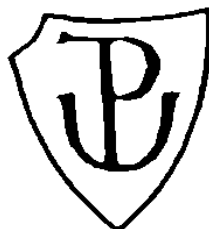


Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí



Mikrohabitatové preference raka kamenáče na vybraných tocích západních Čech

Lukáš Hulec

Diplomová práce
předložená
na Katedře ekologie a životního prostředí
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků
na získání titulu Mgr. v oboru
Ochrana Přírody

Vedoucí práce: RNDr. Vlastimil Kostkan, Ph. D.
Konzultant: RNDr. Pavel Vlach, Ph. D.

Olomouc 2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Vlastimila Kostkana, Ph. D. a jen s použitím citovaných pramenů.

V Olomouci 11. května 2012

.....
podpis

Abstrakt

Rak kamenáč *Austropotamobius torrentium* (Schrank 1803) je nejmenším evropským druhem raka. Obývá převážně malé a střední toky přirozeného charakteru. A je jedním z nejhroženějších druhů evropské astakofauny. Pokud jej chceme efektivně chránit, je potřeba mít dostatek údajů o ekologii druhu.

Práce se zabývá mikrohabitatovými preferencemi druhu a vlivem vybraných parametrů prostředí (hloubka, substrát, umístění v korytě) na distribuci jedinců raka kamenáče v toku. Data byla sbírána na 7 tocích západních Čech v letech 2009 a 2010 vždy od června do září. Ke sběru dat byla použita metoda ručního prohledávání kombinovaná se síťovým mapováním mikrohabitatů. Získaná data byla zpracována pomocí indexu elektivity a mnohorozměrných metod (RDA).

Celkem bylo zmapováno 2529 plošek a zaznamenáno 684 jedinců raka kamenáče. Ze sledovaných parametrů prostředí měl největší vliv na distribuci jedinců substrát. Jedinci preferovali kategorie s větší velikostí ok (kameny, balvany). S rostoucí velikostí jedinců rostly i preference k balvanitému substrátu. Větší jedinci také preferovali hlubší partie toku, menší pak vyhledávali mělčiny a umístění mimo proudnici.

Klíčová slova: rak kamenáč, *Austropotamobius torrentium*, mikrohabitaty, preference, populace, Česká republika.

Abstract

The stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank 1803), belongs to the smallest European crayfish species. This species occupies mainly small and medium sized streams with natural character. It is one of the most endangered species of European crayfish, therefore it seems to be necessary to looking for sufficient data about its ecology to protect this species.

This thesis focuses on microhabitats preferences of stone crayfish and evaluated the influence of selected environmental parameters (depth, substrate, position in the stream) on the distribution of individuals. Data were collected in the area of 7 streams of Western Bohemia in 2009 and 2010, from June to September. Data were collected by manual searching method and the network microhabitat mapping. The obtained data were analyzed by using the electivity index and multivariate methods (RDA).

During the research 684 individuals and 2529 patches were analyzed and mapped. To conclude the results, the greatest influence on the distribution of individuals had the substrate. Individuals preferred category with larger grain size (stones, boulders). With the increasing size of individuals grew preferences to boulder substrate. Larger individuals preferred deeper parts of the stream. Smaller one preferred shallow water and backwater too.

Key words: stone crayfish, *Austropotamobius torrentium*, microhabitat, preference, population, Czech republic.

Obsah

Obsah.....	vi
Seznam tabulek.....	vii
Seznam obrázků.....	viii
Poděkování.....	ix
Úvod.....	1
Cíle práce.....	4
Metody a materiál.....	5
Výsledky.....	12
Diskuse.....	23
Závěr.....	28
Literatura.....	29

Seznam tabulek

Tab. 1: Kategorie umístění v korytě podle proudění vody.....	9
Tab. 2: Kategorie substrátu podle velikosti zrn (Hauer 2006).....	10
Tab. 3: Velikostní kategorie jedinců raka kamenáče (Dušek a kol. 2006).....	11
Tab. 4: Velikostní a pohlavní struktura zaznamenaných jedinců na sledovaných lokalitách v roce 2009	12
Tab. 5: Velikostní a pohlavní struktura zaznamenaných jedinců na sledovaných lokalitách v roce 2010.....	13

Seznam obrázků

Obr. 1: Rozšíření raka kamenáče v ČR. (Chobot a Štambergová 2009).....	2
Obr. 2: Granulometrická analýza vzorků dna na jednotlivých lokalitách.....	6
Obr. 3: Mapa umístění vybraných lokalit v rámci České republiky.....	7
Obr. 4: Postup při prohledávání plošek.....	8
Obr. 5: Analýza gradientu v rámci jednotlivých plošek ve vztahu k jejich umístění na lokalitách.....	14
Obr. 6: Preference jedinců jednotlivých velikostních kategorií v roce 2009, získané pomocí RDA analýzy.....	15
Obr. 7: Preference jedinců jednotlivých velikostních kategorií v roce 2010, získané pomocí RDA analýzy.....	16
Obr. 8: Preference jedinců jednotlivých velikostních kategorií za roky 2009 a 2010, získané pomocí RDA analýzy.....	17
Obr. 9: Preference jedinců k jednotlivým kategoriím parametrů prostředí v roce 2009 vyjádřené indexem elektivity.....	20
Obr. 10: Preference jedinců k jednotlivým kategoriím parametrů prostředí v roce 2010 vyjádřené indexem elektivity.....	21
Obr. 11: Preference jedinců k jednotlivým kategoriím parametrů prostředí vyjádřené indexem elektivity pro data z let 2009 a 2010.....	22

Poděkování

Mé díky patří všem, kteří mě přímo či nepřímo podporovali a pomáhali mi s tímto projektem. Především chci poděkovat RNDr. Vlastimilu Kostkanovi, Ph. D. , RNDr. Pavlu Vlachovi, Ph. D. , Mgr. Janě Smolové, své rodině, přátelům, Anýze a samozřejmě i všem rakům, kteří se nechali chytit.

Úvod

Raci jsou jedni z největších sladkovodních bezobratlých živočichů. Račí populace mohou dosahovat velkých početností a jedinci svým širokým potravním spektrem a pohyblivostí ovlivňují jak rostlinná, tak živočišná společenstva vodních toků a nádrží (Edgerton a kol. 2004, Correia a Anasta'cio 2008). Často proto bývají označováni klíčovým druhem vodních ekosystémů (Holdich 2003). Znalost ekologie račích druhů, zvláště pak jejich nároků na stanoviště, je nezbytná k pochopení jejich působení na strukturu a dynamiku vodních ekosystémů.

Původní evropské druhy raků jsou velmi ohroženou skupinou organismů. Ohrožuje je nejenom přímá činnost člověka, jako jsou zásahy do toků a s tím spojená ztráta stanovišť, ekologické havárie s následným únikem nebezpečných látek do vodního prostředí, ale i přítomnost zavlečených druhů predátorů a konkurentů (Fisher a kol. 2004, Fisher a kol. 2009, Füreder a kol. 2010). V neposlední řadě původní druhy decimuje také račí mor, jehož původcem je *Aphanomyces astaci* (Schikora 1906) (Kozubíková a kol. 2008). Pokud chceme naše původní druhy astakofauny efektivně ochránit a zachovat pro další generace, musíme získat co nejvíce poznatků o jejich ekologii.

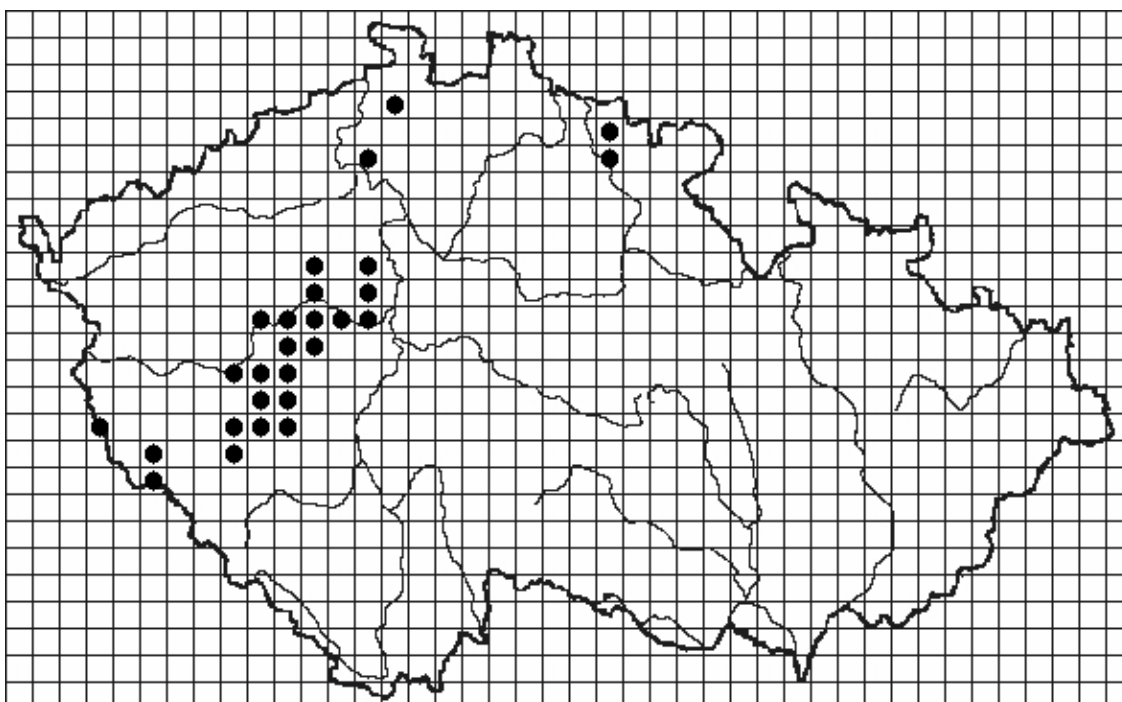
V České republice se nacházejí populace dvou původních druhů raků. Jsou jimi rak říční (*Astacus astacus*, Linnaeus 1758) a rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*, Schrank 1803). Kamenáč obývá spíše menší toky přirozeného charakteru. Na některých tocích je doložen i sympatrický výskyt obou druhů (Kozák a kol. 2002, Vlach a kol. 2009a).

Předložená diplomová práce navazuje na předchozí výzkum v rámci práce bakalářské, který probíhal na vybraných lokalitách v roce 2008 a zabýval se mikrohabitatovými preferencemi raka kamenáče (Hulec 2009, Vlach a kol. 2009b). Pokračování ve výzkumu bylo vedené snahou ověřit zjištěné trendy na větším objemu dat.

Rozšíření, status a biotopy raka kamenáče

Rak kamenáč je evropský druh vyskytující se od Řecka po Německo a od Rumunska po východní Francii a Švýcarsko. Je zaznamenán také v Turecku (Harlioğlu a Güner 2007) či na Ukrajině (Holdych 2002, Machino a Füreder 2005). Někteří autoři ho považují za panonský prvek, který se rozšířil povodím Dunaje. V několika zemích se vyskytuje i v tocích, které do povodí Dunaje nespádají, což může být důsledek umělého vysazení (Machino a Füreder 2005). Česká republika leží v hlavním areálu raka kamenáče, tento druh se zde vyskytuje na více než 30 tocích (Obr. 1). Nejvýznamnější populace jsou v západních Čechách (především v povodí Úhlavy, Úslavy a Bradavy), středních Čechách (na Křivoklátsku), v Krkonoších a Českém středohoří (Kozák a kol. 2002, Chobot a Štramberková 2009, Rak ... 2009, Vlach a kol. 2009a).

Rak kamenáč požívá, stejně jako většina ostatních původních evropských druhů raků vysokého stupně ochrany. V České republice je chráněn podle zákona 114/1992 sb. jako kriticky ohrožený druh. Je prioritním druhem systému Natura 2000. Nachází se jako ohrožený druh v červených seznamech České republiky i IUCN, je zahrnut v Bonnské úmluvě, Bernské úmluvě a CITES. Důvodem ochrany je především velký pokles početnosti populací vlivem morové epidemie, dále ztrátou a znehodnocením stanovišť v důsledku lidské činnosti a nepřírozeným predacním a konkurenčním tlakem ze strany introdukovaných živočichů (Füreder a kol. 2010).



Obr. 1: Rozšíření raka kamenáče v ČR. (Chobot a Štramberková 2009)

Rak kamenáč obývá malé toky přirozeného charakteru s mírným spádem a velkou členitostí dna (Bohl 1987, Machino a Füreder 2005). Často sledovaným parametrem kvality biotopu raka je i chemismus vody. Současné studie však ukazují, že v našich podmínkách není chemismus vody na řadě lokalit limitujícím faktorem (Svobodová a kol. 2008). Naopak, podle současných poznatků je mnohem významnější charakter toku a s ním související nabídka úkrytů (Vlach a kol. in prep). Také členitost, struktura dna a příbřežní porosty hrají důležitou úlohu, jedinci raka kamenáče totiž vyhledávají úkryty právě v substrátu dna, kořenovém systému zasahujícím do toku a v opadu dřevin příbřežní vegetace (Vorburger a Ribí 1999, Streisell a Hödl 2002). V substrátu dna raci nacházejí i potravu, ta je tvořena jak rostlinami, tak živočichy. Živočišnou složku tvoří převážně mršiny, ale je schopen i aktivně lovit živou kořist. Loví larvy hmyzu, blešivce a jiné vodní organismy odpovídající velikosti daného stádia. Rak kamenáč je aktivní převážně v noci a přes den je ukryt před predátory (Renz a Breithaupt 2000). Predátory raků jsou ryby, ptáci, šelmy a bylo dokonce pozorováno i lovení juvenilních jedinců larvami vážek (Ackefors 1998 v Ďuriš 2005). Račími predátory jsou hlavně lososovité ryby a vranky, lovcí juvenilní jedince. Z ptáků to jsou racci, vrány, kachny, volavky a v neposlední řadě i ledňáček. Pravděpodobně největšími predátory jsou savci, zejména norek americký (Fischer a kol. 2009) . Raky loví také vydra říční a nepohrdne jimi ani liška (Ackefors 1998 v Ďuriš 2005).

Cíle práce

Z důvodu předpokládaného silného ovlivnění distribuce raka kamenáče některými parametry toku si práce klade za cíle:

a) Popsat velikostní a pohlavní strukturu jednotlivých račích populací na vybraných lokalitách.

b) Vyhodnotit vliv vybraných parametrů prostředí na distribuci jedinců raka kamenáče a popsat jejich mikrohabitatové preference.

c) Porovnat aktuální zjištěné údaje s výsledky předchozích výzkumů mikrohabitatových preferencí.

Metody a materiál

Jak již bylo zmíněno výše, práce sleduje vliv vybraných parametrů toku na distribuci jedinců raka kamenáče a jejich mikrohabitatové preference. Terénní výzkum probíhal během let 2009 a 2010 a to od července do září. Pro sběr dat byla použita metoda ručního prohledávání běžně užívaná při monitoringu AOPK (Dušek a kol. 2006). Celkem bylo prohledáno 2529 plošek (48 sítí) na 7 lokalitách západních Čech a zaznamenáno 684 jedinců raka kamenáče.

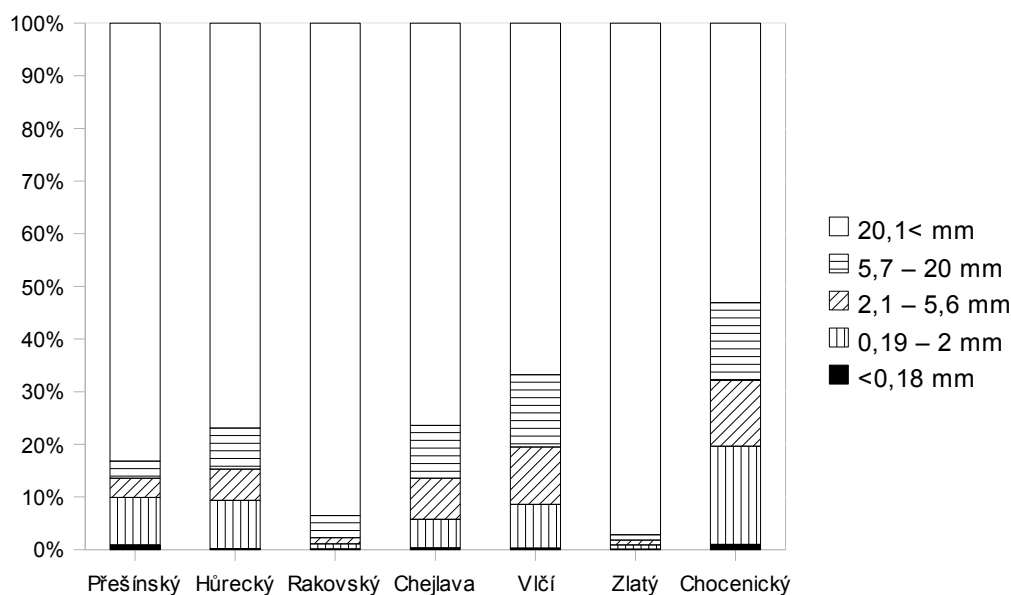
Popis sledovaných lokalit

Při výzkumu byla velká pozornost věnována výběru vhodných lokalit. Terénní výzkum probíhal na sedmi vybraných tocích spadajících do povodí Úhlavy, Úslavy a Klabavy (obr. 3). Hlavními kritérii pro výběr lokalit byly:

- a) přirozeně silná a negativními vlivy (výrazná predace raků norkem americkým či jinými predátory a znečištění toku) málo ovlivněná populace raka kamenáče,
- b) velikost toku,
- c) přírodě blízký a dostatečně členitý charakter koryta.

Populace raků byly posuzovány dle údajů dlouhodobého monitoringu AOPK (Vlach a kol. 2009a). Úroveň predace byla stanovena na základě monitoringu požerků a trusu norka amerického a vydry říční v rámci sledování populací raka kamenáče Vlachem (2008 ústní sdělení) a Fischerem (2008 ústní sdělení)

Pro lepší představu o složení sedimentu dna na sledovaných lokalitách byla provedena granulometrická analýza vzorků dna (Obr. 2). Na každé lokalitě byly náhodně odebrány 4 vzorky, ze kterých se pak vytvořil směsný vzorek o objemu cca 6 litrů. Ten byl vysušen a rozdělen na jednotlivé frakce pomocí sítí o různých velikostech ok, frakce byly následně zváženy (Frankowski a kol. 2008, Narizano a kol. 2008). Granulometrická analýza poukazuje na převahu hrubé frakce (nad 20,1 milimetrů) na všech lokalitách. Jemnější frakce se ve větší míře uplatňují jen na Chocenickém a Vlčím potoce.



Obr. 2: Granulometrická analýza vzorků dna na jednotlivých lokalitách.

Vybrané lokality

Přešínský potok

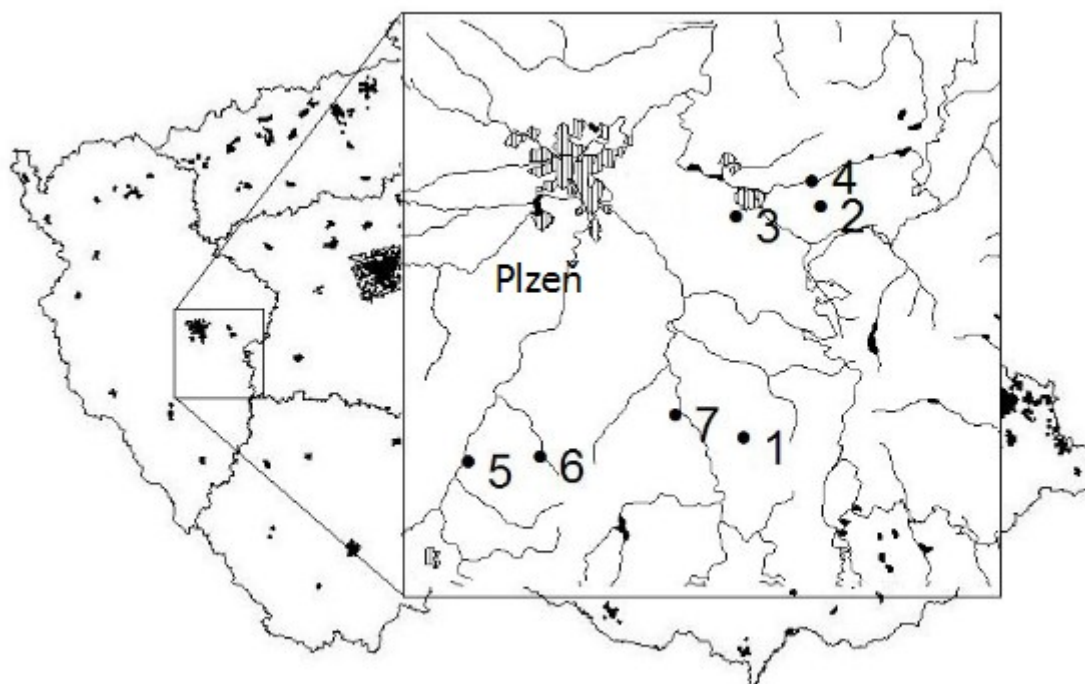
Malý vodní tok pramenící u obce Přešín (580 m n. m.) a ústící do Úslavy v obci Ždírec (395 m n. m.). Délka toku je 5,5 kilometru (Vlček a kol. 1984). Zkoumaná lokalita se nachází asi 20 km jihovýchodně od Plzně poblíž obce Louňová (GPS: 49°33'49"N, 13°37'46"E) v nadmořské výšce 540 m n. m. Je zastíněna okolním lesním porostem a koryto má přirozený charakter. Ve vzorku dna převládala hrubší frakce nad 20,1 milimetru (více než 80%).

Hůrecký potok

Malý vodní tok pramenící u obce Strašice (590 m n. m.) a ústící do Holoubkovského potoka v obci Svojkovice (395 m n. m.). Délka toku je 8,5 kilometru (Vlček a kol. 1984). Zkoumaná lokalita se nachází na východ od Rokycan v blízkosti obce Hůrky (GPS: 49°44'40"N, 13°41'4"), v nadmořské výšce 450 m n. m. . Jedná se o napřímené koryto s řídkou příbřežní vegetací. V odebraném vzorku převládala frakce nad 20,1 milimetru (77%).

Rakovský potok

Malý vodní tok pramenící poblíž obce Raková (570 m n. m.) a vlévající se do Klabavy v obci Rokycany (350 m n. m.). Délka toku je 6,4 kilometru (Vlček a kol. 1984). Zkoumaná lokalita se nachází na jih od Rokycan. Tok zde protéká podél silnice



Obr. 3: Mapa umístění vybraných lokalit v rámci České republiky (1-Přešínský potok, 2-Hůrecký potok, 3-Rakovský potok, 4-Chejlava, 5-Vlčí potok, 6-Zlatý potok, 7-Chocenický potok)

Rokycany-Št'áhlavy (GPS: 49°43'20"N, 13°34'44"E), v nadmořské výšce 390 m n. m., je napřímen, místy zpevněn polovegetačními tvárniciemi a zastíněn příbřežní vegetací. Více než 90% procent hmotnosti vzorku bylo tvořeno frakcí nad 20,1 milimetru.

Chejlava

Malý vodní tok pramenící u obce Těškov (490 m n. m.) a ústící do Holoubkovského potoka u obce Svojkovice (395 m n. m.). Délka toku je 7,6 kilometrů (Vlček a kol. 1984). Zájmová lokalita, se nachází severovýchodním směrem od Rokycan, poblíž obce Svojkovice (GPS: 49°45'46"N, 13°40'E). V nadmořské výšce 400 m n. m. Tok je zde zastíněn okolním lesním porostem, neregulován a jsou zachovány výrazné zákruty. Frakce dna nad 20,1 milimetru tvoří 76 % hmotnosti vzorku. Významněji byl zastoupena ještě frakce 5,7 - 20 milimetrů (10 %).

Vlčí potok

Malý vodní tok pramenící u obce Kbel (470 m n. m.) a ústící do Úhlavy v obci Jíno (365 m n. m.). Délka toku je 5,2 kilometru (Vlček a kol. 1984). Zájmová lokalita se nachází asi 20 km jižně od Plzně u obce Jíno (GPS: 49°33'50"N, 13°38'2"E), v nadmořské výšce 370 m n. m. Koryto je zde napřímeno a zastíněno příbřežní vegetací. Frakce dna nad 20,1 milimetru tvoří 67% hmotnosti vzorku. Významněji byly ještě

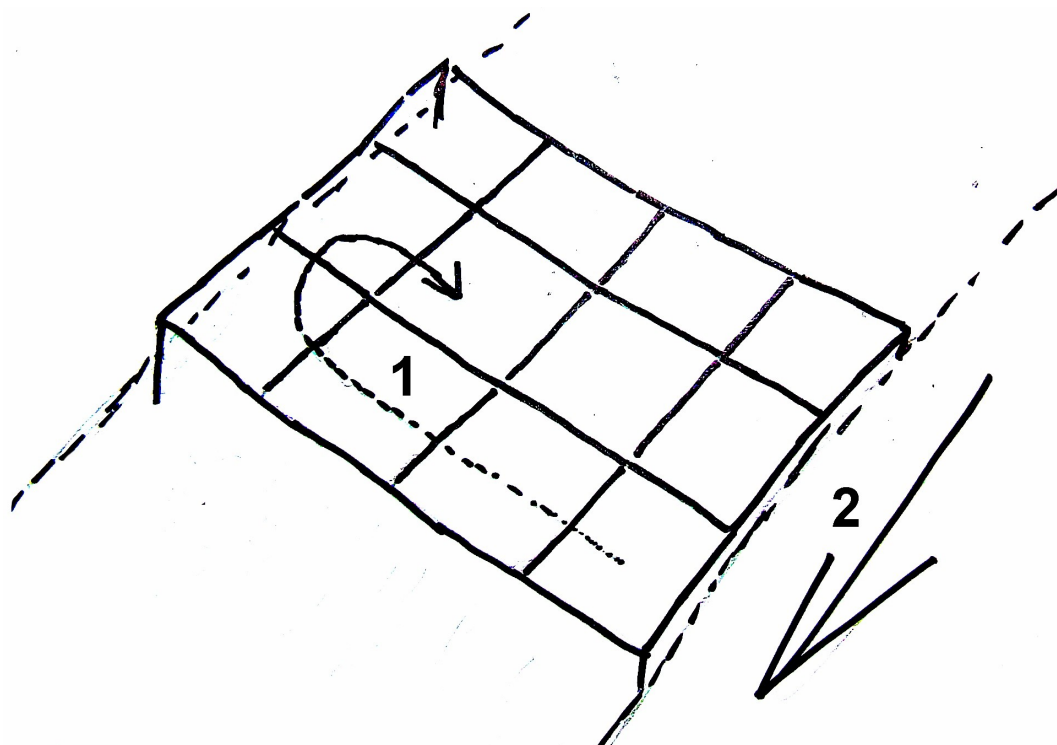
zastoupeny frakce 5,7 - 20 (14 %) a 2,1 - 5,6 milimetru (11 %).

Zlatý potok

Malý vodní tok pramenící u obce Skašov (515 m n. m.) a soutokem s Kucínským potokem tvořící Příchovický potok, který se vlévá v obci Příchovice do Úhlavy (350 m n. m.). Délka toku je 10,5 kilometru (Vlček a kol. 1984). Zkoumaná lokalita se nachází přibližně 20 km jižně od Plzně poblíž obce Horšice (GPS: 49°31'7"N, 13°23'51"E) v nadmořské výšce 440 m n. m. Koryto má přirozený charakter a je zastíněno lesním porostem. Frakce dna nad 20,1 milimetru tvoří 97 % hmotnosti vzorku.

Chocenický potok

Malý vodní tok pramenící mezi obcemi Jarov a Svárvkov (490 m n. m.). Ústící do Úslavy v obci Blovice (380 m n. m.). délka toku je 7,4 kilometru, (Vlček a kol. 1984). Zájmová lokalita se nachází jižně od Plzně u obce Vlčice (GPS: 49°34'9"N, 13°32'35"E) v nadmořské výšce 390 m n. m. Tok je zde napřímen a zastíněn příbřežní vegetací. Frakce dna nad 20,1 milimetru tvoří 53 % hmotnosti vzorku. Druhou nejvíce zastoupenou frakcí byla 0,19 - 2 milimetry (19 %) a dále ještě 5,7 - 20 (15 %) a 2,1 - 5,6 milimetru (12 %).



Obr. 4: Postup při prohledávání plošek (1-směr prohledávání plošek, 2-směr proudění vody)

Terénní sběr dat

Ke sběru dat byla použita upravená metodika monitoringu raka kamenáče (Dušek a kol. 2006). V toku byl vymezen úsek o délce 100 m. Ve vymezeném úseku vodního toku byly zvoleny dvě plochy o velikosti 6 m², tak aby měly dostatečně členité dno. Členitým dnem je míněno zastoupení alespoň tří kategorií substrátu (tab. 2). Na každé ploše se rozprostřela síť o rozměrech 180x270 cm. Síť měla 6x9 čtvercových ok o velikosti 30x30 cm. Oka sítě vyznačovala plošky, kde probíhalo měření a odlov jedinců. Pro každou plošku se měřily tyto parametry:

- a) Hloubka vodního sloupce - hloubka ve středu plošky v centimetrech.
- b) Umístění v korytě - rozděleno podle umístění plošky v korytě vzhledem k proudění vody (tab. 1).
- c) Substrát - převládající typ substrátu uvnitř plošky. Substrát byl rozdělen do kategorií podle velikosti zrn (tab. 2).

Tab. 1: Kategorie umístění v korytě podle proudění vody

Název kategorie	Popis kategorie
Proudnice	Nachází se v proudnici
Mimo proudnici	Nachází se ve vodě tam, kde neprotéká proudnice a je zde nenulová hloubka
Břeh	Nachází se v korytě, avšak je zde nulová hloubka

Odchyt raků byl prováděn metodou ručního prohledávání potenciálních úkrytů v substrátu, tak aby nedošlo k poškození jedinců. U odchycených raků se zaznamenávalo pohlaví a zařazení do velikostní kategorie (tab. 3). Pokud se jedince nepodařilo odlovit, ale mohl být spolehlivě zařazen do velikostní kategorie, byl také zaznamenán. Plošky byly prohledávány v řadách kolmo na směr proudu, aby nedocházelo k zakalování vody na ještě neprohledaných ploškách (obr. 4.). Odchycení jedinci byli vypouštěni o několik metrů dále po proudu. Tím se zabránilo jejich opětovnému odchycení. Tímto způsobem byly zmapovány všechny plošky pokryté sítí, které se nacházely v korytě toku. Každá plocha byla mapována vždy začátkem a koncem léta.

Analýza dat

Získaná data měla kvantitativní (hloubka, substrát, velikost jedinců, sediment) i kvalitativní (umístění v korytě, pohlaví jedinců, příbřežní vegetace) charakter.

Tab. 2: Kategorie substrátu podle velikosti zrn (Hauer 2006)

Název kategorie	Velikost zrn [mm]
Bahno	< 0,2
Písek	0,21– 2
Jemný štěrk	2,1 – 6
Hrubý štěrk	6,1 – 20
Oblázky	20,1 – 50
Kameny	50,1 – 200
Balvany	200,1 <

Z těchto dat byla zpracována:

a) Zastoupení velikostních kategorií a pohlaví odchycených jedinců na jednotlivých lokalitách. Data z jednotlivých let byla mezi sebou porovnávána pomocí testu dobré shody. Porovnáván byl poměr pohlaví jedinců na jednotlivých lokalitách a poměr zastoupení jednotlivých velikostních kategorií mezi rokem 2009 a 2010.

b) Vliv jednotlivých parametrů na distribuci jedinců jednotlivých velikostních kategorií. Vliv vybraných parametrů prostředí na distribuci jedinců byl zjišťován pomocí mnohorozměrných metod, které jsou vhodné k porovnávání společenstev a parametrů prostředí (Braak a Šmilauer 2002, Cao et al. 2002). Pro hodnocení vlivu parametrů na distribuci jedinců jednotlivých velikostních kategorií byla použita lineární ordinační metoda Redundance Analysis (RDA). Pro analýzu gradientu v rámci jednotlivých mikrohabitatů ve vztahu k jejich umístění na lokalitách byla použita unimodální metoda Canonical Correspondence Analysis (CCA). Průkaznost modelu byla testována Monte-Carlo permutačním testem s 499 permutacemi na 0,2 % hladině významnosti ($P=0.002$) (Marshall a Elliot 1998, Magalhaes a kol. 2002, Penczak a kol. 2004). Sledovanými parametry byly hloubka, substrát a umístění v toku. K vyjádření preferencí byl použit index elektivity modifikovaný podle Jacobse (1974) (Gras a Saint-Jean 1982, Lechowicz 1982, Lott 2004). Tento index zobrazuje preferenci či avoidanci

Tab. 3: Velikostní kategorie jedinců raka kamenáče (Dušek a kol. 2006)

Kategorie	Velikost jedince [mm]
1.	0 – 15
2.	15 – 30
3.	30 – 60
4.	60 – 90
5.	90 <

jedinců vzhledem k danému parametru prostředí poměrem relativních četností. V této práci byl index elektivity počítán pomocí vzorce $D=(r-p)/(r+p-2rp)$; kde D je index elektivity, který nabývá hodnot v rozmezí od -1 (maximální avoidance) do 1 (maximální preference), r je četnost jedinců dané kategorie nalezených v daném prostředí a p je četnost dané kategorie prostředí ve všech mikrohabitátech. Rozdíly jednotlivých četností byly testovány pomocí testu dobré shody. Ke statistickým úkonům byly použity programy NCSS 2007 a Canoco 4.5.

Výsledky

Velikostní a pohlavní struktura zaznamenaných jedinců

Při prohledávání plošek, od července do září 2009, bylo zaznamenáno 416 jedinců raka kamenáče na 1268 ploškách. Pohlavní struktura populací byla na všech lokalitách vyrovnaná. Na všech lokalitách dominovali jedinci velikosti 30,1-60 mm. Relativní zastoupení jednotlivých velikostních kategorií bylo pro jedince pod 15 mm 14%; 15,1 - 30 mm 21%; 30,1 - 60 mm 52%; 60,1 - 90 mm 12% a méně než jedno procento pro jedince velikosti nad 90,1 mm (Tab. 4).

Při prohledávání plošek, od července do září 2010 bylo zaznamenáno 268 jedinců na 1261 ploškách. Poměr pohlaví byl na většině lokalit vyrovnaný až na Hůrecký potok, kde bylo více samic ($\chi^2=3,9$; $P=0,048$) stejně jako na Přešínském potoce ($\chi^2=4,67$; $P=0,0308$). Na všech lokalitách dominovali jedinci velikosti 30,1-60 mm. Relativní zastoupení jednotlivých velikostních kategorií bylo pro jedince pod 15 mm 6%, 15,1 - 30 mm 16%, 30,1 - 60 mm 63%, 60,1 - 90 mm 14% a méně než jedno procento pro jedince velikosti nad 90,1 mm (Tab. 5).

Celkem bylo za oba roky zaznamenáno 684 jedinců na 2529 ploškách. Při porovnávání záznamů z let 2009 a 2010 byl zjištěn rozdíl mezi počty zaznamenaných jedinců v jednotlivých letech ($\chi^2=31,64$; $P\ll 0,01$). V roce 2009 se

Tab. 4: Velikostní a pohlavní struktura zaznamenaných jedinců na sledovaných lokalitách v roce 2009

	Hůrecký	Chejlava	Chocenický	Přešínský	Rakovský	Vlčí	Zlatý	Celkem
pohlaví								
samice	11	18	26	20	19	36	10	140
samci	19	13	24	13	22	22	11	124
neurčeno	13	23	21	33	19	28	15	152
velikostní kategorie								
0 - 15	3	7	8	21	10	7	3	59
15,1 - 30	10	7	7	14	7	30	14	89
30,1 - 60	28	31	41	24	38	39	17	218
60,1 - 90	1	9	15	7	5	10	2	49
90,1<	1	0	0	0	0	0	0	1

podářilo zaznamenat o 148 jedinců více než v roce 2010. Největší rozdíly v počtech zaznamenaných jedinců byly ve velikostních kategoriích pod 15 mm ($\chi^2 = 23,21$; $P \ll 0,01$), 15,1 - 30 mm ($\chi^2 = 16,03$; $P \ll 0,01$) a 30,1 - 60 mm ($\chi^2 = 6,2$; $P = 0,013$).

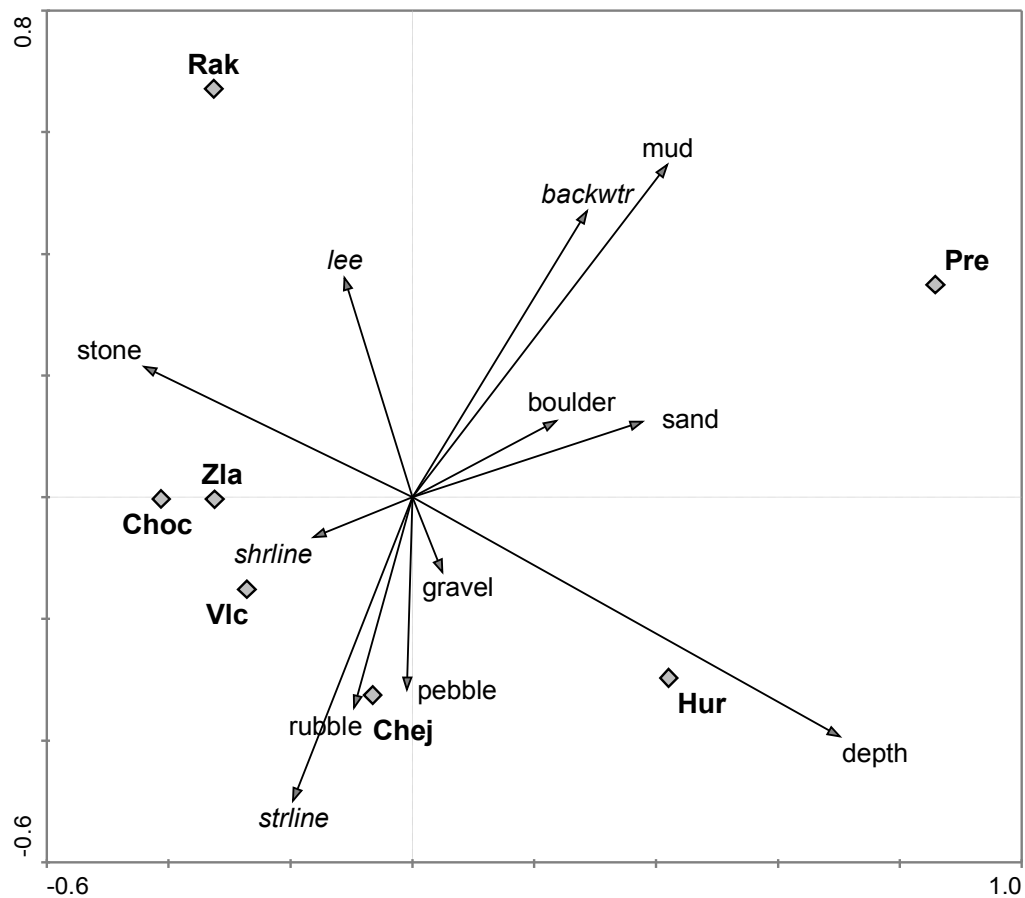
Analýza vlivu parametrů prostředí na distribuci jedinců pomocí mnohorozměrných metod

Byl zjišťován vztah gradientu prostředí v rámci jednotlivých plošek k jejich umístění na lokalitách. Protože předběžně provedená nepřímá analýza DCA prokázala v souboru dlouhé gradienty byla použita unimodální metoda Canonical Correspondence analysis (CCA) (499 permutací, $F = 19,44$, $P < 0,002$). Zlatý, Chocenický a Vlčí potok vykazují značnou míru podobnosti. V ploškách převažují kameny, u Vlčího potoka jsou významněji zastoupeny i substráty střední zrnitosti, a umístění podél břehové linie, u Vlčího potoka částečně i v proudnici. Ostatní toky se charakterem plošek liší. Plošky převažující na Přešínském potoce mají substrát buď jemnozrný, anebo naopak balvanitý. Umístění plošek v korytě je převážně mimo proud. Plošky na Hůreckém potoce jsou silně ovlivněny hloubkou. Na Chejlavě převažoval substrát středních zrnitostí a umístění v proudu. Rakovský potok vykazoval převážně kamenitý substrát ve vzdutí (Obr. 5).

Pro hodnocení vlivu parametrů na distribuci jedinců jednotlivých velikostních kategorií byla použita lineární ordinační metoda Redundance Analysis (RDA), protože předběžně provedená nepřímá analýza DCA aplikovaná na početnosti

Tab. 5: Velikostní a pohlavní struktura zaznamenaných jedinců na sledovaných lokalitách v roce 2010

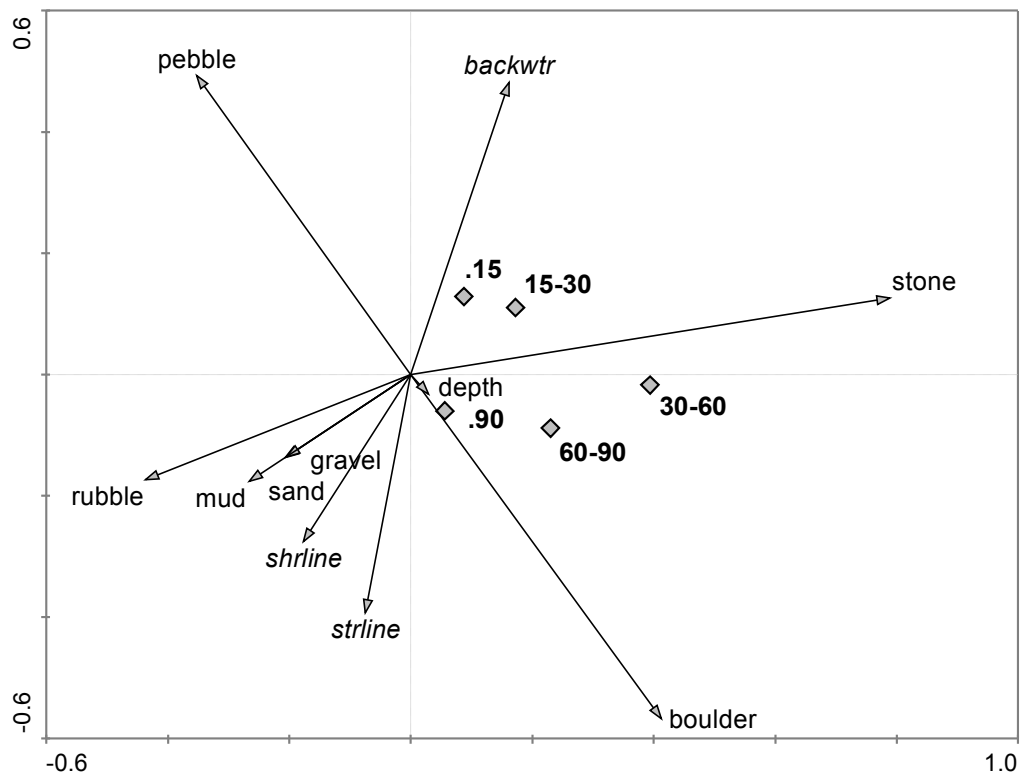
	Hůrecký	Chejlava	Chocenický	Přešínský	Rakovský	Vlčí	Zlatý	Celkem
pohlaví								
samice	21	7	19	28	11	20	10	116
samci	10	6	12	14	13	15	11	81
neurčeno	12	8	7	6	10	17	11	71
velikostní kategorie								
0 - 15	8	0	2	0	1	5	1	17
15,1 - 30	8	4	8	2	3	7	11	43
30,1 - 60	20	13	26	31	29	31	19	169
60,1 - 90	7	4	2	14	1	9	1	38
90,1 <	0	0	0	1	0	0	0	1



Obr. 5: Analýza gradientu v rámci jednotlivých plošek ve vztahu k jejich umístění na lokalitách (boulder - balvany, stone - kameny, rubble - štěrky, gravel - jemný štěrky, sand - písek, mud - bahno, lee - vzdutí, strline - proudnice, backwtr - mimo proudnici, shrline - břeh, depth - hloubka)

jednotlivých délkových skupin raků prokázala v souboru dat krátké gradienty, což je rozhodující kritérium pro použití lineárních metod (DCA) místo unimodálních technik (CCA) (ter Braak a Šmilauer 1998). Průkaznost modelu byla testována pomocí Monte-Carlo permutačního testu s 499 permutacemi na hladině průkaznosti 0,002 (Marshall a Elliot 1998, Magalhaes a kol. 2002, Penczak a kol. 2004). V ordinačních analýzách byl jako parametr ovlivňující distribuci hodnocen i vliv toku, nebyl však shledán jako průkazný

Hodnocení vlivu parametrů toku na distribuci jedinců pro rok 2009 je provedeno metodou RDA (1268 plošek pro 5 velikostních kategorií). Model vysvětluje 10,1 % variability distribuce všech velikostních kategorií (499 permutací; $F = 14,09$; $P < 0,002$) a je tvořen parametry prostředí substrát, hloubka a umístění v korytě. První kanonická osa vysvětluje 9,18 % variability a signifikantně ($P < 0,05$) koreluje s kategoriemi parametrů prostředí balvany ($t = 8,05$), kameny ($t = 8,41$), oblázky ($t = 1,96$), proudnice



Obr. 6: Preference jedinců jednotlivých velikostních kategorií v roce 2009, získané pomocí RDA analýzy (boulder - balvany, stone - kameny, rubble - štěrky, gravel - jemný štěrky, sand - písek, mud - bahno, strline - proudnice, backwtr - mimo proudnici, shrlne - břeh, depth - hloubka)

($t = -3,07$) a břeh ($t = -2,29$). Druhá kanonická osa vysvětluje 0,6 % variability, koreluje s balvany ($t = -2,02$), oblázky ($t = 2,59$), proudnice ($t = -3,47$) a břeh ($t = -2,46$).

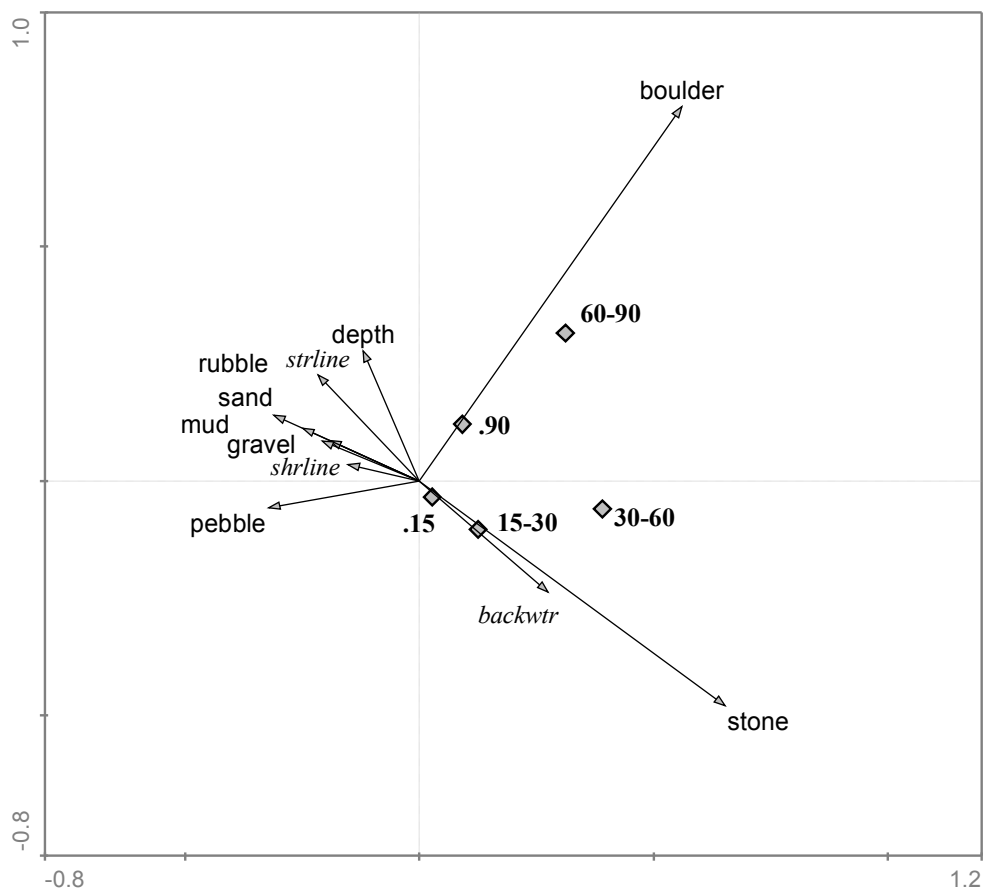
Průkazný vliv mají ze sledovaných parametrů pouze dva. Jsou to substrát, vysvětlující 8,85 % variability, a umístění v korytě, vysvětluje 0,66 % variability. Vybrané parametry mají největší vliv na výskyt jedinců 30,1 - 60 mm (15,54 % vysvětlené variability této délkové skupiny). Kromě velikostní kategorie <15 převažuje u všech vliv substrátu. U velikostní kategorie <15 je naopak významnější vliv umístění v korytě. Největší vliv na výskyt jedinců většiny velikostních kategorií má kategorie substrátu kameny (5,8 % vysvětlené variability)

Z ordinačního diagramu lze vyčíst, že jedinci menší velikosti (<15 a 15,1-30mm) preferovali spíše kamenitý substrát umístěný mimo proudnici. Jedinci velikosti 30,1 - 60mm byli zaznamenáni převážně na kamenitých substrátech. S rostoucí velikostí těla roste i preference k balvanitému substrátu dna (Obr. 6).

Hodnocení vlivu parametrů toku na distribuci jedinců pro rok 2010 je provedeno

metodu RDA (1261 plošek pro 5 velikostních kategorií). Model vysvětluje 13,4 % variability distribuce všech velikostních kategorií (499 permutací; $F = 21,57$; $P < 0,002$) a je tvořen parametry prostředí substrát, hloubka a umístění v korytě. První kanonická osa vysvětluje 8,84 % variability, signifikantně ($P < 0,05$) koreluje s kategoriemi parametrů prostředí balvany ($t = 10,03$), kameny ($t = 7,32$), oblázky ($t = 1,88$), proudnice ($t = -5,10$), břeh ($t = -3,14$) a hloubka ($t = -2,37$). Druhá kanonická osa vysvětluje 1,5 % variability, koreluje s balvany ($t = 6,87$), kameny ($t = -3,11$), proudnice ($t = 3,29$) a břeh ($t = 1,70$) a hloubka ($t = 3,29$).

Průkazný vliv mají všechny tři sledované parametry Substrát vysvětluje 9,9 % variability, pozice v toku vysvětluje 1,06 % a hloubka 0,37 % variability. Vybrané parametry mají největší vliv na výskyt jedinců 60,1-90 mm (19,6 % vysvětlené variability). U všech velikostních kategorií výrazně převyšuje vliv substrátu. Největší vliv na výskyt jedinců mají kategorie substrátu kameny (5,23 % vysvětlené variability)

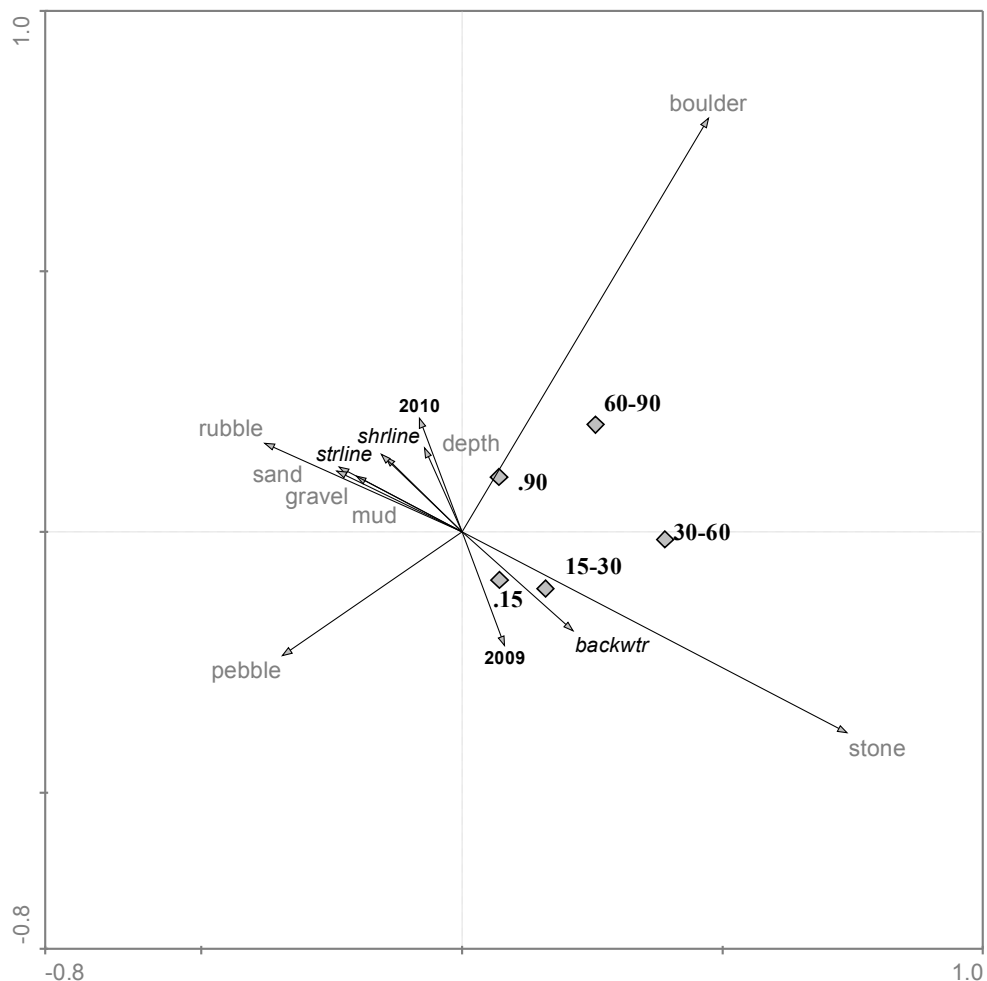


Obr. 7: Preference jedinců jednotlivých velikostních kategorií v roce 2010, získané pomocí RDA analýzy (boulder - balvany, stone - kameny, rubble - štěrk, gravel - jemný štěrk, sand - písek, mud - bahno, strline - proudnice, backwtr - mimo proudnici, shrine - břeh, depth - hloubka)

a balvany (4,84 % vysvětlené variability)

Z ordinačního diagramu vyplývá, že malí jedinci (<15 a 15,1-30mm) preferují plošky s převládajícím kamenitým substrátem umístěné mimo proudnici. S rostoucí velikostí těla rostou i preference k balvanitému substrátu (Obr. 7).

Analýza vlivu parametrů toku na distribuci jedinců pro roky 2009 a 2010 je provedena metodou RDA (2529 plošek pro 5 velikostních kategorií). Model vysvětluje 10,9 % variability distribuce všech velikostních kategorií (499 permutací; $F = 28,08$; $P < 0,002$) a je tvořen parametry prostředí substrát, hloubka, rok a umístění v korytě. První kanonická osa vysvětluje 9,02 % variability, signifikantně ($P < 0,05$) koreluje s kategoriemi parametrů prostředí balvany ($t = 12,33$), kameny ($t = 11,23$), oblázky



Obr 8: Preference jedinců jednotlivých velikostních kategorií za roky 2009 a 2010, získané pomocí RDA analýzy (boulder - balvany, stone - kameny, rubble - štěrk, gravel - jemný štěrk, sand - písek, mud - bahno, strline - proudnice, backwtr - mimo proudnici, shrlne - břeh, depth - hloubka)

($t = 2,74$), proudnice ($t = -5,69$), břeh ($t = -4,05$) a hloubka ($t = -1,85$). Druhá kanonická osa vysvětluje 0,81 % variability, koreluje s rokem ($t = -2,84$), balvany ($t = 7,07$), kameny ($t = -3,08$), oblázky ($t = -2,66$), proudnice ($t = 3,15$) a břeh ($t = 3,02$) a hloubka ($t = 1,69$).

Průkazný vliv ze sledovaných parametrů mají substrát, vysvětlující 9,1 % variability, pozice v korytě, vysvětluje 0,66 % variability, a rok, který vysvětluje 0,15 % variability. Vybrané parametry mají největší vliv na výskyt jedinců 30,1-60 mm (15,24 % vysvětlené variability). U všech velikostních kategorií převažuje vliv substrátu. Největší vliv na výskyt jedinců mají kategorie substrátu kameny (5,5 % vysvětlené variability) a balvany (2,8 % vysvětlené variability)

Z ordinačního diagramu vyplývá, že malí jedinci (<15 a 15,1-30mm) preferovali mikrohabitaty s převládajícím kamenitým substrátem umístěné mimo proudnici, podobně jako v roce 2009. S rostoucí velikostí těla se zvětšují i preference jedinců k balvanitému substrátu. Jedinci menší velikosti vykazují vyšší četnosti výskytu v roce 2009 (Obr. 8).

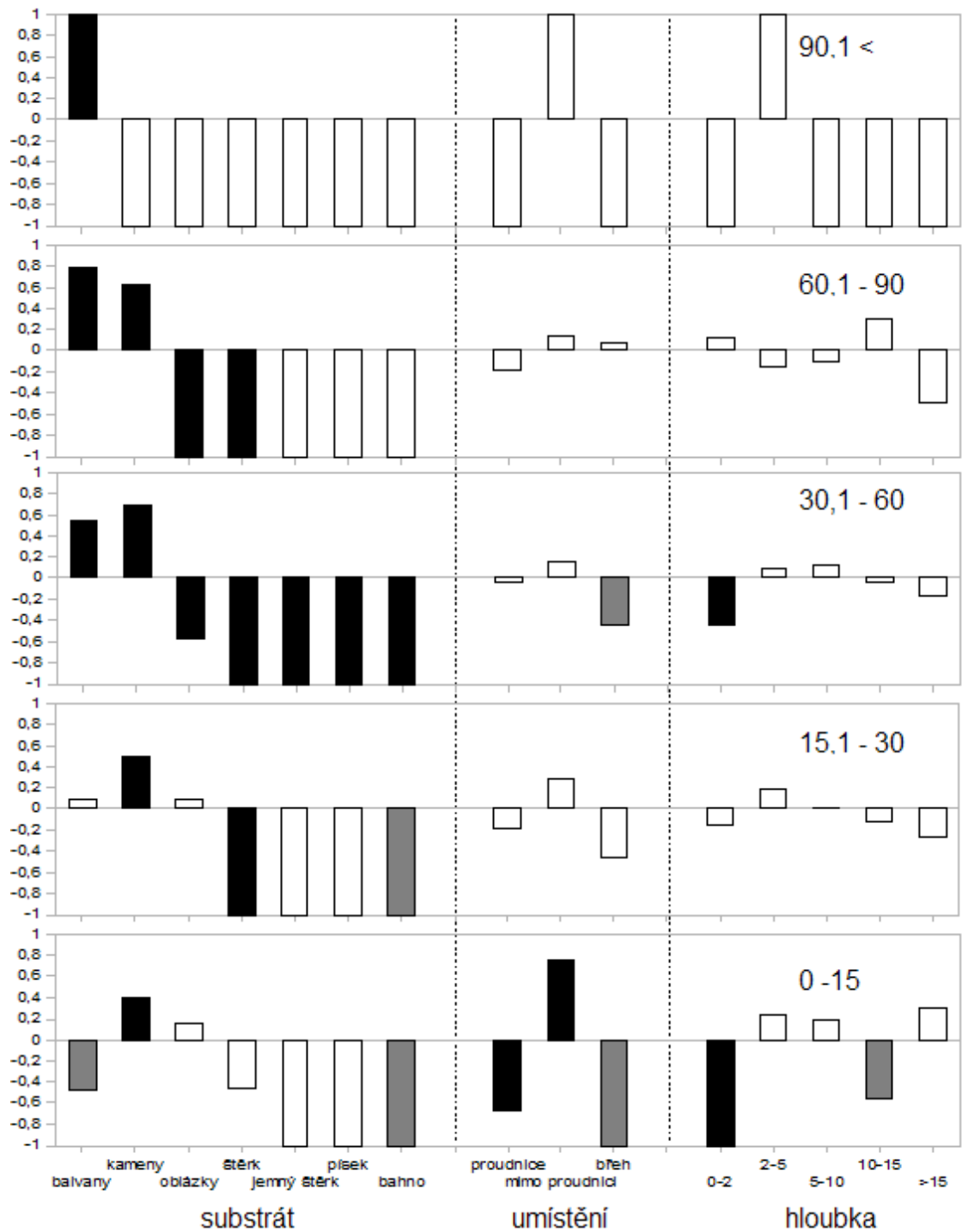
Analýza preferencí prostředí jedinců raka kamenáč pomocí indexu elektivity

V roce 2009 jedinci velikosti do 15 milimetrů upřednostňovali kamenitý substrát ($D=0,4$; $\chi^2=6,65$; $P=0,01$) a umístění mimo proudnici ($D=0,76$; $\chi^2=12,27$; $P<<0,01$). Jedinci velikostní kategorie 15,1 - 30 milimetrů vykazovali preference ke kamenitému substrátu ($D=0,49$; $\chi^2=15,04$; $P<<0,01$). U jedinců velikostní kategorie 30,1 - 60 milimetrů se začínají objevovat kromě preferencí ke kamenitému substrátu ($D=0,69$; $\chi^2=68,65$; $P<<0,01$) i preference k balvanům ($D=0,56$; $\chi^2=30,53$; $P<<0,01$). U velikostní kategorie 60,1 - 90 milimetrů preference balvanitého substrátu ($D=0,78$; $\chi^2=48,69$; $P<<0,01$) roste a současně přetrvává i preference kamenů ($D=0,62$; $\chi^2=15,11$; $P<<0,01$). U jedinců nad 90,1 milimetrů se podařilo prokázat silnou preferenci balvanitého substrátu ($D=1$; $\chi^2=19,21$; $P<<0,01$) (Obr. 9).

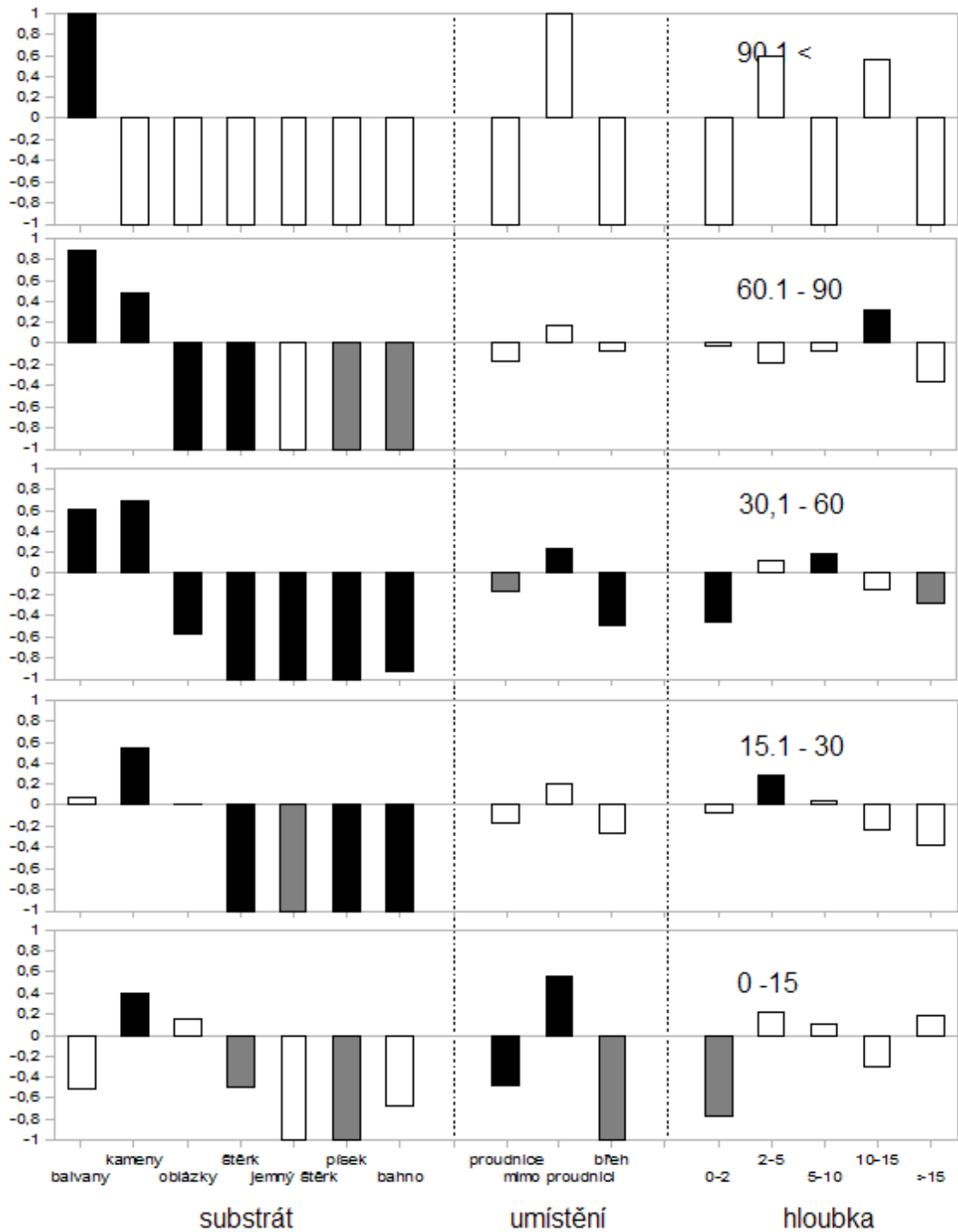
V roce 2010 se u velikosti jedinců do 15 mm nepodařilo prokázat žádné preference ke zvoleným parametrům. Jedinci velikostní kategorie 15,1 - 30 milimetrů vykazovali preference ke kamenitému substrátu ($D=0,6$; $\chi^2=13,4$; $P<<0,01$) a hloubce 2 - 4,9 centimetrů ($D=0,36$; $\chi^2=4,13$; $P=0,04$). Jedinci velikosti 30,1 - 60 milimetrů preferovali kamenitý ($D=0,69$; $\chi^2=60,38$; $P<<0,01$) a balvanitý substrát ($D=0,66$; $\chi^2=36,85$; $P<<0,01$), umístění mimo proudnici ($D=0,39$; $\chi^2=7,83$; $P=0,005$) a projevuje se i mírná

preferenci hloubky 5 - 9,9 centimetrů ($D=0,25$; $\chi^2=5,9$; $P=0,015$). U velikostní kategorie 60,1 - 90 milimetrů již zcela převládají preference balvanitého substrátu ($D=0,94$; $\chi^2=195,36$; $P\ll 0,01$) a projevuje se preference k hloubce 10 - 14,9 centimetru ($D=0,4$; $\chi^2=5$; $P=0,025$). Jedinci nad 90,1 milimetrů silně preferovali balvanitý substrát ($D=1$; $\chi^2=28,84$; $P\ll 0,01$) (Obr. 10).

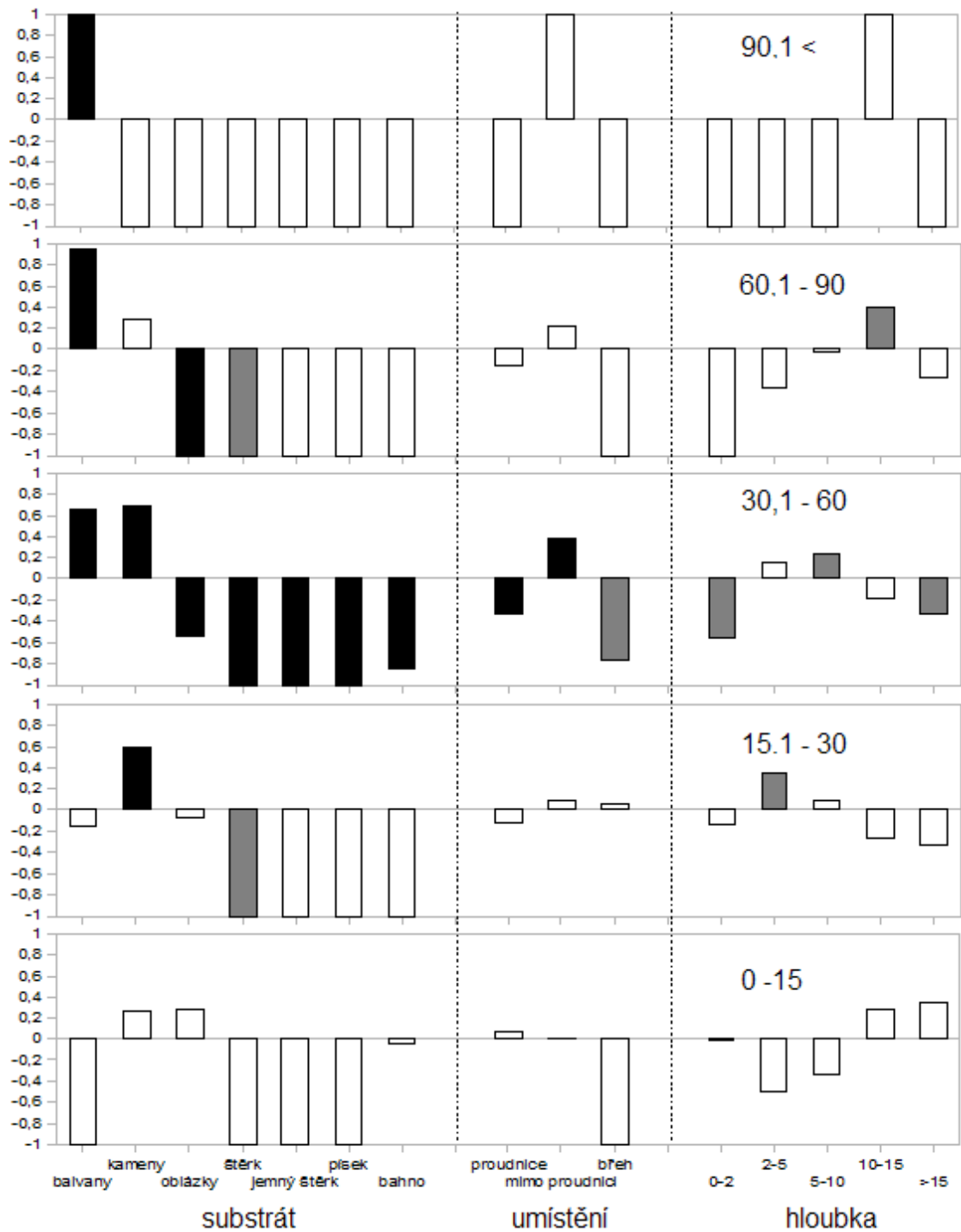
Při sloučení dat z obou let jedinci velikosti do 15 milimetrů preferovali kamenitý substrát ($D=0,39$; $\chi^2=8,27$; $P=0,004$) a umístění mimo proudnici ($D=0,57$; $\chi^2=8,82$; $P=0,003$). Jedinci velikostní kategorie 15,1 - 30 milimetrů upřednostňovali kamenitý substrát ($D=0,54$; $\chi^2=29,09$; $P\ll 0,01$) a hloubku 2 - 4,9 centimetrů ($D=0,29$; $\chi^2=7,46$; $P=0,006$). Preference velikostní kategorie 30,1 - 60 milimetrů byly ke kamenům ($D=0,69$; $\chi^2=130,64$; $P\ll 0,01$) a balvanům ($D=0,61$; $\chi^2=67,4$; $P\ll 0,01$), jedinci také mírně preferovali umístění mimo proudnici ($D=0,24$; $\chi^2=7,89$; $P=0,005$) a hloubku 5 - 9,9 centimetrů ($D=0,19$; $\chi^2=7,29$; $P=0,007$). U velikostní kategorie 60,1 - 90 milimetrů převládají preference balvanitého substrátu ($D=0,88$; $\chi^2=100,23$; $P\ll 0,01$) a současně přetrvávají i preference kamenů ($D=0,48$; $\chi^2=15,38$; $P\ll 0,01$), také je preferována hloubka 10 - 14,9 centimetrů ($D=0,33$; $\chi^2=6,98$; $P=0,008$). U jedinců nad 90,1 milimetrů se podařilo prokázat silnou preferenci balvanitého substrátu ($D=1$; $\chi^2=46,24$; $P\ll 0,01$) (Obr. 11).



Obr. 9: Preference jedinců k jednotlivým kategoriím parametrů prostředí v roce 2009 vyjádřené indexem elektivity. Černou barvou zvýrazněné preference byly spočítány z relativních četností, jejichž rozdíl byl průkazný na hladině významnosti menší než 0,01. Šedou barvou označené preference znamenají průkaznost rozdílu použitých četností na hladině významnosti menší než 0,05 a preference mající bílou barvu neměly průkazný rozdíl četností použitých pro výpočet.



Obr. 10: Preference jedinců k jednotlivým kategoriím parametrů prostředí v roce 2010 vyjádřené indexem elektivity. Černou barvou zvýrazněné preference byly spočítány z relativních četností, jejichž rozdíl byl průkazný na hladině významnosti menší než 0,01. Šedou barvou označené preference znamenají průkaznost rozdílu použitých četností na hladině významnosti menší než 0,05 a preference mající bílou barvu neměly průkazný rozdíl četností použitých pro výpočet.



Obr. 11: Preference jedinců k jednotlivým kategoriím parametrů prostředí vyjádřené indexem elektivity pro data z let 2009 a 2010. Černou barvou zvýrazněné preference byly spočítány z relativních četností, jejichž rozdíl byl průkazný na hladině významnosti menší než 0,01. Šedou barvou označené preference znamenají průkaznost rozdílu použitých četností na hladině významnosti menší než 0,05 a preference mající bílou barvu neměly průkazný rozdíl četností použitých pro výpočet.

Diskuse

Při analýze dat byl zjištěn rozdíl mezi počty jedinců, které se podařilo zaznamenat v jednotlivých rocích. Průkazně více jedinců bylo zaznamenáno v roce 2009. Velikostní struktura zaznamenaných jedinců v letech 2009 a 2010 byla podobná struktuře zaznamenaných jedinců v roce 2008 (Hulec 2009). Výrazný rozdíl byl jen u jedinců menší velikosti (do 30 milimetrů), kterých bylo méně než v roce 2008. Poměr pohlaví byl na většině lokalit vyrovnaný, výjimku tvořily jen Hůrecký a Přešínský potok. Ze sledovaných parametrů prostředí měly významný vliv na jedince raka kamenáče substrát a umístění v toku. Vliv hloubky se projevil jen v roce 2010. Jedinci preferovali substráty s hrubší zrnitostí (kameny a balvany). S rostoucí velikostí těla rostly i preference jedinců k balvanitému substrátu. Umístění v toku bylo důležité zejména pro menší jedince. Pro jedince velikostní kategorie pod 15 milimetrů roce 2009 byl dokonce parametr umístění v toku nejvýznamnější ze všech sledovaných. Vliv hloubky byl průkazný pouze v roce 2010. Preference jedinců zde vykazují velmi zajímavý trend, kdy menší jedinci preferují spíše mělčí partie toku a s rostoucí velikostí těla se jedinci přesouvají do hloubky.

V letech 2009 a 2010 bylo zaznamenáno dohromady 684 jedinců na 2529 ploškách, oproti tomu v roce 2008 to bylo 996 jedinců na 1263 ploškách. Tento nepoměr je s největší pravděpodobností z části způsoben nenáhodným výběrem plošek v letech 2009 a 2010, kvůli vyrovnanosti zastoupení jednotlivých substrátů a následnému průkaznějšímu hodnocení. Možnost úbytku jedinců vlivem populační dynamiky je nepravděpodobná. Data z dlouhodobého monitoringu AOPK (Vlach, úst. sdělení) dokazují na všech lokalitách dlouhodobě stabilizované populace. Na některých lokalitách dokonce mírně roste počet odlovených jedinců, což může být způsobeno růstem populace, nebo náhodným výběrem ploch, na kterých dominují mikrohabitaty preferované jedinci (viz níže). Další příčinou rozdílu v četnostech jedinců zaznamenaných v předkládané práci mohl být průběh počasí během sběru dat. Rok 2008 byl z hydrologického hlediska podprůměrný, srážky dosahovaly 92% normálu. Oproti tomu roky 2009 a 2010 byly značně nadnormální, 110% pro rok 2009 a 129% pro rok 2010. Tento faktor mohl významně ovlivnit schopnost zaznamenat menší jedince (0 - 30 mm), kteří v roce 2008 činili více než polovinu všech zaznamenaných. Více

zaznamenaných jedinců v roce 2009 oproti roku 2010 je nejspíše opět způsobeno nadnormálními srážkovými úhrny, kdy v letních měsících v 2010 dosahoval srážkový úhrn i 200% normálu (CHMU 2009, 2010, 2011). Metoda použitá ke sběru dat je velice citlivá na podmínky prostředí (Peay 2000). Zvýšení průtoku, zakalení vody anebo horší světelné podmínky mohou mít neblahý vliv na úspěšnost záznamu jedinců, která se za optimálních podmínek pohybuje od 12 % do 20 % v závislosti na charakteru prostředí (Fisher a Vlach, ústní sdělení).

Velikostní struktura populací zaznamenaná na jednotlivých lokalitách, je pravděpodobně do značné míry zkreslená právě citlivostí použitých metod na vnější podmínky. Přesto v letech 2009 a 2010 stejně jako v roce 2008 dominují na všech lokalitách jedinci velikosti 30,1 - 60 milimetrů. Důvodem může být vysoké zastoupení těchto jedinců v populaci a menší ovlivnění úspěšnosti jejich záznamu vnějšími podmínkami. Počet jedinců menších velikostí (<15 a 15,1-30mm) byl na všech lokalitách výrazně menší než by se dalo očekávat podle dat z roku 2008 (Hulec 2009). Možným vysvětlením je opět malá úspěšnost záznamu jedinců při špatných podmínkách. Oproti tomu počty jedinců větších velikostí (60,1 <) jsou srovnatelné s daty z roku 2008, úspěšnost záznamu větších jedinců je obstojná i při zhoršených podmínkách. Podobná zaznamenaná struktura populace byla sledována i na raku bělonohém *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet 1858), při použití stejné metody odlovu (Broquet a kol. 2002). Výsledky dalších autorů, kteří sledovali populace raka bělonohého, jsou podobné i přes použití rozdílných metod (Bernardo a kol. 1997, Grandjean a kol. 1997). Stejně tak struktura populace raka kamenáče při použití metody odlovu do pastí (Maguire a Klobučar 2002). Zde bylo, ale také velmi nízké zastoupení malých jedinců, což je způsobeno použitou metodou odlovu (Grandjean a kol. 2000).

Další populační charakteristikou je poměr pohlaví. I ten je třeba vnímat spíše orientačně díky velkému počtu jedinců u kterých se pohlaví nepodařilo určit. Malí jedinci, u kterých by hrozilo poškození při odlovu, byli zaznamenaní jen pohledem, stejně jako jedinci, které se odlovit nepodařilo. Přesto je poměr pohlaví na většině lokalit vyrovnaný, což odpovídá datům z dlouhodobého monitoringu AOPK (Vlach a kol. 2009a) i populacím příbuzného druhu raka bělonohého (Bernardo a kol. 1997, Grandjean et al. 1997).

Nejvíce byla distribuce jedinců ovlivněna substrátem, při RDA analýze vysvětloval tento parametr 8,85 % variability v roce 2009 a 9,9 % variability v roce 2010. Výjimkou

byla kategorie pod 15 milimetrů v roce 2009, pro kterou nejvíce variability vysvětlovalo umístění v korytě. Vysoké ovlivnění substrátem je známo i z prací jiných autorů (Bohl 1987, Renz a Breithaupt 2000, Maguire a Klobučar 2002, Streisel a Hödl 2002, Machino a Füreder 2005). Jedinci raka kamenáče vyhledávají denní úkryty, jejichž zdrojem se stává substrát dna, opad a kořenová soustava příbřežní vegetace zasahující do toku. V případě nedostatku úkrytů si raci mohou v jílovitém dně hloubit nory (Bohl 1987, Machino a Füreder 2005). Streisel a Hödl (2002) zkoumali vztah mezi velikostí kamenů v substrátu dna a velikostí raků, kteří jsou pod nimi ukryti. Podařilo se jim potvrdit, že s rostoucí velikostí plochy kamene roste i velikost jedinců, kteří jej využívají jako úkryt. Trend preference hrubšího substrátu většími jedinci je patrný i z ordinačních diagramů a indexů elektivity ve výsledcích této práce. Větší jedinci preferují hrubší substrát z důvodu prostornějších úkrytů, které nabízí. Nezřídka se při prohledávání mikrohabitatů stávalo, že v dostatečně velkém úkrytu se nacházelo více jedinců různé velikosti. Toto pozorování zdánlivě protičeči laboratornímu výzkumu, kdy bylo zjištěno, že jedinci raka kamenáče si úkryty aktivně brání a to i proti větším jedincům jiných druhů raků (Vorburger a Ribí 1999). Je však nutné uvědomit si, že úkryty v kamenitém, nebo balvanitém dně jsou velmi členité a často mívají několik vchodů. Podle výzkumu prováděném na příbuzném raku bělonohém se preference substrátu během dne mění. Se soumrakem raci vyrážejí za potravou a preferují spíše jemnozrnější substrát (Clavero et al. 2009). Je ale otázkou nakolik byla použita metoda citlivá na jedince vyskytující se v hrubozrném substrátu.

Dalším parametrem ovlivňujícím preference raka kamenáče bylo umístění v korytě. Při RDA analýze vysvětlovalo umístění v korytě 0,66 % variability v roce 2009 a 1,06 % variability v roce 2010. Největší preference byly u kategorií pod 15 milimetrů v roce 2009 a 30,1 - 60 milimetrů v roce 2010 k umístění mimo proudnici. V roce 2009 byl u jedinců kategorie pod 15 milimetrů vliv umístění v korytě větší než vliv substrátu. Může to být způsobeno menší možností zaznamenání jedinců v proudnici, nebo potřebou jedinců vyhledávat klidnější místa pro odpočinek, jelikož pobyt v proudu může být vysilující. Menší jedinci také preferovali mělčí partie toku (viz. níže), kde je obvykle rychlost proudění nižší. Ovlivnění ostatních velikostních skupin touto proměnnou bylo malé, lze to vysvětlit mizivým vlivem umístění v toku na jedince, který je skryt v úkrytu. Renz a Breithaupt (2000) ve svých závěrech uvádějí domněnku minimálního proudu potřebného ke kolonizaci stanoviště rakem kamenáčem. Zároveň

dodávají, že lokality s jeho výskytem jsou často velmi členité a voda zde má na některých místech téměř nulovou rychlost. Limitujícím parametrem bude spíše maximální rychlost proudění, kterou je rak dané velikosti schopen vydržet, aniž by byl stržen proudem či poškozen unášeným materiálem. Bohl (1987) uvádí jako maximální rychlost 30 cm.s^{-1} .

Poslední vybraný parametr, který uplatnil svůj vliv na preference jedinců byla hloubka. Vliv hloubky byl průkazný jen v roce 2010 a vysvětloval 0,37 % variability. Signifikantní preference se projevily u třech velikostních kategorií. Jedinci velikosti 15,1 - 30 milimetrů preferovali hloubku 2 - 5 centimetrů, velikosti 30,1 - 60 milimetrů hloubku 5 - 10 centimetrů a jedinci velikosti 60,1 - 90 milimetrů hloubku 10 - 15 centimetrů. Lze vypočítat trend, že s rostoucí velikostí těla roste i preferovaná hloubka. Může to být opět způsobeno obtížnějším záznamem malých jedinců, ale v literatuře se objevuje i vysvětlení týkající se využívání menší hloubky menšími jedinci jako útočiště před rybími predátory (Streisel a Hödl 2002). Naopak jedinci větší velikosti se ukrývají v hloubce před suchozemskými predátory, pro které jsou malí jedinci méně zajímaví (Fischer a kol. 2009). Podobný trend byl zaznamenán i u jiných druhů raků (Englund a Krupa 2000, Clavero a kol. 2009).

Ovlivnění distribuce jedinců při analýze dat z obou let dohromady bylo průkazné pouze u parametrů prostředí substrát (9,1 % vysvětlené variability) a umístění v toku (0,66 % vysvětlené variability). Výsledky tohoto modelu jsou velice podobné výsledkům z jednotlivých let a to i přes průkazný rozdíl v počtech zaznamenaných jedinců. Při porovnání zjištěných výsledků s výsledky z roku 2008 se preference jedinců jednotlivých velikostních kategorií nápadně shodují (Hulec 2009, Vlach a kol. 2009b). Nejvíce shodné byly preference k substrátu, kdy jedinci v roce 2008 s rostoucí velikostí těla preferovali hrubší substrát stejně jako v této práci. Dalším parametrem, jehož preference vykazují podobnost s předchozím výzkumem, jsou preference hloubky. A ačkoliv je ve výsledcích trend preferovat větší hloubku s rostoucí velikostí těla průkazný jen pro rok 2010 je výzkumem jiných autorů tento jev potvrzen (Streisel a Hödel 2002b, Clavero a kol. 2009).

Podobnost výsledků této práce s výsledky z roku 2008 (Hulec 2009, Vlach a kol. 2009b) a potvrzení nastíněných trendů v literatuře (Bohl 1987, Vorburger a Ribí 1999, Renz a Breithaupt 2000, Streissl a Hödl 2002, Machino a Füreder 2005) předpokládá obecnou platnost závěrů práce pro toky s podobným charakterem jako byly vybrané

lokality. Jedná se zpravidla o malé toky, mající délku několik kilometrů. Jejich důležitou charakteristikou je členité dno s převládajícím hrubozrnným sedimentem (velikost zrn nad 21 milimetrů) a spíše přirozený charakter toku. Bohl (1987) uvádí, že se značná část bavorských populací vyskytuje právě na takových tocích a stejně je tomu i v České republice (Vlach a kol. 2009a). Existují i výjimky, ve kterých se populace raka kamenáče nacházejí ve velkém toku, anebo na lokalitách s převážně bahnitým, nebo jílovitým sedimentem (Machino a Füreder 2005, Vlach a kol. 2009). Zde je potřeba závěry této práce aplikovat velmi obezřetně.

Závěr

Znalost nároků druhu na prostředí je nezbytná k pochopení jeho úlohy ve společenstvu. U ohrožených druhů, jakým bezesporu je i rak kamenáč je efektivní ochrana odvislá od množství informací, které máme k dispozici. Předložená studie se pokouší objasnit závislost jedinců raka kamenáče na vybraných parametrech prostředí a tím přispět k poznání složitých vztahů mezi jedincem a jeho prostředím. Práce je pokračováním již publikované bakalářské práce (Vlach 2009b), která nastínila silnou závislost mezi jedinci a substrátem dna. Výsledky získané analýzou dat sebraných během let 2009 a 2010 potvrzují tendence preferovat kamenitý a balvanitý substrát. Průkazné jsou i tendence větších jedinců obsazovat hrubší substráty, které jim poskytují dostatečně velké úkryty během světelné fáze dne. Dalším parametrem s průkazným vlivem je umístění v toku, kdy jedinci zejména menších a středních velikostí preferují umístění mimo proudnici. Parametrem s nejmenším vlivem je hloubka, přesto lze v preferencích vyzorovat trend vyhledávání mělčích partií toku menšími jedinci, kteří zde hledají útočiště před rybami. S rostoucí velikostí těla stoupá i preference hlubších partií. V dalším výzkumu by bylo zajímavé zjistit, zdali se preference substrátu nemění v noci, kdy raci vyrážejí za potravou. Zajímavá by mohla být i studie, sledující jakým způsobem ovlivňuje zjištěné preference raka kamenáče jeho sympatrický výskyt s rakem říčním na některých tocích západních Čech. Pro další výzkum však bude potřeba počítat s velkým vlivem počasí na metodu odlovu a pokusit se využít všech příležitostí k práci v terénu za optimálních podmínek.

Přes malý počet zaznamenaných jedinců v některých velikostních kategoriích lze závěry této práce použít jak v teoretické rovině, tak hlavně v praktické ochraně druhu při vytváření managementu stanovišť a hodnocení jejich kvality.

Literatura

[CHMÚ] Český hydrometeorologický ústav (2009). Hydrologická ročenka České republiky 2008, ČHMÚ <http://voda.chmi.cz/roc/index.html>

[CHMÚ] Český hydrometeorologický ústav (2010). Hydrologická ročenka České republiky 2009, ČHMÚ <http://voda.chmi.cz/roc/index.html>

[CHMÚ] Český hydrometeorologický ústav (2011). Hydrologická ročenka České republiky 2010, ČHMÚ <http://voda.chmi.cz/roc/index.html>

Bernardo J.M., Ilhe´u M. a Costa A.M. (1997). Distribution, population structure and conservation of *Austropotamobius pallipes* in Portugal. *Bull Fr Peˆche Piscic* 347:617–624

Bohl E. (1987). Comparative studies on crayfish brooks in Bavaria (*Astacus astacus* L., *Austropotamobius torrentium* Schr.). *Freshwater crayfish*, 7: 287–294.

Braak, C. J. F. ter a Šmilauer, P. (2002). *CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination* (version 4.5). Microcomputer Power (Ithaca NY, USA), 500 pp

Broquet T., Thibault M. a Neveu A. (2002). Distribution and habitat requirements of the white-clawed crayfish *Austropotamobius pallipes* in a stream from the Pays de Loire region, France: an experimental and descriptive study. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 367, 717–728.

Cao Y., Larsen D.P., Hughes R.M., Angermeier P.L. a Patton T.M. (2002). Sampling effort affects multivariate comparisons of stream assemblage. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 21, 701–714.

Clavero M., Benejam L. a Seglar A. (2009). Microhabitat use by foraging white-clawed crayfish (*Austropotamobius pallipes*) in stream pools in the NE Iberian Peninsula. *Ecol. Res.*, 24, 771–779.

Correia A.M. a Anasta´cio P.M. (2008). Shifts in aquatic macroinvertebrate biodiversity associated with the presence and size of an alien crayfish. *Ecol Res.*

Ďuriš Z. a Horká I. (2005). *Rešerše biologie a ekologie raků v České Republice*. Ostrava, 2005: 1 – 31.

Dušek J., Ďuriš Z., Fischer D., Petrusek A., Štambergová M. a Vlach P. (2006): *Metodika monitoringu raka kamenáče*. - Manuscript, depon. in AOPK Praha.

Edgerton B.F., Henttonen P., Jussila J., Mannonnen A., Paasonen P., Taugbol T., Edsman L a Souty-Grosset C (2004). Understanding the causes of disease in European freshwater crayfish. *Conserv Biol* 18:1466–1474.

Fischer D., Bádr V., Vlach P. a Fischerová J. (2004). Nové poznatky o rozšíření raka kamenáče v Čechách. *Živa*, 2/2004. 79 – 81.

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

Frankowski M., Ziola A., Siepak M. a Siepak J. (2008). Analysis of Heavy Metals in Particular Granulometric Fractions of Bottom Sediments in the Mała Wełna River (Poland), *Polish J. of Environ. Stud.* Vol. 17, No. 3, 343-350

Füreder, L., Gherardi, F. a Souty-Grosset, C. (2010). *Austropotamobius torrentium*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 28 April 2012.

Grandjean F., Cornuault B., Archambault S., Bramard M. a Otrebsky G. (2000). Life history and population biology of the white-clawed crayfish, *Austropotamobius pallipes pallipes*, in a brook from the Poitou-Charentes region (France). *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 356, 55–70.

Grandjean F., Romain D., Avila-Zarza C., Bramard M., Souty-Grosset C. a Mocquard J.P. (1997). Morphometry, sexual dimorphism and size at maturity of the white-clawed crayfish *Austropotamobius pallipes pallipes* (Lereboullet) from a wild French population at Deux-Sèvres (Decapoda, Astacidae). *Crustaceana*, 70, 31–44.

Gras R. a Saint-Jean L. (1982). Comments about Ivlev's electivity index. *Rev. Hydrobiol. trop.* 15 (1): 33–37.

Harlioglu M. M. a Güner U. (2007). A new record of recently discovered crayfish, *Austropotamobius torrentium* (Shrank, 1803), in Turkey BFPP/Bull. Fr. Pêche Piscic. 387 : 01-05.

Hauer F. R. a Lambert G. A. (2006). *Methods in stream ecology*, Academic Press, 2006, 877pp.

Holdich D (2003) *Ecology of the white-clawed crayfish*, Conserving Natura 2000 Rivers Ecology Series No.1, English Nature, Peterborough

Holdich D. (2002). Distribution of crayfish in Europe and some adjoining countries. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 367 : 611-650.

Huber M. G. J. a Schubart C. D. (2005). Distribution and reproductive biology of *Austropotamobius torrentium* in Bavaria and documentation of contact zone with the alien crayfish *Pacifastacus leniusculus*, *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 376-377 : 759-776.

Hulec, L. (2009). Vliv vybraných morfologických parametrů toku na populaci raka kamenáče (*Austropotamobius torrentium*). Manuscript, depon.in Universita Palackého v Olomouci, Katedra ekologie a životního prostředí.

Chobot K. a Štambergová M. (2009). Mapa rozšíření *Austropotamobius torrentium* v ČR. BioLib [<http://www.biolib.cz/cz/taxonmap/id129/>].

Jacobs, J. (1974) Quantitative measurement of food selection. *Oecologia* Volume 14, Number 4, 413-417

Kozák P., Ďuriš Z. a Polícar T. (2002). The stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank) in the Czech Republic. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 367: 707-713.

Kozubíková E., Petrušek A, Ďuriš Z., Martin M. P., Diéguez-Uribeondo J. a Oidtmann B. (2008). The old menace is back: Recent crayfish plague outbreaks in the Czech Republic *Aquaculture* 274, 208–217.

Lechowicz M.J. (1982). The sampling characteristics of electivity indices. *Oecologia* 52: 22–30.

Lott, M. (2004): Habitat-Specific Feeding Ecology of Ocean-Type Juvenile Chinook Salmon in the Lower Columbia River Estuary. - Manuscript, depon. in University of Washington, School of Aquatic and Fishery Sciences.

Magalhaes M.F., Batalha D.C. a Collares-Pereira M.J. (2002). Gradients in stream fish assemblages across a Mediterranean landscape: contributions of environmental factors and spatial structure. *Freshw. Biol.*, 47, 1015–1031.

Maguire I. a Klobučar G.(2011). Size structure, maturity size, growth and condition index of stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) in North-West Croatia. *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.* 401, 12

Maguire I., Erben R., Klobučar G.I.V. a Lajtner J. (2002). A year cycle of *Austropota-mobius torrentium* (Schrank) in streams on Medvednica mountain (Croatia). *Bull. Français Pêche Piscia*, 367: 943-957.

Machino Y. a Fürender L. (2005). How to find a stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803): a biogeographic study in Europe. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 376-377 : 507-517.

Marshall S. a Elliot M. (1998). Environmental Influences on the Fish Assemblage of the Humber Estuary, U.K. *Estuar., Coast. Shelf Sci.*, 46, 175–184.

Narizzano R., Risso F., Innocenti R., Mollica V. a Tortarolo B. (2008). Soil subsampling in environmental sciences: the role of granulometry, *J. Environ. Monit.*, 2008,10, 993-997

Peay S. (2003). Monitoring the White-clawed Crayfish *Austropotamobius pallipes*. *Conserving Natura 2000 Rivers Monitoring Series No. 1*, English Nature, Peterborough

Penczak T., Galicka W., Glowacki L., Koszalin' ski H., Kruk A., Zieba G., Kostrzewa J. a Marszal L. (2004). Fish assemblage changes relative to environmental factors and time in the Warta River, Poland, and its oxbow lakes. *J. Fish Biol.*, 64, 1–19.

Rak kamenáč (*Austropotamobius torrentium*) (2009). [<http://www.biomonitoring.cz/druhy.php?druhID=21>].

Renz M. a Breithaupt T. (2000): Habitat use of the crayfish *Austropotamobius torrentium* in small, brooks and in lake constance, southern germany, *Bull. Fr. Pêche Piscic.* (2000) 356 : 139-154.

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

Svobodová J., Štambergová M., Vlach P., Pícek J., Douda K. a Beránková M. (2008). Vliv jakosti vody na populace raků v České republice-porovnání s legislativou ČR. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 50 (6/2008) : 1 – 5.

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

Vlach P., Hulec L. a Fischer D. (2009b). Microhabitat preferences of the stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803), *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 394-395, 15

Vlach P., Svobodová J. a Fischer D. (in.prep). Stone crayfish in the Czech Republic: How does population density depend on basic physical - chemical water characteristic?

Vlček V., Kestřánek J., Kříž H., Novotný S. a Píše J. (1984). Geographical lexicon of the Czechoslovakia. Water courses and reservoirs. Academia, Prag, 316 p.

Vorburger CH. a Ribí G. (1999). Aggression and competition for shelter between a native and an introduced crayfish in Europe, *Freshwater Biology* (1999) 42, 111-119.