

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

**FAKULTA PEDAGOGICKÁ  
CENTRUM BIOLOGIE, GEOVĚD A ENVIGOGIKY**

**POTRAVNÍ PREFERENCE RAKA KAMENÁČE**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Tereza Wimmerová**

*Biologie se zaměřením na vzdělávání*

Vedoucí práce: RNDr. Pavel Vlach, Ph.D.

**Plzeň 2020**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně  
s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, 12. srpna 2020

.....  
vlastnoruční podpis

ZDE SE NACHÁZÍ ORIGINÁL ZADÁNÍ KVALIFIKAČNÍ PRÁCE.

## OBSAH

Úvod .....	3
1 ROZŠÍŘENÍ RAKŮ .....	4
2 BIOLOGIE RAKŮ .....	5
2.1 VNĚJŠÍ STAVBA TĚLA RAKŮ .....	5
2.2 POHLAVNÍ DIMORFISMUS .....	6
2.3 ROZMNOŽOVÁNÍ A VÝVOJ .....	7
3 RACI V ČESKÉ REPUBLICE .....	8
3.1 RAK ŘÍČNÍ (ASTACUS ASTACUS) .....	8
3.2 RAK BAHENNÍ (PONTASTACUS LEPTODACTYLUS) .....	8
3.3 RAK SIGNÁLNÍ (PACIFASTACUS LENIUSCULUS) .....	9
3.4 RAK PRUHOVANÝ (FAXONIUS LIMOSUS) .....	9
3.5 RAK MRAMOROVANÝ (PROCAMBARUS VIRGINALIS) .....	9
4 RAK KAMENÁČ (AUSTROPOTAMOBIOUS TORRENTIUM) .....	11
4.1 ROZLIŠOVACÍ ZNAKY .....	11
4.2 ROZŠÍŘENÍ VE SVĚTĚ .....	11
4.3 ROZŠÍŘENÍ V ČESKÉ REPUBLICE .....	12
4.4 EKOLOGIE .....	13
4.5 OHROŽENÍ .....	14
5 POTRAVA .....	16
5.1 TRÁVICÍ SOUSTAVA .....	16
5.2 VÝBĚR POTRAVY .....	16
5.3 POTRAVNÍ PREFERENCE .....	18
5.4 OBSAH LÁTEK V POTRAVĚ .....	18
5.5 POTRAVNÍ KONKURENCE .....	20
6 METODIKA .....	21
6.1 CHARAKTERISTIKA TOKŮ .....	21
6.1.1 Zubřina .....	21
6.1.2 Chocenický potok .....	21
6.2 METODIKA ODCHYTU RAKŮ .....	22
6.3 OBJEKT EXPERIMENTU .....	22
6.4 PRŮBĚH EXPERIMENTU .....	23
6.4.1 První část .....	23
6.4.2 Druhá část .....	23
6.5 VYHODNOCENÍ DAT .....	24
7 VÝSLEDKY .....	26
7.1 HODNOCENÍ NEKRMENÝCH RAKŮ .....	26
7.1.1 Výběrovost .....	26
7.1.2 Potravní preference .....	27
7.1.3 Čas konzumace .....	28
7.2 HODNOCENÍ KRMENÝCH RAKŮ .....	29
7.2.1 Výběrovost .....	29
7.2.2 Potravní preference .....	30
7.2.3 Čas konzumace .....	31
8 DISKUZE .....	33
ZÁVĚR .....	37
RESUMÉ .....	38

CIZOJAZYČNÉ RESUMÉ.....	39
SEZNAM LITERATURY .....	40
SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ .....	44

## Úvod

Bakalářská práce se věnuje potravním preferencím raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*). Toto téma jsem si vybrala, neboť jsem se chtěla věnovat fauně České republiky. Zároveň mi přišlo velmi přínosné, neboť na druhu žádný podobný experiment ještě neproběhl a doufám tak, že mé výsledky přinesou nový pohled na problematiku a otevřou brány dalším výzkumům.

Práce je rozdělena na dvě části. První část je teoretická a zahrnuje obecné charakteristiky raků, od jejich vzhledu, přes rozmnožování až po krátkou charakteristiku raků osidlujících Českou republiku. Následně je zde dopodrobna charakterizovaný objekt práce – rak kamenáč.

Nedílnou součástí teoretické části je také kapitola zabývající se potravou raků. Zde byli sepsány informace z mnoha cizojazyčných článků týkajících se potravy raků, nebo i ostatních korýšů.

Druhá část práce je praktická a zabývá se samotnými potravními preferencemi raka kamenáče. Obecně se toho o stravě raků neví příliš mnoho a konkrétně pro raka kamenáče je pouze minimum informací. Ve většině experimentů byla provedena analýza obsahu střev, podle níž bylo stanoveno, co raci konzumují. Avšak co se jejich preferencí týče už tak známo není.

V rámci práce proběhl experiment, kdy byla sledována výběrovost raků – zda zkonsumují potravu, ke které přijdou jako první, nebo si vybírají a rozhodnou se až pro svou druhou, či dokonce třetí volbu. Druhou částí experimentu byly již samotné potravní preference. Rakům byla vždy nabídnuta strava rostlinná, konkrétně nahnílé listy, které se dají považovat již za detrit. Druhá strava byla čistě rostlinná – mrkev a poslední potrava byla již živočišného původu – žížala. Rovněž proběhlo také stanovení průměrných časů konzumace.

Výsledky jsou přehledně zpracovány do tabulek, včetně slovních popisů a následně jsou diskutovány s ohledem na známou literaturu zabývající se potravou dalších druhů raků.

## 1 ROZŠÍŘENÍ RAKŮ

Raci patří mezi největší zástupce sladkovodních bezobratlých živočichů a osidlují nejrůznější biotopy. Dají se nalézt v nejrůznějších tůních, rybnících, nádržích, ústí řek, drobných potůčcích, rybnících, ale i velkých řekách (Holdrich, 2002).

V současné době je popsáno 669 sladkovodních druhů raků (Crandall a kol., 2017). Vyskytují se na všech kontinentech vyjma Afriky a Antarktidy. Největší druhová diverzita je v Severní Americe a Austrálii, naopak v Jižní Americe a Asii se vyskytují pouze minimálně (Štambergová a kol., 2009).

Raky řadíme do skupiny korýšů – Crustacea (Brünnich, 1772), blíže je můžeme rozdělit na tři čeledi. Zástupci čeledě Astricidae (Latreille, 1802) se přirozeně vyskytují na severní polokouli. Pokrývají téměř celou Evropu, západní část Asie a západní oblast Severní Ameriky. Druhou čeledí je Cambaridae (Hobbs, 1942), která je rozšířena převážně v Severní Americe a částečně také ve východní Asii. Poslední čeleď se nazývá Parastacidae (Huxley, 1879) a její zástupci se nacházejí převážně v Australské oblasti, několik endemických druhů se však vyskytuje i v Jižní Americe a na Madagaskaru (Štambergová a kol., 2009).

## 2 BIOLOGIE RAKŮ

Raci představují evolučně velmi starou skupinu organismů. Jak již bylo zmíněno výše, ze systematického hlediska je řadíme do skupiny korýšů – Crustacea (Brünnich, 1772), primárně vodních členovců, jež jsou charakterizováni přítomností pevného krunyře, který chrání měkké části těla. Na povrchu se nachází pevná kutikula, která je v určitých časových intervalech svlékána a opět nahrazována kutikulou novou. Nová kutikula je z počátku měkká, aby rak mohl růst a postupem času dochází k její inkrustaci za pomoci tzv. gastrolitů neboli rakůvek – čočkovitá tělíčka na vnějších stěnách žaludku (Štambergová s kol., 2009).

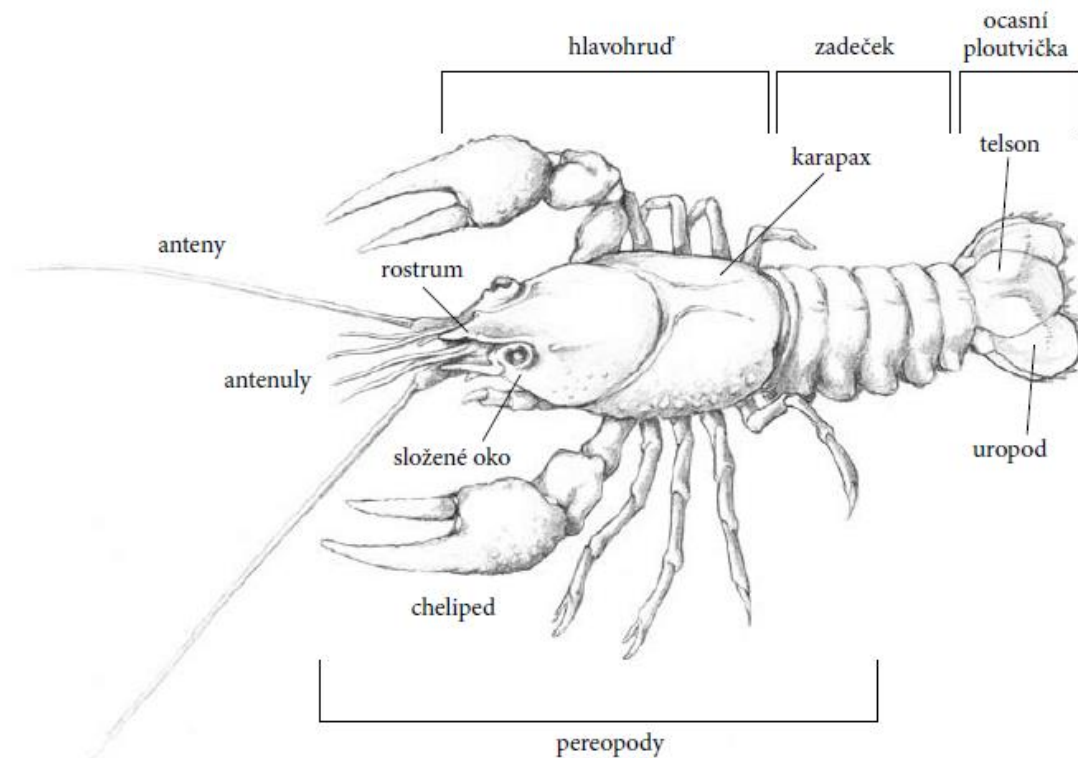
### 2.1 VNĚJŠÍ STAVBA TĚLA RAKŮ

Tělo raka (Obr. 1) je rozděleno na dvě hlavní části. První část se nazývá hlavohruď (*cephalothorax*) a druhá část zadeček (*abdomen*) (Štambergová a kol., 2009).

Vrchní stranu hlavohrudi pokrývá pevný hlavohrudní štít (*carapax*), jež vybíhá ve špičatý výběžek v přední části, tzv. rostrum, po jehož stranách jsou umístěny složené oči. Na hlavové části se nacházejí krátká (*antenuly*) a dlouhá tykadla (*anteny*). Na hrudní části jsou tři páry krátkých příústních nožek (*maxilopody*), jež slouží převážně k manipulaci s potravou a za nimi se nachází pět párů větších končetin (*pereopody*). První pár těchto končetin je zakončen velkými klepety a další páry potom fungují jako kráčivé nohy, kde první dva z těchto párů jsou zakončeny menšími klepítky a zbylé dva páry pouze drápkem (Štambergová a kol., 2009).

Zadeček je tvořen sedmi pohyblivě spojenými články, jež mají ze spodní strany po jednom páru drobných nožek (*pleopody*). Nožky předposledního článku (*uropody*) jsou ploché a mají tvar lupínku. Poslední článek (*telson*) je rovněž lupínkovitý a nenachází se zde končetiny, nýbrž řitní otvor. Telson společně s uropody tvoří ocasní ploutvičku, jež využívají raci především pro únikový manévr, kdy plavou vzad (Štambergová a kol., 2009).





Obrázek 1 Vnější stavba raka (Štambergová a kol. 2009. Raci v České republice)

## 2.2 POHLAVNÍ DIMORFISMUS

Raci mají oddělené pohlaví a k rozmnožování je potřeba jak samce, tak i samice. Výjimkou je rak mramorovaný (*Procambarus fallax*), jež se rozmnožuje pomocí partenogeneze (Scholtz a kol., 2002). Fakultativní partenogeneze je v laboratorních podmínkách schopný také rak pruhovaný (*Faxonius limosus*), není však jisté, zda jsou jedinci schopni se takto rozmnožovat i v přirozeném prostředí (Buřič a kol., 2011).

U dospělců lze pohlaví rozeznat jednak podle velikosti, kdy samci bývají mohutnější než samice a rovněž mívají širší a delší klepeta. Samci mají také relativně delší krunýř než samice, avšak šířka bývá u obou pohlaví víceméně stejná (Vlach a kol., 2015).

První dva páry zadečkových nožek jsou u samců přeměněny v nožky kopulační (*ponopody*), samice mají naopak první pár zakrnělý. Zadeček u samic bývá rozšířený kvůli uložení vajíček, kdežto samci mívají zadeček poměrně úzký. Pohlavní vývody samic jsou uloženy na nohou 6. hrudního článku, kdežto u samců jsou na 8. hrudním článku (Štambergová a kol., 2009).

### 2.3 ROZMNOŽOVÁNÍ A VÝVOJ

Ke kopulaci raků dochází v podzimních měsících, převážně od října do listopadu (Štambergová a kol., 2009). Kopulace je regulována jednak fotoperiodou a jednak také teplotou vody (Dubé a kol., 1992). Samotný proces probíhá tak, že samec přetáčí samici na záda a vylučuje spermatofoxy (pouzdra obsahující spermie) do její hrudní oblasti, kde se ukládají (Štambergová a kol., 2009).

Následuje fáze kladení vajíček. Na břišní straně samičky se nacházejí bílkovinné žlázy, jež vylučují sekret, který rozpouští stěnu spermatoforů. Poté, co samička vytvoří dostatek sekretu, dojde k vytlačení vajíček z pohlavních otvorů. Stěny spermatoforů se vlivem sekretu rozpouštějí, uvolňují se z nich nepohyblivé spermie a dochází tak k oplození vajíček (Štambergová a kol., 2009).

Délka vývoje vajíček je u jednotlivých druhů rozdílná, ve většině případů však samička uchovává vajíčka až do následujícího jara a k líhnutí dochází teprve až od dubna do července (Štambergová a kol., 2009). Vývoj u raků je přímý a rodí se tak jedinci podobní dospělci. Malí raci ze začátku zůstávají uchyceni na zadečkových nožkách samice pomocí telsonového vlákna, a to po jejich první dva cykly svlékání exoskeletu (Mclay a kol., 2016).

### 3 RACI V ČESKÉ REPUBLICE

V České republice můžeme nalézt celkem šest druhů volně žijících raků. Z druhů původních pro Evropu sem patří rak kamenáč, rak říční (*Astacus astacus*) a rak bahenní (*Pontastacus leptodactylus*). Pro Českou republiku jsou původní pouze rak kamenáč a rak říční, rak bahenní zde byl introdukován na přelomu 19. a 20. století po první vlně račího moru, a to konkrétně z oblasti Haliče na ukrajinsko-polské hranici (Souty-Grosset a kol., 2006). Další dva druhy jsou nepůvodní, zavlečené ze severní Ameriky. Je to konkrétně rak signální, (*Pacifastacus leniusculus*) a rak pruhovaný. Posledním druhem je rak mramorovaný, jež byl původně chovaný v akváriích, ale dostal se i do volné přírody (Vlach, 2017; Patoka a kol., 2017).

#### 3.1 RAK ŘÍČNÍ (ASTACUS ASTACUS)

Raka říčního řadíme mezi větší raky. Samci obvykle dosahují délky do 15 centimetrů, byli ale nalezeni i jedinci s velikostí kolem 20 cm. Samice bývají menší. Zástupci se mohou dožít více než 20 let (Štambergová a kol., 2009; Kozák a kol., 2013).

V současnosti se rak říční vyskytuje téměř po celé Evropě a je tak nejrozšířenějším původním evropským druhem (Souty-Grosset a kol., 2006). Na území České republiky se rak říční vyskytuje víceméně rovnoměrně a je i naším nejrozšířenějším druhem, kdy pokrývá síťovou mapu České republiky z 47 % (Chobot a kol., 2020). Nejčastěji obývá pomaleji tekoucí potoky a řeky, ale i stojaté vody. Ze stojatých vod preferuje především hlubší a chladnější rybníky, u vod tekoucích upřednostňuje vody s břehy porostlými vegetací a kořeny zasahujícími do koryta (Štambergová a kol., 2009; Kozák a kol., 2013).

#### 3.2 RAK BAHENNÍ (PONTASTACUS LEPTODACTYLUS)

Rak bahenní se rovněž řadí mezi větší raky, obvyklá velikost těla je kolem 15 cm, jsou ale zaznamenáni samci dlouzí až 30 cm. Dožívají se více než 10 let (Štambergová a kol., 2009; Kozák a kol., 2013).

Původní areál raka bahenního je kolem Kaspického a Černého moře, dnes se však vyskytuje téměř po celé Evropě. Na našem území byl rak bahenní vysazován jako náhrada za vyhynulé populace raka říčního a je tak u nás považován za nepůvodní druh. V současnosti je známo asi 40 lokalit, zejména ve středních a severních Čechách. Síťovou mapu České republiky

pokrývá z 6 % (Chobot a kol., 2020). Rak bahenní osidluje především stojaté vody a nevdí mu ani nižší koncentrace rozpuštěných látek či špinavější vody (Štambergová a kol., 2009; Kozák a kol., 2013).

### 3.3 RAK SIGNÁLNÍ (*PACIFASTACUS LENIUSCULUS*)

Rak signální patří také mezi větší raky, samci se velikostně pohybují do 16 cm, samice bývají menší, s velikostí do 12 cm. Jedinci se pravděpodobně dožívají více než 20 let (Štambergová a kol., 2009; Kozák a kol., 2013).

Rak signální je původem ze Severní Ameriky, do Evropy byl zavezen z důvodu snižování populace raka říčního a také pro tržní účely. V současné době se u nás vyskytuje na jihu Čech a západní části Moravy, síťovou mapu České republiky pokrývá pouze ze 2 % (Chobot a kol., 2020). V původním areálu nacházíme raka signálního ve velkých řekách i jezerech, u nás osidluje podobné biotopy jako rak říční (Štambergová a kol., 2009; Kozák a kol., 2013).

### 3.4 RAK PRUHOVANÝ (*FAXONIUS LIMOSUS*)

Rak pruhovaný se řadí mezi menší raky, délka těla je obvykle do 10 cm. Rovněž ho řadíme i mezi krátkověké druhy, neboť se dožívá pouze 2-3 let (Kozák a kol., 2013).

Rak pruhovaný je původem rovněž se Severní Ameriky a do Evropy se dostal stejně jako rak signální za účelem nahrazení původní račí populace, která vymírala na račí mor. Do České republiky se jedinci dostali pravděpodobně přirozenou migrací z Německa. V současnosti obývá především řeky Labe a Vltavu a jejich přítoky. Můžeme ho ale nalézt i ve stojatých vodách v blízkosti těchto řek, několik areálů se nachází i na jižní Moravě. Síťovou mapu České republiky pokrývá z 8 % (Chobot a kol., 2020). Preferuje teplejší vody s měkkým dnem (Štambergová a kol., 2009; Kozák a kol., 2013).

### 3.5 RAK MRAMOROVANÝ (*PROCAMBARUS VIRGINALIS*)

Raka mramorovaného řadíme mezi menší raky, neboť obvykle dorůstá délky maximálně 10 cm. Ve většině případů se dožívá 3-4 let (Štambergová a kol., 2009).

Původní areál rozšíření raka mramorovaného není dosud znám a proto je pravděpodobné, že k jeho vzniku došlo až v akváriích. První záznam osídlení rakem mramorovaným ve volné přírodě pochází se severního Německa z roku 2003. Od té doby byl ale nalezen například i v Itálii, Chorvatsku, Maďarsku, Švédsku nebo na Madagaskaru. Na našem území byl

zaznamenán v Praze v soustavě parkových jezírek a vodotečí a také v severních Čechách v umělé nádrži u obce Bílina. Na obě lokality raky pravděpodobně vypustili místní akvaristé (Patoka a kol., 2017).

## 4 RAK KAMENÁČ (*AUSTROPOTAMOBIOUS TORRENTIUM*)

### 4.1 ROZLIŠOVACÍ ZNAKY

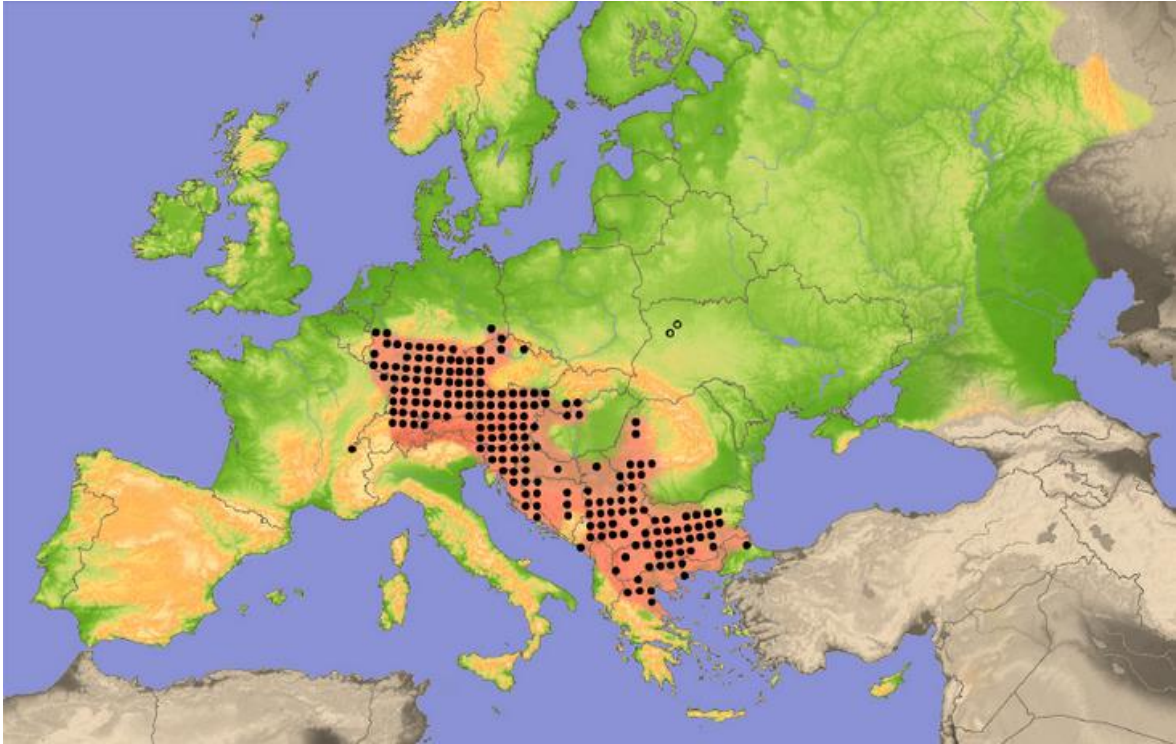
Rak kamenáč se označuje za nejmenšího a nejpomaleji rostoucího evropského raka. Samci standartně dorůstají délky 8-10 cm, jsou ale známí i jedinci 12 cm dlouzí (Souty-Grosset a kol., 2006). Samice jsou ještě menší, velikost jejich těla se pohybuje v rozmezí 6-9 cm. Vlach a Valdmanová (2015) uvádějí maximální velikost nalezeného samce 103.6 mm a samice 94.8 mm. Zástupci se dožívají více než 10 let (Kozák a kol., 2013).

Zbarvení těla je velmi variabilní, může nabývat různých odstínů hnědé, olivově zelené či béžové. Spodní strana těla je vždy světlejší. Hlavohruď je na povrchu hladká, bez trnů. Rostrum je poměrně krátké a tupé. Za očima je přítomen jeden pár postorbitálních lišt, které jsou poměrně nevýrazné a směrem dozadu se plynule ztrácejí. Klepeta jsou poměrně mohutná a široká. Na jejich vrchní straně lze pozorovat výrazné hrbolky a na vnitřní straně obou prstů velké zuby. Barva odpovídá barvě těla, ale jejich spodní strana je výrazně světlejší (Štambergová a kol., 2009; Kozák a kol., 2013).

### 4.2 ROZŠÍŘENÍ VE SVĚTĚ

Raka kamenáče v současnosti ho můžeme nalézt ve více než 20 zemích střední a jihovýchodní Evropy, na jiných světadílech se nevyskytuje. Nejhojnější populace můžeme nalézt v Bosně a Hercegovině, Srbsku, Česné Hoře nebo Německu (Kouba a kol., 2017).

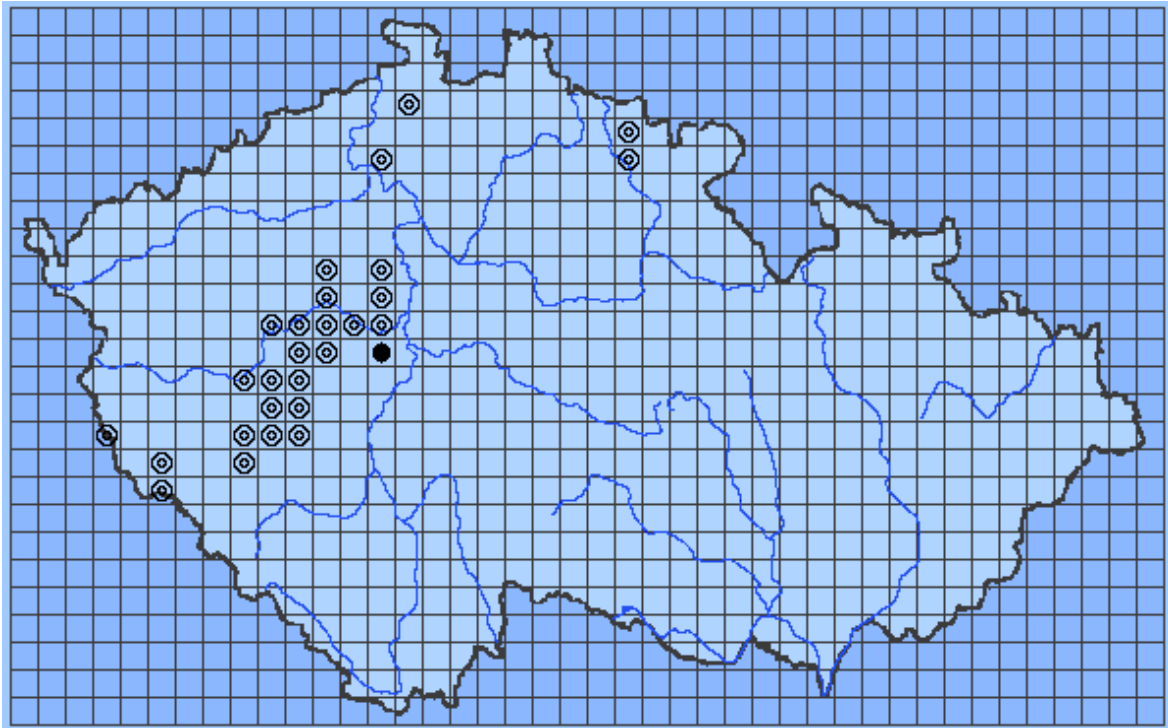
Severní hranice jeho území protíná Německo a Českou republiku. Na jihovýchodě prochází Rumunskem, Bulharskem, Řeckem a evropskou částí Turecka. Jižní hranici představují Alpy a západní areál rozšíření ohraničuje Lucembursko a také Francie (Souty-Grosset a kol., 2006).



Obrázek 2 Mapa rozšíření *Austropotamobius torrentium* ve světě (Kouba a kol. 2014. Continental-wide distribution of crayfish species in Europe: Update and maps)

#### 4.3 ROZŠÍŘENÍ V ČESKÉ REPUBLICE

V dřívějších letech byl rak kamenáč na našem území považován za téměř vyhynulý druh, v roce 2000 byl jeho výskyt zaznamenán pouze na 4 lokalitách (Kozák a kol., 2002). Během posledních let však bylo nalezeno mnoho dalších míst výskytu. Aktuálně rak kamenáč obývá přes 40 lokalit. Centrum jeho výskytu jsou střední a západní Čechy, další lokality mimo toto centrum jsou v Českém středohoří a Podkrkonoší (Vlach a kol., 2009). Síťovou mapu České republiky pokrývá z 5 % (Chobot a kol., 2020).



Obrázek 3 Mapa rozšíření *Austropotamobius torrentium* v České republice (Karel Chobot a kol. 2020. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id129/>)

#### 4.4 EKOLOGIE

Rak kamenáč obývá potoky či menší říčky, kde preferuje převážně malé až střední proudy (Vlach a kol., 2010). Upřednostňuje dno s hrubozrnným substrátem, neboť zde nalézá velké množství přirozených úkrytů, ale byl pozorován i na jílu, kde si vytváří nory (Vlach a kol., 2010). Vyhledává převážně přirozeně meandrující vody v jejichž okolí je bohatá vegetace, s kořeny zasahujícími do koryta a vytvářející tak další možné úkryty (Kozák a kol., 2013; Štambergová a kol., 2009). Jsou však známy i případy, kdy osidluje vody přímo v obcích (Fischer a kol., 2016). Ve stojatých vodách se vyskytuje jen velmi zřídka (Štambergová a kol., 2009).

Dříve byl rak kamenáč považován za bioindikátor čistoty vod, dnes se s ním však v ojedinělých případech můžeme setkat i ve vodách znečištěných komunálními odpady, či v blízkosti extrémně obhospodařovaných luk. Tyto podmínky však nejsou optimální a často se setkáváme s ohrožením druhu kvůli nízké kvalitě vody (Fischer a kol., 2016; Vlach a kol., 2013).

Dalším důležitým faktorem pro osídlení toku rakem kamenáčem je rychlost proudění vody. Zástupci se vyskytují převážně v tůních a klidných partiích toku (Štambergová a kol., 2009).



Pokud jde o teplotu vody, optimum se v letních měsících pohybuje mezi 14 až 18 °C, za předpokladu, že je voda dostatečně saturovaná kyslíkem, se horní hranice posouvá až ke 20 °C. Za limitní teplotu je považováno 23 °C (Kozák a kol., 2013).

#### 4.5 OHROŽENÍ

Rak kamenáč je jedním z našich původních druhů raků. Tím druhým je, jak již bylo výše zmíněno, rak říční. Oba tyto druhy řadíme mezi zvláště chráněné druhy v kategorii kriticky ohrožený (Zákon o ochraně přírody a krajiny, č. 114/1992 Sb.).

Prvním příkladem ohrožení raka kamenáče jsou jeho konkurenční boje s invazními druhy raků, kteří jsou však často úspěšnější. Mezi tyto druhy u nás patří rak pruhovaný a rak signální, jejichž zástupci jsou například výrazně plodnější. Rak kamenáč mívá obvykle maximálně 100 vajíček, rak pruhovaný potom přes 400 a rak signální přes 700. Rak pruhovaný se dokonce může rozmnožovat dvakrát za sezonu (Vlach, 2017). Invazní druhy raků bývají rovněž agresivnější (Souty-Grosset a kol., 2006) a také mají lepší schopnost migrace (Bubb a kol., 2006).

Další výraznou schopností konkurenčních raků je odolnost vůči znečištění a narušení původního biotopu (Římalová a kol., 2014), novější poznatky však ukazují, že rak kamenáč je k některým druhům znečištění tolerantnější, než se myslelo (Svobodová a kol., 2009; Vlach a kol., 2013; Svobodová a kol., 2012).

Mnohem závažnější problém pro naše původní druhy raků představuje řasovka *Aphanomyces astaci*, která způsobuje chorobu zvanou račí mor. Spory této řasovky jsou přenášeny právě invazivními druhy raků, jež se s onemocněním dokážou vyrovnat a stávají se tak pouze přenašeči. Pro naše původní zástupce je však račí mor fatální a během několika týdnů až měsíců dokáže zahubit téměř celou populaci (Vlach, 2017; Fischer a kol., 2018; Kozubíková a kol., 2006).

Dalším významným způsobem ohrožení jsou změny v hydromorfologii toků, čímž se ničí přirozené úkryty raků. Mezi tyto zásahy patří nejčastěji regulace toků či opevňování koryt (Svobodová a kol., 2008; Fischer a kol., 2018).

Jako další faktor ohrožující populace raka kamenáče na našem území můžeme zařadit také periodické vysychání toků. Při déletrvajícím suchu hladiny vodních toků klesají, což obvykle způsobuje i zvýšení teploty vody, zhoršení její jakosti a snížení obsahu rozpuštěného

kyslíku. Raci však mají oproti ostatním vodním organismům tu výhodu, že dokážou přežít i v toku bez vody, zde je však potřeba aby koryto bylo původního ražení s množstvím úkrytů a rozmanitým substrátem (Svobodová a kol., 2016).

## 5 POTRAVA

Obecně je známo, že jsou raci omnivoři, neboť se živí jak rostlinnou, tak i živočišnou stravou, často jsou také charakterizováni jako detritovoři či predátoři (Goddard, 1988). Například Scalici a Gibertini (2007) a Gherardi (2006) raky označují jako generalisty a oportunisty.

### 5.1 TRÁVICÍ SOUSTAVA

Trávicí ústrojí raků se nijak výrazně neliší od zbytku korýšů. Trávicí trubice je rozdělená do tří částí – přední střevo, jež zahrnuje ústní otvor, jícen i žaludek; střední střevo a zadní střevo. Jídlo přichází nejprve do kontaktu s anténami (dlouhá tykadla) a poté je pomocí příústních nožek posunuto až k ústnímu otvoru. Za pomoci čelistí je jídlo rozmělněno a je posunuto dále krátkým jícnem až k žaludku. Posun potravy zde usnadňuje sekret z jícnových žláz. V žaludku dochází k dalšímu rozmělnění potravy, především působením trávicích enzymů, které vylučuje hepatopankreas. Rozmělněná potrava dále prochází do středního střeva, jež má převážně absorpční funkci. Následuje zadního střevo, kde dochází k zhuštění zpracované potravy a ta je dále transportována k řitnímu otvoru (D'Abramo a kol., 1989).

### 5.2 VÝBĚR POTRAVY

Výběr potravy raků se odvíjí od věku, ročního období i fyziologického stavu jedince. Mladí jedinci ve vývoji preferují stravu živočišnou, dospělci poté upřednostňují spíše vodní rostliny či detrit (Goddard, 1988).

Hunter a Barr (1984) ve své práci uvádějí, že dle objemu potravy je na prvním místě právě rostlinný detrit, následovaný rostlinnými tkáněmi, u nichž se autoři domnívají, že jsou nezbytné pro normální pigmentaci těla. Na posledním místě jsou poté tkáně živočišné, jež představují pouze asi 10 % objemu potravy.

Podobných výsledků dosáhli i Lipták a kol. (2019), kteří prováděli výzkum na raku mramorovaném. Dle jejich studie jsou pro raky nejdůležitějším zdrojem potravy detrit a řasy. Živočišné zdroje a vyšší rostliny však už dle autorů tak důležité nejsou.

D'Abramo a Robinson (1989) rovněž tvrdí, že růst raků je ovlivněn především požitím organického detritu, jež vzniká rozkladem trav a dalších rostlin. Spolu s organickými zbytky pozřou však i drobné živočichy, jež se nacházejí na dně, tj. bakterie, prvoky, měkkýše, hmyz atp. Dle autorů tyto organismy představují pro raky zdroj nezbytných živin,

kterých může být v rostlinné potravě nedostatek. Tím jsou například aminokyseliny či cholesterol.

Scalici a Gibertini (2007) zkoumali obsah střev raka bledonohého (*Austropotamobius pallipes*) a víceméně se shodují s předchozími autory a uvádějí, že součástí stravy jsou především snadno dostupné rostlinné zdroje a detrit, jež tvoří hlavní přísun energie a bílkovin ve sladkovodních ekosystémech. Nedílnou součástí stravy raků jsou ale i vodní bezobratlí, podle autorů však pouze pro juvenilní jedince a dospělé samice. U dospělých samců nemá živočišná strava takový význam, výjimku tvoří pouze období před reprodukcí.

Correia (2003) provedla naopak výzkum na raku červeném (*Procambarus clarkii*), a rovněž tvrdí, že mladí jedinci se živí převážně živočišnou stravou, kdežto u dospělých jedinců převládá detrit následovaný rostlinnými zbytky. Autorka však na rozdíl od Scalici a Gibertini (2007) neuvádí žádné rozdíly mezi pohlavími.

Dalu a kol. (2018) prováděli analýzu obsahu střeva u raka červenoklepetého, *Cherax quadricarinatus*, a rovněž zjistili, že převážnou část tvoří strava rostlinného původu, v tomto případě však převládali rostliny nad detritem.

Correia (2003) ve svém výzkumu rovněž uvádí, že rostlinné zbytky spolu s detritem převládají převážně v létě. Na podzim a v zimě se jejich obsah snižuje a na jaře naopak začíná opět stoupat.

Stravou během ročních období se zabývali i Renz a Breithaupt (2002), dosáhli však poněkud rozdílných výsledků. Autoři ve svém výzkumu na raku kamenáči, uvádí, že rostlinná strava u raků převládá hlavně v chladnějším období, tj. na jaře, a naopak v létě je preferovaná strava živočišná. Autoři se domývají, že si raci po zimě potřebují doplnit živiny a minerály, které získávají převážně ze stravy rostlinné.

Mezi preferované zástupce z živočišné stravy u raka kamenáče v letním období patřila slávička mnohotvárná, následovaná dalšími plži, larvy hmyzu a různonožci. Ojediněle pozřeli i drobné ryby, ploštěnce nebo pijavice. Na jaře byl hlavním zdrojem živočišné stravy blešivec obecný. Ze stravy rostlinné byly upřednostňovány schránky chrostíků a listy (Renz a kol., 2000).

Gherardi a kol. (2004) provedli analýzu obsahu střeva u raka bledonohého. Byly rozpoznány zbytky listů, mech, další amorfní materiál (tj. vysoce rozložené rostlinné složky) a zbytky zvířat. Výsledky analýzy se víceméně shodují s výzkumem Renze a Breithaupta (2000), tj. na jaře převládá mech a další rostlinný materiál, v létě zaujímaly největší část zbytky zvířat a na podzim a v zimě to byl především organický detrit.

### 5.3 POTRAVNÍ PREFERENCE

Gherardi a kol. (2004) ve své práci rovněž věnovali i potravním preferencím raka bledonohého, a zároveň zkoumali, zda asimilační účinnost různých druhů potravy ovlivňuje jejich volbu.

V experimentu zaměřeném na potravní preference si jedinci nejprve vybírali mezi rostlinnou stravou. Měli na výběr mech, čerstvé listy lísky a rozpadající se listový materiál z listnatých stromů. Poté měli na výběr stravu živočišnou – larvy hmyzu, pulce ropuchy a pstruhový potěr. Nakonec si vybírali mezi 2 vzorky upřednostněnými v předchozích pokusech. Ve výsledcích z rostlinné stravy výrazně převládá mech, naopak detrit nebyl vybrán vůbec. U potravy živočišné byly všechny složky víceméně vyrovnané, dominovaly však larvy hmyzu, následované potěrem. Při výběru mezi rostlinnou či živočišnou potravou byl v drtivé většině případů upřednostněn mech (Gherardi a kol., 2004).

Nakonec se autoři zabývali již zmíněnou účinností asimilace. Jedincům byli po dobu 2 dní nabídnuty všechny druhy potravy využitě v části experimentu založené na potravních preferencích. Účinnost asimilace organické hmoty pro každou kategorii potravin byla vypočtena pomocí vzorce vycházejícího z průměrného procenta organického uhlíku a dusíku obsaženého v potravinách a stolici jedinců. Z hlediska účinnosti asimilace mezi rostlinnou stravou není jasný favorit, hodnoty se zde víceméně neliší. U živočišné stravy je na tom nejlépe rybí potěr. Nejvíce jedinců si zde opět vybralo mech, který má ale hned po potěru nejvyšší hodnoty (Gherardi a kol., 2004).

### 5.4 OBSAH LÁTEK V POTRAVĚ

Z přijímaných látek jsou nejdůležitější samozřejmě bílkoviny, jež jsou hlavní stavební složkou všech organismů. Žádný přirozeně vyskytující se protein nedokáže uspokojit všechny požadavky organismu. Aby se dosáhlo nutriční rovnováhy, je tedy nejlepší krmit

směsí živočišných i rostlinných proteinů. Přesný požadavek na množství příjmu bílkovin je závislý na nutričních, biologických i enviromentálních faktorech. Mezi tyto faktory patří například velikost zvířete, teplota vody či přítomnost potravy (D'Abramo a kol., 1989).

Denním příjmem proteinů se zabývali Hunter a Meyers. Výzkum prováděli na juvenilních jedincích raka červeného. Raci byli chováni v uzavřeném systému a krmeni extrudovanou stravou obsahující hrubou bílkovinu v rozsahu 20-40 % stravy. Ve výsledku bylo zjištěno, že množství denního příjmu proteinu se v optimálních podmínkách pohybuje mezi 20 a 30 %, z čehož 15-20 % by mělo být živočišného původu (Hunter a kol., 1979).

O něco později Hunter provedl další výzkum na juvenilních jedincích raka červeného, kde naopak sledoval efekt při krmení stravou obsahující nízkou (24 %), nebo naopak vysokou (44 %) hladinu bílkovin. Růst jedinců byl výrazně rychlejší při krmení stravou s vysokým obsahem bílkovin (Hunter, 1984).

Další, neméně důležitou součástí těl organismů jsou lipidy. Pro tělo představují převážně zdroj energie. Mezi lipidy řadíme ale i cholesterol, jež se uplatňuje při tvorbě buněčných membrán, nebo karotenoidy, které utváří pigmentaci raků (D'Abramo a kol., 1989). Castell a Covey (1976) uvádějí, že růst korýšů je vždy lepší, pokud jejich strava obsahuje spíše lipidy živočišného původu než rostlinného. Deshimaru, Katsumobu a Yone (1979) jsou poté toho názoru, že nejlepších výsledků v růstu se dosáhne kombinací obou zdrojů lipidů.

Další nedílnou součástí stravy jsou poté sacharidy. Jejich úloha a podíl na celkových energických požadavcích korýšů však zůstává nejasný. Nicméně všechny vodní organismy jsou schopni sacharidy využívat jako určitý zdroj energie. Například ryby dokážou růst i při stravě bez přítomnosti sacharidů, avšak neoptimálnější je, pokud je sacharidů přítomno větší množství, ideálně mezi 30 až 40 % (National Research Council, 1981).

Další složkou jsou vitamíny. Bohužel informací o vitamínových požadavcích korýšů je velmi málo. Z nejvýznamnějších můžeme jmenovat vitamín B1 neboli thiamin, vitamín B2 (riboflavin), pyridoxin či cholin. Naopak vitamíny rozpustné v tucích nenachází u korýšů využití. Jedná se např. o vitamín A, D, E, či K (D'Abramo a kol., 1989).

Poslední důležitou složkou nacházející se v živých organismech jsou minerály. Pokusů zkoumajících potřebu minerálů u vodních živočichů není mnoho, neboť je poměrně obtížné udržovat kultivační prostředí bez minerálů. U korýšů žádný takový výzkum neproběhl,

nicméně byli testováni alespoň jiní vodní obratlovci, u kterých byla zjištěna potřeba vápníku, fosforu, hořčíku, železa, jódu, selenu, zinku, mědi a manganu (National Research Council, 1983). Adegboye (1981) se domnívá, že ionty vápníku jsou nejdůležitějším prvkem pro dekapodní korýše. Bohatý na vápník je převážně exoskelet, například Huner a Barr (1984) ve svém výzkumu uvádějí, že exoskelet raka červeného obsahuje 25-30 % vápníku.

## 5.5 POTRAVNÍ KONKURENCE

Barki, Gur a Karplus (2001) zkoumali potravní konkurenci mezi rybami a raky a zároveň se také pokoušeli najít vhodný režim krmení, jež by snížil tuto mezidruhovou konkurenci v získání potravy. Konkrétně šlo o hybridní tilápii červenou a raka červenoklepetého (Barki a kol., 2001).

Karplus a kol. již dříve zkoumali možnost integrace raka červenoklepetého k akvakulturám tilápií, ve snaze zvýšení produkce. Výsledky neodhalily žádné negativní účinky raků na růst ryb, naopak tyto zástupci rostly lépe než v monokultuře ryb. Autoři se domývají, že ryby zde byly konkurenčně úspěšnější než raci, a tak se dostaly i k části potravy určené pro raky (Barki a kol., 2001).

V současné studii se autoři zaměřili právě na nalezení vhodného krmného režimu, jež by tuto mezidruhovou kompetici snížil, a tím zlepšil růst i konkurenčně nižším živočichům, tj. rakům. Hlavním cílem bylo porovnat účinky prostorového a časového oddělení krmiva pro ryby a raky. Časové oddělení spočívalo v krmení ryb ve dne a raků v noci. Při prostorovém oddělení byly využity plovoucí pelety pro ryby a potápějící se pelety pro raky. Jako nejvhodnější způsob krmení, kdy chceme umožnit lepší růst i konkurenčně slabším rakům se prokázalo časové oddělení potravy (Barki a kol., 2001).

Podobnému tématu se věnují i Dorn a Mittelbach. Ryby a raci jsou obecně označováni jako predátoři a oběti, to však podle autorů ve všech případech nemusí odpovídat. Tyto role se mohou klidně i otočit, závisí zpravidla na velikosti ryby i raka. Pro menší ryby může být obtížné prolomit račí schránku, či s nimi raci často soupeří o potravu i úkryt. Rovněž jsou známy případy predace raků na rybích vajíčkách či ničení přirozených úkrytů mladých ryb (Dorn a kol., 1999).

## 6 METODIKA

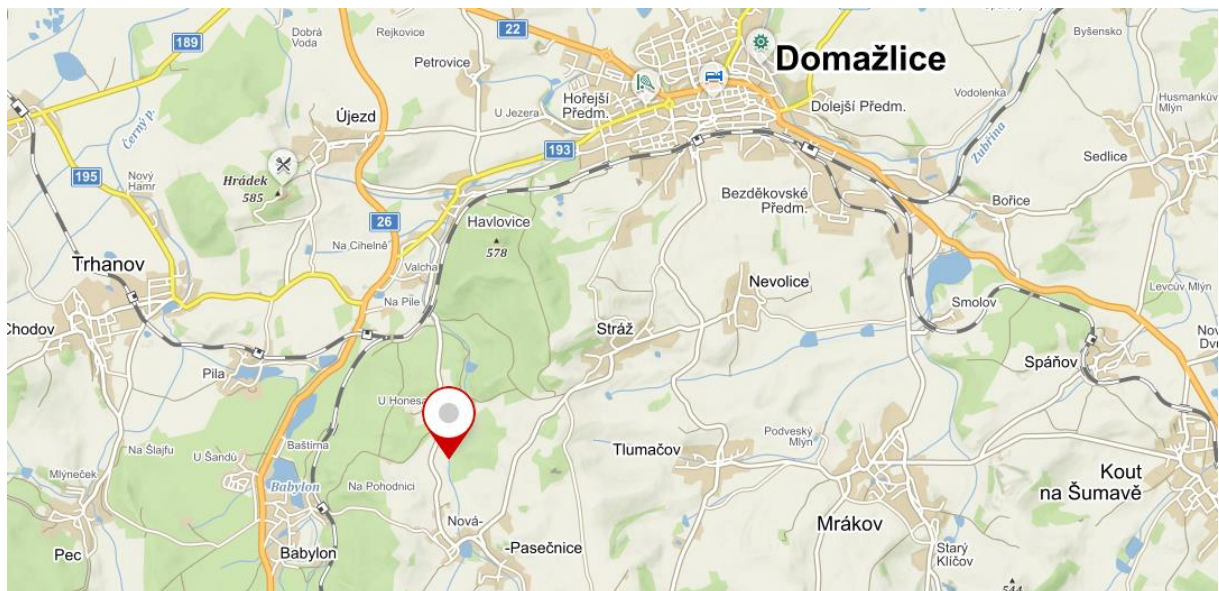
Výzkum probíhal od listopadu roku 2019 do února roku 2020. Byly využity metody experimentu a pozorování. Rovněž byl pořízen i videozáznam experimentu.

### 6.1 CHARAKTERISTIKA TOKŮ

#### 6.1.1 ZUBŘINA

Zubřina je 33,2 km dlouhá řeka, nacházející se v Plzeňském kraji. Pramení v Českém lese u obce Pasečnice v nadmořské výšce 552 m. Teče severovýchodním směrem, a to například přes Havlovice, Domažlice, Milavče, Nahošice nebo Přívozec. U Staňkova, na 53. říčním kilometru se poté vlévá do Radbuzy (Vlček a kol., 1984).

Souřadnice odchytku raků jsou  $49^{\circ}24'15.059''$  severní šířky a  $12^{\circ}53'15.628''$  východní délky.



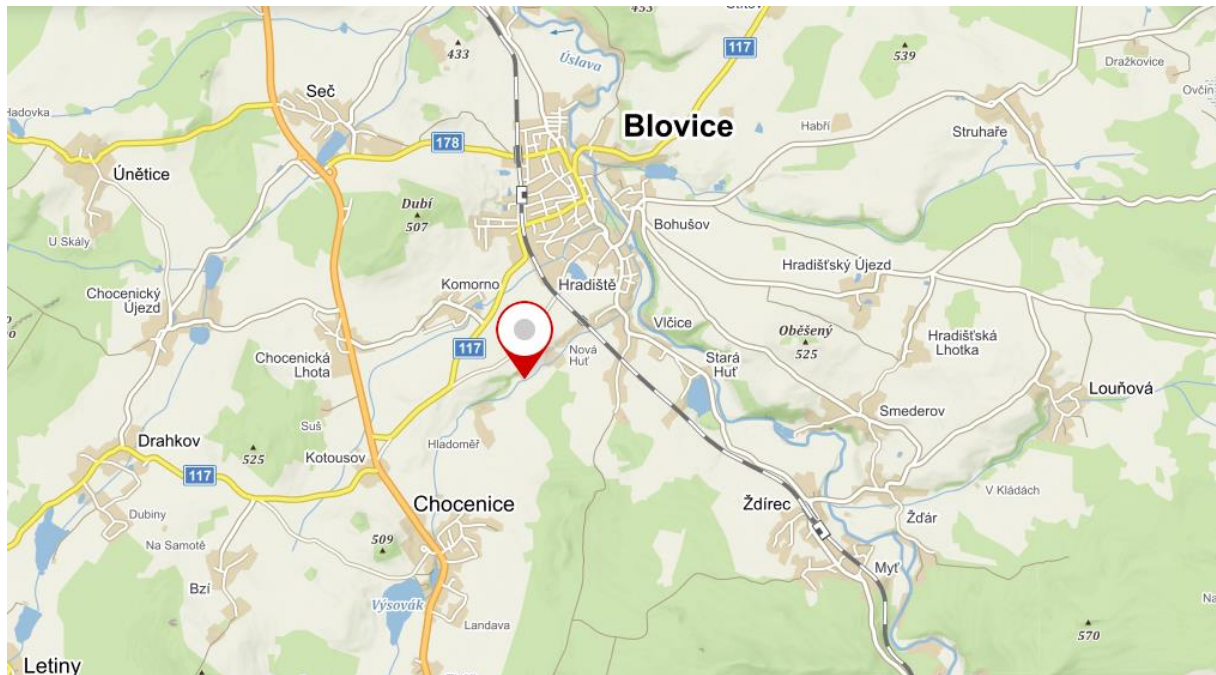
Obrázek 4 Mapa Zubřiny s vyznačeným místem odchytku raků (Mapy.cz)

#### 6.1.2 CHOCENICKÝ POTOK

Chocenický potok je 10,6 km dlouhý potok nacházející se v Plzeňském kraji. Pramení v obci Svárkov v nadmořské výšce 558 m. Teče severovýchodním směrem například přes obce Jarov, Chocenice či Nová Huť. V Blovicích, na 37. říčním kilometru se vlévá do řeky Úslavy (Vlček a kol., 1984).

Souřadnice odchytku raků jsou  $49^{\circ}33'50.802''$  severní šířky a  $13^{\circ}31'55.050''$  východní délky.





Obrázek 5 Mapa Chocenickeho potoka s vyznačeným místem odchytu raku (Mapy.cz)

## 6.2 METODIKA ODCHYTU RAKŮ

Jedinci pro tento experiment byli odchyceni bez pastí, tj. metodou ručního prohledávání toku, kdy byla pozornost zaměřena především na potenciální úkryty raků – kameny, kořeny stromů zasahující do koryta či nory u břehu.

## 6.3 OBJEKT EXPERIMENTU

Základní soubor tvořilo celkem 16 jedinců, jež byli odchyceni v září 2019 v Zubřině. Raci byli chováni v domácím prostředí v tmavém maltovníku o rozměrech 72x42x30 cm, jehož celkový objem byl 90 l, napuštěný byl přibližně na 40 l. V maltovníku byl umístěn výkonný filtr a úkryty pro raky v podobě dutých cihel. Z počátku se raci adaptovali velmi dobře. Nejprve byli krmeni mrkví, poté i malými kousky drůbežích jater. Bohužel později začali postupně vymírat, až zbylo pouze 5 jedinců s nimiž byly učiněny pokusy. Postupně se 2 jedinci svlékli, a i přesto, že byli tito raci více než týden separovaní, byli po navrácení do maltovníku bohužel pozřeni ostatními. V prosinci proběhl doodchyt dalších 2 jedinců v Chocenickeho potoce.

Soubor výběrový, u něž experiment proběhl čítal celkem 7 zástupců. Ve sledovaném vzorku jsou zahrnuti 3 samci a 4 samice, velikostně se pohybovali od 45 mm do 80 mm.

## 6.4 PRŮBĚH EXPERIMENTU

Cílem experimentu bylo stanovit potravní preference raka kamenáče. Experiment měl celkem 2 části a probíhal v laboratorních podmínkách. Všichni jedinci raka kamenáče byli umístěni do společného maltovníku, kde pobývali mimo samotná měření.

Akvárium určené pro experimenty mělo rozměr 40x20x25 cm a objem 20 l, výška vodní hladiny byla přibližně 10 cm. Akvárium bylo přepážkou rozděleno na dvě poloviny, aby mohla zároveň probíhat 2 měření. V akváriu byl umístěn úkryt tvořený polovinou menšího keramického květináče a 3 mističky s potravou (Obr. 5).

Každý jedinec měl v průběhu experimentu na výběr ze 3 typů potravy. Prvním typem byla čistě rostlinná strava, konkrétně nahnílé listy, jež můžeme označit jako detrit. Druhým zástupcem byla rovněž rostlinná strava, a to mrkev. Třetí typ byl již živočišný – žížala.

Každý experiment probíhal 10 minut, byla využita metoda pozorování a videozáznam, který našel uplatnění při pozdějším zpracování výsledků.

Zpětně byla shlédnutá všechna videa. Do výsledků byla zahrnuta každá volba potravy, ať už ji jedinec pozřel či nikoliv a byl zaznamenaný i přesný čas výběru. Jednotlivá data jsou přiřazena vždy ke konkrétním jedincům, u nichž rozlišujeme pohlaví i velikost. Zároveň byl poznamenán i datum a čas, kdy experiment probíhal.

### 6.4.1 PRVNÍ ČÁST

První experiment se týkal potravních preferencí raka kamenáče v různou denní dobu a probíhal na nekrmených jedincích. Experiment probíhal vždy ráno, odpoledne a večer. Čas experimentu nebyl přesně určen, ráno bylo měření prováděno mezi 8 a 10 hodinou, odpoledne mezi 14 a 16 hodinou a večer mezi 18 a 20 hodinou. Každé měření bylo provedeno celkem čtyřikrát. Měření probíhalo vždy v průběhu 3 dní – jeden den ráno, další den odpoledne a třetí den večer (případně i v opačném pořadí). Zbytek týdne byli raci o hladu, aby byli připraveni na další testování.

### 6.4.2 DRUHÁ ČÁST

Druhý experiment sledoval potravní preference raka kamenáče po krmení určitým druhem potravy. Vždy 3 dny před experimentem byli raci ve společném akváriu krmeni vybraným druhem potravy – listy, mrkví či žížalou a poté byl provedený samotný experiment

a sledována volba potravy. Zbytek týdne byli raci opět o hladu, aby byli připraveni na další testování. V tomto měření nebyla sledována denní doba. Každé měření bylo provedeno celkem dvakrát.



Obrázek 6 Průběh experimentu (zdroj: vlastní)

## 6.5 VYHODNOCENÍ DAT

Získaná data z praktické části byla statisticky vyhodnocena. Data jsou vyhodnocena zvlášť pro nekrmené i krmené raky. Mezi krmenými raky jsou vytvořeny 3 skupiny – raci krmení listy, raci krmení mrkví a raci krmení žížalou.

Nejprve bylo provedeno vyhodnocení potravní výběrovosti raků. V rámci experimentu bylo sledováno, zda raci konzumovali potravu, ke které přišli jako první, nebo si vybírali a pozřeli až druhou či třetí volbu. Obecně je známo, že jsou raci generalisté, a tudíž by si neměli moc vybírat. Vyhodnocení bylo provedeno, jak pro celý výzkumný vzorek, tak zvlášť pro samce, samice i pro denní doby. U krmených raků jsou výsledky zaznamenány zvlášť pro každou skupinu.

Další částí bylo zjištění samotných potravních preferencí, tzn. zda si jedinci vybrali listy, mrkev nebo žížalu. Do výsledku byly zahrnuty všechny konzumace raků, není již rozlišeno, zda se jedná o první, druhou či třetí volbu. Pro vyhodnocení dat byl využit chí-kvadrát test ( $\chi^2$  test), dostupný na internetové stránce <http://quantpsy.org>. Tento test slouží k porovnání získaných hodnot s hodnotami očekávanými. Ve výsledku potvrzuje, či vyvracuje nulovou hypotézu. Vyhodnocení bylo opět provedeno samostatně i pro samce,

samice a denní dobu. U krmených raků jsou výsledky zaznamenány zvlášť pro každou skupinu.

Poslední část se týkala času konzumace. Časy byly nejprve převedeny na desetinná místa, aby mohl být spočítán průměrný čas konzumace. Dále byla spočítána směrodatná odchylka, která nám udává, jak moc se od sebe hodnoty liší. A nakonec medián, který udává prostřední hodnotu. Výsledky jsou zaznamenány opět pro celý vzorek a zvlášť pro samce, samice i denní doby. U krmených raků jsou výsledky zaznamenány pro všechny 3 skupiny. V tomto případě nebyl brán ohled na to, zda jde o první, druhou či třetí volbu, byla sledována pouze první skutečná konzumace.

## 7 VÝSLEDKY

### 7.1 HODNOCENÍ NEKRMENÝCH RAKŮ

#### 7.1.1 VÝBĚROVOST

Celkově bylo zaznamenáno 60 výsledků měření. Z tohoto počtu 44 jedinců zkonsumovalo potravu ke které přišli jako první, což představuje 73 % ze všech pokusů. Dalších 6 raků si zvolilo svůj druhý výběr (10 %) a 3 jedinci zkonsumovali až volbu třetí (5 %). Celkem 7 jedinců si nevybralo žádnou potravu (12 %).

Z tohoto vzorku bylo celkem 24 záznamů pro samice. Celkem 19 samic zkonsumovalo svou první volbu (80 %), 2 samice volbu druhou (8 %) a pouhá jedna samice až volbu třetí (4 %). Celkem 2 samice nezkonsumovali žádnou potravu (8 %).

Záznamů samců bylo celkově 36. Jedinců, kteří si vybrali svou první volbu, bylo celkově 25, tento výsledek představuje 69 %. Druhou volbu zkonsumovalo 5 jedinců (35 %) a třetí pouze 2 jedinci (6 %). Žádnou potravu si nevybrali 4 samci (12 %).

Hodnocení výběrovosti bylo rovněž provedeno i pro denní doby – ráno, odpoledne a večer. Pro každou denní dobu bylo pořízeno celkem 20 záznamů.

Ráno zkonsumovalo svou první volbu 12 raků (60 %). Ke druhé volbě se přesunuli 3 jedinci (15 %) a ke třetí už pouze jeden (5 %). Celkem 4 raci si nevybrali žádnou potravu (20 %).

Odpoledne se pro první volbu rozhodlo 15 jedinců (75 %), pro druhou 2 jedinci (10 %) a pro třetí opět pouze jeden (5 %). Jedinci, kteří nezkonsumovali žádnou potravu byli celkem 2 (10 %).

Večer se 16 jedinců rozhodlo pro svou první volbu (80 %), pro druhou i třetí volbu to poté byl vždy pouze 1 jedinec (5 %). Celkem 2 raci nezkonsumovali žádnou potravu (10 %).

Všechny výsledky jsou pro přehlednost uvedeny v tabulce č. 1.

Tabulka 1 Hodnocení výběrovosti nekrmených raků a jejich podíl na celkovém počtu

	Konzumace první volby		Konzumace druhé volby		Konzumace třetí volby		Bez konzumace	
	Počet	Podíl	Počet	Podíl	Počet	Podíl	Počet	Podíl
<b>Všichni raci</b>	44	73 %	6	10 %	3	5 %	7	12 %
<b>Samice</b>	19	80 %	2	8 %	1	4 %	2	8 %
<b>Samci</b>	25	69 %	5	13 %	2	6 %	4	12 %
<b>Ráno</b>	12	60 %	3	15 %	1	5 %	4	20 %
<b>Odpoledne</b>	15	75 %	2	10 %	1	5 %	2	10 %
<b>Večer</b>	16	80 %	1	5 %	1	5 %	2	10 %

### 7.1.2 POTRAVNÍ PREFERENCE

Celkem bylo zaznamenáno 74 konzumací. Listy byly zkonsumovány celkem 23krát, mrkev pouze 7krát a žížala dokonce 44krát. Nulová hypotéza, že raci se stejnou pravděpodobností zkonsumují všechny typy nabízené potravy byla zamítnuta ( $\chi^2 = 26.03$ ,  $P = 0.00$ ).

Samice si zvolily potravu celkem 32krát. Celkem 11 samic se rozhodlo pro listy, 4 pro mrkev a 17 pro žížalu. Nulová hypotéza byla i u samic zamítnuta ( $\chi^2 = 6.614$ ,  $P = 0.04$ ).

Samci potravu zkonsumovali celkově 42krát. Celkem 12 samců si vybralo listy, 3 mrkev a 27 žížalu, i zde tedy byla nulová hypotéza zamítnuta ( $\chi^2 = 19.196$ ,  $P = 0.00$ ).

Zároveň mezi samicemi a samci nebyl shledán významný rozdíl v preferencích a obě pohlaví dosahovali podobných výsledků ( $\chi^2 = 0.401$ ,  $P = 0.82$ ).

Pro ráno bylo celkově 22 záznamů, kdy si 4 jedinci vybrali listy, 3 mrkev a 15 žížalu. Nulová hypotéza byla opět zamítnuta ( $\chi^2 = 10.679$ ,  $P = 0.00$ ).

Odpoledne byla potrava konzumována celkem 25krát, z toho 8krát listy, 2krát mrkev a 15krát žížala. I zde byla nulová hypotéza zamítnuta ( $\chi^2 = 9.094$ ,  $P = 0.01$ ).

Večer bylo celkově 27 záznamů výběru, kdy se 11 jedinců rozhodlo pro listy, 2 pro mrkev a 14 pro žížalu. Nulová hypotéza byla opět zamítnuta ( $\chi^2 = 8.667$ ,  $P = 0.01$ ).

Porovnáváme-li příjem potravy v různých denních dobách, můžeme konstatovat, že neexistuje žádný statisticky významný rozdíl v preferencích potravy ( $\chi^2 = 1.518$ ,  $P = 0.82$ ). Detaily jsou patrné z tabulky č. 2.

Tabulka 2 Potravní preference nekrmených raků a jejich podíl na celkovém počtu

	Konzumace listů		Konzumace mrkve		Konzumace žížaly	
	Počet	Podíl	Počet	Podíl	Počet	Podíl
<b>Všichni raci</b>	23	31 %	7	10 %	44	59 %
<b>Samice</b>	11	34 %	4	13 %	17	53 %
<b>Samci</b>	12	29 %	3	7 %	27	64 %
<b>Ráno</b>	4	18 %	3	14 %	15	68 %
<b>Odpoledne</b>	8	32 %	2	8 %	15	60 %
<b>Večer</b>	11	41 %	2	7 %	14	52 %

### 7.1.3 ČAS KONZUMACE

Průměrný čas konzumace stravy jsou 2 minuty a 26 vteřin. U samic je průměr nižší, a to 1 minuta a 23 vteřin. Naopak u samců je výrazně vyšší, konkrétně 3 minuty a 5 vteřin.

Ráno byl průměrný čas konzumace 1 minuta a 43 vteřin. Odpoledne se průměrný čas o něco prodloužil na 1 minutu a 53 vteřin. Večer byli raci s výběrem nejpomalejší, průměrný čas konzumace zde byl 3 minuty a 30 vteřin.

Směrodatná odchylka je ve všech případech nízká, všechny hodnoty jsou si tedy velmi podobné. Nejvyšších rozdílů bylo dosaženo ve večerních hodinách a také mezi samci. Naopak ráno si byly hodnoty nejpodobnější. Podrobnosti jsou uvedeny v tabulce č. 3.

Tabulka 3 Čas konzumace u nekrmených raků

	Průměr	Směrodatná odchylka	Medián
<b>Všichni raci</b>	2,44	2,32	1,68
<b>Samice</b>	1,38	1,20	1,16
<b>Samci</b>	3,08	2,60	2,05
<b>Ráno</b>	1,71	0,85	1,62
<b>Odpoledne</b>	1,88	2,12	0,90
<b>Večer</b>	3,50	2,89	1,93

## 7.2 HODNOCENÍ KRMENÝCH RAKŮ

### 7.2.1 VÝBĚROVOST

Pro raky, jež byli před testováním krmeni určitou potravou, bylo pro každou skupinu vždy 10 záznamů.

Ve skupině, jež byla před testováním krmena listy, 7 jedinců zkonsumovalo potravu své první volby (70 %). Pro druhou a třetí volbu se rozhodl vždy 1 jedinec, stejně tak jako si 1 rak nevybral žádnou potravu (10 %).

U skupiny zvyklé na krmení mrkví všichni jedinci zkonsumovali svou první volbu (100 %).

U poslední skupiny, kde byli jedinci před testováním krmeni žížalou, se pro první volbu rozhodli 3 jedinci (30 %), pro druhou 1 jedinec (10 %) a pro třetí opět 3 jedinci (30 %). Celkem 3 raci si nevybrali žádnou potravu (30 %).

Pro každou skupinu je vždy 6 záznamů pro samice.

Ve skupině krmené listy se 4 samice rozhodli pro svou první volbu (66 %). Pro druhou i třetí volbu se vždy rozhodla 1 samice (17 %).

Samice skupiny krmené mrkví ve všech případech zkonsumovaly svou první volbu (100 %).

U skupiny krmené žížalou se pouze jedna samice rozhodla pro svou první volbu (17 %), pro druhou volbu se nerozhodla žádná samice a pro třetí volbu dvě (33 %). Celkem 3 samice nezkonsumovaly žádnou potravu (50 %).

Pro každou skupinu jsou vždy 4 záznamy pro samce.

U skupiny krmené listy 3 samci zkonsumovali svou první volbu (75 %) a jeden jedinec si nevybral žádnou potravu (25 %).

Ve skupině, která byla krmena mrkví se všichni samci rozhodli pro svou první volbu (100 %).

Jedinci skupiny krmené žížalou se ve 2 případech rozhodli pro svou první volbu (50 %) a ve 2 případech pro svou druhou volbu (50 %).

Hodnoty jsou pro přehlednost uvedeny v tabulce č. 4.



Tabulka 4 Hodnocení výběrovosti krmných raků a jejich podíl na celkovém počtu

		Konzumace první volby		Konzumace druhé volby		Konzumace třetí volby		Bez konzumace	
		Počet	Podíl	Počet	Podíl	Počet	Podíl	Počet	Podíl
Všichni raci	<i>K. listy</i>	7	70 %	1	10 %	1	10 %	1	10 %
	<i>K. mrkví</i>	10	100 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %
	<i>K. žížalou</i>	3	30 %	1	10 %	3	30 %	3	30 %
Samice	<i>K. listy</i>	4	66 %	1	17 %	1	17 %	0	0 %
	<i>K. mrkví</i>	6	100 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %
	<i>K. žížalou</i>	1	17 %	0	0 %	2	33 %	3	50 %
Samci	<i>K. listy</i>	3	75 %	0	0 %	0	0 %	1	0 %
	<i>K. mrkví</i>	4	100 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %
	<i>K. žížalou</i>	2	50 %	2	50 %	0	0 %	0	0 %

### 7.2.2 POTRAVNÍ PREFERENCE

U skupiny, jejímž předchozím typem krmení byly listy, bylo zaznamenáno celkem 10 konzumací. Celkem 3 jedinci si vybrali listy (30 %), 1 jedinec mrkev (10 %) a 6 jedinců žížalu (60 %). Nulová hypotéza, že raci se stejnou pravděpodobností zkonsumují všechny typy nabízené potravy se v tomto případě potvrdila ( $\chi^2 = 2.917$ ,  $P = 0.23$ ).

Pro skupinu krmnou mrkví bylo celkově 12 výsledků. Z nich 3 jedinci zkonsumovali listy (25 %) a 9 jedinců zkonsumovalo žížalu (75 %). Pro mrkev se v tomto případě nerozhodl žádný rak. Nulová hypotéza byla v tomto případě zamítnuta ( $\chi^2 = 10.5$ ,  $P = 0.00$ ).

U skupiny, jež byla krmena žížalou bylo zaznamenáno 8 výsledků. Celkem 2 raci se rozhodli pro listy (25 %) a 6 raků pro žížalu (75 %). Mrkev si opět nevybral žádný rak. V tomto případě se nulová hypotéza potvrdila ( $\chi^2 = 4.25$ ,  $P = 0.12$ ).

Pro samice krmné listy bylo celkově 7 výsledků, z toho se 2 samice rozhodly pro listy (29 %), 1 pro mrkev (14 %) a 4 pro žížalu (57 %). I v tomto případě byla nulová hypotéza potvrzena ( $\chi^2 = 1.375$ ,  $P = 0.50$ ).

Samice krmné mrkví potravu zkonsumovali celkem 7krát. Celkem 2 samice se rozhodly pro listy (29 %) a 5 pro žížalu (71 %). Mrkev si v tomto případě nevybrala ani jedna samice. Nulová hypotéza se zde potvrdila ( $\chi^2 = 4.375$ ,  $P = 0.11$ ).

U samic krmných žížalou byly zaznamenány pouze 3 výsledky, všechny si vybraly pouze žížalu (100 %). Nulová hypotéza byla i v tomto případě potvrzena ( $\chi^2 = 2.75$ ,  $P = 0.25$ ).

Samci, jež byli před testováním krmeni listy si potravu vybrali celkem 3krát. Pouze 1 samec se rozhodl pro listy (33 %) a 2 pro žížalu (67 %). Mrkev si nevybral žádný samec. Nulová hypotéza byla potvrzena ( $\chi^2 = 0.75$ ,  $P = 0.69$ ).

Pro samce krmené mrkví bylo 5 výsledků, kdy se 1 samec rozhodl pro listy (20 %) a 4 pro žížalu (80 %). Ani v tomto případě mrkev nebyla vybrána. I zde byla nulová hypotéza potvrzena ( $\chi^2 = 2.375$ ,  $P = 0.30$ ).

U samců krmených žížalou bylo zaznamenáno rovněž 5 výsledků. Celkem 2 jedinci se rozhodli pro listy (40 %) a 3 pro žížalu (60 %). Mrkev si opět nevybral žádný jedinec. Nulová hypotéza byla potvrzena ( $\chi^2 = 1.375$ ,  $P = 0.50$ ).

Při vzájemném srovnání samců a samic krmených listy neexistuje žádný významný rozdíl mezi preferencemi a obě pohlaví konzumovali všechny druhy potravy se stejnou pravděpodobností ( $\chi^2 = 0.516$ ,  $P = 0.77$ ). Stejného výsledku bylo dosaženo i u skupiny krmené mrkví ( $\chi^2 = 0.114$ ,  $P = 0.94$ ) a žížalou ( $\chi^2 = 0.178$ ,  $P = 0.91$ ). Detaily jsou uvedeny v tabulce č. 5.

Tabulka 5 Potravní preference krmených raků a jejich podíl na celkovém počtu

		Konzumace listů		Konzumace mrkve		Konzumace žížaly	
		Počet	Podíl	Počet	Podíl	Počet	Podíl
Všichni raci	K. listy	3	30 %	1	10 %	6	60 %
	K. mrkví	3	25 %	0	0 %	9	75 %
	K. žížalou	2	25 %	0	0 %	6	75 %
Samice	K. listy	2	29 %	1	14 %	4	57 %
	K. mrkví	2	29 %	0	0 %	5	71 %
	K. žížalou	0	0 %	0	0 %	3	100 %
Samci	K. listy	1	33 %	0	0 %	2	67 %
	K. mrkví	1	20 %	0	0 %	4	80 %
	K. žížalou	2	40 %	0	0 %	3	60 %

### 7.2.3 ČAS KONZUMACE

Průměrný čas konzumace je u skupiny krmené listy 3 minuty a 59 vteřin, u skupiny krmené mrkví 3 minuty a 58 vteřin a u skupiny krmené žížalou dokonce 4 minuty a 51 vteřin.

Samice krmené listy zkonzumovali potravu průměrně ve 3 minutách a 56 vteřinách. Samice krmené mrkví průměrně ve 2 minutách a 11 vteřinách a u samic krmených žížalou byl průměr dokonce až 5 minut a 31 sekund.

Samci, jež byli před měřením krmeni listy, potravu zkonsumovali průměrně ve 3 minutách a 50 vteřinách. Samci krmení mrkví v průměru ve 4 minutách a 24 vteřinách a ti co byli krmeni žížalou ve 4 minutách a 11 vteřinách.

I v případě krmných jedinců je směrodatná odchylka ve všech případech nízká a všechny hodnoty jsou si tedy navzájem podobné. Největších rozdílů bylo dosaženo u jedinců, jež byli zvyklí na krmení listy. Podrobnosti jsou uvedeny v tabulce č. 6.

Tabulka 6 Čas konzumace u krmných raků

		<i>Průměr</i>	<i>Směrodatná odchylka</i>	<i>Medián</i>
<b>Všichni raci</b>	<i>K. listy</i>	3,99	2,89	3,33
	<i>K. mrkví</i>	3,96	2,28	3,44
	<i>K. žížalou</i>	4,85	2,16	5,66
<b>Samice</b>	<i>K. listy</i>	3,93	2,21	3,93
	<i>K. mrkví</i>	2,18	1,90	2,18
	<i>K. žížalou</i>	5,52	2,40	6,43
<b>Samci</b>	<i>K. listy</i>	3,84	2,34	3,20
	<i>K. mrkví</i>	4,40	1,00	4,24
	<i>K. žížalou</i>	4,18	1,63	4,03

## 8 DISKUZE

Studium potravních preferencí raka kamenáče probíhalo od listopadu roku 2019 do února roku 2020. Hlavním cílem bylo stanovit potravní preference raka kamenáče, v rámci experimentu ale byla vyhodnocena i výběrovost raků a průměrný čas konzumace.

Raci měli na výběr vždy 3 typy potravy – nahnílé listy, mrkev a žížalu. Samotný experiment měl 2 části. První část probíhala na nekrmených racích, kde byla sledována preference a výběrovost i během denních dob. Druhá část se zabírala raky krmenými, tj. jedinci, jež byli před samotným experimentem krmeni určitým typem potravy.

Experiment vycházel z toho, že raci jsou omnivoři a živí se tedy jak rostlinnou, tak i živočišnou stravou. Například dle Scalici a Gibertini (2007), nebo Gherardi (2006) jsou to ale také hlavně generalisté a oportunisté, tzn. že se přizpůsobují podmínkám a konzumují tedy to, co je zrovna k dispozici.

Nejprve se zaměříme na hodnocení výběrovosti. Jak už jsem psala více, raci jsou oportunisté, a tudíž by si mezi potravou neměli příliš vybírat. Toto tvrzení se v mé práci potvrdilo, neboť v 73 % případů se raci rozhodli zkonsumovat hned svou první volbu. Ve srovnání byli samci vybíravější než samice, ale mezi pohlavími není žádný statisticky významný rozdíl.

Příliš se nelišily ani hodnoty pro denní doby. Nejvybíravější byli raci ráno, naopak večer se téměř ve většině případů rozhodli pro svou první volbu. Ani zde ale nebyl shledán žádný statisticky významný rozdíl.

Co se samotných potravních preferencí týče, není publikováno příliš studií, o které by se dalo opřít. Například Goddard (1998) ve své práci uvádí, že výběr potravy raků se odvíjí od věku, ročního období i fyziologického stavu jedince. Pokud se zaměříme na věk, Goddard (1998) spolu s dalšími autory (např. Scalici a kol., 2007; Correia, 2003) je toho názoru, že živočišnou stravou se živí převážně mladí jedinci a u dospělých raků poté převládá detrit či rostlinné zbytky. Pro můj experiment byli využiti pouze dospělí raci, a i přes to ve více než polovině případech byla preferovaná strava živočišná – žížala.

Mnoho dalších autorů (např. Hunter a kol., 1984; Lipták a kol., 2019; D'Abramo a kol., 1989; Dalu a kol., 2018, Gherardi a kol., 2004) uvádí, že dle objemu potravy je na prvním místě strava rostlinného původu – listy, vodní trávy, mech, řasy, detrit atp. Potrava živočišného

původu je uváděna vždy až na posledním místě, Hunter a Barr (1984) dokonce uvádějí, že tvoří pouze 10 % objemu celkové potravy.

Všechny tyto závěry však byly provedeny převážně dle analýzy obsahu střev. V mém experimentu, jak již bylo zmíněno výše, byla ve více než 50 % případů upřednostněna žízala před ostatními zdroji. I nahnílé listy však byly vybírány velmi často, a to přibližně ve 30 % případů. Nejméně vybírána byla mrkev, pro kterou se raci rozhodli pouze v 10 % případů. Často také zůstala porce nedojedená a zkonzumovali pouze její část.

Pro vyhodnocení potravních preferencí byl využit chí-kvadrát test ( $\chi^2$  test), sloužící k porovnání získaných hodnot s hodnotami očekávanými, který buďto potvrzuje, či vyvrací nulovou hypotézu. Raci jsou generalisté a měli by si tak vybírat všechny typy potravy se stejnou pravděpodobností, proto byly očekávané hodnoty vypočítány jako průměr z počtu konzumací. Nulovou hypotézu jsme však ani v jednom případě nemohli potvrdit, neboť zde byly vždy výrazné odchylky.

Můžeme tedy usuzovat, že pro raky je živočišná strava atraktivnější, avšak v přirozených podmínkách může být často problém se k této stravě dostat, a tak se raci nejčastěji spokojí s mnohem dostupnější rostlinnou stravou.

Výsledky mého experimentu můžeme porovnat například s prací Gherardi, Acquistapace a Santini (2004), kteří zkoumali potravní preference raka bledonohého. Raci si nejprve vybírali mezi třemi druhy rostlinné stravy a poté i mezi třemi druhy stravy živočišné. Nakonec dostali na výběr mezi dvěma druhy upřednostněnými v předchozích testech, kdy byl ve většině případů upřednostněna strava rostlinná.

Výsledky autorů se tedy shodují s publikovanými daty, kdy raci upřednostňují rostlinnou stravu. Objektem našeho experimentu byl však rak kamenáč, u něhož podobný výzkum ještě neproběhl. Můžeme se tak domnívat, že tento druh raka preferuje spíše stravu živočišnou. Experiment by ale bylo vhodné zopakovat, například i s jinými druhy potravy, než dojdeme k takovým závěrům.

Co se krmených raků týče, jsou zde výsledky víceméně shodné s raky nekrmenými a opět tak byla ve většině případů vybírána žízala. Zajímavé jsou zde však procentní podíly mezi jednotlivými skupinami v rámci hodnocení výběrovosti. Raci, jež byli před testováním

krmeni listy, svou první volbu zkonsumovali v 70 % případů. U skupiny krmené mrkví to bylo dokonce 100 % a naopak u skupiny krmené žížalou pouze 30 %.

Z těchto výsledků můžeme usoudit, že v případě předchozího krmení žížalou raci již neměli takovou potřebu dále vyhledávat potravu a rozhodli se až pro třetí volbu, či nekonsumovali vůbec. Naopak skupina krmená mrkví byla pravděpodobně více vyhladovělá a všichni jedinci se tak rozhodli hned pro svou první volbu.

Hodnocení potravních preferencí u krmených raků bylo opět provedeno přes chí-kvadrát test. Zde se nulová hypotéza až na jeden případ potvrdila. Shledávám zde ale problém v nízkém počtu měření, kdy pro každou skupinu bylo zaznamenáno pouze 10 výsledků. V budoucnu by bylo určitě vhodné tento experiment zopakovat s větším počtem testovaných vzorků.

Nyní se dostáváme k poslednímu bodu mého experimentu, a to času konzumace. Hodnoty byly nejprve převedeny na desetinná místa a následně byl spočítán průměr, směrodatná odchylka a medián.

U nekrmených raků byla první potrava zkonsumována průměrně ve 2 minutách a 26 vteřinách. Můžeme zde však sledovat poměrně výrazný rozdíl mezi pohlavími. Zatímco samice potravu zkonsumovaly průměrně již v 1 minutě a 23 vteřinách, samci až ve 3 minutách a 5 vteřinách.

Menší rozdíly jsou i v rámci denních dob. Nejrychleji si raci vybírali stravu ráno, kdy byl průměrný čas konzumace 1 minuta a 43 vteřin. Odpoledne se průměrný čas o něco prodloužil na 1 minutu a 53 vteřin. Večer byli raci s výběrem nejpomalejší, průměrný čas konzumace zde byl 3 minuty a 30 vteřin.

Směrodatná odchylka je ve všech případech nízká, všechny hodnoty jsou si tedy velmi podobné. Nejvyšších rozdílů bylo dosaženo ve večerních hodinách a také mezi samci. Naopak ráno si byly hodnoty nejpodobnější.

Průměrné časy konzumace jsou u krmených raků mnohem vyšší než u raků nekrmených. U skupiny krmené listy jsou to 3 minuty a 59 vteřin, u skupiny krmené mrkví 3 minuty a 58 vteřin a u skupiny krmené žížalou dokonce 4 minuty a 51 vteřin. Může to být způsobeno tím, že raci nebyli tolik vyhladovělí jako v průběhu prvního experimentu na nekrmených jedincích. Nejdelší čas je zaznamenán u předchozího krmení žížalou,

kteřá byla pro raky nejoblíbenější a snědli ji tak pravděpodobně více než ostatní nabízené druhy potravy.

Mezi krmenými jedinci jsou znatelnější rozdíly mezi pohlavími pouze u skupiny krmené mrkví a žížalou. Samice krmené mrkví svou první volbu v průměru zkonsumovali již ve 2 minutách a 11 vteřinách, což je mimo jiné i nejrychlejší výsledek. Opět je zde pravděpodobné, že při předchozím krmení mrkve nesnědly tolik, a tak byly během experimentu hladovější.

U konzumace žížaly je výsledek opačný a samice byly s výběrem naopak nejpomalejší. Konzumace proběhla v průměru až v 5 minutách a 31 vteřinách. Opět můžeme aplikovat ten samý úsudek, kdy samice byly po předchozím krmení žížalou dostatečně najezené a výběr jim tak trval déle.

Výrazným problémem, jímž se zabývali už i jiní autoři (např. Romano a kol., 2016; Houghton a kol., 2017) je rovněž kanibalismus. Pokud některý rak svlékl svůj exoskelet, ostatní jedinci ho okamžitě pozřeli.

## ZÁVĚR

Hlavním cílem práce bylo stanovit potravní preference raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*).

V teoretické části práce byla popsána biologie raků, od jejich vzhledu, přes rozmnožování až po charakteristiku raků osidlujících Českou republiku. V další části byl poté dopodrobna popsán objekt výzkumu – rak kamenáč. Poslední část teoretické práce informovala již o samotné potravě raků.

Praktická část se skládala ze 2 oddělených experimentů – nejprve byli testováni nekrmení jedinci, u kterých byl experiment zaměřen i na porovnání v rámci denních dob.

Raci měli na výběr celkem 3 typy potravy – nahnílé listy, mrkev a žížalu. Samotné testování probíhalo vždy přibližně 10 minut a byla sledována první, případně i druhá a třetí volba potravy. Zaznamenán byl i přesný čas konzumace.

Ve výsledku bylo zjištěno, že většina jedinců preferuje živočišnou stravu, neboť žížala byla vybrána téměř v 60 % případů. Na druhém místě byly nahnílé listy, které byly zkonsumovány v přibližně 30 % případů a na posledním místě byla mrkev (10 % případů).

Dále se, krom potravních preferencí, hodnotila výběrovost raků, tzn. zda zkonsumovali potravu své první volby, nebo si vybírali a zkonsumovali až svou druhou, či třetí volbu. Zde se potvrdila hypotéza, že jsou raci generalisté a příliš si nevybírají, neboť první volba byla zkonsumována hned v 73 % případů.

V práci jsme také stanovili průměrný čas konzumace, a to konkrétně na 2 minuty a 26 vteřin.

Mezi pohlavími, ani mezi denními dobami nebyl shledán žádný statisticky významný rozdíl mezi preferencemi.

Druhý experiment byl již s krmenými jedinci, tj. raky, jež byli před samotným testováním navyknuti na určitý typ potravy. Zde byli jedinci rozděleni do 3 skupin podle předchozího typu potravy – první skupina krmená listy, druhá skupina krmená mrkví a třetí skupina krmená žížalou.

Výsledky krmených i nekrmených jedinců se víceméně shodují, neboť i zde byla v drtivé většině případů vybrána opět žížala, následována listy a mrkví na posledním místě.



**RESUMÉ**

Bakalářská práce se zabývá potravními preferencemi raka kamenáče, *Austropotamobius torrentium*. Raci byli odchyceni na podzim a v zimě roku 2019 a následně chováni v laboratorních podmínkách. Samotný experiment měl 2 části – sledování nekrmených a následně i krmených jedinců, kteří byli zvyklí na určitý druh potravy. Vedle samotných potravních preferencí byla také vyhodnocena výběrovost raků a stanoven průměrný čas konzumace.

**CIZOJAZYČNÉ RESUMÉ**

Bachelor thesis deals with the food preferences of stone crayfish, *Austropotamobius torrentium*. Crayfish were captured in autumn and winter in the year 2019 and then they were kept in laboratory conditions. The experiment itself had 2 parts – monitoring of unfed and then also fed individuals, who were used to a certain type of food. In addition to the food preferences themselves, the selectivity of crayfish was also evaluated and the average time of consumption was determined.

## SEZNAM LITERATURY

- Adegboye, J. D. 1981.** Calcium homeostasis in the crayfish. C.R. Goldman. *Freshwater Crayfish*. 5(1): 137-153.
- Barki, A., Gur, N. & Karplus, I. 2001.** Management of interspecific food competition in fish–crayfish communal culture: the effects of the spatial and temporal separation of feed. *Aquaculture*. 201(3-4): 343-354.
- Bubb, D., Thom, T. J. & Lucas, M. C. 2006.** Movement, dispersal and refuge use of co-occurring introduced and native crayfish. *Freshwater Biology*. 51:1359-1368.
- Buřič, M., & další. 2011.** A Successful Crayfish Invader Is Capable of Facultative Parthenogenesis: A Novel Reproductive Mode in Decapod Crustaceans. *PLoS ONE*. 6(5):e20281.
- Castell, J. D. & Covey, J. F. 1976.** Dietary Lipid Requirements of Adult Lobsters, *Homarus americanus* (M.E.). *The Journal of nutrition*. 106(8): 1159-65.
- Correia, A. M. 2003.** Food choice by the introduced crayfish *Procambarus clarkii*. *Annales Zoologici Fennici*. 40(6): 517.
- Crandall, K. A. & De Grave, S. 2017.** An updated classification of the freshwater crayfishes (Decapoda: Astacidea) of the world, with a complete species list. *Journal of Crustacean Biology*. 37(5): 1-39.
- D'Abramo, L. R. & Robinson, E. H. 1989.** Nutrition of Crayfish. *Reviews in Aquatic Sciences*. 1(4): 711-728.
- Dalu, T., Phiri, C., Barson, M. & Utete, B. 2018.** The diet of an invasive crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868), in Lake Kariba, inferred using stomach content. *BioInvasions Records*. 7(2): 121-132.
- Deshimaru, O, Katsumobu, K. & Yone, Y. 1979.** The composition and level of dietary lipid appropriate for growth of prawn. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*. 45(5): 591-594.
- Dubé, P. & Portelance, B. 1992.** Temperature and photoperiod effects on ovarian maturation and egg laying of the crayfish, *Orconectes limosus*. *Aquaculture*. 102(1-2): 161-168.
- Fischer, D. & Vlach, P. 2018.** Hlavní příčiny ohrožení raka kamenáče na území ČR. *Ochrana přírody*. 6: 2-5.
- Fischer, D., Svobodová, J. & Vlach, P. 2016.** Raci v Zákolanském potoce – minulost, současnost, budoucnost. *Bohemia centralis*. 33: 319-331.
- Gherardi, F. 2006.** Crayfish Invading Europe: The Case Study of *Procambarus clarkii*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*. 39(3):175-191.
- Gherardi, F., Acquistapace, P. & Santini, G. 2004.** Food selection in freshwater omnivores: A case study of crayfish *Austropotamobius pallipes*. *Archiv fur Hydrobiologie*. 159(3):357-376.
- Goddard, J. S. 1988.** Food and Feeding. D. M. Holdich a R. S. Lowery. *Freshwater crayfish : biology, management, and exploitation*. Portland : Timber Press. 145-166.
- Hill, A. M. & Lodge, D. M. 1994.** Diel changes in resource demand: competition. *Ecology*. 75(7): 2118-2126.

- Holdrich, D. M. 2001.** *Biology of Freshwater Crayfish*. Iowa : Iowa State University Press. ISBN: 978-0-632-05431-2.
- Houghton, R. J., Wood, C. & Lambin, X. 2017.** Size-mediated, density-dependent cannibalism in the signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) (Decapoda, Astacidea), an invasive crayfish in Britain. *Crustaceana*. 90(4):417-435.
- Huner, J. V. & Barr, J. E. 1984.** Red Swamp Crawfish: Biology and Exploitation. *Louisiana Sea Grant Coll. Program, Baton Rouge*.
- Huner, J. V. & Meyers, S.P. 1979.** Dietary protein requirements of the red crawfish, *Procambarus clarkii* (Girard) (Decapoda, Cambaridae), grown in a closed system. *Proceedings of the World Mariculture Society*. 10(1-4): 751-760.
- Huner, J. V. 1984.** Growth responses of juvenile male crayfish, *Procambarus clarkii*, fed artificial diets supplemented with *Egeria densa*, a vascular aquatic plant. *Journal of the World Mariculture Society*. 15: 129-131.
- Chobot, K., Pavlíčko, A. & Štambergová, M. 2020.** Mapa rozšíření *Astacus astacus* v České republice. *Biological Library – BioLib*. [Online] 2020. [Citace: 4. červenec 2020.] Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id131/>.
- Chobot, K., Pavlíčko, A. & Štambergová, M. 2020.** Mapa rozšíření *Austropotamobius torrentium* v České republice. *Biological Library – BioLib*. [Online] 2020. [Citace: 4. červenec 2020.] Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id129/>.
- Chobot, K., Pavlíčko, A. & Štambergová, M. 2020.** Mapa rozšíření *Faxonius limosus* v České republice. *Biological Library – BioLib*. [Online] 2020. [Citace: 4. červenec 2020.] Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id128/>.
- Chobot, K., Pavlíčko, A. & Štambergová, M. 2020.** Mapa rozšíření *Pacifastacus leniusculus* v České republice. *Biological Library – BioLib*. [Online] 2020. [Citace: 4. červenec 2020.] Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id127/>.
- Chobot, K., Pavlíčko, A. & Štambergová, M. 2020.** Mapa rozšíření *Pontastacus leptodactylus* v České republice. *Biological Library – BioLib*. [Online] 2020. [Citace: 4. červenec 2020.] Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id130/>.
- Kouba, A., Petrusek, A. & Kozák, P. 2014.** Continental-wide distribution of crayfish species in Europe: Update and maps. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 413(05): 1-31.
- Kozák, P., Ďuriš, Z. & Polícar, T. 2002.** The stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schränk) in the Czech Republic. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 367: 707–713.
- Kozák, P., Ďuriš, Z., Petrusek, A., Buřič, M., Horká, I., Kouba, A., Kozubíková, E. & Polícar, T. 2013.** *Biologie a chov raků*. Vodňany : Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod. ISBN 978-80-87437-42-1.
- Kozubíková, E., Petrusek, A. & Ďuriš, Z. 2006.** The crayfish plague in the Czech Republic - Review of recent suspect cases and a pilot detection study. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*. 380-381: 1313-1323.
- Lipták, B., Veselý, L., Ercoli, F. & Bláha M. 2019.** Trophic role of marbled crayfish in a lentic freshwater ecosystem. *Aquatic Invasions*. 14(2): 299-309.

- Mclay, C. L. & van den Brink, A. 2016.** Crayfish Growth and Reproduction. M. Longshaw a P. Stebbing. *Biology and Ecology of Crayfish*.
- National Research Council. 1981.** Nutrient Requirements of Coldwater Fishes. *National Academy Press*.
- National Research Council. 1983.** Nutrient Requirements of Warmwater Fishes and Shellfishes. *National Academy Press*.
- Patoka, J. & Kouba, A. 2017.** Počátek invaze raka mramorovaného v ČR?. *Fórum ochrany přírody* 3: 41-43.
- Policar, T. & Kozák, P. 2005.** Comparison of trap and baited stick catch efficiency for noble crayfish (*Astacus astacus* L.) in the course of the growing season. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*. 376-377: 675-686.
- Renz, M. & Breithaupt, T. 2000.** Habitat use of the crayfish *Austropotamobius torrentium* in small brooks and in Lake Constance, Southern Germany. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*. 356: 139-154.
- Romano, N. & Zeng, C. 2016.** Cannibalism of Decapod Crustaceans and Implications for Their Aquaculture: A Review of its Prevalence, Influencing Factors, and Mitigating Methods. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*. 25(1): 42-69.
- Římalová, K., Douda, K. & Štambergová, M. 2014.** Species-specific pattern of crayfish distribution within a river network relates to habitat degradation: implications for conservation. *Biodiversity and Conservation*. 23: 3301-3317.
- Scalici, M. & Gibertini, G. 2007.** Feeding habits of the crayfish *Austropotamobius pallipes* (Decapoda, Astacidae) in a brook in Latium (central Italy). *Italian Journal of Zoology*. 74(2):157-168.
- Scholtz, G., Braband, A., Tolley, L. & Reimann, A. 2002.** Ecology - Parthenogenesis in an outsider crayfish. *Nature*. 421: 806.
- Souty-Grosset, C., Holdich, D. M., Noël, P. Y. & Reynolds, J. D. 2006.** *Atlas of crayfish in Europe*. Paris : Muséum National d'Histoire Naturelle. ISBN: 978-2-8565-3579-0.
- Svobodová, J., Fischer, D., Svobodová, E. & Vlach, P. 2016.** Periodické vysychání toků: další faktor negativně ovlivňující populace našich raků. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 3: 34-38.
- Svobodová, J., Douda, K., Štambergová, M. & Pícek, J. 2012.** The relationship between water quality and indigenous and alien crayfish distribution in the Czech Republic: patterns and conservation implications. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems*. 22(6):776-786.
- Svobodová, J., Štambergová, M., Vlach, P. & Pícek, J. 2008.** Vliv jakosti vody na populace raků v České republice - porovnání s legislativou ČR. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 50: 1-5.
- Svobodová, J., Douda, K. & Vlach, P. 2009.** Souvislost mezi výskytem raků a jakostí vody v České republice. *Bulletin VÚRH Vodňany*. 45(2-3): 100-109.
- Štambergová, M., Svobodová, J. & Kozubíková, E. 2009.** *Raci v České republice*. Praha : Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. ISBN 978-80-87051-78-8.

**Vlach, P. & Valdmanová, L. 2015.** Morphometry of the stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) in the Czech Republic: Allometry and sexual dimorphism. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 416(16): 1-12.

**Vlach, P. 2017.** Invazní druhy raků v České republice. *Fórum ochrany přírody*. 3: 35-40.

**Vlach, P., Fischer, D. & Hulec, L. 2010.** Microhabitat preferences of the stone crayfish. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 394-395(15): 1-13.

**Vlach, P., Hulec, L. & Fischer, D. 2009.** Recent distribution, population densities and ecological requirements of the stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) in the Czech Republic. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 394-395(13): 1-10.

**Vlach, P., Svobodová, J. & Fischer, D. 2013.** Stone crayfish in the Czech Republic: how does its population density depend on basic chemical and physical properties of water? *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 407(05): 1-13.

**Vlček, V. & Kestřáněk, J. 1984.** *Vodní toky a nádrže = Zeměpisný lexikon ČSR*. Praha : Academia. ISBN 8020003150.

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů.

**SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ**

Obrázek 1 Vnější stavba raka (Štambergová a kol. 2009. Raci v České republice) .....	6
Obrázek 2 Mapa rozšíření <i>Austropotamobius torrentium</i> ve světě (Kouba a kol. 2014. Continental-wide distribution of crayfish species in Europe: Update and maps).....	12
Obrázek 3 Mapa rozšíření <i>Austropotamobius torrentium</i> v České republice (Karel Chobot a kol. 2020. Dostupné z: <a href="https://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id129/">https://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id129/</a> ) .....	13
Obrázek 4 Mapa Zubřiny s vyznačeným místem odchytu raků (Mapy.cz) .....	21
Obrázek 5 Mapa Chocenického potoka s vyznačeným místem odchytu raku (Mapy.cz)...	22
Obrázek 6 Průběh experimentu (zdroj: vlastní).....	24
Tabulka 1 Hodnocení výběrovosti nekrmených raků a jejich podíl na celkovém počtu.....	27
Tabulka 2 Potravní preference nekrmených raků a jejich podíl na celkovém počtu.....	28
Tabulka 3 Čas konzumace u nekrmených raků .....	28
Tabulka 4 Hodnocení výběrovosti krmených raků a jejich podíl na celkovém počtu .....	30
Tabulka 5 Potravní preference krmených raků a jejich podíl na celkovém počtu .....	31
Tabulka 6 Čas konzumace u krmených raků.....	32