

Ekologija, morfometrija, polni dimorfizam i indeksi kondicije riječnog raka *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758) iz rijeke Oskove

Rajko Roljić, Isat Skenderović, Avdul Adrović, Elvira Hadžiahmetović Jurida, Alen Bajrić

SAŽETAK: Istraživanje je obuhvatilo uzorak od 13 rakova vrste *Astacus astacus* (7 mužjaka i 6 ženki). Rakovi su uzorkovani pomoću LiNi vrša tokom 2016. Analizirane su sljedeće morfometrijske karakteristike: totalna dužina tijela (TBL), težina (W), dužina kliješta (CLL), dužina dlana kliješta (CPL), dužina prsta kliješta (CFL), širina kliješta (CLW), debljina kliješta (CLH), dužina karapaksa (CPL), dužina rostruma (ROL), širina rostruma (ROW), dužina i širina glave (HEL, HEW), širina glave na vrhu (CGW), širina karapaksa (CPW), debljina karapaksa (CPH), dužina prsa (ARL), širina brazde (ARW), širina karapaksa na zadnjem rubu (CEW), dužina i širina abdomena (ABL, ABW), dužina i širina telzona (TEL, TEW). Prosječna dužina tijela iznosila je 88.27 mm (\pm SD 22.52; min. 69.50 mm; max. 132.60) kod mužjaka i 81.91 mm (\pm SD 16.33; min. 62.50 mm; max. 97.16 mm) kod ženki. Prosječna zabilježena tjelesna težina iznosila je 24.39 g (\pm SD 15.82; min. 12.20 g; max. 54.60 g) kod mužjaka i 17.97 g (\pm SD 10.04; min. 8.00 g; max. 28.20 g) kod ženki. Primjenom linearne regresije utvrđena je pozitivna korelacija između dužine i težine tijela (δ $R^2=0.9292$; δ $R^2=0.9288$), tjelesne težine i dužine kliješta (δ $R^2=0.9193$; δ $R^2=0.6946$), kao i širine karapaksa i dužine tijela (δ $R^2=0.8496$; δ $R^2=0.8939$). Primjenom Mann-Whitney U testa nije utvrđena statistički značajna razlika analiziranih morfometrijskih parametara između spolova. Izračunate vrijednosti za Fultonov kondicijski faktor i Konstantu dekapodnog raka ukazuju da su mužjaci u boljem kondicionom stanju, što je u skladu a rezultatima dosadašnjih istraživanja u Evropi. Podaci prikazani u ovom radu mogu poslužiti kao osnova za daljnja istraživanja vrste *A. astacus* na ovom području.

Ključne riječi: *Astacus astacus*, rakovi, mužjaci, ženke, morfometrijske karakteristike

Ecology, Morphometrics, Sexual Dimorphism and Condition Index of Noble Crayfish *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758) from the Oskova River

ABSTRACT: The research encompassed the sample of 13 crayfish specimens of *Astacus astacus* species (7 males and 6 females). Crayfishes were sampled using LiNi traps during 2016. The following morphometric characteristics were analyzed: total body length (TBL), weight (W), claw length (CLL), length of the claw palm (CPL), length of the claw finger (CFL), claw width (CLW), claw height (CLH), carapace length (CPL), , rostrum length (ROL), rostrum width (ROW), head length (HEL), head width (HEW), width at the cervical groove (CGW), carapace width (CPW), carapace height (CPH), areolar length (ARL), areolar width (ARW), width of the carapace at the hind edges (CEW), abdomen length (ABL), abdomen width (ABW, at the second abdominal segment) and abdomen height ABH, at the second abdominal segment), and telson length and width (TEL, TEW). The mean body length was 88.27 mm (\pm SD 22.52; min. 69.50 mm; max. 132.60) in males and 81.91 mm (\pm SD 16.33; min. 62.50 mm; max. 97.16 mm) in females. The mean recorded body weight was 24.39 g (\pm SD 15.82; min. 12.20 g; max. 54.60 g) in males and 17.97 g (\pm SD 10.04; min. 8.00 g; max. 28.20 g) in females. Using the linear regression method, a positive correlation was found between body length and weight (δ $R^2=0.9292$; δ $R^2=0.9288$), body weight and claws length (δ $R^2=0.9193$; δ $R^2=0.6946$), as well as carapace width and body length (δ $R^2=0.8496$; δ $R^2=0.8939$). According to Mann-Whitney U test there is insignificant statistical difference in examined morphometric characters between sexes. The calculated values for Fulton's condition factor and the Crayfish constant indicate that the males are in better fitness, which is in line with the results of previous research in Europe. Data presented in this paper can serve as a basis for further research of *Astacus astacus* in this area.

Keywords: *Astacus astacus*, crayfish, males, females, morphometric characteristics

UVOD

Prvo pominjanje rakova u naučnim istraživanjima na prostoru Bosne i Hercegovine nalazi se u radovima Entz (1914), Karman (1929), Karaman (1961, 1962, 1963); Albrecht (1982). Od tog vremena rakovi su predmet zooloških istraživanja i često su korišteni u

brojnim ekološkim studijama. Oni su najveći pokretni, slatkovodni beskičmenjaci (Holdrich, 2002) i indikatori su kvaliteta vode (Richardson, 2012; Žujo Zekić i Boškailo, 2013). Poznati su kao značajna komponenta biodiverziteta u potocima, rijekama, jezerima, sa važnom ekološkom ulogom u pravilnom funkcionisanju slatkovodnih ekosistema (Holdrich, 2002) i ključnom

uologom u lancima ishrane (Nyström, Brönmark i Granéli, 1996).

Zahvaljujući velikoj fenotipskoj plastičnosti vrsta koja je predmet ovog istraživanja, *A. astacus* odlikuje se velikom gustinom populacija, značajnom geografskom varijacijom u ishrani i reproduktivnoj biologiji (Holdrich, 2002; Skurdal i Taugbøl, 2002) što je čini veoma pogodnom za morfološka, a istovremeno i populaciono-ekološka istraživanja.

Oskudni su podaci o vrijednostima morfometrijskih karaktera, ali o ekologiji i zoogeografiji riječnog raka *A. astacus* sa mnogih područja u okviru njihovog areala. U pitanju je široko rasprostranjena evropska vrsta (Holdrich, 2002) i može se naći u cijeloj Evropi, od Rusije i Ukrajine na istoku, do Ujedinjenog Kraljevstva i Francuske na zapadu, od Finske, Švedske i Norveške na sjeveru do Grčke na jugu (Edsman, Füreder, Gherardi i Souty-Grosset, 2010).

Riječni rak pojavljuje se u rijekama i jezerima sa muljevitim ili šljunkovitim dnom, a uz obalu obraslu vodenom vegetacijom traži sklonište ili kopa rupe. Kao i većina naših Astacidae noćularna je vrsta. Riječni rak prisutan je na području Bosne i Hercegovine (Trožić-Borovac, 2011), kao i u državama u okruženju, Srbija (Simić, Petrović, Rajković i Paunović, 2008), Hrvatska (Maguire i Gottstein-Matočec, 2004), Crna Gora (Rajković, 2012), Kosovo i Metohija (Živić, Atanacković, Milošević i Milosavljević, 2014), Slovenija (Machino, 1997), Mađarska (Puky, Reynolds i Schád, 2005).

Vrsta *A. astacus* nekada je bila vrlo rasprostranjena na Balkanskom poluostrvu i Evropi (Kouba, Petrussek i Kozák, 2014), a danas je sve više ugrožena zbog širenja alohtonih invazivnih američkih vrsta rakova koji sa sobom nose bolest račiju kugu, na koju su sami otporni, ali zato evropske vrste uključujući i vrstu *A. astacus* od nje ugibaju (Maguire, Klobučar, Žganec, Jelić, Lucić i Hudina, 2018). Također, zagađenje vode, regulisanje vodotoka i uklanjanje vegetacije uz obalu, kao i posljedice ekstremnih suša, snažno utječu na raznovrsnost i rasprostranjenost populacija *A. astacus*. Uvidom u historijske i najnovije podatke, Edsman, Füreder, Gherardi i Souty-Grosset (2010) utvrdili su da je riječni rak i u prošlosti i u današnje vrijeme pretrpio značajne padove za 50-70%.

Podaci o datoj vrsti su od velikog značaja i neophodni su za određivanje stanja populacija i budućih mjera zaštite imajući u vidu da se riječni rak nalazi na Crvenoj listi ugroženih vrsta Međunarodne unije za očuvanje prirode te je klasifikovan kao „ranjiva vrsta“ sa trendom smanjenja broja populacija i subpopulacija i smanjenja areala rasprostranjenja. Zaštićena je i Bernskom konvencijom, Prilog III (Konvencija o očuvanju evropske divlje flore i faune i prirodnih staništa), Evropskom direktivom o staništima (Habitat Direktiva), Prilog V, i Direktivom 92/43/EEC Savjeta Evropske unije o očuvanju prirodnih staništa i divlje flore i faune.

MATERIJAL I METODE

Istraživanja na terenu vršena su tokom 2016. godine. Za sakupljanje rakova korištene su LiNi vrše s mamcem i mrežice (Westman i sar., 1978). Svi rakovi lovljeni su noću, u periodu od 20:00 sati navečer do 08:00 sati ujutro. Za determinaciju jedinki korišten je ilustrovani ključ za identifikaciju slatkovodnih rakova iz

porodice Astacidae (Maguire, 2010). S ciljem upoznavanja osnovnih bioloških karakteristika raka izvršeno je: mjerenje totalne dužine tijela (TBL), dužine kliješta (CLL), dužine dlana kliješta (CPL), dužine prsta kliješta (CFL), širine kliješta (CLW), debljine kliješta (CLH), dužine karapaksa (CPL), širine karapaksa (CPW), debljine karapaksa (CPH), dužine rostruma (ROL), širine rostruma (ROW), dužine i širine glave (HEL, HEW), širine glave na vrhu (CGW), dužine prsa (ARL), širine brazde (ARW), širine karapaksa na zadnjem rubu (CEW), širine, dužine i debljine abdomena (ABW, ABL, ABH), dužine i širine telzona (TEL, TEW), a pored ovih parametara određena je vrijednost tjelesne težine (W).

Pored ovih parametara određene su vrijednosti dva indeksa kondicije rakova: Fultonov kondicioni faktor (Ricker, 1975) prema formuli:

$$FCF = W/TBL^3$$

Gdje je: FCF – Fultonov kondicioni faktor (g/mm^3), W – težina raka (g) i TBL – ukupna dužina jedinke (mm), i konstanta dekapodnog raka (Adegboye, 1981) prema formuli:

$$CC = W/(TBL \times CPL \times CPW)$$

Gdje je: CC – konstanta dekapodnog raka (g/mm^3), W – ukupna težina, TBL – ukupna dužina, CPL – dužina karapaksa i CPW – širina karapaksa.

Za određivanje morfometrijskih karakteristika korišten je šubler (marke Stainless Hardened) s preciznošću 0.02 mm, a za utvrđivanje mase tijela tehnička vaga tipa „Kern“ (Kern PFB Version 2.2) maksimalne težine 1200 g sa tačnošću 0.01 g. Izmjerene vrijednosti morfometrijskih karaktera su obrađene statistički (minimum, maksimum, srednja vrijednost, standardna devijacija) primjenom statističkog programa Microsoft Office Excel 2007, interpretirane i upoređene sa dostupnim podacima iz literature.

Na lokalitetu su sagledani opći abiotički faktori: izmjereni su određeni fizičko-hemijski parametri vode, utvrđene GPS koordinate i nadmorska visina. Pored toga analiziran je i sastav makrozoobentosa. Uzorkovanje je provedeno pomoću ručne Surberove bentosne mreže promjera okaca 350 μm i površine 34 cm x 33.5cm. Uzorci su konzervirani na terenu sa 70% etanolom, a izolacija je obavljena u laboratoriji pomoću binokularne lupe (Leica EZ4D). Svi prikupljeni organizmi su determinisani do najniže moguće sistematske kategorije uz primjenu odgovarajućeg ključa (Kerovec, 1986).

REZULTATI

Prema Uredbi o klasifikaciji vodotoka (Službeni list SR BiH br. 19/80) moguće je izvršiti poređenje četiri od ukupnog broja određivanih parametara: pH vrijednost koja bila je u skladu sa I klasom vodotoka (pH 6,8-5,8), suspendovane materije u skladu sa I klasom vodotoka (SS=10 mg/l), HPK uzorak je van klasifikacije (HPK=20mgO₂/l), dok BPK₅ ispitivani vodotok svrstava u II klasu kvaliteta (BPK₅=4 mgO₂/l).

Ostali parametri kvaliteta vodotoka koji su mjereni i/ili određivani u ispitivanom vodotoku nisu predmet navoda u Uredbi te time ne postoje granične vrijednosti za njih.

Kada je u pitanju kategorizacija vodotoka prema Odluci o karakterizaciji površinskih i podzemnih voda, referentnim uslovima i parametrima za ocjenu stanja voda i monitoringu voda (Službene novine FBiH br: 1/14), ispitivani vodotok spada u TIP 7 zbog površine sliva, dominantne krupne frakcije dna, te nadmorske visine na kojoj se prostire vodotok.

Kada je u pitanju ocjena kvaliteta vode, moguće je poređenje sljedećih parametara:

- pH vrijednost visok kvalitet (pH = 7,0-8,6),
 rastvoreni kiseonik visok kvalitet (> 8,0 mgO₂/l),
 BPK₅ dobar kvalitet vode (BPK₅=1,5-5,0 mgO₂/l),
 HPK van kategorije (HPK >12 mgO₂/l)
 N-NH₄ umjereno dobar kvalitet (N-NH₄=0,2-0,8 mgN/l)
 N-NO₃ visok kvalitet vode (N-NO₃<1,5 mgN/l)
 P- PO₄ visok kvalitet vode (P-PO₄<0,05 mgP/l)

Jasno je vidljivo izdvajanje visoke koncentracije zagađujućih materija koje utječu na parametar HPK, čija vrijednost je na nivou otpadnih voda. Interesantno je da relativno visok sadržaj vrijednosti HPK ne prati visoka vrijednost parametra BPK₅, tako da dominantno zagađenje u vodotoku može predstavljati bionerazgradiva komponenta, ali i mogućnost da se određeni minerali relativno lahko otapaju u vodotoku.

Tabela 1. Rezultati fizikalno-hemijske analize vode rijeke Oskove

PARAMETAR	IZMJERENA VRIJEDNOST
pH vrijednost	8.17
pH vrijednost na terenu	8.44
Rastvoreni kiseonik mgO ₂ /l	9.67
Elektroprovodljivost μS/cm	270
Elektroprovodljivost μS/cm teren	283
Temperatura °C	21.60
Suspendovane materije mg/l	4
HPK mgO ₂ /l	126
BPK ₅ mgO ₂ /l	3.6
Amonijum jon, N-NH ₄ ⁺ mg/l	0.278
Nitrati, N-NO ₃ mg/l	0.601
Nitriti, N-NO ₂ mg/l	0.0015
Fosfati, P mg/l	0.0035
P-alkalitet (ml 0,1 N HCl /l)	2
M-alkalitet (ml 0,1 N HCl /l)	34
Kalcijum mg/l	65
Magnezijum mg/l	31.64
Ukupna tvrdoća °nj	9.34

Tokom proučavanja sastava makrozoobentosa rijeke Oskove prikupljeno je ukupno 67 taksona (1093 jedinice) iz deset taksonomsko-ekoloških grupa (Turbellaria, Gastropoda, Oligochaeta, Hirudinea, Ephemeroptera, Plecoptera, Odonata, Trichoptera, Diptera i Coleoptera). Od ukupnog broja taksona 34 taksona identifikovana su do nivoa vrste, 26 taksona identifikovano je do nivoa roda, a sedam taksona identifikovano je do nivoa familije. Lista identifikovanih taksona makrozoobentosa je prikazano u tabeli 2.

Tabela 2. Kvalitativno kvantitativni sastav makrozoobentosa gornjeg toka rijeke Oskove

TAKSON	Broj jedinki
TURBELLARIA	
<i>Dugesia gonocephala</i>	7
GASTROPODA	
<i>Ancylus fluviatilis</i>	31
<i>Lythoglyphus noticooides</i>	2
<i>Physa fontinalis</i>	7
<i>Viviparus viviparus</i>	2
OLIGOCHAETA	
Lumbricidae	1
Lumbriculidae	6
HIRUDINEA	
<i>Erpobdella octoculata</i>	4
<i>Haemopsis sanguisuga</i>	11
EPHEMEROPTERA	
<i>Baetis fluvistriga</i>	
<i>Baetis muticus</i>	4
<i>Baetis rhodani</i>	4
<i>Baetis scambus</i>	1
<i>Baetis sp.</i>	5
<i>Calopteryx virgo</i>	2
<i>Ecdyonurus sp.</i>	9
<i>Epeorus sp.</i>	5
<i>Ephemera sp.</i>	14
<i>Ephemerella ignita</i>	2
<i>Ephemerella major</i>	2
<i>Heptagenia sp.</i>	36
<i>Heptagenia sulphurea</i>	43
<i>Paraleptophlebia submarginata</i>	4
<i>Rhithrogena semicolorata</i>	10
<i>Rhithrogena sp.</i>	7
PLECOPTERA	
<i>Amphinemura sp.</i>	7
<i>Brachyptera sp.</i>	10
<i>Capnia sp.</i>	5
<i>Isoperla sp.</i>	3
<i>Leuctra hippopus</i>	8
<i>Leuctra nigra</i>	1
<i>Leuctra sp.</i>	7
<i>Nemoura cinerea</i>	5
<i>Nemoura sp.</i>	3
<i>Nemourella picteti</i>	7
<i>Perla burmeisteriana</i>	4
<i>Perla marginata</i>	24
<i>Perla sp.</i>	137
<i>Perlodes sp.</i>	4
<i>Protonemoura sp.</i>	17
<i>Taeniopteryx sp.</i>	2
ODONATA	
<i>Gomphus vulgatissimus</i>	50
TRICHOPTERA	
<i>Agapetus fuscipes</i>	11
<i>Athripsodes aterrimus</i>	1
<i>Goera pilosa</i>	5
<i>Hydropsyche angustipennis</i>	72
<i>Hydropsyche incognita</i>	5
<i>Hydropsyche pellicidula</i>	2
<i>Hydropsyche siltalai</i>	59
<i>Hydropsyche sp.</i>	31
<i>Limnephilus sp.</i>	21
<i>Odontocerum albicorne</i>	3
<i>Philopotamus sp.</i>	27
<i>Rhyacophila dorsalis</i>	2
<i>Rhyacophila fasciata</i>	1
<i>Rhyacophila sp.</i>	5
<i>Sericostoma sp.</i>	44
DIPTERA	
<i>Atherix sp.</i>	61

TAKSON	Broj jedinki
Chironomidae	25
Limoniidae	17
<i>Liponeura sp.</i>	97
Psychodidae	1
Simuliidae	57
Tipulidae	14
COLEOPTERA	
<i>Elmis sp.</i>	3
<i>Gyrinus sp.</i>	10
<i>Riolus sp.</i>	6
Ukupan broj jedinki	1093
Ukupan broj taksona	67

Od 13 analiziranih jedinki riječnog raka utvrđeno je da je 7 (ili 53.85%) muškog spola, a 6 (ili 46.15%) ženskog spola (odnos spolova je približno (1:1)). Ova vrijednost se ne razlikuje značajno od teorijske vrijednosti (1:1) ($\chi^2=0.077$; $p=0.781$).

Deskriptivna statistika je urađena za masu tijela i 22 morfometrijska karaktera, odvojeno za mužjake i za ženke. U tabeli 3 date su vrijednosti deskriptivne statistike analiziranih morfometrijskih karaktera, kao i rezultati Mann-Whitney U testa.

Tabela 3. Deskriptivna statistika osnovnih morfometrijskih parametara kod mužjaka i ženki riječnog raka *A. astacus* i rezultati Mann-Whitney U testa

Statistički parametar	Mužjaci (n=6)				Ženke (n=5)				Mann-Whitney U test
	Mean	Min	Max	SD	Mean	Min	Max	SD	
TBL	88.27	69.50	132.60	22.52	81.91	62.50	97.16	16.33	$p > 0.05$
W	24.39	12.20	54.60	15.82	17.97	8.00	28.20	10.04	$p > 0.05$
CLL	40.34	23.90	78.80	18.79	25.07	15.50	37.32	7.63	$p > 0.05$
CPL	15.20	8.73	30.10	7.49	9.56	6.30	11.70	2.21	$p > 0.05$
CFL	21.56	10.90	39.70	9.86	13.10	8.40	21.93	4.65	$p > 0.05$
CLW	16.57	12.20	24.90	4.92	11.19	5.90	14.95	3.79	$p > 0.05$
CLH	8.65	5.80	16.20	3.91	6.77	5.00	8.60	1.74	$p > 0.05$
CPL	50.54	37.00	83.80	15.79	42.36	31.80	56.70	9.97	$p > 0.05$
ROL	12.26	9.90	18.30	3.00	11.47	7.50	15.60	3.34	$p > 0.05$
ROW	8.00	6.10	14.20	2.82	6.76	5.70	8.70	1.14	$p > 0.05$
HEL	21.31	14.90	34.60	6.23	18.23	13.95	25.20	4.51	$p > 0.05$
HEW	15.86	11.63	23.00	3.77	13.28	10.20	16.70	2.85	$p > 0.05$
CGW	21.66	15.70	35.50	6.34	18.60	14.70	23.40	3.91	$p > 0.05$
CPW	25.49	19.30	45.02	8.78	21.66	16.61	27.90	4.97	$p > 0.05$
CPH	16.97	12.50	23.00	3.71	14.94	11.00	19.00	3.88	$p > 0.05$
ARL	15.79	11.40	30.40	6.59	13.34	10.20	17.40	2.97	$p > 0.05$
ARW	7.63	5.50	13.60	2.75	5.97	3.70	8.40	1.81	$p > 0.05$
CEW	17.44	13.80	29.30	5.47	16.51	13.20	20.00	3.02	$p > 0.05$
ABW	19.61	15.60	30.60	5.53	20.43	14.60	26.00	5.25	$p > 0.05$
ABH	12.21	8.70	19.00	3.45	12.36	10.00	17.35	2.92	$p > 0.05$
ABL	29.66	22.20	38.15	6.48	29.15	21.90	37.32	6.64	$p > 0.05$
TEL	9.34	6.80	13.70	2.47	10.22	6.50	14.00	2.98	$p > 0.05$
TEW	11.27	8.90	16.40	2.76	10.23	6.70	13.30	3.04	$p > 0.05$

Mušjaci riječnog raka iz rijeke Oskove imaju veće srednje i maksimalne vrijednosti za većinu analiziranih morfometrijskih karaktera, izuzev širine i debljine prve abdominalne pleure i dužine telzona koje imaju veće srednje vrijednosti kod ženki. Analizom Mann-Whitney U testa nisu potvrđene statistički značajne razlike ($p > 0.05$) među spolovima.

Upoređujući međusobni odnos analiziranih parametara, uočava se jak stepen pozitivne korelacije između svih mjerenih parametara i za mužjake i za ženke (Tabela 4).

Izračunata su dva indeksa kondicije FCF i CC na osnovu navedenih formula. Najmanji FCF je 0.022 (kod ženki), a najveći 0.056 (kod mužjaka). Srednja vrijednost za mužjake iznosi 0.034, a 0.030 ženke. Najmanji CC je 0.109, a najveći iznosi 0.315 (kod mužjaka). Srednja vrijednost za mužjake je 0.213, a za ženke 0.219.

Tabela 4. Opisna statistika i procijenjeni parametri odnosa dužine i težine i biometrijskih parametara za oba spola *A. astacus* iz rijeke Oskove. (TBL, ukupna dužina tijela (mm); W, težina (g); CLL, dužina klijesta (mm); CPW, širina karapaksa (mm)).

Relation		Sex	
		M	F
TBL/W	y	= 0.6773x	- 0.5928x
	R^2	35.401	30.591
	Correl.	0.9292	0.9288
W/CLL	y	1.1386x	+ 0.6332x
	R^2	12.572	13.693
	Correl.	0.9193	0.6946
CPW/TBL	y	0.3595x	- 0.2878x
	R^2	6.2429	1.913
	Correl.	0.8496	0.8939
		84.96	89.39

Tabela 5. Vrijednosti za stepen kondicije za jedinke riječnog raka iz rijeke Oskove

Statistical parameters	FCF			
	Mean	Min	Max	SD
Sex				
M	0.034	0.023	0.056	0.011
F	0.030	0.022	0.033	0.004
Statistical parameters	CC			
	Mean	Min	Max	SD
Sex				
M	0.213	0.109	0.315	0.066
F	0.219	0.183	0.234	0.020

DISKUSIJA

Prve studije o biogeografiji i taksonomiji slatkovodnih rakova su zasnovane na morfometrijskim karakteristikama (Entz, 1914; Karman, 1929; Karaman, 1961, 1962, 1963; Albrecht, 1982; Trožić-Borovac, Deljanin i Dautbašić, 2007; Šandra i Petrušek, 2009; Trožić-Borovac, 2011). Morfometrijska istraživanja se često koriste u istraživanjima intraspecijske i interspecijske varijabilnosti kod slatkovodnih rakova (Sint, Dalla, Via i Füreder, 2005). Generalno, morfološke razlike između jedinki iste vrste se mogu pojaviti kao posljedica genetičkih razlika (Hidayani et al., 2018) ili kao rezultat adaptacija na specifične ekološke uslove u staništu (Dakić i Maguire, 2016).

Istraživanja koja su sprovodili Rajković (2012) i Đuretanović (2019) su pokazala da su analize većeg broja morfometrijskih karaktera po individui dobar metod za razdvajanje grupa dekapoda, što nije bilo moguće postići analizom samo nekoliko morfometrijskih karaktera.

U ovom radu detaljno su analizirana 23 morfoloških karaktera po individui riječnog raka. Analiza je provedena na 13 jedinki riječnog raka iz rijeke Oskove kako bi se utvrdilo da li između njih postoje razlike. Odnos polova u uzorku je pomjeren u korist mužjaka. Dobivanje uvida u odnos spolova u populaciji je od velikog značaja jer je samo ujednačen odnos spolova znak zdrave i stabilne populacije (Jurković, 2016). Neujednačen odnos spolova može biti posljedica pristrasnog uzorkovanja (Deniz, Harlioglu i Deval, 2010), ali i nekoliko bioloških faktora, kao što su: neujednačen odnos polova po izlijevanju, diferencijacija imigracija i emigracija jedinki različitog spola. Neujednačen odnos spolova može biti posljedica razlika u aktivnosti između različitog spola (Dakić i Maguire, 2016), razlika u godinama dostizanja spolne zrelosti, ali i različite dužine života jedinki različitog spola.

Populacija riječnog raka na istraživanom lokalitetu ima relativno stabilnu uzrasnu strukturu. Najveća zastupljenost jedinki bila je u dužinskoj grupi od 60-80 mm (53.85%), dok je u dužinskoj grupi od 80-100 mm zastupljenost bila 30.77%. Najduži mužjak imao je 132.60 mm, a najduža ženka 97.16 mm, što je u skladu sa rasponom od 80 do 120 mm za riječne rakove koji se navode u literaturi (Obradović, 1988), kao i s vrijednostima koje su zabilježili Trožić-Borovac, Nuhefendić, Gajević i Imamović, (2012a), Rajković (2012), Roljić, Nikolić i Savić (2020). Najteži mužjak težio je 54.60 g, a najteža ženka 28.20. Viša prosječna težina mužjaka se može pripisati činjenici da mužjaci imaju veća klijesta što doprinosi njihovoj težini tijela u

odnosu na ženke. Kada je riječ o spolnoj strukturi uzorkovane jedinke, vrste *A. astacus* bile su u granicama spolne zrelosti. Mužjaci riječnog raka dostižu spolnu zrelost pri totalnoj dužini tijela od 62-85 mm, a ženke su spolno zrele pri dužini tijela od 60-70 mm, čija je starost procijenjena između 3 i 5 godina (Skurdal i Taugbøl, 2002).

Konstatovan je spolni dimorfizam, pri čemu su veće srednje vrijednosti konstatovane za većinu karaktera mužjaka (tabela 3), zbog alometrijskog rasta odraslih jedinki nakon postizanja spolne zrelosti (Deniz, Harlioglu i Deval, 2010). Spolni dimorfizam zabilježen i u prethodnim morfološkim istraživanjima dekapodnih rakova (Trožić-Borovac, Nuhefendić, Gajević i Imamović, 2007; Maguire i Dakić, 2011; Dakić i Maguire, 2016; Rajković, 2012, Đuretanović, 2019). Navodi Lindqvist i Lathi (1983) i Skurdal i Taugbøl (2002) idu u prilog našim podacima u kojim su utvrđene veće srednje vrijednosti kod mužjaka u dužini i širini klijesta, dok je kod ženki konstatovana veća srednja vrijednost u širini prve abdominalne pleure što predstavlja glavne polnodimorfne karaktere kod rakova ove vrste.

Prema vrijednostima izračunatih indeksa vidljivo je da su mužjaci u boljem kondicionom stanju, što je u skladu s nalazima istraživanja Trožić-Borovac, Nuhefendić, Gajević i Imamović, (2012a). Nadalje, prema prijedlogu Streissla i Hödla (2002), moguće je da je ta razlika uzrokovana većim klijestima kod mužjaka u odnosu na ženke. Ovo je bilo također potvrđeno kod dunavskog raka *Pontastacus leptodactylus* (Roljić, Nikolić i Savić, 2019), potočnog raka *A. torrentium* (Trožić-Borovac, Deljanin i Dautbašić, 2007) i bjelonogog raka *A. pallipes* (Trožić-Borovac, Macanović i Škrijelj, 2012b).

Istraživanja koja su proveli Streissl i Hödl (2002) na slatkovodnim dekapodnim rakovima otkrivaju povezanost između kondicije tijela raka i karakteristika staništa. Naime, istraživanje je ustanovilo kako veća raznolikost strujanja i veća raznolikost sastava supstrata dna ima pozitivan učinak na kondiciju rakova. Ovi navodi se podudaraju s našim rezultatima, ako uzmemo u obzir obilježja navedenog lokaliteta. Navedeni lokalitet nalazi se u prirodnom dijelu toka, bez antropogenog utjecaja na njihovo stanište. Također, stanište obiluje raznovrsnim zaklonima u koje se rakovi mogu skloniti i na taj način izbjeći agresivne kontakte i smanjiti aktivnost u potrazi za skloništem, što na kraju rezultira većom kondicijom tijela.

ZAKLJUČAK

S ciljem zaštite ove ekološki značajne, ugrožene i zaštićene vrste potrebno je nastaviti provođenje sistematskih istraživanja i monitoring populacija kako bi se uspostavio uspješan sistem zaštite navedene vrste i njihovog prirodnog staništa. Pored toga, potrebno je proširiti istraživanje ove vrste, ali i drugih vrsta Astacidae koje se mogu očekivati na ovom prostoru.

LITERATURA

Albrecht, H. (1982). On the origin of the Mediterranean crayfishes. Quad. Lab. Tecnol. Pesca, Ancona, 2-5, 355-362.

- Dakić L. & Maguire, I. (2016). Year cycle and morphometrical characteristics of *Austropotamobius torrentium* from two karstic rivers in Croatia. *Natura Croatica*, 25 (1): 87-100.
- Deniz, (Bök), T.D., Harloğlu, M.M. & Deval, M.C. (2010). A study on the morphometric characteristics of *Astacus leptodactylus* inhabiting the Thrace region of Turkey. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 397:05.
- Duretanović, S. (2019). Filogenija, filogeografija i konzervacija vrste *Astacus astacus* (Decapoda, Astacidae) na području Balkanskog poluostrva. Doktorska disertacija. Prirodno- matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu.
- Edsman, L., Füreder L., Gherardi F. & Souty-Grosset C. (2010). *Astacus astacus*. In: IUCN 2010, IUCN red list of threatened species, version 2010.4. <http://www.iucnredlist.org>. Accessed January 2019.
- Entz, G. (1914). Über die Flusskrebse Ungarns. *Mathematische und Naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn*, 30: 67-127.
- Hidayani, A.A., Trijuno, D.D., Fujaya, Y. & Tauhid Umar, M. (2018). The morphology and morphometric characteristics of the male swimming crab (*Portunus pelagicus*) from the East Sahul Shelf, Indonesia. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation Bioflux*, 11: 1724-1736.
- Holdich, D. (2002). General biology. U: Holdich D.M. (ur.): *Biology of freshwater crayfish*. Blackwell Science, Oxford, 1-27.
- Jurković, T. (2016). Populacijske značajke potočnog raka *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) u potoku Dolje. Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 50.
- Karaman, M.S. (1961). Slatkovodni rakovi Jugoslavije. Publikacije Stručnog Udruženja za Unapređenje Slatkovodnog Ribarstva Jugoslavije, 3, 1-33.
- Karaman, M.S. (1962). Ein Beitrag zur Systematic Astacidae (Decapoda). *Crustaceana*, 3, 173-191.
- Karaman, M.S. (1963). Studie der Astacidae (Crustacea, Decapoda) II. Teil. *Hydrobiologia*, 22, 111-132.
- Karaman, S. (1929). Die Potamobiiden Jugoslaviens. *Glasnik Zemaljskog muzeja u Bosni i Hercegovini*, 41: 147-150.
- Kerovec, M. (1986). Priručnik za upoznavanje beskrjalješnjaka naših potoka i rijeka. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb.
- Kouba, A., Petrusek, A. & Kozák, P. (2014). Continental-wide distribution of crayfish species in Europe: update and maps. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* (413): 05.
- Lindqvist, O.V. & Lathi, E. (1983). On the sexual dimorphism and condition index in the crayfish *Astacus astacus* L. In Finland. *Freshwater crayfish* 5: 3-11.
- Machino, Y. (1997). Crayfish of the upper Soca and upper Sava rivers, Slovenia. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, Paris 347: 721-729.
- Maguire, I. & Gottstein-Matočec, S. (2004). The distribution pattern of freshwater crayfish in Croatia. *Crustaceana*, 77 (1): 25-49.
- Maguire, I. 2010: Slatkovodni rakovi, Priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 44.
- Maguire, I. & Dakić, L. (2011). Comparative analyses of *Astacus leptodactylus* morphological characteristics from Croatia and Armenia. *Biologia*, 66 (3): 491-498.
- Maguire, I., Klobučar, G., Žganec, K., Jelić, M., A. Lucić, A. & Hudina, S. (2018). Recent changes in distribution pattern of freshwater crayfish in Croatia – threats and perspectives. – *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems*, 419:2.
- Nyström, P., Brönmark, C. & Granéli, W. (1996). Patterns in benthic food webs: a role for omnivorous crayfish? *Freshwater Biology*, 36 (3): 631-646.
- Obradović, J. (1988). Slatkovodni rakovi. *Ribar*, 43: 55-59.
- Puky, M., Reynolds, J.D. & Schád, P. (2005). Native and alien decapoda species in Hungary: distribution, status, conservation importance. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 376-377: 553-568
- Rajković, M. (2012). Distribucija, filogenija, ekologija i konzervacija rakova iz familije Astacidae na području Crne Gore. Doktorska disertacija. Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu.
- Richardson, A. (2012). Crayfish species as bioindicators for communities and or habitats. In: *Management of Freshwater Biodiversity: Crayfish as Bioindicators* Reynolds J. & Souty-Grosset C. (2012). Cambridge University Press, Cambridge UK. 76-77.
- Roljić, R., Nikolić, V. & Savić, N. (2019). Morphological Variability and Sexual Dimorphism of Danube Crayfish *Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 from the Vrbas River. *Water Research and Management*, 9 (2): 27-32.
- Roljić, R., Nikolić, V. & Savić, N. (2020). Morphological variability and sexual dimorphism of Noble crayfish *Astacus astacus* from the Balkana lake. *University thought. Nat. Sci.*, 10 (2): 7-11.
- Šanda, R. & Petrusek, A. (2009). Distribution and diversity of crayfishes in the Adriatic drainage of Bosnia and Herzegovina. In: Kozák P. and Kouba A. (eds.), *Abstract Book, Future of Native Crayfish in Europe, Regional European Crayfish Workshop, 7th–10th September 2009, Písek*, 50.
- Simić, V., Petrović, A., Rajković, M., Paunović, M. (2008). Crayfish of Serbia and Montenegro – The population status and the level of endangerment. *Crustaceana*, 81: 1153-1176.
- Sint, D., Dalla Via, J. & Füreder, L. (2005). Morphological variations in *Astacus astacus* L. and *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet) populations. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 376-377:637-652.
- Sint, D., Dalla Via, J. & Füreder, L. (2006). The genus *Austropotamobius* in the Ausserfern region (Tyrol, Austria) with an overlap in the distribution of *A. torrentium* and *A. pallipes* populations. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 380-381:1029-1040.
- Sint, D., Dalla Via, J. & Füreder, L. (2007). Phenotypical characterization of indigenous freshwater crayfish populations. *Journal of Zoology*, 273 (2): 210-219.
- Skurdal, J. & Taugbøl, T. (2002). *Astacus*. In Holdich D. (eds.) *Biology of Freshwater Crayfish*. Oxford: Blackwell Science Ltd. 702.
- Skurdal, J. & Taugbøl, T. (2002). *Astacus*. In: Holdich, D.M. (ur.) *Biology of freshwater crayfish*. Blackwell Science, Oxford. 467–510.
- Streissl, F. & Hödl, W. (2002). Habitat and shelter requirements of the stone crayfish, *Austropotamobius torrentium* Schrank. *Hydrobiologia* 477: 195-199.

- Trožić-Borovac, S., Deljanin, L. & Dautbašić, M. (2007). Ekološko-biosistematske karakteristike potočnog raka *Austropotamobius torrentium* (Shrank, 1803.) iz Nahorevskog potoka, Radovi Šumarskog fakulteta, 1, Univerzitet u Sarajevu, 39-55.
- Trožić-Borovac, S. (2011). Freshwater crayfish in Bosnia and Herzegovina: the first report on their distribution. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, 401: 26.
- Trožić-Borovac, S., Nuhefendić, I., Gajević, M., & Imamović, A. (2012a). Morphometrics characters of *Astacus astacus* L. (Astacidae) from the Praca river. Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo, 1: 1-10.
- Trožić-Borovac, S., Macanović, A., & Škrijelj, R. (2012b). The morphometrics characteristics and condition index of *Austropotamobius pallipes* in the Neretva river basin. Works of the Faculty of Forestry, University of Sarajevo, 2: 13 -30.
- Westman, K., Pursiainen, M. & Vilkmann R. (1978). A new folding trap model which prevents crayfish from escaping. Freshwater Crayfish, 4: 235-242.
- Živić, V.N., Atanacković, A., Milošević, S. & Milosavljević, M. (2014). The distribution of Astacidae (Decapoda) fauna in Kosovo and Metohija. Water Research and Management, 4 (4): 35-40.
- Žujo Zekić, D. & Boškailo, A. (2013). Stanje populacije bjelonogog raka *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet, 1858) u rijeci Bregavi kao bioindikatora čistih voda. 9th International scientific conference RIM 2013 – Razvoj i modernizacija proizvodnje, 25 28 Septembar 2013, Budva, Crna Gora. Univerzitet u Bihaću Tehnički fakultet Bihać. Zbornik radova, 583-588.
- Lindqvist, O.V. & Lathi, E. (1983). On the sexual dimorphism and condition index in the crayfish *Astacus astacus* L. In Finland. Freshwater crayfish 5: 3-11.

INFORMACIJE O AUTORIMA

Rajko Roljić

Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci
Mladena Stojanovića 2, 78 000 Banja Luka
e-mail: rajko.roljic@pmf.unibl.org

Isat Skenderović

Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Tuzli
Univerzitetska 4, 75 000 Tuzla
e-mail: isat.skenderovic@untz.ba

Avdul Adrović

Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Tuzli
Univerzitetska 4, 75 000 Tuzla
e-mail: avdul.adrovic@untz.ba

Elvira Hadžiahmetović Jurida

Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Tuzli
Univerzitetska 4, 75 000 Tuzla
e-mail: elvira.h.jurida@untz.ba

Alen Bajrić

Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Tuzli
Univerzitetska 4, 75 000 Tuzla
e-mail: alen.bajric@untz.ba