

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA PEDAGOGICKÁ

CENTRUM BIOLOGIE, GEOVĚD A ENVIGOGIKY

POZOROVÁNÍ MIGRACE RAKA KAMENÁČE

Bakalářská práce

Kateřina Šimůnková

Učitelství pro 2. stupeň ZŠ, obor biologie-tělesná výchova

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

Plzeň, 2020

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

V Plzni,

.....
vlastnoruční podpis

Poděkování

Chtěla bych poděkovat všem, kteří mě přímo či nepřímo podporovali při psaní této bakalářské práce. Především bych chtěla poděkovat RNDr. Pavlu Vlachovi, Ph.D., za jeho vstřícnost, za konzultace při zpracovávání této práce, za pomoc při korektuře textu i za pomoc při statistickém zpracování dat.

Zadání bakalářské práce

Obsah

1	ÚVOD	6
1.1	BIOLOGIE RAKŮ.....	6
1.1.1	<i>Vnější stavba</i>	6
1.1.2	<i>Potrava</i>	8
1.1.3	<i>Predátoři</i>	8
1.2	SYSTEMATIKA A ROZŠÍŘENÍ RAKŮ.....	9
1.2.1	<i>Původní a nepůvodní druhy raků v Evropě</i>	10
1.3	PŘÍČINY OHROŽENÍ RAKŮ.....	11
1.4	LEGISLATIVA.....	12
1.5	MIGRACE.....	12
1.6	RAK KAMENÁČ.....	14
1.6.1	<i>Rozlišovací znaky</i>	14
1.6.2	<i>Rozšíření a habitat</i>	14
1.7	CÍLE PRÁCE.....	17
2	METODIKA	18
2.1	CHARAKTERISTIKA TOKŮ.....	18
2.2	DESIGN EXPERIMENTU.....	18
2.3	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ DAT.....	20
3	VÝSLEDKY	22
3.1	EFEKTIVITA ZPĚTNÝCH ODCHYTŮ.....	22
3.2	DÉLKOVÁ STRUKTURA NA JEDNOTLIVÝCH ÚSECÍCH.....	22
3.3	DÉLKOVÁ STRUKTURA.....	23
3.4	FREKVENCE MIGRACÍ.....	24
3.5	DÉLKY MIGRACÍ.....	25
3.6	VELIKOSTNÍ KATEGORIE KAMENŮ NA JEDNOTLIVÝCH TOCÍCH.....	27
3.7	VZTAH MEZI VELIKOSTÍ KAMENE A VELIKOSTÍ RAKA.....	27
3.8	MIGRAČNÍ MAPY.....	29
4	DISKUZE	31
5	ZÁVĚR	35
6	RESUMÉ	36
7	CIZOJAZYČNÉ RESUMÉ	37
8	SEZNAM LITERATURY	38
9	PŘÍLOHY	42
9.1	PŘÍLOHA 1: ZÁZNAMOVÝ ARCH Z PŘEŠÍNSKÉHO POTOKA.....	42
9.2	PŘÍLOHA 2: ZÁZNAMOVÝ ARCH Z CHOCENICKÉHO POTOKA.....	43

1 Úvod

1.1 Biologie raků

Raci patří do velké skupiny bezobratlých, konkrétně mezi členovce, kde spadají do kmene korýšů. Jejich latinský název **Crustaceae** znamená v překladu **krunýř**, což je jejich hlavní poznávací znak. Jsou typičtí svým vzhledem, kdy na jejich povrchu těla mají vytvořený krunýř, což je duplikatura chitinózní kutikuly, která je prostoupena uhličitanem a fosforečnanem vápenatým. Kutikulu produkuje pokožka a tvoří jejich vnější kostru. Hlavní funkcí krunýře je opora pro úpony svalů, a především ochrana jejich měkkého těla. Kutikula je v určitých časových intervalech svlékána a vzniká kutikula nová. To je řízeno hormonálně a celý proces svlékání nazýváme **ekdyze**. Jsou to primárně sladkovodní živočichové (Štambergová et al., 2009; Holdich 2002).

1.1.1 Vnější stavba

Tělo raků je složeno ze dvou částí, z hlavohruďi a zadečku. Hlavohruď je vytvořena srústem 5 hlavových a 8 hrudních článků (Kozák et al., 2015). Je kryta na svrchní straně štítem – karapaxem, který vpředu vybíhá ve výběžek zvaný rostrum nebo také známý jako čelní trn. Spodní strana bývá z větší části měkká a méně kryta než strana svrchní (Kozák et al., 2015; Štambergová et al., 2009). Právě různotvárnost nebo jiné odlišnosti na rostru nám udávají druhovou specifičnost. U některých druhů se mohou nacházet na karapaxu hrbolky nebo trny, které také napomáhají při identifikaci druhu. Mezi hlavou a hrudí se nachází rýha, kterou prostupuje týlní šev. Za ním, směrem k zadečku (kaudálně) jsou tzv. žábrosrdeční švy. Po stranách těla je karapax volný, z důvodu uložení dýchacích orgánů, konkrétně žaber, které přijímají kyslík z vody. Zadeček je složen ze sedmi pohyblivých článků, kdy poslední článek je nazýván telson neboli pohyblivá ploutvička. Články jsou také kryty, tady pomocí tvrdých štítků (Štambergová et al., 2009).

1.1.1.1 Končetiny

Raci patří do řádu Decapoda; hlavním znakem tohoto řádu je přítomnost 10 nápadných kráčivých končetin, včetně prvního páru, které jsou přeměněné na klepeta (Kozák et al., 2015). Na každém článku vyrůstá pár končetin. Výjimkou jsou pouze první článek, kde jsou místo končetin složeny oči a poslední článek – telson. Ústní ústrojí: krátká tykadla zvaná antenuly, dlouhá tykadla zvaná anteny, kusadla neboli mandibuly a dva páry čelistí, které nazýváme maxily (Štambergová et al., 2009). Tykadla plní hlavně funkci smyslovou (Kozák

et al., 2015). V hrudní části se nachází osm párů končetin, kdy první tři páry se nazývají maxilopody a slouží především k usnadnění manipulace s potravou. Pět párů, které následují po maxilopodech se nazývají pereopody, kdy první pár je přetvořen na klepeta a zbytek zastávají funkci kráčivých končetin. Končetiny na zadečku se nazývají pleopody, jsou drobné a dvouvětévné. U samců jsou přizpůsobený první a druhý pár ke kopulaci a u samic je první pár zakrnělý. Končetiny předposledního páru jsou přetvořené na ploché lupínky, které společně s telsonem neboli posledním článkem tvoří ocasní ploutvičku, kterou dokáží plavat vzad (Štambergová et al., 2009).

1.1.1.2 Pohlavní dimorfismus

Raci jsou až na výjimky gonochoristé. U dospělých jedinců jsou částečně vidět znaky dimorfismu, kdy samec bývá mohutnější, mívá větší i širší klepeta, zatímco samice bývá menší a klepeta má drobnější. Jak již bylo zmíněno u končetin, samci mají první dva páry zadečkových nožiček přeměněny na kopulační nožky a u samic je první pár zadečkových nožiček zakrnělý. Co se týče zadečku, samice mají články více rozšířené než samci (Vlach et Valdmanová, 2015). To je způsobené tím, že na spodní straně zadečku nosí vajíčka a ta je celým svým tělem ochraňují. Pohlavní vývody leží na bazálních člancích nohou v hrudní části. U samců je to na 3. páru pereopodů a u samic na posledním páru pereopodů (Štambergová et al., 2009).

1.1.1.3 Rozmnožování a vývoj

Stádium rozmnožování je ovlivněno teplotou vody, fotoperiodou ale také hormonálním řízením. S těmito změnami začíná u raků první fáze rozmnožování (Kozák et al., 2015). Prvním stádiem je **páření**, které probíhá u našich původních raků na podzim. Pohlavně zralí jedinci si hledají vhodného partnera. Samec při kopulaci přetočí samičku na karapax, a pomocí klepet si ji přidržuje. Poté uvolní spermatické vaky, které ukládá do hrudní oblasti samice (Štambergová et al., 2009).

Další fází je **kladení vajíček**, které probíhá po několika hodinách od páření. Samice ohýbá zadeček pod hlavohruď a tím vytváří komoru. Dále rozpustí stěnu spermatických vaků pomocí bílkovinných žláz, které se jí tvoří v období rozmnožování na břišní straně. Komora se začne plnit slizovitým sekretem, a až poté se samička obrací na záda a začíná produkovat vajíčka, která ukládá do slizovitého vaku, kde následně dochází k vnějšímu oplození pomocí nepohyblivých spermií. Produkce vajíček je z třetího páru pereopodů, kde na jejich bázi jsou pohlavní otvory. Po oplození dochází k tomu, že slizovitý sekret ztuhne a stává se z něho

hmota, a vajíčka jsou pomocí vláken uchycena k pleopodům. Samice se o vajíčka stará až do jara následujícího roku. Chrání je před predátory a poskytuje jim dostatek kyslíku pomocí pohybu nožek (Holdich et Reeve 1998). Délka vývoje vajíček se liší od každého druhu. Je hlavně ovlivněna teplotou vody, ale také ji ovlivňuje například nadmořská výška nebo zeměpisná šířka (Štambergová et al., 2009). U raka kamenáče dochází k líhnutí ráčat v období od května do poloviny července (Souty-Grosset et al., 2006).

Vývoj raka je přímý a nevyskytuje se larvální stádium. Na jaře dochází k prasknutí obalu vajíček a vylíhnutí juvenilních ráčat, která jsou připojena stopkou na pleopodech samice až do svlékání. Do této doby jsou nepohyblivá, a vyživována ze žlutkového vácku. Po několika svlékání dochází k jejich osamostatnění.

1.1.2 Potrava

Raci patří do skupiny živočichů, kteří nejsou potravně specializovaní. Naopak jejich potrava je velmi rozmanitá a skládá se jak z rostlinné, tak i z živočišné potravy. Ve vodním ekosystému jsou velice důležitou součástí. Působí jako herbivorní, predátoři, detritovoři, (Štambergová et al., 2009) ale jsou také složkou potravy pro jiné živočichy (Kozák et al., 2015). Rozmanitost potravy u raků je ovlivněno věkem, ročním obdobím, fyziologickým stavem (Štambergová et al., 2009) nebo i aktuální nabídkou v dané lokalitě (Kozák et al., 2015). Mezi rostlinou potravu raka patří: vodní vegetace, listový opad stromů, vodní rostliny (například vodní mor kanadský, parožnatky) ale i mechy a řasy (Štambergová et al., 2009). Do potravy živočišného původu spadá: vodní bezobratlí živočichové, vodní larvy hmyzu, drobní korýši nebo měkkýši (Souty-Grosset et al., 2006; Štambergová et al., 2009). Podle několika studií juvenilní jedinci preferují živočišnou stravu, naopak dospělí jedinci preferují stravu rostlinnou (Štambergová et al., 2009).

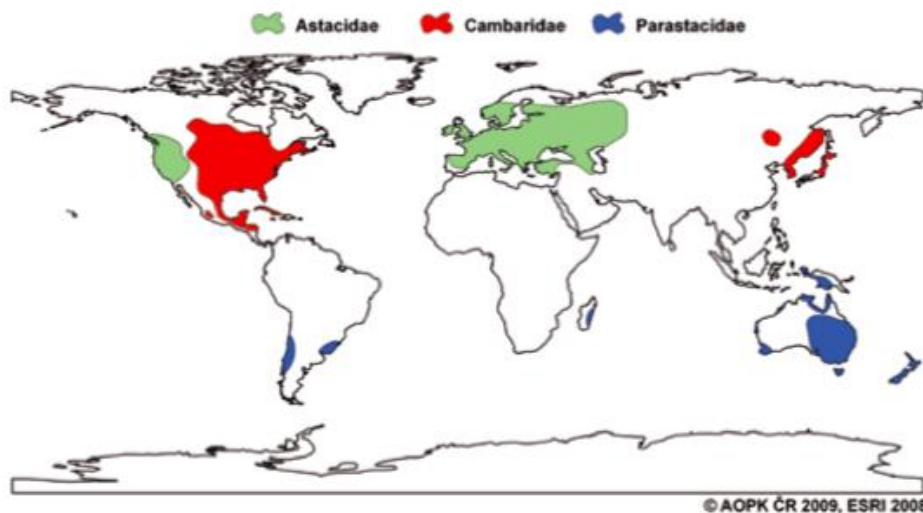
1.1.3 Predátoři

Raci jsou ve svém vodním prostředí ohrožovány několika predátory jak vodními, tak i suchozemskými. Mezi nejvíce ohrožená patří juvenilní ráčata, a raci, kteří jsou ve stádiu po svlékání a nemají zpevněný krunýř. Raci se stávají kořistí bezobratlých živočichů, kam spadají například larvy vážek, šídel nebo vodních brouků. Raci jsou ale rovněž loveni i obratlovci, a to především rybami, ptáky ale i savci. Mezi nejznámější predátory ze skupiny ryb patří například pstruh obecný (*Salmo trutta*), pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*), siven americký (*Salvelinus fontinalis*), sumec velký (*Silurus glanis*) nebo štika obecná (*Esox lucius*). Ptačími predátory jsou především ptáci, kteří se vyskytují v blízkosti vodního

prostředí, a jsou jimi například volavka popelavá (*Ardea cinerea*), ledňáček říční (*Alcedo athhis*) nebo čápi (*Ciconia spp.*) (Štambergová et al., 2009). Poslední skupinou predátorů jsou savci, kteří podle Kozáka et al. (2015) spadají do skupiny lasicovitých šelem (Kozák et al., 2015). Mezi hlavní zástupce patří vydra říční (*Lutra lutra*), norek americký (*Mustela vison*) ale i liška obecná (*Vulpes vulpes*) (Hogger 1988).

1.2 Systematika a rozšíření raků

Podle autorů Crandalla et De Grave (2017) je známo a popsáno přes 669 druhů sladkovodních raků. Rozšíření raků je úzce vázáno na jejich taxonomické členění, kdy pro každou čeleď je specifický jejich přirozený výskyt. Skupina raků je rozdělena na dvě nadčeledi: Astacoidea, pro kterou je typický přirozený výskyt v oblasti severní polokoule a Parastacoidea, pro kterou je naopak přirozený výskyt v oblasti jižní polokoule (Martin & Davis, 2001). Nadčeď Astacoidea je dále rozdělena na čeledi: Astacidae, kde se zástupci této skupiny vyskytují na území Evropy, části západní Asie a v západní oblasti Ameriky, a Cambaridae, kde zástupci této čeledi obývají severní Ameriku. Dále sem spadají čeledi Cambaroididae a Cricoidoscelosidae. Nadčeď Parastacoidea je dělena jen na jednu čeleď, která se nazývá Parastacidae. Tato čeleď je rozšířená převážně v Austrálii, Tasmánii na Novém Zélandu a na ostrově Papua-Nová Guinea (Štambergová et al., 2009; Crandall & De Grave, 2017).



Obrázek 1: Areál výskytu tří čeledí raků podle Hobbse (1988) (převzato z publikace Raci v České republice; Štambergová et al. 2009, str. 24).

1.2.1 Původní a nepůvodní druhy raků v Evropě

1.2.1.1 Původní druhy

Palearktická oblast Evropy je na druhy raků velice chudá (Kozák et al., 2015). Autoři uvádí, že se v Evropě vyskytuje pouze pět původních raků, které jsou z jedné čeledi Astacidae. Jedná se o tyto raky: rak říční (*Astacus astacus*) (Linnaeus, 1758), rak bahenní (*Pontastacus leptodactylus*) (Eschscholtz, 1823), rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*) (Schrank, 1803), rak bělonohý (*Austropotamobius pallipes*) (Lereboullet, 1858) a posledním je *Pontastacus pachypus* (Rathke, 1837) (Štambergová et al., 2009; Crandall et De Grave 2017).

1.2.1.2 Nepůvodní druhy

Do Evropy se nepůvodní druhy raků dostaly především vysazováním, a to hlavně pro hospodářské využití. Dnes se ale setkáváme s nepůvodními raky díky únikům, a to hlavně z akvariálních chovů. Tyto úniky souvisejí s lehkou dostupností raků, které můžou chovatelé získat z různých výstav, z kamenných nebo internetových obchodů (Kozák et al., 2015). Ve volné přírodě se můžeme setkat z deseti nepůvodními druhy, které spadají do čeledi Astacidae, Cambaridae a Parastacidae (Souty-Grosset et al., 2006; Chucholl & Daudey 2008; Filipová et al., 2009). Nejčastěji se jedná o druhy ze severní Ameriky nebo Austrálie. (Kozák et al., 2015) Nepůvodní druhy můžeme dělit na dvě skupiny: „staré“ a „nové“. Mezi „staré“ nepůvodní druhy spadají: rak signální, rak červený a rak pruhovaný. Tyto druhy byly vysazovány v Evropě před rokem 1975 za účelem komerčního chovu. Přinesli s sebou ale nemoc zvanou račí mor, která měla za následek vysokou úmrtnost našich původních raků. „Nové“ nepůvodní druhy jsou úzce spjaty s akvariálními chovy a narůstá jejich počet po roce 1980 (Kozák et al., 2015). Do čeledi Astacidae spadá pouze jeden nepůvodní druh, který se vyskytuje v Evropě. Je tím rak signální *Pacifastacus lenisculus* (Dana, 1852). Z čeledi Parastacidae se vyskytují v Evropě *Cherax destructor* (Clark, 1936) a *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868), jež pochází z Austrálie (Kozák et al., 2015, Štambergová et al., 2009). Nejrozšířenější skupinou jsou raci z čeledi Cambaridae. Tam patří rak červený *Procambarus clarkii* (Girard, 1852), rak mramorovaný *Procambarus sp.*, *Procambarus acutus/zonangulus* a představitelé rodu *Orconectes*, z nichž je nám nejvíce známý rak pruhovaný *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) (Kouba et al., 2014).

1.3 Příčiny ohrožení raků

Račí populace jsou negativně ovlivněny řadou faktorů. Hlavním činitelem je výskyt nepůvodních raků, a to především raka pruhovaného a raka signálního, kteří tu byli vysazováni k lovu a konzumaci. Počet těchto raků se později zvýšil i z důvodu akvarijního chovu. Tyto raci jsou nejen konkurencí pro naše původní raky, ale především jsou přenašeči račího moru, který je pro původní račí populace největší hrozbou (Kozák et al., 2015). Račí mor je onemocnění způsobené parazitem zvaným *Aphanomyces astaci* (Schikora, 1906), který se řadí na pomezí skupin Stramenopila a Chromista. Toto onemocnění je pro původní raky z velké míry smrtelné, zatímco nepůvodní severoameričtí raci jsou vůči tomuto onemocnění odolní a tím způsobují, že jsou hlavními přenašeči račího moru. Hlavním důvodem je, že nepůvodní severoameričtí raci dokáží omezit růst a následovně prorůstání parazita do těla již v kutikule a zabránit tak následnému úmrtí. (Kozák et al., 2015). Tato nemoc dokáže usmrtit raka již během několika dnů až týdnů, a celou populaci dokáže vyhubit za několik týdnů až měsíců (Kozubíková-Balcarová et al., 2014).

Račí populace dále ohrožuje úbytek vyhovujících biotopů. To je z velké části způsobeno působením člověka. Spadá sem zemědělská nebo vodohospodářská činnost, průmysl, rybářství, a především úprava vodních toků. To má za následek znečištění vod, které je způsobeno zanášením sedimentů, ničení břehů, koryt a pobřežní vegetace.

Již zmiňované rybářské využití toků a nádrží je dalším nebezpečím pro raky. Jak díky predačnímu tlaku způsobené zarybňováním, tak ale i zavlečením račího moru. Zavlečení může být několika způsoby. Ať už přenosem ryb mezi lokalitami, anebo pohybem samotných rybářů, kdy v malém množství případů dochází k tomu, že by si rybáři dezinfikovali boty, a tím nepřenašeli tuto nemoc. (Fisher & Vlach, 2018). Co se týká úpravy vodních toků, jedná se především o regulované nemeandrující toky, kdy koryta i břehy bývají upravená a zpevněná tak, že raci nemají žádnou možnost úkrytu, která je pro jejich život klíčová. Dalším problémem jsou opevněné břehy, díky kterým se nemůže tvořit břehová vegetace a tím vzniká přehřívání toků v letním období. Všechny tyto faktory jsou příčinami ohrožení původních raků (Štambergová et al., 2009, Kozák et al., 2015).

Negativní dopad na račí populaci mají i nynější klimatické změny. Jedná se především o periodická sucha, díky kterým dochází k vysychání malých vodních toků. Nejen periodická sucha, ale také nevhodné hospodaření se srážkovou i povrchovou vodou mají velký dopad na raky (Svobodová et al., 2016).

1.4 Legislativa

V dnešní době jsou všechny druhy původních raků v Evropě považovány za ohrožené. Hlavním z důvodů byl právě příchod račího moru a ničení jejich přirozených biotopů. Původní evropští raci jsou považováni za tzv. deštníkové druhy, kdy je jejich existence klíčová pro daný ekosystém a jsou nedílnou součástí pro udržení biologické rozmanitosti. Rak říční, rak kamenáč a rak bělonohý jsou chráněny v rámci legislativy EU Směrnicí Rad č. 92/43EEC o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin. V celosvětovém červeném seznamu ohrožených druhů se vyskytují rak bělonohý, který spadá do ohrožených živočichů, rak říční, který spadá do druhů zranitelných a rak kamenáč, který spadá do tzv. data deficient, což znamená, že o tomto taxonu chybí údaje (Füreder et al., 2010). V červeném seznamu v rámci České republiky jsou zaznamenáni: rak kamenáč, který patří do kriticky ohrožených (CR – Critically Endangered), a rak říční, který patří mezi druhy zranitelné (VU – Vulnerable) (Vlach et Fischer, 2017). Další ochranou raků v České republice je Zákon o ochraně přírody a krajiny č. 114/1992 Sb., který byl novelizován v roce 2009. V tomto zákoně jsou sepsány kriticky ohrožení raci: rak říční a rak kamenáč a druhy ohrožené kterým je rak bahenní (Kozák et al., 2015).

1.5 Migrace

Migrace nepůvodních druhů je dána především nedostatkem základních zdrojů, které jsou vyčerpané díky rychlému nárůstu račí populace v daném toce. Tím pádem jsou jejich hybnou silou pro migraci právě kvalitnější životní podmínky s lepšími zdroji pro život. Nejedná se o skokový proces, nýbrž o proces kontinuální. Schopnost kolonizace nových lokalit se od každého druhu liší (Kozák et al., 2015). Někteří autoři zmiňují, že někteří jedinci urazí i stovky metrů, během jednoho dne (Bubb et al., 2004; Buřič et al., 2009a). Krátkodobou migraci raci uskutečňují převážně z důvodu vyrušení jedince, přesunem za lepšími zdroji v rámci osídleného habitatu, reprodukce (Bubb et al., 2004; Bubb et al., 2006b; Buřič et al., 2009b), predace, hledání nových úkrytů, svlékání nebo reakcí na aktuální abiotické podmínky prostředí (Webb & Richardson, 2004).

Znalost pohybové aktivity raků je užitečná především k předpovědi možného šíření invazivních severoamerických druhů v Evropě. Tito raci ohrožují původní evropské druhy, především se zavlečením račího moru, který je pro naše druhy smrtelný. Využití znalostí o migraci můžeme těmto problémům částečně předejít a chránit původní druhy (Bubb et al., 2006a).

Jevy, které u krátkodobé migrace můžeme sledovat jsou následující: Rychlost šíření dané populace (Bubb et al., 2004; Bubb et al., 2006a), směr migrace, zda se pohybují po proudu nebo proti proudu (Kadlecová et al., 2012; Římalová & Bílý, 2013), rozdíly v sezónní aktivitě (Bubb et al., 2004, Buřič et al., 2009b), rozdíl v denní a noční migraci (Hirsch et al., 2016), závislost pohlaví a velikosti na pohybové aktivitě (Wutz & Geist 2013). Autoři Kozák et al. (2015) uvádí, že původní druhy nelze brzdit, ani dlouhodobě zamezit v jejich šíření do nových lokalit. Jediné doposud známé překážky, které raky brzdí v migraci jsou klimatické podmínky a lokální fyzikální nebo chemické parametry prostředí, které nejsou vhodné pro dané druhy (Kozák et al., 2015). Některé studie zabývající se migrací raků se zabírají tzv. behaviorální teorií, též známou jako „ephemeral home range“. Tato teorie tvrdí, že raci po objevení vhodného úkrytu s dostatkem potravy setrvávají několik dnů v daném úkrytu, aby nabrali energii. V tu chvíli se snižuje jejich pohybová aktivita na několik dní. Po určitém periodicky se opakujícím čase dochází opět k migraci do oblastí s dostatkem potřebných zdrojů (Robinson et al., 2000; Hirsch et al., 2016).

Studie, které se zabíraly pohybovou aktivitou raků, byly nejčastěji prováděny v Evropě konkrétně v České republice (Kozák et al., 2004; Kadlecová et al., 2012; Římalová & Bílý 2013), Německu (Wutz & Geist 2013), Anglii (Bubb et al., 2006 a,b), Itálii (Gherardi et al. 1998) a v Chorvatsku (Hudina et al., 2011). Dále studie probíhaly v Americe (Kerby et al., 2005; Moorhouse & MacDonald 2011) a v Tasmánii (Webb & Richardson 2004), kde hlavním živočichem studie byl největší žijící rak světa *Astacopsis gouldi* (Clark, 1936).

Co se týče aktivity původních druhů raků, tak ta není příliš prozkoumaná, jako například migrace invazivních druhů jako jsou rak signální nebo rak pruhovaný. Přesto existuje několik autorů, kteří se touto problematikou zabývají. Pohybová aktivita raka říčního *Astacus Astacus* (Lianeus, 1758) byla sledována v několika studiích. (Římalová & Bílý 2013; Hudina et al., 2008; Pöckl & Streissl 2005). Migrací raka kamenáče *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) se zabývá jen několik málo autorů. (Kadlecová et al., 2012; Římalová & Bílý 2013; Pöckl & Streissl 2005). Ze studií vyplývá, že nejdelší zaznamenanou migrací raka kamenáče byla vzdálenost 133 metrů, což s porovnáním s jinými druhy není nijak výjimečný (Kozák et al., 2015; Římalová & Bílý 2013; Kadlecová et al., 2012).

1.6 Rak kamenáč

1.6.1 Rozlišovací znaky

Rak kamenáč je původní evropský druh, který může dosahovat velikosti až 12 centimetrů a vážit okolo 55 gramů (adultní samec). Štambergová et al. (2009) ale uvádí velikost o něco menší, a to zhruba 8-10 centimetrů. Adultní samice bývají zpravidla o něco menší, okolo 6 až 9 centimetrů. Rak kamenáč bývá označován jako nejmenší druh evropského raka, která má i nejpomalejší růst (Kozák et al., 2015, Štambergová et al., 2009).

Krunýř, který kryje tělo je hladký, s absencí hrbolků a trnů. Tělo raka kamenáče na jeho svrchní části může mít několik barev. Objevují se odstíny šedozelené, béžové, ale můžeme se setkat i s oranžovým zbarvením. Patoka et al. (2013) uvádí i mramorovaný vzhled, který ale bývá vzácný (Patoka et al., 2013). Barva těla je ovlivněna ekologickými faktory, které na raka působí. Jsou to například fyziologický stav jedince, složení potravy ale i abiotické podmínky. Na jeho spodní straně těla je vždy světlejší zbarvení (Kozák et al., 2015, Štambergová et al., 2009).

Antenální šupiny mají na jejím ventrálním okraji řadu trnů. Jeden z hlavních poznávacích znaků je ten, že rak kamenáč má za očima pouze jeden pár postorbitálních lišt, které se plynule vytrácí k ocasní části. Rostrum, které je krátké má vnější okraje hladké. Často bývá tupé a jeho špička připomíná rovnostranný trojúhelník (Kozák et al., 2015, Štambergová et al., 2009).

Klepeta jsou oproti tělu mnohem větší a mohutnější. Jsou na svém povrchu hrbolátá a opatřena velkými zuby na vnitřní straně obou prstů, které jim slouží především pro lov. Samice mívají menší klepeta než samci. Zbarvení klepet na jejich svrchní straně je stejné jako na barvě těla. Na spodní straně klepet je ale zbarvení světlejší. Nejčastěji se vyskytují odstíny béžové, oranžové, světlé žluté nebo narůžovělé (Kozák et al., 2015, Štambergová et al., 2009).

1.6.2 Rozšíření a habitat

1.6.2.1 Rozšíření v Evropě

Přítomnost raka kamenáče je spojována především se střední a jihovýchodní Evropou (Štambergová et al., 2009). Holdich et al. (2009) uvádí, že se rak kamenáč vyskytuje na dvaceti evropských teritoriích (Holdich et al., 2009). Severní hranicí rozšíření ohraničuje Německo s Českou republikou (Souty-Grosset et al., 2006, Štambergová et al., 2009). Nejsevernější bod, kde se rak kamenáč vyskytuje je podle Martina et al. (2008) v Sasku, které

je poblíž Drážďan (Martin a kol., 2008). Jihovýchodní hranicí rozšíření raka kamenáče je Rumunsko, Bulharsko, Řecko a evropská část Turecka (Harlioğlu a Güner, 2007; Perdikaris et al., 2007). Podle Souty-Grosset et al. (2006) je západní hranicí rozšíření Francie a Lucembursko (Souty-Grosset et al., 2006). Jižní hranice je tvořena přirozenou „bariérou“ a tím jsou Alpy, Jaderské moře a Skadarské jezero, které se vyskytuje mezi Černou Horou a Albánií. Hranice pokračuje přes Balkánský poloostrov až k Soluňskému zálivu (Štambergová et al., 2009). Poslední hranice je západní, kde ji vymezuje Lucembursko (Holdich et al., 2006).

1.6.2.2 Rozšíření v České republice

Ještě do nedávné doby byl rak kamenáč pokládán za vymizelého a jeho výskyt byl popsán pouze na čtyřech lokalitách (Policar a Kozák, 2000; Kozák et al., 2002). V současné době je jich známo mnohem více, kdy se jedná zhruba o méně než padesát lokalit (Vlach et al., 2009b). Centrum výskytu se pro raka kamenáče stává Středočeský a Plzeňský kraj (Kozák et al., 2015). Vlach et al. (2009b) realizovali v roce 2007–2009 výzkum, kde zjišťovali na jakých řekách se rak kamenáč vyskytuje. Výsledky ukázaly výskyt raka kamenáče v povodí Úhlavy (Příchovický a Kbelský potok), Úslavy (Chocenický, Přešínský, Podhrázský, Milínovský, Mítovský potok a jeho levostranný přítok, Kornatický, Bradava, Hrádecký, Bojovka, Božkovský potok) Radbuzy (její přítok Zubřina), Klabavy (Skořický s jeho pravostranným přítokem, Příkosický, Holoubkovský, Rakovský, Hůrecký, Tisý potok a Chýlava), Berounky (Bertínský potok) a Dunaje (Medvědí potok a levostranný přítok Novosedleckého potoka) (Vlach et al., 2009b).

Středočeský kraj má populace raka kamenáče na čtyřech povodí řek. Jsou to Vltava (Zákolanský potok), Berounka (Radotínský, Všenorský, Úpořský a Hořejší potok). Dále již zmíněna řeka Klabava (Padrtšský potok) a říčka zvaná Litavka (Kublovský, Stroupínský a Bzovský potok), která se nachází v okrese Příbram (Vlach et al., 2009b).

Východněji, a to konkrétně v Královehradeckém kraji se rak kamenáč vyskytuje v povodí Labe (Luční, Bolkovský a Javornický potok). V sousedícím Libereckém kraji se setkáváme s tímto druhem v povodí řeky Ploučnice (Valdecký potok), která spadá i do kraje Ústeckého, ale zde se rak kamenáč vyskytuje v potoce zvaným Huníkovským a v povodí Labe, konkrétně v Trojhorském potoce (Vlach et al., 2009b).

1.6.2.3 Habitat

Rak kamenáč obývá horní partie potoků a malých řek, které mají přírodní charakter a jejich dno je tvořeno velkým množstvím úkrytů (Kozák et al., 2015). Ty jsou právě důležitým faktorem pro jejich výskyt v daném území a jako úkryty využívají především kameny, balvany ale také kořenové systémy přibřežní vegetace (Štambergová et al., 2009). Přítomnost račí populace je především v klidných zónách, kde má voda chladnější teplotu. Rakovi kamenáčovi vyhovuje rychle proudící a meandrující voda (Vlach et al., 2009b). Jsou ale oblasti, kde se tento druh vyskytuje i ve stojatých vodách, a to například v areálu Nového Mlýna v Zákolanském potoce (Štambergová et al., 2009). Vlach et al. (2009a) uvádí, že rak kamenáč preferuje hrubší substrát, který může být tvořen kamenitým nebo štěrkovitým dnem. Z hlavních důvodů, proč tomu tak je, je vznik úkrytů, které rak kamenáč vyžaduje (Vlach et al., 2009b). Úkryty rakům slouží k ochraně před predátory a také při silných proudech vody (Striessl & Hodl 2002). Raci obývají nejen vody s hrubším substrátem, ale můžeme se setkat s výskytem populace v tocích s písčítým nebo bahnitým dnem. Jsou to například Rakovský nebo Božkovský potok (Vlach et al., 2009b). V tomto substrátu si rak kamenáč tvoří úkryty hloubením nor do bahnitých a jílovitých břehů (Mourek et al., 2006, Vlach et al., 2009a). Okolí toků je běžně tvořeno lesy, ať už smíšeným nebo listnatým. Nejčastěji se kolem vyskytují olše, vrby nebo i jilmy. Můžeme se ale setkat i se zónou keřů (vrba) nebo s obhospodařovanými lukami (Kozák et al., 2015).

Na některých lokalitách je znám výskyt raka kamenáče společně s ostatními evropskými druhy. Přítomnost raka kamenáče s rakem říčním je znám do dnešní doby na následujících tocích. Jsou to: Chocenický potok, Bradava, Bzovský potok, Zákolanský potok, Stroupínský potok, Příkosický potok, Mítovský potok, Svinařský potok, Bystrá a Zubřina. V minulosti se bylo možné setkat s přítomností tří původních evropských raků, a to konkrétně s rakem kamenáčem, rakem říčním a rakem bahenním na Padrťském potoce (Štambergová et al., 2009).

1.7 Cíle práce

Hlavní cíl práce:

- Sledování a následné posouzení krátkodobé migrace raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*) na předem daných dvou lokalitách.

Další cíle práce:

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

2 Metodika

2.1 Charakteristika toků

Chocenický potok

Chocenický potok pramení v nadmořské výšce 491 m. n. m. a protéká přes obce: Jarov, Svárkov, Chocenice, osadu Hladomří, osadu Nová Hut' a přes Vlčice, část města Blovice. Všechny tyto zmíněné obce spadají do Plzeňského kraje. Délka toku činí 7,4 kilometrů a vlévá se do řeky Úslavy. Zkoumaná lokalita (GPS: 49°33'51.336"N, 13°31'55.364"E) a nedaleká vesnice Vlčice jsou od sebe vzdáleny zhruba 1,6 kilometrů (Vlach et al. 2009b).

Přešínský potok

Přešínský potok pramení u obce Přešín ve výšce 580 m. n. m. a protéká obcemi Louňavá a Žďár, které nalezneme též v Plzeňském kraji. Celková délka toku je 5,5 km. Přešínský potok se vlévá do Úslavy u obce Ždírec (395 m. n. m.). Zkoumaná lokalita se nachází na souřadnicích: 49°33'45.211"N, 13°36'57.798"E (Vlach et al. 2009b), která se nachází necelý kilometr od obce Louňavá.

2.2 Design experimentu

Na předem dvou daných lokalitách byl zvolen vhodný padesáti metrový úsek. Tento úsek byl vyměřen pomocí pásma, které nám výzkumné pole rozdělilo na jednotlivé metry. Poté následoval ruční odchyt raků na třech plochách o délce deseti metrů s deseti metrovým rozestupem. Při ručním odchytu byly prohledány především úkryty, kde se raci vyskytují nejčastěji. V našem případě to byly hlavně kameny a kořeny pobřežní vegetace.

Při ručním odchytu raků byli ihned po naleznutí stanoveny přesné popisy nálezu. Konkrétně se jednalo o informace podélného profilu (vzdálenost na předem vyznačeném padesáti metrovém úseku), příčného profilu (vzdálenost od levého břehu) a velikosti úkrytů, pod kterými byli raci nalezeni. Nejčastějšími úkryty na našich tocích byly kameny. Ty byly rozděleny do 5 velikostních kategorií: 0-5 cm, 5,1-10 cm, 10,1-15 cm, 15,1-30 cm, a více než 30 cm. Tyto informace byly zaneseny do záznamového archu, poté byli raci vloženi na břeh do plastových kelímků s vodou. Takto bylo postupováno po celém úseku.

Po odchytu vyměřeného stanoviště jsme se vrátili opět na začátek, kde byli raci podrobeni detailnějšímu popisu. Bylo určováno pohlaví, bylo měřeno pomocí posuvného měřítka délka celého těla (přesnost na 0,1 mm) a délka karapaxu (přesnost na 0,1 mm). Stejně tak, jako kameny, byli raci rozděleni do 5 velikostních kategorií: 0-18 mm, 18,1-30 mm, 30,1-60 mm,

60,1-90 mm a více než 90 mm. V našem výzkumu na krátkodobou migraci nebyli zařazeni juvenilní ráčata, proto se ve velikostní kategorii 0-18 mm neobjevují žádná data. Hlavním důvodem vynechání mladých ráčat ve výzkumu byla především náročnost ve značení tak malých jedinců. Když raci byli takto podrobeni popisu, následovalo jejich značení.



Obrázek 2: Experimentální design na Chocenickém potoce.

Při jejich značení bylo použito interní značení pomocí elastomer (Visible Implant Elastomers tags – VIE). Elastomery vzniknou smícháním dvou složek. Ty vytvoří dočasnou tekutinu, která je pomocí injekční stříkačky vpravena pod kutikulu. Konkrétně na spodní část abdomenu raka, kde tekutina ztuhne a změní se ve viditelnou látku. To umožní vytvořit na rakovi binární kód, podle kterého lze raka identifikovat. Elastomery mají dokonce i velkou variabilitu barev, ať už se jedná o barvy fluorescentní (žlutá, růžová, zelená) nebo barvy nefluorescentní (hnědá, bílá, černá). V této práci byla využita barva žlutá. Toto značení má velkou výhodu a to tu, že značení elastomer je vidět i na běžném světle (Kozák et al., 2015). Když bylo dokončeno značení raků, jedinci byli vráceni na jejich přesné místo předchozího nálezu.



Obrázek 3: Značení jedince za pomoci elastomer.

Následující den (po 24 hodinách) jsme se vrátili na vyměřený úsek a následoval opět ruční odchyt raků. Byly prohledány všechny možné úkryty, které se na daném úseku vyskytovaly. Tentokrát ale byl podroben ručnímu odchytu celý úsek padesáti metrů. Naším cílem bylo objevit co nejvíce naznačených raků z předchozího dne. Pokud byl nalezen značený rak, byl vložen do plastového kelímku na břeh. Poté byly zapsány informace o jeho poloze nalezení. Tyto informace poté byly porovnány s jeho polohou v první den a tím byla zjištěna jeho krátkodobá migrace. Pokud byl nalezen rak, který označený nebyl, byl dán prozatímně do kbelíku s vodou. Po prohledání celého padesáti metrového úseku byli tito raci vypuštěni zpět do vody.

2.3 Statistické vyhodnocení dat

Statistické vyhodnocení dat bylo provedeno na jednotlivých tocích zvlášť. Byla vyhodnocena délková struktura populací, kdy pro každý tok byla vytvořena tabulka, která obsahovala početní zastoupení raků v jednotlivých velikostních kategoriích. Zpracování délkové struktury raků bylo vytvořeno prostřednictvím jednocestné analýzy rozptylu (ANOVA).

Další data, která byla vyhodnocena se zabývala délkou migrací na daných stanovištích. Zde byl použit test mnohonásobného porovnání – Kruskal-Wallis. Stejným testem byl také zjišťován rozdíl v délce migrací v závislosti na pohlaví.

Následující vyhodnocení dat se týkalo směru migrací, kdy jedinci byli rozčleněni na skupiny: migrující a nemigrující. Migrující raci byli dále rozděleni na ty, kteří migrovali po proudu a na ty, kteří migrovali proti proudu. Pro vyhodnocení frekvence migrací a pro zjištění rozdílu ve frekvenci migrací v závislosti na pohlaví byl použit χ^2 test. Tento test mohl být uskutečněn díky online verzi dostupné na internetu. [www. quantpsy.org](http://www.quantpsy.org)

Struktura kamenů byla dalším na seznamu vyhodnocení a získání dat. Kameny byly rozřazeny do pěti velikostních kategorií: 0-5 cm, 5,1-10 cm, 10,1-15 cm, 15,1-30 cm. Poté pomocí χ^2 testu bylo vyhodnoceno poměrové zastoupení struktury úkrytů na jednotlivých úsecích daného toku.

Poté bylo s daty ohledně struktury kamenů pracováno dále. Byl zjišťován vztah mezi velikostí raka a velikostí kamene pomocí jednocestné analýzy rozptylu (ANOVA). Ze získaných dat bylo vytvořeno grafické znázornění pomocí box plotu pro každý tok.

Posledním vyhodnocením bylo vytvoření migračních map, které znázorňují jednotlivé migrace raků na jednotlivých tocích. Migrační mapy byly vytvořeny v programu Microsoft Excel Office 2010 za pomoci bublinkového grafu.

Všechny statistické testy byly vykonány na 5 % hladině významnosti.

3 Výsledky

Ve výsledcích byla zjišťována efektivita zpětného odchyty, délková struktura jedinců mezi jednotlivými toky či početní zastoupení délkových struktur na jednotlivých úsecích. Dále byla zjišťována frekvence migrací, délky migrací, velikostní kategorie kamenů na jednotlivých tocích či zda existuje vztah mezi velikostí kamene a velikostí raka. Nakonec byly vytvořeny migrační mapy z obou toků.

3.1 Efektivita zpětných odchytů

Celkový počet odchycených raků ze všech zkoumaných vodních toků v první den činil 72 jedinců. Na Přešínském i Chocenickém potoce bylo odchyceno stejný počet raků. Jednalo se o 36 jedinců na každém toku. Všichni tito jedinci byli po odchycení označeni pomocí elastomer, a poté byli navraceni na jejich původní místo nálezu.

Celkový počet zpětně odchycených raků ze všech toků v druhý den činil 11 jedinců. Na Chocenickém potoce byla větší úspěšnost odlovu raků než na potoce Přešínském. Na Chocenickém potoce z počtu 36 bylo zpětně odchyceno 7 raků. Úspěšnost zpětného odchytu (recapture rate) na tomto potoce činí 19,4 %. Na Přešínském potoce z počtu 36 byli zpětně odchyceni pouze 4 jedinci. Úspěšnost zpětného odchytu (recapture rate) činil 11,1 %.

3.2 Délková struktura na jednotlivých úsecích

Přešínský potok

První den bylo na daném úseku nalezeno 36 jedinců. Hodnota průměrné délky těla byla 49,25 mm (SD=13,73).

Početní zastoupení raků, co se délky těla raka týče, můžeme vyčíst z tabulky č. 1. Největší zastoupení má kategorie s rozmezím 30,1-60 mm, kam spadá většina odchycených raků. Přesněji se jedná o 28 jedinců. 7 jedinců spadá do kategorie s rozmezím 60,1-90 mm. Pouze s jedním zástupcem je kategorie s rozmezím 18,1-30 mm. Ve dvou velikostních kategoriích nemáme zastoupeno ani jednoho jedince. Jedná se o kategorie s nejnižší velikostí s rozmezím 0-18 mm, a naopak s největší velikostí kam spadají raci, jejichž délka těla je větší než 90 mm.

Tabulka 1: Zastoupení délkových kategorií na Přešínském potoce.

Délka těla	Počet zastoupení
0-18	0
18,1-30	1
30,1-60	28
60,1-90	7
> 90	0

Chocenický potok

První den bylo na daném úseku nalezeno 36 jedinců. Hodnota průměrné délky těla byla 45,48 mm (SD=10,45).

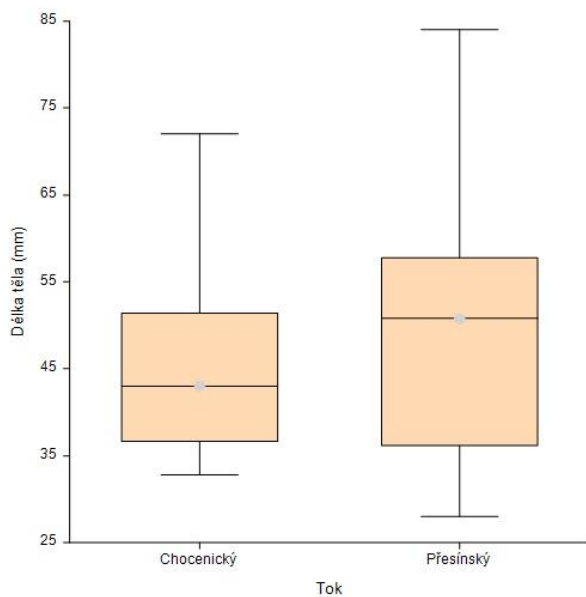
Početní zastoupení raků, co se délky těla raka týče, můžeme vyčíst z tabulky č. 2. Největší zastoupení má kategorie s rozmezím 30,1-60 mm, kam spadá většina odchycených raků. Přesněji se jedná se o 31 jedinců. Další a zároveň poslední kategorií, která má nějaké zastoupení, je kategorie v rozmezí 60,1-90 mm. Ta je zastoupena pouze 5 jedinci.

Tabulka 2: Zastoupení délkových kategorií na Chocenickém potoce.

Délka těla	Počet zastoupení
0-18	0
18,1-30	0
30,1-60	31
60,1-90	5
> 90	0

3.3 Délková struktura

Pomocí statistické analýzy rozptylu byla vyhodnocena délková struktura z Přešínského a Chocenického potoka. Bylo stanoveno, že rozdíl v délkové struktuře v první den odchytů raků na jednotlivých stanovištích nebyl statisticky významný (ANOVA, $H= 1,1$; $P= 0,29$), což můžeme vidět na obrázku č. 4.



Obrázek 4: Boxplot zobrazující celkovou délku těla odchycených raků na jednotlivých potocích v první den odlovu.

3.4 Frekvence migrací

U raků byla sledována četnost migrací v závislosti na pohlaví. Rozdíl mezi migrací samic a samců byl statisticky nevýznamný (Yates' $\chi^2 = 0,16$; $P = 0,69$).

Následovně byl vyhodnocen rozdíl v četnosti směru migrace. Zda raci migrovali po proudu, proti proudu nebo nemigrovali. Rozdíl ve frekvenci směru migrace se význačně nelišil (Yates' $\chi^2 = 1,87$; $P = 0,39$).

Tabulka 3: Počet zpětně odchycených raků a frekvence migrací na tocích v závislosti na pohlaví.

	Celkový počet	Samci	Samice
Přesínský	4	2	2
Chocenický	7	4	3

V této tabulce (tabulka č. 3) jsou shrnuty data ze všech zkoumaných toků, u kterých byly pozorovány migrační schopnosti. Celkový součet všech zpětně odchycených raků z obou toků byl 11 jedinců, kdy z nichž 6 bylo samců a 5 bylo samic.

Tabulka 4: Frekvence migrací v závislosti na jednotlivých stanovištích.

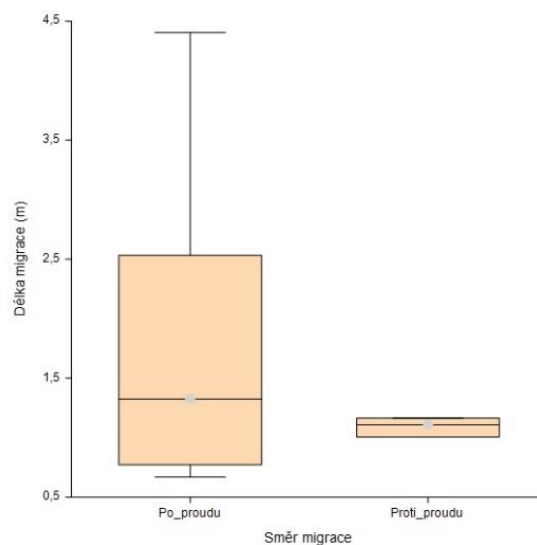
	Po proudu	Proti proudu	Nemigrující
Přesínský potok	1	1	2
Chocenický potok	5	2	0

Z tabulky č. 4 lze vyčíst, kolik raků migrovalo po proudu, proti proudu a kolik jedinců nemigrovalo vůbec. Na Přešínském a Chocenickém potoce migrovalo po proudu celkem 6 raků. Proti proudu migrovali na obou potocích 3 jedinci. Zástupci kategorie nemigrujících se při zpětném odchytu vyskytovali na stejném místě jako první den, tudíž se jejich místo nezměnilo. Tento případ se vyskytuje pouze na Přešínském potoce, kde byli 2 nemigrující jedinci. Konkrétně se jednalo o samice.

3.5 Délky migrací

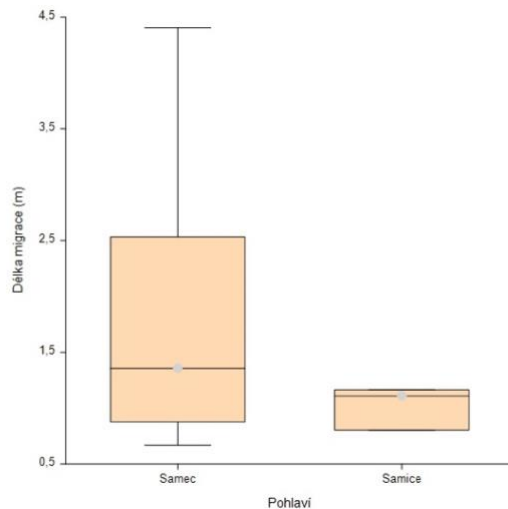
Celkově z obou toků byla zaznamenána nejdelší délka migrace raka na Chocenickém potoce. Tento rak migroval 4,4 metrů. Naopak nejkratší vzdálenost, kterou rak urazil, byla na Přešínském potoce. Tam konkrétně dva jedinci nemigrovali vůbec, tudíž se uražená vzdálenost rovnala nule. Ze zkoumaných toků byla průměrná délka migrace 1,25 metrů. Ze všech migrací na obou tocích byla hodnota mediánu 1 metr.

Další faktor, který byl sledován, bylo vyhodnocení délky migrace raků v závislosti na směru. Jedinec, který urazil nejdelší vzdálenost po proudu byl zaznamenán na Chocenickém potoce a jeho vzdálenost činila 4,4 metrů. Naopak proti proudu byla zaznamenána nejdelší uražená vzdálenost 1,17 metrů, kde tuto vzdálenost urazil rak ze stejného potoka. Průměrná délka migrace po proudu činila 1,74 metrů a hodnota mediánu byla 1,33 metrů. Průměrná délka migrace proti proudu byla 1,09 metrů a hodnota mediánu se rovnala 1,11 metrů. Rozdíl v délce migrací ve všech směrech (po proudu a proti proudu) dopadnul jako statisticky nevýznamný (Kruskal-Wallis ANOVA, $P=1$).



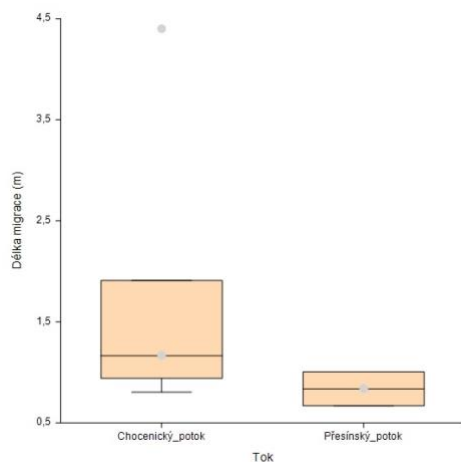
Obrázek 5: Boxplot zobrazující délku migrací na Přešínském i Chocenickém potoce v závislosti na směru (po proudu, proti proudu).

Další faktor, který byl sledován, byla uražená vzdálenost jedince v závislosti na pohlaví. Nejdelší migrace u samce se rovnala 4,4 metrů a u samice byla 1,17 metrů. Průměrná délka migrace u samců čítala 1,25 metrů a u samic 0,62 metrů. Hodnota mediánu délky migrace u samců se rovnala 1,36 metrů a u samic čítala 0,8 metrů. Rozdíl v délce migrací mezi jednotlivými pohlavími nebyl statisticky významný. (Kruskal-Wallis ANOVA, $P= 0,61$).



Obrázek 6: Boxplot znázorňující délku migrací na Přešinském i Chocenickém potoce v závislosti na pohlaví.

Jako poslední byly vyhodnoceny průměrné délky migrací mezi jednotlivými toky. Průměrná délka migrace byla na Přešinském potoce 0,42 metrů a na Chocenickém potoce 1,72 metrů. Hodnota mediánu na Přešinském potoce činila 0,34 metrů, a naopak na Chocenickém potoce byla hodnota 1,17 metrů. Rozdíly v délkách se na jednotlivých tocích význačně nelišily (Kruskal-Wallis ANOVA, $H= 2,14$; $P= 0,14$).



Obrázek 7: Boxplot zobrazující délku migrací na jednotlivých tocích.

3.6 Velikostní kategorie kamenů na jednotlivých tocích

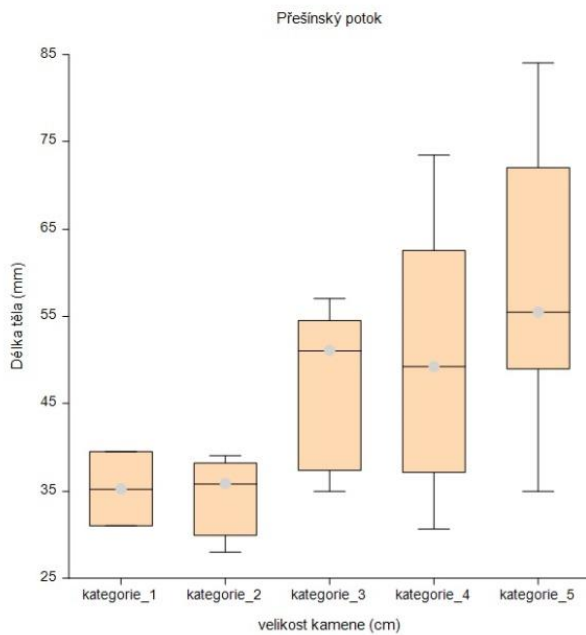
Na jednotlivých tocích byly rozděleny kameny do 5 velikostních kategorií: 0-5 cm, 5,1-10 cm, 10,1-15 cm, 15,1-30 cm a kameny větší než 30 cm. V této části bylo cílem vyhodnotit, zda se liší struktura kamenů obývaných nalezenými raky na jednotlivých stanovištích. V našem případě se struktura úkrytů, pod kterými byli raci nalezeni, signifikantně nelišila (Yates' $\chi^2 = 2,38$; $P = 0,67$).

Na Přešinském potoce byly zastoupeny všechny velikostní kategorie kamenů. Do kategorie 0-5 cm byli zařazeni dva jedinci, kteří byli odchyceni, když se pohybovali volně v korytu potoka. V následující kategorii 5,1-10 cm byli nalezeni 4 jedinci. Pod kameny o velikosti 10,1-15 cm se ukryvalo 8 jedinců. Nejvíce raků se ukryvalo pod kameny ve velikostní kategorii 15,1-30 cm, kde bylo nalezeno 12 jedinců. V poslední kategorii (kameny větších jak 30 cm) bylo nalezeno 10 jedinců.

Na Chocenickém potoce byly také zastoupeny všechny velikostní kategorie kamenů. Ve velikostních kategoriích 0-5 cm a kamenů větších jak 30 cm se ukryval shodný počet raků (v obou kategoriích se jednalo o 4 jedince). Ve velikostní kategorii 5,1-10 cm bylo nalezeno 7 jedinců. V následující kategorii 10,1-15 cm byl nalezen větší počet jedinců než u předchozí kategorie, a to konkrétně 8 raků. Nejvíce raků bylo shodně nalezeno jako u předchozího toku pod kameny ve velikostní kategorii 15,1-30 cm, kde bylo nalezeno 13 jedinců.

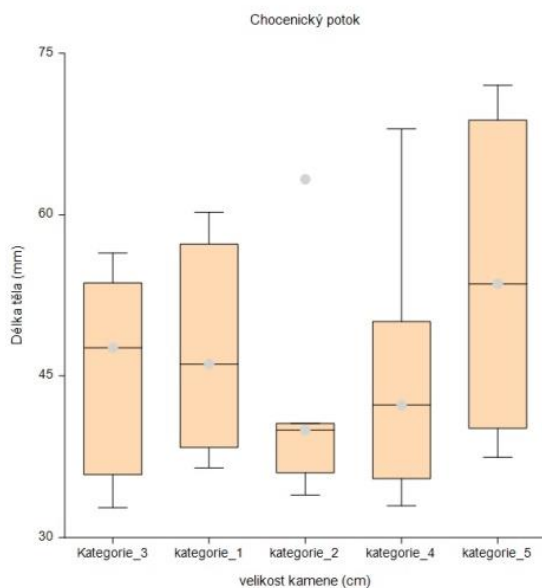
3.7 Vztah mezi velikostí kamene a velikostí raka

Na Přešinském potoce se délková struktura raků schovávajících se pod kameny signifikantně lišila (ANOVA, $H = 10,16$; $P = 0,38$). Průměrná délka těla raků ve velikostních kategoriích kamenů byla zastoupena následovně: 0-5 cm 35,25 mm; 5,1-10 cm 34,68 mm; 10,1-15 cm 47,34 mm, 15,1-30 cm 50,34 mm a pod kameny většími než 30 cm byli raci o jejich průměrné délce těla 58,09 mm. Z vyhodnocených dat můžeme potvrdit, že velikost raka roste v závislosti na zvětšující se velikosti kamene, což můžeme vidět na obrázku č. 8.



Obrázek 8: Boxplot znázorňující vztah mezi délkou těla raka a velikostí kamene, pod kterými se jedinci nacházeli na Přešinském potoce – kategorie 1...0-5 cm; kategorie 2...5,1-10 cm; kategorie 3...10,1-15 cm; kategorie 4...15,15-30 cm; kategorie 5...<30 cm.

Délková struktura raků ukrývajících se pod kameny o různých velikostních kategoriích byla na Chocenickém potoce statisticky nevýznamná (ANOVA, $H= 3,52$; $P= 0,47$). Průměrná délka těla raků byla pod kameny o různých velikostních kategoriích zastoupena následovně: 0-5 cm 47,25 mm, kdy 2 ze 4 jedinců byli nalezeni pohybující se volně v korytu; 5,1-10 cm 41,56 mm; 10,1-15 cm 45,33 mm, 15,1-30 cm 44,47 mm a pod kameny většími než 30 cm byli raci o jejich průměrné délce těla 54,175 mm.

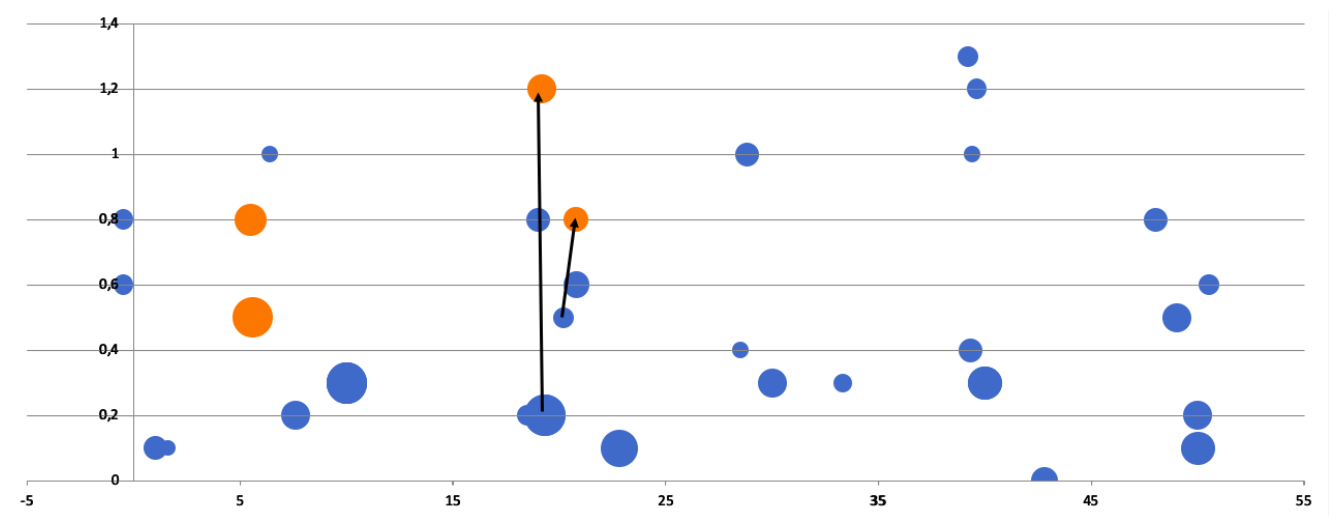


Obrázek 9: Boxplot znázorňující vztah mezi délkou těla raka a velikostí kamene, pod kterými se jedinci nacházeli na Chocenickém potoce – kategorie 1...0-5 cm; kategorie 2...5,1-10 cm; kategorie 3...10,1-15 cm; kategorie 4...15,15-30 cm; kategorie 5...<30 cm.

3.8 Migrační mapy

Přešínský potok

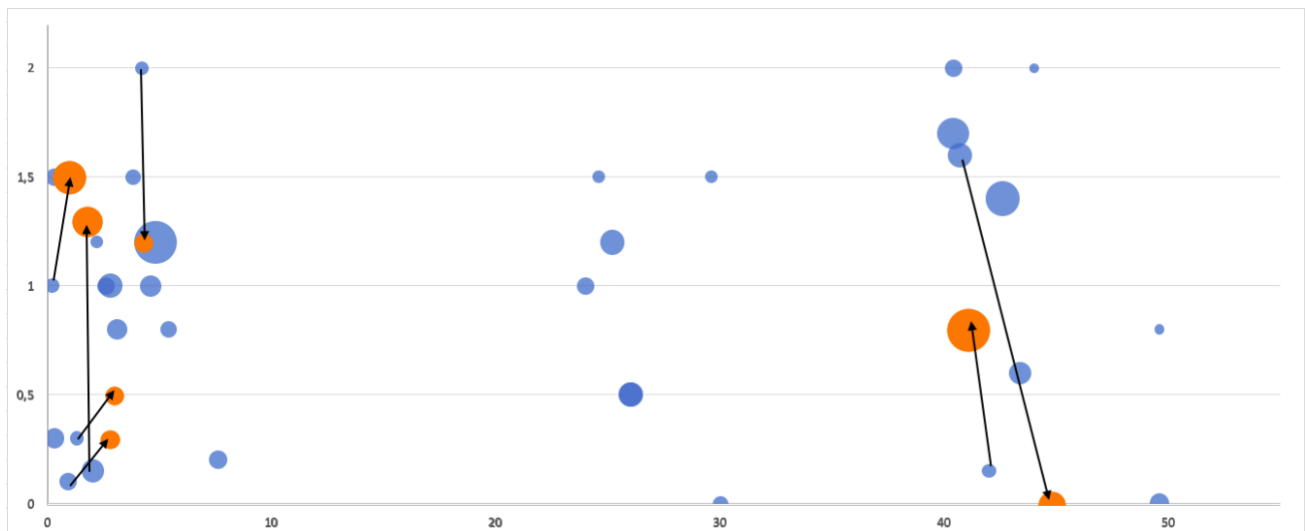
Na Přešínském potoce byli zpětně odchyceni celkem 4 jedinci z původně 36 označených z prvního dne. Jednalo se o 2 samce a 2 samice. Nejdelší zaznamenaná migrace na tomto potoce byla u samce, kdy uražená vzdálenost činila 1 metr proti proudu. Na tomto potoce se vyskytují i dva jedinci, konkrétně dvě samice, které byly druhý den odchyty nalezeny na úplně stejném místě jako první den, tudíž se jejich vzdálenost migrace rovná 0. Poslední jedinec, který migroval byl samec a jeho uražená vzdálenost činila 0,67 po proudu.



Obrázek 10: Migrační mapa zachycující krátkodobou migraci raka kamenáče na Přešínském potoce. Modrá barva znázorňuje místo nálezu při prvním dnu odchyty a značení raků, oranžová barva značí místo nálezu při druhém dnu odchyty, šipky znázorňují směr migrace raků. Velikost kruhu představuje velikost kamene, pod kterým byl rak odchycen. Osa x značí délku v podélném profilu (m), osa y značí délku v příčném profilu (m).

Chocenický potok

Na Chocenickém potoce bylo zpětně odchyceno celkem 7 jedinců z původně 36 označených z prvního dne. Nejdelší zaznamenaná migrace na tomto potoce byla u samce, kdy uražená vzdálenost činila 4,4 metrů po proudu. Tato vzdálenost byla nejdelší zaznamenanou migrací v této studii. U samice byla nejdelší uražená vzdálenost 1,16 metrů. Po proudu migrovalo celkem 5 jedinců, proti proudu jen 2 jedinci. Průměrná hodnota migrace na tomto potoce činila 1,72 metrů.



Obrázek 11: Migrační mapa zachycující krátkodobou migraci raka kamenáče na Přešinském potoce. Modrá barva znázorňuje místo nálezů při prvním dnu odchyty a značení raků, oranžová barva značí místo nálezů při druhém dnu odchyty, šipky znázorňují směr migrace raků. Velikost kruhu představuje velikost kamene, pod kterým byl rak odchyten. Osa x značí délku v podélném profilu (m), osa y značí délku v příčném profilu (m).

4 Diskuze

Studium krátkodobé migrace raka kamenáče probíhalo v roce 2019, konkrétně v měsíci září. Pro toto studium byly zvoleny 2 předem vybrané toky, na kterých se rak kamenáč vyskytuje. Obě lokality se nacházely v Plzeňském kraji.

Cílem naší práce bylo zjistit a vyhodnotit krátkodobou migraci raka kamenáče. Bylo zjišťováno, zda existuje rozdíl v migraci v závislosti na pohlaví a zda raci upřednostňují směr migrace spíše po proudu nebo naopak proti proudu. Dále byla zkoumána jejich délková struktura. Zde bylo pozorováno, zda existuje závislost vztahu velikosti raka na velikosti kamene, pod kterým se daný jedinec ukrýval. Posledním cílem bylo vytvořit migrační mapy, které zobrazují krátkodobou migraci raků na jednotlivých tocích (Přešínský potok, Chocenický potok). Všechna data, která byla z výzkumu získaná byla statisticky i graficky vyhodnocena.

Ruční odchyt raků byl prováděn na 2 lokalitách. Jednalo se o Přešínský a Chocenický potok, oba se nachází v Plzeňském kraji. Charakteristika je u obou toků velice podobná. Čistá a průhledná voda s občasnými meandrujícími úseky, a především mělkou hladinou, což bylo klíčové při naší terénní práci. Díky všem těmto aspektům bylo možné využít metodu ručního odchytu. Po nalezení optimálního úseku na toce bylo pásmem vyznačeno padesát metrů. Poté následoval ruční odchyt, který byl uskutečňován proti proudu, aby při ručním odchytu nebyla zakalena voda. Byly prohledávány všechny možné úkryty, které se v daném toce vyskytovaly. Nejčastějšími úkryty raků byly především kameny různých velikostí, které jak tvrdí Štambergová et al. (2009) rak kamenáč vyžaduje (Štambergová et al., 2009). Tyto úkryty využívají především k ochraně před predátory (Striessl & Hodl 2002). V této práci bylo možné se setkat s nalezením dvou jedinců pod velikostní kategorií kamenů 0-5 cm, což v našem případě bylo nalezení raků volně se pohybujících v korytu Přešínského potoka. V naší studii o krátkodobé migraci byli vynecháni juvenilní jedinci. Hlavním důvodem byla obtížnost naznačení takto malých ráčat.

Ze souhrnného množství 72 označených jedinců bylo zpětně odchyceno 11 raků. Efektivita zpětného odchytu na všech tocích činila 15,2 %. Na Chocenickém potoce byla úspěšnost zpětného odchytu 19,4 %. Na Přešínském potoce byla efektivita zpětného odchytu nižší než

na potoce Chocenicím. Konkrétně se jednalo o 11,1 %. Samozřejmě tyto hodnoty podléhají několika faktorům, které je ovlivňují. Může se jednat například o to, kdy jedinec, který byl nalezen první den, migroval ven z vyměřeného úseku, a tím už se stal nedohledatelný. U autorů zabývajících se migrací raků, jako Hudina et al. (2011), Kadlecová et al. (2012) nebo Wutz & Geist (2013) se úspěšnost zpětného odchyту pohybovala v rozmezí 10–50 % úspěšnosti. Nemůžeme jednoznačně tyto výsledky porovnávat s těmito, avšak efektivita zpětného odchyту na Přešinském tak i Chocenicím potoce spadá do rozmezí již zmiňovaných hodnot. Dále byly porovnány hodnoty zpětného odchyту s prací od Režné (2020), která se touto tématikou také zabývala. Její hlavními lokalitami byly: Levostranný přítok Novosedleckého potoka a Zubřina. Její efektivita zpětného odchyту byla na Levostranném přítoku Novosedleckého potoka 29,7 % a na Zubřině 23 %. Celková efektivita zpětného odchyту byla 28 %, což znamená, že její úspěšnost zpětného odchyту byla vyšší než na mnou sledovaných tocích. Jak jsem již zmiňovala, tyto hodnoty podléhají několika faktorům, které je ovlivňují. V tomto případě by to mohla být například lepší potravní dostupnost, či lepší zázemí co se úkrytů týče. Režná (2020) navíc na potoku Zubřina našla pouze 13 jedinců v první den a druhý den to byli 3 jedinci, což procenta úspěšnosti zpětného odchyту také zvyšuje. Efektivita zpětného odchyту také výrazně ovlivňuje i metoda, která byla použita.

Se sledováním migrace raka kamenáče je úzce spjato i jeho značení. Metody značení má několik možností. Jsou to například metody vypalování značek, pasivní integrované čipy nebo Alpha štítky (Kozák et al., 2015). Pro tuto studii bylo vybráno značení raků pomocí takzvaných elastomer – VIE. Elastomery neboli Visible Implant Elastomery se skládají ze dvou komponentů, které po smíchání vytvoří tekutinu. Ta je poté pomocí injekční stříkačky vpravena do těla raka, kde pomocí binárního kódu vznikne individuální značení. Tato metoda značení je velice rychlá, což vnímám jako pozitivní (Kozák et al., 2015). Jak někteří autoři zmiňují, její negativitu shledávají v nízké kódovací kapacitě, ta však pro tuto studii nebyla nijak limitující (Buřič et al., 2008).

Dále byla zjišťována délková struktura raků na jednotlivých tocích. Jedinci byli rozřazeni do velikostních kategorií. Jednalo se o kategorie: 0-18 mm; 18,1-30 mm; 30,1-60 mm; 60,1-90 mm; <90. Největší značený rak byla samice o velikosti 72 mm. Nejmenší značený rak byla opět samice o velikosti 32,8 mm. Z výsledků můžeme vyčíst, že rozdíl v délkové struktuře v první den mezi jednotlivými toky není statisticky významný.

Následovně byla pozorována délka migrace. Migrační aktivita byla pozorována celkem u 11 zpětně odchycených jedinců (6 samců, 5 samic). Rak kamenáč je znám tím, že po nějaký čas zůstává v blízkosti svého úkrytu (Kadlecová et al., 2012), což i potvrzují dva jedinci v mé studii, kteří nezměnili místo po dobu 24 hodin. Mezi důležité faktory pro migraci jsou především dostatek vhodných úkrytů a bohatá potravní nabídka. Autoři zmiňují, že rak kamenáč se aktivně pohybuje do doby, než nalezne vhodný úkryt (Sint & Föderer, 2004). Z mých výsledků vyplývá, že pro raka kamenáče neznámá větší kámen lepší úkryt, protože pouze jeden jedinec z jedenácti zpětně odchycených migroval pod větší kámen. Ostatní jedinci se ukrývali pod podobně velkými kameny, pod kterými byli nalezeni první den. Nejdelší migrace v této studii byla zaznamenána na Chocenicím potoce. Konkrétně se jednalo o samce, který migroval 4,4 m. Předpokládám, že některý z naznačených raků mohl tuto vzdálenost překonat tak, že jeho migrace směřovala mimo měřený úsek. Přesto ale z hodnot můžeme potvrdit, že jak píše někteří autoři (Kadlecová et al., 2012), rak kamenáč upřednostňuje zůstat v blízkosti svého úkrytu.

Dalším cílem, které bylo v této studii sledováno, bylo, zda existuje souvislost v četnosti raků v závislosti na pohlaví. Jak někteří autoři zmiňují, samice se v období rozmnožování, konkrétně v době, kdy se stará o vajíčka, omezuje v její migraci. Období rozmnožování začíná na podzim, a jelikož tato studie probíhala v měsíci září, můžeme naše výsledky porovnat (Štambergová et al., 2009). Z celkem 11 zpětně odchycených raků bylo 6 samic a 5 samců, což tuto skutečnost nepotvrzuje. Domnívám se, že to může být způsobeno tím, že výzkum probíhal na začátku podzimu, kdy ještě byly vyšší teploty a raci nebyli ovlivněni teplotou vody či hormonálním řízením ke stádiu rozmnožování.

Někteří autoři zmiňují, že existují faktory, které ovlivňují směr migrace raků. Nejčastěji zmiňovanými faktory je změna hladiny vody či síla průtoku vody (Kadlecová et al., 2012; Kozák et al., 2004). Tento faktor v našem případě nebyl nijak ovlivňující, protože se tyto podmínky během studie nezměnily. Toto tvrzení můžeme potvrdit na Přešínském potoce, kdy se rovná počet migrujících raků po proudu a proti proudu. S větší odchylkou se setkáváme na Chocenicím potoce, kdy se počet raků po proudu a proti proudu již liší. Jedná se konkrétně o 5 jedinců, kteří migrovali po proudu a pouze 2 jedinci, kteří migrovali proti proudu. Přesto rozdíl ve frekvenci směru migrace byl statisticky nevýznamný.

Posledním dílčím cílem bylo zjistit, zda existuje vztah mezi velikostí kamene v závislosti na velikosti raka. Touto tematikou se zabývají i tito dva autoři (Pöckl & Streissel, 2005), kteří tvrdí, že vztah mezi velikostí kamene v závislosti na velikosti raka existuje. Toto tvrzení se potvrdilo pouze na jednom ze sledovaných toků. Konkrétně se jednalo o Přešínský potok, kde se tato skutečnost potvrdila. Na druhém toku se toto tvrzení nepotvrdilo. Domnívám se, že tento výrok nepodléhá vnějším faktorům, které ho z části také ovlivňují. Jsou to například: hustota populace, složení délkové struktury či množství úkrytů včetně jejich velikostního počtu zastoupení.

5 Závěr

Hlavním cílem této práce bylo sledovat a následně posoudit krátkodobou migraci raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*). Dále byla zjišťována a vyhodnocována frekvence migrací v závislosti na pohlaví či v závislosti na směru migrace. Následovně bylo zjišťováno, zda existuje rozdíl ve struktuře kamenů na jednotlivých tocích a také bylo zjišťováno, zda existuje vztah mezi velikostí kamene v závislosti na velikosti raka, který se pod daným kamenem ukrýval. A posledním dílčím cílem bylo porovnávání délkové struktury raků na jednotlivých stanovištích.

Výzkum probíhal ve dvou dnech a to konkrétně 18. až 19. září roku 2019. Průzkum probíhal na dvou předem daných lokalitách. Jednalo se o Přešínský a Chocenický potok, oba se nacházejí v Plzeňském kraji. Na každém z toků byla sledována krátkodobá migrace raka kamenáče. Výzkum probíhal ve dvou po sobě jdoucích dnech. První den byl nejdříve nalezen a poté vyměřen vhodný padesáti metrový úsek, který byl dále rozdělen po deseti metrech. Tento postup byl zvolen z důvodu usnadnění terénní práce. Jelikož našim prohlíženým úsekem bylo deset metrů a poté následoval deseti metrovým odstup. Tudiž bylo v první den prohledáno ručním odchytem dohromady třicet metrů. Jedinci, kteří byli chyceni, byli podrobeni bližšímu popisu (délka těla, délka carapaxu, pohlaví a kde byli nalezeni). Dále byli jedinci označeni pomocí elastomer VIE na jejich břišní straně těla. Raci byli označeni tzv. binárním kódem kvůli jejich odlišení. Poté byli navraceni na jejich původní místo nálezu. Druhý den byl stejnou metodou ručního odchyty znovu prohledán padesáti metrový úsek, tentokrát ale celý bez odstupů. Získaná data, byla využita ke zhotovení migračních aktivit během 24 hodin.

Souhrnné množství odchycených raků z obou dnů a všech lokalit činil 83 raků. První den bylo naznačeno 72 jedinců, shodně na obou tocích po 36 jedincích. Při zpětném odchyty druhý den počet raků činil 11.

Dalším cílem výzkumu bylo srovnání délkové struktury raků. Pomocí statistické analýzy bylo zjištěno, že rozdíl v délkové struktuře mezi jednotlivými toky nebyl statisticky významný. Následovně byla pozorována délková struktura na jednotlivých tocích zvlášť. Zde bylo pozorováno jejich početní zastoupení v jednotlivých velikostních kategoriích. Na Přešínském potoce byla průměrná délka těla raků z obou dnů 50,31 mm a na Chocenickém potoce byla 47,58 mm.

6 Resumé

Cílem bakalářské práce bylo zjistit krátkodobou migrační schopnost raka kamenáče na dvou tocích. Výzkum probíhal v září minulého roku (2019). Zkoumání proběhlo na dvou tocích v Plzeňském kraji, konkrétně na Přešínském a Chocenickém potoce. Pomocí metody ručního odchyty byly prozkoumány všechny možné úkryty, kde se raci mohli vyskytovat. Nalezení raci byli podrobeni detailnějšímu popisu a pomocí elastomer – VIE označeni. Poté byli vráceni na přesné místo původního nalezení. Druhý den byly stejnou metodou prohledávány všechny úkryty a byla zjišťována migrace raků na daném stanovišti. Všechna získaná data byla graficky i statisticky zpracována.

Klíčová slova:

rak kamenáč, krátkodobá migrace, pohybové schopnosti

7 Cizojazyčné resumé

The aim of the Bachelor thesis was to research stone crayfish`s short-term migration ability. The research has taken place last year (2019), in September. The study was made in two localities in Pilsen Region, especially in Přešínský and Chocenický spruit. All the possible covers, where crayfishs could be hidden, were explored by hand catch method. Explored crayfishs were submit to more details description and marked by elastomer – VIE. Then, they were returned exactly to the same spot they were found. All covers were explored by same method next day and crayfish`s migration on the same locality was found out. All the gained data were graphically and statistically analyzed.

Key words:

stone crayfish, short-term migration, movement abilities

8 Seznam literatury

- Bohl, E. 1999. Motion of individual Noble crayfish *Astacus astacus* in different biological situations: In situ studies using radio telemetry. – *Freshwater crayfish* 12: 677–687.
- Bubb, D. H., Thom, T. J. & Lucas, M. C. 2004. Winter movements and activity of signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* in an upland river, determined by radio telemetry. – *Freshwater Biology* 49: 357–368.
- Bubb, D. H., Thom, T. J. & Lucas, M. C. 2005. The within-catchment invasion of the non-indigenous signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* (Dana), in upland rivers. – *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 376–377: 665–673.
- 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.
- Bubb, D. H., Thom, T. J. & Lucas, M. C. 2006b. Movement, dispersal and refuge use of o-occurring introduced and native crayfish. – *Freshwater Biology* 51: 1359–1368.
- Buřič, M., Kozák, P. & Kouba, A. 2009a. Movement patterns and ranging behavior of the invasive spiny-cheek crayfish in a small reservoir tributary. – *Fundamental and Applied Limnology* 174: 329–337.
- Buřič, M., Kouba, A. & Kozák, P. 2009b. Spring mating period in *Orconectes limosus*: the reason for movement. – *Aquatic Science* 71: 473–477.
- Crandall, K. A. & Buhay, J. E. 2008. Global diversity of crayfish (Astacidae, Cambaridae, and Parastacidae - Decapoda) in freshwater. – *Hydrobiologia* 595: 295–301.
- 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): 615–653.
- Fisher, D. & Vlach, P. 2018. Hlavní příčiny ohrožení raka kamenáče na území ČR. – *Agentura ochrany a přírody a krajiny ČR* (6).
- Füreder, L., Gherardi, F. & Souty-Grosset, C. 2010. *Austropotamobius torrentium* (errata version published in 2017). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2010: e.T2431A121724677. Downloaded on 29 April 2020.
- 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.
- Harlıoğlu, M. M., Güner, U. 2007. A new record of recently discovered crayfish, *Austropotamobius torrentium* (Shrank, 1803), in Turkey – *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 387: 1–5.
- 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. 2002. Distribution of crayfish in Europe and some adjoining countries. – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 367: 611–650.
- Holdich, D.M., Haffer, P., Noël, P., Carral, J., Füreder, L., Gherardi, F., Machino, Y., Madec, J., Pöckl, M., Šmietana, P., Taugbol, T., Vigneux, E. 2006. Species files. In: Souty-Grosset, C., Holdich, D.M., Noël, P.Y., Reynolds, J.D., Haffner, P. (Eds), *Atlas of Crayfish in Europe*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, s. 49–130.
- Hudina, S., Lucić, A., Žganec, K. & Janković, S. 2011. Characteristics and movement patterns of a recently established invasive *Pacifastacus leniusculus* population in the river Mura, Croatia. – *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 403: 07.
- Hudina, S., Maguire, I. & Klobučar, G. I. V. 2008. Spatial dynamics of the noble crayfish (*Astacus astacus*, L.) in the Paklenica National Park. – *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 388: 01.
- 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.
- 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).
- Kozák, P., Ďuriš, Z., Policar, T. 2002. The stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank) in the Czech Republic. – *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 367: 707–713.
- Kozák, P., Policar, T. & Ďuriš, Z. 2004. Migratory ability of *Orconectes limosus* through a fishpass and notes on its occurrence in the Czech Republic. – *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 372–373: 367–373.
- Kozák, P., Ďuriš, Z., Petrussek, A., Buřič, M., Horká, I., Kouba, A., Kozubíková-Balcarová, E., Policar, T. 2015. *Biologie a chov raků. 2., aktualizované vydání*. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, České Budějovice, 429 s.
- 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.
- Mourek, J., Zavadil, V., Fischer, D., Štambergová, M. & Hoffmannová, K. 2006. Dva druhy raků v Zákolanském potoce. – Budeč 1 100 let. II. – *Příroda – krajina – člověk* 146–164.

- OIE [The World Organisation for Animal Health]. 2003. Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals. – Paris: OIE *Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals* 4: 345–348
- Patoka, J., Římalová-Kadlecová, K., Bílý, M., Koščo, J. 2013. Frequency of new marble-colored morph in wild population of *Austropotamobius torrentium* (Decapoda: Astacidae). – *Biologia* 68: 707–711.
- Perdikaris, C., Koutrakis, E., Saraglidou, V., Margaritis, N. 2007. Confirmation of occurrence of the narrow-clawed crayfish *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 in the River Evros in Greece. – *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 385: 45–52.
- Polícar, T., Kozák, P. 2000. Výskyt raků v ČR. – *Bulletin VÚRH Vodňany* 36 (1–2): 18–22.
- Pöckl, M. & Streissl, F. 2005. *Austropotamobius torrentium* as an indicator for habitat quality in running waters? – *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 376–377: 743–758.
- 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.
- Režná, A. Denní migrace raka kamenáče. Plzeň, 2020. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, pedagogická fakulta, Centrum biologie, geověd a envigogiky.
- 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.
- Sint, D. & Füreder, L. 2004. Reintroduction of *Astacus astacus* L. in East Tyrol, Austria. – *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 372–373: 301–314.
- 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 s.
- Streissl, F., Hödl, W. 2002. Growth, morphometrics, size at maturity, sexual dimorphism and condition index of *Austropotamobius torrentium* Schrank. – *Hydrobiologia* 477: 195–199.
- Svobodová, J., Fischer D., Svobodová, E. & Vlach, P. 2016. Periodické vysychání toků: další faktor negativně ovlivňující populace našich raků. – *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* 58(3): 34–38
- Štambergová, M., Svobodová, J. & Kozubíková, E. 2009. Raci v České republice (Crayfish in the Czech Republic). – AOPK ČR, Praha, 255 s.
- Vlach, P., Fischer, D. a Hulec, L. 2009a. Microhabitat preference of the stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803). – *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 384–395: 15.

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., Fischer D. 2017. Decapoda. *Příroda*, Praha, 36: 99–101.

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*, roč. 416, č. 16, 12 s.

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.

9 Přílohy

9.1 Příloha 1: Záznamový arch z Přešinského potoka

Id	Kód	Pohlaví	18.9. 2019						19.9. 2019		
			TL	CL	Šířka	Délka	Kamen (m)	Kusů	Šířka	Délka	Kamen (m)
1	00000001	♂	57	28,5	0,6	-0,5	0,15	1			
2	00000010	♀	51	24,5	0,8	-0,5	0,15	1			
3	00000011	♂	40,5	19,8	0,1	1	0,2	1			
4	00000100	♀	35,7	17,4	0,1	1,6	0,08	1			
5	00000101	♀ ♡	58	28,2	0,8	5,5	0,25	1	0,8	5,5	0,25
6	00000110	♀ ♡	54	26	0,5	5,6	0,4	1	0,5	5,6	0,4
7	00000111	♂	36	17,4	1	6,4	0,1	1			
8	00001000	♂	50,5	25,7	0,2	7,6	0,3	1			
9	00001001	♂	61	31	0,3	10	0,6	3			
10	00001010	♂	39	18,2	0,3	10	0,6	3			
11	00001011	♀	35	17,1	0,3	10	0,6	3			
12	00001100	♂	55	28	0,2	18,5	0,15	1			
13	00001101	♀	46,5	22,2	0,8	19	0,2	1			
14	00001110	♂	73,5	37,5	0,2	19,3	0,6	2			
15	00001111	♂	53,5	26,9	0,2	19,3	0,6	2	1,2	19,2	0,2
16	00010000	♂	40	19,5	0,5	20,2	0,15	1	0,8	20,8	0,15
17	00010001	♀	30,7	15	0,6	20,8	0,25	1			
18	00010010	♂	84	43	0,1	22,8	0,5	1			
19	00010011	♀	31	15	1	24,5	0	1			
20	00010100	♀ ♡	64,5	31	1	28,8	0,2	1			
21	00010101	♀	28	14	0,4	28,5	0,1	1			
22	00010110	♀ ♡	58	28,2	0,3	30	0,3	1			
23	00010111	♀ ♡	64	29,5	0,4	39,3	0,2	1			
24	00011000	♀	36,5	17,7	1,2	39,6	0,15	1			
25	00011001	♂	35	16,8	1,3	39,2	0,15	1			
26	00011010	♂	39	19	1	39,4	0,1	1			
27	00011011	♀ ♡	57	27,5	0,3	40	0,4	2			
28	00011100	♂	52,4	26	0,3	40	0,4	2			
29	00011101	♂	51,2	25,7	0,3	33,3	0,13	1			
30	00011110	♂	33,9	16,2	0	42,8	0,25	1			
31	00011111	♀	39,5	19,2	0,2	43	0	1			
32	00100000	♀	48	22,6	0,8	48	0,2	1			
33	00100001	♂	36	17,5	0,5	49	0,3	1			
34	00100010	♀ ♡	73,5	37	0,2	50	0,3	1			
35	00100011	♂	71,5	31	0,1	50	0,4	1			
36	00100100	♂	53	26,5	0,6	50,5	0,15	1			

9.2 Příloha 2: Záznamový arch z Chocenického potoka

18.9. 2019									19.9. 2019		
Id	Kód	Pohlaví	TL	CL	Šířka	Délka	Kamen (m)	Kusů	Šířka	Délka	Kamen (m)
1	00000001	♂	40,6	19,8	1	0,2	0,1	1	1,5	1	0,3
2	00000010	♀	37,2	18,2	0,3	0,3	0,2	1			
3	00000011	♀	32,8	16,7	1,5	0,3	0,15	1			
4	00000100	♀	38	19	1,5	0,8	0,25	1			
5	00000101	♂	47,8	23,3	0,1	0,9	0,15	1	0,3	2,8	0,1
6	00000110	♂	40	19,7	0,3	1,3	0,1	1	0,5	3	0,1
7	00000111	♀ ♡	52,1	26,1	0,15	2	0,25	1	1,3	1,8	0,25
8	00001000	♂	37	18	1,2	2,2	0,08	1			
9	00001001	♀ ♡	55	26,2	1	2,6	0,15	1			
10	00001010	♂	42,3	20,5	1	2,8	0,3	1			
11	00001011	♀	35	17	0,8	3,1	0,2	1			
12	00001100	♂	60,2	30,7	0,8	3,5	0	1			
13	00001101	♀ ♡	56,5	27	1,5	3,8	0,12	1			
14	00001110	♀	36	17,2	2	4,2	0,1	1	1,2	4,3	0,09
15	00001111	♂	46,8	27,3	1	4,6	0,23	1			
16	00010000	♀	37,5	18,2	1,2	4,8	0,9	1			
17	00010001	♀	35	16,8	0,8	5,4	0,13	1			
18	00010010	♀	48	24	0,2	7,6	0,17	1			
19	00010011	♂	49,5	25,5	1	24	0,15	1			
20	00010100	♂	60,5	30,5	1,2	25,2	0,3	1			
21	00010101	♀	34	16,8	1,5	24,6	0,08	1			
22	00010110	♂	34	17	0,5	26	0,3	2			
23	00010111	♂	33	16,5	0,5	26	0,3	2			
24	00011000	♀	40	19,5	1,5	29,6	0,08	1			
25	00011001	♂	38,5	19,3	0	30	0,12	1			
26	00011010	♂	47,5	24	2	40,4	0,15	1			
27	00011011	♀ ♡	72	37	1,7	40,4	0,5	1			
28	00011100	♂	68	34,5	1,6	40,7	0,3	1	0	44,8	0,2
29	00011101	♀ ♡	59	38,5	0,8	41,2	0,6	1			
30	00011110	♀ ♡	63,3	31,3	0,15	42	0,1	1	0,8	41,1	0,5
31	00011111	♂	48,2	26	1,4	42,6	0,6	1			
32	00100000	♀	36	22,2	0,6	43,4	0,25	1			
33	00100001	♀	36,5	18	0,1	43,6	0	1			
34	00100010	♂	43,8	21,8	2	44	0,05	1			
35	00100011	♀	47,2	23,1	0	49,6	0,2	1			
36	00100100	♀	48,5	24	0,8	49,6	0,05	1			