



Středoškolská technika 2016

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Krátkodobé migrace raka kamenáče ve vybraných tocích v České republice

Adam Václavovič, Vojtěch Boháč

Gymnázium Blovice

Družstevní 650, 33613 Blovice

Poděkování

Rádi bychom poděkovali zejména RNDr. Pavlu Vlachovi, Ph.D. za konzultace, velkou pomoc při terénní práci a za rady týkající se statistického zpracování dat.

Abstrakt

Cílem práce bylo vyhodnotit jednodenní migrace raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*). Odchyt probíhal na třech tocích: Chocenický potok, Přešínský potok (jižní Plzeňsko) a Bzovský potok (Střední Čechy), který byl rozdělen na dva úseky, a to Bzovský potok nad stupněm a Bzovský potok pod stupněm.

Terénní práce probíhaly na každém toku vždy v průběhu dvou dnů. První den byl proveden odchyt, změření a určení pohlaví u každého jedince, zaznamenání jeho polohy a individuální označení pomocí VIE. Následně byl každý jedinec navrácen na původní místo nálezu. Druhý den probíhal zpětný odchyt. Na základě zpětných odchytů byla hodnocena migrace jednotlivých raků.

Bylo zjištěno, že rak kamenáč migruje jen na krátké vzdálenosti nebo vůbec ne, případně mezi vhodnými úkryty. Nebyly zjištěny velké rozdíly v migraci mezi jednotlivými toky ani pohlavím.

Abstract

The aim of this work was to evaluate migration data of stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*). This study took place at three streams: Chocenický potok, Přešínský potok (South Pilsen Region) a Bzovský potok (Central Bohemia), which was divided into two stretches.

The field work lasted for two days at each stream. First day, crayfish were captured, sexed and measured (total length). The position of each individual was also recorded. Moreover, each crayfish was individually marked and then released to its original shelter. Next day the recapture campaign was carried out. Based on recaptured data, individual movements were analysed.

Based on the data, stone crayfish migrates mostly only for short distances, or does not move, or only between suitable shelters. As a conclusion, individuals of this species are fixed to their shelters. No differences between sex and streams were proven.

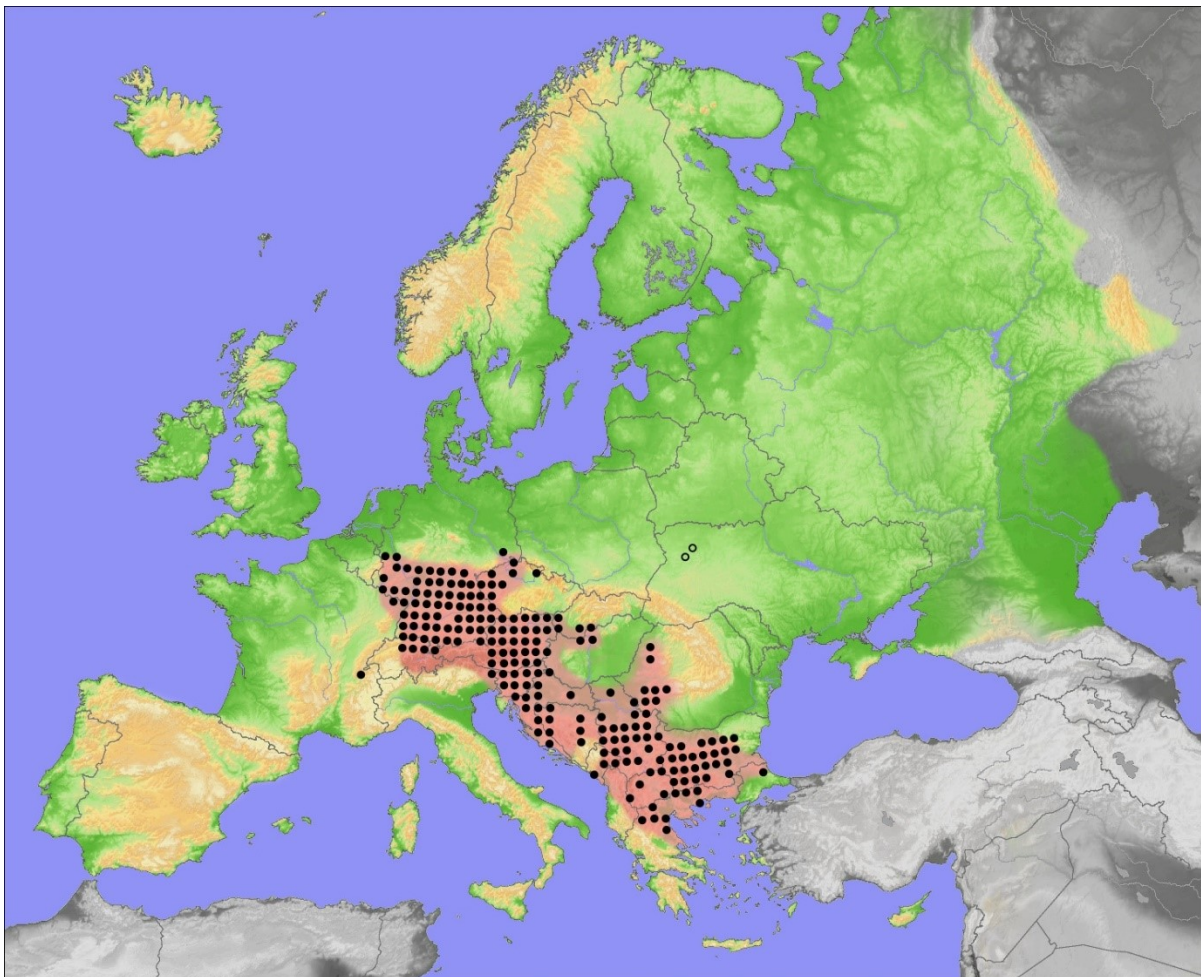
Obsah

Poděkování	1
Abstrakt	1
Abstract	1
Obsah.....	2
Úvod	3
Materiál a metody.....	7
Popis lokalit.....	7
Metody terénní práce.....	7
Statistická hodnocení.....	8
Výsledky.....	10
Délková struktura vzorků raků	10
Individuální migrace v jednotlivých tocích.....	11
Frekvence migrací	13
Délky migrací	13
Diskuze.....	14
Seznam použité literatury	17

Úvod

Raci hrají důležitou roli ve sladkovodních biotopech (Füreder & Reynolds 2003, Sint & Füreder 2004, Souty-Grosset et al. 2006). V České republice je doložen výskyt pěti druhů raků. Z toho tři patří mezi původní evropské druhy (rak kamenáč *Austropotamobius torrentium*, rak říční *Astacus asctacus* a rak bahenní *Astacus leptodactylus*) a další dva jsou důsledkem introdukce severoamerických druhů (rak signální *Pacifastacus leniusculus* a rak pruhovaný *Orconectes limosus*) do Evropy.

Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803)) je původní druh raka v České republice (Kozák et al. 2002). Výskyt raka kamenáče je v současnosti potvrzen ve střední a jihovýchodní Evropě (Kouba et al. 2014).



Obr. 1 Výskyt raka kamenáče v Evropě (Kouba et al. 2014)

Rak kamenáč obývá malé až středně velké toky s kamenitým dnem, ale obývá i toky bez kamenů s jílovitým dnem (Vlach et al. 2009a). Tento druh bývá považován za jednoho z nejvíce

náročných evropských druhů, co se týče kvality vody; nicméně, může se vyskytovat i v místech, kde je voda poměrně znečištěná (Vlach et al. 2013).

Tělo raka kamenáče se skládá ze dvou částí, a to z hlavohruďi (cephalothorax) a zadečku (abdomen, pleon). Má hladký, hnědozelený krunýř (carapax) s rostrem a nad očima má jeden pár postorbitálních lišt. Největší klepeta na prvním páru přeměněných končetin na sobě mají hrbolky, trny a jsou ze spodní strany lehce narůžovělá. Dospělí jedinci dorůstají délky až 10 cm, ale jsou zaznamenány i případy délky 12 cm (Vlach et al. 2009b) a vážící až 100 g.



Obr. 2 Rak kamenáč z potoka Rudník (foto: Pavel Vlach, 2012)

Rak kamenáč není potravním specialistou. Jeho potrava je různorodá: může být býložravcem, predátorem ostatních bentických členovců, destruentem detritu a alochtonního materiálu nebo mrchožroutem. Strava raka kamenáče je ovlivněna ročním obdobím. V jarních měsících převládá rostlinná, avšak v létě se obsahuje více živočišné složky. Toto je vysvětlováno doplněním nezbytných minerálů a jiných látek po zimním období (Renz & Breithaupt 2000).

Rozmnožování raka kamenáče probíhá v podzimních měsících, přičemž velký vliv na začátek páření má teplota vody (Krupauer 1982, Ďuriš & Horká 2005). Při páření samec otočí samici spodní stranou těla nahoru a do hrudní oblasti (sternum) jí uloží spermatofory. Pár hodin po

kopulaci samička naklade vajíčka do oblasti svého zadečku. Následně jsou oplozena spermatem samečka z rozpuštěného spermatoforu. Samice vajíčka opatruje na spodní straně zadečku až do jarních měsíců, ve kterých dochází k líhnutí nových jedinců. K tomu dochází od dubna do července, přičemž termín líhnutí závisí na teplotě, nadmořské výšce a zeměpisné šířce (Vlach et al. 2009b). Potomci jsou spojeni s matkou po dobu několika svlékání a až poté se osamostatňují.

Raci jsou aktivní hlavně v noci a přes den zůstávají ve svých úkrytech. Jejich největší migrační aktivita je mezi 8 hodinou večerní a 5 hodinou ranní (Gherardi et al. 2000). Hlavními úkryty tohoto druhu jsou kameny, mezi další patří velké kořeny, různý organický materiál nebo díry bezprostředně pod břehem (Kozák et al. 2002, Machino & Füreder 2005).

Kameny poskytují ochranu nejen raku kamenáči, ale i ostatním druhům. V místech, kde je nedostatek kamenů, pak může docházet k souboji o kameny. Tato situace nastává hlavně v tocích s celkovým nedostatkem úkrytů. Při laboratorním experimentu bylo zjištěno, že rak kamenáč je agresivnější při bránění svého úkrytu než rak signální (Vorbürger & Ribí 1999).

Důsledkem soupeření o úkryty je často migrace raků (v případě obsazení úkrytu anebo vyhnání silnějším jedincem je rak donucen k nalezení nového úkrytu). V tom případě často slabší jedinec migruje na jiné stanoviště. Ne každý úkryt (kamen) je ovšem svou velikostí vhodný. Pöckl & Streissl (2005) zjistili, že raci preferují úkryty, které jsou větší než 300 cm². S velikostí kamene roste i preference jedince o daný úkryt. To však platí pouze do 900 cm², pak zůstává preference stejná (Pöckl & Streissl 2005). Dalším důvodem migrace samců je také pohyb při vyhledávání samiček. Pasivní migrace, při které jsou jedinci unášeni proudem vody při zvýšeném vodním stavu, na raku kamenáče tolik nepůsobí, díky jeho fixaci na stabilní úkryt.

Kadlecová et al. (2012) zjistila, že rak kamenáč při porovnání s rakem říčním migroval na kratší vzdálenost. Zároveň Kadlecová et al. (2012) nepotvrdila závislost délky těla na vzdálenosti migrace. Ani u jednoho druhu raka, který se nachází v České republice, nebyla potvrzena závislost pohlaví na migraci (Bubb et al. 2006). Zdá se tedy, že rak kamenáč migruje oproti jiným druhům o značně kratší vzdálenost a jeho migrace se obvykle pohybuje v řádu metrů (Kadlecová et al. 2012).

V posledních letech došlo k poklesu původních evropských druhů, zejména kvůli invazi nepůvodních druhů, znečištění a jiným lidským zásahům do toků s výskytem původních druhů. I proto patří rak kamenáč mezi kriticky ohrožené druhy raků v České republice a je pod ochranou českých úřadů (Zákon č. 114/1992 Sb.). Rak kamenáč je také chráněn celoevropsky; je uveden na červeném seznamu IUCN se statusem „zranitelný“. Patří též mezi prioritní druhy

uvedené ve směrnici ES z roku 1992 (Council Directive 92/43/EEC).

Migrace je důležitým faktorem v rámci ochrany raků; původní druhy se často dostávají do kontaktu s invazními druhy, které jsou většinou migračně schopnější (Gherardi et al. 2000, Buřič et al. 2009). Znalost migrační aktivity původních raků umožní odhadovat jejich chování při setkání s populací invazních druhů (zvláště proto, že migrační aktivita raků se při infekci račím morem ještě zvyšuje) nebo na nových lokalitách, kam byli raci reintrodukováni nebo dočasně transferováni.

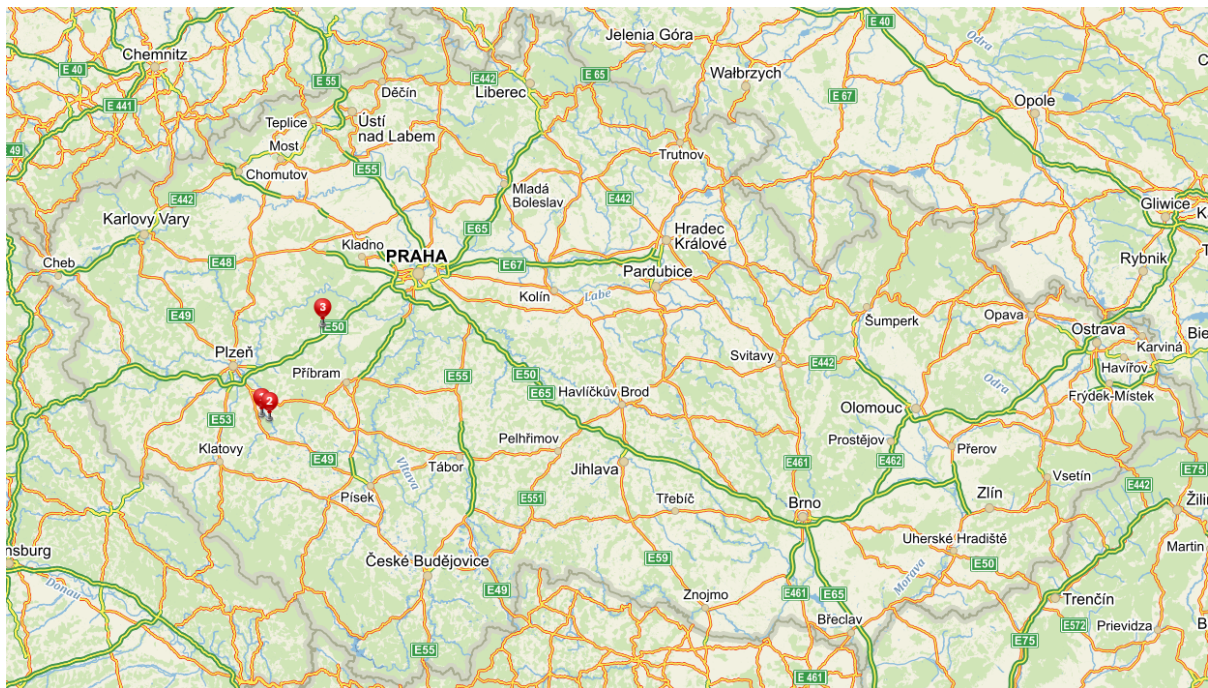
Cílem práce bylo vyhodnotit 24hodinové migrace raka kamenáče na čtyřech tocích s podobnou morfologií a vyhodnotit délky a směr migrací, případně popsat parametry, které směr a délku migrací mohou ovlivňovat.

Materiál a metody

Popis lokalit

Studie byla provedena na dvou lokalitách v Plzeňském kraji, konkrétně na jižním Plzeňsku a na dvou lokalitách ve Středočeském kraji, konkrétně na Berounsku (viz obr. 3).

Lokality Chocenického a Přešinského potoka spadají do povodí řeky Úslavy. Délka Chocenického potoka je 10,6 km, pramen leží v obci Svárkov (nadmořská výška 558 m. n. m.) a ústí do řeky Úslavy v obci Blovice v nadmořské výšce 380 m. n. m. Přešinský potok je dlouhý 5,5 km, pramen leží severně od obce Přešín v nadmořské výšce 485 m. n. m. a ústí v obci Ždírec v nadmořské výšce 395 m. n. m. Poslední dvě lokality ležely na Bzovském potoce a byly rozděleny asi metrovým stupněm. Délka toku Bzovského potoka je 3,87 km.



Obr. 3 Mapa České republiky s polohou sledovaných lokalit: 1...Chocenický potok, 2...Přešinský potok, 3...Bzovský potok.

Metody terénní práce

Raci byli loveni v 30 m dlouhých úsecích metodou ručního sběru pod vedením RNDr. Pavla Vlacha, Ph.D., disponujícího požadovanými výjimkami. Délka úseku byla měřena pásmem. Sběr postupoval proti proudu z důvodu lepší viditelnosti. Každý chycený rak byl vložen do plastového kelímku na břeh v odpovídajícím metru podélného profilu (viz obr. 4). Byla též zaznamenána přesná poloha a velikost kamene, pod kterým byl rak nalezen. Každý jedinec byl poté označen pomocí individuálních značek (VIE – Visible Implant Elastomers) na spodní

stranu zadečku binárním kódem. Celkem 4 články (jejich pravá a levá strana) byly využity pro binární značení. Celkem je tedy při tomto způsobu značení k dispozici 8 hodnot, přičemž barevná tečka znamená číslo „1“ a prázdné místo „0“ (detail viz obr. 5). Každý jedinec byl dále změřen, bylo zjištěno jeho pohlaví a rak byl opatrně (tak, aby neopustil úkryt, do kterého byl vložen) vrácen na původní místo nálezu.

Druhý den proběhl druhý odchyt (stejnou metodikou). Neoznačení raci byli deponováni do kbelíku, označení jedinci byli opět uloženi do plastových kelímků a údaje zapsány jako při prvním odchytu.

Terénní práce byla realizována v těchto termínech: v Přešínském potoce probíhal 4. – 5. října 2014, v Chocenickém potoce 11. – 12. října 2014, v Bzovském potoce 24. – 25. září 2015.



Obr. 4 Design experimentu na Bzovském potoce s naměřeným 30 metrovým úsekem a exempláři deponovanými v plastových kelímcích.

Statistická hodnocení

Všechny údaje zaznamenané při terénních pracích byly zapsány do tabulkového procesoru. V něm byly vyhodnoceny délky migrací, které vedly k vytvoření bublinového grafu, ve kterém byly polohy a velikost kamenů zaznamenány různě velkými kruhy, přičemž údaje z prvního a druhého odchytu byly barevně odlišeny. Změna polohy každého raka byla znázorněna pomocí šipek.

Normalita rozdělení délkové struktury vzorku raků byla kontrolována pomocí Kolmogorova-Smirnovova testu. Porovnání délkové struktury raka kamenáče z jednotlivých toků bylo provedeno pomocí jednocestné analýzy rozptylu (ANOVA), mnohonásobná porovnání pomocí Tukey-Kramerova testu.

Dále raci byli rozděleni do tří skupin: migrující proti proudu, migrující po proudu a nemigrující (nebo migrující jen v příčném profilu toku). Frekvence migrací těchto tří skupin byla porovnávána pomocí χ^2 mezi jednotlivými toky. Byla použita Yatesova transformace, protože některé kategorie měly četnosti nižší než 5. Stejným testem byla porovnávána frekvence migrací obou pohlaví. Prostý χ^2 byl použit na srovnání počtu ulovených raků na lokalitách první a druhý den.

Délky migrací měly porušenou normalitu dat (testováno Kolmogorov-Smirnov testem). Pro jejich hodnocení (rozdíly mezi toky a mezi pohlavími) byla tedy použita Kruskal-Wallisova analýza rozptylu a Kruskal-Wallisův test mnohonásobného porovnání.

Všechny analýzy byly provedeny pomocí programu NCSS 9, χ^2 byl proveden pomocí online utility (<http://quantpsy.org/chisq/chisq.htm>).



Obr. 5 Detail značení raka kamenáče na spodní straně abdomenu pomocí binárního kódu a VIE (tento rak nese označení 00001111).

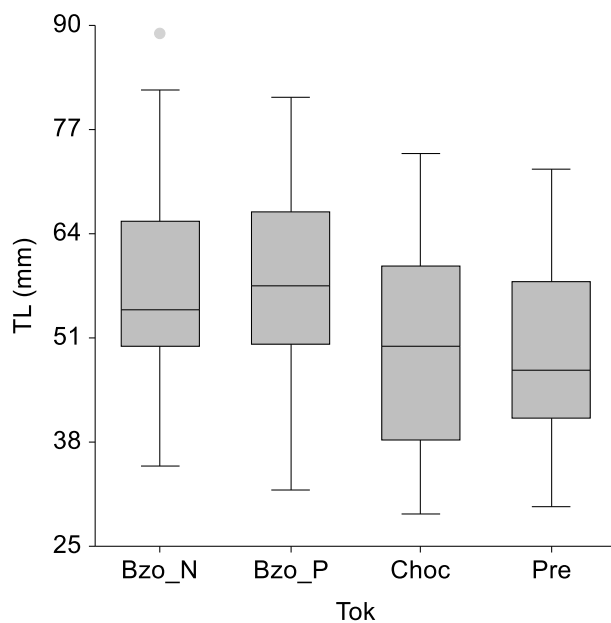
Výsledky

Efektivita zpětných odchytů

Celkově bylo chyceno 214 jedinců při prvním odchytu. V Bzovském potoce nad stupněm bylo při prvním odchytu chyceno celkem 46 jedinců, v Bzovském potoce pod stupněm 48 jedinců, v Chocenickém potoce 52 jedinců a v Přešínském potoce 68 jedinců.

Druhý den bylo chyceno celkem 201 raků; v Bzovském potoce nad stupněm celkem 46 jedinců, pod stupněm 46 jedinců, v Chocenickém potoce 48 jedinců a v Přešínském potoce 61 jedinců. Počty ulovených raků první a druhý den se nelišily ($\chi^2=0,175$, $P=0,98$).

Zpětně odchyceno bylo 34 raků (recapture rate 15,89 %). V Bzovském potoce nad stupněm bylo zpětně zjištěno 10 ze 46 raků (21,74 %), v Bzovském potoce pod stupněm 7 ze 48 (14,58 %), v Chocenickém potoce 8 z 52 (15,38 %) a v Přešínském potoce 9 z 68 jedinců (13,24 %).



Obr. 6 Velikost jedinců raka kamenáče na jednotlivých tocích: Bzo_N...Bzovský p. nad stupněm, Bzo_P...Bzovský p. pod stupněm, Choc...Chocenický p., Pre...Přešínský p., TL...délka těla

Délková struktura vzorků raků

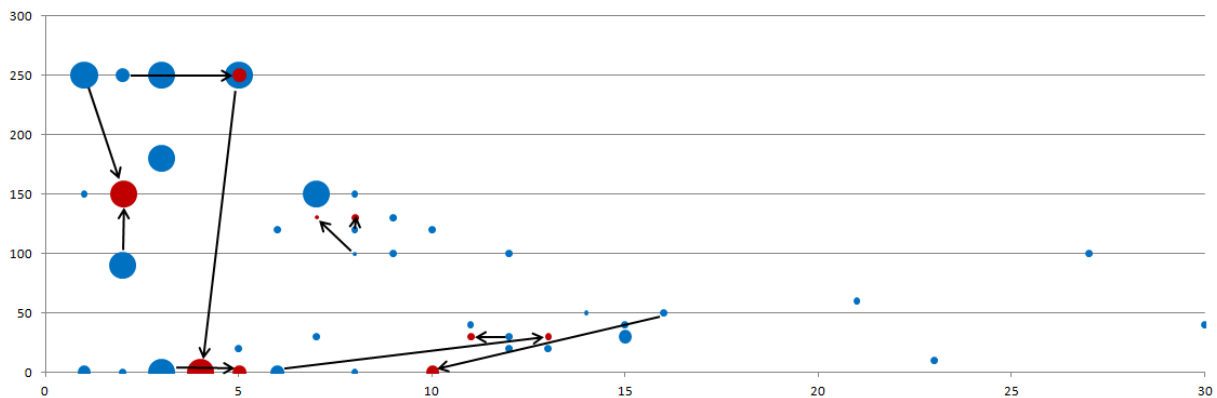
Dále byla provedena analýza délkové struktury raků z jednotlivých potoků. Délková struktura raků byla porovnána analýzou rozptylu. Bylo zjištěno, že délky raků z jednotlivých potoků se výrazně liší ($F=7,69$; $P<0,01$). Průměrná délka jedinců v Bzovském potoce nad stupněm byla 56,6 (SD=12,69, 35–89) mm. V Bzovském potoce pod stupněm byla průměrná délka raků 57,1 (SD=12,7, 32–81) mm, v Chocenickém potoce byla průměrná délka 49,4 (SD=13,09, 29–74)

mm, v Přešínském potoce byla průměrná délka 48,3 (SD=10,74, 30–72) mm. Velikost raka kamenáče v Bzovském potoce pod i nad stupněm byla signifikantně větší než v Chocenicím a Přešínském potoce (Tukey-Kramer test, Critical Value=3,67).

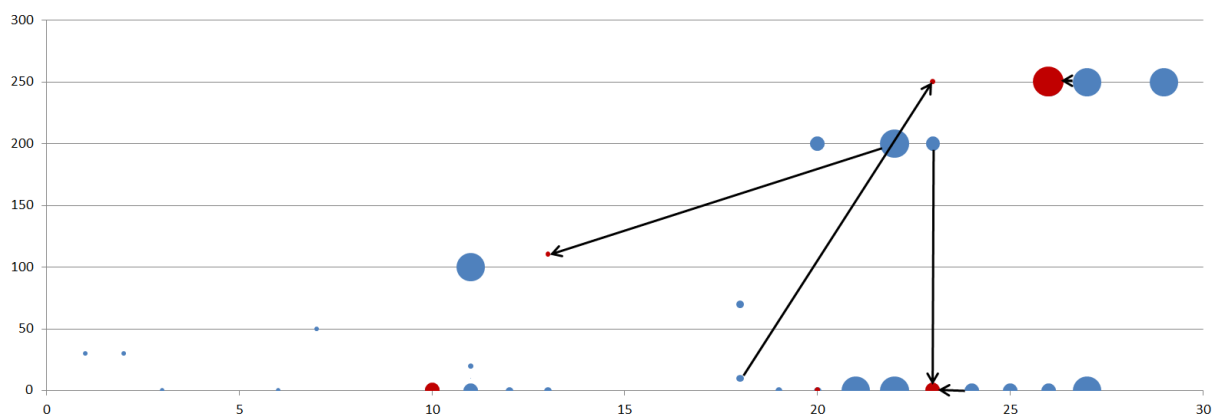
Dále bylo provedeno porovnání délky raků v prvním a druhém odchytu ve snaze posoudit, zda není při zpětném odchytu selektována určitá velikostní skupina raků. Bylo zjištěno, že není selektována žádná velikostní skupina raků (ANOVA, $P > 0,05$).

Individuální migrace v jednotlivých tocích

V Bzovském potoce nad stupněm bylo zpětně odchyceno 10 jedinců (7 samců a 3 samice). Čtyři jedinci migrovali proti proudu (2, 2), po proudu migrovali opět čtyři jedinci (4, 0). Poslední dva jedinci (1, 1) změnili polohu pouze v příčném profilu (details viz obr. 7).



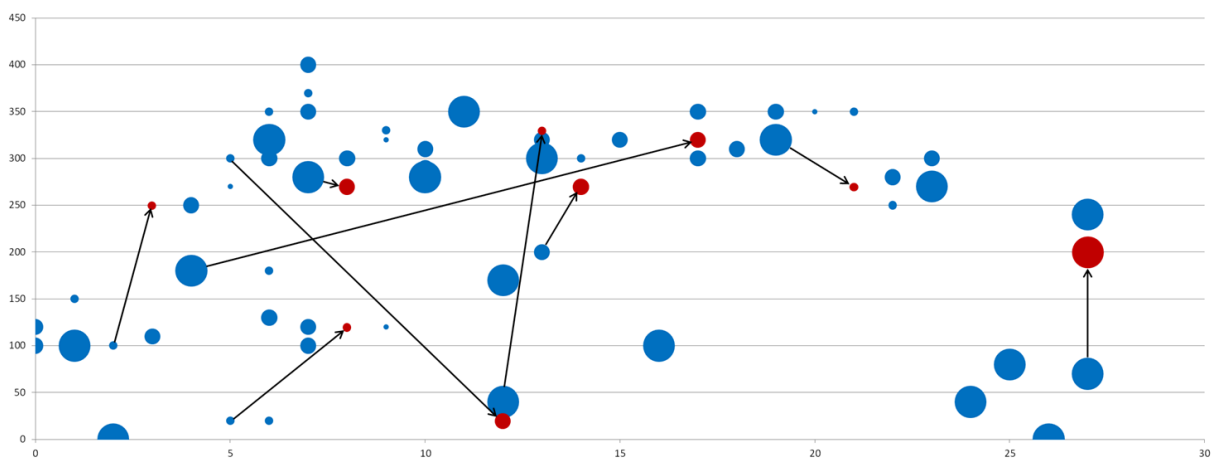
Obr. 7 Individuální migrace raka kamenáče v Bzovském potoce nad stupněm. Modré kruhy znázorňují polohu při prvním odchytu, červené polohu při druhém odchytu a šipky změnu stanoviště. Velikost kruhu znázorňuje velikost kamene, pod kterým byl daný jedinec nalezen. Osa x...délky v podélném profilu (m), osa y...délky v příčném profilu (cm).



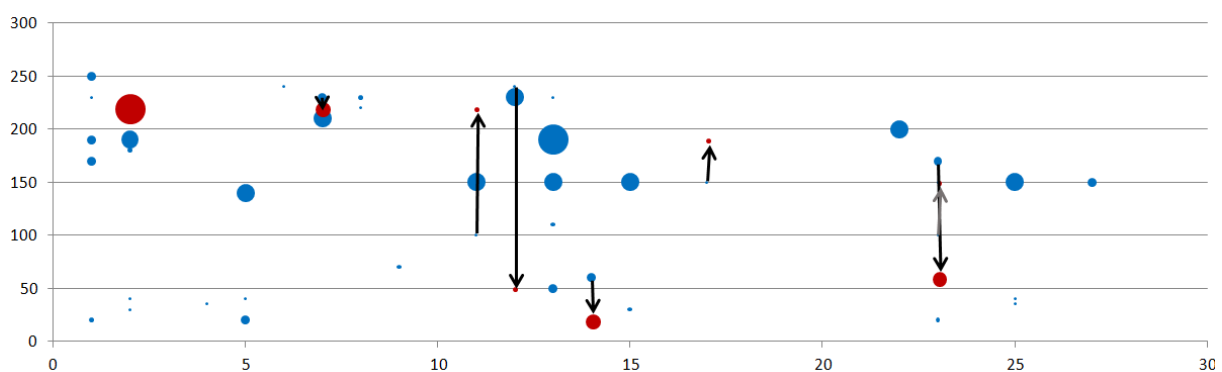
Obr. 8 Individuální migrace raka kamenáče v Bzovském potoce pod stupněm. Modré kruhy znázorňují polohu při prvním odchytu, červené polohu při druhém odchytu a šipky změnu stanoviště. Velikost kruhu znázorňuje velikost kamene, pod kterým byl daný jedinec nalezen. Osa x...délky v podélném profilu (m), osa y...délky v příčném profilu (cm).

V Bzovském potoce pod stupněm bylo zpětně odchyceno 7 jedinců (5 samců a 2 samice) Pouze jeden jedinec migroval proti proudu (0, 1), po proudu migrovali dva raci (1, 1), jeden jedinec změnil svou polohu pouze v příčném profilu (1, 0). Poslední tři jedinci byli nalezeni na stejném místě (3, 0). Details jsou patrné z obr. 8. Jeden jedinec se přesunul z úseku pod stupněm nahoru a překonal překážku 60 cm vysokou.

V Přešínském potoce bylo zpětně odchyceno 10 raků (8 samců, 2 samice). Proti proudu migrovalo osm jedinců (7,1). Nebyl nalezen žádný migrující rak po proudu. Jeden jedinec změnil polohu pouze v příčném profilu (1,0). Details jsou patrné z obr. 9.



Obr. 9 Individuální migrace raka kamenáče v Přešínském potoce. Modré kruhy znázorňují polohu při prvním odchytu, červené polohu při druhém odchytu a šipky změnu stanoviště. Velikost kruhu znázorňuje velikost kamene, pod kterým byl daný jedinec nalezen. Osa x...délky v podélném profilu (m), osa y...délky v příčném profilu (cm).



Obr. 10 Individuální migrace raka kamenáče v Chocenickém potoce. Modré kruhy znázorňují polohu při prvním odchytu, červené polohu při druhém odchytu a šipky změnu stanoviště. Velikost kruhu znázorňuje velikost kamene, pod kterým byl daný jedinec nalezen. Osa x...délky v podélném profilu (m), osa y...délky v příčném profilu (cm).

V Chocenicím potoce bylo zpětně odchyceno 8 raků (4 samci, 4 samice). Jedna samice nezměnila svojí polohu. Zatímco 7 raků migrovalo pouze v příčném profilu (4, 3), jedna samice vůbec nezměnila svou polohu. Detaily jsou patrné z obr. 10.

Frekvence migrací

Hodnoceny byly dále rozdíly ve frekvencích poproudých a protiproudých migrací, případně raků nemigrujících nebo migrujících jen v příčném profilu v jednotlivých tocích. Byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými toky ($\chi^2 = 17.46$, $P=0.007$), jak je patrné též z tabulky 1. Také byla sledována četnost migrujících jedinců v závislosti na pohlaví. Při porovnání všech dat ze všech toků se ukázalo, že migrace mezi pohlavím se neliší ($\chi^2 = 1,72$, $P=0,63$). Detailní počty jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab. 1 Frekvence migrací raka kamenáče na jednotlivých tocích v závislosti na pohlaví a směru migrace (F...samice, M...samci, Up...migranti proti proudu, Down...migrace po proudu, None...nemigrující nebo migrující po proudu)

Tok	Všechny	F	M	Up	Down	None
Chocenicím potok	8	4	4	0	0	8
Přešínský potok	9	1	8	8	0	1
Bzovský potok nad stupněm	10	3	7	4	4	2
Bzovský potok pod stupněm	7	2	5	1	2	4

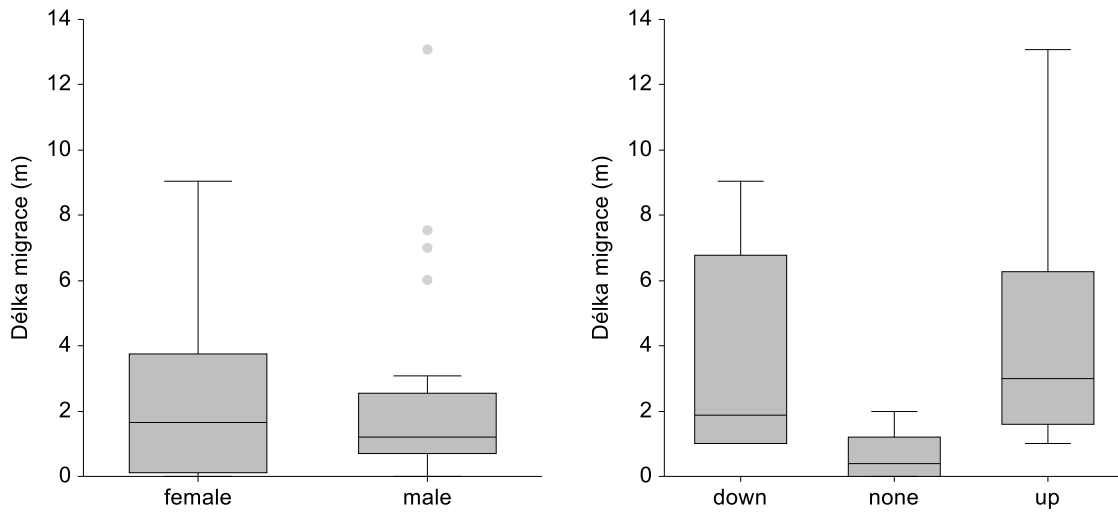
Délky migrací

Průměrná délka migrace na všech tocích byla 2,48 m. Medián vzdálenosti migrace po proudu je 1,87 (1,01–5,19) m, proti proudu 3,00 (1,80–5,55) m. U jedinců, kteří migrovali jen v příčném profilu, to pak bylo 0,55 (0,33–1,23) m. Délky protiproudých a poproudých migrací se nelišily (Kruskal-Wallis ANOVA, $P>0,05$, obr. 11).

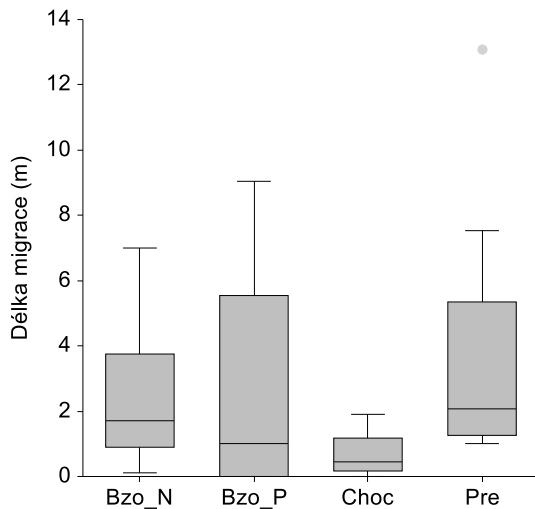
Porovnávána byla také délka migrací samic a samců. Medián délky migrace u samic je 1,66 (0,18–3,12) m a u samců 1,21 (0,9–2,22) m. Ani délky migrací samců a samic se významně nelišily (Kruskal-Wallis ANOVA, $P>0,05$, obr. 11).

Dále se porovnávala délka migrací mezi jednotlivými toky. V Bzovském potoce nad stupněm byla 1,71 (1,01–2,92) m, v Bzovském potoce pod stupněm 1,00 (0,00–3,78) m, v Přešínském potoce 2,06 (1,3–3,16) m a konečně v Chocenicím potoce 0,45 (0,33–1,13) m. Tyto délky se

mezi toky významně liší (Kruskal-Wallis ANOVA, $H=8,177$, $P=0,042$), přičemž délky migrací v Chocenickém potoce byly významně kratší než v ostatních tocích (viz obr. 12).



Obr. 11 Boxplot znázorňující délku migrací u všech toků v závislosti na pohlaví (vlevo) a délku migrací dle směru migrace: female...samice, male...samec, down...migranti po proudu, none...nemigrující jedinci nebo migranti v příčném profilu, up...migranti proti proudu.



Obr. 12 Boxplot znázorňující délku migrací na jednotlivých pozorovaných úsecích: Bzo_N...Bzovský potok nad stupněm, Bzo_P...Bzovský potok pod stupněm, Choc...Chocenický potok, Pre...Přešínský potok, TL...délka těla

Diskuze

V této práci byla sledována migrace raka kamenáče na 4 úsecích na 3 tocích (Bzovský potok byl rozdělen migrační bariérou v podobě metr vysokého stupně). Každý jedinec byl při prvním odchytu individuálně označen pomocí VIE. Tento způsob značení nijak neovlivňuje chování raků (Dušek et al. 2003).

Celkově bylo zpětně odchyceno 34 jedinců z prvního odchyty, který činil 214 jedinců (recapture rate 15,89 %). Recapture rate (úspěšnost zpětného odchyty) je v porovnání s jinými pracemi spíše nižší, což je dáno jinými metodami nebo opakovaným kumulativním odchycem v jiných pracích (Hudina et al. 2008, Hudina et al. 2011a). Nižší recapture rate v naší práci mohl být také způsoben migrací označených jedinců mimo 30m analyzovanou část toku.

Za hlavní důvod zjištěného recapture rate považujeme ale nemožnost prohledání všech úkrytů ve vymezeném prostoru. Nory obývané raky mohou být hluboko v březích a zároveň může dojít k úniku jedinců při jejich odchytu v případě, že tok obsahuje velké množství kamenů a uniklý rak se ihned schová pod další kameny v blízkosti. Také při vrácení jedince do původního úkrytu není někdy možné zabránit okamžité migraci, neboť při vyrušení rak dokáže velice rychle změnit svou polohu. Následkem disturbance mohl rak migrovat do již prohledané části potoka, či dokonce mimo vyměřené území. Úniky raků po zpětném vrácení na původní místo jsme se snažili co nejvíce eliminovat. Voda byla nezakalená a stav byl nízký, a zároveň tři terénní pracovníci sledovali, zda raci opouští úkryty po vypuštění. To se stávalo jen ojediněle – a takoví jedinci byli vyřazeni z dalších analýz.

Příčinami migrace je řada faktorů; může to být vysoký stav vody, pohyby při rozmnožování, hledání potravy a zejména hledání nového úkrytu. Migrace je také ovlivňována ročním obdobím (Pöckl & Streissl 2005) a je druhově specifická. Rak kamenáč migruje ze všech českých druhů nejméně; naopak invazní druhy raků naproti tomu migrují velmi výrazně (Bubb et al. 2006, Buřič et al. 2009). Intenzivnější migrace byla zjištěna i u původního raka říčního (Kadlecová et al. 2012).

V této práci bylo dále zjištěno, že frekvence migrace se mezi pohlavím neliší; ovšem v době rozmnožování by migrace samců měla převažovat z důvodu hledání sexuální partnerky (Pöckl & Streissl 2005, Buřič et al. 2009). Výsledky nicméně naznačují fakt, že samci preferují migraci proti proudu, zatímco samičky nemají daný určitý směr, což potvrzuje i práce o migraci raka kamenáče a raka říčního (Kadlecová et al. 2012).

Nejvíce raků migrovalo jen v příčném profilu nebo svoji polohu vůbec nezměnili. Malý počet migrací tohoto druhu může být zapříčiněn morfologickými podmínkami toků, ve kterých se vyskytují. V případě, že je dno velmi kamenité (složené zejména z kamenů větších než 300 cm²) raci nemigrují, protože v toku je dostatek úkrytů, o které nemusí soupeřit.

Průměrná délka migrace byla 2,48 m, a to je kratší než migrace zjištěná v jiných pracích. To zcela určitě zapříčiněno fixací raka kamenáče na úkryt (Pöckl & Streissl 2005). Také v dalších byly sledovány spíše dlouhodobější migrace než v práci naší.

Zjistili jsme, že migrace po a proti proudu se výrazně nelišila, nicméně převažovala migrace proti proudu. Podobných výsledků dosáhl i Hudina et al. (2011b). Dále bylo zjištěno, že v Chocenicím potoce byla délka migrací výrazně kratší než u ostatních toků. To souvisí pravděpodobně s tím, že v toku je menší populační hustota raků; úkryty pod kameny jsou volné, a tak se o ně nemusí soupeřit. Při opuštění úkrytu např. při hledání potravy, se pak mohou vrátit na své původní místo.

Migraci mohou ovlivnit zvýšené průtoky, kdy jsou raci pasivně splavováni po proudu (Kadlecová et al. 2012). Tento průzkum byl prováděn v období, kdy stav vody nebyl zvýšený.

Bylo zjištěno, že rak kamenáč je v některých případech schopný překonat i migrační bariéru (60 cm vysoká bariéra v Bzovském potoce), ale v porovnání s invazními druhy jsou jeho migrační vzdálenosti kratší. Je proto oproti nepůvodním druhům v nevýhodě migrační i velikostní (Vorburger & Ribí 1999).

Ochrana raka kamenáče

Pro budoucí zachování populací raka kamenáče je potřeba klást důraz především na ochranu toků, ve kterých se kamenáči nacházejí, a zlepšovat v nich podmínky, tak aby bylo umožněno jejich spontánní šíření. Je nutné zabránit kontaktu s populacemi jiných (invazních) druhů raků, které jsou nejen potenciálními přenašeči račího moru, ale jsou i migračně schopnější (Bubb et al. 2006, Buřič et al. 2009) a agresivnější (Vorburger & Ribí 1999), a kamenáče by mohli z lokality vytlačit i v případě, že by nebyli račím morem nakaženi.

Je třeba zmapovat co nejvíce lokalit raka kamenáče, které je třeba chránit před znečištěním, neboť čistota vody hraje velkou roli při rozmístění původních druhů (Svobodová et al., 2012).

Dalším negativním zásahem jsou úpravy vodních toků, které snižují množství úkrytů pro raky. Ti musí pak častěji migrovat a jsou vystaveny predátorům. Dokonce je nutné zabránit nadměrnému kontaktu člověka s populacemi našich raků, protože smrtelně nebezpečný račí mor může být přenášen i rybářským vybavením nebo obuví. Je velmi důležité, snažit se zajistit kvalitnější a stabilní prostředí pro tyto kriticky ohrožené živočichy.

Závěr

Po hodnocení migrací raka kamenáče ve 4 úsecích lze konstatovat, že jeho krátkodobé migrační schopnosti jsou nižší (frekvence migrací jsou menší a migrace jsou kratší) než migrační schopnosti dalších raků v České republice. To jej znevýhodňuje, především oproti invazním druhům raků. Schopnost překonat vysoký stupeň a délky denních migrací až 10 m ale umožňují tomuto druhu expandovat a šířit se ve stávajících lokalitách, a případně osidlovat lokality nové.

Seznam použité literatury

- Bubb D. H., Thom T. J. & Lucas M. C. (2006): Movement patterns of the invasive signal crayfish determined by PIT telemetry. – *Canadian Journal of Zoology* 84: 1202-1209.
- Buřič M., Kouba A. & Kozák P. (2009): Spring mating period in *Orconectes limosus*: the reason for movement. – *Aquatic Sciences* 71: 473-477.
- Ďuriš Z. & Horká I. (2005): Rešerše biologie a ekologie raků v České republice. – Univerzita Palackého v Olomouci, Ostrava, 31 pp.
- Dušek J., Štambergová M., Vlach P., Moravec P. & Švátora M. (2003): Využití implantovaných elastomerů při výzkumu migrací a růstu ryb a raků v malých vodních tocích – zpráva o metodice. – Sborník referátů z VI. České ichtyologické konference s mezinárodní účastí.
- Füeder L. & Reynolds J. D. (2003): Is *Austropotamobius pallipes* a good bioindicator? . – *Bull. Fr. Peche Piscic.*: 157-163.
- Gherardi F., Barbaresi S. & Salvi G. (2000): Spatial and temporal patterns in the movement of *Procambarus clarkii*, an invasive crayfish. – *Aquatic Sciences* 62: 179-193.
- Hudina S., Luci A., Žganec K. & Jankovi S. (2011a): 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., Lucić A., Žganec K. & Janković S. (2011b): Characteristics and movement patterns of a recently established invasive *Pacifastacus leniusculus* population in the river Mura, Croatia. – *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.* 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 Applied Limnology* 108/4: 351-360.
- Kouba A., Petrusek A. & Kozák P. (2014): Continental-wide distribution of crayfish species in Europe: update and maps. – *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.* 413: 05.
- Kozák P., Ďuriš Z. & T. P. (2002): The stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank) in the Czech Republic. – *Bull. Fr. Peche Piscic.* 367: 707-713.
- Krupauer V. (1982): Raci. – Český rybářský svaz, Pardubice, pp.

- Machino Y. & Füreder L. (2005): How to find a stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803): A biogeographic study in Europe. – Bull. Fr. Peche Piscic. 376-377: 507-517.
- 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.
- Renz M. & Breithaupt T. (2000): Habitat use of the crayfish *Austropotamobius torrentium* in small brooks and in Lake Constance, Southern Germany. – Bull. Fr. Peche Piscic. 356: 139-154.
- Sint D. & Füreder L. (2004): Reintroduction of *Astacus astacus* L. in east Tyrol, Austria. – Bulletin Francais de la Peche 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 pp.
- Vlach P., Fischer D. & Hulec L. (2009a): Microhabitat preference of the stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803). – Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst. 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. – Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst. 384-395: 13.
- Vlach P., Svobodová E. & Fischer D. (2013): Stone crayfish in the Czech Republic: how does its population density depend on basic chemical and physical properties of water? – Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst. 407: 1-13.
- Vorburger C. & Ribi G. (1999): Aggression and competition for shelter between a native and an introduced crayfish in Europe. – Freshwater Biology 42: 111-119.