

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra zoologie a rybářství**



**Hostitelské zdroje invazních a ohrožených  
druhů mlžů v zemědělské krajině**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Martina Justová**

**Obor studia: Veřejná správa v zemědělství a krajině**

**Vedoucí práce: Ing. Karel Douda, Ph.D.**

© 2020 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Hostitelské zdroje invazivních a ohrožených druhů mlžů v zemědělské krajině" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce, s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 17. 7. 2020

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Karlu Doudovi, PhD., za poskytnutí důležitých informací a nemalou trpělivost při zpracování mé bakalářské práce. Poděkování patří také mé rodině a přátelům.

# Hostitelské zdroje invazních a ohrožených druhů mlžů v zemědělské krajině

## Souhrn

Práce je psaná formou literární rešerše o problematice dostupnosti vhodných rybích hostitelů pro sladkovodní mlže v člověkem silně ovlivněné krajině. Cílem bakalářské práce je zhodnotit problematiku z hlediska dostupnosti dat ve střední Evropě. Na začátku práce je nastíněno druhové spektrum sladkovodních mlžů. Dále je zde kapitola popisující nepůvodní a invazivní druhy, následně rozebírám reprodukční cyklus v přirozených podmínkách. Zachování či rozšiřování populací mlžů v ekosystémech vod je problematické z hlediska neustálých změn biotopů a málo vhodných hostitelských ryb, bez kterých larvy (glochidia) nemohou dosáhnout úspěšné transformace do stádia juvenilů. V návaznosti na to se zde nachází hlavní kapitola popisující problematiku z hlediska středoevropských druhů. V této části bylo provedeno vyhodnocení vhodných hostitelských ryb. Následně byla popsána obecná limitace hostitelů, identifikace vhodnosti a management populací. Zbylá část literárního přehledu pak obsahuje hlavní informace o situaci v České republice. V experimentální části, která zakončuje celou práci a danou problematiku, posuzuji vhodnost správného rybiho hostitele alternativní metodou osídlení glochidii v terénu.

Sladkovodní mlži jsou významní bioindikátoři našich ekosystémů vod, kde mají nenahraditelnou funkci, proto je důležité zachovat či obnovit jejich populace například formou monitoringu a podpory vhodného rybiho hostitele. Bakalářská práce poskytuje nové údaje, které mohou posloužit jako jeden ze zdrojů informací pro zvýšení efektivity rybářského managementu na lokalitách ohrožených druhů mlžů.

**Klíčová slova:** biologické invaze, hostitelsko-parazitické vztahy, říční krajina, mlži, ryby, management populací

# **Host resources of the invasive and endangered freshwater mussels in agricultural landscapes**

## **Summary**

This thesis is written as a literary review. It is about the problematic of ideal fish hosts for freshwater mussels in a hugely human-affected environment. The thesis is to assess problems in aspect of data availability in central Europe. There are species variety of freshwater mussels outlined at the beginning of the thesis. Then there is a chapter describing non-original and invasive mussel species. Afterwards, the reproductive cycle in a natural environment is analysed (discussed). Mussel population preservation or extension in water ecosystems is problematic because of persistent (constant) biotope changes and a small amount of eligible (suitable, appropriate) fish hosts, which are necessary for grubs (glochidia) to successfully achieve transformation into a juvenile stage. The following main chapter describes the topic regarding clam species in central Europe. There is an assessment of suitable fish-hosts. Then there is a general limitation of hosts, identification of suitability and population management described. There are main information about the situation in the Czech Republic in the last part of the research. At the end of the thesis, there is an experimental part, which concludes the whole thesis and the topic as well. It deals with suitability of appropriate fish-host and an alternative colonising method in terrain (ground, natural environment). Freshwater mussels are important bioindicators of our water ecosystems, where they have an irreplaceable function, so it is necessary to keep or renew their populations by for example proper fish-host monitoring and support. The thesis provides new data, which can help as a source of information for effectiveness improvement of fishing management in areas, where a variety of freshwater mussel species are menaced.

**Keywords:** biological invasion, host – parasitic relationships, river landscape, mussels, fish, population management



# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše.....</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Sladkovodní mlži (Unionida).....</b>	<b>3</b>
<b>3.2</b>	<b>Invazní a ohrožené druhy mlžů .....</b>	<b>3</b>
3.2.1	Proces invaze .....	4
<b>3.3</b>	<b>Rozmnožovací cyklus .....</b>	<b>5</b>
<b>3.4</b>	<b>Problematika dostupnosti vhodných hostitelů .....</b>	<b>6</b>
3.4.1.1	Margaritiferidae – zhodnocení a dostupnost rybích hostitelů .....	7
3.4.1.2	Unio – zhodnocení a dostupnost rybích hostitelů .....	10
3.4.1.3	Anodonta – zhodnocení a dostupnost rybích hostitelů.....	12
3.4.2	Obecné principy limitace dostupností hostitelů u závislých jedinců.....	16
3.4.3	Předpoklady limitace hostitele u řádu Unionida.....	17
3.4.3.1	Úprava toků.....	17
3.4.3.2	Ničení přirozených stanovišť .....	17
3.4.3.3	Nadměrný rybolov .....	18
3.4.4	Identifikace vhodného hostitele .....	19
3.4.4.1	Experimentální test specifity hostitele .....	19
3.4.5	Management hostitelských ryb .....	21
3.4.6	Situace v České republice .....	22
3.4.6.1	Opatření na ochranu mlžů .....	24
<b>3.5</b>	<b>Praktická determinace hostitele.....</b>	<b>24</b>
3.5.1	Metodika .....	24
3.5.2	Výsledky .....	25
3.5.3	Diskuze .....	29
<b>4</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>Seznam literatury.....</b>	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>Přílohy.....</b>	<b>41</b>





# 1 Úvod

V této práci se zaměřuji na problematiku dostupnosti invazních a ohrožených mlžů v zemědělské krajině. Sladkovodní mlži z řádu Unionida, také známí pod názvem velcí mlži, se řadí mezi nejohroženější skupiny organismů žijících na naší planetě (Reichard et al. 2012). Mlži sehrávají klíčové ekologické role v říčních a jezerních ekosystémech důsledkem cyklace živin, filtrace vody, indikace jakosti vody či zajištění biogenního prostředí pro další skupiny organismů (Atkinson, Kelly, & Vaughn 2014). Množství a rozšíření sladkovodních mlžů se na celém světě výrazně snižuje. Polovina z těchto mlžů je významně ohrožena (Walker et al. 2014). Zprostředkování vazeb mezi bentickou zónou a vodním sloupcem hraje důležitou a nenahraditelnou roli (Bauer and Wachtler 2001, Vaughn and Hakenkamp 2001).

Složitý rozmnožovací cyklus představuje jeden z hlavních negativních faktorů ohrožující přítomnost mlžů. Rozmnožovací cyklus zahrnuje larvální stadium, které se nazývá glochidium, toto stadium se váže na rybího hostitele, kde setrvává několik dnů až měsíců v závislosti na teplotě vody (Wachtler et al. 2001). Nejedná se o jediný limitující faktor, příkladem lze uvést i ztrátu původního stanoviště, přítomnost nepůvodních druhů organismů, změnu klimatu, rybářské hospodaření, predaci a ubývání organického materiálu, který slouží jako potrava (Lopes – Lima et al. 2017).

Vztah mezi hostitelem a jeho parazitem je více než důležitý, i přes parazitaci glochidia, která díky tomuto vzájemnému vztahu získávají výživu, a následně může dojít k jejich dalšímu vývoji. Parazité mají různou míru hostitelské specificity, což ovlivňuje jejich úspěšnost reprodukce (Taraschewski 2006). Paraziti nejsou vždy úspěšní při infikování a využívání svých nových hostitelů (Bakke et al. 2002), mohou však využít „evoluční naivitu“ nových hostitelů a využívat je efektivněji než hostitele, se kterými se společně vyvinuli (např. Reichard et al. 2007, 2010). Stupeň specificity přímo souvisí s invazním potenciálem parazita, protože dostupnost vhodných rybích hostitelů má za následek úspěšné rozmnožování (Shea & Chesson 2002). Je tedy zřejmé, že vztah mezi mlžem a jeho rybím hostitelem je rozhodující pro zachování mlžů.

Mlži byli dříve využíváni jako zdroj potravy a lidé si často neuvědomovali, že právě mlži sehrávají důležitou roli v našich vodách. Nejen jejich ochrana, ale i ochrana populací jejich hostitelských ryb je více než potřebná, avšak jejich funkční význam zůstává i nadále méně doceněn (Strayer et al. 1999).

## **2 Cíl práce**

Cílem práce bylo provést literární rešerši vědecké literatury z hlediska hostitelsko-parazitického vztahu mezi sladkovodními mlži (řád Unionida) a jejich hostitelskými rybami v oblasti střední Evropy. Součástí literární rešerše je popis a vyhodnocení experimentu, který se zabýval přirozeným osídlením ryb glochidii v terénu. K tomuto účelu byla použita data ze tří lokalit na Moravě.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Sladkovodní mlži (Unionida)

Sladkovodní mlži z řádu Unionida zahrnují přes 840 žijících druhů (Graf & Cummings 2007). Díky jedinečnému životnímu cyklu, který zahrnuje především rodičovskou péči a larvalní parazitismus na sladkovodních rybách, je můžeme řadit do skupiny tzv. závislých (affiliate) organismů (Lopes – Lima et al. 2014).

Jedná se o ohroženou skupinu organismů, jejíž zástupci se vyskytují téměř po celém světě. Nejpočetnější zastoupení mají v Severní Americe (Lydeard et al. 2004). V Evropě můžeme nalézt 2 čeledi toho řádu. První z nich je čeleď perlorodkovití (*Margaritiferae*), která je zastoupena dvěma druhy, a to perlorodkou říční (*Margaritifera margaritifera*) a perlorodkou velkou (*Margaritifera auricularia*). Druhou čeledí jsou velevrubovití (*Unionidae*). Tato čeleď je v Evropě tvořena rody *Anodonta*, *Mycrocondylaea*, *Potomida*, *Unio* a *Pseudanodonta*, které jsou zastoupeny celkem 14 druhy (Lopes-Lima et al. 2016).

Sladkovodní mlži jsou významní filtrátoři, jenž mají zajímavou životní strategii. Ostatní druhy mlžů včetně perlorodky říční jsou silně vázány na rybí hostitele oligotrofních vod, bez kterých nejsou schopny reprodukce nových jedinců. Populace jedinců z čeledi perlorodkovití obývají především měkké vody s nízkým pH. Jejich existence byla však zjištěna i v řekách s vyšší tvrdostí vody, jednalo se o oblast Walesu a Irska. V současné době jsou tyto populace na zmíněných místech vyhynulé (Preston et al. 2010). K zachování jejich populací je nezbytně nutné aktivně chránit a optimalizovat příslušná přírodní společenstva jednotlivých povodí. Mlže můžeme označit, jako organismy jejichž životní funkce jsou úzce propojeny s faktory prostředí a díky tomu mohou sloužit jako ukazatele daného biotopu (Boháč 1999). Dále je pro ně specifická dlouhověkost. Typickým příkladem jsou zástupci z rodu *Margaritifera*, kteří patří mezi nejdéle žijící bezobratlé živočichy (Fernandez et al. 2009). Dlouhověkost je mezi populacemi rozdílná a závisí na tempu růstu, který je ovlivněn několika faktory. Jako příklad faktorů můžeme uvést prostředí, teplotu, eutrofizaci vod a v neposlední řadě také obsah dusičnanů ve vodě (Bauer 1992).

### 3.2 Invazní a ohrožené druhy mlžů

Jak je již zmíněno v úvodní kapitole, velcí mlži z řádu Unionida patří mezi celosvětově se vyskytující organismy, mezi kterými nalezneme významné invazní a zákonem chráněné druhy. Mezi ohrožené druhy mlžů z řádu Unionida dle Evropského programu pro sladké vody (European freshwater program, WWF, 2000) patří perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera*) a velevrub tupý (*Unio crassus*). V České republice je jejich ochrana předmětem ochrany v evropsky významných lokalitách (EVL) v rámci evropské soustavy chráněných území NATURA 2000. Hlavním důvodem zařazení do skupiny kriticky ohrožených druhů, je jejich vazba na rybího hostitele, která má ekologickou spojitost mezi různými vodními organismy (Bachmann 2000).

Rozšiřování nepůvodních druhů může mít negativní dopad na zachování biologické rozmanitosti, a to jak na úrovni druhů, tak na úrovni společenstev. Jedná se o případ, kdy má nepůvodní druh schopnosti, díky kterým se stává zvýhodněným oproti druhům původním a začne se intenzivně rozšiřovat – takový druh označujeme jako invazivní. Za invazivní druh tedy označujeme živý organismus, který byl z místa svého původního výskytu zavlečen do nového prostředí s přispěním člověka. Tímto procesem mu bylo umožněno překonat biogeografickou bariéru, kterou by bez jakékoli pomoci nebyl schopen sám překonat. V novém prostředí se tento druh nekontrolovaně šíří, přičemž díky své přítomnosti agresivně vytlačuje původní druhy (Elton 1958).

Pro invazní druhy jsou charakteristické vlastnosti r-stratégů. Tyto vlastnosti se vyznačují rychlým růstem, krátkou délkou života, brzkou dospělostí, vysokou plodností umožňující rychlou obnovu populace, velkou tolerancí podmínek prostředí a efektivní schopností rychlého šíření. Předpokladem pro tyto druhy je původ jejich výskytu nacházející se na velmi nestabilních stanovištích, kde často dochází k nečekaným změnám, a není na ně proto vytvářen takový tlak na rozvoj adaptací jako na druhy ve stabilním ekosystému. Dosáhnutí nosné kapacity mimo původní stanoviště je pro tyto druhy velmi snadné, neboť hustota jejich populace není nijak regulována (McMahon et al. 2002). Kromě r-stratégů najdeme v ekosystémech i k-stratégy, ke kterým se řadí většina endemických druhů. Tento druh se vyskytuje v narušených biotopech, je vázán na stabilní prostředí, má pozdější dospělost, omezené šíření a dlouhý vývoj jedince (Sibly & Calow 1986). Invazní druhy mohou vytrvat na relativně nízké populační velikosti i několik let. Po uplynutí této doby následuje expanze, tento jev je označován jako „lag effect“ (klidová fáze). Expanze může být ovlivněna několika faktory, jedním z nich je genetická změna v populaci nebo čekání na přijatelné prostředí, ve kterém mohou setrvat (Crooks & Soule 1999).

Mezi evropské invazní mlže se zařazují: korbikula asijská (*Corbicula fluminea*), korbikula brakická (*Corbicula fluminalis*), slávička mnohotvárná (*Dreissena polymorpha*) a škeble asijská (*Sinanodonta woodiana*). Korbikula asijská má svůj původ v Asii a v Evropě byla poprvé objevena v roce 2006. Tento druh je nyní přítomen v Portugalsku, Rumunsku, Velké Británii, České republice a dalších evropských státech (Crespo et al. 2015). V oblasti Kaspického, Azovského a Černého moře nalezneme slávičku mnohotvárnou, která Evropu osídlila na přelomu 18. a 19. století. Procesem osídlování se do Evropy dostal i druh z jihovýchodní Asie, jedná se o škebli asijskou. Tento druh mlže kolonizoval několik evropských zemí (Španělsko, Ukrajinu, Švédsko). Početné populace dané škeble mohou zvyšovat odolnost vůči glochidii v potencionálním hostitelském stádiu a sloužit jako přenašeči nových parazitů a nemocí (Sousa et al. 2014). Mnoho z těchto dopadů však zůstává spekulativních.

### 3.2.1 Proces invaze

Proces invaze se rozděluje na tři fáze: počáteční šíření (transport), usídlení a šíření do dalšího prostředí. Aby došlo k úspěšnému usídlení, musí být nepůvodní druh v novém prostředí životaschopný a zcela soběstačný. Poslední dvě fáze jsou závislé na první – jestliže tedy nedojde k transportu, nemůže dojít k dalším fázím (Puth & Post 2005). K šíření může docházet

přirozenou cestou nebo pomocí lidské činnosti. Případy, kdy dochází k invazím bez lidské činnosti, jsou způsobeny například oceánskými proudy, přenosem na tělech živočichů nebo aktivním pohybem. Pokud se nepůvodnímu druhu podaří úspěšně rozšířit a následně usadit, může se dále šířit přirozeně do dalších oblastí (Smith et al. 1999). Důležitým významem tohoto procesu může být i vzájemné působení mezi jedinci v nepůvodní populaci. Rozdíly v rozsahu působnosti v původní či nové oblasti, mohou zásadně ovlivnit úspěch invaze a určit, zda nepůvodní druh bude v novém prostředí převládat, či nikoli.

### 3.3 Rozmnožovací cyklus

Sladkovodní mlži mají oddělená pohlaví, jedná se tedy o gonochoristy. Ve výjimečných případech se u jedinců perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*) mohou objevit hermafroditní jedinci (tj. obojího pohlaví). Hermafrodity se mohou stát pouze samice, nikoli samci.

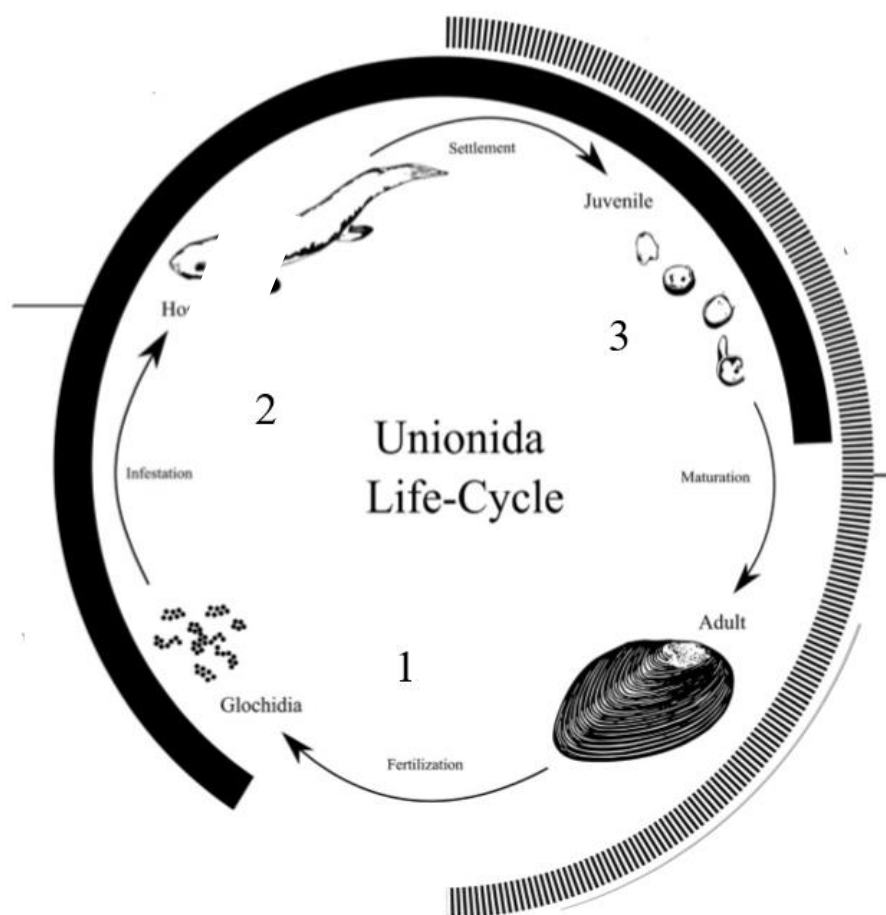
Samice kladou neoplozená vajíčka do marsupíí, což jsou komory nacházející se uvnitř žaberních listů. Následně samec vypouští do vodního sloupce spermie, které samice přijme sifonem a dochází k oplodnění. Uvnitř samice se vajíčka oplodní a vyvinou do larválního stádia (Barnhart 2008).

Jedná se o parazitické larvální stádium, které se nazývá glochidium (Kat 1984).

Uvolněné glochidium z gravidní samice mlže se připojuje na rybího hostitele (viz Obrázek 1), kde setrvává po dobu, než je jeho přeměna zcela dokončena (Blažek & Gernar 2006). Tato doba trvání závisí na teplotě vody. Je nutno poznamenat, že přichycení k hostitelské rybě není u všech druhů stejné, glochidia jsou uvolňována v různých obdobích roku a jejich připojení na rybího hostitele je zcela náhodné (Bauer 1994).

Tělo glochidií je tvořeno pouze jedním svalem, který umožňuje pohyb lastury (Kern 2017).

Dále jsou glochidia tvořena dvěma trojúhelníkovitými lasturkami se zaoblenými okraji a jejich velikost činí v zavřené poloze 360–400  $\mu\text{m}$ . Dle přízpusobení se glochidia dělí na glochidia s háčky a bez háčků. První zmíněné glochidium má schopnost se zapouzdřit na povrchu těla a ploutvích hostitelských ryb, druhé glochidium se zapouzdří pouze na žábřácích a tím si snižuje počet vhodných hostitelů (Reis et al. 2014). Veliké množství sladkovodních mlžů, specifických hlavně díky parazitaci na svých hostitelích, se nachází v čeledi *Margaritiferidae*, podčeledi *Lampsilinae* a *Ambleminae*. Skupina těchto mlžů se přizívuje hlavně na žábřácích, jenž jsou pro jejich glochidia bez háčků bezpečnou volbou. Neplatí to však vždy, jelikož glochidia s háčky spadající do čeledi Unionidae volí také žábry jako místo svého přichycení. Druh *Unio tumidiformis*, který se přizívuje jen na rybách spadajících do rodu *Squalius*, je tohoto faktu skvělým příkladem, protože v první řadě volí žábry vybraného rybího hostitele jako místo pro parazitování svých glochidií. Studie dokazují, že glochidia upřednostňují parazitování v prostředí totožném tomu, kde se pohybuje jejich matka. Přeměnu v mladého mlže zvládne však jen menšina. V případě parazitace na nevhodné rybě, která nemá pro hostitelství předpoklady, glochidia zanikají v rámci hodin až dnů kvůli vzniku cysty na žábřacích (Blažek & Gernar 2006). Právě z tohoto důvodu je volba správného hostitele klíčová a jediný druh ryby, v lepším případě druhů vícero, se tak může stát objektem pro přizívování (Lima et al. 2016).



Obrázek č. 1: Schéma životního cyklu mlže z rodu *Unionida*. 1. Uvolňování glochidií z dospělého jedince. 2. Napadení ryby. 3. Mladí jedinci velkých mlžů, kteří vznikli metamorfózou glochidií.

Zdroj: (Moore et al. 2018)

### 3.4 Problematika dostupnosti vhodných hostitelů

Dostupnost vhodných rybích hostitelů je z hlediska minimalizace úmrtnosti a následné produkce mlžů velmi důležitá, a to zejména pro ohrožené druhy, kterými jsou perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera*) a velevrup tupý (*Unio crassus*). V této kapitole je nastíněna problematická situace dostupnosti vhodného rybího hostitele v člověkem silně ovlivněné krajině. Sběr dat pro následné shrnutí a popis byl velice zdlouhavý, neboť k tomuto tématu chybí zásadní zdroje informací. Informace byly hledány v odborných člancích dostupných z elektronických informačních zdrojů, kterými jsou například Web of science či Google Scholar. Při hledání byla použita klíčová slova př: Unio, Unio crassus host, Unionidae host, Anodonta, host fish, management population fish a mnoho dalších kombinací slov. Celkový souhrn pojednává pouze o sladkovodních mlžích a jejich hostitelských zdrojích žijících

v Evropě. Pro vyhodnocení dané situace a vhodných hostitelských zdrojů byla vytvořena tabulka o počtu 23 sladkovodních mlžů (viz. Přílohy). Daná tabulka byla nápomocna k částečnému posouzení a zhodnocení výskytu vhodných ryb, na kterých může mlž dokončit svůj vývoj.

Vztah mezi glochidiiem a hostitelskými rybami je popisován spíše jako foretický (tj. forma symbiózy, kde je symbiont mechanicky přepravován hostitelem), než výživný nebo z důvodu ochrany (Blažek a Gelnar 2006). Glochidia ve fázi parazitismu obvykle nenabývají na velikosti, ale mají vliv na chování ryb, který se může zvyšovat při vysokém stupni infekce nebo při delším parazitickém vztahu (Horký et al. 2014). Mnohá glochidia, která nejsou schopna metamorfózu úspěšně dokončit, jsou z hostitelských ryb předčasně uvolněna v důsledku fyziologické imunologické nekompatibility nebo mechanickým způsobem (Bauer 1987). Díky adaptivní imunitní odpovědi je šance na úspěšné přichycení menší u ryb, které dříve nebyly glochidii infikovány (Bauer 1987). Zahajování procesu adaptivní imunitní reakce je přirozený proces, který může být i problematický, pokud je způsoben invazivním druhem škeblí, například *Sinadononta woodiana* (Donrovich et al. 2017). Mladé hostitelské ryby jsou převážně více zamořeny, a to právě z důvodu jejich velkého počtu a zároveň postrádají imunitní odpověď pro glochidia. Dále také mladé ryby využívají mělké vody, kde se škeble převážně vyskytují (Santos et al. 2015). Na druhou stranu, starší ryby, které nebyly dosud infikovány, mohou produkovat větší množství životaschopných juvenilních jedinců a zároveň zvýšit rozptyl vzdálenosti škeblí (Bauer 1987).

Druhy mlžů, které mohou dokončit metamorfózu se s jedním nebo několika druhy ryb (tzv. hostitelsky specializovaný druh) mají pravděpodobně vyšší riziko ztráty vhodného hostitele způsobené změnou rybí obsádky. Zatímco pro glochidia schopná parazitovat téměř na všech druzích ryb (tzv. hostitelský generalista) je toto téměř nemožné, a to včetně nepůvodních druhů (Douda et al. 2013). Druhy hostitelských ryb jsou obecně klasifikovány jako primární nebo okrajové hostitelé s vyšší nebo nižší transformační rychlostí glochidia na juvenilní stádium (Haag et al. 2003). Kompatibilita hostitele se také liší na úrovni populace, což je specifikum, které může vést ke společné exstirpaci populaci sladkovodních mlžů (Douda et al. 2014). Složení vhodného rybího společenstva a reprodukce ryb na lokalitě má mnohem větší význam, než se uvádí (Douda a Beran 2009).

#### 3.4.1.1 Margaritiferidae – zhodnocení a dostupnost rybích hostitelů

Swalb et al. (2011) zmiňuje ve své práci, že druhy mlžů, které mají legislativní ochranu, mají menší počet hostitelů, než je tomu u ostatních druhů. Watters (1992) uvádí, že zvyšující se počet mlžů z čeledi Unionidae má za následek i zvyšující se počet ryb v řece. V posledních letech byly evropské ekosystémy poznamenány zmizením původních druhů sladkovodních ryb v oblastech s vysokým endemismem (např. Pyrenejský poloostrov). Hostitelské omezení hrozí převážně u druhů s omezeným spektrem hostitelských ryb, jako je perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera*) nebo perlorodka velká (*Margaritifera auricularia*). Dle Gessnera et al. (2010) poklesy hostitelských ryb, kterými jsou lososi a jeseteři se právě tyto druhy řadí mezi velmi rizikové z hlediska jejich zachování.

*Margaritifera margaritifera* je jedním z nejdéle žijících mlžů, její věk může přesahovat někdy až 200 let (Mutvei & Westermarck 2001). Společně s ostatními sladkovodními mlži, má perlorodka říční obvykle oddělená pohlaví, ojediněle se může stát hermafroditem. Populace perlorodek jsou vysoce závislé na životaschopných populacích hostitelských ryb. V první fázi svého rozmnožovacího cyklu, musí být larva (glochidium) navázána na vhodnou hostitelskou rybu, kde parazituje až 10 měsíců (Bauer 1994). Zatímco glochidium získává ze svého přichycení na zábrách hostitele potřebné živiny, jejich hostitelské ryby mohou mít prospěch ze sníženého suspendovaného organického materiálu v říční vodě v důsledku příjmu potravy filtrací. Kromě toho mohou perlorodky poskytovat svému hostiteli důležité mikrohabitaty, z nichž se živí (Hastie & Cosgrove 2001). Dle Ziuganova a Nezlina (1988) se jedná o vztah symbiózy – protokooperace, nikoli o parazitismus. Perlorodka využívá výhradně lososovité ryby (*Salmonidae*) – pstruha obecného (*Salmo trutta*) a lososa obecného (*Salmo salar*) (Geist et al. 2005). Pokud se ukáže, že není ryba vhodným hostitelem, glochidium uhynie do několika dnů. U severoamerického druhu perlorodky *Margaritifera marrianae*, která se vyskytuje v oblastech bez lososovitých ryb, byl zaznamenán úspěšný vývoj na štice americké (*Esox americanus*). Toto tvrzení nám dokládá, že ne všechny perlorodky jsou vázány na lososovité ryby. V našich podmínkách jsou ovšem lososovité ryby nezbytnou nutností pro úspěšnou reprodukci perlorodky říční (Douda 2015).

Vhodnost různých druhů ryb jako hostitelů ohrožených perlorodek ve své práci popisuje Taubert et al. 2010. V dané studii byla testována vhodnost různých druhů lososů pro úspěšnou metamorfózu glochidií, včetně hlavatky podunajské (*Hucho hucho*), která je označována za největší evropskou lososovitou rybu. Dále byly testovány tři kmeny pstruha (*Salmo trutta*). Úspěšně byly infikovány všechny kmeny pstruhů i lososů odebraných z Dunaje. Patnáct ryb z každého kmene bylo podrobeno pitvě, která ukázala přítomnost glochidií. Nejvyšší míru infekce a nejvyšší růst glochidií vykazoval pstruh hnědý, pocházející z oblasti distribuce perlorodky. Endemický losos pocházející přímo z řeky Dunaj se prokázal jako nejméně vhodný hostitel. Vzhledem k odebrání tří kmenů pstruha z prostředí chudého na uhličitany (pstruh hnědý byl odebrán z prostředí bohatého na uhličitany), byla v této studii prokázána úspěšná infekce hostitel – parazit ve vápenaté vodě. Výsledky této studie naznačují, že pečlivý výběr a správné hostitelské zdroje jsou nezanedbatelnou součástí pro udržení řízené ochrany populace perlorodky říční.

Tabulka 1: *Výčet vhodných a nevhodných hostitelů Margaritifera margaritifera*

	<i>vhodné hostitelské ryby</i>	<i>nevhodné hostitelské ryby</i>
<i>Margaritifera margaritifera</i>	<i>Salmo salar</i> <sup>1,2</sup>	<i>Phoxinus phoxinus</i> <sup>1</sup>
	<i>Salmo trutta</i> <sup>1,2</sup>	<i>Oncorhynchus mykiss</i> <sup>1</sup>
	<i>Hucho hucho</i> <sup>1</sup>	



Zdroj: (všechny zdroje jsou ve správném tvaru uvedeny v kapitole Literární zdroje, zde jsou uvedeny pouze jména autorů a rok vydání publikace)

1 - Jens-Eike Taeubert, Marco Denic, Bernhard Gum, Michael Lange, Juergen Geist, 2010

2 - Lee C. Hastie, Mark R. Young, 2000

Omezení vhodných hostitelských ryb je zaznamenáno i u dalšího ohroženého druhu perlorodky – perlorodka velká (*Margaritifera auricularia*). Perlorodka velká stejně jako většina sladkovodních mlžů potřebuje k dokončení své metamorfózy vhodného rybiho hostitele. Dříve se uvádělo, že jeseter velký (*Acipenser sturio*) je jediným vhodným hostitelem, nyní se již zjistilo, že tato informace se nezakládá na pravdě, existuje několik dalších vhodných hostitelů. Soler et al. 2018, 2019 se touto problematikou zabývá ve svých studiích, ve kterých se snaží identifikovat i další dostupné hostitele pro tento druh. V první studii v roce 2018 byla identifikována přirozená infekce volně žijících ryb ve třech francouzských řekách, zatímco experimenty s umělou infekcí byly provedeny na sumci velkém (*Silurus glanis*) a mihuli mořské (*Petromyzon marinus*). Z 29 druhů ryb hodnocených přirozenou infekcí se ukázali jako vhodní hostitelé pouze koljuška tříostná (*Gasterosteus aculeatus*) a úhoř říční (*Anguilla anguilla*). Při experimentech s přírodní infekcí byly shromážděny živí juvenilní jedinci *Petromyzon marinus* a *Silurus glanis*. Počet mladých jedinců odebraných ze vzorku *Petromyzon marinus* (13 827) nám naznačuje, že tento druh je velmi vhodným hostitelem. Stejně jako u dříve známého hostitele (jesetera velkého) se zdá, že i nově identifikovaným hostitelům nevadí mořské prostředí, ve kterém perlorodka nežije. Výsledek studie naznačuje, že mihule mořská hraje klíčovou roli při prevenci úplného vyhynutí perlorodky velké.

Tabulka 2: Výčet vhodných a nevhodných hostitelů *Margaritifera auricularia*

	<b>vhodné hostitelské ryby</b>	<b>nevhodné hostitelské ryby</b>
<b><i>Margaritifera auricularia</i></b>	<i>Petromyzon marinus</i> <sup>1</sup>	<i>Silurus glanis</i> <sup>1</sup>
	<i>Gasterosteus aculeatus</i> <sup>2</sup>	
	<i>Acipenser baerii</i> <sup>2</sup>	
	<i>Salaria fluviatilis</i> <sup>2</sup>	

Zdroj: (všechny zdroje jsou ve správném tvaru uvedeny v kapitole Literární zdroje, zde jsou uvedeny pouze jména autorů a rok vydání publikace)

1 - Joaquín Soler, Catherine Boisneau, Philippe Jugé, Nina Richard, Yann Guerez, Laure Morisseau, Karl Matthias Wantzen, Rafael Araujo, 2019

2 - J. Soler, C Boisneau, K. M. Wantzen and R. Araujo, 2018

### 3.4.1.2 Unio – zhodnocení a dostupnost rybích hostitelů

Z důvodu nedostatku vhodných rybích hostitelů klesají také populace velevruba tupého (*Unio crassus*) (Douda et al. 2012). Velevruba tupého řadíme mezi hostitelské specialisty. Vhodnost hostitele se může lišit v různých liniích stejného druhu a doba vývoje je také rozdílná. Situaci kolem velevruba a jeho rybích hostitelů zkoumá řada odborníků ve svých studiích. Douda a Beran (2009) na základě publikovaných analýz hostitelských ryb z České republiky ukazují, že přejímat hostitelské ryby z jiných oblastí je zcela nemožné. V podmínkách vyskytujících se u nás může docházet k rozdílnostem. Vhodný hostitel umožňuje dokončit juvenilnímu jedinci metamorfózu, nejprve musí však dojít k zacystování glochidií. Uvádí se, že k testování by se měly používat mladé ryby 0+, je zde předpoklad nevyvinutí imunitní reakce při infekci glochidii (Thomas et al. 2010). Byly zjištěny rozdílnosti ve schopnosti infekce rybích hostitelů v rámci sousedních populací tohoto druhu (Douda et al. 2014). Další důležitou skutečností je, že experimenty prováděné v laboratořích částečně ukazují pohled na přírodní svět, který se může lišit podmínkami prostředí, prostorovým uchycením glochidií nebo rychlostí infekce. Tyto skutečnosti zahrnují možné dopady při použití uměle odchovaných ryb (Kostow 2004). Uměle odchované ryby však nelze v některých případech vypustit do chráněné krajiny, proto přichází v úvahu pouze přirozená reprodukce ryb (Hruška 1999).

Přestože je u jiných druhů (příkladem si můžeme uvést perlorodku říční) je vhodnost hostitelských druhů ryb dobře známá (Taubert et al. 2010), avšak u velevruba tupého je hostitelská specifická méně prostudovaná. Chybí systematické studie o vhodnosti různých hostitelských druhů ryb v recenzované literatuře. Z těchto důvodů jsou podrobné znalosti o specifčnosti hostitele pro vývoj zásadní účinnou strategií pro zachování tohoto druhu. Kromě toho informace o vhodnosti hostitele jsou předpokladem pro komplexní porozumění kolonizačních procesů a geografického rozšíření (Taubert et al. 2012).

V České republice proběhl výzkum velevruba tupého, kde hlavním cílem bylo vyhodnocení vhodnosti hostitelských ryb a poté posouzení jejich populace v řekách. K posouzení bylo použito z přirozených stanovišť nebo z líhni 27 druhů ryb. Výsledky, které ze studie vycházely, nám ukazují, že primárními hostiteli jsou střevle potoční (*Phoxinus phoxinus*) a vranka obecná (*Cottus gobio*). Tyto dva primární druhy jsou citlivé na antropogenní vlivy a jejich populace je klíčovým zdrojem pro tohoto mlže (Douda et al. 2012). Problematikou kolem velevruba se nezabývají pouze v České republice. Taubert et al. 2012 popisuje posouzení vhodnosti hostitele i v Německu. V první ze svých studií zkoumal interakci hostitel – parazit různých druhů ryb za umělých a přírodních podmínek. K posouzení byly použity tyto ryby: *Chondrostoma nasus*, *Cottus gobio*, *Leuciscus idus*, *Phoxinus phoxinus*, *Squalius cephalus*, *Scardinius erythrophthalmus*, které byly vyhodnoceny jako vhodný hostitel. *Unio crassus* nebyl schopen metamorfovat na *Acipenser ruthenus* a *Rutilus rutilus*. Vhodnost různých druhů ryb z hlediska hostitelské kompatibility, může být hodnocena různými způsoby. Na jedné straně existuje umělý přístup infekce pomocí paralelně infikovaných glochidií na různé druhy ryb. Tento přístup identifikoval *Phoxinus phoxinus* a *Squalius cephalus* jako nejlepší hostitele. Výsledky této studie zlepšují obecné porozumění hostitelské vhodnosti různých druhů ryb. Hustota hostitelských ryb a složení druhů ryb se velmi lišily mezi čtyřmi zkoumanými vodními toky, v kterých se velevrub tupý vyskytoval, což naznačuje použití různých hostitelských ryb

v přírodních stanovištích. Velikost hostitelského spektra vysvětluje široká distribuce a schopnost kolonizovat různá stanoviště.

Taubert et al. (2012) ve své druhé studii opět zkoumá specifičnost hostitelů pro velevruba tupého. Cílem této studie bylo systematické posouzení vhodnosti hostitelství 8 různých druhů ryb, včetně šesti původních druhů, které se přirozeně vyskytují společně s velevrubem a dva nepůvodní druhy. Všechny testované druhy ryb byly úspěšně infikovány glochidii, která byla přítomna na jejich žábrách 2 dny po expozici. Glochidia velevruba narostla významně < 15 % během své metamorfózy na vhodných hostitelích. Z nepublikované literatury existují náznaky, že *Phoxinus phoxinus* a *Squalius cephalus* mohou být vhodnými hostiteli pro velevruba z odtoků Labe a Rýna. Údaje týkající se vhodnosti různě sympatických druhů ryb, jako jsou například *A. bipunctatus* a *A. alburnus* zcela chybí. Záznamy o vhodnosti druhů, jako jsou *C. gobio* a *S. trutta* si vzájemně odporují. Někteří autoři uvádějí, že *C. gobio* a *S. trutta* nejsou vhodným hostitelem pro velevruba tupého Bednarczuk (1986), jiní tvrdí opak. Výsledek této studie ukazuje, že *S. trutta* vhodným hostitelem je, *C. gobio* nikoli. Udržitelné řízení ochrany populací velevruba tupého je úzce spjato s účinným řízením jejich hostitelských populací ryb (Taubert et al. 2010).

Tabulka 3: Výčet vhodných a nevhodných hostitelů *Unio crassus*

	<b>vhodné hostitelské ryby</b>	<b>nevhodné hostitelské ryby</b>
<b><i>Unio crassus</i></b>	<i>Phoxinus phoxinus</i> <sup>1,2,3,4,5,6</sup>	<i>Alburnus alburnus</i> <sup>4</sup>
	<i>Squalius cephalus</i> <sup>1,3,4,5</sup>	<i>Rutilus rutilus</i> <sup>1</sup>
	<i>Coilia nasus</i> <sup>3</sup>	<i>Acipenser ruthenus</i> <sup>1</sup>
	<i>Gasterosteus aculeatus</i> (ale špatný) <sup>5</sup>	<i>Alburnoides bipunctatus</i> <sup>4</sup>
	<i>Barbus barbus</i> <sup>3</sup>	
	<i>Cottus gobio</i> <sup>1,2,3,4</sup>	
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> <sup>3</sup>	
	<i>Salmo trutta</i> <sup>4</sup>	

Zdroj: (všechny zdroje jsou ve správném tvaru uvedeny v kapitole Literární zdroje, zde jsou uvedeny pouze jména autorů a rok vydání publikace)

1 - Jens-Eike Taeubert, Ana Maria, Posada Martinez, Bernhard Gum, Juergen Geist, 2012

2 - Florent Lamand, Kevin Roche, Jean-Nicolas Beisel, 2016

3 - Adam M. Ćmiel, Katarzyna Zajac, Anna M. Lipińska, Tadeusz Zajac, 2018

4 - Jens-Eike Taeubert, Bernhard Gum and Juergen Geist, 2012

5 - Karel Doua, Jerzy Sell, Lucie Kubíková-Peláková, Pavel Horký, Agnieszka Kaczmarczyk and Monika Mioduchowska, 2014

6 – Karel Doua, 2015

Dostupností vhodného rybiho hostitele s následnou metamorfózou zástupců rodu *Unio* se zabývají i v Portugalsku. Reis et al. (2014) zkoumá pomocí experimentální infekce a přirozeným infikováním ryb vhodného hostitele pro *Unio tumidiformis*. Proces zapouzdření glochidií byl studován elektronovým mikroskopem. *Unio tumidiformis* se ukázal jako neobvyklý parazit, který parazituje pouze na rybách rodu *Squalius*. Úspěšné zapouzdření nebo úplná metamorfóza byla pozorována u pěti rybích taxonů: *S. aradensis*, *S. caroliterti*, *S. pyrenaicus*, *S. torgalensis* a *S. alburnoides*. Současná studie ukazuje vliv genomu potenciálního hostitele v reakci na infekční proces, který má určit úspěch metamorfózy (Reis et al. 2014).

Tabulka 4: Výchčet vhodných a nevhodných hostitelů *Unio tumidiformis*

	<b>vhodné hostitelské ryby</b>	<b>nevhodné hostitelské ryby</b>
<i>Unio tumidiformis</i>	<i>Squalius alburnoides</i> <sup>1</sup>	<i>Achondrostoma oligolepis</i> <sup>1</sup>
	<i>Squalius aradensis</i> <sup>1</sup>	
	<i>Squalius caroliterti</i> <sup>1</sup>	
	<i>Squalius pyrenaicus</i> <sup>1</sup>	
	<i>Squalius torgalensis</i> <sup>1</sup>	

Zdroj: (všechny zdroje jsou ve správném tvaru uvedeny v kapitole Literární zdroje, zde jsou uvedeny pouze jména autorů a rok vydání publikace)

1 - Joaquim Reis, Maria João Collares-Pereira, Rafael Araujo, 2014

### 3.4.1.3 Anodonta – zhodnocení a dostupnost rybiích hostitelů

*Sinanodonta woodiana* (*Anodonta woodiana*) je druh sladkovodního mlže, jehož invaze zasáhla celou Evropu (Douda et al. 2012). Škeblice asijská je označována za hostitelského generalistu (Douda et al. 2012). Zajímavá studie (Reichard et al. 2012) o vztahu s hořavkou duhovou (*Rhodeus sericeus*) předvedla překvapivou informaci, kdy došlo k obrácení hostitelsko – parazitického vztahu.

*Rhodeus amarus* (*Rhodeus sericeus*) je naprosto unikátní druh ryb, a to právě z důvodu, že při svém rozmnožování používají právě druhy škeblí z čeledi velevrubovitých, do kterých kladou své jikry. Především jde o hlavní čtyři druhy našich původních sladkovodních mlžů. *Rhodeus amarus* či *sericeus* na škeblích parazituje tak, že jejich embrya a jikry jsou prvních až pět týdnů uložena v mezižaberní dutině sladkovodních mlžů. Rozšíření rodu *Rhodeus* je rozsáhlé především v Asii, a to právě v Číně a Japonsku. V Asii žijí desítky druhů rodu *Rhodeus* a parazitují na tamních škeblích. Problém nastává, když se invazivní druh škeble dostane z Asie do Evropy. *Sinanodonta woodiana* má velmi dobře vyvinutý imunitní systém v podobě „vyhazovacích“ schopností, kdy dokáže embrya a jikry úspěšně vyloučit ze svého těla, a právě proto nemají rody *Rhodeus* možnost jejího využití (Kocourková 2012).

Byl proveden experiment, jenž kvalifikoval úspěšnou metamorfózu původních sladkovodních mlžů v podmínkách jejich života, po předchozí parazitární infekci škeble asijské. Hostitelskou rybou byl zvolen jelec tloušť (*Squalius cephalus*) z důvodu společného šíření zkoumanými mlži – škeble asijské a škeble říční (*Anodonta anatina*). Jelec tloušť byl nejprve infikován glochidii

invazní škeblice asijské a poté glochidii domácí škeble říční. Úspěšnost metamorfózy nativní škeble se výrazně snížila. Výsledky jasně konstatují negativní vliv škeblice asijské na domácí škebli říční (Donrovich et al. 2017).

Další experiment týkající se škeblice asijské zkoumá její invazní potenciál. Invazní úspěch *S. woodiana* byl připsán celosvětovému úspěchu. Experimentálně bylo zjištěno, že *S. woodiana* může svoji reprodukci dokončit na všech osmi testovaných rybách, bez ohledu na to, zda jsou invazní nebo nikoli. V experimentu se pracovalo s těmito rybami: střevlička východní a karas stříbřitý a některé běžně se vyskytující autochtonní druhy. Rovněž byla zkoumána role teploty vody na reprodukční úspěch škeble asijské ve středoevropské nížinné řece. Výsledky měření napovídají, že rozmnožování škeble asijské není ovlivněno teplotním režimem. Škeble asijská je tedy schopna dokončit svůj vývoj v podmínkách středoevropských řek. Vzhledem k tomu, že ani spektrum hostitelských druhů a teplota vod není omezujícím faktorem, lze předpokládat rychlé šíření škeble asijské v evropských vodách. Limitace toho druhu může nastat špatnou dostupností potravy ve vodách chudých na živiny, jenž škeble asijská potřebuje (Douada et al. 2012).

Tabulka 5: Výčet vhodných a nevhodných hostitelů *Anodonta woodiana*

	<b>vhodné hostitelské ryby</b>	<b>nevhodné hostitelské ryby</b>
<b><i>Anodonta/Sinanodonta woodiana</i></b>	<i>Pseudorasbora parva</i> <sup>1</sup>	<i>Salmo trutta</i> <sup>3</sup>
	<i>Carassius gibelio</i> <sup>1</sup>	<i>Leicaspis delineatus</i> <sup>3</sup>
	<i>Cyprinus carpio</i> <sup>1</sup>	
	<i>Leuciscus cephalus</i> <sup>1</sup>	
	<i>Rhodeus amarus</i> <sup>1,2,3</sup>	
	<i>Gobio gobio</i> <sup>1,3</sup>	
	<i>Barbus barbus</i> <sup>1</sup>	
	<i>Rutilus rutilus</i> <sup>1</sup>	
	<i>Ctenopharyngodon idella</i> <sup>3</sup>	
	<i>Gasterosteidae aculeatus</i> <sup>3</sup>	
	<i>Leuciscus idus</i> <sup>3</sup>	
	<i>Squalius cephalus</i> <sup>4</sup>	
	<i>Perca fluviatilis</i> <sup>3</sup>	

Zdroj: (všechny zdroje jsou ve správném tvaru uvedeny v kapitole Literární zdroje, zde jsou uvedeny pouze jména autorů a rok vydání publikace)

1 – Karel Douada, Milan Vrtílek, Ondřej Slavík, Martin Reichard, 2011

2 - Martin Reichard, Milan Vrtílek, Karel Douada, Carl Smith, 2012

3 - Verena Huber, Juergen Geist, 2019

4 - Seth W. Donrovich, Karel Douda, Věra Plechingerová, Kateřina Rylková, Pavel Horký, Ondřej Slavík, Huan-Zhang Liu, Martin Reichard, Manuel Lopes-Lima, Ronaldo Sousa, 2017

Huber a Geist (2017) posuzovali interakci škeble rybničné (*Anodonta cygnea*) s různými hostiteli ryb. Jako i ostatní sladkovodní mlži je *Anodonta cygnea* klíčovým druhem v evropských sladkovodních systémech. Chybí zásadní informace o složitém životním cyklu, týkající se připevnění a proměny glochidií na vhodných hostitelských druzích ryb. V laboratorním experimentu došlo k infekci deseti různých druhů ryb včetně osmi původních a dvou nepůvodních druhů. Výsledky této studie potvrdily hypotézu, že škebli rybniční lze stejně jako velevruba tupého považovat za hostitelského generalistu, neboť devět z deseti ryb bylo vyhodnoceno jako vhodné pro úspěšnou reprodukci (Waechtler et al. 2001). Vzhledem k pozorovaným rozdílům v počáteční míře napadení a úspěšnosti metamorfózy, byly hostitelé zařazeni do „dobrých hostitelů“ (*Perca fluviatilis*, *Leuciscus idus*, *Salmo trutta*, *Gasterosteus aculeatus*, *Ctenopharyngodon idella*), „méně vhodné hostitelé“ (*Leucaspis delineatus*, *Gobio gobio*, *Rutilus rutilus*, *Pseudorasbora parva*) a „nehostitelé“ (*Rhodeus amarus*). Vývoj glochidií se výrazně lišil mezi jednotlivými hostitelskými druhy ryb.

Ačkoli hodnocení výsledků laboratorních experimentů ve volné přírodě ještě není provedeno, tato studie generuje důležité informace o vztahu hostitele a glochidia *A. cygnea*. Stručně řečeno, druhově specifická hodnocení hostitelů jsou klíčem jak k pochopení ekologie, tak k zachování ohrožených populací a druhů sladkovodních mlžů (Huber & Geist 2017).

Tabulka 6: Výchčet vhodných a nevhodných hostitelů *Anodonta cygnea*

	<b>vhodné hostitelské ryby</b>	<b>nevhodné hostitelské ryby</b>
<b><i>Anodonta cygnea</i></b>	<i>Rutilus rutilus</i> <sup>1</sup> (ale špatný)	<i>Rhodeus amarus</i> <sup>1</sup>
	<i>Leucaspis delineatus</i> <sup>1</sup> (ale špatný)	
	<i>Perca fluviatilis</i> <sup>1</sup>	
	<i>Gasterosteus aculeatus</i> <sup>1</sup>	
	<i>Ctenopharyngodon idella</i> <sup>1</sup>	
	<i>Pseudorasbora parva</i> <sup>1</sup>	
	<i>Salmo trutta</i> <sup>1</sup>	
	<i>Leuciscus idus</i> <sup>1</sup>	
	<i>Gobio gobio</i> <sup>1</sup>	

Zdroj: (všechny zdroje jsou ve správném tvaru uvedeny v kapitole Literární zdroje, zde jsou uvedeny pouze publikace, kde se daná informace o hostiteli vyskytovala a rok vydání)

1 - Verena Huber, Juergen Geist, 2017

Huber a Geist (2018) věnovali pozornost i dalšímu mlži, a to škebli říční (*Anodonta anatina*). Široké zeměpisné rozložení škeble říční naznačuje skutečnost používání široké škály druhů

ryb vhodných pro larvální metamorfózu (Waechtler et al. 2001). Nedávná studie poukázala na to, že pouze původní druhy ryb jsou dobrými hostiteli, což naznačuje, že změny v rybí fauně jsou další hrozbou pro místní populace (Douda et al. 2013). Obecně platí, že invazní druhy ryb jsou téměř vždy zmiňovány jako hrozba pro původní sladkovodní mlže v důsledku ústupu původních ryb a jejich nevhodnosti jakožto hostitelů (Lopes-Lima et al. 2017, Modesto et al. 2018).

Hlavním cílem studie, kterou provedl Huber a Geist (2018) bylo objasnit vhodnost původních a invazivních druhů ryb. Neexistuje žádná úspěšná metamorfóza glochidií *A. anatina* na nepůvodních druzích ryb, tím pádem i přítomnost invazivních ryb snižuje dostupnost hostitelů mlžů, jak zmiňuje Douda et al. (2013). Larvy sladkovodních mlžů *A. anatina* jsou adaptivnější a mají vyšší míru napadení a vývojové rychlosti než larvy *A. cygnea*. Je to proto, že *A. anatina* má mnohem širší ekologickou valenci a může zabírat širší škálu stanovišť ve srovnání s jeho blízkce příbuznými druhy *A. cygnea* (Lopes-Lima et al. 2017). Standardizovaný experiment vhodnosti hostitele byl proveden na základě dříve popsané metodiky používané pro druh *Anodonta cygnea* (Huber & Geist 2017).

Testované ryby zahrnovaly osm původních druhů ryb z čeledi *Salmonidae* (*Salmo trutta*, Linnaeus 1758), *Cyprinidae* (*Leuciscus idus*, *Gobio gobio*, *Rhodeus amarus*, *Rutilus rutilus*, *Leucaspius delineatus*), *Percidae* (*Perca fluviatilis*) a *Gasterosteidae* (*Gasterosteus aculeatus*) a dva nepůvodní druhy *Ctenopharyngodon idella* a *Pseudorasbora parva* (Huber a Geist, 2017). Glochidie *A. anatina* se úspěšně vyvinula na devíti z deseti testovaných druhů ryb, což odpovídá očekávání širokého spektra vhodnosti hostitelských ryb. Jediným druhem ryb s nízkou počáteční larvální vazbou a bez juvenilních zástupců byl *Rhodeus amarus*, který zase parazituje mlže. Dostupnost vhodných hostitelů ve své studii popisuje i Reichard et al. (2012), který vyhodnotil i další nevhodné a vhodné druhy.

S ohledem na rozdíly mezi dvěma druhy *A. anatina* a *A. cygnea*, ochranná opatření musí také přesněji rozlišovat mezi oběma druhy. Liší se nejen preferencemi stanovišť, ale také vhodností hostitelských druhů ryb, a tím i stavem ohrožení. Genetická diferenciace mezi oběma mlži je zásadní (Zieritz et al. 2012). Obecně platí, že výsledky této studie zdůrazňují, že znalosti o vhodnosti hostitelských ryb nelze přenášet ani mezi příbuznými druhy. Zachování sladkovodních druhů mlžů tak může být úspěšné pouze tehdy, pokud jsou přijata druhově specifická opatření na základě výsledků studií o jejich interakci mezi hostitelem a parazitem (Huber & Geist 2018).

Tabulka 7: Výčet vhodných a nevhodných hostitelů *Anodonta anatina* (každá studie vyhodnotila hostitelské ryby jinak)

	<b>vhodné hostitelské ryby</b>	<b>nevhodné hostitelské ryby</b>
<i>Anodonta anatina</i>	<i>Perca fluviatilis</i> <sup>2,4,6</sup>	<i>Rhodeus amarus</i> <sup>1,2</sup>
	<i>Leuciscus idus</i> <sup>2</sup>	<i>Tinca tinca</i> <sup>4,6</sup>
	<i>Salmo trutta</i> <sup>2</sup>	<i>Barbus barbus</i> <sup>1</sup>
	<i>Rutilus rutilus</i> (ano, ale špatný) <sup>2,6</sup>	<i>Pseudorasbora parva</i> <sup>1,6</sup>
	<i>Ctenopharyngodon idella</i> <sup>2</sup>	<i>Carassius gibelio</i> <sup>1</sup>
	<i>Chondrostoma nasus</i> <sup>6</sup>	<i>Rutilus rutilus</i> <sup>4</sup>

	<i>Leicaspis delineatus</i> <sup>2</sup>	<i>Cyprinus carpio</i> <sup>6</sup>
	<i>Gasterosteus aculeatus</i> <sup>2</sup>	
	<i>Gobio gobio</i> <sup>1,2,4</sup>	
	<i>Abramis brama</i> (ano, ale špatný) <sup>4</sup>	
	<i>Squalius cephalus</i> <sup>3,5,4,6</sup>	
	<i>Barbus barbus</i> <sup>4</sup>	
	<i>Vimba vimba</i> <sup>4</sup>	
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> <sup>4,6</sup>	
	<i>Squalius leiciscus</i> <sup>4</sup>	
	<i>Squalius cephalus</i> <sup>3,5,4,6</sup>	

Zdroj: (všechny zdroje jsou ve správném tvaru uvedeny v kapitole Literární zdroje, zde jsou uvedeny pouze publikace, kde se daná informace o hostiteli vyskytovala a rok vydání)

1 – Martin Reichard, Milan Vrtílek, Karel Douda a Carl Smith, 2012

2 – Verena Hubert, Juergen Geist, 2018

3 – Karel Douda, Shuran Zhaoa, Barbora Vodáková, Pavel Horký, Kateřina Grabicová, Kristýna Božková, Roman Grabic, Ondřej Slavík, Tomáš Randák, 2019

4 – Karel Douda, Manuel Lopes-Lima, Mariana Hinzmann, Jorge Machado, Simone Varandas, Amilcar Teixeira and Ronaldo Sousa, 2013

5 - Seth W. Donrovich, Karel Douda, Věra Plechingerová, Kateřina Rylková, Pavel Horký, Ondřej Slavík, Huan-Zhang Liu, Martin Reichard, Manuel Lopes-Lima, Ronaldo Sousa, 2017

6 – Karel Douda, 2015

### 3.4.2 Obecné principy limitace dostupností hostitelů u závislých jedinců

Můžeme se setkat s mnoha způsoby závislostí u různých druhů živých organismů. Jedná se především o takovou závislost, bez které není daný organismus schopen své existence, či rozmnožování. Některé druhy jsou však na sobě závislé jen za určitých podmínek a to, když nemají jinou možnost. Příkladem si můžeme uvést vztah opylovače s květinou, mezidruhový vztah parazita s hostitelem, nebo potravní specializaci u zvířat. Existuje řada faktorů, kvůli kterým je vzájemný vztah jedinců ohrožen. Pokud dojde k omezení způsobu života jednoho



druhu, dojde tím i k omezení druhu, který bez vzájemného vztahu není schopen své existence. Můžeme tedy konstatovat, že vzájemné propojení mezi živými organismy je více než důležité. Jeden z mnoha hostitelsko-parazitických vztahů je například mezi korály a řasami, kdy řasy žijí v korálech a živí se odpadními produkty korálů. Řasy mohou díky fotosyntéze produkovat z oxidu uhličitého cukry, kterými nejdříve vyživí sebe a poté vyprodukují další cukry pro samotné korály. Vzhledem k současným klimatickým změnám korály ztrácí řasy a tím dochází k tzv. korálovému bělení. K tomuto procesu dochází v případě, kdy je teplota vody příliš vysoká (Cosmos 2014).

Dalším hostitelsko-parazitickým vztahem je příklad včel a orchidejí. Včely sbírají aroma z orchidejí a proměňují je v chemické signály zvané feromony. Je to komplikovaný proces, při kterém dochází ke škrábání předních nohou včel po květech orchidejí, než se aroma přeneso do váčků na včelích zadních nohách. Během tohoto procesu se pyl orchidejí přichytí na včelí záda, odkud se pak může dále roznášet na samčí květy orchidejí, což je z hlediska rozmnožovacího cyklu orchidejí životně důležité (Cosmos 2014).

### **3.4.3 Předpoklady limitace hostitele u řádu Unionida**

Lidská činnost, která značně zasahuje do ekosystémů, zcela mění společenstva ryb, bezobratlých a dalších živočichů. Sladkovodní ekosystémy, převážně povrchové vody, ztrácejí v důsledku zásahů člověka druhovou rozmanitost rychleji než mořské či suchozemské ekosystémy (Dudgeon et al. 2006). Mlži se považují za jedny z nejvíce ohrožených skupin živočichů. Ztráta a limitace vhodného rybiho hostitele znamená i ztrátu a limitaci mlže, který hostitele pro svůj další vývoj potřebuje. Existuje několik důvodů, kvůli kterým dochází k limitacím.

#### **3.4.3.1 Úprava toků**

V místech s výskytem vzácných mlžů by měly být veškeré zásahy/úpravy vodních toků odborně schváleny. Problémové úpravy jsou takové, kdy dochází k ovlivnění unášecí schopnosti vodotečí. Na těchto místech pak dochází ke zvýšení eroze. Dalšími problémovými úpravami jsou například budování či opravy odvodňovacích systémů, výstavba rybníků nebo čištění malých stružek s výskytem mlžů.

V některých povodích s výskytem perlorodky říční se uvádí, že by měly být prosvětlovány, a v okolí toků by mělo být více druhů lesních porostů. Neméně důležité je čištění pramenišť a malých vodotečí, avšak pouze v míře takové, kdy nedochází k samostatné úpravě toku. V neposlední řadě by měly být travní hmoty posečeny, poté kompostovány a následně vloženy zpět do místa sklizně.

Další činností negativně ovlivňující biotopy je například odbahňování a větší změny v přímém okolí vodotečí, kupříkladu zalesňování. Negativně ovlivnit biotop může také rozsáhlejší manipulace s vodní hladinou (více než 10 cm) (Marhoul & Turoňová 2007).

#### **3.4.3.2 Ničení přirozených stanovišť**

Primárními příčinami ztrát původních stanovišť, čímž je také ovlivněna populace hostitelských ryb, jsou výstavby přehrad, kanalizace řek, odběr vody nebo jiné lidské zásahy do ekosystémů

sladké vody (Dudgeon et al. 2006). Tyto zásahy do toků blokují migraci ryb a tím zároveň znemožňují rozšíření mlžů (Freeman 2003). Přehrady se nejčastěji považují za blokaci ryb proti proudu, ale jsou i překážkou pohybu po proudu (Pelicice et al. 2015). Jemnější dopad stavění výše zmíněných přehrad může být u těch sladkovodních mušlí, které mají nemigrujícího hostitele (Brainwood et al. 2018).

Dalšími významnými zásahy člověka do říční sítě je snaha odstranit nejvyšší povodňový stupeň (Poff et al. 2007). Povodně vytvářejí a dočasně spojují říční stanoviště s řekami a kanály, které jsou důležité pro sladkovodní mlži a jejich hostitelské ryby (Addy, Cooksley, & Sime 2012; Bunn & Arthington 2002; FitzHugh a Vogel 2011).

Důležitou příčinou poklesu populace hostitelských ryb a ryb všeobecně je přítomnost látek znečišťujících toky, například těžké kovy, které mohou narušit imunitu a reprodukční systém ryb. Tyto látky je ovlivňují přímo. Dále mohou ryby ovlivnit například látky ze zemědělství, které sice zvyšují produkci plodin, ale hlavně vyčerpávají kyslík přítomný ve vodě (Rabalais et al. 2002). Mlži patří ke sladkovodním organismům, které jsou velmi citlivé na toxické sloučeniny a eutrofizaci. Například vypouštění toxických látek do toků v průběhu rozmnožovacího cyklu mušlí může vést k migraci hostitelských ryb do méně zasažených oblastí (Brim Box & Mossa 1999; Österling, Arvidsson a Greenberg 2010).

Rozsáhlý pokles hostitelských ryb je celosvětový problém (Dudgeon et al. 2006). Hlavní hrozby přímo souvisejí s lidskou činností. Jedná se o tyto činnosti: zavádění nepůvodních (invazivních) druhů, znečištění toků a jejich nadměrné využívání nebo nepřímo ovlivněné člověkem, tím je například změna klimatu nebo fragmentace stanovišť. Tato ohrožení mohou mít přímý dopad na populaci měkkýšů. Dopad může být na populaci měkkýšů také nepřímý, kdy je pokles zapříčiněn poklesem populace hostitelských ryb (podrobněji v práci Strayer 2008; Haag 2012).

#### 3.4.3.3 Nadměrný rybolov

Nadměrné využívání vnitrozemských ryb ke komerčním účelům způsobuje pokles hojnosti a biomasy jistých druhů pro jejich vysokou cenu (Allan et al. 2005; Hilborn et al. 2003; Simić, Simić, Stojković Piperac, Petrović a Milošević 2014). Při tomto komerčním lovu ryb dochází necíleně (vedlejší úlovek) k lovu hostitelských ryb, což má negativní dopad na interakci hostitel – mlž. Studie prokázaly, že redukce rybí populace mohou negativně ovlivnit biologické interakce, dokonce mohou zahrnovat zánik funkčnosti ryb jako hostitele (Correa et al. 2015). Řízený rybolov upřednostňováním ekonomicky atraktivnějších druhů ryb před rybami, které jsou preferovány jako hostitelské, může mít nepříznivý dopad na populaci sladkovodních mlžů. Například hlavní hostitelé velevruba tupého vranka obecná (*Cottus gobio*) a střevle potoční (*Foxinus foxinus*) byly nahrazeny nadměrným nasazováním lososů (*Salmo salar*) v podhorských oblastech České republiky, to může mít za důsledek zásadní pokles její populace (Douda et al. 2012)

### 3.4.4 Identifikace vhodného hostitele

Glochidia sladkovodních mlžů potřebují ke svému vyspění hostitelskou rybu, kterou parazitují na žábrách či ploutvích (viz kapitola Rozmnožovací cyklus). Každý druh z řádu Unionidae vykazuje určitou míru specifík pro hostitele a je schopen akceptovat pouze jeden nebo několik hostitelských druhů, přestože někteří mlži mají uvedených více než 30 možných hostitelských druhů. Z tohoto důvodu je reprodukční úspěch mušlí závislý na populaci daných hostitelských ryb (Coker et al. 1921).

Kompatibilita vztahu parazit – hostitel závisí především na schopnosti glochidií přežít obrannou imunitní reakci hostitele (Jansen et al. 2001).

Dle výsledných rozdílů je možné identifikovat dva typy hostitelských druhů: 1) primární hostitelé – míra infekce a míra metamorfózy jsou vysoké; 2) marginální hostitelé – hodnoty jsou nízké (Barnhart et al. 2008).

#### 3.4.4.1 Experimentální test specifity hostitele

Pro tuto metodu je nutné zajistit odběr dospělých mlžů, od kterých se očekává, že jsou plně larev. Důležité je správné přechovávání gravidních mlžů. Převaha a úschova samic do laboratoře v 10 l barelech včetně provzdušňované říční vody až do samovolného vypuštění glochidií. Příkladem si uvedeme určování vhodného hostitele pro škeblici asijskou (*Sinanodonta woodiana*), které provedl Douđa et al. 2011. Pro pokus bylo použito 8 potenciálních hostitelských druhů (čeledi *Cyprinidae*). Celkem se jednalo o tyto druhy ryb: *Pseudorasbora parva*, *Carassius gibelio*, *Leuciscus cephalus*, *Rutilus rutilus*, *Gobio gobio*, *Barbus barbus*, *Rhodeus amarus*. K pokusu bylo použito 6–10 jednotlivých druhů ryb. Stáří experimentálních ryb bylo buď do jednoho roku, nebo do dvou let. Dvě ryby uhynuly před juvenilním stádiem mlžů a nebyly do experimentu zahrnuty. Následně byla z barelů po samovolném uvolnění pipetou vytažena glochidia a umístěna do laboratoře. Náhodných 30 vzorků od každé samice bylo testováno na životaschopnost s chloridem sodným k potvrzení jejich infekčního potenciálu. Ryby byly vloženy do dechlorované vodovodní lázně obsahující  $4570 \pm 1279$  životaschopných glochidií l -1. Glochidia byla držena provzdušňováním v homogenní suspenzi (0,5 l na rybu). Po 15 minutách inokulace byly ryby převedeny do vody bez glochidií na dobu 30 minut za účelem oplachu nepřichycených glochidií. Poté byly ryby přemístěny do 56 jednotlivých 5 l nepřetržitě provzdušňovaných nádrží s dechlorovanou vodovodní vodou a s 3mm sítěmi na dně. V těchto nádržích ryby zůstaly až do konce experimentu. Krmění ryb probíhalo denně za použití vločkového krmiva. Teplota v nádržích byla automaticky zaznamenávána každých deset minut, a to s hodnotou  $23,3 \pm 0,7$  ° C po celou dobu pokusu, to souhlasí s teplotou zaznamenanou ze zdroje, odkud byly mlži odebráni, během vypouštění glochidií. Voda byla v jednotlivých nádržích částečně obměněna (80 % objemu vody) po dobu 26 dní, počínaje dnem po infikování ryb a pak každý druhý den. Nepřeměněná glochidia a škeble v juvenilním stádiu byly poté izolovány z odpadu za pomoci nylonové sítě. K výpočtu počtu glochidií a juvenilních škeblí bylo na mikroskopu použito zvětšení 10-409. Všechny izolované kusy byly zkontrolovány, a v případě vyzorované aktivity byly klasifikovány jako žijící juvenilní mlži.

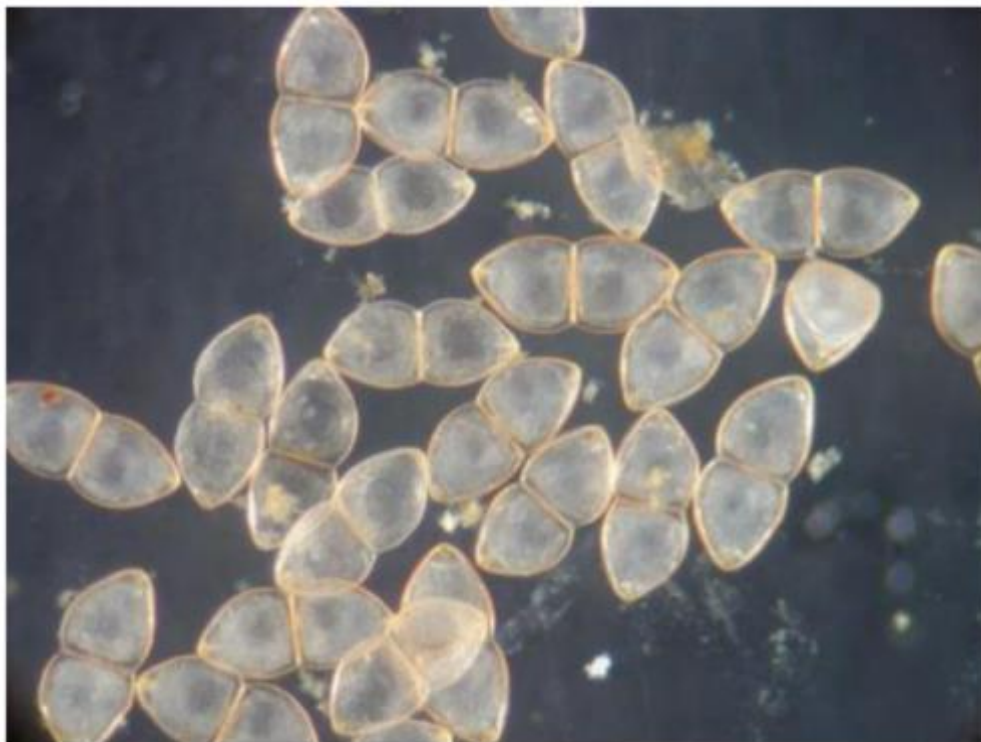
Míra infekce glochidie (počet původně přichycených glochidií), průměrná doba připojení úspěšně vyvinutého glochidia a úspěch transformace byly porovnány mezi hostitelskými druhy za použití zobecněných lineárních modelů (GLM). Hostitelský druh a individuální tělesná hmotnost hostitele byly použity jako prediktivní faktory a interakce mezi druhy. Data pro úspěch transformace glochidií, která byla vyjádřena jako podíl na celkovém součtu počtu původně připojených glochidií na ryby a celkový počet živých juvenilních mlžů z ryby, byla před analýzami transformována arcsinemem.

Výsledek studie nám ukázal, že glochidium *Sinanodonta woodiana* bylo úspěšně vyvinuto na všech hostitelských druzích. Průměrný úspěch transformace dosahoval hodnot  $17,6 \pm 12,4 \%$  u *Gobio gobio* a u druhu *Barbus barbus*  $52,4 \pm 8,4 \%$ . Střední doba úspěšného vývoje glochidia se pohybovala v rozmezí 6,3 až 7,2 dne. Míra infekce mezi hostitelskými druhy se lišila a byla pozitivně ovlivněna v závislosti na tělesné hmotnosti ryb. Střední doba úspěšného vývoje a úspěch transformace se také mezi druhy lišily, ale nezávisle na tělesné hmotnosti hostitele (Douda et al. 2011).



Obrázek č. 2: škeblice asijská

Zdroj: (foto: Karel Douda)



Obrázek č. 3: *Glochidia shecklice asijské (Sinanodonta woodiana)*

Zdroj: (Doua et al. 2017)

### 3.4.5 Management hostitelských ryb

Pro úspěšný vývoj sladkovodních mlžů rodu Unionidae jsou populace hostitelských ryb velmi důležité. Jako hlavní a v současnosti jediný hostitelský druh v ČR pro druh *Margaritifera margaritifera* je *Salmo trutta*. Mezi její původní hostitele patří také *Salmo salar*, *Hucho hucho* (Young & Williams 1984).

Druh *Hucho hucho* se u nás nevyskytuje vůbec, patří spíše do Alpských oblastí. Přestože se v České republice *Salmo salar* vyskytuje, je to pouze v malých populacích a je tudíž nemožné považovat tento druh za hostitelský (Mrk.cz 2020).

*Salmo trutta* se u nás vyskytuje pouze ve formě *Salmo trutta fario*. Obývá pouze tekoucí vody a je velmi citlivý na vysoký obsah kyslíku a čistou vodu, tedy vodu chladnou, právě tyto vlastnosti jsou limitující pro jeho rozšíření. Z tohoto důvodu se s ním můžeme setkat v horských řekách a potocích. Tento druh je také možné vidět v tzv. sekundárních pstruhových pásmech, která se nacházejí pod údolními nádržemi, nejznámější u nás jsou na Dyji, pod Vranovskou, a na Ohři, pod Nechranickou přehradou. Tento druh bývá vysazován i do stojatých vod, ale převážně do tekoucích vod, například do Jizery. Vzhledem k nadměrnému lovu pstruhů dochází k ničení původních populací a vlivem vysazování Českým či Moravským rybářským svazem dochází k jejich křížení. *Salmo trutta* je téměř po celém světě odchováván jako sportovní ryba, tedy není možné, aby tento druh vyhynul (Mrk.cz 2020).

*Salmo trutta* je nejen v České republice považovaný za hostitelský druh pro *Margaritifera margaritifera*, *Anodonta anatina*, *Anodonta cygnea*, *Unio crassus* (Taeubert et al. 2010, Taeubert et al. 2012, Huber et al. 2015, Huber et al. 2018).

*Phoxinus phoxinus* obývá horské a podhorské, příležitostně i nížinné toky. U nás je potvrzen výskyt tohoto druhu především na Labi, Moravě a Odře. Žijí mimo hlavní proudy řek v hejnech a na místech, která jsou písčítá nebo jemně kamenitá (Natura Bohemica 2008).

V Evropě je druh *Phoxinus phoxinus* společně s *Cottus gobio* považován za hostitelskou rybu pro *Unio crassus* (Taeubert et al. 2012).

*Cottus gobio* se vyskytuje především v horské a podhorské průtokové oblasti s členitým nebo šterkovým dnem, kde využívá kameny pro úkryt. Místa, kde se tento druh vyskytuje, značí vysokou kvalitu vody, jedná se o tzv. bioindikační druh (BIO Monitoring 2007).

*Squalius cephalus* patří k našim nejběžnějším rybám v řekách či potocích. Nachází se také ve stojatých vodách, ale nejedná se o početné rybí obsádky. Vyskytuje se především v Sázavě, Berounce, Otavě, Lužnici, v některých úsecích Labe a v dalších řekách (Mrk.cz 2020).

*Squalius cephalus* je v Evropě považován jako hostitelská ryba pro tyto tři druhy sladkovodních mlžů – *Unio crassus*, *Anodonta anatina* a *Sinanodonta woodiana* (Donrovich et al. 2017, Čmiel 2018, Douda et al. 2019).

*Perca fluviatilis* je jednou z velmi přizpůsobivých ryb. Obývá všechny typy vod od horských potoků až po rybníky či jezera. Tento hostitelský druh, má tendence přemnožování a vytváření malých hejn, což je z hlediska sladkovodních mlžů závislých na *P. fluviatilis* velmi příznivé (Mrk.cz 2020). *Perca fluviatilis* je označen jako hostitelská ryba pro tyto druhy sladkovodních mlžů - *Anodonta anatina*, *Anodonta cygnea* (Huber et al. 2017, Huber et al. 2018).

Plod *Salmo salar* je v České republice vysazován od konce minulého století, a to především do povodí řek Kamenice, Ohře a Ploučnice. Současný stav populace tohoto druhu velmi závisí na repatriačních opatřeních, do kterých spadají například tvorby průchozích rybích přechodů například na Labi, aby bylo rybám umožněno migrovat proti proudu. První dva roky svého života tráví ve sladké vodě, poté táhnou do slané vody. Za účelem reprodukce se vrací zpět do svých původních stanovišť ve sladkých vodách. K rozmnožování využívají šterk, kterým zakrývají jikry kladené do rohovitých jam (BIO Monitoring 2007).

### 3.4.6 Situace v České republice

Nynější stav sladkovodních mlžů řádu Unionida v Evropě popisují ve své práci Lopes-Lima et al. (2017). Beran (2019) ve své publikaci podporuje ochranu odborů, stanovišť a poskytl důležité informace o současném stavu a situaci sladkovodních mlžů v České republice.

V České republice bylo doposud ve volné přírodě nalezeno 247 druhů měkkýšů, z toho 28 mlžů. V daných údajích nejsou započítáni mlži, kteří žijí mimo volnou přírodu. Jedná se především o druhy žijící ve sklenicích či jiných vhodných prostorách, u kterých nebylo doposud potvrzeno

přežití v přírodní krajině (Horsák et al. 2010). Fauna sladkovodních mlžů České republiky je členěna do 3 původních rodů, a to jsou rod *Unio*, *Anodonta*, *Pseudanodonta* a *Margaritifera*. Do rodu *Margaritifera* patří jediný zástupce a tím je *Margaritifera margaritifera*, kriticky ohrožený, ale významný druh. Z rodu *Unio* je třeba zmínit zástupce za velevrubovité – velevruba malířského (*Unio pictorum*) a velevruba nadmutého (*Unio tumidus*). Posledním zástupcem je rod *Anodonta*, do kterého řadíme škebli rybničnou (*Anodonta cygnea*), škebli říční (*Anodonta anatina*) a invazivní druh – škebli asijskou (*Sinanodonta woodiana*) (Horsák et al. 2010).

Velevrub tupý (*Unio crassus*) symbolizuje svou vazbou na rybího hostitele spojitost mezi různými skupinami vodních organismů (Bachmann 2000). Dříve byl běžným druhem v tekoucích vodách a obýval i naše největší řeky (Morava, Labe, Dyje, Vltava). Jeho přítomnost dokládají záznamy o hromadném výskytu a využívání ke krmení dobytka. Díky své plasticitě se dokáže přizpůsobit teplotním podmínkám a v důsledku odlesňování údolí, které vedlo ke zvýšení teploty, se velevrub dostal i do podhorských toků. Zásadní změna nastala v druhé polovině 20. století a vedla k jeho částečnému vyhynutí. V současné době se velevrub nachází na specifických lokalitách. V Čechách se jedná o oblast povodí Labe na různých vodních tocích (od Lukaveckého potoka či Klíčavy po větší řeky jako je Sázava, Lužnice či Ohře s Nežárkou). Na Moravě se v současné době nacházejí větší populace velevruba tupého pouze v povodí řeky Odry (Beran & Douda 2009). Dalším zástupcem z rodu *Unio* je velevrub nadmutý (*Unio tumidus*). Na našem území tento zástupce silně ustupuje, je čtenější na Třeboňsku a v oblasti soutoku Moravy a Dyje. Je veden jako druh zranitelný (Beran 1998). Poslední ze tří zástupců je velevrub malířský (*Unio pictorium*), který je stále běžným druhem, vyskytujícím se v tocích a stojatých vodách. Ze všech velevrubů odolává antropogenním vlivům nejlépe a jeho ohrožení není příliš znatelné. V České republice je veden pod statutem málo dotčený (Beran 1998).

Mezi další zástupce žijící v České republice patří perlorodka říční, která se dříve vyskytovala na mnoha místech. Jednalo se především o řeky na jihu a západě Čech. Dnes je situace výrazně odlišná a na našem území se nenachází místo, kde by se vyskytovaly početné populace (Krouza 2016). Perlorodka říční patří mezi nejnáročnějšího sladkovodního mlže žijícího u nás. Zvláště malé perlorodky, sotva půl milimetru velké, jsou po odpadnutí ze své hostitelské ryby velmi citlivé na kvalitu vody. Požadující podmínky na vývoj malých perlorodek nesplňuje žádná řeka, a proto se u nás mladé perlorodky přes 40 let nikde neobjevily. Perlorodku říční nalezneme pouze na horních tocích některých řek (Vltava, Blanice, Malše, Želivka). Ve středověku byla kvalita našich vod zcela jiná a perlorodku jsme mohli najít i na jiných místech. V současné době populace perlorodek tvoří kolem 16 000 jedinců. V České republice měli perlorodky jako hlavního hostitele pro svůj vývoj lososa obecného (*Salmo salar*), ale po postavení vodních děl na Labi, tah ustal. Nyní je v našich podmínkách vhodným hostitelem parazitární larvy (glochidium) pstruh obecný (*Salmo trutta*) (Simon et al. 2015).

Vhodná přírodní stanoviště pro sladkovodní mlže jsou primárně vodní toky. Škeble plochá a velevrub tupý upřednostňují pomalu tekoucí vody a výskyt na jiných stanovištích je vzácný. Tekoucí vody jsou obecně jednoznačně preferovaným stanovištěm všech druhů čeledi Unionidae, s výjimkou škeble rybniční. Ve srovnání s ostatními druhy dává škeble rybničná přednost stojatým vodám (rybník, přehrada, nádrž). Přehrady postavené na horních úsecích některých řek jsou jediným stanovištěm velevruba tupého. Přehrady na velkých řekách obvykle obývají různorodé populace organismů. Nedávno byly objeveny v několika přehradách početné

populace invazivní škeble asijské, zejména v jižních Čechách. Rozsáhlejší nádrže vytvořené těžbou, jako jsou lomy, jsou také vhodným stanovištěm. Nížinné záplavové oblasti větších řek jsou obývány ostatními druhy sladkovodních mlžů (Beran 1998).

#### 3.4.6.1 Opatření na ochranu mlžů

V druhé polovině 20. století byl počet informací o stavu populací sladkovodních mlžů v Evropě a České republice poměrně málo obsáhlý. Následné roky se objem informací kvůli výzkumům postupně začal zvyšovat a pozornost byla kladena hlavně na velevruba tupého (*Unio crassus*). Téměř všechna dříve známá místa s populací velevruba tupého se stala součástí SCI (Site of Community Importance; lokalita významná pro Společenství).

Legislativní ochrana lokalit s výskytem velevruba tupého a dalších sladkovodních mlžů z řádu Unionida je pouze prvním krokem k zachování jejich populací. Poskytuje také dostatečnou ochranu před antropogenními dopady, které by mohly výrazně poškodit nebo zcela zničit místa výskytu populací (např. stavba přehrady). Pro zlepšení stavu to však nestačí. Ve většině z nich je znečištění neúměrně vysoké a v mnoha případech byly vodní toky v minulosti regulovány a intenzivně využívány. Je proto žádoucí obnovit celé říční systémy mnoha vodních toků (Beran 2019).

Vstup České republiky do EU v roce 2004 byl novým impulsem pro sledování známých lokalit s výskytem velevruba tupého a také bylo započato hledání potenciálně vhodných toků pro tento druh. Bylo nalezeno několik lokalit s výskytem četných populací. Mnoho z nich zůstává však nechráněno stejně jako mnoho jiných cenných lokalit s pozoruhodným výskytem jiných sladkovodních mlžů. Příkladem může být pravděpodobně nejpočetnější populace škeble ploché (*Pseudanodonta complanata*) nalezené v Praze v řece Vltavě (Douda et al. 2015). Je však důležité si uvědomit, že hlavní hrozby pro zachování početných populací je znečištění a regulace toků.

## 3.5 Praktická determinace hostitele

### 3.5.1 Metodika

Vhodnost správného rybího hostitele lze určit i alternativní metodou osídlení glochidií v terénu. V této kapitole je zkráceně popsán a vyhodnocen experiment zjišťující přítomnost glochidií na hostitelské rybě, na kterém jsem se částečně podílela.

Sezónní výskyt a prostorová distribuce glochidií na rybách byly studovány na hořavce duhové (*Rhodeus sericeus*). Ryby byly odloveny 23. 7. 2019 na Jižní Moravě. Studované lokality zahrnovaly řeku Moravu, Kyjovku a zatopenou pískovnu Dědavou. Odlovy ryb provedly kolegové z UBO (tým doc. Reicharda) záťahovou sítí. Následně jsem provedla pitvu ryb. Glochidia byla zkoumána na žábřácích (žábry byly vyhodnocovány po vyjmutí z žaberní dutiny,



není tedy určeno, na jakém oblouku glochidia byla), ploutvích (ocasní, řitní, hřbetní, prsní), šupinách/kůži a v oblasti hlavy.

### 3.5.2 Výsledky

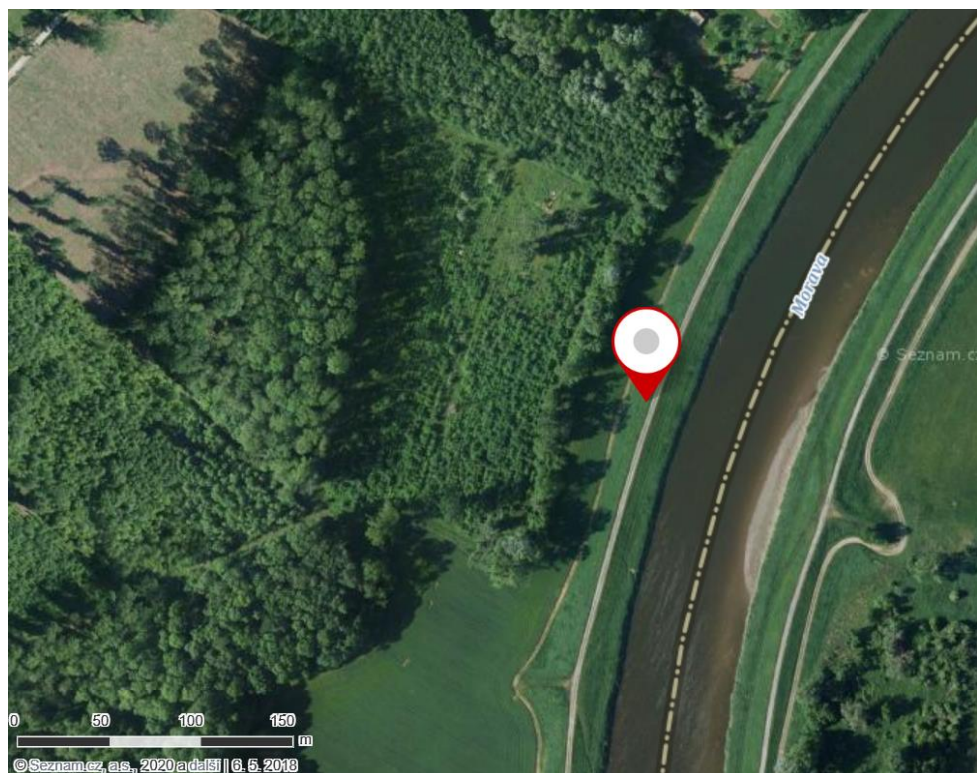
- 1) Bylo provedeno vyhodnocení z hlediska druhů (rodů) glochidií nalezených ve třech lokalitách.

Jak je již zmíněno v úvodu, ryby byly odebrány ve třech vodních stanovištích, jednalo se o řeku Moravu, Kyjovku a zatopenou pískovnu Dědavou. Na každé lokalitě bylo odebráno 20 ryb, každé rybě bylo přiděleno identifikační číslo př: 1M,2M. Ryby se podrobily pitvě, která prokázala přítomnost nebo úplnou absenci glochidií.

#### **Morava**

Bylo nalezeno celkově 58 přítomných glochidií. Jednalo se pouze o glochidia druhu *Sinanodonta woodiana* (SW), který se v této lokalitě hojně vyskytuje. Mezi rybami se vyskytovali i jedinci, na kterých nebylo nalezeno ani jedno přítomné glochidium. Intenzita infekce glochidií byla obecně vyšší u většiny ryb. Více než 6 glochidií na rybě bylo pozorováno pouze u dvou ryb (8M a 19M).

(souřadnice lokality 48°43'42.992"N, 17°0'48.640"E)

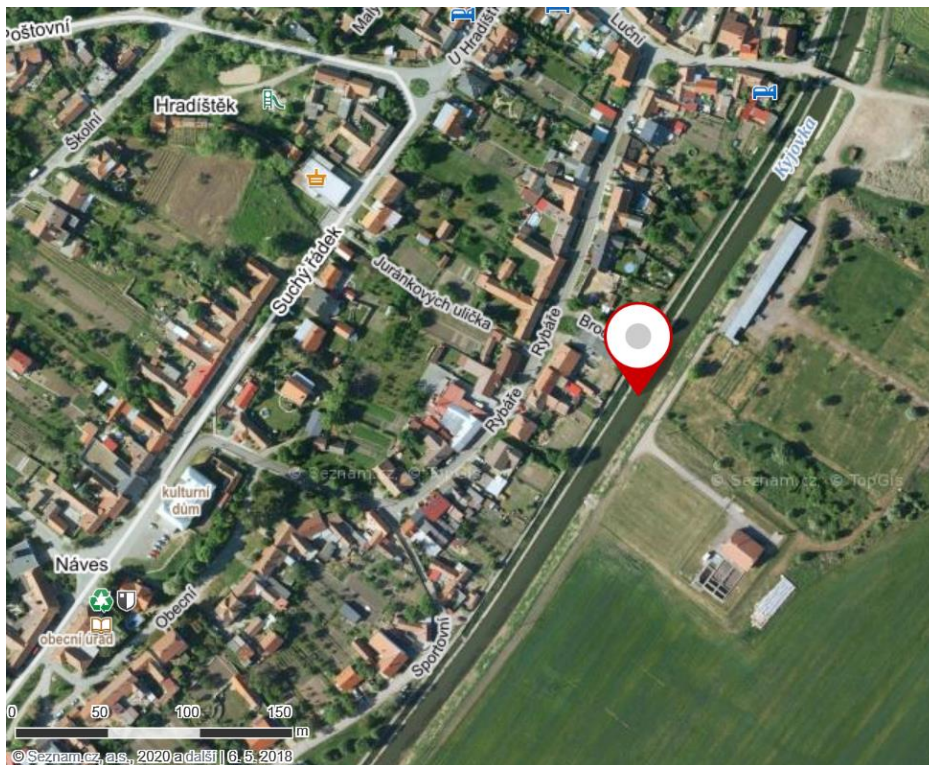


Obrázek č. 4: Letecký snímek lokality Morava z roku 2018

## Kyjovka

Bylo nalezeno celkově 27 přítomných glochidií. Celkově byla zjištěna přítomnost 7 glochidií z rodu *Unio* (UN) a 20 z rodu *Sinanodonta woodiana* (jedno glochidium bylo zničeno). Opět se mezi rybami vyskytovali jedinci, na kterých nebylo nalezeno ani jedno přítomné glochidium, ovšem našli se i tací jedinci, kteří byli napadeni oběma přítomnými mlži. Intenzita infekce glochidii byla obecně nízká u většiny ryb. Více než 5 glochidií na rybě bylo pozorováno pouze u jedné ryby (1K – označení).

(souřadnice lokality 48°46'39.960"N, 17°0'55.746"E)

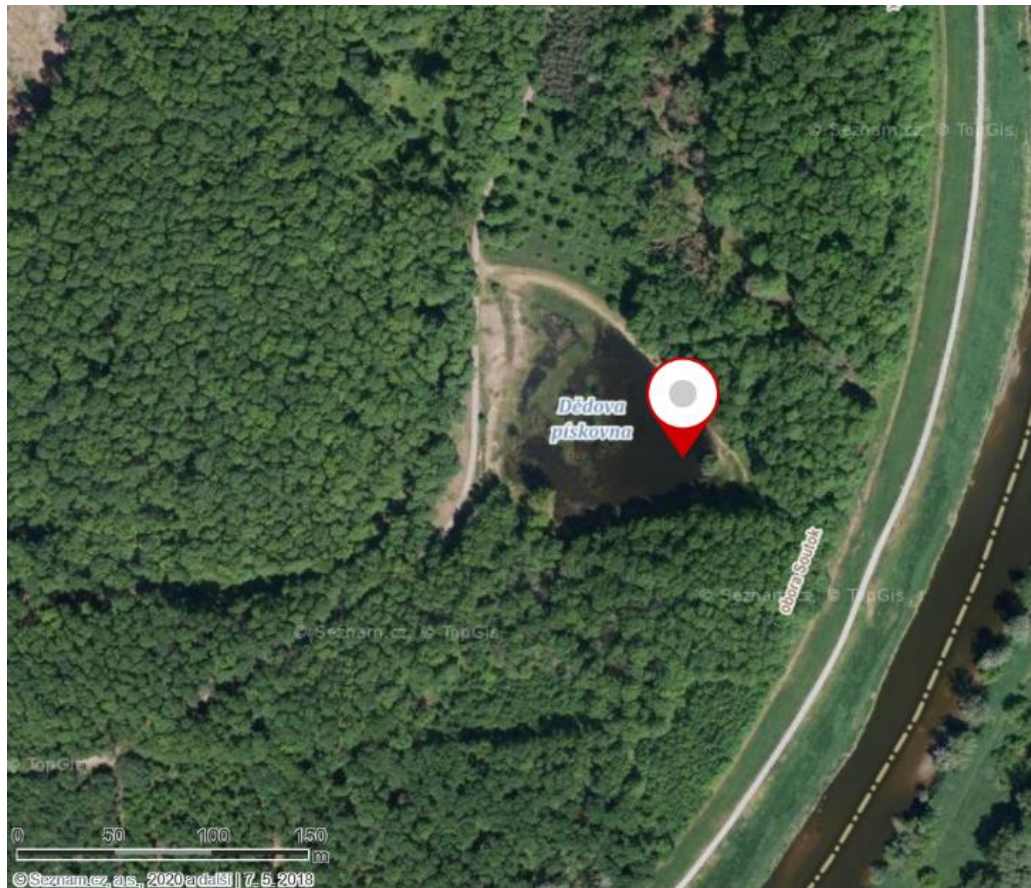


Obrázek č. 5: Letecký snímek lokality Kyjovka z roku 2018

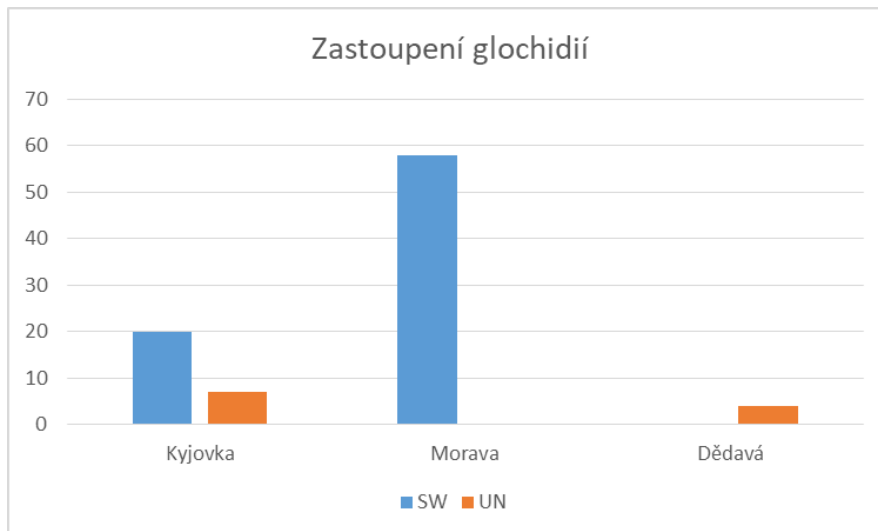
## Dědava

Na této lokalitě je zaznamenán nulový výskyt *Sinanodonta woodiana*, byla zde nalezena pouze glochidia rodu *Unio*. Celkově se jednalo o 4, ovšem z toho 2 byla poškozená. Intenzita infekce glochidii byla obecně nízká u většiny ryb. Na žádné rybě se nenašlo více než 1 glochidium.

(souřadnice lokality 48°37'58.952"N, 16°57'37.336"E)



Obrázek č. 6: Letecký snímek lokality Dědava z roku 2018



Graf č. 2 – Graf znázorňuje procentuální zastoupení glochidií

- 2) Byla vyhodnocena prevalence mezi lokalitami. Abychom otestovali hypotézu o tom, zda se liší podíl osídlených/neosídlených ryb druhem invazivního sladkovodního mlže, který byl na daných lokalitách nalezen (jednalo se o glochidia *Sinanodonta woodiana*), bylo potřeba provést analýzu, která by tuto domněnku buď potvrdila či zcela zamítla. K tomuto účelu byl vybrán Fisherův test.

### Fisherův test

Jedná se o statistický test, který je založen na výpočtu exaktní pravděpodobnosti, se kterou bychom za platnosti nulové hypotézy ( $H_0$ ) o nezávislosti veličin X a Y získali realizaci čtyřpolní tabulky, která je základem. Nulová hypotéza dokazuje nezávislost veličin X a Y. Pokud vyjde  $H_0$  znamená to, že pozorované četnosti odpovídají těm očekávaným (Lánský et al. 2015). Cílem Fisherova testu je výpočet pravděpodobnosti, se kterou získáme čtyřpolní tabulku stejně nebo více vzdálenou od  $H_0$  při zachování marginálních četností. Obecný vzorec je:

$$p = \frac{\binom{a+c}{a} \binom{b+d}{b}}{\binom{n}{a+b}} = \frac{(a+b)!(a+c)!(c+d)!(b+d)!}{n!a!b!c!d!}$$

Platnost nulové hypotézy je možné potvrdit nebo vyvrátit, pokud hodnotu p srovnáme s námi zvoleným písmenem  $\alpha$  (hladina významnosti). Pokud je hodnota  $p < \alpha$ , nulová

hypotéza se zamítá, pokud je hodnota  $p >$  nulová hypotéza se nezamítá. Nulovou hypotézu lze také chápat jako tvrzení, které vyjadřuje nulový rozdíl mezi testovanými soubory dat (Lánský et al. 2015).

Předtím, než začneme vypočítávat pravděpodobnost, je nutné vytvořit výše zmíněnou čtyřpolní tabulku. Můžeme si daný pokus představit také jako pokus, který se provádí ze dvou veličin a končí úspěchem nebo neúspěchem. Obecně platí následující schéma:

Výsledek pokusu	okolnosti		$n_j$
	I	II	
úspěch	$a$	$b$	$a + b$
neúspěch	$c$	$d$	$c + d$
$n_k$	$a + c$	$b + d$	$n$

Jelikož byl výskyt glochidií *Sinanodonta woodiana* (SW) potvrzen pouze na dvou lokalitách (v řece Kyjovce a Moravě), bude statistická analýza provedena pouze u nich. Hypotéza byla taková, že se podíl osídlených a neosídlených ryb druhem SW mezi lokalitami Kyjovka a Morava neliší.

Nejprve byla vytvořena čtyřpolní tabulka, ze které se pak odvíjel celý výpočet:

	Kyjovka	Morava	Celkem
osídlení	10	17	27
neosídlení	10	3	13
Celkem	20	20	40 (celkový součet)

Tabulka 8: čtyřpolní tabulka pro lokality Kyjovka a Morava

Po provedení Fisherova testu nám vyšlo  $p = 0,0407 < \alpha = 0,05$ , což nám říká, že rozdíl je významný,  $H_0$  se tedy zamítá. Je tedy zřejmé, že osídlení a neosídlení ryb se dle lokalit signifikantně liší.

### 3.5.3 Diskuze

Získané výsledky, nám ukázaly výskyt glochidií *Sinanodonta woodiana* a *Unio* na třech různých lokalitách a následnou prevalenci mezi lokalitami. Z grafu (graf 2), kde je zobrazeno procentuální zastoupení glochidií, je zřejmé, že glochidia druhů *Sinanodonta woodiana* a *Unio* nebyla nalezena na všech zkoumaných lokalitách.

Použitím statistického testu byl vyhodnocen podíl osídlených a neosídlených ryb glochidii, který byl odlišný.

Blažek a Gelnar (2006) ve své studii též identifikovali hostitele pomocí glochidii. V tomto experimentu proběhl odlov ryb z několika lokalit nacházejících se v České republice (ryby byly loveny během tří let). Distribuce glochidii byla studována na třech druzích ryb – plotici obecné (*Rutilus rutilus*), hořavce duhové (*Rhodeus sericeus*) a okounu říčním (*Perca fluviatilis*). Byly nalezeny dva druhy, a to rod *Unio* a *Anodonta*. Stejně tak jako v naší studii byl rozdíl v rozložení glochidii na těle ryb. Vyhodnocen byl i podíl osídlených a neosídlených ryb, který se též lišil.

## 4 Závěr

Za pomoci odborné literatury byla zpracována bakalářská práce, která pojednává o problematice hostitelských zdrojů invazivních a ohrožených sladkovodních mlžů řádu Unionida. V rešeršní části byla zmíněna dřívější fakta, popisující vhodnost hostitelských ryb jednotlivých druhů mlžů. Z dostupných informací jsem vytvořila přehled vhodných a nevhodných druhů ryb a zaměřila se na podrobnější popis. Bylo zjištěno, že nelze přejímat hostitelské ryby z jiných oblastí a že stáří ryby hraje důležitou roli v dokončení metamorfózy glochidia. Vhodné je použití mladých ryb. Dále zde byly uvedeny limitace, management populací a současný stav popisující situaci v České republice. V České republice probíhá jeden záchranných aktivit na zachování jednotlivých populací mlžů a jejich hostitelů, avšak míra ochrany je stále malá.

Cílem práce bylo provést zhodnocení vhodných hostitelů a problematiky, jenž se jich týká. Díky statistickému vyhodnocení lze konstatovat značný rozdíl výskytu na jednotlivých stanovištích. Poznatky shrnuté v práci přispívají k většímu poznání hostitelsko – parazitických vztahů ryb a mlžů. Dále lze tuto bakalářskou práci brát jako všeobecný přehled o vhodnosti rybích hostitelů, této problematice však není věnováno tolik pozornosti. Do budoucna by proto bylo vhodné zaměřit se na další potencionální hostitele a zvýšení jejich ochrany. Pokud by došlo k úplné limitaci hostitelů, následovalo by částečné či úplné vymizení sladkovodních mlžů z přírodních stanovišť. Ve studiích zkoumajících vzájemné vztahy mezi mlži a rybími hostiteli stále existuje mnoho neznámých.

## 5 Seznam literatury

- Addy, S., Cooksley, S. L., & Sime, I. 2012. Impacts of flow regulation on freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) habitat in a Scottish montane river. *Science of the Total Environment*, 432, 318–328.
- Alexandra Zieritz, Bernard Gum, Ralph Kuehn, Juergen Geist. 2012. Identifying freshwater mussels (Unionida) and parasitic glochidia larvae from host fish gills: a molecular key to the North and Central European species. Wiley Online Library. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ece3.220> (accessed June 2020)
- Atkinson C. L., Kelly J. F., Vaughn C. C. 2014. Tracing consumer-derived nitrogen in riverine food webs. *Ecosystems* **17**: 485-496.
- Available from: <https://cosmosmagazine.com/social-sciences/symbiosis-when-living-together-win-win>
- Bachmann J. 2000. European freshwater species strategy. WWF International, European fresh-water program.
- Barnahrt, M. C., W. R. Hagg, and W. N. Roston. 2008. Adaptations to host infection and larval parasitism in Unionoida. *Journal of the North American Benthological Society* 27: 370–394.
- Bauer G, Vogel C. 1987. The parasitic stage of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.) I. Host response to glochidiosis. *Archiv für Hydrobiologie* **76**: 393–402.
- Bauer G. 1994. The adaptive value of offspring size among freshwater mussels (Bivalvia; Unionoidea) *J. Anim. Ecol.* 63: 933 – 944.
- Bauer G. 1997. Host relationships at reversed generation times: *Margaritifera* (Bivalvia) and salmonids. *Ecological Studies* **130**: 69–79.
- Bauer G., Wachtler K. 2001. Framework and driving forces for the evolution of naiad life histories. *Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida*. Springer, Berlin, pp 233–255
- Bauer, G. 1992. Variation in the life-span and size of the fresh-water pearl mussel. *Journal of Animal Ecology*. 2: 425-436.
- Bauer, G. 2001. Characterization of the Unionoida (=Naiads). Pp. 3-4 in G Bauer, K Wachtler, eds. *Ecological Studies: Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoida*, Vol. 145. Berlin: Springer-Verlag.
- Bednarczuk, J. 1986. Untersuchungen zu Wirtsfischspektrum und Entwicklung der Bachmuschel *Unio crassus*. PhD thesis, Tierärztliche Hochschule Hannover, Germany.



- Beran L. 1997. První záznam *Sinanodonta woodiana* (Mollusca:Bivalvia) v České republice. *Acta Soc Zool Bohem* 61:1–2
- Beran L. 2000. Velevrub tupý (*Unio crassus*). *Ochrana přírody*. 55(7): 208–209.
- Beran, L. 2019. Distribution and recent status of freshwater mussels of family Unionidae (Bivalvia) in the Czech Republic. Source: Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems. Issue 420, p1-15. 15p.
- Blažek, R., Gelnar M. 2006. Temporal and spatial distribution of glochidial larval stages of European unionid mussels (Mollusca: Unionidae) on host fishes. Brno, Czech Republic. Masaryk University. 53: 98–106
- Boháč, J. 1999. Organismy jako bioindikátory měnícího se prostředí. *Životné prostredie*. 33. 126-129.
- Brainwood, M., Burgin, S., & Byrne, M. 2008. The impact of small and large impoundments on freshwater mussel distribution in the 256. MODESTO et al. Hawkesbury-Nepean River, Southeastern Australia. *River Research and Applications*, 24, 1325–1342.
- Brim Box, J., & Mossa, J. (1999). Sediment, land use and freshwater mussels: Prospects and problems. *Journal of the North American Benthological Society*, 18, 99–117
- Ćmiel A. M., Zajac K., Lipińska A. M., Zajac T. 2018. Glochidial infestation of fish by endangered thick-shelled river mussel *Unio crassus*. *Aquatic Conservation* **28**: 535-544.
- Coker, R. E., A. F. Shira, H. W. Clark and A. D. Howard. 1921. Natural history and propagation of fresh-water mussels. *Bull. U.S. Bur. Fish.*, 37
- Correa, S. B., Araujo, J. K., Penha, J. M., da Cunha, C. N., Stevenson, P. R., & Anderson, J. T. (2015). Overfishing disrupts an ancient mutualism between frugivorous fishes and plants in Neotropical wetlands. *Biological Conservation*, 191, 159–167.
- Crespo, D., Dolbeth, M., Leston, S., Sousa, R. & Pardal, M. A. 2015. Distribution of *Corbicula fluminea* (Muller, 1774) in the invaded range: a geographic approach with notes on species traits variability. *Biological Invasions* 17, 2087–2101.
- Crooks J. A. & Soule M. E. 1999. Lag times in population explosions of invasive species: causes and implications. *Invasive Species and Biodiversity, Management* 103-125.
- *Ctenopharyngodon idella* - amur bílý. 2015. *Natura Bohemica*. Available from: <http://www.naturabohemica.cz/ctenopharyngodon-idella/>

- Donrovich S. W., Douda K., Plechingerová V., Rylková K., Horký P., Slavík O., Liu Huan-Zang, Reichard M., Lopes-Lima M., Sousa R. 2017. Invasive Chinese pond mussel *Sinanodonta woodiana* threatens native mussel reproduction by inducing crossresistance of host fish. Wiley Online Library. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/aqc.2759> (accessed June 2020)
- Donrovich S., Douda K., Plechingerová V., Rylková K., Horký P., Slavík O., Liu H. Z., Reichard M., Lopes-Lima M., Sousa R. 2017. Invasive Chinese pond mussel *Sinanodonta woodiana* threatens native mussel reproduction by inducing crossresistance of host fish. *Aquatic Conservation* **27**: 1325-1333.
- Douda K. 2015. Host-dependent vitality of juvenile freshwater mussels: Implications for breeding programs and host evaluation. *Aquaculture* **445**: 5-10.
- Douda K., 2015. Velcí mlži a jejich hostitelské vazby. [Freshwater Mussels and Their Host Relationships]. – *Živa*, 63(5): 222–224.
- Douda K., Beran L., 2009: Ochrana velevruba tupého v České republice. – *Ochrana přírody*, **2**:16-19
- Douda K., Lopes-Lima M., Hinzmann M., Machado J., Varandas S., Teixeira A., Sousa R. 2013. Biotic homogenization as a threat to native affiliate species: fish introductions dilute freshwater mussel's host resources. *Diversity and Distributions* **19**: 933-942.
- Douda K., Sell J., Kubíková-Peláková L., Horký P., Kaczmarczyk A., Mioduchowska M. 2014. Host compatibility as a critical factor in management unit recognition: population-level differences in mussel-fish relationship. *Journal of Applied Ecology* **51**: 1085-1095.
- Douda K., Vrtílek M., Slavík O., Reichard M. 2011. The role of host specificity in explaining the invasion success of the freshwater mussel *Anodonta woodiana* in Europe. *Biological Invasion* **14**: 127-137.
- Douda K., Zhao S., Vodáková B., Horký P., Grabicová K., Božková K., Grabic R., Slavík O., Randák T. Host-parasite interaction as toxicity test endpoint using asymmetrical exposures. *Aquatic Toxicology* **211**:173-180.
- Douda, K. Velíšek, J. Kolářová, J. Rylková, K. Slavík, O. Horký, P. Langrová, I. 2017. Direct impact of invasive bivalve (*Sinanodonta woodiana*) parasitism on freshwater fish physiology: evidence and implications. *Biological invasion*. (3). p. 989-999
- Douda, K., and Beran, L. (2009) "Ochrana velevruba tupého v České republice." *Ochrana přírody* 64.2 16-19.
- Douda, K., Vrtílek, M., Slavík, O. et al. 2012. Úloha specifičnosti hostitele při vysvětlování invazního úspěchu sladkovodních mušlí *Anodonta woodiana* v Evropě. *Biol Invasions* 14, 127–137. <https://doi.org/10.1007/s10530-011-9989-7>
- Dudgeon D, Arthington AH, Gessner MO, Kawabata ZI, Knowler DJ, Lévêque Ch, Naiman RJ, Prieur-Richard AH, Soto D, Stiassny MLS, Sullivan CA. 2006. Freshwater

biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biol. Rev.* 81: 163–182.

- Ekolist.cz. 2018. Živoucí fosilie našich vod - perlorodka říční. Available from:
- Elton C.S. (1958). *The ecology of invasions by animals and plants*. Methuen, Londýn.
- Fernandez, C., Miguel, E. S., Fernandez-Briera, A. 2009. Superoxide dismutase and catalase: tissue activities and relation with age in the long-lived. *Biological Research*. 42. 57-68.
- Freeman, M. C. (2003). Ecosystem-level consequences of migratory faunal depletion caused by Dams. *American Fisheries Society Symposium*, 35, 255–266.
- Geist J, Kuehn R. 2005. Genetic diversity and differentiation of central European freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.) populations: implications for conservation and management. *Molecular Ecology* 14: 425–439
- Geist J. 2011. Integrative freshwater ecology and biodiversity conservation. *Ecological Indicators*. 11: 1507–1516.
- Gessner M. O., Swan C. M., Dang C. K., McKie B. G., Bardgett R. D., Wall D. H., Hättenschwiler S. 2010. Diversity meets decomposition. *Trends in Ecology & Evolution* 25: 372-380
- Graf D. L, Cummings K. S. 2007. Review of the systematics and global diversity of freshwater mussel species (Bivalvia: Unionida). *Journal of Molluscan Studies* 73: 291-314.
- Haag W. R, Staton J. L. 2003. Variation in fecundity and other reproductive traits in freshwater mussels. *Wiley Online Library*. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-2427.2003.01155.x> (accessed June 2020)
- Hastie L. C., Young M. R. 2001. Freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) glochidiosis in wild and farmed salmonid stocks in Scotland. *Hydrobiologia* 445: 109-119.
- Hastie LC, Young MR. 2001. Freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) glochidiosis in wild and farmed salmonid stocks in Scotland. *Hydrobiologia* 445: 109–119.
- Horsák, M. Juříčková, L. Beran, L. Čejka, T. Dvořák, L. 2010. *Malacologica Bohemoslovaca*. Available from: <http://mollusca.sav.sk/pdf/9/Suppl-1-v2.pdf>
- Horst Taraschewski. 2006. Hosts and Parasites as Aliens. *Journal of Helminthology* 80(2):99-128
- Hruška J. 1992. The freshwater pearl mussel in South Bohemia: evaluation of the effect of temperature on reproduction, growth and age structure of the population. *Arch Hydrobiol* 126: 181–191.

- <https://ekolist.cz/cz/publicistika/priroda/zivouci-fosilie-nasich-vod-perlorodka-ricni#diskuse>
- [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/obojzivelnici\\_mekkysi\\_plazi/\\$FILE/ODOIMZ\\_perlorodka\\_20170817.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/obojzivelnici_mekkysi_plazi/$FILE/ODOIMZ_perlorodka_20170817.pdf)
- Huber V., Geist J. 2017. Glochidial development of the swan musel (*Anodonta cygnea*, Linnaeus 1758) on native and invasive fish species. *Biological Conservation* **209**: 230-238.
- Huber V., Geist J. 2019. Host fish status of native and invasive species for the freshwater musel *Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758). *Biological Conservation* **230**: 48-57.
- Huber V., Geist J. 2019. Reproduction succes of the invasive *Sinanodonta woodiana* (Lea 1834) in relation to native musel species. *Biological Invasions* **21**: 3451-3465.
- Jansen W, Bauer G, Zahner-Meike E (2001) Glochidial mortality in freshwater mussels. In: Bauer G, Wachtler K (eds) *Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida*. Springer, Berlin, pp 185–211
- Jelec jesen. 2020. Mrk.cz. Available from: [https://www.mrk.cz/r/atlas/atlas\\_ryb/maloostni/kaproviti/jelec\\_jesen/](https://www.mrk.cz/r/atlas/atlas_ryb/maloostni/kaproviti/jelec_jesen/)
- Jelec tloušť. 2020. Mrk.cz. Available from: [https://www.mrk.cz/r/atlas/atlas\\_ryb/maloostni/kaproviti/jelec\\_tloust/](https://www.mrk.cz/r/atlas/atlas_ryb/maloostni/kaproviti/jelec_tloust/)
- Kat PW., 1984. Parasitism and the Unionacea (Bivalvia). *Biol. Rev. Camb. Philos.* **59**:189–207
- Kern, M. A., 2017. Simplifying Methods for in Vitro Metamorphosis of Glochidia. Missouri State University. 3132.
- Kern, M.A., 2017. Simplifying Methods for in Vitro Metamorphosis of Glochidia. Missouri State University. 3132. Available from: <https://bearworks.missouristate.edu/theses/3132>.
- Kostow K. E. 2004. Difference in juvenile phenotypes and survival between hatchery stocks and a natural population provide evidence for modified selection due to captive breeding. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **61**: 577-589.
- Lamand F., Roche K., Beisel J. N. 2016. Glochidial infestation by the endangered mollusc *Unio crassus* in rivers of north-eastern France: *Phoxinus phoxinus* and *Cottus gobio* as primary fish hosts. *Aquatic Conservation* **26**: 445-455.
- Lánský, P. Pokora, O. 2015. Vybrané kapitoly z matematického modelování. In: Holčík Jiří, Komenda Martin. (eds.) *Matematická biologie: e-learningová učebnice*. 1. vyd. Brno. ISBN 978-80-210-8095-9.
- Lopes-Lima M, Kebapçı U, Van Damme D. 2014. *Unio crassus*. Červený seznam ohrožených druhů.

- Lopes-Lima, M., R. Sousa, J. Geist, D. C. Aldridge, R. Araujo, J. Bergengren, Y. Bernal, E. Bódis, L. Burlakova, D. Van Damme, K. Douda, E. Froufe, D. Georgiev, C. Gumpinger, A. Karatayev, U. Kebapçı, I. Killeen, J. Lajtner, B. M. Larsen, R. Lauceri, A. Legakis, S. Lois, S. Lundberg, E. Moorkens, G. Motte, K. O. Nagel, P. Ondina, A. Outeiro, M. Paunovic, V. Prié, T. von Proschwitz, N. Riccardi, M. Rudzīte, M. Rudzītis, C. Scheder, M. Seddon, H. Şereflişan, V. Simić, S. Sokolova, K. Stoeckl, J. Taskinen, A. Teixeira, F. Thielen, T. Trichkova, S. Varandas, H. Vicentini, K. Zajac, T. Zajac, & S. Zogaris. 2016. Conservation status of freshwater mussels in Europe: State of the art and future challenges. *Biological Reviews*
- Lopes-Lima, M., Sousa R., Geist J., et al. 2017. *Biological Reviews*. 92(1)
- Losos obecný (*Salmo salar*). 2007. BIO Monitoring. Available from: <http://www.biomonitoring.cz/druhy.php?druhID=23>
- Lydeard Ch, Cowie RH, Ponder WF, Bogan AE, Bouchet P, Clark SA, Cummings KS, Frest TJ, Gargominy O, Herbert DG, Hershler R, Perez KE, Roth B, Seddon M, Strong E, Thompson F. G. 2004. The Global Decline of Nonmarine Mollusks. *BioScience*. 54(4):321–330.
- M. Reichard M. Przybylski P. Kaniewska H. Liu C. Smith. 2007. A possible evolutionary lag in the relationship between freshwater mussels and European bitterling
- Marhoul, P., Turoňová, D. 2008. Zásady managementu stanovišť druhů v evropsky významných lokalitách soustavy natura 2000. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha.
- Mutvei, H. & T. Westermarck. 2001. How environmental information can be obtained from Naiad shells. In: G. Bauer and K. Wachtler (Eds), *Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionida*. *Ecological Studies*, **145**. Springer Verlag, Berlin: 367-379.
- Neves Richard J., Lynn R. WEAVER a Alexander V. ZALE. 1985. An Evaluation of Host Fish Suitability for Glochidia of *Villosa Vanuxemi* and *V. nebulosa* (Pelecypoda: Unionidae). *American Midland Naturalist* [online]. 113(1) DOI: 10.2307/2425343.
- Okoun říční. 2020. Mrk.cz. Available from: [https://www.mrk.cz/r/atlas/atlas\\_ryb/ostnoploutvi/okounoviti/okoun\\_ricni/](https://www.mrk.cz/r/atlas/atlas_ryb/ostnoploutvi/okounoviti/okoun_ricni/)
- Pelicice, F. M., Pompeu, P. S., & Agostinho, A. A. (2015). Large reservoirs as ecological barriers to downstream movements of Neotropical migratory fish. *Fish and Fisheries*, 16, 697–715

- *Phoxinus phoxinus* - střevle potoční. 2008. *Natura Bohemica*. Available from: <http://www.naturabohemica.cz/phoxinus-phoxinus/>
- Poff, N. L., Olden, J. D., Merritt, D. M., & Pepin, D. M. (2007). Homogenization of regional river dynamics by dams and global biodiversity implications.
- Pstruh obecný. 2020. Mrk.cz. Available from: [https://www.mrk.cz/r/atlas/atlas\\_ryb/bezostni/lososoviti/pstruh\\_obecny/](https://www.mrk.cz/r/atlas/atlas_ryb/bezostni/lososoviti/pstruh_obecny/)
- Puth M. & Post D. M 2005: Studying invasion: have we missed the boat? *Ecology Letters* 8:715–721.
- R. M. Sibly & P. Calow 1986. *Physiological ecology of animals: an evolutionary approach*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Rabalais, N. N., Turner, R. E., & Scavia, D. (2002). Beyond science into policy: gulf of Mexico hypoxia and the Mississippi River. *BioScience*, 52, 129–142
- Reichard M., Vrtílek M., Douda K., Smith C. 2012. An invasive species reverses the roles in a host-parasite relationship between bitterling fish and unionid mussels. *Biology letters* 8: 601-604.
- Reis J., Collares-Pereira M. J., Araujo R. 2014. Host specificity and metamorphosis of the glochidium of the freshwater mussel *Unio tumidiformis* (Bivalvia: Unionidae). *Folia Parasitologica* 61: 81-89.
- Reis, J., Collares-Pereira, M. J. & Araujo, R. (2014). Host specificity and metamorphosis of the glochidium of the freshwater mussel *Unio tumidiformis* (Bivalvia: Unionidae). *Folia Parasitologica* 61, 81–89
- Shea K, Chesson P. 2002. Community ecology theory as a framework for biological invasions. *Trends Ecol Evol* 17: 170-176
- Schwalb, A. N., Cottenie, K., Poos, M. S. & Ackerman, J. D. 2011. Dispersal limitation of unionid mussels and implications for their conservation. *Freshwat. Biol.* 56, 1509–1518.
- Simon O. P., Vaníčková, I., Bílý, M., Douda, K., Patzenhauerová, H., Hruška, J., Peltánová, A. 2014. The status of freshwater pearl mussel in the Czech Republic: Several successfully rejuvenated populations but the absence of natural reproduction. *Limnologica*. 50. 11-20.
- Smith, C., Wootton, R. J. 1999. Parental energy expenditure of the male three-spined stickleback. *Journal of Fish Biology*. 54. 1132–1136.
- Soler J. Boisneau C., Wantzen K. M., Araujo R. 2018. *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758, a new host fish for the endangered *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Unionoida: Margaritiferidae). *Journal of Molluscan Studies* 4: 490-493.

- Soler J., Boisneau C., Jugé P., Richard N., Guerez Y., Morisseau L., Wantzen M. W., Araujo R. 2019. An unexpected host for the endangered giant freshwater pearl mussel *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) as a conservation tool. Wiley DOI: 10.1002/aqc.3164
- Sousa, R., Novais, A., Costa, R. & Strayer, D. 2014. Invasive bivalves in fresh waters: impacts from individuals to ecosystems and possible control strategies. *Hydrobiologia* 735, 233–251.
- Strayer D. L., Caraco N.F., Cole J.J., Findley S., Pace M.L. 1999. Transformation of Freshwater Ecosystems by Bivalves subtitle A case study of zebra mussels in the Hudson River/subtitle. *BioScience*. Available from: <https://academic.oup.com/bioscience/article-lookup/doi/10.1525/bisi.1999.49.1.19>
- Strayer, D. L. (2008). *Freshwater mussel ecology: a multifactor approach to distribution and abundance*. Berkeley: University of California Press.
- Symbiosis, when living together is win-win. 2014. *Cosmos*.
- Taeubert J. E., Denic M., Gum B., Lange M., Gesit J. 2010. Suitability of different salmonid strains as host for the endangered freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.). *Aquatic conservation* **20**: 728-734.
- Taeubert J. E., Gum B., Geist J. 2011. Host-specificity of the endangered thick-shelled river mussel (*Unio crassus*, Philipsson 1788) and implications for conservation. *Aquatic Conservation* **22**: 36-46.
- Taeubert J. E., Martinez A. M. P., Gum B., Geist J. 2012. The relationship between endangered thick-shelled river mussel (*Unio crassus*) and its host fishes. *Biological Conservation* **155**: 94-103.
- Tamara Kocourková. 2012. Vztah mezi parazitem a hostitelem naruby. *Český rozhlas. Český rozhlas*. Available from: <https://temata.rozhlas.cz/vztah-mezi-parazitem-a-hostitelem-naruby-7853631> (accessed June 2020)
- Thomas P. Moore and Susan J. Clearwater. 2019. Non-native fish as glochidial sinks: elucidating disruption pathways for *Echyridella menziesii* recruitment, *Hydrobiologia*.
- Thomas, G. R., Taylor, J., Garcia de Leaniz, C. 2010. Captive breeding of the endangered freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*. *Endangered Species Research*. **12**. 1-9.
- Tor A. Bakke, Phil D Harris, Jo Cable, Jo Cable. 2002. Host specificity dynamics: observations on gyrodactylid monogeneans. *International journal for parasitology* 32(3):281-308
- *Trends in Ecology & Evolution* 17(4):170-176
- Vaughn CC, Hakenkamp CC. 2001. The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshw Biol* **46**:1431–1446

- Vranka obecná (*Cottus gobio*). 2007. BIO Monitoring. Available from: <http://www.biomonitoring.cz/druhy.php?druhID=33>
- Wachtler, K., Dreher-Mansur, M. C. & Richter, T. 2001. Larval types and early postlarval biology in naiads (Unionoida). In *Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoida* (eds G. Bauer and K. Wachtler), pp. 93–125. Springer-Verlag, Heidelberg
- Walker, K.F., Jones, H.A. & Klunzinger, M.W. 2014 Bivalves in a bottleneck: taxonomy, phylogeography and conservation of freshwater mussels (Bivalvia: Unionoida) in Australasia. *Hydrobiologia* **735**, 61–79. <https://doi.org/10.1007/s10750-013-1522-9>
- Watters, G. T. 1992. Unionids, fishes, and the species–area curve. *Journal of Biogeography*, **19**, 481–490. <https://doi.org/10.2307/2845767>
- Young, M. R. & J. Williams. 1984. The reproductive biology of the freshwater pearl musel *Margaritifera margaritifera* (Linn) in Scotland – I. Field studies. *Archiv pro Hydrobiologii* 99:405-422.
- Ziuganov V, Zotin A, Nezlin L, Tretiakov V. 1994. The freshwater pearl mussels and their relationship with salmonid fish. *VNIRO* **3**: 3–104.



## **6 Přílohy**

### **I. Příloha – Tabulka popisující vyhodnocení hostitelských ryb**

číslo	Titul	Časopis	Autor	Rok	Oblast	Drn mlži	Drn Nya	Hmotnost ryb X ± 0,1g	Delka ryb X ± 1mm	Metoda	Způsob invaze	Objem lázně na 1 rybu	Hustota gloch/litr	Čas stravený v lázni	Teplota vody	Intervaly kontrol	Celková doba sledování	Vhodný hostitel
1	development of the freshwater swan mussel ( <i>Anodonta cygnea</i> , Linnaeus 1758) on native and introduced	Biological Conservation	Verena Huber, Juergen Geist	2015	Evropa, Německo	<i>Anodonta cygnea</i>	<i>Pezomachus fluviatilis</i>	8,7 g	104 mm	experiment	vodní lázeň	40 L	8500 na litr	30 - 45 min	15,8°C	po dvou dnech, po 14 dnech a na konci experimentu	11 týdnů	ano
							<i>Leuciscus idus</i>	7,8 g	107 mm	experiment	vodní lázeň		8500 na litr		15,8°C			ano
							<i>Simo trutta</i>	21,7 g	139 mm	experiment	vodní lázeň		8500 na litr		12,8°C			ano
							<i>Rutilus rutilus</i>	6,3 g	87 mm	experiment	vodní lázeň		8500 na litr		15,8°C			ano a/ne šťavnů
							<i>Ctenopharyngodon idella</i>	3,8 g	78 mm	experiment	vodní lázeň		8500 na litr		15,8°C			ano
							<i>Rhodeus amarus</i>	1,8 g	55 mm	experiment	vodní lázeň		8500 na litr		15,8°C			ne
2	host specificity in explaining the invasion success of the freshwater mussel <i>Anodonta woodiana</i> in	Biological Conservation	Douda, Vrtlek, Šaňk, Reichard	2011	Evropa, Česká republika	<i>Anodonta woodiana</i>	<i>Pseudostrosia pomu</i>	66,7 ± 4,5 mm	66,7 ± 4,5 mm	experiment	vodní lázeň			30 min	23,3 ± 0,7 °C			ano
							<i>Crassus glabella</i>	82,7 ± 9,7 mm	82,7 ± 9,7 mm									ano
							<i>Cyprinus carpio</i>	68,8 ± 7,4 mm	68,8 ± 7,4 mm									ano
							<i>Leuciscus cephalus</i>	49,0 ± 0,9 mm	49,0 ± 0,9 mm									ano
							<i>Rhodeus amarus</i>	28,7 ± 1,8 mm	28,7 ± 1,8 mm									ano
							<i>Gobio gobio</i>	75,7 ± 3,4 mm	75,7 ± 3,4 mm									ano
							<i>Borbus barbus</i>	97,8 ± 8,2 mm	97,8 ± 8,2 mm									ano





	<i>Gasterosteus aculeatus</i> Linnaeus, 1758, a new host fish for the endangered <i>Margaritiferus auricularia</i> (Spengler, 1793) (Unionoida: Margaritiferidae)	Journal of Molluscan Studies	J. Sotir, C. Boireau, K. M. Wintzen and R. Arujo	2018		Margaritiferus auricularia	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Ø 0,64g	60 mm	umělé zamoreni	301	8.500/lisani	15 min	19.3°C			ano (pouziti ve Francii)
							<i>Acipenser baeri</i>										ano
							<i>Salmo fluviatilis</i>										ano (pouziti ve Španělsku)
9	Glochidial infestation by the endangered mollusc <i>Unionia crassus</i> in rivers in eastern France: <i>Phoxinus phoxinus</i> and as primary fish hosts	Wiley online library	Florent Lamand, Kevin Roche, Jean-Nicolas Beisel	2016	Severovýchodní Francie (řeky: Aize, Aranca, Brénon, Esch, Habibulmach, Longeau, Maseluy, Orain, Somme)	<i>Unionia crassus</i>	<i>Phoxinus phoxinus</i>		odlov zamorenců v řekách	přirozené zamoreni							ano
							<i>Cottus gobio</i>										ano
10	Glochidial infestation of fish by the endangered thick-shelled river mussel <i>Unionia crassus</i>	Wiley online library	Adam M. Oniel, Katarzyna Zajac, Aneta M. Lipińska, Tadeusz Zajac	2018	Čajkownica, Polesie (jpn)	<i>Unionia crassus</i>	<i>Collia nasus</i>		5,79 cm	přirozené zamoreni v nádrzích (převzato ze studie Bielecki)	101					System	ano
							<i>Squalius cephalus</i>		5,21 cm								ano (zajímava v Dunaji)
							<i>Bombus terrestris</i>		4,33 cm								ano, ale spíše škodí předací











19	Invasive Chinese pond mussel <i>Siniodonta woodiana</i> azens native reproduction by inducing cross-resistance of host fish	Wiley online library	Seth W. Dorrnick, Karel Douda, Věra Píechingrová, Kateřina Školová, Pavel Horňák, Ondřej Štaník, Huan-Chang Liu, Martin Reichard, Manuel Lopes-Lima, Ronaldo Souza	2017	Kyivka, Česká republika	<i>Siniodonta woodiana</i>	<i>Squalius cephalus</i>	Ø27.5 g	101 - 144 mm	laboratorní zaměření	0.5 l/litru	3665 ± 1614 g/litru	30 min	17.9 ± 1.6° C	ano (SW, AA)
20	freshwater mussel: implications for breeding programs and host	Aquaculture	Karel Douda	2015	Lubice, Česká republika	<i>Unio crassus</i>	<i>Phoxinus phoxinus</i>	58 ± 19 mm	77 ± 3 mm	umělé zaměření	0.5 l/litru				ano
	notes: dependent vitality of juvenile					<i>Anodonta anatina</i>	<i>Otiscus spibio</i>	88 ± 8 mm							ano
						<i>Chondrostoma nasus</i>	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	108 ± 5 mm							ano
						<i>Perca fluviatilis</i>	<i>Squalius cephalus</i>	76 ± 2.6 mm	46 ± 2.6 mm						ano
						<i>Rutilus rutilus</i>	<i>Rutilus rutilus</i>	100 ± 3.4 mm							ano
						<i>Tinca tinca</i>	<i>Tinca tinca</i>	70 ± 5 mm							ne
						<i>Opronus crenus</i>	<i>Opronus crenus</i>	63 ± 8.3 mm							ne
						<i>Pseudorasbora parva</i>	<i>Pseudorasbora parva</i>	47 ± 2.3 mm							ne