

UNIVERZA NA PRIMORSKEM  
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN  
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

ZAKLJUČNA NALOGA  
MORFOLOŠKA VARIABILNOST ENDEMIČNEGA  
KRAŠKEGA ŠKRGONOŽCA *CHIROCEPHALUS*  
*CROATICUS* (CRUSTACEA, ANOSTRACA)

UNIVERZA NA PRIMORSKEM  
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN  
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Zaključna naloga

**Morfološka variabilnost endemičnega kraškega škrgonožca  
*Chirocephalus croaticus* (Crustacea, Anostraca)**

(Morphological variability of endemic karst fairy shrimp *Chirocephalus  
croaticus* (Crustacea, Anostraca))

Ime in priimek: Tina Belej  
Študijski program: Biodiverziteteta  
Mentor: doc. dr. Jure Jugovic

Koper, avgust 2019

## Ključna dokumentacijska informacija

Ime in PRIIMEK: Tina BELEJ

Naslov zaključne naloge: Morfološka variabilnost endemičnega kraškega škrgonožca *Chirocephalus croaticus* (Crustacea, Anostraca)

Kraj: Koper

Leto: 2019

Število listov: 62

Število slik: 28

Število tabel: 17

Število prilog: 6

Št. strani prilog: 9

Število referenc: 38

Mentor: doc. dr. Jure Jugovic

Ključne besede: *Chirocephalus croaticus*, morfometrija, Petelinjsko jezero, Anostraca, spolni dimorfizem

Izvleček:

Kras je svojevrsten ekosistem z značilno pokrajino in naravnimi pojavi. Eden izmed značilnih pojavov so presihajoča jezera. Tu voda, ki je prej tekla po apnenčastih tleh, preide na neprepustna tla. Ob večjih nalivih lahko voda iz podtalnice privre na površje, kjer se na neprepustni podlagi ustavi oziroma ne odteka, in tako nastane presihajoče jezero. Ob reki Pivki so nastala številna presihajoča jezera, med drugimi tudi Petelinjsko, ki je izmed sedemnajstih drugo največje na širšem območju in v flori ter favni med pestrejšimi. Takšen habitat zahteva prilagoditve rastlin in živali na nestalne razmere. Ena izmed takšnih vrst, prilagojenih na takšne razmere, je endemični rak, kraški škrgonožec *Chirocephalus croaticus* Steuer, 1899. Ker ni veliko podatkov o tej vrsti, smo vrsto morfološko preučili in jo primerjali z ostalimi podobnimi vrstami. Opravili smo morfološke meritve ter jih s statističnimi analizami obdelali, da bi ugotovili, katere povezave obstajajo v velikosti različnih delov telesa. Živali smo razdelili v skupine juvenilnih živali, odraslih samcev, ovigerih in neovigerih samic. Skupine smo primerjali med sabo. Opisali smo spolni dimorfizem, ki je sicer značilen tudi za ostale vrste redu Anostraca. Juvenilne živali smo primerjali z odraslimi in opazili, da so morfološko bolj podobne odraslim samicam, predvsem zaradi nedefiniranega drugega para anten. Odrasle ovigere in neovigere samice se najbolje ločijo po prazni oziroma polni jajčni vreči, odrasli samci pa imajo značilno dolg drugi par anten, kar jih očitno loči od samic. Samice nosijo različno število, na sušo odpornih jajc, ki jih odlagajo v podlago, kjer počakajo naslednjo ugodno sezono.

### Key words documentation

Name and SURNAME: Tina BELEJ

Title of the final project paper: Morphological variability of endemic karst fairy shrimp  
*Chirocephalus croaticus* (Crustacea, Anostraca)

Place: Koper

Year: 2019

Number of pages: 62

Number of figures: 28

Number of tables: 17

Number of appendix: 6

Number of appendix pages: 9

Number of references: 38

Mentor: Assist. Prof. Jure Jugovic, PhD

Keywords: *Chirocephalus croaticus*, morphometry, Petelinjsko lake, Anostraca, sexual dimorphism

Abstract:

Karst is a peculiar ecosystem with characteristic landscape and natural phenomenon. One of those phenomena is an intermittent lake, where water comes from limestone base to impermeable ground. On heavy rainfall ground water can rise to the surface, where it sits on impermeable ground and forms an intermittent lake. Alongside river Pivka there are numerous lakes, one of them is Petelinjsko Lake, which is the second largest of 17 lakes and rich in flora and fauna. These habitats push flora and fauna to adapt to such environments. Endemic crustacean *Chirocephalus croaticus* Steuer, 1899 has evolved in such a way. Because of lack of data on this species, we analysed its morphology and compared it with other species. We performed morphological measurements and statistical analysis to discover if there are any connections between body parts. We divided animals in groups of juveniles, mature males and mature females with and without eggs so we could compare groups. Sexual dimorphism is present as in other species from order Anostraca. Comparison of juveniles to mature animals results in more similarity of juveniles and mature females than males, which can be due to bigger second antenna in mature males than juveniles and females. Between mature ovigerous and non-ovigerous females there were no significant differences, except full egg-sac. While males have longer second antenna and are clearly different from females. Females carry drought resistant eggs which they lay down on bottom of the lake, mainly by the shore, where they stay dormant until next favourable season.

## **ZAHVALA**

Hvala mentorju in vsem ostalim za kakršnokoli pomoč pri izdelavi zaključne naloge.

## KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
1.1	Pivška presihajoča jezera .....	1
1.2	Biotska pestrost pivških presihajočih jezer.....	2
1.3	Anostraca .....	3
1.3.1	<i>Chirocephalus croaticus</i> .....	4
1.4	Naravovarstveni pogled .....	6
1.5	Namen in cilji dela.....	6
2	METODE DELA.....	7
2.1	Območje dela .....	7
2.2	Terensko delo.....	8
2.3	Laboratorijsko delo .....	9
2.4	Statistične analize .....	13
3	REZULTATI IN DISKUSIJA.....	15
3.1	Univariantna statistična analiza .....	15
3.2	Multivariantna statistična analiza .....	17
3.2.1	Osnovni znaki.....	17
3.2.1.1	PCA.....	17
3.2.1.2	DFA.....	18
3.2.2	Razmerja.....	21
3.2.2.1	PCA.....	21
3.2.3	Standardizirani ostanki .....	26
3.2.3.1	PCA.....	26
3.2.3.2	DFA.....	28
3.3	Številčna variabilnost jajc .....	31
3.4	Diskusija .....	33
4	ZAKLJUČEK.....	39
5	LITERATURA IN VIRI.....	40

## KAZALO PREGLEDNIC

<b>Preglednica 1.</b> Datumi terenov ter število ujetih rakov na dan in posamezno vzorčno mesto (VM) ter skupno število ujetih rakov v letu 2018. ....	9
<b>Preglednica 2.</b> Seznam morfoloških znakov, ki smo jih upoštevali za analizo morfometrije kraškega škrgonožca <i>Chirocephalus croaticus</i> . ....	10
<b>Preglednica 3.</b> Enosmerna analiza variance za osnovne znake, razmerja in standardne ostanke znakov glede na dolžino telesa. Statistično značilne razlike ( $p < 0.05$ ) so označene s krepkim tiskom. ....	16
<b>Preglednica 4.</b> Soodvisnost med pari devetih spolno nedimorfnih znakov (Paersenov korelacijski koeficient $r$ ). ....	17
<b>Preglednica 5.</b> Lastne vrednosti in odstotki variance vzdolž prvih treh glavnih komponent. Devet glavnih komponent pojasni celotno variabilnost podatkov. ....	17
<b>Preglednica 6.</b> Prispevki posameznih osnovnih znakov k razlagi variabilnosti prvih štirih glavnih komponent. Prispevki, večji od $ 0.20 $ , so pisani s krepkim tiskom. ....	18
<b>Preglednica 7.</b> Lastne vrednosti in odstotki pojasnjene variance vzdolž vseh treh diskriminacijskih funkcij. ....	19
<b>Preglednica 8.</b> Korelacije med devetimi osnovnimi znaki in diskriminacijskimi funkcijami. Prispevki, večji od $ 0.20 $ , so pisani s krepkim tiskom. ....	19
<b>Preglednica 9.</b> Lastne vrednosti in odstotki pojasnjene variance vzdolž prvih treh glavnih komponent. Devet glavnih komponent pojasni celotno variabilnost podatkov. ....	22
<b>Preglednica 10.</b> Prispevki posameznih znakov k razlagi variabilnosti vzdolž prvih štirih glavnih komponent. Prispevki, večji od $ 0.20 $ , so pisani s krepkim tiskom. ....	22
<b>Preglednica 11.</b> Lastne vrednosti in odstotki pojasnjene variance vzdolž vseh treh diskriminacijskih funkcij. ....	23
<b>Preglednica 12.</b> Korelacije med devetimi razmerji in diskriminantnimi funkcijami. Prispevki, večji od $ 0.10 $ , so pisani s krepkim tiskom. ....	23
<b>Preglednica 13.</b> Lastne vrednosti in odstotki pojasnjene variance vzdolž prvih petih glavnih komponent. Devet glavnih komponent pojasni celotno variabilnost podatkov. ....	27
<b>Preglednica 14.</b> Prispevki posameznih znakov k razlagi variabilnosti vzdolž prvih petih glavnih komponent. Prispevki, večji od $ 0.20 $ , so pisani s krepkim tiskom. ....	27
<b>Preglednica 15.</b> Lastne vrednosti in odstotki pojasnjene variance vzdolž vseh treh diskriminacijskih funkcij. ....	29
<b>Preglednica 16.</b> Korelacije med devetimi znaki (dolžina telesa in standardizirani ostanke za osem znakov) in diskriminantnimi funkcijami. Prispevki, večji od $ 0.20 $ , so pisani s krepkim tiskom. ....	29
<b>Preglednica 17.</b> Primerjava med štirimi vrstami škrgonožcev v dolžini telesa, številom jajc ter razponom oziroma povprečno temperaturo vode (Daborn 1975, Brancelj in Gorjanc 1999, Simčič in Brancelj 2000, Mura 2001b, Mura in sod. 2003). ....	35

## KAZALO SLIK IN GRAFIKONOV

<b>Slika 1.</b> Petelinjsko jezero, fotografirano iz južne strani (vir: <a href="http://pivskajezera.si/pivskajezera/opis">http://pivskajezera.si/pivskajezera/opis</a> , datum dostopa: 4. 7. 2019).....	2
<b>Slika 2.</b> Predstavniki taksonomske skupine Anostraca, <i>Artemia salina</i> . (foto: Ivy Livingstone <a href="http://biodidac.bio.uottawa.ca/thumbnails/filedet.htm/File_name/crus043b/File_type/gif">http://biodidac.bio.uottawa.ca/thumbnails/filedet.htm/File_name/crus043b/File_type/gif</a> ; preurejeno).....	4
<b>Slika 3.</b> Dva samca (levo) in samica (desno) vrste <i>Chirocephalus croaticus</i> , Petelinjsko jezero 18. 6. 2019 (foto: Tina Belej, Klara Kopač).....	5
<b>Slika 4.</b> Okvirne lokacije vzorčnih mest (VM) na Petelinjskem jezeru (vir: Google maps (posnetek zaslona)).....	8
<b>Slika 5.</b> Prikaz meritev telesa. Enake meritve smo opravili na samicah, samcih ter juvenilnih živalih. BL (body length) oziroma dolžina telesa je seštevek CL+AL+FL. ....	10
<b>Slika 6.</b> Prikaz meritev antene 2 (puščica) pri samcih. Zaradi ukrivljenosti anten smo merili od začetka antene po sredini do konice antene. ....	11
<b>Slika 7.</b> Dolžina antene 2 (puščica) pri samici, ki imajo očitno manjšo anteno kot samci. ....	11
<b>Slika 8.</b> Prikaz meritev na glavi. ED je seštevek ESD in ESL. ESL smo merili od začetka očesnega stebra pa do konca oči. Izgleda, da ESL presega distalni konec očesa, vendar temu ni tako, saj imajo oči okoli membrano. ....	12
<b>Slika 9.</b> Prikaz meritve dolžine penisa (PL) pri samcih.....	12
<b>Slika 10.</b> Dolžina (ESacL) in širina (ESacW) jajčne vreče pri samicah. Prostornino jajčne vreče smo izračunali po formuli za elipso. ....	13
<b>Slika 11.</b> Prikaz meritve premera jajc. Prostornino jajc smo izračunali po formuli za kroglo.....	13
<b>Slika 12.</b> Projekcija 131 živali vzdolž prvih dveh glavnih komponent ob upoštevanju osmih osnovnih znakov. Zeleni krogi – juvenilne živali; modre zvezdice – odrasli samci; rdeči prazni kvadrati – neovigere samice; rdeči polni kvadrati – odrasle ovigere samice. ....	18
<b>Slika 13.</b> Projekcija 131 živali iz štirih skupin vzdolž prvih devetih diskriminacijskih osi ob upoštevanju osmih osnovnih znakov. Zeleni krogi – juvenilne živali; modre zvezdice – odrasli samci; rdeči polni kvadrati – ovigere odrasle samice; rdeči prazni kvadrati – neovigere samice. Trikotnik pripadajoče barve predstavlja centroide skupin. Z elipsami so označeni odrasli samci (modra), mlade živali (zelena) in odrasle samice (rdeča). ....	19
<b>Slika 14.</b> Uvrstitev živali v dejansko skupino in izven nje (rezultat v osnovni kvalifikaciji je enak tistemu z Jackknife metodo).....	20
<b>Slika 15.</b> Primerjava devetih osnovnih spolno nedimorfnih znakov med štirimi skupinami pri kraškem škrgonožcu (juv – mlade živali, m – odrasli samci, f – odrasle neovigere samice, fov – odrasle ovigere samice). Različne črkovane oznake pomenijo statistično	



značilne razlike v povprečnih vrednostih. Krajšave znakov po vrsti na x osi: BL, CL, AL, FL, ED, ESD, ESL, A1L, A2L, na y osi: juv, m, f, fov. ....	21
<b>Slika 16.</b> Projekcija 131 živali vzdolž prvih dveh glavnih komponent ob upoštevanju devetih razmerij. Zeleni krogi – juvenilne živali; modre zvezdice – odrasli samci; rdeči prazni kvadrati – neovigere odrasle samice; rdeči polni kvadrati – ovigere odrasle samice. ....	22
<b>Slika 17.</b> Projekcija 131 živali iz štirih skupin vzdolž prvih dveh diskriminacijskih osi ob upoštevanju devetih razmerij. Zeleni krogi – juvenilne živali; modre zvezdice – odrasli samci; rdeči prazni kvadrati – neovigere odrasle samice; rdeči polni kvadrati – ovigere odrasle samice. Trikotniku ustrezne barve predstavljajo centroide skupin. Z elipsami so označeni odrasli samci (modra), mlade živali (zelena) ter odrasle samice (rdeča). ....	24
<b>Slika 18.</b> Uvrstitve živali v dejansko skupino in izven nje (zgoraj: osnovna klasifikacija, spodaj: Jackknife metoda). ....	25
<b>Slika 19.</b> Primerjava šestih razmerij med štirimi skupinami pri kraškem škrgonožcu (juv – mlade živali, m – odrasli samci, f – odrasle neovigere samice, fov – odrasle ovigere samice). Različne črkovne oznake pomenijo statistično značilne razlike v povprečnih vrednostih. Razmerja po vrsti a x osi: CL/BL, ED/CL, ESL/CL, A1L/CL, A2L/CL, A1L/A2L, na y osi: juv, m, f, fov. ....	26
<b>Slika 20.</b> Projekcija 131 živali vzdolž prvih (zgoraj; PC1 X PC2) in drugih (spodaj; PC3 X PC4) dveh glavnih komponent ob upoštevanju devetih razmerij. Zeleni krogi – juvenilne živali; modre zvezdice – odrasli samci; rdeči prazni kvadrati – neovigere odrasle samice; rdeči polni kvadrati – ovigere odrasle samice. ....	28
<b>Slika 21.</b> Projekcija 131 živali iz štirih skupin vzdolž prvih dveh diskriminacijskih osi ob upoštevanju devetih znakov (telesna dolžina in standardizirani ostanki za osem znakov). Zeleni krogi – juvenilne živali; modre zvezdice – odrasli samci; rdeči prazni kvadrati – neovigere odrasle samice; rdeči polni kvadrati – ovigere odrasle samice. Trikotniki ustrezne barve predstavljajo centroide skupin. Z elipsami so označeni odrasli samci (modra), mlade živali (zelena) ter odrasle samice (rdeča). ....	29
<b>Slika 22.</b> Uvrstitve živali v dejansko skupino in izven nje (zgoraj: osnovna klasifikacija, spodaj: Jackknife metoda). ....	30
<b>Slika 23.</b> Relativna dolžina šestih znakov glede na dolžino telesa, ki se med štirimi skupinami pri kraškem škrgonožcu (juv – mlade živali (zelena), m – odrasli samci (modra), f – odrasle neovigere samice (prazna rdeča), fov – odrasle ovigere samice (polna rdeča)) najbolj razlikujejo. Prikazane so linearne regresijske premice z vrednostmi $R^2$ za vse skupine skupaj. Kratice znakov po vrsti na x osi CL, AL, ED, ESL, A1L, A2L, na y osi BL. ....	31
<b>Slika 24.</b> Korelacija med velikostjo telesa (BL) ter številom jajc pri vrsti <i>Chirocephalus croaticus</i> . ....	32
<b>Slika 25.</b> Korelacija med številom in velikostjo jajc pri vrsti <i>C. croaticus</i> . ....	32

---

<b>Slika 26.</b> Odvisnost števila jajc od prostornine oziroma velikosti jajčne vreče kraškega škrgonožca. ....	33
<b>Slika 27.</b> Medvrstna variabilnost jajc pri štirih vrstah škrgonožcev: 1–2 <i>Branchinecta gigas</i> (180x, 2000x) (Cesar 1989), 3–4 <i>Chirocephalus ruffoi</i> , 5–6 <i>C. diaphanus</i> » <i>diaphanus pattern</i> « in 7–8 <i>C. croaticus</i> (Mura 2001a) (združeno, preurejeno). ....	37
<b>Slika 28.</b> Večina samic (levo) je imela rumeno-rjavo obarvana jajca v jajčni vreči (glej tudi Sliko 12), medtem ko smo le pri treh samicah (desno) zaznali belo obarvanost jajc (puščica).....	38

## KAZALO PRILOG

**Priloga A:** Osnovni statistični opis osnovnih znakov pri štirih skupinah kraškega škrgonožca (mlade živali, odrasli samci, odrasle neovigere ter odrasle ovigere samice).

**Priloga B:** Osnovni statistični opis razmerij pri štirih skupinah kraškega škrgonožca (mlade živali, odrasli samci, odrasle neovigere ter odrasle ovigere samice).

**Priloga C:** Osnovni statistični opis standardiziranih ostankov za znake pri štirih skupinah kraškega škrgonožca (mlade živali, odrasli samci, odrasle neovigere ter odrasle ovigere samice).

**Priloga D:** Post-hoc primerjava (Bonferroni) med pari skupin kraškega škrgonožca v devetih osnovnih znakih (juv – mlade živali, m – odrasli samci, f – odrasle neovigere samice, fov – odrasle ovigere samice). Razlike  $p < 0.05$  so označene s krepkim tiskom.

**Priloga E:** Post-hoc primerjava (Bonferroni) med pari skupin kraškega škrgonožca v devetih razmerjih (juv – mlade živali, m – odrasli samci, f – odrasle neovigere samice, fov – odrasle ovigere samice). Razlike  $p < 0.05$  so označene s krepkim tiskom.

**Priloga F:** Post-hoc primerjava (Bonferroni) med pari skupin kraškega škrgonožca v devetih razmerjih (juv – mlade živali, m – odrasli samci, f – odrasle neovigere samice, fov – odrasle ovigere samice). Razlike  $p < 0.05$  so označene s krepkim tiskom.

## 1 UVOD

Ob besedi 'kras' najprej pomislimo na območje, ki leži na JZ delu Slovenije. Območje Krasa v Sloveniji se razteza od Tržaškega zaliva čez Soško ravnino in Vipavsko dolino ter gornjo Pivko do Brkinov (Gams 2004). Lahko ga ločimo na matični Kras, ki je med Tržaškim zalivom in Vipavsko dolino in na katerem temelji prva terminologija, povezana s kraškimi pojavi. Klasični Kras pa leži med Trstom in Postojno ter se razteza proti jugu do Kvarnerskega zaliva in ima značilne kraške pojave (Gams 1973, 2004). Kras se ne pojavlja le v Sloveniji, ampak tudi drugje po svetu, kjer lahko najdemo podobne geografske, geološke, kemične in druge značilnosti take pokrajine. Najbolj je prepoznaven po geološki podlagi, v kateri navadno prevladuje apnenec. Poleg apnenca lahko najdemo na krasu tudi druge kamnine, na katerih temelji njihovo poimenovanje, npr. apneniški, dolomitni, solni kras (Gams 2004).

Značilni za kras so tudi kraški pojavi, ki jih najdemo povsod po svetu, na različnih podlagah. Najbolj značilna podlaga krasa je apnenec, ki je tudi najbolj topen, zaradi česar je proces korozije pospešen. Zaradi raztapljanja apnenca nastanejo različni pojavi, kot so žlebiči in škraplje. Na širšem območju se pojavijo različne vrste kotanj, npr. vrtače, udornice in uvale, ki se razlikujejo po obliki in velikosti. Na kontaktnem krasu pride do stika površinske vode, ki teče po neprepustni podlagi, s kraško, prepustno podlago (Gams 1973; Stepišnik 2011), kjer se velikokrat ustvarijo kraška polja. Na širokem dnu se zaradi velike količine vode, ki ponikne, ustvarijo požiralniki in ponori, kjer privre voda spet na površje, pa so bruhalniki. V Sloveniji se kontaktni kras pojavlja predvsem v Pivški kotlini, kjer reka Pivka večkrat ponikne (Stepišnik 2011).

### 1.1 Pivška presihajoča jezera

Pivška kotlina se razteza med Nanosom in Hrušico na severu, Snežnikom in Javorniki na vzhodu, Slavinškim ravnikom in Notranjsko Reko na jugu. Na južni strani kotline in Zagorja, v razširjenem delu kotline, izvira reka Pivka, vzdolž katere najdemo številna jezera. Reka izvira v Zgornji Pivki, na apnenčasti podlagi, kjer lahko najdemo značilnosti krasa, in teče proti severu proti neprepustni flišnati podlagi. Kotlina je izrazito ločena na vhodu, kjer se ravno dno dvigne v strma pobočja ali terase, na zahodu pa se dviga počasneje na višje ležeča pobočja. Ob reki Pivki se pojavljajo depresije, ki se ob visokih vodah napolnijo in se iz polj spremenijo v jezera. Na poljih, kjer je kraška podlaga, se ustvarijo izviri, ponori (Mulec in sod. 2005) ter estavele (Stepišnik 2017).

Ob reki Pivki lahko naštejemo 17 različno velikih in obstojnih jezer. Največje je Palško jezero, katerega polni poznana estavela, Matijeva jama. Drugo največje je Petelinjsko

jezero (Slika 1), ki je najnižje ležeče na tem območju na nadmorski višini 532 nmv. (Cernatič-Gregorič in Gorkič 2005; Habič 1968) (pri Brancelj in Gorjanc 1999 je zabeležena nadmorska višina dna 520 m). Ostala jezera so še Jeredovce, Krajnikov dol, Klenski dol, Radohovsko, Parsko, Malo in Veliko Drskovško jezero (Habič 1975), Veliko in Malo Zagorsko jezero, jezero v Kljunovem ribniku, Veliki dol, Bačko, Laneno, Kalsko ter Šembijsko jezero, ki ga nekateri več ne uvrščajo med Pivška presihajoča jezera (Mulec in sod. 2005).



Slika 1. Petelinjsko jezero, fotografirano iz južne strani (vir: <http://pivskajezera.si/pivska-jezera/opis>, datum dostopa: 4. 7. 2019).

## 1.2 Biotska pestrost pivških presihajočih jezer

Pivka je največja reka v Pivški kotlini in od nje so odvisni tako ljudje kot tudi živali in rastline (Mulec in sod. 2005). Njena gladina niha glede na padavinske razmere in teče po ali pod površjem glede na tip podlage. Zaradi različne podlage lahko rečna struga večkrat izgine na različnih delih vodotoka od izvira do ponora. Kranjc (1985) navaja, da je kar 66 % vodnih tokov reke Pivke občasnih, le 34 % pa je stalnih. Presihajoča jezera napaja reka na različne načine in je od glavne struge do jezer povezana preko podzemlja (Habič 1975). Razširjenost reke, nihanje njene gladine, napajanje in izsuševanje depresij in kotanj pa ima velik vpliv tudi na biotsko pestrost v njeni bližini. Poleg struge ima vpliv na biotsko pestrost tudi človek, ki se je skozi stoletja pojavljal na tem območju in zaznamoval kotlino (Brodar 1952; Osole 1965; Horvat 2005).

Gladina reke se lahko ob suši zniža tudi do 20 m pod strugo (Habič 1968), kar oteži življenje rastlin in živali, ki so odvisne od vode. V preteklosti so posušene struge in ravnice kosili ali pa so gnali pašo (Smerdel 1989), danes pa se kmetijske panoge opuščajo in

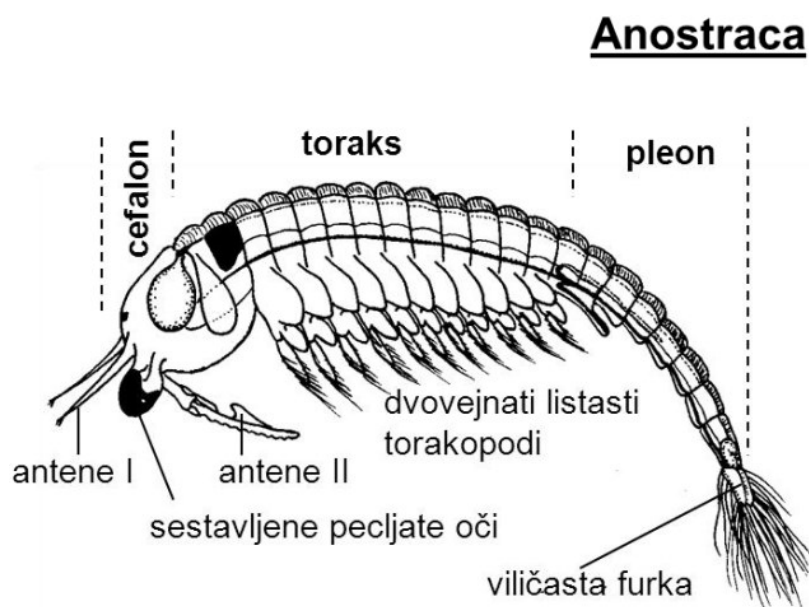
območje jezer zarašča gozd (Kirn 2001). Na poplavnih območjih so se rastline in nekatere živali morale prilagoditi na nestalen vodni oziroma kopenski režim. Rastline so prilagodile svojo anatomijo in fiziologijo, da lahko kisik prejemajo iz vode ali zraka (Gaberščik in Urbanc-Berčič 2003). Kopenske živali se lahko ob visokih vodah umaknejo na kopno, medtem ko so se vodne živali, enako kot rastline, morale prilagoditi.

Živalstvo je na območju jezer pestro, saj so prepoznali več kot 100 vrst metuljev in kar 127 vrst ptičev. V vodi prebiva 18 vrst, večinoma žuželk ali vodnih rakov (Brancelj 2000; Mulec in sod. 2005). Ena izmed posebnosti Pivških presihajočih jezer je vodni rakec kraški škrgonožec *Chirocephalus croaticus* Steuer, 1899, ki je na tem območju endemit (Brancelj in Gorjanc 1999). Endemični rak spada v red Anostraca, v jezerih pa lahko najdemo še druge nižje rake, kot so vodne bolhe (Cladocera), ceponožci (Copepoda), enakonožci (Isopoda), postranice (Amphipoda) in dvoklopniki (Ostracoda) (Pipan 2005).

### 1.3 Anostraca

Red Anostraca oziroma škrgonožce (Slika 2) uvrščamo v razred Branchiopoda. So eni večjih sladkovodnih rakov (Hildrew 1985). Pojavljajo se v jezerih, kjer ni rib (Hildrew 1985; Timms 2015), torej ni velikih predatorjev, vendar pa sobivajo z drugimi živalmi, kot so vodne ličinke različnih nevretenčarjev. Jezera so večinoma presihajoča, občasna ali pa ekstremni habitati. Raki so prepoznavnih barv, kot je zelena, modra, rožnata ali rdeča. Obarvanost se razlikuje tudi med spoloma. Tudi jajca so obarvana in se med vrstami razlikujejo. Škrgonožci so prepoznavni po hrbtnemu plavanju ter odsotnosti karapaksa. Povprečna dolžina valjastega telesa znaša od 1–3 cm, v redkih primerih tudi do 15 cm, odvisni pa so tudi od dostopnosti in abundance prehrane (Timms 2015). Njihovo telo lahko razdelimo na glavo, toraks in abdomen, na koncu katerega so na telzonu lahko cercopodi (Timms 2015) oziroma furka. Na glavi je dvoje pecljatih oči (Timms 2015), med katerimi je navplijsko oko iz treh očesc. Dva para anten sta različne velikosti in oblike glede na spol, prav tako sta različno segmentirana. Prvi par se pri samcih in samicah ne razlikuje preveč in večino krat ni segmentiran, medtem ko lahko po drugem paru samčevih anten, ki je segmentiran, razlikujemo vrste (Timms 2015). Poleg anten imajo na glavi še tri pare okončin: 1 par mandibul in 2 para maksil (Timms 2015). Sledi 13-členski toraks, na katerem je 13 parov turgescentnih, dvovejnatih in listastih torakopodov (Timms 2015). S pomočjo teh okončin si žival pomaga pri hranjenju, saj ustvarja vodni tok in prenese delce do obustnih okončin, kjer hrano prefiltrira. Prehranjujejo se z algami, protisti in ostalim organskim materialom. Na koncu toraksa so še genitalni organi. Pri samcih je to paren penis, ki je sestavljen iz proksimalnega in distalnega dela, samice pa nosijo par zarodnih vreč ter jajčno vrečo (*ang. ovisac*) (Timms 2015). Pleon oziroma abdomen je brez okončin, lahko pa ima izrastke (Brancelj in Gorjanc 1999).

Živali so enospolniki, torej so ločenega spola. Samec s svojim podaljšanim drugim parom anten lahko samico prime na predelu njenih genitalnih organov. Za oploditev samec uporabi le eno polovico penisa, ki ga vstavi v samico. Ta lahko na dan proizvede 20–300 oplojenih jajc, jih odlaga v jajčno vrečo, kjer dozori. Posebna, na sušo odporna jajca, odlagajo v sediment, kjer počakajo do naslednje ugodne sezone (Timms 2015). Jajca so okrogla in na površini nagubana (Brancelj in Gorjanc 1999; Timms 2015). Največ jajc odložijo blizu obale jezera, manj pa v večji globini (Hildrew 1985). V jajcih je embrio v mirujočem stadiju, ki nadaljuje z razvojem, ko se do določene mere po izsušitvi napoji z vodo. Iz teh se v 12–24 urah razvijejo mlade, ki se po 2–3 tednih razvijejo v odrasle živali. Iz jajc se v obdobju vode razvije polovica jajc, ostalo pa ostane v sedimentu, da se lahko razvijejo v primeru, če suša prehití razmnoževalno obdobje (Timms 2015).



**Slika 2.** Predstavnik taksonomske skupine Anostraca, *Artemia salina*. (foto: Ivy Livingstone [http://biodidac.bio.uottawa.ca/thumbnails/filedet.htm/File\\_name/crus043b/File\\_type/gif](http://biodidac.bio.uottawa.ca/thumbnails/filedet.htm/File_name/crus043b/File_type/gif); preurejeno).

### 1.3.1 *Chirocephalus croaticus*

Mali endemični rak spada v red Anostraca oziroma škrgonožcev. Prvič je bil zabeležen leta 1910 na ozemlju današnje Bosne in Hercegovine, natančneje v Blatačkem jezeru, ki se nahaja jugozahodno od Sarajeva (Petrov in Marinček 1991). Vrsto, ki sta jo določila kot *Chirocephalus spinicaudatus* Simon, 1886, sta v okolici Cerkniškega jezera zabeležila Sket in Brancelj (1992). Še eno populacijo, domnevno iste vrste, so odkrili v Petelinjskem jezeru pri Pivki (Sket in Brancelj 1992). Kasnejše analize so pokazale, da gre za vrsto *Chirocephalus croaticus*, ki je v Petelinjskem jezeru redno prisotna, pri Cerkniškem jezeru pa so populacijo uničili z zasipavanjem kotanje z vodo, kjer so vrsto zabeležili. Trenutno je populacija v Petelinjskem jezeru vitalna in ni v upadu (Brancelj in Gorjanc 1999), na IUCN listi pa je vrsta ranljiva (VU) (Baillie in Groombridge 1996). Poleg Petelinjskega,

naj bi se občasno pojavljali tudi nedaleč stran v jezercu Jeredovce (Pipan 2005), ki pa je na območju poligona Slovenske vojske (Cernatič-Gregorič in Gorkič 2005). O biologiji te vrste sta trenutno na voljo le dve raziskavi avtorjev Brancelj in Gorjanc (1999) ter Simčič in Brancelj (2000).

Živali so razvidnih barv, samice imajo odtenke rjave, samci pa so zeleni (Slika 3). Brancelj in Gorjanc (1999) sta podala povprečno dolžino ovigerih samic  $14.6 \pm 0.7$  mm, za samce pa  $13.1 \pm 0.8$  mm na podlagi 25 primerkov za posamezni spol, merjenih od začetka glave do konca telzona. Simčič in Brancelj (2000) pa podajata meritve za samice  $14.7 \pm 2.8$  mm, za samce  $13.9 \pm 2.4$  mm in za juvenilne živali (manjše od 11 mm)  $9.6 \pm 1.1$  mm. Prvi par anten je pri samcih in samicah podoben stožcu z zašiljeno konico. Drugi par se razlikuje. Samice imajo krajši par, samci pa daljšega, segmentiranega in s številnimi izrastki. Konica antene je okroglasta z izrastki (Brancelj in Gorjanc 1999; Timms 2015), s katerimi lahko samico prime med parjenjem (Timms 2015). Torakopodi so pri samcih in samicah podobni. Sestavljeni so iz več delov: preepipoditov (*ang. preepipodites*), epipoditov (*ang. epipodites*), eksopoditov (*ang. exopodites*), endopoditov (*ang. endopodites*) in enditov (*ang. endites*) ter so različnih oblik, ki se lahko razlikujejo glede na kateri/katerih okončini/okončinah se nahajajo. Samci imajo na koncu toraksa paren penis s hitinastimi izrastki, samice pa podolgovato jajčno vrečo, v katero odlagajo  $68,3 \pm 24,4$  jajc. Iz abdomna pri samicah od prvega do sedmega člena izraščajo krilati izrastki, medtem ko jih samci nimajo. Pri obeh spolih je na koncu telzona različno dolga viličasta furka s setami (Brancelj in Gorjanc 1999).



**Slika 3.** Dva samca (levo) in samica (desno) vrste *Chirocephalus croaticus*, Petelinjsko jezero 18. 6. 2019 (foto: Tina Belej, Klara Kopač).



## 1.4 Naravovarstveni pogled

Naravovarstveni projekti v porečju Pivke so se začeli že leta 1969, vendar pa so prvo uveljavitev sprejeli šele dve leti kasneje. Danes veljajo Petelinjsko jezero, Palško, Veliko in Malo Drskovško jezero za naravne spomenike (Cernatič-Gregorič in Gorkič 2005). Na tem območju je prepovedano onesnaževanje (Cernatič-Gregorič in Gorkič 2005), česar pa se zaradi vojaškega območja na tem delu niso držali (Cernatič-Gregorič in Gorkič 2005; Mulec in sod. 2005). Območja jezer so pomembni ekosistemi za različne rastlinske in živalske vrste. Nekatere vrste ali rastlinski sestoji so že na rdečem seznamu ogroženosti v Sloveniji. Med te vrste spada tudi kraški škrgonožec (Cernatič-Gregorič in Gorkič 2005; Pipan 2005), čeprav je po podatkih, ki jih podaja Pipan (2005), populacija stabilna. Kljub temu je rakec *Chirocephalus croaticus* endemit Petelinjskega jezera brez poznanih drugih lokalitet (Brancelj in Gorjanc 1999; Pipan 2005) – izjema je občasno pojavljanje vrste v bližnjem jezercu Jeredovce (Pipan 2005). To bi ga lahko uvrstilo na seznam zavarovanih vrst, kar bi pomenilo tudi višjo stopnjo varovanja Petelinjskega jezera. Čeprav je trenutno populacija stabilna (Pipan 2005), je njen areal razširjenosti ozek in nestabilen. Poleg naravnih nesreč, habitat in vrsto ogroža še človek s svojimi posegi v naravo in tako uničujemo dragocen habitat (Mulec in sod. 2005).

## 1.5 Namen in cilji dela

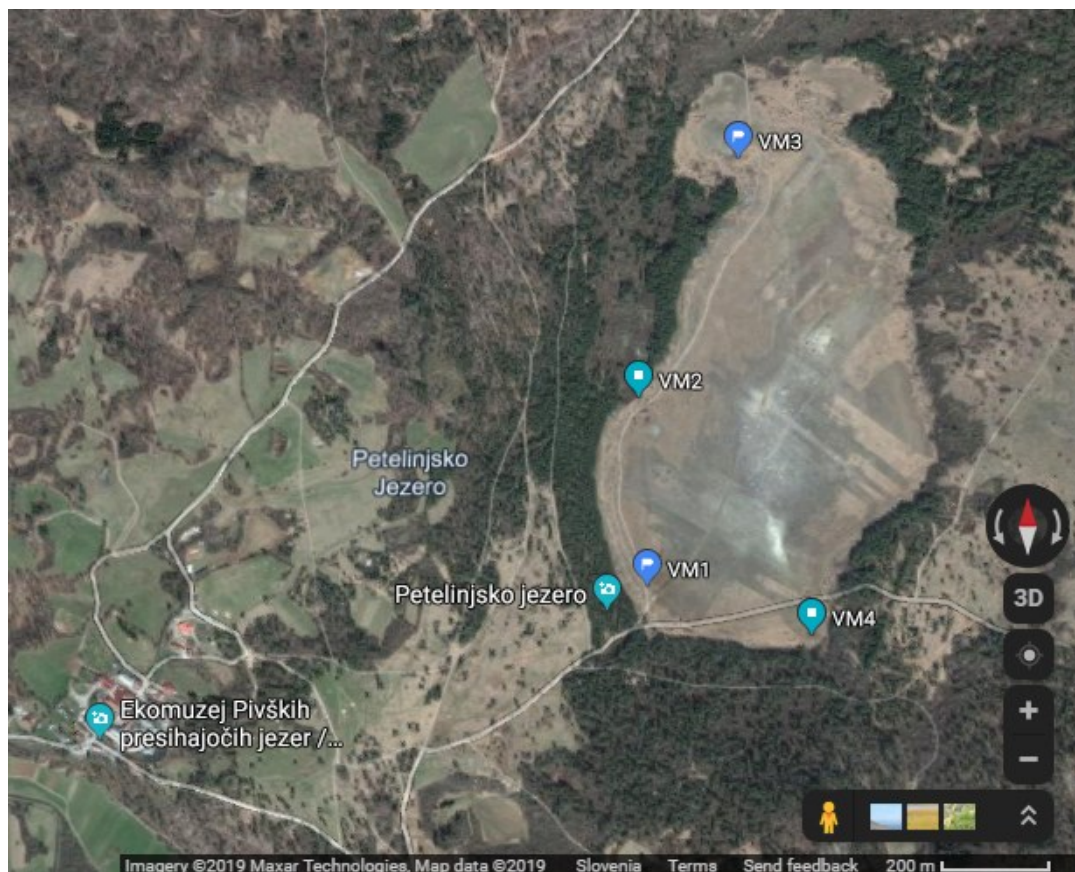
Namen naloge je predstaviti morfologijo endemičnega raka. Ker je za njegovo vrsto malo podatkov, je to delo lahko del začetka podrobnejšega raziskovanja vrste. Bistvo je dokazati, da se skupine (samci, samice, juvenilne živali) med sabo razlikujejo ter te razlike opisati. Z različnimi testi in različno primerjavo skupin bomo pregledali, kako se živali razlikujejo med sabo. Iskali bomo znake, ki ločijo juvenilne živali od odraslih in odrasle samce od samic. Pregledali bomo številčno variabilnost jajc ter kako se ta vrsta razlikuje od drugih vrst enakega redu.

## 2 METODE DELA

### 2.1 Območje dela

Raziskovalna naloga je potekala v krajinskem parku Pivška presihajoča jezera, ki leži v Pivški kotlini. Vzorčenje je potekalo na Petelinjskem jezeru v letu 2018. Petelinjsko jezero je tretje po vrsti, če jih štejemo s severa proti jugu. Ker je najnižje ležeče, se v njem tudi voda najdlje zadrži (tudi do 6 mesecev) (Habič 1968; Cernatič-Gregorič in Gorkič 2005). Po podatkih na uradni spletni strani Krajinski park Pivška presihajoča jezera meri površina jezera 0,74 km<sup>2</sup> in je zato drugo največje izmed jezer ob Pivki (Cernatič-Gregorič in Gorkič 2005; Uradna spletna stran Krajinski park Pivška presihajoča jezera). Njegova povprečna globina je 5–7 m (Brancelj in Gorjanc 1999), v večjih nalivih tudi do 12 m (Uradna spletna stran Krajinskega Parka Pivška presihajoča jezera). Ob poti, ki poteka do jezera, lahko vidimo oznake, do kamor je segala najvišja gladina. Njegovo dno je ravno z manjšimi depresijami (do 1 m). Na severnem delu je estavela, skozi katero poleg iz celotnega dna ob večjih nalivih privre voda (Brancelj in Gorjanc 1999).

Ob jezeru smo izbrali vzorčna mesta (VM) (Slika 4) na različnih delih jezera, ki so bila ob času vode dostopna po kopnem. Glede na višino vode smo morali vzorčna mesta prilagajati, vendar so okvirne lokacije ostale enake. Prvo vzorčno mesto smo razdelili na poplavljen kolovoz, ki vodi do jezera ter poplavljen travnik ob kolovozu.



Slika 4. Okvirne lokacije vzorčnih mest (VM) na Petelinjskem jezeru (vir: Google maps (posnetek zaslona)).

## 2.2 Terensko delo

Terensko delo se je začelo, ko se je jezero napolnilo z vodo. Najprej je bilo treba spremljati, kdaj se bodo pojavili prvi škrgonožci. Na dan 6. 4. 2018 se v jezeru še niso pojavili škrgonožci. Opravili smo deset terenov. Prve živali smo zaznali 11. 4. 2018, naslednji tereni so sledil 13. 4., 17. 4., 20. 4., 23. 4., 25. 4., 2. 5. ter 5. 5. istega leta. Na slednji datum smo ujeli tudi največ škrgonožcev (1666). 7. 5. 2018 se je jezero izsušilo in nismo našli nobenega škrgonožca. Še enkrat smo teren opravili jeseni, 3. 11. 2018, ko je bila v jezeru spet prisotna voda, vendar na lokaciji prvega vzorčnega mesta, s temperaturo vode 16,9°C, nismo našli nobenega škrgonožca. Ob prihodih na vsako vzorčno mesto smo izmerili fizikalne in kemijske lastnosti vode: temperaturo (v stopinjah Celzija), koncentracijo (mg/L) ter nasičenost (%) vode s kisikom, pH (mV), prevodnost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$  in g/L) in tlak (hPa).

Vzorčili smo na obali jezera z manjšo vodno mrežico na globini do 30 cm. Pod gladino smo vodno mrežico vrteli v obliki osmice v krogu okoli sebe, kjer smo stali, da smo pokrili čim večje območje. Najprej smo vzorčili splošni vzorec. Iz njega lahko prepoznamo vrste, ki sobivajo s škrgonožcem in potencialne predatorje. Ciljno vrsto *Chirocephalus croaticus* ter ostale vrste iz splošnega vzorca smo fiksirali v 70 % etanolu. Sledilo je vzorčenje

škrgonožca na vsakem vzorčnem mestu v površini 1 m<sup>2</sup> (1–4 min) po isti metodi. Vzorec smo fiksirali v 70% etanolu za morfometrijske meritve. Vsakemu vzorcu smo pripisali datum in število vzorčnega mesta ter število ujetih škrgonožcev (Preglednica 1).

**Preglednica 1.** Datumi terenov ter število ujetih rakov na dan in posamezno vzorčno mesto (VM) ter skupno število ujetih rakov v letu 2018.

VM	Habitat	6. 4.	11. 4.	13. 4.	17. 4.	20. 4.	23. 4.	25. 4.	2. 5.	5. 5.	7. 5.	Skupaj
VM1a	Travnik	0	zaznali	3	33	2	9	6	26	564	0	643
VM1b	Kolovoz	0	zaznali	4	180	3	26	10	1	0	0	224
VM2	Travnik	0	0	1	6	0	170	383	47	258	0	865
VM3	Travnik	0	0	1	2	3	14	1185	103	102	0	1410
VM4	Travnik	0	0	24	6	28	287	73	46	742	0	1206
Skupaj		0	0	33	227	36	506	1657	223	1666	0	4348

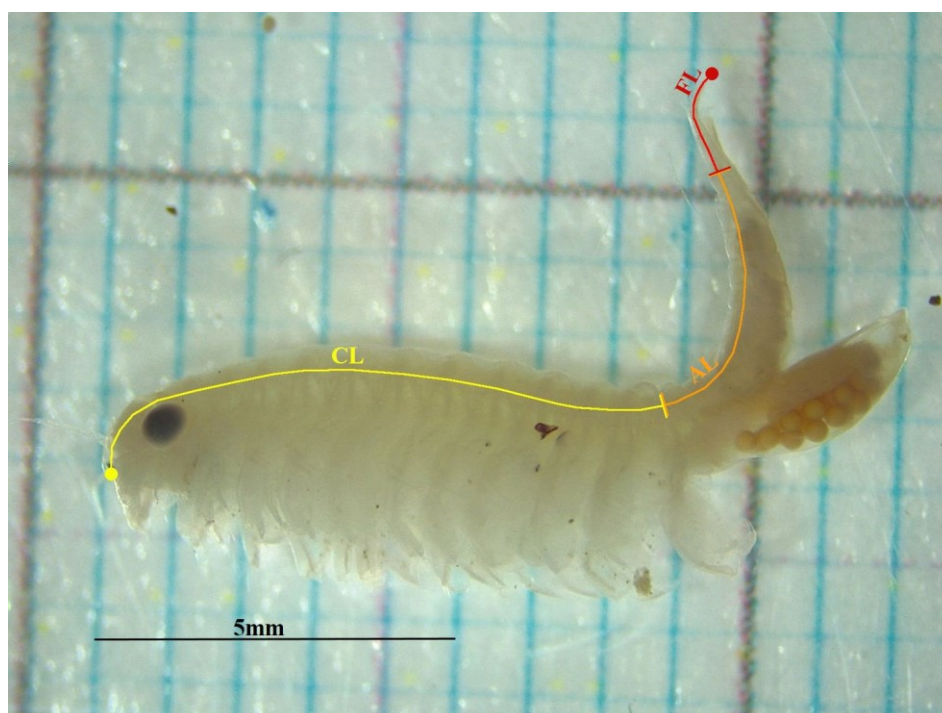
### 2.3 Laboratorijsko delo

Na zbranih vzorcih smo v laboratoriju izvedli morfološke meritve in analize. Zbirali smo živali iz štirih skupin: juvenilni (mladi) osebki, odrasli samci, odrasle samice brez (neovigere) in odrasle samice z jajci v jajčni vrečki (ovigere). Mlade živali smo od odraslih ločili glede na velikost. Vse živali, ki so bile manjše od 10 mm, smo uvrstili v skupino juvenilnih živali. Simčič in Brancelj (2000) sta živali razporedila tako, da sta tiste, ki so bile manjše od 11 mm, uvrstila pod juvenilne živali. Izjemoma smo imeli nekatere samice z jajčno vrečko, ki so bile manjše. Samice manjše od 10 mm, ki so imele jajčno vrečko, vendar v njej ni bilo jajc, smo uvrstili v skupino juvenilnih živali. Odrasle samce smo prepoznali po dvojnem oziroma razdeljenem penisu (Brancelj in Gorjanc 1999). Odrasle samice pa smo delili na ovigere in neovigere, glede na prisotnost oziroma odsotnost jajc v jajčni vreči.

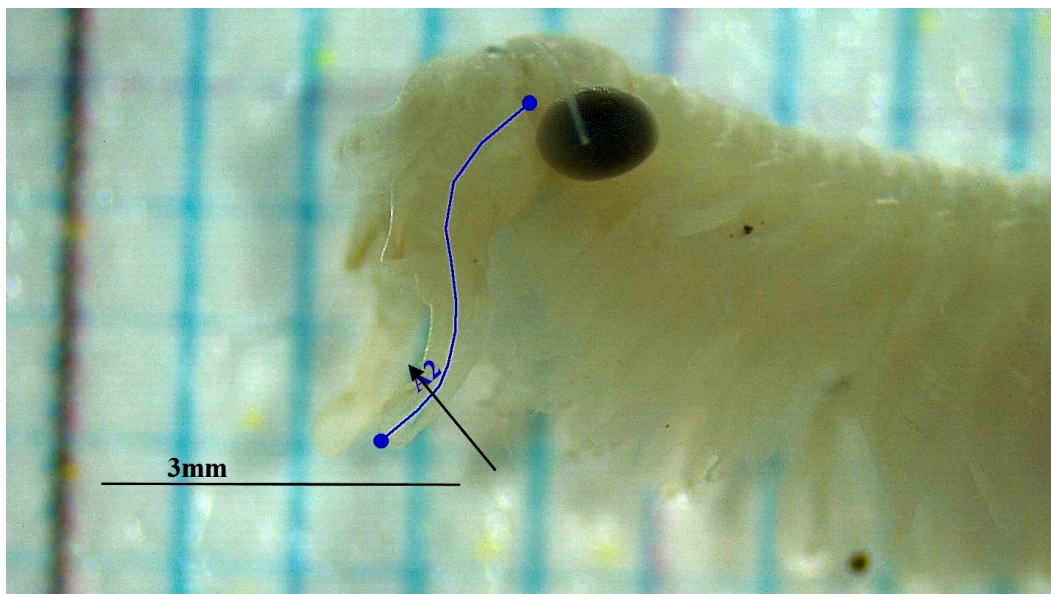
Živali so iz vzorcev bile izbrane naključno. S pomočjo elektronske lupe Leica in programa LAS EZ 3.4 DVD 272 smo lahko posamezno žival fotografirali iz različnih zornih kotov na milimetrskem papirju, kar nam je omogočilo kasnejše meritve. Vse živali so bile fotografirane na enak način tako, da smo lahko v programu imageJ izmerili 15 različnih lastnosti (Preglednica 2, Slike 5–11). Za fotografiranje lateralne strani je žival ležala na desni strani in je leva stran gledala navzgor. Lastnosti na glavi smo fotografirali z dorzalne strani. Iz vsakega vzorca smo naključno vzeli raka, mu določili stadij (odrasel, juvenilni) in odraslim določili spol (samec, ovigera/neovigera samica).

**Preglednica 2.** Seznam morfoloških znakov, ki smo jih upoštevali za analizo morfometrije kraškega škrgonožca *Chirocephalus croaticus*.

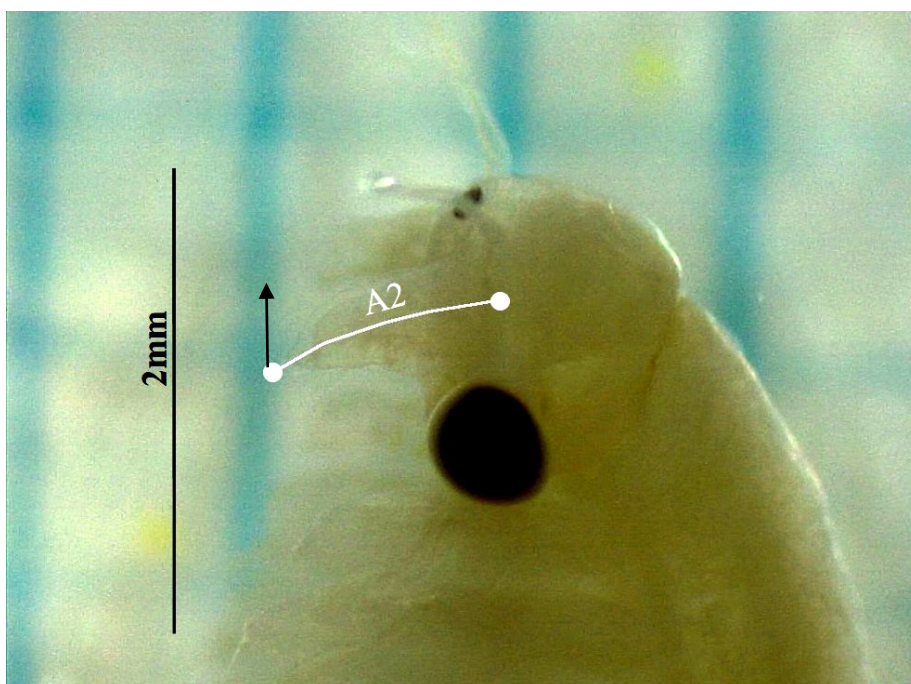
Znak	Tip znaka	okrajšava
Dolžina telesa	Vsota	BL
Dolžina karapaksa (toraksa)	Merjeni	CL
Dolžina abdomna	Merjeni	AL
Dolžina furke	Merjeni	FL
Dolžina antene 1	Merjeni	A1
Dolžina antene 2	Merjeni	A2
Razdalja med očmi	Merjeni	ED
Razdalja med koreninami očesnega stebila	Merjeni	ESD
Razdalja od korenine do konca oči (očesno steblo)	Merjeni	ESL
Dolžina jajčne vreče	Merjeni	ESacL
Širina jajčne vreče	Merjeni	ESacW
Prostornina jajčne vreče	Izračun	ESacV
Število jajc	šteti	EN
Premer jajc	Merjeni	EW
Prostornina jajc	Izračun	EV
Dolžina penisa	Merjeni	PL



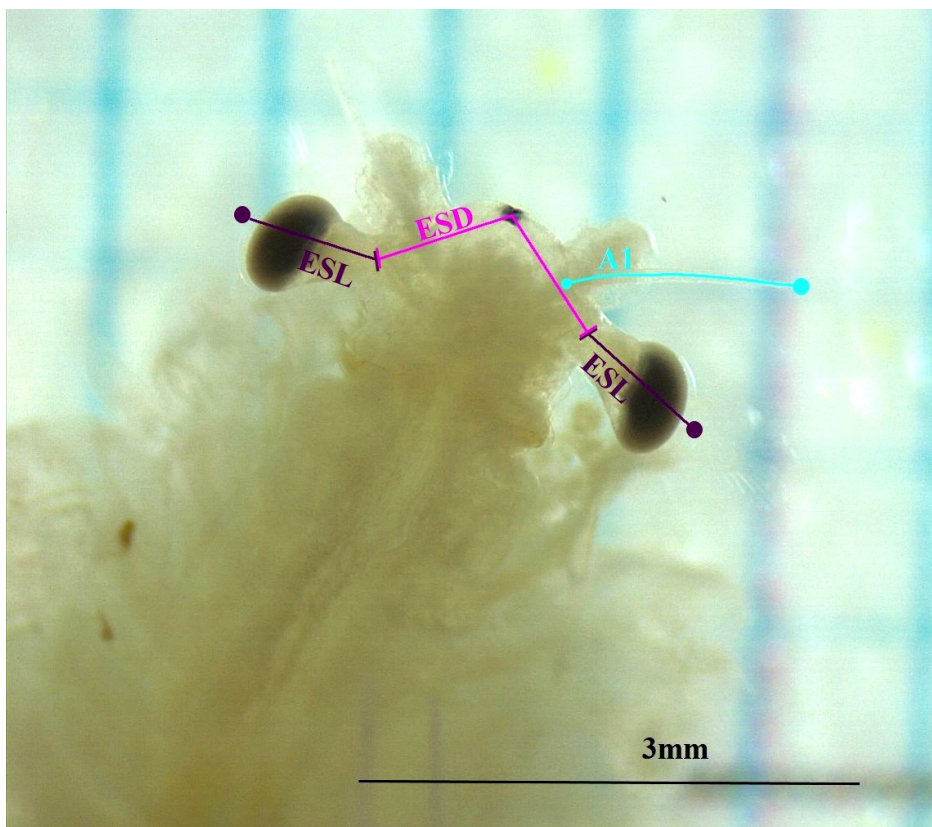
**Slika 5.** Prikaz meritev telesa. Enake meritve smo opravili na samicah, samcih ter juvenilnih živalih. BL (body length) oziroma dolžina telesa je seštevek CL+AL+FL.



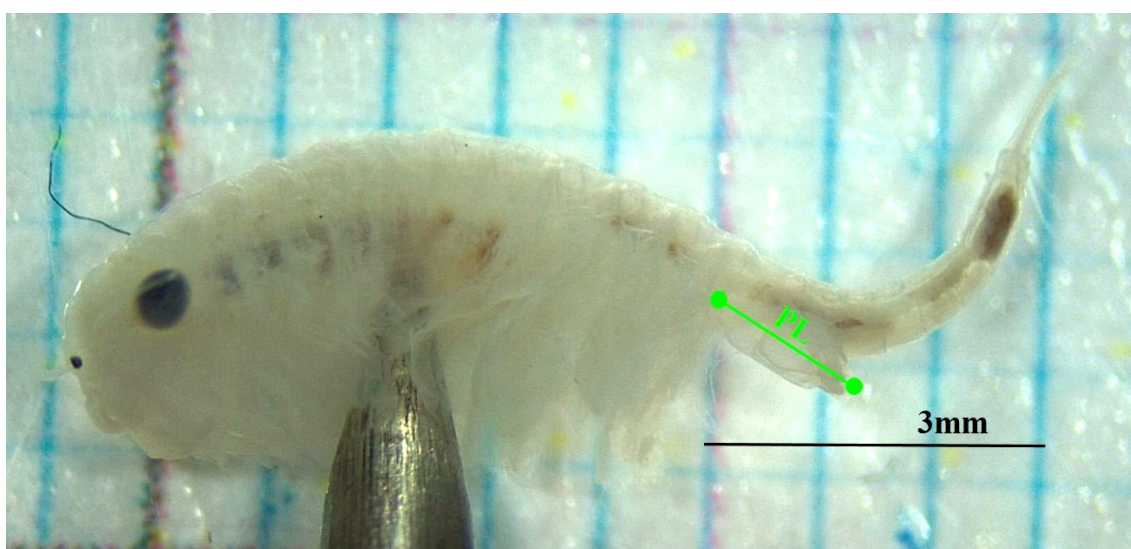
**Slika 6.** Prikaz meritev antene 2 (puščica) pri samcih. Zaradi ukrivljenosti anten smo merili od začetka antene po sredini do konice antene.



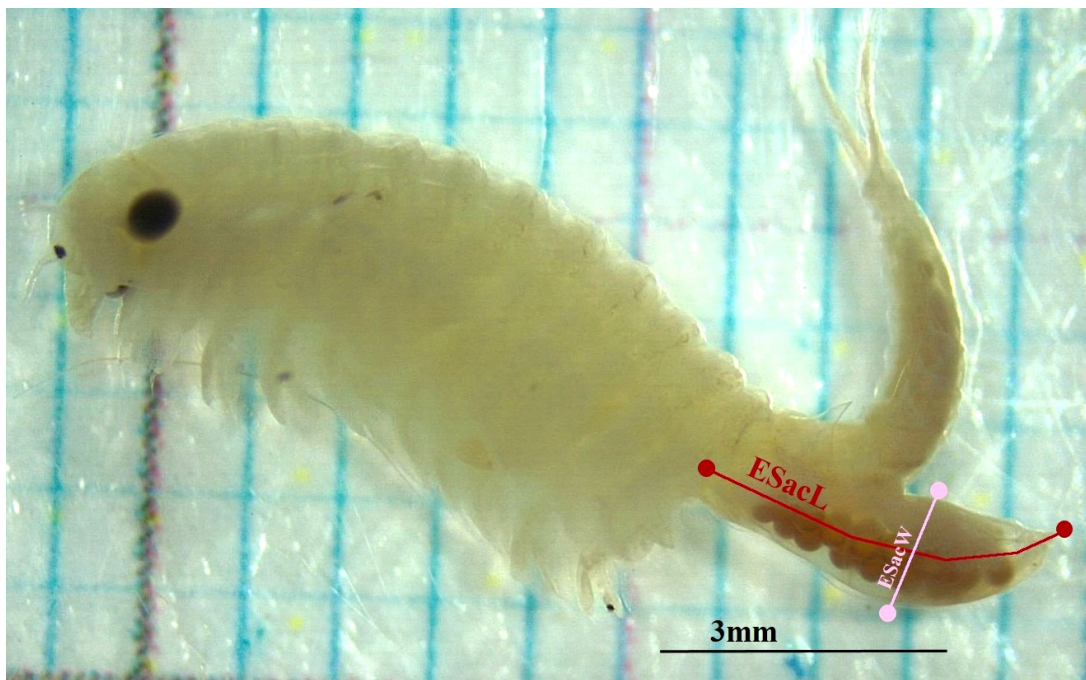
**Slika 7.** Dolžina antene 2 (puščica) pri samici, ki imajo očitno manjšo anteno kot samci.



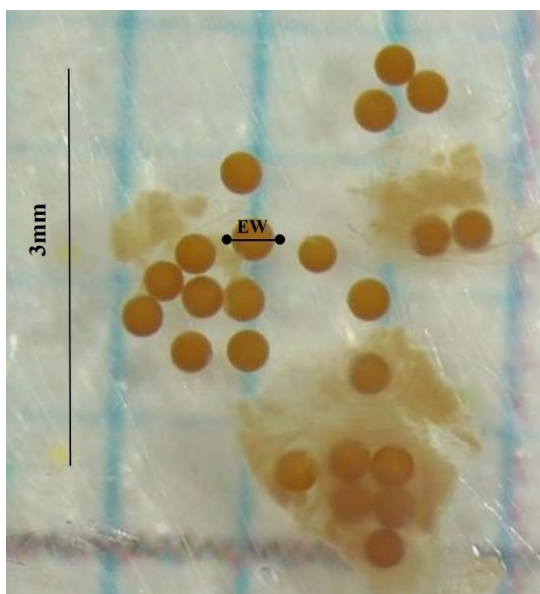
**Slika 8.** Prikaz meritev na glavi. ED je seštevek ESD in ESL. ESL smo merili od začetka očesnega stbla pa do konca oči. Izgleda, da ESL presega distalni konec očesa, vendar temu ni tako, saj imajo oči okoli membrano.



**Slika 9.** Prikaz meritve dolžine penisa (PL) pri samcih.



**Slika 10.** Dolžina (ESacL) in širina (ESacW) jajčne vreče pri samicah. Prostornino jajčne vreče smo izračunali po formuli za elipso.



**Slika 11.** Prikaz meritve premera jajc. Prostornino jajc smo izračunali po formuli za kroglo.

## 2.4 Statistične analize

Živali smo razdelili v štiri skupine: juvenilne živali (z nedodeljenim spolom), odrasle samce, odrasle neovigere ter odrasle ovigere samice. V univariatni statistični analizi smo preverili, kateri od devetih osnovnih spolno nedimorfnih znakov (dolžina telesa (BL), dolžina karapaksa oziroma telzona (CL), dolžina abdomna (AL), dolžina furke (FL); razdalja med očmi (ED), razdalja med bazama očesnih stebel (ESD), dolžina očesnih stebel



(ESL), dolžina prve antene (A1L), dolžina druge antene (A2L)), devetih razmerij (CL/BL, AL/BL, FL/AL, ED/CL, ESD/CL, ESL/CL, A1L/CL, A2L/CL, A1L/A2L) ter standardnih ostankov za osem znakov po regresiji na BL (ZRE\_CL, ZRE\_AL, ZRE\_FL, ZRE\_ED, ZRE\_ESD, ZRE\_ESL, ZRE\_A1L, ZRE\_A2L) se med definiranimi skupinami razlikujejo v povprečnih vrednostih (enosmerna analiza variance ANOVA,  $p < 0.05$ ) in zanje pripravili osnovni statistični opis. V naknadni analizi smo razlike primerjali tudi paroma ( $p < 0.05$ , Bonferronijeva korekcija). Preverili smo tudi, ali se v povprečnih vrednostih med skupinami razlikujejo tudi štirje osnovni spolno dimorfni znaki (dolžina penisa pri samcih (mladi samci proti odraslim samcem) in dolžina, širina ter prostornina jajčne vrečke pri mladih ter odraslih ovigerih in neovigerih samicah (T-test oz. ANOVA,  $p < 0.05$ )). Za vsak znak smo preverili morebitno odstopanje od normalne porazdelitve (Kruskal-Wallis test,  $p < 0.05$ ).

Za multivariatno statistično analizo smo najprej pripravili tri podatkovne matrike. Prva matrika je vsebovala devet osnovnih spolno nedimorfni znakov. V drugo matriko smo vnesli podatke, ki smo jih transformirali tako, da smo iz devetih osnovnih znakov izračunali devet razmerij. V tretjo matriko pa smo vnesli dolžino telesa (BL), ki nam je služila kot pokazatelj velikosti živali, ter standardne ostanke (ZRE) osmih spolno nedimorfni osnovni znakov po regresiji na BL, ki so služili opisu oblike živali.

Za vsako od treh podatkovnih matrik smo preverili soodvisnost znakov z izračunom Paersonovega korelacijskega koeficienta z Bonferronijevo korekcijo. Iz vsake od treh matrik smo število znakov zmanjšali tako, da je soodvisnost med preostalimi pari znakov padla vsaj na  $|r| < 0.9$ . Na vseh tako prečiščenih podatkovnih matrikah smo nato naredili analizo glavnih komponent (PCA), da bi ugotovili razpršenost podatkov v večdimenzionalnem prostoru. V PCA smo v vseh primerih uporabili variančno-kovariančno matriko podatkov, živalim pa skupine nismo pripisali. Nato smo na vsaki matriki izvedli še diskriminacijsko analizo z vnaprej definiranimi skupinami, da bi ugotovili (a) kateri so znaki, ki najbolj ločijo skupine in (b) preverili stopnjo nepravilnih uvrstitev (brez in s prečnim preverjanjem) (Asem in Rastegar-Poyani 2007). Za prečno preverjanje smo uporabili Jackknife metodo (Bohonak 1998).

### **3 REZULTATI IN DISKUSIJA**

#### **3.1 Univariantna statistična analiza**

Razen v redkih izjemah (ESL pri mladih živalih in ovigerih samicah, ESL/CL pri mladih živalih in neovigerih ter ovigerih samicah) nobeden od znakov ni močno odstopal od normalne porazdelitve (Kolmogorov-Smirnov test,  $p > 0.05$ ). V povprečjih se med štirimi skupinami razlikuje vseh 13 osnovnih znakov, 8 od 10 razmerij ter 10 od 12 standardiziranih ostankov (Preglednica 3). Število pregledanih živali vsake skupine in za posamezne teste ter osnovni statistični opis vseh znakov so v Prilogi A, Prilogi B, Prilogi C, primerjave med pari skupin so v Prilogi D, Prilogi E in Prilogi F.

Razen pri osnovnih znakih, kjer so korelacije presegle  $r > |0.9|$  (Preglednica 4), pri razmerjih ali znakih s standardiziranimi ostanki tako visoke soodvisnosti med znaki ni bilo. Da bi zmanjšali visoko soodvisnost znakov, smo iz prve matrike z osnovnimi znaki pred multivariatnimi analizami zato izločili znak BL in tako dosegli, da je soodvisnost med pari preostalih znakov padla ( $r < |0.9|$ ).

**Preglednica 3.** Enosmerna analiza variance za osnovne znake, razmerja in standardne ostanke znakov glede na dolžino telesa. Statistično značilne razlike ( $p < 0.05$ ) so označene s krepkim tiskom.

		Vsota kvadratov	Df <sup>1</sup>	Povprečje kvadratov	F	Sig./p	
Osnovni znaki	Dolžina telesa	555.251	3	185.084	81.514	<b>0.000</b>	
	Dolžina karapaksa	173.881	3	57.96	52.647	<b>0.000</b>	
	Dolžina abdomna	59.713	3	19.904	56.036	<b>0.000</b>	
	Dolžina furke	7.858	3	2.619	43.595	<b>0.000</b>	
	Razdalja med očmi	45.77	3	15.257	99.3	<b>0.000</b>	
	Razdalja med korenom očesnih stebel	6.442	3	2.147	37.069	<b>0.000</b>	
	Razdalja med korenom očesnega stebela in konice oči	4.242	3	1.414	29.396	<b>0.000</b>	
	Dolžina prve antene	12.37	3	4.123	60.562	<b>0.000</b>	
	Dolžina druge antene	166.142	3	55.381	487.417	<b>0.000</b>	
	Dolžina penis	5.784	1	5.784	78.842	<b>0.000</b>	
	Dolžina jajčne vrečke	24.674	2	12.337	34.853	<b>0.000</b>	
	Širina jajčne vrečke	2.774	2	1.387	35.641	<b>0.000</b>	
	Prostornina jajčne vrečke	23.099	2	11.55	23.61	<b>0.000</b>	
	Razmerja	CL/BL	0.028	3	0.009	6.435	<b>0.000</b>
		AL/BL	0.013	3	0.004	2.92	<b>0.036</b>
FL/AL		0.047	3	0.016	2.488	0.063	
ED/CL		0.117	3	0.039	11.549	<b>0.000</b>	
ESD/CL		0.002	3	0.001	0.432	0.730	
ESL/CL		0.02	3	0.007	6.135	<b>0.001</b>	
A1L/CL		0.081	3	0.027	12.203	<b>0.000</b>	
A2L/CL		2.367	3	0.789	354.29	<b>0.000</b>	
A1L/A2L		24.865	3	8.288	52.647	<b>0.000</b>	
EsacL/CL		0.303	2	0.152	20.737	<b>0.000</b>	
Reziduali	ZRE_CL	10.505	3	3.502	3.743	<b>0.013</b>	
	ZRE_AL	7.729	3	2.576	2.693	<b>0.049</b>	
	ZRE_FL	1.637	3	0.546	0.544	0.653	
	ZRE_ED	24.041	3	8.014	9.62	<b>0.000</b>	
	ZRE_ESD	1.582	3	0.527	0.526	0.665	
	ZRE_ESL	11.443	3	3.814	4.111	<b>0.008</b>	
	ZRE_A1L	35.097	3	11.699	15.822	<b>0.000</b>	
	ZRE_A2L	114.23	3	38.077	327.41	<b>0.000</b>	
	ZRE_PL	4.562	1	4.562	5.118	<b>0.029</b>	
	ZRE_EsacL	11.419	2	5.71	6.645	<b>0.002</b>	
	ZRE_EsacW	16.108	2	8.054	10.12	<b>0.000</b>	
	ZRE_EsacV	13.916	2	6.958	8.429	<b>0.001</b>	

<sup>1</sup> Df: stopinje prostosti.

**Preglednica 4.** Soodvisnost med pari devetih spolno nedimorfnih znakov (Paarsenov korelacijski koeficient  $r$ ).

	BL	CL	AL	FL	ED	ESD	ESL	A1L
CL	0.9636							
AL	0.8695	0.7197						
FL	0.8185	0.7812	0.5972					
ED	0.8927	0.8682	0.7425	0.7825				
ESD	0.7815	0.8017	0.5506	0.7599	0.8156			
ESL	0.6881	0.6521	0.6042	0.5987	0.7866	0.4668		
A1L	0.7735	0.7210	0.6847	0.6961	0.8741	0.6908	0.6770	
A2L	0.4639	0.3760	0.4991	0.4252	0.6433	0.3786	0.5783	0.7031

## 3.2 Multivariantna statistična analiza

### 3.2.1 Osnovni znaki

#### 3.2.1.1 PCA

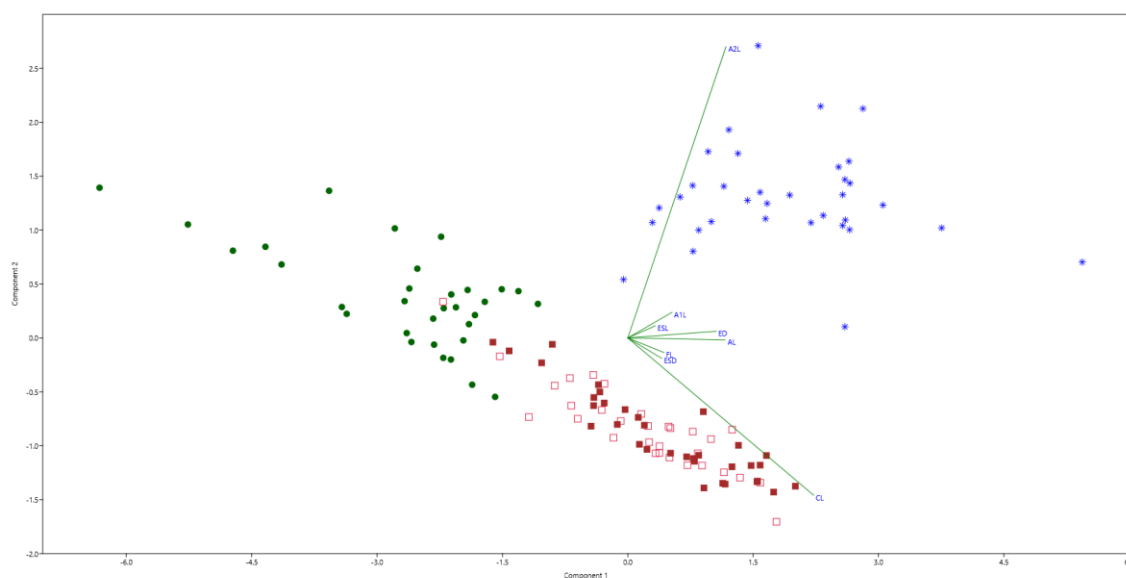
V PCA analizi z vključenimi osmimi osnovnimi znaki (BL smo pred analizo izključili zaradi visoke soodvisnosti z nekaterimi drugimi znaki) osem glavnih osi razloži celotno varianco podatkov (Preglednica 5). PC1 je močno pozitivno povezana z velikostjo živali in dolžino druge antene (CL, AL, ED, A2L; Preglednica 6), kjer so na levi strani večdimenzionalnega prostora (manjše živali) juvenilne živali, na desni strani (večje živali) pa odrasli samci in samice (Slika 12). Odrasli samci se nadalje jasno ločijo od samic predvsem na račun daljših drugih anten. Ovigere in neovigere samice se vzdolž prvih dveh osi močno prekrivajo.

**Preglednica 5.** Lastne vrednosti in odstotki variance vzdolž prvih treh glavnih komponent. Devet glavnih komponent pojasni celotno variabilnost podatkov.

Os	Lastna vrednost	% pojasnjene variance	Kumulativni % pojasnjene variance
PC1	3.82238	71.27	71.27
PC2	1.04437	19.47	90.74
PC3	0.28952	5.40	96.14

**Preglednica 6.** Prispevki posameznih osnovnih znakov k razlagi variabilnosti prvih štirih glavnih komponent. Prispevki, večji od  $|0.20|$ , so pisani s krepkim tiskom.

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
CL	<b>0.7196</b>	<b>-0.4721</b>	<b>-0.3040</b>	<b>-0.4001</b>
AL	<b>0.3772</b>	-0.0060	<b>0.9214</b>	-0.0288
FL	0.1401	-0.0438	-0.0775	<b>0.2898</b>
ED	<b>0.3432</b>	0.0201	-0.0979	<b>0.6428</b>
ESD	0.1315	-0.0613	-0.1222	<b>0.3057</b>
ESL	0.1063	0.0362	-0.0096	0.1837
A1L	0.1716	0.0770	-0.0250	<b>0.3978</b>
A2L	<b>0.3802</b>	<b>0.8739</b>	-0.1655	<b>-0.2378</b>



**Slika 12.** Projekcija 131 živali vzdolž prvih dveh glavnih komponent ob upoštevanju osmih osnovnih znakov. Zeleni krogi – juvenilne živali; modre zvezdice – odrasli samci; rdeči prazni kvadrati – neovigere samice; rdeči polni kvadrati – odrasle ovigere samice.

### 3.2.1.2 DFA

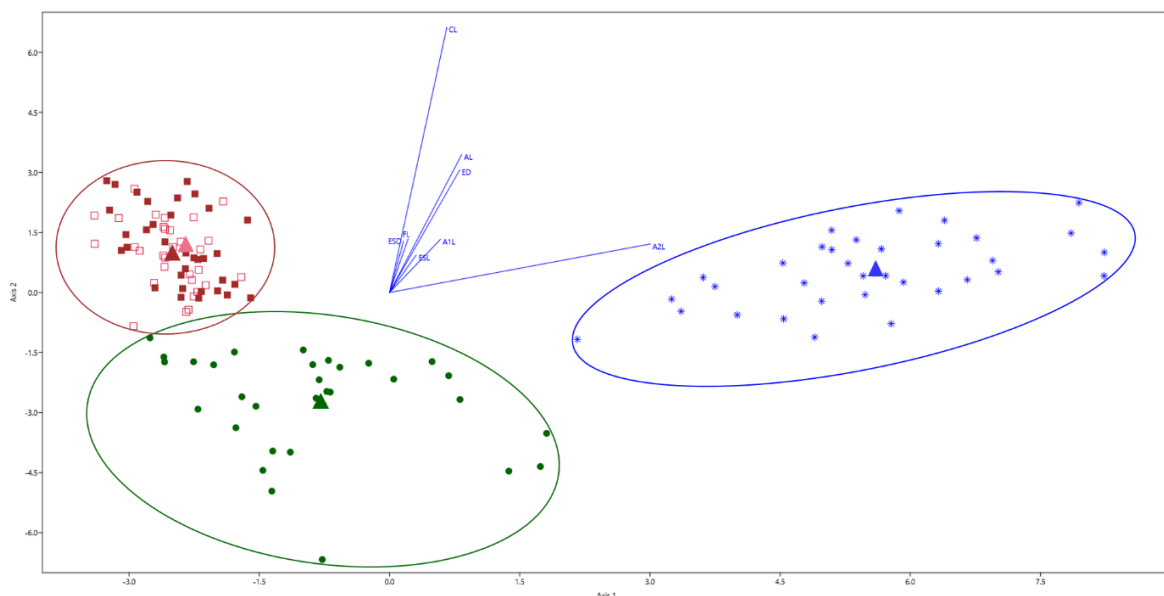
V diskriminacijski analizi tri osi pojasnijo celotno variabilnost podatkov, od tega DF1 pojasni 81.8 % ter DF2 nadaljnjih 18.1 % (Preglednica 7). Prvi dve osi tudi statistično značilno prispevata k ločitvi skupin (Wilksova lambda,  $p < 0.05$ ). Skupine se ločijo vzdolž DF1 predvsem glede na dolžino druge antene (odrasli samci > mlade živali in odrasle samice), odrasle samice in mlade živali pa se vzdolž druge osi ločijo predvsem glede na telesno velikost (CL) (Slika 13, Preglednica 8), medtem ko ostali znaki k razdelitvi skupin prispevajo bistveno manj.

**Preglednica 7.** Lastne vrednosti in odstotki pojasnjene variance vzdolž vseh treh diskriminacijskih funkcij.

	Lastna vrednost	% pojasnjene variance	Kumulativni % pojasnjene variance
DF1	11.5270	81.84	81.84
DF2	2.5448	18.07	99.91
DF3	0.0120	0.09	100

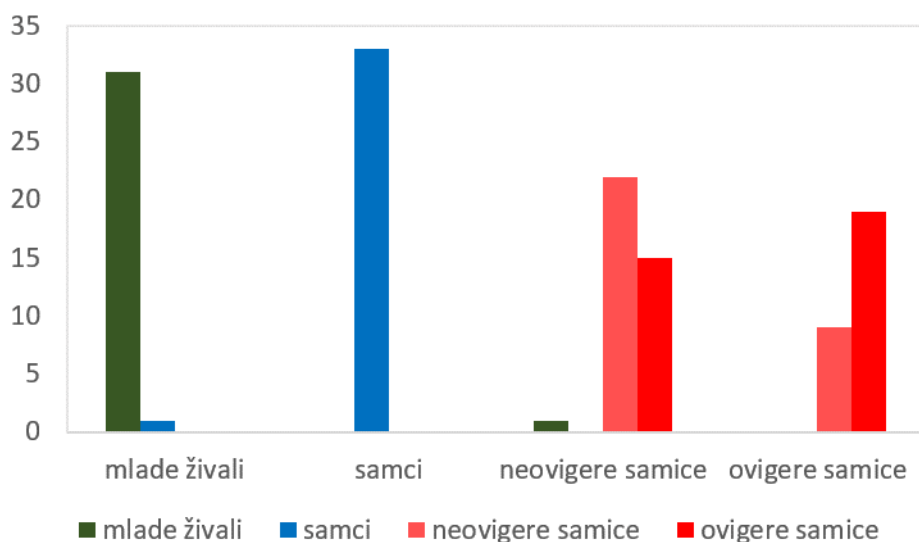
**Preglednica 8.** Korelacije med devetimi osnovnimi znaki in diskriminacijskimi funkcijami. Prispevki, večji od |0.20|, so pisani s krepkim tiskom.

	DF1	DF2	DF3
CL	0.0714	<b>0.7168</b>	<b>0.2886</b>
AL	0.0901	<b>0.3730</b>	-0.0345
FL	0.0232	0.1450	-0.0578
ED	0.0876	<b>0.3319</b>	0.0067
ESD	0.0175	0.1390	-0.0247
ESL	0.0332	0.1013	0.0963
A1L	0.0636	0.1439	0.0866
A2L	<b>0.3253</b>	0.1313	0.0008

**Slika 13.** Projekcija 131 živali iz štirih skupin vzdolž prvih devetih diskriminacijskih osi ob upoštevanju osmih osnovnih znakov. Zeleni krogi – juvenilne živali; modre zvezdice – odrasli samci; rdeči polni kvadrati – ovigere odrasle samice; rdeči prazni kvadrati – neovigere samice. Trikotnik pripadajoče barve predstavlja centroide skupin. Z elipsami so označeni odrasli samci (modra), mlade živali (zelena) in odrasle samice (rdeča).

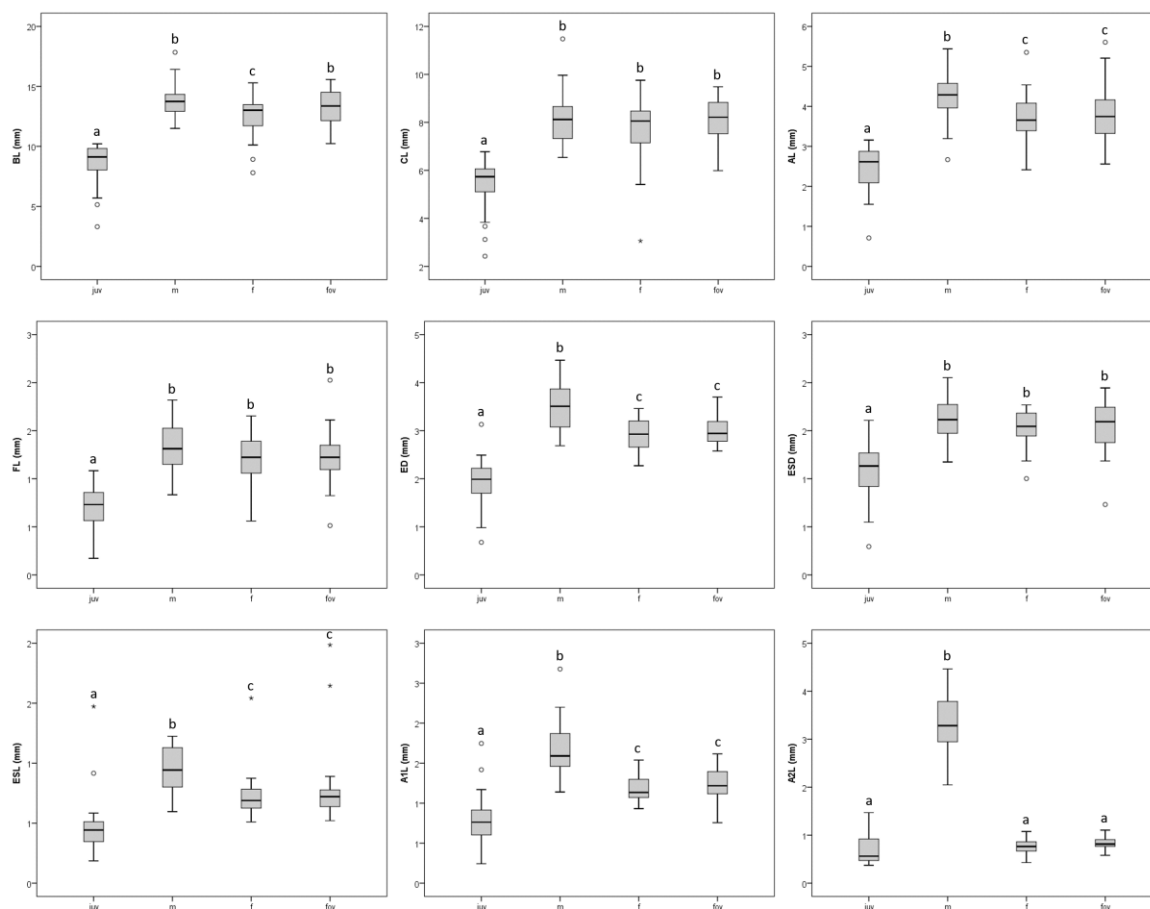
Ujemanje med dejanskimi in predvidenimi skupinami je visoko. Osnovna klasifikacija in Jackknife klasifikacija: 98.5 % ali 129 od 131 živali, če ne upoštevamo, da se močno premešata obe skupini samic. V slednjem primeru pravilnost uvrstitev pade na 80.2 % v

osnovni klasifikaciji oziroma na 66.4 % v klasifikaciji z metodo Jackknife. Ob neupoštevanju mešanja obeh skupin odraslih samic se tako v osnovni kot Jackknife klasifikaciji le ena juvenilna žival uvrsti med neovigere samice, en odrasel samec pa med mlade živali (Slika 14). Uvrstitev neovigerih samic v ovigere (obe klasifikaciji: 9 živali) in obratno (obe klasifikaciji: 15 živali) je veliko.



**Slika 14.** Uvrstitev živali v dejansko skupino in izven nje (rezultat v osnovni kvalifikaciji je enak tistemu z Jackknife metodo).

Primerjava osnovnih znakov (Slika 15) pokaže, da se mlade živali v vseh devetih znakih značilno razlikujejo vsaj od ene od preostalih treh skupin, vrednosti pa so pri mladih živalih vedno najnižje. Odrasli samci se vsaj od ene skupine odraslih samic (z ali brez jajc) razlikujejo v telesni dolžini (BL), ki je večja ali enaka kot pri odraslih samicah, ter po daljšem karapaksu (CL), daljši razdalji med očmi (ED), daljših očesnih steblih (ESL) ter daljših antenah 1 in 2 (A1L, A2L). Odrasle samice z jajci se od odraslih samic brez njih le rahlo razlikujejo in so nekoliko večje (BL).



**Slika 15.** Primerjava devetih osnovnih spolno nedimorfnih znakov med štirimi skupinami pri kraškem škrgonožcu (juv – mlade živali, m – odrasli samci, f – odrasle neovigere samice, fov – odrasle ovigere samice). Različne črkovane oznake pomenijo statistično značilne razlike v povprečnih vrednostih. Krajšave znakov po vrsti na x osi: BL, CL, AL, FL, ED, ESD, ESL, A1L, A2L, na y osi: juv, m, f, fov.

### 3.2.2 Razmerja

#### 3.2.2.1 PCA

V PCA analizi z vključenimi devetimi znaki (BL in osem standardiziranih ostankov) devet glavnih osi razloži celotno varianco podatkov (Preglednica 9). PC1 je močno pozitivno povezana z razmerjem med dolžinama prve in druge antene, deloma negativno pa z razmerjem med dolžino druge antene in dolžino karapaksa (Preglednica 10), kjer si od leve (manjše živali) proti desni (večje živali) sledijo odrasli samci, juvenilne živali in nato odrasle samice. Ovigere in neovigere samice se vzdolž prvih dveh osi močno prekrivajo (Slika 16). Odrasli samci imajo relativno najkrajše prve oziroma najdaljše druge antene (A1L/A2L, A2L/CL), obratno velja za odrasle samice. Juvenilne živali imajo vmesne vrednosti obeh znakov. Vzdolž druge osi se živali razporejajo najbolj na račun relativne dolžine furke glede na dolžino abdomna (FL/AL), ki je pri odraslih živalih v primerjavi z juvenilnimi daljši.

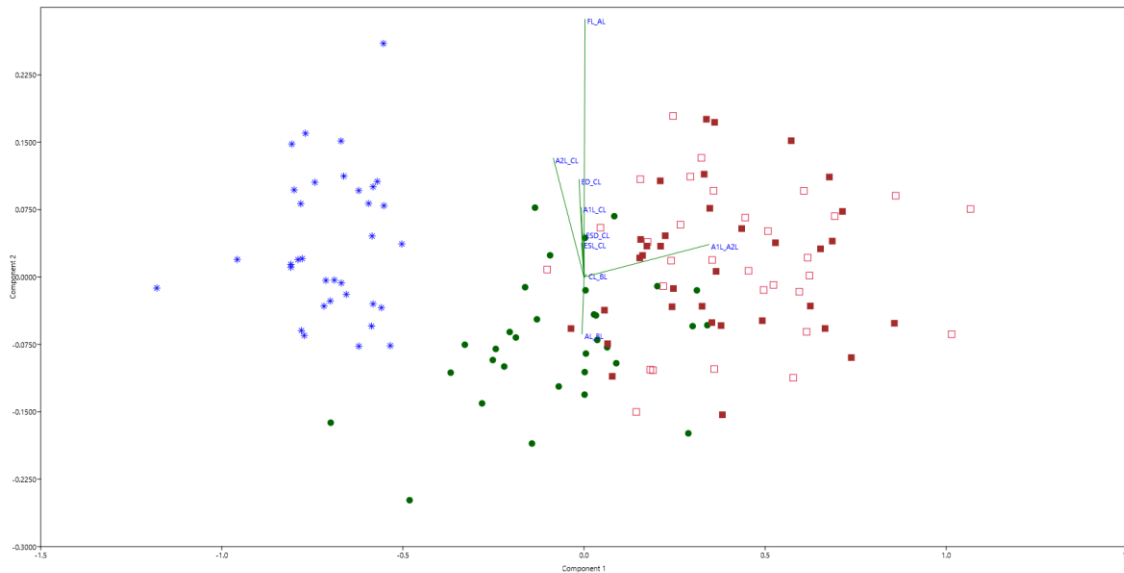


**Preglednica 9.** Lastne vrednosti in odstotki pojasnjene variance vzdolž prvih treh glavnih komponent. Devet glavnih komponent pojasni celotno variabilnost podatkov.

Os	Lastna vrednost	% pojasnjene variance	Kumulativni % pojasnjene variance
PC1	0.25571	93.15	93.15
PC2	0.00762	2.78	95.93
PC3	0.00721	2.63	98.56

**Preglednica 10.** Prispevki posameznih znakov k razlagi variabilnosti vzdolž prvih štirih glavnih komponent. Prispevki, večji od  $|0.20|$ , so pisani s krepkim tiskom.

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
CL/BL	0.0170	0.0082	<b>-0.2529</b>	<b>-0.4806</b>
AL/BL	-0.0149	-0.1782	<b>0.2929</b>	<b>0.3492</b>
FL/AL	0.0079	<b>0.8061</b>	<b>-0.4666</b>	0.0957
ED/CL	-0.0393	<b>0.3049</b>	<b>0.3338</b>	<b>0.4458</b>
ESD/CL	-0.0019	0.1360	0.0170	<b>0.3623</b>
ESL/CL	-0.0191	0.1065	0.1282	0.1478
A1L/CL	-0.0215	<b>0.2170</b>	<b>0.2901</b>	-0.0321
A2L/CL	<b>-0.2385</b>	<b>0.3717</b>	<b>0.6205</b>	<b>-0.5252</b>
A1L/A2L	<b>0.9696</b>	0.1015	0.1878	-0.0953



**Slika 16.** Projekcija 131 živali vzdolž prvih dveh glavnih komponent ob upoštevanju devetih razmerij. Zeleni krogi – juvenilne živali; modre zvezdice – odrasli samci; rdeči prazni kvadrati – neovigere odrasle samice; rdeči polni kvadrati – ovigere odrasle samice.

## 3.2.2.2 DFA

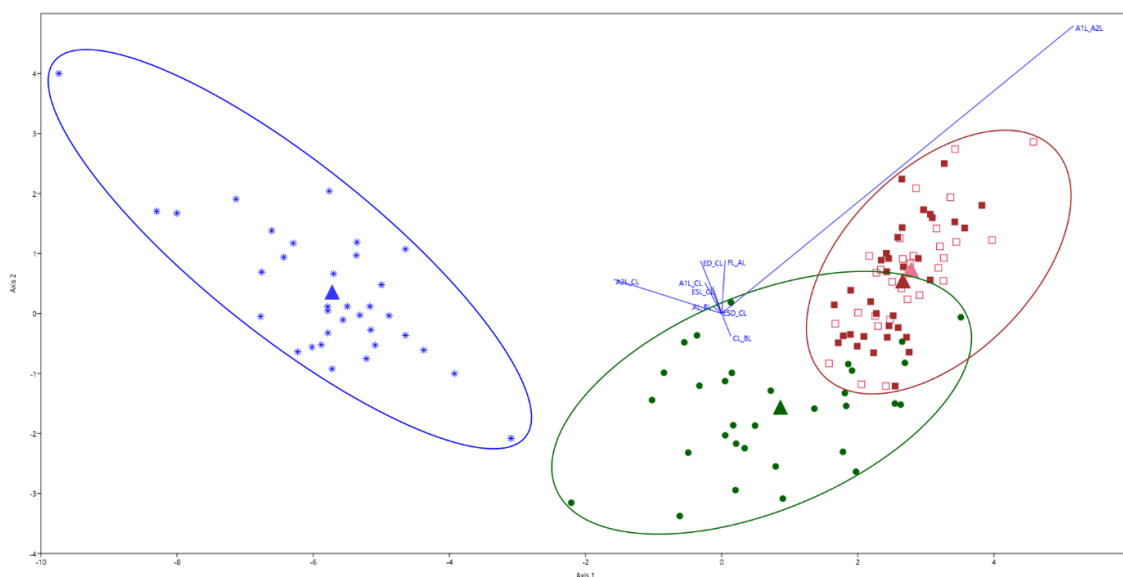
V diskriminacijski analizi tri osi pojasnijo celotno variabilnost podatkov, od tega DF1 pojasni 93.6 % ter DF2 nadaljnjih 6.3 % (Preglednica 11). Prvi dve osi tudi statistično značilno prispevata k ločitvi skupin (Wilksova lambda,  $p < 0.05$ ). Ponovno se skupine oblikujejo predvsem na račun razmerja dolžin prve in druge antene (Preglednica 12, Slika 17), medtem ko ostali znaki k razdelitvi skupin prispevajo bistveno manj.

**Preglednica 11.** Lastne vrednosti in odstotki pojasnjene variance vzdolž vseh treh diskriminacijskih funkcij.

	Lastna vrednost	% pojasnjene variance	Kumulativni % pojasnjene variance
DF1	12,7510	93,63	93,63
DF2	0,8583	6,30	99,93
DF3	0,0089	0,07	100

**Preglednica 12.** Korelacije med devetimi razmerji in diskriminantnimi funkcijami. Prispevki, večji od |0.10|, so pisani s krepkim tiskom.

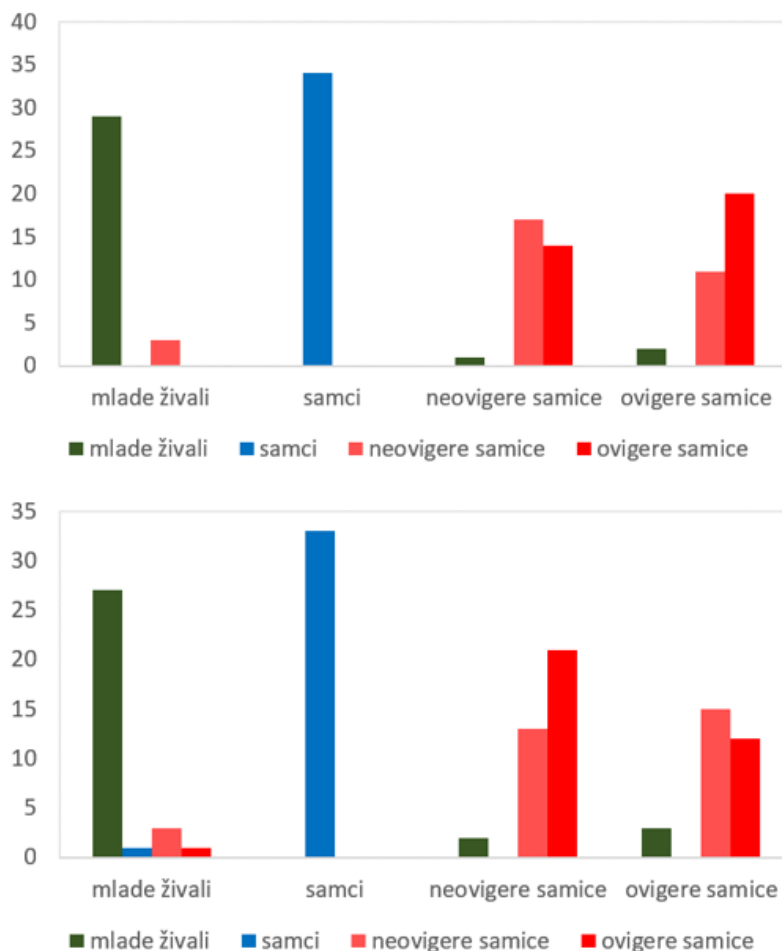
	DF1	DF2	DF3
CL/BL	0.0031	-0.0088	0.0066
AL/BL	-0.0027	0.0025	-0.0068
FL/AL	0.0012	0.0207	0.0073
ED/CL	-0.0072	0.0204	0.0036
ESD/CL	-0.0004	0.0009	-0.0119
ESL/CL	-0.0031	0.0103	0.0118
A1L/CL	-0.0057	0.0119	0.0166
A2L/CL	-0.0369	0.0133	-0.0034
A1L/A2L	<b>0.1207</b>	<b>0.1120</b>	-0.0199



**Slika 17.** Projekcija 131 živali iz štirih skupin vzdolž prvih dveh diskriminacijskih osi ob upoštevanju devetih razmerij. Zeleni krogi – juvenilne živali; modre zvezdice – odrasli samci; rdeči prazni kvadrati – neovigere odrasle samice; rdeči polni kvadrati – ovigere odrasle samice. Trikotniku ustrezne barve predstavljajo centroide skupin. Z elipsami so označeni odrasli samci (modra), mlade živali (zeleno) ter odrasle samice (rdeča).

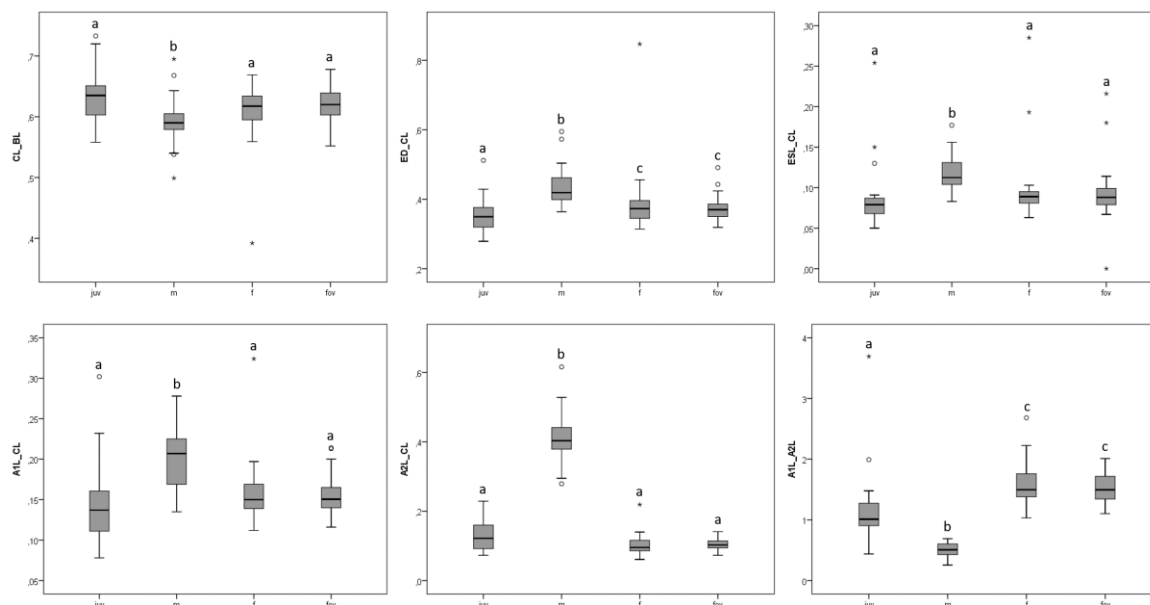
Ujemanje med dejanskimi in predvidenimi skupinami je visoko (osnovna klasifikacija: 95.4 % ali 125 od 131 živali; Jackknife klasifikacija: 92.4 % oziroma 121 od 131 živali), če ne upoštevamo, da se močno premešata obe skupini samic. V slednjem primeru pravilnost uvrstitev pade na 76.3 % v osnovni klasifikaciji oziroma na 64.9 % v klasifikaciji z metodo Jackknife.

Ob neupoštevanju mešanja obeh skupin odraslih samic se v osnovni klasifikaciji le tri juvenilne živali uvrstijo med neovigere (ena žival) oziroma ovigere (dve živali) samice ter tri neovigere samice med mlade živali. Vsi samci se uvrstijo v dejansko skupino. V klasifikaciji z metodo Jackknife pa se število drugam uvrščenih živali zviša za mlade živali (tri juvenilne živali se uvrstijo med ovigere, dve med neovigere samice), tri neovigere in ena ovigera samica pa med juvenilne živali – en odrasel samec se uvrsti med mlade živali (Slika 18). Uvrstitev neovigerih samic v ovigere (osnovna klasifikacija: 11 živali; Jackknife: 15 živali) in obratno (osnovna klasifikacija: 14 živali; Jackknife: 21 živali) je veliko.



**Slika 18.** Uvrstitve živali v dejansko skupino in izven nje (zgoraj: osnovna klasifikacija, spodaj: Jackknife metoda).

Primerjava šestih razmerij, ki kažejo statistično značilne razlike med skupinami (Slika 19), pokaže, da imajo samci relativno krajši karapaks in večjo razdaljo med očmi ter daljša očesna stebila ter anteni 1 in 2 kot ostale skupine. Samci imajo hkrati najnižje razmerje med dolžinami prve in druge antene, sledijo mlade živali, največje pa je to razmerje pri obeh skupinah samic. V razdalji med očmi so se pokazale statistično značilne razlike še med mladimi živalmi (manjša razdalja) in odraslimi samicami obeh skupin (večja razdalja).



**Slika 19.** Primerjava šestih razmerij med štirimi skupinami pri kraškem škrgonožcu (juv – mlade živali, m – odrasli samci, f – odrasle neovigere samice, fov – odrasle ovigere samice). Različne črkovne oznake pomenijo statistično značilne razlike v povprečnih vrednostih. Razmerja po vrsti a x osi: CL/BL, ED/CL, ESL/CL, A1L/CL, A2L/CL, A1L/A2L, na y osi: juv, m, f, fov.

### 3.2.3 Standardizirani ostanki

#### 3.2.3.1 PCA

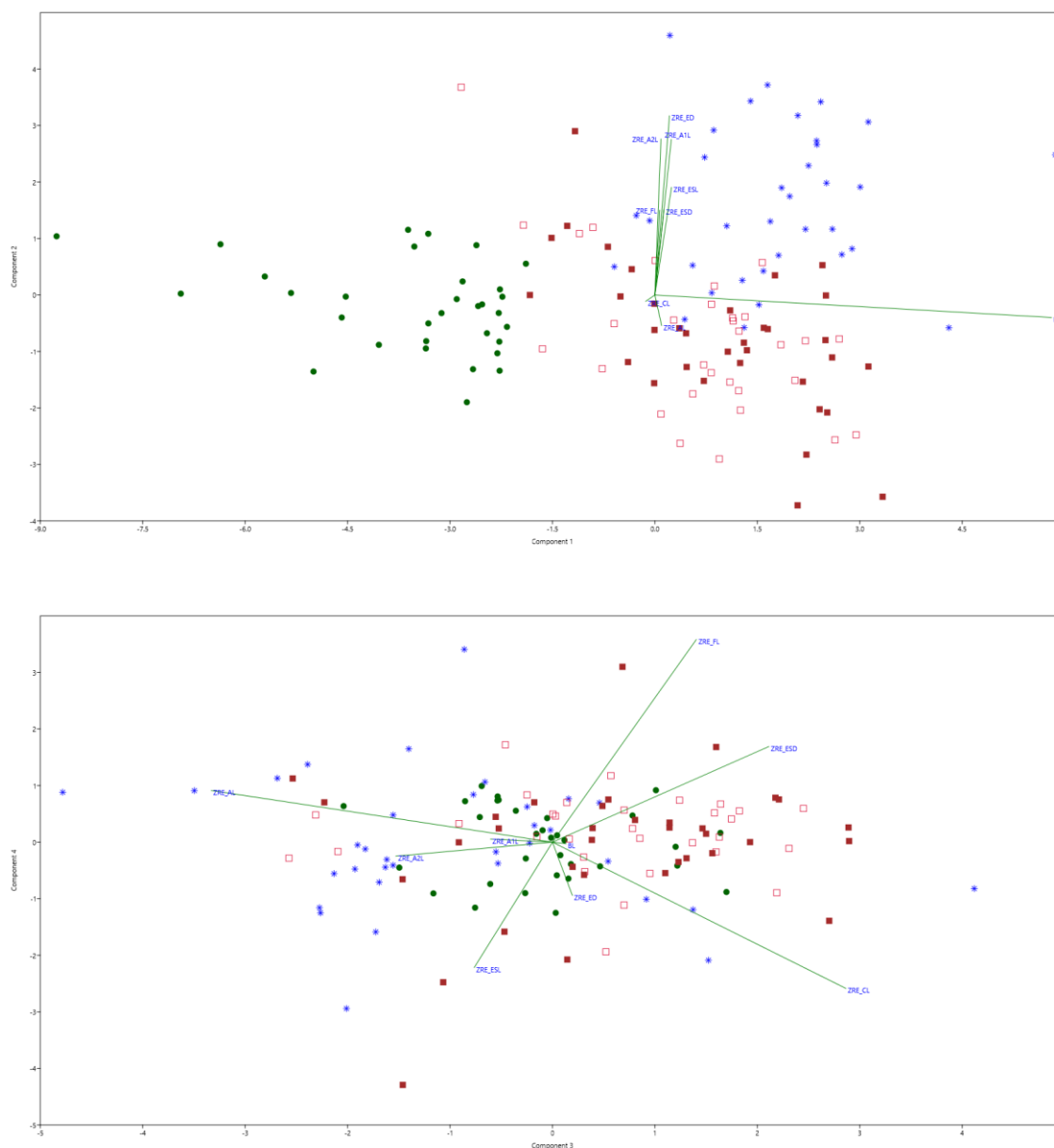
V PCA analizi z vključenimi devetimi razmerji devet glavnih osi razloži celotno varianco podatkov, od tega prvih pet več kot 90 %. Od tega skoraj polovico variabilnosti (46.4 %) pojasni PC1, PC 2 in PC3 pa nadaljnjih 18.0 % oziroma 15.6 % (Preglednica 13). Vzdolž prve osi (PC1) se skoraj izključno spreminja le velikost telesa (BL), ki narašča od leve proti desni in najbolj loči manjše juvenilne živali od vseh odraslih (Preglednica 14, Slika 20). Vzdolž druge osi se nato nakazuje še diferenciacija med odraslimi samci (z višjimi vrednostmi) ter samicami (z nižjimi vrednostmi). Znaki, ki se najbolj spreminjajo vzdolž druge osi, so: relativna razdalja med očmi ter dolžini obeh anten (samci imajo vse vrednosti večje od samic). PC3 z velikim prekrivanjem nadalje ločuje odrasle samice od odraslih samcev in mladih živali, ki imajo vmesne vrednosti pri večini znakov (Slika 20).

**Preglednica 13.** Lastne vrednosti in odstotki pojasnjene variance vzdolž prvih petih glavnih komponent. Devet glavnih komponent pojasni celotno variabilnost podatkov.

Os	Lastna vrednost	% pojasnjene variance	Kumulativni % pojasnjene variance
PC1	6.27939	46.36	46.36
PC2	2.43677	17.99	64.35
PC3	2.11371	15.61	79.96
PC4	0.97764	7.22	87.18
PC5	0.78404	5.79	92.97

**Preglednica 14.** Prispevki posameznih znakov k razlagi variabilnosti vzdolž prvih petih glavnih komponent. Prispevki, večji od |0.20|, so pisani s krepkim tiskom.

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
BL	<b>0.9968</b>	-0.0684	0.0245	-0.0051	0.0007
ZRE_CL	-0.0232	-0.0193	<b>0.5312</b>	<b>-0.4795</b>	0.0452
ZRE_AL	0.0168	-0.0928	<b>-0.6177</b>	0.1695	<b>0.2014</b>
ZRE_FL	0.0120	<b>0.2577</b>	<b>0.2603</b>	<b>0.6643</b>	<b>-0.5663</b>
ZRE_ED	0.0367	<b>0.5448</b>	0.0360	-0.1746	0.1326
ZRE_ESD	0.0223	<b>0.2596</b>	<b>0.3918</b>	<b>0.3137</b>	<b>0.5369</b>
ZRE_ESL	0.0418	<b>0.3272</b>	-0.1416	<b>-0.4110</b>	<b>-0.5347</b>
ZRE_A1L	0.0413	<b>0.4731</b>	-0.1121	0.0103	0.1992
ZRE_A2L	0.0152	<b>0.4742</b>	<b>-0.2836</b>	-0.0459	0.0730



**Slika 20.** Projekcija 131 živali vzdolž prvih (zgoraj; PC1 X PC2) in drugih (spodaj; PC3 X PC4) dveh glavnih komponent ob upoštevanju devetih razmerij. Zeleni krogi – juvenilne živali; modre zvezdice – odrasli samci; rdeči prazni kvadratici – neovigere odrasle samice; rdeči polni kvadratici – ovigere odrasle samice.

### 3.2.3.2 DFA

V diskriminacijski analizi tri osi pojasnijo celotno variabilnost podatkov, od tega DF1 pojasni 85.5 % ter DF2 nadaljnjih 14.4 % (Preglednica 15). Prvi dve osi tudi statistično značilno prispevata k ločitvi skupin (Wilksova lambda,  $p < 0.05$ ). Prva os loči samce od ostalih skupin predvsem na račun relativno daljše druge antene in nekoliko večje telesne velikosti (Preglednica 16). Druga os nadalje loči še mlade živali od dveh skupin odraslih

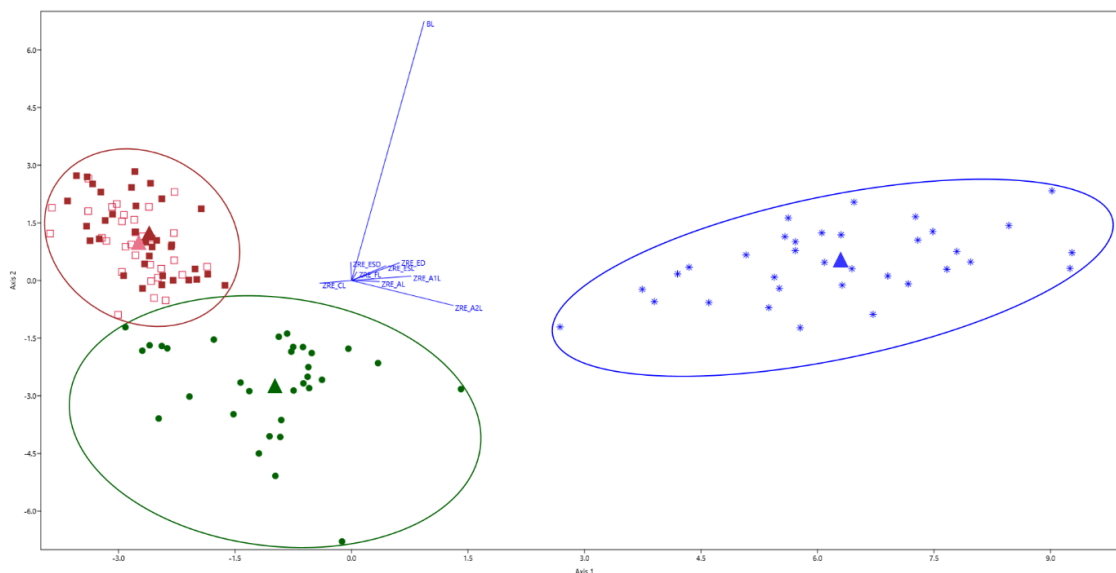
samic, predvsem na račun manjše telesne velikosti mladih živali (Preglednica 16, Slika 21).

**Preglednica 15.** Lastne vrednosti in odstotki pojasnjene variance vzdolž vseh treh diskriminacijskih funkcij.

	Lastna vrednost	% pojasnjene variance	Kumulativni % pojasnjene variance
DF1	14.6820	85.50	85.50
DF2	2.4670	14.42	99.92
DF3	0.0131	0.08	100

**Preglednica 16.** Korelacije med devetimi znaki (dolžina telesa in standardizirani ostanki za osem znakov) in diskriminantnimi funkcijami. Prispevki, večji od |0.20|, so pisani s krepkim tiskom.

	DF1	DF2	DF3
BL	0.1728	<b>1.2444</b>	-0.1418
ZRE_CL	-0.0750	-0.0127	<b>-0.3805</b>
ZRE_AL	0.0659	-0.0051	0.1940
ZRE_FL	0.0124	0.0397	<b>0.3894</b>
ZRE_ED	0.1139	0.0850	0.1196
ZRE_ESD	-0.0018	0.0876	<b>0.2049</b>
ZRE_ESL	0.0821	0.0708	<b>-0.3848</b>
ZRE_A1L	0.1412	0.0212	<b>-0.2043</b>
ZRE_A2L	<b>0.2419</b>	-0.1198	0.0464

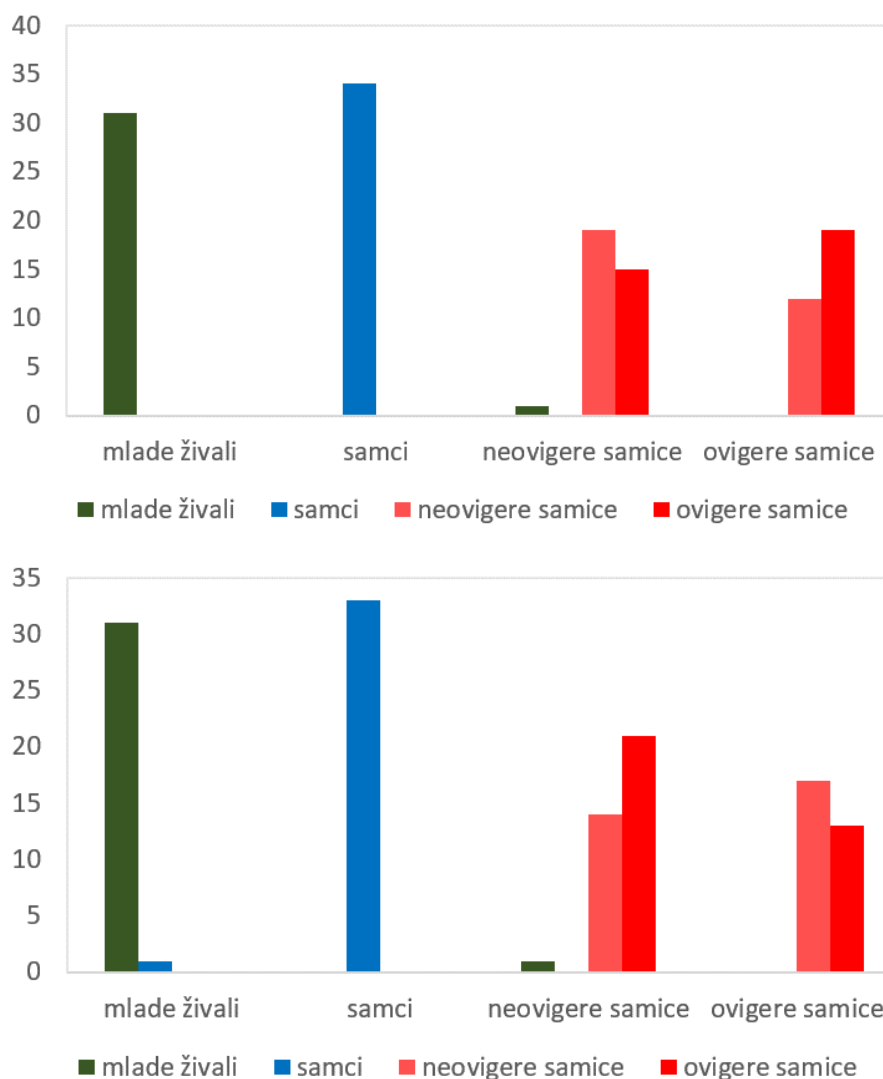


**Slika 21.** Projekcija 131 živali iz štirih skupin vzdolž prvih dveh diskriminacijskih osi ob upoštevanju devetih znakov (telesna dolžina in standardizirani ostanki za osem znakov). Zeleni krogi – juvenilne živali; modre zvezdice – odrasli samci; rdeči prazni kvadrati – neovigere odrasle samice; rdeči polni kvadrati – ovigere odrasle samice. Trikotniki ustrezne barve predstavljajo centre skupin. Z elipsami so označeni odrasli samci (modra), mlade živali (zeleno) ter odrasle samice (rdeča).



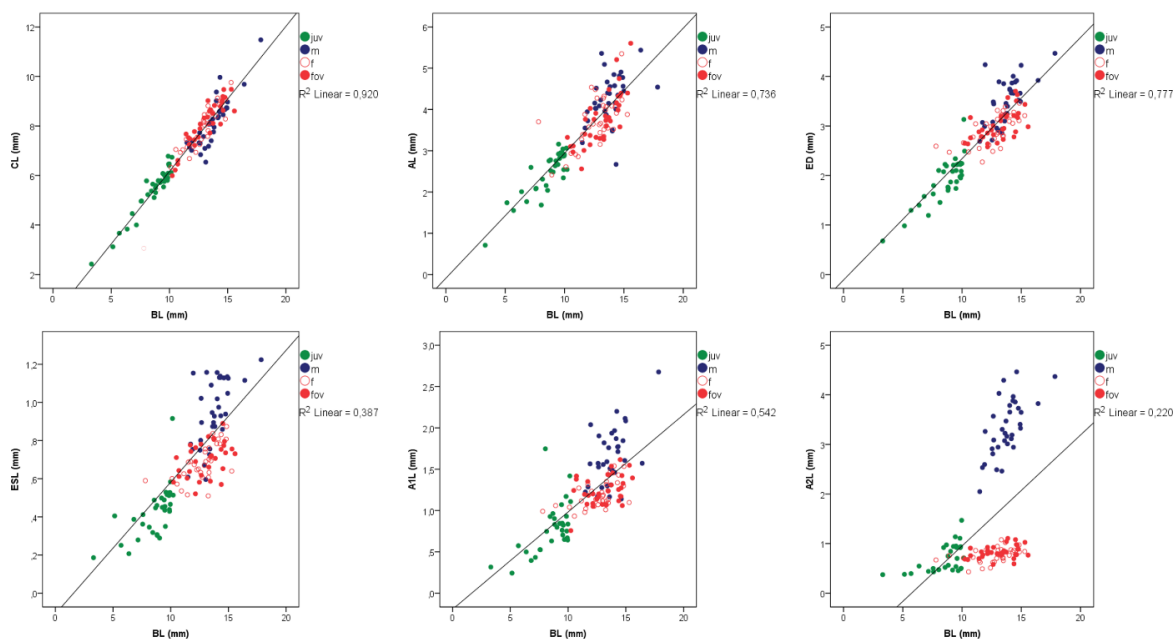
Ujemanje med dejanskimi in predvidenimi skupinami je visoko (osnovna klasifikacija: 99.2 % ali 130 od 131 živali; Jackknife klasifikacija: 98.5 % oziroma 129 od 131 živali), če ne upoštevamo, da se močno premešata obe skupini samic. V slednjem primeru pravilnost uvrstitev pade na 78.6 % v osnovni klasifikaciji oziroma na 69.5 % v klasifikaciji z metodo Jackknife.

Ob neupoštevanju mešanja obeh skupin odraslih samic se v osnovni klasifikaciji le ena juvenilna žival uvrsti med neovigere samice, v klasifikaciji z metodo Jackknife pa se poleg ene juvenilne živali, ki se uvrsti med neovigere samice, še en samec uvrsti v skupino juvenilnih živali. Drugih uvrstitev razen močnega mešanja neovigerih in ovigerih samic ni (osnovna klasifikacija: 12 neovigerih samic se uvrsti v skupino ovigerih in 15 ovigerih samic se uvrsti v skupino neovigerih; Jackknife metoda: 17 neovigerih samic se uvrsti v skupino ovigerih in 21 ovigerih samic se uvrsti v skupino neovigerih; Slika 22).



**Slika 22.** Uvrstitve živali v dejansko skupino in izven nje (zgoraj: osnovna klasifikacija, spodaj: Jackknife metoda).

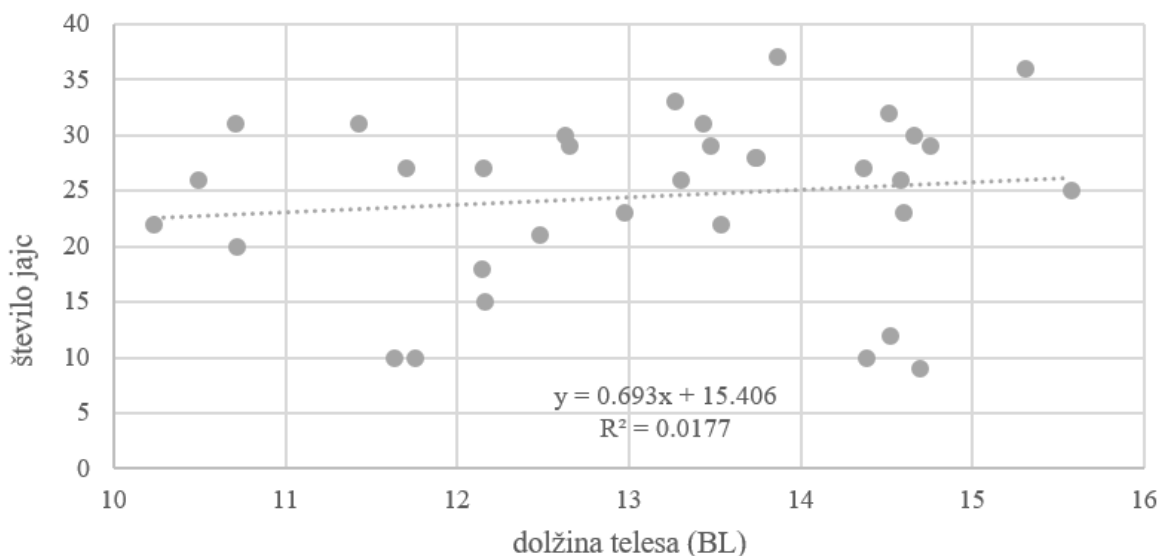
Relativno glede na telesno velikost se izkaže, da je razlika med skupinami najbolj vidna v šestih razmerjih (Slika 23). Od vseh močno odstopa relativna dolžina drugega para anten, kjer se jasno loči skupina samcev z najdaljšimi antenami, skupina odraslih samic pa ima relativno najkrajše antene 2 (A2L). Podobno je pri prvih antenah, s tem, da se od ostalih skupin po relativno daljših prvih antenah najbolj ločijo le odrasli samci. Odrasli samci imajo še relativno najkrajši karapaks, a najdaljši zadek, razdaljo med očmi ter očesna stebila.



**Slika 23.** Relativna dolžina šestih znakov glede na dolžino telesa, ki se med štirimi skupinami pri kraškem škrgonožcu (juv – mlade živali (zelena), m – odrasli samci (modra), f – odrasle neovigere samice (prazna rdeča), fov – odrasle ovigere samice (polna rdeča)) najbolj razlikujejo. Prikazane so linearne regresijske premice z vrednostmi  $R^2$  za vse skupine skupaj. Kratice znakov po vrsti na x osi CL, AL, ED, ESL, A1L, A2L, na y osi BL.

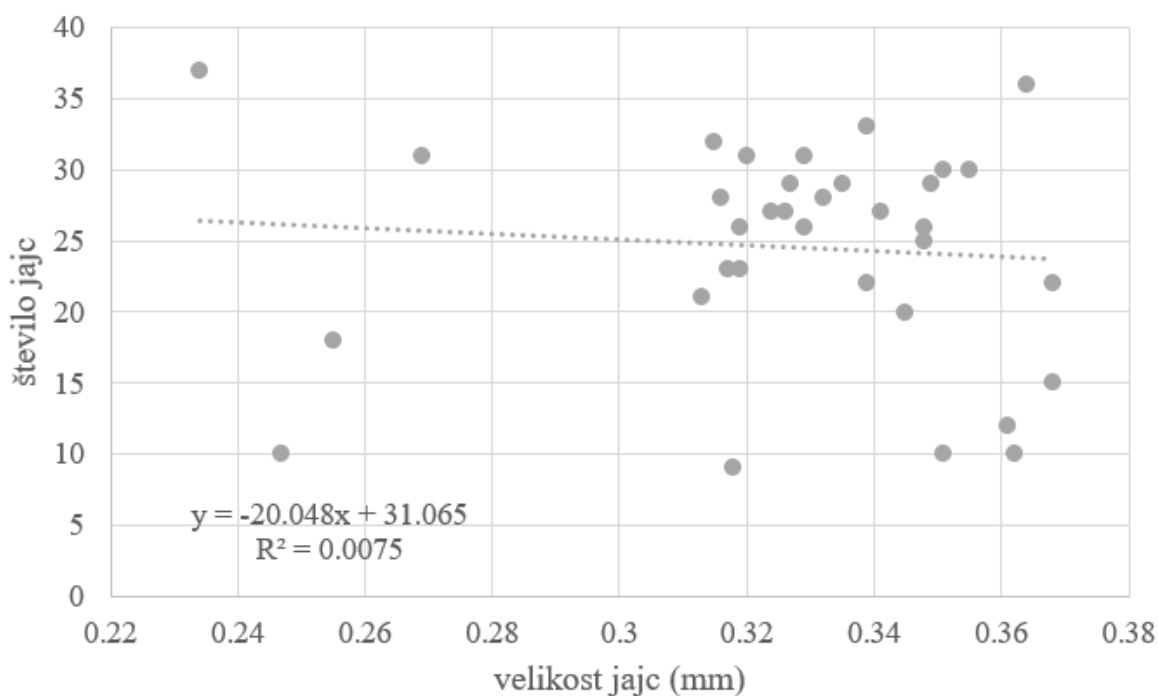
### 3.3. Številčna variabilnost jajc

V našem vzorcu smo opazili veliko variabilnost v odvisnosti med velikostjo samic (BL) in številom jajc (Slika 24). Podatki so razpršeni, korelacija ( $R^2 = 0,0177$ ) med obema spremenljivkama pa je nizka, kar pomeni, da je število jajc pri določeni velikosti živali zelo variabilno. Razlog za visoko variabilnost so lahko različna vitalnost samice, razlike v okoljskih parametrih ter trenutna dieta samic.

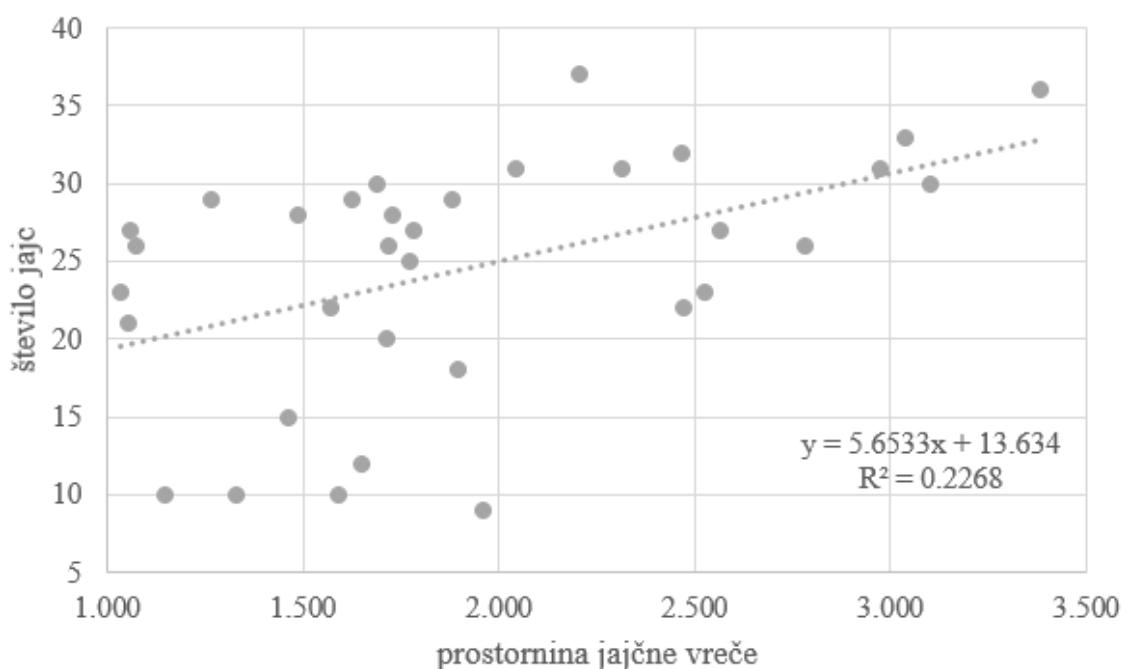


**Slika 24.** Korelacija med velikostjo telesa (BL) ter številom jajc pri vrsti *Chirocephalus croaticus*.

Slika 25 predstavlja odvisnost velikosti jajc od števila jajc v jajčni vreči. Glede na rezultate lahko predvidevamo, da tudi ta dva parametra nista močno povezana ( $R^2 = 0.0075$ ). Kljub temu pa se z velikostjo jajc vsaj nekoliko zmanjšuje število jajc. Do tega lahko pride zaradi zmanjšane prostora za večje število jajc v jajčni vreči. Na drugi strani (Slika 26) pa lahko opazimo, da je število jajc povezano z velikostjo oziroma prostornino jajčne vreče ( $R^2 = 0.2268$ ), saj večja kot je prostornina, več jajc je lahko v njej.



**Slika 25.** Korelacija med številom in velikostjo jajc pri vrsti *C. croaticus*



Slika 26. Odvisnost števila jajc od prostornine oziroma velikosti jajčne vreče kraškega škrgonožca.

### 3.4 Diskusija

V raziskavi smo proučevali telesne značilnosti kraškega škrgonožca *Chirocephalus croaticus*. Vzorce smo uspeli zbrati le iz enega jezera (Petelinjsko jezero), zato razlik v morfologiji s trenutno edinim drugim znanim nahajališčem (Jeredovce) nismo mogli preučevati. Jezerce Jeredovce se nahaja v območju poligona Slovenske vojske, zato tega območja nismo pregledali. Za vrsto sta trenutno na voljo le dva strokovna članka. Simčič in Brancelj (2000) sta raziskovala ekologijo in prilagajanje vrste na nestabilno okolje, Brancelj in Gorjanc (1999) sta opisovala morfološke značilnosti samcev in samic ter nekaj razlik oziroma podobnosti med njima, ne pa tudi v kakšni odvisnosti so morfološki znaki drug od drugega in med skupinami. V raziskavi smo za vsako skupino naključno izbrali 34 živali za morfometrijske analize. Koliko živali smo uporabili v statističnih analizah je podano v Prilogi A, Prilogi B in Prilogi C.

Na Petelinjskem jezeru smo vzorčili živali ter jih fiksirali v 70 % etanolu. Opazili smo vidno zmanjšanje telesa živali po fiksaciji, na kar opozarja tudi Timms (2015). Ker smo meritve opravili na fiksiranih vzorcih, bi lahko ob merjenju živih živali v naravi prišlo do odstopanj.

Na podlagi statističnih rezultatov kot tudi opažanj lahko vidimo morfološke razlike med spoloma ter juvenilnimi živalmi, ki so bile očitno manjše od odraslih. Pri večini testov smo dobili podobne rezultate, ki nakazujejo, da se juvenilne živali dobro ločijo od odraslih. Kljub jasni ločitvi juvenilnih živali pa smo opazili večjo podobnost juvenilnih živali z

odraslimi samicami kot samci. Medtem nismo opazili bistvenih razlik med odraslimi ovigerimi in neovigerimi samicami, saj izgleda, da se razmerja na telesu obeh skupin ne razlikujejo, kljub razliki v prisotnosti oziroma odsotnosti jajc. Pri drugem paru anten (Slika 15, 19) smo opazili večjo podobnost med juvenilnimi živalmi in odraslimi ovigerimi ter neovigerimi samicami kot pa med njimi in odraslimi samci. Izkaže se, da je ta antena pri odraslih samcih močno podaljšana, pri juvenilnih živalih in odraslih samicah pa je kratka v približno enakem razmerju glede na dolžino telesa, medtem ko je relativna vrednost pri odraslih samcih višja.

Opazimo lahko razliko med juvenilnimi živalmi, odraslimi samicami ter samci (Slika 23). Najbolj je očitna razlika med mladimi živalmi in odraslimi samicami v primerjavi s samci na podlagi anten 2 (AL2) glede na BL, kjer imajo samci vidno daljše antene 2. V dolžini karapaksa (CL) se najbolj ločijo odrasle živali od juvenilnih, odrasli samci in samice imajo relativno enako dolg karapaks v primerjavi z dolžino telesa. Glede na dolžino telesa imajo samci tudi daljši abdomen (AL), razdaljo med očmi (ED), razdaljo od korenine do konca oči (ESD) ter antene 1 (AL1) od juvenilnih živali in odraslih ovigerih in neovigerih samic. Juvenilne živali se dobro ločijo od odraslih, saj imajo vse vrednosti, glede na dolžino telesa, nižje.

Juvenilnim živalim spola nismo določili, čeprav so bile živali morfološko bolj podobne odraslim samicam kot samcem. Morda bi za določitev spola pri juvenilnih živalih našli rešitev ob uporabi visoke povečave in s podrobnim opazovanjem spolnih organov (Daborn 1975).

Značilno dolge (absolutno in relativno) antene 2 niso značilne samo za vrsto kraškega škrgonožca, ampak tudi za ostale vrste škrgonožcev (Asem in Rastegar-Pouyani 2007; Mura 2001a, b; Petrov in Marinček 1991; Timms 2015). Petrov in Marinček (1991) predpostavljata različne oblike anten 2 pri odraslih samcih. Odvisno od oblike glave, se lahko para stikata ali prekrivata. V našem primeru smo opazili upognjeni anteni druga proti drugi in sta se v večini primerov pred mandibulami prekrivali ali pa sta bili iztegnjeni naprej. Velikost anten pri samcih lahko ponazarja večjo dominanco samca nad samico in lažje parjenje (Asem in Rastegar-Pouyani 2007; Mura in sod. 2003). Velikost telesa je lahko pomembna za način parjenja, kot je pri rodu *Artemia*, kjer je samica večja od samca in ga pred in med parjenjem nosi oziroma drži (Asem in Rastegar-Pouyani 2007). Pri vrsti *C. croaticus* med vzorčenjem nismo zaznali takšnega vedenja. Takšno vedenje ne velja za to vrsto ali pa v času vzorčenja nanj nismo naleteli.

S prostim očesom lahko ločimo samice in samce vrste *C. croaticus* ne samo po drugem paru anten, temveč tudi po izgledu abdomna. Pri samicah ima prvih sedem členov

abdomna krilate izrastke, medtem ko so členi pri samcih gladki (Brancelj in Gorjanc 1999). Izrastek na prvem členu abdomna pri samicah je močnejši in večji kot ostali (Brancelj in Gorjanc 1999), kar bi lahko omogočilo lažje nošenje jajčne vreče ali pa pomoč pri valjenju jajc.

Primerjava z nekaterimi drugimi vrstami škrgonožcev pokaže, da ima vrsta *C. croaticus* malo jajc v skupku<sup>2</sup> (Preglednica 17). To lahko pripišemo temu, da je glede na ostale primerjane vrste kraški škrgonožec relativno majhna žival. Za primerjavo je relativna dolžina telesa *Chirocephalus diaphanus* Prevost 1803 12–37.5 mm (Mura in sod. 2003). *Branchinecta gigas* Lynch, 1937 je eden največjih rakcev rodu Anostraca, ki meri 45–50 mm (Daborn 1975) ali več, *C. ruffoi* Cottarelli in Mura, 1984 pa ima dolžino telesa 8.4–13.8 mm (Mura 2001b), kar ga sicer uvršča med podobno velike kot *C. croaticus*.

**Preglednica 17.** Primerjava med štirimi vrstami škrgonožcev v dolžini telesa, številom jajc ter razponom oziroma povprečno temperaturo vode (Daborn 1975, Brancelj in Gorjanc 1999, Simčič in Brancelj 2000, Mura 2001b, Mura in sod. 2003).

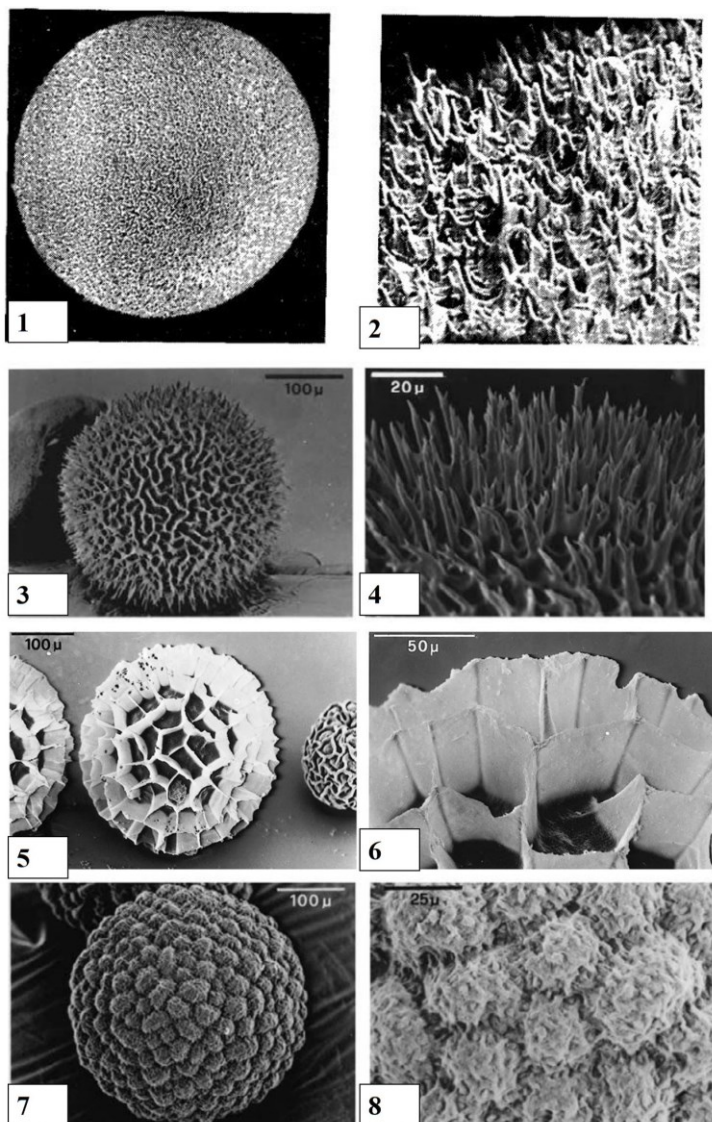
	<i>C. ruffoi</i>	<i>C. croaticus</i>	<i>C. croaticus</i>	<i>C. diaphanus</i>	<i>Branchinecta gigas</i>
Vir	Mura 2001b	Brancelj in Gorjanc 1999; Simčič in Brancelj 2000	Ta raziskava	Mura in sod. 2003	Daborn 1975
Št. jajc	45–86	44–93	9–37	480	110–260
Dolžina telesa (mm)	8.4–13.8	11.9–17.5	10.24–15.58	12–37.5	40–45
Temperatura vode (°C)	6.3–37.2	0–16.9	14.2–23.8	5–26	7–15 <sup>3</sup>

Na podlagi primerjav med štirimi vrstami ne moremo sklepati, da je število jajc nujno povezano z velikostjo samice, vendar pa se vsaj v nekem deležu večjih živali pojavi tudi večje število jajc. Ob predpostavki, da so jajca enako velika, imajo večje živali najverjetneje večje število jajc, saj predvidevamo, da imajo tudi večjo jajčno vrečo. Kadar naša predpostavka ne drži, lahko prihaja do velikih variacij v številu jajc ob različnih telesnih velikostih. Opazili smo veliko razliko med podanim številom jajc v skupku te raziskave, ter raziskav, ki sta jih opisala Brancelj in Gorjanc (1999) ter Simčič in Brancelj (2000). V našem primeru je število jajc v skupku bistveno manjše, na kar lahko vpliva več dejavnikov.

<sup>2</sup> Skupek/*clutch*: skupek jajc, ki jih samica odloži naenkrat. Samica lahko odloži v eni sezoni več skupkov z različnim številom jajc (Daborn 1975, Mura 2001a, Mura in sod. 2003).

<sup>3</sup> Vir: <http://www.arizonafairyshrimp.com/gigas.html> datum dostopa: 12. 8. 2019

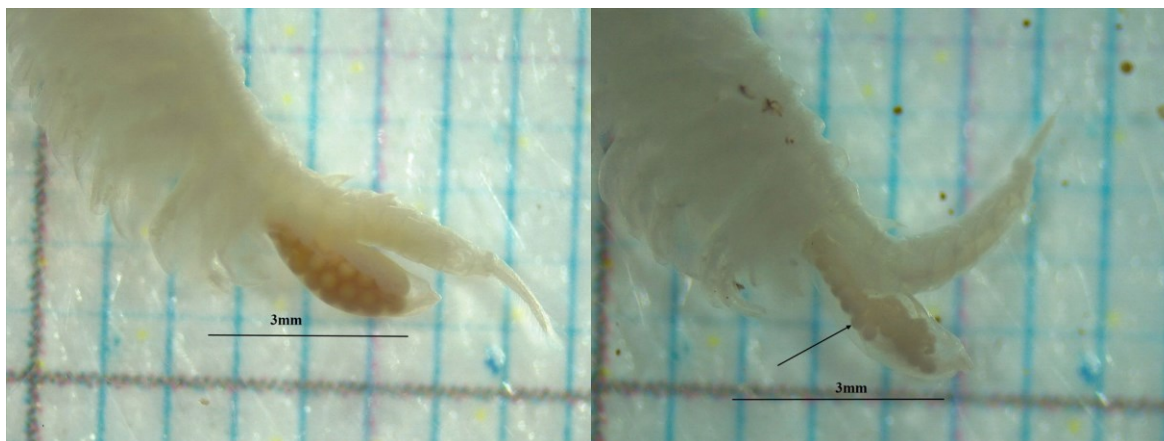
Jajca lahko opisujemo tudi z obarvanostjo in po strukturirani površini, najbolj pa so vidne razlike, če uporabimo elektronski mikroskop (npr. vrstični elektronski mikroskop (SEM/*scanning electron microscope*)) (Slika 27) (Cesar 1989; Mura 1992; Mura 2001a; Mura in sod. 2002; Mura in Rossetti 2010). Morfologija jajc se lahko razlikuje med vrstami ali med populacijami iste vrste v istem ali različnih okoljih (Prophet 1963; Mura 2001a; Mura in sod. 2002; Mura in Rossetti 2010). Velike razlike površine jajc pri različnih populacijah iste vrste se pojavijo pri *Chirocephalus diaphanus* (Mura 1992; Mura 2001a; Mura in sod. 2002) in *C. ruffoi* (Mura 2001a; Mura in Rossetti 2010), kjer so razlike vidne s SEM analizo. Pri *C. ruffoi* so zabeležili kar 12 različnih morfotipov jajc (Mura 1992; Mura in Rossetti 2010), pri *C. diaphanus* pa vsaj pet (Mura 1992; Mura in sod. 2002). Razlika v izgledu jajc posamezne vrste lahko nastane zaradi različne geografske razširjenosti in s tem lokalne adaptacije (Prophet 1963; Belk 1977; Mura in Rossetti 2010) in tudi različne prehrane živali (Timms 2015). Samica v jajčno vrečo iz materničnih žlez izloča sluz, ki obdaja zarodke (Cesar 1989). Količina sluzi, ki obdaja zarodek, se lahko razlikuje med zarodki enega skupka ter med več skupki iste samice ali večih samic (Prophet 1963; Cesar 1989; Mura in Rossetti 2010). Ko je zarodek obdan s sluzjo, se na površini takšne ciste ustvarijo vzorci (Cesar 1989; Mura 1992; Mura 2001a; Mura in sod. 2002; Mura in Rossetti 2010), ki se razlikujejo med vrstami in znotraj vrste v posameznih populacijah ali medgeneracijsko (Cesar 1989; Mura 1992; Mura in sod. 2002; Mura in Rossetti 2010). Nekatere vrste, kot je *C. diaphanus*, se med populacijami in geografsko lahko razlikujejo glede na zunanjo morfologijo jajc (Mura 1992; Mura 2001a; Mura in sod. 2002).



**Slika 27.** Medvrstna variabilnost jajc pri štirih vrstah škrgonožcev: 1–2 *Branchinecta gigas* (180x, 2000x) (Cesar 1989), 3–4 *Chirocephalus ruffoi*, 5–6 *C. diaphanus* »diaphanus pattern« in 7–8 *C. croaticus* (Mura 2001a) (združeno, preurejeno).

Sami jajc pod elektronskim mikroskopom nismo analizirali, smo pa pod stereomikroskopom opazovali njihovo obarvanost. Skoraj vse pregledane samice so imele jajca rumeno-rjavo obarvana (Slika 28). Le pri trehamicah smo prepoznali belo obarvana jajca (Slika 28). Jajca naj se v alkoholu ne bi razbarvala (Timms 2015), zato ne moremo trditi, da je to razlog za drugačno obarvanost. Ker samice proizvajajo več skupkov jajc (Daborn 1975; Mura 2001a; Mura in sod. 2003), bi lahko to bil razlog, da so prvi in naslednji skupki drugačnih barv. Tri samice z belo obarvanostjo jajc so bile ujete na različnih datumih in vzorčnih mestih (prva samica: 23. 4. 2018, VM3, 26 jajc; druga samica: 2. 5. 2018, MV1a, 37 jajc; tretja samica: 5. 5. 2018, MV1a, 18 jajc). Pregledali smo, ali so te tri samice morda morfološko še kako drugače odstopale od drugih samic, a drugih razlik nismo našli.





**Slika 28.** Večina samic (levo) je imela rumeno-rjavo obarvana jajca v jajčni vreči (glej tudi Sliko 12), medtem ko smo le pri treh samicah (desno) zaznali belo obarvanost jajc (puščica).

Temperatura vode, v kateri živijo škrgonožci, lahko dnevno močno niha, v nekaterih primerih so zaznali dnevni razpon temperature, kjer živi *C. ruffoi* do 21°C<sup>4</sup> (Mura 2001b), zato so živali takšnemu načinu življenja prilagojene (npr. primerna prehrana). Različne vrste škrgonožcev živijo v različnih okoljih, vendar pa je vsem skupno, da je njihov življenjski prostor nestabilen, zato so temu prilagojena tudi jajca. *C. diaphanus* in *C. ruffoi* z vidika, da se pojavljata v občasnih jezerih, živita v podobnih življenjskih razmerah. To so vodna telesa, ki se napolnijo spomladi, ko se sneg in led iz višje ležečih gora začne taliti (Mura 2001b; Mura in sod. 2003). *C. croaticus* živi v podobnem okolju, kjer so prav tako glavni vir vode taljenje snega ter obilne padavine (Brancelj in Gorjanc 1999; Mulec in sod. 2005). *Branchinecta gigas* je eden izmed večjih škrgonožcev, ki je plenilska vrsta in napada manjše nevretenčarje (glavni plen sta *Branchinecta mackinii* Dexter, 1956 in *Diatomus nevadensis* Light, 1938). Njihov življenjski prostor je zelo motna voda višje ležečih jezer, ki pogosto zamrznejo. Tudi pri tej vrsti jajca preživijo neugodne razmere v podlagi. Iz teh se ne izvalijo navpliji, dokler se tla ne odtalijo in s tem dvignejo delce ter tako posledično nastane motna voda (Daborn 1975). Vse primerjane vrste preživijo velik razpon temperature, saj pri življenju vztrajajo do izsušitve (ali zaledenitve) jezer (Daborn 1975; Brancelj in Gorjanc 1999; Simčič in Brancelj 2000; Mura 2001b; Mura in sod. 2003; Pipan 2005). Zaradi nestabilnega okolja, številnih stresnih dejavnikov, je prilagojen tudi njihov reproduktivni in razvojni cikel. Žival ne predvideva, kdaj se bo okolje spremenilo, zato se mora čim prej razmnoževati, da zagotovi preživetje vrste. Hitremu razvoju oziroma odraščanju in kratkemu življenjskemu ciklu pravimo r-strategija. Torej so te živali r-strategi, saj se morajo hitro odzvati na okolje: valjenje iz jajc ob prvih ustreznih razmerah, relativno zgodnja spolna zrelost ter hitro razmnoževanje zagotavljajo preživetje vrste (Mura in sod. 2003).

<sup>4</sup> Žival lahko celotni življenjski cikel zaključi v veliko širšem razponu temperature kot je dnevni. Dnevna temperatura pa se lahko spremeni tudi za 21°C, vendar so živali prilagojene na tako velika dnevna nihanja.

## 4 ZAKLJUČEK

Na podlagi morfometričnih meritev in raziskav različno starih kraških škrgonožcev obeh spolov lahko podamo naslednje ugotovitve:

- 1) Opazili smo spolni dimorfizem predvsem na podlagi absolutno in relativno daljših A2L pri samcih kot pri mladih živalih ali samicah.
- 2) Samci se od mladih živali in samic razlikujejo še po relativno krajšem CL, relativno daljših ESL, A1L, AL ter ED.
- 3) Odrasle ovigere in neovigere samice se v telesnih razmerjih ne razlikujejo.
- 4) Število jajc je zelo variabilno in skoraj neodvisno od velikosti živali ali velikosti jajc, še najbolj se kaže pozitivna soodvisnost med številom jajc in velikostjo jajčne vreče.
- 5) Pri pregledanih samicah so prevladovala rumeno-rjavo obarvana jajca, razen pri treh samicah, ki so imela belo obarvana jajca.

## 5 LITERATURA IN VIRI

Arizona Fairy shrimp. <http://www.arizonafairyshrimp.com/gigas.html> (datum dostopa 12. 8. 2019).

Asem A. in Rastegar-Pouyani N. 2007. Sexual Dimorphism in *Artemia urmiana* Gunter, 1899 (Anostraca: Artemiidae) from the Urmia Lake, West Azerbaijan, Iran. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 6 (12): 1409–1415.

Baillie, J. and Groombridge, B. (eds). 1996. *1996 IUCN Red List of Threatened Animals*. pp. 378. International Union for Conservation of Nature, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

Belk D. 1977. Evolution of egg size strategies in fairy shrimps. *The Southwestern Naturalist* 22 (1): 99–105.

Bohonak A. J. 1998. Genetic population of the fairy shrimp *Branchieta coloradensis* (Anostraca) in the Rocky Mountains of Colorado. *Canadian journal of zoology* 76: 2049–2057.

Brancelj A. in Gorjanc N. 1999. On the presence of *Chirocephalus croaticus* (Steuer, 1899) in an intermittent lake in SW Slovenia. *Hydrobiologia* 412: 25–34.

Brancelj A. Pivška jezera so šele sedaj razkrila svoje zaklade. <https://www.ilbis.com/spark/st45cl3.htm> (datum dostopa: 2. 7. 2019).

Brodar S. 1952. Prispevek k strategiji kraških jam Pivške kotline, posebej Parske globine. *Geografski vmesnik* 24: 43–73.

Cernatič-Gregorič A. in Gorkeč M. 2005. Presihajoča jezera zgornje Pivke – varstvo skozi čas. *Acta carsologica* 34 (3): 815–828.

Cesar I. I. 1989. Comparative study on the Resting egg of Several Anostracans (Crustacea). Key for the Determination of the Species based upon the Egg Structure and Diameter. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 24 (4): 169–181.

Daborn, G. R. 1975. Life history and energy relations of the giant fairy shrimp *Branchieta gigas* Lynch 1937 (Crustacea: Anostraca). *Ecology* 56: 1025–1039.

Gaberščik A. in Urbanc-Berčič O. 2003. Ekosistem, ki ga ustvarja igra vode. Jezero, ki izginja; monografija o Cerkniškem jezeru (ur. Gaberščik A.). Društvo ekologov Slovenije, Ljubljana: 51–57.

Gams I. in sod. 1973. Slovenska kraška terminologija. Zbirka: TERMNIN03.DOC <https://www.student-info.net/efiles/datoteka/20647/gams-terminologija-05-doc> (datum dostopa 2. 7. 2019).

Gams I. 2004. Kras v Sloveniji v prostoru in času – 2. izdaja. Založba ZRC, ZRC SAZU, Ljubljana.

Habič P. 1968. Javorniški podzemni tok in oskrba Postojne z vodo. Naše jame 10: 47–54.

Habič P. 1975. Pivka in njena kraška jezera. Ljudje in kraji v Pivki, Kulturna skupnost Postojna: 41–50.

Hildrew A. G. 1985. A quantitative study of the life history of a fairy shrimp (Branchiopoda: Anostraca) in relation to the temporary nature of its habitat, a Kenyan rainpool. *Journal of Animal Ecology* 54: 99–110.

Horvat J. 2005. Poselitev na Pivškem in ob zgornjem toku Reke od pozne bronaste do pozne antike. Kras: voda in življenje v kamniti pokrajini (ur. Andrej Mihevc): 220–248. Založba ZRC, Ljubljana.

Kirn T. 2001. Pivška jezera, proces zaraščanja. <https://www.ilbis.com/spark/st8cl5.htm> (datum dostopa: 2. 7. 2019).

Kranjc A. 1982. Erozijska v porečju Pivke. *Geografski vmesnik* 54: 9–17.

Kranjc A. 1985. Poplavni svet ob Pivki. Ljudje in kraji ob pivki 2, Kulturna skupnost Postojna: 155–172.

Mulec J., Mihevc A., Tanja P. 2005. Presihajoča jezera na pivškem. *Acta carsologica* 34 (3): 543–565.

Mura G. 1992. Additional remarks on cyst morphometrics in anostracans and its significance. Part II: egg morphology. *Crustaceana* 63 (3): 225–246.

Mura G. 2001a. Morphological diversity of the resting eggs in the anostracan genus *Chirocephalus* (Crustacea, Branchipoda). *Hydrobiologia* 450: 173–185.

Mura G. 2001b. Life history strategy of *Chirocephalus ruffoi* (Crustacea, Anostraca) in Mediterranean temporary mountain pools. *Hydrobiologia* 462: 145–156.

Mura G., Fancello G. in Giuseppe S. D. 2003. Adaptive strategies in population of *Chirocephalus diaphanus* (Crustacea, Anostraca) from temporary waters in the Reatine Apennines (Central Italy). *Journal of Limnology* 62 (1): 35–40.

Mura G. in Rossetti G. 2010. Intraspecific morphological diversity of anostracan resting eggs: *Chirocephalus ruffoi* Cotarelli in Mura, 1984 as a study case. *Journal of Biological Research – Thessaloniki* 14: 137–150.

Mura G., Zarattini P. in Petkowski S. 2002. Morphological variation among *Chirocephalus diaphanus carinatus* populations (Anostraca) from the Balkan area. *Journal of crustacean biology* 22 (1): 162–172.

Osole F. 1965. Še neobjavljena kamena orodja iz Parske globine. *Arheološki vmesnik* 15/16: 175–178.

Petrov B. in Marinček M. 1991. On the Anostraca (Crustacea) of Yugoslavia. *Hydrobiologia* 212: 267–272.

Pipan T. 2005. Favna presihajočih Pivških jezer. *Acta carsologica* 34 (3): 650–659.

Prophet C. W. 1963. Some Factors Influencing the Hatching of Anostracan Eggs. *Transactions of the Kansas Academy of Science (1903-)* 66 (1): 150–159.

Simčič T. in Brancelj A. 2000. Energy exploitation in *Chirocephalus croaticus* (Steuer, 1899) (Crustacea, Anostraca): survival strategy in an intermittent lake. *Hydrobiologia* 437: 157–163.

Sket B. in Brancelj A. 1992. Rdeči seznam ogroženih sladkovodnih nižjih rakov (Entomostraca: Anostraca, Cladocera, Copepoda, Ostracoda) v Sloveniji. *Varstvo narave* 17: 165–172.

Smerdel I. 1989. Ovčarstvo na Pivki: transhumanca od srede 19. do srede 20. stoletja ali trije »ovčarji«: etnološka razprava. Lipa, 157 pp, Koper.

Stepišnik U. 2011. Reliktne vršaji kontaktnega krasa. [http://geo.ff.uni-lj.si/sites/geo.ff.uni-lj.si/files/Dokumenti/Publikacije/e-geograff\\_3.pdf](http://geo.ff.uni-lj.si/sites/geo.ff.uni-lj.si/files/Dokumenti/Publikacije/e-geograff_3.pdf) (datum dostopa: 2. 7. 2019).

Timms. B. V. 2015. A revised identification guide to the fairy shrimps (Crustacea: Anostraca: Anostracina) of Australia. *Museum Victoria Science Reports* 19: 1–44.

Uradna spletna stran Krajinski park Pivška presihajoča jezera: opisi jezer: <http://pivskajezera.si/pivska-jezera/opis> (datum dostopa: 4. 7. 2019).

**Priloga A:** Osnovni statistični opis osnovnih znakov pri štirih skupinah kraškega škrgonožca (mlade živali, odrasli samci, odrasle neovigere ter odrasle ovigere samice).

	Mlade živali				Odrasli samci				Odrasle neovigere samice				Odrasle ovigere samice			
	N	AVG	SE	SD	N	AVG	SE	SD	N	AVG	SE	SD	N	AVG	SE	SD
Dolžina telesa	34	8.60	0.27	1.60	34	13.76	0.22	1.29	34	12.66	0.28	1.64	34	13.12	0.25	1.47
Dolžina karapaksa	34	5.42	0.17	1.01	34	8.17	0.17	1.01	34	7.73	0.21	1.23	34	8.11	0.16	0.93
Dolžina abdomna	34	2.47	0.09	0.54	34	4.26	0.10	0.59	34	3.71	0.10	0.60	34	3.79	0.11	0.65
Dolžina furke	34	0.71	0.03	0.20	34	1.32	0.05	0.26	34	1.21	0.04	0.25	34	1.22	0.04	0.26
Razdalja med očmi	34	1.91	0.08	0.46	34	3.50	0.08	0.46	34	2.92	0.05	0.31	34	3.02	0.05	0.30
Razdalja med koreni očesnih stebel	34	1.08	0.05	0.27	34	1.62	0.04	0.23	34	1.54	0.03	0.19	34	1.57	0.05	0.27
Dolžina očesnega stebra	34	0.46	0.04	0.22	34	0.95	0.03	0.18	34	0.71	0.03	0.17	33	0.77	0.05	0.29
Dolžina antene 1	31	0.78	0.06	0.31	33	1.66	0.06	0.35	33	1.18	0.03	0.16	34	1.25	0.03	0.18
Dolžina antene 2	29	0.70	0.05	0.28	34	3.34	0.10	0.58	34	0.77	0.02	0.14	34	0.83	0.02	0.13
Dolžina penisa	10	0.79	0.06	0.20	34	1.66	0.05	0.29								
Dolžina jajčne vreče	9	1.27	0.20	0.61					34	2.63	0.13	0.75	34	3.12	0.07	0.38
Širina jajčne vreče	9	0.46	0.07	0.22					34	0.86	0.04	0.23	34	1.07	0.03	0.15
Volumen jajčne vreče	9	0.22	0.07	0.22					34	1.20	0.14	0.82	34	1.92	0.11	0.64

Legenda (velja za vse priloge):

N: število živali

AVG: povprečje

SE: standardna napaka

SD: standardni odklon

**Priloga B:** Osnovni statistični opis razmerij pri štirih skupinah kraškega škrgonožca (mlade živali, odrasli samci, odrasle neovigere ter odrasle ovigere samice).

	Mlade živali				Odrasli samci				Odrasle neovigere samice				Odrasle ovigere samice			
	N	AVG	SE	SD	N	AVG	SE	SD	N	AVG	SE	SD	N	AVG	SE	SD
CL_BL	34	0.63	0.01	0.04	34	0.59	0.01	0.04	34	0.61	0.01	0.05	34	0.62	0.00	0.03
AL_BL	34	0.29	0.01	0.03	34	0.31	0.01	0.04	34	0.30	0.01	0.05	34	0.29	0.01	0.03
FL_AL	34	0.29	0.01	0.06	34	0.32	0.01	0.09	34	0.33	0.01	0.08	34	0.33	0.01	0.09
ED_CL	34	0.35	0.01	0.05	34	0.43	0.01	0.05	34	0.39	0.01	0.09	34	0.37	0.01	0.03
ESD_CL	34	0.20	0.01	0.03	34	0.20	0.00	0.02	34	0.21	0.01	0.06	34	0.19	0.01	0.03
ESL_CL	34	0.08	0.01	0.04	34	0.12	0.00	0.02	34	0.10	0.01	0.04	34	0.09	0.01	0.03
A1L_CL	34	0.13	0.01	0.06	34	0.20	0.01	0.05	34	0.15	0.01	0.04	34	0.15	0.00	0.02
A2L_CL	34	0.11	0.01	0.06	34	0.41	0.01	0.06	34	0.10	0.00	0.03	34	0.10	0.00	0.02
A1L_A2L	29	1.10	0.12	0.65	34	0.49	0.02	0.13	34	1.55	0.07	0.42	34	1.52	0.04	0.23
EsacL_CL	10	0.19	0.04	0.11					34	0.34	0.02	0.10	34	0.39	0.01	0.05
EN/ESacL													34	7.84	0.41	2.37
EN/ESacV													34	13.16	0.64	3.72
EV/EsacL													34	0.02	0.00	0.01
EV/EsacV													34	0.04	0.00	0.02



**Priloga C:** Osnovni statistični opis standardiziranih ostankov za znake pri štirih skupinah kraškega škrgonožca (mlade živali, odrasli samci, odrasle neovigere ter odrasle ovigere samice).

	Mlade živali				Odrasli samci				Odrasle neovigere samice				Odrasle ovigere samice			
	N	AVG	SE	SD	N	AVG	SE	SD	N	AVG	SE	SD	N	AVG	SE	SD
ZRE_CL	34	0.17	0.11	0.63	34	-0.46	0.20	1.19	34	0.02	0.19	1.10	34	0.26	0.15	0.85
ZRE_AL	34	-0.10	0.10	0.57	34	0.40	0.21	1.21	34	-0.08	0.19	1.09	34	-0.22	0.16	0.92
ZRE_FL	34	-0.14	0.10	0.60	34	0.08	0.18	1.06	34	0.13	0.18	1.03	34	-0.07	0.21	1.21
ZRE_ED	34	-0.27	0.13	0.75	34	0.73	0.18	1.06	34	-0.21	0.16	0.92	34	-0.25	0.15	0.88
ZRE_ESD	34	-0.18	0.14	0.81	34	0.01	0.15	0.86	34	0.11	0.16	0.96	34	0.06	0.22	1.31
ZRE_ESL	34	-0.13	0.17	0.97	34	0.50	0.11	0.65	34	-0.24	0.16	0.96	33	-0.13	0.21	1.21
ZRE_A1L	31	-0.10	0.17	0.94	33	0.87	0.19	1.09	33	-0.39	0.11	0.62	34	-0.38	0.12	0.72
ZRE_A2L	29	0.07	0.06	0.31	34	1.48	0.07	0.43	34	-0.75	0.05	0.31	34	-0.79	0.05	0.29
ZRE_PL	10	-0.59	0.20	0.62	34	0.17	0.17	1.01	0				0			
ZRE_EsacL	9	-0.71	0.27	0.80					34	-0.21	0.17	1.01	34	0.40	0.15	0.86
ZRE_EsacW	9	-0.52	0.29	0.88					34	-0.38	0.15	0.87	34	0.51	0.16	0.92
ZRE_EsacV	9	-0.21	0.12	0.37					34	-0.42	0.16	0.96	34	0.47	0.16	0.95
ZRE_EW													34	0.00	0.17	0.98
ZRE_EV													34	0.00	0.17	0.98
ZRE_EN													34	0.00	0.17	0.98

**Priloga D:** Post-hoc primerjava (Bonferroni) med pari skupin kraškega škrgonožca v devetih osnovnih znakih (juv – mlade živali, m – odrasli samci, f – odrasle neovigere samice, fov – odrasle ovigere samice). Razlike  $p < 0.05$  so označene s krepkim tiskom.

Odvisna spremenljivka		Povprečne razlike/ Mean Difference (I-J)	Stand. napaka	Sig./p (0.05)	
Dolžina telesa	juv	m	-5.156	0.365	<b>0.000</b>
		f	-4.056	0.365	<b>0.000</b>
		fov	-4.523	0.365	<b>0.000</b>
	m	f	1.100	0.365	<b>0.019</b>
		fov	0.633	0.365	0.513
	f	fov	-0.466	0.365	1.000
Dolžina karapaksa	juv	m	-2.747	0.254	<b>0.000</b>
		f	-2.310	0.254	<b>0.000</b>
		fov	-2.690	0.254	<b>0.000</b>
	m	f	0.436	0.254	0.533
		fov	0.057	0.254	1.000
	f	fov	-0.380	0.254	0.829
Dolžina abdomna	juv	m	-1.793	0.145	<b>0.000</b>
		f	-1.241	0.145	<b>0.000</b>
		fov	-1.315	0.145	<b>0.000</b>
	m	f	0.552	0.145	<b>0.001</b>
		fov	0.478	0.145	<b>0.007</b>
	f	fov	-0.074	0.145	1.000
Dolžina furke	juv	m	-0.616	0.059	<b>0.000</b>
		f	-0.505	0.059	<b>0.000</b>
		fov	-0.518	0.059	<b>0.000</b>
	m	f	0.111	0.059	0.383
		fov	0.098	0.059	0.600
	f	fov	-0.013	0.059	1.000
Dolžina med očmi	juv	m	-1.594	0.095	<b>0.000</b>
		f	-1.014	0.095	<b>0.000</b>
		fov	-1.114	0.095	<b>0.000</b>
	m	f	0.579	0.095	<b>0.000</b>
		fov	0.480	0.095	<b>0.000</b>
	f	fov	-0.100	0.095	1.000
Dolžina med očesnimi stebli	juv	m	-0.544	0.058	<b>0.000</b>
		f	-0.457	0.058	<b>0.000</b>
		fov	-0.492	0.058	<b>0.000</b>
	m	f	0.087	0.058	0.833
		fov	0.052	0.058	1.000

	f	fov	-0.035	0.058	1.000
Dolžina očesnih steblov	juv	m	-0.494	0.053	<b>0.000</b>
		f	-0.256	0.053	<b>0.000</b>
		fov	-0.312	0.054	<b>0.000</b>
	m	f	0.238	0.053	<b>0.000</b>
		fov	0.182	0.054	<b>0.005</b>
	f	fov	-0.056	0.054	1.000
Dolžina antene 1	juv	m	-0.877	0.065	<b>0.000</b>
		f	-0.401	0.065	<b>0.000</b>
		fov	-0.464	0.065	<b>0.000</b>
	m	f	0.476	0.064	<b>0.000</b>
		fov	0.413	0.064	<b>0.000</b>
	f	fov	-0.064	0.064	1.000
Dolžina antene 1	juv	m	-2.635	0.085	<b>0.000</b>
		f	-0.064	0.085	1.000
		fov	-0.129	0.085	0.787
	m	f	2.571	0.082	<b>0.000</b>
		fov	2.505	0.082	<b>0.000</b>
	f	fov	-0.066	0.082	1.000

**Priloga E:** Post-hoc primerjava (Bonferroni) med pari skupin kraškega škrgonožca v devetih razmerjih (juv – mlade živali, m – odrasli samci, f – odrasle neovigere samice, fov – odrasle ovigere samice). Razlike  $p < 0.05$  so označene s krepkim tiskom.

Odkvisna spremenljivka		Povprečne razlike/ Mean Difference (I-J)	Stand. napaka	Sig./p (<2.25)	
CL_BL	juv	m	0.039	0.009	<b>0.000</b>
		f	0.024	0.009	0.068
		fov	0.014	0.009	0.798
	m	f	-0.016	0.009	0.555
		fov	-0.025	0.009	<b>0.041</b>
	f	fov	-0.010	0.009	1.000
AL_BL	juv	m	-0.024	0.009	0.056
		f	-0.009	0.009	1.000
		fov	-0.001	0.009	1.000
	m	f	0.016	0.009	0.546
		fov	0.023	0.009	0.086
	f	fov	0.007	0.009	1.000
FL_AL	juv	m	-0.030	0.019	0.743
		f	-0.046	0.019	0.104
		fov	-0.045	0.019	0.132
	m	f	-0.017	0.019	1.000
		fov	-0.015	0.019	1.000
	f	fov	0.002	0.019	1.000
ED_CL	juv	m	-0.081	0.014	<b>0.000</b>
		f	-0.038	0.014	<b>0.045</b>
		fov	-0.025	0.014	0.467
	m	f	0.043	0.014	<b>0.018</b>
		fov	0.056	0.014	<b>0.001</b>
	f	fov	0.013	0.014	1.000
ESD_CL	juv	m	-0.002	0.009	1.000
		f	-0.008	0.009	1.000
		fov	0.003	0.009	1.000
	m	f	-0.006	0.009	1.000
		fov	0.004	0.009	1.000
	f	fov	0.010	0.009	1.000
ESL_CL	juv	m	-0.033	0.008	<b>0.000</b>
		f	-0.012	0.008	0.849
		fov	-0.008	0.008	1.000
	m	f	0.021	0.008	0.059
		fov	0.025	0.008	<b>0.013</b>
	f	fov	0.004	0.008	1.000

A1L_CL	juv	m	-0.067	0.011	<b>0.000</b>
		f	-0.022	0.011	0.313
		fov	-0.024	0.011	0.232
	m	f	0.045	0.011	<b>0.001</b>
		fov	0.043	0.011	<b>0.001</b>
	f	fov	-0.001	0.011	1.000
A2L_CL	juv	m	-0.299	0.011	<b>0.000</b>
		f	0.010	0.011	1.000
		fov	0.008	0.011	1.000
	m	f	0.308	0.011	<b>0.000</b>
		fov	0.307	0.011	<b>0.000</b>
	f	fov	-0.002	0.011	1.000
A1L_A2L	juv	m	0.603	0.100	<b>0.000</b>
		f	-0.456	0.100	<b>0.000</b>
		fov	-0.423	0.100	<b>0.000</b>
	m	f	-1.059	0.096	<b>0.000</b>
		fov	-1.026	0.096	<b>0.000</b>
	f	fov	0.033	0.096	1.000

**Priloga F:** Post-hoc primerjava (Bonferroni) med pari skupin kraškega škrgonožca v devetih razmerjih (juv – mlade živali, m – odrasli samci, f – odrasle neovigere samice, fov – odrasle ovigere samice). Razlike  $p < 0.05$  so označene s krepkim tiskom.

Odvisna spremenljivka		Povprečne razlike/ Mean Difference (I-J)	Standardna napaka	Sig./p (<0.05)	
ZRE_CL	juv	m	0.631	0.235	<b>0.048</b>
		f	0.154	0.235	1.000
		fov	-0.090	0.235	1.000
	m	f	-0.477	0.235	0.264
		fov	-0.721	0.235	<b>0.016</b>
	f	fov	-0.243	0.235	1.000
ZRE_AL	juv	m	-0.505	0.237	0.210
		f	-0.027	0.237	1.000
		fov	0.119	0.237	1.000
	m	f	0.478	0.237	0.276
		fov	0.624	0.237	0.057
	f	fov	0.146	0.237	1.000
ZRE_FL	juv	m	-0.220	0.243	1.000
		f	-0.275	0.243	1.000
		fov	-0.078	0.243	1.000
	m	f	-0.055	0.243	1.000
		fov	0.142	0.243	1.000
	f	fov	0.198	0.243	1.000
ZRE_ED	juv	m	-0.996	0.221	<b>0.000</b>
		f	-0.062	0.221	1.000
		fov	-0.018	0.221	1.000
	m	f	0.934	0.221	<b>0.000</b>
		fov	0.978	0.221	<b>0.000</b>
	f	fov	0.044	0.221	1.000
ZRE_ESD	juv	m	-0.187	0.243	1.000
		f	-0.286	0.243	1.000
		fov	-0.234	0.243	1.000
	m	f	-0.099	0.243	1.000
		fov	-0.047	0.243	1.000
	f	fov	0.051	0.243	1.000
ZRE_ESL	juv	m	-0.623	0.234	0.052
		f	0.113	0.234	1.000
		fov	0.006	0.235	1.000
	m	f	0.736	0.234	<b>0.012</b>
		fov	0.628	0.235	0.051

	f	fov	-0.108	0.235	1.000
ZRE_A1L	juv	m	-0.967	0.215	<b>0.000</b>
		f	0.292	0.215	1.000
		fov	0.279	0.214	1.000
	m	f	1.259	0.212	<b>0.000</b>
		fov	1.247	0.210	<b>0.000</b>
	f	fov	-0.012	0.210	1.000
ZRE_A2L	juv	m	-1.410	0.086	<b>0.000</b>
		f	0.815	0.086	<b>0.000</b>
		fov	0.852	0.086	<b>0.000</b>
	m	f	2.225	0.083	<b>0.000</b>
		fov	2.262	0.083	<b>0.000</b>
	f	fov	0.037	0.083	1.000

Skupine: združeni vsi juvenilni osebki (samci, samice, nedefinirani), samci, neovigere samice, ovigere samice.