

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

KATEDRA RYBÁŘSTVÍ

**POROVNÁNÍ EMBRYONÁLNÍHO VÝVOJE
PŮVODNÍCH A NEPŮVODNÍCH DRUHŮ RAKŮ**

Diplomová práce

Vypracoval:

Antonín Kouba

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Pavel Kozák, Ph.D.

2007

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Antonín KOUBA**
Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Rybářství**

Název tématu: **Porovnání embryonálního vývoje
původních a nepůvodních druhů raků.**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Na území ČR se v současné době vyskytuje v přírodních podmínkách 5 druhů raků. Z toho jsou dva druhy původní, a to rak říční *Astacus astacus* (L.) a rak kamenáč *Austropotamobius torrentium* (Schr.). Dalším druhem je rak bahenní *Astacus leptodactylus* Esch., který byl na naše území dovezen na přelomu 19. a 20. století. Další 2 druhy jsou raci původem ze Severní Ameriky a jsou to rak signální *Pacifastacus leniusculus* (D.) a rak pruhovaný *Orconectes limosus* Raf.

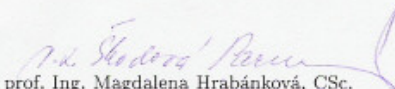
Tato diplomová práce bude sledovat embryonální vývoj a postembryonální vývoj u raků žijících ve volných vodách ČR. Sledován bude vliv teploty na rychlost vývoje u jednotlivých druhů. Cílem bude zachytit období jednotlivých embryonálních fází, dobu líhnutí ráčat a dále zachytit morfologické rozdíly mezi jednotlivými druhy v jednotlivých stádiích raného postembryonálního vývoje. V pravidelných intervalech budou odebírány a fixovány vzorky embryí a juvenilních raků k pozdější determinaci a dále bude prováděna digitální fotodokumentace aktuálního vývoje pomocí binokulární lupy. Zjištěná data budou porovnána s dostupnou literaturou. Práce bude probíhat v laboratořích a akvariijní místnosti v rybochovném objektu VÚRH JU.

Rozsah práce: 30 - 40 stran
Rozsah příloh: 10 grafů
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

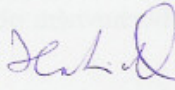
Seznam odborné literatury:

- Kozák, P., Pokorný, J., Polícar, T., Kouřil, J.: Základní morfologické znaky k rozlišení raků v ČR, Vodňany, VÚRH JU, 1998, edice Metodík, č. 56, 20 s.
Dubský, K., Kouřil, J., Šrámek, V., 2003: Obecné rybářství. Informatorium, Praha, 308 s.
Bulletin VÚRH JU, Vodňany, 3, 2001.
Bulletin VÚRH JU, Vodňany, 1-2, 2000.
Bulletin VÚRH JU, Vodňany, 3, 1998.
Krupauer V.: Raci, VŠZ v Praze, str. 3 -63, 1980.
Krupauer V.: Zlatý rak, VŠZ v Praze, str. 5 - 107, 1968.
Dyk, Podubský, Štědranský: Základy našeho rybářství, Státní zemědělské nakladatelství Praha, str. 45 - 47, 225, 448, 477 - 482, 1956.
Kostomarov B.: Rybářství, Učební texty vysokých škol, VS zemědělská v Brně, str. 227 - 247, 1951.
Holdich, D. M., Lowery, R. S., 1988: Freshwater Crayfish Biology, Management and Exploitation. Chapman & Hall, London & Sydney, Timber Press, Portland, Oregon, 498 s.
Holdich, D. M., 2002: Biology of Freshwater Crayfish. Blackwell Science Ltd., Oxford, London, 702 s.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Kozák, Ph.D.
Katedra rybářství
Konzultant diplomové práce: Ing. Tomáš Polícar, Ph.D.
Katedra rybářství
Datum zadání diplomové práce: 2. února 2005
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2007


prof. Ing. Magdalena Hrabánková, CSc.
děkanka

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení ④
Studentská 13
370 05 České Budějovice
L.S.


doc. Ing. Petr Hartvich, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 15. března 2005

**Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně na základě
vlastních zjištění a za pomoci uvedené literatury.**

.....

V Českých Budějovicích dne

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Pavlovi Kozákovi, Ph.D. za vedení mé diplomové práce. Dále si cením pomoci a spolupráce mého konzultanta Ing. Tomáše Policara, Ph.D. a ostatních pracovníkům oddělení akvakultury a hydrobiologie VÚRH JU Vodňany. Zvláštní dík pak patří Janovi Kantovi za součinnost při vlastní realizaci experimentů.

Tato diplomová práce vznikla za podpory grantu GAČR č. 206/03/0532 a č. 206/03/D064. Práce byla dále finančně podpořena výzkumným záměrem MSM 600766809 a projekty MŠMT ME 855 a GAAV IAA601870701.

Obsah:

1. Úvod.....	7
2. Literární přehled	8
2.1 Rozšíření raků na Zemi.....	8
2.2 Druhy raků v ČR.....	9
2.3 Systematické zařazení našich raků	11
2.4 Reprodukční chování	11
2.5 Reprodukční ukazatele	13
2.6 Embryonální vývoj.....	18
2.7 Umělá inkubace vs. embryonální vývoj	20
2.8 Vybrané aspekty postembryonálního vývoje	21
3. Metodika práce.....	24
3.1. Sledování embryonálního vývoje.....	24
3.2. Dokumentace vývojových stádií	27
4. Výsledky	28
4.1. Embryonální vývoj raků	28
4.1.1 Rak říční	28
4.1.2 Rak bahenní.....	31
4.1.3 Rak signální.....	34
4.1.4 Rak pruhovaný.....	37
4.2 Velikost vajíček v průběhu inkubace	40
4.3 Doby líhnutí jednotlivých druhů raků	41
4.4 Juvenilní vývojová stádia raků	42
4.4.1 První vývojové stádium	42
4.4.2 Druhé vývojové stádium.....	49
4.4.3 Třetí vývojové stádium	56
5. Diskuse.....	60
6. Závěr.....	65
7. Použitá literatura	66
8. Přílohy	

1. Úvod

Raci jsou velice úspěšnou a rozšířenou skupinou organismů. Je známo okolo pěti set druhů sladkovodních raků, jejichž původní areály jsou lokalizovány především v Severní Americe, Austrálii, na Novém Zélandu a Papui–Nové Guinei. Evropský region je z astakologického hlediska druhově velice chudý (Ďuriš, 2000). V případě České republiky se jedná pouze o raka říčního *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758) a sympatrický druh – raka kamenáče *Austropotamobius torrentium* (Schränk, 1803). Pouze tyto dva druhy můžeme na našem území definovat jako autochtonní.

Z hlediska našeho právního řádu je za „původní“ považován i rak bahenní *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823), který si po více než sto letech výskytu v našich podmínkách vydobyl téměř stejnou pozici z hlediska své ochrany, jako výše zmíněné dva druhy.

Ani rakům se nevyhnuly negativní dopady antropogenní činnosti, jako je například znečištění vod a devastace habitatů. Přičteme-li vysokou oblibu raků, jakožto vítaného zpestření jídelníčku labužníků a decimaci račích populací račím morem *Aphanomyces astaci* (Schikora, 1903), tak není třeba ptát se, komu tady „zvoní hrana“. Aby nebyla pozice původních druhů příliš jednoduchá, přichází na pořad dne i „introdukční kotlík lidové tvořivosti“. Introdukce alochtonních druhů, často bez potřebných znalostí jejich biologie a predikce dopadů na původní společenstva, se nevyhnula ani naší astakofauně. Jedná se o trend celosvětový a v žádném případě ojedinělý. Proto buďme rádi za recentní výskyt „pouze“ dvou těchto druhů - raka signálního *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) a raka pruhovaného *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817).

Ve světle výše zmíněných skutečností nabývá znalost biologie jednotlivých druhů raků na významu. Samotný embryonální a časný postembryonální vývoj je velice zajímavým tématem popisné biologie. Například reprodukční strategie či mateřská péče u raků obsahuje prvky, které jsou jedinečné v celé živočišné říši. Interspecifické porovnání těchto aspektů je jedním z bodů, který nám může pomoci v řešení současné neutěšené situace.

Cílem této diplomové práce je zdokumentovat vliv teploty na rychlost embryonálního vývoje s důrazem na zachycení doby líhnutí ráčat jednotlivých druhů a dále postihnout morfologické rozdíly mezi jednotlivými stádii ranného postembryonálního vývoje raků.

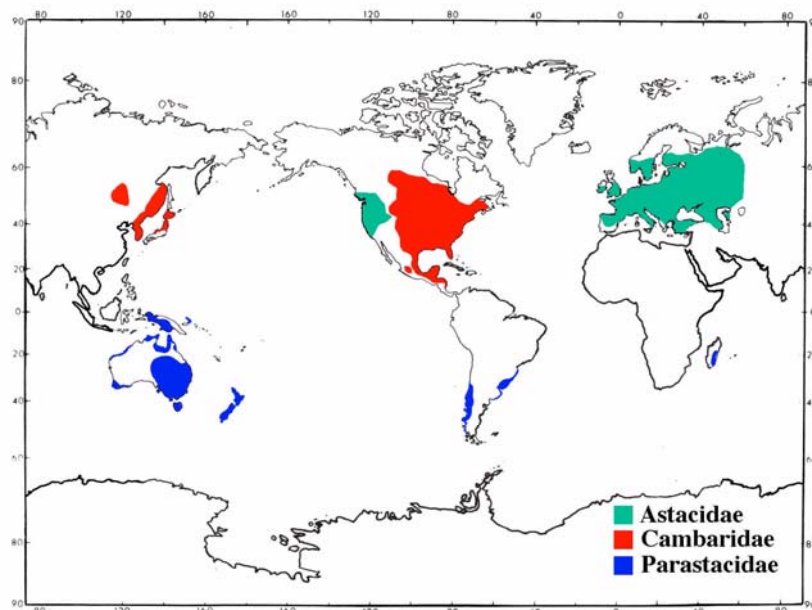
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Rozšíření raků na Zemi

Sladkovodní raci se vyskytují na celém světě. Výjimku tvoří pouze Antarktida, Afrika (několik druhů se vyskytuje na Madagaskaru) a indický subkontinent. Nejvíce druhů se vyskytuje v Severní Americe a v Austrálii (Souty - Grosset *et al.*, 2006).

Systematicky rozlišujeme dvě nadčeledi, kterými jsou *Astacoidea* a *Parastacoidea*. Přírozená distribuce nadčeledi *Astacoidea* je vázána na severní hemisféru, nadčeleď *Parastacoidea* se vyskytuje na jižní hemisféře. Tyto skupiny jsou navzájem odděleny pásem, vymezeným přibližně 20° severní a 20° jižní šířky, kde se sladkovodní raci nevyskytují (Ďuriš a Smutný, 1998).

Astacoidea je tvořena dvěma čeleděmi. Jsou jimi *Astacidae* a *Cambaridae*. Čeleď *Astacidae* se vyskytuje v Evropě a v Severní Americe západně od Skalistých hor na severozápadě USA a v Britské Kolumbii (Kanada). Čeleď *Cambaridae* pak v Severní Americe na východ od Skalistých hor, severně až do Britské Kolumbie a na jih do Mexika. Dále se vyskytují v jihovýchodní Asii. Nadčeleď *Parastacoidea* je tvořena jedinou čeledí *Parastacidae*, která se vyskytuje v Austrálii, Jižní Americe, na Madagaskaru, Novém Zélandu a některých ostrovech v Oceánii (Hobbs, 1991; Ďuriš a Smutný, 1998; Scholtz, 2002). Blíže obrázek 1.



Obr. 1: Rozšíření sladkovodních raků na Zemi (Fetzner, 2004).

2.2 Druhy raků v ČR

V přírodních lokalitách ČR je recentně dokumentován výskyt pěti druhů raků. Skutečně autochtonní jsou však pouze dva - rak říční *Astacus astacus* (L.) a rak kamenáč *Austropotamobius torrentium* (Schr.). Mezi tyto raky bývá někdy mylně zařazován i rak bahenní *Astacus leptodactylus* (Esch.). Alochtonní druhy jsou pak reprezentovány rakem signálním *Pacifastacus leniusculus* (D.) a rakem pruhovaným *Orconectes limosus* (Raf.) (Holzer, 2007).

Rak říční je na základě platných právních předpisů zařazen mezi druhy s kritickým ohrožením. Jeho výskyt je vázán na lokality tekoucích i stojatých vod (Holzer, 1987). Nároky na životní prostředí se u nás zabývali např. Dyk (1977), Krupauer (1981) a Holzer (1989). Rozšíření můžeme označit jako plošné v rámci celé ČR, jedná se o jeden z nejhojněji rozšířených druhů našich vod (Policar a Kozák, 2000).

Rak kamenáč je také zařazen do kategorie kriticky ohrožených živočichů. Obývá menší a chladnější potoky ve vyšších nadmořských výškách, zpravidla v zalesněných oblastech (Pöckl, 1999). Právě charakter těchto lokalit by mohl být jedním z klíčů pro ochranu tohoto druhu před alochtonními raky (Vorburger a Ribí, 1999). Jeho výskyt je vzácný, avšak v rámci ČR již byl zaznamenán na řadě lokalit, jejichž výčet se s probíhajícími průzkumy neustále rozšiřuje (Kozák a kol., 2002; Fischer a kol., 2004). Vzhledem ke svým požadavkům byl považován za bioindikátora kvality vody (Dyk, 1977). Na základě nových poznatků se ale dospělo k závěru, že bioindikační potenciál rodu *Austropotamobius* (a tedy i raka kamenáče) je poněkud limitován. Do popředí se tak dostává význam zachování druhu jako takového. Na tomto základě můžeme raka kamenáče označit za „kulturní dědictví“ (Füderer a Reynolds, 2003; Demers, 2006).

Rak bahenní není náš autochtonní druh, přesto z pohledu zákona požívá nejnižšího stupně ochrany. Na naše území byl vysazen v letech 1850 - 1892 z oblasti Haliče (Polsko). Jednalo se o lokality u Příbrami, Blatné, Mladé Boleslavi a Chlumce nad Cidlinou (Lohniský, 1984). Současný výskyt tohoto druhu převážně odpovídá místům původního vysazení. Tato skutečnost byla potvrzena v letech 1999-2000 na lokalitách u Blatné a Příbrami (Policar a Kozák, 2000). V oblasti Karvinska zaznamenali výskyt Ďuriš a Horká (2001). Původním záměrem introdukce bylo nahradit račím morem zdecimované populace raka říčního. Toto se však nepodařilo, protože rak

bahenní je také velice citlivý na původce onemocnění - plíseň *Aphanomyces astaci* Schikora (Hager, 1996).

Rak signální pochází ze Severní Ameriky (Lewis, 2002). V šedesátých letech započala jeho introdukce do mnoha evropských zemí (Westman a Savolainen, 1995; Henttonen a Huner, 1999). Primárním záměrem bylo jeho tržní využití, kdy měl doplnit pokles nabídky raků říčních, jejichž populace byly zdevastovány račím morem. Tento druh raka je vůči tomuto onemocnění rezistentní a v prostředí působí jako jeho přenašeč (Lowery a Holdich, 1988). Do České republiky byl dovezen v roce 1980 ze Švédska a vysazen v několika lokalitách na Moravě (Holzer, 1987). Dnes se vyskytuje v rybnících u Velkého Meziříčí, u obce Lubná, na lokalitě u Jindřichova Hradce, na Domažlicku a v řece Blanici ve Vodňanech. V posledních letech byl zaznamenán výskyt v rybnících Rybářství Litomyšl (Policar a Kozák, 2000; Policar a Kozák, 2005). Tato introdukce má mnoho negativních ekologických dopadů na původní společenstva (Holdich *et al.*, 1999) a je jedním z mnoha důvodů současné krize evropské astakofauny (Ďuriš, 2000).

Rak pruhovaný má také původ v Severní Americe. Na evropský kontinent byl neuváženě introdukován v roce 1890 a to do tehdejšího Německa (dnes Polsko). Odtud pak expandovalo, popř. byl sekundárně introdukován do dalších evropských zemí (Hamr, 2002). Poprvé byl na našem území prokázán v roce 1988 v Ústí nad Labem (Hajer, 1989). Dnes se vyskytuje v Labi, Vltavě a některých jejich přítocích. Osidluje i některé lokality se stojatou vodou - nejčastěji lomy. Rychlost rozšíření a osídlené lokality nasvědčují, že se nejedná pouze o přirozenou kolonizaci prostředí, ale že jeho šíření pomohl značnou měrou člověk. Také díky tomu je dnes rak pruhovaný nejrozšířenějším nepůvodním druhem raka v České republice (Kozák a kol., 2004a; Petrusek a kol., 2006). Vzhledem k velké plodnosti, časně pohlavní dospělosti, rychlému růstu, flexibilitě a nenáročnosti na životní podmínky, aktivitě a velké agresivitě je rak pruhovaný předurčen k rychlé expanzi a úspěšné konkurenci s původními druhy (Payne, 1997; Henttonen a Huner, 1999; Stuki, 2002). Navíc je většina českých populací tohoto raka přenašečem plísně *Aphanomyces astaci*, přičemž sám je vůči onemocnění rezistentní (Kozubíková a kol., 2006).

2.3 Systematické zařazení našich raků

U nás žijící raci jsou dle dostupné literatury (Kozák a kol., 1998; Scholtz, 2002) řazeni do zoologického systému takto:

Kmen: *Arthropoda*
Podkmen: *Branchiata*
Třída: *Crustacea*
Podtřída: *Malacostraca*
Nadřád: *Eucarida*
Řád: *Decapoda*
Podřád: *Astacidea*

Nadčeleď	Čeleď	Podčeleď	Rod	Druh
Astacoidea	Astacidae	Astacinae	<i>Astacus</i>	<i>Astacus astacus</i> (Linnaeus, 1758)
				Rak říční
				<i>Astacus leptodactylus</i> (Eschscholtz, 1823)
			Rak bahenní	
			<i>Austropotamobius</i>	<i>Austropotamobius torrentium</i> (Schrank, 1803)
				Rak kamenáč
	Cambaridae	Cambarinae	<i>Pacifastacus</i>	<i>Pacifastacus leniusculus</i> (Dana, 1852)
				Rak signální
			<i>Orconectes</i>	<i>Orconectes limosus</i> (Rafinesque, 1817)
				Rak pruhovaný

2.4 Reprodukční chování

Období reprodukce je u raků charakterizováno zvýšenou aktivitou, kdy pohlavně dospělí jedinci aktivně vyhledávají svého partnera. Chování je řízeno hormonálně a ovlivňuje jej mnoho podnětů, především však teplota vody a fotoperioda. V našich podmínkách je za hlavní faktor považována teplota vody, fotoperioda má nepřímý vliv (Stephens, 1952; Dubé a Portelance, 1992; Reynolds, 2002). V neposlední řadě je neopomenutelný vliv feromonů na iniciaci páření (Ingle, 1977). Naši raci dozrávají v pozdním létě. Páření je vázáno na období podzimu.

Průběh vlastního páření byl popsán u raka bělonohého (*Austropotamobius pallipes*) v sedmi fázích (Ingle a Thomas, 1974). Jednodušší schéma (3 fáze) uvádějí Villanelli a Gherardi (1998).

V období páření samec soustavně sleduje samici a přechází s ní do přímého kontaktu. Pevně ji uchopí svými klepety a otočí na hřbet. Klepeta samice pak přidržuje u dna. Při vlastním páření vytlačuje samec zralé spermatofoxy z ústí pohlavních cest na bázi 5. páru pereopodů a pomocí gonopodů (přeměněného 1. a 2. páru pleopodů) je přilepuje na ventrální stranu samice v blízkosti vývodů jejích pohlavních cest (3. pár pereopodů) (Skurdal a Taugbøl, 2002). Spermatofoxy mají jednoduchý cylindrický tvar a skládají se ze dvou hlavních částí - centrální masy spermií a třívrstevného obalu. U raka říčního mají délku 4-9 mm a průměr 1 mm. Obal spermatoforů začíná ve vodě rychle tvrdnout a stává se rezistentním vůči nepříznivým vlivům vnějšího prostředí. Tato skutečnost je nezbytná pro zachování životaschopnosti spermií vzhledem k delšímu časovému odstupu mezi pářením a kladením vajíček (Vogt, 2002).

U čeledi *Cambaridae*, kam patří rak pruhovaný, umísťuje samec své spermatofoxy do tzv. *annulus ventralis* mezi 7. a 8. torakálním článkem samice. V průběhu páření se navíc uplatňují i háčky na ischiu na 3. páru pereopodů samce, které se zaklesávají za 4. pár pereopodů samice (Holdich, 2002). U raka pruhovaného bylo navíc dokumentováno i druhé, jarní období kopulace (Hamr, 2002).

V zajetí jsou obě pohlaví raků polygamní (Reynolds, 2002) a pro období páření je zdokumentována celá řada vnitrodruhových i mezidruhových interakcí (Ingle, 1977; Villanelli a Gherardi, 1998; Woodlock a Reynolds, 1988; Westman *et al.*, 2002).

Kladení vajíček je stimulováno vlastním pářením a dalšími vlivy – především výše zmiňovaným poklesem teploty a zkracováním délky světelného dne (Skurdal a Taugbøl, 2002). Ovulace vajíček jsou schopné i samice, u kterých neproběhlo páření. Pak jsou dominantními stimuly ovulace hormonální a abiotické faktory (Woodlock a Reynolds, 1988). U raků je interval mezi kopulací a ovulací různý. Může se pohybovat v řádu dnů i týdnů (Ingle, 1977; Woodlock a Reynolds, 1988; Taugbøl a Skurdal, 1990b; Kovačeva, 1998).

Před ovulací samice očišťuje svou spodní stranu těla, především pleopody (Gherardi, 2002). K vlastnímu kladení dochází v noci a trvá 2-3 hodiny. Samice otočí zadní část abdomenu pod jeho přední část a vytvoří tak uzavřenou dutinu, do které klade vajíčka. Současně je zahájena sekrece slizových žláz (glair glands), které se nacházejí na ventrální straně abdomenu. Uvolněná vajíčka jsou s tímto sekretem míšena pomocí

pohybů abdomenu a pleopodů samice. Dochází k rozpuštění ochranných obalů sparmatoforů a následuje oplození vajíček. Oplozená vajíčka jsou díky dalšímu rytmickému pohybu *abdomenu* přichycena na *pleopody* samic (Vogt, 2002).

Přirozená inkubace probíhá na pleopodech samice přes celé zimní období až do jara následujícího roku (Skurdal a Taugbøl, 2002). Výjimku tvoří rak pruhovaný, který klade vajíčka na jaře (Hamr, 2002). Během několika dnů po připojení vajíček je velké nebezpečí jejich ztráty z důvodu špatného upevnění (Taugbøl a Skurdal, 1990a).

Samice nosí vajíčka na pleopodech a chrání svou snůšku proti predátorům. Dále je čistí a odumřelá vajíčka odstraňuje (Mason, 1970; Burton *et al.*, 2007). V závislosti na podmínkách může zvýšit frekvenci pohybů pleopody, čímž zabezpečí vyšší přísun čerstvé kyslíkaté vody (Munkhammar *et al.*, 1989; Gherardi, 2002; Vogt a Tolley, 2004). Samice nepožírají vlastní vajíčka (Figler; Lewi in Gherardi, 2002). Samci a samice bez snůšky kanibalizují na jiných samicích (i vlastního druhu) s vajíčky (Hazlett in Burton *et al.*, 2007).

2.5 Reprodukční ukazatele

Mezi základní reprodukční charakteristiky řadíme plodnost. Plodnost je nejdůležitější ukazatel reprodukce a je využívána jako základní hodnota při výzkumu dané populace raků (Lewis, 2002).

Rozeznáváme několik ukazatelů plodnosti. Potencionální (ovariální) plodnost je definována počtem oocytů ve vaječnicích. Pleopodální plodnost je dána počtem vajíček oplodněných a upevněných na pleopody samice. Pleopodální plodnost je obvykle více variabilní a přirozeně nižší, než plodnost ovarialní. Tato skutečnost je dána neúplnou ovulací oocytů, neoplozením všech vajíček, ztrátami nedokonale přichycených vajíček a ztrátami v průběhu inkubace (Savolainen *et al.*, 1996). Pleopodální plodnost může být zjišťována v různých obdobích inkubace vajíček. To je jeden z důvodů relativně velkých diferencí mezi uváděnými hodnotami této plodnosti. Například pleopodální plodnost těsně po kladení uvádí Abrahamsson (1971), v průběhu inkubace Lewis a Horton (1997) a těsně před vlastním líhnutím ráčat Söderbäck (1995). Pleopodální plodnost samic nám udává přesnější informace o vývoji dané populace raků (Lewis, 2002). Ovariální a pleopodální plodnost samic pozitivně koreluje s délkou těla samic (Savolainen *et al.*, 1996; Lewis, 2002; Nakata *et al.*, 2004). Pracovní (skutečná) plodnost je určena počtem ráčat po osamostatnění se od samice – obvykle ve II. vývojovém stádiu.

Samci **raka říčního** pohlavně dospívají ve věku 3+ a délce těla okolo 60 - 70 mm. Samice dospívají o rok později (Abrahamsson, 1966; Mackevicienė *et al.*, 1999). Velikost pohlavně dospělých samic je různá mezi jednotlivými populacemi a pohybuje se od 76 - 95 mm (Skurdal *et al.*, 1993). Pohlavní zralost lze také vztáhnout k délce hlavohrudi. Huner a Linqvist (1986) našli samici s vajíčky, jejíž délka hlavohrudi byla pouze 35 mm. Věk a velikost při dosažení pohlavní dospělosti je ovlivněna mnoha faktory. Jedná se především o teplotu a kvalitu vody, potravní nabídku a hustotu obsádky (Westman *et al.*, 1993).

Pohlavní produkty dospělých samic i samců dozrávají v červenci až srpnu (Lahti a Lundqvist, 1983). Po dosažení dospělosti se samci účastní reprodukce každý rok. Samice však v závislosti na lokalitě jen jednou za 2 či dokonce za 3 roky (Huner a Lundqvist, 1986; Taugbøl *et al.*, 1987; Pursiainen *et al.*, 1987, 1988).

K páření raků říčních dochází na konci září a v průběhu října (Huner a Lindqvist, 1986; Westin a Gydemo, 1986). Teplota vody v době páření klesá pod 8 – 12 °C (Taugbøl a Skurdal, 1990a). Období páření na lokalitě trvá 2 – 3 týdny (Skurdal a Taugbøl, 2002).

Délka vlastní inkubace je ovlivněna především teplotou (Huner a Lindqvist, 1986). K líhnutí dochází od června do počátku července (Skurdal a Qvenild, 1986; Westin a Gydemo, 1986; Ackefors *et al.*, 1989). V podmínkách Norska trvá inkubace 8 - 9 měsíců, což je reprezentováno 1900 denními stupni. Tato hodnota je do značné míry ovlivněna poměrně dlouhým obdobím diapauzy. Uměle je však možné období inkubace výrazně zkrátit a to až na 1300 denních stupňů a dobu 4 měsíců (Westin a Gydemo, 1986; Hessen *et al.*, 1987).

Ovariální plodnost přepočtená na délku samice 90 mm se pohybuje v rozmezí 113 – 231 oocytů II. řádu, pleopodální plodnost mezi 87 – 154 vajíčky. Pleopodální plodnost představuje 53 – 92 % ovariální plodnosti. Velikost vajíček nabývá hodnot od 2,8 do 3,1 mm a není závislá na velikosti samice (Skurdal a Taugbøl, 1994; Savolainen *et al.*, 1996; Vozgirdaitė, 1998). Stucki (2002) uvádí průměrnou produkci 62 vylíhlých ráčat na samici (rozsah 10 – 100).

Samci i samice **raka bahenního** obvykle dosahují pohlavní dospělosti ve svém třetím roce života, při celkové délce těla od 75 do 85 mm (Skurdal a Taugbøl, 2002). Balik *et al.* (2005) zaznamenal dosažení dospělosti okolo 80 mm. Stucki (1999) uvádí nejmenší zralou samici s délkou hlavohrudi 34 mm. V závislosti na lokalitě dokumentuje 100 % zralých samic při délce hlavohrudi 43 - 46 mm.

U populací ve východní Evropě dochází k páření během října až listopadu při 6 - 12 °C. Klazení vajíček se uskutečňuje o 4 - 6 týdnů později při teplotách vody mezi 6 - 11 °C (Alekhnovich a Kulesh, 1996; Kovačeva, 1998). Ve Švýcarsku se páření odehrává v druhé polovině prosince (3,5 - 6°C) a klazení se uskuteční zpravidla do konce měsíce. Inkubace probíhá přes zimní období a trvá 151 - 172 dní. Ráčata se líhnou od konce května do poloviny června (17 – 19°C) (Stucki, 1999). Za teplotu potřebnou k líhnutí je považováno 15°C (Abrahamsson, 1972).

V lokalitách Turecka se páření odehrává od poloviny prosince do poloviny ledna (4 – 5°C) a inkubace trvá 4 - 5 měsíců. K líhnutí dochází při teplotách 22 – 24°C na konci května a v červnu (Balik *et al.*, 2005).

Stypińska (1973) uvádí průměrnou potenciální plodnost u raka bahenního od 210 do 345 oocytů v závislosti na velikosti. Stucki (1999, 2002) pak průměrnou pleopodální plodnost 170 - 180 vajíček. Harlioğlu *et al.* (2004) popisuje průměrnou pleopodální plodnost 306 vajíček u samic s celkovou velikostí 47 – 76 mm. Největší plodnosti dosahovala samice o celkové délce 72 mm s 588 vajíčky. Z lokalit Turecka je známo několik studií, kdy průměrná pleopodální plodnost kolísá mezi 148 a 277 vajíčky (Bolat in Harlioğlu *et al.*, 2004). Balik *et al.* (2005) udává průměrnou plodnost samic raka bahenního z jezera Eğirdir na úrovni 209 vajíček při velkém rozmezí (1 – 570).

Obecně můžeme stanovit pleopodální plodnost raka bahenního na úrovni 200 – 400 vajíček. Existují však i záznamy o samicích s plodností 700 - 800 vajíček (Köksal, 1988; Skurdal a Taugbøl, 2002). Početní zastoupení velkých samic s takovou plodností však není v populacích nikdy vysoké. Hubenova *et al.* (2002) považují za rozhodující reprodukční potenciál populace samice o velikosti 9,9 – 11,2 mm (20 – 50 g) s plodností 206 – 296 vajíček.

Velikost vajíček je 2,2 – 3,3 mm s průměrem 2,7 mm (Alekhnovich a Kulesh, 1996; Stucki, 1999). Vajíčka o velikosti 2,75 – 2,92 mm dosahují průměrné hmotnosti 12,4 – 13,6 mg (Vasileva *et al.*, 2006).

Samci a samice **raka kamenáče** pohlavně dospívají ve 3 letech, při délce těla větší než 54 mm (Maguire *et al.*, 2005). Streissl a Hodl (2002) uvádějí délku těla při dosažení pohlavní dospělosti samic 59 – 65 mm (délka hlavohrudi 28,6 – 31,5 mm), přičemž některé samice v podmínkách Rakouska dosahují dospělosti až ve 4. roce života. Stucki (2002) vymezuje pohlavní dospělost samic dosažením průměrné délky hlavohrudi 25 mm (23,6 – 30 mm).

V Chorvatsku se páření uskutečňuje na přelomu října a listopadu, k líhnutí dochází v červnu (Maguire *et al.*, 2002, 2005). Průměrnou pleopodální plodnost udává Stucki (2002) hodnotou 75 (20 – 120) vajíček, v jiné lokalitě pak 48 (35 – 65) vajíček na samici. Huber a Schubart (2005) zaznamenali samici se 108 vajíčky s délkou karapaxu 31,3 mm. Maguire *et al.* (2005) pak hovoří o průměru 63 (30 – 104) vajíček, při velikosti 2,8 (2,4 – 3,2) mm. Dle Stuckiho (2001) je průměrná velikost vajíček 2,64 mm.

Rak signální pohlavně dospívá ve věku 2-3 roky (Abrahamsson, 1971; Flint, 1975), obvykle však ve svém druhém roce života (Shimizu a Goldman, 1983; Lewis a Horton, 1997). Samci často pohlavně dospívají dříve, než samice (Abrahamsson a Goldman, 1970; Abrahamsson, 1971; Mason, 1975; Westman *et al.*, 1993). Velikost při dosažení pohlavní dospělosti se liší mezi jednotlivými populacemi. Nejmenší zjištěná velikost je v rozmezí 25 – 36 mm délky hlavohrudi (Abrahamsson a Goldman, 1970; Westman a Savolainen, 1995).

K páření dochází u většiny populací během měsíce října (Abrahamsson a Goldman, 1970; Shimizu a Goldman, 1983; Savolainen *et al.*, 1996). Teplota vody je v tomto období okolo 12 °C (Westman, 2000). Doba inkubace se pohybuje u raka signálního od 166 (Lewis a Horton, 1997) do 280 dní (Flint, 1975) nebo 1 500 (Hogger, 1986) až 2200 denních stupňů (Lewis a Horton, 1997). Nejčastěji však okolo 1900 denních stupňů. Doba líhnutí spadá do období od konce března (McGriff, 1983) až do konce června (Abrahamsson a Goldman, 1970). Ve stejných podmínkách dochází k líhnutí ráčat raka signálního o 3 – 4 týdny dříve oproti raku říčnímu (Jonsson, 1995).

Průměrná pleopodální plodnost raka signálního je uváděná v rozmezí od 110 (Abrahamsson a Goldman, 1970) do 201 vajíček (McGriff, 1983). Rozsah individuální zjištěné pleopodální plodnosti samic je od 3 do 548 vajíček (McGriff, 1983). Velikost vajíček raka signálního je udávána mezi 2,5 – 3,0 mm (Lewis, 2002).

V porovnání s ostatními druhy u nás žijících raků, dosahuje **rak pruhovaný** pohlavní dospělosti nejdříve. Samice tohoto raka dospívají ve svém druhém roce (1+) života, při průměrné délce hlavohrudi 22 mm (v rozsahu 20 – 24 mm) (Stucki, 2002). Talbot in Hamr (2002) zdokumentoval dosažení dospělosti v 15 - 16 měsících (okolo 45 mm délky těla), přičemž většina samic poprvé nosila vajíčka v druhém roce svého života. Jen malý počet samic je plodných až od třetího roku života. Velmi brzká pohlavní dospělost byla zjištěna i u jiných druhů rodu *Orconectes*. Například Muck *et al.* (2002) zaznamenal u raka *Orconectes ozarkae* (Williams) více než polovinu dospělých samců i samic v jejich prvním roce života.

Tento druh má stejně jako naši ostatní raci období páření situováno do období podzimu (Brink *et al.*, 1988; Hager, 1996). Probíhá v období září až listopadu (Chybowski a Juchno, 2002). Opakovaně však bylo pozorováno i druhé – jarní období páření. Hamr (2002) uvádí u populací v Quebecu páření v září - říjnu a podruhé v březnu - dubnu. Stucki (2002) pozoroval páření u raka pruhovaného od konce srpna až do začátku dubna.

Kladení vajíček probíhá v měsících od března do května, líhnutí pak na konci května a v červnu. Inkubační doba je v porovnání s ostatními našimi druhy mnohem kratší (49 – 55 dní). To je způsobeno tím, že samice raka pruhovaného kladou vajíčka až v jarním období (Hamr, 2002; Stucki, 2002). Talbot (1985) uvádí kladení vajíček na konci května a líhnutí v pozdním červnu.

Kozák a kol. (2004b, 2005, 2006) uvádí potenciální plodnost samic o průměrné délce těla 54 mm (43-93) mm v průměru 131 (46-505) oocytů II. řádu. Při délce těla 52 – 82 mm pak potenciální plodnost v rozmezí 76 – 290 vajíček s průměrem 140. Pleopodální plodnost samic o průměrné délce těla 67 (47-96 mm) průměrně 218 (95-492) vajíček. Velikost vajíček zjistili průměrně 1,8 mm (1,45-2,15 mm). Byl zjištěn signifikantní rozdíl mezi počty připevněných vajíček na jednotlivých párech pleopodů. Pracovní plodnost udaná počtem ráčat ve II. vývojovém stádiu od samic s průměrnou délkou těla 66 mm (47-88 mm) byla zjištěna průměrně 136 (15-243) kusů ráčat. Průměrná délka inkubace byla 46 dní (37 – 56), což odpovídá 647 denním stupňům (543 – 720). Stypińska (1973) zjistila průměrnou potenciální plodnost od 315 do 440 vajíček v závislosti na velikostní skupině (délka těla 75 – 104 mm). Stucki (2002) stanovil průměrnou pleopodální plodnost 139 vajíček s minimálním počtem vajíček 31 a maximem 555 vajíček na jednu samici.

2.6 Embryonální vývoj

Při ovulaci dochází k rozpouštění obalů spermatoforů, které jsou umístěny u gonoporů samice, popř. v *annulus ventralis*, a následuje uvolnění spermií, které se tak dostávají do kontaktu s povrchem vajíčka. Poté naruší akrozóm spermie chorion vajíčka a dochází k vniknutí jádra spermie do vajíčka (Vogt, 2002). Takto je započat vlastní embryonální vývoj, který je, jak již bylo zmíněno, vázán na pleopody samice.

Vajíčka raků se při inkubaci vyznačují meroblastickým rýhováním. Dělicí se jádro se pohybuje na okraj vajíčka, následuje další štěpení a tvorba buněčné vrstvy, která obklopuje žloutkovou masu. Embryonální vývoj začíná spirálovitým rozštěpením ve fázi blastuly s charakteristickým uspořádáním pravděpodobné oblasti embryonálního vývoje zárodku. Embryonální vývoj prochází přes jednotlivá vývojová stádia, která vedou ke kompletnímu tělu zárodku (Reynolds, 2002).

O embryonálním vývoji raků byly prvotní údaje zaznamenány především v předminulém a na počátku minulého století. Literatura uvádí, že se této problematice věnovala celá řada autorů, například Rathke, Lereboullet, Reichenbach a Fulinski (Alwes a Scholtz, 2006), ale také Huxley (1879). Rozlišení fází embryonálního vývoje bylo většinou založeno na pozorování externích morfologických znaků. Jednotliví autoři vytvořili několik systémů charakterizace vývoje při různém počtu stádií. Jejich počet se pohyboval od pěti do jedenácti (Rathke; Reichenbach in Alwes a Scholtz, 2006).

Největšího významu však dosáhlo rozdělení embryonálního vývoje dle Zehndera (1934), který rozdělil vývoj zárodku do 15-ti stádií, kterými jsou:

- I.- oplozené vajíčko
- II.- začátek buněčného dělení
- III. - stádium blastuly
- IV. - začátek gastrulace
- V.- embryo s polokruhovitými žaludečními brázdami
- VI.- embryo s kruhovitými žaludečními brázdami
- VII.- embryo s uzavírající se blastulou
- VIII.- embryo s mandibulárními základy
- IX.- embryo s naupliovými přívěšky
- X.- stádium formování končetin
- XI.- objevení se všech končetin
- XII.- stádium pulzujícího srdce

XIII.- stádium pigmentace očí

XIV.- stádium žijícího zárodku

XV.- ukončený embryonální vývoj - líhnutí ráčete v I. vývojovém juvenilním stádiu

Při využití tohoto dělení lze dle Reynoldse (2002) rozlišit v průběhu embryonálního vývoje tři etapy, kdy ke každé etapě přísluší určitá stádia. Tyto etapy jsou následující:

1. etapa - embryonální vývoj před diapauzou (I. – III. stádium)
2. etapa - období diapauzy (dochází ke snížení teploty vody a embryonální vývoj se zastavuje) – po celou dobu etapy IV. stádium
3. etapa - embryonální vývoj po období diapauzy (V. – XV. stádium)

Období snížené teploty vody (< 5-6°C) způsobí zpomalení a následné zastavení embryonálního vývoje (*diapauzu*), které se zdá být nezbytné pro vývoj většího počtu zárodků a pro vyšší přežití vylíhnutých rácat. Období snížené teploty vody působí příznivě na synchronizaci embryonálního vývoje zárodků raka v přírodních podmínkách (Taugbøl *et al.*, 1987). Tato skutečnost však neplatí pro raka pruhovaného vzhledem k jeho reprodukční strategii.

Dělení dle Zehndera (1934) bylo využito i při studiu raka signálního (Celada *et al.*, 1985, 1987) a raka bělonohého (Celada *et al.*, 1991).

Jiného přístupu využívá metoda aplikovaná poprvé u sarančete *Schistocerca nitens* (Bentley in Sandeman a Sandeman, 1991). Embryonální vývoj je popisován v pravidelných sekvencích od oplození do líhnutí vajíček (=100 %). U australského raka *Cherax destructor* byly využity kroky po 5 % celkové doby vývoje v kombinaci s externími morfologickými znaky, které byly pozorovatelné v živých vajíčcích (Sandeman a Sandeman, 1991). Obdobného přístupu bylo užito i u raka mramorovaného (*Procambarus* sp.) (Seitz *et al.*, 2005). U téhož druhu však Alwes a Scholtz (2006) doporučují determinaci embryonálního vývoje v krocích po 10-ti % celkové doby vývoje.

Embryogenezi australského raka *Euastacus bispinosus* popisuje Honan (1998). Hamr (1992) se zabýval tasmánskými raky rodu *Astacopsis* a druhem *Parastacoides tasmanicus tasmanicus*. Především z pohledu fylogeneze charakterizuje Scholtz a Kawai (2002) průběh embryonálního vývoje východoasijského druhu *Cambaroides japonicus*.

2.7 Umělá inkubace vs. embryonální vývoj

V kontextu problematiky umělé inkubace hraje embryonální vývoj klíčovou úlohu. Důvody pro užití inkubace v kontrolovaných podmínkách jsou všeobecně známé. Jedná se především o zvýšení počtu přeživších jedinců a chovatel má navíc větší představu o budoucí produkci ráčat (Pérez *et al.*, 1999; Policar *et al.*, 2004). Dále je omezen přenos parazitů a chorob z matky na potomstvo (Carral *et al.*, 2003). Na račích farmách dále dochází ke snížení nákladů na energie, práci, spotřebu vody a krmivo pro samice při lepším využití odchovného zařízení (Carral *et al.*, 1992).

Pomineme-li různé způsoby technického provedení, je hlavní otázkou čas odstranění vajíček z pleopodů samice pro započetí umělé inkubace. V zásadě rozeznáváme dva přístupy (krátkou a dlouhou umělou inkubaci). Při krátké inkubaci jsou vajíčka nasazena v pozdní fázi embryonálního vývoje (obvykle ve stádiu očních bodů, XIII. stádium) a trvá po dobu několika dní (Cukerzis, 1988). Tento přístup byl prosazován dříve, kdy se předpokládalo, že je nezbytné, aby podstatná část vývoje probíhala u samice. Naopak při dlouhé inkubaci jsou vajíčka odebrána v raných stádiích embryonálního vývoje. Jako příklad lze uvést pokusy s odstraněním vajíček raka signálního a bělonohého v VIII. stádiu embryonálního vývoje (Carral *et al.*, 1992, 2003). Pérez *et al.* (1998) uvádějí dokonce odstranění ve III - IV. stádiu, čímž je doba embryonálního vývoje pokryta z více jak $\frac{3}{4}$ umělou inkubací. Navíc nebylo prokázáno, že by odstranění vajíček v raných stádiích mělo negativní dopad na přežití. Jako důležitější se jeví podmínky prostředí při inkubaci (Reynolds *et al.*, 1992).

Vzhledem k závislosti doby trvání inkubace na teplotě se dostává chovateli do ruky efektivní nástroj pro management celého chovu. Tyto možnosti lze přirozeně více uplatnit u inkubace při nasazení časných embryonálních stádií a zachování určitých postupů při řízení teploty vody. Jedná se především o dodržení doby diapauzy. Výsledky umělé inkubace jsou přinejmenším stejné, zpravidla však lepší než u inkubace přirozené. Ztráty jsou koncentrovány především do období mezi XIII. embryonálním a druhým vývojovým stádiem (Heseen *et al.*, 1987; Celada *et al.*, 1988; Pérez *et al.*, 1998, 1999; Henryon a Purvis, 2003; Policar a kol., 2004).

V posledních letech také probíhá výzkum možnosti transportu a uskladnění račích vajíček (Celada *et al.*, 2000; Pérez *et al.*, 2003).

2.8 Vybrané aspekty postembryonálního vývoje

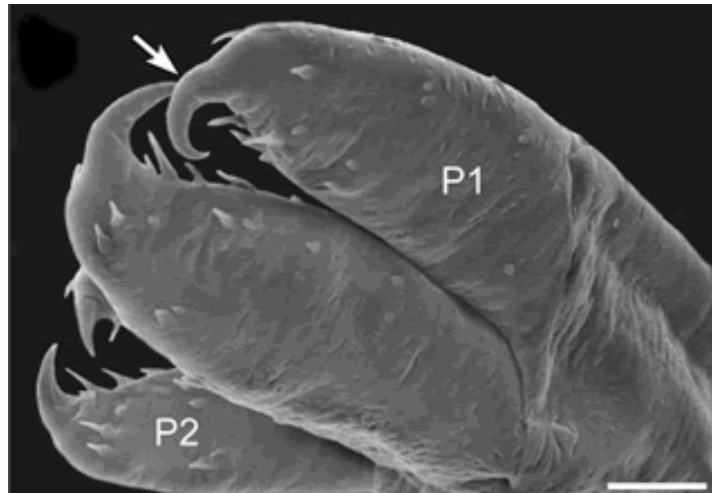
Při líhnutí dojde k prasknutí obalu vajíčka, zpravidla na protilehlé straně, na níž se nachází stopka. Z vaječného obalu se uvolňuje ráček v I. vývojovém stádiu. Toto stádium je ke své matce připevněno pomocí vlákna, tzv. „telson thread“. Struktura vlákna vychází ze zadního okraje telsonu ráčete, kde je přichycena háčky. Druhý konec je připojený ve vaječném obalu, který je stále uchycen na pleopodech samice. Původ tohoto vlákna (telson thread) není doposud s určitostí znám, předpokládá se však, že se jedná o uvolněnou embryonální pokožku (Scholtz a Kawai, 2002; Vogt a Tolley, 2004).

„Telson thread“ se vyskytuje v I. vývojové stádium, resp. pouze několik dní. Jeho výskyt je znám u všech čeledí sladkovodních raků (Hamr, 1992; Scholtz a Kawai, 2002; Vogt a Tolley, 2004).

Ráče je po vylíhnutí málo aktivní. „Telson thread“ tedy zabraňuje ztrátě dosud nesamostatného ráčete. Krátce po vylíhnutí se juvenil snaží zachytit pomocí svých pereopodů na pleopodech samice, popřípadě jiných ráčat či vaječných obalů (Vogt a Tolley, 2004). K tomuto účelu se u sladkovodních raků vyvinuly specializované struktury (Scholtz, 2002).

U čeledi *Astacidae* a *Cambaridae* se jedná o zpětně ohnuté háčky na koncích daktylu a propodu prvního páru pereopodů (klepetech). Blíže obrázek 2. Pouze doplňující úlohu zastávají háčky na ostatních hrudních končetinách (Andrews, 1907a,b; Price a Payne, 1984; Sook Ko a Kawai, 2001; Scholtz a Kawai, 2002). Stejnou charakteristikou se vyznačuje i systematicky dosud přesně nezařazený rak mramorovaný (*Procambarus sp.*) (Vogt a Tolley, 2004). Tato struktura se u čeledi *Astacidae* vyskytuje pouze po dobu trvání I. vývojového stádia. U čeledi *Cambaridae* přetrvává i ve II. vývojovém stádiu (Reynolds, 2002). Výjimku však tvoří východoasijské zástupci této čeledi (rod *Cambaroides*), kteří jsou v tomto znaku totožní s *Astacidae* (Kawai a Scholtz, 2002; Scholtz a Kawai, 2002).

U zástupců čeledi *Parastacidae* zastávají tuto funkci speciální háčky na 4. a 5. páru pereopods (obr.3). Doba trvání je po dobu I. a II. vývojového stádia (Sandeman a Sandeman, 1991; Hamr, 1992; Honan, 1998; Noro *et al.*, 2005; Burton *et al.*, 2007).



Obr. 2: Klepeta prvního (P1) a druhého (P2) páru pereopodů raka mramorovaného. Šipka označuje nazpět ohnuté háčky prvního páru pereopodů. Měřítko = 50 μm . (Vogt a Tolley, 2004).

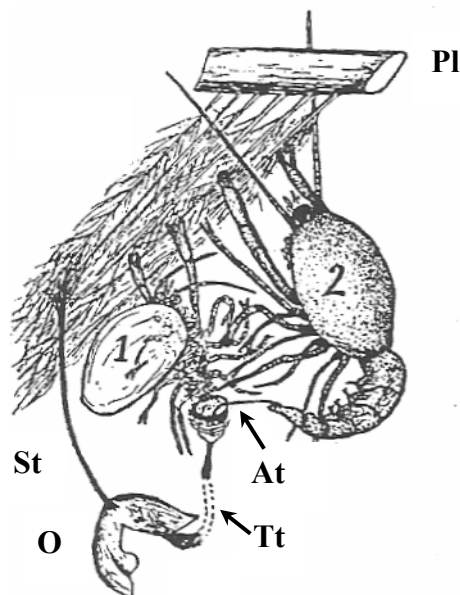


Obr. 3: Nazpět ohnutý háček (SP) na daktylu (D) pátého páru pereopodů (druhého vývojového stádia) raka *Cherax cainii*. Šipka označuje protilehlé trny zvyšující účinnost této struktury. Měřítko = 20 μm . (Burton et al., 2007).

Astacidae a východoasijské *Cambaridae* se vyznačují ranou nezávislostí na samicích. Ta nastává již po prvním postembryonálním svlékání (tj. ve II. vývojovém stádiu). *Parastacidae* a americké *Cambaridae* se vyznačují prodlouženou rodičovskou péčí. Z toho vyplývá, že se juvenilové stávají na samicích nezávislí nejdříve

ve III. vývojovém stádiu (Reynolds, 2002; Scholtz a Kawai, 2002; Wetzel, 2002; Wetzel *et al.*, 2005). Navíc byl u této skupiny raků popsán tzv. „anal thread“. Jedná se o vlákno spojující juvenila ve II. vývojovém stádiu s exuvií (svlečkem) I. vývojového stádia. Vlákno je tvořeno rozšířenou pokožkou střeva II. vývojového stádia. Exuvie (svlečka) I. vývojového stádia je přichycená k pleopodům samice (klepety nebo 4. a 5. párem pereopodů). Tím je zajištěno pevné spojení II. vývojového stádia se samicí minimálně do doby, než se toto stádium opět přichytí k pleopodům samice (Andrews, 1907b; Hamr, 1992). Vše přibližuje obrázek 4. Některé druhy této skupiny však rodičovskou péči ještě rozšířily. Například juvenilové raka *Orconectes neglectus* dosahují samostatnosti až ve svém IV. vývojovém stádiu (Price a Payne, 1984).

Jak bylo naznačeno, existují různé druhy rodičovské péče, čímž se jednotlivé druhy adaptovaly na sladkovodní prostředí. Pomocí výše zmíněných struktur raci zamezili ztrátám nesamostatného potomstva v důsledku vodního proudu a predačního tlaku. Tím byl dán základ evolučního úspěchu jednotlivých skupin raků. Existuje totiž velký kontrast mezi počtem druhů čeledi *Astacidea* a rodu *Cambaroides* v porovnání s mnohonásobnou druhovou diverzitou *Parastacidae* a amerických *Cambaridae* (Hobbs, 1988; Scholtz a Kawai, 2002).



Obr. 4. Schéma přichycení vajíčka, I. a II. vývojového stádia raka pruhovaného na pleopodech samice (Andrews, 1907b - upraveno). Pl - pleopod; St - stopka vajíčka; O - obal vajíčka; Tt - telson thread; At - anal thread; 1 - I. vývojové stádium (exuvie); 2 - II. vývojové stádium.

3. Materiál a metodika

Samice jednotlivých druhů s vajíčky byly získány z různých lokalit. Raci signální byli odloveni 6. dubna 2005 z rybníků v blízkosti Velkého Meziříčí. Raci bahenní pocházeli z lomu u obce Mačkov (nedaleko Blatné). Odchyt byl proveden 19. dubna 2005. Samice raka říčního byly získány v nádrži Kramata u Vimperka 23. dubna. Z vodního díla Kořensko pocházely samice raka pruhovaného. Odlov proběhl ve dnech 18. a 26. dubna 2004. Pro potřebu opakování některých sledování byly v roce 2006 odloveny samice raka pruhovaného z lomu u obce Mrákovna Domažlicku. Odlov proběhl 31. března. Samice raka kamenáče byly odloveny 5. června 2005 v potoce Zubřina.

Práce probíhaly v kontrolovaných podmínkách experimentálního rybochovného objektu a laboratořích Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického JU ve Vodňanech. Sledování bylo prováděno od 7. dubna 2005 (nasazení samic raka signálního) do 15. července 2005 (svlékání rácat raka říčního do III. vývojového stádia). V roce 2006 pak od 1. dubna (nasazení samic raka pruhovaného) do 23. června (svlékání raka pruhovaného do III. vývojového stádia).

Na tento výzkumný záměr se vztahovala výjimka ze zákona č. 114/1992 Sb., kterou vydalo Ministerstvo životního prostředí (příloha 3.).

3.1 Sledování embryonálního vývoje

Odlovené samice byly umístěny do aparátů firmy Bednář (obr. 5.A). Jedná se o plastové nádoby s výtokem vody a nastavitelnou výškou hladiny. Její rozměry jsou 600 x 400 x 310 mm a jsou opatřeny nerezovou vložkou s perforovaným dnem. Jednotlivé samice zde byly odchovávány ve speciálních individuálních úkrytech, které jsou tvořeny trubicí z PVC a rámem z nerezového síta (obr. 5.B).

Do aparátů byl zaveden přítok vody z náhonu řeky Blanice. Průtok se pohyboval okolo 3 l.min⁻¹. Byla sledována teplota přítokové vody. Pro tento účel byly využity automatické teploměry QI term, s hodinovou registrací teploty. Probíhalo také měření množství rozpuštěného kyslíku a pH vody pomocí digitálních měřících přístrojů.

Samice byly v klíčkách krmeny dvakrát týdně mraženým zooplanktonem, larvami pakomárů (*Chironomus plumosus* L.) a přidavkem vláknitých řas (*Cladophora* sp.) nebo růžkatcem ponořeným (*Ceratophyllum demersum* L.). Nespotřebované krmivo bylo při kontrolách pravidelně odstraňováno.

Vzorky vajíček byly odebírány v pravidelných intervalech, minimálně dvakrát týdně (pondělí a čtvrtek). Frekvence odběrů v průběhu inkubace pak plynule rostla, až po každodenní odběry na konci období inkubace jednotlivých druhů, s přihlédnutím na dostupné množství vajíček. Vajíčka byla odstraňována šetrně z pleopodů samic při využití entomologické pinzety.

Odebrané vzorky vajíček byly dokumentovány digitálním fotoaparátem Olympus C 5050z, který byl umístěn na binokulární lupě. U vajíček byl dále zjišťován jejich průměr. Pro tento účel byl užit okulárový mikrometr, který byl umístěn do roviny spodní clony okuláru binokulární lupy. Vzorky byly fixovány 4 % roztokem formaldehydu.

Embryonální vývoj byl sledován u všech u nás se vyskytujících druhů raků, s výjimkou raka kamenáče, kterého se nepodařilo pro tento účel zajistit. U raka říčního, bahenního a signálního byly zpětně načítány denní stupně od termínu líhnutí. Jako okamžik líhnutí bylo zvoleno období, ve kterém se vylíhla většina ráčat daného druhu. Z pořízené fotodokumentace byly vytvořeny sekvence fotografií, které prezentovali cca. 100 denních stupňů embryonálního vývoje. Voleny byly vždy podklady z termínu odběru vzorků a fotografování, které této době nejbližší odpovídaly. V případě raka pruhovaného byl použit obdobný postup s tím rozdílem, že sumy denních stupňů byly načítány od doby kladení vajíček, neboť ta byla jako u jediného druhu konkrétně známa.

Na podkladě získaných informací byl popsán průběh embryonálního vývoje v jednotlivých sekvencích a zjištěna velikost vajíček v průběhu inkubace. Při popisu obrázků bylo užito zkratek, jejichž seznam je v tabulce 1.



Obr. 5. Aparát firmy Bednář, určený pro odchov raků a klíčka pro individuální držení samic.

Tab. 1. Seznam použitých zkratek

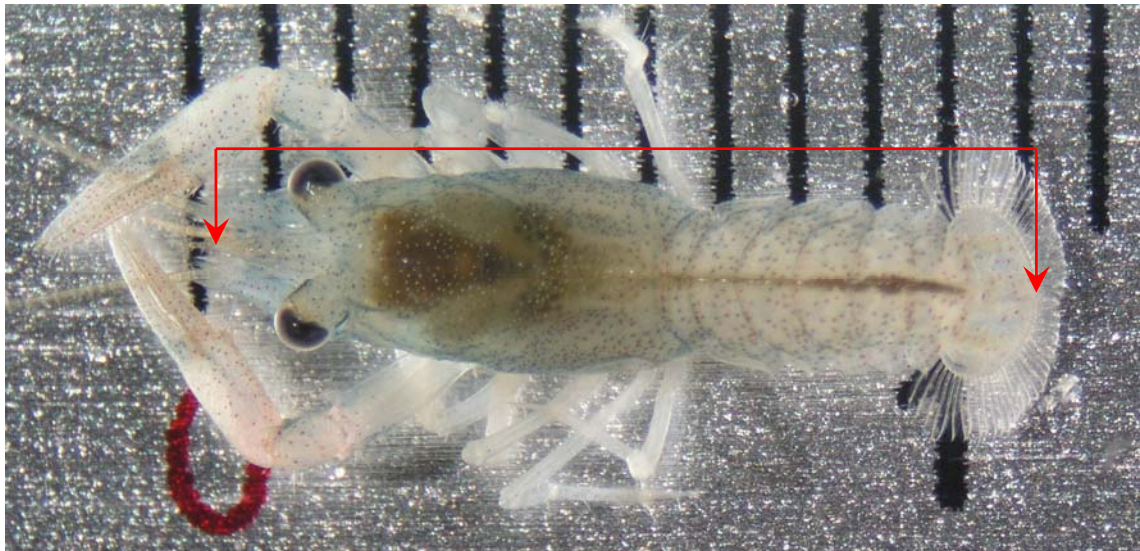
Zkratka	Anglický název	Český název
Aa	noble crayfish	rak říční
ab	abdomen	zadeček
Al	narrow-clawed crayfish	rak bahenní
At	stone crayfish	rak kamenáč
at1	1 st antenna	tykadlo prvního páru
at2	2 nd antenna	tykadlo druhého páru
d°	day - degrees	denní stupně
e	eye	oko
hp	hepatopancreas	slinivkojaterní žláza
c	carapace	hlavohrud'
md	mandible	kusadla
mxl 1 - 2	1 st - 2 nd maxilla	1. – 2. pár dolních čelistních nožek
mxx 1 - 3	1 st - 3 th maxillipeds	1. – 3. pár čelistních nožek
p 1 - 5	1 st - 5 th pereopods	1. – 5. pár kráčivých nohou
Pl	signal crayfish	rak signální
pl 1 - 5	1 st - 5 th pleopods	1. – 5. pár pleopodů
Ol	spiny-cheek crayfish	rak pruhovaný
r	rostrum	rostrum
t	telson	telson

3.2 Dokumentace vývojových stádií

Po vylíhnutí byla u všech druhů našich raků odebírána první tři vývojová stádia. K odběrům byla opět použita entomologická pinzeta. Ráčata byla odebírána od samic ve svém I. a II. vývojovém stádiu s výjimkou raka pruhovaného. U tohoto raka byla ráčata od samice odebírána i ve svém III. vývojovém stádiu. V případě ostatních druhů byla ráčata ve III. vývojovém stádiu rozsazena na odchovné aparáty, na kterých probíhala inkubace a samice byla odstraněna. Již od II. vývojového stádia bylo prováděno příkrmování ráčat mraženým, velikostně tříděným zooplanktonem a přídavkem vláknitých řas (*Cladophora* sp.). Odebraná ráčata byla fixována 4 % formaldehydem.

Denním sledováním byla u všech druhů zaznamenána přítomnost jednotlivých vývojových stádií a zjištěny jejich biometrické ukazatele. Hmotnost byla zjišťována na analytických vahách s přesností na 0,0001 g. Celková délka těla sledovaných jedinců byla měřena pevným měřítkem od vrcholku rostra po konec telsonu s přesností na 0,5 mm (blíže obr. 6). I. vývojové stádium má ohnuté rostrum i abdomen, proto nemohla být jeho délka těla tímto způsobem měřena. U jednotlivých vývojových stádií byla pořízena fotodokumentace, obdobným způsobem jako u vajíček.

Mezi jednotlivými stádii ranného postembryonálního vývoje byly zaznamenány morfologické, etologické a biometrické rozdíly.



Obr.6. Způsob měření celkové délky těla raků. Zde II. vývojové stádium raka říčního. Šipky označují konec rostra a telsonu.

4. Výsledky

4.1 Embryonální vývoj raků

4.1.1 Rak říční

V 900 d° (počet dní x průměrné denní teploty vody ve °C) před líhnutím nebyly ve vajíčku zaznamenány na základě dostupných podkladů žádné změny. Vajíčka mají tmavě hnědou barvu v celém svém objemu (obr. 7.A).

U vajíček v další fázi je determinováno IX. stádium embryonálního vývoje (dle Zehndera, 1934). Patrný je výskyt základů tykadel, tykadélek a kusadel (obr. 7.B). Největší podíl objemu embrya je tvořen abdomenem.

X. stádium se vyskytuje 700 d° před líhnutím. Jsou patrné základy očí, tykadélek a tykadel, které se větví. Maxily a maxilipedy jsou zakryty abdomenem, který se stáčí pod tělo (obr. 7.C).

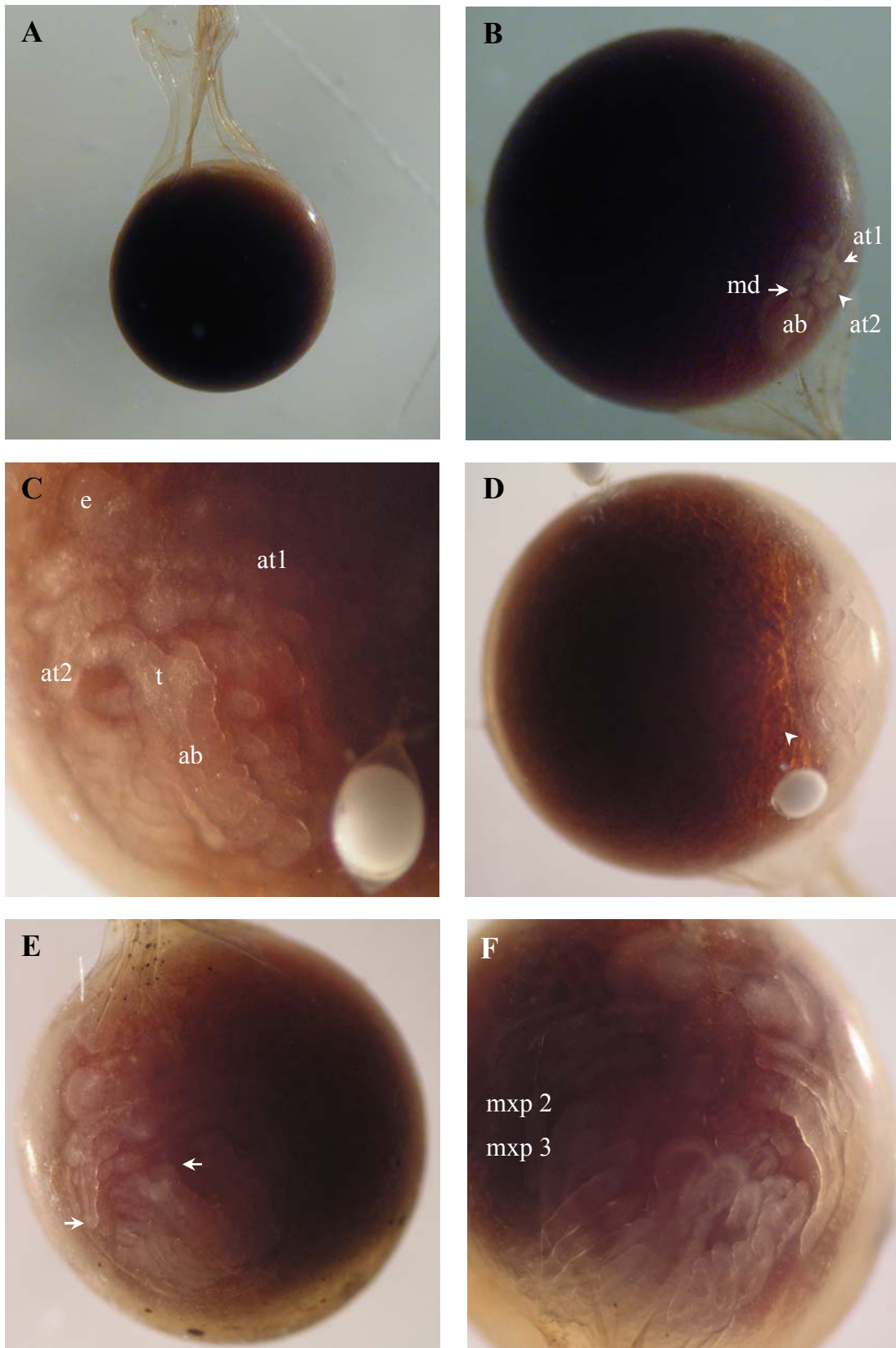
Vývoj pokračuje dále a v období 600 d° před líhnutím můžeme zaznamenat XI. stádium embryonálního vývoje. Jsou založeny základy všech končetin. Velice dobře je patrná granulace výživného žloutku (šipka, obr. 7.D). Tykadla dosahují poloviny délky embrya v abdominálním směru, abdomen pak stejné délky ve směru cefalickém (šipky, obr. 7.E). Na abdomenu je patrná segmentace. Periopody dosahují poloviny délky abdomenu.

Poslední tři páry pereopodů začínají překrývat abdomen. Délka tykadel dosahuje ke 4. páru pereopodů. Je možno vidět 2. a 3. pár maxilipedů (obr. 7.F). Lze zaznamenat srdeční kontrakce.

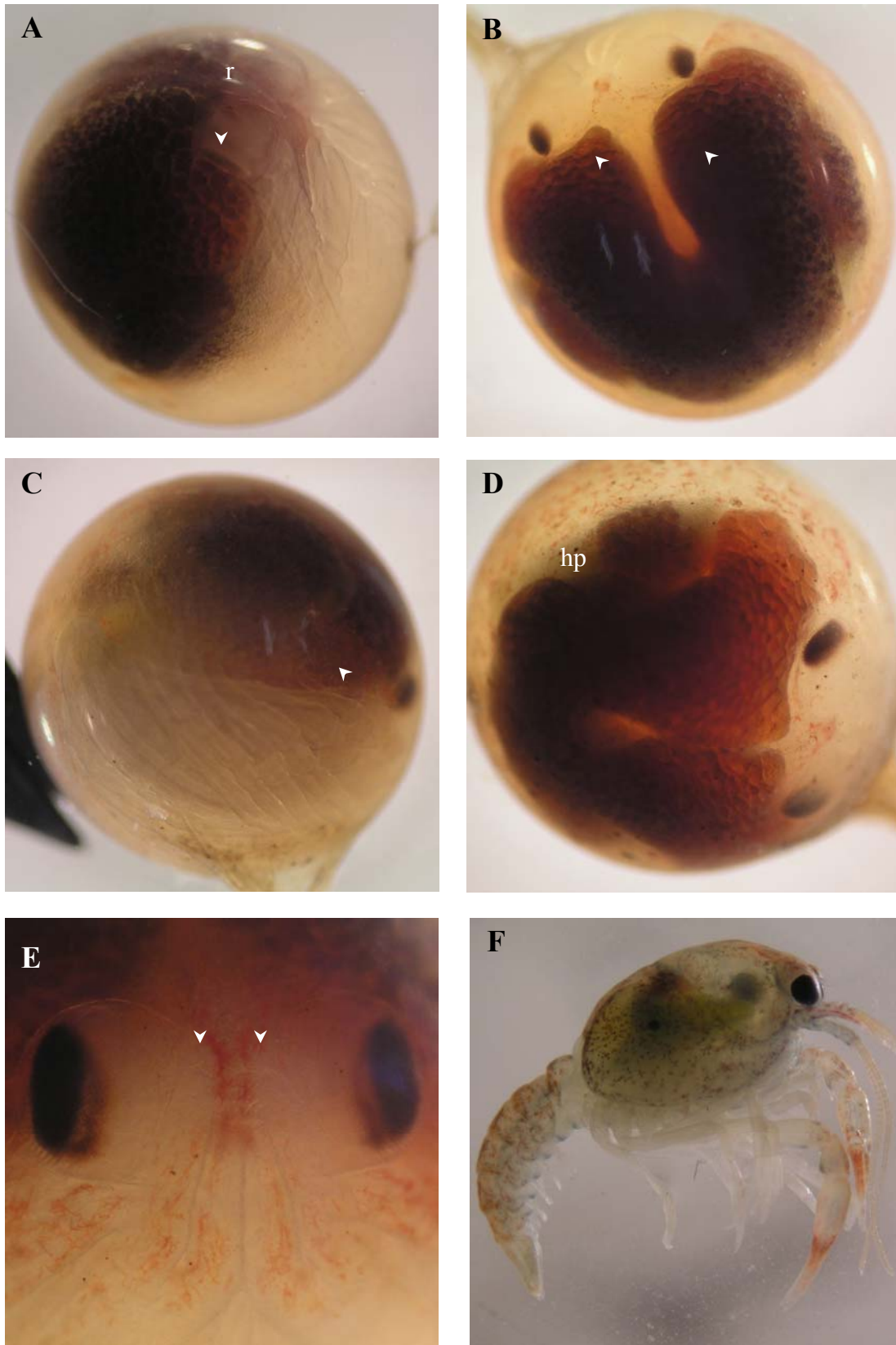
Čtyři sta d° před líhnutím dochází k započtení ukládání očního pigmentu (šipka, obr. 8.A). Pereopody zakrývají abdomen s výjimkou terminálních 2/3 telsonu. Klepeta dosahují úrovně očí. V době 300 d° před líhnutím překrývají pereopody zcela abdomen. Zjevná je granulace výživného žloutku a jeho diferenciaci na dva laloky (šipky, obr. 8.B). V očích jsou pozorovatelné jednotlivé omatidy, dochází k ukládání pigmentu v hlavohrudí (šipka, obr. 8.C). Srdeční činnost je pravidelná.

V dalším stádiu je patrná segmentace pereopodů. Klepeta dosahují do úrovně poloviny očí. Žloutek se dále zmenšuje a je jasně zřetelný hepatopankreas (obr. 8.D).

Sto d° před líhnutím je zárodek zcela formován. Pokračuje pigmentace hlavohrudí včetně abdomenu. Jsou viditelné nazpět ohnuté háčky na klepetech (šipky na obr. 8.E). Líhnutím se ráče uvolňuje z obalu vajíčka, jedná se o poslední fázi embryonálního vývoje (obr. 8.F).



Obr. 7. Embryonální vývoj raka říčního *Astacus astacus* ve vajíčku. A - 60 dní, tj. 933 d° do líhnutí. B - tj. 50 dní, 801 d° do líhnutí. C - 40 dní, tj. 681 d° do líhnutí. D a E - 33 dní, tj. 579 d° do líhnutí. F - 29 dní, tj. 506 d° do líhnutí.



*Obr. 8. Embryonální vývoj raka říčního *Astacus astacus* ve vajíčku. A - 22 dní, tj. 397 d° do líhnutí. B a C - 15 dní, tj. 287 d° do líhnutí. D - 12 dní, tj. 238 d° do líhnutí. E - 5 dní, tj. 105 d° do líhnutí. Šipky ukazují nazpět ohnuté háčky na klepetech. F - čerstvě vylíhlý jedinec.*

4.1.2 Rak bahenní

U nejdříve dokumentovaných vajíček nejsou pozorovány žádné změny (obr. 9.A), postupně je možno sledovat rostoucí zárodek. Obrázek 9.B zachycuje zárodek ve stádiu formování končetin. Nejzřetelněji je patrný abdomen, v pozadí se nacházejí maxily a maxilipedy, které nelze přesně determinovat vzhledem k malému rozlišení.

V 600 d° před líhnutím pokračuje formování končetin. Viditelné se stávají základy očí, prodlužují se tykadélka a především tykadla. Telson dosahuje úrovně kusadel (obr. 9.C).

Všechny končetiny se objeví a prodlužují se 500 d° před líhnutím. Je patrná segmentace abdomenu. Čtvrtý pár pereopodů a telson dosahují stejné úrovně. Na stejné úrovni se setkávají s telsonem i tykadla (obr. 9.D). Na obrázku 9.E jsou patrné základy mandibul, dva páry maxil a tři páry maxilipedů.

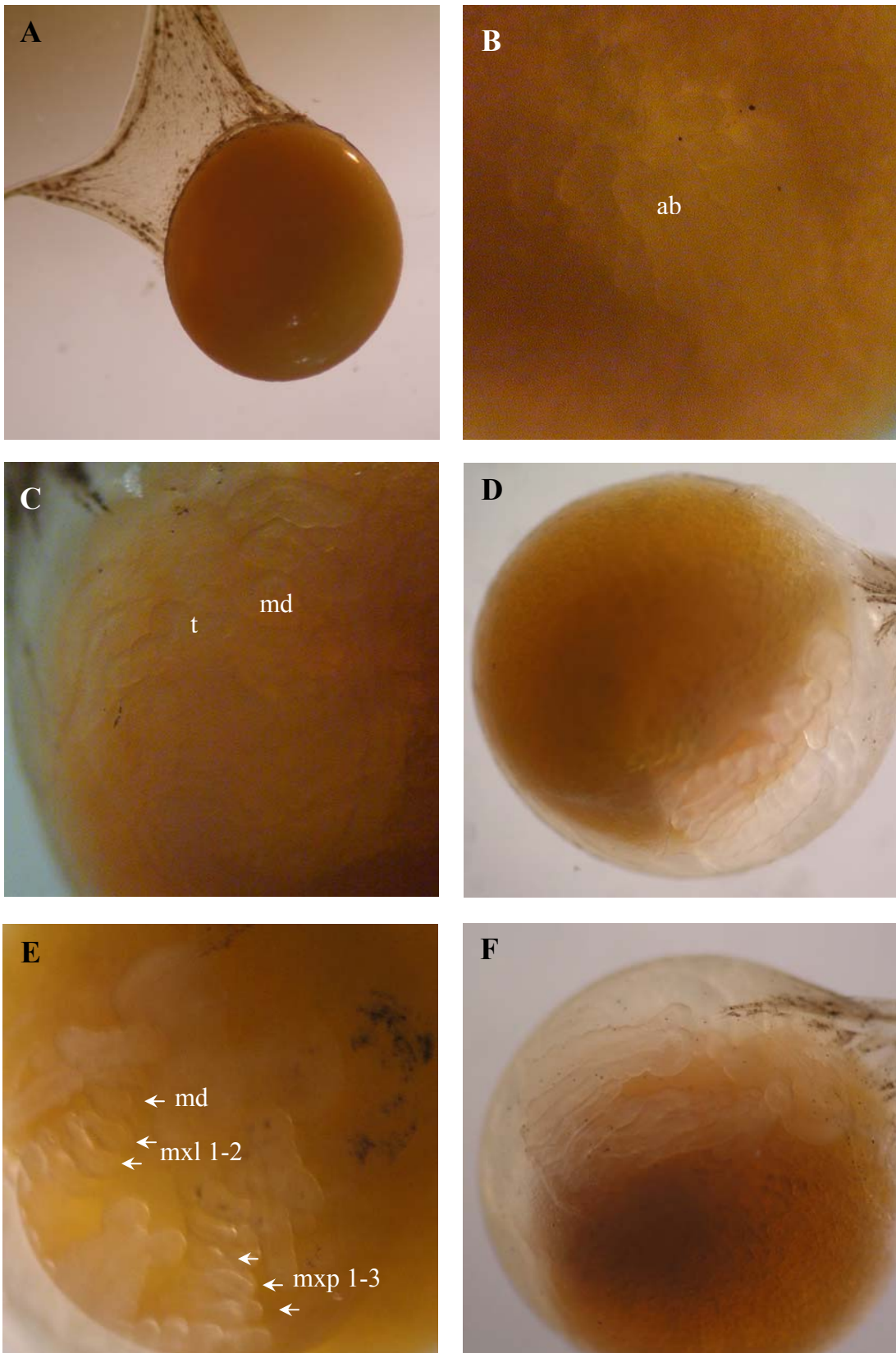
Čtyři sta d° před líhnutím se prodlužují všechny končetiny. Segmentace abdomenu je velmi zřetelná a je pozorovatelný rozchod výživného žloutku do dvou laloků. Základy očí jsou velmi výrazné, dosud bez pigmentu (obr. 9.F).

Stádia pigmentace očí („očních bodů“) je dosaženo 300 d° před líhnutím (šipky na obr. 10.B). Rostoucí končetiny zcela zakrývají abdomen s výjimkou telsonu. Tykadla dosahují svým koncem zadního okraje karapaxu (šipka na obr. 10.A).

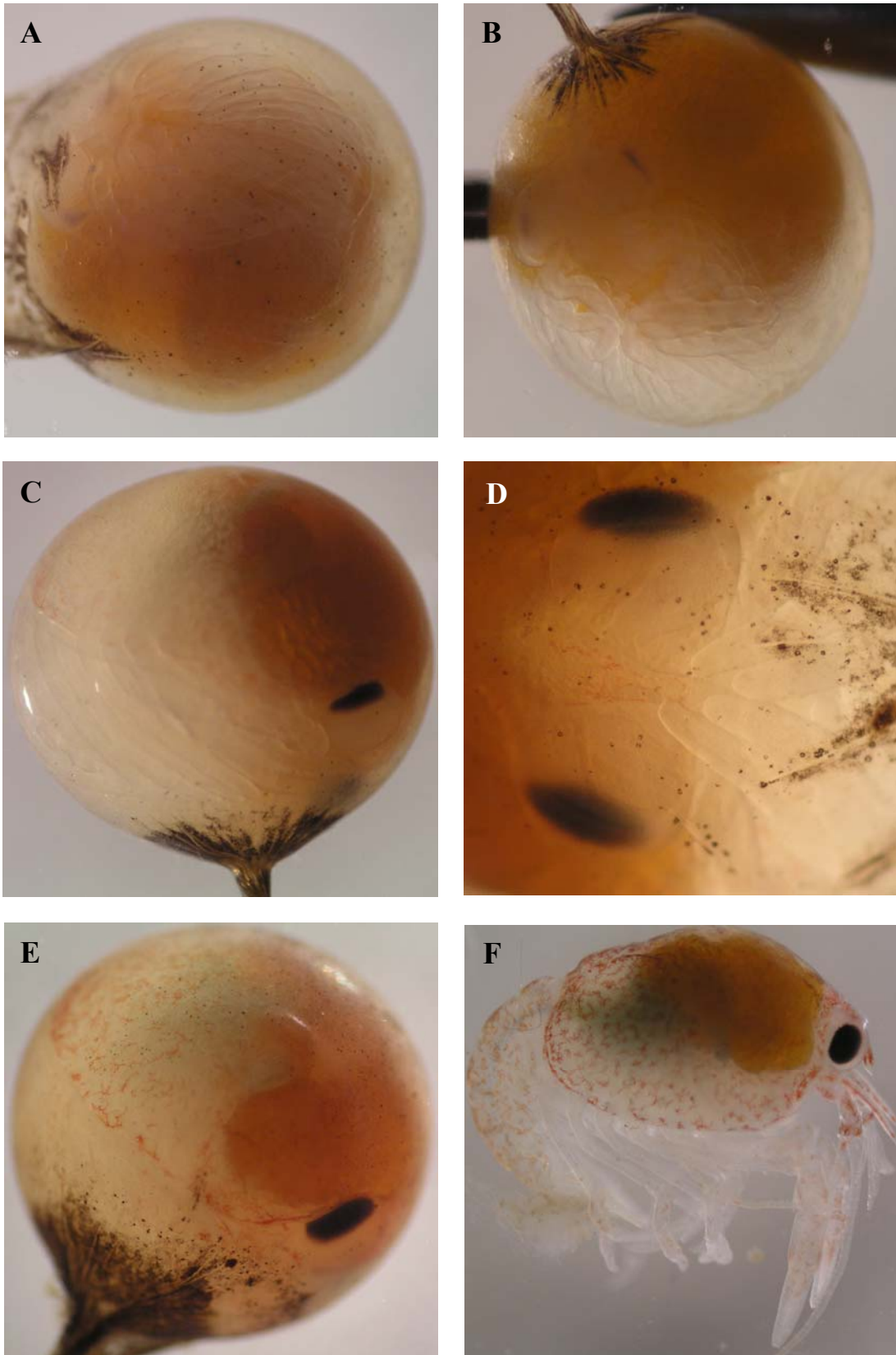
V dalším období dochází k rychlému zmenšování výživného žloutku. Ve struktuře zřetelných očí jsou rozlišitelné jednotlivé omatidy (obr. 10.C). Konce klepet překrývají terminál rostra (obr. 10.D). Při mikroskopickém pozorování lze zaznamenat srdeční kontrakce.

Poslední fáze před líhnutím je charakteristická formováním slinivkojaterní žlázy (obr. 10.E). Žloutek se dále zmenšuje, dochází k výrazné pigmentaci hlavohrudi, včetně rostra.

Jedince v době líhnutí zachycuje obrázek 10.F.



Obr. 9. Embryonální vývoj raka bahenního *Astacus leptodactylus* ve vajíčku. A - 55 dní, tj. 752 d° do líhnutí. B - 47 dní, tj. 672 d° do líhnutí. C - 40 dní, tj. 590 d° do líhnutí. D a E - 34 dní, tj. 508 d° do líhnutí. F - 27 dní, 421 d° do líhnutí.



Obr. 10. Embryonální vývoj raka bahenního *Astacus leptodactylus* ve vajíčku. A a B - 20 dní, tj. 323 d° do líhnutí. C a D - 13 dní, tj. 198 d° do líhnutí. E - 9 dní, tj. 131 d° do líhnutí. F - líhnutí.

4.1.3 Rak signální

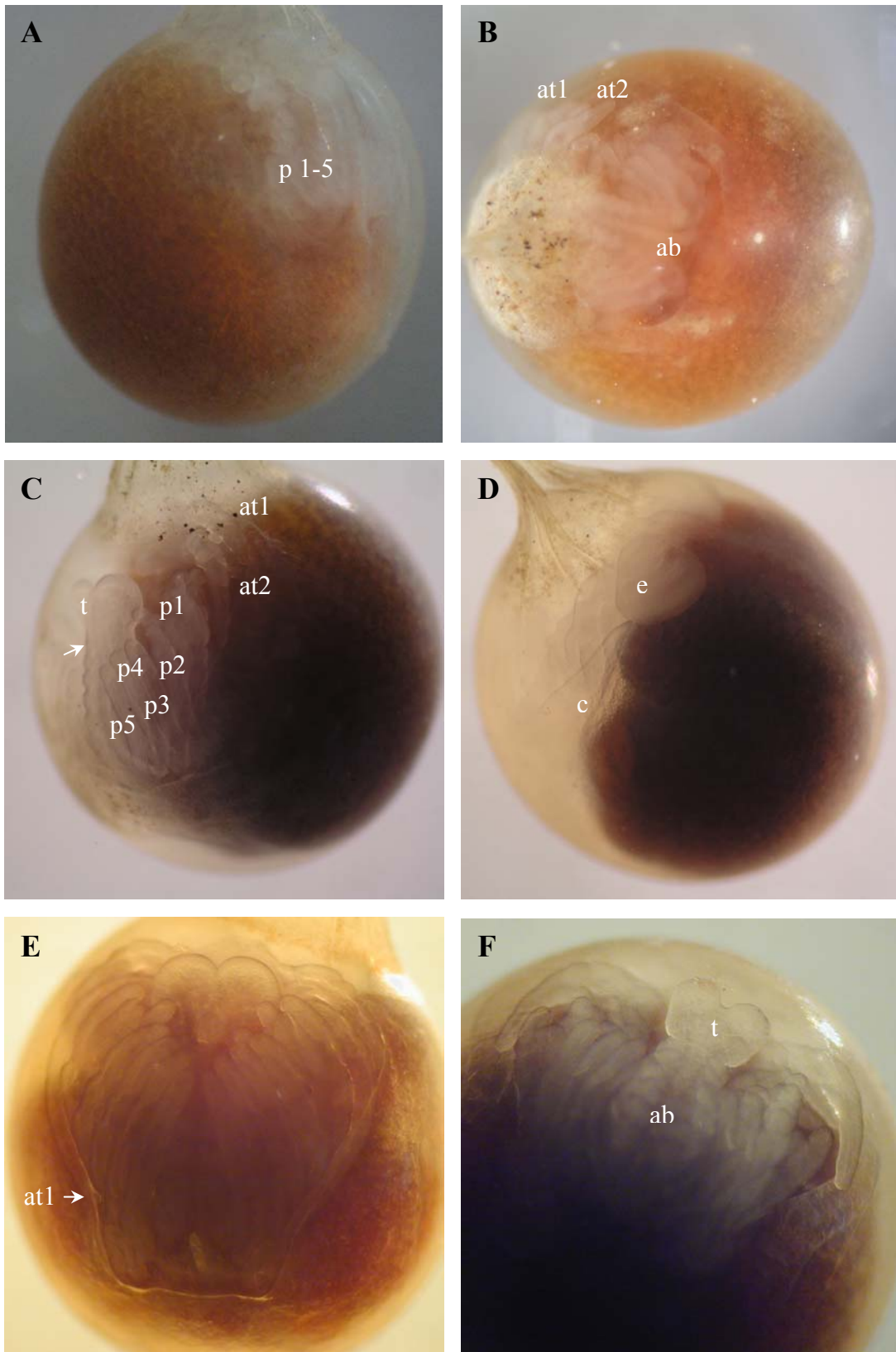
V 500 d° před líhnutím se vajíčka nacházejí v X. embryonálním stadiu (dle Zehndera, 1934). Patrná je granulace výživného žloutku (šipka v obr. 11.A). Dochází k formování základů končetin (pereopodů). Tykadla a tykadélka jsou jasně zřetelná. Jsou přítomné základy očí. Abdomen je stočen pod ventrální stranu embrya (obr. 11.B). Čtyři sta d° před líhnutím je charakterizováno XI. stádiem embryonálního vývoje. Dochází k prodloužení pereopodů, které začínají zakrývat abdomen. Zřetelné jsou základy očí (obr. 11.D), dosud bez očního pigmentu. Je zřejmá segmentace abdomenu (šipka na obr. 11.C). Tykadla i tykadélka jsou stočena podél těla a svou délkou dosahují 2/3 délky abdomenu.

V další periodě (300 d° před líhnutím) je vajíčko v XII. stádiu. Pereopody zakrývají téměř celý abdomen s výjimkou telsonu (obr. 11.F). Konce tykadel se prodlužují až k bázi 4. páru pereopodů (šipka, obr. 11.E).

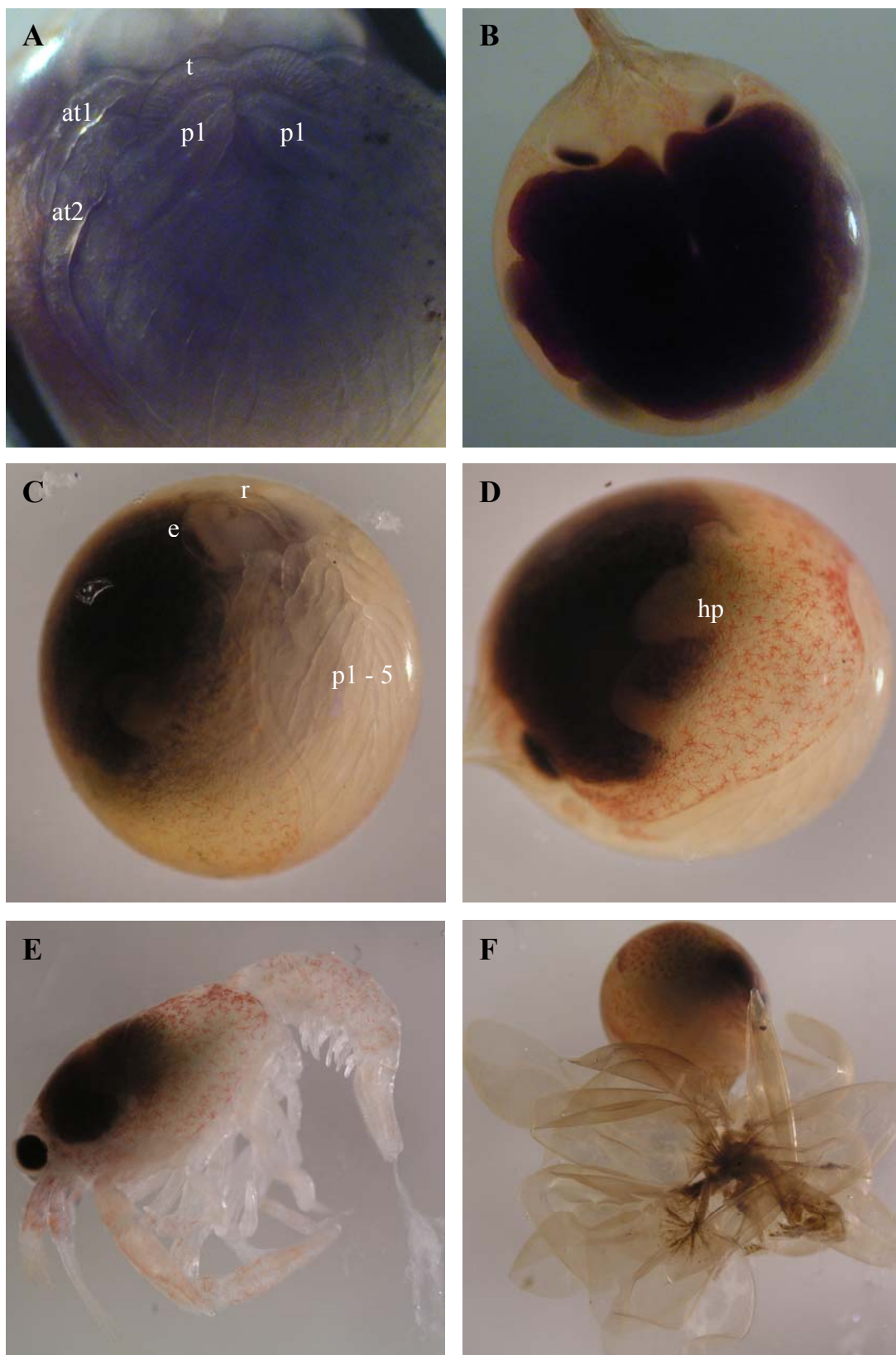
Posledních 200 d° před líhnutím je příznačné ukládáním očního barviva. Zárodek je tedy ve XII. stádiu embryonálního vývoje. Pereopody dále rostou a zakrývají celý abdomen (obr. 12.A). Klepeta zakrývají telson asi z poloviny. Je zřetelně vidět rostrum mezi očima embrya, v hlavohrudi dochází k ukládání pigmentu. Pozorovatelné je rozdělení výživného žloutku do dvou laloků (obr. 12.B).

Na obrázcích 12.C a D je zachyceno vajíčko ve stádiu žijícího zárodku (100 d° před líhnutím). Embryo zcela vyplňuje obsah vajíčka. Abdomen je s výjimkou terminální části telsonu zakryt pereopody. Patrná je pigmentace očí i hlavohrudi. Při podrobnějším pozorování je zřejmé členění očí na jednotlivé omatidy. Rostrum je ohnuté mezi očmi a kopíruje tak vlastní vajíčko. Velikost výživného žloutku se zmenšuje a je viditelná přítomnost hepatopankreatu.

Jedinec v době líhnutí – XV. stádium embryonálního vývoje = I. vývojové juvenilní (postembryonální) stádium je zachycen na obrázku 12.E. Prázdné obaly vajíček pak na obrázku 12.F.



Obr. 11. Embryonální vývoj raka signálního *Pacifastacus leniusculus* ve vajíčku. A a B - 43 dní, tj. 534 d° do líhnutí. C - 33 dní, tj. 433 d° do líhnutí. D - 29 dní, tj. 392 d° do líhnutí. E a F - 25 dní, tj. 349 d° do líhnutí.



Obr. 12. Embryonální vývoj raka signálního *Pacifastacus leniusculus* ve vajíčku. A - 19 dní, tj. 265 d° do líhnutí. B - 15dní, tj. 212 d° do líhnutí. C a D - 8 dní, tj. 129 d° do líhnutí. E a F - líhnutí.

4.1.4 Rak pruhovaný

Vajíčko krátce po kladení je na obrázku 13.A. Barva žloutku je v tomto období v celém objemu stejná. Probíhajícími mitotickými cykly roste počet buněk ve vajíčku. Na obrázku 13.B jsou zachyceny blastodermální buňky, které rovnoměrně pokrývají povrch žloutku v jedné vrstvě. Z pozorovatelného počtu buněk lze usuzovat, že se jedná o 256 buněk. Při dalším dělení je počet buněk dvojnásoben, tj. na 512 buněk (obr. 13.C).

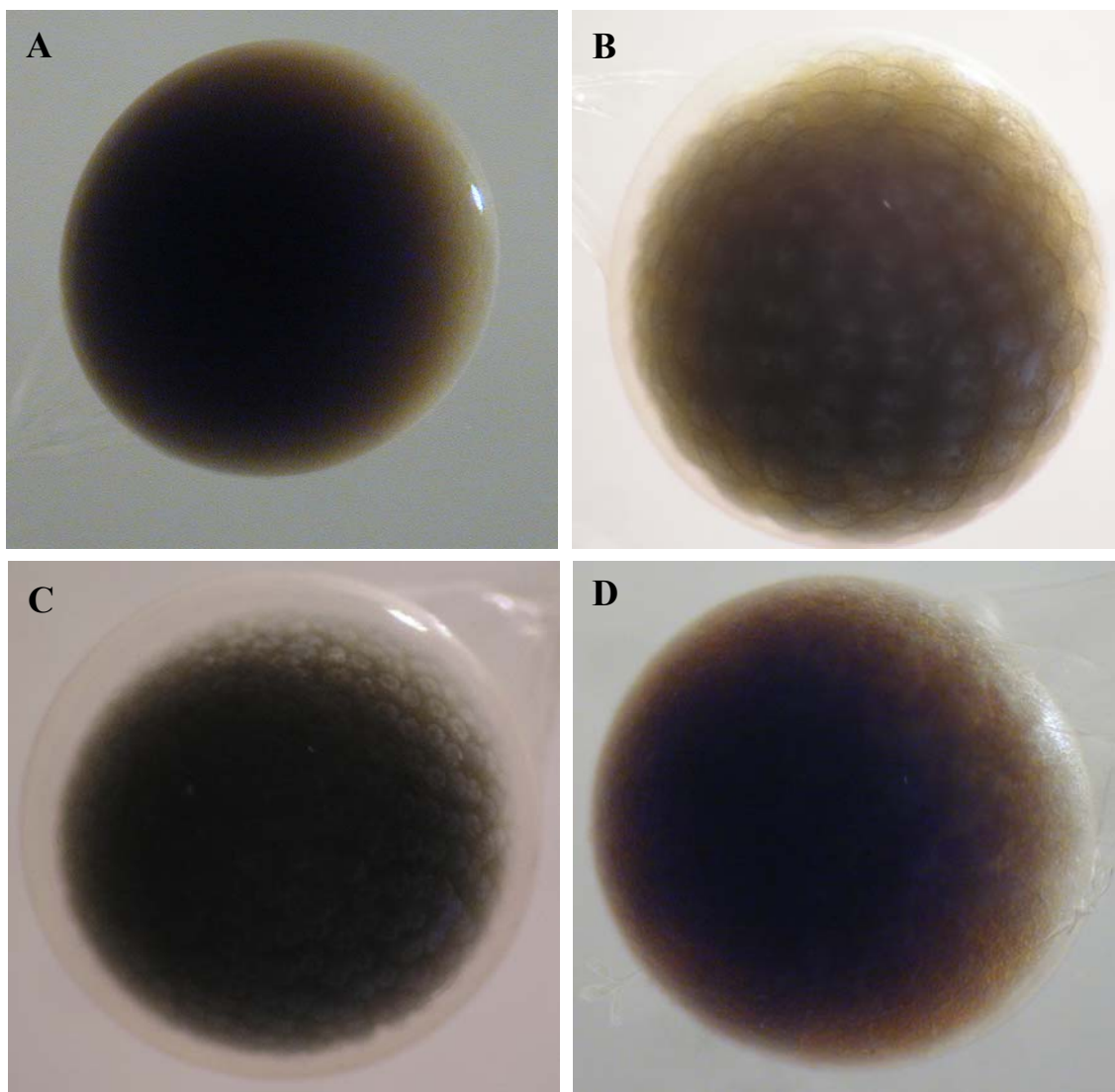
Sto d° po kladení (obr. 13.D) nejsou ve vajíčku registrovány žádné viditelné změny. Patrná je pouze málo výrazná granulace žloutku.

Zárodek se stává postupně zřetelný, rozeznatelný jako bílý terčík proti tmavému pozadí výživného žloutku. Je lokalizován v periferní části vajíčka (šipky na obrázcích 14.A a B).

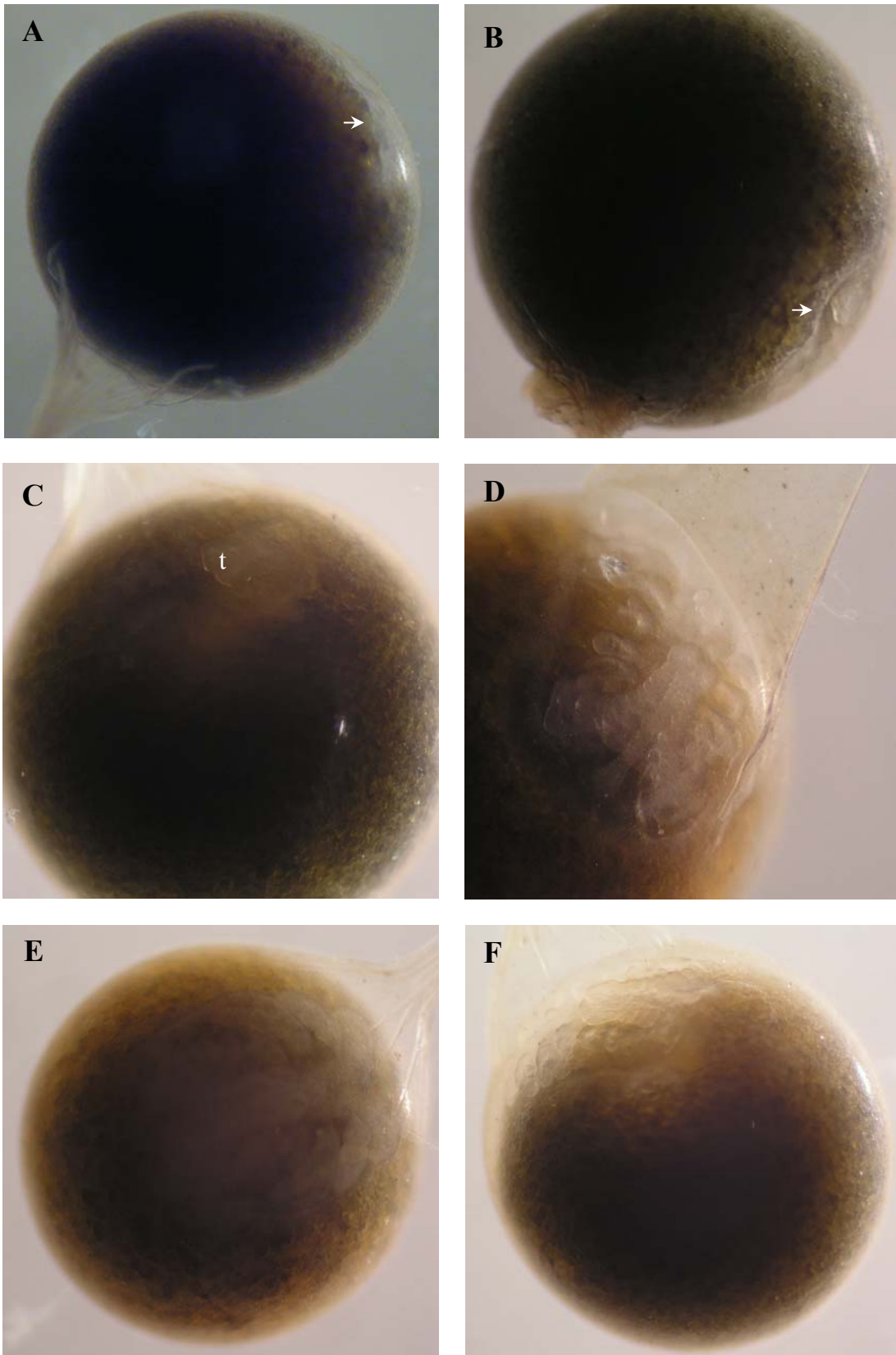
Tři sta d° po kladení se zárodku začínají formovat končetiny, zřetelně rozeznatelný je však pouze abdomen s telsonem. Lze zaznamenat okraj hlavohrudí (obr. 14.C). Pozorovatelné jsou mandibulární základy, jejichž přesné determinace však není vzhledem ke kvalitě rozlišení možná.

Dále, 400 d° po kladení, se zárodek nachází v X. stádiu embryonálního vývoje. Embryo postupně zasahuje do stále větší části vajíčka. Je patrné větvení tykadla a segmentace abdomenu (obr. 14.D). Po vnějších okrajích abdomenu jsou pozorovatelné základy jednotlivých pereopodů. Zřetelně jsou pozorovatelné základy očí (dosud bez pigmentu). Telson dosahuje do úrovně bází tykadel (obr. 14.E a F).

Poslední dokumentace embryonálního vývoje byla provedena 448 d° po kladení. Na odchovném zařízení totiž došlo k technické závadě, která měla za následek omezení přítoku vody. Následoval úhyn samic i s vajíčky. V následujícím roce (2006) nebyl tento pokus opakován. Zaznamenán byl pouze vývoj postembryonální (tj. zachyceny především morfologické rozdíly mezi jednotlivými vývojovými stádii).



Obr. 13. Embryonální vývoj raka pruhovaného *Orconectes limosus* ve vajíčku. A - těsně po kladení. B a C - 3 dny, tj. 33 d°po kladení. D - 11 dní, tj. 115 d°po kladení.

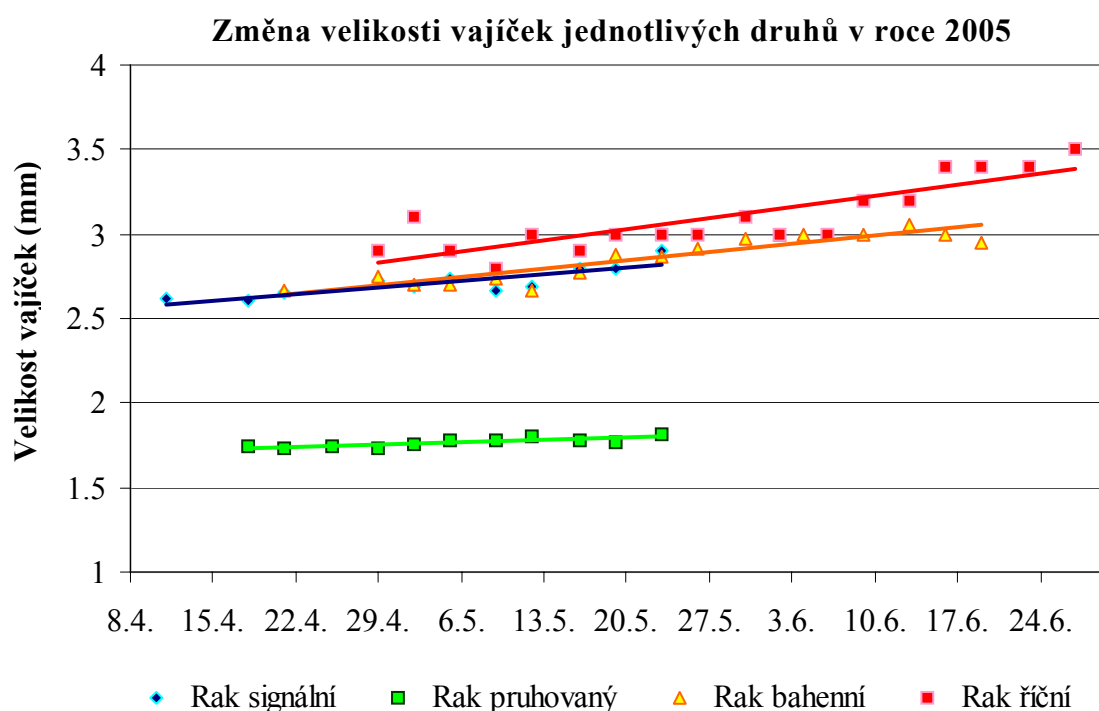


Obr. 14. Embryonální vývoj raka pruhovaného *Orconectes limosus* ve vajíčku. A - 22 dní, tj. 251 d° po kladení. B - 25 dní, tj. 284 d° po kladení. C - 29 dní, tj. 335 d° po kladení. D, E a F - 36 dní, 448 d° po kladení.

4.2 Velikost vajíček v průběhu inkubace

Největší průměrné velikosti vajíček dosahoval rak říční (3,1 mm) v rozpětí 2,6-3,5 mm. Následoval jej rak signální s 2,7 mm (rozpětí 2,4 - 3 mm). Rak bahenní měl vajíčka o průměrné velikosti 2,85 mm (2,6 - 3,2 mm). Nejmenší vajíčka se vyskytovala u raka pruhovaného. Průměrná velikost byla 1,76 mm s rozpětím 1,6 - 2 mm.

V průběhu inkubace byl zjištěn vzrůstající trend velikosti vajíček. Nárůst průměru je patrný především v závěrečných fázích vývoje. Tato skutečnost se vzhledem k okolnostem (úhyn) neprojevila u raka pruhovaného (obr. 15).

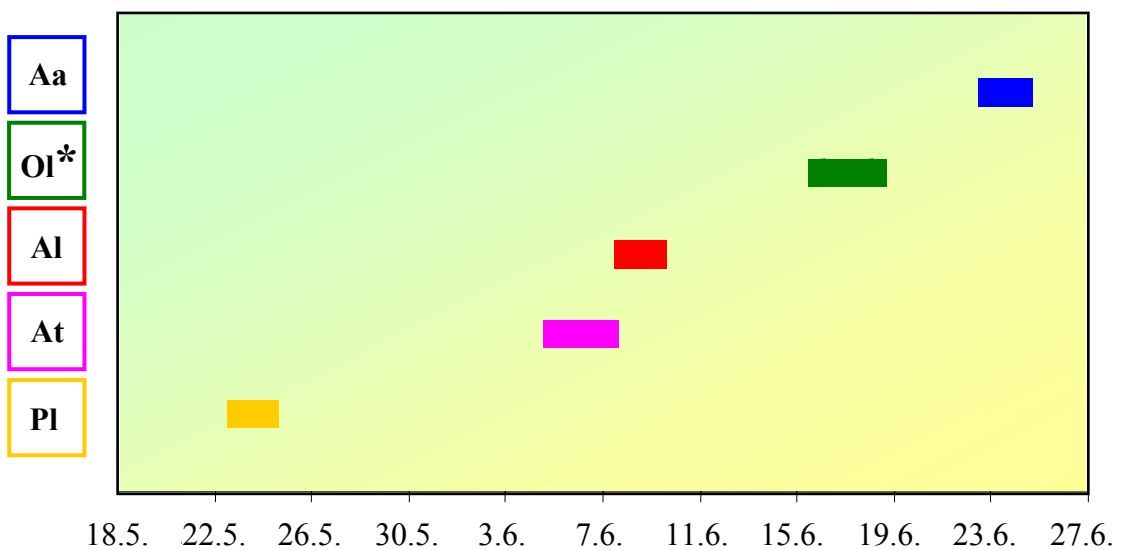


Obr. 15. Grafické znázornění změny velikosti vajíček v průběhu embryonálního vývoje.

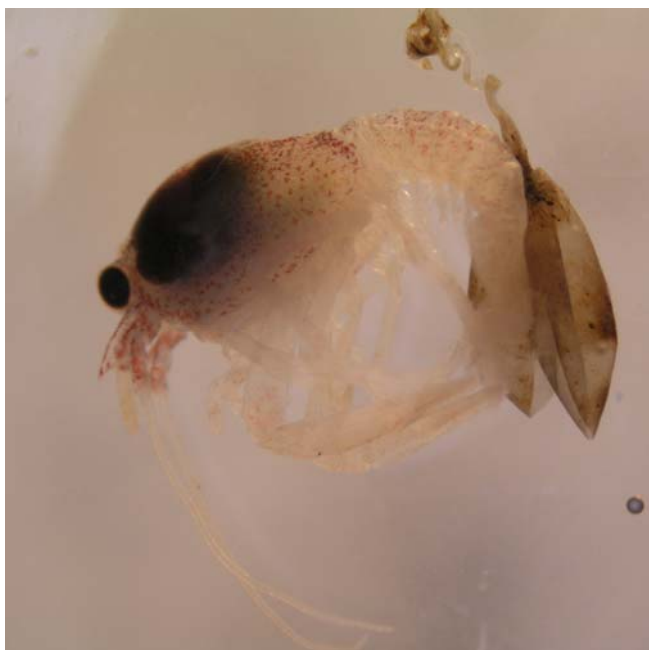
4.3 Doby líhnutí jednotlivých druhů raků

Líhnutí vajíček bylo poprvé pozorováno u raka signálního. Probíhalo od 23. do 24. května. Následoval rak kamenáč s líhnutím mezi 5. - 7. červnem. Osmého a 9. června došlo k líhnutí raka bahenního. U raka pruhovaného se ráčata poprvé objevila 16 - 18. června. Naposledy bylo registrováno líhnutí u raka říčního, ke kterému došlo mezi 23. - 24. červnem. Grafický přehled poskytuje obr. 16. Vylíhlá ráčata jsou označována jako I. vývojové stádium. Jedinec v období líhnutí je na obrázku 17.

Období líhnutí jednotlivých druhů raků v průběhu experimentu v roce 2005



Obr. 16. Grafické znázornění líhnutí jednotlivých druhů



Obr. 17. První vývojové (postembryonální) stádium raka signálního *Pacifastacus leniusculus* při líhnutí.

4.4 Juvenilní vývojová stádia raků

4.4.1 První vývojové stádium

Při líhnutí dochází k prasknutí vaječného obalu vajíčka na straně protilehlé stopce vajíčka, kterou je připevněno k pleopodům matky. Ráče se z obalu zpravidla uvolňuje svou hřbetní stranou. Vylíhlý jedinec je velice málo aktivní a je přichycen vláknem „telson thread“ (obr. 18), které je napojeno k zadnímu okraji telsonu a vnitřní straně vaječného obalu. Doba trvání existence tohoto vlákna je různá, není však delší než doba trvání I. vývojového stádia. Tato struktura byla zjištěna u všech sledovaných raků.

První vývojové stádium je charakteristické klenutou hlavohrudí, která je z velké části vyplněna žloutkem. V této době jsou ráčata všech druhů lecitotrofní. Rostrum je malé a ohnuté, nachází se mezi očima, které jsou sesilní. Postorbitální lišty viditelně neprominují. Tykadla a tykadélka jsou krátká a ohnutá ve ventrálním směru. Abdomen se také stáčí ventrálně. Celkový laterální pohled (obr.19 - 21).

Na koncích klepet se nacházejí speciální háčky umožňující přichycení jedince k brvám na pleopodech matky, resp. k jiným jedincům či obalům vajíček. Protilehlé trny na vnitřní straně dactylu a propodu pak zvyšují efektivitu této struktury (obr. 22.A a B). Zakřivené trny se nacházejí i na klepítkách 2. a 3. páru pereopodů, nejsou však v podobě háčků (obr. 22.C). Ostré trny jsou i na daktylech 4. a 5. páru pereopodů (obr. 22.D).

Toto stádium nemá diferencovaný ocasní vějíř. Je tvořen pouze telsonem. Telson má oválný tvar se zářezem v mediální části. V tomto tvoří výjimku rak pruhovaný. Na vnějším okraji telsonu se nacházejí trny, které jsou předchůdci brv v dalším vývojovém stádiu. Pouze několik trnů ve střední části je zahnutých, čímž je umožněno uchycení telson thread (obr. 23.A - E). Obrázek 23.F dokumentuje uchycení telson thread k zadní části telsonu. Na těle je dále velmi omezený výskyt brv. Toto platí pro hlavohruď, abdomen i všechny končetiny (obr. 24). Hmotnostní charakteristiku tohoto stádia udává následující tabulka.

Tab. 2. Hmotnosti I. vývojového stádia jednotlivých druhů raků.

Druh	Počet sledovaných jedinců (ks)	ø hmotnost a rozmezí (mg)
Rak říční	36	21,3 (17,5-26,5)
Rak bahenní	36	20,5 (19,3-22,2)
Rak kamenáč	36	20,0 (16,4-23,1)
Rak signální	36	15,8 (13,4-19,7)
Rak pruhovaný	20	6,4 (3,2-8,9)



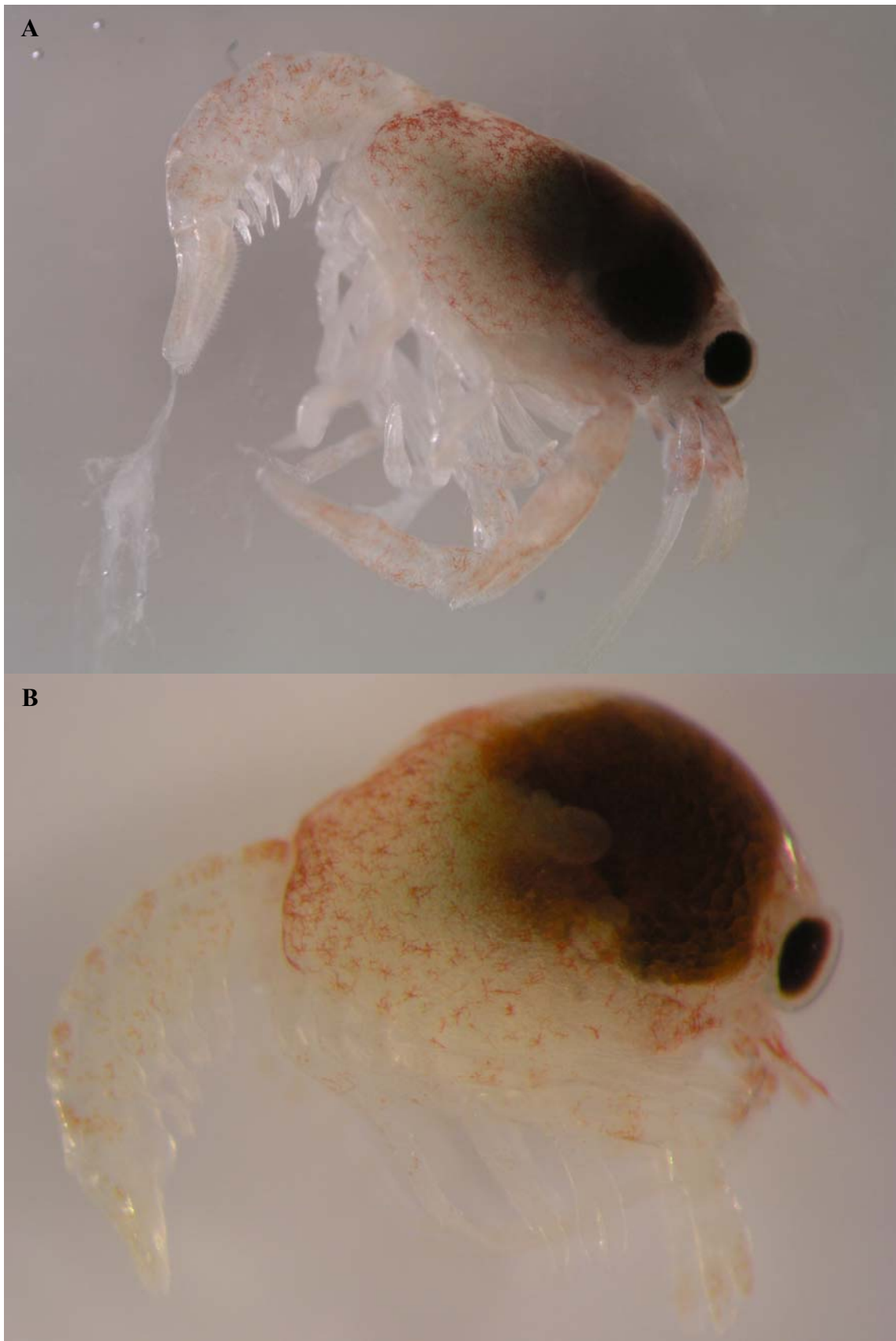
Obr. 18. První vývojové stádium raka signálního při líhnutí. Šipka ukazuje na „telson thread“, kterým je ráče připojeno k obalu vajíčka.



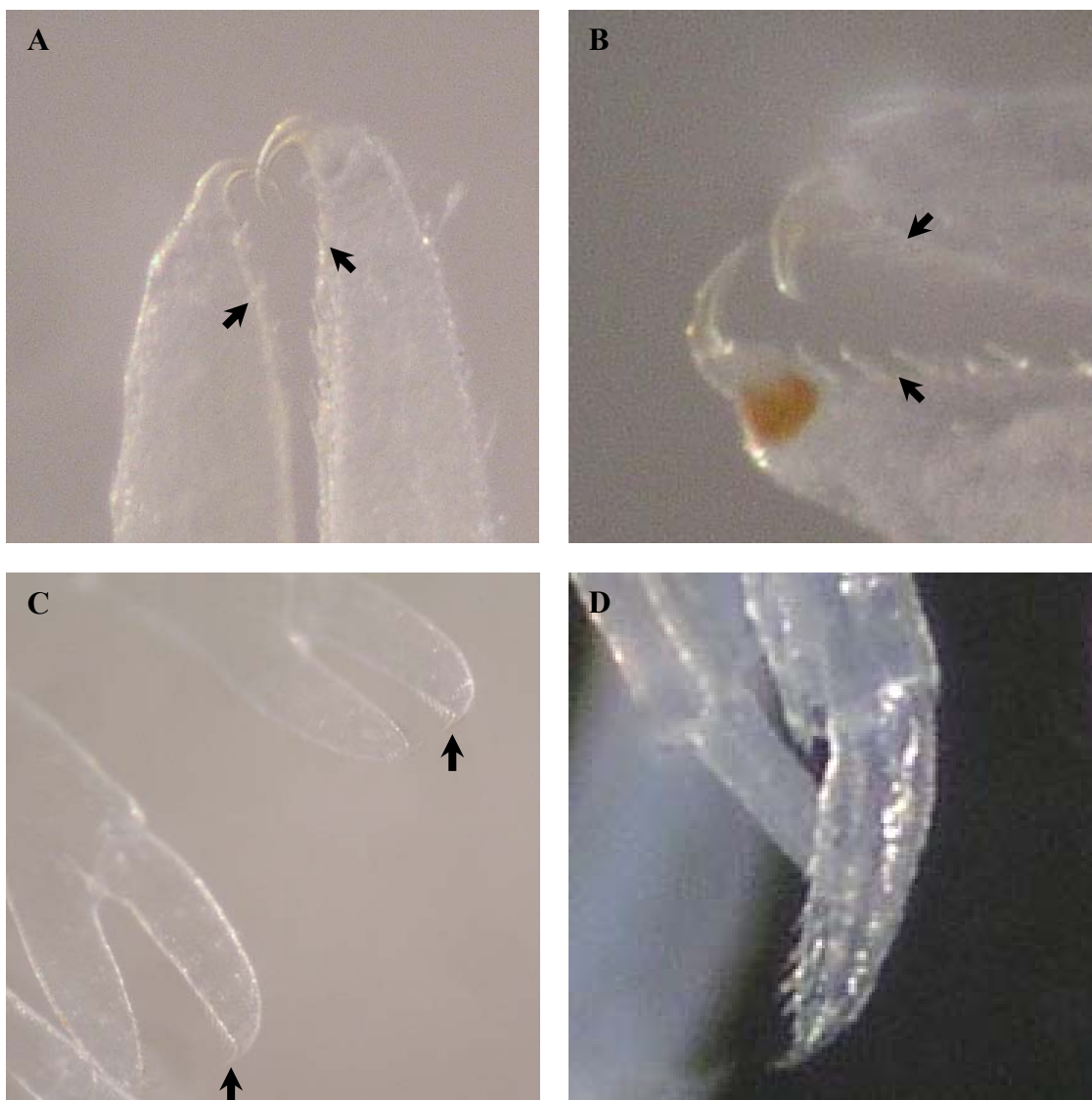
Obr. 19. První vývojové (postembryonální) stádium raka říčního *Astacus astacus*, celkový poled z boku.



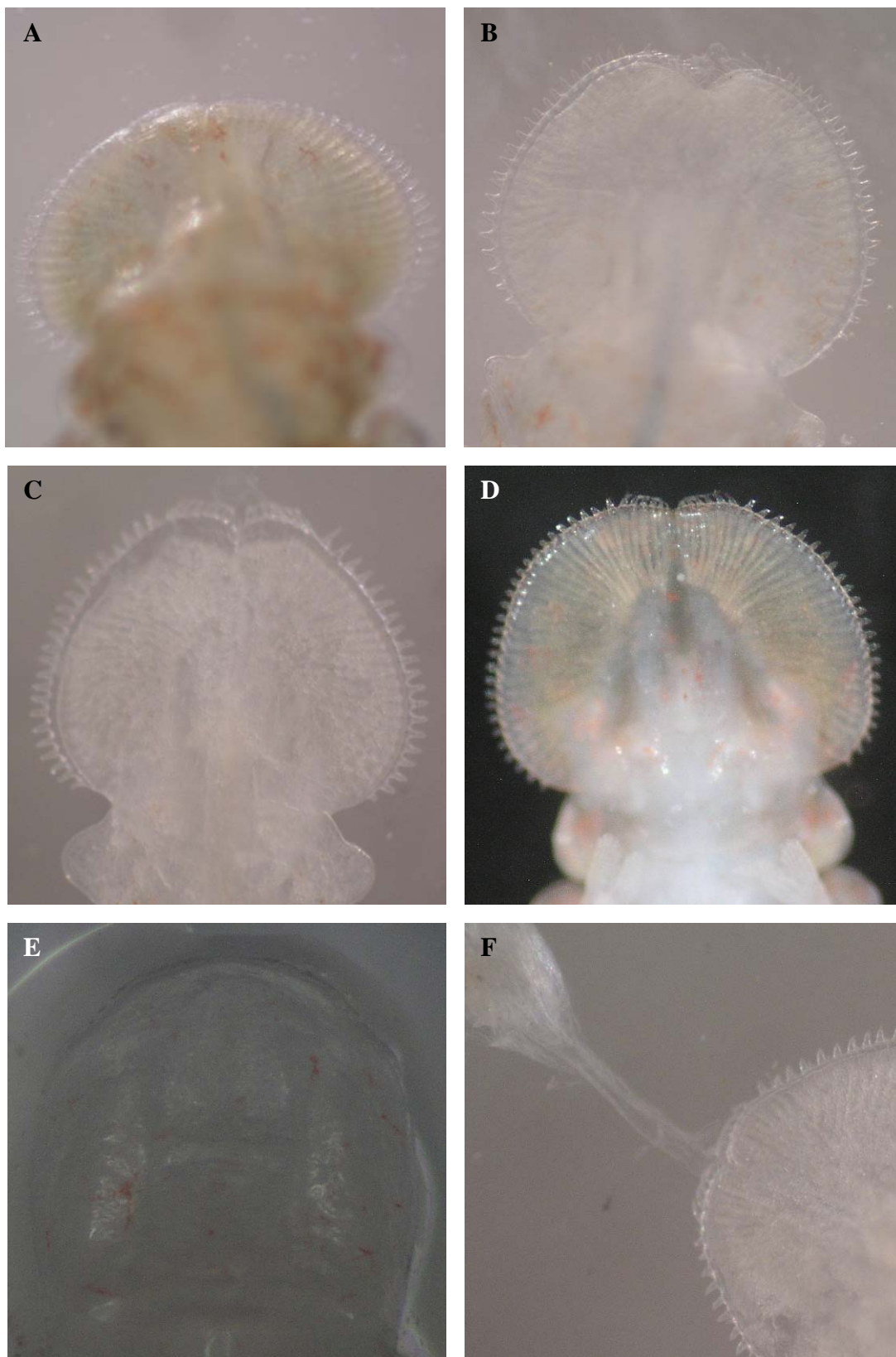
Obr. 20. První vývojové (postembryonální) stádium, celkový pohled z boku. A - rak bahenní *Astacus leptodactylus*. B - raka kamenáč *Austropotamobius torrentium*.



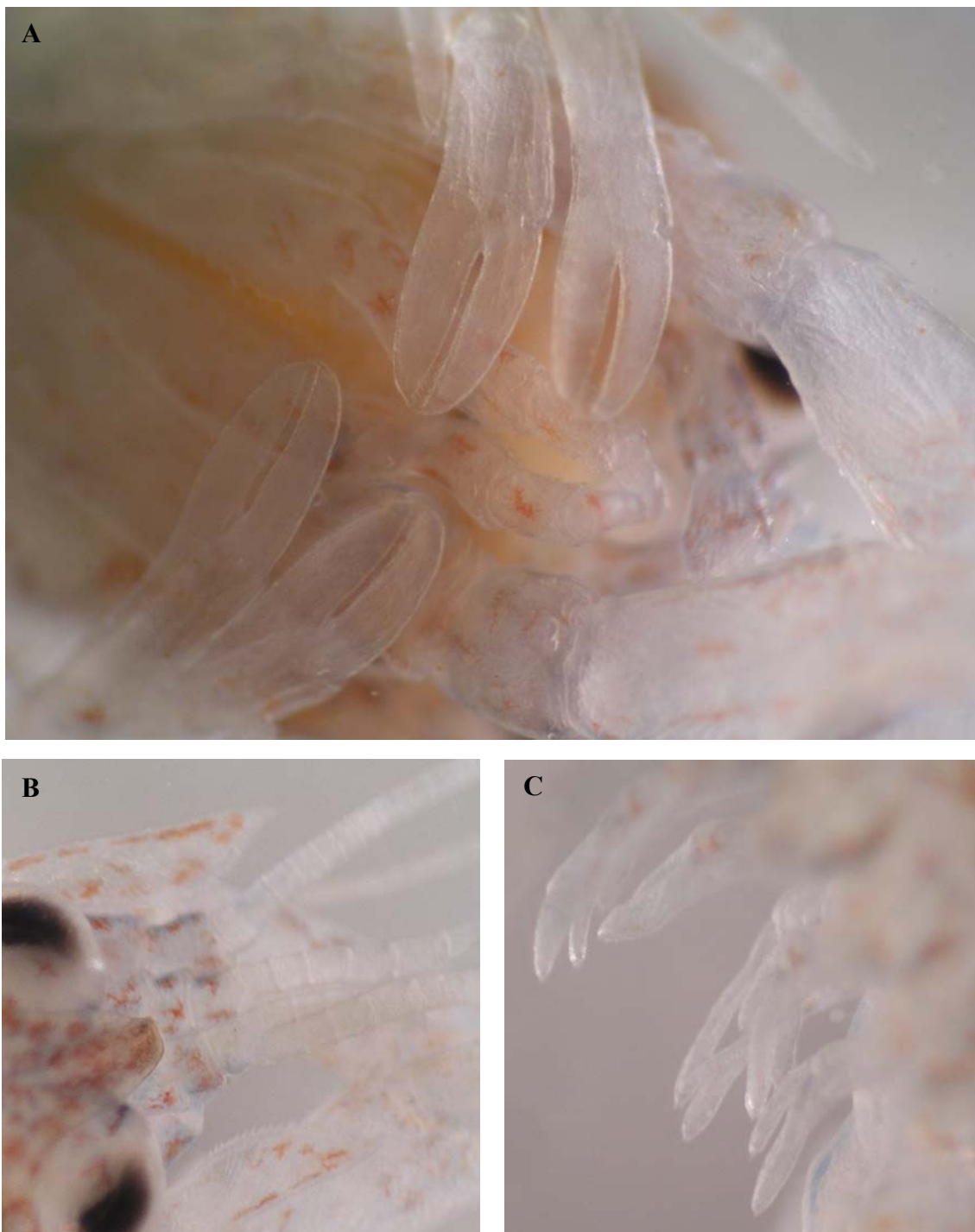
Obr. 21. První vývojové (postembryonální) stádium, celkový pohled z boku.
A - rak signální *Pacifastacus leniusculus*. B - rak pruhovaný *Orconectes limosus*.



Obr. 22. A - detail terminálních háčků klepet I. vývojového (postembryonálního) stádia raka bahenního *Astacus leptodactylus*. Šipky ukazují na protilehlé pomocné trny na vnitřní straně daktylu i propodu klepeta. B - detail terminálních háčků klepet I. vývojového (postembryonálního) stádia raka kamenáče *Austropotamobius torrentium*. Šipky ukazují na, terminálním háčkům protilehlé, pomocné trny vnitřních stran daktylu i propodu. C - 2. a 3. pár pereopodů raka bahenního *Astacus leptodactylus*. Patrné jsou ostré trny na klepítkách (šipky). Zde na exuvii (svlečku) I. vývojového (postembryonálního) stádia. D - dactylus 4. pereopodu raka signálního *Pacifastacus leniusculus* s terminálním drápkem.



Obr. 23. Telsony prvního vývojového (postembryonálního) stádia jednotlivých druhů raků. A - rak říční *Astacus astacus*; B - rak bahenní *Astacus leptodactylus*; C - rak kamenáč *Austropotamobius torrentium*; D - rak signální *Pacifastacus leniusculus*; E - rak pruhovaný *Orconectes limosus*. F - způsob uchycení „telson thread“ na telsonu raka kamenáče.



Obr. 24. První vývojové (postembryonální) stádium raka bahenního *Astacus leptodactylus*. Patrný je velice omezený výskyt šetin na jednotlivých částech těla (v porovnání s dalšími vývojovými stádii). A - ventrální strana hlavohrudi. B - dorzální strana přední části hlavohrudi. C - abdomen s pleopody.

4.4.2 Druhé vývojové stádium

Ekdyzí prvního vývojového stádia přechází ráče do II. vývojové stádium. Ráčeti se prodlužuje hlavohruď, jejíž relativní délka však v porovnání s předchozím stupněm klesá. Jsou pozorovatelné zbytky žloutku. Na hlavohruďi jsou pozorovatelné postorbitální lišty v počtu jednoho páru u raka kamenáče a raka pruhovaného. Přítomností dvou párů postorbitálních lišt se vyznačuje rak říční, bahenní a signální. Oči jsou na krátkých stopkách. Tykadla a tykadélka se napřimují a prodlužují. Abdomen se také napřimuje, nejméně však u raka pruhovaného. Celkový vzhled tohoto stádia u jednotlivých druhů zachycují obrázky 25, 26 a 27. Na všech částech těla se objevují štětiny různé struktury. Je tomu tak u všech druhů. Ilustrační obrázek 28. však zachycuje omezený výskyt těchto struktur u raka pruhovaného (zde v porovnání s rakem bahenním).

Již v tomto stádiu můžeme nalézt mezidruhové rozdíly ve tvaru rostra. Rak říční (obr. 29.A) je typický dlouhým, výrazně špičatým rostrem. U raka bahenního (obr. 29.B) je rostrum velmi úzké a dlouhé. Pigmentace je u tohoto raka výrazně odlišná, kdy jako u jediného nenabývá ostrých kontur, ale je prostorově více rozptýlená. U raka kamenáče (obr. 29.C) je rostrum tvaru rovnostranného trojúhelníku, relativně tupé a krátké. Rak signální (obr. 29.D) a pruhovaný (obr. 29.E) mají rostrum dlouhé a špičaté.

Ocasní vějíř je i v tomto stádiu nediferencovaný. Tvar telsonu je víceméně oválný, téměř bez zářezu ve střední části (obr. 30.A-C). Tvarově se poněkud odlišuje „srdčitý“ telson raka kamenáče (obr. 30.C) a telson raka pruhovaného (obr. 30.E). Okraj telsonu je lemován zpeřenými brvami (plumose setae). Pouze u raka pruhovaného se vyskytují trny stejné stavby jako v předešlém stádiu.

Uvnitř telsonu tohoto stádia jsou pozorovatelné základy uropodů, tvořící spolu s vlastním telsonem ocasní vějíř v následujícím vývojovém stádiu. Tato skutečnost je nejlépe pozorovatelná na obrázku 30.D. Na témže obrázku je také patrné větvení pleopodů na exo- a endopodity.

Ve středu telsonu se také nachází řitní otvor (anus). Z obrázků 30.A a B je patrné naplnění střeva zažitinou, což vypovídá o přechodu tohoto stádia na vnější výživu. Nepřímo tak lze prokázat osamostatnění ráčat od samice. Tato skutečnost však neplatí pro ráčata raka pruhovaného, která jsou i v tomto stupni na matce závislá a nepřijímají potravu.



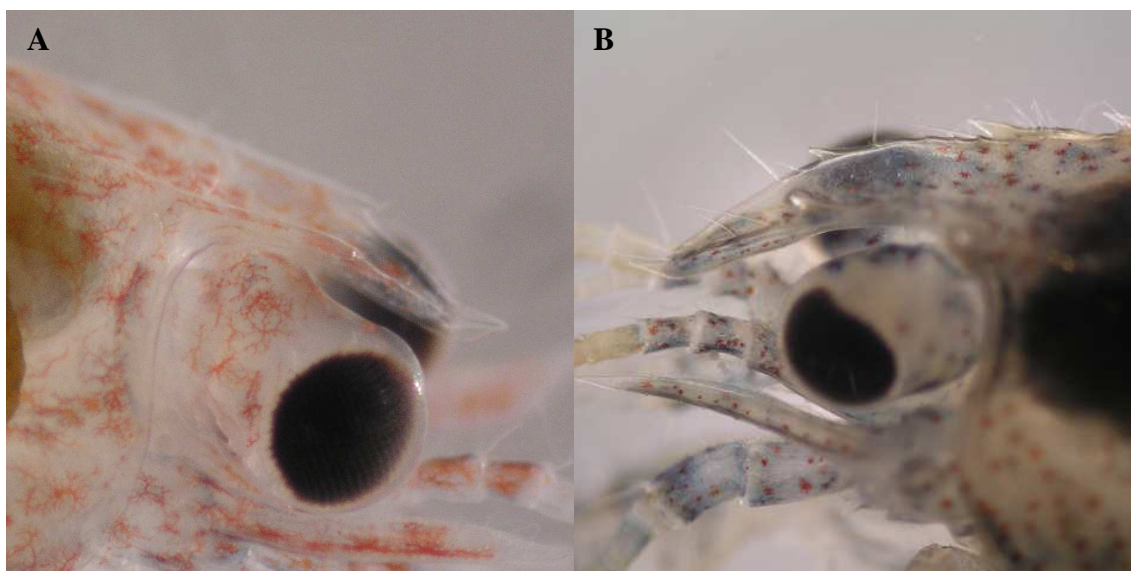
Obr. 25. Druhé vývojové (postembryonální) stádium, celkový pohled. A - rak říční *Astacus astacus*. B - rak bahenní *Astacus leptodactylus*.



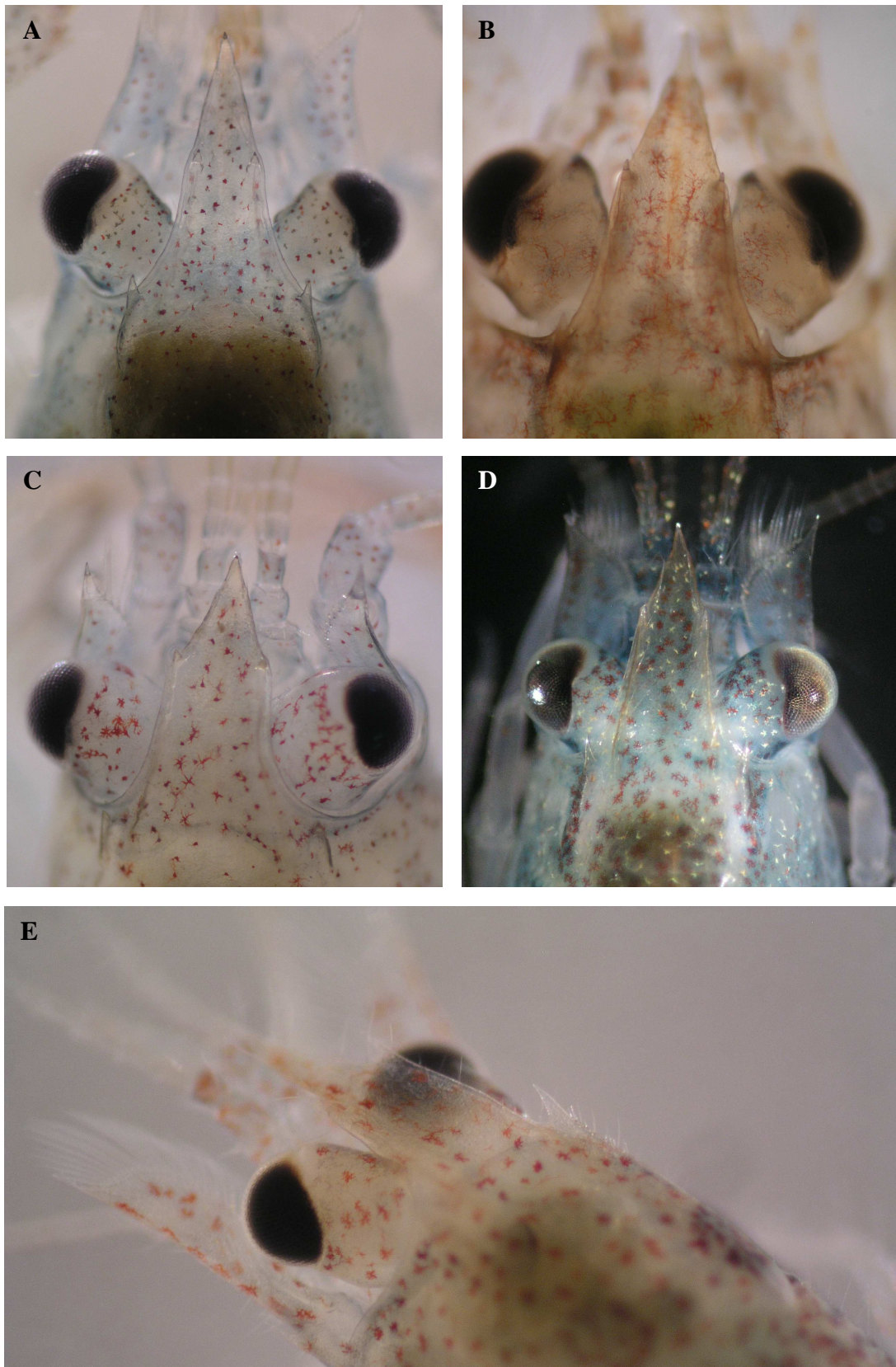
Obr. 26. Druhé vývojové (postembryonální) stádiu, celkový pohled. A - raka kamenáč *Austropotamobius torrentium*. B - rak signální *Pacifastacus leniusculus*.



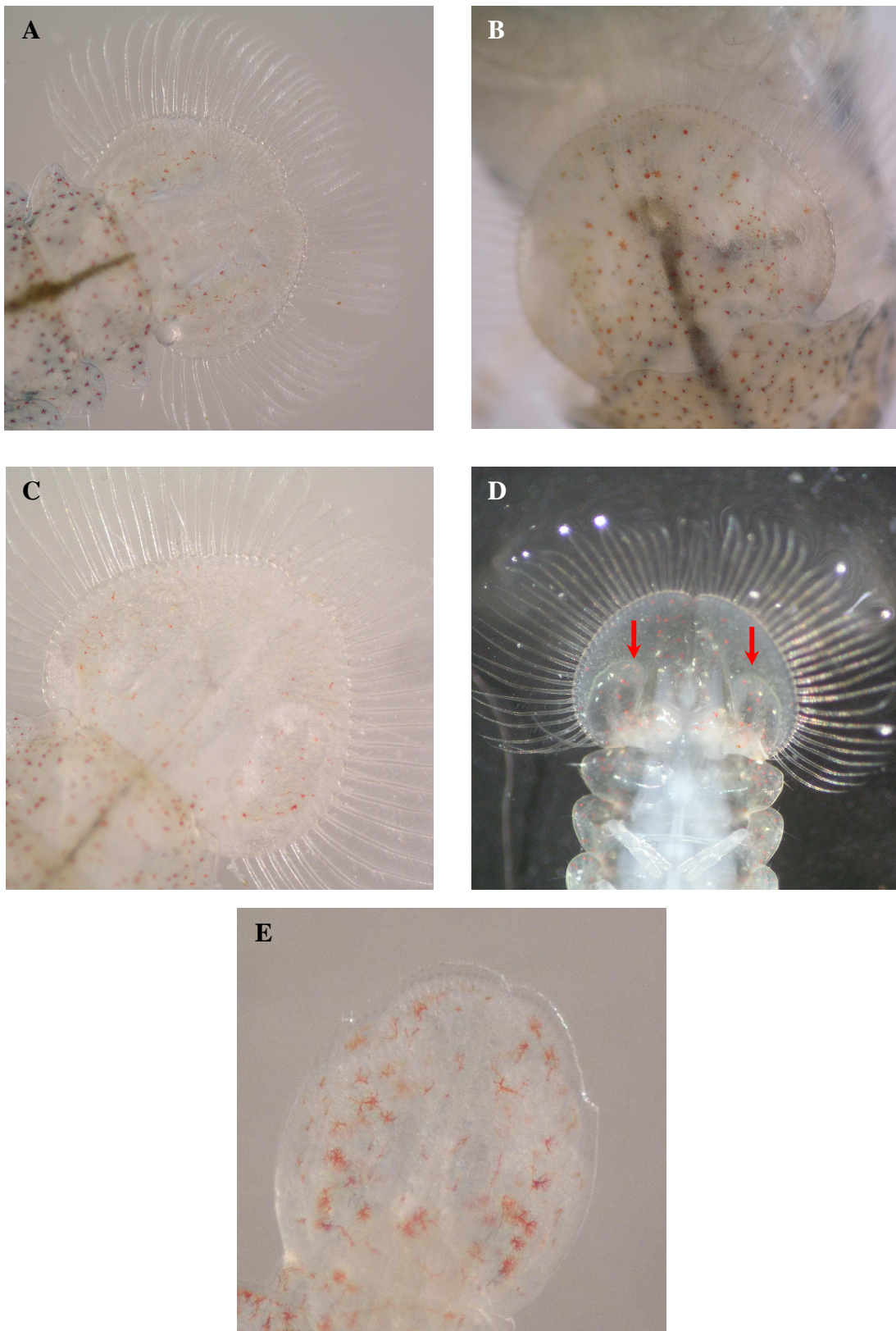
Obr. 27. Druhé vývojové (postembryonální) stádiu, celkový pohled. Raka pruhovaný *Orconectes limosus*.



Obr. 28. Boční pohled na přední část hlavohrudi s rostrem. Patrný je výrazný rozdíl ve výskytu štětín různé struktury. Velice omezená početnost je ve druhém vývojovém (postembryonálním) stádiu zjevná u raka pruhovaného *Orconectes limosus* - A. Zde v porovnání s rakem bahenním *Astacus leptodactylus* - B.



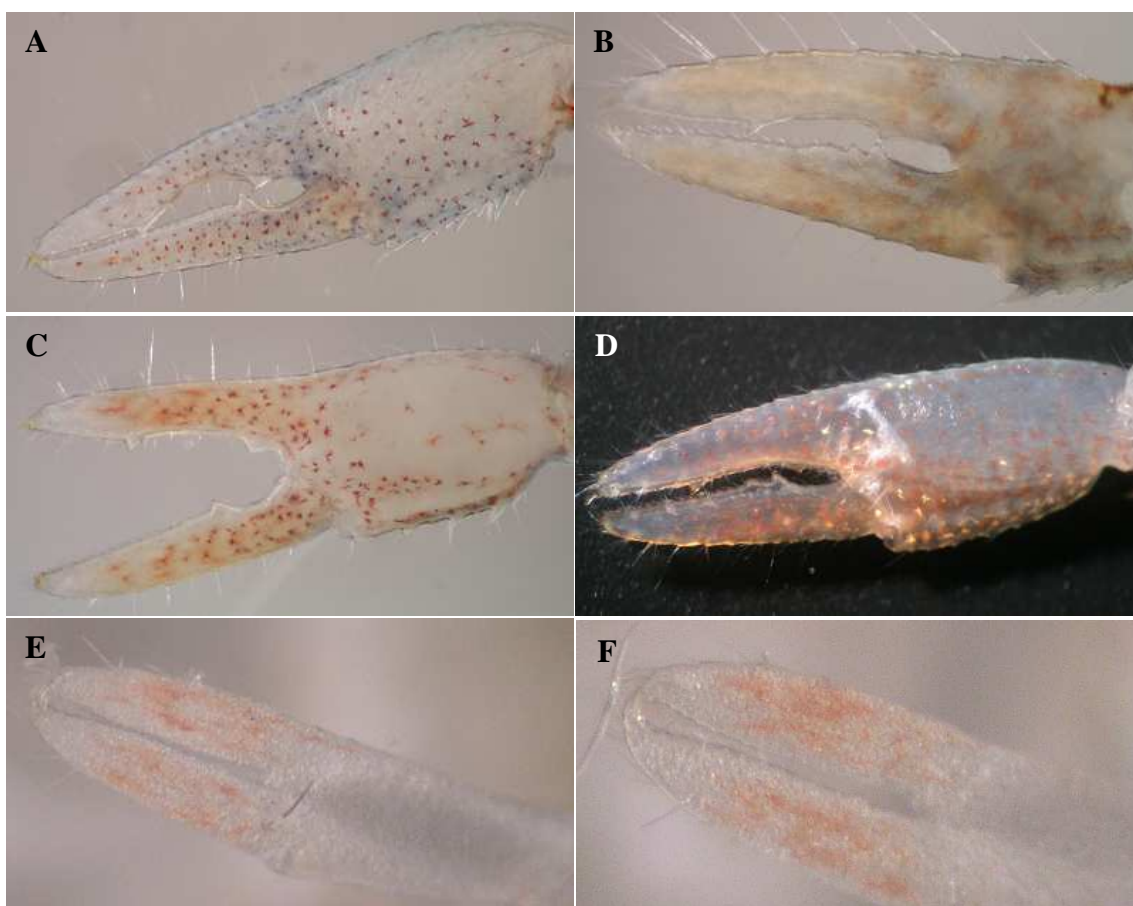
Obr. 29. Rostra druhého vývojového (postembryonálního) stádia. A - rak říční *Astacus astacus*; B - rak bahenní *Astacus leptodactylus*; C - rak kamenáč *Austropotamobius torrentium*; D - rak signální *Pacifastacus leniusculus*; E - rak pruhovaný *Orconectes limosus*.



Obr. 30. Telsony, celkové pohledy. A - rak říční *Astacus astacus*; B - rak bahenní *Astacus leptodactylus*; C - rak kamenáč *Austropotamobius torrentium*; D - rak signální *Pacifastacus leniusculus*, šipky ukazují na základy uropodů uvnitř telsonu; E - rak pruhovaný *Orconectes limosus*.

Z obrázku 31. je patrné, že toto stádium postrádá nazpět zahnuté háčky na svých klepetech, jak tomu bylo u předešlého stádia. Absence těchto háčků má úzkou souvislost s osamostatněním se potomstva. Výjimku tvoří rak pruhovaný, u kterého je tato struktura zachována i po dobu trvání II. vývojového stádia (obr. 31.F).

Hmotnost a délku uvádí tabulka II. vývojového stádia jednotlivých druhů raků udává tabulka 3.



Obr. 31. Klepeta druhého vývojovém (postembryonálního) stádia. A - rak říční; B - rak bahenní; C - rak kamenáč; D - rak signální; E - rak pruhovaný; F - rak pruhovaný, detail.

Tab. 3. Biometrické ukazatele II. vývojového stádia jednotlivých druhů raků.

Druh	Počet sled. jedinců (ks)	ø hmotnost a rozmezí (mg)	ø délka a rozmezí (mm)
Rak říční	36	35,5 (27,4-43,3)	11,1 (10-12)
Rak bahenní	36	34,49 (23,8-45,7)	11,2 (10-12,5)
Rak kamenáč	36	28,46 (21,4-35,6)	9,7 (9-10,5)
Rak signální	36	29,91 (21,5-40,1)	10,3 (9-11)
Rak pruhovaný	20	8,18 (7,1-9,8)	6,8 (5-7)

4.4.3 Třetí vývojové stádium

Při dalším svlékání dosahují ráčata III. vývojového stádia. Proces ekdyse je dokumentován na obrázku 32. Tato stádia se vyznačují morfologickými charakteristikami jednotlivých druhů a jsou zcela podobni dospělým jedincům (pomineme-li sekundární pohlavní znaky). V hlavohrudí však můžeme v počátečním období trvání tohoto stádia pozorovat zbytky výživného žloutku. Celé tělo je pokryto velký množstvím rozmanitých pokožkových derivátů, které zabezpečují různé, často senzorycké funkce. Celkový vzhled jedinců tohoto stádia zachycují obrázky 33 - 35.A.

V porovnání s předešlým stádiem však můžeme pozorovat některé změny. Jsou jimi především úplná diferenciace ocasního vějíře (obr. 35.B). Ten je u všech druhů tvořen telsonem a dvěma páry uropodů. Okraje telsonu i uropodů jsou na svém okraji vybaveny zpeřenými brvami, které jsou však poněkud kratší, než tomu bylo u telsonu II. vývojového stádia (pomineme-li raka pruhovaného).

O raka pruhovaného se již nevytvářejí háčky na klepetech (obr. 35.C). Třetí vývojové stádium raka pruhovaného se osamostatňuje a začíná přijímat potravu.

Hmotnost a délku III. vývojového stádia jednotlivých druhů uvádí tabulka 4.

Tab. 4. Biometrické ukazatele III. vývojového stádia jednotlivých druhů raků.

Druh	Počet sled. jedinců (ks)	Ø hmotnost a rozmezí (mg)	Ø délka a rozmezí (mm)
Rak říční	25	53,1 (35,4-76,0)	12,9 (12,0-14,5)
Rak bahenní	29	55,4 (31,5-70,6)	13,1 (11,0-14,0)
Rak kamenáč	28	41,4 (33,9-50,9)	11,8 (10,5-13,0)
Rak signální	36	48,8 (37,8-78,0)	12,4 (11,0-13,0)
Rak pruhovaný	72	11,9 (10,0-14,2)	8,3 (8,0-9,5)



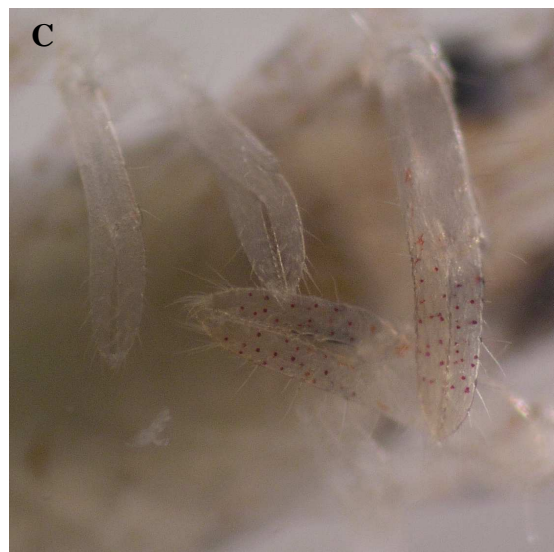
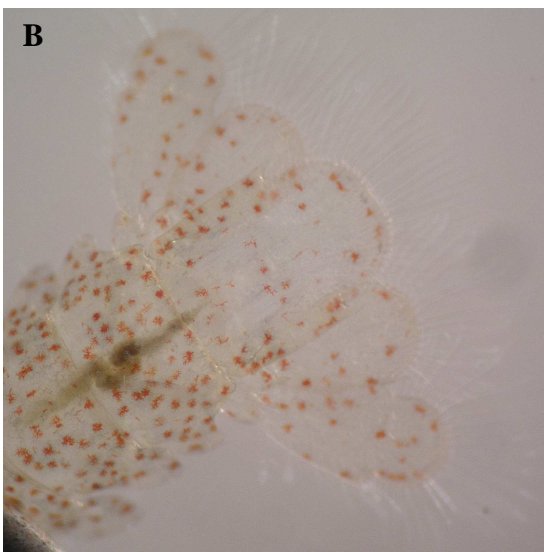
Obr. 32. Svlečení raka signálního *Pacifastacus leniusculus* do III. vývojového stádia.



Obr. 33. Třetí vývojové stádium, celkový pohled. A - rak říční *Astacus astacus*. B - rak bahenní *Astacus leptodactylus*.



Obr. 34. Třetí vývojové stádium, celkový pohled. A - rak kamenáč *Austropotamobius torrentium*. B - raka signální *Pacifastacus leniusculus*.



Obr. 35. Třetí vývojové stádium raka pruhovaného *Orconectes limosus*. A - celkový pohled z boku. B - ocasní vějíř tvořený telsonem a dvěma páry uropodů. C - klepeta s patrnou absencí terminálních háčků.

5. Diskuse

Embryonální vývoj se podařilo zachytit u čtyřech druhů raků. U raka říčního se jedná o dobu 985 d°, tj. 64 dnů před líhnutím. V této době se ráčata nacházela v IX. stádiu embryonálního vývoje (dle Zehndera, 1934). V porovnání s trváním doby inkubace je těžké posoudit, o jak významný podíl se jedná. Inkubace raka říčního totiž může trvat 1900 d° (Hessen, 1987). Je však nutno podotknout, že se jedná o podmínky Norska. V podmínkách středoevropského regionu je doba trvání inkubace 1250 - 1420 d° (Taugbøl a Skurdal, 1990b). V praxi se v průběhu embryonálním vývoji zaměřujeme především na dva aspekty. Vedle termínu vlastního líhnutí se jedná o dosažení XIII. stádia embryonálního vývoje, tedy pigmentace očí. Stádium tzv. „očních bodů“ je totiž snadno detekovatelná a obecně je tato doba charakterizována jako období zvýšené odolnosti vajíček. Toho lze využít například pro případný transport bez nebezpečí vysokých ztrát. U raka říčního byly pozorovány počátky pigmentace očí již 400 d° před líhnutím.

U raka bahenního bylo zachyceno období 752 d°, tj. 55 dní před líhnutím. Ráčata v této době dosáhla X. stádia embryonálního vývoje. Trvání inkubace (vyjádřené v denních stupních) není u tohoto raka z dostupné literatury známé. Méně vypovídající je pak vymezení trvání ve dnech, které se přirozeně liší dle konkrétního průběhu teplot. Stucki (1999) uvádí trvání inkubace mezi 151 a 172 dny, Balik *et al.* (2005) pak dobu 4 - 5 měsíců. Nutné je si však uvědomit, že podmínky Švýcarska a Turecka jsou opravdu poněkud rozdílné. Oční body byly poprvé pozorovány v období 300 d° před líhnutím, avšak Kovačeva (1998) udává dosažení tohoto stádia 200 d° před líhnutím.

Dokumentace embryonálního vývoje raka signálního je zaznamenána od 560 d°, tj. 46 dnů před líhnutím. V této době již bylo zaznamenáno X. embryonální stádium. V přirozených podmínkách trvá doba inkubace u tohoto raka mezi 166 (Lewis a Horton, 1997) a 280 dny (Flint, 1975). Hodnoty v denních stupních se pak pohybují od 1 500 (Hogger, 1986) do 2200 denních stupňů (Lewis a Horton, 1997). Nejčastěji však nabývají úrovně 1900 denních stupňů. Při studiích zaměřených přímo na trvání a průběh embryonálního vývoje pak byly zaznamenány hodnoty nižší, což je dáno volbou teplot pro jednotlivé experimenty. Při 9 - 13 °C trvala inkubace 1387 d°, resp. 113,5 dní (Mason in Celada *et al.*, 1987). Při konstantní teplotě 15,5 ± 1 °C pak

1085 d°, resp. 70 dní (Celada *et al.*, 1987). V našem experimentu bylo prokázáno stádium pigmentace očních bodů 200 d° před líhnutím, což plně odpovídá výsledkům výše zmíněného týmu autorů.

U raka pruhovaného byla jako u jediného druhu přesně znám termín ovulace. Proto byl průběh embryonálního vývoje dán do souvztažnosti s načítáním průměrných denních teplot od této doby. Zaznamenáno bylo prvních 448 d°, tj. 36 dní embryonálního vývoje. Vzhledem k jarnímu kladení vajíček je u tohoto druhu inkubace velice krátká (absence období diapauzy) a bývá v rozsahu pouhých 49 - 55 dní (Hamr, 2002; Stucki, 2002). Kozák a kol. (in press) uvádějí průměrnou inkubační dobu 47 dní s rozpětím 39 - 57 dní, což odpovídá 647 d° (543 - 730 d°). Vzhledem k úhynu však nebyl embryonální vývoj podchycen v celém období svého trvání. Vajíčka dosáhla pouze XI. stupně embryonálního vývoje.

K vlastní způsobu záznamu embryonálního vývoje je nutno podotknout, že pro případ detailního studia embryogeneze je použití digitální fotodokumentace v kombinaci s klasickou světelnou mikroskopií nedostatečné. Pro tyto potřeby se jeví jako nezbytné využití fluorescenční a především elektronové mikroskopie. Tyto metody si samozřejmě vyžadují aplikaci specifických postupů, ale v kombinaci s disekcí embrya z vajíčka dávají předpoklad k získání velice kvalitních podkladů. Toto nabývá na významu především u ranných stádiích embryonálního vývoje. Využití těchto technik již není ve světě výjimečné (viz. Celada *et al.*, 1987, 1991; Scholtz a Kawai, 2002; Seitz *et al.*, 2005; Alwes a Scholtz, 2006). Stejná situace samozřejmě platí i pro dokumentaci vývoje postembryonálního (Vogt a Tolley, 2004; Burton *et al.*, 2007).

V průběhu inkubace byla měřena velikost vajíček. U raka říčního byla zjištěna průměrná velikost 3,1 mm (2,6 - 3,5). Zjištěná průměrná velikost se shoduje s výsledky měření jiných autorů (Skurdal & Taugbøl, 1994; Savolainen *et al.*, 1997; Vozgirdaitė, 1998). Téměř stejné rozpětí velikostí pak uvádí Stucki (2002) a to 2,67 - 3,52 mm.

Vajíčka raka bahenního dosahovala průměrně velikosti 2,85 mm (2,6 - 3,2). Tyto hodnoty plně odpovídají rozsahu velikostí uváděných jinými autory, podle kterých nabývají hodnot mezi 2,2 - 3,3 mm (Alekhovich a Kulesh, 1996; Stucki, 1999). Vasileva *et al.* (2006) uvádí velikost vajíček mezi 2,75 - 2,92 mm. Tyto hodnoty odpovídají námi zjištěnému průměru.

Pro raka signálního byl určen průměr vajíček 2,7 mm. Rozpětí hodnot bylo mezi 2,4 - 3 mm, přičemž Lewis (2002) udává velikost 2,5 - 3 mm.

U raka pruhovaného se velikost vajíček pohybovala mezi 1,6 - 2 mm při průměru 1,76 mm. Námi zaznamenaná velikost je tak téměř totožná s výsledky Stuckiho (2002), který uvádí průměrnou velikost 1,8 mm. V tomto se shoduje i s jinými autory, kteří udávají rozsah hodnot mezi 1,45 - 2,15 mm (Kozák a kol., 2004b, 2005).

Vzhledem k opakovanému měření průměru vajíček během experimentu se podařilo zaznamenat rostoucí trend jejich velikosti, který je patrný především v závěrečných fázích inkubace. Vzrůst velikosti je zřejmý u raka říčního, bahenního i signálního. Nevýznamný růst je patrný u raka pruhovaného, což je pravděpodobně způsobeno nedosažením terminálních fází embryonálního vývoje vzhledem k úhynu. Za důvod tohoto růstu bývá považováno přijímání vody vajíčkem, které roste se zvyšující se propustností vaječných obalů. Propustnost je významná především v závěrečném období inkubace. Samotné velikosti vajíček uváděné autory zpravidla pocházejí z omezeného počtu měření, které navíc postrádá pravidelné časové rozložení. Na výrazné zvětšení velikosti vajíček raka říčního upozorňuje Hessen (1987) s tím, že je rozloženo především v posledním týdnu inkubace. Zvětšení průměru vajíček dokumentuje u raka *Euastacus bispinosus* (*Parastacidae*) Honan (1998), kdy velikost vzrostla o 5 - 10%.

Líhnutí bylo zaznamenáno nejdříve u raka signálního, a to 23. a 24. května. Literatura u tohoto druhu uvádí poměrně široký rozsah doby líhnutí, který je v rozmezí mezi koncem března (McGriff, 1983) a koncem června (Abrahamsson a Goldman, 1970). O dva týdny později došlo k líhnutí raka kamenáče (5.-6. června), přičemž podobný termín je uváděn i pro jiné lokality přirozeného rozšíření tohoto druhu (Maguire *et al.*, 2002, 2005). V krátkém odstupu (8.-9. června) následoval rak bahenní. Pro tento druh je uváděna doba líhnutí na konci května a v červnu (Stucki, 1999; Balik *et al.*, 2005). Líhnutí raka pruhovaného nastalo 16. - 18. června. Podobné termíny jsou v našich podmínkách uváděny i v jiných výzkumech (Kozák a kol., 2005, 2006). Jako poslední se líhla ráčata raka říčního 23. a 24. června. Tento termín můžeme v porovnání s literaturou uváděným rozpětím označit jako typický (Skurdal a Qvenild, 1986; Westin a Gydemo, 1986; Ackefors *et al.*, 1989). Existuje pouze velice omezený počet pozorování, která by dokumentovala doby líhnutí mezi jednotlivými druhy raků

ve stejných či podobných podmínkách. Jako příklad lze uvést práci Stuckiho (2002), který zdokumentoval obdobný průběh líhnutí mezi výše zmíněnými druhy. Dále je známo, že k líhnutí ráčat raka signálního dochází o 3-4 týdny dříve v porovnání s rakem říčním a to na stejné lokalitě (Jonsson, 1995). Naše výsledky tuto skutečnost potvrzují.

V době líhnutí dosahují ráčata XV. stádia embryonálního vývoje (Zehnder, 1934). Tito jedinci jsou rovněž označováni jako I. juvenilní, resp. I. postembryonální či vývojové stádium (Sandeman a Sandeman, 1991; Scholtz a Kawai, 2002). U všech námi sledovaných druhů bylo pozorováno vlákno „telson thread“. Tato struktura zamezuje ztrátě nesamostatných, málo pohyblivých ráčat a její výskyt můžeme označit za jedinečný v rámci celé živočišné říše. Na významu též nabývá z důvodu omezeného výskytu smyslových orgánů u tohoto stádia a společně s dalšími aspekty přispívá k evolučnímu úspěchu raků (Vogt a Tolley, 2004).

U všech druhů bylo I. vývojové stádium nesamostatné a vyznačovalo se přítomností háčeků na koncích prvního páru pereopodů a protilehlých trnů na vnitřní straně daktylu i propodu. Zakončení kráčivých nohou byla tvořena drápky, která však svou strukturou nemohla dosáhnout prominentní funkce háčeků na klepetech. Z tohoto důvodu se tak na schopnosti přichycení se k pleopodům matky podílejí především klepeta. Ocasní vějíř byl nediferencovaný a tvořený jen telsonem. Vnější okraj telsonu byl opatřen pouze trny - základy budoucích brv. I. vývojové stádium všech raků bylo nesamostatné. Pomineme-li kontrast v přichycení se juvenilů k pleopodům samice mezi raky severní a jižní polokoule, můžeme označit téměř všechny charakteristické aspekty I. vývojového stádia raků za totožné (Sandeman a Sandeman, 1991; Hamr, 1992; Honan, 1998; Burton *et al.*, 2007).

U ráčat II. vývojového stádia čeledi *Astacidae* se již nevyskytovaly háčky na klepetech. Ocasní vějíř byl tvořen telsonem s dlouhými zpeřenými brvami na svém okraji. Ráčata byla samostatná a přijímala potravu (viz. Andrews, 1907a; Vogt a Tolley, 2004). V kontrastu pak byl rak pruhovaný, jehož příslušníci měli stále zachovány háčky na klepetech a ocasní vějíř byl tvořen telsonem s trny. Juvenilové byly závislé na své matce a nepřijímali potravu. Těmito znaky se rak pruhovaný zařadil mezi klasické zástupce čeledi *Cambaridae*, resp. amerických *Cambaridae* (Price a Payne, 1984; Sook Ko a Kawai, 2001; Scholtz a Kawai, 2002; Wetzel *et al.*, 2005;).

U žádného z druhů, tedy ani u raka pruhovaného, se nepodařilo zaznamenat vlákno mezi exuvií I. vývojového stádia a II. vývojovým stádiem, tzv. „anal thread“ (Andrews, 1907b; Hamr, 1992). Důvodem však patrně bylo omezené trvání této

struktury. „Anal thread“ navíc mohla být porušena při odebírání ráčat od samice, připustíme-li, že stabilita tohoto vlákna je menší než síla, kterou je exuvie I. vývojového stádia přichycena k pleopodům.

III. vývojové stádium všech raků je nezávislé a přijímá potravu. Ani u raka pruhovaného se nevyskytovali háčky na klepetech a všechny druhy měli plně diferencovaný ocasní vějíř (viz. Andrews, 1907a,b; Sandeman a Sandeman, 1991; Hamr, 1992; Honan, 1998; Sook Ko a Kawai, 2001; Scholtz a Kawai, 2002;). Třetí vývojové stádium je morfologicky zcela podobné dospělým jedincům, samozřejmě v patřičném velikostním poměru. U ráčat jednotlivých druhů jsou patrné morfologické mezidruhové rozdíly.

Pokud se zaměříme pouze na dobu osamostatnění ráčat, tak můžeme pozorovat prodloužení mateřské péče u raka pruhovaného po dobu trvání II. vývojového stádia. Toto prodloužení je pro americké *Cambaridae* typické (Andrews, 1907b; Wetzel *et al.*, 2005) a může se vztahovat i na III. vývojové stádium (Price a Payne, 1984). Právě rozšíření rodičovské péče není nepodstatné a může být dáno do souvztáhnosti s evolučním úspěchem amerických *Cambaridae*, ale i zástupců čeledi *Parastacidae* (Hobbs, 1988; Scholtz a Kawai, 2002).

6. Závěr

V rámci porovnání embryonálního vývoje raků byly podchyceny terminální fáze u raka říčního, signálního a bahenního. U raka pruhovaného byla zaznamenána ranná embryonální stádia. Vodítkem pro determinaci jednotlivých vývojových stádií bylo patnáctistupňové dělení dle Zehndera. Samotný embryonální vývoj nebývá z praktického pohledu vnímán jako „důležitý“ aspekt biologie raků. Rozpoznání jednotlivých stádií nemá prozatím v našich podmínkách velký význam a je téměř výhradně omezeno na problematiku výzkumu. V zemích s akvakulturním chovem raků pak nabývá tato znalost na významu ve vztahu k transportu, uskladnění a umělé inkubaci vajíček.

Jako „zajímavější“ se jeví zachycení data líhnutí všech, u nás se vyskytujících, druhů raků. Tyto výsledky nám přinášejí možnost mezidruhového porovnání tohoto termínu. Vzhledem k současnému podchycení teplot tak můžeme rámcově predikovat, v jakém stádiu embryonálního vývoje se nacházejí vajíčka raků na lokalitách našeho regionu k příslušnému datu. Je pak pouze na nás, zda tyto poznatky dokážeme aplikovat například při využití umělé inkubace a podpořit tak populace našich původních druhů raků. V kontrastu s raky nepůvodními si mimo jiné můžeme všimnout ranného líhnutí u raka signálního, které dává jeho ráčatům dozajista lepší vyhlídky na přežití v kompetici s našimi původními druhy. V této souvislosti pak nelze nezmínit skutečnost jarního kladení raka pruhovaného. Tato strategie předurčuje tento druh k velice omezeným ztrátám na vajíčkách v porovnání s ostatními druhy.

Sledováním velikosti vajíček bylo potvrzeno obecně uváděné rozpětí jejich průměru. Záznamy o vzrůstající velikosti jsou však v dostupné literatuře spíše sporadické. Naše výsledky však tuto skutečnost nepopíratelně dokumentují.

Morfologické difference mezi jednotlivými postembryonálními vývojovými stádii jsou rozhodně zajímavou kapitolou popisné biologie. Jako důležitější však můžeme spatřit prodloužení rodičovské péče u raka pruhovaného, které dozajista redukuje ztráty na jeho ráčatech. U nepůvodních druhů je obecně zmiňována vyšší plodnost, agresivita, reprodukční strategie, rychlost svlékání či přenos račího moru. Nemyslíte si však, že je i rodičovské chování a termín osamostatnění rácat tohoto druhu jedním z prekurzorů jeho úspěchu?

7. Použitá literatura

- Abrahamsson, S., 1966. Dynamics of an isolated population of the crayfish *Astacus astacus* Linné. *Oikos*, 17, 96 - 107.
- Abrahamsson, S., 1971. Density, growth and reproduction in populations of *Astacus astacus* and *Pacifastacus leniusculus* in an isolated pond. *Oikos*, 22, 373 - 380.
- Abrahamsson, S. A. A., 1972. Fecundity and growth of some populations of *Astacus astacus* Linné in Sweden. Report of the Institute of Freshwater Research, Drottningholm, 52, 23-37.
- Abrahamsson, S. A. A., Goldman, C. R., 1970. Distribution, density, and production of the crayfish *Pacifastacus leniusculus* (Dana) in Lake Tahoe, California – Nevada. *Oikos*, 21, 83 – 91.
- Ackefors, H., Gydemo, R., Westin, L., 1989. Growth and survival of juvenile crayfish *Astacus astacus* in relation to food and density. In: De Pauw, N., Jaaspers, E., Ackefors, H., Wilkins, N., (eds), *Aquaculture - a biotechnology in progress*, European Aquaculture Society, Bredene, Belgium, 383 - 391.
- Alekhovich, A., Kulesh, V. 1996. Comparative analysis of reproduction of narrow-clawed crayfish, *Astacus leptodactylus* Esch. (Crustacea: Decapoda: Astacidae), in its eastern areas. *Freshwater Crayfish*, 11, 339-347.
- Alwes, F., Scholtz, G., 2006. Stages and other aspects of the embryology of the parthenogenetic Marmorokrebs (Decapoda, Reptantia, Astacida). *Development Genes and Evolution*, 216, 169-184.
- Andrews, E. A., 1907a. The attached young of the crayfish *Cambarus clarkii* and *Cambarus diogenes*. *The American Naturalist*. 41, 253–271.
- Andrews, E. A., 1907b. The young of the crayfishes *Astacus* and *Cambarus*. *Smithsonian Contributions to Knowledge* 35, 1–79.
- Balik, I., Cubuk, H., Özkök, R., Uysal, R. 2005. Some Biological Characteristics of Crayfish (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) in Lake Eğirdir. *Turkish Journal of Zoology*, 29, 295-300.
- Brink, F. W. B., Velde, G., Geelen, J. F. M., 1988. Life history parameters and temperature-related activity of an American crayfish, *Orconectes limosus* (Rafineque, 1817) (Crustacea, Decapoda), in the area of the major rivers in The Netherlands. *Archiv für Hydrobiologie*, 114 (2), 275 – 289.

- Burton, T., Knott, B., Judge, D., Vercoe, P., Brearley, A., 2007. Embryonic and juvenile attachment structures in *Cherax cainii* (decapoda: Parastacidae): Implications for maternal care. *The American Midland Naturalist*, 157, 127-136.
- Carral, J. M., Celada, J. D., González, J., Gaudioso, V. R., Fernández, R., López-Baissón, C., 1992. Artificial incubation of crayfish eggs (*Pacifastacus leniusculus* Dana) from early stages of embryonic development. *Aquaculture*, 104: 261-269.
- Carral, J. M., Sáez-Royuela, M., Celada, J. D., Pérez, J. R., Melendre, P. M., Aguilera A., 2003. Advantages of artificial reproduction techniques for white-clawed crayfish (*Austropotamobius pallipes* Lereboullet). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 370-371, 181-184.
- Celada J.D., Carral J.M., Gaudioso V.R., Consuelo T., Fernández R., 1988. Effects of thermic manipulation throughout egg development on the reproductive efficiency of the freshwater crayfish (*Pacifastacus leniusculus* Dana). *Aquaculture*, 72, 341-348.
- Celada, J. D., Carral, J. M., Gonzalez, J., 1991. A study on the identification and chronology of the embryonic stages of the freshwater crayfish *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet, 1858). *Crustaceana*, 61, 225–232.
- Celada, J. D., Gaudioso, V. R., Paz, P., Fernandez, R., 1985. Identification et chronologie des phases de développement des oeufs de l'écrevisse (*Pacifastacus leniusculus* Dana) par l'observation directe. *Pisciculture Française*, 82, 5-8.
- Celada, J. D., González, J., Carral, J. M., Fernández, R., Pérez, J. R., Sáez-Royuela, M., 2000. Storage and transport of embryonated eggs of the signal crayfish *Pacifastacus leniusculus*. *North American Journal of Aquaculture*, 62, 308-310.
- Celada, J. D., De Paz, P., Gaudioso, V. R., Fernández, R., 1987. Embryonic development of the freshwater crayfish (*Pacifastacus leniusculus* Dana): a scanning elektron microscopic study. *Anatomical Record* 219, 304–310.
- Cukerzis, J. M., 1988. *Astacus astacus* in Europe. In: Holdich, D. M., Lowery, R. S., (eds), *Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation*. Croom Helm, London, pp. 309-340.

- Demers, A., Souty-Grosset, C., Trouilhé, M.-C., Füreder, L., Renai, B., Gherardi, F., 2006. Tolerance of three European native species of crayfish to hypoxia. *Hydrobiologia*, 560, 425-432.
- Dyk, V., 1977. Rak říční jako ukazatel čistoty vody. *Památky a příroda*, č. 10, 632 – 635.
- Dubé, P., Portelance, B., 1992. Temperature and photoperiod effects of ovarian maturation and egg laying of the crayfish, *Orconectes limosus*. *Aquaculture*, 102, 161 -168.
- Ďuriš, Z., 2000. Původ a rozšíření raků na zemi. *Bull. VÚRH JU Vodňany*, 36(1/2), 4-11.
- Ďuriš, Z., Horká, I., 2001. K výskytu raka bahenního *Pontastacus* (= *Astacus*) *leptodactylus* Eschscholtz na Karvinsku. *Časopis Slezského Muzea, Opava (A)* 50, 78-84.
- Ďuriš, Z., Smutný, M., 1998. Rozšíření raků na Zemi. *Bull. VÚRH JU Vodňany*, 34 (3), 72 – 87.
- Fetzner, J. W. Jr. 2004. Crayfish photograph links. URL: <
<http://crayfish.byu.edu/photo.htm>>[cit. 2007-2-2].
- Fischer, D., Bádr, V., Vlach, P., Fischerová, J., 2004. Nové poznatky o rozšíření raka kamenáče v Čechách. *Živa*, 55 (2), 79-81.
- Flint, R. W., 1975. Growth in a population of the crayfish *Pacifastacus leniusculus* from subalpine lacustrine environment. *Jornal of the Fisheries Research Board of Canada*, 32, 2433 – 2440.
- Füreder, L., Reynolds, J. D., 2003. Is *Austropotamobius pallipes* a good bioindicator? *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 370-371, 157-163.
- Gherardi, F., 2002. Behaviour. In: Holdich, D. M., (eds), *Biology of Freshwater Crayfish*. Blackwell Science Ltd., London, pp. 258 - 290.
- Hager, J., 1996. *Edelkrebse*. Leopold Stocker Verlag, Graz-Stuttgart, 128 pp.
- Hajer, J., 1989. Americký druh raka v Labi. *Živa*, 37/75 (3), 125.
- Hamr, P., 1992. Embryonic and postembryonic development in the Tasmanian freshwater crayfishes *Astacopsis gouldi*, *Astacopsis franklinii* and *Parastacoides tasmanicus tasmanicus* (Decapoda: Parastacidae). *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 43, 861–878.
- Hamr, P., 2002. *Orconectes*. In: Holdich, D. M., (eds), *Biology of Freshwater Crayfish*. Blackwell Science Ltd., Oxford, pp. 585-608.

- Harlıođlu, M. M., Barım, Ö., Türkgülü, İ., Harlıođlu, A. G., 2004. Potential fecundity of an introduced population, Keban Dam Lake, Elazığ, Turkey, of freshwater crayfish, *Astacus leptodactylus leptodactylus* (Esch., 1852). *Aquaculture*, 230, 189-195.
- Henryon, M., Purvis, I. W., 2003. Eggs and hatchlings of the freshwater crayfish, marron (*Cherax tenuimanus* Smith), can be artificially incubated at high population densities, and are most successfully incubated at water temperatures between 20°C and 24°C. *Aquaculture Research*, 34, 1311-1319.
- Henttonen, P., Huner, J. V., 1999. The introduction of alien species of crayfish in Europe: A historical introduction. In: Gherardi, F., Holdich, D. M., (eds), *Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of the bad situation?* A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 13 - 22.
- Hessen, D. O., Taugbøl, T., Fjeld, E., Skurdal, J., 1987. Egg development and lifecycle timing in the Noble crayfish (*Astacus astacus*). *Aquaculture*, 64, 77 - 82.
- Hobbs, H. H., Jr. 1988. Crayfish distribution, adaptive radiation and evolution. – In Holdich, D. M., Lowery, R. S. (eds), *Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation*. Croom – Helm, London, pp. 52-82.
- Hobbs, H. H., III. 1991. Decapoda, In: Thorp, J. H., Covich, A. P., (eds), *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academic Pres Inc., San Diego, pp. 823-858.
- Hogger, J. B., 1986. Aspects of the introductions of signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana), into the southern United Kingdom. 1. Growth and survival. *Aquaculture*, 58, 27 – 44.
- Holdich, D. M., 2002. Background and functional morphology. In: Holdich, D. M., (eds), *Biology of Freshwater crayfish*. Blackwell Science Ltd., Oxford, pp. 3-29.
- Holdich, D. M., Ackefors, H., Gherardi, F., Rogers, D. W., Skurdal, J., 1999. Native and alien crayfish in Europe: Some conclusions. In: *Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of the bad situation?*, Balkema, Rotterdam, Brookfield, *Crustacean Issues*, 11, 281-292.
- Holzer, M., 1987. Akce rak po roce. *Naší přírodou*, 4, 74-75.
- Holzer, M., 1989. Akce rak. *Metodická příručka*, č. 7, Praha, Ústřední výbor Českého svazu ochránců přírody. pp. 11.
- Holzer, M., 2007. Raci u nás. *Naše Příroda*, 0, 8-13 URL: <http://ochranari.net/soubory/nase_priroda_00_06.pdf>[cit. 2007-4-1].

- Honan, J. A., 1998. Egg and juvenile development of the Australian freshwater crayfish *Euastacus bispinosus* Clark (Decapoda; *Parastacidae*). Proceedings of the Linnean Society of New South Wales, 119, 37–54.
- Hubenova, T., Vasileva, P., Zaikov, A., 2002. Characteristics of fecundity of narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus* Esch.) population in Kardgali reservoir with a view to their economic exploitation. Bulgarian Journal of Agricultural Sciences 8, 301-306.
- Huber, M. G. J., Schubart, C. D., 2005. Distribution and reproductive biology of *Austropotamobius torrentium* in Bavaria and documentation of a contact zone with the alien crayfish *Pacifastacus leniusculus*. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 376-377 (1-2), 759-776.
- Huner, J. V., Lindqvist, O. V., 1986. A stunted crayfish *Astacus astacus* population in central Finland. Freshwater Crayfish, 6, 156 - 165.
- Huxley, T. H., 1879: The crayfish. An Introduction to the Study of Zoology. Kegan Paul, London.
- Chybowski, Ł., Juchno, D., 2002. Histological analyses of the annual cycle of gonad development in the male spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus* Raf. Arch. Pol. Fish., 10(2). 241-253.
- Ingle, R. W., 1977. Laboratory and SCUBA studies on the behaviour of the freshwater crayfish, *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet). Report of the Underwater Association, NS, 2, 1-15.
- Ingle, R. W., Thomas, W., 1974. Matting and spawning of the crayfish *Austropotamobius pallipes* (Crustacea: Astacidae). Journal of Zoology, London, 173, 525-538.
- Jonsson, A., 1995. Life history differences between crayfish *Astacus astacus* and *Pacifastacus leniusculus* in embryonic and juvenile development, laboratory experiences. Freshwater Crayfish, 8, 170–178.
- Kawai, T., Scholtz, G., 2002. Behavior of juveniles of the Japanese endemic species *Cambaroides japonicus* (Decapoda: Astacidea: Cambaridae) with observations on the position of the spermatophore attachment on the adult females. Journal of Crustacean Biology, 22 (3), 532-537.
- Köksal, G., 1988. *Astacus leptodactylus* in Europe, In: Holdich, D. M., Lowery, R. S., (eds), Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation. Croom Helm, London, pp. 365-400.

- Kovačeva, N., 1998. Reprodukce raka bahenního (*Astacus leptodactylus* Esch.) v řízených podmínkách v Bulharsku. Bull. VÚRH JU Bosňany, 30 (3), 103-108.
- Kozák, P., Buřič, M., Polícar, T., 2004b. Studium plodnosti raka pruhovaného (*Orconectes limosus*). Ve: Spurný, P., (eds), 55 let výuky rybářské specializace na MZLU v Brně. Sborník referátů z konference, Brno, pp. 301 - 308.
- Kozák, P., Buřič, M., Polícar, T., 2005. The fecundity and juveniles production in spiny - cheek crayfish (*Orconectes limosus*). In: „European crayfish as heritage species-Viking research and management strategies to conservation and socio-economics.“ Craynet - Final Conference, Firenze, Italy, May 2-5, 2005, 27-28.
- Kozák, P., Buřič, M., Polícar, T., Hamáčková, J., Lepičová, A., 2006: The effect of inter- and intra-specific competition on survival and growth rate of native juvenile noble crayfish *Astacus astacus* and alien spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus*. Hydrobiologia. - in press.
- Kozák, P., Ďuriš, Z., Polícar, T., 2002. The stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Schrank) in the Czech Republic. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 367. 1-7.
- Kozák, P., Pokorný, J., Polícar, T., Kouřil, J., 1998. Základní morfologické znaky k rozlišení raků v ČR. VÚRH JU, Vodňany, edice Metodik, č. 56, 14 p.
- Kozák, P., Polícar, T., 2006. Annual course of gonad development in *Orconectes limosus*. Freshwater Crayfish 15, 126-129.
- Kozák, P., Polícar, T., Ďuriš, Z., 2004a. Migration ability of *Orconectes limosus* through a fishpass and notes on its occurrence in the Czech Republic. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 372-373, 367-373.
- Kozubíková, E., Petrusek, A., Ďuriš, Z., Kozák, P., Geiger, S., Hoffmann, R., Oidtmann, B., 2006. The crayfish plague in the Czech Republic – review of recent suspect cases and a pilot detection study., Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 380-381, 1313-1312.
- Krupauer, V., 1981. Raci. ČRS, Pardubice, 67 s.
- Lahti, E., Lindqvist, O. V., 1983. On the reproductive cycle of the crayfish *Astacus astacus* L. in Finland. Freshwater Crayfish, 5, 18 - 26.
- Lewis, S. D., 2002. *Pacifastacus*. In: Holdich, D. M., (eds), Biology of Freshwater Crayfish. Blackwell Science Ltd., London, pp. 511-540.

- Lewis, S. D., Horton, H. F., 1997. Life history and population dynamics of signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus*, in Lake Billy Chinook, Oregon. *Freshwater Crayfish* 11. 34-53.
- Lohniský, K., 1984. Rozšíření raků ve východních Čechách a jeho změny v posledních desetiletích. *Zpravodaj Krajského muzea východních Čech*, 2, 5-28.
- Lowery, R. S., Holdich, D. M., 1988. *Pacifastacus leniusculus* in North America and Europe, with details of the distribution of introduced and native crayfish species in Europe. In: Holdich, D. M., (eds), *Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation*. Croom Helm, London, pp. 283 – 308.
- Mackevicienė, G., 1999. A comparative study of physiological and biochemical indices of native European and alien species of crayfish in Lithuania. *Freshwater Crayfish*, 12, 205 - 220.
- Maguire, I., Erben, R., Klobučar, G. I. V., Lajtner, J., 2002. Year cycle of *Austropotamobius torrentium* (Schrank) in streams on Medvednica Mountain (Croatia). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* (367), 943-957.
- Maguire, I., Klobučar, G. I. V., Erben, R., 2005. The relationship between female size and egg size in the freshwater crayfish *Austropotamobius torrentium*. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 376-377 (1-2), 777-785.
- Mason, J. C., 1970. Maternal-Offspring Behavior of the Crayfish, *Pacifastacus trowbridgi* (Stimpson). *American Midland Naturalist*. 84, 463-473.
- Mason, J. C., 1975. Crayfish production in a small woodland stream. *Freshwater Crayfish* 2, 449 – 479.
- McGriff, D., 1983. Growth, maturity, and fecundity of the crayfish, *Pacifastacus leniusculus*, from the Sacramento-San Joaquin Delta. *California Fish and Game*, 69, 227 – 242.
- Muck, J. A., Rabeni, Ch. F., DiStefano, R. J., 2002. Life-history characteristics of the crayfish *Orconectes ozarkae* in a Missouri Ozark stream. *Freshwater Crayfish*, 13. 359-370.
- Munkhammar, T., Gydemo, R., Westin, L., Ackefors, H., 1989. Survival of noble crayfish, *Astacus astacus* L., larvae alone and in the presence of females. In: DePauw, N., Jaspers, E., Ackefors, H., Wilkins, N., (eds), *Aquaculture - a biotechnology in progress*. European Aquaculture Society, Bredene, Belgium, pp. 409 - 414.

- Nakata, K., Tanaka, A., Goshima, S., 2004. Reproduction of the Alien Crayfish Species *Pacifastacus leniusculus* in Lake Shikaribetsu, Hokkaido, Japan. *Journal of Crustacean Biology*, 24(3), 496 - 501.
- Noro, C. K., Buckup, L., Bond-Buckup, G., 2005. The juvenile stages of *Parastacus brasiliensis* (Von Martens, 1869) (Crustacea, Decapoda, Parastacidae). *Journal of Natural History*, 39, 1851-1873.
- Payne, J. F., 1997. Adaptive success within the cambarid live cycle. *Freshwater crayfish*, 11. 1- 12.
- Pérez, J. R., Carral, J. M., Celada, J. D., Sáez- Rozjela, M., Muñoz, C., Antolín, J. I., 1999. The possibilities for artificial incubation of white-clawed crayfish (*Austropotamobius pallipes* Lereboullet) eggs. Comparison between maternal and artificial incubation. *Aquaculture*, 170, 29 - 35.
- Pérez, J. R., Carral, J. M., Celada, J.D., Sáez-Royuela, M., Romeo, M. P., 1998. Effects of stripping time on the success of the artificial incubation of white-clawed crayfish, *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet), eggs. *Aquaculture Research*, 29, 389-395.
- Pérez, J. R., Celada, J.D., González, J., Carral, J.M., Sáez-Royuela, M., Fernández, R., 2003. Duration of egg storage at different temperatures in the astacid crayfish *Pacifastacus leniusculus*: critical embryonic phase. *Aquaculture*, 219, 347-354.
- Pursiainen, M., Saarela, M., Westman, K., 1987. Moulting and growth of the noble crayfish *Astacus astacus* in an oligotrophic lake. *Freshwater Crayfish*, 7, 155-164.
- Pursiainen, M., Saarela, M., Westman, K., 1988. The reproductivity of female noble crayfish *Astacus astacus* in a northern oligotrophic lake. *Freshwater Crayfish*. 7, 99-105.
- Petrusek, A., Filipová, L., Ďuriš, Z., Horká, I., Kozák, P., Policar, T., Štambergová, M., 2006. Distribution of the invasive spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) in the Czech Republic: history and present. *Bulletin Francais de la Pêche et de la Pisciculture*. 380-381, 903-918.
- Policar, T., Kozák, P., 2000. Výskyt raků v ČR. *Bulletin VÚRH Vodňany, Biologie, ochrana a chov raků* 36, 18-22.
- Policar, T., Kozák, P., 2005. Monitoring výskytu severoamerického raka signálního (*Pacifastacus leniusculus* D.) na vybraných lokalitách ČR. Nepublikovaná zpráva, ZO ČSOP 18/01 DECAPODA Protivín.

- Policar, T., Simon, V., Kozák, P., 2004. Egg incubation in the noble crayfish (*Astacus astacus* L.): the effect of controlled laboratory and outdoor ambient condition on hatching success, growth and survival rate of juveniles. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 372-373, 411-423.
- Pöckl, M., 1999. Distribution of crayfish species in Austria with special reference to introduced species. *Freshwater Crayfish* 12, 733 – 750.
- Price, J. O., Payne, J. F. 1984. Postembryonic to adult growth and development in the crayfish *Orconectes neglectus chaenodactylus* Williams, 1952 (Decapoda, Astacidea). *Crustaceana*, 46, 176–194.
- Reynolds, J. D., 2002. Growth and reproduction. In: Holdich, D. M., (eds), *Biology of Freshwater Crayfish*. Blackwell Science Ltd., London, pp. 152-191.
- Reynolds, J. D., Celada, J. D., Carral, J. M., Matthews, M. A., 1992. Reproduction of astacid crayfish in captivity - current developments and implications for culture, with special reference to Ireland and Spain. *Invertebrate Reproduction and Development*, 22, 253-266.
- Sandeman, R., Sandeman, D., 1991. Stages in the development of the embryo of the freshwater crayfish *Cherax destructor*. *Roux's Archives of Developmental Biology*, 200, 27–37.
- Savolainen, R., Westman, K., Pursiainen, M., 1996. Fecundity of Finnish noble crayfish, *Astacus astacus* L., and signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus*, in various natural habitats and in culture. *Freshwater Crayfish* 11. 319 – 338.
- Scholtz, G., 2002. Phylogeny and Evolution. In: Holdich, D. M., (eds), *Biology of Freshwater Crayfish*. Blackwell Science Ltd, Oxford, pp. 30-52.
- Scholtz, G., Kawai, T., 2002. Aspects of embryonic and postembryonic development of the Japanese freshwater crayfish *Cambaroides japonicus* (Crustacea, Decapoda) including a hypothesis on the evolution of maternal care in the Astacida. *Acta Zoologica*, 83, 203–212.
- Seitz, R., Vilpoux, K., Hopp, U., Harzsch, S., Maier, G., 2005. Ontogeny of the Marmorcrebs (marbled crayfish): a parthenogenetic crayfish with unknown origin and phylogenetic position. *Journal of Experimental Zoology*, 303A, 393-405.
- Shimizu, S. J., Goldman, C. R., 1983. *Pacifastacus leniusculus* (Dana) production in the Sacramento River. *Freshwater Crayfish*, 5, 210 – 228.

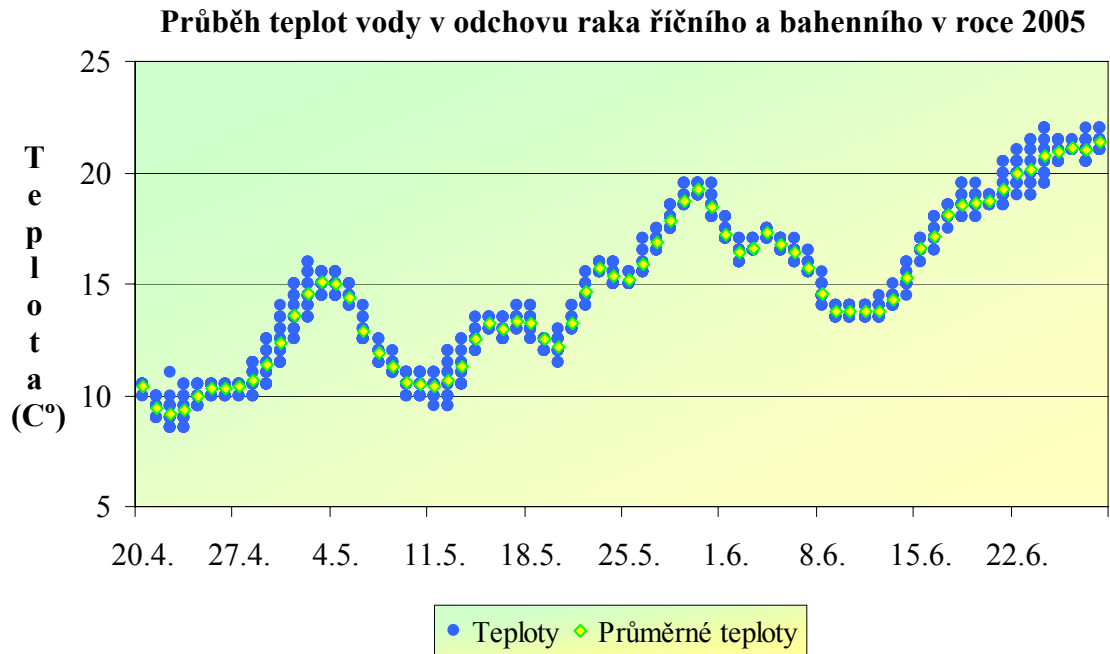
- Skurdal, J. a Qvenild, T., 1986: Growth, maturity and fecundity of *Astacus astacus* in Lake Steinsfjorden, SE Norway. *Freshwater Crayfish*, 6: 182 - 186.
- Skurdal, J., Qvenild, T., Taugbøl, T., Garnas, E., 1993. Long term study of exploitation, yield and stock structure of noble crayfish *Astacus astacus* in Lake Steinsfjorden. *Freshwater Crayfish*, 9, 118 - 33.
- Skurdal, J., Taugbøl, T., 2002. *Astacus*. In: Holdich D. M., (eds), *Biology of Freshwater Crayfish*. Blackwell Science Ltd., Oxford, pp. 467-510.
- Skurdal, J., Taugbøl, T., 1994. Do we need harvest regulations for European crayfish? *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 4, 461 - 485.
- Söderbäck, B., 1995. Replacement of the native crayfish *Astacus astacus* by the introduced species *Pacifastacus leniusculus* in a Swedish lake: possible cause and mechanisms. *Freshwater Biology*, 33. 291-304.
- Sook Ko, H., Kawai, T., 2001. Postembryonic development of the Korean crayfish *Cambaroides similis* (Decapoda, Cambaridae) reared in the Laboratory. *Korean Journal of Systematic Zoology* 17, 35–47.
- Souty-Grosset, C., Holdich, D. M., Noël, P. Y., Reynolds, J. D., Haffner, P., 2006. *Atlas of Crayfish in Europe*. Muséum national d' Histoire naturelle, Paris, 187. ISBN 978-2856535790.
- Stephens, G. J., 1952. Mechanisms regulating the reproductive cycle in the crayfish *Cambarus*. 1. The female cycle. *Physiological Zoology*, 25, 70 – 83.
- Streissl, F., Hodl, W., 2002. Growth, morphometrics, size at maturity, sexual dimorphism and condition index of *Austropotamobius torrentium* Schrank. *Hydrobiologia*, 477 (1-3), 201-208.
- Stucki, T. P., 1999. Life cycle and life history of *Astacus leptodactylus* in Chatzensee Pond (Zürich) and Lake Ägeri, Switzerland. *Freshwater Crayfish*, 12, 430-48.
- Stucki, T. P., 2001. Will *Astacus leptodactylus* displace *Astacus astacus* and *Austropotamobius torrentium* in Lake Ägeri, Switzerland? *Aquatic Sciences*, 63, 477–489.
- Stucki, T. P., 2002. Differences in live history of native and introduced crayfish species in Switzerland. *Freshwater crayfish* 13. 463-476.
- Stypińska, M., 1973. The fecundity of three types of crayfish inhabiting Polish waters. *Rocz. Nauk Rol.*95 (1). 147-156.

- Taugbøl, T., Skurdal, J., 1990a. Effect of density on brood size in noble crayfish, *Astacus astacus* L., subjected to indoor rearing conditions. *Aquaculture and Fisheries Management*, 21, 17-23.
- Taugbøl, T., Skurdal, J., 1990b. Reproduction, moulting and mortality of female noble crayfish, *Astacus astacus* (L., 1858), from five Norwegian population subjected to indoor culture conditions (Decapoda, Astacoidea). *Crustaceana*, 58, 113-123.
- Taugbøl, T., Skurdal, J., Fjeld, E., 1987. Maturity and fecundity of *Astacus astacus* females in Norway. *Freshwater Crayfish*, 7, 107 - 114.
- Vasileva, P., Zaikov, A., Hubenova, T., 2006. Investigation on fecundity and eggs size in cultured and natural crayfish population of *Astacus leptodactylus* Esch. in Bulgaria. *Bulgarian Journal of Agricultural Sciences*, 12, 208-217.
- Villanelli, F., Gherardi, F., 1998. Breeding in the crayfish, *Austropotamobius pallipes*: mating patterns, mate choice and intermale competition. *Freshwater Biology*, 40, 305-315.
- Vogt, G., 2002: Functional Anatomy. In: Holdich, D. M., (eds), *Biology of Freshwater Crayfish*. Blackwell Science Ltd., London, pp. 53 - 151.
- Vogt, G., Tolley, L., 2004. Brood Care in Freshwater crayfish and Relationship With the Offspring's Sensory Deficiencies. *Journal of Morphology*, 262, 566-582.
- Vorburger, C., Ribi, G., 1999. Aggression and competition for shelter between a native and an introduced crayfish in Europe. *Freshwater Biology*, 42, 111-119.
- Vozgirdaitė, L., 1998. Fecundity of Lithuanian crayfish *Astacus astacus* and *Orconectes limosus* in various natural habitats. In: Taugbøl, T. (eds), *Nordic-Baltic Workshop on Freshwater Crayfish Research and Management*, pp. 189 - 190.
- Westin, L., Gydemo, R., 1986. Influence of light and temperature on reproduction and moulting frequency in the crayfish, *Astacus astacus*. *Aquaculture*, 52, 43 - 50.
- Westman, K., 2000. Comparison of the crayfish *Pacifastacus leniusculus* Dana, a species introduced into Finland, with the native species, *Astacus astacus* L., in allopatry and sympatry. Academic dissertation, Faculty of Agriculture and Forestry of the University of Helsinki, Helsinki, 233s.
- Westman, K., Savolainen, R., 1995. The development of a signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* (Dana) population in a small forest lake in central Finland. *Freshwater crayfish* 10, 200 – 208.

- Westman, K., Savolainen, R., Julkunen, M., 2002. Replacement of the native crayfish *Astacus astacus* by the introduced species *Pacifastacus leniusculus* in a small, enclosed Finnish lake: a 30-year study. *Ecography*, 25, 53-73.
- Westman, K., Savolainen, R., Pursiainen, M., 1993. A comparative study on the reproduction of the noble crayfish, *Astacus astacus* (L), and the signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana), in a small forest lake in southern Finland. *Freshwater crayfish* 9, 466 – 476.
- Wetzel, J. E., 2002. Form alternation of adult female crayfishes of the genus *Orconectes* (Decapoda: Cambaridae). *The American Midland Naturalist*, 147, 326-337.
- Wetzel, J. E., Poly, J. W., Fetzner Jr., J. W., 2005. *Orconectes pardalotus*, a new species of crayfish (Decapoda: Cambaridae) from the lower Ohio River with notes on its life history. *Aqua: Journal of Ichthyology and Aquatic Biology*, 10 (2), 57-72.
- Woodlock, B., Reynolds J. D., 1988. Laboratory breeding studies of freshwater crayfish *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet). *Freshwater Biology*, 19, 71-78.
- Zehnder, H., 1934. Über die Embryonalentwicklung des Flusskrebsses. *Acta Zoologica*, 15: 261 - 408.

8. Přílohy

Příloha 1.



Příloha 2.



Příloha 3. Výjimka ministerstva životního prostředí

č. j. 19/N1/2004

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Vršovická 65, 100 10 Praha 10

Tel.: 267 121 111, Fax: 267 311 096

22. 4. 2004

Dle rozdělovníku

Č.j.: MŽP/31785/03-620/6215/03-V1284

Praha, dne 16. 4. 2004

**Věc: Výjimka podle zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny,
ze základních podmínek ochrany zvláště chráněných živočichů**

Ministerstvo životního prostředí (dále jen „MŽP“) jako ústřední orgán státní správy ochrany přírody v ČR podle ustanovení § 79 odst. 1 zákona ČNR č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění, (dále jen „zákon“), příslušné dle § 79 odst. 3 písm. f) zákona, posoudilo žádost Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického ve Vodňanech, se sídlem Zátíší 428/II, 389 25 Vodňany, a po zvážení všech okolností vydává toto

ROZHODNUTÍ

Výjimka ve smyslu ustanovení § 56 odst. 1 zákona ze zákazů dle § 50 odst. 2 zákona ze základních podmínek ochrany zvláště chráněných živočichů, zařazených dle vyhl. 395/1992 Sb. přílohy III, do kategorie kriticky ohrožených druhů – raka říčního (*Astacus fluviatilis*) a raka kamenáče (*Astacus torrentium*), ze zásahu do jejich přirozeného vývoje rušením, odchytom a chovem v zajetí, v souvislosti s výzkumem těchto druhů, o niž požádala Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický ve Vodňanech, v rozsahu dále uvedeném se žadateli

u d ě l u j e

za těchto podmínek:

1. Výjimka se uděluje pro následující pracovníky VÚRH JU oddělení akvakultury a hydrobiologie:

Ing. Pavel Kozák, Ph. D.

Ing. Tomáš Polícar

Doc. RNDr. Zdeněk Adámek, CSc.

Ing. Jan Kouřil, Ph. D.

Ing. Jitka Hamáčková

2. Veškeré aktivity týkající se výzkumu raků (mapování, výběr lokalit pro odchyt materiálu pro výzkum biologie a množství odchycených raků; výběr lokalit určených k vysazení raků) budou předem konzultovány a prováděny ve spolupráci a koordinaci s územně příslušným orgánem ochrany přírody a územně příslušným pracovištěm Agentury ochrany přírody a krajiny ČR (dále jen „AOPK“).
3. V případě plánovaného vysazování raků žadatel zaručí, aby na konkrétní lokalitu byli použiti výhradně jedinci druhu rak říční (*Astacus astacus* (L.), syn. *Astacus fluviatilis* (Fabr.)). Populace raků říčních bude na dané lokalitě monitorována a na základě získaných výsledků bude vyhodnocena repatriace s přihlédnutím k možnému ovlivnění populace původní.
4. Žadatelem bude vedena řádná dokumentace o získaných a vypuštěných jedincích (kvantitativně), o konkrétním místě vypuštění, aktuálních podmínkách, a každoročně bude předkládána podrobná zpráva o výsledcích mapování a dalším výzkumu MŽP a AOPK – ústřednímu pracovišti v Praze a středisku České Budějovice.
5. Povoluje se chov raka říčního a raka kamenáče za účelem výzkumu. Reinrodukce a repatriace odchovaných jedinců budou prováděny pouze po konzultaci s místně příslušným orgánem ochrany přírody a AOPK a budou respektovány jejich připomínky a doporučení.
6. Žadatel bude průběžně sledovat zdravotní stav raků a kvalitu prostředí, v němž se vyskytují.
7. Při manipulaci s raky bude postupováno co nejšetrnějším způsobem, aby nedocházelo k jejich poškození či úhynu, a při práci v terénu budou v maximální možné míře šetřeny přírodní složky dotčené lokality.
8. Výjimka platí do 31.12.2010 s možností dalšího prodloužení.

ODŮVODNĚNÍ

Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický Jihočeské univerzity se sídlem ve Vodňanech požádal Ministerstvo životního prostředí o udělení výjimky ze základních podmínek ochrany zvláště chráněných kriticky ohrožených druhů živočichů – raka říčního (*Astacus fluviatilis*) a raka kamenáče (*Astacus torrentium*), ze zásahu do jejich přirozeného vývoje, zejména rušením, odchytom a chovem v zajetí, v souvislosti s výzkumem uvedených druhů. Jedná se o prodloužení výjimky udělené rozhodnutím MŽP č.j. OOP/6243/98-V470 ze dne 8. 1. 1999.

Pracovníci VÚRH JU Vodňany řešili a v současné době řeší řadu projektů týkajících se výzkumu raků. Zabývají se monitoringem raků na našem území, reintrodukcí raků a jejich chovem. Při těchto činnostech spolupracují s orgány ochrany přírody a ostatními výzkumnými ústavami a univerzitami u nás i v zahraničí. Pravidelně

se aktivně zúčastňují mezinárodních astakologických konferencí. Ing. Pavel Kozák, Ph. D. je členem Mezinárodní asociace astakologů a působí jako zpravodaj pro ČR za oblast raků v evropském projektu „Craynet“. Spolu s Ing. Tomášem Policarem jsou členy ZO ČSOP Decapoda, kde se zabývají aktivní ochranou raků a mají zastoupení v Poradním sboru specializovaného programu „Rak“ při ČSOP.

Zahájení správního řízení bylo oznámeno účastníku řízení Městu Vodňany a občanským sdružením. V zákonem stanovené lhůtě žádné občanské sdružení neoznámilo svoji účast ve správním řízení.

Dále správní orgán požádal o odborné stanovisko AOPK Praha a středisko České Budějovice. AOPK s udělením výjimky souhlasí a ve svém stanovisku navrhla podmínky, které byly zohledněny při formulaci podmínek tohoto rozhodnutí. AOPK je řešitelem grantového úkolu VaV/620/01/03 (Výzkum, ekologie a rozšíření, návrh managementu populací a záchranných programů zvláště chráněných druhů živočichů) a předpokládá ve spolupráci s dalšími odbornými institucemi zmapování současného rozšíření populací raků a zhodnocení jejich aktuálního stavu a trendů početnosti. Na základě zjištěných výsledků mapování bude možné posoudit nezbytnost umělého či polopřirozeného posilování stávajících populací.

V rámci správního řízení o udělení výjimky podle § 56 odst. 1 zákona bylo rozhodováno o zásahu do biotopu zvláště chráněných kriticky ohrožených druhů raků a dotčení jejich ochranných podmínek stanovených v § 50 odst. 1 a 2 zákona. Správní orgán ve svém rozhodnutí stanovil takové podmínky, které vycházejí z povinnosti šetřit všechny přírodní složky dotčených území a neohrozit stabilitu přirozené populace druhů v přírodě. S ohledem na uvedené skutečnosti, a na dosavadní výsledky činnosti žadatele, došel správní orgán k závěru, že realizace daného záměru, je v tomto případě a za předpokladu dodržení stanovených podmínek, veřejným zájmem výrazně převyšujícím zájmy chráněné zákonem.

Z uvedených důvodů bylo rozhodnuto tak, jak je uvedeno ve výroku rozhodnutí. Nedodržení výše uvedených podmínek může být důvodem ke zrušení výjimky podle § 84 odst. 1 písm. c) zákona.

POUČENÍ O ROZKLADU

Proti tomuto rozhodnutí lze podat do 15 dnů od jeho doručení rozklad podle § 61 zákona č. 71/1967 Sb., o správním řízení, a to u Ministerstva životního prostředí, Vršovická 65, Praha 10.



62/1
RNDr. Alena Vopálková
ředitelka odboru
zvláště chráněných částí přírody

Rozdělovník:

Na doručenkou obdrží účastníci řízení:

1. Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický JĚU, Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany
2. Město Vodňany, Nám. Svobody 18/I, 389 16 Vodňany

Originál po nabytí právní moci:

1. Ústřední seznam ochrany přírody při AOPK ČR Praha

Na vědomí po nabytí právní moci:

1. AOPK ČR – Kališnická 4 – 6, 130 23 Praha 3
2. AOPK ČR - středisko České Budějovice, nám. Přemysla Otakara II, 370 01
3. ČIŽP OOP – ředitelství, Na břehu 267, 190 00 Praha 9
4. ČIŽP OI České Budějovice, Dr. Stejskala 6, 370 21 České Budějovice
5. MŽP-OVSS II, Mánesova 3, 370 01 České Budějovice