

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra zoologie a rybářství**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Výskyt tasemnice *Echinococcus multilocularis* u  
mezihostitelů na území ČR  
Bakalářská práce**

**Autor práce: Vilém Rusnák**

**Obor studia: Chov exotických zvířat**

**Vedoucí práce: prof. Ing. Iva Langrová, CSc.**

© 2023 ČZU v Praze

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Výskyt tasemnice *Echinococcus multilocularis* u meziphostitelů na území ČR" jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor(ka) uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20.4.2023

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval prof. Ing. Ivě Langrové CSc. za odborné vedení, vstřícný přístup, užitečné rady, poskytnutou literaturu a možnost psát závěrečnou práci pod jejím vedením. A dále bych rád poděkoval své rodině za podporu v průběhu celého studia.

# Výskyt tasemnice *Echinococcus multilocularis* u meziphostitelů na území ČR

## Souhrn

*Echinococcus multilocularis* je tasemnice způsobující nebezpečnou zoonózu nazývanou alveolární echinokokóza. V posledních letech se její výskyt rozšiřuje, a to nejen do nových oblastí včetně České republiky, ale dostává se i z volné přírody do městských oblastí a tím i blíže k lidem. Proto je třeba tomuto šíření zabránit pomocí vhodných kontrolních strategií. Avšak je nezbytné zvážit i další následky takových strategií, kvůli tomu bychom se měli věnovat faktorům, které ovlivňují šíření tohoto parazita. Jedním z nich je i výskyt vhodných meziphostitelů, kteří mohou hrát klíčovou roli v jeho přenosu.

Meziphostiteli se může stát přes 40 druhů malých savců. V hlavní části této literární rešerše byly shrnuti někteří vhodní meziphostitelé vyskytující se v České republice. Z hrabošovitých, kteří jsou nejčastějšími meziphostiteli *E. multilocularis*, jsou to například hraboš polní, hryzec vodní nebo norník rudý, kteří se mohou snadno stát kořistí definitivních hostitelů. Další, jež se u nás vyskytují, jsou z čeledě myšovitých a zajícovců, avšak bývají v cyklu považováni za méně důležité. Meziphostiteli se mohou stát i velcí hlodavci jako jsou ondatry, nutrie či bobři, kteří se díky své velikosti stávají kořistí definitivních hostitelů jen výjimečně. Vývoj parazita probíhá i u prasat, psů či primátů v zoologických zahradách. Tito živočichové tak mohou být indikátory přítomnosti parazita v prostředí.

Kromě toho jsou zmíněni i definitivní hostitelé, kterými se nejčastěji stávají lišky, ale v menší míře jimi mohou být i domácí mazlíčci, jako jsou psi nebo kočky. Ti díky své blízkosti k lidem, pak mohou představovat rizikový faktor pro infekci člověka.

Nakonec tato práce poskytuje praktické informace o tom, jak lze tuto tasemnici diagnostikovat napříč hostiteli, jak hostitele léčit a nejsou opomenuty ani další vlivy, které působí na šíření parazita, a to především ve vztahu k meziphostitelům.

**Klíčová slova:** *Echinococcus multilocularis*, hlodavci, meziphostitel, liška

# Occurrence of *Echinococcus multilocularis* in intermediate hosts in the Czech Republic

## Summary

*Echinococcus multilocularis* is a tapeworm causing a dangerous zoonosis called alveolar echinococcosis. In recent years, it has been spreading not only to new areas including the Czech Republic but also from the wild to urban areas and thus closer to people. Therefore, this spread must be prevented by appropriate control strategies. However, it is also necessary to consider the other consequences of such strategies, which is the reason for looking at the factors that affect the spread of this parasite. One of these factors includes the presence of suitable intermediate hosts that may play a key part in its transmission.

Intermediate hosts may include over 40 species of small mammals. The main part of this literature search summarizes some suitable intermediate hosts occurring in the Czech Republic. Among the Arvicolinae, the most common intermediate hosts of *E. multilocularis* are the common vole, European water vole or bank vole, which can easily become prey to definitive hosts. Other intermediate hosts occurring in the area under investigation belong to murids and leporids; however, they tend to be considered less important in the cycle. Large rodents such as muskrats, nutria, and beavers may also be intermediate hosts, but their size makes them rare prey for definitive hosts. The development of the parasite also occurs in pigs, dogs and primates in zoological gardens. These animals can thus be indicators of the presence of the parasite in the environment.

In addition, there are also some definitive hosts mentioned here. They are most often foxes; nevertheless, to a lesser extent, they can also include pets such as dogs or cats. These, due to their proximity to humans, may represent a risk factor for human infection.

Finally, this work provides practical information on how this tapeworm can be diagnosed across hosts and how to treat the hosts. Other impacts that affect the spread of the parasite, especially those related to intermediate hosts, have also been investigated.

**Keywords:** *Echinococcus multilocularis*, rodents, intermediate host, fox

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>Historie a taxonomie</b>	<b>9</b>
<b>3.2</b>	<b>Biologie</b>	<b>10</b>
<b>3.3</b>	<b>Životní cyklus</b>	<b>11</b>
<b>3.4</b>	<b>Výskyt</b>	<b>13</b>
3.4.1	Asie	13
3.4.2	Evropa	14
3.4.3	Amerika	14
<b>3.5</b>	<b>Mezihostitelé</b>	<b>15</b>
3.5.1	Hrabošovité (Arvicolinae)	15
3.5.1.1	Microtus a Arvicola	16
3.5.1.2	Myodes	18
3.5.1.3	Další druhy	18
3.5.2	Myšovité (Muridae)	18
3.5.3	Zajícovci (Lagomorpha)	19
<b>3.6</b>	<b>Náhodní mezihostitelé</b>	<b>19</b>
3.6.1	Zvířata	19
3.6.2	Lidé	20
<b>3.7</b>	<b>Definitivní hostitelé</b>	<b>22</b>
3.7.1	Lišky ( <i>Vulpes</i> a <i>Alopex</i> )	22
3.7.2	Divoké šelmy	23
3.7.3	Domácí šelmy	24
3.7.3.1	Pes domácí ( <i>Canis lupus f. familiaris</i> )	24
3.7.3.2	Kočka domácí ( <i>Felis silvestris f. catus</i> )	25
<b>3.8</b>	<b>Dynamika hostitel-parazit</b>	<b>26</b>
<b>3.9</b>	<b>Diagnostika</b>	<b>27</b>
<b>3.10</b>	<b>Prevence a léčba</b>	<b>28</b>
<b>4</b>	<b>Závěr</b>	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>Literatura</b>	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>Seznam příloh</b>	<b>I</b>

# 1 Úvod

Zoonózy jsou infekční onemocnění, která se přenáší přirozeně mezi druhy obratlovců a lidmi (WHO 1951). Asi 61 % infekčních onemocnění jsou zoonotická a mezi těmito nemocemi obzvláště vynikají helminti. Až 95 % těchto parazitů se může ukrývat v divokých nebo v domácích zvířatech, která mohou fungovat jako zdroje parazitů (tzv. rezervoáry) (Taylor et al. 2001). A až 71,8 % zoonóz je přenášena z volně žijících zvířat (Jones et al. 2008).

Jedny z takových parazitů jsou tasemnice čeledi Taeniidea, které se dělí na čtyři rody: *Taenia*, *Echinococcus*, *Hedetigera* a *Versteria*. Z nichž měchočil bublinatý neboli *Echinococcus multilocularis* je tasemnicí převážně lišek a dalších psovitých šelem. Jejím mezihostitelem jsou hlodavci a náhodně i lidé. Způsobuje vícekomorovou parazitickou tkáň, vyvíjející se primárně v játrech a může infikovat i sousední tkáň nebo dokonce metastázovat do vzdálených orgánů. Má na svědomí nemoc zvanou alveolární echinokokóza (AE), díky čemuž je jedním z nejnebezpečnějších náhodných parazitů u lidí, protože až 90 % neléčených případů končí smrtí. Kromě toho léčba této nemoci je fyzicky, psychicky i finančně velmi náročná (Potrer et al. 2022; Tappe et al. 2010).

Proto by se mělo předcházet tomu, aby k takové infekci u lidí vůbec docházelo. Česká republika se nachází blízko oblastí původního výskytu *E. multilocularis*, z kterých se za posledních několik let rozšířil. K zabránění dalšímu šíření je zapotřebí zvážit faktory, jako je například změna složení a využití krajiny, změna klimatu, přítomnost vhodných mezihostitelů, urbanizace lišek, měnící se lidské chování vůči liškám, reintrodukce volně žijících živočichů, dynamika hostitelské populace *E. multilocularis* a také globalizace (Oksanen et al. 2016; Romig et al. 2006).

Pozornost si zaslouží i jednotlivé druhy vhodných mezihostitelů, kteří se vykytují na našem území.

## 2 Cíl práce

Cílem této práce je rešerše, která má čtenáře seznámit hlavně s mezipříteli *E. multilocularis* s důrazem na Českou republiku a potvrdit jejich důležitost v cyklu tohoto parazita.



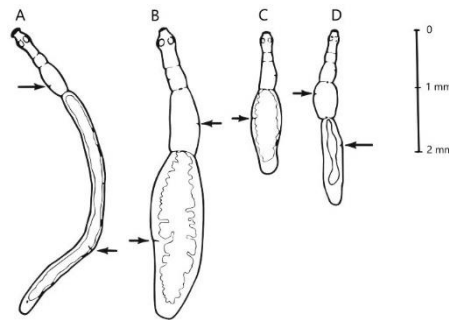
### 3 Literární rešerše

#### 3.1 Historie a taxonomie

Taxonomie umožňuje identifikaci, pojmenování a klasifikaci organismů se společnými znaky, přičemž v systematické klasifikaci je nejzákladnějším taxonem druh (Knapp et al. 2015). V současné době *Echinococcus multilocularis* řadíme:

Říše: živočichové (Animalia)  
Kmen: ploštěnci (Plathelminthes)  
Podkmen: Neodermata  
Třída: tasemnice (Cestoda)  
Řád: kruhovky (Cyclophyllidea)  
Čeleď: Taeniidae  
Rod: měchožil (*Echinococcus*)  
(Garcia 1999)

*E. multilocularis* není jediným druhem tohoto rodu, dále jsou podle morfologie rozeznávány další tři druhy: *E. granulosus*, *E. vogeli* a *E. oligarthrus* (Eckert et al. 2001).



Obrázek 1 Morfologické rozdíly *Echinococcus* spp. (A) *E. vogeli* (B) *E. granulosus* s. (C) *E. oligarthrus* (D) *E. multilocularis* (Knapp et al. 2015)

Trvalo celé století, než vědci došli k tomuto rozdělení. Vedl se spor, zda dva druhy echinokokózy – cystická echinokokóza (CE) a alveolární echinokokóza (AE) – jsou způsobeny jedním druhem tasemnice, tehdy ještě *Taenia echinococcus* nebo je mají na svědomí dva druhy tasemnic (Tappe et al. 2010).

Začalo to již v roce 1767, kdy existovala hypotéza o hydatidních cystách, která se potvrdila v roce 1782. Až v dalším století Carl Theodor von Siebold, Breslau a Friedrich Küchenmeister krmili psy metacestody z ovcí a objevili tak dospělou tasemnici (Hosemann 1928).

Ludwig Buhlem, a o několik let později i Rudolf Virchow, vyřízl z jater při pitvě pacienta nádorové ložisko sestávající z vysokého počtu váčků ne větších než semena prosa, obsahujících želatinovou hmotu, obklopených laminovanou vrstvou podobné té u běžného *Echinococcus* (Buhl 1856; Virchow 1856).

Termín *Echinococcus* původně označoval invaginované protoskolice a používal se pro různé larvální formy. I původní jméno dnes už samostatného druhu *Echinococcus multilocularis* bylo použito pro echinokokovou formu a zavedl jej v roce 1863 Rudolf Leuckart.

Někteří se tehdy domnívali, že multilokulární forma byla degenerativní formou běžné hydatidy nebo méně životaschopnou formou, zatímco jiní si mysleli, že jde o aktivnější typ. Až Bernhard Naunyn dokázal, že lidské, stejně jako zvířecí, hydatidní cysty se vyvinou v *T. echinococcus* (Von Siebold 1853, Vierordt 1886).

Kolem roku 1900 se vytvořily dva směry – uniisté a dualisté. Uniisté upřednostňovali enviromentální teorii a věřili, že klima a půda jsou zodpovědné za vývoj alveolární larvální formy, zatímco dualisté se domnívali, že alveolární forma je úplně jiná nemoc. Na přelomu 19. a 20. století byly opět prováděny pokusy se zkrmováním psů metacestody a zjistilo se, že dospělé tasemnice získané z alveolárních lézí mají výrazné anatomické charakteristiky (velikost, tvar háčků, tvar dělohy), avšak tyto výsledky byly později zpochybněny (Tappe et al. 2010).

Až v 50. letech 20. století byl dualistický koncept potvrzen, díky rozsáhlé terénní studii o fauně helmintů na Aljašce, kde našli u tamních hlodavců alveolární léze na játrech, kterými krmili polární lišky, které později pitvali a ukázalo se, že jsou infikované (Rausch & Schiller 1951). Tehdy pojmenovali tento nový druh *E. sibiricensis*, ale věděli, že by mohl být identický s *E. multilocularis* popsáným již v Evropě a Rusku (Rausch & Schiller 1954). Později Hans Vogel pokračoval v experimentech a nový druh zavrhl.

Nakonec se dospělo k závěru, že *T. echinococcus* má životní cyklus ve dvou hostitelských systémech a zároveň adaptace na ně vysvětlovala rozdílnou morfologii dospělých stádií i metacestod (Tappe et al. 2010).

Pokud se vrátíme do současnosti, tak tento rod stále není ustálený. Kromě již zmíněných morfologicky rozlišitelných druhů jsou navrženy i další druhy jako je např. *E. shiquicus* (Xiao et al. 2006), *E. felidis*, *E. orteppi*, *E. equinus*, *E. canadensis* nebo *E. intermedius*, které jsou zatím buď poddruhy nebo genotypy patřící k *E. granulosus lato (s. l.)*. (Thompson & McManus 2002a,b; Hüttner et al. 2008; Thompson 2008; Saarma et al. 2009; Nakao et al. 2010, 2013)

S novějšími přístupy vstupuje do taxonomie fylogenetika, která pomáhá zkoumat vztahy mezi organismy. Díky tomu je skvělým nástrojem pro pochopení evoluce parazitů a genetické diverzity a pro rozpoznání a diagnostiku různých parazitů *Echinococcus*. Stále je třeba další výzkum, jelikož není zcela jasné, kam by měl být *E. multilocularis* zařazen. Pořád zůstává otázka, zda tento parazit je samostatnou větví nebo je součástí komplexu *E. granulosus* (Knapp et al. 2015).

## 3.2 Biologie

*Echinococcus* prochází dvouhostitelským cyklem, ve kterém je pohlavně dospělý hermafroditní jedinec a larvální stádium metacestody, kterou je cysta hydatid, jež se množí nepohlavně.

Dospělé stádium vykazuje znaky typické pro tasemnice. Nemá střevo a její metabolická aktivita je prováděna přes vnější obal zvaný tegument. Svrchu má scolex (přichycovací orgán), který má dvě sady háčků na rostellu a čtyři přísavky. Scolex od zbytku těla odděluje zúžení. Tělo, neboli strobila, je segmentované skládá se z řady reprodukčních jednotek (proglottid) (Thompson 2017). To, co *E. multilocularis* odlišuje od ostatních tasemnic, a i od jeho nejbližšího příbuzného *E. granulosus*, je jeho malá velikost v průměru 4,5 mm s průměrným počtem pěti segmentů, pytlovitá děloha a další morfologické rysy (Eckert & Deplazes 2004).

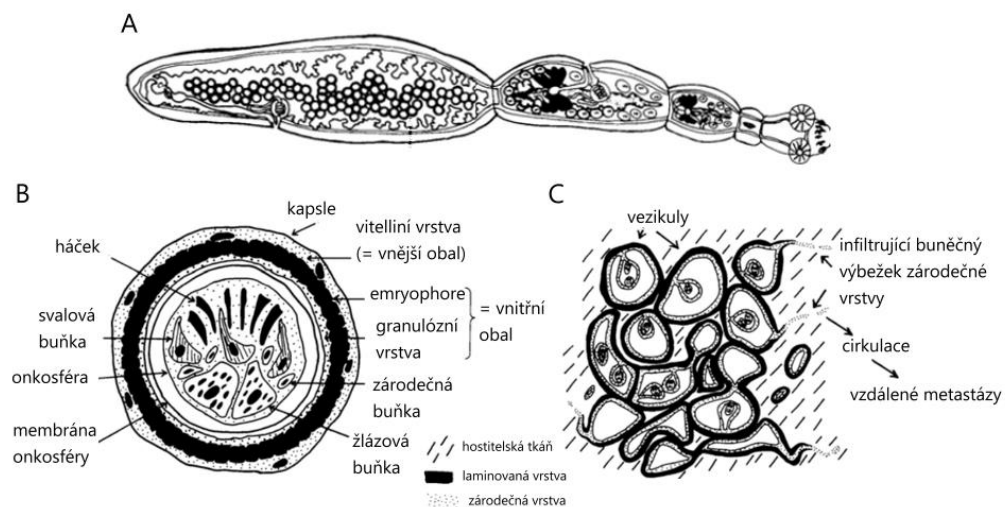
Parazituje v tenkém střevě, rostrum je hluboko zasunuto do Lieberkühnovy krypty s mobilní apikální rostrální oblastí obvykle zcela vysunutou, přičemž háčky povrchově pronikají do slizničního epitelu a přísavky uchopují epitel na bázi klků (Thompson 2017).

Jako hermafrodit se může rozmnožovat, jak kopulací, tak i samooplozením (Smyth & Smyth 1969). Produkce vajíček začíná u *E. multilocularis* mezi 28. až 35. dnem po infekci, což je mnohem rychlejší tempo, než má *E. granulosus*. Produkce vajíček je kontinuální proces trvající po dobu 90 dnů.

Vajíčka tasemnic mají kulovitý až eliptický tvar a jejich velikost se pohybuje od 22  $\mu\text{m}$  až po 50  $\mu\text{m}$ . Druhy jsou na úrovni vajíček morfologicky nerozlišitelné a jejich struktury sestávají z několika vrstev a membrán (Morseth 1965; Sakamoto 1981; Swiderski 1982).

Pravděpodobně při vypuzení z definitivního hostitele jsou vajíčka v různých fázích zrání. Nezralá vajíčka mohou dozrát v prostředí, avšak předpokládá se, že jsou plně infekční pro vhodného mezihostitele. Musí být extrémně odolná, aby zvládla po několik měsíců odolávat teplotám prostředí, protože dokážou přežít teploty od  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  až do  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ale potřebují dostatečnou vlhkost (Gemmell & Roberts 1995; Federer et al. 2015).

Metacestoda je multivezikulární infekční struktura bez omezující bariéry hostitelských tkání. Skládá se z mnoha malých váčků uložených v hustém stromatu pojivové tkáně (Thompson 2017). Vytváří síť pevných vláknitých výběžků zárodečné vrstvy, které přechází do trubicovitých a cystických struktur, po jejich odloučení od zárodečných buněk se dostávají do lymfatických cest nebo do krve, a díky tomu mohou vznikat vzdálené metastázy (Eckert et al. 1983, Mehlhorn et al. 1983; Vogel 1978; Ali-Khan et al. 1983; Thompson 2017).

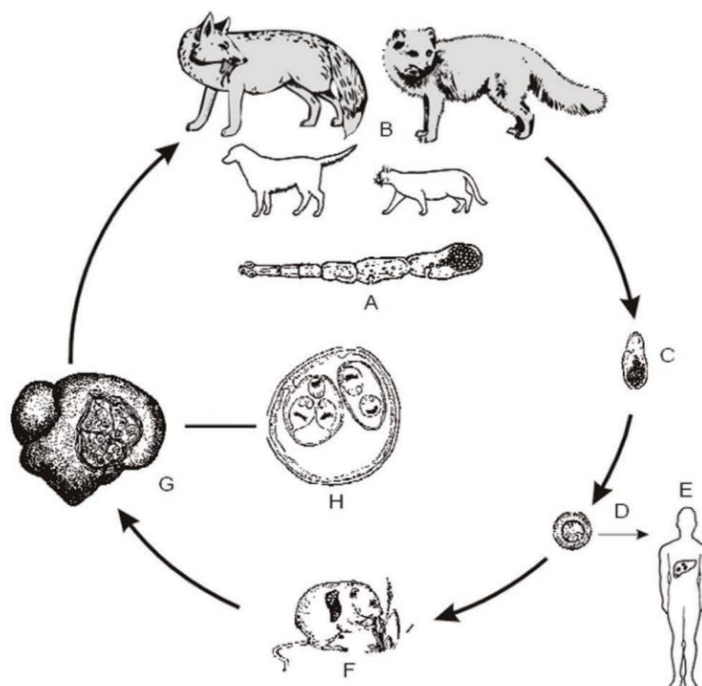


Obrázek 2 Biologie *Echinococcus*. (A) Dospělí červ rodu *Echinococcus* s vajíčky v děloze terminální proglottidy a (B) schéma vajíčka. (C) A zázornění metacestody *E. multilocularis*. (Eckert et al. 2001)

### 3.3 Životní cyklus

*E. multilocularis* se vyznačuje svým lesním cyklem, který zahrnuje dva savčí hostitele, z nichž jsou různí hlodavci jako mezihostitelé a psovitě šelmy jako definitivní hostitelé. Lišky jsou jedním z hlavních definitivních hostitelů. Častými mezihostiteli mohou být nejen hlodavci, ale i zajícovci. Lidé představují náhodné mezihostitele společně s opicemi chovanými v zajetí, bobry, ondatrami a dalšími zvířaty (Knapp et al. 2015).

Dospělá tasemnice parazituje v lumenu střeva. Terminální proglottidy, obsahující 200-300 vajíček, se po uvolnění dostávají s výkaly hostitele do prostředí. Vajíčka tasemnic pak mohou být rozptýlena z míst ukládání několika cestami. Buď tím, že jsou odplavena nebo unášena mouchami, popřípadě jinými vektory. Mohou se tak dostat několik metrů daleko či dokonce překonat i delší vzdálenosti. Kromě toho vajíčka mohou přilnout k pneumatikám, botám nebo zvířecím tlapkám, což vede k dalšímu šíření do životního prostředí, i lidských obydlí. Různé druhy mezihostitelů se pak infikují náhodným pozřením vajíček. Ve střevě mezihostitele se uvolňují první larvální stádium (onkosféru), které obvykle migruje do jater krevním řečištěm. V játrech se parazit vyvine do druhého larválního stadia (metacestoda), které dále roste jako pevná hmota zabírající prostor sestávající z četných mikrocyt. Nakonec se uvnitř mikrocyt tvoří protoskolex. V játrech se pak protoskolexy podobají lézím, které mohou způsobit vážné zdravotní problémy pro jejich růst podobný nádoru, takže z mikroskopických lézí se mohou stát několika milimetrové léze, přičemž u člověka mohou mít v průměru klidně až několik centimetrů. Když nejsou včas diagnostikovány a léčeny, dochází ke smrti. Pokud se nejedná o náhodné hostitele, tak po ulovení mezihostitele definitivním hostitelem se v tenkém střevě vyvinou z protoskolexů dospělí červi, kteří se v definitivním hostiteli dále množí a společně s trusem jsou vylučovány vajíčka do prostředí, díky čemuž se cyklus opakuje (Deplazes et al. 2011; Gemmel & Lawson 1986; Kern et al. 2017; Knapp et al. 2015; Martini et al. 2022; Torgerson et al. 1995).



Obrázek 3 V životním cyklu *E. multilocularis* je (A) v dospělá tasemnice v (B) definitivním hostiteli lišce (vlevo liška obecná vpravo liška polární), případně u domácích či divokých psů a koček. (C) Z nich odchází proglottidy s vajíčky. (D) Vajíčko s onkosférou mohou (E) infikovat člověka (F), ale mezihostiteli zapojeními do cyklu jsou hlodavci. (G) V játrech hlodavců se vyvíjí metacestody. (H) Jedna metacestoda s protoskolexy (Deplazes & Eckert 2004)

### 3.4 Výskyt

*E. multilocularis* má holarktické rozšíření, které zahrnuje oblasti nacházející se severně od obratníku Raka, ale obecně se nevyskytuje v polárních oblastech. Polární populace byly nalezeny pouze na souostroví Svalbard v Norsku. Jinak se vyskytuje od Severní Ameriky přes Euroasii a v Asii je několik vysoce endemických oblastí jako jsou Rusko a Čína (Knapp et al. 2015).



Obrázek 4 Přibližné geografické rozšíření *E. multilocularis* (1999) (Eckert et al. 2001)

#### 3.4.1 Asie

Výskyt *E. multilocularis* v Asii byl zaznamenán v Arménii, Ázerbájdžánu, Rusku, ve středoasijských republikách, Mongolsku, Číně a na severu Japonska. V těchto zemích je přenášén mezi volně žijícími psovítymi šelmami jako jsou lišky, šakalové, vlci a psi mývalovití a malými druhy savců z nich nejčastější jsou hraboši, lumíci, zajáci a piky (Vuitton et al. 2003; Wang et al. 2008). V případě některých geografických oblastí jako je Tibetská náhorní plošina v Číně dochází k sympatrickému výskytu různých druhů či genotypů rodu *Echinococcus* a překrývání domácích s lesními cykly.

V Euroasii se vykytuje *E. multilocularis* primárně v přírodě. V těchto oblastech se vyskytuje euroamerický genotyp udržovaný mezi lumíky, hraboši a liškami. V posledních letech jsou v této části světa infekce lidskou AE hlášeny vzácně, i přesto vznikají obavy, že tento genotyp může pro člověka představovat určité riziko. Avšak je pravděpodobné, že k přenosu na člověka dochází jen přímým kontaktem s divokými šelmami (Konyaev et al. 2013).

*E. granulosis* a *E. multilocularis* se nejspíš vyskytují ve východních oblastech Turecka, Iráku a také v Iránu, kde jsou endemické oblasti. Tyto dva druhy parazita se v těchto místech

s velkou pravděpodobností vyskytují sympatricky, jelikož byly nalezeny při pitvě dvou šakalů a jedné lišky duální infekce (Beirumvand et al. 2011).

V Číně se *E. multilocularis* nejčastěji šíří prostřednictvím lišek a hrabošovitých, případně zajícovců. Hlášená míra infekce u lišek se pohybuje od 5 až do 35 % (Ito et al. 2013). V krajinách s rozmanitostí malých savců, jako jsou například pastviny, vznikají populační ohniska vhodných druhů mezipřenositelů a jsou tak identifikováni jako klíčový faktor pro přenos parazita v Číně (Giraudoux et al. 2013).

Nedávné fylogeografické studie na *E. multilocularis* také odhalily, že čínské izoláty z různých definitivních a přechodných hostitelských druhů se shlukují do toho, co je nyní známé jako asijský genotyp parazita (Nakao et al. 2009, 2010).

V případě Japonska jsou epidemické oblasti *E. multilocularis* na severním ostrově Hokkaidó, kde je přenášen hlavně hraboši a liškami či psy mývalovitými. V posledních letech přibývají důkazy o synantropním cyklu zahrnující domácí psy v důsledku nárůstů populací lišek v městských a příměstských oblastech včetně chráněných lesů a parků. Prevalence u těchto lišek se pohybovala od 21 % do 60 % (Tsukada et al. 2000, 2002).

### 3.4.2 Evropa

V Evropě se historicky *E. multilocularis* omezoval na oblasti východní a střední Francie, Švýcarska, jižního Německa a západního Rakouska (Romig et al. 2006). Avšak v 90. letech minulého století narostla populace lišek, zásluhou toho nastala migrace lišek do periferních oblastí, díky čemuž se parazit geograficky rozšířil na sever Belgie a Nizozemí a také do jihovýchodního a centrálního Německa, České republiky, Slovenska, Maďarska, Rumunska a do dalších zemí bývalého Sovětského svazu (Davidson et al. 2012; Eckert and Deplazes 1999; Vervaeke et al. 2006). V posledních letech se šířil i do Dánska, Estonska, Itálie a Švédska, kde byly v několika studiích zdokumentovány první nálezy (Saeed et al. 2006, Moks et al. 2005; Manfredi et al. 2002, Osterman Lind et al. 2011).

Ve Velké Británii a Irsku zatím nebyl výskyt *E. multilocularis* zaznamenán, pokud se nepočítá infikovaný bobr ze západního Německa, kde bylo riziko zavlečení velmi nízké (Barlow et al. 2011).

V případě severní Evropy byl výskyt prokázán arktické souostroví Svalbard (Fuglei et al. 2008; Stien et al. 2010).

### 3.4.3 Amerika

V Americe je *E. multilocularis* rozšířen od severní Aljašky, přes Kanadu až po západní a centrální Spojené státy americké, kde se parazit rozšiřuje směrem na východ a jih a prevalence u divokých šelem se zvyšuje (Kazacos 2003). Hlavními definitivními hostiteli v těchto oblastech jsou lišky a kojoti.

Nebylo hlášeno mnoho případů lidské AE, ale je pravděpodobné, že s přibývajícím počtem šelem v městských oblastech se bude zvyšovat i procento infikovaných šelem v blízkosti lidí (Carmera & Cardona 2014).



### 3.5 Mezihostitelé

U mezihostitelů hrají zásadní roli malí savci. *E. multilocularis* může nakazit přes 40 druhů, ale nejdůležitější jsou za přirozených podmínek hlodavci z čeledě křečkovití (Cricetidae), a to hlavně jejich podčeleď hrabošovití (Arvicolinae) (Eckert & Deplazes 2004; Viel et al. 1999).

#### 3.5.1 Hrabošovití (Arvicolinae)

Nejčastěji je infekce detekována v Evropě u hraboše polního (*Microtus arvalis* Pallas, 1778) a hryzce vodního (*Arvicola terrestris* Linnaeus, 1758), v Japonsku u norníka šedého (*Myodes rufocanus* Sundevall, 1846), ve střední Asii u slepušky krtčí (*Ellobius tancrei* Blasius, 1884) a hraboše syslího (*Lasiopodomys brandtii* Radde, 1861), a v Severní Americe u křečka dlouhoocasého (*Peromyscus maniculatus* Wagner, 1845) a hraboše pensylvánského (*Microtus pennsylvanicus* Ord, 1815) (Beerli et al. 2017).

Nedávno se *Arvicola terrestris* rozlišil na dva druhy a těmi jsou *A. sherman* Linnaeus, 1758 (hryzec horský) a *A. amphibius* Shaw, 1801 (hryzec vodní), přičemž *A. amphibius* je polovodní hraboš s mnohem širším rozšířením, než *A. sherman*, jehož areál se omezuje na střední Evropu (Miller et al. 2016). Proto jejich jména v této práci mohou být zaměňována, jelikož některé starší studie tyto nové druhy nerozlišují.

Pokud se zaměříme na mezihostitele v Evropě, tak jsou hlášeny vysoké prevalence hlavně hrabošů polních (*M. arvalis*), hrabošů horských (*A. sherman*) a norníků rudých (*Myodes glareolus* Schreber, 1780). Kromě toho je znám výskyt například u hraboše východoevropského (*Microtus levis* Miller, 1908) na Svalbardu, hraboše sněžného (*Chionomys nivalis* Martins, 1842) v Rumunsku, hrabošika podzemního (*Microtus subterraneus* de Selys-Longchamps, 1836) ve Francii, hraboše mokřadního (*Microtus agrestis* Linnaeus, 1761) ve Francii a ve Švédsku, a hryzce vodního (*A. amphibius*) ve Švédsku (Beerli et al. 2017).

Tabulka 1 Souhrnné prevalence *E. multilocularis* v Evropě u hrabošovitých (převzato z Oksanen et al. 2016)

Stát	Souhrnná prevalence (%)	95 % CI (%)	Časový rozsah studií
Belgie	0,2	0,0-0,6	2003-2004
Česká republika	1,3	0,1-3,7	1997
Finsko	0	0	2000-2012
Francie	4,8	1,6-9,7	1975-1995
Německo	0,6	0,4-1,0	1976-1995
Polsko	0	0	2004-2006
Rumunsko	1,4*		1989-2010
Norsko	27	18,0-37,0	1999-2009
Švýcarsko	13,3	10,8-16,1	1993-2008

\*Odhad prevalence pouze z jedné studie, nikoli souhrnná prevalence

### 3.5.1.1 *Microtus a Arvicola*

V České republice jsou hraboši typickými zemědělskými škůdci. Hraboš polní se vyskytuje v oblastech charakterizovaných nižší nebo střední nadmořskou výškou. Preferuje život na otevřených polích a loukách, stanoviště mezi pastvinami a stanoviště s rákosem, přičemž se vyhýbá lesům a hustým rákosovým porostům, proto jej nejčastěji nalezneme na polích s víceletými pícninami, často se však vyskytuje i na polích s jinými plodinami jako např. řepa. Mimo louky ho můžeme najít na pastvinách, travnatých mezích, ale i na travnatých březích dálnic, silnic a dokonce železnic. Podle všeho se v urbanizovaných oblastech může vyskytnout, ale nerozmnožuje se tam. V lesních oblastech se může objevit v důsledku činnosti člověka (Borowski 2003; Zapletal et al. 1999). Kromě toho Kratochvíl & Pelikán (1955) dokázali, že se hraboš polní dostal i do vysokých nadmořských výšek jako jsou Vysoké Tatry na Slovensku, a to díky působení člověka, což ukazuje jeho přizpůsobivost. Tento hraboš obývá téměř 50% České republiky, přičemž toto procento může být i mnohem vyšší při přemnožení nebo emigraci do jiných biotopů (Zapletal et al. 1999).

Hraboši jsou známí svou krátkou generační dobou, zásluhou čehož mohou dosahovat velmi vysokých populačních hustot. V ČR probíhá rozmnožování od začátku dubna do poloviny října (Zejda & Nesvadbová 2000; Zapletal et al. 2001). Ve střední Evropě je u těchto hlodavců hustota nejvyšší na podzim a nejnižší na jaře, kdy je v populaci více starších jedinců, což koresponduje s poznatky o rozmnožování v ČR. Podle všeho v malé míře probíhá rozmnožování i v zimě. K tomuto dochází většinou u mladých samic narozených v prvních jarních vrzích (Beerli et al. 2017, Burlet et al. 2011).

Hraboši žijí v koloniích a vytvářejí pevné sociální struktury. Tvoří dva typy podzemních nor, kdy v zimě je vystylají trávou a v létě si je staví na vlhkých místech. Také vytvářejí i ochranné nory, které umožňují rychlý úkryt.

Podobně hryzec horský obývá travnaté biotopy, avšak jak jeho český název napovídá, tak se vyskytuje spíše v horských oblastech a podhorských oblastech v pohoří Karpat. Jeho blízkého příbuzného hryzce vodního lze také potkat na loukách a pastvinách, ale často je v blízkosti vod na břehu řek, stojatých či pomalu tekoucích vod. Rozsah výskytu těchto dvou hryzců zasahuje i na území ČR (Baláž et al. 2013).

Hustota hryzců je podobně dynamická jako u hraboše. Ve Francii bylo zaznamenáno, že každých 6 let se vzedme hustota hryzců na náhorních plošinách a putují z těchto oblastí do vyšších nadmořských výšek či do údolí (Giraudoux et al. 1997).

Aby došlo k přenosu z mezihostitele na konečného hostitele, musí se v mezihostiteli vyvinout infekční protoskolexy. A také musí mít stejné stanoviště s liškami, kterými jsou pravidelně loveni (Beerli et al. 2017). Larvy u typických mezihostitelů dosáhnou své alveolární formy už za 12 dní a vizuální identifikaci lze provést 10. den po infekci (Rausch 1995). V některých případech jsou jedinci tak nakaženi, že zůstává jen velmi málo jaterní tkáně, vzniká tak masivní otok ve střední části těla, který omezuje hybnost, přesto však některé samice, i při tak velké infekci byly stále kojící a březí. Tak vysoká infekce hlodavce nakonec zabijí. Ale než je stihne infekce zabít, tak je pravděpodobnější, že je uloví liška, protože jim vysoká nákaza a otok může snížit hybnost, díky čemuž jsou i náchylnější k predaci (Henttonen et al. 2001).

Aby k takové infekci došlo, hlodavec se musí nakazit ve velmi mladém věku, vezme-li se v potaz doba, kterou larvální stádium tasemnice potřebuje k vývoji infekčního stadia, jež činí



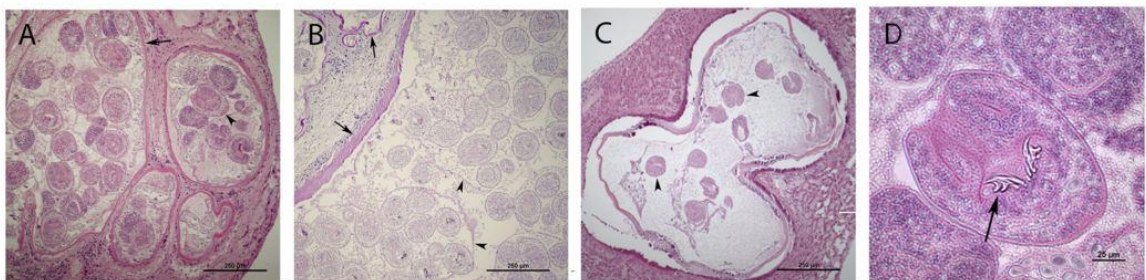
zhruba 3 měsíce, a délka života hlodavců, která se pohybuje v rozmezí měsíců a vzácně jedno roku. Předpokládá se, že se *E. multilocularis* vyvinul tak, aby na tyto vzácná vysoká zamoření spoléhal (Burllet et al. 2011; Hansen et al. 2004).

S šířením parazita může souviset také lovecké chování a defekace konečného hostitele a malá možnost mezihostitele k přesouvání se. Cyklus parazita je vyšší v prostředí, kde se vyskytují hraboš polní i hryzec v hojném množství a jsou nejzranitelnější vůči predaci. Tam, kde se populace těchto hlodavců překrývají se mohou jejich hustoty jevit asynchronně a zajišťovat tak nepřetržitou kořist.

Hraboš polní více využívá povrch než hryzec, a proto je i snadnější kořistí, a také se v něm tvoří více infekčních lézí než u hryzce, což by mohlo naznačovat, že hryzci udržují životní cyklus parazita v prostředí, kde se hraboš polní nevyskytuje. Přesto byla hlášena v Evropě v endemických oblastech prevalence hryzců až 41-79 % (Beerli et al 2017; Burllet et al. 2011; Delattre et al. 1988). Kromě toho jsou hryzci větší a jejich hmotnost se pohybuje mezi 80 a 150 g, proto jsou daleko ziskovější kořistí a lišky je loví i při nižších hustotách. Zatímco hraboš v průměru váží pouhých 20 g a nepřekročí 50 g (Raoul et al. 2010). Podle Beerli et al (2017) je možné, že parazit je více infekční u hrabošů polních, protože lišky preferují hryzce jen v případě, že hraboš není k dispozici nebo je ve velmi nízkých hustotách.

Existují určité časové výkyvy v prevalenci, které mohou pocházet z věkové struktury populace mezihostitelů, protože když se metacestoda usadí, tak zůstává ve svém hostiteli po zbytek jeho života. S přibývajícím věkem se proto infekce kumuluje a zvyšuje se tak prevalence (Burllet et al. 2011). Výkyvy mohou pocházet i z populační dynamiky. Například ve studii Henttonen et al. (2001) zjistili, že první rok se hraboši rozmnožovali brzy na jaře ještě pod sněhem, zatímco druhý rok populace od předchozího roku klesla a počátek rozmnožování nastal později.

Mimo to jsou tito hlodavci více loveni liškami na podzim než na jaře. Nejspíš proto je prevalence *E. multilocularis* u lišek vyšší v následujícím období – tedy v zimě než na podzim, a rovněž v tomto období je vyšší kontaminace prostředí, díky čemuž se mezihostitel snadněji nakazí v zimě (Beerli et al. 2017, Burllet et al. 2011).



Obrázek 5 Mikrofotografie řezů infikovaných jater hryzce vodního a hraboše polního. (A) vezikuly naplněné tekutinou ohraničené eozinofilní stěnou (větší šipka) obsahující velké množství protoskolexů (menší šipka). (B) Vezikuly naplněné tekutinou, přičemž velké šipky směřují na naznačenou laminární vrstvu. Protoskolexy jsou místy uspořádány do plodných kapslí (menší šipky). (C) Vezikuly naplněné tekutinou s protoskolexy. (D) Protoskolexy s rostellárními háčky (Miller et al. 2016)

### 3.5.1.2 *Myodes*

Jedním z experimentů, který dokazuje, že rod *Myodes* je citlivý na infekci *E. multilocularis* a vyvinou se v něm metacestody, které nekalcifikují provedli Woolsey et al. (2015), kde byly v různých dávkách orálně infikovaní hraboši mokřadní. Přesto však má tento rod v přenosu tohoto parazita menší význam, než hraboš polní či hryzci, avšak z hlediska plodnosti lézí je pro něj nejlepším mezihostitelem (Beerli et al. 2017).

Hraboš mokřadní (*M. agrestis*) se v České republice vyskytuje převážně v horských oblastech, ale můžeme jej nalézt i ve středních nadmořských výškách. Tento druh žije v mokřadech, loukách a mladých lesích a má široký geografický areál. Může se nacházet i na místech silně ovlivněných člověkem jako jsou mokřady připojené k lidmi ovlivněným vodním nádržím nebo břehy upravených vodních toků. Občas je možné tohoto hraboše zahlédnout i přímo u zemědělských objektů (Anděra & Zbytovský 2008). Jeho život se podobá ostatním hrabošům, avšak vytváří si nadzemní kulovitá hnízda (Baláž et al. 2013). Jeho velikost je srovnatelná s velikostí hraboše polního (Raoul et al. 2010).

Norník rudý (*M. glareolus*) je dalším běžným druhem naší republiky (Zejda et al. 2002). Žije převážně v křovinách a lesích. Pod listím vyhrabává systém nepřilíš hlubokých chodeb a podobně jako hraboš polní má dva typy těchto chodeb. Při extrémních zimách se může stát, že se přestěhuje do lidského obydlí v blízkosti lesa (Baláž et al. 2013). Tím, že norník preferuje krytá prostředí, tak může potencionálně udržovat cyklus *E. multilocularis* právě v takových biotopech (Delattre et al. 1988). Avšak jeho prevalence je i v endemických oblastech nízká a například v Curichu byla jeho prevalence 3,9 %, což bylo daleko méně než prevalence u hraboše polního ve stejné oblasti (Beerli et al. 2017; Miller et al 2016).

### 3.5.1.3 *Další druhy*

Hraboš východoevropský (*Microtus levis*) se sice nenachází na našem území, ale je dobrým příkladem, jak se parazit může šířit i pomocí mezihostitelů. Na Svalbardu, což jediná polární oblast Evropy, kde byl zaznamenán výskyt *E. multilocularis*, je mezihostitelem právě tento lidmi zavlečený hraboš. Současná populace hrabošů východoevropských má jádro na strmých svazích poblíž pobřeží, kde se tvoří úzký pás bujné graminoidní vegetace, která je výsledkem velkých kolonií mořských ptáků na útesech přímo nad svahy. Rozmnožují se většinou během léta a příležitostně během zimy. Díky tomu a jejich vysoce variabilní míře přežití vytváří víceletou populační dynamiku velmi závislou na zimě. Populační změny určuje zimní klima, a to zejména sníh. Ze savců na Svalbardu kromě polární lišky nežijí žádní predátoři hrabošů ani zde nehnízdí žádní dravci (Henttonen et al. 2001; Yoccoz & Ims 1999).

## 3.5.2 **Myšovití (Muridae)**

Potencionálními mezihostiteli jsou i myšovití, avšak jejich prevalence je velmi nízká až zanedbatelná. Ačkoli některé studie tvrdí, že například myšice (*Apodemus spp.*) mají z myšovitých nejvyšší prevalenci (Oksanen et al. 2016), tak jiné poukazují na fakt, že i ve vysoce endemických oblastech nejsou nalézány nakažené nebo jsou nalézány v řádu jednotlivců oproti hrabošům. Stieger et al. (2002) uvádí, že bylo odchyceno v Curichu 154 myšic a ani jedna nebyla infikovaná. Kromě toho se dosud neukázalo, že by tento rod byl

vhodným mezihostitelem pro *E. multilocularis* ve střední Evropě. Existují případy, kdy byl *E. multilocularis* detekován i u myši domácí (*Mus musculus* Linnaeus, 1758), například byla nalezena ve Francii ve sklepě obytného domu, nebo u potkana (*Rattus norvegicus* Berkenhout, 1769), který měl malé neplodné léze. Zjistilo se, že potkani jsou hodně odolní vůči vysokému očkovaní vajíčky *E. multilocularis* (Beerli et al. 2017).

### 3.5.3 Zajícovci (Lagomorpha)

Zajícovci jako mezihostitelé jsou známí spíše z Asie, a jedná se především o čeleď pišťuchovitých (Ochotonidae) v endemické oblasti Tibetské náhorní plošiny v Číně. V této oblasti jsou známé infikované pišťuchy černolící (*Ochotona curzoniae* Hodgson, 1858), které mají tendenci se shlukovat a s jejich vysokou hustotou se objevují infekce u psů, lišek a lidí (Marston et al. 2014; Wang et al. 2018).

Další čeledí tohoto řádu jsou zajícovití (Leporidae) a ti byly většinou považováni za nevhodné mezihostitele pro *E. multilocularis* (Ohbayashi et al. 1971). Výjimku tvořil zajíc vlnitý (*Lepus oiostolus* Hodgson, 1840) (Xiao et al. 2004).

V Evropě je významným druhem této čeledě zajíc polní (*Lepus europaeus* Pallas, 1778). Pochází ze stepních pastvin Eurasie (Koutsogiannouli et al. 2014). V roce 2014 byl v oblasti Jura ve Švýcarsku zastřelen zajíc, u kterého bylo později prokázáno histologickou i molekulární analýzou, že byl nakažen *E. multilocularis*. Infikovaný zajíc měl morfologicky plně vyvinuté a zralé protoskolice (Chaignat et al. 2015). Ve střední Evropě byl v mnoha studiích dokumentován význam zajíců jako druhu kořisti pro lišku obecnou (Knauer et al. 2010; Zellweger-Fischer et al. 2011; Schmidt et al. 2004). Což by mohlo znamenat, že tento živočišný druh může působit jako kompetentní mezihostitel a přispívat tak k přenosu *E. multilocularis*.

## 3.6 Náhodní mezihostitelé

Jak už bylo zmíněno, tak metacestoda se nevyvíjí jen u hlodavců a zajícovců, ale mohou se nakazit i lidé a další zvířata, kteří většinou nejsou později kořistí definitivního hostitele. Zvířata, u nichž byly nalezeny léze jsou bobři, prasata, primáti, nutrie, ondatry, hmyzožravci nebo i pes. (Oksanen et al. 2016; Peregrine et al. 2012; Rehmann et al. 2005; Umhang et al. 2013)

### 3.6.1 Zvířata

Méně pravděpodobnou kořistí definitivních hostitelů jsou velcí hlodavci, z nichž jsou zaznamenány případy infikovaných bobrů evropských (*Castor fiber* Linnaeus, 1758) například ze Švýcarska (Jankovsky et al. 2002) nebo později i z Rakouska (Cronstedt-Fell et al. 2010).

Dalšími takovými hlodavci jsou ondatra pižmová (*Ondatra zibethicus* Linnaeus, 1766) a nutrie (*Myocastor coypus* Molina, 1782). Jsou to invazivní vodní či polovodní hlodavci pocházející z Ameriky. Ondatra byla zavlečena do mnoha částí světa jako kožešinové zvíře a k její introdukci došlo v Evropě nejspíš u Prahy v roce 1905, následovala četná vypuštění, útky z kožešinových farem a přemístování v rámci vnitrozemské Evropy. V současnosti jsou rozšířené po celé Evropě, kromě Pyrenejského poloostrova, Itálie, Řecka, Británie a Irska, kde

byly vymýceny. Na některých místech může jejich hustota překročit 50 zvířat na ha (Abbás 1991, Genovesi et al. 2009; Martini et al. 2022).

Prevalence ondatery v Evropě se pohybuje v průměru okolo 4 %, přičemž v endemických oblastech může být i vyšší, a metacestody jsou vysoce plodné a u některých jedinců mohou dosáhnout masivní velikosti (Martini et al. 2022; Oksanen et al. 2016). Nutrie byly popsány například v Německu (Hartel et al. 2004) a později i ve Francii (Umhang et al. 2013), přičemž jejich prevalence se pohybuje v průměru okolo 1 % (Oksanen et al. 2016).

Jejich velikost a vodní zvyky dělají z nutrie i ondatry nevhodnou kořist, přesto však hlavně mladé nutrie i ondatry se mohou stát příležitostným úlovkem lišek (Romig et al. 2017; Skyrienė & Paulauskas 2013; Umhang et al. 2013). Přičemž u ondatery se spekuluje její role v cyklu *E. multilocularis* (Martini et al. 2022).

Prasata podle všeho nehrají roli v cyklu *E. multilocularis*, přesto byla hlášena jejich infekce v Německu, Litvě, Švýcarsku a dalších zemích. Kromě toho metacestody u nich umírají a kalcifikují před dosažením plodnosti (Deplazes et al. 2005; Oksanen et al. 2016). I tak detekce infekce u prasat může znamenat kontaminaci prostředí vajíčky této tasemnice, což naznačuje riziko infekce i pro člověka. V roce 2012 byla podána první zpráva infekce prasat i v Polsku (Karamon et al. 2012). V ČR byly vyšetřovány játra s bělavými lézemi tří divokých prasat (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758). Pouze u jednoho byla prokázána infekce *E. multilocularis* (Kolářová et al. 2017).

Byly zaznamenány i případy, kdy se nakazili nejen prasata ale i opice pomocí konzumace kontaminované trávy (Eckert 1998).

Zvláštním případem jsou pak psi, kteří bývají spíše známí jako definitivní hostitelé, avšak vzácně se mohou stát i mezihostiteli. Důkaz k tomu podává i Peregrine et al. (2012), který popisuje nález psa v Britské Kolumbii v Kandatě s přítomností alveolární hydatidní cysty. Tento tříletý pes se pohyboval v okolí domu, kde často pobývali lišky a kojoti. Občas se vracel domů pokrytý silně páchnoucím materiálem, což mohli být liščí výkaly, a to by mohlo napovídat příčině nakažení. Podobné případy u domácích psů byly popsány zejména v Belgii, Německu a ve Švýcarsku. V některých případech byly metacestodní léze nalezeny i v omentum, břišní dutině či na plicích. Tyto případy se často projevovali progresivním zvětšením břicha, nechutenstvím a zvracením a všechny se vyskytovaly ve vysoce endemických oblastech. Podle všeho se pes může nakazit dvěma způsoby, a to při velkém zamoření prostředí vajíčky či důsledkem infekce dospělými parazity, kteří uvolňují vajíčka ve střevech psa, kde se vajíčka také líhnou a napadají tak břišní stěnu a migrují do jater, kde pokračují ve vývoji (Geisel et al. 1990, Haller et al. 1998, Deplazes & Eckert 2001).

### 3.6.2 Lidé

Lidé jsou vajíčkům *E. multilocularis* vytaveni různými způsoby. Nejběžněji se mohou nakazit při manipulaci s definitivními hostiteli či orálním příjmem z kontaminované vody, půdy a potravy (Deplazes et al. 2011; Heggin et al. 2007).

Ročně je hlášeno přes 18 000 nových případů AE na světě a více než 90 % těchto případů se vyskytuje v Číně (Torgerson et al. 2010). V Evropě je velmi nízká prevalence, avšak představuje zoonotický potenciál a je velkou parazitickou hrozbou pro zdraví lidí díky perzistenci a patogenitě (Combes et al. 2012).

U lidí má echinokokóza inkubační dobu 5 až 15 let a může být rozlišována na několik fází infekce (počáteční, progresivní, pokročilá, stabilita, abortivní průběh) a několik patologických jednotek. Většinou bez příznaků je počáteční fáze a ta může být vyléčena spontánně. Jsou známi případy, kdy infekce metacestody kalcifikují a degenerují. Rausch et al. (1987) popsali spontánní smrt metacestody u pěti asymptomatických pacientů z Aljašky potvrzených pomocí sérologických testů. Bohužel nejkratší období mezi příjmem vajíček *E. multilocularis* a vytvoření specifických protilátek, které by mohli prokázat infekci, není známo.

Nebo počáteční fáze může přejít do progresivní, jejíž příznaky se projevují, když metacestoda infikuje větší část jater a ovlivňuje tak její důležité funkce. Zpočátku se jako příznaky objevují bolest břicha, žloutenka, hepatomegalie, někdy horečka a anémie, ztráta hmotnosti či pleurální bolest. Jak se metacestoda zvětšuje, tak nastává dysfunkce jater spojená často se portální hypertenzí, která je spíše charakteristická pro pokročilou fázi (Ammann & Eckert 1996; Eckert 1998; Sato et al. 1993).

V pokročilé fázi se objevuje těžká jaterní dysfunkce (Eckert & Deplazes 2004). Metacestody se u lidí tvoří v naprosté většině v játrech, avšak při pokročilé fázi může dojít k napadení dalších orgánů. Ve švýcarské studii u 70 pacientů s pokročilým AE, byla napadena pouze játra u 67 % z těchto pacientů, zatímco játra i sousední orgány byly infikované u 20 % a játra a vzdálené orgány byly detekovány u 13 % pacientů (Eckert 1998).

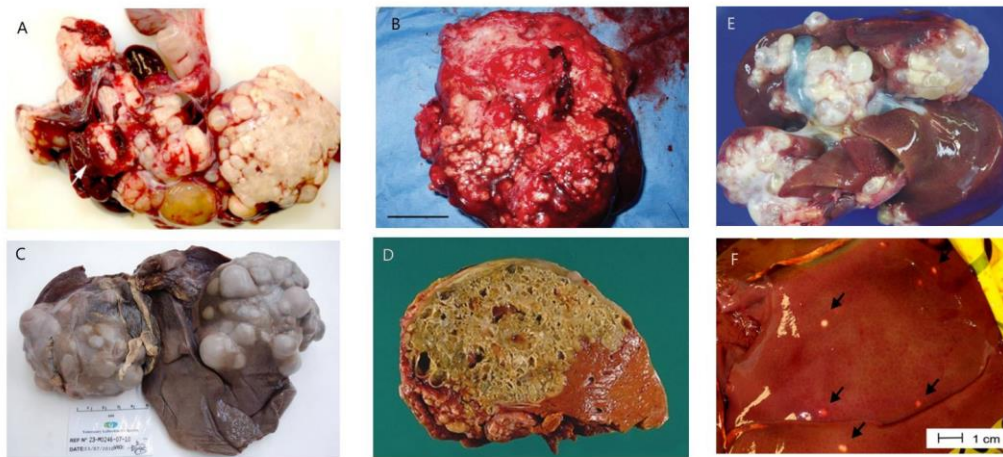
Doba tohoto onemocnění je u lidí různá, ale může se pohybovat od týdnů až po roky, přičemž ji doprovází velká míra úmrtnosti hlavně u neléčených nebo špatně léčených pacientů. U takových lidí je míra dožití 10 let po diagnóze menší než 30 % a 15 let je téměř nulová.

Stabilní fáze nastává u člověka, který podstupuje dlouhodobou chemoterapii, kdy se inhibuje růst parazita (Eckert & Deplazes 2004).

Pro léčbu je včasná diagnostika důležitá. V letech 1984 až 1991 na ostrově Hokkaidó podstoupilo primární screeningové vyšetření celkem 542 520 lidí, z nichž bylo pozitivních 4509. Velká část se dostavila k sekundárnímu screeningovému vyšetření ultrasonografií, které odhalila 94 asymptomatických případů. Důležitější však je, že toto šetření odhalilo infikované lidi, kteří mohli být včasně léčeni a měli tak vyšší šanci na uzdravení (Sato et al. 1993).

V ČR se od roku 1998 provádí screeningové testy, díky nimž od té doby až do roku 2016 bylo diagnostikováno 36 pacientů s AE z 2 695 vyšetřovaných. Věk infikovaných se pohyboval od 20 do 82 let. Přičemž v průzkumu do 2014 bylo odhaleno pouhých 21 případů této nemoci. Což naznačuje, že v ČR narůstá případů AE (Kolářová et al. 2017). Někteří z těchto pacientů uvedli, že byli majiteli psů nebo koček, či se věnovali zahradničení, zemědělství nebo lovu, což jsou rizikové faktory. Předpokládá se, že na našem území má toto onemocnění autochtónní povahu (Kolářová et al. 2015).

Intervenční strategie pro minimalizaci rizika AE pro člověka musí vzít v úvahu komplexní ekologii divokého hostitele, možné zapojení domácích psů a předvídat plánované účinky interakce mezi člověkem a divokou zvěří (Hegglin et al. 2015).



Obrázek 6 Játra náhodných mezipřenositelů s lézemi, u nichž byla potvrzena infekce *E. multilocularis*. (A) Játra ondatry zakousnuté psem ve Švýcarsku (Thiele et al. 2023). (B) Část jater psa z Kanady s mnohočetnými bílými uzlinami (Peregrine et al. 2012). (C) Rozsáhlé mnohočetné cysty bobra z Velké Británie (Barlow et al. 2011). (D) Řez jater člověka s mnohočetnými malými i velkými cystami s maximálním průměrem 3 cm. (Eckert & Deplazes 1999) (E) Játra s tkání metacystod u makaka jávského (Tappe et al. 2007). (F) Játra prasete z Polska (Karamon et al. 2012)

### 3.7 Definitivní hostitelé

Jako definitivní hostitelé hrají klíčovou roli hlavně lišky, a to především liška polární (*Alopex lagopus* Linnaeus, 1758) a liška obecná (*Vulpes vulpes* Linnaeus, 1758), ale mohou se nakazit i další psovité šelmy, jako je kojot préríjní (*Canis latrans* Say, 1823), pes mývalovitý (*Nyctereutes procyonoides* Gray, 1834), šakal obecný (*Canis aureus* Linnaeus, 1758) a vlk (*Canis lupus* Linnaeus, 1758), případně i domácí zvířata jako jsou psi (*Canis lupus f. familiaris* Linnaeus, 1758) a kočky (*Felis silvestris f. catus* Linnaeus, 1758) (Eckert & Deplazes 2004; Oksanen et al. 2016).

V závislosti na definitivním hostiteli existují určité rozdíly ve vztahu k parazitovi, proto byli experimentálně naočkováni 20 000 protoskolexy *E. multilocularis* lišky obecné, psíci mývalovití, psi a kočky domácí a hodnotila se zátěž dospělými červy ve 35, 63 a 90 dnech a pak i celkové množství vyloučených vajíček. Největší zátěž měly lišky (84 %) a nejmenší kočky (3 %), přičemž se zátěž po 90 dnech velmi snížila u lišek, psíků i koček, avšak u psů zůstávala i nadále vysoká. Doba většiny vyloučených vajíček byla relativně krátká, u lišek trvala 27 dní, u psíků 30 dní, u psů 43 dní a u koček 13 dní. I přes rozdíly při zátěži červy vylučovali průměrně srovnatelné množství vajíček parazita lišky, psi i psíci (Kapel et al. 2006).

#### 3.7.1 Lišky (*Vulpes* a *Alopex*)

Z psovitých šelem je hlavním definitivním hostitelem *E. multilocularis* liška obecná (*V. vulpes*) (Beerli et al. 2017), která se vyskytuje v mnoha částech světa (Raoul et al. 2015). Je to predátor mnoha druhů zvířat, avšak převážně se živí malými savci, ptáky, bezobratlými a ovocem.



V posledních desetiletích populace lišek podstatně narostla. Má to na svědomí nejspíš úspěšná vakcinace, zvýšená nabídka antropogenní zdrojů potravy a měnící se způsob interakce mezi lidmi a volně žijícími zvířaty. Po celém světě se liščí populace dostávají do osídlených a urbanizovaných oblastí. Přičemž existují studie, které poukazují na to, že na venkově střední Evropy se lišky z velké části živí hrabošovitými z otevřeného prostředí jako jsou *Arvicola spp.* a *Microtus spp.* Uvnitř měst na rozdíl od venkova jejich stravu tvoří spíše antropogenní potrava a bezobratlí, protože tam nežije tolik savčí kořist.

I tak se objevují důkazy o městském cyklu *E. multilocularis* a má se za to, že tyto změny v populační dynamice lišek vedli k významnému nárůstu výskytu AE v regionech kontinentální Evropy během posledních dvou století. V historii se díky těmto změnám v populaci lišek šířil parazit z endemických oblastí do oblastí střední Evropy směrem k pobaltským státům, skandinávským zemím a na západ od Francie.

Kromě toho si ve městech na rozdíl od venkova lišky vytváří sociální struktury a mají menší domovské okrsky, což vede k větší hustotě lišek. Také dochází k segregaci venkovských a městských jedinců, což způsobuje snížení toku genů (Beerli et al. 2017; Hegglin et al. 2003; Reperant et al. 2007, Wandeler et al. 2003).

V ČR byl v letech 1994 až 1999 prováděn monitoring lišek, na jehož základě byla stanovena prevalence *E. multilocularis* na 19,7 %. Současně bylo zjištěno, že v některých lokalitách byla prevalence vyšší. Například v jižních Čechách byla až 70,6 % (Pavlásek 1998) a 63,3 % (Martínek et al. 2001).

Oksanen et al. 2016 tvrdí, že při velké prevalenci u lišek se většinou *E. multilocularis* vyskytuje i u ostatních provitých šelem. S malou prevalencí se také vyskytují u domácích mazlíčků jako jsou psi nebo kočky. Také existují určité důkazy o tom, že u starých lišek ve srovnání s mladými liškami je zátěž parazita nižší. Podle všeho mladé lišky ukrývají až 85% biomasy *E. multilocularis* (Hofer et al. 2000).

Kromě lišky obecné se *E. multilocularis* vyskytuje i u dalších lišek jako je liška horská (*V. ferrilata* Hodgson, 1842), korsak (*V. corsac* Linnaeus, 1768) nebo liška polární (*A. lagopus*) (Raoul et al 2015), která je také velmi důležitým definitivním hostitelem. V Evropě se vyskytuje v polárních oblastech a v létě se tato liška rozmnožuje a spoléhá na to, že potravu jí zajistí pobřeží plné mořských ptáků, kteří obvykle hnízdí na útesech v koloniích. V zimě se potuluje po ledové poušti. Je známa migrace mezi Svalbardem a Sibiří. Tuto skutečnost dokázala liška označena na Svalbardu a odchycena na souostroví Nová země (Henttonen et al. 2001). Také ji můžeme nalézt v tundře na ostrově Svatého Vavřince na Aljašce, kde na podzim může prevalence dosahovat k téměř 100 %, protože všechny mladé lišky, které koncem léta vylézají z doupat bývají nakažené. V těchto oblastech jim jako potrava z velké části slouží hraboš hospodárný (*Microtus oeconomus* Pallas, 1776). V zimě se prevalence snižuje o 30 %, jelikož v tuto roční dobu oblast pokrývá vrstva sněhu, proto lišky hledají jiné zdroje potravy, než jsou hlodavci (Rausch 1995).

### 3.7.2 Divoké šelmy

Dalším definitivním hostitelem, který se vyskytuje i v ČR je psík mývalovitý (*N. procyonoides*) (Kolářová et al. 2015). Tato středně velká psovitá šelma byla zavlečena do východní Evropy z Dálného východu. Dnes patří k nejběžnějším divokým masožravcům

v pobaltských státech, Polska, východního Německa a dostává se i do střední a severní Evropy. Na rozdíl od lišek defekují velmi lokálně na určitých místech, díky čemuž se snižuje pravděpodobnost, že jsou jimi vajíčka helmintů rozsáhle šířena do prostředí. Je vysoce náchylný k většině psích helmintů (Deplazes et al. 2011).

U psíka mývalovitého je infekce mnohem nižší než u lišek (Otranto et al. 2015). Prevalence *E. multilocularis* v ČR není známá, ale v okolních státech jako je Slovensko, Německo a Polsko se pohybuje od 0,1 % až po 64 % (Oksanen et al. 2016).

### 3.7.3 Domácí šelmy

Citové pouto mezi lidmi a domácími zvířaty je uznávané jako prospěšný vztah, protože poskytuje výhody s ohledem na socializaci, duševní zdraví, a dokonce i fyzickou pohodu (Paul et al. 2010). K těmto zvířatům patří domácí psi i kočky, kteří hrají důležitou roli při přenosu helmintických zoonóz, již je i *E. multilocularis*. Mimo to se na tyto domácí šelmy vytváří permanentní infekční tlak mnoha druhů parazitů velké populace volně pobíhajících toulavých koček po celé Evropě a toulavých psů zejména v jižní Evropě (Deplazes et al. 2011).

U psů i koček byly zaznamenány v případě vylučování vajíček tasemnic gastrointestinální poruchy jako je průjem, avšak při *E. multilocularis* jsou zvířata asymptomatická (Kapel et al. 2006).

#### 3.7.3.1 *Pes domácí (Canis lupus f. familiaris)*

Jediný malý savec infikovaný metacestodou *E. multilocularis* může obsahovat mnoho tisíc protoskolexů, což by mohlo vést k vysoké intenzitě infekce u psů, kteří takové malé savce konzumují (Schmitt et al. 1997), ale vzhledem k obecně nízké míře prevalence u malých savců v endemických oblastech, ve většině případů psi uniknou infekci, i když konzumují malé savce, kteří by mohli být mezihostiteli této tasemnice (Hofer et al. 2000).

I přes relativně nízkou prevalenci výrazně přispívají ke kontaminaci životního prostředí vzhledem jejich hustotě populace, a to zejména ve městech (Hegglin & Deplazes 2013). Psi jsou rizikovým faktorem hlavně pro člověka, a to nejen tím že jsou sami definitivními hostiteli (Deplazes et al. 2011), ale vajíčka tasemnic jsou přilnavá k srsti po celém těle a v některých případech byly detekované proglotidy nebo vajíčka v perianální oblasti infikovaných psů nebo se psi mohou vyválet v liščích výkalech a být tak dalším nepřímým zdrojem infekce (Deplazes et al. 2004).

Mimo to jsou psi stále častěji přesouváni zejména z východu kontinentu do střední Evropy, buď obchodem nebo za účelem ochrany zvířat. Díky tomuto se do Evropy dostávají exotičtí parazité. Aby se zabránilo zavlečení *E. multilocularis* např. do Velké Británie, Irska a dosud neendemických skandinávských zemí, kde by bylo usídlení parazita možné, protože tam žijí vhodní mezihostitelé, je zaveden přísný režim odčervování všech psů, kteří do nich vstupují (Deplazes et al. 2011). A riziko takového zavlečení je vysoké, protože existuje přibližně 98% pravděpodobnost, že alespoň jeden z 10 000 psů vracejících se z krátkého výletu je infikován (Torgerson & Craig 2009).

Konkrétně se prevalence u psů pohybuje od 0,3 % do 1 %, avšak u psů s přístupem k hlodavcům může prevalence vzrůst až na 7 %. V endemických oblastech střední Evropy se



prevalence pohybuje mezi 0,1 % až 10 %, podobnou prevalenci mají i endemická ohniska na Aljašce, v Číně, ve Francii a Japonsku (Deplazes et al. 1999).

Ve střední Evropě bylo provedeno několik studií kvůli určení prevalence *E. multilocularis* u domácích psů. Například v Curychu bylo testováno 660 psů, kdy u 2 (0,3 %) z těchto psů byla později pitvou, PCR testem nebo obojím prokázána infekce *E. multilocularis* (Deplazes et al. 1999). V Německu bylo testováno 21 588 vzorků trusu psů a u 43 (0,24 %) z nich byla nalezena DNA *E. multilocularis* (Dyachenko et al 2008).

I v ČR byly testovány vzorky psích výkalů. Metodou ELISA bylo testováno 186 vzorků, z čehož bylo 15 pozitivních. Prevalence byla stanovena na 8,1 %, ale tyto psi byli z oblastí, kde byla vysoká hustota lišek, také měli možnost se volně pohybovat a lovit hlodavce, pokud by testovali větší oblasti i města, tak by prevalence s největší pravděpodobností byla nižší (Svobodová & Lenská 2002). Ziadinov et al. (2008) prokázali, že domácí psi, kterým bylo dovoleno se po určitou dobu úplně nebo chvíli toulat a kteří byli využíváni k lovu, byli častěji infikováni.

### 3.7.3.2 Kočka domácí (*Felis silvestris f. catus*)

Kočky jsou pravděpodobně častěji infikováni než psi, přesto jsou méně častými hostiteli a také méně citlivými. Často u nich není dosaženo plné zralosti parazita (Oksanen et al. 2016). Proto se zdá, že kočky mají nižší a variabilnější stupeň vnímavosti, jak bylo pozorováno v několika starších i novějších experimentálních studiích, kromě toho byla experimentálně dokumentována snížená schopnost vylučovat vajíčka (Eckert et al 2001, Jenkins & Romig 2000; Kapel et al. 2006). I přesto mohou přirozeně infikované kočky přechovávat malé množství červů *E. multilocularis* obsahujících plně vyvinutá vajíčka, a jsou proto potenciálními zdroji infekce (Eckert 1998).

Ačkoli se dnes městský cyklus vyskytuje u lišek, tak dříve se někteří obávali, že by k takovému cyklu mohlo dojít pomocí domácích mazlíčků, k nimž patří i kočka, která se často živí hlodavci (Vogel 1960). Prevalence *E. multilocularis* u koček je na velmi nízké úrovni, podle studie Deplazes et al. (1999) v Curychu se pohybuje na pouhých 0,38 %, avšak populace koček ve městech je velká, a i tak nízká prevalence může představovat určité riziko. Podle statistiky zdanění psů Curychu je 0,7 psa na ha a populace koček se odhaduje asi na trojnásobek (Deplazes et al. 2004). Kromě zjišťování prevalence Deplazes et al. (1999) experimentálně infikovali kočky, kdy 5 z těchto koček mělo v sobě 20-6833 červů. A 3 z 5 infikovaných koček neslo více, než 1000 červů s malými rozdíly v růstu nebo vývoji červů ve srovnání s červy psů.

V Německu při rozsáhlé studii byla prevalence u koček stanovena na 0,25 %, přičemž testované kočky pocházeli nejen z Německa, ale i Dánska a Nizozemí. Populace koček byla v té době v Německu skoro 8 miliónů, což by znamenalo, že ročně by mohlo být infikováno *E. multilocularis* zhruba 18 000 koček (Dyachenko et al 2008).

V Severní Americe je nákaza u koček velmi zřídka, i když jsou tam známé endemické oblasti i případ velké prevalence psů, tak u koček byly hlášeny pouze 3 v Saskatchewan a 2 v Severní Dakotě. V Saskatchewanu se počet červů u dvou koček pohyboval 30–50 jedinců a v jedné byly pouze 3 červy (Leiby & Kritsky 1972; Peregrine et al. 2012; Wobeser 1971).

### 3.8 Dynamika hostitel-parazit

Aby se zabránilo infekci člověka, vyvinuli se různé strategie ke kontrole chorob u volně žijících živočichů, protože fungují jako rezervoáry. Bohužel tato praxe nevyhnutelně zasahuje do ekologie volně žijících zvířat. Strategie, které lidem pomáhají s kontrolou infekcí, mohou být usmrcení, vakcinace, léčení nebo eliminace infikovaných jedinců. Přičemž u každé z této strategií je třeba uvažovat i o dalších následcích. Například u hostitelů, kde určitý patogen omezuje početnost, může vést očkování ke zvýšení populace, což může mít dopad na zbytek ekologické komunity, jako se spekuluje, že vakcinace proti vzteklině v Evropě vedla k rozšíření *E. multilocularis*. Vtah mezi hostitelem a patogenem není určen pouze daným druhem, ale také podmínkami prostředí, charakteristikou půdy, klimatu a vegetace a prostorové rozšíření zdrojů a jiných druhů jako jsou predátoři. Všechny tyto vztahy ovlivňují systém hostitel-parazit (Artois et al. 2011). Proto je důležité zabývat se nejen definitivními hostiteli, kteří šíří vajíčka do prostředí, ale také se zaměřit na mezihostitele a dynamiku, kterou spolu s definitivními hostiteli tvoří.

Podle studie Bastien et al. (2018) je hustota trusu definitivního hostitele považována za jeden z hlavních faktorů rizika infekce pro mezihostitele, a tedy i pro člověka, proto zkoumali výskyt vajíček *E. multilocularis* ve venkovských oblastech, převážně v okolí lidských obydlí a na zahrádkách, protože plodiny z těchto zahrádek mohou být rizikovým faktorem pro člověka. Na zahrádkách se mohou nacházet hlodavci, které v této studii byli odchyťováni, ale kromě nich takové hlodavce mohou ulovit i domácí mazlíčci, kteří se tak mohou nakazit a přenést tak tuto nákazu i na člověka (Dalettre 1988). Bastien et al. (2018) zkoumali i tzv. mikroložiska tedy jedno určité místo, které je vysoce infekční. Mikroložiska jsou ovlivněna distribucí trusu definitivních hostitelů. Na zahrádkách může být vhodné prostředí pro vajíčka parazita, protože jsou zalévány, což zabraňuje vysychání vajíček. Toto může vysvětlovat jejich zjištění, že hlodavci vystaveni zahrádkám měli vyšší pravděpodobnost, že budou infikováni než ti, co jim vystaveni nebyli.

Navíc bylo prokázáno, že infikované lišky se častěji vyskytují v oblastech s vysokou vlhkostí půdy. Nejspíš to samé bude platit i pro mezihostitele. I když vlhkost půdy není ovlivněna jen lidmi a srážkami, ale také dalšími faktory, kterými jsou např. teplota, růst vegetace a sluneční expozice. Kromě vlhkého prostředí přispívají k riziku infekce i nízké teploty. Experimentálně se zjistilo, že vajíčka v chladném a vlhkém prostředí dokážou přežít až několik měsíců. Takové počasí je typické pro zimy střední Evropy, proto je nejvyšší infekční tlak v zimě. Na rozdíl od suchých a horkých podmínek v létě, kdy vajíčka ztrácejí svou infekčnost už během několika hodin a přežívají maximálně několik dní. Proto je důležité kromě dynamiky hostitel-parazit pochopit i vliv meteorologických faktorů a sezónních změn a jak ovlivňují tuto dynamiku k poznání jejich epidemiologie a rozvoji účinných kontrolních strategií (Veit et al. 1995, Burlet et al. 2011).

Mimo jiné systém parazit a hostitel ovlivňuje heterogenní distribuce parazita, jehož životní cyklus se odehrává v různých prostorových měřítcích, od několika metrů, které zahrnují domovský okrsek hlodavce, až po několik kilometrů, jež mohou být domovem lišek (Hansen et al. 2004). V endemických oblastech může prevalence u lišek dosáhnout až přes 60 %, avšak ve srovnání s tím jsou prevalence hrabošů velmi nízké (1-6 %). Až na některé menší oblasti, kde jsou zjištěny vysoké prevalence a ukazují na přítomnost již zmíněných mikroložisek (nebo

v angličtině nazývaných „hots pots“) ve venkovských nebo i městských oblastech (Stieger et al. 2002).

Parazitické infekce jsou také určeny i fyzickými a imunologickými bariérami implementovanými hostitelem a na schopnosti parazita tyto bariéry překonat (Massolo et al 2021). Pochopení velikosti této imunity může také ovlivnit kontrolní strategie (Anderson & May 1985). Jak už bylo zmíněno, tak u definitivních hostitelů se může vytvářet určitá imunita, kterou by mohl dokazovat fakt, že mláďata uchovávají více parazitů než dospělí (Budke et al. 2005; Hofer et al. 2000; Potrer et al. 2022). U mezihostitelů má také imunitní odpověď svou roli a je nejcitlivější v rané fázi vývoje od onkosféry po metacestu v játrech (Thompson 2017).

### 3.9 Diagnostika

Dříve se diagnostika převážně prováděla screeningem střevního traktu na přítomnost červů u jatečně upravených těl. Tito červi byli sotva viditelní pouhým okem (Massolo et al 2021) a při tom se identifikovali podle specifických morfologických kritérií, jako je velikost gravidní proglotidy a poloha genitálního póru (Carmera & Cardona 2014). Jedna z takových technik je sedimentace a počítání (v angličtině „sedimentation and counting technique“). Tato technika je považována za zlatý standard, protože byla navržena tak, aby prozkoumala celý střevní obsah studovaného zvířete, což umožňuje detekci i pouhého jediného parazita. Díky tomu se diagnostická citlivost blíží téměř ke 100 % (Hofer et al. 2000). Avšak časově je náročná, proto dnes existuje i segmentovaná technika sedimentace a počítání (v angličtině „segmental sedimentation and counting technique“), která analyzuje pět částí střeva (Umhang et al. 2011). Dalšími metodami může být škrábání, filtrace a počítání (v angličtině „scraping, filtration, and counting technique“) (Gesy et al. 2013) nebo i technika střevního škrábání (v angličtině „intestinal scraping technique“) (Tackmann et al. 2006).

Dnes už jsou hojně využívány i intravitální diagnostické metody, které mají nižší citlivost a specifčnost, ale mají i své výhody jako je bezpečnost, dají se použít pro větší počet vzorků a v neposlední řadě jsou časově méně náročné. Jednou z takových metod je i metoda ELISA (CpAg-ELISA), jejíž citlivost je 84-95 % pro střední až vysokou zátěž červy ve střevech (Carmena et al. 2007; Eckert 2003).

Také existuje řada testů založených na PCR pro specifickou detekci DNA *E. multilocularis* u výkalů definitivních hostitelů, vajíček či u celé tasemnice. Citlivost takového testu je 89-94 % (Carmera & Cardona 2014). Kromě toho poměrně nedávno byly vyvinuty i citlivější diagnostické nástroje jako jsou droped digitální PCR (ddPCR). Ty se na rozdíl od coproqPCR nespolehají na fekální flotaci. Díky ddPCR může být u mezihostitelů diagnostikovaná infekce, i přestože nemají viditelné léze (Bago et al. 2021; Massolo et al 2021).

Infekce mezihostitelů jsou i nadále určovány převážně makroskopickým vyšetřením citlivých orgánů – převážně jater pro vizuální detekci lézí. V případě detekce lézí může být tento vzorek předložen k histologii pro charakterizaci larválního stadia a k potvrzení diagnózy pomocí PCR nebo imunohistochemie, avšak to se používá jen málokdy (Massolo et al 2021).

U manipulaci s infikovanými definitivními hostiteli nebo jejich výkaly se musí myslet i na bezpečnost, proto se využívají speciální laboratoře nebo pitevny. Před vstupem do takové

místnosti musí být pracovník v ochranném oděvu. Střeva i vzorky stolice musí být hluboce zamražena, a to až k -80 °C po dobu dvou dnů (Carmera & Cardona 2014; Eckert et al. 2001).

Specifická diagnostika probíhá u lidských pacientů, kde se používají zobrazovací metody jako je ultrasonografie, která bývá doplněna počítačovou tomografií, jež může odhalit největší počet lézí a charakteristických kalcifikací. Užívá se i magnetické rezonance, která může diagnostiku usnadnit (Reuter et al. 2001).

Infekce parazitem se může potvrdit i chirurgicky nebo biopsií. Ve většině případů postačuje histologické vyšetření, ale rozpoznání charakteristických struktur ve vzorcích z tenkojehlové biopsie nebo kalcifikovaných vzorcích může být obtížné nebo nemožné (Eckert & Deplazes 2004).

Tabulka 2 Možnosti diagnostiky *E. multilocularis* u zvířat (Převzato z Deplazes & Eckert 2004)

Skupina zvířat	Materiál	Test, citlivost a specifita
<b>Živá zvířata</b>		
Psi a kočky, individuální zvířata a populace	výkaly v pufru	Screening: coproantigen ELISA. S 84–95 %; SP 96--99% Sekundární test pro potvrzení či vyloučení: copro-PCR. S 89–94 %; SP 100 %
Populace lišek	výkaly z přírody	Screening: coprogantigen ELISA. Sekundární test: copro-PCR. S i SP viz. výše.
Náhodní hostitelé, psi, opice, prasata	sérologie, tenkojehelná aspirace, biopsie	Abdominální ultrasonografie, jiné zobrazovací techniky, je možná sérologie, ale ne validovaná pro všechny druhy detekce specifických antigenů a DNA ve vzorcích jaterní biopsie
<b>Mrtvá zvířata</b>		
Psi, kočky, lišky, atd.	tenké střevo	Standartní možnosti: Detekce při nekropsii technikou střevního škrábání (S 78 %; SP 100 %) nebo technikou sedimentace a počítání (S 100 %; SP 100 %).
	výkaly z konečníku, případně obsah střeva v pufru	Nové možnosti: coprogantigen ELISA a/nebo copro-PCR, které lze použít i pro rutinní screening
Náhodní hostitelé a mezihostitelé	vnitřní orgány	Normální pitevnické postupy, histologie, ve spojení s PCR ve sporných případech.

S citlivost; SP specifita

### 3.10 Prevence a léčba

Edukace o nebezpečí, které AE přináší, je nezbytnou částí prevence.

Švýcarské národní centrum pro echinokokózu v Curychu doporučilo několik opatření. Taková doporučení se věnují mytí, ať už rukou nebo potravin, které mohou přijít do kontaktu s liščími trusem či kontaminovanou půdou. To se týká hlavně pracujících v zemědělství či v parcích nebo potravin nasbíraných v lese například lesních plodů nebo hub. Potravin mohou

být případně uvařeny, avšak mražení do  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  je zbytečné, jelikož jak už bylo zmíněno, tak *E. multilocularis* vydrží teploty až do  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Další doporučení se týká zacházení s definitivními hostiteli, kdy by se při styku, například s liškami, měli používat jednorázové rukavice. Případně lidé, kteří přišli do kontaktu s indikovanými definitivními hostiteli nebo jsou opakovaně vystavováni riziku, by měli být vyšetřeni (Eckert et al. 2001; Eckert and Deplazes 1999).

Laboratoře mají speciální opatření, které má zabránit infekci člověka. Tato opatření se ale mohou vztahovat i na laboratoře v endemických oblastech, kde se pitvají lišky (Carmera & Cardona 2014; Eckert and Deplazes 1999).

Když selže prevence a člověk se nakazí, tak jednou z možností léčby u lidí jsou chirurgické zákroky. Ty se zaměřují hlavně na operativní odstranění parazitárních lézí z jater nebo z dalších orgánů. To je možné prakticky u všech včasně diagnostikovaných případů, avšak pouze u 20 až 40 % pokročilých. I když tato léčba může vést k úplnému uzdravení, tak často dochází k neúplnému odstranění parazita z těla, kvůli například nezjištěné infekci u některých tkání. Proto by měla být i po operaci prováděna chemoterapie minimálně 2 roky. Pro možnost návratu infekce by měl být pacient sledován alespoň 10 let podle WHO (Eckert & Deplazes 2004; Eckert et al. 2001; Kern et al. 2000; WHO 1996). I když je znám případ, kde se infekce navrátila i po 14 letech po takové operaci (Ammann & Eckert 1996). Zřídka kdy se využívá transplantace jater, protože hrozí riziko druhotné infekce (Pawlowski et al. 2001).

Další možností léčby je již zmíněná chemoterapie. Kromě už uvedených dvou let po operativním odstranění lézí, se může provádět dlouhodobě při neúplném odstranění lézí či při transplantaci jater (Eckert & Deplazes 2004).

U lidí se uskutečňuje kontinuální léčba benzimidazoly. Mebendazol je derivátem benzimidazolu a byl prvním úspěšně použitým lékem. Podává se v denních dávkách 40 až 50 mg/kg tělesné hmotnosti. Podobné účinky jako mebendazol má albendazol, který se podává v denních dávkách 10 až 15 mg/kg tělesné hmotnosti. Oba léky by se měly užívat s jídlem obsahujícím tuk. Jelikož neexistují žádné metody, které by umožňovali posoudit aktivitu a stav parazita, tak se k hodnocení úspěšnosti používá stav pacienta a míra proliferace (Eckert & Deplazes 2004, Kern 2010). Při experimentálních pokusech na infikovaných hlodavcích, kdy byly tyto léky podávány ústně po dobu dvou měsíců, došlo u protoskolexů k poškození zárodečné vrstvy a k zastavení růstu metacestod, ale parazit obvykle nebyl zabit (Eckert 1998).

Většinou je léčba AE u lidí celoživotním procesem a je náročná nejen fyzicky a psychicky, ale i finančně (Burllet et al. 2011). Takové léčení by u jiných mezihostitelů bylo prakticky nemožné. Jediná prevence, která by se mohla týkat mezihostitelům, je zamezení setkání s definitivními hostiteli. Toto by se mělo praktikovat hlavně u domácích zvířat, u nichž je riziko nákazy zvýšeno s přístupem k hlodavcům (Deplazes et al. 2011).

Jinak se prevence u definitivních hostitelů týká hlavně pravidelné léčby anthelmintiky. Tato léčba je jeden z nejúčinnějších způsobů, jak snížit infekční tlak nejen u konečného ale i u mezihostitele. Ve studii Hegglin et al. (2003) v městských oblastech Curichu, kde se vykytovali populace lišek, nastražili odčervovací návnady a prokázali tak, že míra prevalence se již po roce vnaďení snižuje. Protože v městských oblastech může hustota lišek snadno překročit i 10 dospělých lišek na  $\text{km}^2$ , tak se jako velmi účinná hustota antihemintických návnad se ukázala 50 návnad na  $\text{km}^2$ . Polovinu těchto návnad vzaly lišky, ale ostatní zkonzumovali ježci, psi, hlodavci a hlemýždi. Proto došli k výsledku, že optimální hustota návnad ve městech by mohla

být 20 návnad na km<sup>2</sup>, přičemž by bylo vhodné tyto návnady dávat na vybraná místa, která jsou atraktivní pro lišky.

Odčervování psů pomohlo i v hyperendemické oblasti na ostrově Svatého Vavřince na Aljašce, kde tato praktika snížila nejen prevalenci u psů, ale i u hrabošů a snížil se tak celkově infekční tlak *E. multilocularis* (Rausch et al. 1990). Stejně tak tomu bylo i na ostrově Hokkaidó v Japonsku, kde byla provedena antihelminzická studie ve venkovské oblasti a došlo také k dramatickému snížení kontaminace prostředí (Tsukada et al. 2002). K podobným výsledkům došlo i v jižním Německu, kde se zabývali rozsáhlejší venkovskou osadou, avšak účinek byl silný pouze v jádrové oblasti na periferiích byl mnohem méně výrazný (Schelling et al. 1997). Tento efekt mohl být způsoben migrací mladých lišek.

U Hegglin et al. (2003) nedošlo k rozdílu prevalence u *A. terrestris* mezi studovanou a kontrolní oblastí. Sice se nížil infekční tlak, ale v místech, kde byly návnady, byly stále infikováni hlodavci, proto životní cyklus v těchto místech nebyl zcela přerušen. Do dvou let při postupném vysazování vnadění se prevalence opět navrátila do úrovně před používáním návnad.

## 4 Závěr

Cílem bylo seznámit čtenáře s mezihostiteli vyskytujícími se v České republice, jimiž jsou hlavně hlodavci z čeledi hrabošovitých. V ČR se vykytuje několik druhů, které jsou v jiných zemích studovány a u nichž bývají nalézány vysoké prevalence. Bohužel v ČR neexistuje mnoho dat o přítomnosti tohoto parazita u vhodných mezihostitelů. Při tom v šíření parazita mohou hrát mezihostitelé zásadní roli a mohou být také jeho identifikátorem přítomnosti v prostředí.

Jak se zdá, *E. multilocularis* se spoléhá na vzácná lokální zamoření, kdy je celková prevalence vhodných mezihostitelů docela malá. Zvyšuje se na určitých místech a tím vznikají tzv. mikroložiska, díky nimž může být neshodné tato místa v přírodě nalézt. A ani přítomnost infikovaných definitivních hostitelů nemusí být zárukou přítomnosti infikovaných mezihostitelů, jelikož domovský okrsek hrabošovitých je daleko menší než u lišek. Dobrým identifikátorem by mohla být místa, kde lišky často defekují a zároveň se na těchto místech vyskytují hlodavci.

Zjištění nákazy nezlehčuje ani fakt, že je infekce většinou asymptomatická u definitivních hostitelů a u mezihostitelů se symptomy nákazy projevují až po delší době.

Kromě hrabošovitých byly zaznamenáni i další mezihostitelé, jako jsou myšovití a zajícovci, kteří se vykytují na našem území, avšak podle všeho nehrají zas tak zásadní roli v cyklu parazita nebo je jejich role sporná. Podobně jsou na tom i velcí hlodavci, jako je bobr, nutrie a ondatra, kteří se také mohou stát mezihostiteli, ale to, že skončí jako potrava lišek, je málo pravděpodobné díky jejich velikosti. A v neposlední řadě se mezihostiteli u nás mohou stát i prasata a primáti. V ČR se primáti ve volné přírodě sice nevyskytují, ale jsou chováni v zoologických zahradách, kde se potenciálně nakazit mohou. A samozřejmě se mohou infikovat i lidé, u nichž způsobuje *E. multilocularis* nemoc zvanou alveolární echinokokóza.

Léčení mezihostitelů je náročné, protože *E. multilocularis* se vyvíjí v játrech a tvoří mnohočetné léze. Po jisté době může dojít ke zvětšení břišní dutiny, nechutenství a k dalším příznakům, které nejspíš mají znevýhodnit mezihostitele, aby se snadněji stal kořistí definitivního hostitele. Nakonec parazit mezihostitele zabíjí. Díky čemuž alveolární echinokokóza považována za tak závažnou zoonózu. Proto bychom se měli zabývat vhodnými kontrolními strategiemi a také bychom měli dbát na prevenci a předcházet tak možné nákaze tímto parazitem. Jednou z nejužitečnějších možností prevence je edukace, k čemuž může sloužit i tato práce.

## 5 Literatura

- Abbas A. 1991. Feeding strategy of coypu (*Myocastor coypus*) in central western France. *Journal of Zoology* **224**(3): 385-401.
- Ali-Khan Z, Siboo R, Gomersall M, Faucher M. 1983. Cystolytic events and the possible role of germinal cells in metastasis in chronic alveolar hydatidosis. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology* **77**(5): 497-512.
- Ammann, R. W., and J. Eckert. 1996. Cestodes: *Echinococcus*. *Gastroenterol. Clin. North Am.* **25**: 655–689.
- Anděra M, Zbytovský P. 2008. Rozšíření hraboše mokřadního (*Microtus agrestis*) na Českomoravské vrchovině. *Acta rerum naturalium* **4**: 97–104.
- Artois M, Blancou J, Dupeyroux O, Gilot-Fromont E. 2011. Sustainable control of zoonotic pathogens in wildlife: how to be fair to wild animals?. *Revue Scientifique et Technique-OIE* **30**(3): 733-743.
- Bago F, Hoelzl F, Knauer F, Kübber-Heiss A, Smith S. 2021. Rapid and reliable detection of *Echinococcus multilocularis* from faeces using droplet digital PCR. *Acta Parasitol* **66**: 553–559.
- Baláž I, Ambros M, Tulis F, Veselovský T, Klimant P, Augustiničová G. 2013. Hlodavce a hmyzožravce Slovenska. Univerzita Konštantina Filozofa v Nitre.
- Barlow AM, Gottstein B, Mueller N. 2011. *Echinococcus multilocularis* in an imported captive European beaver (*Castor fiber*) in Great Britain. *Veterinary Record* **169**(13): 339-339
- Bastien M, Vaniscotte A, Combes B, Umhang G, Germain E, Gouley V, Pierlet A, Quintaine T, Forin-Wiart M-A, Villena I, Aubert D, Boue F, Poulle M-L. 2018. High density of fox and cat faeces in kitchen gardens and resulting rodent exposure to *Echinococcus multilocularis* and *Toxoplasma gondii*. *Folia Parasitologica* **65**: 002.
- Beerli O, Guerra D, Baltrunaite L, Deplazes P, Hegglin D. 2017. *Microtus arvalis* and *Arvicola scherman*: Key Players in the *Echinococcus multilocularis* Life Cycle. *Frontiers in Veterinary Science* **4**: 216.
- Beiromvand M, Akhlaghi L, Fattahi Massom SH, Mobedi I, Meamar AR, Oormazdi H, Motevalian A, Razmjou E. 2011. Detection of *Echinococcus multilocularis* in carnivores in Razavi Khorasan province, Iran using mitochondrial DNA. *PLoS Neglected Tropical Diseases* **5**(11): e1379.
- Borowski Z. 2003. Habitat selection and home range size of field voles *Microtus agrestis* in Słowiński National Park, Poland. *Acta Theriol* **48**(3): 325–33.
- Budke CM, Jiamin Q, Craig PS, Torgerson PR. 2005. Modeling the transmission of *Echinococcus granulosus* and *Echinococcus multilocularis* in dogs for a high endemic region of the Tibetan plateau. *International journal for parasitology* **35**(2): 163-170.



- Buhl L. 1856. Briefliche Mittheilungen: Ueber die zusammengesetzte Echinokokkengeschwulst der Leber. Verh. Der physicalisch-medicinischen Gesellschaft 6: 428–429.
- Burlet P, Deplazes P, Hegglin D. 2011. Age, season and spatio-temporal factors affecting the prevalence of *Echinococcus multilocularis* and *Taenia taeniaeformis* in *Arvicola terrestris*. Parasites & Vectors 4: 6.
- Carmena D, Benito A, Eraso E. 2007. The immunodiagnosis of *Echinococcus multilocularis* infection. Clin. Microbiol. Infect. 13: 460–475.
- Carmena D, Cardona GA. 2014. *Echinococcosis* in wild carnivorous species: Epidemiology, genotypic diversity, and implications for veterinary public health. Veterinary Parasitology 202(3-4): 69-94.
- Combes B, Comte S, Raton V, Raoul F, Boué F, Umhang G, Favier S, Dunoyer C, Woronoff N, Giraudoux, P. 2012. Westward spread of *Echinococcus multilocularis* in foxes, France, 2005–2010. Emerging infectious diseases 18(12): 2059.
- Cronstedt-Fell A, Stalder GL, Kübber-Heiss A. 2010. *Echinococcosis* in a European beaver (*Castor fiber*) in Austria. Poster presentation 36(9): 13-16.
- Delattre P, Pascal M, Le Pesteur M-H, Giraudoux P, Damange J-P. 1988. Caractéristiques écologiques et épidémiologiques de l'*Echinococcus multilocularis* au cours d'un cycle complet des populations d'un hôte intermédiaire (*Microtus arvalis*). Can. J. Zool. 66: 2740-2750.
- Davidson RK, Romig T, Jenkins E, Tryland M, Robertson LJ. 2012. The impact of globalisation on the distribution of *Echinococcus multilocularis*. Trends in parasitology 28(6): 239–247
- Deplazes P, Alther P, Tanner I, Thompson RA, Eckert J. 1999. *Echinococcus multilocularis* coproantigen detection by enzyme-linked immunosorbent assay in fox, dog, and cat populations. The Journal of parasitology 85(1): 115-121.
- Deplazes P, Eckert J. 2001. Veterinary aspects of alveolar echinococcosis — A zoonosis of public health significance. Vet Parasitol 98: 65–87.
- Deplazes P, Hegglin D, Gloor S, Romig T. 2004. Wilderness in the city: the urbanization of *Echinococcus multilocularis*. Trends in parasitology 20(2): 77-84.
- Deplazes P, Grimm F, Sydler T, Tanner I, Kapel CMO. 2005. Experimental alveolar echinococcosis in pigs, lesion development and serological follow up. Veterinary parasitology 130(3-4): 213-222.
- Deplazes P, van Knapen F, Schweiger A, Overgaauw PA. 2011. Role of pet dogs and cats in the transmission of helminthic zoonoses in Europe, with a focus on echinococcosis and toxocarosis. Veterinary parasitology 182(1): 41-53.
- Dyachenko V, Pantchev N, Gawłowska S, Vrhovec MG, Bauer C. 2008. *Echinococcus multilocularis* infections in domestic dogs and cats from Germany and other European countries. Veterinary parasitology 157(3-4): 244-253.

- Eckert J. 1998. Alveolar echinococcosis (*Echinococcus multilocularis*) and other forms of echinococcosis (*Echinococcus oligarthrus* and *Echinococcus vogeli*), p. 689–716. In Eckert J, Deplazes P. 2004. Biological, epidemiological, and clinical aspects of echinococcosis, a zoonosis of increasing concern. *Clinical microbiology reviews* **17**(1): 107-135.
- Eckert J. 2003. Predictive values and quality control of techniques for the diagnosis of *Echinococcus multilocularis* in definitive hosts. *Acta Trop.* **85**: 157–163.
- Eckert J, Deplazes P. 1999. Alveolar echinococcosis in humans: the current situation in Central Europe and the need for countermeasures. *Parasitology today* **15**(8): 315-319.
- Eckert J, Deplazes P. 2004. Biological, epidemiological, and clinical aspects of echinococcosis, a zoonosis of increasing concern. *Clinical microbiology reviews* **17**(1): 107-135.
- Eckert J, Gemmell MA, Meslin F-X, Pawlowski ZS. 2001. WHO/OIE Manual on Echinococcosis in Humans and Animals: A Public Health Problem of Global Concern. World Organization for Animals Health, Paris, France.
- Eckert J, Thompson RCA., Mehlhorn H. 1983. Proliferation and metastases formation of larval *Echinococcus multilocularis*: I. Animal model, macroscopical and histological findings. *Zeitschrift für Parasitenkunde*, **69**: 737-748.
- Federer K, Armua-Fernandez MT, Hoby S, Wenker C, Deplazes P. 2015. In vivo viability of *Echinococcus multilocularis* eggs in a rodent model after different thermo-treatments. *Experimental parasitology* **154**: 14-19.
- Fuglei E, Stien A, Yoccoz NG, Ims RA, Eide NE, Prestrud P, Deplazes P, Oksanen A. 2008. Spatial distribution of *Echinococcus multilocularis*, Svalbard, Norway. *Emerg. Infect. Dis.* **14**: 73–75.
- Garcia LS. 1999. Classification of Human Parasites, Vectors, and Similar Organisms. *Clinical Infectious Diseases* **29**:734-736.
- Geisel O, Barutzki D, Minkus G, Hermanns W, Löscher T. 1990 Hunde als Fintenträger (Intermediärwirt) von *Echinococcus multilocularis*. *Kleintierpraxis* **35**:275–280.
- Gemmel, M.A., Lawson, A.J.R., 1986. Epidemiology and control of hydatid disease. In Deplazes P, van Knapen F, Schweiger A, Overgaauw PA. 2011. Role of pet dogs and cats in the transmission of helminthic zoonoses in Europe, with a focus on echinococcosis and toxocarosis. *Veterinary parasitology* **182**(1): 41-53.
- Gemmell, MA, Roberts, MG, 1995. Modelování životních cyklů *Echinococcus*. In Thompson, RCA. 2017. Biology and systematics of *Echinococcus*. *Advances in parasitology*, **95**: 65-109.
- Genovesi P, Bacher S, Kobelt M, Pascal M, Scalera R. 2009. Alien Mammals of Europe. *Handbook of Alien Species in Europe* 119-128.
- Gesy K, Pawlik M, Kapronczai L, Wagner B, Elkin B, Schwantje H, Jenkins E. 2013. An improved method for the extraction and quantification of adult *Echinococcus* from wildlife definitive hosts. *Parasitol. Res.* **112**: 2075–2078

- Giraudoux P, Delattre P, Habert M, Quéré JP, Deblay S, Defaut R, Duhamel R, Moissenet MF, Salvi D, Truchetet D. 1997. Population dynamics of fossorial water vole (*Arvicola terrestris scherman*): a land use and landscape perspective. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **66**(1): 47-60.
- Giraudoux P, Raoul F, Pleydell D, Li T, Han X, Qiu J, Xie Y, Wang H, Ito A, Craig PS. 2013. Drivers of *Echinococcus multilocularis* transmission in China: small mammal diversity, landscape or climate? *PLoS Neglected Tropical Diseases* **7**(3): e2045.
- Haller M, Deplazes P, Guscelli F, Sardinas JC, Reichler I, Eckert J. 1998. Surgical and chemotherapeutic treatment of alveolar echinococcosis in a dog. *J Am Anim Hosp Assoc.* **34**: 309–314.
- Hansen F, Jeltsch F, Tackmann K, Staubach C, Thulke H-H. 2004. Processes leading to a spatial aggregation of *Echinococcus multilocularis* in its natural intermediate host *Microtus arvalis*. *International Journal for Parasitology* **34**(1): 37–44.
- Hartel KS, Spittler H, Doering H, Winkelmann J, Hoerauf A, Reiter-Owona I. 2004. The function of wild nutria (*Myocastor coypus*) as intermediate hosts for *Echinococcus multilocularis* in comparison to wild muskrats (*Ondatra zibethicus*). *Int J Med Microbiol.* **293**: 62–3.
- Hegglin D, Bontadina F, Contesse P, Gloor S, Deplazes P. 2007. Plasticity of predation behaviour as a putative driving force for parasite life-cycle dynamics: the case of urban foxes and *Echinococcus multilocularis* tapeworm. *Functional Ecology* **21**(3): 552-560.
- Hegglin D, Bontadina F, Deplazes, P. 2015. Human–wildlife interactions and zoonotic transmission of *Echinococcus multilocularis*. *Trends in parasitology* **31**(5): 167-173.
- Hegglin D, Deplazes P. 2013. Control of *Echinococcus multilocularis*: strategies: feasibility and cost-benefit analyses. *Int. J. Parasitol.* **43**: 327–337.
- Hegglin D, Ward PI, Deplazes P. 2003. Anthelmintic Baiting of Foxes against Urban Contamination with *Echinococcus multilocularis*. *Emerging Infectious Diseases* **9**(10): 1266-1272.
- Hofer S, Gloor S, Muller U, Mathis A, Hegglin D, Deplazes P. 2000. High prevalence of *Echinococcus multilocularis* in urban red foxes (*Vulpes vulpes*) and voles (*Arvicola terrestris*) in the city of Zurich, Switzerland. *Parasitology* **120**: 135–142.
- Henttonen H, Fuglei E, Gower CN, Haukisalmi V, Ims RA, Niemimaa J, Yoccoz N. 2001. *Echinococcus multilocularis* on Svalbard: introduction of an intermediate host has enabled the local life-cycle. *Parasitology* **123**(6): 547–552.
- Hosemann G. 1928. Die Echinokokkenkrankheit: Allgemeiner Teil. In: Hosemann G, Schwarz E, Lehmann JC, Posselt A (Eds.), *Neue Deutsche Chirurgie*, Bd. 40. Enke, Stuttgart, pp. 1–66. In Tappe D, Kern P, Frosch M, Kern P. 2010. A hundred years of controversy about the taxonomic status of *Echinococcus* species. *Acta Tropica* **115**(3): 167-174.
- Hüttner, M, Nakao M, Wassermann T, Siefert L, Boomker JDF, Dinkel A, Sako Y, Mackenstedt U, Romig T, Ito A. 2008. Genetic characterization and phylogenetic position of

- Echinococcus felidis* (Cestoda: Taeniidae) from the African lion. *International Journal for Parasitology* **38**: 861–868.
- Chaignat V, Boujon P, Frey CF, Hentrich B, Müller N, Gottstein B. 2015. The brown hare (*Lepus europaeus*) as a novel intermediate host for *Echinococcus multilocularis* in Europe. *Parasitology Research* **114**(8): 3167-3169.
- Ito A, Chuluunbaatar G, Yanagida T, Davaasuren A, Sumiya B, Asakawa M, Ki T, Nakaya K, Davaajav A, Dorjsuren T, Nakao M, Sako Y. 2013. *Echinococcus* species from red foxes, corsac foxes, and wolves in Mongolia. *Parasitology* **40**: 1648–1654
- Janovsky M, Bacciarini L, Sager H, Gröne A, Gottstein B. 2002. *Echinococcus multilocularis* in a European beaver from Switzerland. *Journal of wildlife disease* **38**(3): 618–620.
- Jenkins DJ, Romig T. 2000. Efficacy of droncit spot-on (praziquantel) 4% w/v against immature and mature *Echinococcus multilocularis* in cats. *Int. J. Parasitol.* **30**: 959–962.
- Jones KE, Patel NG, Levy MA, Storeygard A, Balk D, Gittleman JL, Daszak P. 2008. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature* **451**: 990–993.
- Kapel, C.M., Torgerson, P.R., Thompson, R.C., Deplazes, P., 2006. Reproductive potential of *Echinococcus multilocularis* in experimentally infected foxes, dogs, raccoon dogs and cats. *Int. J. Parasitol.* **36**, 79–86
- Kazacos KR. 2003. Cystic and alveolar hydatid disease caused by *Echinococcus* species in the contiguous United States. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian* **25**: 16–20.
- Karamon J, Sroka J, Cencek T. 2012. The first detection of *Echinococcus multilocularis* in slaughtered pigs in Poland. *Vet. Parasitol.* **185**: 327–329.
- Kern P. 2010. Clinical features and treatment of alveolar echinococcosis. *Current Opinion in Infectious Diseases* **23**: 505–512.
- Kern P, Menezes da Silva A, Akhan O, Müllhaupt B, Vizcaychipi KA, Budke C, Vuitton DA. 2017. The echinococcoses: diagnosis, clinical management and burden of disease. *Advances in parasitology* **96**: 259-369.
- Kern P, Kratzer W, Reuter S. 2000. Alveoläre Echinokokkose: Therapie. *Dtsch. Med. Wochenschr.* **125**:87–89.
- Knapp J, Gottstein B, Saarma U, Millon L. 2015. Taxonomy, phylogeny and molecular epidemiology of *Echinococcus multilocularis*: From fundamental knowledge to health ecology. *Veterinary Parasitology* **213**(3-4): 85-91.
- Knapp J, Umhang, G, Poulle M-L, Millon L. 2016. Development of a real-time PCR for a sensitive one-step coprodiagnosis allowing both the identification of carnivore feces and the detection of *Toxocara* spp. And *Echinococcus multilocularis*. *Appl. Environ. Microbiol.* **82**: 2950–2958.
- Knauer F, Küchenhoff H, Pilz S. 2010. A statistical analysis of the relationship between red fox *Vulpes vulpes* and its prey species (grey partridge *Perdix perdix*, brown hare *Lepus*

- europaeus and rabbit *Oryctolagus cuniculus*) in western Germany from 1958 to 1998. *Wildlife biology* **16**(1):56–65.
- Kolářová L, Matějů J, Hrdý J, Kolářová H, Hozáková L, Žampachová V, Auer H, Stejskal F. 2015. Human Alveolar Echinococcosis, Czech Republic, 2007–2014. *Emerging Infectious Diseases* **21**(12): 2263.
- 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* **66**(4): 163-172.
- Konyaev SV, Yanagida T, Nakao M, Ingovatova GM, Shoykhet, YN, Bondarev AY, Odnokurtsev VA, Loskutoba KS, Lukmanova GI, Dokuchaev NE, Spiridonov S, Alshinecky MV, Tatyana SN, Andreyanov ON, Abramov SA, Krivopalov AV, Karpenko SV, Lopatina NV, Dupal TA, Sako Y, Ito A. 2013. Genetic diversity of *Echinococcus* spp. in Russia. *Parasitology* **140**: 1637–1647.
- Koutsogiannouli EA, Moutou KA, Stamatis C, Walter L, Mamuris Z. 2014. Genetic variation in the major histocompatibility complex of the European brown hare (*Lepus europaeus*) across distinct phylogeographic areas. *Immunogenetics* **66**: 379–392.
- Kratochvíl J, Pelikán J. 1955. Zur Verbreitung der Feldmaus im Nationalpark der Hohen Tatra. *Folia Zoologica et Entomologica* **4**: 303-312.
- Leiby P, Kritsky DC. *Echinococcus multilocularis*: 1972. A possible domestic life cycle in central North America and its public health implications. *J Parasitol* **58**:1213–1215.
- Manfredi MT, Genchi C, Deplazes P, Trevisiol K, Fraquelli C. 2002. *Echinococcus multilocularis* infection in red foxes in Italy. *The Veterinary Record* **150**: 757.
- Marston CG, Danson FM, Armitage RP, Giraudoux P, Pleydell DRJ, Wang Q, Qui J, Craig PS. 2014. A random forest approach for predicting the presence of *Echinococcus multilocularis* intermediate host *Ochotona* spp. presence in relation to landscape characteristics in western China. *Applied Geography*. **55**: 176-183.
- Martínek K, Kolářová L, Červený J. 2001. *Echinococcus multilocularis* in carnivores from the Klatovy district of the Czech Republic. *Journal of Helminthology* **75**: 61-66.
- Martini M, Dumendiak S, Gagliardo A, Ragazzini F, La Rosa L, Giunchi D, Thielen F, Romig T, Massolo A, Wassermann M. 2022. *Echinococcus multilocularis* and Other Taeniid Metacestodes of Muskrats in Luxembourg: Prevalence, Risk Factors, Parasite Reproduction, and Genetic Diversity. *Pathogens* **11**(12): 1414.
- Massolo A, Gerber A, Umhang G, Nicholas C, Liccioli S, Mori K, Klein C. 2021. Droplet digital PCR as a sensitive tool to assess exposure pressure from *Echinococcus multilocularis* in intermediate hosts. *Acta Tropica* **223**: 106078.
- Mehlhorn H, Eckert J, Thompson RCA. 1983. Proliferation and metastases formation of larval *Echinococcus multilocularis*: II. Ultrastructural investigations. *Zeitschrift für Parasitenkunde* **69**: 749-763.

- Miller AL, Olsson GE, Walburg MR, Sollenberg S, Skarin M, Ley C, Wahlström H, Höglund J. 2016. First identification of *Echinococcus multilocularis* in rodent intermediate hosts in Sweden. *Parasites and Wildlife* **5**(1): 56-63.
- Moks E, Saarma U, Valdmann H. 2005. *Echinococcus multilocularis* in Estonia. *Emerging infectious diseases* **11**(12): 1973–1974.
- Morseth DJ. 1965. Ultrastructure of developing taeniid embryophores and associated structures. *Experimental Parasitology* **16**(2): 207-216.
- Nakao M, Lavikainen A, Yanagida T, Ito A. 2013. Phylogenetic systematics of the genus *Echinococcus* (Cestoda: Taeniidae). *Int. J. Parasitol.* **43**: 1017–1029.
- Nakao M, Li T, Han X, Ma X, Xiao N, Qiu J, Wang H, Yanagida T, Mamuti W, Wen H, Moro PL, Giraudoux P, Craig PS, Ito A. 2010. Genetic polymorphisms of *Echinococcus* tapeworms in China as determined by mitochondrial and nuclear DNA sequences. *Int. J. Parasitol.* **40**: 379–385.
- Nakao M, Xiao N, Okamoto M, Yanagida T, Sako Y, Ito A. 2009. Geographic pattern of genetic variation in the fox tapeworm *Echinococcus multilocularis*. *Parasitology international* **58**: 384–389.
- Ohbayashi M, Rausch RL, Fay FH. 1971. On the ecology and distribution of *Echinococcus spp.* (Cestoda: Taeniidae), and characteristics of their development in the intermediate host. II. Comparative studies on the development of larval *E. multilocularis* Leuckart, 1863, in the intermediate host. *Japanese Journal of Veterinary Research* **19**(S3):S1–S53.
- Oksanen A, Siles-Lucas M, Karamon J, Possenti A, Conraths FJ, Romig T, Wysocki P, Mannocci A, Mipatrini D, La Torre G, Boufana B, Casulli A. 2016. The geographical distribution and prevalence of *Echinococcus multilocularis* in animals in the European Union and adjacent countries: a systematic review and meta-analysis. *Parasites & Vectors*, **9**: 1-23.
- Osterman Lind E, Juremalm M, Christensson D, Widgren S, Hallgren G, Ågren EO, Uhlhorn H, Lindberg A, Cedersmyg M, Wahlström H. 2011. First detection of *Echinococcus multilocularis* in Sweden, February to March 2011. *Euro Surveill.* **16**: 19836.
- Otranto D, Cantacessi C, Dantas-Torres F, Brianti E, Pfeffer M, Genchi C, Guberti V, Capelli G, Deplazes P. 2015. The role of wild canids and felids in spreading parasites to dogs and cats in Europe. Part II: Helminths and arthropods. *Veterinary Parasitology* **213**(1-2): 24-37.
- Paul M, King L, Carlin EP. 2010. Zoonoses of people and their pets: a US perspective on significant pet-associated parasitic diseases. *Trends Parasitol* **26**: 153–154.
- Pavlásek I. 1998: Actual situation in the occurrence of *Echinococcus multilocularis* in red foxes in Europe and in the Czech Republic. *Rem-Klin Mikrobiol* **2**: 233-240
- Pawłowski, ZS, Eckert J, Vuitton DA, Ammann RW, Kern P, Craig PS, Dar FK, De Rosa F, Filice C, Gottstein B, Grimm F, Macpherson CNL, Sato N, Todorov T, Uchino J, von Sinner W, Wen H. 2001. *Echinococcosis* in humans: clinical aspects, diagnosis and

- treatment. WHO/OIE manual on echinococcosis in humans and animals: a public health problem of global concern 20–66.
- Peregrine AS, Jenkins EJ, Barnes B, Johnson S, Polley L, Barker, De Wolf B, Gottstein B. 2012. Alveolar hydatid disease (*Echinococcus multilocularis*) in the liver of a Canadian dog in British Columbia, a newly endemic region. *The Canadian Veterinary Journal* **53**(8): 870-874.
- Porter E, Seguin MA, Estrada M, Szlosek D, Massolo A, Visscher DR. 2022. Assessing the potential for infections of *Echinococcus multilocularis* in dogs in a hotspot of human alveolar echinococcosis infections in North America. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports* **29**: 100704.
- Raoul F, Deplazes P, Rieffel D, Lambert J-C, Giraudoux P. 2010. Predator dietary response to prey density variation and consequences for cestode transmission. *Oecologia* **164**(1): 129-139.
- Raoul F, Hegglin D, Giraudoux P. 2015. Trophic systema, behaviour and host population dynamics in *Echinococcus multilocularis* transmission. *Veterinary Parasitology* **213**(3-4): 162-171.
- Rausch RL. 1995. Life cycle patterns and geographic distribution of *Echinococcus* species. *Echinococcus and hydatid disease* 90-134.
- Rausch, RL, Schiller EL. 1951. Hydatid disease (echinococcosis) in Alaska and the importance of rodent intermediate hosts. *Science* **113**: 57–58.
- Rausch RL, Schiller EL. 1954. Studies on the helminth fauna of Alaska. XXIV. *Echinococcus sibiricensis* n. sp., from St. Lawrence Island. *J. Parasitol.* **40**: 659–662
- Rausch RL, Wilson JF, Schantz PM. 1990. A programme to reduce the risk of infection by *Echinococcus multilocularis*: the use of praziquantel to control the cestode in a village in the hyperendemic region of Alaska. *Ann Trop Med Parasitol* **84**: 239–50
- Rausch RL, Wilson JF, Schantz P, McMahon BJ. 1987. Spontaneous death of *Echinococcus multilocularis*: cases diagnosed serologically (by Em2-ELISA) and clinical significance. *Am J Trop Med Hyg* **36**: 576–85
- Rehmann P, Gröne A, Gottstein B, Völlm J, Sager H, Janovsky M, Bacciarini LN. 2005. Detection of *Echinococcus multilocularis* infection in a colony of cynomolgus monkeys (*Macaca fascicularis*) using serology and ultrasonography. *J Vet Diagn Investig* **17**: 183–186.
- Reperant LA, Hegglin D, Fischer C, Kohler L, Weber J-M, Deplazes P. 2007. Influence of urbanization on the epidemiology of intestinal helminths of the red fox (*Vulpes vulpes*) in Geneva, Switzerland. *Parasitology Research* **101**(3): 605-611.
- Reuter S, Nüssle K, Kolokythas O, Haug U, Rieber A, Kern P, Kratzer W. 2001. Alveolar liver echinococcosis: a comparative study of three imaging techniques. *Infection* **29**:119–125.
- Romig T, Dinkel A, Mackenstedt U. 2006. The present situation of echinococcosis in Europe. *Parasitology international* **55**(S1): S187–S191.

- Romig T, Deplazes P, Jenkins D, Giraudoux P, Massolo A, Craig PS, Wassermann M, Takahashi, K, de la Rue M. 2017. Ecology and life cycle patterns of *Echinococcus* species. *Adv. Parasitol.* **95**: 213–314.
- Saarma U, Jõgisalu I, Moks E, Varcasia A, Lavikainen A, Oksanen, A., Simsek S, Andresiuk V, Denegri G, González LM, Ferrer E, Gárate T, Rinaldi L, Maravilla P. 2009. A novel phylogeny for the genus *Echinococcus*, based on nuclear data, challenges relationships based on mitochondrial evidence. *Parasitology* **136**: 317–328.
- Saeed I, Maddox-Hyttel C, Monrad J, Kapel CM. 2006. Helminths of red foxes (*Vulpes vulpes*) in Denmark. *Vet. Parasitol.* **139**: 168–179
- Sakamoto T. 1981. Electron Microscopical Observations on the Egg. *Mem. Fac. Agr. Kagoshima Univ* **17**: 165-174.
- Sato N, Aoki S, Matsushita M, Uchino J. 1993. Clinical features, p. 63–68. In J. Uchino and N. Sato (ed.), *Alveolar echinococcosis of the liver*. Hokkaido University School of Medicine, Sapporo, Japan.
- Schelling U, Frank W, Will R, Romig T, Lucius R. 1997. Chemotherapy with praziquantel has the potential to reduce the prevalence of *Echinococcus multilocularis* in wild foxes (*Vulpes vulpes*). *Ann Trop Med Parasitol* **91**:179–86.
- Schmidt NM, Asferg T, Forchhammer MC. 2004. Long-term patterns in European brown hare population dynamics in Denmark: effects of agriculture, predation and climate. *BMC Ecol* **4**: 15.
- Schmitt M, Saucy F, Wyborn S, Gottstein B. 1997. Befall von Schermäusen (*Arvicola terrestris*) mit Metazestoden von *Echinococcus multilocularis* in Kanton Friburg (Schweiz). *Schweiz. Arch. Tierheilk.* **139**: 84–93.
- Skyrienė G, Paulauskas A. 2013. Distribution of invasive muskrats (*Ondatra zibethicus*) and impact on ecosystem. *Ekologija* **58**: 357–367.
- Smyth JD, Smyth MM. 1969. Self insemination in *Echinococcus granulosus* in vivo. *Journal of helminthology* **43**(3-4): 383-388.
- Stieger C, Hegglin D, Schwarzenbach G, Mathis A, Deplazes P. 2002. Spatial and temporal aspects of urban transmission of *Echinococcus multilocularis*. *Parasitology* **124**(6): 631–640.
- Stien A, Voutilainen L, Haukisalme V, Fuglei E, Mørk T, Yoccoz, NG, Ims RA, Henttonen H. 2010. Intestinal parasites of the Arctic fox in relation to the abundance and distribution of intermediate hosts. *Parasitology* **137**: 149–157
- Svobodová V, Lenská B. 2002 *Echinococcosis in Dogs in the Czech Republic*. *Acta Vet. Brno* **71**: 347-350.
- Swiderski Z. 1982. *Echinococcus granulosus*: embryonic envelope formation. In Thompson, RCA. 2017. *Biology and systematics of Echinococcus*. *Advances in parasitology*, **95**: 65-109.



- Tackmann K, Mattis R, Conraths FJ. 2006. Detection of *Echinococcus multilocularis* in foxes: evaluation of a protocol of the intestinal scraping technique. *J. Vet. Med. Ser. B* **53**: 395–398.
- Taylor LH, Latham SM, Woolhouse ME. 2001. Risk factors for human disease emergence. *Philos. Trans. R. Soc. B: Biol. Sci.* **356**: 983–989.
- Tappe D, Brehm K, Frosch M, Blankenburg A, Schrod A, Kaup FJ, Mätz-Rensing K. 2007. *Echinococcus multilocularis* infection of several Old World monkey species in a breeding enclosure. *The American journal of tropical medicine and hygiene* **77**(3): 504-506.
- Tappe D, Kern P, Frosch M, Kern P. 2010. A hundred years of controversy about the taxonomic status of *Echinococcus* species. *Acta Tropica* **115**(3): 167-174.
- Thiele T, Morf N, Grimm F, Kipar A, Hetzel U. 2023. A Muskrat (*Ondatra zibethicus*) with alveolar echinococcosis bitten to death by a dog—a challenge for the forensic pathologist as an expert witness. *Journal of Comparative Pathology* **200**: 12-17.
- Thompson, RCA. 2008. The taxonomy, phylogeny and transmission of *Echinococcus*. *Experimental Parasitology* **119**(4): 439–446.
- Thompson, RCA. 2017. Biology and systematics of *Echinococcus*. *Advances in parasitology*, **95**: 65-109.
- Thompson RCA, McManus DP. 2002a. Towards a taxonomic revision of the genus *Echinococcus*. *Trends in Parasitology* **18**: 452–457.
- Thompson RCA, McManus DP. 2002b. Aetiology: parasites and life-cycles, in: *Manual WHO/OIE on Echinococcosis in Humans and Animals: A Public Health Problem of Global Concern* 1-19.
- Torgerson PR, Craig PS. 2009. Risk assessment of importation of dogs infected with *Echinococcus multilocularis* into the UK. *Vet. Rec.* **165**: 366–368.
- Torgerson PR, Keller K, Magnotta M, Ragland N. 2010. The global burden of alveolar echinococcosis. *PLoS neglected tropical diseases* **4**(6): e722.
- Torgerson PR, Pilkington J, Gulland FM, Gemmell MA. 1995. Further evidence for the long distance dispersal of taeniid eggs. *Int. J. Parasitol* **25**: 265–267.
- Tsukada H, Morishima Y, Nonaka N, Oku Y, Kamiya M. 2000. Preliminary study of the role of red foxes in *Echinococcus multilocularis* transmission in the urban area of Sapporo, Japan. *Parasitol* **120**:423–8.
- Tsukada H, Hamazaki K, Ganzorig S, Iwaki T, Konno K, Lagapa JT, Matsuo K, Ono A, Shimizu M, Sakai H, Morishima Y, Nonaka N, Oku Y, Kamiya M. 2002. Potential remedy against *Echinococcus multilocularis* in wild red foxes using baits with anthelmintic distributed around fox breeding dens in Hokkaido, Japan. *Parasitology* **125**: 119–129.
- Umhang G, Richomme C, Boucher J-M, Guedon G, Boué F. 2013. Nutrias and muskrats as bioindicators for the presence of *Echinococcus multilocularis* in new endemic areas. *Vet Parasitol.* **197**(1–2): 283–7.

- Umhang G, Woronoff-Rhen N, Combes B, Boue F. 2011. Segmental sedimentation and counting technique (SSCT): an adaptable method for qualitative diagnosis of *Echinococcus multilocularis* in fox intestines. *Experimental parasitology* **128**(1): 57-60.
- 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**(1): 79-86.
- Vervaeke M, van der Giessen J, Brochier B, Losson B, Jordaens K, Verhagen R, de Lezenne Coulander C, Teunis P. 2006. Spatial spreading of *Echinococcus multilocularis* in Red foxes (*Vulpes vulpes*) across nation borders in Western Europe. *Preventive veterinary medicine* **76**: 137–150.
- Viel J-F, Giraudoux P, Abrial V, Breson-Handi S. 1999. Water vole (*Arvicola terrestris scherman*) density as risk factor for human alveolar echinococcosis. *The American journal of tropical medicine and hygiene* **61**(4): 559-565.
- Vierordt H. 1886. Abhandlung über den multilokulären *Echinococcus*. Akademische Verlagsbuchhandlung von J.C.B. Mohr, Freiburg.
- Virchow R. 1856. Die multiloculäre, ulcerirende Echinokokkengeschwulst der Leber. *Verh. der physikalisch-medicinischen Gesellschaft* **6**: 84–95.
- VOGEL H. 1960. Tiere als natürliche Wirte des *Echinococcus multilocularis* in Europa. *Z. Tropenmed. Parasit.* **11**: 36.
- Vogel H. 1978. Wie wächst der Alveolarechinokokkus?. *Tropenmed Parasitol* **29**: 1-11.
- Von Siebold, CT. 1853. Ueber die Verwandlung der Echinococcus-Brut in Taenien. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie* **4**: 409–425.
- Vuitton DA, Zhou H, Bresson-Hadni S, Wang Q, Piarroux M, Raoul F, Giraudoux P. 2003. Epidemiology of alveolar echinococcosis with particular reference to China and Europe. *Parasitology* **127**(S1): S87–S107.
- Wandeler P, Funk SM, Largiadèr CR, Gloor S, Breitenmoser U. 2003. The city-fox phenomenon: genetic consequences of a recent colonization of urban habitat. *Mol. Ecol.* **12**: 647–656.
- Wang X, Liu J, Zuo Q, Mu Z, Weng X, Sun X, Wang J, Boufana B, Craig PS, Giraudoux P, Raoul F, Wang Z. 2018. *Echinococcus multilocularis* and *Echinococcus shiquicus* in a small mammal community on the eastern Tibetan Plateau: host species composition, molecular prevalence, and epidemiological implications. *Parasites & vectors* **11**: 1-12.
- Wang Z, Wang X, Liu X. 2008. *Echinococcosis* in China, a review of the epidemiology of *Echinococcus spp.* *Ecohealth* **5**, 115–126.
- WHO, 1951. Expert Committee on Zoonoses. World Health Organization Technical Report Series No. 40.
- Wobeser G. 1971. The occurrence of *Echinococcus multilocularis* (Leukart, 1863) in cats near Saskatoon, Saskatchewan. *The Canadian Veterinary Journal* **12**(3): 65-68.

- Woosley ID, Bune NET, Jensen PM, Deplazes P, Kapel CMO. 2015. *Echinococcus multilocularis* infection in the field vole (*Microtus agrestis*): an ecological model for studies on transmission dynamics. *Parasitology research* **114**: 1703-1709.
- World Health Organization. 1996. Guidelines for treatment of cystic and alveolar echinococcosis. WHO Informal Working Group on *Echinococcosis*. *Bull. W. H. O.* 74:231-242.
- Yoccoz NG, Ims RA. 1999. Demography of small mammals in cold regions: the importance of environmental variability. *Ecological Bulletins*, 137-144.
- Xiao N, Li TY, Qiu JM, Nakao M, Chen XW, Nakaya K, Yamasaki H, Schantz PM, Craig PS, Ito A. 2004. The Tibetan hare *Lepus oiostolus*: a novel intermediate host for *Echinococcus multilocularis*. *Parasitology research* **92**: 352-353.
- Xiao N, Qiu J, Nakao M, Li T, Yang W, Chen X, Schantz PM, Craig PS, Ito A. 2006. *Echinococcus shiquicus*, a new species from the Qinghai-Tibet plateau region of China: discovery and epidemiological implications. *Parasitol. Int.* **55**:233-236.
- Zapletal M, Obdržálková D, Pikula J, Pikula JJR, Beklová M. 1999. Geographic distribution of the field vole (*Microtus arvalis*) in the Czech Republic. *Plant protection Science* **35**(4):139-146.
- Zapletal M, Obdržálková D, Pikula J, Zejda J, Pikula J, Beklová M, Heroldová M. 2001. Common Vole *Microtus arvalis* (Pallas, 1778) in Czech Republic. *Akademické nakladatelství CERM s.r.o.* Brno.
- Zejda J, Nesvadbová J. 2000. Abundance and reproduction of the common vole, *Microtus arvalis* in crop rows and associated agricultural habitats. *Folia Zoologica* **49**(4): 261-268.
- Zejda J, Zapletal M, Pikula J, Obdržálková D, Heroldová M, Hubálek Z. 2002. *Hlodavci v zemědělské a lesnické praxi*. Praha: Agrostoj 284s.
- Zellweger-Fischer J, Kery M, Psinelli G. 2011. Population trends of brown hares in Switzerland: the role of land-use and ecological compensation areas. *Biological conservation* **144**(5): 1364-1373.
- Ziadinov I, Mathis A, Trachsel D, Rysmukhambetova A, Abdyjaparov TA, Kuttubaev OT, Deplazes P, Torgerson PR. 2008. Canine echinococcosis in Kyrgyzstan: using prevalence data adjusted for measurement error to develop transmission dynamics models. *International Journal for Parasitology* **38**: 1179-1190.



## 6 Seznam příloh

### Seznam tabulek

Tabulka 1: Souhrnné prevalence <i>E. multilocularis</i> v Evropě u hrabošovitých .....	15
Tabulka 2: Biologie Možnosti diagnostiky <i>E. multilocularis</i> u zvířat .....	28

### Seznam obrázků

Obrázek 1: Morfologické rozdíly <i>Echinococcus spp.</i> .....	9
Obrázek 2: Biologie <i>Echinococcus</i> .....	11
Obrázek 3: Životní cyklus <i>E. multilocularis</i> .....	12
Obrázek 5: Přibližné geografické rozšíření .....	13
Obrázek 6: Mikrofotografie řezů infikovaných jater hryzce vodního a hraboše polního .....	17
Obrázek 7: Játra náhodných mezipřítelů .....	22