou barvu srsti ovlivňuje ionizující záření v prostředí. Při studii prováděné v zamořené zóně havárie jaderné elektrárny v Černobylu bylo zjištěno, že s rostoucí mírou znečištění prostředí radiací se snižovala exprese červeného zbarvení norníků rudých (Boratyński et al. 2015).

Mimo období rozmnožování jsou tyto hraboši společenší, a dokonce sdílí hnízda a nory, což může usnadňovat přenos patogenů mezi jedinci. Tento hlodavec dává přednost životu ve smíšených nebo jehličnatých lesích, ale může přežít, a dokonce i prosperovat na okrajích polí, v křovinách, parcích nebo zahradách a živých plotech. Zejména tam, kde je dostatek potravy a porostu. Tito hlodavci jsou aktivní po celý rok během dne i noci. V létě bývají aktivnější převážně v noci (Naughton & Canadian Museum of Nature 2012).

V porovnání s ostatními hraboši je pohyblivější, obývá území o rozloze 0,1 – 0,7 hektaru. Jako jediný z hrabošovitých v České republice svoji stravu obohacuje ve značné míře i o živočišnou složku, zejména larvy hmyzu, pavouky a zdechliny obratlovců. Ta může tvořit více než třetinu potravy norníka rudého. Rozmnožování probíhá nejintenzivněji v jarních a letních měsících, ale množí se i v zimě. Ve vrhu bývá 2-8 mláďat a doba březosti se pohybuje mezi 17-18 dny (Anděra & Horáček 2005). Norník rudý je sice lesní druh hraboše, objevuje se však i v čistě zemědělských oblastech, ve větrolamech či stožích (Gaisler & Zapletal 1964). Může se dokonce stahovat i k lidským příbytkům, zejména v zimním období, kdy je v jeho přirozených stanovištích nedostatek potravy (Ylonen & Viitala 1991).

3.1.4 Hrabošík podzemní (*Microtus subterraneus* de Selys-Longchamps, 1836)

Posledním zemědělsky významným hrabošem žijícím na našem území je hrabošík podzemní. V České republice (obrázek 4) se tento hlodavec v některých regionech jeví jako běžný druh, hlavně ve vyšších polohách a na horách, zatímco v ostatních oblastech je poměrně vzácný (Anděra & Beneš 2001).



Obrázek 4: Mapa rozšíření hrabošíka podzemního v České republice v letech 1950-2011 (Anděra 2011)

Hrabošík podzemní je nejmenším zástupcem našich hrabošů a vyznačuje se zejména tím, že jeho uši jsou velmi malé a téměř skryté v srsti. Způsob jeho života je značně usedlý. Jedinci se pohybují na ploše několika metrů čtverečních, kde vytváří hustou síť chodeb. Je aktivní především v noci, ale výjimečně ho lze spatřit i ve dne. Živí se pouze částmi rostlin, které si obstarává v podzemních částech nory nebo v bezprostředním okolí nor. Období rozmnožování začíná v polovině února, ve vrhu jsou po 21-23 dnech březosti pouze 2-4 mláďata (Anděra & Horáček 2005).

Výběr jeho stanovišť je velmi rozmanitý a zahrnuje břehy potoků, louky, pastviny, lesní porosty nebo i zahrady a sady, kde způsobuje významné škody okusem kořenů ovocných stromů. V horských oblastech navíc proniká i do budov jak pomocných, tak obytných a do skladů potravin, což může znamenat zvýšené riziko pro přenos patogenů (Dungel & Gaisler 2002).

3.2 Parazitofauna hlodavců a bezpečnost potravin

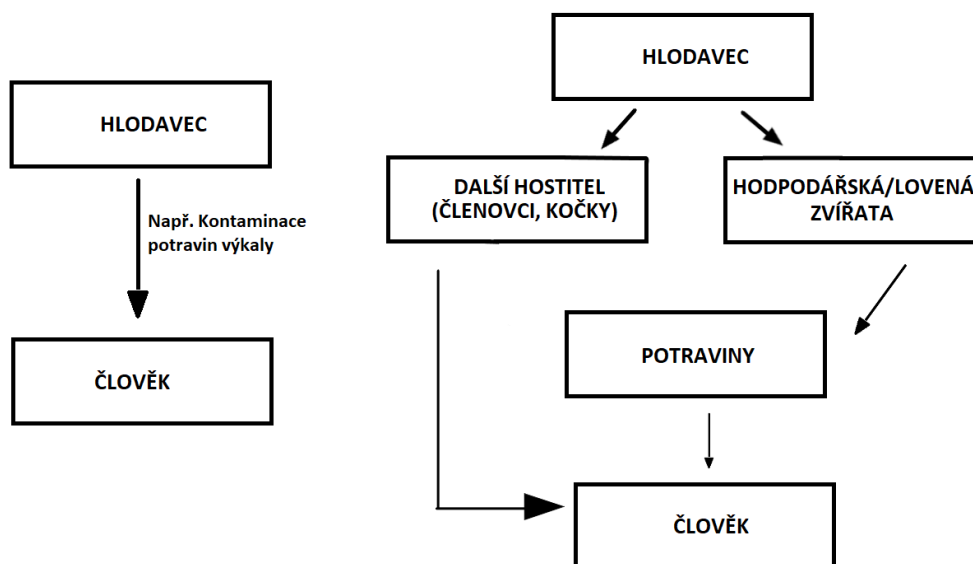
Parazité, kteří napadají hlodavce mohou ovlivňovat bezpečnost potravin několika způsoby. V první řadě ohrožují bezpečnost potravin tím, že mohou být různými způsoby, zejména společně s výkaly, močí a krví hlodavců, přeneseni na uskladněné potraviny, pěstované plodiny nebo plody sbírané v lesích. Další možností ohrožení bezpečnosti potravin je schopnost přenosu cizopasníků na zvěř buď lovenou, nebo chovanou pro účely produkce potravin. V tomto případě je pak nutné při nálezů parazitů na jatečném těle poražených zvířat klasifikovat maso jako nevhodné k lidské spotřebě a následně ho zlikvidovat, což s sebou nese

finanční ztráty. V některých případech při parazitární infekci zvířat sloužících k produkci potravin, dochází k jejich úhynu nebo snižování výnosu. Při nedůsledné kontrole poražených kusů může navíc dojít k ohrožení zdraví lidí. Šance přenosu parazitů na produkční zvířata výrazně stoupá v období přemnožení hlodavců a v ekologickém zemědělství, kdy se zvířata pohybují volně (Hamidi 2018).

U mnoha vektorem přenášených zoonotických onemocnění je ale do sledu událostí přenosu, které vedou k lidským infekcím, zahrnuto více druhů zvířat s různou historií života a populační dynamikou. Vzhledem k tomu je často velmi obtížné určit zdroj infekce (Altizer et al. 2006). Volně žijící hrabošovití hlodavci slouží jako rezervoár či vektor řady patogenních organismů, které způsobují onemocnění lidí i hospodářských zvířat. Jedná se například o helminty rodu *Hymenolepis*, *Trichinella*, *Calodium* a *Taenia* (Gratz 1994).

V některých částech světa, jako je jižní Afrika, Kolumbie, Brazílie nebo Venezuela, jsou dokonce hlodavci, především krysy, potkani, ale i některé druhy hrabošovitých, běžně konzumováni lidmi a prodáváni na místních trzích. Jedná se o hlodavce jak chované v zajetí pro účely lidské spotřeby, tak odchycené ve volné přírodě. Vzhledem k této skutečnosti a rozvíjejícímu se cestovnímu ruchu by měl být kladen důraz na konzumaci masa pouze ze známých zdrojů, a zároveň na velmi důkladné tepelné opracování potravin, které případné patogenní organismy usmrtí (Assogbadjo et al. 2005).

Je zřejmé, že možností (obrázek 5) jak mohou parazité přenášeni hlodavci ohrozit bezpečnost potravin a zdraví člověka je mnoho. Přičemž významně závisí na hostitelské specifitě daného parazita, hustotě populace hrabošů, a především na možnostech přístupu hrabošů ke skladovaným potravinám, pěstovaným rostlinám a chovaným zvířatům (Hamidi 2018).



Obrázek 5: Cesty přenosu patogenu z hlodavce na člověka (upraveno dle Meerburg et al. 2009)

Hraboši, jakožto významní škůdci jsou v zemědělství často spojováni s poškozením infrastruktury, ohlodáváním a znehodnocováním pěstovaných či skladovaných plodin. Významně zesilují počet patogenů v prostředí. Rizika, která představují z hlediska přenosu

patogenů na člověka kontaminací potravin, jsou ale často podceňována. Již dlouho je známo, že hlodavci jsou rezervoáry nebo vektory nezanedbatelného množství zoonotických patogenních organismů (příloha 1). Díky tomu mohou představovat zásadní hrozbu pro veřejné zdraví, jelikož na mnoha místech žijí hlodavci v těsném kontaktu s lidmi, hospodářskými nebo domácími zvířaty. V některých oblastech představují spojení mezi lidmi a komunitami divoké zvěře, a tím vystavují člověka zoonózám, které běžně cirkulují v čistě přírodních ekosystémech (Meerburg & Kijlstra 2007).

3.2.1 Prevence parazitárních nákaz přenášených hlodavci

Jelikož jsou parazitózy nejčastěji alimentárního původu, bezpečné zacházení s potravinami a dodržování správné hygieny zabraňuje nákazám nebo alespoň snižuje riziko, které kontaminované potraviny pro konzumenta představují. Pro zabránění průniku patogenů přenášených hlodavci do prostor skladovaných potravin, je bezpochyby zásadní v první řadě přijmout a dodržovat preventivní opatření, která zabrání vstupu hlodavců do míst uložení těchto potravin. Je vždy nutné vhodným materiálem dobře utěsnit veškeré přístupové cesty uvnitř i z vnější části budov, jelikož hlodavci jsou schopni proniknout i velmi malými otvory (CDC 2010). Do míst skladování potravin pronikají nejčastěji myši a krysy. Na druhou stranu ale ani hrabošovití hlodavci nejsou výjimkou jako skladištní škůdci, zejména pokud je budova umístěna v blízkosti jejich přirozených stanovišť (pole, louky, zahrady). Také v období zimních měsíců, kdy není na přirozených stanovištích dostatek potravy a rovněž během jejich přemnožení (Sedláčková & Hrudová 2009), která jsou ve střední Evropě čím dál tím častějším a výraznějším problémem (Jacob et al. 2020; ÚKZÚZ 2020).

Pokud již došlo k průniku hlodavců do vnitřních prostor skladů či domácností, je vhodné využít pasti na chytání hlodavců. Po odstranění aktivního zdroje kontaminace (živého hlodavce) je nezbytné provést důkladný úklid případného trusu a moči hlodavců dezinfekčními prostředky, dle pokynů výrobce, za použití ochranného oděvu a gumových, latexových či podobných rukavic. Co se týče likvidace uhynulého hlodavce a jeho trusu je doporučováno uhynulé zvíře i bezprostřední okolí postříkat dezinfekcí nebo směsí bělidla a vody, mrtvé hlodavce umístit do dvou dobře utěsněných plastových sáčků a zlikvidovat vhozením do popelnice, která je pravidelně vyvážena. Veškeré předměty (včetně podlahy), které přišly do styku s močí, výkaly či samotnými hlodavci je nutné buď zlikvidovat, nebo dostatečně vydesinfikovat například kombinací dezinfekčního prostředku a horké vodní páry. Nakonec si důkladně umýt ruce mýdlem, teplou vodou a použít alkoholovou dezinfekci. Potraviny, které přišly do styku s výkaly, močí nebo samotnými hlodavci by neměly být v žádném případě konzumovány, ale měly by být zlikvidovány. V případě silného napadení hlodavci je nutné využít k deratizaci či případné dezinfekci prostor specializovanou firmu (CDC 2019a).

Na úrovni spotřebitele je vhodné přistupovat k potravinám jako k potenciálnímu zdroji infekce, ať už k potravinám zakoupeným v obchodním řetězci, pěstovaným na zahradách, či plodech sebraným v lese. Při manipulaci s potravinami a při přípravě pokrmů je vždy nezbytné dodržování správných technik a dostatečné hygieny jak na úrovni výroby, tak v domácím prostředí. Jedná se především o časté mytí rukou při práci s potravinami,

dostatečnou tepelnou úpravu masa alespoň na teplotu 70 °C po dobu 10 minut, skladování syrových a vařených potravin odděleně, aby se zabránilo křížové kontaminaci, důkladné omývání potravin konzumovaných zasyrova nebo likvidace podezřelých potravin (WHO 2006).

Velké množství lidí není dostatečně informováno, jak se zachovat v případě nálezu uhynulého zvířete v přírodě. Dle § 40 zákona č. 166/1999 (veterinární zákon) by měl být nález uhynulého živočicha neprodleně nahlášen obci, případně majiteli či správci pozemku, kteří zajistí jeho bezpečné odstranění. Drobné živočichy lze také zneškodnit zakopáním asi 80 cm pod zem, v místech, která nezpůsobí rozkladem těla kontaminaci spodních i povrchových vod.

3.3 Problematika přemnožení hrabošů

Během zvýšené hustoty populace hrabošů, může jejich počet na hektar přesahovat i 2000 jedinců. To vede k obrovským škodám na zemědělských i lesnických půdách, a zároveň se zvyšuje riziko přenosu patogenů na člověka. V roce 2019 byl z několika evropských zemí hlášen neobvykle vysoký výskyt těchto hlodavců, což je znepokojující z hlediska produkce potravin, zajištění bezpečnosti potravin a předcházení onemocnění lidí. Důvodem mohou být například velmi mírné zimy i celkové změny klimatu nebo intenzivní zemědělská výroba, která hrabošům poskytuje nadbytek potravy. Z této skutečnosti vyplývá, že kontrola a regulace populace hrabošů je nezbytná i do budoucna, jinak může každoročně docházet k výrazným škodám v zemědělství a s tím souvisejícímu zvýšení nákladů, které nutně vede i k růstu cen zemědělských produktů a potravin (Jacob et al. 2020).

Dle informací Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského přesáhl celorepublikový průměr intenzity výskytu hrabošů v srpnu roku 2020 5,8x práh škodlivosti pro letní měsíce. V některých okresech Středočeského a Ústeckého kraje a na Moravě byl práh škodlivosti překročen až sedmnásobně, což odpovídá dokonce extrémnímu výskytu hrabošů. Na základě těchto zjištění je během posledních let v období přemnožení hrabošů doporučováno zemědělcům přijmout, případně navýšit opatření, která zmírní škody v zemědělství způsobené těmito hlodavci (ÚKZÚZ 2020).

Zemědělci využívají k ochraně plodin před poškozením hlodavci takzvané rodenticidy. V České republice za tímto účelem, v případě, že výskyt hrabošů přesáhne významně práh škodlivosti, dochází k mimořádnému umožnění využití chemických rodenticidů ve zvýšené dávce aplikací přímo do nor nebo rozhozem v souladu s aktuálním vládním nařízením (ÚKZÚZ 2020).

V posledních 10-15 letech došlo v rámci Evropské unie k výraznému snížení dostupnosti některých typů chemických rodenticidů na základě ochrany veřejného zdraví, ochrany ekosystému a životního prostředí. Avšak i povolené látky představují významnou hrozbu (Jacob & Buckle 2018), a proto je pro zemědělce stále obtížnější regulovat populace hrabošů tak, aby se zabránilo masivnímu nárůstu počtu jedinců, a tím i poškození plodin a ekonomickým ztrátám. Nicméně existují ještě alternativní nechemické agrotechnické metody, například orba, které mají preventivní charakter a v současnosti se tedy jeví jako nejlépe dostupný nástroj regulace hlodavců, který je zároveň šetrný k ostatním organismům. Dalším způsobem může být například přímý odchyt nebo fyzické bariéry zabraňující průniku

hlodavců do míst pěstování plodin. Tyto metody jsou nevhodné pro pěstování ve velkém a žádný z těchto postupů ale není dostatečně účinný (Jacob et al. 2020). Alternativním způsobem je biologická kontrola pomocí přirozených predátorů, ovšem velmi často tento způsob nebývá dostatečně specifický ani účinný (Labuschagne et al. 2016). Je důležité zdůraznit, že v mnoha zemích Evropy, včetně České republiky se velká ohniska výskytu hrabošů objevují čím dál častěji, a proto je nutná investice do výzkumu a vývoje vhodných způsobů regulace populací hrabošů (Jacob et al. 2020).

3.3.1 Rodenticidy

Hlodavci jsou považováni za významné škůdce v zemědělství, k jejich kontrole a hubení se využívají především rodenticidy. Obecně lze rozlišit dvě skupiny těchto látek. První skupina zahrnuje látky na bázi antikoagulantů, které mají opožděný účinek. Tento typ rodenticidů slouží jako biocidní přípravek proti hlodavcům. V České republice je lze používat pouze v uzavřených prostorách, jako jsou sklady, mlýny, případně v jejich bezprostřední blízkosti. Antikoagulační rodenticidy není povoleno používat jako přípravky pro ochranu rostlin a umísťovat je volně v prostředí například na poli, v sadech či zahradách (Trávníčková 2019). V České republice je pro tyto účely povoleno využívat širokou veřejností látky obsahující maximální koncentraci antikoagulační látky 0,003 %. Vyšší koncentrace účinné látky je povolena k užívání pouze profesionálním firmám, které jsou držiteli příslušného povolení (Fraňková et al. 2018). Antikoagulační přípravky účinkují na principu zabránění srážení krve. Působí však na všechny obratlovce, díky čemuž hrozí vysoké riziko neúmyslné otravy i necílových organismů, případně i sekundární otravy predátorů. Z důvodu jejich nebezpečnosti nejsou jako přípravky pro ochranu rostlin před hlodavci již ve většině zemí EU povoleny, s výjimkou Nizozemska, Rumunska nebo Francie (Jacob et al. 2020).

Druhou skupinou látek jsou takzvané rodenticidní přípravky pro ochranu rostlin. Narozdíl od antikoagulačních rodenticidů je použití těchto přípravků ve vnějším prostředí za účelem ochrany rostlin v České republice povoleno. Jedná se zejména o sloučeniny fosfid hlinitý a fosfid zinečnatý. Tyto látky lze aplikovat ve vnějších prostorech na základě povolení příslušného orgánu například umístěním do nor hlodavců či volně rozhozem (ÚKZÚZ 2021).

Fosfidy zinku a hliníku jsou anorganické látky, které jsou využívány celosvětově pro své rodenticidní účinky v zemědělství. Za většinu toxických účinků zodpovídá právě fosfid. Po požití reaguje tato látka v žaludku s vodou a kyselinou chlorovodíkovou za vzniku plynného fosfinu. Smrtící účinek tohoto přípravku je způsoben zejména plynným fosfinem, který vstupuje do krevního řečiště a vyvolává akutní toxicitu v tělech obratlovců. Způsobuje například poškození cév, plic, a nakonec i kolaps celého kardiovaskulárního systému. Rodenticidy na bázi fosfidu zinku nebo hliníku způsobují kromě okamžitého úhynu hlodavců i vážné otravy psů nebo koček. Léčba při náhodném požití tohoto rodenticidu zahrnuje výplach žaludku, nebo podání aktivního uhlí, jelikož neexistuje žádné specifické antidotum (Gupta 2018).

Oxid zinečnatý, produkt metabolických drah fosfidu zinečnatého, navíc způsobuje vážnou otravu u člověka, která může skončit i smrtí v závislosti na požitě dávce. Při otravách

lidí je často nutná hospitalizace a v některých případech je vyžadována podpora dýchacích funkcí pomocí přístrojů (Trakulsrichai et al. 2017).

Možnosti otrav necílových organismů, které jsou zpravidla způsobeny náhodným požitím rodenticidů, by měly vést k přehodnocení nutnosti užívání těchto látek a zároveň investicím k vývoji alternativních metod kontroly populací hlodavců, které nezahrnují volné umístění rodenticidních látek v přírodě a jejich případný styk s plodinami pěstovanými za účelem výživy lidí (Trakulsrichai et al. 2017).

3.3.2 Parasitismus a dynamika populací

Interakce mezi jednotlivými druhy živočichů ovlivňují fungování a procesy v celém ekosystému. Parazitární nákazy jsou stále častěji považovány za jeden z významných faktorů, který ovlivňuje chování hostitelů a dynamiku populací. Napadení parazitickými organismy pravděpodobně hraje významnou roli v zesílení nebo zeslabení přirozených populačních cyklů hlodavců. Z této skutečnosti vyplývá, že parazité infikující hlodavce mohou mít, kromě negativních důsledků na zemědělskou produkci i pozitivní vliv na kvalitu potravin tím, že přispívají k regulaci populace hlodavců a následně jsou tak snižovány škody způsobené například okusem plodin hraboši. Pochopení dopadu parazitárních infekcí na populace hostitelů je důležité z hlediska znalostí týkajících se regulace populace a může být významné při snahách o ovlivnění populací volně žijících živočichů alternativními způsoby. Obecně mohou mít cizopasnici jak regulační, tak destabilizační účinky na dynamiku populací obratlovců (Irvine 2006).

Predace a parasitismus patří mezi velmi důležité faktory, které ovlivňují dynamiku populací hrabošů. Predátoři a paraziti jsou klíčovými původci úmrtnosti mnoha druhů hlodavců. Obvykle jsou interakce mezi predátory/parazity a kořistí/hostiteli studovány izolovaně. Nedávná experimentální studie však ukázala, že kombinace predace a parazitární infekce kokcidiemi může působit negativně na přežití hrabošů. Účinky těchto jevů jsou navíc synergické. V experimentu predátoři vyvolali u hlodavců stres, tím byla potlačena jejich imunita a zároveň se tedy zvýšila prevalence a intenzita napadení hlodavců parazity. Infekce parazity hlodavcům zároveň snížila hladinu plazmatických bílkovin a hematokritu, což pravděpodobně mohlo narušit schopnost ubránit se predátorům (Shang et al. 2019).

Co se populační dynamiky týče, je zřejmé, že parazité mají potenciál ovlivňovat také reprodukci a přežití na individuální úrovni v populacích divoce žijících zvířat, většinou prostřednictvím účinků na stav těla hostitele, ale i změnami v chování. Je ale obtížné určit, do jaké míry tyto dopady mohou regulovat populace. Zejména z důvodu problémů logistiky při provádění nezbytných experimentálních výzkumů, a navíc význam parasitismu, jako regulačního mechanismu, na rozdíl od predace či dostupnosti potravy nebyl dosud kvantifikován na hlodavcích, ani na ostatních savcích. Velké množství volně žijících savců, včetně hrabošů slouží jako významný hostitel mnoha parazitů. Velmi rozšířené jsou hlístice zažívacího traktu, které obvykle způsobují subklinické účinky, jako je snížená tělesná kondice, snížená rychlost růstu, omezení plodnosti a mají obecně sklon spíše snižovat celkovou vitalitu

hostitele než přímo způsobovat úhyn. Z tohoto důvodu je vliv helmintofauny na populaci drobných savců do jisté míry přehlížen nebo považován za nevýznamný (Irvine 2006).

3.3.3 Biologická kontrola hlodavců parazity

Biologická kontrola hlodavců prostřednictvím parazitických organismů je slibnou oblastí pro výzkum hubení hlodavců. Výzvou je nejen schopnost zvládat problémy s přemnožením hlodavců, ale najít ekologicky a evolučně udržitelnou metodu. Největší překážkou pokroku je nedostatek výzkumů divoce žijících hlodavců, jejich onemocnění a přesných vlivů parazitů na hostitelský organismus. Zásadní podmínkou je nejprve identifikovat kontrolní organismus, který musí v první řadě vykazovat dostatečnou hostitelskou specifitu, musí být dostatečně patogenní pro hostitelský organismus a zároveň mít dostatečnou přenosovou rychlost (Singleton 1994). Výzkum provedený v laboratorních podmínkách poskytuje přesvědčivé důkazy o tom, že *Heligmosmoides polygyrus* (Dujardin, 1845) může efektivně regulovat hojnost myši při absenci dalších regulujících činitelů (Scott 1987).

Nicméně využití cizopasníků, jako biokontrolního nástroje má svá úskalí a řadu omezujících faktorů, které je třeba vzít v úvahu. Ve své práci Anderson (1979) použil epidemiologické modely, aby poukázal na to, že vysoce patogenní parazité pravděpodobně způsobí své vlastní vyhynutí dříve, než dojde k vyhynutí populace hostitele. Na druhou stranu mohou parazitické organismy za určitých okolností způsobit vyhynutí celé populace hostitelů. Při využití parazitismu, jako biokontrolního nástroje regulace hostitelů, je proto třeba provést další studie, zejména experimentální, brát v úvahu velké množství souvisejících faktorů a zároveň najít určitou rovnováhu v systému parazit-hostitel, aby byla účinně snížena denzita hlodavců a zároveň nedošlo k úplnému vyhynutí populace, jelikož každý druh má v ekosystému svou nezastupitelnou roli. V tomto ohledu se jeví jako lepší možnost využít parazity, kteří způsobují spíše snížení plodnosti, než úhyn hostitele (De Castro & Bolker 2005).

Úspěšnému využívání možností biologické kontroly brání také vysoké počáteční finanční i intelektuální investice, problematiku způsobu zavedení a v neposlední řadě také obavy veřejnosti. Použití parazitů, jako biologických kontrolních činidel je v literatuře sice široce navrženo pomocí modelů, avšak terénní pokusy jsou vzácné, pravděpodobně kvůli nutnosti dlouhodobých složitých výzkumů a pomalému získávání výsledků. Každý aspekt použití biologické kontroly musí být důkladně zváženo, aby nezpůsobil kolaps ekosystému. Zůstává tedy stále otázkou, jestli jsou výše uvedené překážky skutečně nepřekonatelné nebo se jedná o nevyužitý potenciál, který by mohl nahradit chemické látky, které jsou v nezanedbatelném množství uvolňovány do prostředí (Saunders et al. 2010).

3.4 Vybraní parazité hrabošovitých hlodavců

Hrabošoví hlodavci jsou hostitelé velmi široké škály parazitů a parazitofauna jednotlivých druhů hrabošů (příloha 2) zahrnuje často stejné, nebo příbuzné druhy. Úzké spojení hlodavců s lidmi a hospodářskými zvířaty na jedné straně a s volně žijícími obratlovci i bezobratlými na straně druhé významně rozšiřuje prostor pro přenos patogenů (Ryžikov 1978; Ryžikov 1979).

3.4.1 Prvoci (Protozoa)

Hlodavci jsou považováni za rezervoár několika prvoků, kteří mohou způsobit onemocnění lidí, jako je například toxoplazmóza. Zdrojem těchto nákaz jsou většinou potraviny, jelikož prvoky nelze spatřit pouhým okem a kontroly například masných výrobků protozoální napadení neodhalí. Navíc se očekává, že množství lidí se sníženou imunitou do budoucna vzroste, což dělá ze zoonotických prvoků ještě větší hrozbu. Je tedy nezbytné předcházet znečištění potravin patogeny a eliminovat zdroje kontaminace, jelikož není možné testovat na přítomnost patogenů každou potravinu, která je nabízena finálním spotřebitelům (Dawson 2005).

3.4.1.1 *Toxoplasma gondii* (Nicolle & Manceaux, 1909)

Toxoplasma gondii je parazitická kokcidie, jejímž definitivním hostitelem jsou kočkovité šelmy. Vyznačuje se neobvykle širokou škálou mezihostitelů, kterými mohou být prakticky všichni teplokrevní obratlovci a také člověk, což z tohoto prvoka činí jednoho z nejúspěšnějších parazitických organismů na světě (Volf & Horák 2007).

Životní cyklus této kokcidie je velmi složitý a vyvinulo se u ní několik možných cest přenosu. Ve střevním epitelu kočkovitých šelem (definitivních hostitelů) dochází k pohlavní fázi životního cyklu *T. gondii*, což vede k produkci velkého počtu oocyst, které jsou vylučovány společně s výkaly kočkovitých šelem do prostředí, kde dochází k jejich sporulaci. Tento proces trvá 1-5 dnů. Oocysty jsou velmi odolné a ve vnějším prostředí mohou zůstat infekční i déle než rok (Volf & Horák 2007). Po požití mezihostitelem (pravděpodobně jakýmkoliv teplokrevním obratlovcem) jsou ve střevě z oocyst uvolněny takzvané sporozoity. Ty pronikají do enterocytů a dalších buněk, kde se velmi rychle množí. Následně dochází k rozpadu napadených buněk a *T. gondii* proniká prostřednictvím krevního oběhu do celého organismu a v různých typech hostitelských buněk vytváří cysty (Tenter et al. 2000). Tkáňové cysty se nejčastěji vyskytují v oblasti centrálního nervového systému, v oku, v kosterních svalech a srdci. V menší míře se však mohou vyskytovat také v ostatních orgánech, jako jsou například játra, ledviny a plíce. Tkáň obsahující cysty je zdrojem infekce pro kočkovité šelmy, jako definitivní hostitele, nicméně je infekční i pro další mezihostitele, u kterých ale nedochází k sexuální fázi množení spojené s výměnou genetické informace. Možnosti šíření tohoto parazita jsou velmi variabilní (Dubey et al. 1998).

Dle hypotézy manipulace, mohou určití parazité změnit chování hostitele tak, aby usnadnili svůj přenos a zvýšili pravděpodobnost infekce dalšího hostitele, což

je pravděpodobně důsledkem adaptace parazita. V experimentální studii bylo zjištěno, že infikovaní hlodavci mají sníženou schopnost učení a zhoršenou paměť (Witting 1979), jsou významně aktivnější, což lze vysvětlit tím, že kočky, definitivní hostitelé tohoto parazita jsou přitahovány k aktivnějšímu cíli (Webster 1994). Dále bylo zjištěno, že infekce *T. gondii* je pravděpodobně u hlodavců schopna přirozenou averzi k zápachu koček modifikovat takovým způsobem, že se pro ně tento zápach jeví jako atraktivnější a zvyšuje tím riziko ulovení kočkou (Vyas et al. 2007).

Onemocnění vyvolané tímto prvokem u člověka se nazývá toxoplazmóza. Člověk se může nakazit několika způsoby: požitím infekčních oocyst společně s vodou nebo potravinami, které jsou kontaminované kočičími výkaly, požitím tkáňových cyst, které jsou obsaženy v mase a drobch různých zvířat (mezihostitelů), prostřednictvím krevních transfuzí, při transplantacích tkání a orgánů, transplacentárně z matky na plod nebo požitím nepasterizovaného mateřského mléka (Hill & Dubey 2018).

Imunitní systém lidského organismu bojuje proti nákaze tímto parazitem a je schopný inhibovat jeho replikaci. Vzhledem k tomu se toxoplazmóza většinou projevuje pouze mírnými příznaky, jako je horečka či zvětšení mízních uzlin, nebo probíhá bezpříznakově a akutní fáze infekce přechází brzy do latentní. U lidí, kteří netrpí poruchou imunitního systému tedy toto onemocnění nevyžaduje léčbu a často nebývá ani diagnostikováno, pokud například nedojde k poruše imunity a následné reaktivaci infekce. Závažné případy toxoplazmózy se týkají především lidí, kteří trpí poruchou imunity, což může zahrnovat některé případy starších lidí, pacienty s transplantovanými orgány, u nichž je imunita úmyslně potlačována nebo pacienty s onemocněním AIDS. Mezi případy vyžadující léčbu se řadí také těhotné ženy a děti s vrozenou toxoplazmózou. Příznaky u těchto případů mohou zahrnovat ztrátu vidění, parézu hlavových nervů, křeče a pneumonii (Antczak et al. 2016).

Lidská toxoplazmóza je poměrně podceňovaná globální zoonóza. Procento lidí s touto nákazou se v různých částech světa liší. Závisí především na klimatu a socioekonomických faktorech, které ovlivňují i hygienické a stravovací návyky (Hill et al. 2005). V rámci hodnocení výskytu lidské toxoplazmózy Kolbekova et al. (2007) uvádějí, že *T. gondii* bylo infikováno 23 % z celkového počtu 3250 testovaných zaměstnanců Armády České republiky.

3.4.1.2 *Sarcocystis* spp.

Prvoci rodu *Sarcocystis*, označovaní též jako svalovky, jsou velmi rozšířenou skupinou parazitů. V současnosti je identifikováno více než 220 druhů, které mohou napadat savce, plazy i ptáky, navíc jsou některé druhy patogenní i pro člověka. Mezihostitelé jsou obvykle býložravci a všežravci, zatímco šelmy slouží jako definitivní hostitelé. Nebezpečí pro napadený organismus vzniká hlavně v případě, že je mezihostitelem. Rovněž závisí na druhu parazita, lokalizaci cyst v těle a zejména na intenzitě infekce. Většina druhů *Sarcocystis* vykazuje striktní hostitelskou specifitu pro mezihostitele, ale jejich specifičnost vůči definitivnímu hostiteli je podstatně menší (Prakas & Butkus 2012).

Svalovky tvoří tkáňové cysty a jejich životní cyklus založený na vztahu kořist-predátor je dvouhostitelský. Definitivní hostitel se nakazí požitím svaloviny obsahující takzvané

sarkocysty, v nichž se nachází infekční bradyzoity. Tyto útvary prochází trávicím traktem hostitele a pronikají do epitelu střeva, kde dochází k množení za vzniku sporocyst, které jsou vylučovány z těla prostřednictvím výkalů. Mezihostitel se nakazí fekálně-orálním způsobem sporocystami, ze kterých se ve střevě uvolňují sporozoity a pronikají přes sliznici do cévního oběhu a následně do svalů, kde vznikají nebezpečné sporocysty (Jorgensen et al. 2015).

Grikienienė et al. (2001) uvádějí, že prevalence *Sarcocystis* spp. u hrabošů v Litvě se pohybuje v rozmezí 8–20 %. Jäkel et al. (1999) při svých experimentálních pokusech zabývajících se biologickou regulací populace hlodavců parazitem *Sarcocystis singaporensis* Zaman & Colley, 1976 v jihovýchodní Asii zjistili, že úmrtnost infikovaných jedinců byla od 58 % do 92 %, což naznačuje, že tento druh prvoka je vysoce patogenní a mohl by sloužit jako prostředek regulace populací hlodavců.

3.4.2 Tasemnice (Cestoda)

Třída Cestoda zahrnuje asi 5000 dosud popsáných druhů tasemnic, které parazitují u různých druhů bezobratlých i obratlovců. Až na některé výjimky se jedná o parazity, kteří mají vícehostitelké životní cykly a dospělci jsou lokalizováni zpravidla v trávicím traktu hostitele (Georgiev et al. 2006).

Z hlediska veterinární, ale i humánní medicíny se jedná často o velice závažné patogeny, především v larválním stádiu, jelikož způsobují vážné poškození zejména jater, ale i jiných orgánů, ve kterých se boubel nachází. V závislosti na lokalizaci a intenzitě napadení mohou larvální stádia těchto cizopasníků vést k selhání postiženého orgánu (Volf & Horák 2007).

Tělo dospělé tasemnice lze rozdělit na skolex (hlavová část), kde jsou umístěny přichytávací orgány, například kruhové přísavky, a strobilu (vlastní tělo). Některé tasemnice mají na skolexu uložené rostellum (zasunovatelný chobotek) s háčky různého tvaru i počtu. Tělo tasemnice je tvořeno různým počtem článků, proglotidů. Pohlavně zralé proglotidy na konci těla tasemnice obsahují oplozená vajíčka, která se uvolňují buď izolovaně anebo společně se zralými terminálními proglotidy a opouštějí tělo se stolicí definitivního hostitele. Ve vajíčku se pak vytváří larva prvního stupně. Po pozření dalším hostitelem vzniká útvar označovaný jako metacestoid a je lokalizovaný především v játrech, ale i v dalších orgánech, například v mozku nebo dýchací soustavě, kde vyčkává na pozření definitivním hostitelem, ve kterém může dokončit svůj životní cyklus (Volf & Horák 2007).

3.4.2.1 Hraboši jako mezihostitelé tasemnic

Hlodavci, včetně hrabošů tvoří důležitou součást potravy mnoha masožravých druhů zvířat, jako je liška obecná nebo kočka, ale mohou být i náhodně pozřeni všežravci a býložravci. Zejména vztahu kořist – predátor využívají parazitická helminti, jako jsou tasemnice, jejichž larvální stádia se vyvíjejí u hlodavců a u šelem dochází k jejich vývoji v dospělé jedince. Role hlodavců, jako kořisti a zároveň mezihostitele využívají především parazité z čeledi Mesocestoididae a Taeniidae (Bajer et al. 2020).

3.4.2.1.1 *Mesocestoides* spp.

Životní cyklus tasemnic rodu *Mesocestoides* je velmi složitý a vyžaduje dva mezihostitele. Prvním mezihostitelem jsou bezobratlí živočichové, zejména členovci. Druhým mezihostitelem jsou hlodavci, některé druhy ptáků nebo plazů. Po požití prvního mezihostitele druhým mezihostitelem dochází k migraci larev přes střevní stěnu do peritoneální dutiny, kde se takzvaná tetrahydria (larvální stádia *Mesocestoides* spp.) rozmnožují nepohlavně a napadají hlavně jaterní tkáň. Množení larválních stádií v peritoneální dutině a akutní zánět jater je pro hostitele často život ohrožující stav (Patten et al. 2013). Boyce et al. (2011) uvádějí, že kromě asymptomatických infekcí dospělými tasemnicemi dochází u psů v důsledku množení larválních stádií *Mesocestoides* spp. v peritoneální dutině k výraznému úbytku hmotnosti, zvracení, průjmů, zrychlenému dýchání a objevuje se ascites (nadměrné množství tekutiny v dutině břišní), přičemž přežití po 6 měsících od diagnostikování onemocnění bylo asi 72%. Nicméně není známo, zda výskyt larválních stádií v peritoneální dutině psů je důsledkem náhodného požití prvního či druhého mezihostitele.

Dospělé tasemnice parazitují v tenkém střevě masožravců, jako jsou psi, kočky, lišky a některé druhy dravých ptáků. Dopady přítomnosti tasemnice na definitivního hostitele jsou obvykle subletální (Bajer et al. 2020).

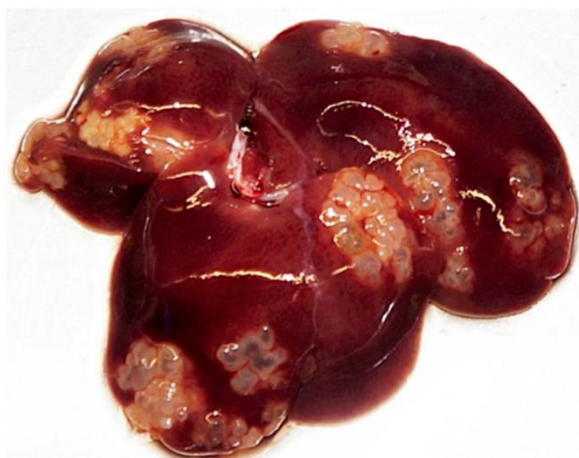
Celková systematika těchto tasemnic stále není zcela zřejmá (McAllister et al. 2018), navíc larvální stádia nalezená u hlodavců nenesou dostatečné morfologické znaky, aby mohly být jednoznačně rozlišeny jednotlivé druhy bez použití molekulárních technik druhového určení z izolátů DNA. U hrabošovitých hlodavců byly doposud identifikovány čtyři druhy tasemnic rodu *Mesocestoides* na základě molekulární analýzy. Konkrétně *Mesocestoides litteratus* (Goeze, 1782), což je také dominantní druh u lišek a rysů ve střední Evropě. Dále druh *Mesocestoides lineatus* (Goeze, 1782), který je zoonotický, *Mesocestoides vogae* Elges, 1991 a *Mesocestoides melesi* Yanchev & Petrov, 1985, jehož larvální stádium bylo v roce 2020 identifikováno u hlodavců poprvé (Bajer et al. 2020).

3.4.2.1.2 *Echinococcus multilocularis* Leuckart, 1863

Pro tuto tasemnici slouží jako významní mezihostitelé hlodavci, avšak larvální stádia měchožila bublinatého (*Echinococcus multilocularis*) byla také nalezena u divokých prasat, ovcí, skotu a také lidí ve střední a západní Evropě (Kolářová 1999; Boucher et al. 2005). Boubele se vyvíjí obvykle v oblasti jater (obrázek 6), kde mohou způsobovat jejich vážné poškození, které může být pro napadený organismus fatální. U hrabošů bylo navíc při experimentální studii zjištěno, že mohou sloužit jako mezihostitelé i druhu měchožil zhoubný (*Echinococcus granulosus* (Batsch, 1786)), ale jako přirozený rezervoár tohoto parazita jsou pravděpodobně nevýznamní (Webster & Cameron 1961).

Definitivními hostiteli, kteří vylučují vajíčka této tasemnice společně s výkaly do prostředí jsou psovitě šelmy, zejména lišky, psi a sporadicky také kočky (Deplazes et al. 2004). Bylo zjištěno, že vajíčka *Echinococcus multilocularis* mohou zůstat životaschopné ve vnějším vlhkém a chladném prostředí, které je typické pro zimy ve střední Evropě i několik měsíců. Při vyšších letních teplotách pouze několik dní (Veit et al. 1995).

Tento parazit je zoonotický. Lidé slouží jako aberantní hostitelé a mohou se nakazit pozřením potravy či vody znečištěné výkaly definitivního hostitele (Schweiger et al. 2007). Onemocnění lidí způsobené *Echinococcus multilocularis* se nazývá alveolární echinokokóza. Výskyt tohoto onemocnění je poměrně nízký, ale u neléčených pacientů je úmrtnost během 10-15 let od diagnózy asi 90% (Ammann et al. 2004). Lidská alveolární echinokokóza patří mezi nejnebezpečnější parazitární onemocnění na světě (Torgerson et al. 2010). Napadení měchožilem bublinatým vede ke vzniku metacestod umístěných na játrech. Tyto útvary rostou velice pomalu a vytvářejí léze podobné malignímu nádoru. Pokud není toto onemocnění včas odhaleno a léčeno, projevují se nejdříve bolesti v oblasti dutiny břišní a jater, žloutenka, a nakonec jaterní selhání. Navíc u neléčeného onemocnění mohou léze metastázovat do dalších orgánů, což vede k řadě dalších nespecifických příznaků, které se projevují v závislosti na postiženém místě (Eckert & Deplazes 2004).



Obrázek 6: *Echinococcus multilocularis* na játrech potkana (Joekel & Deplazes 2017)

Možnosti moderní léčby zahrnují chemoterapii s použitím benzimidazolů a chirurgickou resekci jater s odstraněním napadené části jater někdy dokonce s nutností jejich transplantace. Při této léčbě je prognóza relativně dobrá, ale nákladná chemoterapie je nutná nepřetržitě po dobu několika let, v některých případech i po zbytek života pacienta, jelikož bez léčby je tato infekce ve většině případů fatální (Torgerson et al. 2008).

Toto onemocnění je považováno za endemické pro několik zemí severní polokoule (příloha 3), mezi které patří i Česká republika. Odhad celkového počtu nových případů tohoto onemocnění ročně je asi 18 000, přičemž se předpokládá, že přibližně 90 % případů pochází z oblasti Číny (Torgerson et al. 2010). Ve Švýcarsku byl ale už v roce 2007 zaznamenán mírný nárůst tohoto onemocnění u lidí, který pravděpodobně souvisí s předchozím nárůstem populace lišek (Schweiger et al. 2007). V České republice se lze setkat s jednotkami případů, ale vzhledem k rostoucí prevalenci měchožila bublinatého u lišek lze také předpokládat v budoucnu zvýšený výskyt alveolární echinokokózy u lidí (Husa ml. et al. 2017).

3.4.2.1.3 *Hydatigera taeniaeformis* (Batsch, 1786)

Hydatigera taeniaeformis, známá také jako tasemnice kočičí je parazit charakteristický svou kosmopolitní distribucí. U definitivních hostitelů, jimiž jsou kočkovité, ale také psovitě šelmy, se nachází v tenkém střevě, kde mohou dospělé tasemnice dorůstat délky až 60 cm. Mezihostiteli jsou nejčastěji hlodavci, netopýři a zajícovití. Larvální stádium tohoto parazita zvané *cysticercus fasciolaris* bývá u mezihostitelů lokalizováno v oblasti jater (Al-Jashamy & Islam 2007), kde může způsobovat poškození jaterního parenchymu vedoucí až k nekróze tkáně (Al-Tae 2016).

Larvální stádia se dostávají do prostředí po smrti mezihostitele a v případě pozření svaloviny obsahující cysticerky definitivním hostitelem se pomocí žaludečních šťáv larvální stádia tasemnic uvolní a postupují dále do tenkého střeva, kde se pomocí přísavky či háčků zachytí a během několika týdnů dospívají. Dospělá tasemnice uvolňuje terminálové proglotidy, které obsahují již oplozená vajíčka. Tyto koncové články se následně oddělují od těla tasemnice a se stolicí nebo nezávisle na ní opouštějí tělo hostitele a jsou uvolňovány do vnějšího prostředí, kde čekají na pozření mezihostitelem. Vajíčka mohou být ve vnějším prostředí životaschopná i několik týdnů (Garcia 2007).

Lin et al. (1990) uvádějí že u dlouhodobé experimentální infekce samců i samic hlodavců tento parazit způsoboval významnou reprodukční dysfunkci, kde u samců byly parametry fertility sníženy po pětiměsíční infekci larválním stádiem těchto tasemnic z původních 95 % na pouhých 29 %. U samic byly sníženy tyto parametry z 96 % na 75 %.

Nákaza lidí, jako mezihostitelů touto tasemnicí je extrémně vzácná, ale možná. Dosud byl popsán jediný případ lidské infekce larválním stádiem tohoto parazita, kdy u 77letého muže byla v oblasti jater nalezena cysta obsahující larvu tasemnice kočičí. Na základě toho, že byl dosud popsán pouze jeden případ lidské cysticercózy, i když je tento parazit celosvětově rozšířený lze předpokládat, že lidský organismus není jako mezihostitel pro tohoto parazita pravděpodobně příznivé prostředí (Sterba & Barus 1976). Na druhou stranu byly u lidí v několika případech nalezeny dospělé tasemnice *Hydatigera taeniaeformis* ve střevě (Morishita & Sawada 1966; Ekanayake et al. 2016).

3.4.2.2 Hraboši jako definitivní hostitelé tasemnic

K napadení dospělými tasemnicemi (Cestoda) u většiny druhů hrabošů dochází v důsledku konzumace malých bezobratlých živočichů (mezihostitelů) úmyslně, nebo společně například s rostlinnou potravou. Rozmanitost fauny tasemnic u jednotlivých druhů hlodavců je dána pravděpodobně oblastí výskytu a rozšířením hlodavců, jelikož nejbohatší fauna tasemnic je zpravidla charakteristická pro hojně a široce distribuované hostitele (Georgiev et al. 2006).

3.4.2.2.1 *Hymenolepis diminuta* (Rudolphi, 1819)

Tasemnice krysí (*Hymenolepis diminuta*) náleží do čeledi Hymenolepididae, což je pravděpodobně nejbohatší čeleď tasemnic, která čítá přibližně 900 druhů, ale úplný životní cyklus je znám pouze u přibližně 200 druhů (Georgiev et al. 2006).

Tasemnice krysí, která byla zaznamenána u hrabošů například v Rusku (Kirillova et al. 2020) využívá hlodavce jako definitivní hostitele. Mezihostiteli jsou členovci – motýli, brouci a blechy (Burt 1980). Co se negativních účinků na hlodavce týče, bylo zjištěno, že imunitní odpověď hlodavců na přítomnost tasemnice krysí v těle je závislá na počtu přítomných jedinců. Hlodavci snášejí dobře určité množství tasemnic, než dojde k imunitní reakci a s tím souvisejícími negativními projevy parazitární nákazy (Hindsbo et al 1982).

Kromě negativních dopadů na vstřebávání živin hostitelem mohou mít tasemnice pravděpodobně i několik pozitivních vlivů. Sloup et al. (2018) ve své experimentální studii zjistili, že tasemnice *Hymenolepis diminuta* jsou schopny ovlivňovat vylučování těžkých kovů u potkanů. Tasemnice hromadily kovy (zinek a kadmium) ze střevního obsahu a snižovaly jejich obsah ve výkalech oproti kontrolní skupině. Není ovšem jasné, zda hromadily tyto kovy dříve, než byly absorbovány tkáněmi hostitele, nebo až při vyloučení zpět z organismu do střev. Pravděpodobně se ale jednalo o kombinaci těchto dvou jevů.

K infekci lidí tasemnicí krysí dochází požitím členovců, v jejichž tělesné dutině se nachází boubel, nejčastěji společně s obilovinami, neumytou zeleninou, nebo úmyslně požitím jedlého hmyzu, který se v posledních letech stává velmi populárním (Montgomery & Richards 2018). Nicméně většina případů lidské nákazy byla hlášena z Ameriky, jihovýchodní Asie a východního středomoří (Panti-May et al. 2020). U lidí nakažených *H. diminuta* byl zároveň popsán výskyt těchto tasemnic i u hlodavců žijících v blízkosti obydlí, nebo přímo v obývané budově (Álvarez-Fernández et al. 2012).

Klinické projevy lidské infekce jsou nespecifické a zahrnují bolesti břicha, průjem, horečku a také svědění kůže (Patamia et al. 2010) a anémii (Pérez-Chacón et al. 2017). Diagnóza, stejně jako u ostatních onemocnění způsobených dospělými tasemnicemi, bývá stanovena na základě výskytu vajíček ve vzorcích stolice pacienta. Léčba se provádí nejčastěji perorálním podáním anthelmintik jako je paraziquantel nebo albendazol (Panti-May et al. 2020).

3.4.2.2.2 *Hymenolepis horrida* (Linstow, 1901)

Další tasemnicí z čeledi Hymenolepididae je *Hymenolepis horrida* syn. (synonymum) *Arostrilepis horrida* (Linstow, 1901), která byla v minulosti považována za hypervariabilní druh s velmi rozsáhlou geografickou distribucí a širokým spektrem definitivních hostitelů. Objevují se ale důkazy, že se ve skutečnosti jedná o komplex kryptických druhů (Makarikov et al. 2012). Na základě analýzy mitochondriální DNA muzejních sbírek bylo rozpoznáno 11 odlišných genetických linií *Hymenolepis* sp. (respektive *Arostrilepis* sp.) parazitujících na hraboších v Rusku a střední Evropě (Hoberg et al. 2003; Cook et al. 2005). I přes širokou distribuci této tasemnice jsou přesné údaje o životním cyklu a interakcích s hostitelem velmi omezeně prozkoumanou oblastí.

3.4.2.2.3 *Paranoplocephala dentata* (Galli-Valerio, 1905)

Paranoplocephala dentata (syn. *Anoplocephaloides dentata* (Galli-Valerio, 1905)) je tasemnice z čeledi Anoplocephalidae běžně parazitující u hrabošovitých v Evropě. I přes kosmopolitní rozšíření jsou přesné údaje o životních cyklech a vlivech na hostitele tasemnic

čeledi Anoplocephalidae, které parazitují na drobných savcích rovněž vzácné. Nicméně mezihostitelé *Paranoplocephala dentata* jsou pravděpodobně roztoči nebo jiní bezobratlí a definitivní hostitelé (býložraví savci) je konzumují náhodně, nebo úmyslně v případě norníka rudého (Georgiev et al. 2006).

Názvy *Paranoplocephala dentata* a *Anoplocephaloides dentata* se používají pro velmi podobné tasemnice parazitující na hraboších rodu *Microtus* (a příležitostně dalších hostitelích) v palearktické oblasti. Všechny tasemnice identifikované jako *P. dentata* byly v minulosti považovány za jediný druh. Molekulární fylogenetická analýza provedená v roce 2009 ale naznačuje, že tasemnice dříve určované na základě morfologických znaků jako *P. dentata* pravděpodobně zahrnují nejméně pět druhů, které je na základě morfologických znaků velmi obtížné rozlišit (Haukisalmi et al. 2009).

Drobní suchozemští hlodavci jsou využíváni také při monitorování znečištění životního prostředí těžkými kovy bez ohledu na možné napadení cizopasníky (Sánchez-Chardi & Nadal 2007). Někteří cizopasníci ale mohou akumulovat stopové prvky v koncentracích řádově vyšších než v hostitelských tkáních (Eira et al. 2005). Proto by použití zvířat napadených parazity ve studiích, které se zabývají znečištěním mohlo vést ke zkresleným hodnotám koncentrací těchto prvků v hodnoceném prostředí. Jankovská et al. (2009) na základě toho, že při pozorování byla hladina olova 37x vyšší v tasemnici, než v játrech infikovaných hlodavců uvádějí, že systémy hostitel/parazit – *Microtus agrestis/Paranoplocephala dentata* a *Myodes glareolus/Paranoplocephala dentata* by mohly být slibné bioindikační modely pro hodnocení expozice olovu v životním prostředí na suchozemských stanovištích, zejména mimo městské oblasti, které neposkytují zkreslené výsledky. Zároveň ale zdůrazňují vhodnost využití ledvin než jater hlodavců při monitoringu těžkých kovů v životním prostředí.

3.4.3 Hlístice (Nematoda)

Nematoda neboli hlístice je velice biologicky rozmanitý kmen živočichů, jejichž velikost se pohybuje od dvou milimetrů, ale může dosahovat i několika metrů. Odhady počtu druhů parazitických hlístic na hostitele naznačují, že jen u obratlovců může být řádově 25 000 parazitických hlístic, z nichž většina zůstává nepopsaných (Dobson et al. 2008).

Hlístice lze nalézt na většině stanovišť, jak volně žijících, tak s parazitickým způsobem života nebo střídavě v závislosti na stádiu života. Dospělci parazitických druhů jsou nejčastěji lokalizováni v trávicím traktu, ale mohou se vyskytovat například i v urogenitální, nervové či dýchací soustavě. Vývoj hlístic v dospělce probíhá zpravidla přes čtyři larvální stadia a může být přímý, monoxenní nebo heteroxenní (Volf & Horák 2007).

3.4.3.1 *Trichuris* spp.

Tenkohlavci rodu *Trichuris* patří mezi snadno rozpoznatelné hlístice parazitující u savců, ačkoli rozlišování druhů v rámci rodu na základě jejich morfologie je většinou velmi obtížné (Ribas et al. 2013). Přední část jejich těla, jak naznačuje pojmenování, je typicky úzká a v hostiteli je zanořena do epitelu sliznice střeva, kam pronikají, aniž by okamžitě způsobili

nekrózu nebo uhynutí hostitele. Zadní část těla, která obsahuje pohlavní orgány, vyčnívá do lumen střeva. Tenkohlavci jsou monoxenní geohelminți, což znamená, že jejich vývoj probíhá bez mezhospitelů. Vysoce odolná vajíčka, která se dostanou do prostředí s výkaly hostitele se stávají infekční, jsou požitá s potravou dalším hostitelem, v jehož tlustém střevě se usazují a dokončují svůj životní cyklus rozmnožováním a produkcí nových vajíček (Volf & Horák 2007).

Zástupci rodu *Trichuris* jsou distribuováni po celém světě a cizopasí na široké škále savců, jako jsou přežvýkavci, hlodavci, vačnatci nebo primáti. Lidé jsou nejčastěji napadeni zejména tenkohlavcem lidským (*Trichuris trichiura* (Linnaeus, 1771)), a příležitostně i dalšími zoonotickými druhy, jako jsou *Trichuris vulpis* (Froelich, 1789) a *Trichuris suis* Schrank, 1788. Ani jeden z těchto druhů doposud nebyl u hrabošů zaznamenán (Nissen et al. 2012).

U hrabošovitých hlodavců byl detekován například v Rusku (Kirillova et al. 2020) nebo v Polsku (Hildebrand et al. 2007) tenkohlavec *Trichuris arvicolae* Feliu et al. 2000. Deter et al. (2007) uvádějí, že tento parazit může mít pravděpodobně vliv na reprodukci hrabošů tím, že samice, které jsou napadeny, mají nižší počet mláďat ve vrhu a mláďata mají současně nižší hmotnost. Hmotnost hlodavců při narození a odstavení souvisí s jejich přežitím a ovlivňuje zároveň pohlavní dospívání a schopnost rozmnožování, zejména u samic (Ylonen et al. 2004).

Blízce příbuzným a často zaměňovaným druhem je *Trichuris muris* (Schrank, 1788). Tento parazit je často využívaným modelem pro studium parazitárních infekcí způsobených tenkohlavci, interakcí hostitel-parazit a imunitní odpovědi hostitelů na infekci (Bancroft et al. 2012). Využití tohoto laboratorního modelu výrazně přispělo k pochopení imunity vůči hlísticím osidlujícím střeva a imunitního systému jako celku (Hurst & Else 2013).

Chronická infekce *T. muris* u hlodavců také způsobuje významné změny v mikrobiomu trávicího traktu, což může ovlivnit funkci střeva, schopnosti degradace rostlinné potravy a mít dopad na vstřebávání živin a celkovou vitalitu hostitele (Houlden et al. 2015). Dlouhodobé napadení gastrointestinálními helminty rodu *Trichuris* může mít za následek vážné poškození tkání střeva. Patologie spojená s infekcí *T. muris* je charakteristická zejména zánětem tlustého střeva, jehož výsledkem je destrukce normální architektury a následné celkové chřadnutí jedince (Levison et al. 2010).

3.4.3.2 *Trichostrongylus colubriformis* (Giles, 1892)

Hlístice rodu *Trichostrongylus* se řadí mezi geohelminnty parazitující ve střevě svých hostitelů. Vajíčka těchto parazitů jsou vylučována s výkaly hostitele do vnějšího prostředí, kde se z nich při vhodné teplotě a vlhkosti prostředí formují larvy, které část života stráví jako volně žijící. Další hostitel se nakazí perorálně pozřením larev L3 (třetí larvální stádium), které jsou schopné napadnout daný organismus. Při silných infekcích může docházet k zánětům střeva, těžkým poruchám trávení, a dokonce až k úhynu napadeného jedince (Volf & Horák 2007).

Významným zástupcem tohoto rodu je zoonotický druh *Trichostrongylus colubriformis*. Tento kosmopolitně rozšířený parazit se vyskytuje zejména u skotu, ovcí a koz, avšak detekován byl i u hrabošovitých hlodavců a lidí (Boupha et al. 2011).

Trichostrongylus colubriformis je častým parazitem ovcí. Při silném napadení u nich dochází k závažné enteritidě. Místo infekce je horní část tenkého střeva, kde vlivem parazita

dochází k nekróze střevních buněk, erozi epitelu a atrofii klků. Z hlediska snížení produktivity u ovcí dochází v důsledku nákazy zejména ke snížené schopnosti zpracovat přijatou potravu, pomalému vývoji těla a hmotnostnímu úbytku, což souvisí s produkčními ztrátami (Cardia et al. 2011).

Lidské infekce způsobené tímto parazitem jsou hlášeny převážně z teplejších oblastí a obvykle jsou asymptomatické, nebo s mírnými nespecifickými příznaky, jako je bolest břicha, průjem a zvracení (Boreham et al. 1995). Některé případy nákazy *Trichostrongylus colubriformis* u člověka byly hlášeny i z oblastí mírného pásma. Příkladem může být ohnisko ve Francii, kdy si pacienti stěžovali na bolesti břicha, průjem, nadýmání a hmotnostní úbytek. Dle informací od pacientů bylo usouzeno, že zdrojem infekce bylo s největší pravděpodobností jídlo sklizené na zahradě jedné z pacientek, která pro pěstování používala hnojivo získané z nedaleké ovčí farmy. Ohnisko nákazy ve Francii zdůrazňuje reálnou hrozbu přenosu parazitóz na lidi i ve vyspělých zemích, které může být způsobeno rostoucím zájmem o využívání domácího pěstování potravin. Zároveň ukazuje nutnost důkladného omývání potravin konzumovaných bez předchozího tepelného opracování (Lattes 2011). Gholami et al. (2015) dokonce uvádějí, že při náhodném odběru 33 vzorků stolice lidí v Íránu bylo u 29 vyšetřovaných vzorků detekován právě tento parazit.

3.4.3.3 *Trichinella spiralis* Owen, 1835

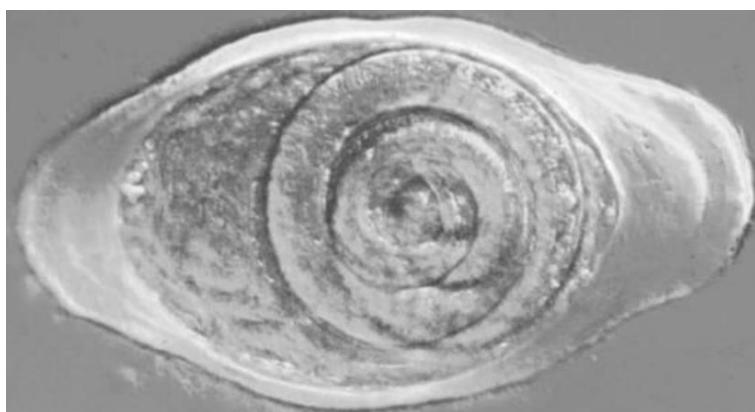
Nejvýznamnějším zástupcem svalovců rodu *Trichinella*, který byl nalezen u hrabošů, je svalovec stočený (*Trichinella spiralis*). Tento parazit napadá širokou škálu dalších druhů organismů, jako prasata, psi a také člověka, což naznačuje nízkou hostitelskou specifitu (Grzybek et al. 2019).

Životní cyklus tohoto parazita závisí na konzumaci napadené svalové tkáně dalším hostitelem. Po požití se svalovec uvolňuje ze svaloviny díky agresivnímu prostředí žaludku z útvarů nazývaných „nurse cells“ (obrázek 7) a prochází do další části gastrointestinálního traktu. V oblasti střeva po dosažení pohlavní dospělosti dochází ke kopulaci, samice kladou larvy a následně dospělí jedinci hynou. Střevní fáze infekce trvá asi 4-6 týdnů. Dospělá samice za svůj život vyprodukuje asi 1000-1500 larev. Ty jsou transportovány krevním řečištěm do různých tkání, u hlodavců jsou postiženy nejčastěji dýchací svaly (bránice), také příčně pruhovaná svalovina a svaly jazyka. V těchto tkáních se larvy dále vyvíjejí do infekční fáze a zapouzdřují se elipsoidní kapslí pomocní exkrementálně-sekrecčních produktů. Nakonec dochází ke kalcifikaci kapsle, která je dlouhá asi 0,5 milimetru. Ve tkáních hostitelů mohou přežívat svalovci i několik let a v momentě, kdy je napadená tkáň pozřena, svalovec obnovuje svůj životní cyklus (Bogitsh et al. 2005).

Strava hrabošů se většinou skládá z rostlinné potravy, nicméně příležitostně obohacují svou stravu i o živočišné složky, jako tkáně uhynulých obratlovců. U některých druhů není výjimkou ani kanibalismus. Hraboši mohou tedy hrát relativně významnou roli v udržování životních cyklů svalovců, jako jejich rezervoár. Co se týče přenosu parazita, je nevhodné zanechávat uhynulá zvířata v lesích, jelikož slouží jako významný zdroj nákazy (Grzybek et al. 2019). U hlodavců může tento parazit způsobovat například uhynutí v závislosti na místě

vytvoření cysty, poruchy orgánů i celých orgánových soustav. Bylo také zjištěno, že snižuje aktivitu a průzkumné chování u samců hlodavců (Rau 1984).

Svalovci rodu *Trichinella*, z nichž nejčastěji právě svalovec stočný (*Trichinella spiralis*) navíc způsobují i onemocnění u lidí zvané trichinelóza. Toto onemocnění patří k velmi nebezpečným a celosvětově nejvýznamnějším parazitózám alimentárního původu, které může mít fatální následky. Nejčastějším zdrojem této nákazy je maso prasat. Jelikož dobré podmínky chovu a veterinární kontroly po porážce snižují riziko infekce na minimum, konzumace vepřového masa z komerčních chovů v rozvinutých zemích nepředstavuje zásadní hrozbu. Maso volně žijící zvířete, zejména divokých prasat ale zůstává stále významným problémem. Proto by všechna ulovená prasata měla být důkladně prohlédnuta a vzorek tkáně zaslán k další analýze do specializované laboratoře (Rostami et al. 2017). Rózycki et al. (2016) uvádějí, že prevalence tohoto onemocnění u divokých prasat v Polsku dosahovala až 5,2 %. Na Slovensku bylo dokonce zdrojem několika ohnisek této nákazy u lidí psí maso (Dubinský et al. 2001) a v USA maso hovězí (Wilson et al. 2015).



Obrázek 7: *Trichinella spiralis*, „nurse cell“ (Despommier 2013)

Odhaduje se, že každoročně se tímto onemocněním nakazí asi 10 000 lidí. Příznaky trichinelózy u lidí závisí na konkrétním stádiu infekce. Během střevní fáze jsou častými příznaky přechodný průjem a nevolnost, zvracení, bolesti břicha, zvýšená teplota a nevolnost, které se objevují 1-2 dny po požití larev svalovce. Po 2-6 týdnech tyto příznaky odeznívají a onemocnění přechází do pokročilého stádia, kdy se mohou objevovat příznaky jako bolesti svalů, obličejový edém či stav podobný paralýze. Závažnost příznaků koreluje s umístěním larev, respektive cyst a také s jejich množstvím (Petri et al. 1988). Jakmile je lékařsky potvrzena tato nákaza, léčba antiparazitiky musí být zahájena co nejdříve. Prodlení v léčbě dává možnost těmto parazitům proniknout do svalů a zapouzdřit se, což vede k rezistenci vůči podaným lékům (Bruschi et al. 2005). V případech napadení vysokým počtem larev může toto onemocnění být dokonce i při léčbě antiparazitiky fatální, zejména, když dojde k poškození centrálního nervového systému, dýchacího systému nebo srdce. Mnoho pacientů je ale asymptomatických, nebo mají jen mírné nespecifické příznaky, a proto je těžké ho ve většině případů odhalit (Foreyt et al. 2013).

Svalovec stočený na druhou stranu může mít schopnost inhibice růstu určitých typů nádorů. Apanasevich et al. (2002) ve své experimentální studii zjistili, že napadení svalovcem

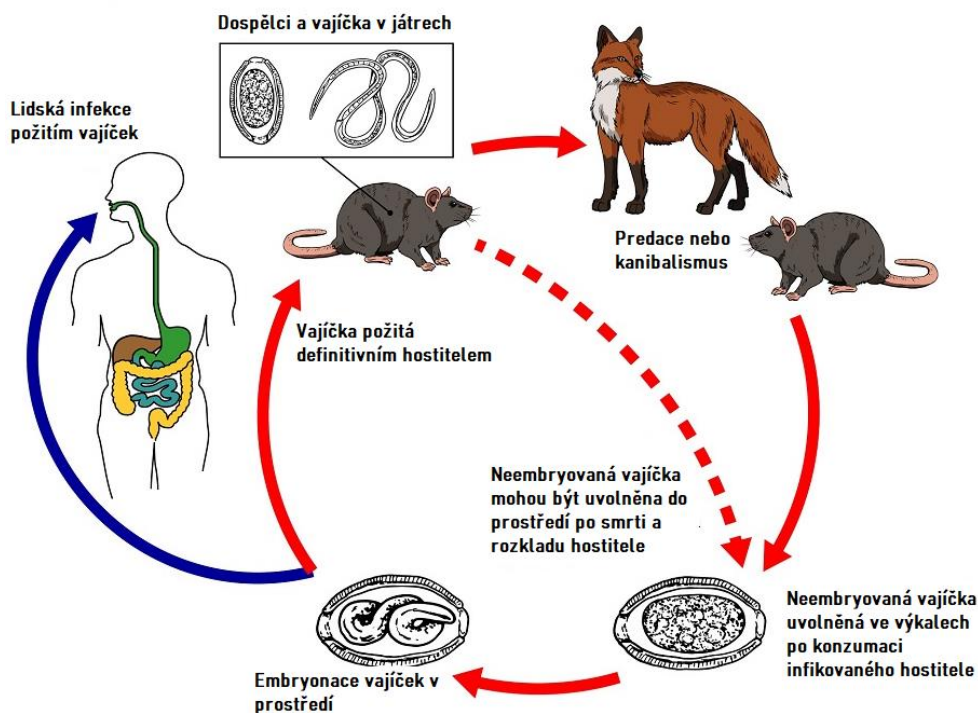
prodlužuje dobu přežití hlodavců a zároveň inhibuje růst nádoru mléčné žlázy. Zároveň Kang et al. (2013) uvádějí, že u hlodavců byl rovněž inhibován růst tumoru a zároveň vznik metastáz v plicích pravděpodobně prostřednictvím regulace cytokinů, ale nevykazoval významnou ochrannou aktivitu proti karcinomu tlustého střeva. Vzhledem k tomu by svalovec stočený mohl být považován za potenciální zdroj látek, které inhibují rakovinné bujení a zároveň jsou specifické pro určitý typ nádorových onemocnění (Eissa et al. 2019).

3.4.3.4 *Calodium hepaticum* (Bancroft, 1893)

Calodium hepaticum je hlístice s celosvětovou distribucí. Parazituje u široké škály hlodavců, jako jsou myši, krysy, potkani i hraboši (Fuehrer 2014b). Tento zoonotický cizopasník byl dokumentován i u domestikovaných druhů savců sloužících k produkci masa pro lidskou spotřebu, jako jsou králíci, skot, prasata a koně, což naznačuje velmi nízkou hostitelskou specifitu (Fuehrer 2014a).

Životní cyklus je zahájen pozřením embryovaných vajíček hostitelem nejčastěji společně s potravou. Ve střevě se z vajíček líhnou larvy, které migrují přes krevní oběh do jater. Tyto larvy se usazují v jaterním parenchymu a následně dospívají. Dospělí jedinci po kopulaci produkují stovky vajíček a po několika týdnech hynou (Gardiner & Poynton 1999). Vajíčka se ukládají v játrech, obvykle v hustých masách. Vajíčka i hynoucí dospělci mohou způsobovat zánětlivou reakci nebo nekrózu a následně i selhání jater (Redrobe & Patterson-Kane 2005). Jaterní infekce dalšího hostitele vzniká pouze v případě, že byla vajíčka po smrti hostitele takzvaně embryonovaná, což je proces, ke kterému dochází ve vnějším prostředí za přístupu kyslíku po rozkladu jater hostitele původního (Anderson 2000). V případě požití neembryovaných vajíček (například při ulovení hostitele predátorem) dochází k průchodu vajíček trávicím traktem a prostřednictvím výkalů jsou rozptýlená v prostředí, kde následně dochází k jejich embryonaci. Vajíčka mohou zůstat v prostředí životaschopná déle než rok (Spratt & Singleton 2001).

Výskyt tohoto parazita u člověka byl hlášen z mnoha zemí Evropy, jako je Německo, Švýcarsko, Itálie i Česká republika. Možnosti přenosu *C. hepaticum* na člověka jsou znázorněny na obrázku 8. Mezi příznaky napadení tímto parazitem obvykle spadá přetrvávající horečka, hepatomegalie a leukocytóza s eozinofií i selhání orgánu (Fuehrer et al. 2011). Kromě pravé infekce jater, která je pro člověka nebezpečná a lze ji diagnostikovat například při biopsii jater nebo pomocí některých zobrazovacích metod, může docházet také k výskytu vajíček ve stolici pacienta, což značí takzvanou falešnou infekci. Parazit v tomto případě nemigruje do těla, ale je vylučován do prostředí (CDC 2019b). K léčbě jsou využívána antiparazitika jako albendazol, nebo mebendazol (Keven et al. 2001).



Obrázek 8: Možnosti přenosu a životní cyklus *Calodium hepaticum* (upraveno dle CDC 2019b)

3.4.3.5 *Heligmosomum costellatum* (Dujardin, 1845)

Heligmosomum costellatum je parazitická hlístice z řádu měchovci (Strongylida). Tento druh je zároveň jediným významným druhem rodu *Heligmosomum* parazitujícím u hrabošů ve střední Evropě. Tato hlístice má přímý životní cyklus bez mezihostitelů, se třemi volně žijícími larválními stádii. Čtvrté larvální stádium a dospělý jedinec parazitují v lumen tenkého střeva hlodavců (Tenora et al. 2002).

Janova et al. (2010) uvádějí, že u hrabošů odchycených v oblasti jižní Moravy v České republice bylo z 503 zkoumaných jedinců 27,6 % pozitivních právě na tohoto parazita, což naznačuje, že se jedná o poměrně běžného parazita. V jejich studii bylo také zjištěno, že u napadených jedinců nebyla pozorována žádná nebo jen mírná zánětlivá reakce, eroze střeva a žaludku a byla také pozorována jen mírná úroveň mechanického poškození gastrointestinálního traktu. U všech napadených zvířat byla hlístice *H. costellatum* pozorována, jako typ parazita, který má relativně mírný patogenní dopad na hostitele.

3.4.3.6 *Heligmosomoides* spp.

Hlístice rodu *Heligmosomoides* jsou poměrně běžnými parazity hlodavců. Jejich životní cyklus je přímý bez mezihostitele, se třemi volně žijícími larválními stádii, jedním larválním stádiem parazitickým a dospělým stádiem, kteří žijí v lumen tenkého střeva hostitele (Brown et al. 1994). Infekční larvy nejprve vstupují do zažívacího traktu hostitele orální cestou a napadají sliznici duodena. Pronikají celou vrstvou střeva až do oblasti serózy, kde dochází k dalšímu vývoji. Po několika dnech se vrací zpět do lumen střeva, kde dochází k pohlavnímu rozmnožování a následně i k produkci vajíček. Dospělci se poté stočí kolem klků střeva, kde se

pravděpodobně živí vrstvou epiteliálních buněk. Vajíčka těchto parazitů odcházejí s výkaly do vnějšího prostředí, kde se z nich formují larvy infekční pro dalšího hostitele (Telford et al. 1998).

Bylo zjištěno, že druh *Heligmosomoides polygyrus* může mít pravděpodobně významný vliv na dynamiku populace hostitele. Scott (1987) provedl experimentální studii, která prokázala, že *H. polygyrus* má schopnost regulovat hojnost hostitele, jelikož populace zdravých hlodavců v jeho studii dosáhla asi 20x větší velikosti než populace hlodavců, kteří byli napadeni tímto parazitem. Zároveň po eliminaci *H. polygyrus* z výzkumného systému umožnilo obnovit hlodavcům podobnou hustotu populace, která byla u zdravých jedinců. Kavaliers & Colwell (1995) navíc ve své studii prokázali, že tento parazit má vliv i na atraktivitu hostitele pro opačné pohlaví. Zjistili, že samice myši rozlišovaly mezi chemickými signály infikovaných a neinfikovaných samců parazitem *H. polygyrus*. Samice přednostně trávily více času v blízkosti pachu zdravých jedinců, jelikož jejich pach pravděpodobně považovaly za atraktivnější a k pachu napadených samců projevovaly averzi.

4 Metodika

K detekci výskytu parazitických helmintů byla použita helmintologická pitva. Parazité byli zjišťováni ve tkáních či orgánech odchytených a usmrčených hlodavců, s přihlédnutím k jejich předpokládanému místu výskytu v těle hostitelů. Diagnostika jednotlivých druhů parazitů byla provedena na základě morfologických charakteristik helmintů.

4.1 Odchyt a uchování zvířat

Odchyt hlodavců, kteří byli použiti pro účely výzkumu v této diplomové práci, probíhal v Krušných horách na území České republiky (Severozápadní Čechy, okres Most, vodní nádrž Fláje, 50°41' severní šířky, 13°35' východní délky, 740 metrů nad mořem) 7.- 9. června roku 2020.

Odchyt hlodavců probíhal pomocí klasických sklapovacích dřevěných pastí s pružinovým mechanismem, který hlodavce ihned usmrtil. Pasti byly rozmístěny do sítě bodů ležících 10 metrů od sebe. Jako návnady byly použity knoty odebrané z petrolejových lamp (knoty byly rozděleny na čtverce o velikosti 1-3 cm²). Takto rozdělené knoty byly namočený do směsi tuku a mouky. Odchytení a usmrcení hlodavci byli následně odděleně uloženi do plastových uzavíratelných sáčků se zipem a převezeni v chladících boxech do parazitologické laboratoře České zemědělské univerzity v Praze.

Aby nedošlo ke znehodnocení zkoumaného materiálu rozkladem, byli hlodavci uloženi do mrazícího zařízení a uchováni po dobu několika dní při teplotě -20°C. Tento biologický materiál byl těsně před helmintologickou pitvou rozmrazen při laboratorní teplotě 24 °C. U jednotlivých hlodavců byl určen jejich druh, pohlaví, odhadované stáří a následně se přistoupilo k vlastní pitvě, při které byla u některých jedinců odhalena i gravidita. Detaily místa a data odchytu, pohlaví, identifikace hlodavců a pozitivní či negativní parazitologický nález jsou uvedeny v příloze 4.

4.2 Helmintologická pitva a diagnostika parazitů

Vlastní helmintologická pitva byla zahájena malým příčným stříhem (0,5 cm) vrstvy kůže a svaloviny pitevními nůžkami v oblasti vývodu močového a pohlavního ústrojí. Do vzniklého otvoru byly vloženy pitevní nůžky a další stříh byl veden od tohoto otvoru až po oblast mečovitého výběžku hrudní kosti. Při provádění těchto úkonů byl brán zřetel na to, aby nedošlo k poškození orgánů a ostatních tkání.

Po provedení stříhu byly orgány dutiny břišní, hrudní, pánevní a jejich okolí vyšetřeny pohledem, případně za použití lupy či mikroskopu. Dále byly orgány trávicího traktu – žaludek, tenké střevo, tlusté střevo, játra, ledviny a slezina, odděleny od okolní tukové tkáně a vyjmuty pomocí pinzety a chirurgického skalpele. Jednotlivé orgány byly od sebe odseparovány a odděleně umístěny do Petriho misek a jejich povrch byl důkladně makroskopicky ohledán. Pozornost byla věnována jakýmkoliv abnormalitám na povrchu těchto orgánů. Játra, ledviny a slezina byly umístěny do plastových sáčků se zipem a zlikvidovány. Na zbylé orgány v Petriho

miskách (žaludek, tenké a tlusté střevo) byla nanesena destilovaná voda. Orgány trávicího traktu i jejich obsah byly postupně rozděleny na malé části a promývány v malém množství destilované vody a následně podrobně zkoumány pohledem lupou nebo pomocí mikroskopu. Helminti nalezení na povrchu nebo uvnitř jednotlivých orgánů byli fixováni ve zkumavkách s plochým víčkem (typu Eppendorf), které obsahovaly 4% roztok formaldehydu nebo 96% roztok ethanolu.

Po dokončení helmintologické pitvy byli nalezení parazitičtí helminti pomocí jehly přeneseni ze zkumavky na podložní sklíčko. Následně na ně bylo naneseno prosvětlovací médium. Vyšetřovaný materiál byl v této podobě umístěn do mikroskopu Olympus BX51 a podrobně zkoumán. Dále byly pořízeny fotografie preparátů parazitů fotoaparátem PROMICA za použití programu QuickPHOTO MICRO 3.1. Nalezení parazité byli identifikováni na základě jejich morfologie.

4.2.1 Použité pomůcky a chemikálie

Pomůcky:

Fotoaparát PROMICRA (Program: QuickPHOTO MICRO 3.1.)

Laboratorní jehla

Lupa

Mikroskop Olympus BX51

Petriho misky

Pinzeta

Pitevní nůžky

Plastové sáčky se zipem

Podložní sklíčko

Skalpel

Zkumavky typu Eppendorf

Chemikálie:

Destilovaná voda

Ethanol 96%

Formaldehyd 4%

Prosvětlovací médium (fenol)

4.3 Statistické zpracování dat

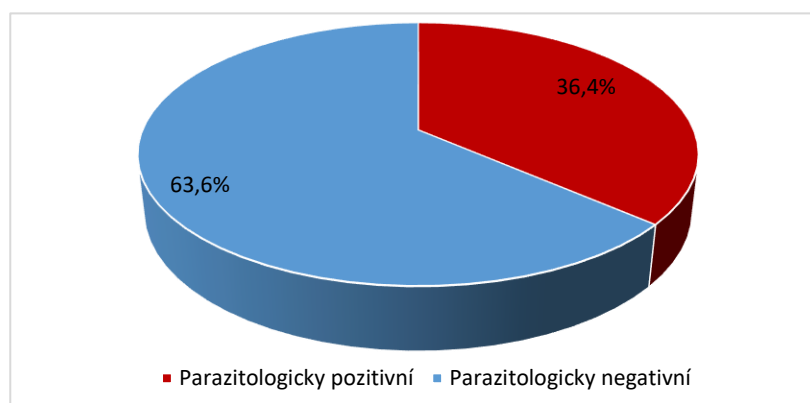
Veškerá data, získaná vyhodnocením vzorků, byla shromážděna v programu Microsoft Excel 2018. V tomto programu byly vytvořeny tabulky a grafy použité v této diplomové práci. Statistické šetření bylo zaměřeno na závislost parazitárního napadení na pohlaví. K tomuto šetření byl zvolen chí-kvadrát test. Pro statistické výstupy a vyhodnocení chí-kvadrát testu při zvolené hladině významnosti $\alpha = 0,05$ byl použit program Statistica verze 12 (StatSoft).

5 Výsledky

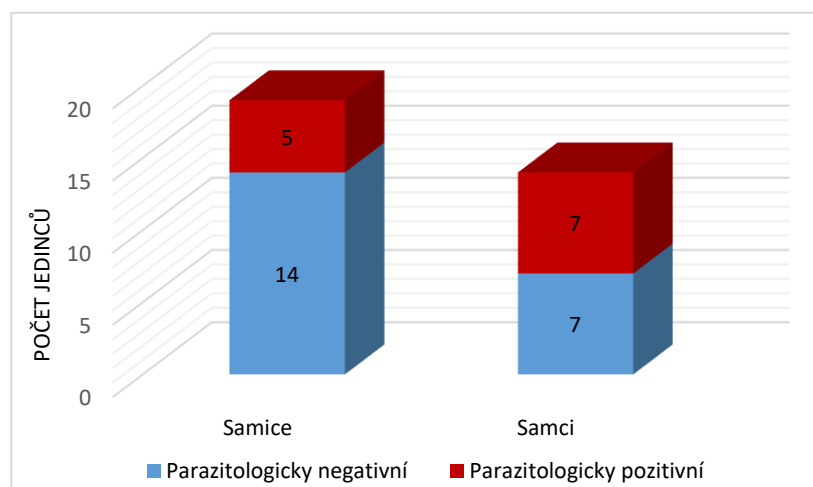
Pomocí helmintologické pitvy bylo vyšetřováno napadení parazitickými helminty u hlodavců České republiky. V rámci této práce bylo odchyceno v Krušných horách a následně vyšetřeno celkem 33 hlodavců. Všichni odchycení hlodavci se řadili do podčeledi hrabošovití (Arvicolinae). Z vyšetřovaných hlodavců byli dále na základě morfologických znaků identifikovány dva druhy, konkrétně se jednalo hraboše mokřadního (*Microtus agrestis*) - 21,2 % (7/33) jedinců a norníka rudého (*Myodes glareolus*) – 75,8 % (25/33) jedinců.

Z celkového počtu 33 zkoumaných hrabošovitých hlodavců bylo parazitologicky pozitivních 36,4 % (12/33). U 64,6 % (21/33) jedinců nebylo při pitvě odhaleno žádné parazitární napadení, což znázorňuje obrázek 9. Jak je signifikantní na obrázku 10, celkem bylo odchyceno a vyšetřeno 19 samic, z toho 5 bylo parazitologicky pozitivních a 14 samců, z toho 7 jedinců bylo parazitologicky pozitivních. Na základě těchto údajů bylo provedeno statistické hodnocení závislosti parazitárního napadení na pohlaví jedince.

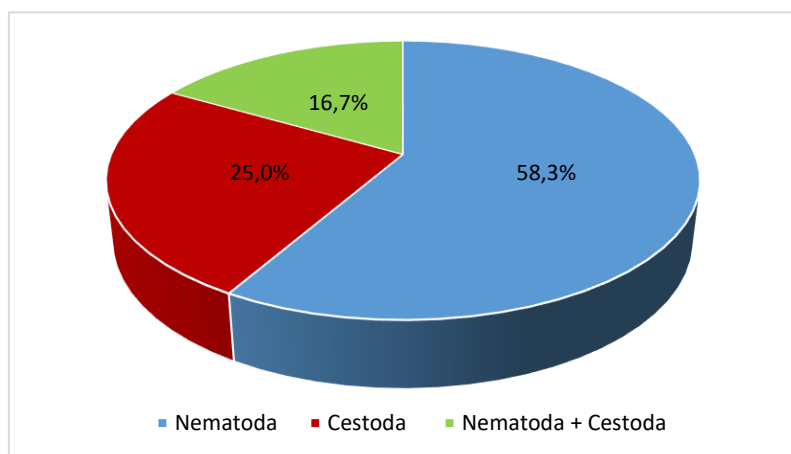
Jak je vidět na obrázku 11, z celkového počtu 12 napadených jedinců byly u 7 hlodavců nalezeny pouze parazité náležící do kmene hlístice (Nematoda) a u 3 jedinců byla detekována larvální stádia i dospělci tasemnic (Cestoda). U dvou jedinců bylo zřejmé současné napadení tasemnicemi i hlísticemi.



Obrázek 9: Celkové napadení zkoumaných jedinců



Obrázek 10: Přehled parazitologicky pozitivních či negativních samců a samic



Obrázek 11: Přehled napadení tasemnicemi (Cestoda) a hlísticemi (Nematoda)

5.1 Identifikace a fotodokumentace parazitů

Jak je zřejmé z tabulky 1, nejčastěji byli parazité nalezeni v tenkém střevě, dále pak v tlustém střevě a v oblasti jaterních laloků. Při helmintologické pitvě nebyli nalezeni parazité v žádném z dalších vyšetřovaných orgánů, ani krvácivá ložiska či jakékoliv jiné patologické změny. Tabulka 1 zaznamenává bližší určení jednotlivých parazitů a počet izolovaných parazitů z daného vyšetřovaného hlodavce (respektive intenzitu infekce daným parazitem u vyšetřovaného hlodavce). Z tabulky 1 je dále zřejmé, že nejčastěji zastoupeným parazitem nalezeným u hrabošovitých hlodavců byla hlístice *Heligmosomum costellatum*, která se vyskytovala u 7 napadených jedinců. Nejméně častými pak byla dospělá tasemnice rodu *Paranoplocephala* a larvální stádia *Mesocestoides* spp. Fotodokumentaci nalezených parazitů znázorňují obrázky 12-18.

Tabulka 1 (1. část): Vzorky vyšetřené na přítomnost helmintů, identifikace jednotlivých parazitů

Označení hlodavce	Pohlaví	Tenké střevo	Tlusté střevo	Játra
5	F	2x <i>Heligmosomum costellatum</i>	x	x
6	M	1x <i>Hymenolepis</i> spp.	1x <i>Trichuris arvicolae</i>	x
14	M	6x <i>Heligmosomum costellatum</i>	x	x
15	F	3x <i>Heligmosomum costellatum</i>	x	x
27	M	4x <i>Heligmosomum costellatum</i>	x	x
30	M	1x <i>Heligmosomum costellatum</i>	x	x
31	F	4x <i>Hymenolepis</i> spp.	x	x

Tabulka 1 (2. část): Vzorky vyšetřené na přítomnost helmintů, identifikace jednotlivých parazitů

Označení hlodavce	Pohlaví	Tenké střevo	Tlusté střevo	Játra
32	M	x	x	1x Taeniidae (larvální stádium)
33	F	x	1x <i>Trichuris arvicolae</i>	x
35	M	1x <i>Paranoplocephala</i> spp.	x	x
60	F	4x <i>Heligmosomum costellatum</i>	x	50x <i>Mesocestoides</i> spp. (larvální stádia) 1x Taeniidae (larvální stádium)
63	M	3x <i>Heligmosomum costellatum</i>	x	x



Obrázek 12: *Hymenolepis* spp. (hostitel: 6, zdroj: vlastní archiv)



Obrázek 13: *Paranoplocephala* spp., kranální část (hostitel: 35, zdroj: vlastní archiv)



Obrázek 14: *Heligmosomum costellatum*, samice (hostitel: 15, zdroj: vlastní archiv)



Obrázek 15: *Heligmosomum costellatum*, samec (hostitel: 63, zdroj: vlastní archiv)



Obrázek 16: *Heligmosomum costellatum*, samec, detail pářící plachetka (hostitel: 63, zdroj: vlastní archiv)



Obrázek 17: *Trichuris arvicolae* (hostitel: 33, zdroj: vlastní archiv)



Obrázek 18: *Trichuris arvicolae*, detail, kranální část (hostitel: 33, zdroj: vlastní archiv)

5.2 Statistické šetření

Jelikož počet pozorování u každé ze zvolených kategorií splňoval minimální hodnotu 5 jedinců (respektive 5 pozorování), vyhodnocení závislosti výskytu celkového parazitárního napadení na pohlaví hrabošovitých hlodavců bylo provedeno Personovým chí-kvadrát testem se zvolenou hladinou významnosti $\alpha=0,05$.

Hypotézy (nulová H_0 a alternativní H_1) byly stanoveny pro tento test následovně:

H_0 = Parazitární napadení nezávisí na pohlaví jedince

H_1 = Parazitární napadení závisí na pohlaví jedince

Tabulka 2 a tabulka 3 sumarizují pozorované a očekávané četnosti parazitárního napadení samců a samic hrabošovitých hlodavců. Na základě porovnání a statistického vyhodnocení pozorovaných četností a očekávaných četností hodnota parametru p byla vyšší, než zvolená hladina významnosti ($p=0,162162 > \alpha = 0,05$). Z tohoto důvodu nulovou hypotézu nelze zamítnout což znamená, že nebyla potvrzena statisticky významná závislost parazitárního napadení na pohlaví jedince u sledovaného souboru jedinců na hladině významnosti $\alpha=0,05$. Jinými slovy pohlaví odchycených hlodavců neovlivňuje výskyt parazitárního napadení, tudíž mezi proměnnými neexistuje statisticky průkazná závislost.

Tabulka 2: Pozorované četnosti parazitologicky pozitivních a negativních samců a samic

	Pohlaví	Parazitární napadení ANO	Parazitární napadení NE	Řádk. součty
Četnost	Samec	7	7	14
Celková četn.		21,21 %	21,21 %	42,42 %
Četnost	Samice	5	14	19
Celková četn.		15,15 %	42,42 %	57,58 %
Četnost	Vš.skup.	12	21	33
Celková četn.		36,36 %	63,64 %	

Tabulka 3: Očekávané četnosti parazitologicky pozitivních a negativních samců a samic

Pearsonův chí-kv.: 1,95395, sv=1, p=0,162162			
Pohlaví	Parazitární napadení ANO	Parazitární napadení NE	Řádk. součty
Samec	5,09091	8,90909	14,00000
Samice	6,90909	12,09091	19,00000
Vš.skup.	12,00000	21,00000	33,00000

6 Diskuse

Tato diplomová práce poskytuje přehled helmintů izolovaných z orgánů trávicího traktu a dutiny břišní hlodavců identifikovaných jako hraboš mokřadní (*Microtus agrestis*) a norník rudý (*Myodes glareolus*). Hlodavci byli odchyceni na území Ústeckého kraje, konkrétně v Krušných horách. Oba tyto druhy hrabošů jsou mimo jiné distribuovány v celé Evropě a také na většině území České republiky (Anděra & Beneš 2001).

Hraboši působí jako významní škůdci v zemědělství a lesnictví. Zejména v zimních měsících, kdy na jejich přirozených stanovištích není dostatek potravy mohou působit i jako škůdci ve skladech potravin, v pomocných budovách farem a sporadicky i v lidských obydlích. Znečišťují svými výkaly, močí a případně zbytky svých těl po smrti a rozkladu jedinců houby, nebo plody sbírané v lesích a přenášejí parazitózy na hospodářská nebo lovená zvířata. Potenciálních cest parazitární nákazy člověka přenášené těmito hlodavci existuje tedy hned několik. Hlodavci zkoumaní v této práci byli odchyceni v červnu roku 2020. Závěr jara je období, kdy prostředí nabízí dostatek potravy a divoce žijící hlodavci se vyskytují opět na svých přirozených stanovištích po zimě, kterou strávili blíže k lidským obydlím (Kataranovski et al. 2008).

Parazitární napadení bylo v této práci detekováno u 36,4 % hrabošovitých, což je v rozporu s výsledky Klimpel et al. (2007). V jejich studii provedené v Německu byli endoparazité trávicího traktu zjištěni u 69 % (20/29) norníků rudých. V dalším výzkumu provedeném v různých lokalitách Německa bylo gastrointestinálními helminty napadeno 71,1 % (79/111) malých savců – hlodavců a hmyzožravců (Riebold et al. 2020). Důvody výrazně rozdílných hodnot v prevalenci by mohly být rozdílná roční období, lokalita odchyty, nebo i rozdílná fáze populačních cyklů hrabošů, jelikož při vyšší hustotě jedinců na určitém území je v důsledku častějšího kontaktu mezi jednotlivci vyšší pravděpodobnost přenosu parazitární nákazy.

Odchytení hraboši v této práci byli napadeni celkem šesti druhy helmintů (4 tasemnice a 2 hlístice), zatímco v Polsku byla rozmanitost helmintofauny hrabošů vyšší, čítala 11 druhů (6 hlístic a 5 tasemnic) (Behnke et al. 2001). V Německu byly zjištěny u odchycených norníků rudých pouze 4 druhy hlístic, avšak dospělé nebo larvální stádium tasemnic nebylo zjištěno žádné (Klimpel et al. 2007). Absence larválních stádií tasemnic ve výzkumu Klimpel et al. (2007) může souviset s předpokládaným nižším výskytem lišek. Ve Španělsku byla helmitofauna norníka rudého také poměrně bohatá a čítala celkem 20 druhů parazitů (Feliu et al. 1997). Ribas et al. (2009) ve svém výzkumu detekovali u norníka rudého ve Španělsku kromě tasemnic a hlístic i dva druhy motolic. Tato zjištění ukazují, že druhová bohatost i celková prevalence parazitárního napadení jsou značně variabilní napříč různými zeměpisnými oblastmi a mohou záviset na mnoha faktorech, jako je rozsah výzkumu, přesná lokalita či doba odchyty, druh hlodavců nebo různá klimatická oblast, jelikož například při mapování parazitofauny u několika druhů hlodavců v Chile nebyl detekován ani jeden druh parazita shodný s druhy nalezenými v této diplomové práci (Yáñez-Meza et al. 2019).

V této práci byla dominantním druhem parazita hlístice *Helgmosomum costellatum*, která byla detekována u 21,2 % zkoumaných jedinců. Tato hlístice pravděpodobně není přenosná na člověka. Na vitalitu hrabošovitých hlodavců má pouze malý negativní dopad tím, že způsobuje mírnou zánětlivou reakci v tenkém střevě a případně dalších částech gastrointestinálního traktu hostitele. V České republice je u hrabošovitých hlodavců tento parazit poměrně běžným, jelikož na Moravě se nacházel u 27,6 % z 503 zkoumaných jedinců (Janova et al. 2010). *H. costellatum* byla také jedním z dominantních endoparazitů zjištěných u norníka rudého v Německu, kde byla detekována u 44,8 % z 29 vyšetřovaných hlodavců (Klimpel et al. 2007).

Dalším zjištěným parazitem v této práci byla hlístice *Trichuris arvicolae* u 6,1 %. Tento druh byl poprvé rozlišen a popsán v roce 2000. Do té doby byli tenkohlavci nalezení u hrabošovitých determinováni jako *Trichuris muris*. Avšak v roce 2000 bylo zjištěno, že ve skutečnosti se jedná o blízce příbuzné a velmi podobné druhy, které se pravděpodobně liší i v hostitelích, které napadají. *Trichuris muris* napadá pravděpodobně myšovitě (Murinae) a *Trichuris arvicolae* hrabošovité (Arvicolinae). Morfologicky se tyto dva druhy parazitů odlišují na základě šířky těla a velikosti pomocných kopulačních orgánů u samců, zatímco u samic je lze rozlišit na základě velikosti vajíček a délky pochvy (Feliu et al. 2000).

Hrabošovití hlodavci slouží jako hostitelé mnoha druhů tasemnic. Dospělé tasemnice, pro které slouží hlodavci jako definitivní hostitelé se vyskytují v tenkém střevě hlodavců, kde dochází k pohlavnímu rozmnožování cizopasníků a následnému uvolňování oplozených vajíček pomocí výkalů do prostředí. Všechny tasemnice vyskytující se u drobných savců patří do řádu Cyclophyllidea (Georgiev et al. 2006). Přesné určení tasemnic nalezených v rámci výzkumu prováděného za účelem této diplomové práce je problematické ať už z hlediska velmi podobné morfologie, nejasného taxonomického zařazení jednotlivých druhů dokonce i v rámci rodů, nebo změn v taxonomické klasifikaci prováděných na základě analýz muzejních sbírek (např. Haukismalmi et al. 2014). Ze zjištěných dospělých tasemnic byla u jednoho jedince identifikována tasemnice rodu *Paranoplocephala*, jednalo se pravděpodobně o druh *Paranoplocephala dentata* (syn. *Anoplocephaloides dentata*).

Dalšími dospělými tasemnicemi, které byly zjištěny u dvou zkoumaných jedinců jsou tasemnice rodu *Hymenolepis*. V tomto případě se pravděpodobně jednalo u všech zjištěných jedinců o druh *Hymenolepis horrida* (syn. *Arostrilepis horrida*). Na základě morfologické identifikace bylo vyloučeno, že by se jednalo o tasemnici *Hymenolepis diminuta*, která je zoonotická.

Dospělé tasemnice parazitující v tenkém střevě mají obvykle subletální účinky na vitalitu hostitele. Jedná se například o mírně sníženou účinnost vstřebávání živin z potravin. Infekce tasemnicí rodu *Hymenolepis* u hlodavců způsobila 2% pokles stravitelnosti sušiny potravy u myši, nicméně kompenzace ve spotřebované potravě prokázána nebyla. Tento účinek se nejeví jako dostatečně významný, aby výrazně snížil kondici zdravého hostitele s dostatkem potravy. Snížení kondice lze ale očekávat u zvířat vystavených nedostatku nebo zvýšené potřebě potravy (Munger & Karasov 1989).

V této práci byla prevalence napadení *Mesocestoides* spp. poměrně nízká (3 %), stejně jako ve výzkumu parazitofauny hrabošů v Itálii, kde byla z celkového počtu 37 vyšetřovaných norníků rudých nalezena tetrahydria *Mesocestoides* spp. rovněž pouze u jednoho jedince (Milazzo et al. 2003). Larvální stádia *Mesocestoides* spp. nebylo možné blíže specifikovat. U hrabošovitých hlodavců se vyskytuje zoonotický druh *Mesocestoides lineatus*, který byl detekován u lišek ve Slovenské republice, avšak prevalence tohoto parazita byla nízká. Na druhou stranu *Mesocestoides litteratus* je ve střední Evropě běžnějším druhem (Hrčková et al. 2011). Nákaza lidí tasemnicemi *Mesocestoides* spp. byla dosud vždy spojována s požitím tetrahydrií společně s vnitřnostmi nebo krve divoké zvěře například v tepelně neopracovaných masných výrobcích (Malone et al. 2003). Na druhou stranu z hlediska problematiky při morfologickém určení, jsou často larvální stádia těchto tasemnic identifikována pouze na základě rodu, nikoliv druhu. Neúplnou identifikací tak vzniká prostor pro nedostatečné vymezení geografické distribuce i hostitelského spektra a tím i opomenutí možných rizik, které cizopasnici představují pro člověka. Jelikož se tetrahydria *Mesocestoides* spp. vyskytovala pouze u jednoho jedince, nemají pravděpodobně významný potenciál ohrozit lidské zdraví ve vztahu ke konzumaci divoké zvěře. Při ulovení divokých zvířat je ale opět důležitá důsledná kontrola a zejména dostatečná tepelná úprava masa.

Boubele tasemnic čeledi Taeniidae detekované u 6,1 % jedinců rovněž nebylo možné blíže specifikovat. Nicméně se mohlo jednat o měchožila bublinatého (*Echinococcus multilocularis*), který byl zaznamenán v hojné míře u masožravců v České republice (Martínek et al. 2001). V České republice zároveň dochází k mírnému nárůstu lidské alveolární echinokokózy způsobené měchožilem bublinatým. V letech 2015-2016 bylo zaznamenáno 15 nových případů tohoto závažného onemocnění u lidí na našem území (Kolářová et al. 2017). Také v Polsku byl zaznamenán relativně častý výskyt měchožila bublinatého u lišky obecné (definitivní hostitel *E. multilocularis*). Karamon et al. (2018) uvádějí, že měchožil bublinatý se vyskytoval u 25,6 % z 817 vyšetřovaných lišek obecných pocházejících z různých lokalit Polska. Je důležité mapovat výskyt tohoto parazita, zejména u definitivních hostitelů, jelikož prevalence výskytu může být indikátorem epidemiologické hrozby pro člověka.

U většiny obratlovců vykazují pohlaví takzvaný pohlavní dimorfismus, a to nejen z hlediska morfologie, ale i ve své fyziologii, zvláštnostech v životních strategiích a chování. Jelikož pohlaví vykazují dichotomii v hostitelských vlastnostech a mohou vykazovat různé stupně náchylnosti k infekci a mohou se lišit i jejich schopnosti infekci odolávat či v projevování příznaků (Poulin 1996). Je tedy pravděpodobné, že paraziti budou reagovat evolučními posuny v životních strategiích a budou tedy preferovat pohlaví, které je náchylnější k parazitární infekci (Ohlberger et al. 2011). Hojnost a prevalence parazitických infekcí se často liší mezi pohlavími hostitelů a ve většině případů jsou předpojaté vůči samčímu pohlaví, které je tedy i považováno za významnější přenašeče (Grzybek et al. 2015). Jedna z hypotéz zabývající se rozdílností v náchylnosti k infekcím spojuje tuto skutečnost s imunodepresivními účinky steroidních hormonů, zejména testosteronu (Beagley & Gockel 2003). Statistické šetření však toto nepotvrdilo, jelikož nebyla prokázána závislost celkového parazitárního napadení na pohlaví jedince, což je v rozporu s výzkumem provedeným v Íránu,

kdy samci hlodavců byli výrazně častěji infikováni parazity, než samice (Pakdel et al. 2013). Milazzo et al. (2010) rovněž nezjistili významný rozdíl v parazitárním napadení helmintů u samic a samců hlodavců. Rozdíly v těchto případech lze vysvětlit rozdílným druhovým zastoupením v parazitofauně hlodavců, jelikož různé rody i druhy parazitů mají různé dopady na své hostitele.

Vzhledem k důležité roli hrabošů při šíření různých patogenů a destrukci plodin jsou nutné kontrolní programy ke snížení jejich nepříznivých dopadů. V této oblasti jsou v dnešní době využívány zejména syntetické chemikálie – rodenticidy. Co se týče využití nalezených parazitů, jako biokontrolního nástroje pro udržení hustoty populace hrabošů na nízké úrovni, pravděpodobně vhodným se jeví *Trichuris arvicolae*, jelikož Deter et al. (2007) uvádějí, že tento druh tenkohlavce snižuje počet mláďat hrabošů v jednom vrhu, která mají zároveň nižší hmotnost. Blízce příbuzný druh *Trichuris muris* u hlodavců způsobuje změny v mikrobiomu trávicího traktu, což ovlivňuje celkové vstřebávání potravin a snižuje celkovou vitalitu hostitele. Dlouhodobá nákaza tímto parazitem má za následek omezení funkce střeva a celkové chřadnutí hlodavců (Houlden et al. 2015), nicméně u *T. arvicolae* podrobné účinky na vitalitu hostitele dosud zkoumány nebyly. Jelikož se ale jedná o blízce příbuzné druhy, lze předpokládat u obou parazitů podobné účinky na střevní mikrobiom hrabošů, respektive hlodavců. V případě použití *T. arvicolae* pro regulaci hrabošů je nutné zkoumat schopnost snížit celkovou hustotu populace hostitelů.

Využití přirozeně se vyskytujících helmintů, jako biokontrolního nástroje by mohlo snížit poškození úrody a tím i ekonomické ztráty. V této oblasti je ale nutný vysoce kvalitní výzkum, zahrnující teoretické modely a na nich založené rozsáhlé experimentální výzkumy, které zahrnují mnoho faktorů. Pokud bude v budoucnu tento způsob ochrany plodin před škůdci úspěšný, povede k nezávislosti na chemických rodenticidech a bude šetrný k životnímu prostředí.

7 Závěr

V této diplomové práci bylo zjišťováno skutečné parazitární napadení helminty u hrabošů odchycených na území České republiky. Na základě zjištěných druhů (případně rodů) parazitů byly posuzovány možnosti ovlivnění kvality potravin těmito parazity z hlediska ohrožení bezpečnosti a potenciálu regulace populace hrabošů gastrointestinálními helminty a tím možnosti pozitivního vlivu na kvalitu zemědělských produktů.

Ze zjištěných parazitů nebyl nalezen žádný, který by významně ohrožoval bezpečnost potravin jejich přímou kontaminací prostřednictvím výkalů hlodavců. Z nalezených hlístic ani dospělých tasemnic není žádná klasifikována jako zoonotická. Co se týče detekovaných larválních stádií tasemnic, jejich přenos na člověka je možný, ale k ohrožení bezpečnosti potravin by muselo dojít k přenosu prostřednictvím dalšího hostitele, zejména šelem nebo kontaminací zbytků po rozkladu těl uhynulých hrabošů. Z těchto důvodů je nutné uhynulé hlodavce vždy řádně odstranit.

I přes skutečnost, že helminté zjištění v této diplomové práci významně neovlivňují bezpečnost potravin, by však mělo být prioritou v každém zemědělském podniku i v domácnostech zamezit vniknutí jakýchkoliv hlodavců i jiných divokých zvířat do míst uskladnění potravin a dodržování základních hygienických opatření. V případě konzumace lovených zvířat je vždy nutná obezřetnost a dostatečná tepelná úprava masa. Zároveň je nutné dodržovat hygienu v kuchyni, důkladně omývat potraviny konzumované zasyrova a zabránit křížové kontaminaci. Veškerá zvířata chovaná k účelům výživy lidí by měla být pravidelně kontrolována, jelikož riziko přenosu i když je malé, je vždy reálné. Vzhledem k možnostem ohrožení zdravotního stavu lidí a případně zvířat určených k lidské spotřebě, by studium parazitofauny hlodavců v každé zeměpisné oblasti mohlo být zásadním krokem k zavedení účinného programu kontroly a mapování možností kontaminace potravin.

Na základě nálezu hlístice *Trichuris arvicolae*, která způsobuje snížení plodnosti hostitele (Deter et al. 2007), by přirozená parazitofauna hrabošů v České republice mohla mít potenciál regulovat hustotu populace hrabošovitých a zmírnit tak jejich možné přemnožení. Hypotéza „Hrabošoví hlodavci v ČR jsou hostitelé parazitických helmintů, kteří mohou ovlivňovat kvalitu zemědělských produktů a potravin v ČR“ byla vzhledem k těmto zjištěním potvrzena.

Mapování přirozeného výskytu parazitů u jednotlivých hostitelů slouží také jako podklad k vytvoření modelů pro využití helmintů v rámci biologické kontroly. Teoretické modely jsou důležité pro navrhování nezbytných experimentálních studií. Využití parazitů pro regulaci populace hlodavců a s tím související ochrany rostlin se jeví jako méně škodlivé pro ekosystémy v porovnání s užíváním rodenticidů, které jsou při náhodném požití nebezpečné pro další organismy. Na druhou stranu využití regulace hustoty populace hostitelů parazity má mnoho úskalí a faktorů, které je třeba při jeho použití zohlednit. Je tedy vhodné provést v tomto směru další, komplexní experimentální studie. V tomto případě lze navrhnout další zkoumání účinků *Trichuris arvicolae* na hostitelský organismus, zejména na plodnost a vitalitu a zvážit možnosti využití tohoto druhu jako biokontrolního organismu sloužícího k dlouhodobé regulaci populace hrabošů.

8 Literatura

- Al-Jashamy K, Islam MN. 2007. Morphological Study Of *Taenia taeniaeformis* Scolex Under Scanning Electron Microscopy Using Hexamethyldisilazane. *Annals of microscopy* **7**:80-83.
- Al-Taee EH. 2016. Histological morphology and pathological changes in liver of rats naturally infected with larval stage *Cysticercus fasciolaris* of *Taenia taeniaeformis*. *Iraqi Journal of Veterinary Medicine* **40**:26-30.
- Altizer S, Dobson A, Hosseini P, Hudson P, Pascual M, Rohani P. 2006. Seasonality and the dynamics of infectious diseases. *Ecology Letters* **9**:467-484.
- Álvarez-Fernández BE, Rodríguez-Bataz E, Dfaz-Chiguer DL. 2012. Mixed *Hymenolepis* species infection in two family members: a case report from an urban area of Chilpancingo, Guerrero, México. *Tropical Gastroenterology* **33**:83-84.
- Ammann RW, Renner EC, Gottstein B, Grimm F, Eckert J, Renner EL, Swiss Echinococcosis Study Group. 2004. Immunosurveillance of alveolar echinococcosis by specific humoral and cellular immune tests: long-term analysis of the Swiss chemotherapy trial (1976–2001). *Journal of Hepatology* **41**:551-559.
- Anděra M, Beneš B. 2001. Atlas rozšíření savců v České republice IV - Hlodavci, část 1 - Křečkovití, hrabošovití, plchovití. Národní muzeum, Praha.
- Anděra M, Horáček I. 2005. *Poznáváme naše savce*. Sobotáles, Praha.
- Anděra M. 2011. Current distributional status of rodents in the Czech Republic (Rodentia). *Lynx*, n.s. **42**:5-82.
- Anderson RC. 2000. *Nematode parasites of vertebrates: their development and transmission*. CABI Publishing, Wallingford.
- Anderson RM. 1979. Parasite pathogenicity and the depression of host population equilibria. *Nature* **279**:150-152.
- Antczak M, Dzitko K, Długońska H. 2016. Human toxoplasmosis—Searching for novel chemotherapeutics. *Biomedicine & Pharmacotherapy* **82**:677-684.
- Apanasevich, VI, Britov VA, Zban'lu V. 2002. Antitumor crossresistance of trichinosis. *Voprosy Onkologii* **48**:223-226.
- Assogbadjo AE, Codjia JTC, Sinsin B, Ekue MRM, Mensah GA. 2005. Importance of rodents as a human food source in Benin. *Belgian Journal of Zoology* **135**:11-15.
- Babińska-Werka J. 1979. Effects of common vole on alfalfa crop. *Acta Theriologica* **24**:281-297.
- Bajer A et al. 2020. Rodents as intermediate hosts of cestode parasites of mammalian carnivores and birds of prey in Poland, with the first data on the life-cycle of *Mesocestoides melesi*. *Parasites Vectors* **13** (95) DOI: 10.1186/s13071-020-3961-2.
- Bancroft AJ, Hayes KS, Grensis RK. 2012. Life on the edge: the balance between macrofauna, microflora and host immunity. *Trends in Parasitology* **28**:93-98.
- Beagley KW, Gockel CM. 2003. Regulation of innate and adaptive immunity by the female sex hormones oestradiol and progesterone. *FEMS Immunol Med Mic* **38**:13–22.
- Behnke JM, Barnard CJ, Bajer A, Bray D, Dinmore J, Frake K, Osmond J, Race T, Sinski E. 2001. Variation in the helminth community structure in bank voles (*Clethrionomys glareolus*) from three comparable localities in the Mazury Lake District region of Poland. *Parasitology* **123**: 401-414.
- Bogitsh BJ, Carter CE, Oeltmann TN. 2005. *Human parasitology*. Elsevier Academic Press, Boston.
- Boratyński Z, Lehmann P, Mappes T, Mousseau TA, Møller AP. 2015. Increased radiation from Chernobyl decreases the expression of red colouration in natural populations of bank voles (*Myodes glareolus*). *Scientific Reports* **4** (7141) DOI: 10.1038/srep07141.
- Boreham RE, McCowan MJ, Ryan AE, Allworth AM, Robson JM. 1995. Human trichostrongyliasis in Queensland. *Pathology* **27**:182–185.
- Boucher JM, Hanosset R, Augot D, Bart JM, Morand M, Piarroux R, Pozet-Bouhier F, Losson B, Cliquet F. 2005. Detection of *Echinococcus multilocularis* in wild boars in France using PCR techniques against larval form. *Veterinary Parasitology* **129**:259-266.
- Boupha B, Moji K, Nuamtanong S, Pongvongsa T, Phimmayoi I, Waikagul J, Phanhanan V, Sato M, Yoonuan T, Sanguankiat S. 2011. Human *Trichostrongylus colubrififormis* Infection in a Rural Village in Laos. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* **84**:52-54.

- Boyce W, Shender L, Schultz L, Vickers W, Johnson C, Ziccardi M, Beckett L, Padgett K, Crosbie P, Sykes J. 2011. Survival analysis of dogs diagnosed with canine peritoneal larval cestodiasis (*Mesocestoides* spp.). *Veterinary Parasitology* **180**:256-261.
- Brown ED, Macdonald DW, Tewand TE, Todd IA. 1994. *Apodemus sylvaticus* infected with *Heligmosomoides polygyrus* (Nematoda) in an arable ecosystem: epidemiology and effects of infection on the movements of male mice. *Journal of Zoology* **234**:623-640.
- Bruschi F, Dupouy-Camet J, Kociecka W, Pozio E, Bolas-Fernandez F. 2005. Opinion on the diagnosis and treatment of human trichinellosis. *Expert Opinion on Pharmacotherapy* **3**:1117-1130.
- Burt MDB. 1980. Aspects of the life history and systematics of *Hymenolepis diminuta*. Pages 1-57 in Arai PH, editor. *Biology of the tapeworm Hymenolepis diminuta*. Academic Press, New York.
- Cardia DFF, Rocha-Oliveira RA, Tsunemi MH, Amarante AFT. 2011. Immune response and performance of growing Santa Ines lambs to artificial *Trichostrongylus colubriformis* infections. *Veterinary Parasitology* **182**:248-258.
- CDC. 2010. Seal up!. Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta. Available from https://www.cdc.gov/rodents/prevent_infestations/seal_up.html (accessed February 2021).
- CDC. 2019a. Cleaning Up After Rodents. Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta. Available from <https://www.cdc.gov/rodents/cleaning/index.html> (accessed February 2021).
- CDC. 2019b. Hepatic Capillariasis. Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta. Available from <https://www.cdc.gov/dpdx/hepaticcapillariasis/index.html> (accessed February 2021).
- Cook JA et al. 2005. Beringia: Intercontinental exchange and diversification of high latitude mammals and their parasites during the Pliocene and Quaternary. *Mammal Study* **30**:33-44.
- Cornulier T et al. 2013. Europe-Wide Dampening of Population Cycles in Keystone Herbivores. *Science* **340**:63-66.
- Česká republika. 1999. Zákon č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon). Pages 3122-3150 in *Sbírka zákonů České republiky*, Praha.
- Dawson D. 2005. Foodborne protozoan parasites. *International Journal of Food Microbiology* **103**:207-227.
- De Castro F, Bolker B. 2005. Mechanisms of disease-induced extinction. *Ecology Letters* **8**:117-126.
- Deplazes P, Hegglin D, Gloor S, Romig T. 2004. Wilderness in the city: the urbanization of *Echinococcus multilocularis*. *Trends in Parasitology* **20**:77-84.
- Despommier DD. 2013. *People, parasites, and plowshares: learning from our body's most terrifying invaders*. Columbia University Press, New York.
- Deter J, Cosson J-F, Chaval Y, Charbonnel N, Morand S. 2007. The intestinal nematode *Trichuris arvicolae* affects the fecundity of its host, the common vole *Microtus arvalis*. *Parasitology Research* **101**:1161-1164.
- Dobson A, Lafferty KD, Kuris AM, Hechinger RF, Jetz W. 2008. Homage to Linnaeus: How many parasites? How many hosts? *Proceedings of the National Academy of Sciences* **105**:11482-11489.
- Dubey JP, Lindsay DS, Speer CA. 1998. Structures of *Toxoplasma gondii* Tachyzoites, Bradyzoites, and Sporozoites and Biology and Development of Tissue Cysts. *Clinical Microbiology Reviews* **11**:267-299.
- Dubinský P, Štefančíková A, Kinčeková J, Ondriska F, Reiterová K, Medvedová M. 2001. Trichinellosis in the Slovak Republic. *Parasite* **8**:100-102.
- Dungel J, Gaisler J. 2002. *Atlas savců České a Slovenské republiky*. Academia, Praha.
- Eckert J, Deplazes P. 2004. Biological, Epidemiological, and Clinical Aspects of Echinococcosis, a Zoonosis of Increasing Concern. *Clinical Microbiology Reviews* **17**:107-135.
- Eira C, Torres J, Vingada J, Miquel J. 2005. Concentration of some toxic elements in *Oryctolagus cuniculus* and in its intestinal cestode *Mosgovoyia ctenoides*, in Dunas de Mira (Portugal). *Science of The Total Environment* **346**:81-86.
- Eissa MM, Ismail CA, El-Azzouni MZ, Ghazy AA, Hadi MA. 2019. Immuno-therapeutic potential of *Schistosoma mansoni* and *Trichinella spiralis* antigens in a murine model of colon cancer. *Investigational New Drugs* **37**:47-56.
- Ekanayake S, Warnasuriya ND, Samarakoon PS, Abewickrama H, Kurupparachchi ND, Dissanaikie AS. 2016. An unusual 'infection' of a child in Sri Lanka, with *Taenia taeniaeformis* of the cat. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology* **93**:869-873.
- Feliu C, Renaud F, Catzeflis F, Hugot JP, Durand P. 1997. A comparative analysis of parasite species richness of Iberian rodents. *Parasitology* **115**:453-466.

- Feliu C, Spakulová M, Casanova JC, Renaud F, Morand S, Hugot JP, Santalla F, Durand P. 2000. Genetic and Morphological Heterogeneity in Small Rodent Whipworms in Southwestern Europe: Characterization of *Trichuris muris* and description of *Trichuris arvicolae* N. sp. (Nematoda: Trichuridae). *Journal of Parasitology* **86**:442–449.
- Foreyt B, Abbott RC, Van Riper C. 2013. Trichinosis. Geological Survey, Virginia.
- Fraňková M, Aulický R, Stejskal V, Výzkumný ústav rostlinné výroby. 2018. Aktuální změny v používání rodenticidů v deratizační praxi. Agromanul.cz, České Budějovice. Available from <https://www.agromanul.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/aktualni-zmeny-v-pouzivani-rodenticidu-v-deratizacni-praxi> (accessed February 2021).
- Fuehrer HP, Igel P, Auer H. 2011. *Capillaria hepatica* in man—an overview of hepatic capillariosis and spurious infections. *Parasitology Research* **109**:969–979.
- Fuehrer HP. 2014a. An overview of the host spectrum and distribution of *Calodium hepaticum* (syn. *Capillaria hepatica*): part 2—Mammalia (excluding Muroidea). *Parasitology Research* **113**:641–651.
- Fuehrer HP. 2014b. An overview of the host spectrum and distribution of *Calodium hepaticum* (syn. *Capillaria hepatica*): part 1—Muroidea. *Parasitology Research* **113**:619–640.
- Gaisler J, Zapletal M. 1964. Osídlení stohu drobnými savců na jižním Slovensku a některých oblastech Moravy. *Zoologické Listy* **3**:193–206.
- Garcia LS. 2007. Diagnostic medical parasitology. ASM Press, Washington, D.C.
- Gardiner, CH, Poynton SL. 1999. An Atlas of Metazoan Parasites in Animal Tissues. American Registry of Pathology, Washington, D.C.
- Georgiev BB, Bray RA, Timothy D, Littlewood J. 2006. Cestodes of small mammals: Taxonomy and life cycles. Pages 29–62 in Morand S, Krasnov BR, Poulin R, editors. *Micromammals and Macroparasites*. Springer, Tokio.
- Gholami S, Babamahmoodi F, Abedian R, Sharif M, Shahbazi A, Pagheh A, Fakhar M. 2015. *Trichostrongylus colubriformis*: Possible Most Common Cause of Human Infection in Mazandaran Province, North of Iran. *Iran J Parasitology* **10**:110–115.
- Gouveia A, Bejček V, Flousek J, Sedláček F, Šťastný K, Zima J, Yoccoz NG, Stenseth NC, Tkadlec E. 2015. Long-term pattern of population dynamics in the field vole from central Europe: cyclic pattern with amplitude dampening. *Population Ecology* **57**:581–589.
- Gratz NG. 1994. Rodents as carriers of disease. Pages 85–108 in Buckle AP, Smith RH, editors. *Rodent Pests and Their Control*. CAB International, Oxford.
- Griekienienė J, Malakauskas M, Mažeikytė R, J, Senutaitė J. 2001. Muscle parasites (*Sarcocystis*, *Trichinella*, *Alaria*) of wild mammals in Lithuania. *Theriologia Lituanica* **1**:29–46.
- Grzybek M et al. 2019. Seroprevalence of *Trichinella* spp. infection in bank voles (*Myodes glareolus*) – A long term study. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* **9**:144–148.
- Grzybek M, Bajer A, Behnke-Borowczyk J, Al-Sarraf M, Behnke JM. 2015. Female host sex-biased parasitism with the rodent stomach nematode *Mastophorus muris* in wild bank voles (*Myodes glareolus*). *Parasitology Research* **114**:523–533.
- Gupta RC. 2018. Non-Anticoagulant Rodenticides. Pages 613–626 in Gupta RC, editor. *Veterinary Toxicology: Basic and Clinical Principles*. Academic Press, USA.
- Halle S. 1993. Diel Pattern of Predation Risk in Microtine Rodents. *Oikos* **68**:510–518.
- Hamidi K. 2018. How do Rodents Play Role in Transmission of Foodborne Diseases? *Nutri Food Sci Int Journal* **6** (555683) DOI: 10.19080/NFSIJ.2018.06.555683.
- Han BA, Schmidt JP, Bowden SE, Drake JM. 2015. Rodent reservoirs of future zoonotic diseases. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **112**:7039–7044.
- Hassell JM, Begon M, Ward MJ, Fèvre EM. 2017. Urbanization and Disease Emergence: Dynamics at the Wildlife–Livestock–Human Interface. *Trends in Ecology & Evolution* **32**:55–67.
- Haukisalmi V, Hardman L, Hoberg E, Henttonen H. 2014. Phylogenetic Relationships and Taxonomic Revision of *Paranoplocephala* Lühe, 1910 Sensu Lato (Cestoda, Cyclophyllidea, Anoplocephalidae). *Zootaxa* **3873**:371–415.
- Haukisalmi V, Hardman LM, Henttonen H, Laakkonen J, Niemimaa J, Hardman M, Gubányi A. 2009. Molecular systematics and morphometrics of *Anoplocephaloides dentata* (Cestoda, Anoplocephalidae) and related species in voles and lemmings. *Zoologica Scripta* **38**:199–220.

- Hildebrand J, Zaleśny G, Okulewicz A. 2007. A new whipworm from arvicolid rodents, *Trichuris arvicolae* Feliu et al., 2000, in the helminth fauna of Poland. *Wiadomości Parazytologiczne* **53**:339-341.
- Hill DE, Dubey JP. 2018. *Toxoplasma gondii*. Pages 119-138 in Ynés R, Sterling CHR, editors. *Foodborne Parasites*. Springer International Publishing, Cham.
- Hill DE, Chirukandoth S, Dubey JP. 2005. Biology and epidemiology of *Toxoplasma gondii* in man and animals. *Animal Health Research Reviews* **6**:41-61.
- Hindsbo O, Andreassen J, Ruitenber J. 1982. Immunological and histopathological reactions of the rat against the tapeworm *Hymenolepis diminuta* and the effects of anti-thymocyte serum. *Parasite Immunology* **4**:59-76.
- Hoberg, EP, Kutz SJ, Galbreath KE, Cook J. 2003. Arctic biodiversity: From discovery to faunal baselines-revealing the history of a dynamic ecosystem. *Journal of Parasitology* **89**: 84–95.
- Houlden A, Hayes KS, Bancroft AJ, Worthington JJ, Wang P, Grecis RK, Roberts IS, Kim CH. 2015. Chronic *Trichuris muris* Infection in C57BL/6 Mice Causes Significant Changes in Host Microbiota and Metabolome: Effects Reversed by Pathogen Clearance. *PLOS ONE* **10** (e0125945) DOI: 10.1371/journal.pone.
- Hrčková G, Miterpáková M, O'Connor A, Snábel V, Olson PD. 2011. Molecular and morphological circumscription of *Mesocestoides* tapeworms from red foxes (*Vulpes vulpes*) in central Europe. *Parasitology* **138**:638–647.
- Huchon D, Madsen O, Sibbald MJJB, Ament K, Stanhope MJ, Catzeflis F, de Jong WW, Douzery EJP. 2002. Rodent Phylogeny and a Timescale for the Evolution of Glires: Evidence from an Extensive Taxon Sampling Using Three Nuclear Genes. *Molecular Biology and Evolution* **19**:1053-1065.
- Hurst R, Else K. 2013. *Trichuris muris* research revisited: a journey through time. *Parasitology* **140**:1325-1339.
- Husa ml. P, Husa, Husa P. 2017. Alveolární echinokokóza – život ohrožující onemocnění. *Klin Farmakol Farm* **31**:19-21.
- Imholt C, Esther A, Perner J, Jacob J. 2011. Identification of weather parameters related to regional population outbreak risk of common voles (*Microtus arvalis*) in Eastern Germany. *Wildlife Research* **38**:551–559.
- Irvine RJ. 2006. Parasites and the dynamics of wild mammal populations. *Animal Science* **82**:775-781.
- Ivanter EV, Kurkhinen YP, Sokolov AV. 2013. Ecology of the field vole (*Microtus agrestis* L.) in indigenous and anthropogenic landscapes of Eastern Fennoscandia. *Russian Journal of Ecology* **44**:213-220.
- Jacob J, Buckle A. 2018. Use of Anticoagulant Rodenticides in Different Applications Around the World. Pages 11-43 in van den Brink N, Elliott J, Shore R, Rattner B, editors. *Anticoagulant Rodenticides and Wildlife*. Springer, Cham.
- Jacob J, Imholt C, Caminero-Saldaña C, Couval G, Giraudoux P, Herrero-Cófreces S, Horváth G, Luque-Larena JJ, Tkadlec E, Wymenga E. 2020. Europe-wide outbreaks of common voles in 2019. *Journal of Pest Science* **93**:703-709.
- Jacob J, Manson P, Barfknecht R, Fredricks T. 2014. Common vole (*Microtus arvalis*) ecology and management: implications for risk assessment of plant protection products. *Pest Management Science* **70**:869-878.
- Jahan NA, Lindsey LL, Larsen PA. 2021. The Role of Peridomestic Rodents as Reservoirs for Zoonotic Foodborne Pathogens. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* **21**:133-148.
- Jäkel T, Khoprasert Y, Endepols S, Archer-Baumann C, Suasa-ard K, Promkerd P, Kliemt D, Boonsong P, Hongnark S. 1999. Biological control of rodents using *Sarcocystis singaporensis*. *International Journal for Parasitology* **29**:1321-1330.
- Jankovská I, Miholová D, Langrová I, Bejček V, Vadlejch J, Koliňová D, Šulc M. 2009. Influence of parasitism on the use of small terrestrial rodents in environmental pollution monitoring. *Environmental Pollution* **157**:2584-2586.
- Janova E, Skoric M, Heroldova M, Tenora F, Fictum P, Pavlik I. 2010. Determinants of the prevalence of *Heligmosomum costellatum* (Heligmosomidae: Trichostrongyloidea) in a common vole population in southern Moravia, Czech Republic. *Journal of Helminthology* **84**:410-414.
- Joekel DE, Deplazes P. 2017. Optimized dexamethasone immunosuppression enables *Echinococcus multilocularis* liver establishment after oral egg inoculation in a rat model. *Experimental Parasitology* **180**:27-32.
- Jonsson CB, Figueiredo LTM, Vapalahti O. 2010. A Global Perspective on Hantavirus Ecology, Epidemiology, and Disease. *Clinical Microbiology Reviews* **23**:412–441.
- Jorgensen JH, Pfaller MA, Carroll KC. 2015. *Manual of clinical microbiology*. ASM Press, Washington, D.C.
- Kang YJ, Jo JO, Cho MK, Yu HS, Leem SH, Song KS, Ock MS, Cha HJ. 2013. *Trichinella spiralis* infection reduces tumor growth and metastasis of B16-F10 melanoma cells. *Veterinary Parasitology* **196**:106-113.

- Karamon J, Dąbrowska J, Kochanowski M, Samorek-Pieróg M, Sroka J, Różycki M, Bilaska-Zajac E, Zdybel J, Cencek T. 2018. Prevalence of intestinal helminths of red foxes (*Vulpes vulpes*) in central Europe (Poland): a significant zoonotic threat. *Parasites Vectors* **11** (436) DOI: 10.1186/s13071-018-3021-3.
- Kataranovski DS, Vukicevic-Radic OD, Kataranovski MV, Radovic DL, Mirkov II. 2008. Helminth fauna of *Mus musculus* Linnaeus, 1758 from suburn area of Belgrade, Serbia. *Archives of Biological Science Belgrade* **60**:609-617.
- Kavaliers M, Colwell DD. 1995. Odours of parasitized males induce adverse responses in female mice. *Anim Behav* **50**:1161-1169.
- Keven K, Bengisun JS, Altuntaş F, Akar H, Nergizoğlu G, Kutlay S, Duman N, Erbay B. 2001. Cystic infection of the liver in a maintenance haemodialysis patient. *Nephrology Dialysis Transplantation* **16**:859-860.
- Kilonzo C, Li X, Vivas EJ, Jay-Russell MT, Fernandez KL, Atwill ER. 2013. Fecal Shedding of Zoonotic Food-Borne Pathogens by Wild Rodents in a Major Agricultural Region of the Central California Coast. *Applied and Environmental Microbiology* **79**:6337-6344.
- Kirilova NY, Kirillov AA, Ruchin AB, Trukhachev MV. 2020. Helminth fauna of *Microtus cf. arvalis* (Rodentia, Cricetidae) in Russia and adjacent countries. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* **21**:1961-1979.
- Klimpel S, Förster M, Schmahl G. 2007. Parasite fauna of the bank vole (*Clethrionomys glareolus*) in an urban region of Germany: reservoir host of zoonotic metazoan parasites?. *Parasitology Research* **102**:69-75.
- Kolářová L, Matějů J, Hozáková L, Stejskal F, Hrdý J, Kolářová H, Leissová M, Skála V, Dundr P. 2017. Humánní alveolární echinokokóza a přehled výskytu tasemnic *Echinococcus multilocularis* u zvířat v České republice. *Epidemiologie, mikrobiologie, imunologie* **4**:163-172.
- Kolářová L. 1999. *Echinococcus multilocularis*: new epidemiological insights in Central and Eastern Europe. *Helminthologia* **36**:193-200.
- Kolbekova P, Kourbatova E, Novotna M, Kodym P, Flegr J. 2007. New and old risk-factors for *Toxoplasma gondii* infection: prospective cross-sectional study among military personnel in the Czech Republic. *Clinical Microbiology and Infection* **13**:1012-1017.
- Labuschagne L, Swanepoel LH, Taylor PJ, Belmain SR, Keith M. 2016. Are avian predators effective biological control agents for rodent pest management in agricultural systems? *Biological Control* **101**:94-102.
- Lattes S. 2011. *Trichostrongylus colubriformis* Nematode Infections in Humans, France. *Emerging Infectious Diseases* **17**:1301-1302.
- Levison SE, McLaughlin JT, Zeef LAH, Fisher P, Grecis RK, Pennock JL. 2010. Colonic transcriptional profiling in resistance and susceptibility to trichuriasis. *Inflammatory Bowel Diseases* **16**:2065-2079.
- Lin YC, Rikihisa Y, Kono H, Gu Y. 1990. Effects of larval tapeworm (*Taenia taeniaeformis*) infection on reproductive functions in male and female host rats. *Experimental Parasitology* **70**:344-352.
- Makarikov AA, Gardner SL, Hoberg EP. 2012. New Species of *Aostrilepis* (Eucestoda: Hymenolepididae) In Members of Cricetidae and Geomyidae (Rodentia) from the Western Nearctic. *Journal of Parasitology* **98**:617-626.
- Malone JB, Galán-Puchades TM, Fuentes MV. 2003. Short report: A new case report of human *Mesocestoides* infection in the United States. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* **68**:566-567.
- Martin BG. 2003. The role of small ground-foraging mammals in topsoil health and biodiversity: Implications to management and restoration. *Ecological Management and Restoration* **4**:114-119.
- Martínek K, Kolářová L, Cervený J. 2001. *Echinococcus multilocularis* in carnivores from the Klatovy district of the Czech Republic. *J Helminthol* **75**:61-66.
- McAllister CT, Tkach VV, Conn DB. 2018. Morphological and Molecular Characterization of Post-Larval Pre-Tetrathyridia of *Mesocestoides* sp. (Cestoda: Cyclophyllidea) from Ground Skink, *Scincella lateralis* (SAURIA). *Journal of Parasitology* **104**:246-253.
- Meerburg BG, Kijlstra A. 2007. Role of rodents in transmission of *Salmonella* and *Campylobacter*. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **87**:2774-2781.
- Meerburg BG, Singleton GR, Kijlstra A. 2009. Rodent-borne diseases and their risks for public health. *Critical Reviews in Microbiology* **35**:221-270.
- Milazzo C, Casanova JC, Aloise G, Ribas A, Cagnin M. 2003. Helminths of the bank vole *Clethrionomys glareolus* (Rodentia, Arvicolinae) in Southern Italy. *Italian Journal of Zoology* **70**:333-337.
- Milazzo C, Ribasa A, Casanova JC, Cagnin M, Geraci F, Di Bella C. 2010. Helminths of the brown rat (*Rattus norvegicus*) (Berkenhout, 1769) in the city of Palermo, Italy. *Helminthologia* **47**:238-240.

- Mitchell-Jones AJ, Amori G, Bogdanowicz W, Krystufek B, Reijnders PJH, Spitzenberger F, Stubbe JBM, Thissen JBM, Vohralík V, Zima J. 1999. The atlas of European mammals. T. & A. D. Poyser, London.
- Montgomery SP, Richards FO. 2018. *Diphyllobothrium*, *Dipylidium*, and *Hymenolepis* species. Pages 394–1397 in Long SS, Prober CG, Fisher M, editors. Principles and practice of pediatric infectious diseases. Elsevier, Philadelphia.
- Morishita K, Sawada I. 1966. On tapeworms of the genus *Multiceps* hitherto unrecorded from man. Jap J Parasitol **15**:495-501.
- Munger JC, Karasov WH. 1989. Sublethal Parasites and Host Energy Budgets: Tapeworm Infection in White-Footed Mice. Ecology **70**:904-921.
- Myllymäki A. 1977. Outbreaks and Damage by the Field Vole, *Microtus agrestis* (L.), since World War II in Europe. EPPO Bulletin **7**:177-207.
- Naughton D, Canadian Museum of Nature. 2012. The Natural History of Canadian Mammals. University of Toronto Press, Canada.
- Nissen S, Al-Jubury A, Hansen TVA, Olsen A, Christensen H, Thamsborg SM, Nejsum P. 2012. Genetic analysis of *Trichuris suis* and *Trichuris trichiura* recovered from humans and pigs in a sympatric setting in Uganda. Veterinary Parasitology **188**:68-77.
- Nowak RM. 1999. Walker's Mammals of the World. The Johns Hopkins University Press, London.
- Ohlberger J, Langangen Ø, Edeline E, Olsen EM, Winfield IJ, Fletcher JM, James JB, Stenseth NC, Vøllestad LA. 2011. Pathogen-induced rapid evolution in a vertebrate life-history trait. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences **278**:35-41.
- Pakdel N, Naem S, Rezaei F, Chalehchaleh AA. 2013. A survey on helminthic infection in mice (*Mus musculus*) and rats (*Rattus norvegicus* and *Rattus rattus*) in Kermanshah, Iran. Vet Res Forum **4**:105-109.
- Panek M. 2009. Factors Affecting Predation of Red Foxes *Vulpes vulpes* on Brown Hares *Lepus europaeus* During the Breeding Season in Poland. Wildlife Biology **15**:345-349.
- Panti-May JA, Rodríguez-Vivas RI, García-Prieto L, Servián A, Costa F. 2020. Worldwide overview of human infections with *Hymenolepis diminuta*. Parasitology Research **119**:1997-2004.
- Patamia I, Cappello E, Castellano-Chiodo D, Greco F, Nigro L, Cacopardo B. 2010. A Human Case of *Hymenolepis diminuta* in a Child from Eastern Sicily. The Korean Journal of Parasitology **48**:167–169.
- Patten PK, Rich LJ, Zaks K, Blauvelt M. 2013. Cestode infection in 2 dogs: cytologic findings in liver and a mesenteric lymph node. Veterinary Clinical Pathology **42**:103-108.
- Pérez-Chacón G, Pocaterra LA, Rojas E, Hernán A, Jiménez JC, Núñez L. 2017. Coinfection with *Hymenolepis nana*, *Hymenolepis diminuta*, *Giardia intestinalis*, and Human Immunodeficiency Virus: A Case Report with Complex Immunologic Interactions. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene **96**:1094–1096.
- Petri WA, Holsinger JR, Pearson RD. 1988. Common-source outbreak of trichinosis associated with eating raw home-butchered pork. South Med Journal **81**:1056-1058.
- Poulin R. 1996. Sexual inequalities in helminth infections: a cost of being a male? Am Nat **147**:287–295.
- Prakas P, Butkauskas D. 2012. Protozoan parasites from genus *Sarcocystis* and their investigations in Lithuania. Ekologija **58**:45–58.
- Rau ME. 1984. Running responses of *Trichinella spiralis*-infected CD-1 mice. Parasitology **89**:579-583.
- Redrobe SP, Patterson-Kane JC. 2005. *Calodium hepaticum* (syn. *Capillaria hepatica*) in Captive Rodents in a Zoological Garden. Journal of Comparative Pathology **133**:73-76.
- Ribas A, López S, Makundi RH, Leirs H, de Bellocq JG. 2013. *Trichuris* spp. (Nematoda: Trichuridae) from Two Rodents, *Mastomys natalensis* and *Gerbilliscus vicinus* in Tanzania. Journal of Parasitology **99**:868-875.
- Ribas A, Torre I, Feliu C, Arrizabalaga A, Casanova JC. 2009. Helminth communities of the bank vole *Myodes glareolus* (Rodentia, Arvicolinae) in two populations: Montseny Natural Park (NE Spain) and Pi Natural reserve (French Pyrenees). Revista Ibero-latinoamericana de Parasitología **68**:73-81.
- Riebold D et al. 2020. Occurrence of Gastrointestinal Parasites in Small Mammals from Germany. Vector-Borne and Zoonotic Diseases **20**:125-133.
- Roos D, Caminero Saldaña C, Arroyo B, Mougeot F, Luque-Larena JJ, Lambin X. 2019. Unintentional effects of environmentally-friendly farming practices: Arising conflicts between zero-tillage and a crop pest, the common vole (*Microtus arvalis*). Agriculture, Ecosystems & Environment **272**:105-113.
- Rostami A, Gamble HR, Dupouy-Camet J, Khazan H, Bruschi F. 2017. Meat sources of infection for outbreaks of human trichinellosis. Food Microbiology **64**:65-71.

- Różycki M, Kubica M, Bilśka-Zajac E, Chmurzyńska E, Karamon J, Cencek T. 2016. Trichinosis in north-western part of Poland. Is the parasitosis evading control? *Życie Weterynaryjne* **91**:364-368.
- Ryžikov KM. 1978. *Opredelitel gelmintov gryzunov fauny SSSR. Cestody*. Izdatelstvo Nauka, SSSR.
- Ryžikov KM. 1979. *Opredelitel gelmintov gryzunov fauny SSSR. Nematody i Akantocofaly*. Izdatelstvo Nauka, SSSR.
- Sánchez-Chardi A, Nadal J. 2007. Bioaccumulation of metals and effects of landfill pollution in small mammals. Part I. The greater white-toothed shrew, *Crocidura russula*. *Chemosphere* **68**:703-711.
- Saunders G, Cooke B, McColl K, Shine R, Peacock T. 2010. Modern approaches for the biological control of vertebrate pests: An Australian perspective. *Biological Control* **52**:288-295.
- Scott ME. 1987. Regulation of mouse colony abundance by *Heligmosomoides polygyrus*. *Parasitology* **95**:111-124.
- Sedláčková J, Hrudová E. 2009. Nejdůležitější skladištní škůdci. Profi Press s.r.o., Brno. Available from <https://www.zemedelec.cz/nejdulezitejsi-skladistni-skudci/> (accessed February 2021).
- Shang G-Z, Zhu Y-H, Wu Y, Cao Y-F, Bian J-H. 2019. Synergistic effects of predation and parasites on the overwinter survival of root voles. *Oecologia* **191**:83-96.
- Schlötelburg A, Jakob G, Bellingrath-Kimura S, Jacob J. 2018. Natural bait additives improve trapping success of common voles, *Microtus arvalis*. *Applied Animal Behaviour Science* **208**:75-81.
- Schweiger A et al. 2007. Human Alveolar Echinococcosis after Fox Population Increase, Switzerland. *Emerging Infectious Diseases* **13**:878-882.
- Singleton GR. 1994. The prospects and associated challenges for the biological control of rodents. Pages 301-307 in Halverson WS, Crabb CHA, editors. Sixteenth vertebrate pest conference. University of California, Davis, California.
- Sloup V, Jankovská I, Száková J, Magdálek J, Sloup S, Langrová I. 2018. Effects of tapeworm infection on absorption and excretion of zinc and cadmium by experimental rats. *Environmental Science and Pollution Research* **25**:35464-35470.
- Spratt, DM, Singleton, GR. 2001. Hepatic capillariasis. Pages 365-379 in Samuel WM, Pybus MJ, Kocan AA, editors. *Parasitic Diseases of Wild Mammals*. Manson Publishing/The Veterinary Press, London.
- Sterba J, Barus V. 1976. First record of *Strobilocercus fasciolaris* (Taeniidae-larvae) in man *Folia Parasitol* **23**:221-226.
- Telford G, Wheeler DJ, Appleby P, Bowen JG, Pritchard DI. 1998. *Heligmosomoides polygyrus* immunomodulatory factor (IMF), targets T-lymphocytes. *Parasite Immunology* **20**:601-611.
- Tenora F, Baruš V, Hildebrand J, Prokeš M. 2002. The species of genus *Heligmosomum* Railliet et Henry, 1909 (Nematoda, Heligmosominae) parasitizing Rodentia in Europe. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **50**:7-13.
- Tenter AM, Heckeroth AR, Weiss LM. 2000. *Toxoplasma gondii*: from animals to humans. *International Journal for Parasitology* **30**:1217-1258.
- Torgerson PR, Keller K, Magnotta M, Ragland N, Brooker S. 2010. The Global Burden of Alveolar Echinococcosis. *PLoS Neglected Tropical Diseases* **4** (e722) DOI: 10.1371/journal.pntd.0000722.
- Torgerson PR, Schweiger A, Deplazes P, Pohar M, Reichen J, Ammann RW, Tarr PE, Halkik N, Müllhaupt B. 2008. Alveolar echinococcosis: From a deadly disease to a well-controlled infection. Relative survival and economic analysis in Switzerland over the last 35 years. *Journal of Hepatology* **49**:72-77.
- Trakulsrichai S, Kosanyawat N, Atiksawedparit P, Sriapha C, Tongpoo A, Udomsubpayakul U, Rittilert P, Wanankul W. 2017. Clinical characteristics of zinc phosphide poisoning in Thailand. *Therapeutics and Clinical Risk Management* **13**:335-340.
- Trávníčková Z. 2019. Rizika a ochrana zdraví – rodenticidy POR. Státní zdravotní ústav, Praha. Available from <http://www.szu.cz/tema/rizika-a-ochrana-zdravi-rodenticidy-por> (accessed February 2021).
- ÚKZÚZ. 2020. Výskyt hraboše polního v srpnu 2020. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno. Available from <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/vyskyt-hraboše-polního-v-srpnu-2020.html> (accesses January 2021).
- ÚKZÚZ. 2021. Registr přípravků na ochranu rostlin. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from <http://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/Vyhledavani.aspx> (accessed February 2021).
- Veit P, Bilger B, Schad V, Schäfer J, Frank W, Lucius R. 1995. Influence of environmental factors on the infectivity of *Echinococcus multilocularis* eggs. *Parasitology* **110**:79-86.

- Viro P, Niethammer J. *Clethrionomys glareolus* (Schreber, 1780) —Rötelmaus. 1978. Pages 109-140 in Niethammer J, Krapp F, editors. Handbuch der Säugetiere Europas. Wiesbaden: Akademische Verlagsgesellschaft, Wiesbaden.
- Volf P, Horák P. 2007. Paraziti a jejich biologie. Triton, Praha.
- Vyas A, Kim S-K, Giacomini N, Boothroyd JC, Sapolsky RM. 2007. Behavioral changes induced by *Toxoplasma* infection of rodents are highly specific to aversion of cat odors. Proceedings of the National Academy of Sciences **104**:6442-6447.
- Webster GA, Cameron TWM. 1961. Observations on experimental infections with *Echinococcus* in rodents. Canadian Journal of Zoology **39**:877-891.
- Webster JP. 1994. The effect of *Toxoplasma gondii* and other parasites on activity levels in wild and hybrid *Rattus norvegicus*. Parasitology **109**:583-589.
- WHO. 2006. Five keys to safer food manual. World Health Organization. WHO Press, France.
- Wilson NO, Hall RL, Montgomery SP, Jones JL. 2015. Trichinellosis Surveillance — United States, 2008–2012. Morbidity and Mortality Weekly Report: Surveillance Summaries **64**:1-8.
- Witting PA. 1979. Learning capacity and memory of normal and *Toxoplasma*-infected laboratory rats and mice. Zeitschrift für Parasitenkunde Parasitology Research **61**:29-51.
- Woolhouse MEJ, Dye C, Cleaveland S, Laurenson MK, Taylor LH. 2001. Diseases of humans and their domestic mammals: pathogen characteristics, host range and the risk of emergence. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences **356**:991-999.
- Yáñez-Meza A, Landaeta-Aqueveque C, Quiroga N, Botto-Mahan C. 2019. Helminthic infection in three native rodent species from a semiarid Mediterranean ecosystem. Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária **28**:119-125.
- Yletyinen S, Norrdahl K. 2008. Habitat use of field voles (*Microtus agrestis*) in wide and narrow buffer zones. Agriculture, Ecosystems & Environment **123**:194-200.
- Ylonen H, Horne TJ, Luukkonen M. 2004. Effect of birth and weaning mass on growth, survival and reproduction in the bank vole. Evol Ecol Res **6**:433–442.
- Ylonen H, Viitala J. 1991. Social overwintering and food distribution in the bank vole *Clethrionomys glareolus*. Ecography **14**:131-137.

9 Samostatné přílohy

Příloha 1: Přehled některých onemocnění, která mohou přenášet hlodavci a jejich důsledky (upraveno dle Meerburg et al. 2009)

Onemocnění	Rezervoár/přenašeč	Ohrožení populace	Šance	Lidské zdraví	Ekonomika
Toxoplazmóza	Rezervoár	3	2	2	3
Babesióza	Rezervoár	3	2	1	1
Kryptosporidióza	Rezervoár	3	2	1	3
Chagasova choroba	Rezervoár	3	1	3	2
Leishmanióza	Rezervoár	3	2	3	2
Giardióza	Rezervoár	3	2	1	2
Tenióza	Rezervoár	1	1	1	1
Echinokokóza	Rezervoár	2	1	3	1
Schistosomióza	Rezervoár	3	2	1	3
Fasciolóza	Rezervoár	3	1	1	3
Alarióza	Rezervoár	1	1	0	1
Echinostomióza	Rezervoár	1	1	0	1
Trichinelóza	Rezervoár	3	2	1	2
Kapilarióza	Přenašeč	3	1	1	1
Angiostrongylóza	Rezervoár	2	1	3	1
Toxokaróza	Přenašeč	1	2	0	2
Amébová dysenterie	Rezervoár	3	1	3	1
Neosporóza	Rezervoár	0	1	0	2

Vysvětlivky:

Rezervoár:

Hlodavec, který uchovává organismy způsobující nemoci a slouží tak jako potenciální zdroj ohniska nákazy, ale vždy prostřednictvím vektoru

Přenašeč:

hlodavec, který nevykazuje žádné nebo jen omezené příznaky daného onemocnění, ale ukrývá jeho původce a je schopen jej přenést přímo na člověka bez vektoru

Ohrožení populace:

1 = ohniskové; 2 = regionální; 3 = více než dva kontinenty

Šance – na nákazu chorobou, zahrnuje všechny cesty, nejen hlodavce:

1 = malá šance; 2 = střední šance; 3 = vysoká šance

Lidské zdraví – úmrtnost bez léčby:

0 = žádná úmrtnost; 1 = úmrtnost <5 %; 2 = úmrtnost 5–10 %; 3 = úmrtnost >10 %

Ekonomika – ztráty z hlediska nemoci spojené s dalšími ztrátami, např. v produktivitě zvířat:

1 = malé ztráty; 2 = střední ztráty; 3 = významné ztráty

Příloha 2: Někteří zástupci helmintů parazitujících na hraboších (upraveno dle Ryžikov 1978; Ryžikov 1979)

<i>Microtus arvalis</i>	<i>Microtus agrestis</i>	<i>Myodes glareolus</i>
<i>Capillaria muris-sylvatici</i>	<i>Trichocephalus muris</i>	<i>Armocapillaria sadovskajae</i>
<i>Eucoleus lemmi</i>	<i>Heligmodomoides glareoli</i>	<i>Capillaria muris-sylvatici</i>
<i>Hepaticola hepatica</i>	<i>Stringyloides ratti</i>	<i>Capillaria annulosa</i>
<i>Trichocephalus muris</i>	<i>Heligmodomoides laevis</i>	<i>Eucoleus bacillatus</i>
<i>Trichocephalus rhombomidis</i>	<i>Heligmosomoides costellatum</i>	<i>Hepaticola hepatica</i>
<i>Trichinella spiralis</i>	<i>Longistriata minuta</i>	<i>Trichocephalus muris</i>
<i>Strongyloides ratti</i>	<i>Syphacia montana</i>	<i>Trichinella spiralis</i>
<i>Heligmodomoides glareoli</i>	<i>Syphacia obvelata</i>	<i>Heligmosomoides gracile</i>
<i>Heligmodomoides laevis</i>	<i>Andrya montana</i>	<i>Heligmosomoides glareoli</i>
<i>Heligmodomoides longispiculus</i>	<i>Aprostataandrya caucasica</i>	<i>Heligmosomoides laevis</i>
<i>Heligmodomoides polygyrus</i>	<i>Aprostataandrya macrocephala</i>	<i>Heligmosomoides polygyrus</i>
<i>Heligmodomoides turgidus</i>	<i>Paranoplocephala dentata</i>	<i>Heligmosomum borealis</i>
<i>Heligmosomum borealis</i>	<i>Paranoplocephala omphalodes</i>	<i>Heligmosomum costellatum</i>
<i>Heligmodomum costellatum</i>	<i>Catenotaenia pusilla</i>	<i>Longistriata minuta</i>
<i>Longistriata minuta</i>	<i>Hymenolepis horrida</i>	<i>Trichostrongylus colubriformes</i>
<i>Trichostrongylus colubriformes</i>	<i>Rodentolepis asymmetrica</i>	<i>Trichostrongylus retortaeformis</i>
<i>Trichostrongylus retortaeformis</i>	<i>Rodentolepis straminea</i>	<i>Aspicularis tetraptera</i>
<i>Syphacia microtus</i>	<i>Taenia martis</i>	<i>Syphacia montana</i>
<i>Syphacia montana</i>	<i>Taenia mustelae</i>	<i>Syphacia obvelata</i>
<i>Syphacia nigeriana</i>	<i>Hydatigera taeniaeformis</i>	<i>Syphacia petrusewiczii</i>
<i>Syphacia obvelata</i>	<i>Alveococcus multilocularis</i>	<i>Andrya montana</i>
<i>Syphacia stroma</i>	<i>Mesocestoides lineatus</i>	<i>Aprostataandrya caucasica</i>
<i>Paranoplocephala dentata</i>	<i>Psilotrema marki</i>	<i>Aprostataandrya macrocephala</i>
<i>Paranoplocephala omphalodes</i>	<i>Notocotylus noyeri</i>	<i>Paranoplocephala dentata</i>
<i>Catenotaenia cricetorum</i>		<i>Hymenolepis horrida</i>
<i>Catenotaenia pusilla</i>		<i>Rodentolepis asymmetrica</i>
<i>Mathevotaenia dissymetrica</i>		<i>Rodentolepis straminea</i>
<i>Hymenolepis diminuta</i>		<i>Paruterina candelabraria</i>
<i>Hymenolepis horrida</i>		<i>Taenia hydatigena</i>
<i>Rodentolepis asymmetrica</i>		<i>Taenia martis</i>
<i>Rodentolepis straminea</i>		<i>Taenia mustelae</i>
<i>Taenia crassiceps</i>		<i>Taenia sp.</i>
<i>Taenia hydatigena</i>		<i>Hydatigera taeniaeformis</i>
<i>Taenia mustelae</i>		<i>Tetratirotaenia polycantha</i>
<i>Taenia pisiformis</i>		<i>Catenotaenia cricetorum</i>
<i>Taenia sp.</i>		<i>Catenotaenia dendritica</i>
<i>Hydatigera taeniaeformis</i>		<i>Catenotaenia pusilla</i>
<i>Tetratirotaenia polycantha</i>		<i>Skrjabinotaenia lobata</i>
<i>Alveococcus multilocularis</i>		<i>Hymenolepis diminuta</i>
<i>Mesocestoides lineatus</i>		<i>Alveococcus multilocularis</i>
<i>Brachylaemus musculi</i>		<i>Mesocestoides lineatus</i>
<i>Brachylaemus recurvus</i>		<i>Corrigia vitta</i>

Příloha 3: Země považované za endemické pro výskyt lidské alveolární echinokokózy (upraveno dle Torgerson et al. 2010)

Evropa	Asie	Severní Amerika
Belgie	Ázerbájdžán	Kanada
Bělorusko	Afganistán	USA
Bulharsko	Arméne	
Černá Hora	Bhútán	
Česká republika	Čína	
Dánsko	Gruzie	
Estonsko	Indie	
Francie	Irák	
Chorvatsko	Írán	
Itálie	Japonsko	
Kosovská republika	Kazachstán	
Lichtenštejnsko	Kyrgyzstán	
Litva	Mongolsko	
Lotyšsko	Nepál	
Lucembursko	Pákistán	
Maďarsko	Rusko	
Moldávie	Tádžikistán	
Německo	Turecko	
Nizozemsko	Turkmenistán	
Polsko	Uzbekistán	
Rakousko		
Rumunsko		
Rusko		
Řecko		
Severní Makedonie		
Slovensko		
Slovinsko		
Srbsko		
Švýcarsko		
Ukrajina		

Příloha 4: Detaily data odchyty, pohlaví, identifikace hlodavců a parazitologický nález

Označení	Druh hlodavce	Pohlaví/věk	Datum a místo odchyty	Parazitologický nález
5	<i>Myodes glareolus</i>	F, A+	08.06.2020 Krušné Hory (SC 567)	POZITIVNÍ
6	<i>Microtus agrestis</i>	M, A+	09.06.2020 Krušné Hory (1178/B87)	POZITIVNÍ
7	<i>Myodes glareolus</i>	F, A+	08.06.2020 Krušné Hory (SE 792)	NEGATIVNÍ
8	<i>Myodes glareolus</i>	F, A+	07.06.2020 Krušné Hory (Bučina – Šumný důl)	NEGATIVNÍ
13	<i>Myodes glareolus</i>	F, SA-	08.06.2020 Krušné Hory (SE 796)	NEGATIVNÍ
14	<i>Myodes glareolus</i>	M, A+	09.06.2020 Krušné Hory (SD 671)	POZITIVNÍ
15	<i>Myodes glareolus</i>	F, A+	09.06.2020 Krušné Hory (SD 670)	POZITIVNÍ
16	<i>Microtus agrestis</i>	F, A+, G	09.06.2020 Krušné Hory (1177/B 19)	NEGATIVNÍ
17	<i>Myodes glareolus</i>	F, A+	08.06.2020 Krušné Hory (Bučina zámeček 4)	NEGATIVNÍ
24	<i>Microtus agrestis</i>	F, A+	08.06.2020 Krušné Hory (B 27)	NEGATIVNÍ
26	<i>Microtus agrestis</i>	F, A+	07.06.2020 Krušné Hory (1171/B 7)	NEGATIVNÍ
27	<i>Myodes glareolus</i>	M, A+	09.06.2020 Krušné Hory (SE 801)	POZITIVNÍ
28	<i>Myodes glareolus</i>	M, A+	09.06.2020 Krušné Hory (SE 802)	NEGATIVNÍ
29	<i>Myodes glareolus</i>	M, A+	09.06.2020 Krušné Hory (SE 799)	NEGATIVNÍ
30	<i>Myodes glareolus</i>	M, A+	09.06.2020 Krušné Hory (SE 800)	POZITIVNÍ
31	<i>Microtus agrestis</i>	F, A+	07.06.2020 Krušné Hory (1174/B 54)	POZITIVNÍ
32	<i>Myodes glareolus</i>	M, A+	08.06.2020 Krušné Hory (Bučina zámeček 5)	POZITIVNÍ
33	<i>Microtus agrestis</i>	F, A+, G	07.06.2020 Krušné Hory (1173/B 27)	POZITIVNÍ
35	<i>Myodes glareolus</i>	M, A+	07.06.2020 Krušné Hory Krušné Hory (SB 614)	POZITIVNÍ
38	<i>Microtus agrestis</i>	M, A+	08.06.2020 Krušné Hory (SA 526)	NEGATIVNÍ
40	<i>Myodes glareolus</i>	M, A+	08.06.2020 Krušné Hory (SA 527)	NEGATIVNÍ
41	<i>Myodes glareolus</i>	F, A+	07.06.2020 Krušné Hory (SB 612)	NEGATIVNÍ

47	<i>Myodes glareolus</i>	F, A +	09.06.2020 Krušné Hory (SA 529)	NEGATIVNÍ
48	<i>Myodes glareolus</i>	M, A+	08.06.2020 Krušné Hory (SE 794)	NEGATIVNÍ
49	<i>Myodes glareolus</i>	F, A+	08.06.2020 Krušné Hory (SA 528)	NEGATIVNÍ
50	<i>Myodes glareolus</i>	F, A+, G	07.06.2020 Krušné Hory (SE 785)	NEGATIVNÍ
51	<i>Myodes glareolus</i>	M, A+	08.06.2020 Krušné Hory (SE 793)	NEGATIVNÍ
57	<i>Myodes glareolus</i>	F, SA-	08.06.2020 Krušné Hory (SC 570)	NEGATIVNÍ
58	<i>Microtus agrestis</i>	M, A+	07.06.2020 Krušné Hory (SC 566)	NEGATIVNÍ
60	<i>Myodes glareolus</i>	F, A+	08.06.2020 Krušné Hory (SD 669)	POZITIVNÍ
61	<i>Myodes glareolus</i>	F, A+	09.06.2020 Krušné Hory (SC 571)	NEGATIVNÍ
63	<i>Myodes glareolus</i>	M, A+	07.06.2020 Krušné Hory (SD 664)	POZITIVNÍ
65	<i>Myodes glareolus</i>	F, A+, G	07.06.2020 Krušné Hory Krušné Hory (SD 665)	NEGATIVNÍ

Vysvětlivky:

M – samec

F – samice

A – adultní

SA – subadultní

(+) – pohlavně aktivní

(-) – pohlavně neaktivní

G – gravidní