

Západočeská univerzita v Plzni
FAKULTA PEDAGOGICKÁ
Centrum biologie, geověd a envigogiky

DENNÍ MIGRACE RAKA KAMENÁČE
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Andrea REŽNÁ

Biologie se zaměřením na vzdělávání (Bi)

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, 22. dubna 2020

vlastnoruční podpis

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat RNDr. Pavlu Vlachovi, Ph.D. za pomoc při zpracování mé bakalářské práce. Moc si vážím cenných rad, které mi pan doktor poskytl. Dále bych chtěla poděkovat svým rodičům za jejich pomoc.

Zadání kvalifikační práce

Obsah

1	Úvod	7
1.1	Systematické zařazení sladkovodních raků.....	7
2	Rozšíření raků	7
2.1.1	Původní druhy raků vyskytující se v Evropě	8
2.1.2	Nepůvodní druhy raků vyskytující se v Evropě.....	9
2.1.3	Raci na území České republiky	10
3	Stavba račího těla.....	11
4	Ekologie raků	13
4.1	Potrava.....	13
4.2	Rozmnožování.....	13
5	Příčiny ohrožení	14
5.1	Legislativa a ochrana raků	15
6	Rak kamenáč	16
7	Metody značení raků	18
8	Migrace raků	19
9	Cíle práce	21
10	Metodika	22
10.1	Design experimentu	22
10.2	Značení raků	23
10.3	Zpětný odchyt.....	24
10.4	Charakteristika toků.....	25
10.4.1	Zubřina.....	25
10.4.2	Levostranný přítok Novosedlského potoka	25
10.5	Statistické vyhodnocení dat	26
11	Výsledky.....	27
11.1	Efektivita zpětných odchytů	27
11.2	Délková struktura na jednotlivých tocích.....	27
11.2.1	Délková struktura.....	29
11.2.2	Délková struktura na jednotlivých tocích	29
11.3	Frekvence migrací	30
11.4	Migrační mapy.....	31
11.5	Délky migrací	33
11.5.1	Velikostní kategorie kamenů na jednotlivých tocích.....	35
11.5.2	Vztah mezi velikostí raka a velikostí kamene	36

12	Diskuze	38
13	Závěr	42
14	Resumé	44
15	Cizojazyčné resumé	45
16	Seznam literatury	8
17	Přílohy	12
17.1	Příloha levostranný přítok Novosedlského potoka	12
17.2	Příloha Zubřina	13

1 Úvod

Raky lze systematicky zařadit do skupiny koryšů Crustacea (Brünnich, 1772), které lze charakterizovat existencí pevného krunýře. Krunýř raků slouží k ochraně měkkých částí těla. Doposud je popsáno přibližně 640 druhů sladkovodních raků (Crandall a Grave, 2017).

Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*) (Schrank, 1803) patří mezi šest druhů raků, které obývají vody České republiky (Kozák a kol., 2002). Raci patří do skupiny největších bezobratlých sladkovodních živočichů jejich role ve vodních ekosystémech je nenahraditelná (Kozák a kol., 2014).

1.1 Systematické zařazení sladkovodních raků

„podkmen: Crustacea Brünnich, 1772 - koryši

třída: Malacostraca Latreille, 1802 - rakovci

podtřída: Eumalacostraca Grobben, 1892

nadřád: Eucarida Calman, 1904 - velkokrunýřovci

řád: Decapoda Latreille, 1802 - desetinožci

podřád: Pleocyemata Burkenroad, 1963

infrařád: Astacidea Latreille, 1802 - raci

nadčeleď: Astacoidea Latreille, 1802

čeleď: Astacidae Latreille, 1802 – rakoviti

čeleď: Cambaridae Hobbs, 1942

čeleď: Cambaroididae Villalobos, 1955

čeleď: Cricoidoscelosidae Taylor, Schram & Shen, 1999

nadčeleď: Parastacoidea Huxley, 1879

čeleď: Parastacidae Huxley, 1879“ (Crandall a Grave, 2017).

2 Rozšíření raků

Raky lze najít v nejrůznějších typech biotopů. Za největšího sladkovodního bezobratlého živočicha je považován rak *Astacopsis gouldi*, který žije v severní Tasmánii. Tento druh má více než 50 cm a váží přes 6 kg. V Jihovýchodním Queenslandu také žije nejmenší sladkovodní rak na světě, který má délku svého těla pouhé 3 cm. Jedná se o raka *Tenuibranchiurus glypticus*. Raky lze najít skoro na všech kontinentech kromě Afriky a Antarktidy. Skupinu raků (Astacidea) lze taxonomicky rozdělit na nadčeleď Astacoidea a Parastacidae.

Nadčeleď Astacoidea se vyskytuje na severní části polokoule, tato nadčeleď má několik čeledí, a to Astacidae (Latreille, 1802), Cambaridae (Hobbs, 1942a), Cambaroididae (Villalobos, 1955), Cricoidoscelosidae (Taylor, Schram & Shen, 1999) Čeleď Astacidae také lze najít v Evropě, západní Asii a také v Severní Americe. Druhá čeleď Cambaridae je více druhově bohatší a je rozšířena od Severní Ameriky až po Mexiko a Kubu. Do čeledi Cambaroididae lze zahrnout pouze jeden druh a to Cambaroides (Faxon, 1884). Poslední čeleď Cricoidoscelosidae také zahrnuje pouze jeden druh – Cricoidoscelosus (Taylor, Schram & Shen, 1999).

Do nadčeledi Parastacidae (Huxley, 1879) patří pouze jedna čeleď – Parastacidea se nachází převážně v Austrálii a na ostrovech Tasmánie a Novém Zélandu (Crandall a Grave, 2017, Kozák et al., 2014).

2.1.1 Původní druhy raků vyskytující se v Evropě

V Evropě se vyskytuje pouze **pět druhů** raků: rak říční *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758), rak kamenáč *Austropotamobius torrentium* (Schränk, 1803), rak bahenní *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823), rak bělonohý *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet, 1858) a rak silnoklepetý *Pontastacus pachypus* (Rathke, 1837) (Souty-Grosset a kol., 2006).

Rak říční

Rak říční má dva páry postorbitálních lišt, druhý pár může být nenápadný. Rostrum bývá středně dlouhé s ostrou špičkou. Klepeta má na povrchu drsná a široká, naopak spodní strana je hladší a je červená. Tito raci dorůstají přes více než 15 cm (Souty-Grosset et al. 2006). V dnešní době je znám téměř v celé Evropě, patří k nejrozšířenějším původním evropským druhům, vyskytují se ve 39 zemích. Tento druh raka se dožívá více než 20 let. Počet vajíček ve snůšce bývá v rozmezí od 90 až po 260 vajíček, počet se zvyšuje s velikostí samice (Kozák et al., 2014).

Rak bahenní

Rak bahenní má podobnou stavbu hlavohrudního krunýře jako má rak pruhovaný. Hlavohrudní krunýř je po stranách silně trnitý, za očima dva páry postorbitálních lišt. Rostrum má dlouhé se silně protaženou špičkou. Rak bahenní má úzká a protáhlá klepeta, spodní strana je béžově někdy až světle žlutě zbarvená. Dorůstají většinou 15 až 20 cm

délky. Dožívají se obvykle okolo 2–3 let. Samička mívá v jedné snůšce 200 až 400 vajíček (Štambergová a kol., 2009).

Rak silnoklepetý

Tento druh se nachází ve dvou původních státech v Rusku a na Ukrajině; výzkumy ale také potvrzují jeho výskyt v oblasti Kaspického moře a v Kazachstánu a Turkmenistánu. Populace tohoto druhu je velmi ovlivněna znečištěním vod těchto oblastech, a to v souvislosti s těžbou ropy (Souty-Grosset et al., 2006).

Rak bělonohý

V literatuře se lze dočíst, že tento druh lze rozdělit na dva odlišné poddruhy a to na *A. pallipes* a *A. italicus*. Tento závěr je založen na výsledcích z různých molekulárních analýz (Kouba et al., 2014).

Raky bělonohé lze najít v jižní Evropě, Francii, Itálii, Španělsku také v Jaderském moři až v Černé Hoře. Areál zastoupení zahrnuje 18 evropských zemí (Souty-Grosset et al., 2006).

2.1.2 Nepůvodní druhy raků vyskytující se v Evropě

V Evropě se lze setkat ve volné přírodě s 10 nepůvodními druhy. Nepůvodní druh je takový, který se vyskytuje mimo svůj přirozený areál (Štambergová a kol., 2009). Mezi nepůvodní druhy se řadí rak signální *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852), rak červený *Procambarus clarkii* (Girard, 1852), rak mramorovaný *Procambarus virginalis* (Lyko, 2017), rak pruhovaný *Faxonius limosus* (Rafinesque, 1817) a další.

Rak červený

Raka červeného lze v České republice spatřit v akvariijních chovech. Je velmi odolným přenašečem račího moru. Tento druh spadá mezi r – strategy, je to živočich s krátkým životním cyklem. V přírodě se dožívají většinou krátkou dobu, a to 12–18 měsíců, ale mají velkou rozmnožovací schopnost. Raka červeného lze poznat podle jeho klepet, protože jeho spodní strana je zářivě červená. Může dorůst 12–15 centimetrů. Tělo má tmavě červené až rudohnědé (Štambergová a kol., 2009).

Rak mramorovaný

Rak mramorovaný se dožívá 3 až 4 let. Je menšího vzrůstu, dorůstá se okolo 10 cm. Tělo je zbarvené od tmavohnědé až po zelenou nebo modrou, a má výrazné mramorování. Rak mramorovaný má jeden pár postorbitálních lišt. Rostrum je nápadné a tvoří malý trojúhelníkový vrchol. Klepeta má drobnější a na povrchu je zrnitá. Tento druh je velmi oblíbený mezi chovateli, pro založení chovu stačí pouze jedna samice. Tento druh je partenogenetický.

Rak pruhovaný

Za očima má pouze jeden pár postorbitálních lišt. Hlavohrud' má hladkou. Na zadečkových člancích jsou výrazné cihlové někdy až hnědočervené příčné pruhy. Rostrum je dlouhé a ostře špičaté. Ten druh raky je malého vzrůstu nepřesahuje 9–10 cm délky těla (Štambergová a kol., 2009). Tento druh lze najít ve Španělsku i Francii. Přes řeku Dunaj se rozšířil do Rumunska a dále se šířil po proudu (Kouba et al., 2014).

2.1.3 Raci na území České republiky

U nás v České republice se v současnosti vyskytuje šest druhů raků. Dva z nich jsou **původní**, a to rak říční a rak kamenáč (Kozák a kol., 2002). Rak říční je u nás nejvíce rozšířený druh na celém území České republiky. Rak říční obývá více než 800 lokalit (Vlach & Melichar, 2017). Přírozené rozšíření tohoto druhu je velmi těžko zjištělné, příčinou je jeho odchov a umělé vysazování v minulosti, převážně mezi světovými válkami, po epidemiích račího moru, a to na přelomu 19. a 20. století. U nás byli na řadě lokalit vysazeni importovaní raci říční. Dále v souvislosti se znečištěním odpadními vodami a v důsledku rozvoje zemědělské výroby následoval další úbytek raka říčního. Rak kamenáč je znám z více než 40 toků na území České republiky (Vlach a kol., 2009), více se mu věnuje samostatná kapitola. Rak říční i rak kamenáč jsou umístěni mezi kriticky ohrožené druhy podle právních předpisů dle vyhlášky č. 395/1992 Sb., která je součástí zákona č. 114/1992 Sb. O ochraně přírody a krajiny.

Mezi další druhy vyskytující se na území České republiky se řadí rak bahenní. Rak bahenní se do České republiky dostal v 19. století, je tedy původem z východní Evropy. V minulosti na našem území byl uměle vysazován, jakožto jiný druh za vymřelé populace

raků říčních, po epidemii račího moru. Rak bahenní patří mezi silně ohrožené druhy (Pecina, 1979).

Další druh, který se vyskytuje v České republice, je rak pruhovaný, který se do České republiky dostal v 80. letech minulého století. Tento druh nemá vysoké nároky na kvalitu vody. Raka pruhovaného lze aktuálně najít v Labi, ve Vltavě, Sázavě i Lužnici a v jejich přítocích. Obývá i vodní nádrže i rybníky, kde mohl být nevědomě vysazen. Je velmi odolný vůči znečištění vod a vyhledává bahnitě dno toků, kde je velmi aktivní (Kozák a kol., 2014).

Předposlední rak, který se vyskytuje v České republice je rak signální. Mlád'ata raka signálního byla dovezena ze Švédska do bývalého Československa se v roce 1980 za účelem produkce tržních raků. Poté se rozšířili do několika lokalit, byl vysazen na řadu rybníků na Moravě. Také ho lze najít v potoce Kouba na Domažlicku (Štambergová et al., 2009).

Posledním rakem u nás je rak mramorovaný, který je akvariijním druhem. Uvádí se, že tento druh je jedním z potencionálně nejnebezpečnějších druhů nepůvodních raků. V přírodě doposud nebyl objeven původní areál rozšíření. Jak uvádí Kozák a kol., do přírody se dříve nejspíš dostal neúmyslným uniknutím, nebo naopak byl záměrně vypuštěn. Patoka et al. (2017) ve své práci uvádí, že rak mramorovaný byl pozorován v roce 2015 v potoce Rokytka a poblíž jeho ústí k Vltavě v Praze. Poté další rok na jaře byly odchyceny tři dospělé samice.

3 Stavba račího těla

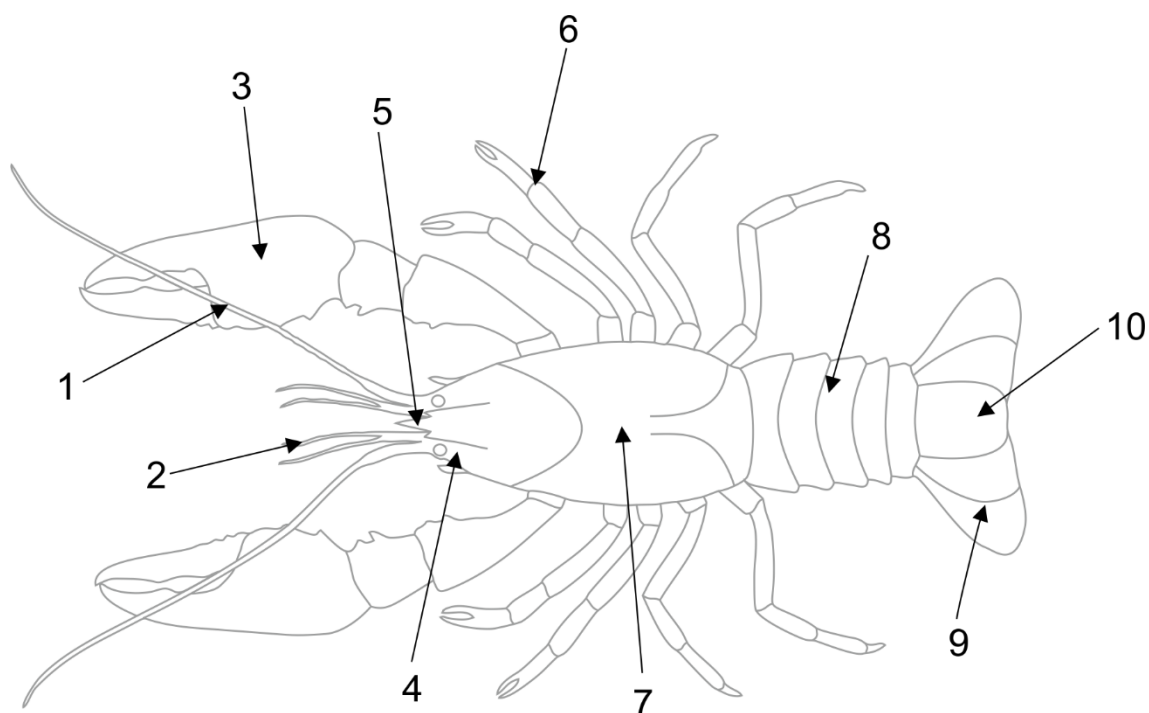
Račí tělo lze rozdělit na několik částí, a to na **hlavohrud'** (*cephalothorax*) a **zadeček** (*abdomen*). Raci mají měkké tělo kryto pevným krunýřem. Krunýř slouží k ochraně, k opoře a pro úpon svalů. Krunýř je chitinózní kutikula prostoupena uhličitanem a fosforečnanem vápenatým. Krunýř je průběhu života svlékán, svlékání je řízeno hormonálně: nejprve dochází k tvorbě nové kutikuly a stará kutikula postupně praská, a tak z ní rak může vylézt. Nově vzniklý krunýř bývá nějaký čas měkký a jedinec tak může růst, ale také je velmi zranitelný. Račí tělo má dobrou schopnost regenerace jako je dorůstání končetin (Štambergová a kol., 2009, Kozák et al., 2014).

Hlavohrud' je z horní strany krytá tvrdým štítem (*carapax*). Štít vybíhá ve špičatý výběžek – rostrum. Na stranách lze vidět složené oči na stopkách, za nimi je jeden nebo dva páry

postorbitálních lišt. Pod hlavohrudním štítem vzniká prostor pro žábry. Pomocí žaber raci přijímají kyslík rozpuštěný ve vodě. Zadeček je tvořen sedmi pohyblivě spojenými články. Spodní strana zadečku je skoro celá měkká, svrchní strana zadečku je pokryta tvrdými štítky. Poslední článek se jmenuje telson.

Z tělesných článků vyrůstají končetiny, které nejsou pouze na prvním a posledním článku; na prvním článku se nacházejí složené oči. Na hlavohrudí jsou krátká tykadla 1. páru (*antenuly*), a dlouhá tykadla 2. páru (*antény*), které mají hmatovou funkci, - dva páry čelistí (*maxily*) a kusadla (*mandibuly*). Hrudní část nese pět párů končetin (*pereopody*). Díky těmto vyvinutým končetinám také dostal řád název desetinožci (Decapoda). První pár jsou mohutná klepeta, následují čtyři páry kráčivých končetin.

Předposlední článek, tj. šestý zadečkový článek označujeme jako uropody. Uropody jsou ploché, lupínkovité. Na posledním článku, telsonu, se nachází řitní otvor. Dohromady tvoří vějířovitou ocasní ploutvičku, která jim umožní plavat vzad při úniku (Štambergová a kol., 2009).



Obr. 1 Stavba račího těla 1- anténa, 2- antenuly, 3- klepeta, 4- postorbitální lišta, 5- rostrum, 6- kráčivá končetina, 7- hlavohrud' (karapax), 8- tergity, 9- uropody, 10- telson

4 Ekologie raků

4.1 Potrava

Raci mají velmi důležitou roli ve vodním ekosystému. Jsou v roli jak konzumenta, tak také predátora malých živočichů, ale i složkou jídelníčku ostatních živočichů (Kozák et al., 2014).

Hlavní složkou potravy raků tvoří, jak rostliny, tak i živočichové například: drobné ryby, detrit, řasy, jikry atd. Proto také raky lze označit za omnivorní živočichy. V průběhu života raků se ale mění složení stravy. Za změnu potravy u raků můžou faktory jako je fáze svlékání, rozmnožování a také potravní nabídka na lokalitě, kde se nachází.

Mladí jedinci raků získávají svou potravu pomocí filtrování drobných částic, zejména bezobratlých živočichů a řas. Dospělí jedinci raků mají významnou složku potravy detrit a vodní řasy např. vodní mor kanadský či růžkatec, parožnatku). U dospělých je proto ústní dutina uzpůsobená k drcení. S věkem se jim mění složení přirozené potravy (Kozák et al., 2014). Jako každý jiný živočich potřebují přijímat potravu bohatou na energii, která je důležitá pro základní životní funkce. Příjem dostatečné energie ovlivňuje plodnost, reprodukci i pohlavní zralost raků (Kozák a kol., 2014).

4.2 Rozmnožování

Raci jsou gonochoristé a existuje u nich pohlavní dimorfismus. Na podzim dochází k páření. Zralí jedinci během tohoto období zvyšují svou aktivitu a snaží se vyhledat pro sebe vhodného partnera. Samec v období páření sleduje samici a přichází s ní do přímého kontaktu pomocí tykadel a klepet. Když jsou oba připraveni k páření, samec uchopí samici svými klepety a otočí ji na hřbet. Poté samec vytlačuje zralé spermatofoxy a přilepují je na ventrální stranu samice k blízkosti pohlavních cest. Na rozmnožování má vliv mnoho faktorů, jako je teplota vody, hormonální řízení a především fotoperioda (Kozák et al., 2014).

Počet vajíček je různý u každého druhu. Inkubace vajíček probíhá na pleopodech dané samice přes zimu až do jara. Samice nosí a chrání před predátory vajíčka na pleopodech. Samička se stará o vajíčka čistí je o odstraňuje odumřelá vajíčka. Vývoj u raků je přímý, nedochází zde k larválnímu stádiu (Štambergová a kol., 2009). Od května do července dochází k líhnutí vajíček. Po vylíhnutí nový jedinec se snaží zachytit svými pereopody na

pleopody samice. Nově vylíhnutí malí ráčci se do konce roku několikrát svléknou a koncem roku dosahují délky cca 1,8 cm. Následně dále rostou a svlékají se v průběhu života již v kratších intervalech. Rychlost růstu a počet svlékání závisí na mnoha faktorech, jako jsou např. fotoperioda, teplota, potrava, chemické složení vody a predace. Tělo raků je chráněno chitinozním krunýřem. Jestliže je krunýř nedostatečně velký pro jedince dochází k procesu svlékání (ekdyze). Během tohoto procesu je hlavním řídicím systémem endokrinní soustava. Jako **ecdysis** se označuje vlastní výměna krunýře. Začne to prasknutím krunýře na hřbetní straně. Raci se rychlými a prudkými pohyby vyprostí ze svého starého krunýře. Doba svlékání netrvá dlouho většinou pár minut výjimečně hodiny. Tělo raků je měkké velmi zranitelné, proto raději zalézají do úkrytů. **Postecdysis** (období po svlékání) je velmi důležité a náročné z pohledu potřeby minerálních látek – vápníku. Raci někdy řeší potřebu minerálu tím, že požírají svůj starý krunýř. **Interecdysis** (období mezi svlékáními) stádium, kdy už raci mají vyvinutý kalcifikovaný krunýř (Reynolds, 2020).

5 Příčiny ohrožení

V dnešní době se setkáváme s úbytkem přirozených biotopů v důsledku lidské činnosti.

Největším ohrožením raka kamenáče jsou přenašeči račího moru. Přenašeči můžou být raci signální a raci pruhovaní (Štambergová et al., 2009, Svobodová et al., 2012).

Račí mor je velmi závažné onemocnění, které postihuje naše původní raky. Račí mor byl v Evropě poprvé zaznamenán okolo roku 1859. A následující desetiletí vyhubil naše původní raky. *Aphanomyces astaci* parazit tvoří mycelium uvnitř kutikuly raků a také se uvnitř rozmnožují pomocí – zoospor. Nemoc se projevuje neobvyklou denní aktivitou a neklidem zasažených jedinců, která vede ke křečím a upadávání končetin až v neposlední fázi hynutí. Parazit nenapadá jiné korýše ani ryby (Štambergová a kol., 2009, Kozák a kol., 2014). Nemoc zejména přenášení nepůvodní severoameričtí raci, kteří jsou vůči této nemoci imunní.

Patogen, který způsobuje račí mor, je řasovka *Aphanomyces astaci* (Schikora, 1906), česky název hnileček račí. Lze zařadit do systému: říše Chromalveolata, taxon řasovky Perenosporomycota, oddělení Oomycota, třídy Oomycetes, řádu Saprolegniales a čeledi Saprolegniaceae (hnilobytkovitě).

Množství raků v našich vodách se zdálo až nevyčerpatelné okolo poloviny 19. století, kdy bohužel s nárůstem průmyslu a s množstvím odpadů vypuštěných do vod, nastal úbytek této populace (Spitzky, 1973).

5.1 Legislativa a ochrana raků

Z našich raků, kteří se vyskytují na našem území jsou dva druhy uvedeni na Červeném seznamu ohrožených druhů České republiky. Rak kamenáč je kriticky ohrožený druh – critically endangered (CR) a rak říční je zranitelný druh (VU). Mezinárodní organizace Světový svaz ochrany přírody, IUCN (Union for Conservation of Nature Resources) vydává seznam nejohroženějších organismů. Raka kamenáče také lze najít v různých mezinárodních dohodách, mezi ně patří i tzv. Bernská úmluva (Bern, 1979) Úmluva o ochraně evropských planě rostoucích rostlin, volně žijících živočichů a přírodních stanovišť (Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats) v této mezinárodní úmluvě je rak kamenáč v příloze III. Kategorii jako chráněný druh živočichů (Füreder et al., 2010).

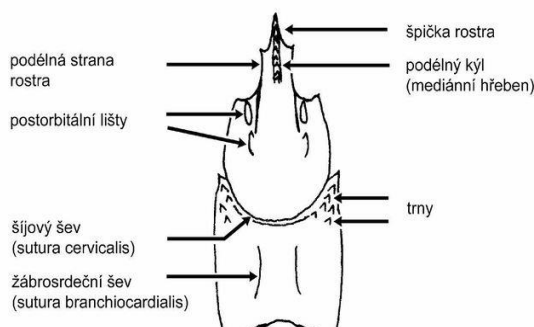
6 Rak kamenáč

Raka kamenáče lze najít nejméně na 20 zemích střední a jihovýchodní Evropy. Lze je najít v Německu poblíž Drážďan, České republice, Itálii, Rakousku, Bulharsku, Slovensku, Francii, Lucembursko, Maďarsku, Rumunsku, Švýcarsku, Chorvatsku, Makedonii, Bosně a Hercegovině, Slovinsku, Řecku, Srbsku, Černý Hoře, Albánii a také v Turecku v evropské části (Kouba et al., 2014).

Výskyt raka kamenáče je v České republice potvrzen celkem na 45 tocích. Všechno toky jsou pravidelně sledovány v rámci monitoringu. Nejhojněji se rak kamenáč vyskytuje ve středních a západních Čechách. Podle výzkumu z let 2007–2009 byl zjištěn výskyt raků kamenáčů v povodí řek: Úslava (Chocenický, Podhrázský, Mítovský, Přešínský, Kornatický, Milínovský, Hrádecký a Božkovský potok), Radbuza (Zubřina), Úhlava (Příchovický a Kbelský potok), Klabava (Skořický, Příkosický, Tisý, Hůrecký, Holoubkovský, Chýlava a potok Rakovský) a Berounka (Bertínský potok) Mezi další izolované lokality patří území CHKO České středohoří, Podkrkonoší a Domažlicko (Vlach a kol., 2009)

Raci kamenáči se nacházejí v meandrujících potocích se studenější vodou. Ten to druh považujeme za indikátor čistých potoků, ale také se s ním lze setkat i ve vodách znečištěných komunálními odpady. Na dně toků převažují kameny a štěrk, které často raci využívají jako úkryty (Fischer et al., 2004 a). Ve svém vhodném a přirozeném prostředí je rak kamenáč ohrožován různými predátory. Raci mohou být kořistí pstruha potočního, siveny americké, vydry říční, norka amerického a lišky obecné (Fischera et al., 2009).

Rak kamenáč dosahuje do 12 cm své maximální velikosti jde tak o nejmenší původní druh a také nejpomaleji rostoucí druh (Kozák a kol., 2014).



Obr. 3 Schéma hlavohrudního krunýře (převzato od Pöckel et al, upravil Mourek)



Obr. 2 Schéma hlavohrudí a postorbitalních lišt (převzato od Pöckel et al, upravil Mourek)

Tělo raka může být zbarveno béžově, olivově nebo různými odstíny hnědé. Tělo raka je bez výčnělků a bez trnů. Rostrum má tvar připomínající rovnostranný trojúhelník a je krátké. Rak kamenáč má pouze jeden pár postorbitálních lišt.

Rak kamenáč má relativně mohutná klepeta. Samice mají klepeta větší než samci. Horní strana klepet je hrbolovitá, spodní strana klepet má světlejší barvu (světle žlutá) (Kozák a kol., 2014).

Tento druh dožívá přes 10 let. Počet vajíček ve snůšce je závislá na velikosti samice, počet může být od 40 až po 100 ks. Pohlavní dospělosti jedinci dospějí ve 2. až 4. roce života. Na podzim dochází u raků k páření (většinou od října po listopad). Samec přilepí samici bílé trubičkovité spermatofory k párových pohlavním otvorům, které jsou na 3. páru hrudních noh. Samice, když je po oplodnění umístí svoje vajíčka na spodní část zadečku. Vajíčka jsou v průměru cca 2-3 mm a tmavé barvy. Vajíčka, které má samice na zadečku opatruje až do jara následujícího roku. Malá ráčata se líhnou od května do poloviny července, v závislosti na teplotě vody, nadmořské výšce. Vylíhnutá ráčata se ještě několik týdnů přidržují brv na břišních nožkách samice. A svůj krunýř svlékají několikrát do roka (Souty-Grosset et al., 2006).



Obr. 5 Rak kamenáč



Obr. 4 Abdominální strana raka kamenáče

7 Metody značení raků

Pro tento výzkum bylo použito značení raků pomocí elastomer (Visible Implant Elastomer tags – VIE). Tento způsob značení raků je velmi rychlý, aplikace jednoduchá, je šetrný k rakovi a dobře viditelný (Kozák et al. 2014). Mezi nevýhody tohoto typu značení lze uvést snad jen nízkou kódovací kapacitu, ale pro vzorek tohoto výzkumu odchycených raků byla kapacita dostatečná.

Značení raků slouží jak pro hodnocení růstu, chování nebo právě pro hodnocení migrace. Značení lze rozdělit na krátkodobé (pouze do dalšího svlékání jedince) a dlouhodobé (trvalé). Další rozdělení na **externí** (neinvazivní, invazivní) a **interní**. Mezi externí – neinvazivní patří například 1. popisování = jedná se o nejjednodušší napsání nebo nakreslení značky nebo čísla na exoskelet raka. Pro aplikaci lze použít voděodolné fixy, nebo také dámské laky na nehty. 2. radiotelemetrie = tato metoda je velmi používanou metodou při sledování migrace. Je to metoda s využitím malé vysílačky. Vysílačku přiděláme pomocí lepidla na hřbetní stranu raka. Externí – invazivní značení raků slouží k dlouhodobějšímu sledování. Mezi invazivní značení zařadíme 1. vypalování značek = tato metoda se používá poměrně často. Značka se vypálí přímo na hlavohrud' jedince, která tam vydrží po dobu dvou až tří svlékání. Tato metoda vyžaduje určitou zkušenost. Interní značení patří také ke dlouhodobému sledování jedinců (tzn. bezkontaktnímu sledování). Pasivní integrované čipy (PIT) patří k internímu značení. Jde o malé čipy o velikosti 12 x 2,1 mm, čip se aplikuje pod hlavohrud' nebo na abdomen.

8 Migrace raků

Studie, které se zabývají migrací raků byly prováděny jak v Evropě, tak i v Americe (Kerby et al., 2005, Moorhouse & MacDonald, 2011).

Velmi důležitá je znalost individuální pohybových vzorců daných druhů, je to klíčové pro pochopení dané populace v šíření do jiných oblastí (Lockwood et al., 2005). Dnešní studie udávají, že podrobná znalost pohybové aktivity (migrace) a pohybových vzorců živočichů je velmi užitečná. Díky tomu nám může posloužit k předpovědi možného šíření invazivních druhů. Příkladem mohou být invazivní druhy jako jsou severoameričtí raci v Evropě, ti směřjí migrovat do útočišť původních druhů raků, kde je mohou přímo ohrožovat. Získané znalosti o migraci a aktivitě invazivních druhů nám můžou posloužit k prevenci k ochraně našich původních druhů raků (Bubb et al., 2006a). Je celá řada studií, které se zabývají migrační aktivitou u invazivních druhů. Na migraci raka pruhovaného *Orconectes limosus* se ve výzkumech zaměřila řada autorů (Kozák et al., 2004, Buřič et al., 2009a, Buřič et al., 2009b, Hirsch et al., 2016). Jako další invazivní druhy, u kterého zkoumali migraci a aktivitu je rak signální (Bubb et al., 2004, 2005, 2006a, Hudina et al., 2011, Moorhouse & MacDonald, 2011, Wutz & Geist, 2013). Pohyb raky červeného *Procambarus clarkii* (Girard, 1852), zkoumali autoři (Gherardi et al., 2000, Gherardi et al., 2002, Kerby et al., 2005).

Aktivita a migrace u původních druhů není příliš prozkoumána. Na migraci raka říčního se zaměřilo několik autorů (Bohl 1999, Schütze et al. 1999, Sint & Füreder 2004, Pöckl & Streissl 2005, Hudina et al. 2008, Kadlecová et al., 2012, Římalová & Bílý, 2013). Migrační schopnost raka kamenáče bylo doposud sledována jen málo (Pöckl & Streissl, 2005, Kadlecová et al., 2012, Římalová & Bílý, 2013). Rak kamenáč, jak vyplývá z výzkumů zůstává na lokalitě v blízkosti svých úkrytů. Během dne se posune pouze o několik metrů (Pöckl & Streissl, 2005, Kadlecová et al., 2012). Doposud nejdelší zaznamenaná migrace raka kamenáče měřila 133 m (Kadlecová et al., 2012, Římalová & Bílý, 2013).

Migrace raků je ovlivněna několika faktory. Mezi nejdůležitější faktory se řadí potravní nabídka, svlékání a reakce na abiotické změny, predace, reprodukce a hledání vhodných úkrytů (Webb & Richardson, 2004). K velmi častým pozorovaným jevům v souvislosti s pohybovou aktivitou raků řadíme směr migrace, po proudu nebo proti proudu (Kadlecová et al., 2012, Římalová & Bílý, 2013), rychlost šíření populace daného druhu

(Bubb et. al, 2004, Bubb et al., 2006a), závislost pohlaví a velikosti (Wutz & Geist 2013) na migraci. Několik autorů se zabývá sledováním rozdílů v sezonní aktivitě a také rozdílů aktivity během dne a noci (Gherardi et al., 2000, Bubb et al., 2004, Buřič et al., 2009a). Některé studie poukazují na velmi zajímavou behaviorální teorii. Jde o motorické vzorce raků následkem hledání potravy ve vodách. Tato teorie se označuje jako „ephemeral home range“. Jestliže raci najdou vhodný úkryt s dostatečným množstvím potravy setrvávají ve svém úkrytu na daném místě několik dnů. Během doby, kdy setrvávají na stejném území nabírají energii a také dochází ke snížení aktivity. Po uplynutí doby, kterou potřebují na načerpání energii se vydávají zase na cestu. Pohybují se do nových míst, kde jsou bohaté potravní zdroje. Raci dokáží překonat i velké vzdálenosti (Gherardi et al., 1998; Robinson et al., 2000; Hirsch et. al., 2016).

9 Cíle práce

Hlavní cíl práce:

- Vyhodnocení krátkodobé migrace raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) na dvou předem vybraných lokalitách.

Dílčí cíle práce:

- Vyhodnocení frekvence migrací v závislosti na směru.
- Vyhodnocení frekvence migrací v závislosti na pohlaví.
- Vyhodnocení délek migrací.
- Porovnání délkové struktury vzorků raků na jednotlivých tocích.

10 Metodika

Tento výzkum byl realizován v září roku 2019. Terénní práce probíhaly ve dvou dnech, a to 14. – 15. září v Plzeňském kraji nedaleko Domažlic. Data do výzkumu byla získána ze dvou předem vybraných lokalit. První lokalita byl levostranný přítok Novosedlského potoka, který se nachází nedaleko obce Nemanice. Druhou zvolenou lokalitou byl potok Zubřina, v blízkosti obce Havlovice.

10.1 Design experimentu

Jako výzkumné území byl zvolen vhodný padesátimetrový úsek daného toku na třech částech o délce 10 metrů s 10metrovými rozestupy. Vybrané území bylo vyměřeno měřicím pásmem. Na daném úseku o 10 metrech byly zvolenou metodou ručního odlovu prohledány všechny možné úkryty. K nejčastějším úkrytům patřily kameny o různé velikosti. U každého chyceného raka byla zapsána poloha nálezů. Do záznamu byl zapsán příčný profil (vzdálenost od břehu, udána v centimetrech), podélný profil (vzdálenost na vyznačeném padesátimetrovém úseku, udávána v metrech) a také velikost úkrytu, kde byl daný jedinec nalezen. Úkryty jedinců byly tvořeny převážně kameny. Úkryty – kameny byly rozděleny do kategorií podle velikosti. A to následovně: 0-5 cm, 5,1-8 cm, 8,1-15 cm, 15,1-30 cm, >30 cm. Po zapsání všech sledovaných údajů byl každý jedinec uložen ke břehu v plastovém kelímku s vodou.

Další krok terénního výzkumu bylo značení a určení raků uložených na břehu. U každého jedince byla změřena délka těla s přesností na desetiny milimetru a bylo určeno pohlaví. Malé raky by bylo velmi obtížné označit pomocí elastomer. Po zanesení všech potřebných informací do záznamového archu následovalo vlastní značení nalezených jedinců. Na značení byly použity elastomery (VIE – viz dále). Naznačený jedinec byl vrácen na přesné místo předešlého odchyty. Raci nejmenšího vzrůstu těla od 0-15 mm, tzv. juvenilní ráčata, nebyli do tohoto krátkodobého výzkumu migrace zařazeni.

10.2 Značení raků

Značení bylo provedeno pomocí elastomer (Visible Implant Elastomers tags – VIE). Elastomery jsou viditelné barevné značky, které jsou rakům implantovány pod kutikulu na abdomenum. Pomocí elastomer lze vytvořit právě na těle raka univerzální binární kód, který nám umožní přesnou identifikaci raka (Buřič et al., 2008). Elastomery se skládají z vícero složek, které jsou nutné řádně propracovat. Po řádném smíchání obsahu vznikne tekutina, která je aplikována pomocí injekční stříkačky – inzulínové, do těla zkoumaného jedince. V těle značeného jedince se tekutina změní na pevnou látku. Elastomery mohou být jak fluorescenčních, tak i ne fluorescenčních barev. Mezi výhody značení pomocí elastomer lze uvést stálost barev, dobrou viditelnost za denního světla, dopad na přežití a růst značených jedinců a dále taky rychlá aplikace. (Buřič et al., 2008, Kozák et al., 2014).



Obr. 6 Jedinec (ráče) raka kamenáče v průběhu aplikace elastomer

10.3 Zpětný odchyt

Následující den po 24 hodinách byl proveden zpětný odchyt označených raků. Ve stejném vyznačeném padesátimetrovém úseku jako předchozí den. Jako metoda byla opět použita metoda ručního odlovu a prohlédnuty byly všechny úkryty. Cílem zpětného odchytu bylo odchycení co největšího počtu označených jedinců. Nalezení jedinci, kteří byli označení byli umístěni opět do plastových kelímků a došlo k zanesení informací do archu o poloze jedince. Údaje o odchytu jedinců z obou dnů byly poté zpracovány a porovnány, a tak jsme mohli zjistit a porovnat nejkratší a nejdelší migraci raka kamenáče na daném území.



Obr. 7 Experimentální design na levostranném přítoku Novosedlského potoka

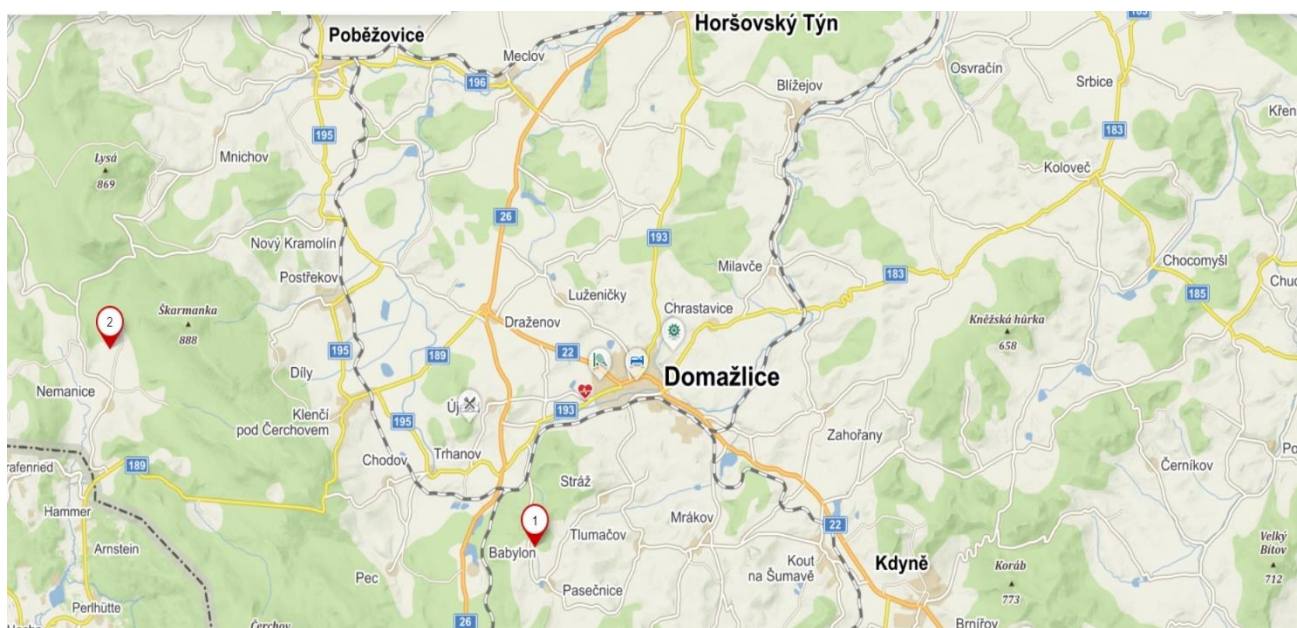
10.4 Charakteristika toků

10.4.1 Zubřina

Potok Zubřina pramení jihovýchodně asi 1 kilometr od Pasečnice v nadmořské výšce 552 m n.m., ústí do Radbuzy u Staňkova. Délka toku je 33,2 km a plocha povodí je 213,7 km². Zubřina je vodohospodářsky významný tok (Vlček a kol., 1984). Souřadnice jsou 49°24'15.059" severní šířky a 12°53'15.628" východní délky.

10.4.2 Levostranný přítok Novosedlského potoka

Levostranný přítok Novosedlského potoka v nadmořské výšce 525 m n. m. a pramení v 610 m n. m. Délka toku je 2,6 km a plocha povodí činí 4,5 km², (Vlach a kol., 2009) a souřadnice místa odchyty raků jsou 49°26'56.104" severní šířky a 12°43'12.567" východní délky.



Obr. 8 Mapa s vyznačenými místy odchyty raků. Číslo 1 značí potok Zubřina a číslo 2 značí levostranný přítok Novosedlského potoka

10.5 Statistické vyhodnocení dat

Byla vytvořena tabulka pro každou lokalitu se základními popisnými charakteristikami. Do tabulky byla zaznamenána délka těla, maximální a minimální velikosti jedince a směrodatná odchylka. Byla vyhodnocena délková struktura populace raků. Rozdíly v délkové struktuře mezi lokalitami byly vyhodnoceny pomocí jednocestné analýzy rozptylu (ANOVA).

Dále byla vyhodnocena délka migrace na lokalitách (potok Zubřina a levostranným přítokem Novosedlského potoka) pomocí Kruskal – Wallisova testu. Stejným způsobem byl zjišťován rozdíl v délce migrací v závislosti na pohlaví (samice a samci).

Třetím zkoumaným faktorem byl směr migrace. Raci byli následně rozděleni do skupin. První skupina byli raci migrující po proudu, další byli migrující proti proudu a poslední byli ti, kteří nemigrovali. Pro zjištění rozdílů ve frekvenci migracích byl použit χ^2 (Yatesova transformace). Dále byl zjišťován rozdíl ve frekvenci migrací v závislosti na pohlaví. Chí-kvadrát test (χ^2) byl proveden pomocí online verze dostupné na internetových stránkách www.quantpsy.org.

Dalším zkoumaným faktorem byla struktura kamenů na tocích. Kameny byly rozděleny do více kategorií a to následovně: 0-5 cm, 5,1-8 cm, 8,1-15 cm, 15,1-30 cm a 30 cm. Pomocí Yatesovy transformace χ^2 testu jsem vyhodnotila poměrové zastoupení struktury úkrytu na tocích.

Vztah mezi velikostí kamene a velikostí raka byl realizován prostřednictvím jednocestné analýzy rozptylu (ANOVA). Pro grafické znázornění byly vytvořeny box ploty pro dané lokality.

V tabulkovém programu Microsoft Excel Office 2016 byly sestaveny migrační mapy za pomoci bublinkového grafu. Migrační mapy znázorňují individuální migraci zpětně odchycených značených jedinců na jednotlivých tocích.

Statistické testy byly realizovány na 5 % hladině významnosti.

11 Výsledky

V rámci této kapitoly bude popsána efektivita zpětného odchyty jedinců, délková struktura na obou lokalitách, délku migrací, frekvenci migrací a další. Výsledky budou zanalyzovány pomocí dostupných programů a vytvořeny migrační mapy a box ploty.

11.1 Efektivita zpětných odchytů

První den na obou lokalitách bylo odchyceno 50 jedinců. Na levostranném přítoku Novosedlského potoka bylo odchyceno 37 jedinců, na Zubřině 13 jedinců.

Celkový počet zpětně odchycených raků byl 14 jedinců. Úspěšnost zpětného odchyty na prvním toku, a to na levostranném přítoku Novosedlského potoka činí 29,9 %. Úspěšnost zpětného odchyty na Zubřině činila 23 %.

11.2 Délková struktura na jednotlivých tocích

Zubřina

Vzorek raků z potoka Zubřina zahrnoval 13 jedinců. Průměrná délka těl raků byla 47,5 mm (SD= 8,71).

Tab. 1 Základní popisné charakteristiky délkové struktury raka kamenáče na Zubřině

Den odchyty	14.09.2019	15.09.2019	celkem
průměr (mm)	47,5	49	48,25
SD (mm)	8,707	4,707	6,707
max (mm)	57,2	53,2	55,2
min (mm)	35,9	41,8	38,85

Z další tabulky č. 2 lze vyčíst početní zastoupení velikostních kategorií. Všichni zkoumaní jedinci na tomto potoce spadají do rozmezí délky těla 30,1-60 mm. Jedná je o 13 jedinců první den a tři jedince druhý den. Bohužel jiné kategorie nejsou zastoupeny, lze se pouze jen domnívat z jakého důvodu tomu tak je.

Tab. 2 Zastoupení délkových kategorií (první i druhý den)

Délka těla (mm)	14.09.2019	15.09.2019
0-18	0	0
18,1-30	0	0
30,1-60	13	3
60,1-90	0	0
>90	0	0

Levostranný přítok Novosedlského potoka

Na levostranném přítoku Novosedlského potoka bylo zkoumáno 37 jedinců. Průměrná délka těl raků odchyty byla 35,87 (SD= 18,01) mm.

Tab. 3 Základní popisné charakteristiky délkové struktury na přítoku Novosedlského potoka

Den odchyty	14.09.2019	15.09.2019	Celkem
průměr (mm)	35,87	38,36	37,115
SD (mm)	18,019	14,355	16,187
max (mm)	66	61,5	63,75
min (mm)	23	27	25

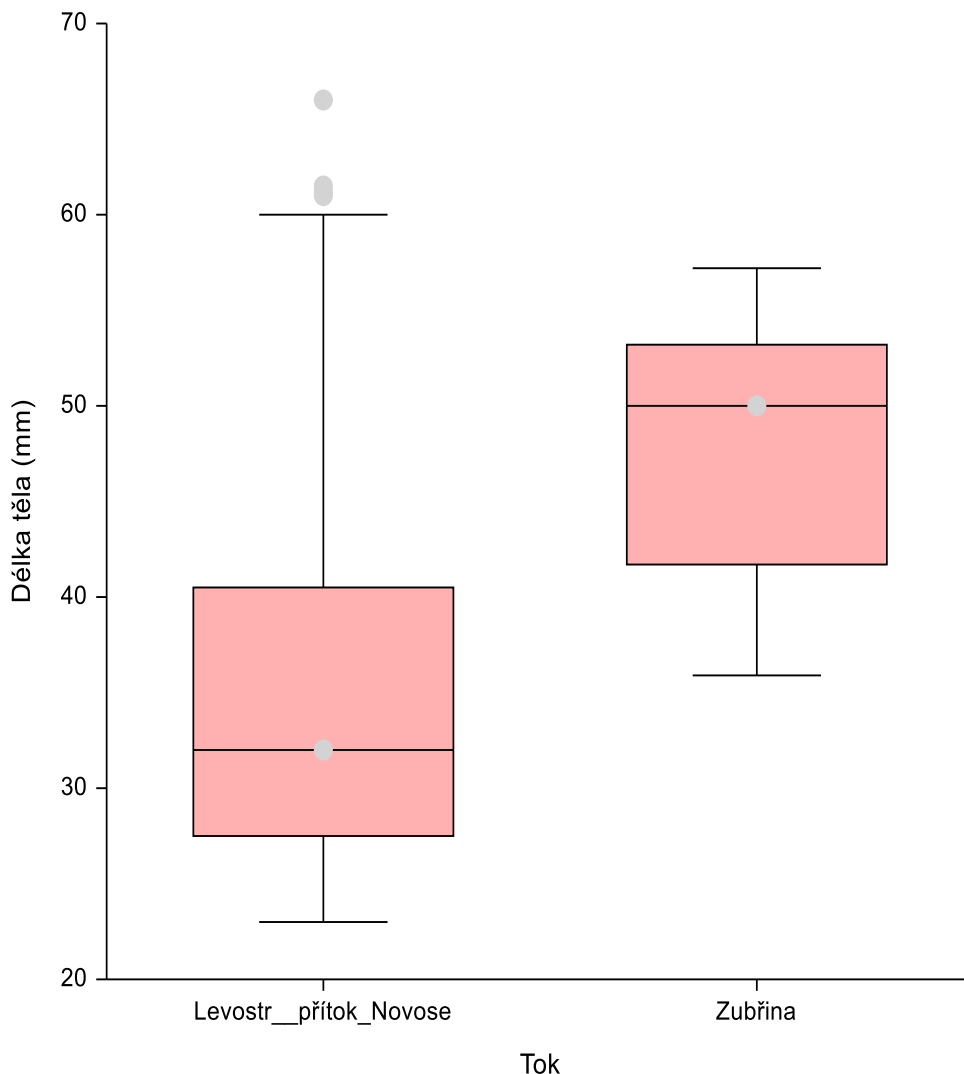
Následující tabulka ukazuje zastoupení jednotlivých velikostních kategorií na levostranném přítoku Novosedlského potoka. Největší zastoupení má kategorie od 30,1-60 mm, která činí 19 jedinců první den a 6 jedinců druhý den. Další poměrně početnou skupinou, která činí 14 jedinců první den a 4 jedince druhý den, jsou raci v rozmezí od 18,1-30 mm. Poslední zastoupená kategorie, která zahrnuje 4 jedince první den a 1 jedince druhý den jsou raci od 60,1-90 mm.

Tab. 4 Zastoupení délkových kategorií (první i druhý den)

Délka těla (mm)	14.09.2019	15.09.2019
0-18	0	0
18,1-30	14	4
30,1-60	19	6
60,1-90	4	1
>90	0	0

11.2.1 Délková struktura

Vzájemné porovnání ukazuje, že raci na levostranném přítoku Novosedlského potoka byli signifikantně menší než raci v Zubřině (ANOVA, $H= 10,64$, $P= 0,001$). Detaily viz obrázek č. 9



Obr. 9 Boxploty znázorňující celkovou délku těla odlovených jedinců na tocích první den odlovu. – medián, 1. a 3. kvartil (interkvartilové rozpětí – IQR), nejbližší nižší hodnota, než je $1,5 \times IQR$ a nejbližší vyšší hodnota, než je $-1,5 \times IQR$: osa y...délka těla raků (TL), osa x...lokality

11.3 Frekvence migrací

Nejprve byla sledovaná četnost migrací v závislosti na pohlaví jedinců. Frekvence migrací samic a samců byla téměř shodná (Yates' $\chi^2 = 0,08$; $P = 0,78$). Také byl sledován rozdíl v četnosti směru migrace (pro proud, proti proud a nemigrující).

Tab. 5 Celkový počet odchycených jedinců a frekvence migrace na jednotlivých tocích v závislosti na pohlaví

	Celkový počet raků	Samci	Samice
Zubřina	3	1	2
Levostranný přítok Novosedlského potoka	11	7	4

Z další tabulky č. 6 lze vyčíst počty jedinců a jejich směr migrace, která byla sledována po dobu 24 hodin. Z tabulky, lze vyčíst počet jedinců, kteří migrovali po proud toku. Po proud migrovalo 5 jedinců. Proti proud migrovalo 7 jedinců na obou lokalitách. Celkem dva jedinci nemigrovali vůbec. Tito dva jedinci nezměnili místo nálezu za 24 hodin nebo se posunuli jen pouze v příčném profilu toku. Pohyb migrace v příčném profilu je brán tak, že v zaměřeném 30metrovém úseku toku nezměnili svou polohu ve směru proti proud nebo po proud a byli nalezeni úplně na stejném metru jako první den výzkumu. Rozdíly ve frekvenci migrace podle směru nebyly statisticky významné (Yates' $\chi^2 = 0,233$; $P = 0,89$).

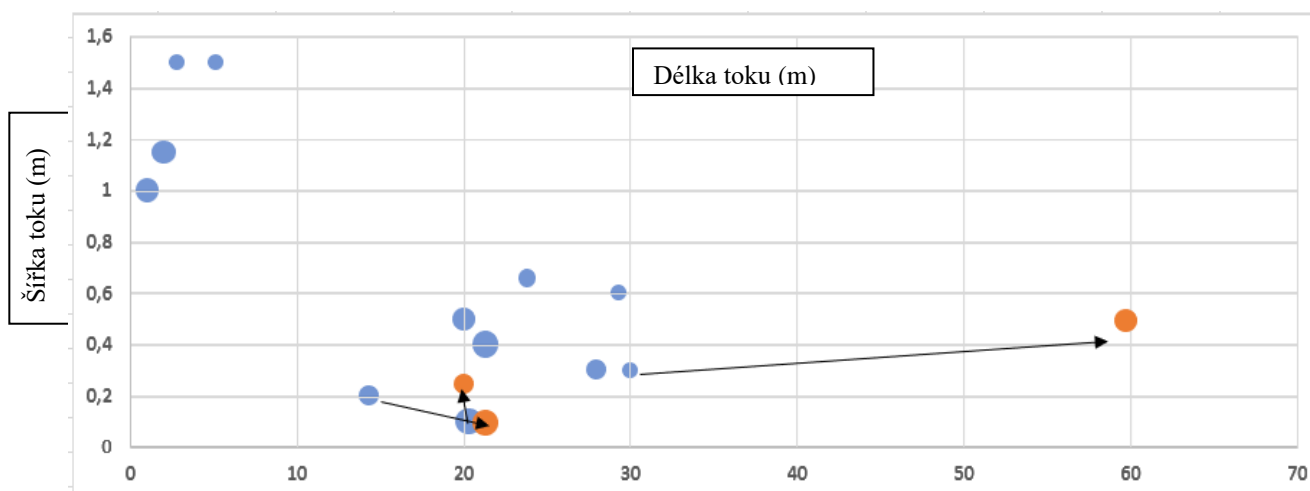
Tab. 6 Frekvence migrací v závislosti na směru na jednotlivých tocích.

	Po proud	Proti proud	Nemigrující
Zubřina	1	2	0
Levostranný přítok Novosedlského potoka	4	5	2

11.4 Migrační mapy

Zubřina

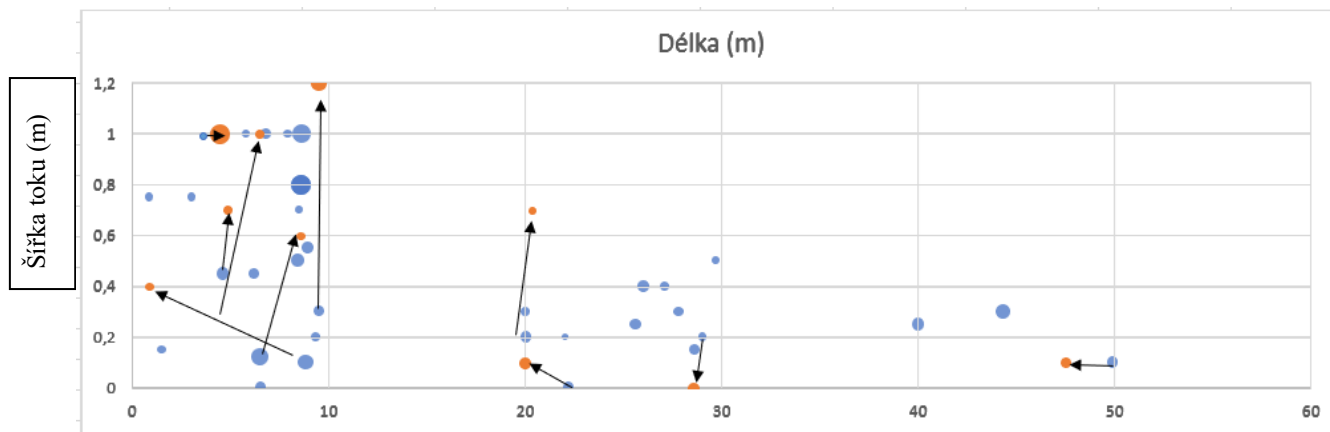
Z celkového počtu 13 odlovených jedinců první den byli na Zubřině druhý den odloveni celkem tři jedinci (2 samice a jeden samec). Nejdelší zaznamenaná migrace u samice činila 29,7 metru proti proudu a nejdelší migrace samce měřila 7 metrů proti proudu. Úsek potoka byl vhodně zvolen, takže na daném úseku nebyla žádná bariéra, která by rakům bránila v migraci. Průměrná délka (hodnota) migrace u všech raků byla 12,667 metrů. Směr migrace byl 2:1, dva raci – samec a samice migrovali proti proudu, a jedna samice migrovala po proudu o 1,3 metru.



Obr. 10 migrační mapa znázorňuje krátkodobou migraci raka kamenáče na potoce Zubřina. Modrá barva značí místo nálezu při prvním odchytu a značení raků, červená barva značí místo nálezu druhý den, šipky znázorňují směr migrace raků. Velikost kamene představuje velikost kruhu, pod kterým byl rak odloven.

Levostranný přítok Novosedlského potoka

Na levostranném přítoku Novosedlského potoka bylo druhý den odchyceno 11 jedinců (4 samice a 7 samců). Nejdelší zaznamenaná migrace u samice činila 1,47 metru proti proudu a nejdelší migrace u samce měřila 8 metru po proudu. Průměrná délka (hodnota) migrace u všech raků na levostranném přítoku Novosedlského potoka byla 1,70 metru. Také na tomto úseku potoka, jsme zvolili takový, kde se nenacházela žádná bariéra, která by bránila rakům v migraci. Směr migrace byl převážně proti proudu, právě proti proudu migrovalo 5 jedinců, po proudu migrovali 4 jedinci a 2 jedinci nemigrovali vůbec (nebo jen šířková migrace).



Obr. 11 migrační mapa znázorňuje krátkodobou migraci raka kamenáče na levostranném potoce Novosedlském. Modrá barva značí místo nálezu při prvním odchyty a značení raků, červená barva značí místo nálezu druhý den. Šipky znázorňují směr migrace raků. Velikost kamene představuje velikost kruhu, pod kterým byl rak odloven.

11.5 Délky migrací

Mezi nejdelší sledovanou délkou migrace u jednotlivce konkrétně u samice byla délka 29,7 metru proti proudu. Oproti tomu nejkratší uražená vzdálenosti jedinců byla 0 metru.

Dále ve výzkumu byly vyhodnoceny délky migrací jedinců v závislosti na směru migrace (proti proudu, po proudu).

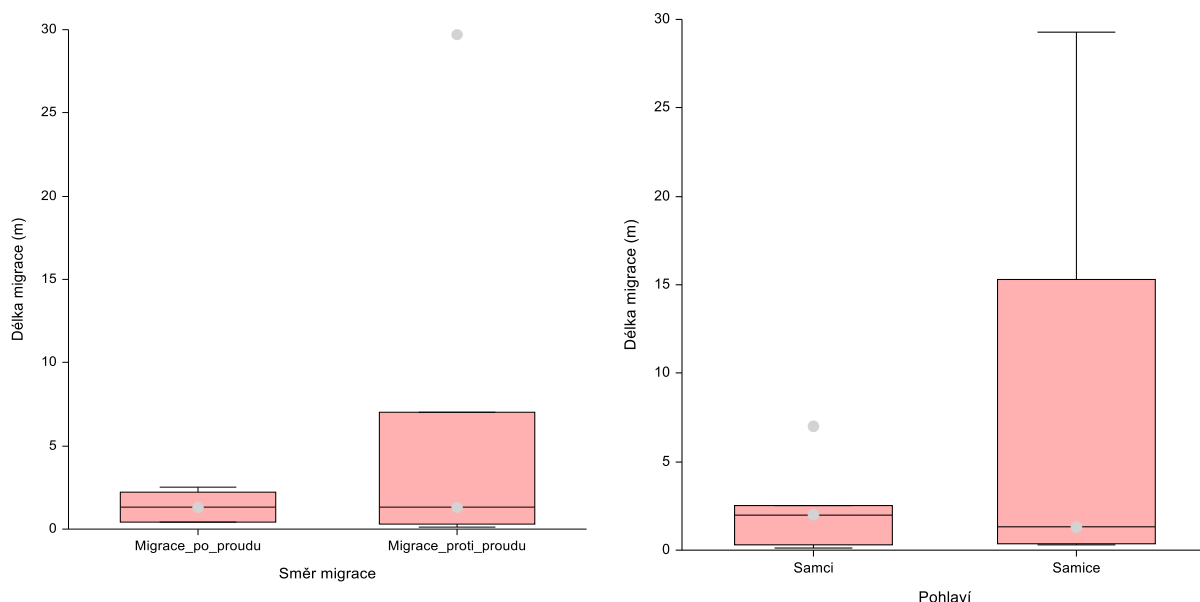
Zubřina

Zaznamenaná nejdelší migrace proti proudu měřila 29,7 metru. A nejdelší migrace po proudu byla 1,3 metru na potoce Zubřina

Levostranný přítok Novosedlského potoka

Nejdelší zaznamenaná migrace proti proudu na levostranném přítoku Novosedlského potoka byla 2,15 metru a nejdelší zaznamenaná vzdálenost po proudu byla 8 metru. Průměrná délka migrace proti proudu činila 5,9 metru a po proudu 2,87 metru.

Délka migrace ve směrech (po proudu, proti proudu) se statisticky významně nelišila. Statisticky nevýznamné výsledky mohou být z důvodu malého počtu testovaných jedinců (Kruskal-Wallis ANOVA, $H=0,0263$, $P=0,87$).



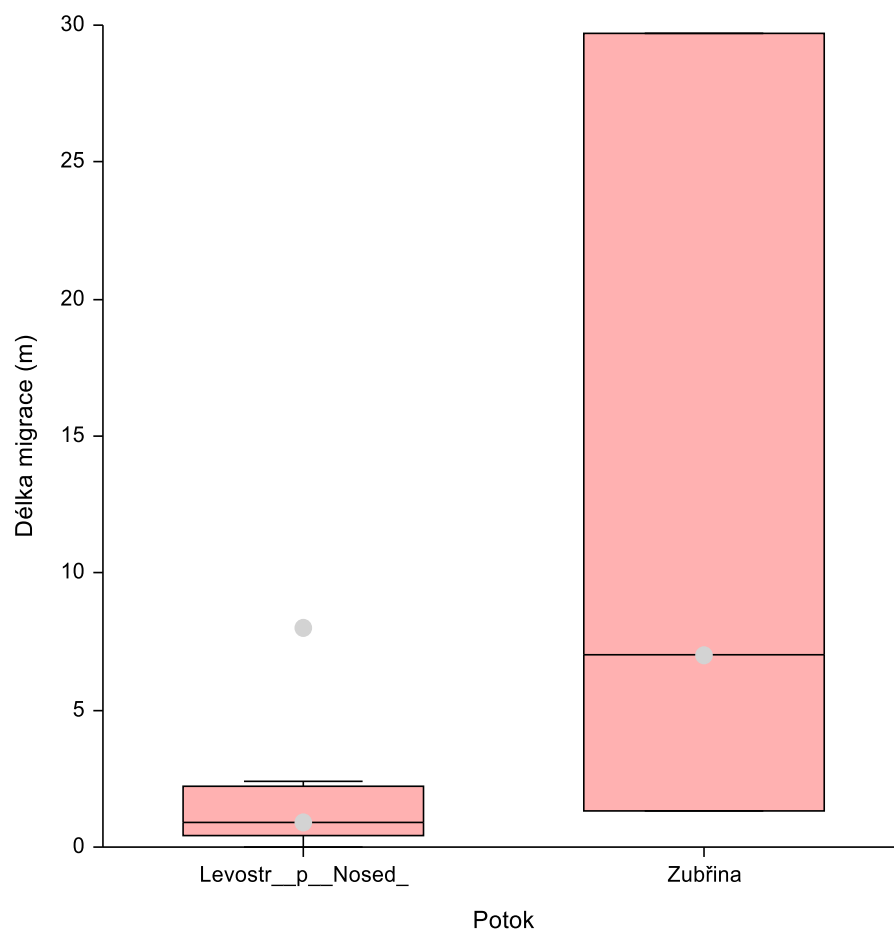
Obr. 12 Box ploty znázorňující délku migrací ze všech toků (migrace po proudu, proti proudu) a také délkové migrace v závislosti na pohlaví

Dále sledovaným faktorem byla překonaná vzdálenost v závislosti na pohlaví jedinců. Nejdelší zaznamenaná migrace u samice byla 29,7 metru a u samce 8 metrů. Spočítaná

průměrná délka migrace samců činila 2,824 metru a u samic migrace činila 5,7 metru. Rozdíl v délce migrace samic a samců nebyl statisticky významný (Kruskal-Wallis ANOVA, $H=0,006$, $P=0,95$).

Následně byly srovnávány délky migrací mezi jednotlivými lokalitami. Průměrná délka migrace na potoce Zubřina byla 12,6 m a na levostranném přítoku Novosedlského potoka je 1,9 m. Mediánu na jednotlivých tocích je následující: Zubřina 7 m; levostranný přítok Novosedlského potoka je 0,9 m.

Přestože délky migrací na potoce Zubřině se zdají být větší, nebyly zjištěny statisticky



Obr. 13 Box ploty znázorňující délku migrací na jednotlivých tocích. První box plot značí levostranný přítok Novosedlského potoka a druhý box plot potok Zubřina.

významné rozdíly v porovnání s levostranným přítokem Novosedlského potoka. Je to především z důvodu, že na Zubřině byly pouze tři zpětné odchyty. (Kruskal-Wallis ANOVA, $H=2,67$; $P=0,10$).

11.5.1 Velikostní kategorie kamenů na jednotlivých tocích

Na obou tocích (Zubřina, levostranný přítok Novosedlského potoka) byly kameny rozděleny do 5 vhodných velikostních kategorií. A to následovně 0-5 cm, 5,1-8 cm, 8,1-15 cm, 15,1-30 cm a >30 cm. Cílem tohoto výzkumu bylo zjistit, zda se velikostní struktura kamenů obývaných raky na tocích liší.

Místa, kde se raci ukryvali byla na obou tocích stejného typu. Zpravidla se jednalo o kameny o rozměrech od 5,1 – 30 cm (Yates' $\chi^2 = 2,254$, $P = 0,69$).

Zubřina

Tab. 7 Zastoupení raků pod velikostními kategoriemi kamenů

kameny (cm)	raci (počet)
0-5	0
5,1-8	2
8,1-15	5
15,1-30	6
>30	0

Na potoce Zubřina byly zastoupeny skoro všechny velikostní kategorie kamenů, jen kategorie 0-5 cm a nad 30 cm nebyly zastoupeny. Nejvíce jedinců bylo pod kameny od 15,1-30 centimetrů, tam bylo schováno hned 6 jedinců. Dále následovala kategorie 8,1-15 centimetrů, tam to bylo zastoupeno 5 jedinci. A jako poslední kategorie byl rozmezí kamenů od 5,1-8 centimetrů, tak jsme zaznamenali 2 jedince.

Levostranný přítok Novosedlského potoka

Tab. 8 Zastoupení raků pod velikostními kategoriemi kamenů

kameny (cm)	raci (počet)
0-5	3
5,1-8	3
8,1-15	20
15,1-30	7
>30	3

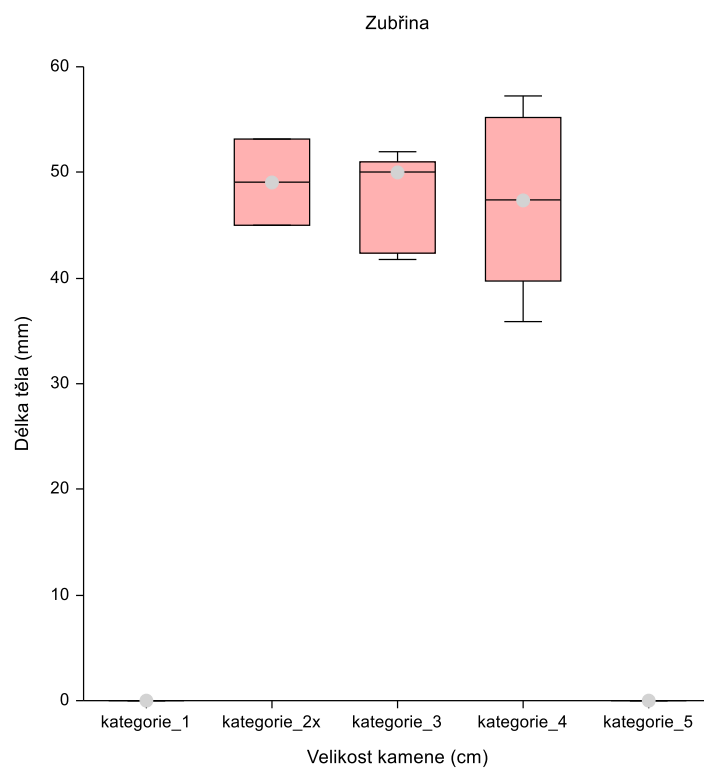
Na levostranném přítoku potoka Novosedlského byly zastoupeny úplně všechny velikostní kategorie kamenů oproti zastoupení na potoce Zubřina. Nejvíce jedinců se nacházela pod kameny od 8,1-15 cm, zde bylo nalezeno 20 jedinců. Ve velikostní

kategorii 15,1- 30 cm bylo nalezeno 7 jedinců. V dalších kategoriích byl počet raků shodný, a to se třemi jedinci. Velikostní struktura kamenů se mezi toky nelišila (Yates' $\chi^2 = 2,254$, $P = 0,69$).

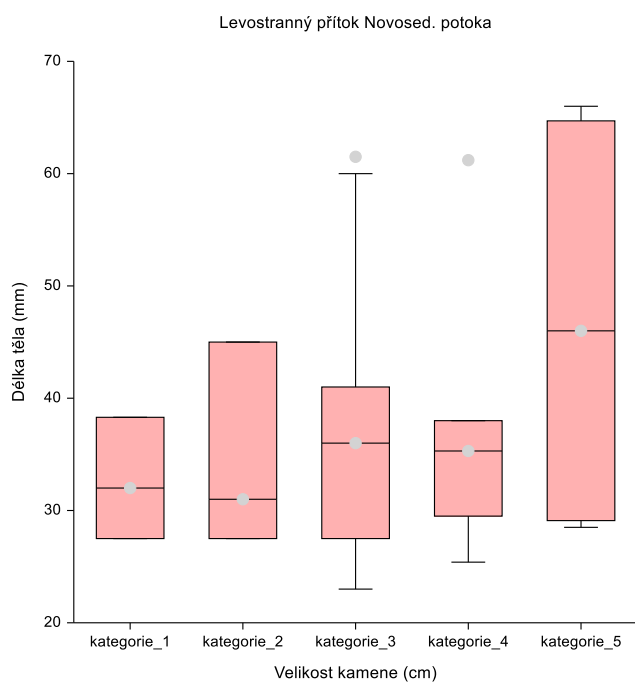
11.5.2 Vztah mezi velikostí raka a velikostí kamene

V kategorii 0-5 cm nebyl zařazen žádný jedinec z raků. Ve velikostních kategoriích byla průměrná délka těla taková: v kategorii od 5,1- 8 cm 49,05 mm, v další kategorii od 8,1- 15 cm 47,32 mm, ve čtvrté kategorii od 15,1-30 cm 47,23 mm a v poslední kategorii nebyl zastoupen také žádný jedinec, jako v první kategorii (ANOVA $H=5,015$, $P=0,29$).

Také na levostranném přítoku Novosedlského potoka se délková struktura jedinců skrývajících se pod kameny různé velikosti nelišila (ANOVA $H=1,39$, $P=0,85$). V první kategorii od 0-5 cm byli tři jedinci s průměrnou délkou těla 33,56 mm. V další kategorii od 5,1- 8 cm byli také nalezeni tři jedinci raků s průměrnou délkou těla 34,26. Ve třetí kategorii a to od 8,1-15 cm bylo nalezeno nejvíce jedinců a do celkem 20 s průměrnou délkou těla 33,32 mm, následující čtvrtá kategorie byla druhá s největší průměrnou délkou těla a to 36,46 mm 15,1-30 cm. Poslední pátá kategorie >30 cm má největší průměrnou délku těla.



Obr. 14 Vztah mezi délkou těla raka a velikostí kamene, pod kterým byl rak nalezen.



Obr. 15 Vztah mezi délkou těla raka a velikostí kamene, pod kterým byl rak nalezen.

12 Diskuze

Migrační schopnosti raka kamenáče byly zkoumány a analyzovány v září minulého roku 2019. Pro výzkumné terénní práce byly předem vybrány dva vhodné toky s podloženým výskytem raka kamenáče.

Cílem tohoto výzkumu bylo vyhodnotit krátkodobou migraci raka kamenáče. Migrační schopnosti byly zkoumány z několika hledisek, zhodnotit, zda existuje preference směru migrace raků, jestli migrují častěji po proudu, či proti proudu. Dále bylo nutné posoudit rozdíl v migračních schopnostech v závislosti na pohlaví. Dále nás zajímala délková struktura jedinců.

Výzkumné terénní práce byly realizovány na dvou předem zvolených lokalitách (Zubřina a na levostranném přítoku Novosedlského potoka). Oba tyto toky jsou přírodní, meandrující úseky. Levostranný přítok Novosedlského potoka má nízkou hladinou vody, což bylo optimální pro metodu ručního odchyty. Dané úseky byly vyznačeny pomocí pásma a vždy se výzkum prováděl proti proudu, abychom nezakalili vodu. Při metodě ručního odchyty jsme prohledali všechny úkryty (úkryty, kameny), které se nacházely na daném úseku (Štambergová et al. 2009). Většina raků byla nalezena pod úkrytem, pár jedinců i mimo úkryt, volně se pohybující v korytě potoka. Také při této metodě ručního odchyty musíme počítat s tím, že některé raky se nám nepodaří chytit. Na levostranném přítoku Novosedlského potoka jsme odchytili dva jedince, kteří se nenacházeli v úkrytu. Tyto dva jedince jsme zařadili do velikostní kategorie kamene 0-5 cm.

Z 50 označených raků, což tedy je celkový počet naznačených jedinců bylo druhý den odloveno 14 jedinců. Na jednotlivých tocích úspěšnosti zpětného odchyty byla: Zubřina 23 % a levostranný přítok Novosedlského potoka 29,7 %. Na levostranném přítoku Novosedlského potoka je efektivita zpětného odchyty vyšší než na potoce Zubřina. Procento zpětného odchyty je ovlivněno několika faktory. Dle několika studií od autorů zabývajících se migračními aktivitami raků (Kadlecová et al., 2012, Wutz & Geist, 2013, Robinson et al., 2000) je efektivita zpětného odchyty různá. Řádově se pohybuje v rozmezí 10–50 % úspěšnosti. I hodnoty z potoka Zubřina a z levostranného přítoku Novosedlského potoka spadají do těchto hodnot. Úspěšnost zpětného odchyty, se mohou velmi lišit, hlavně díky tomu, že studie byly prováděny za různých podmínek a také u různých druhů raků.

Další cíl tohoto výzkumu bylo zjistit délkovou strukturu na jednotlivých tocích. Nalezené jedince jsme proto tedy rozdělili do několika kategorií, a to následujícím způsobem: první kategorie od 0-18 mm, druhá od 18,1-30 mm, třetí od 30,1-60 mm, čtvrtá od 60,1-90 mm a poslední pátá kategorie nad 90 mm. Největší označený rak byla samice, která dosahovala délky 61,5 mm. Nejmenší označený jedinec tohoto výzkumu měřil pouhých 23 mm. Menší jedince jsme se rozhodli pro tento výzkum nezahrnovat, protože by značení na takto malé raky bylo velmi náročné a mohli bychom jim ublížit při aplikaci elastomer.

Jak už bylo uvedeno délková struktura populace může být ovlivněna celou řadou faktorů. Velkou roli zde hraje hustota populace. Hustota populace může ovlivnit na potoce množství úkrytů na území. Také i u raků jako i u ostatních živočichů se objevuje kanibalismus (Kozák et al., 2014). Velkou roli také může hrát zvýšená predace, jak už od pstruha potočního, norka amerického a v poslední řadě od vydry říční. Dalšími vlivy jsou vlivy abiotické na délkovou strukturu (Štambergová et al., 2009). Kozák (2012) uvádí, že drobnější rácci mohou být unášeni množstvím vody v obdobích, kdy je velké procento srážek.

Migrační schopnosti raků lze porovnat díky studiím několika autorů. Například rak signální migruje až desítky metrů za den. Uvádí se, že nejdelší zaznamenaná aktivita tohoto druhu je až ve stovkách metrů. Bubb (2006) se věnoval studii migraci raka signálního v severní Anglii a zjistil průměrnou délku migrace 2,4 km a 5,4 km. A denní migraci o délkách 250 až 345 m. Anastácio et al. (2014) sledoval migraci u raka červeného a uvádí, že tento druh migruje v průměru 8,8 m za den. Najdeme nejdelší zaznamenanou migraci raka červeného a ta činí 255 m za den. Velké množství autorů vyhodnotil, že invazivní druhy raků jsou migračně schopnější v porovnání s původními druhy raků (Bubb et al., 2006, Buřič et al., 2009, Svobodová a kol., 2020).

Rak kamenáč se vyznačuje tím, že po určité době zůstává v nedaleké blízkosti svého úkrytu. (Kadlecová et al. 2012). Mezi faktory, které ovlivňují migrační schopnosti raka kamenáče patří hlavně potrava, množství vhodných úkrytů a také vhodné abiotické podmínky. Z literatury se lze dočíst, že nejdelší zaznamenaná pohybová aktivita raka kamenáče jsou 73,1 m (Kozák et al., 2014). Jiní autoři uvádějí, že pouze jen pár jedinců raků bylo schopno překonat za 24 hodin vzdálenost přes 55 m (Pöckl & Streissel, 2005). Kadlecová (2012) uvádí, že nejdelší délková vzdálenost uražená samicí raka kamenáčem činila 133 metrů, přičemž samice byla monitorována 55 dní.

Ve studii o délkové migraci data nebyla statisticky významná. Pravděpodobně v tomto případě jde o charakter koryt. V potoce Zubřině protéká velké množství vody, není zde velké množství úkrytů. A proto jsou raci nuceni více migrovat. Naopak na levostranné přítoku Novosedlského potoka je koryto úzké, voda protéká pomalu. A na tomto potoce je velké množství úkrytů v podobě kamenů a okolní vegetace. Nejdelší zaznamenaná migrace v tomto výzkumu byla 29,7 m tuto vzdálenost urazila samice na potoce Zubřina. Raci říční mají rádi pomalu tekoucí vody. A proto třeba zkoumaný vzorek rak kamenáč je nucen více migrovat z důvodu konkurence raka říčního. Protože rak říční je svou stavbou těla větší než rak kamenáč

Někteří autoři jako Streissel a Hödl (2002) ve svých studiích tvrdí, že čím větší rak, tím větší úkryt. V tomto výzkumu se tato studie nepotvrdila. Z grafického znázornění lze vidět strukturu kamenů na potoce Zubřina (obr. č.12) a také z výsledků vyplývá, že není pravidlem, že čím větší rak tím si hledá větší úkryt. Ve zpracovaných výsledcích lze vidět, že například raci s největší průměrnou délkou těla byli nalezeni pod kameny 5,1-8 cm. Bohužel ani na jednom zkoumaném toku se tato studie nedokázala, pokaždé tam byli rozdíly. Myslím si, že výběr vhodného úkrytu mohlo ovlivnit několik faktorů, jak už jsem zmiňovala například hustota populace nebo vhodné úkryty. Jako hlavní faktor jsou vhodné úkryty lze to vyčíst z výsledků velikostní kategorie kamenů. Na prvním potoce, a to na Zubřině byli jedinci převážně nalezeni pod kameny od 15,1-30 cm, což může být způsobeno tím, že na dané lokalitě převažovaly kameny z větší velikostní kategorie. Oproti tomu na levostranném přítoku Novosedlského potoce bylo nejvíce jedinců nalezeno pod kameny od 8,1-15 cm a to hned 20 jedinců. Některé jedinci měli i přes 60 mm. Právě tyto jedince bychom spíše hledali pod mnohem většími kameny. Ale i na tomto potoce se nepotvrdilo možná jen z části, že čím se zvětšují velikosti těl raků tím se zvětšují i jejich úkryty v podobě kamenů.

Dále jsme se zaměřili na závislost migrace na pohlaví. Z výpočtu nám vyplývá, že nejdelší zaznamenaná vzdálenost u samice činila 29,7 m a u samce o poznání méně a to 8 m. Také spočítaná průměrná délka migrace u samic byla delší než u samců. Průměrná délka migrace u samic činila 5,7 metru, u samců 2,82 metru. Naopak někteří autoři uvádějí, že v období rozmnožování samice nebývají moc aktivní. Období kdy se raci rozmnožují je na podzim od září. Na této studii lze tedy vidět, že samici byly tedy více aktivní, jak mám ukazuje průměrná délka migrace 5,7 m. Takto velká migrace byla hlavně z důvodu, že právě nejdelší zaznamenanou aktivitou byla migrace 29,7 m u samice. Proto se nám nepotvrdilo, že samice bývají méně aktivní v době rozmnožování. Lze se jen

domnívat z jakého důvodu tomu tak bylo, jestli to bylo z důvodu, že tento výzkum probíhal teprve na začátku září, nebo jestli samice ještě nebyly připraveny na rozmnožování.

13 Závěr

Hlavním cílem mé bakalářské práce bylo zjistit krátkodobou migrační aktivitu raka kamenáče na vybraných lokalitách. Dílčími cíli bylo vyhodnocení frekvence migrací v závislosti na směru, vyhodnocení délek migraci, vyhodnocení frekvence migrací v závislosti na pohlaví a jako poslední dílčí cíl bylo porovnat délkové struktury raků na jednotlivých tocích.

Výzkum byl realizován ve dvou dnech na podzim v září minulého roku 2019, na předem vybraných dvou lokalitách na západě Čech v okolí Domažlicka. Výzkumné práce byly realizovány na potoce Zubřina a na levostranném přítoku Novosedlského potoka. Na těchto dvou lokalitách byla sledována krátkodobá migrace za 24 hodin raka kamenáče na vyměřeném úseku za pomoci pásma. Výzkumné práce byly provedeny dva dny po sobě. První den výzkumu byla změřena celková délka těla raka a délka karapaxu, také byla provedena sexuální determinace a zaznamenání detailního popisu místa nálezu. Jedinci, kteří byli první den odchyceni byli označeni svým unikátním binárním kódem za pomoci elastomer VIE. Binární kód obsahoval 1 a 0. Elastomery jsme jim implantovali do abdominálních článků. Poté byli jedinci vráceni na místo jejich nálezu.

Následující den byla použita metoda zpětného odchyty jedinců na 50metrovém úseku. Získaná data byla následně vypracována a vyhodnocena.

Celkové množství odchycení raků na obou lokalitách za první den byl 50 jedinců. Na potoce Zubřina bylo první den odchyceno pouze 13 jedinců, na levostranném přítoku Novosedlského potoka 37 jedinců. Následující den při zpětném odlovu bylo nalezeno celkem 14 označených jedinců. Označených a zpětně chycených jedinců na potoce Zubřina: 3 jedinců (úspěšnost zpětného odchyty 23 %), a na levostranném přítoku Novosedlského potoka: 11 jedinců (úspěšnost zpětného odchyty 29,7 %).

Dílčím cílem bylo porovnat délkové struktury raků na jednotlivých tocích. Ze statistických analýz vyšlo, že větší průměrná délka těla raků se nacházela na potoce Zubřina. Průměrná délka byla 47,54 mm. Menší průměrná délka těla vyšla na levostranném přítoku Novosedlského potoka, kde délka těla činila 36,90 mm.

Dalším z cílů bylo sledování rozdílu délky migrace mezi pohlavími. Nejdelší uražená vzdálenost samice byla 29,7 m na potoce Zubřina. U samce nejdelší uražená vzdálenost

byla 8 m, a to na levostranném přítoku Novosedlského potoka. Průměrná délka migrace u samic je 5,7 m a u samců 2,824 m.

Také byla sledována velikostní strukturu kamenů na daných lokalitách. Kameny byly rozděleny do velikostních kategorií a to následovně: 1. 0-5 cm, 2. 5,1-8 cm, 3. 8,1-15 cm, 4. 15,1-30 cm a za 5. >30 cm. Poté byl porovnán vztah mezi velikostí kamene a velikostí raků. Velikost raků nacházející se pod kameny, které patřili do určité velikostní kategorie se lišili. Například na levostranném přítoku Novosedlského potoka raci s průměrnou délkou těla 33,32 mm nejvíce obývali velikostní kategorii kamene od 8,1-15 cm, což bylo hned 20 jedinců. Jedinci s průměrnou délkou těla 36,46 mm obývali velikostní kategorii kamene 15,1-30 cm.

Na potoce Zubřině jedinci s průměrnou délkou těla 47,32 mm byli nalezeni pod velikostní kategorií kamene 8,1-15 cm. A další jedinci s průměrnou délkou těla 47,23 mm byli nalezeni v kategorii 15,1-30 cm.

Všechny dostupné informace v mé bakalářské práci byly publikovány z dostupných publikací autorů, kteří se zabývali migrační aktivitou.

14 Resumé

Cílem této bakalářské práce bylo zjistit migrační schopnosti raka kamenáče. Výzkum byl realizován v roce 2019, na podzim v září na dvou předem vybraných lokalitách na území západních Čech v okolí Domažlicka (potok Zubřina a levostranný přítok Novosedlského potoka). Na zvolených úsecích byly metodou ručního odlovu na třech plochách o délce 10 m s 10 m rozestupem prohledány všechny úkryty (kameny). Odchycení jedinci byli označeni pomocí elastomer VIE a opět vráceni na místo odchytu. Na obou lokalitách bylo celkem odchyceno 50 jedinců. Následující den byla metodou zpětného odchytu zjištěna individuální migrace jedinců na daném toku. Na každém toku jsme také zjišťovali i další údaje, které jsme následně využili pro vyhodnocení délkové struktury. Všechna zjištěná data byla statisticky zanalyzována a graficky zpracována.

Klíčová slova: rak kamenáč, Česká republika, pohybové schopnosti, migrace

15 Cizojazyčné resumé

The goal of my bachelor thesis was to find out the migration abilities of the crayfish stonemason. The research was carried out in 2019, in autumn in September at two pre-selected localities in the territory of West Bohemia near Domažlice (Zubrina brook and left tributary of Novosedlský brook). All the hiding places were searched on selected sections by the method of manual catch on three areas with a length of 10 m with 10 m spacing. The captured individuals were labeled with VIE elastomer and returned to the capture site. In both localities a total of 50 individuals were captured. The following day the individual migration of individuals on a given stream was detected by the method of catching back. We also collected other data at each flow, which we then used to evaluate the length structure. All data were statistically analyzed and graphically processed.

Key words:

Stone crayfish, movement abilities, migration

16 Seznam literatury

Bubb D. H., Thom T. J. & Lucas M. C. 2006a. Movement patterns of the invasive signal crayfish determined by PIT telemetry. – *Canadian Journal of Zoology* 84: 1202–1209.

Buřič M., Kouba A. & Kozák P. 2009a. Spring mating period in *Orconectes limosus*: the reason for movement. – *Aquatic Science* 71: 473–477.

Buřič M., Kozák P. & Vích P. 2008. Evaluation of different marking methods for spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*). – *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 389: 2.

Crandall K. A. & Buhay J. E. 2008. Global diversity of crayfish (Astacidae, Cambaridae, and Parastacidae – Decapoda) in freshwater. – *Hydrobiologia* 595: 295–301.

Crandall & Grave 2017. *Journal of Crustacean Biology* (An updated classification of the freshwater crayfishes (Decapoda: Astacidea) of the world, with a complete species list) doi:10.1093/jcbiol/rux070.

Fischer, D., Pavlůvčík, P., Sedlaček, F. & Šálek, M. (2009): Predation of the alien American mink, *Mustela vison* on native crayfish in middle-sized streams in central and western Bohemia. - *Folia Zoologica*, 58, 1: 45–56.

Füreder, L., Gherardi, F. & Souty-Grosset, C. 2010. *Austropotamobius torrentium* (verze errata zveřejněná v roce 2017). Červený seznam ohrožených druhů IUCN 2010: e.T2431A121724677.

Hirsch P. E., Burkhardt-Holm P., Töpfer I. & Fischer P. 2016. Movement patterns and shelter choice of spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) in a large lake's littoral zone. – *Aquatic Invasions* 11: 55–65.

Holdich, D. M. 2002a. *Biology of Freshwater Crayfish*. - Blackwell Science Ltd., Oxford: 702 pp.

Fischer, D., Bádr, V., Vlach, P. & Fischerová, J. 2004. Nové poznatky o rozšíření raka kamenáče v Čechách. - *Živa*, 52, 2: 79–81.

- Gherardi F., Barbaresi S. & Villanelli F. 1998. Movement Patterns of the White-clawed Crayfish, *Austropotamobius pallipes*, in a Tuscan Stream. – *Freshwater Biology* 13: 413–424.
- Gherardi F., Barbaresi S. & Salvi G. 2000. Spatial and temporal patterns in the movement of *Procambarus clarkii*, an invasive crayfish. – *Aquatic Science* 62: 179–193.
- Kadlecová K., Bílý M. & Maciak M. 2012. Movement patterns of the co-occurring species *Astacus astacus* (noble crayfish) and *Austropotamobius torrentium* (stone crayfish). – *Fundamental and Applied Limnology*: 351–360.
- Kerby J. L., Riley S. P. D., Kats L. B. & Wilson P. 2005. Barriers and flow as limiting factors in the spread of an invasive crayfish (*Procambarus clarkii*) in southern California streams. – *Biological Conservation* 126: 402–409.
- Kozák, P., Ďuriš Z. a T., P. 2002. The stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank) in the Czech Republic. – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*. 367: 707–13.
- Kozák P., Z. Ď., Petrussek A., Buřič M., Horká I., Kouba A., Kozubíková E. & Polícar T. 2014. Biologie a chov raků. – Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, České Budějovice, 418 pp.
- Kouba A., Petrussek A. & Kozák P. (2014): Continental-wide distribution of crayfish species in Europe: update and maps. – *Knowledge And Management Of Aquatic Ecosystems* 413: 05.
- Lockwood J., L., Cassey P., Blackburn T. 2005. The role of propagule pressure in explaining species invasions – *Trends in Ecology and Evolution* 20: 223–228.
- Martin, P., Pfeifer, M. & Füllner, G. 2008. First record of the stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) (Crustacea: Decapoda: Astacidae) from Saxony (Germany). – *Faunistische Abhandlungen*, 26: 103–108.
- Moorhouse T. P. & MacDonald D. W. 2011. Immigration rates of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) in response to manual control measures. – *Freshwater Biology* 56: 993–1001.

PATOKA, Jiří, Miloš BUŘIČ, Vojtěch KOLÁŘ, et al. Predictions of marbled crayfish establishment in conurbations fulfilled: Evidences from the Czech Republic. *Biologia* [online]. 2016, 71(12) [cit. 2020-04-28]. DOI: 10.1515/biolog-2016-0164. ISSN 0006-3088. Dostupné z: <https://www.degruyter.com/view/j/biolog.2016.71.issue-12/biolog-2016-0164/biolog-2016-0164.xml>

Pöckl M. & Streissl F. 2005. *Austropotamobius torrentium* as an indicator for habitat quality in running waters? – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 376–377: 743–758.

Pecina, P. (1979): Kapesní atlas chráněných a ohrožených živočichů. – SPN, 223 pp. Praha.

Příroda. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2009. ISBN 978-80-88076-53-7. ISSN 1211-3603.

Robinson C. A., Thom T. J. & Lucas M. C. 2000. Ranging behaviour of a large freshwater invertebrate, the white-clawed crayfish *Austropotamobius pallipes*. – *Freshwater Biology* 43: 509–521.

Římalová K. & Bílý M. 2013. The movement patterns of *Austropotamobius torrentium* and *Astacus astacus*: Is a stony step a barrier? – *Freshwater Crayfish* 19: 69–75.

Souty-Grosset C., Holdich D. M., Noël P. Y., Reynolds J. D. & Haffner P. eds. 2006. Atlas of Crayfish in Europe. – *Patrimoines Naturels* 64. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 187 pp.

Svobodová, J., Štambergová, M., Vlach, P., Pícek, J., Douda, K. a Beránková, M. 2008. The impact of the water quality on the crayfish population in the Czech Republic, comparison with legislation of the Czech Republic. – *Vodohospodářské technickoekonomické informace* 50(6): 1–5.

Svobodová J. a kol. 2020: Metodika regulace a eradikace invazních druhů raků: výběr vhodných metod v závislosti na charakteru vodního útvaru. VÚV, 2020.

Streissl F. & Hödl W. 2002. Habitat and shelter requirements of the stone crayfish, *Austropotamobius torrentium* Schrank. – *Hydrobiologia* 477: 195–199.

- Štambergová M., Svobodová J. & Kozubíková E. 2009. Raci v České republice (Crayfish in the Czech Republic). – AOPK ČR, Praha, 255 pp.
- Valdmanová L. 2013. Morfologie raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) v ČR. Bakalářská práce, Západočeská univerzita v Plzni, 1–39. Plzeň.
- Vlček, V., Kestránek, J., Kříž, H., Novotný, S. a Píše, J. 1984. Zeměpisný lexikon Československa. – Academia, 316 s. Praha.
- Vlach P., Hulec L. & Fischer D. 2009b. Recent distribution, population densities and ecological requirements of the stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) in the Czech Republic. – Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, 13: 384–395.
- Vlach P. & Melichar V. (2017): Příspěvek k rozšíření raka říčního v České republice. Příroda, accepted.
- Webb M. & Richardson A. 2004. A radio telemetry study of movement in the giant Tasmanian freshwater crayfish, *Astacopsis gouldi*. – Freshwater Crayfish 14: 197–204.
- Wutz S. & Geist J. 2013. Sex – and size-specific migration patterns and habitat preferences of invasive signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus* Dana). – Limnologica 43: 59–66.

17 Přílohy

17.1 Příloha levostranný přítok Novosedlského potoka

											Druhý den	
2												
3	id	kód	pohlaví	TL	CL	šířka (m)	délka	kamen (m)	kusů	šířka (m)	délka	kamen
4	1	1	♂	25	13,8	0,75	0,85	0,1	1			
5	2	10	♀	36,5	18	0,15	1,5	0,1	1			
6	3	11	♀	32	15	0,75	3	0,1	1			
7	4	100	♂	27,5	14	1	4,2	0,1	1	1	4,5	0,5
8	5	101	♀	29,5	15	0,45	4,6	0,2	1	0,7	4,9	0,1
9	6	110	♂	27	13,8	1	4,6	0,15	1	1	4,6	0,15
10	7	111	♀	27,5	14	0,3	5,2	0	1	1	6,5	0,1
11	8	1000	♀	27,5	13,5	1	5,8	0,08	1			
12	9	1001	♂	39	20	0,45	6,2	0,13	1			
13	10	1010	♀	40	29	0	6,5	0,15	1			
14	11	1011	♂	31	15,4	0,12	6,5	0,4	1	0,6	8,6	0,1
15	12	1100	♀	27,5	14	1	6,8	0,15	1			
16	13	1101	♀	38	19,8	1	7,9	0,1	1			
17	14	1110	♂	31	15	0,5	8,4	0,2	1			
18	15	1111	♂	31	15,5	0,7	8,5	0,08	1			
19	16	10000	♂	61	31	1	8,6	0,4	1			
20	17	10001	♂	66	33,4	0,8	8,6	0,5	1			
21	18	10010	♀	28,5	14	0,8	8,6	0,5	1			
22	19	10011	♂	38	19	0,55	8,9	0,17	1	0,4	0,9	0,1
23	20	10100	♀	38	19	0,1	8,8	0,3	1			
24	21	10101	♂	41	20,2	0,2	9,3	0,1	1			
25	22	10110	♀ ♡	61,5	30,5	0,3	9,5	0,15	1	1,2	9,5	0,3
26	23	10111	♂	28	14	0,2	20	0,15	1			
27	24	11000	♂	28,5	14,5	0,3	20	0,09	1			
28	25	11001	♂	38,3	19	0,25	20,1	0	1	0,7	20,4	0,08
29	26	11010	♂	32	16,6	0,2	22	0,05	1			
30	27	11011	♂	36	18	0	22,2	0,15	1	0,1	20	0,2
31	28	11100	♀	27	17,2	0,25	25,6	0,15	1			
32	29	11101	♀	61,2	30	0,4	26	0,2	1			
33	30	11110	♂	26	13	0,4	27,1	0,12	1			
34	31	11111	♀	23	11,7	0,3	27,8	0,13	1			
35	32	100000	♂	50	26	0,15	28,6	0,15	1			
36	33	110001	♀ ♡	60	28	0,2	29	0,1	1	0	28,6	0,2
37	34	100010	♀	45	21,5	0,5	29,7	0,08	1			
38	35	100011	♂	25,4	13	0,25	40	0,2	1			
39	36	100100	♀	35,3	17,2	0,3	44,3	0,25	1			
40	37	100101	♂	45,7	23	0,1	49,9	0,15	1	0,1	47,5	0,15

17.2 Příloha Zubřina

1	Zubřina											Druhý den	
2													
3	id	kód	pohlaví	velikost	TL	CL	šířka (m)	délka	kamen (m)	kusů	šířka (m)	délka	Kamen
4	1		♂	41,5/15,3	41,5	15,3	1	1m	0,2	1			
5	2		♂	35,9/11,8	35,9	11,8	1,15	2m	0,2	1			
6	3		♀	45/20	45	20	1,5	2,8m	0,08	1			
7	4		♂	53,1/23,5	53,1	23,5	1,5	5,1m	0,8-10	1			
8	5		♀	50/23	50	23	0,66	23,8m	0,10-15	1			
9	6		♂	50/22,3	50	22,3	0,3	27,9m	0,15	1			
10	7		♂	42,8/18	42,8	18	0,6	29,3m	0,8-10	1			
11	8	1000	♀	41,8/21,3	41,8	21,3	0,3	30m	0,8-10	1	0,5	59,7m	0,3
12	9	1001	♂	57,2/26,9	57,2	26,9	0,1	20,3m	0,25	1			
13	10	1010	♂	41/18,4	41	18,4	0,5	20m	0,2	1			
14	11	1011	♂	52/24,5	52	24,5	0,2	14,3m	0,15	1	0,1	21,3m	0,4
15	12	1100	♀	53,2/26,5	53,2	26,5	0,4	21,3m	0,25	1	0,25	20m	0,25
16	13	1101	♂	54,5/26,5	54,5	26,5	0,2	34m	0,3	1			