

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Ana Ćurić

Morfološke značajke češnjače *Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768) (Amphibia, Anura) na području Posavine

Diplomski rad

Zagreb, 2018

Pod vodstvom izv. prof. Dr. sc. Davora Zanelle rad je izrađen na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu i u prostorijama Udruge Hyla. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja Magistar eksperimentalne biologije, modul Zoologija.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

MORFOLOŠKE ZNAČAJKE ČEŠNJAČE *Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768) (AMPHIBIA, ANURA) NA PODRUČJU POSAVINE

Ana Ćurić

Roosveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Češnjača, *Pelobates fuscus* je jedini predstavnik porodice Pelobatidae na prostoru Hrvatske. Vrsta je široko rasprostranjena u Evropi, ali unatoč tome procjenjeno je da postoji veliki pad populacija diljem zemalja koje naseljavaju. Prema Crvenoj knjizi vodozemaca i gmazova Hrvatske češnjača je smještena u DD kategoriju s nedovoljno podataka. Ona naseljava ravničarska područja uz sporije tokove i stajaće vode s malo predatora te rahlim tlom (prirodna ili antropogenizirana staništa). Istraživano područje obuhvaća stajaće tijelo u selu Lijeva Luka, Sisačko-moslavačka županija. Pronađene su dvije vrpce s jajima koje su tretirane u kontroliranim uvjetima u cilju: 1) detaljnog morfološkog opisa punoglavaca i njihovog oralnog diska kroz stadije razvoja, 2) postojanja morfoloških prilagodbi vrsta *P. fuscus* i *Rana temporaria* u eksperimentu kompeticije, 3) postojanja morfoloških prilagodbi vrste *P. fuscus* u prisustvu predatora *Umbra krameri*. Punoglavci su tretirani podjednako te prilikom uzorkovanja odvajani u 3 % formaldehid. Punoglavci su skenirani i podvrgnuti mjerenjima pomoću programa ImageJ i digitalne pomične mjerke. Determinirani su razvojni stadiji punoglavaca od 23 do 41 stadija prema Gosner (1960) sa najvećim punoglavcem ukupne dužine tijela 99,04 mm. Detaljno su ilustrirane i opisane morfološke značajke oralnog diska s pratećim formulama. Punoglavci češnjače nisu pokazali značajne morfološke promjene unutar eksperimenta kompeticije.

(62 stranice, 12 slika, 12 tablica, 65 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: *punoglavci, češnjača, oralni disk, razvoj, kompeticija*

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Davor Zanella

Ocjenitelji: (1) Izv. prof. dr. sc. Davor Zanella

(2) Prof. dr. sc. Božena Mitić

(3) Izv. prof. dr. sc. Domagoj Đikić

Zamjena: Izv. prof. dr. sc. Petar Kružić

Rad prihvaćen: 8. 1. 2018.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Division of Biology

Graduation Thesis

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF EUROPEAN COMMON SPADEFOOT TOAD *Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768) IN POSAVINA REGION

Ana Ćurić

Roosveltov trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

European common spadefoot toad, *Pelobates fuscus*, is the only representative species of Pelobatidae family in Croatia. Despite the species is widespread all over the Europe, there are many data concerning the global population is in decline. According to the Red List of Amphibians and Reptiles of Croatia, common spadefoot toad is categorized as DD (data deficient). It inhabits lowland areas and flatlands near slow moving or stagnant waterbodies with little or no predator and loose soil (natural or anthropogenic habitats). Researched area includes stagnant waterbody in the village Lijeva Luka, Sisak – Moslavina Country. There were two egg clutches found and kept under controlled conditions with the aims of: 1) detailed morphological description of tadpoles and their oral disc through developmental stages, 2) the existence of morphological adaptations of *P. fuscus* and *R. temporaria* in the competition experiment, 3) the existence of morphological adaptations of *P. fuscus* in the presence of predator fish *Umbra krameri*. Tadpoles were treated equally and sampled in 3 % formaldehyde. Tadpoles were scanned and measured using the ImageJ programme and digital caliper. Developmental stages from 23 to 41 were determined with the highest value of total body length of 99,04 mm. All morphological features of oral disc with accompanying formulas were illustrated and described in detail. Spadefoot toad tadpoles did not show significant morphological changes within the competition experiment.

(62 pages, 12 figures, 12 tables, 65 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library

Key words: *tadpoles, European common spadefoot toad, oral disc, development, competition*

Supervisor: Davor Zanella, PhD, Assoc. Prof.

Reviewers: (1) Davor Zanella, PhD, Assoc. Prof.

(2) Božena Mitić, PhD, Full Prof.

(2) Domagoj Đikić, PhD, Assoc. Prof.

Substitute: Petar Kružić, PhD, Assoc. Prof.

Thesis acceptor: 8. 1. 2018.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Razred Amphibia	1
1.1.1. Brojnost vodozemaca.....	1
1.1.2. Uzroci pada populacija.....	2
1.1.3. Vodozemci kao biološki indikatori i ekosistemska uloga	3
1.2. Porodica Pelobatidae.....	4
1.2.1. Rod <i>Pelobates</i> , opisane vrste	5
1.2.2. Vrsta <i>Pelobates fuscus</i>	6
1.2.2.1. Distribucija vrste	7
1.2.2.2. Stanište.....	9
1.2.2.3. Morfološke karakteristike	10
1.2.2.4. Životni ciklus i razmnožavanje	10
1.2.2.5. Punoglavci: morfologija i metamorfoza.....	11
1.2.2.6. Ishrana.....	12
1.2.2.7. Ugroženost i konzervacijski status.....	13
1.3. Biotički čimbenici - predacija i kompeticija	14
1.4. Cilj istraživanja	15
2. MATERIJALI I METODE	17
2.1. Područje istraživanja	17
2.2. Materijal.....	19
2.3. Metode prikupljanja podataka.....	20
2.3.1. Prikupljanje materijala na terenu	20
2.3.2. Eksperimentalno testiranje hipoteza <i>ex situ</i>	20
2.3.3. Laboratorijska priprema materijala	22
2.4. Mjerenja i obrada podataka.....	24
3. REZULTATI.....	29
3.1. Razvoj punoglavaca vrste <i>Pelobates fuscus</i>	29
3.1.1. Morfološki opis punoglavaca <i>Pelobates fuscus</i> kroz stadije razvoja.....	34
3.2. Čeljust punoglavaca <i>Pelobates fuscus</i>	38

3.3.	Eksperiment: <i>Pelobates fuscus</i> i <i>Rana temporaria</i>	43
3.4.	Eksperiment: <i>Pelobates fuscus</i> i <i>Umbra krameri</i>	46
4.	DISKUSIJA	47
5.	ZAKLJUČCI.....	53
6.	LITERATURA	55
	ŽIVOTOPIS.....	62

1. UVOD

1.1. Razred Amphibia

Razred vodozemaca (Amphibia) obuhvaća tetrapodne organizme koji su bili prvi pravi prijelazni oblici kralježnjaka između vode i kopna. Njihov životni ciklus zahtjeva vezanost uz vodena staništa, s izuzecima poput alpskog daždevnjaka *Salamandra atra* Laurenti, 1768, koji se razmnožava viviparno te nema potrebu za vodenim staništem, ali uprkos tome naseljavaju staništa koja imaju povišenu vlažnost zraka (Lelo i sur. 2008, Šunje i sur. 2010). Vodena staništa su prvenstveno značajna za proces razmnožavanja vodozemaca, dok je većina odraslih jedinki nakon metamorfoze je orijentirana na terestrični način života (Hutchins i sur. 2003; Vitt i sur. 2009).

Najstariji oblici vodozemaca vode podrijetlo od riba mesoperki, a tijelo im je dosta nalikovalo današnjim repašima (Đurović i sur. 1979). Danas se razred Amphibia dijeli na redove (Frost 2017):

1. Anura – bezrepci ili žabe (s 6 778 opisanih vrsta)
2. Caudata – repaši (s 713 opisanih vrsta)
3. Gymnophiona – beznošci (s 206 opisanih vrsta)

1.1.1. Brojnost vodozemaca

Vodozemci su rasprostranjeni širom svijeta, osim u artičkoj i antartičkoj oblasti, na oceanskim otocima i nekim pustinjским oblastima (Hutchins i sur. 2003). Danas, prema posljednjim podacima Američkog prirodoslovnog muzeja, na svijetu postoji 7 697 vrsta vodozemaca (Frost 2017). Broj vrsta nije konstantan i on se iz godine u godinu mijenja (Jelić i sur. 2012). Ako se pogledaju podaci s portala AmphibiaWeb, broj opisanih vrsta iznosi 7 720, a prema statistici, od 2004. do 2016. godine, godišnje se opiše oko 140 novih vrsta vodozemaca.

Među europskim vodozemcima svrstavaju se dva reda: bezrepci - Anura (s 50 vrsta) i repaši - Caudata (s 35 vrsta). Od ukupno 56 porodica žaba, Europu naseljava njih osam (Alytidae,

Bombinatoridae, Bufonidae, Hylidae, Pelobatidae, Pelodytidae, Ranidae i Plethodontidae). Iz porodice Pelobatidae susreću se tri od ukupno četiri vrste među kojima je jedna endemska (*Pelobates cultripes*) (Temple i sur. 2009, Frost 2017).

Hrvatsku naseljava 20 vrsta vodozemaca od kojih su 13 bezrepci, a sedam repaši. Za područje su karakteristične dvije osnovne herpetološke regije: kontinentalno-gorska s 19 vrsta vodozemaca, te mediteranska regija s devet vrsta vodozemaca. Mediteranska regija je zbog svojih klimatskih obilježja nepogodniji za vodozemce stoga je veća brojnost izraženija u kontinentalno-gorskoj regiji koja iznosi 95 % ukupnog broja vrsta (Jelić i sur. 2012).

1.1.2. Uzroci pada populacija

Prema brojnim autorima i istraživanjima, brojnost vodozemaca na globalnom nivou je u padu (Blaustein i Wake 1990, Berger i sur. 1998, Lips 1999, Hutchins i sur. 2003, Vitt i sur. 2009, Jelić i sur. 2012). IUCN analize iz 2008. godine ukazuju da skoro jedna trećina (32 %) vodozemaca u svijetu pripada skupini ugroženih ili izumrlih vrsta. Brojnost vrsta vodozemaca opada te se smatra da 42 % vrsta bilježi pad populacija, što implicira da se u budućnosti može očekivati povećanje broja ugroženih vrsta. S druge strane, manje od 1 % svih vrsta bilježi porast brojnosti u populaciji (IUCN 2017). Brzina izumiranja vodozemaca je visoka i uzroci njihovog pada mogu postati prijetnja i drugim vrstama i kao jedan od razloga možemo navesti promjene u hranidbenoj mreži (Alford i Richards 1999, Alford i sur. 2001, Hussain i Pandit 2012)

Uzroci pada populacija vrsta vodozemaca su mnogobrojni. Pokazalo se da populacije vodozemaca mogu drastično opasti u vrlo kratkom vremenskom razdoblju. Prema IUCN-u vodozemci su najviše pogođeni nestankom prirodnih staništa, njegovim uništavanjem i degradacijom, što je do sada uzrokovalo pad približno 4.000 vrsta vodozemaca. Jedna od većih problema je i onečišćenje okoliša (IUCN 2017). Jedan od tekućih problema na globalnom nivou predstavlja smanjenje populacija vodozemaca zaraženih patogenim gljivicama vrste *Batrachochytrium dendrobatidis* Longcore, Pessier & D.K. Nichols, 1999, a u skorije vrijeme se pojavila i druga patogena vrsta *Batrachochytrium salamandrivorans* uočena kod europskih repaša (Fisher i sur. 2009, Martel i sur. 2014). Mnogi ostali, ali ne i manje značajni utjecaji na vodozemce, ogledaju se u klimatskim

promjenama (Sala i sur. 2000, Filz 2013) i stradavanjem vodozemaca na prometnicama (Glista i sur. 2007, Santos i sur. 2007, Fähring i Rytwinski 2009).

Negativni utjecaji koji doprinose smanjenju brojnosti vodozemaca u Hrvatskoj mogu se prepisati istim ugrozama koje su propisane na globalnom nivou (Reading i sur. 2010). Prema analizi izravnih opasnosti (DT – direct threats) u Crvenoj knjizi vodozemaca i gmazova Hrvatske izdvajaju se čimbenici koji izravno djeluju na nestanak i degradaciju kakvoće staništa odnosno urbanizacija i intenzivna poljoprivreda (DT 1.1, 1.2, 1.3, 2.1), intenzivni cestovni promet (DT 4.1) i značajne promjene u ekosustavu (DT 7.3). Zastupljene su i izravne opasnosti poput unosa alohtonih vrsta i problematičnih autohtonih vrsta (DT 8.1, 8.2), te intenzivan uzgoj domaćih životinja (DT 2.3) i onečišćenje otpadom (DT 9.3, 9.4) (Jelić i sur. 2012).

1.1.3. Vodozemci kao biološki indikatori i ekosistemska uloga

Vodozemci naseljavaju više tipova staništa poput šumskih ekosustava, livada, jezera, rijeka, potoka te raznih drugih vodenih sustava. Mnoge vrste vodozemaca se izlažu i ekstremnijim uvjetima zahvaljujući svojoj specifičnoj fiziologiji i sustavu očuvanja tečnosti koja im je neophodna za preživljavanje. Mogu naseljavati mikrostaništa poput drveća (arborealne vrste), stijena ili biti ukopane u zemljišta ili pijesak (fosorijane vrste), a mogu se pronaći daleko od vodenih tijela te biti ovisni o padalinama (Hutchins i sur. 2003).

Značaj vodozemaca može se promatrati na dva povezana načina. Vodozemci, kao i svi živi organizmi, imaju značajnu ulogu u ekosustavu i neophodni su za njegovo pravilno funkcioniranje. Kao bitni čimbenici u hranidbenoj mreži (plijen, herbivori, predatori), čine sustav potpunim i funkcionalnim (Blaustein i sur. 1994, Jelić i sur. 2012). S druge strane, vodozemci se u posljednje vrijeme primjenjuju u biomonitoringu za proučavanje negativnih utjecaja na ekosustave zbog njihove osjetljivosti na promjene u okolišu. Ključne stavke su ograničeno kretanje, životni ciklus vezan za terestrična i vodena staništa, anamniotička jaja, poroznost kože koja omogućava respiraciju i apsorpciju materija iz okoliša te osjetljivost na UV zračenja čije se posljedice uočavaju na njihovoj koži (U.S. EPA 2002).

1.2. Porodica Pelobatidae

Porodica Pelobatidae (češnjače) obuhvaća jedan rod – *Pelobates*. Rasprostranjen je na području Europe, zapadne Azije i sjeverozapadne Afrike. Ove žabe naseljavaju aridna i semiaridna staništa gdje je tlo rahlo te se mogu sresti u poljima, šumama, pjeskovitom terenu i na poljoprivrednim dobrima. Veličina im se kreće između 51 – 81 mm s tim da su mužjaci prosječne veličine 65 mm dok ženke mogu narasti i do 80 mm. Značajna osobina koja ih razlikuje od ostalih žaba je da posjeduju kratke stražnje ekstremitete sa specifičnim stopalima na kojima se nalazi izražena polumjesečasta metatarzalna kvržica. Ona im omogućuje da se bez problema ukopavaju te da njihov način života bude fakultativno fosorijalan (podzemni) (Đurović 1979, Hutchins i sur. 2003, Vitt i sur. 2009).

Češnjače spadaju u nokturnalne organizme (aktivni su isključivo noću). Samim tim noćno razdoblje kod povišene koncentracije vlage je idealan za ishranu ovih žaba. U toku dana obitavaju ukopani u tlo i na površinu izlaze tek u večernjim satima, nakon 21 sata (Harcet 2001). Ličinke češnjače – punoglavci, karakteriziraju se različitom ishranom u odnosu na punoglavce drugih porodica. Oni se pored algi hrane i drugim ličinkama vodozemaca kao i rakušcima. S obzirom da često naseljavaju povremena vodena tijela, prilikom opadanja vodostaja, porasta temperature i smanjenja količine hrane, punoglavci dolaze u fazu stresa te mogu da se hrane i drugim punoglavcima. Kanibalne jedinke razvijaju veće glaveno područje, oštrije kljunove, jače mišiće vilice i kraće crijevo. Istraživanja su pokazala da je kanibalizam kod ovih jedinki adaptivne prirode jer dozvoljava povećanje unosa kalorija, što zauzvrat ubrzava stopu rasta punoglavaca. Ovaj proces im omogućava da dosegnu odgovarajući razvojni stadij i veličinu tijela koja im je potrebna za proces metamorfoze prije samog isušivanja vodenog tijela. Također, istraživanja navode da kanibalne jedinke koriste kemijske signale koji im omogućavaju da prepoznaju srodne jedinke i izbjegnu ih prilikom ishrane (Hutchins i sur. 2003). Punoglavci unutar roda *Pelobates*, u odnosu na punoglavce većine žaba istog roda, se ne mogu morfološki razlikovati. Istraživanja rađena na simpatrijskim vrstama (Sidrovska i sur. 2002) pokazala su da nisu nađene značajne morfološke karakteristike koje bi se mogle koristiti u determinaciji vrste u stadiju punoglavca.

1.2.1. Rod *Pelobates*, opisane vrste

Prema IUCN (2017) postoji jedan rod porodice Pelobatidae i četiri vrste:

1. *Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768)
2. *Pelobates syriacus* Boettger, 1889
3. *Pelobates cultripipes* (Cuvier, 1829)
4. *Pelobates varaldii* Pasteur and Bons, 1959

Na Europskom kontinentu mogu se sresti tri vrste (*P. fuscus*, *P. syriacus* i *P. cultripipes*) dok je *P. varaldii* karakterističan za područje obale sjeverozapadnog Maroka (Salvador i sur. 2004, Temple i sur. 2009).

Vrsta *Pelobates syriacus*, istočna ili Sirijska češnjača, naseljava područje jugoistočnog Balkana, istočnog i jugoistočnog Zakavkazja, sjevernog Irana sve do južnog Levanta. Na području Balkana najbliže se može pronaći na teritoriji Srbije. Kao i ostali predstavnici porodice Pelobatidae, istočna češnjača je fosorijalna i noćna žaba. Naseljava stepe, listopadne šume, polupustinje i kamenita staništa, a sama podloga ne treba u potpunosti biti rahla. Spolni dimorfizam je manje izražen u odnosu na druge predstavnike ove porodice, te su mužjaci i ženke približno istih veličina (Džukić 2005). Prema istraživanjima u Rumunjskoj (Dobrudja) ova vrsta se ogleda eksplozivnošću u sezoni parenja, što je karakteristično i za ostale vrste žaba koje naseljavaju semiardina područja (Szekly 2001).

Pelobates cultripipes, zapadna češnjača, naseljava prostore Francuske, Portugala i Španjolske. Za razliku od prethodne vrste, zemljište koje koristi za ukopavanje mora biti rahlo. Mogu se pronaći na dinamama, u hrastovim šumama, otvorenim prostorima (poput livada, obradivih površina) te se mogu susresti u naseljenim mjestima. Geografski se razlikuju od drugih predstavnika porodice jer se mogu pronaći na nadmorskim visinama preko 1.550 metara (1.770 m. n. v., prostor Španjolske). Životni ciklus im je vezan za povremene bare i ribnjake s gustom vegetacijom. S obzirom na njihovo rasprostranjenje, voda ponekad može sadržavati veće koncentracije soli na što se ova vrsta prilagodila. Punoglavci imaju dugo ličinačko razdoblje, pa im je stopa preživljavanja smanjena zbog brzog isušivanja vodenih tijela u kojima se razmnožavaju (Beja i sur. 2009).

Pelobates varaldii, predstavlja ugroženu vrstu prema IUCN-u te nastanjuje samo područje obale sjeverozapadnog Maroka. Nije se dovoljno prilagodila antropogenom utjecaju i može se pronaći u ravničarskim područjima s pjeskovitim tlom ili u blizini šumskih sustava čije je tlo prekriveno ostacima pluta. Najveća prijetnja ovoj vrsti je degradacija i gubitak staništa koja se pretvaraju u polja za ispašu ili poljoprivredna zemljišta. U takvim područjima vodena tijela su često zagađena fekalijama i eutrofizirana što nije prigodno za razmnožavanje ove vrste. Također, u vodenim tijelima posebnu pretnju predstavlja riba gambuzija (*Gambusia holbrooki* Girard, 1859) kao predatorna vrsta (Salvador i sur. 2004).

1.2.2. Vrsta *Pelobates fuscus*

Pelobates fuscus, češnjača, okarakterizirana je s dvije podvrste: *Pelobates fuscus fuscus* (Slika 1), karakteristična za najveći dio Europskog areala i *Pelobates fuscus vespertinus*, koja je vezana za područje istočne Ukrajine, europskog dijela Rusije i zapadnog dijela Azije (Pallas 1771, Litvinchuk i sur. 2013).



Slika 1. Odrasla jedinka češnjače *Pelobates fuscus*

Prema prethodnim istraživanjima postojale su dvije podvrste, *Pelobates fuscus fuscus* (središnja Europa) i *Pelobates fuscus insubricus* Cornalia, 1873 ograničena samo na područje sjeverne Italije. Prema najnovijim istraživanjima ne postoje bihevioralne ili etološke karakteristike koje ukazuju na razliku između ove dvije podvrste i morfološke razlike su statistički zanemarive. Također, prema genetičkim istraživanjima pokazalo se da ne postoji haplotip segregacija za populacije sjeverne Italije te se ne može propisati kao različita podvrsta. Druga genetička istraživanja rađena na osnovu veličine genoma, ukazuju na postojanje razlika između dva tipa: *istočni tip* s većim i *zapadni tip* s manjim genomom te postoji mogućnost da se radi o kompleksu vrsta (Borkin i sur. 2003, Crottini i sur. 2007, Agasyan i sur. 2009)

1.2.2.1. Distribucija vrste

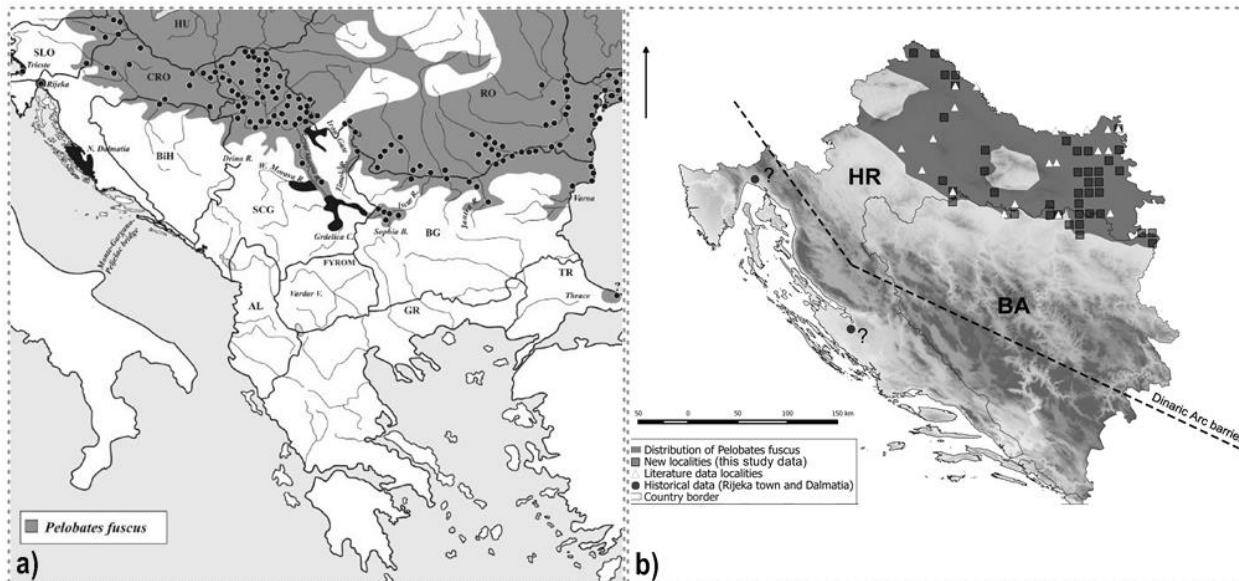
Rasprostranjenje češnjače obuhvaća ravničarska i brdovita područja istočne, centralne i jugoistočne Europe od 0 do 810 m. n. v. (Češka) (Zavadil i sur. 1995, Nöllert i sur. 2012). Najzapadnija granica obuhvaća područja istočne Nizozemske i Belgije; sjeverna granica obuhvaća područje Njemačke, Danske i Švedske; istočna granica obuhvaća područje srednje i istočne Europe obuhvaćajući zapadni Sibir i istočnu granicu sjeverozapadnog Kazahstana; južnu granicu čini dolina rijeka Save i Dunava (od Italije na zapadu do Bugarske i Rumunjske na istoku) te Kaspijsko i Crno more. Areal vrste je cjelovit s nekoliko izoliranih populacija: u središnjoj Francuskoj (Argenton-sur-Creuse), dolina rijeke Po u sjevernoj Italiji, Bugarska (Sofija) i Njemačka (područje kod Münchena) (Gasc i sur. 1997, Agasyan i sur. 2009, Ćurić i sur. 2017) (Slika 2).



Slika 2. Rasprostranjenje češnjače u svijetu (IUCN, 2017)

Na Balkanskom poluotoku distribucija je fragmentirana (Džukić i sur. 2005) (Slika 3a). Razlog tome može se ogledati u geografiji poluotoka. Balkanski poluotok je na očigled područje planinskih masiva (poput Dinarida) u čijim kontinentalnim krajevima postoji zastupljenost ravničarskih krajeva koji stanišno odgovaraju datoj vrsti. Nizine i poplavni krajevi oko velikih rijeka (Sava, Dunav, Drina, Morava) najpogodniji su za obitavanje populacija češnjače. Na sjeveru, poplavna područja rijeka Save i Dunava su najjužnija granica rasprostranjenja češnjače. Zanimljivo je napomenuti da postoje podaci o istorijskim populacijama na području Trsta u Italiji, Rijeke i Ravnih Kotara (Dalmacija) u Hrvatskoj, te u Srbiji oko rijeke Morave (Džukić i sur. 2005, Jelić i sur. 2012, Ćurić i sur. 2017).

Rubni dio areala ove vrste obuhvaća granično područje Hrvatske i Bosne i Hercegovine (Posavina) i proteže se Dunavom sve do Crnog mora, zajedno sa populacijom koje su u simpatriji s vrstom *P. syriacus* uz rijeku Moravu u Srbiji (Džukić i sur. 2005, Ćurić i sur. 2017). Populacije u Hrvatskoj rasprostranjene su u kontinentalnom nizijskom dijelu, na istoku Hrvatske (Slavonija, Baranja) sve uz rijeke Savu i Dravu te njihove pritoke povezujući centralni dio izuzev planine Papuk i Hrvatskog Zagorja (Jelić i sur. 2012, Ćurić i sur. 2017) (Slika 3b).



Slika 3. Detaljniji pregled rasprostranjenja češnjače a) na Balkanskom poluotoku (Džukić i sur. 2005) i b) u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini (Ćurić i sur. 2017)

1.2.2.2. Stanište

Češnjača naseljava topla staništa s rahlim tлом (prirodno pjeskovita područja) u čijoj blizini se nalaze listopadne šume i ilovasto tlo (glina, pijesak i mulj). Od vodenih tijela preferiraju povremene i stalne bare s visokim temperaturama, bez predatora (riba ili rakova), s povišenim koncentracijama fosfora i kisika, kao i bistru vodu s pH vrijednošću između 4,5 i 8,6. Također, vode su bogate glinovitim sedimentom dok su količine organskih materija male (Rot-Nikčević i sur. 2001, Nöllert i sur. 2012). Bare i lokve najčešće se nalaze u blizini obradivih površina s rahlim tлом te u blizini otvorenih područja, podalje od šumskih sustava (Nyström i sur. 2002). Odgovarajuća dubina bara se kreće oko 20 cm, s plitkom litoralnom zonom koja je pogodna za polaganje vrpce s jajima i život punoglavaca (Nöllert i sur. 2012). S obzirom da su fakultativno fosorijalni, u toku dana borave u dubokim rupama, dok na površinu izlaze noću kada se hrane i migriraju i za vrijeme razmnožavanja kada u vodenim tijelima mogu da se čuju i tijekom dana. Osim vlastitih rupa koriste i rupe drugih životinja, poput sitnih glodavaca (Harcet 2001, Rot-Nikčević i sur. 2001).

1.2.2.3. Morfološke karakteristike

Svojim izgledom čašnjače podsjećaju na predstavnike porodice Bufonidae. Karakterizira ih okruglo i zdepasto tijelo, krupna glava, zadnji ekstremiteti koji su kratki i na čijim krajevima su smještene polumjesečaste čvrste metatarzalne kvržice. Dorzalna strana može biti žutosiva, smeđesiva ili smeđa, s tamno mastlinastim ili tamnosmeđa mrljama i crvenim do narandžastim točkama (Harcet 2001). Prosječna dužina tijela ženki iznosi 45 – 65 mm, mužjaka 43 – 56 mm, dok je maksimalna izmjerena vrijednost 80 – 90 mm (Nöllert i sur. 2012). Rast jedinki u prati Von Bartalanffy-jevu krivulju, koja je predstavljena ubrzanim rastom jedinki u ranom stadiju razvoja sve do spolnog sazrijevanja. Nakon što jedinka spolno sazri, rast se usporava ali ne i zaustavlja (Rot-Nikčević i sur. 2001). Ventralna strana tijela je svijetla s tamnim mrljama. Kada je životinja u opasnosti iz kožnih žlijezda luči sekret koji ima miris češnjaka s obrambenom ulogom (po čemu je i dobila ime). Nepce i gornja vilica su nazubljeni (Radovanović 1951).

Spolni dimorfizam ogleda se u dvije osnovne karakteristike. Mužjaci na nadlaktici imaju formaciju tkiva tzv. „ovalnu žlijezdu“. Tamnije su boje, smeđeg tonaliteta, a dorzalne šare su im kontrastnije (Harcet 2001). U odnosu na mužjake, ženke su robusnije i većih dimenzija, nekada i do dva puta (Đurović i sur. 1979, Nöllert i sur. 2012).

1.2.2.4. Životni ciklus i razmnožavanje

Aktivnost čašnjače počinje nakon razdoblja zimskog mirovanja pri prosječnim dnevnim temperaturama od 12 do 18 °C, dok zimi period mirovanja počinje kada prosječna dnevna temperatura padne ispod 9 °C i traje do ožujka ili travnja. Noćna aktivnost ovisi o vlažnosti zraka blizu tla i temperature (Kuzmin 1999, Rot-Nikčević i sur. 2001).

Data vrsta spada u žabe s dugim periodom razmnožavanja. Mužjaci vodozemaca često sazrijevaju prije samih ženki. Odgađanjem sazrijevanja, ženke postižu veću masu tijela čija se prednost ogleda u većem fekunditetu (Rot-Nikčević i sur. 2001). Parenje počinje u proljeće i dijeli se na dva razdoblja. Prvo i glavno razdoblje je u mjesecu travnju i svibnju kada se najveći broj jedinki pari, te drugo sporedno razdoblje u lipnju, srpnju i kolovozu.

Adultne jedinke obitavaju u tlu u blizini vodenih tijela gdje se i razmnožavaju i rijetko migriraju. Na početku sezone parenja, mužjaci prvi izlaze i dolaze do vodenih tijela gdje zauzimaju svoje pozicije i počinju s glasanjem. Glasaju se uglavnom ispod vode na 20 do 30 cm dubine i na taj način dokazuju svoju dominantnost. Utvrđena je prosječna udaljenost između mužjaka od 50 cm, dok pri vrhuncu sezone parenja broj mužjaka se povećava a rastojanje između njih smanjuje (Nöllert i sur. 2012). Mužjaci s manjim kondicionim indeksom (odnos dužine – SVL i mase tijela) na parenje dolaze kasnije i trude se naći što manje kompetitivno mjesto. S obzirom na to, ulažu više energije podvrgavajući se različitim taktikama. Za razliku od njih, mužjaci s većim kondicionim indeksom bolje prolaze – pojavljuju se ranije, gube veću količinu energije sporije, ali vodena tijela napuštaju nakon gubitka manje mase u odnosu na mužjake s manjim kondicionim indeksom (Eggert i sur. 2003).

Početak i kraj parenja ovisi o temperaturi i vlazi. Ampleksus je pelvični i traje svega nekoliko sati. Ženke zatim jaja polažu oko submerznih makrofita od kojih preferiraju porodicu Gramineaceae (Boulenger 1897, Hutchins i sur. 2003). Prema istraživanjima, broj jaja u vrpici se kreće između 1.400 i 2.100 pa i više. Ženke jaja omotavaju oko submerzne vegetacije na dubini od 10 – 40 cm. Dužina vrpce također varira i iznosi između 43 i 108 cm, a debljina 1,2 do 1,5 cm u odnosu na sama jaja čiji dijametar iznosi svega 1,71 do 1,81 mm.

1.2.2.5. Punoglavci: morfologija i metamorfoza

Nakon četiri do pet dana pri temperaturi od oko 15 °C mlade ličinke se izvaljuju iz jaja, dok im je pri temperaturi od oko 7,5 °C potrebno desetak dana. Najmanja veličina plivajućih larvi iznosi 7 mm. Izvaljena ličinka je slabo razvijena, bez repa i škrge koji se tek počinju razvijati nakon dva dana. Na ventralnoj strani u ranim stadijima razvoja mogu se primjetiti adhezivni organi koji imaju ulogu prijanjanja za jaja ili supstrat dok ličinke još nisu slobodnoplivajuće. Kod roda *Pelobates* one su u obliku slova Y (Duellman i sur. 1994). Usta još nisu formirana te ličinke crpe hranu iz žumančane vrećice. Za kratko vrijeme razvijaju se škrge, usni otvor i rep koji im omogućavaju početak aktivne faze u kretanju i ishrani te daljem napredovanju u razvoju. Razvoj ličinke do metamorfoze traje 76 do 150 dana (Lawrence 1984, Nöllert i sur. 2012). Na početku

mlade ličinke obitavaju na dnu vodenog biotopa gdje se brzo razvijaju. U prvim fazama, za dva mjeseca narastu između 35 do 55 mm, nekada i veće, nakon čega se već počinju pojavljivati na površini vode. Već oko trećeg mjeseca ličinka, odnosno sad već punoglavac, naraste i do deset centimetara u dužinu, razvijajući prvenstveno zadnje a potom prednje ekstremitete, te je spreman da napusti vodenu sredinu. Čitav proces prati razvoj zadnjih ekstremiteta spolja, dok prednji ekstremiteti postepeno razvijaju unutar škržih komora i pojavljuju se u posljednjih stadijima pred metamorfozu. Lijevi prednji ekstremitet izlazi kroz spirakulum, dok se desni probija kroz kožu koja je na tom dijelu stanjena (Lawrence 1984). Ukoliko su ljeta bila hladnija, punoglavci mogu prezimiti te se metamorfozirati naredne godine. Punoglavci koji se metamorfoziraju prve godine dosežu dužinu tijela od oko 120 mm, dok prezimljavajuće ličinke mogu narasti i do 200 mm (Kokran 1969, Vitt i sur. 2009, Nöllert i sur. 2012). Prema Gosner (1960) determinirani su stadiji razvoja punoglavaca od 23 – 46, gdje su prva tri stadija rijetko opisivana zbog veličine punoglavaca na kojima se teže uočava veličina vanjskih škruga. Larve prije 23. stadija su nepokretne i još uvijek se ne hrane dok su punoglavci od 42 - 46 stadija u samom procesu metamorfoze (Kok i sur, 2008).

1.2.2.6. Ishrana

Odrasle jedinke češnjače hrane se sporijim kopnenim beskralježnjacima, najčešće pripadnicima porodice Formicidae i Coleoptera, puževima (Gastropoda), a rijetko letećim kukcima. Pri tome koriste taktiku aktivne potrage za plijenom gdje prosječno u jednoj noći (5 sati) pojedina žaba pretraži 200 m² (Harcet 2001, Hutchins i sur. 2003). Uz hranu životinjskog podrijetla konstatirano je da se u želucima češnjača nalazi i hrana biljnog podrijetla, kao i kamenje i zemlja. To implicira da tijekom hvatanja plijena promaše ili dodatno pakupe navedene materije zajedno s životinjskim materijalom. Na tri istraživane populacije u Bosni i Hercegovini pokazalo se da češnjače ne pokazuju specijalizaciju u ishrani te da se radi o ovrlo aktivnim predatorima sa širokom trofičkom nišom (Zimić 2016).

Punoglavci se pretežno hrane hranom biljnog podrijetla poput algi iz grupa Cyanophyta, Chrysophyta, Euglenophyta, Bacillariophyta, Phytomastigina, Xanthophytacea,

Conjugatophyceta, Chlorophyta i Diatomaceae te ostacima biljaka. Manjim dijelom, i to u kasnijim stadijima, mogu koristiti hranu životinjskog podrijetla poput raznih praživotinja (Protozoa), kolnjaka (Rotatoria), glibnjača (*Tubifex*) te rakušaca (Cladocera, Copepoda, Ostracoda, *Chironomus*). Također u prehrani koriste ostatke biljnog i životinjskog podrijetla koje konzumiraju putem detritusa iz supstrata. Ponekad se mogu hraniti ozlijeđenim punoglavcima svoje ili druge vrste, kao i leševima ličinki i punoglavaca te ličinkama drugih vodozemaca. U diseciranim jedinkama primijećeni su i ostaci pjeska kojeg punoglavci često unesu konzumiranjem detritusa (Nöllert i sur. 2012).

1.2.2.7. Ugroženost i konzervacijski status

Prema globalnoj i europskoj listi (IUCN) vrsta *Pelobates fuscus* svrstana je u najmanje zabrinjavajuću kategoriju – LC. Na direktivi o očuvanju prirodnih staništa i divlje flore (EU Habitat Directive), vrsta je svrstana u dodatak IV (neophodno ulaganje u zaštitu vrste i staništa zbog poboljšanja njenog statusa). Prema literaturnim podacima moglo bi se reći da je ukupna populacija u fazi opadanja na globalnom nivou (Jehle i sur. 1995, Hutchins i sur. 2003, Džukić i sur. 2005, Nöllert i sur. 2012). Glavni uzroci su antropogeno djelovanje, gubitak staništa, prirodne fluktuacije populacija, UV-B zračenje i širenje zaraznih bolesti. Dodatno, lokalni problemi koji se javljaju ogledaju se u kakvoći vode i strukturi tla koji bivaju zagađivani od strane industrije, odvoda i poljoprivrede, izgradnja uzgojnih bazena, unosa grabežljivaca/predatora (Pechmann i sur. 1994, Lips 1998, Agasyan i sur. 2009).

Prema Crvenoj knjizi vodozemaca i gmazova Hrvatske vrsta se nalazi u kategoriji s nedovoljno podataka – DD, a prema najnovijim istraživanjima može se reći da je populacija češnjače u ovoj regiji stabilna ali istovremeno i ugrožena, te joj prijete opasnost od pada brojnosti zbog antropogenog utjecaja i degradacije staništa (Jelić i sur. 2012, Čurić i sur. 2017).

1.3. Biotički čimbenici - predacija i kompeticija

Dva značajna biotička čimbenika koji imaju bitnu ulogu u preživljavanju, genetičkom driftu i selekciji su predacija i kompeticija. Predacija predstavlja jednostran odnos dvaju organizama kod kojih postoji pozitivno djelovanje na jedan a negativno djelovanje na drugi organizam. Ovaj odnos čine neraskidive veze u hranidbenoj mreži. Mehanizmi obrane plijena od predatora su različiti i često se mogu vidjeti različite morfološke prilagodbe poput mimikrije, odbačenih dijelova tijela što je praćeno njihovim zarastanjem (regeneracija), kao i reakcije bježanja, mirovanja i skrivanja. Kompeticija, kao interspecijski odnos, može se javiti prilikom smanjenja kapaciteta okoliša kompetitorskih vrsta (Stanković 1954). Ličinke vodozemaca često se suočavaju sa dva načina mortaliteta: isušivanje vodenih staništa i predacija. Mnoge ličinke vodozemaca izložene predaciji reagiraju na način da dolazi do smanjenja aktivnosti i rasta, proširivanja repne peraje, povećanja mišićja repa i obojenja repne peraje (Avezedo-Ramos i sur. 1992, Van Buskirk i sur. 1997).

Primjećeno je da punoglavci vrste *R. temporaria* reagiraju na predaciju morfološkim promjenama: usporenim rastom i širom repnom perajom, dok punoglavci vrste *P. fuscus* ne pokazuju nikakve morfološke promjene (Lardner 2000, Lauria i sur. 2001). Eksperimenti rađeni na punoglavcima smeđe livadne žabe *Rana temporaria* kao plijena ličinke obrubljenog kozaka *Dytiscus marginalis*, pokazali su da njihova prilagodba, morfologija i fiziologija ovise o okolišnim čimbenicima poput dostupne hrane. Svakako su punoglavci doživjeli morfološku preobrazbu repne peraje koja je postala šira dok su im tijela bila kraća u odnosu na tipičnu morfologiju punoglavaca iste vrste. U isto vrijeme je primjećeno mirovanje i skrivanje od predatora što je i utjecalo na datu morfološku prilagodbu. Jedinke koje su eksperimentalno podvrgnute eksperimentu bentičkom ishranom pokazale su se uspješnije u odnosu na jedinke koje su se hranile planktonom ali je mortalitet uzrokovan predaciji rastao sa trajanjem eksperimenta (Eklöv i sur. 2000, Laurila i sur. 2001).

Primjećeno je da još prilikom sezone parenja adultne jedinke vrste *Pelobates fuscus* izbjegavaju vodena tijela u kojima postoji prisustvo većih predatora poput riba ili pak rakova, ali da su jedinke pronađene u vodenim tijelima s prisustvom manjih vrsta riba i drugih predatora. Punoglavci češnjače su čest plijen ribama i u odnosu na druge vrste ne reagiraju naročito na kemijske signale koje ispuštaju predatori. Prema rezultatima radova pokazano je da češnjače nisu dobro adaptirane

na preživaljavanje u staništima sa predatorima te da nisu pokazivale nikakve odgovore na prisustvo predatora (Lardner 2000, Nyström i sur. 2002).

1.4. Cilj istraživanja

Ovaj diplomski rad predstavlja nastavak i dopunu istraživanja češnjače započetkog u Bosni i Hercegovini zbog slabe istraženosti i izostanka podataka kako u BiH tako i u Hrvatskoj (Jelić i sur. 2012, Šukalo i sur. 2014, Ćurić 2015, Ćurić i sur. 2017).

Kroz rad je definirano nekoliko osnovnih ciljeva istraživanja.

1. Predstaviti detaljniji morfološki opis punoglavaca češnjače praćenih morfometrijskim mjerama kroz determinirane stadije razvoja.
 - **Hipoteza:** Punoglavci češnjače će se u odgovarajućim uvjetima metamorfozirati kroz tri do četiri mjeseca. Nakon definiranja stadija razvoja prema Gosner (1960) očekuje se srazmjerni rast do sredine vremenskog razdoblja razvoja kada bi trebalo doći do naglog porasta morfometrijskih značajki i morfoloških promjena punoglavaca.
2. Opisati i predstaviti prve skice oralnog diska punoglavaca češnjače kroz determinirane stadije razvoja.
 - **Hipoteza:** Doći će do promjena u morfologiji oralnog diska u zadnjim stadijima razvoja punoglavaca kada u ishrani mogu koristiti veći postotak hrane životinjskog podrijetla u odnosu na prve stadije kada se hrane hranom biljnog podrijetla.
3. Uvidjeti postoji li i koliko je izražena kompeticija vrste *P. fuscus* u odnosu na punoglavce druge vrste te da li dolazi do stvaranja razlika u ukupnoj dužini tijela, repa i mišića, kao i promjeni veličine očiju i usta u odnosu na kontrolnu grupu.
 - **Hipoteza:** Očekivani interspecijski odnos između punoglavaca dvaju različitih vrsta u datom eksperimentu je kompeticija za hranu i prostor uz moguću pojavu morfoloških prilagodbi usljed potencijalne kompeticije ili kanibalizma. Uspješnija vrsta će biti morfometrijski veća i naprednija u stadijima razvoja.
4. Uvidjeti dolazi li do morfoloških promjena punoglavaca češnjače u prisustvu predatora ribe *Umbra krameri*.

- **Hipoteza:** Prilikom prisustva predatora dolazi do smanjenja broja jedinki unutar populacije, ali i morfoloških promjena punoglavaca (usporen rast, šira repna peraja, jači mišić repa) u svrhu izbjegavanja predatora.

Cilj prve dvije stavke je omogućiti korištenje podataka za usporedbu sa drugim vrstama, vrstama istog roda, te drugim populacijama radi uočavanja potencijalnih sličnosti i razlika te lakše determinacije vrste u stadiju punoglavca.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Područje istraživanja

Istraživano područje Lijeva Luka nalazi se na teritoriji Sisačko-moslavačkoj županije, u općini Martinska Ves (N 45.610293°; E 16.367457°) (Slika 4). Ovo je ravničarsko poplavno područje, koji se zadržalo kao stari meandar rijeke Save, okruženo poljoprivrednim zemljištem.



Slika 4. Karta istraživanog područja vrste *Pelobates fuscus* u Hrvatskoj: lokalitet Lijeva Luka

Prostor Sisačko-moslavačke županije prema Köppenovoj klasifikaciji pripada tipu C – tople umjereno kišne klime s toplim ljetom, s izuzetkom planinskih krajeva koji nisu obuhvaćeni u istraživanom području. Prema klasifikaciji Thornthwaitea podneblje cijele regije je humidno gdje je indeks efektivnosti padalina P/E u granicama od 64 do 127. Najveće temperature na području županije koje prelaze 30 °C zabilježene su u ljetnom periodu (svibanj, lipanj, srpanj, kolovoz i

rujan) dok je temperaturni maksimum izmjeren do 2014. godine iznosio 38 °C. Temperature niže od - 10 °C zabilježe su u siječnju, veljači, ožujku, studenom i prosincu. Srednja mjesečna temperatura po mjesecima je slijedeća: siječanj (0,2 °C), veljača (1,8 °C), ožujak (6,8 °C), travanj (11,4 °C), svibanj (16,4 °C), lipanj (19,7 °C), srpanj (21,6 °C), kolovoz (20,8 °C), rujan (16,4 °C), listopad (11,4 °C), studeni (5,5 °C) i prosinac (1,5 °C) dok srednja temperatura zraka po godišnjim dobima u Sisačko-moslavačkoj županiji iznosi za proljeće 11,5 °C, ljeto 20,7 °C, jesen 11,1 °C te zima 1,2 °C. Godišnje trajanje sijanja sunca (insolacija) u cijeloj Županiji u granicama je od 1800 - 2000 sati. Ukupna količina oborina u vegetacijskom razdoblju prosječno iznosi 508,9 mm, dok su oborine po godišnjim dobima raspoređene na sljedeći način: proljeće 211,8 mm, ljeto 259,3 mm, jesen 264,4 mm i zima 170,2 mm. Za period od 2011. do 2014. godine prosječna godišnja vlaga iznosila je 77 %, s prosječnom godišnjom temperaturom od 12,2 °C (IRES 2015).

Lokalitet Lijeva Luka pripada nizinskom području sjeverne Hrvatske koju karakterizira agrarni krajobraz s kompleksima hrastovih šuma i poplavnih područja, dok naglaske i identitet ovih područja čine šumski rubovi i fluvijalno – močvarni ambijent. Pripada podneblju ravnica i riječnih dolina, odnosno fitobioklimatu hrasta lužnjaka i drugih hidrofilnih fitocenoza unutar klimatskozonskog područja kitnjaka. Ovo ravničarsko područje izgrađeno je od poliocenskih i kvartarnih naslaga. Oko rijeke Save nataložene su prostrane i nedovoljno propusne naplavne ravnice koje su pod utjecajem plitkih podzemnih voda te je teren zamočvaren za vrijeme visokih vodostaja. U dijelu doline rijeke Save teren je izgrađen pretežno od pijeska različite granulacije i tvori jedinstven vodonosni horizont čija se debljina kreće između 10 i 40 metara. Prema klimatskozonskom vegetacijskom planu ovo područje spada u nizinski pojas i doline, i karakteriziraju ga vlažni i močvarni travnjaci i trstici, te različite vrste poljoprivrednih kultura. Prema pedološkoj karti lokalitet Lijeva Luka nalazi se u okviru II kategorije tala s dobrim fizikalnim i kemijskim svojstvima, dubokog i pretežno ravnog reljefa (IRES 2015).

2.2. Materijal

Materijal obrađivan tijekom studije obuhvaća punoglavce češnjače *Pelobates fuscus* prikupljenih na lokaciji Lijeva Luka, područje Sisačko-moslavačke županije (Slika 5a). Terenski obilasci ovog lokaliteta vršeni su dana 3. 4. 2016. i 6. 4. 2016. godine, kada su prikupljene ukupno dvije vrpce s jajima, svaka na navedeni datum.

U danom razdoblju su na lokaciji pronađene prve vrpce s jajima, već nakon prvog kratkog obilaska terena. S obzirom da su bile u stadiju valjenja iz jajeta, vrpce (jaja i punoglavci u početnim stadijima) su prikupljeni direktno u plastične posude. Iako se uzorkovanju pristupilo s velikim oprezom, zbog velikog broja izvaljenih punoglavaca i guste vegetacije nisu prikupljene sve jedinke te tijekom istraživanja nije pristupljeno brojanju istih (Slika 5b).



Slika 5. a) Stanište vrste *Pelobates fuscus* na lokalitetu Lijeva Luka i b) izgled pronađenih vrpca s jajima

Vrpce s jajima i punoglavci su nakon oba terena transportirani i čuvani u dvije pravokutne crne kade, zapremine 90 L. Obezbeđena im je vegetacija donešena iz vodenog tijela u kojem su pronađeni, dovoljne i konstantne količine vode, adekvatna izloženost suncu i hladu i hrana. Razvoj punoglavaca praćen je svakodnevno, od prvih do posljednjih stadija. U početku punoglavci su nasumično uzorkovani svaka dva dana po 10 jedinki te su odvajani u plastične posudice s 3 % formaldehidom. U kasnijim stadijima razvoja broj uzoraka je smanjen, dok je povišen broj dana između uzorkovanja.

U posebne posude, zapremine 5 L, tretirani su punoglavci češnjače i punoglavci smeđe livadne žabe *Rana temporaria*, čiji su uzorci prikupljeni 9. 3. 2016. godine. Punoglavci obje vrste korišteni su u svrhu promatranja razvoja u interkompeticiji za hranom i prostorom, pri jednakim uvjetima, ali različitim omjerom u odnosu na date vrste.

2.3. Metode prikupljanja podataka

2.3.1. Prikupljanje materijala na terenu

Tjekom terenskih istraživanja obilažena su odgovarajuća vodena i terestrična staništa koja bi bila pogodna za nastanjivanje češnjače. Od istraživanih lokaliteta u zagrebačkoj i sisačko-moslavačkoj županiji, iz sljedećih razloga odabran je lokalitet Lijeva Luka: prirodno vodeno stanište koje pogoduje češnjači, odgovarajući period u kojem su pronađene vrpce s jajima, blizina i pristupačnost lokaliteta i terena. Pronađene vrpce s jajima su prikupljene pomoću plastičnih posuda zapremine 5 L.

Pomoću Kestrel 4300 prikupljeni su fizički parametri. Uzete su GPS koordinate, ustanovljeno je prisustvo ostalih vrsta herpetofaune, te je izvršeno fotografiranje staništa kao i vrpce s jajima i punoglavcima *in situ*.

2.3.2. Eksperimentalno testiranje hipoteza *ex situ*

U svrhu uzorkovanja punoglavaca češnjače za potrebe morfologije i morfometrije formirani su što prirodniji uvjeti. Prikupljene vrpce i punoglavci su nakon oba terena transportirani u dvije velike plastične kade smještene u vanjskim uvjetima. Kade su napunjene vodom do punog kapaciteta, čija je zapremina tijekom eksperimenta održavana konstantnom. Kade su postavljene na odgovarajuće mjesto u ravnini, tako da u toku dana budu izloženi sunčevoj svjetlosti u jutarnjim i popodnevnim satima, dok se poslijepodne zbog vegetacije stvara hlad koji sprječava preveliko zagrijavanje vode u najtoplijem razdoblju. Unutar kada postavljene su prirodni materijali poput

grančica i drveta, kao i plutajuća vegetacija iz prirodnog staništa u svrhu zaštite od potencijalnih predatora, direktne sunčeve svjetlosti, te kao dodatni izvor hrane. Osnovni izbor hrane bila je kombinacija peleta za ribe koje je bilo potrebno prije hranjenja smrviti te akvarijska hrana za ribe koja se također dodatno usitnjavala prilikom hranjenja. Sadržaj hrane iznosi 50 % biljnog i 50 % animalnog podrijetla. Punoglavci su hranjeni svakih 5-7 dana. Temperatura vode u kadama je varirala u odnosu na temperaturu okoline. Punoglavci su od 5. 4. 2016. do 18. 5. 2016. uzorkovani svaka dva dana po 10 jedinki, s izuzecima. Nakon primjećene stagnacije u razvojnim stadijima ostavljeni su mjesec dana do ponovnog uzorkovanja koje je nastavljeno 16. 6. 2016. godine. Uzorkovanje je vršeno nasumično pomoću akvarijske mrežice te su punoglavci fiksirani u 3 % formaldehid i obilježeni (vrsta, lokalitet, datum uzorkovanja, legit). Obje kade su tretirane podjednako u periodu od 3/6. 4. 2016. do 11. 7. 2016. godine kada su uzorkovani punoglavci u posljednjim stupnjevima metamorfoze.

Dodatno je formirana i treća kada zapremine 90 L u koju je odvojeno 50-100 punoglavaca češnjače veličine 8-9 mm, koji su bili u kompeticiji s 6 jedinki crнке *Umbra krameri*, veličine 5-8 cm. Ova riba predstavlja prirodnog predatora u rijetkim vodenim sustavima Dunavskog slijeva u kojima ovdje dvije vrste ponekad dijele stanište. U Posavini su takva staništa s obje vrste uočene uz rijeke Muru, Dravu u Republici Hrvatskoj, pa i uz rijeke Savu i Drinu u Bosni i Hercegovini (Mrakovčić i sur. 2006, Sekulić i sur. 2013, Ćurić i sur. 2017). Vodena vegetacija u kadi je bila gušća i prilagođena prirodnom vodenom staništu šumskog poplavnog sustava, na čijem dnu se nalazio gust pokrivač otpalog lišća s panjevima i granama, te gustom plutajućom vegetacijom.

Za eksperiment kompeticije korišteni su punoglavci češnjače i smeđe livadne žabe. U pet bijelih posuda zapremine 5 L formirani su identični uvjeti da bi eksperiment bio što precizniji, bez vegetacije. U svakoj posudi nalazio se maksimalan broj od 40 punoglavaca obje vrste u različitim omjerima: Grupa 1 - 40 jedinki punoglavaca *P. fuscus*, Grupa 2 - 30 punoglavaca *P. fuscus* i 10 punoglavaca *R. temporaria*, Grupa 3 - 20 punoglavaca *P. fuscus* i 20 punoglavaca *R. temporaria*, Grupa 4 - 10 punoglavaca *P. fuscus* i 30 punoglavaca *R. temporaria*, Grupa 5 - 40 jedinki punoglavaca *R. temporaria*. Eksperiment je trajao 30 dana. Punoglavci su hranjeni svakih 5 dana identičnom količinom i vrstom hrane (akvarijska hrana za ribe) koja je raspoređivana podjednako u svaku posudu. Nakon završetka eskperimenta svi punoglavci su uzorkovani akvarijskom mrežicom u plastične posudice s 3 % formaldehidom.

2.3.3. Laboratorijska priprema materijala

Laboratorijski dio obrade materijala sastojao se od skeniranja punoglavaca te njihovog mjerenja, morfološkog opisivanja i određivanja stadija razvoja prema Gosner (1960). Identifikacija stadija razvoja vršena je prema razvoju stražnjih ekstremiteta kao i prednjih u posljednjim stadijima. Nakon prikupljanja i fiksiranja uzoraka punoglavaca prva faza sastojala se od skeniranja pomoću Epson Perfection V600 Photo skenera. Napravljena kadica od stiropora obložena prozirnou folijom fiksirana je na površinu skenera te pažljivo napunjena vodom da bi prekrivala punoglavce u potpunosti (Slika 6a). Od tanke prozirne plastike napravljeni su stalci koji su korišteni za pridržavanje punoglavaca tijekom skeniranja i fiksacije jedinki u istom položaju (Slika 6b). Mikroskopsko stakalce s mjerkom, preciznosti 0,01 mm, postavljeno je i skenirano zajedno s punoglavcima (Slika 6c). Ovisno o veličini punoglavaca varirala je i tekućina u kadici. Punoglavci su skenirani ventralno, dorzalno, lateralno (lijeva i desna strana) te su skenirani svi punoglavci iz oba eksperimenta (*Pelobates fuscus* i *Rana temporaria*). Kakvoća dobijenih sken fotografija je zadovoljavajuća u biranoj maksimalnoj rezoluciji, dočim veličina fotografija varira između 200 – 500 MB. Imenovanje sken fotografija vršeno je prema sljedećem načinu: *Prva četiri slova imena vrste_redni broj skena_redni broj ukupnog broja skeniranih punoglavaca lateralne grupe* (npr. *Pelo_001_15 – Pelobates fuscus*, sken 1, pet punoglavaca od rednog broja 1 do 5) i *Prva četiri slova imena vrste_redni broj skena_redni broj pojedinačnog punoglavca iz lateralne grupe* (npr. *Rana_002_1 – Rana dalmatina*, sken 2, prvi punoglavac iz prethodnog lateralnog niza). Sve sken fotografije sortirane su po datotekama obilježenim točnim datumom. Dodatne morfometrijske mjere u okviru dužine ekstremiteta, koje nije bilo moguće izmjeriti pomoću programa ImageJ, izmjerene su digitalnom pomičnom mjerkom Electronic digital caliper preciznošću 0,01 mm. Čeljusti punoglavaca slikane su pomoću optičke lupe Leica EZ4 HD. Fotografirane su čeljusti punoglavaca od stadija 23 do 41, s izuzetkom stadija 25, 32-34, 36-39. Za fotografiranje izdvojena su po dva punoglavca iz navedenih stadija. Fotografije su korištene za morfološki i meristički opis čeljusti punoglavaca češnjače po stadijima i za izradu skica. Formule oralnog diska predstavljene su po uzoru na Altig & McDiarmid 1999.

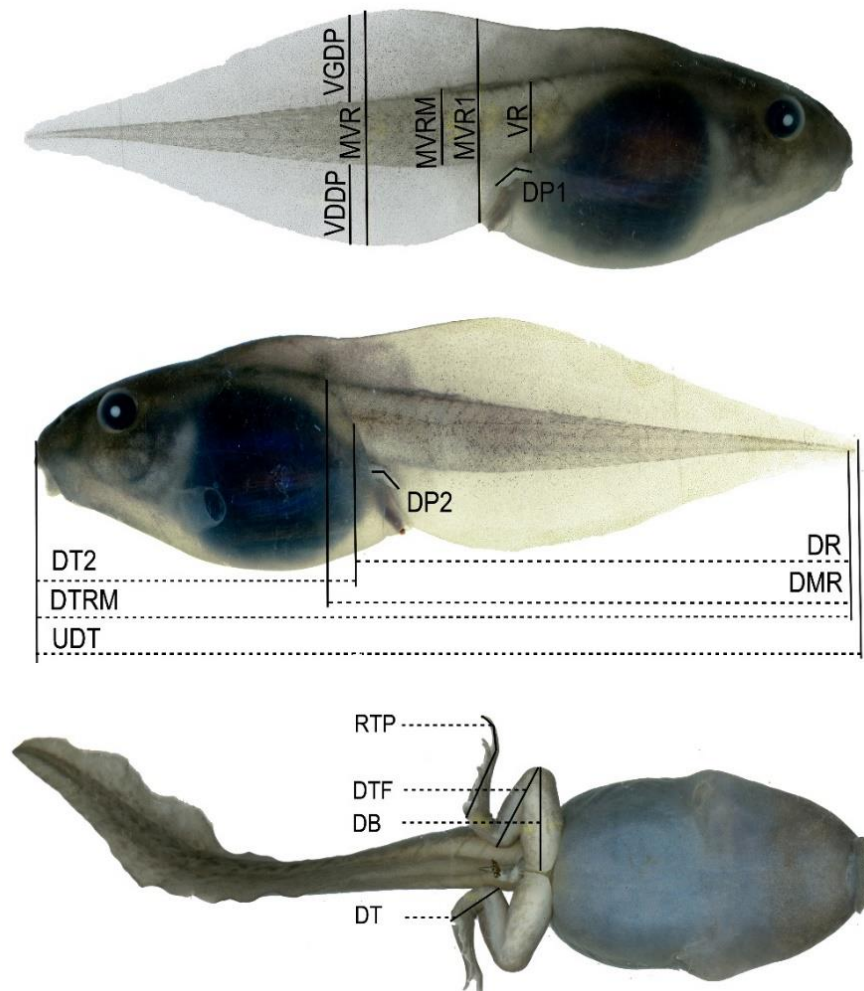


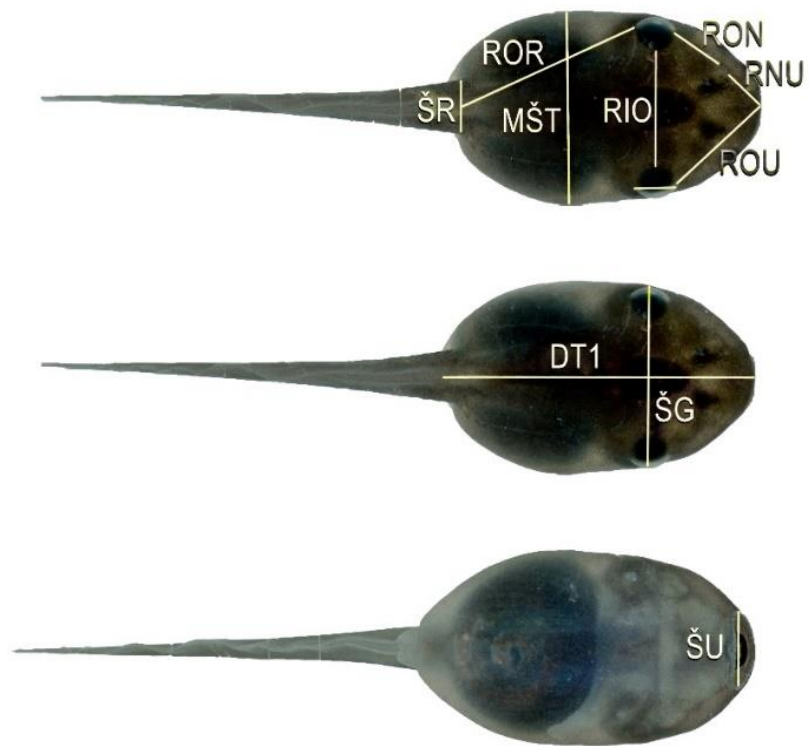
Slika 6. Prikaz procesa skeniranja punoglavaca pomoću Epson Perfection V600 Photo skenera a) kadica sa postavljenim punoglavcima, b) izgled pomoćnih dodataka korištenih za fiksiranje punoglavaca i mikroskopsko stakalce sa mjerkom, c) izgled dijela mjerke mikroskopskog stakalca nakon skeniranja

2.4. Mjerenja i obrada podataka

Skenirani punoglavci su zatim digitalno mjereni pomoću programa ImageJ. Svaka fotografija je kalibrirana pri čemu je jedinična mjera bila 1 mm. Vršeno uzimanje 31 morfometrijske, pet morfoloških i tri merističke značajke. Uzimane su mjere između anteriornih i posteriornih margina datih struktura.

Vršeno je mjerenje sljedećih morfometrijskih značajki kombiniranih prema Sidrovska i sur. 2002, Harcet 2001 i osobnom odabiru. Mjere su predstavljene hrvatskim nazivom i kraticom, te opisom i engleskim nazivom i kraticom zbog lakšeg korištenja i komparacije sa stranim literaturnim podacima. Predstavljene su u Tabeli 1 i propačene ilustracijom (Slika 7):





Slika 7. Izdvojene morfometrijske značajke prikazane na tri različita stadija razvoja punoglavaca
češnjače - lateralno, ventralno i dorzalno

Tablica 1. Prikaz 31 morfometrijske mjere korištene prilikom mjerenja punoglavaca češnjače

1	DT1-Dužina tijela 1	Udaljenost od vrha ustiju do junkcije stražnjeg tijela i repnog mišićja, mjereno s dorzalne strane tijela punoglavaca. (BL1 Body length)
2	DT2-Dužina tijela 2	Udaljenost od vrha ustiju do junkcije stražnjeg tijela i repnog mišićja, mjereno s lateralne strane tijela punoglavaca. (BL2 Body length)
3	UDT-Ukupna dužina tijela	Udaljenost od vrha usta do vrha repa. (TL Total length)
4	DTRM-Dužina tijela i repnog mišićja	Udaljenost od vrha usta do kraja repnog mišićja. (BTML Body tail musculature)
5	ŠR-Širina repa	Širina repa pri njegovoj bazi. (TMW Tail muscle width at base of tail)
6	DR-Dužina repa	Udaljenost od junkcije na stražnjem dijelu tijela i mišićja repa do vrha repa. (TAL Tail length)
7	VR-Visina repa	Visina repa pri njegovoj bazi. (TMH Tail muscle height at base of tail)
8	MVR1-Maksimalna visina repa 1	Maksimalna visina repa pri njegovoj bazi. (MTH 1 Maksimum tail height at base of tail)
9	MVR (Maksimalna visina repa)	Najveća visina repa. (MTH Maximum tail height)
10	VGDP (Visina gornjeg dijela peraje)	Najveća visina gornjeg dijela peraje, od gornje margine mišićja repa do gornje margine gornjeg dijela peraje. (UTF Upper tail fin height)
11	VDDP (Visina donjeg dijela peraje)	Najveća visina donjeg dijela peraje, od donje margine donjeg dijela peraje do donje margine mišićja repa. (LTF Lower tail fin)
12	DMR (Dužina mišićja repa)	Dužina od početka do kraja repnog mišićja. (TML Tail muscle length)
13	PO (Promjer oka)	Mjerena horizontalno, od ruba do ruba. (ED Eye diameter)
14	RIO (Razmak između orbita)	Udaljenost između središta margina orbita. (IOD Interorbital distance)
15	RON (Razmak oko - nosnica)	Udaljenost između prednjeg ugla oka do stražnje margine nosnice. (END Eye-naris distance)
16	RNU (Razmak nosnica - usta)	Udaljenost između prednje margine nosnice i vrha usta. (NSD Naris- snout distance)
17	ROU (Razmak oko - usta)	Udaljenost između prednjeg ugla oka i vrha usta. (ESD Eye- snout distance)
18	MŠT (Maksimalna širina tijela)	Maksimalna širina tijela. (BW Body width)
19	ŠG (Širina glave)-	Širina glave u ravnini očiju. (HW Head width at level of eyes)
20	ROR (Razmak oko - rep)	Udaljenost između očiju i početnog dijela repa. (ETL Eye - tail length)
21	ŠU (Širina usta)	Mjereno od vidljivog ruba do ruba. (MW Mouth width)
22	DP1 (Dužina pupa ekstremiteta 1)	Dužina vidljivog pupa ekstremiteta (lijevo, bez spirakuluma). (PLL Pulp length, left side)

23	DP2 (Dužina pupa ekstremiteta 2)	Dužina vidljivog pupa ekstremiteta (desno, sa spirakulumom). (PLR Pulp length, right side)
24	DB (Dužina bedra)	Mjereno od početka bedra do središnjeg dijela kraja bedrene kosti. (FL Femur length)
25	DTF (Dužina tibiofibule)	Mjereno od kraja bedra do početka tarsusa. (TIFL Tibiofibula length)
26	DT (Dužina tarsusa)	Mjereno od kraja tibiofibule do početka metatarsusa. (TARL Tarsus length)
27	RTP (Razmak tarsus – prst)	Dužina između kraja tarsusa do vrha najdužeg prsta. (TFL Tarsus- phalanges length)
28	DH (Dužina humerusa)	Udaljenost od početka kosti humera do središnjeg dijela kosti humera. (HL Humerus length)
29	DRU (Dužina radioulne)	Udaljenost od sredine kraja kosti humera do kraja radioulne kosti. (RUL Radioulna length)
30	RRP (Razmak radioulna)	Prst, udaljenost od kraja radioulne kosti do vrha najdužeg prsta. (RUFL Radioulna - finger length)

Od morfoloških značajki obraćana je pažnja na istačkanost repa, boju, te prisustvo škrge i tubula (Tablica 2).

Tablica 2. Prikaz pet morfoloških značajki popisivanih tijekom mjerenja punoglavaca češnjače

1	TOČKE	Istočkanost repne peraje.
2	BOJA	Obojenost tijela punoglavca.
3	ŠKRGE	Prisustvo i vidljivost škrge.
4	TUBUL1	Pojava spirakuluma.
5	TUBUL2	Položaj spirakuluma (lijevo ili desno gledajući punoglavca s dorzalne strane).

Od merističkih značajki obraćana je pažnja na pulp, falange i nabor na ustima (Tablica 3).

Tablica 3. Prikaz tri merističke značajke popisivane tijekom mjerenja punoglavaca češnjače

1	PULP	Dužina vidljivog pulpa (do koje linije repnog mišića).
2	FALANGI	Broj falangi na stražnjim ekstremitetima.
3	NABOR	Broj nabora u ustima.

Za statističku obradu podataka korišteni su programi PAST, Excel 2013. U radu su obrađeni sljedeći parametri statistike unutar oba eksperimenta:

1. maksimalna vrijednost (Max),
2. minimalna vrijednost (Min),
3. srednja vrijednost (Average/AVG),
4. standardna devijacija (StDEV),
5. PCA.

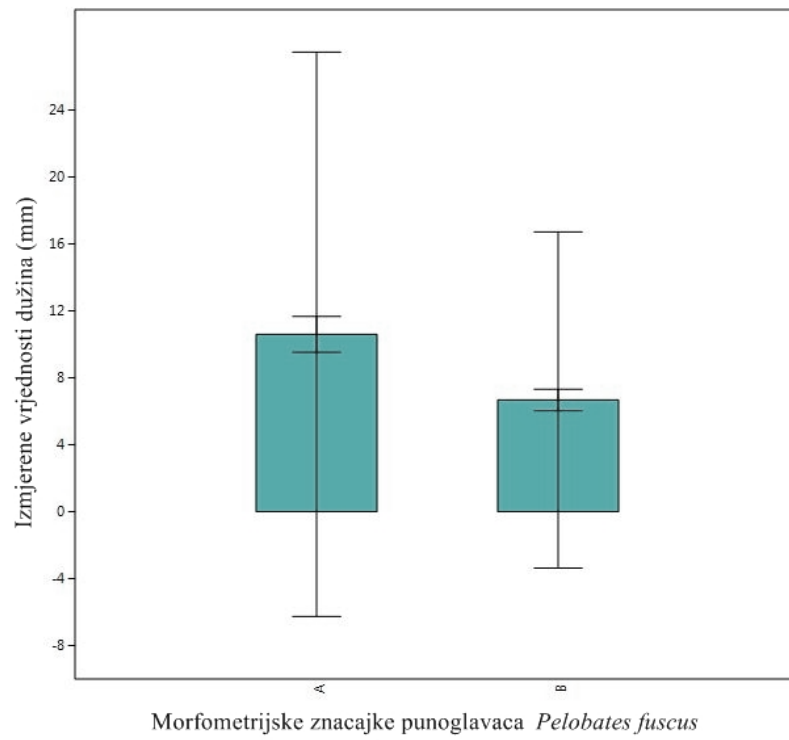
Sve vrijednosti stavki 1 – 4 računane su za sve izmjerene punoglavce u oba eksperimenta. Minimalna i maksimalna vrijednost daju na značaju da je kroz sve stadije moguće odrediti potencijalne veličine tijela i vidjeti postoje li bitne morfometrijske značajke koje je moguće koristiti u determinaciji punoglavaca češnjače kako kroz same stadije tako i u determinaciji vrste u odnosu na vrste istog i različitog roda. Srednja vrijednost i standardna devijacija daju sveopći opis punoglavaca i opis po stadijima s prikazanim odstupanjima mjerenih značajki te omogućavaju jasniji pregled rezultata i korištenje podataka u statističkoj komparaciji. PCA analiza vršena je u eksperimentu kompeticije vrste *P. fuscus* sa punoglavcima vrste *R. temporaria* gdje je cilj bilo utvrditi odstupanja između date dvije vrste u mjerenim značajkama koje će ukazati na postojanje morfoloških i morfometrijskih promjena dvije vrste u interakciji i dokazati o kojem vidu interakcije je riječ.

3. REZULTATI

3.1. Razvoj punoglavaca vrste *Pelobates fuscus*

U Tablici 4 prikazano je 28 morfometrijskih mjera punoglavaca češnjače *Pelobates fuscus*, izdvajajući srednju vrijednost i standardnu devijaciju. Ukupan broj izmjerenih punoglavaca iznosi 249 jedinki u stadijima prema Gosner (1960), od 23. do 41. s izostancima stadija 25., 32., 33., 34. i 38. Uočeni su i niži stadiji: stadij 11 – stadij oplođenog jajeta gdje je vidljivo prisustvo embrija, stadij 18 – vidljiva kontrakcija mišića i vidljive olfaktorne tvorbe i stadij 19 – vidljivi otkucaji srca i formacije vanjskih škruga. Prosječna ukupna dužina punoglavca češnjače u jednogodišnjem stadiju razvitka iznosi $17,36 \pm 5,94$ mm, dok je dužina tijela $7,29 \pm 5,53$ mm (izračunata je prosječna vrijednost DT1 i DT2) i dužina repa $10,60 \pm 8,30$ mm. Postoji razlika u dužini repa i repnog mišićja koji iznosi $11,16 \pm 8,78$ mm. Centralna tendencija se javlja kod širine repa koja iznosi $1,06 \pm 0,01$ mm, promjera oka $0,91 \pm 0,57$ mm, razmaka između oka i nosnica $1,41 \pm 0,95$ mm te kod razmaka između nosnica i usta koji iznosi $1,06 \pm 0,84$ mm. Primjećena je i korelacija u rastu pojedinih dijelova tijela punoglavaca između 1) promjera oka ($0,91 \pm 0,57$ mm) i širine repa ($1,06 \pm 0,01$ mm) i to isključivo do stadija 28, 2) dužine pupa ekstremiteta s lijeve strane tijela ($0,80 \pm 2,76$ mm) i dužine pupa ekstremiteta s desne strane tijela ($0,82 \pm 2,83$ mm), 3) razmaka između orbita ($2,95 \pm 2,19$ mm) i razmaka između očiju i usta ($2,73 \pm 1,74$ mm) i 4) visine gornjeg dijela peraje ($1,88 \pm 1,27$ mm) i visine donjeg dijela peraje ($1,88 \pm 1,23$ mm).

Najveći izmjereni punoglavac iz uzorka od 249 jedinki iznosio je 99,04 mm u ukupnoj dužini tijela i pripadao je grupi 40 razvojnog stadija. Najmanji izmjereni punoglavac iznosio je 5,48 mm u stadiju 23. Prosječna ukupna veličina tijela punoglavaca iz datog uzorka iznosi 17,36 mm. U svim razvojnim stadijima postoji značajna statistička razlika između dužine repa i dužine tijela punoglavaca češnjače prema kojoj je dužina repa u svim stadijima konstantno veća u odnosu na dužinu tijela (Slika 8).



Slika 8. Grafički prikaz odnosa A) dužine repa i B) dužine tijela

Tablica 4: Prikaz rezultata mjerenja 28 morfometrijskih mjera, izraženih kroz srednju vrijednost i standardnu devijaciju (AVERAGE \pm StDEV) te minimalnu i maksimalnu vrijednost (MIN – MAX). Mjerenje je izvršeno na uzorku od 249 punoglavca s lokaliteta Lijeva Luka.

Morfometrijske mjere punoglavaca	AVERAGE \pm StDEV	MIN - MAX
Dužina tijela 1	7,90 \pm 5,94	3,35 – 41,81
Dužina tijela 2	6,68 \pm 5,13	2,76 - 35,62
Ukupna dužina tijela	17,36 \pm 13,70	5,48 – 99,04
Dužina tijela i repnog mišićja	15,98 \pm 8,30	5,48 – 62,75
Širina repa	1,06 \pm 0,01	0,29 – 10,70
Dužina repa	10,60 \pm 8,60	2,74 – 63,78
Visina repa	1,60 \pm 1,41	0,70 – 10,01
Maksimalna visina repa 1	4,68 \pm 2,84	0,52 – 21,57
Maksimalna visina repa	4,95 \pm 3,43	0,51 – 26,17
Maksimalna visina repnog mišićja	1,67 \pm 2,03	0,70 – 25,92
Visina gornjeg dijela peraje	1,88 \pm 1,27	0,47 – 9,45
Visina donjeg dijela peraje	1,88 \pm 1,23	0,52 – 9,00
Dužina mišićja repa	11,16 \pm 8,78	4,68 – 67,55
Promjer oka	0,91 \pm 0,57	0,20 – 3,89
Razmak između orbita	2,95 \pm 2,19	0,70 – 16,93
Razmak oko - nosnica	1,41 \pm 0,95	0,53 – 6,70
Razmak nosnica - usta	1,06 \pm 0,84	0,18 – 5,72
Razmak oko - usta	2,73 \pm 1,74	0,89 – 12,49
Maksimalna širina tijela	4,47 \pm 3,58	1,04 – 26,43
Širina glave	4,61 \pm 2,83	1,94 – 21,04
Razmak oko - rep	4,77 \pm 3,66	2,35 – 26,05
Širina usta	1,52 \pm 1,35	0,28 – 8,87
Dužina pupa ekstremiteta 1	0,80 \pm 2,76	0,03 – 18,36
Dužina pupa ekstremiteta 2	0,82 \pm 2,83	0,01 – 18,14
Dužina bedra	4,57 \pm 3,13	1,20 – 9,26
Dužina tibiofibule	4,63 \pm 2,90	0,87 – 8,08
Dužina tarsusa	6,29 \pm 4,60	0,98 – 13,81
Razmak tarsus - prst	4,27 \pm 2,93	1,05 – 9,93

U Tablicama 5 - 8 prikazane su izračunate srednje vrijednosti i vrijednosti standardne devijacije za morfometrijske mjere punoglavaca razvrstane prema stadijima razvoja punoglavaca prema Gosner (1960).

Determinirano je 11 jedinki u stadiju 23. Maksimalna dužina tijela iznosi 8,83 mm dok je minimalna 5,48 mm. Postoji malo odstupanje srednje vrijednosti dužine repa koje iznosi $3,97 \pm 1,02$ mm i dužine tijela $3,39 \pm 0,34$ mm. Također postoji korelacija između visine gornjeg dijela peraje ($0,63 \pm 0,12$ mm) i donjeg dijela peraje ($0,66 \pm 0,09$ mm). Značajna odstupanja u mjerama kod punoglavaca koja pripadaju stupnju 23 nisu vidljiva osim blagih koja se javljaju kod ukupne dužine tijela $s \pm 1,21$ mm, dužine tijela i repnog mišićja $s \pm 1,15$ mm i dužine repa $s \pm 1,02$ mm.

Determinirano je 6 jedinki u stadiju 24. Punoglavci u ovom stadiju odlikuju se maksimalnom dužinom tijela od 9,24 mm te najmanjom od 8,21 mm. Već u ovom stadiju primjećuje se nagli porast dužine repa u odnosu na prethodni stadij. Srednja vrijednost dužine repa iznosi $5,10 \pm 0,53$ mm, a dužine tijela $3,60 \pm 0,34$ mm. Centralna tendencija za ovaj stadij je izražena u svim morfometrijskim parametrima te je najveće odstupanje zabilježeno kod dužine repa ($\pm 0,52$ mm). Zabilježena je korelacija između visine gornjeg dijela peraje ($0,63 \pm 0,12$ mm) i donjeg dijela peraje ($0,66 \pm 0,09$ mm). Najizraženija centralna tendencija je kod promjera oka $2,23 \pm 0,04$ m. Na jednoj jedinci je izmjeren razmak između oka i ustiju te je standardna devijacija jednaka nuli.

U stadiju 26 nalazilo se 98 jedinki punoglavaca češnjače. Ukupna maksimalna dužina tijela iznosi 21,68 mm, dok je minimalna 9,82 mm. Dužina repa ($8,10 \pm 1,08$ mm) je i dalje značajno veća u odnosu na dužinu tijela ($5,06 \pm 0,84$ mm). Visina gornje i donje peraje je i dalje u korelaciji kao u prethodnim stadijima. Pojavljuje se i pup zadnjih ekstremiteta s lateralnih strana čija dužina iznosi $0,09 \pm 0,04$ mm za lijevi i $0,09 \pm 0,04$ mm za desni pup. Također, javlja se korelacija između maksimalne širine tijela $3,36 \pm 0,66$ mm i razmaka između oka i repa $3,51 \pm 0,58$ mm na osnovu koje se vidi da tijelo punoglavaca dobija kompaktniji i okrugli oblik, što se primjećuje u daljim stadijima razvoja.

U stadiju 27 determinirano je 99 punoglavaca. Ukupna maksimalna dužina tijela iznosi 23,27 mm dok je minimalna dužina tijela 10,17 mm, što nije drastična razlika u odnosu na stadij 26. Značajna korelacija se pojavljuje u širini repa $0,84 \pm 0,21$ mm i promjeru oka $0,85 \pm 0,17$ mm. Izražena je i dalje veća dužina repa u odnosu na dužinu samog tijela.

U stadiju 28 determinirana je 21 jedinka. Ukupna maksimalna dužina punoglavaca iznosi 24,87 mm, a minimalna 11,99 mm. Visina gornjeg i donjeg dijela peraje ostaje u korelaciji, dok se u odnosu na prethodne stadije u ovom pojavljuje razlika između širine repa $1,51 \pm 2,12$ mm i promjera oka $1,00 \pm 0,18$ mm.

U stadijima 29, 30, 31, 35 i 36 determiniran je po jedan punoglavac stoga nije relevantno izražavati vrijednosti rezultata. Bitno je istaknuti kako dolazi do naglog povećanja u ukupnoj dužini tijela i rastu pupa ekstremiteta između stadija 28 i 29 te stadija 30 i 31 (vidjeti u Tablici 6). Također, javlja se velika razlika između dužine repa i dužine tijela u istim stupnjevima, gdje je očigledno da rep zajedno s repnim mišićem postaje snažniji i duži.

U stadiju 37 determinirana su dva punoglavca maksimalne ukupne dužine tijela od 87,42 mm te minimalne od 77,36 mm. Stadij 39 podaci su navedeni za jednu jedinku, ukupne dužine tijela 87,56 mm.

U stadiju 40 nalaze se tri punoglavca, dok u stadiju 41 jedan. Maksimalna ukupna dužina tijela za stadij 40 iznosi 99,04 mm, dok je minimalna 74,18 mm. U stadiju 41, koji je ujedino i stadij pred sam proces metamorfoze, izmjereni punoglavac je bio nešto manji te je njegova ukupna dužina tijela iznosila 81,87 mm.

Do samog kraja u stadijima, prije početka metamorfoze i povlačenja repa uočeno je odstupanje u dužini repa i tijela nakon stadija 23 (ne uključujući ovaj stadij). Primjećeno je i postepeno stagniranje u širini glave od stadija 35 do 39 (uključujući ovaj stadij). U stadiju 40 dolazi do povećanja širine glave koje se zatim od stadija 41 postepeno smanjuje, što se može uočiti i na ostalim dijelovima glavenog područja (Tablica 7). Može se primjetiti da na prijelazu između stadija 40 i 41 u ukupnom statističkom rezultatu dolazi do postepenog pada vrijednosti, s blagim odstupanjem za vrijednosti maksimalne visine repa, dužine pupa ekstremiteta, dužine bedra i tibiofibule (Tablica 7).

Rastom punoglavaca i pojavom pupa stražnjih ekstremiteta u stadiju 26 primjećuje se kontinuiran rast. Nakon stadija 37 javlja se ubrzani porast dužine pupa ekstremiteta punoglavaca prikupljenih kroz četiri dana. Primjećeno je da dužina lijevog ($5,75 \pm 2,89$ mm) odnosno desnog ($6,70 \pm 2,73$ mm) pupa, kroz četiri naredna stadija, doseže dužinu od 15,27 mm (lijevi stražnji ekstremitet) odnosno 18,14 mm (desni stražnji ekstremitet). Izražen je rast izmjerenih pojedinih dijelova

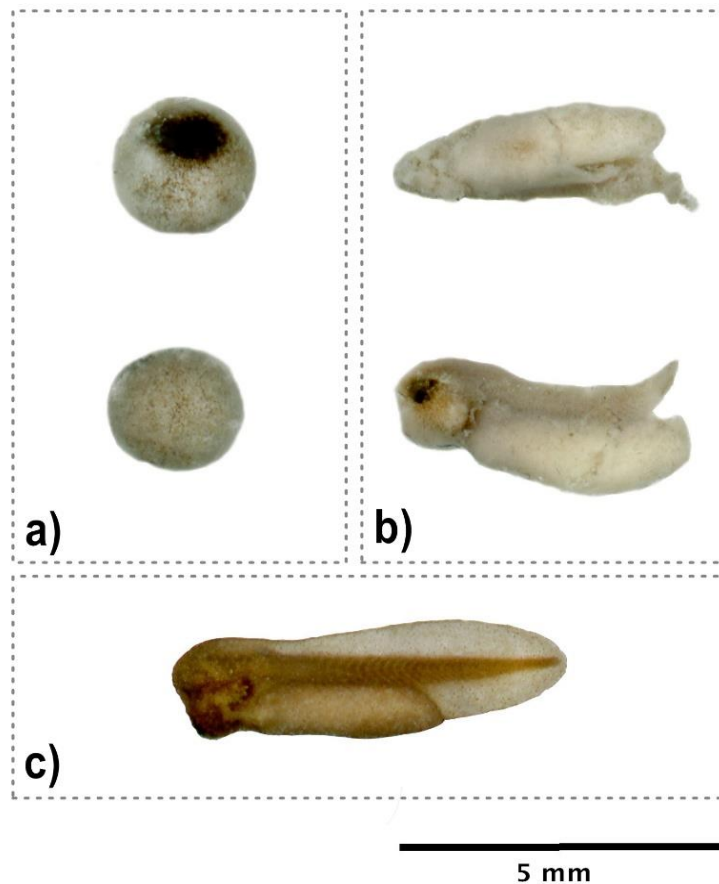
ekstremiteta (Tablica 7) čak i kod punoglavca u stadiju 41 koji je u ukupnoj dužini tijela (87,87 mm) manji od punoglavca iz stadija 40 ($90,42 \pm 14,07$ mm). Izuzetak u rastu primjetan je kod tarsusa punoglavca stadija 41 (4,39 mm) u odnosu na stadij 40 ($9,26 \pm 2,71$ mm). S obzirom da je statistički broj punoglavaca malen, dobiveni rezultati se moraju uzeti s rezervom.

Ukupan period od stadija jajašca do stadija 46, odnosno skoro potpuno metamorfozirane jedinke trajao je 110 dana.

3.1.1. Morfološki opis punoglavaca *Pelobates fuscus* kroz stadije razvoja

Na osnovu materijala prikupljenog tijekom istraživanja determinirani su punoglavci u stadijima 23 – 41, izuzev stadija 25, 32, 33, 34, 38 koji su nisu prikupljeni tijekom opisanog istraživanja.

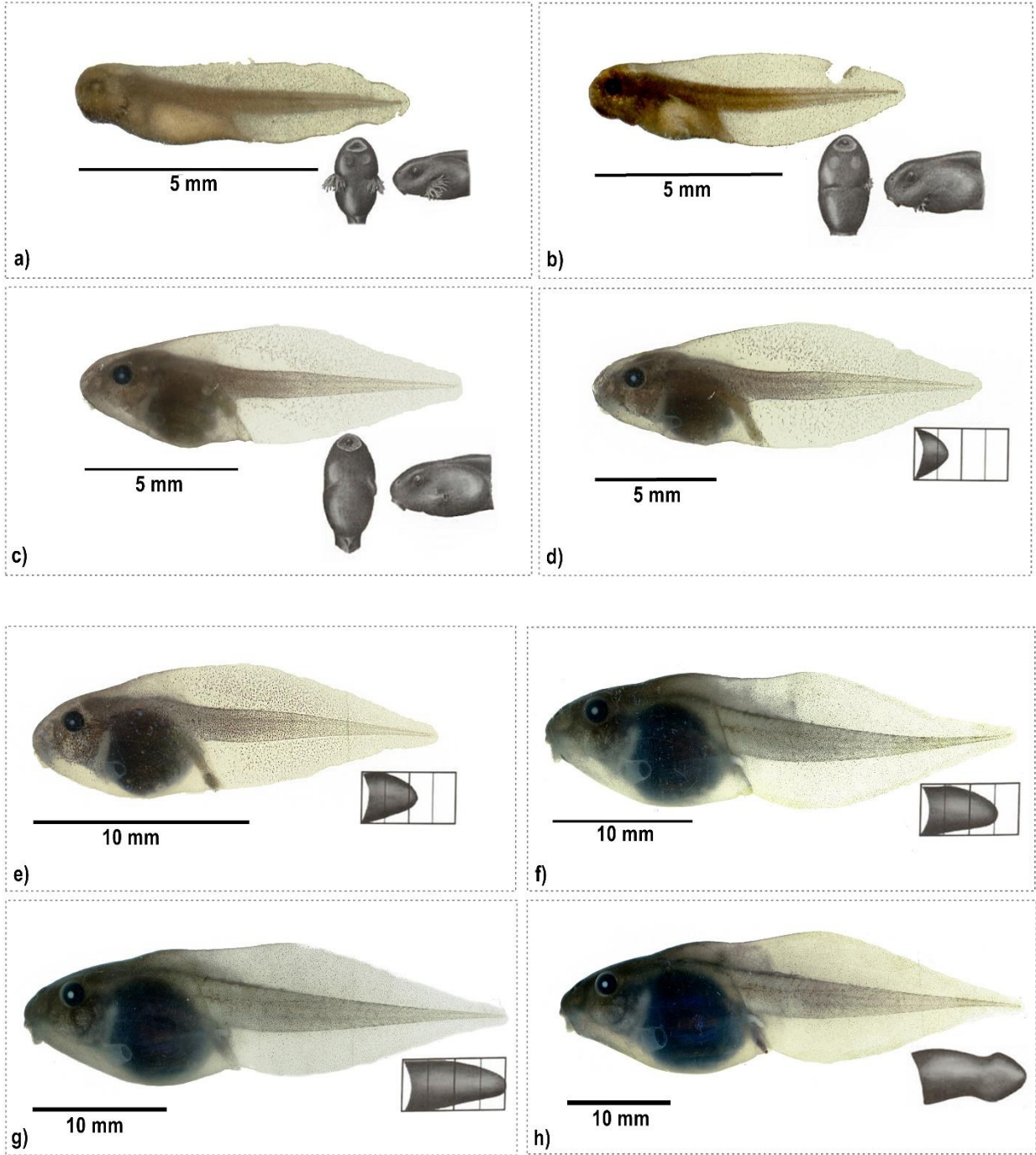
Tek izvaljene ličinke su bile nepokretne i nalazile se na samoj površini oko vegetacije i vrpce s jajima (Slika 9). Sve do stadija 24 vidljiva je žumančana vreća iz koje ličinka crpi posljednje zalihe hrane prije nego pristupi samostalnoj ishrani. Veličina oplođenog jajašca iznosi 2,24 mm.

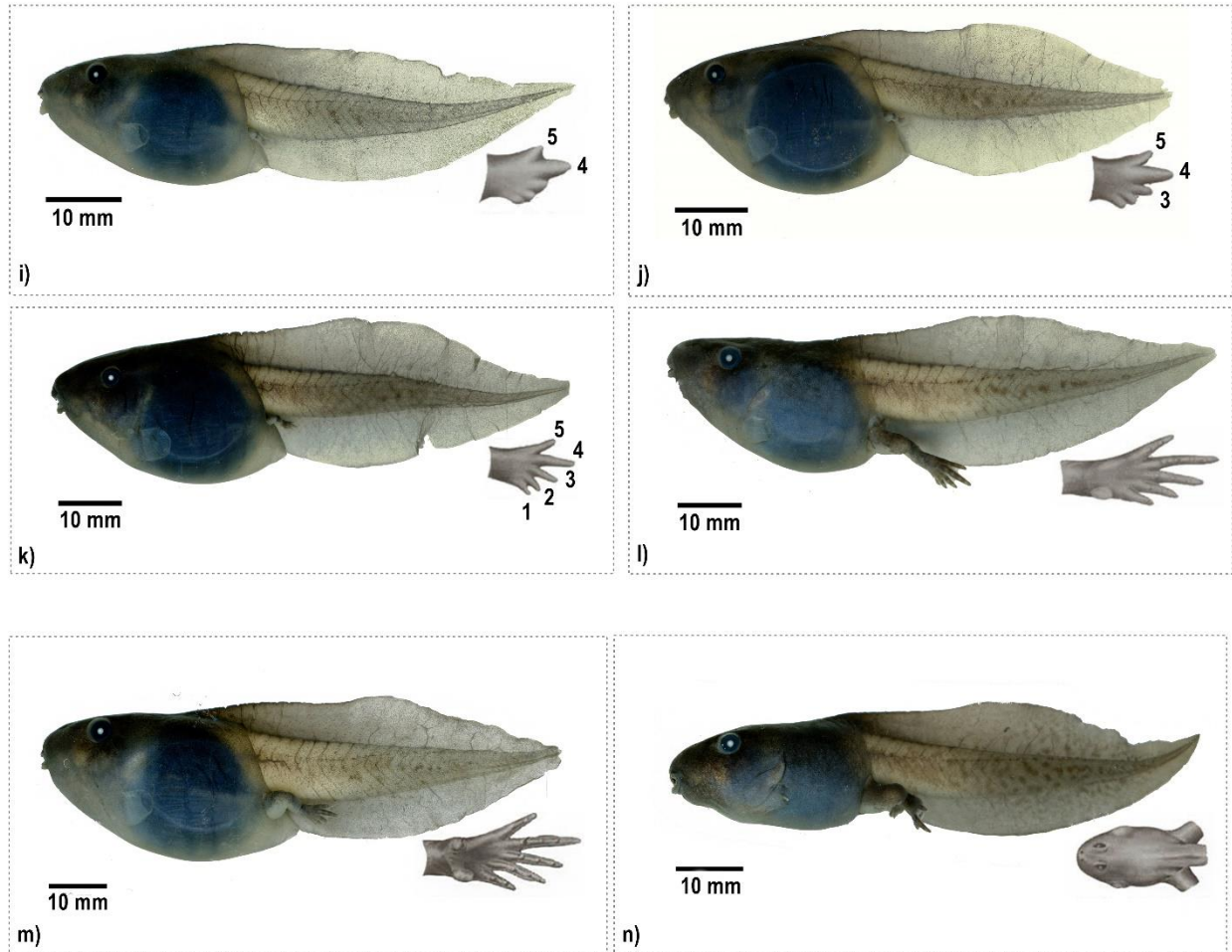


Slika 9. Prikaz skeniranih jaja i ličinki češnjače *Pelobates fuscus* u narednim stadijima prema Gosner (1960) a) 11, b) 18, c) 19.

Punoglavci češnjače u stadijima 23 i 24 imaju jako sitnu pigmentaciju i smeđu obojenost tijela. Vanjske škrge su vidljive u oba stadija, izraženije kod nižeg. Pored veličine vanjskih škrge različita morfologija se uočava kod izraženosti glavenog područja gdje je kod stadija 23 nešto kompaktniji oblik koji se stapa s tijelom i repom. Gornja i donja peraja repa u stadiju 24 postaju izraženija i viša (Slika 10a,b). Kod narednih stadija (25, 26, 27) morfologija punoglavaca je dosta slična. Pigmentacija je sitna i izraženija gledajući od kraja repne peraje. Kod pojedinih punoglavaca uočena je pojava nešto krupnijih točki pigmentiranosti. Pigmentiranost postaje intenzivnija i širi se prema glavenom području s rastom punoglavca kroz navedene stadije. Punoglavci su tamno smeđe boje. Nestaju vanjske škrge koje prerasta koža i pojavljuje se spriakulum smješten na lijevoj strani tijela (gledano dorzalno prema glavenom području). Pojavljuju se i pupovi ekstremiteta.

Crijeva su izražena i vidljiva, sklopčana u tri reda s četvrtim koji završava analnom porom. Položaj crijeva kod svih stadija je centralan s odsustvom manjeg broja jedinki kod kojih su crijeva s centralnim položajem pomaknutim blago u lijevo. Rep postaje ovalniji, a mišić jači (Slika 10c,d). U stadiju 28 primjećene su jedinke čija je pigmentiranost tijela izraženija te se pojavljuje jača pigmentacija i na donjoj peraji repa. Jedinke su i dalje tamnosmeđe boje (Slika 10e). Morfološki značajna razlika pojavljuje se između stadija 28 i 29 (Slika 10f). Pigmentiranost punoglavca je kompaktna te su točke sve manje izražene, izuzev na repu, te punoglavcu daju sivu obojenost. Crijeva su slabije vidljiva. Slična morfologija se nastavlja kod punoglavaca do stadija 39 kada se na tijelu punoglavaca pojavljuju obrisi uzorka koji će biti vidljiv u samom procesu metamorfoze i biti karakterističan za svaku jedinku (Slika 10l). Usno područje i oči postaju izraženije, a punoglavci dosta krupniji u odnosu na prethodne stadije. Punoglavci iz eksperimenta su tamnog obojenja sive i smeđe nijanse s plavkastim odsjajem. Rastom kroz navedene stadije na punoglavcima se uočava promjena u obliku tijela koje postaje sve više oblo, i repa čiji mišić postaje jasnije segmentiran i jak. Stadij 40 karakterizira promjena u obliku tijela, sužavanje oble konture i vidljivost ispupčenja s lateralnih strana koje predstavljaju prednje ekstremitete još uvijek smještene u škržnim komorama ispod kože. Oči su još više izražene i sve više oblikom podsjećaju na oči metamorfozirane žabe (Slika 10m). Već u stadiju 41 uočavaju se prednji ekstremiteti koji se probijaju kroz kožu s desne, odnosno kroz spirakulum s lijeve lateralne strane. Na zadnjim ekstremitetima izražene su metatarzalne kvržice koje su već potpuno razvijene (Slika 10n). U narednim stadijima započinje ekstremno brz proces metamorfoze. Rep se postepeno smanjuje, tijelo postaje kompaktnije i dobija oblik žabe. Od formiranih kontura u prethodnim stadijima do stadija 46 već dolazi do stvaranja uzorka i finalne pigmentiranosti tijela koje je karakteristično za svaku jedinku. Pored dva osnovna uzorka na tijelu uočljive su i crvene točke. Jedinke sve više borave uz površinu vode udišući atmosferski zrak. Po izlasku iz vodene sredine rep nije u potpunosti apsorbiran te će se taj proces završiti u naredna 24 sata.





Slika 10. Prikaz skeniranih punoglavaca češnjake *Pelobates fuscus* sa ilustriranim prikazom značajnih morfoloških promjena (dodatne ilustracije prema Duellman i sur. 1994) za determinaciju stadija po Gosner (1960) kroz stadije a) 23, b) 24, c) 26, d) 27, e) 28, f) 29, g) 30, h) 31, i) 35, j) 36, k) 37, l) 39, m) 40, n) 41.

3.2. Čeljust punoglavaca *Pelobates fuscus*

U prvim stadijima razvoja punoglavaca, odmah nakon izvaljenja iz jajašca, ličinke su nepokretne i ne hrane se, a samim tim još uvijek ne posjeduju aparat za hranjenje. Prvi stadij u kojem se nazire pojava oralnog diska je stadij 23. Ispod oralnog diska, na ventralnoj poziciji, nalaze se smješteni adhezivni organi u obliku slova U, koje u samom dnu nisu spojene (Slika 11a). Stadij

24 ne razlikuje se mnogo od prethodnog. Usni otvor se proširuje te položaj adhezivnih organa ostaje ventralan (Slika 11b).

U stadiju 26 adhezivni organi počinju postepeno da iščezavaju te zauzimaju lateralni položaj oko oralnog diska. U usnom otvoru može se već primjetiti keratiniziran kljun koji je poprimio crni pigment po samoj ivici, a oko usnog otvora, na anteriornom i posteriornom labiumu uočljive su marginalne papile. Anteriorni i posteriorni labium su srasli. Posteriorni kljun je blago zaoštren, dok je anteriorni širok i naliježe preko posteriornog. Primjećuje se jedan red marginalnih papila s anteriornom šupljinom oko koje se ne uočavaju papile (Slika 11c). Anteriorno se formira prvi labijalni red zuba bez vidljivih češljica. Posteriorno je formiran prvi red labijalnih zuba s češljicima, dok je kod nekih jedinki moguće vidjeti i početak formiranja drugog reda. Formula oralnog diska punoglavca u stadiju 26 glasi: $1 / 1$ ili $1 / 2$ [1].

Stadij 27 odlikuje se kljunom koji poprima jači pigment te je keratiniziraniji, čvršći i oštro nazubljen. Adhezivni organi iščezavaju i više nisu primjetni. Marginalne papile okružuju usni otvor na anteriornom i posteriornom labiumu s anteriornom centralnom šupljinom. Anteriorno su formirana dva reda labijalnih zuba s vidljivim češljicima. Posteriorno su također formirana dva reda labijalnih zuba s vidljivim češljicima (Slika 11d). Formula oralnog diska punoglavca u stadiju 27 glasi: $2 (1) / 2$ [1].

Sličan je i stadij 28 kod kojeg anteriorni i posteriorni redovi zuba postaju izraženiji te više pigmentirani. Kljun je oštro nazubljen i pigmentiran. Vidljiv je jedan red marginalnih papila s anteriornom centralnom šupljinom. Uočava se pojava sitnih i jedva vidljivih papila na centralnoj šupljini, što je zanemarljivo. Anteriorno su formirana tri reda labijalnih zuba s vidljivim češljicima. Posteriorno se uočavaju tri reda labijalnih zuba s vidljivim češljicima (Slika 11e). Formula oralnog diska punoglavca u stadiju 28 glasi: $3 (1-2) / 3$ [1-2].

Stadij 29 odlikuje se kljunom koji je oštro nazubljen i jako pigmentiran. Postoji i dalje jedan red marginalnih papila s anteriornom centralnom šupljinom. Vidljiva je pojava četiri do pet papila na centralnoj šupljini, koje su izraženije od papila u stadiju 28, okrenute su ka unutra u spuštene. Anteriorno su formirana četiri reda labijalnih zuba s vidljivim češljicima, kod nekih jedinki i tri reda. Posteriorno su formirana četiri reda labijalnih zuba s vidljivim češljicima (Slika 11f). Formula oralnog diska punoglavca u stadiju 29 glasi: $4 (1-2-3) / 4$ [1-2-3]

U narednom stadiju 30 kljun je oštro nazubljen i jako pigmentiran. Marginalne papile su formirane u jednom redu s anteriornom centralnom šupljinom, gdje se više ne uočavaju papile. Anteriorno su formirana četiri reda labijalnih zuba s vidljivim češljčićima, kod nekih jedinki i tri reda. Posteriorno su formirana četiri reda labijalnih zuba s vidljivim češljčićima (Slika 11g). Formula oralnog diska punoglavca u stadiju 30 glasi: 4 (1-2-3) / 4 [1-2-3].

Stadij 31 odlikuje se istim karakteristikama kao prethodni, s tim da dolazi do pojave submarginalnih papila na rubovima usta koje nisu toliko izražene (Slika 11h). Formula oralnog diska punoglavca u stadiju 31 glasi: 4 (1-2-3) / 4 [1-2-3].

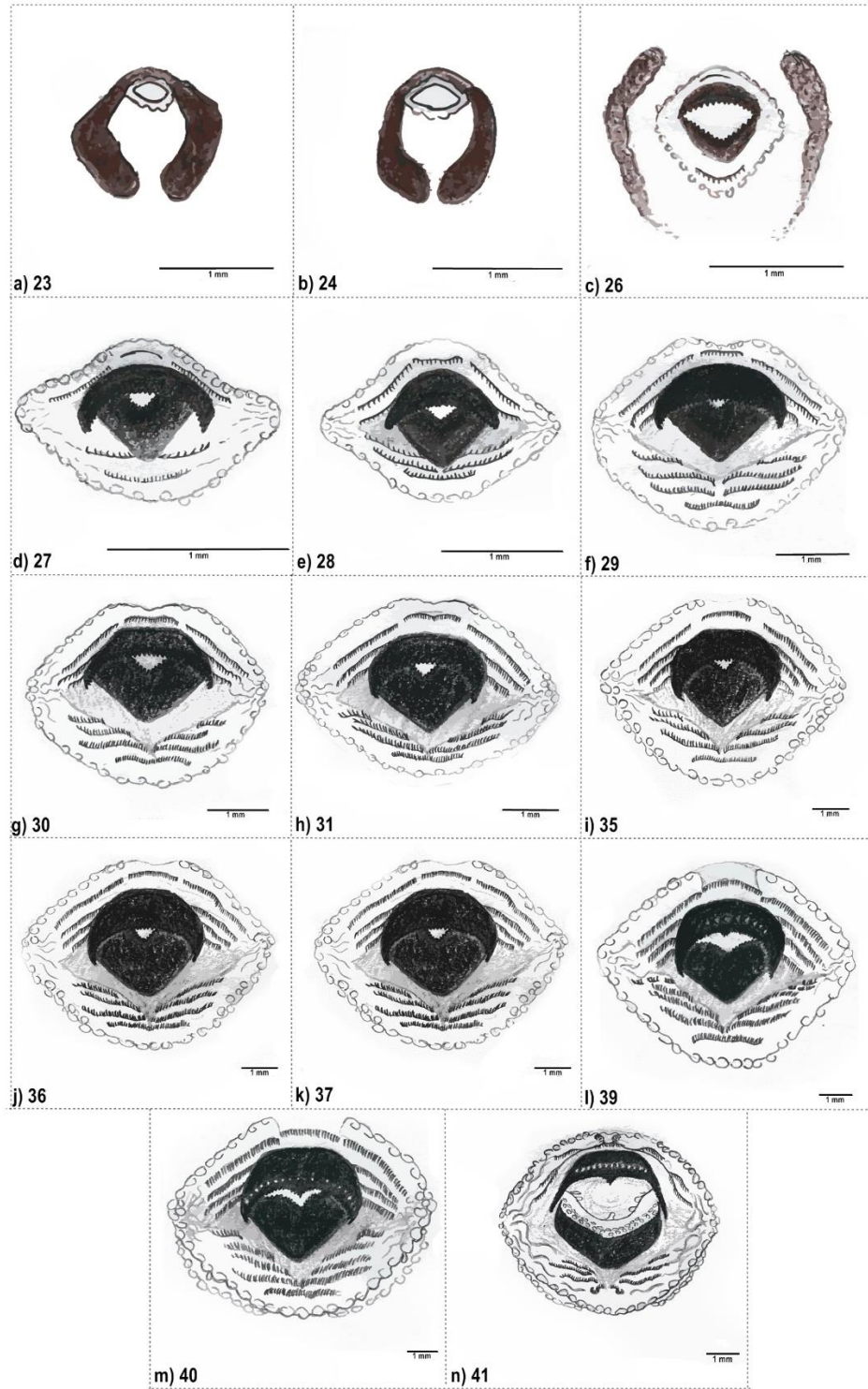
U stadiju 35 kljun je oštro nazubljen i jako pigmentiran. Pojavljuju se dva reda marginalnih papilla na posteriornom labium, koji su nastali zbog povećanja veličine papila. Submarginalne papile su manje izražene na spoju anteriornog i posteriornog labiuma, kao i na dnu posteriornog labiuma. Anteriorno je formirano pet redova labijalnih zuba s vidljivim češljčićima. Posteriorno su formirana četiri reda labijalnih zuba s vidljivim češljčićima (Slika 11i). Formula oralnog diska punoglavca u stadiju 35 glasi: 5 (1-2-3-4) / 4 [1-2-3].

Stadiji 36 i 37 su isti i dosta nalikuju prethodnom stadiju. Razlika se javlja u kljunu koji od stadija 36 postaje sitno nazubljen i dalje jako pigmentiran (Slika 11j,k). Formula oralnog diska punoglavca u stadijima 36 i 37 ostaje nepromjenjen i glasi: 5 (1-2-3-4) / 4 [1-2-3].

Stadij 39 odlikuje se kljunom koji je sitno nazubljen i jako pigmentiran. Anteriorni dio kljuna na vrhu postaje zašiljen, a iznad zubića se javljaju svjetle keratinizirane tvorevine. Vidljiv je jedan red marginalnih papilla. Submarginalne papile su slabo izražene na rubu usta. Anteriorno je formirano pet redova labijalnih zuba s vidljivim češljčićima. Posteriorno je formirano četiri do pet redova labijalnih zuba s vidljivim češljčićima. Peti red labijalnih zuba je rascjepkan, a kod nekih jedinki su primjećene formacije šestog reda s lijeve strane, što je zanemarljivo (Slika 11l). Formula oralnog diska punoglavca u stadiju 39 glasi: 5 (1-2-3-4) / 5 [1-2-3-4].

Stadij 40 odlikuje se istim karakteristikama kao prethodni. Razlike se javljaju u postojanju dva reda marginalnih papilla posteriorno. Submarginalne papile su izražene na rubu usta. Anteriorno je formirano pet redova labijalnih zuba s vidljivim češljčićima. Posteriorno je također formirano pet redova labijalnih zuba s vidljivim češljčićima (Slika 11m). Formula oralnog diska punoglavca u stadiju 40 glasi: 5 (1-2-3-4) / 5 [1-2-3-4].

Od stadija 41 uočavaju se postepene promjene koje prethode metamorfozi. Kljun je sitno nazubljen i jako pigmentiran. Anteriorni dio kljuna je na vrhu zašiljen, a iznad zubića su istaknute keratinizirane tvorevine. Dva reda marginalnih papila posteriorno postepeno iščezavaju. Submarginalne papile su prisutne, spljoštenog oblika i također postepeno iščezavaju. Anteriorno je vidljivo četiri do pet labijalnih zuba s deformiranim redovima i slabo izraženim češljicima koji postepeno iščezavaju. Posteriorno su vidljiva četiri reda deformiranih labijalnih zuba čiji su češljici vidljivi ali su različite veličine. Na nepčanom području (buccopharyng) javljaju se papile i keratinozne tvorevine u vidu zuba u samom kljunu (Slika 11n). Formula oralnog diska punoglavca u stadiju 41 glasi: 4 (1-2-3) / 4 [1-2-3], ali zbog početka morfoloških promjena kroz metamorfozu, nije preporučljivo praćenje i determinacija kroz labijalnu formulu.



Slika 11. Ilustrirani prikaz morfoloških i merističkih značajki oralnog diska vrste *P. fuscus* kroz stadije razvoja prema Gosner (1960)

3.3. Eksperiment: *Pelobates fuscus* i *Rana temporaria*

Kontrolne grupe sastojale su se od dvije posude sa po 40 jedinki vrste *P. fuscus* (Grupa 1) odnosno 39 jedinki *R. temporaria* (Grupa 5). Zbog usporedbe morfometrijskih mjera prikazane su u zajedničkoj tablici (Tablica 9). Determinirani punoglavci češnjače pripadaju stadijima 27 (9 punoglavaca) i 28 (31 punoglavac), dok punoglavci smeđe livadne žabe pripadaju stadijima 28 (6 punoglavaca), 29 (5 punoglavaca), 30 (8 punoglavaca), 31 (16 punoglavaca) i 32 (4 punoglavca). Prosječna ukupna dužina tijela *P. fuscus* iznosi $24,11 \pm 3,00$ mm, dok *R. temporaria* $28,37 \pm 4,73$ mm. Dužina tijela obje vrste je približno ista i iznosi $9,25 \pm 0,98$ mm odnosno $9,54 \pm 1,38$ mm, dok je dužina repa nešto veća kod punoglavaca *R. temporaria* ($18,90 \pm 3,38$ mm) u odnosu na *P. fuscus* ($14,88 \pm 2,02$ mm). T – test analiza širine usta pokazala je da je $p < 0,0001$ te da postoji značajna statistička razlika u veličini usta dvije vrste gdje je prosječna vrijednost širine usta *P. fuscus* $2,61 \pm 0,28$ mm, a *R. temporaria* $2,19 \pm 0,36$ mm.

Punoglavci u interkompeticiji *P. fuscus* (22) i *R. temporaria* (10) u Grupi 2 nalazili su se u različitim stadijima razvoja. Punoglavci češnjače kategorizirani su u stadije 27 (13) i 28 (9), dok smeđe livadne žabe u stadije 30 – 36 s najvećim brojem punoglavaca u stadiju 32 (4 punoglavca). Pri uzorkovanju primjećen je gubitak 8 jedinki vrste *P. fuscus*. Srednja vrijednost ukupne dužine tijela češnjače iznosi $22,76 \pm 3,60$ mm a smeđe livadne žabe $33,80 \pm 4,88$ mm. Razlike u veličini punoglavaca vidljive su svim ostalim izmjerenim morfometrijskim jedinicama u korist smeđe livadne žabe, izuzev tri mjere koje u biti predstavljaju značajnu morfometrijsku razliku između vrsta – veća vrijednost razmaka između orbita, donje peraje i udaljenosti oka i nosnice u korist češnjače (Tablica 10). U kompeticiji za prostor i hranu, gdje su punoglavci vrste *P. fuscus* brojniji u odnosu na vrstu *R. temporaria* rezultiralo je većom dimenzijom i višim stupnjem razvoja kod vrste *R. temporaria*.

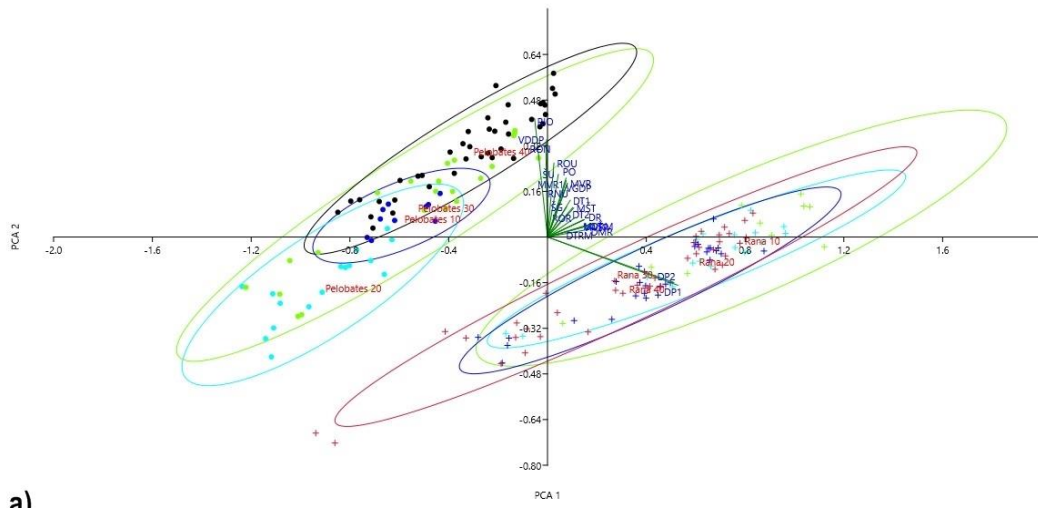
Unutar Grupe 3, uočeni razvojni stadiji vrste *P. fuscus* (16) su stadij 27 (12 punoglavaca) i stadij 28 (4 punoglavca) i *R. temporaria* (20) s stadijima od 29 – 34, s najvećim brojem punoglavaca u stadiju 31 (10 jedinki). Nakon uzorkovanja uočen je nedostatak 4 jedinke vrste *P. fuscus*. Srednja vrijednost ukupne dužine tijela češnjače $17,02 \pm 1,78$ mm iznosi, a smeđe livadne žabe $31,01 \pm 3,65$ mm. Kao i u prethodnom omjeru (22:10) u ovom eksperimentu prema većini parametara vrsta smeđe livadne žabe je u razvijenijim stadijima te je krupnija u odnosu na češnjaču, kod koje se

prijećuje blaga razlika s većom vrijednošću razmaka između orbita, donje peraje i udaljenosti oka i nosnice.

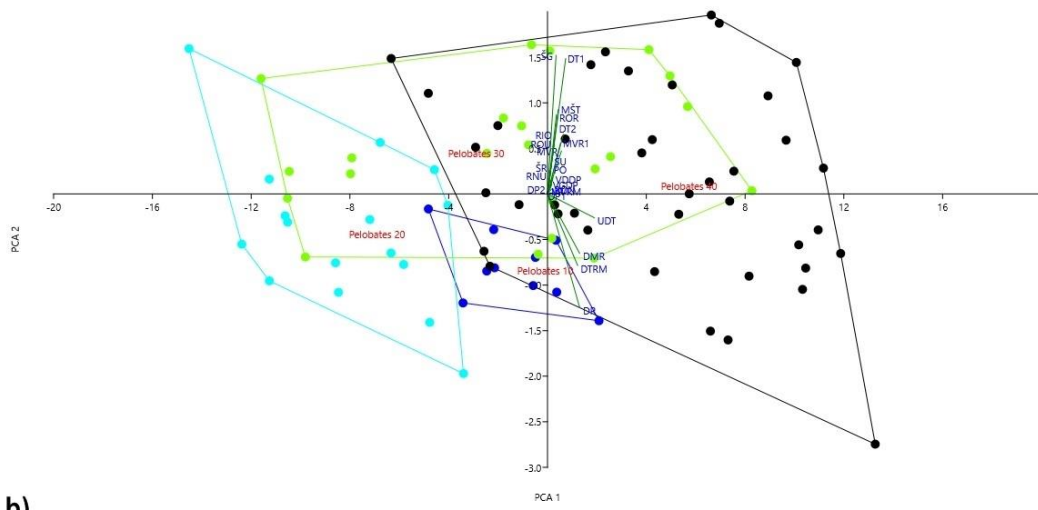
U Grupi 4 interkompeticije, determinirani stadiji za *P. fuscus* (10) su i dalje 27 (5 punoglavaca) i 28 (5 punoglavaca), dok *R. temporaria* (30) obuhvaća razvojne stadije od 29 – 33 s najvećim brojem punoglavaca u stadijima 30 (11 punoglavaca) i 31 (15 punoglavaca). Prosječna srednja vrijednost ukupne dužine tijela vrste *P. fuscus* je $20,77 \pm 1,17$ mm, a *R. temporaria* $29,49 \pm 3,43$ mm. I dalje su punoglavci smeđe livadne žabe krupniji u odnosu na češnjaču, s već istaknutim izuzecima.

Primjećene su razlike u napretku brzine rasta i stadija punoglavaca *R. temporaria* u Grupi 2 omjera 75:25 u korist češnjače.

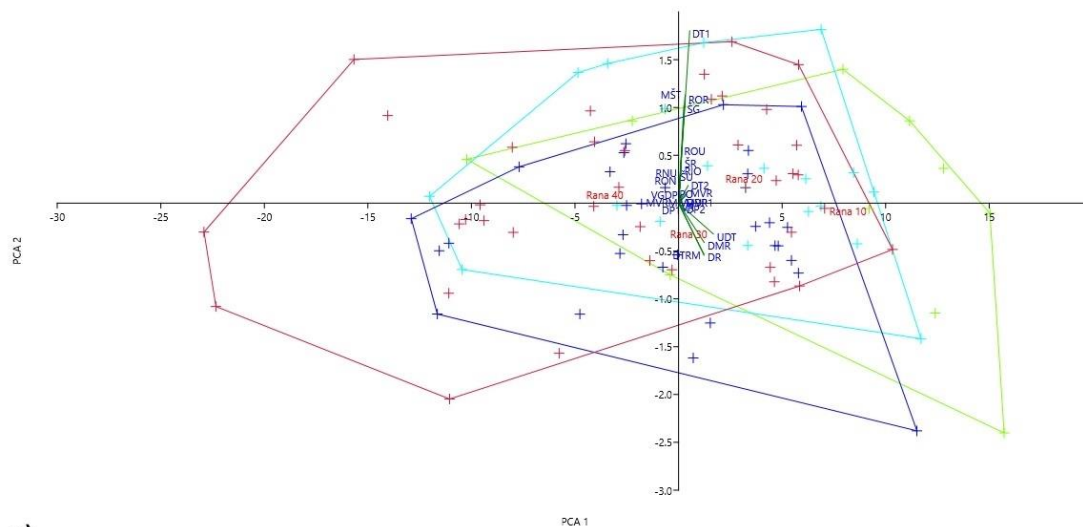
PCA metoda pokazala je da postoje sveukupne značajne razlike u svim mjerenim parametrima između dvije vrste. Prema grafu sa Slike 12a može se vidjeti da postoje odstupanja u dužini pupa oba ekstremiteta u korist vrste *R. temporaria*, dok u korist vrste *P. fuscus* karakteristična odstupanja su u: RIO, VDDP, RON, ŠU. Primjećeno je da dati parametri za vrstu *P. fuscus* predstavljaju i morfometrijske karaktere koji se, u ovom slučaju, mogu upotrebiti za distinkciju vrsta. Zasebna PCA analiza podataka za vrstu *P. fuscus* pokazuje da su naredni karakteri odgovorni za 95,37 % varijabilnosti: UDT, DTRM, DR, DMR, MVR (Slika 12b). Date karaktere možemo zaokružiti u veličinu punoglavaca, koji su kod ove vrste bili najveći u Grupi 3 s podjednakim brojem punoglavaca obje vrste u kompeticiji. S druge strane, zasebna PCA analiza vrste *R. temporaria* također ukazuje na to da su slični karakteri odgovorni za 97,77 % varijabilnost: UDT, DTMR, DR, DMR (Slika 12c). Uspoređujući kontrolne grupe s grupama u interkompeticiji nisu uočene značajne razlike u rastu pojedinih dijelova tijela u ovisnosti od omjera u vrstama. Npr. očekivano je bilo da punoglavci vrste *P. fuscus* u omjeru 25:75 budu najmanjih u prosječnoj ukupnoj dužini tijela u odnosu na ostale grupe i kontrolnu grupu, ali se iste veličine javljaju i kod omjera 75:25 u korist *P. fuscus*, dok u omjeru 50:50 punoglavci češnjače imaju najveću vrijednost prosječne ukupne dužine tijela.



a)



b)



c)

Slika 12. PCA analiza unutar eksperimenta kompeticije vrsta *P. fuscus* i *R. temporaria* sa analizom morfometrijskih značajki za grupe: a) *P. fuscus* i *R. temporaria*, b) *P. fuscus*, c) *R. temporaria*

3.4. Eksperiment: *Pelobates fuscus* i *Umbra krameri*

Kao i što je bilo očekivano, uočeno je predatorstvo između vrsta ribe crnke i punoglavaca žabe češnjače. Unatoč prisustvu guste vodene vegetacije, šest jedinki crnke pokazale su se kao izraziti predatori nad vrstom *P. fuscus*. Eksperiment je završen već nakon sedam dana kada unutar kade nije bilo moguće pronaći punoglavce koji su postali plijen crnki *U. krameri*. Zbog nemogućnosti definiranja potencijalnih morfoloških promjena punoglavaca u pristustvu ribljeg predatora, neophodno je ponoviti eksperiment sa manjim brojem predatorskih jedinki.

4. DISKUSIJA

Po završetku eksperimenta praćenja razvoja punoglavaca i determiniranja stadija prema Gosner (1960), utvrđeno je da postoji nedostatak stadija koje nisu zabilježeni tijekom istraživanja. U početnim stadijima nije zabilježen stadij 25, što statistički nije potvrđeno kao značajno, jer postoje male morfološke razlike između stadija 25 i 26 (Kok i sur. 2008). Utvrđeno je i da postoje male razlike u morfometriji i morfologiji između stadija 24 i 26, s izuzetkom razlike u ukupnoj dužini tijela gdje je primjećen prvi nagli porast (s $8,58 \pm 0,37$ mm prosječne vrijednosti u stadiju 24 na $13,32 \pm 1,87$ mm prosječne vrijednosti u stadiju 26). Drugi izostanci stadija u eksperimentu se javljaju kod stadija 32-34 kao i stadij 38. Razlog nedostaka većeg broja stadija u drugom dijelu razvoja je stagnacija uzorkovanja punoglavaca u razdoblju od 18. 5. do 16. 6. 2016. godine. U prijašnjim uzorcima primjećena je stagnacija u rastu punoglavaca, kao što se može vidjeti na uzorcima stadija 26 (s 98 jedinki), 27 (s 99 jedinki) i 28 (s 21 jedinkom). U stadijima 29, 30, 31, 35, 36, 39 i 41 determinirana je po jedna jedinka, što je statistički nedovoljan broj za korištenje podataka za detaljnije usporedbe. S obzirom da punoglavci nisu uzorkovani u periodu od mjesec dana i da je konačan broj ostalih punoglavaca iznosio 16, pretpostavka je da je uslijed porasta temperature, smanjenja količine hrane i dostupnog kisika te smanjenja prostora zbog povećanja ukupne dužine tijela jedinki došlo do pojave kanibalizma.

Gledajući na ukupan uzorak punoglavaca primjećene su i izdvojene korelacije koje su karakteristične i provlače se kroz većinu stadija. U početnim stadijima (do stadija 27/28) promjer oka (PO) i širina repa (ŠR) rastu srazmjerno rastu punoglavca. Nakon datih stadija, širina repa nastavlja se povećavati s rastom punoglavaca i razvojem repa te je i do dva puta većih dimenzija od promjera oka koji također raste razmjerno s rastom punoglavca i njegovog tijela. Druga korelacija koja se pojavljuje od stadija 26 je između dužine pupa lijevog (DP1) i desnog zadnjeg ekstremiteta (DP2) do kraja same metamorfoze. Odstupanja su minimalna a mogu se pripisati bistrini skenirane fotografije te kože oko mjesta rasta pupa na tijelu punoglavca. Konstantna korelacija se također javlja kod razmaka između orbita (RIO) i razmaka između očiju i usta (ROU). Jedna od karakteristika češnjače je njihov okomit položaj očiju, kako kod adultnih jedinki tako i kod punoglavaca (Nöllert i sur. 2012). Konstantnim i jednakim rastom navedenih dijelova, dolazi

se do zaključka da kroz sam razvoj punoglavaca glaveno područje proporcionalno raste i da ne dolazi do njegove promjene u obliku. Posljednja izdvojena korelacija je između visine gornjeg i donjeg dijela peraje koja repu daje kompaktnost i funkcionalnost prilikom kretanja. U prvim stadijima, dok su punoglavci još uvijek pasivni te hranu crpe iz žumančane vrećice, postoji korelacija između dužine tijela (DT2) i dužine repa (DR). Pred kraj samih zaliha hrane, u stadijima 23 i 24, primjetno je naglo povećanje dužine repa što je praćeno početkom aktivnog stadija potrage za hranom i kretanja punoglavaca. U ovim stadijima vanjske škrge su još uvijek prisutne, nakon kojeg iščezavaju te bivaju prekrivene kožom, stvarajući škržne komore s obje strane (Nöllert i sur. 2012). Rep, sa svim dijelovima poput dužine i širine mišićja repa, visina gornje i donje peraje repa, do stadija 41 postaje sve jači i duži u odnosu na samu dužinu tijela punoglavca. Razlog tome je i intenzivnije i pojačano kretanje u potrazi za hranom i bježanjem od predatora. Punoglavci se u početnim stadijima hrane isključivo hranom biljnog podrijetla, ali predstavljaju i hranu za mnoge predatore. U kasnijim stadijima u ishrani koriste i hranu životinjskog podrijetla poput Protozoa, Rotatoria, *Tubifex* te račića Cladocera, Copepoda, Ostracoda te larve dvokrilaca (*Chironomus*), za šta je jedna od prilagodbi brzo kretanje i manevriranje da bi s lakoćom uhvatili svoj plijen. Prilikom usporedbe dužina tijela te dužina repa punoglavaca korištene su mjere DR – dužina repa i DT2 – dužina tijela da bi greška bila minimalna. Razlog tome je što su obje mjere uzimane lateralno te što su nastavljene iz iste točke.

Slično odnosu RIO – ROU, u stadiju 26 ističe se korelacija između maksimalne širine tijela (MŠT) i razmaka između oka i repa (ROR) na osnovu čega se dokazuje da tijelo dobija okrugao i kompaktnan oblik što je dalja karakteristika punoglavaca kroz sve naredne stadije razvoja do procesa metamorfoze. Korelacija se postepeno smanjuje povećanjem stadija, što ne dovodi do velikih odstupanja u promjeni oblika tijela.

Rast punoglavaca odvija se od početnih stadija s minimalnom zabilježenom dužinom tijela od 5,48 mm u stadiju 23, do maksimalne dužine tijela od 99,04 mm u stadiju 40. Nakon stadija 41 počinje proces metamorfoze, gdje punoglavci postepeno dobijaju konture žabe. Tijelo se sužava te postaje kompaktnije, zadnji ekstremiteti dobijaju svoj konačan oblik i funkciju, a prednji, koji su se formirali unutar škržnih komora ispod kože, u stadiju 42 izbijaju kroz spirakulum s lijeve strane i tanku kožu s desne strane (Ćurić 2015). Do potpuno metamorfozirane jedinke potrebno je nekoliko dana (stadij 46). S obzirom da se u procesu metamorfoze ne hrane, punoglavci apsorbiraju rep,

koji igra ključnu ulogu kao rezerva energije koja se troši u samom procesu preobrazbe (Lawrence 1984).

Obojenost punoglavaca iz datog eksperimenta varira od tamno smeđe do tamno sive i sive boje s plavkastim odsjajem. U prirodi, te u prijašnjim eksperimentima s punoglavcima, primjećena su drugačija obojenja, od zelenkaste, smeđe i zlatne (osobno zapažanje) te literaturno su istaknute tipična zlatno brončana boja te boja olova sa plavim odsjajem (Nöllert i sur. 2012). Jedinke iz eksperimenta su držane u tamnim kadama s dosta vegetacije što je zasigurno utjecalo na njihovu tamnu obojenost. Na osnovu navedenih podataka možemo zaključiti da boja punoglavaca češnjače ovisi o tipu vodenog staništa, gustine vegetacije, izloženosti sunčevoj svjetlosti i tipu supstrata.

Pojava labijalnih zuba anteriorno i posteriorno teče gradacijski od stadija 25 do 41. S obzirom da je izdvojen manji broj punoglavaca za skiciranje čeljusti, pretpostavka je da postoje blage varijacije od jedinke do jedinke u broju labijalnih zuba. Iz tog razloga su kod početnih stadija gdje se postepeno formiraju dijelovi čeljusti (stadij 26 u ovom radu) istaknute dvije formule oralnog diska.

Kod svih stadija na anteriornoj strani, prvi formirani red labijalnih zuba (gledano od centralne anteriorne šupljine) je jednak dužini centralne anteriorne šupljine te se nalazi neposredno ispod nje. Na ovaj red se blago nastavlja drugi red labijalnih zuba, te posmatrano bez upotrebe lupe može se doći do krivog zaključka da su data dva reda spojena u jedan, ali su oni fizički odvojeni i zasebni. U ovom radu formule oralnog diska su napisane uzimajući u obzir da je prvi red labijalnih zuba anteriorno zaseban i cjelovit, bez obzira na njegovu manju dužinu.

U eksperimentu kompeticije kontrolna grupa za vrstu *Pelobates fuscus* obuhvaćala je jedinke u stadijima po Gosner (1960) 27 i 28 i nešto manje ukupne dužine tijela u odnosu na vrstu *Rana temporaria* čije su se jedinke nalazile u stadijima od 28 do 31. Bilo je očekivano da će manji broj jedinki iste vrste u kompeticiji sa brojnijim jedinkama druge vrste biti kompetitivnije te se brže razvijati. Prema dobijenim rezultatima, kroz sve eksperimentalne grupe, jedinke češnjače su se nalazile konstantno u stadijima 27 i 28 te su bile čak i do dva puta manje u ukupnoj dužini tijela u odnosu na jedinke smeđe livadne žabe. Očit primjer je esperimentalna Grupa 2 i 3 gdje je primjećeno da su jedinke vrste *R. temporaria* u naprednijim stadijima (čak i do stadija 36 u Grupi 2) te da su skoro duplo veći u odnosu na jedinke vrste *P. fuscus* gledano u odnosu na kontrolnu Grupu 1. Kompetitivne situacije u prirodi se mogu klasificirati na simetričnu kompeticiju

(ekološka kompeticija između dvije vrste u kojima obje prolaze kroz sličan pad fitnesa) te asimetričnu kompeticiju (ekološka kompeticija između dvije vrste u kojoj jedna vrsta pati od većeg pada fitnesa u odnosu na drugu). Češća kompeticija u prirodi koja se može javiti između punoglavaca je simetrična kompeticija koja je i značajnija po pitanju prirodne selekcije (Yu 2016). S obzirom da su kompetitivni mehanizmi kod punoglavaca ovisni o efektu feromona, hrani kao limitirajućem faktoru, veličini jedinki i njihovoj aktivnosti te ponašanju i preferiranom tipu staništa, možemo pretpostaviti da su: 1) jedinke vrste *R. temporaria* zbog prisustva druge vrste bile primorane da se prije razviju konzumirajući veću količinu hrane, 2) jedinke vrste *R. temporaria* zbog prebacivanja iz kada zapremine 90 L u posude zapremine 5 L doživjele prirodni okidač za brži razvoj i metamorfozu zbog skučenosti prostora i kontroliranih uvjeta sa manjom količinom hranidbenih supstanci u odnosu na kade u kojima su obitavali, 3) jedinke vrste *R. temporaria* zbog svoje biologije (parenje u rano proljeće pri nižim temperaturama u odnosu na vrstu *P. fuscus* (Hutchins i sur. 2003, Nöllert i sur. 2012)) su prije ušle u naprednije stadije razvoja s obzirom da su jaja vrste *R. temporaria* prikupljena u ranijem periodu, 4) jedinke vrste *R. temporaria* imale veći stupanj preživaljavanja u odnosu na jedinke druge vrste gdje se najveći mortalitet pokazao u većoj intrakompeticiji vrste *P. fuscus*, što možemo prepisati mogućoj slabijoj ishrani i razvoju.

Parametri koji su izdvojeni u PCA analizi i tiču se vrste *P. fuscus* (interokularni prostor, visina donjeg dijela peraje, razmak oko nosnice i širina usta) ne samo da su morfometrijske razlike uočene između date dvije vrste, već i razlike koje su karakteristične i osobite za punoglavce češnjače. Morfometrijski je potvrđeno, što je očigledno i morfološki, da je položaj očiju češnjače bočno vertikalno u odnosu na položaj očiju punoglavaca druge vrste, te da je visina donje peraje, koja u većini odgovara i visini gornje peraje, značajna karakteristika koja daje zaobljen izgled repu. S obzirom na vrste koje se mogu naći na našem području, najbližnju peraju bi uočili kod vrsta roda *Bombina* (Di Cerbo i sur. 2010), ali s obzirom na dimenzije punoglavaca i već navedeni položaj očiju, lako je izvršiti determinaciju između istaknuta dva roda.

U eksperimentu predatorstva, plijen *P. fuscus* i predator *U. krameri* su vrste koje se ne sreću često na istom staništu. Češnjača je vrsta koja preferira otvorena vodena staništa sa dosta vegetacije koje je okruženo terestričnim staništem čije je tlo rahlo (Đurović 1979, Hutchins i sur. 2003, Vitt i sur. 2009). Riba crnka preferira barice, močvare, stare rukavce rijeka sa gustom vodenom vegetacijom, poplavna šumska staništa (Delić i sur. 1997, Sekulić i sur. 2013). Na području Hrvatske, a i Bosne

i Hercegovine ove dvije vrste mogu obitavati na istom staništu, s tim da bi češnjače vodeno stanište koristile isključivo za razmnožavanje. Primjećeno je da su na takvim područjima populacije češnjače male, jer očigledno predstavljaju jedan od plijena ribi crnki. Primjer tome je lokalitet Gromiželj na samom sjeveroistoku Bosne i Hercegovine, gdje ovakav vodeni sustav predstavlja jedino stanište u neposrednoj blizini gdje je pronađeno tek nekoliko jedinki češnjače za koje postoji jako velika šansa da se razmnožava u istom vodenom sustavu u kojem crnka *U. krameri* obitava (neobjavljeni podaci, osobna zapažanja). Eksperimentalno je dokazano da je riba crnka neizbirljiv predator te da u svojoj ishrani obuhvaća i punoglavce češnjače. Nekoliko je pretpostavki brzog predatorstva crnke nad punoglavcima češnjače. Češnjače generalno prilikom razmnožavanja izbjegavaju vodena staništa sa predatorima. Jedna od pretpostavki je sama biologija vrste, da vrsta nije evolucijski prilagođena prisustvu predatora i da predstavlja lak plijen. Morfološki je također dokazano da ne postoje razlike između jedinki koje nisu izložene (ili su slabo izložene) predatorima u odnosu na jedinke izložene predacijskom pritisku. Gledajući na dobivene rezultate, punoglavci češnjače već u nižim stadijima imaju širi oblik repne peraje koji je jedna od morfoloških karakteristika koja se razvije kod drugih punoglavaca (npr. *R. temporaria*) prilikom predacijskog pritiska. U daljem rastu rep biva sve razvijeniji, kako repna peraja tako i mišić repa. Već u u kasnijim stadijima dolazi do povećanja ukupne dužine tijela pa samim tim punoglavci češnjače za manje predatore postaju težak plijen, ali sa druge strane nešto lakši za veće predatore. Stoga očigledne morfološke karakteristike možda i nisu primjetne kod punoglavaca češnjače izložene predatorkom pritisku, što u potpunosti ne znači da bihevioralno nisu prilagođene za skrivanje i izbjegavanje predatora. Još jedna mogućnost koja je u eksperimentu pospjela predatorstvo je sam način života ribe crnke (skrivanje u supstratu i vegetaciji) te da je na taj način lakše pronalazila plijen koji je bio skriven. Samim time možemo zaključiti da na staništima u kojima postoji prisustvo ribe crnke, pa i drugih vrsta ribe, manje su šanse za preživljavanje punoglavaca češnjače. U takvim vodenim staništima, gdje postoji mnoštvo vegetacije, opalog lišća i sedimenta, starih izvaljenih panjeva i drveća, punoglavci imaju veće šanse za pronalaskom skrovišta i preživljavanjem. Zbog predacijskog pritiska, jedinke punoglavaca koje uspješno izbjegnu predatora crnku i dođu u stadij 35 imaju veće šanse zbog svoje veličine da se metamorfoziraju, s obzirom da tada predstavljaju prevelik plijen koji bi ova riba mogla konzumirati. Velika je šteta za populaciju vrste *P. fuscus* ukoliko se u njihovo prirodno stanište

unesu druge riblje vrste koje prirodno tu nisu obitavale. I ne samo za datu vrstu već i za sve ostale jer dolazi do narušavanja čitave hranidbene mreže i poremećaja u ekosustavu.

5. ZAKLJUČCI

- Razdoblje razvoja punoglavaca od valjenja iz jajeta do potpune metamorfoze (posljednji stadij 46) trajao je 110 dana, što je u okviru od 76 do 150 dana.
- Najmanja ukupna dužina tijela izmerenog punoglavca češnjače iznosio je 5,48 mm u stadiju 23, dok je najveća ukupna dužina tijela je 99,04 mm u stadiju 40.
- Prosječna ukupna veličina tijela punoglavaca iz datog uzorka iznosi 17,36 mm.
- Determinirani su stadiji razvitka punoglavaca od 23 do 41 sa izuzecima stadija 25, 32, 33, 34, 38.
- Rast pojedinih dijelova tijela punoglavaca češnjače su međusobno korelirane između 1) promjera oka i širine repa, 2) dužine pupa ekstremiteta s lijeve strane tijela i dužine pupa ekstremiteta s desne strane tijela, 3) razmaka između orbita i razmaka između očiju i usta i 4) visine gornjeg dijela peraje i visine donjeg dijela peraje.
- Morfologija punoglavaca se mijenja kroz stadije razvoja sukladno sa očekivanim promjenama prema Gosner (1960). Boja varira od tamno smeđe, smeđe do boje olova sa plavkastim odsjajem u zadnjim stadijima.
- Morfološke promjene oralnog diska su vidljive kroz sve stadije razvoja. Postupno dolazi do formiranja anteriornih i posteriornih labijalnih zubića od stadija 26 do stadija 41 gdje se primjećuje njihovo postupno deformiranje.
- Osnovne odlike koje prate razvoj oralnog diska kroz sve navedene stadije su 1) marginalne papile na anteriornom i posteriornom labiumu s centralnom anteriornom šupljinom, 2) oblik oralnog diska koji nije urezan, 3) prvi red labijalnih zuba koji je kratak i odvojen od drugog reda (gledano od centralne anteriorne šupljine).
- Od stadija 29 do 34 labijalna formula glasi 4 (1-2-3) / 4 [1-2-3], dok do stadija 39 do 40 glasi 5 (1-2-3-4) / 5 [1-2-3-4]. U stadijima između anteriorno se uočava pet redova labijalnih zuba dok posteriorno su formirana četiri reda. Zbog formiranja dodatnog reda labijalnih zuba u kasnim stadijima neophodno je biti oprezan pri determinaciji. U datim stadijima je najbolje promatrati i determinirati vrstu *Pelobates fuscus* prema labijalnoj formuli.

- U eksperimentu kompeticije, u različitim omjerima vrsta, nisu uočene značajne morfološke promjene između punoglavaca češnjače i smeđe livadne žabe. Punoglavci livadne smeđe žabe su se pokazali napredniji u stadijima razvoja i samim tim veličini tijela u odnosu na punoglavce češnjače.
- Prema PCA analizi vrsta *P. fuscus* i *R. temporaria* dobijeni rezultati pokazuju odstupanja dužine pupa oba ekstremiteta u korist *R. temporaria* dok kod vrste *P. fuscus* se javljaju odstupanja u interokulranom prostoru, visini donjeg dijela peraje, razmaku oka i nosa te širini usta, što su za vrstu *P. fuscus* ujedino i morfometrijske karakteristike koje se mogu upotrijebiti za distinkciju vrste u stadiju punoglavca.
- PCA analiza nalaže da su ukupna dužina tijela, dužina tijela i repnog mišićja, dužina repa, dužina mišićja repa i maksimalna visina repa vrste *P. fuscus* odgovorni za 95,37 % varijabilnosti.
- Uspoređujući kontrolne grupe vrste *P. fuscus* i *R. temporaria* s grupama u interkompeticiji nisu uočene značajne statističke razlike u rastu pojedinih dijelova tijela u ovisnosti od eksperimenata sa različitim omjerima navedenih vrsta.
- Eksperiment predatorstva *P. fuscus* sa ribom crnkom, *Umbra krameri*, nije dao očekivane rezultate. Zbog velikog predacijskog pritiska punoglavci češnjače su već kroz sedam dana postali plijen ribi crnki te je neophodno ponoviti eksperiment sa manjim brojem predatorne vrste a većim brojem punoglavaca češnjače.

6. LITERATURA

- Agasyan A., Avisi A., Tuniyev B., Crnobrnja Isailovic J., Lymberakis P., Andrén C., Cogalniceanu D., Wilkinson J., Ananjeva N., Üzüüm N., Orlov N., Podloucky R., Tuniyev S., Kaya U. (2009): *Bufo bufo*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3., www.iucnredlist.org Version 2014.3. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 15 Jun 2017.
- Agasyan, A., Avci, A., Tuniyev, B., Crnobrnja-Isailovic, B., Lymberakis, P., Andrén, C., Cogalniceanu, D., Wilkinson, J., Ananjeva, N., Üzüüm, N., Orlov, N., Podloucky, R., Tuniyev, S., & Kaya U. (2009): *Pelobates fuscus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 15 Jun 2017.
- Alford R. A., Richards S.J. (1999): Global amphibian declines: a problem in applied ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics* 30: 133–165.
- Alford, R. A., Richards, S. J., & McDonald, K. R. (2001): *Encyclopedia of Biodiversity: Biodiversity of Amphibians*. Volume 1 AC. Academic Press, London.
- Altig, R. & McDiarmid, R. W. (1999): Body plan. Development and morphology. In: McDiarmid RW, Altig R, eds. *Tadpoles: the biology of anuran larvae*. Chicago University Press, str. 24-51.
- AmphibiaWeb. 2017. <<http://amphibiaweb.org>> University of California, Berkeley, CA, USA. Accessed 9 Sep 2017.
- Azevedo-Ramos, C., Van Sluys, M., Hero, J.-M., Magnusson, W.E. (1992): Influence of tadpole movement on predation by odonate naiads. *Jurnal of Herpetology*, 26: 335-338.
- Beja, P., Bosch, J., Tejedo, M., Lizana, M., Martínez-Solano, I., Salvador, A., García-París, M., Recuero Gil, E., Pérez-Mellado, V., Paniagua, C. D., Cheylan, M., Marquez, R., & Geniez P. (2009): *Pelobates cultripes*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 20 Jun 2017.
- Berger L., Speare R., Daszak P., Green E., Cunningham A.A., Goggin C.L., Slocombe R., Ragan M.A., Hyatt A.D., McDonald K.R., Hines H.B., Lips K.R., Marantelli B., Parker H. (1998):

- Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forests of Australia and Central America. *Proc. Nat. Acad. Sc. Am.*, 95 (15): 9031–9036.
- Blaustein A.R., Wake D.B., Sousa W.P. (1994): Amphibian declines: Judging stability, persistence, and susceptibility of populations to local and global extinctions. *Conserv. Biol.*, 8: 60-71.
- Blaustein A.R., Wake D.B. (1990): Declining amphibian populations: a global phenomenon? *Trends in Ecology and Evolution*, 5: 203–204.
- Borkin, L. J., Litvinchuk, S. N., Rosanov, J. M., Khalturin, M. D., Lada, G. A., Borissovsky, A. G., Faizulin, A. I., Kotserzhinskaya, I. M., Novitsky, R. V., & Ruchin, A. B. (2003): New data on the distribution of two cryptic forms of the common spadefoot toad (*Pelobates fuscus*) in eastern Europe. *Russian Journal of Herpetology*, 10 (2): 115-122.
- Boulenger, G. A. (1897): The tailless batrachians of Europe. Part I. London: Ray Society, str. 210.
- Crottini, A., Andreone, F., Kosuch, J., Borkin, L. J., Litvinchuk, S. N., Eggert, C., & Veith, M. (2007): Fossorial but widespread: the phylogeography of the common spadefoot toad (*Pelobates fuscus*), and the role of the Po Valley as a major source of genetic variability. *Molecular Ecology*, 16: 2734-2754.
- Ćurić, A. (2015): Morfološke i ekološke karakteristike obične češnjarke *Pelobates fuscus* (Anura, Pelobatidae) iz srednje Posavine. Diplomski rad, Univerzitet u Banjoj Luci, Prirodno – matematički fakultet, Banja Luka, str. 46.
- Ćurić, A., Zimić, A., Bogdanović. T., Jelić, D. (2017): New data and distribution of common spadefoot toad *Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768) (Anura: Pelobatidae) in Western Balkans. *North-Western Journal of Zoology* (2017): e171504.
- Delić, A., Grlica, I. D., Razlog-Grlica, J. (1997): Nova nalazišta crnke (*Umbra krameri* Walbaum 1792) u Hrvatskoj. *Ribarstvo*, 55 (3): 93-98.
- Di Cerbo, A. R., Biancardi, C. M. (2010): Morphometric study on tadpoles of *Bombina variegata* (Linnaeus, 1758) (Anura; Bombinatoridae). *Acta Herpetologica*, 5 (2): 223-231.
- Duellman, W. E., Trueb, L. (1994): *Biology of Amphibians*. McGraw-Hill Publishing Company, New York, str. 696.

- Džukić G., Beškov V., Sidrovska V., Cogălniceanu D., & Kalezić M. L. (2005): Historical and contemporary ranges of the spadefoot toads *Pelobates* spp. (Amphibia: Anura) in the Balkan Peninsula. *Acta zoologica cracoviensia*, 48A (1-2): 1-9.
- Đurović, E., Vuković, T., & Pocrnjić, Z. (1979): *Vodozemci Bosne i Hercegovine (ključ za određivanje)*. Zemaljski muzej Bosne i Hercegovine, Sarajevo, str. 94.
- Eggert C., & Guyétant R. (2003): Reproductive behaviour of spadefoot toads (*Pelobates fuscus*): daily sex ratios and males' tactics, ages, and physical condition. *Canadian Journal of Zoology*, 81: 46-51.
- Eklöv, P., Halvarsson, C. (2000): The trade-off between foraging activity and predation risk for *Rana temporaria* in different food environments. *Canadian Journal of Zoology*, 78 (5): 734-739.
- Fahring, L., Rytwinski, T. (2009): Effects of Roads on Animal Abundance: an Empirical Review and Synthesis. *Ecology and Society*, 14(1): 1-20.
- Filz, K. J. (2013): Global change impacts on biodiversity and their implications for species conservation. Doktorska disertacija, Universität Trier, Abteilung für Biogeographie, 1- 210.
- Fisher, M., Garner, T., & Walker, S. (2009): Global Emergence of *Batrachochytrium dendrobatidis* and Amphibian Chytridiomycosis in Space, Time, and Host. *Annual Review of Microbiology*, 63: 291-310.
- Frost, D. R. (2017): Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0 (Date of access). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA.
- Gasc, J. P. , Cabela, A., Crnobrnja-Isailovic, J., Dolmen, D., Grossenbacher, K., Haffner, P., Lescure, J., Martens, H., Martinez Rica, J. P., Maurin, H., Oliveira, M. E., Sofianidou, T. S., Vaith, M., & Zuiderwijk, A. (1997): *Atlas of Amphibians and Reptiles in Europe*. Societas Europaea Herpetologica and Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, str. 516.
- Glista, D. J., Devault, T. L., Dewoody, J. A. (2007): Vertebrate road mortality predominantly impacts amphibians, *Herpetological Conservation and Biology*, 3(1): 77- 87.

- Harcet, M. (2001): Morfometrijske značajke češnjače (*Pelobates fuscus*, Laurenti 1768, Amphibia) iz srednje Posavine. Diplomski rad. Prirodoslovno – matematički fakultet, Zagreb, str. 45.
- Hussain, Q. A., Pandit, A. K. (2012): Global amphibian declines: A review. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 4 (10): 348-357.
- Hutchins, M., Duellman, W. E. & Schlager, N. (2003): Grzimek's Animal Life Encyclopedia. 2nd edition. Volume 6. Amphibians, Gale Group, Farmington Hills, MI, str. 507.
- IRES (2015): Izvješća o stanju okoliša Sisačko-moslavačke županije 2011.-2014.godine. IRES EKOLOGIJA d.o.o., Ekološke finalizacije j.d.o.o, Zagreb.
- IUCN (2017): The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-1. <<http://www.iucnredlist.org>>. Downloaded on 09 September 2017.
- Jehle, R., Hodl, W., & Thonke, A. (1995): Structure and dynamics of central European amphibian populations: A comparison between *Triturus dobrogicus* (Amphibia, Urodela) and *Pelobates fuscus* (Amphibia, Anura). *Australian Journal of Ecology*, 20: 362-366.
- Jelić, D., Kuljerić, M., Koren, T., Treer, D., Šalamon, D., Lončar, M., Podnar-Lešić, M., Janev-Hutinec, B., Bogdanović, & T., Mekinić, S. (2012): Crvena knjiga vodozemaca i gmazova Hrvatske (Red Book of Amphibians and Reptiles of Croatia). Ministarstvo Kulture, Državni Zavod za Zaštitu Prirode, Zagreb.
- Kok, P. J. R., Kalamandeen, M. (2008): Introduction to the taxonomy of the amphibians of Kaieteur National Park, Guyana. *Abc Taxa*, str. 278.
- Kokran, D. M. (1969): Vodozemci – ilustrovana enciklopedija životinjskog carstva. Mladinska knjiga, Ljubljana-Beograd-Zagreb, str. 200.
- Lardner, B. (2000): Morphological and life history responses to predators in larvae of seven anurans. *OIKOS*, 88: 169-190.
- Laurila, A., Crochet, P. A., Merila, J. (2001): Predation-induced effects on hatchling morphology in the common frog (*Rana temporaria*). *Canadian Journal of Zoology*, 79 (5): 926-930.
- Lawrence, G. (1984): A field guide to the familiar: learning to observe the natural world. University press of New England Hanover and London, str. 288.

- Lelo, S., Kotrošan, D., Muftić, K., Trakić, S., Duraković, E., & Šunje, E. (2008). Osnovni podaci o staništu i populaciji vrste *Salamandra atra* Laurenti, 1768 (*S. a. prenjensis* Mikšić, 1969) na planini Prenj. Prilozi fauni Bosne i Hercegovine, 4: 11-15.
- Lips, K. R. (1999): Mass mortality and population declines of anurans at an upland site in western Panama. *Conservation Biology*, 13 (1): 117–125.
- Lips, K. R. (1998): Decline of a tropical montane amphibian fauna. *Conserv. Biol.*, 12: 106-117.
- Litvichuk, S. N., Crottini, A., Federici, S., De Pous, P., Donaire, D., Andreone, F., Kalezić, M., Džukić, G., Lada, G. A., Borkin, L. J., & Rosanov, J. M. (2013): Phylogeographic patterns of genetic diversity in the common spadefoot toad, *Pelobates fuscus* (Anura: Pelobatidae), reveals evolutionary history, postglacial range expansion and secondary contact. *Organisms, Diversity and Evolution*, 13: 433-451.
- Martel, A., Blooi, M., Adriaensen, C., Van Rooij, P., Beukema, W., Fisher, M. C., Farrer, R. A., Schmidt, B. R., Tobler, U., Goka, K., Lips, K. R., Muletz, C., Zamudio, K. R., Bosch, J., Lotters, S., Wombwell, E., Garner, T. W. J., Cunningham, A. A., Spitzen-van der Sluijs, A., Salvidio, S., Ducatelle, R., Nichikawa, K., Nguyen, T. T., Kolby, J. E., Van Bocxlaer, I., Bossuyt, F., Pasmans, F. (2014): Recent introduction of a chytrid fungus endangers Western Palearctic salamanders. *Science*, 346 (6209): 630-631.
- Mrakovčić, M., Brigić, A., Buj, I., Čaleta, M., Mustafić, P., Zanella, D. (2006): Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Republika Hrvatska, Zagreb, str. 255.
- Nöllert, A., Grossenbacher, K., & Laufer, H. (2012): *Pelobates fuscus* (Laurenti, 1768) - Knoblauchkröte. In: Grossenbacher, K. (Ed.), *Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas. Band 5/I, Froschlurche (Anura) I (Alytidae, Bombinatoridae, Pelodytidae, Pelobatidae)*. AULA-Verlag GmbH, Wiebelsheim, str. 465-562.
- Nyström, P., Birkedal, L., Dahlberg, C., Brönmark, C. (2002): The declining spadefoot toad *Pelobates fuscus*: calling site and conservation. *Ecography*, 25 (4): 488-498.
- Pechmann, J. H. & Wilbur, H. M. (1994): Putting declining amphibian populations in perspective: natural fluctuations and human impacts. *Herpetologica*, 50: 65-84.

- Radovanović, M. (1951): Vodozemci i gmizavci naše zemlje. Naučna knjiga, Beograd, str. 251.
- Reading C. J. (2010): The impact of environmental temperature on larval development and metamorph body condition in the common toad, *Bufo bufo*. *Amphibia-Reptilia*, 31: 483- 488.
- Rot-Nikčević, I., Sidorovska, V., Džukic, G., & Kalezić M. L. (2001): Sexual size dimorphism and life history traits of two European spadefoot toads (*Pelobates fuscus* and *P. syriacus*) in allopatry and sympatry. *Annales*, 23: 107-120.
- Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, R., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber- Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M., Wall, D.H. (2000): Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287: 1770-1774.
- Santos, X., Llorente, G. A., Montori, A., Carretero, M. A., Franch, M., Garriga, N. & Richter-Boix, A. (2007): Evaluating factors affecting amphibian mortality on roads: the case of the Common Toad *Bufo bufo*, near a breeding place, *Animal Biodiversity and Conservation*, 30 (1): 97–104.
- Sekulić, N., Marić, S., Galambos, L., Radošević, D., Krpo-Ćetković, J. (2013): New distribution data and population structure of the European mudminnow *Umbra krameri* in Serbia and Bosnia and Herzegovina. *Jurnal of Fish Biology*, 83 (3): 659-666.
- Sekulić, N., Marić, S., Galambos, L., Radošević, D., Krpo-Ćetković, J. (2013): New distribution data and population structure of the European mudminnow *Umbra krameri* in Serbia and Bosnia and Herzegovina. *Jurnal of fish biology*, 83: 659-666.
- Stanković, S. (1954): Okvir života, Načela ekologije. Naučna knjiga, Beograd, str. 285.
- Šunje, E. & Lelo, S. (2010): Prilog poznavanju rasprostranjenja alpskog prenjskog daždevnjaka, *Salamandra atra pjenjensis* Mikšić, 1969 (Amphibia, Salamandridae) u Bosni i Hercegovini. *UZIZAŽ BIOSPELD*, 6: 34-41.
- Temple, H.J. and Cox, N.A. (2009): European Red List of Amphibians. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

- U.S. EPA. (2002): Methods for Evaluating Wetland Condition: Using Amphibians in Bioassessments of Wetlands. Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. EPA-822-R-02-022.
- Van Buskirk, J., McCollum, S.A., Werner, E.E. (1997): Natural selection for environmentally induced phenotypes in tadpoles. *Evolution*, 51: 1983-1992.
- Vitt, L. J., & Caldwell, J. P. (2012): *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. Fourth Edition. Burlington, Massachusetts, U.S.A.: Academic Press, str. 776.
- Yu, T. L. (2016): interspecific competition between tadpoles of *Bufo gargarizans minshanicus* (Stejneger, 1926), and *Rana kukunoris* Nikolskii, 1918. *Herpetozoa*, 29 (1/2): 55-61.
- Zimić, A. (2016): Ekološke karakteristike metapopulacije vrste *Pelobates fuscus* (Laurenti 1768) (Amphibia: Anura: Pelobatidae) na području Bosanske Posavine. Magistarski rad, Univerzitet u Sarajevu, Prirodno-matematički fakultet, Sarajevo, str. 86.

7. ŽIVOTOPIS

Ana Ćurić rođena je 19. 3. 1991. godine u Banjoj Luci, Bosna i Hercegovina. Primarno zanimanje vezano je za područje herpetologije. Diplomirala je 2015. godine na Prirodno-matematičkom fakultetu, Univerziteta u Banjoj Luci i stekla zvanje Diplomirani biolog. Tijekom 2015. godine upisala je studij eksperimentalne biologije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu, Sveučilišta u Zagrebu, modul zoologija. Bazirana je na rad i dalja prikupljanja iskustava u okviru herpetofaune, mikologije i marinske biologije. Član je Bosansko-hercegovačkog herpetološkog udruženja ATRA, Sarajevo, BiH. Od 2014. voditelj je prvog projekta za istraživanje žabe češnjače na području Bosne i Hercegovine. U kratkom periodu aktivnosti, učestvovala na pet kongresa sa poster (2) i usmenim (4) predavanjima, 11 projekata u regiji (Bosna i Hercegovina, Hrvatska i Crna Gora), četiri biološka kampa, mnogim istraživanjima, seminarima, radionicama i predavanjima. Glavni je autor jedne i koautor dvije publikacije, s autorstvom na šest kongresnih sažetaka. Učestvovala je u pisanju dva stručna mišljenja u okviru studija utjecaja na okoliš po pitanju izgradnje HE unutar NP „Sutjeska“, BiH (2015) i autoceste koridora Vc BiH (2017). Već 2014. godine uspješno je napisala dva projekta vezana za istraživanje češnjače, na čija istraživanja se prvenstveno bazira, te organizirala edukativnu izložbu fotografija „Vodozemci Bosne i Hercegovine“ u Banjoj Luci. Tijekom 2016. godine uspješno je organizirala prvi Balkanski kongres za Britansku fondaciju Rufford Small Grants pod nazivom „Nature knows no boundaries“. Tijekom 2017. godine dobila je i treći projekt za istraživanja češnjače pod nazivom „Conservation of complex aquatic and terrestrial habitats preferred by extreme ontogenetic shapeshifter, European common spadefoot toad (*Pelobates fuscus*)“ i učesvovala u projektu „Operation Wallacea“ kao Senior expert herpetolog. Pored spomenutog, bavi se ronjenjem i član je RK „Buk“ Banja Luka, BiH.

e-mail: anna.curic@live.com

PRILOZI

Tablica 5. Prikaz rezultata mjerenja 24 morfometrijske mjere izražene kroz srednju vrijednost i standardnu devijaciju (AVG ± StDEV) te minimalnu i maksimalnu vrijednost (MIN – MAX) koji su svrstani prema stadijima razvoja punoglavaca (stadij 23, 24, 26 i 27). Mjerenje je vršeno na uzorku od 249 punoglavca sa lokacije Lijeva Luka.

Morfometrijske mjere punoglavaca (mm)	Stadij 23		Stadij 24		Stadij 26		Stadij 27	
	AVG ± StDEV	MIN - MAX	AVG ± StDEV	MIN - MAX	AVG ± StDEV	MIN - MAX	AVG ± StDEV	MIN - MAX
Dužina tijela 1					5,83±0,96	3,96-9,72	7,04±1,59	3,35-10,63
Dužina tijela 2	3,39±0,34	2,76-4,08	3,60±0,34	3,22-4,03	5,06±0,84	2,90-8,37	6,21±1,29	3,07-9,07
Ukupna dužina tijela	7,14±1,21	5,48-8,83	8,58±0,37	8,21-9,24	13,32±1,87	9,82-21,68	16,15±3,14	10,17-23,37
Dužina tijela i repnog mišićja	7,05±1,15	5,48-8,62	8,39±0,42	7,97-9,12	13,05±1,83	9,62-21,52	15,95±3,13	9,79-23,21
Širina repa	0,42±0,12	0,33-0,50	0,39±0,11	0,29-0,55	0,65±0,13	0,38-1,04	0,84±0,21	0,48-1,31
Dužina repa	3,97±1,02	2,74-5,77	5,10±0,53	4,50-5,99	8,10±1,08	6,29-13,27	9,82±1,91	6,29-14,22
Visina repa	1,82±0,28	1,48-2,22	2,30±0,20	1,93-2,51	1,08±0,17	0,70-1,73	1,36±0,30	0,82-2,10
Maksimalna visina repa 1	0,65±0,10	0,52-0,82	0,73±0,05	0,64-0,76	3,94±0,66	2,84-6,53	4,71±0,92	2,56-6,57
Maksimalna visina repa	0,67±0,11	0,51-0,93	0,73±0,05	0,68-0,82	4,09±0,60	2,99-5,62	4,84±0,88	2,81-6,57
Maksimalna visina repnog mišićja	1,87±0,23	1,61-2,16	2,34±0,26	1,93-2,74	1,09±0,17	0,70-1,73	1,36±0,30	0,82-2,10
Visina gornjeg dijela peraje	0,63±0,12	0,47-0,82	0,83±0,13	0,58-0,95	1,55±0,25	1,05-2,40	1,77±0,30	1,04-2,41
Visina donjeg dijela peraje	0,66±0,09	0,52-0,78	0,81±0,12	0,64-0,99	1,53±0,26	1,12-2,57	1,81±0,33	1,08-2,55
Dužina mišićja repa	5,95±0,96	4,68-7,54	6,98±0,38	6,67-7,67	8,45±1,11	6,26-13,71	10,23±0,90	6,53-14,90
Promjer oka			0,23±0,04	0,20-0,25	0,71±0,12	0,50-1,16	0,85±0,17	0,46-1,21
Razmak između orbita			0,85±0,21	0,70-1,00	2,13±0,49	1,06-3,89	2,72±0,70	0,96-4,19
Razmak oko - nosnica					1,05±0,23	0,56-1,99	1,30±0,31	0,53-2,01
Razmak nosnica - usta					0,75±0,18	0,32-1,18	0,96±0,30	0,18-2,22
Razmak oko - usta			0,89±0,00	0,89-0,89	2,04±0,39	1,18-3,44	2,55±0,60	0,99-3,94
Maksimalna širina tijela	1,42±0,29	1,14-1,75	1,34±0,28	1,04-0,79	3,36±0,66	2,03-5,96	4,19±0,93	1,69-6,21
Širina glave					3,46±0,66	2,12-5,93	4,32±0,96	1,94-6,62
Razmak oko - rep			3,25±0,33	3,02-3,48	3,51±0,58	2,35-6,24	4,26±0,87	2,50-6,41
Širina usta					0,94±0,43	0,28-2,21	1,42±0,57	0,31-2,61
Dužina pupa ekstremiteta 1					0,09±0,04	0,03-0,18	0,14±0,05	0,05-0,26
Dužina pupa ekstremiteta 2					0,09±0,04	0,01-0,17	0,15±0,05	0,06-0,27

Tablica 6. Prikaz rezultata mjerenja 24 morfometrijske mjere izražene kroz srednju vrijednost i standardnu vrijednost i standardnu devijaciju (AVG ± StDEV) te minimalnu i maksimalnu vrijednost (MIN – MAX) koji su svrstani prema stadijima razvoja punoglavaca (stadij 28, 29, 30 i 31). Mjerenje je vršeno na uzorku od 249 punoglavca s lokacije Lijeva Luka.

Morfometrijske mjere punoglavaca (mm)	Stadij 28		Stadij 29		Stadij 30		Stadij 31	
	AVG ± StDEV	MIN - MAX	AVG ± StDEV	MIN - MAX	AVG ± StDEV	MIN - MAX	AVG ± StDEV	MIN - MAX
Dužina tijela 1	8,51±1,66	4,92-10,94	15,17±0,00	-	15,90±0,00	-	20,38±0,00	-
Dužina tijela 2	7,34±1,37	4,22-9,26	12,88±0,00	-	13,62±0,00	-	17,38±0,00	-
Ukupna dužina tijela	19,06±3,63	11,99-24,87	34,12±0,00	-	36,21±0,00	-	45,22±0,00	-
Dužina tijela i repnog mišićja	18,84±3,59	11,75-24,75	33,36±0,00	-	35,78±0,00	-	44,64±0,00	-
Širina repa	1,51±2,12	0,558-10,70	2,29±0,00	-	2,32±0,00	-	3,03±0,00	-
Dužina repa	11,56±2,30	7,47-15,48	20,53±0,00	-	22,22±0,00	-	27,38±0,00	-
Visina repa	1,62±0,33	0,84-2,07	3,38±0,00	-	3,63±0,00	-	4,16±0,00	-
Maksimalna visina repa 1	5,47±0,97	3,07-6,86	8,37±0,00	-	9,04±0,00	-	10,65±0,00	-
Maksimalna visina repa	5,56±0,95	3,25-6,94	9,20±0,00	-	10,47±0,00	-	12,84±0,00	-
Maksimalna visina repnog mišićja	1,62±0,33	0,84-2,07	3,38±0,00	-	3,63±0,00	-	4,16±0,00	-
Visina gornjeg dijela peraje	2,03±0,32	1,22-2,51	3,41±0,00	-	3,92±0,00	-	4,87±0,00	-
Visina donjeg dijela peraje	2,00±0,34	1,17-2,46	3,06±0,00	-	3,57±0,00	-	4,49±0,00	-
Dužina mišićja repa	11,99±2,26	7,86-15,74	21,16±0,00	-	22,95±0,00	-	29,16±0,00	-
Promjer oka	1,00±0,17	0,60-1,26	1,68±0,00	-	1,84±0,00	-	2,05±0,00	-
Razmak između orbita	3,35±0,74	1,68-4,39	5,25±0,00	-	6,04±0,00	-	7,56±0,00	-
Razmak oko - nosnica	1,58±0,35	0,85-2,16	2,58±0,00	-	2,53±0,00	-	2,89±0,00	-
Razmak nosnica - usta	1,18±0,25	0,70-1,59	1,99±0,00	-	2,53±0,00	-	3,09±0,00	-
Razmak oko - usta	3,13±0,67	1,74-4,19	5,35±0,00	-	5,68±0,00	-	6,94±0,00	-
Maksimalna širina tijela	5,04±1,00	2,70-6,53	8,81±0,00	-	9,60±0,00	-	12,00±0,00	-
Širina glave	5,19±1,00	2,90-6,60	5,80±0,00	-	9,32±0,00	-	11,10±0,00	-
Razmak oko - rep	5,03±0,96	3,13-6,77	9,33±0,00	-	9,49±0,00	-	12,39±0,00	-
Širina usta	1,89±0,48	0,85-2,63	3,31±0,00	-	3,80±0,00	-	4,36±0,00	-
Dužina pupa ekstremiteta 1	0,23±0,06	0,10-0,33	0,83±0,00	-	1,16±0,00	-	1,87±0,00	-
Dužina pupa ekstremiteta 2	0,22±0,07	0,10-0,33	0,78±0,00	-	1,10±0,00	-	2,01±0,00	-

Tablica 7. Prikaz rezultata mjerenja 24 morfometrijske mjere, izražene kroz srednju vrijednost i standardnu devijaciju (AVG ± StDEV) te minimalnu i maksimalnu vrijednost (MIN – MAX) koji su svrstani prema stadijima razvoja punoglavaca (stadij 35, 36, 37 i 39). Mjerenje je vršeno na uzorku od 249 punoglavca s lokacije Lijeva Luka.

Morfometrijske mjere punoglavaca (mm)	Stadij 35		Stadij 36		Stadij 37		Stadij 39	
	AVG	MIN	AVG	MIN	AVG	MIN	AVG	MIN
	± StDEV	- MAX	± StDEV	- MAX	± StDEV	- MAX	± StDEV	- MAX
Dužina tijela 1	30,90±0,00	-	33,23±0,00	-	36,67±2,20	35,11-38,22	34,19±0,00	-
Dužina tijela 2	27,74±0,00	-	29,15±0,00	-	31,56±0,80	30,99-32,12	33,15±0,00	-
Ukupna dužina tijela	72,76±0,00	-	69,98±0,00	-	82,39±7,11	77,36-87,42	87,56±0,00	-
Dužina tijela i repnog mišićja	44,67±0,00	-	40,83±0,00	-	50,28±5,52	46,37-54,18	53,18±0,00	-
Širina repa	6,36±0,00	-	5,75±0,00	-	5,64±0,25	5,46-5,81	7,20±0,00	-
Dužina repa	45,02±0,00	-	40,83±0,00	-	50,84±6,32	45,37-55,30	54,41±0,00	-
Visina repa	7,40±0,00	-	6,96±0,00	-	7,81±0,50	7,46-8,16	8,49±0,00	-
Maksimalna visina repa 1	16,64±0,00	-	16,77±0,00	-	12,86±6,72	8,11-17,61	17,48±0,00	-
Maksimalna visina repa	17,79±0,00	-	20,77±0,00	-	22,31±0,18	22,18-22,43	23,23±0,00	-
Maksimalna visina repnog mišićja	7,40±0,00	-	6,96±0,00	-	7,81±0,50	7,46-8,16	8,49±0,00	-
Visina gornjeg dijela peraje	5,49±0,00	-	7,28±0,00	-	8,17±0,10	8,10-8,23	8,66±0,00	-
Visina donjeg dijela peraje	5,53±0,00	-	7,79±0,00	-	7,65±0,18	7,52-7,78	7,80±0,00	-
Dužina mišićja repa	47,31±0,00	-	43,96±0,00	-	50,99±6,66	46,28-55,70	54,88±0,00	-
Promjer oka	3,31±0,00	-	3,16±0,00	-	3,26±0,01	3,25-3,26	3,77±0,00	-
Razmak između orbita	12,51±0,00	-	12,93±0,00	-	11,88±0,57	11,48-12,28	11,55±0,00	-
Razmak oko - nosnica	5,72±0,00	-	4,30±0,00	-	5,67±0,23	5,50-5,83	6,33±0,00	-
Razmak nosnica - usta	4,63±0,00	-	4,03±0,00	-	4,84±0,05	4,80-4,87	5,48±0,00	-
Razmak oko - usta	9,59±0,00	-	9,84±0,00	-	10,38±0,32	10,15-10,60	10,56±0,00	-
Maksimalna širina tijela	18,47±0,00	-	20,94±0,00	-	20,51±0,45	20,19-20,82	20,09±0,00	-
Širina glave	16,17±0,00	-	16,05±0,00	-	15,68±0,64	15,22-16,13	16,09±0,00	-
Razmak oko - rep	19,22±0,00	-	21,77±0,00	-	20,28±2,21	18,72-21,84	21,59±0,00	-
Širina usta	6,58±0,00	-	6,55±0,00	-	6,91±0,28	6,71-7,10	7,52±0,00	-
Dužina pupa ekstremiteta 1	4,50±0,00	-	3,47±0,00	-	5,75±2,89	3,71-7,79	18,36±0,00	-
Dužina pupa ekstremiteta 2	3,96±0,00	-	3,43±0,00	-	6,70±2,73	4,77-8,63	15,55±0,00	-
Dužina bedra	1,24±0,00	-	1,20±0,00	-	2,41±0,82	1,83-2,99	8,64±0,00	-
Dužina tibiofibule	0,84±0,00	-	1,40±0,00	-	2,51±1,39	1,52-3,49	8,08±0,00	-
Dužina tarsusa	0,98±0,00	-	1,80±0,00	-	3,92±2,86	1,90-5,94	13,81±0,00	-
Razmak tarsus - prst	1,09±0,00	-	1,05±0,00	-	2,53±0,74	2,00-3,05	6,25±0,00	-

Tablica 8. Prikaz rezultata mjerenja 28 morfometrijskih mjera, izraženih kroz srednju vrijednost i standardnu devijaciju (AVG ± StDEV) te minimalnu i maksimalnu vrijednost (MIN – MAX) koji su svrstani prema stadijima razvoja punoglavaca (stadij 40 i 41). Mjerenje je vršeno na uzorku od 249 punoglavca s lokacije Lijeva Luka.

Morfometrijske mjere punoglavaca (mm)	Stadij 40		Stadij 41	
	AVG	MIN	AVG	MIN
	± StDEV	- MAX	± StDEV	- MAX
Dužina tijela 1	39,21±3,57	35,14-41,81	28,63±0,00	-
Dužina tijela 2	33,36±2,81	30,21-35,62	28,73±0,00	-
Ukupna dužina tijela	90,42±14,07	74,18-99,04	81,87±0,00	-
Dužina tijela i repnog mišićja	55,79±11,98	41,95-62,75	53,14±0,00	-
Širina repa	8,43±0,89	7,66-9,40	7,03±0,00	-
Dužina repa	56,62±12,10	42,65-63,78	53,14±0,00	-
Visina repa	9,62±0,49	9,07-10,01	8,04±0,00	-
Maksimalna visina repa 1	20,07±2,11	17,66-21,57	13,50±0,00	-
Maksimalna visina repa	18,55±8,26	9,77-26,17	19,54±0,00	-
Maksimalna visina repnog mišićja	15,00±9,47	9,07-25,92	8,04±0,00	-
Visina gornjeg dijela peraje	8,37±1,36	6,85-9,45	7,39±0,00	-
Visina donjeg dijela peraje	7,98±1,50	6,26-9,00	8,05±0,00	-
Dužina mišićja repa	59,12±13,15	43,97-67,55	53,28±0,00	-
Promjer oka	3,87±0,03	3,83-3,89	3,44±0,00	-
Razmak između orbita	14,74±2,00	13,02-16,93	10,37±0,00	-
Razmak oko - nosnica	6,31±0,65	5,56-6,70	4,57±0,00	-
Razmak nosnica - usta	5,18±0,92	4,11-5,72	4,17±0,00	-
Razmak oko - usta	11,62±1,07	10,42-12,49	8,55±0,00	-
Maksimalna širina tijela	24,49±3,08	20,94-26,43	16,93±0,00	-
Širina glave	19,73±1,74	17,75-21,04	15,73±0,00	-
Razmak oko - rep	24,52±2,44	21,70-26,05	20,14±0,00	-
Širina usta	8,31±0,58	7,72-8,87	6,69±0,00	-
Dužina pupa ekstremiteta 1	12,23±3,10	10,01-15,77	15,27±0,00	-
Dužina pupa ekstremiteta 2	12,70±3,70	10,31-16,96	18,14±0,00	-
Dužina bedra	5,33±1,65	4,09-7,21	9,26±0,00	-
Dužina tibiofibule	6,14±1,03	5,43-7,32	7,92±0,00	-
Dužina tarsusa	9,26±2,71	7,35-12,36	4,39±0,00	-
Razmak tarsus - prst	5,03±1,36	4,21-6,60	9,93±0,00	-

Tablica 9. Prikaz rezultata eksperimenta Kompeticije mjerene po uzorku (Uzorak 1 – *Pelobates fuscus* 40 jedinki; Uzorak 5 – *Rana temporaria* 39 jedinki) izraženog kroz srednju vrijednost i standardnu devijaciju (AVG ± StDEV) te minimalnu i maksimalnu vrijednost (MIN – MAX). Mjerenje je vršeno na ukupnom uzorku punoglavca s lokacije Lijeva Luka.

Morfometrijske mjere punoglavaca (mm)	<i>P. fuscus</i> (40)		<i>R. temporaria</i> (39)	
	AVG ± StDEV	MIN - MAX	AVG ± StDEV	MIN - MAX
Dužina tijela 1	11,09±1,14	8,79-13,09	11,12±1,67	6,84-13,13
Dužina tijela 2	9,25±0,98	7,30-11,05	9,54±1,38	6,07-11,58
Ukupna dužina tijela	24,11±3,00	17,66-29,76	28,37±4,73	16,54-35,75
Dužina tijela i repnog mišićja	14,69±2,02	10,18-18,08	18,84±3,38	10,49-24,30
Širina repa	1,43±0,24	1,00-1,91	1,85 ±0,35	1,07-2,51
Dužina repa	14,88±2,08	10,18-18,63	18,90±3,40	10,49-24,30
Visina repa	2,17±0,30	1,59-2,76	2,48±0,42	1,48-3,15
Maksimalna visina repa 1	7,12±0,78	5,65-8,30	6,47±1,12	3,57-8,28
Maksimalna visina repa	7,48±0,87	5,98-8,83	6,76±1,17	3,95-8,83
Maksimalna visina repnog mišićja	2,17±0,30	1,59-2,76	2,48±0,42	1,48-3,15
Visina gornjeg dijela peraje	2,90±0,35	2,18-3,46	2,62±0,47	1,46-3,44
Visina donjeg dijela peraje	2,69±0,32	1,91-3,26	1,76±0,30	0,97-2,24
Dužina mišićja repa	15,33±2,11	10,84-19,00	19,08±3,35	10,76-24,46
Promjer oka	1,47±0,20	1,00-1,85	1,24±0,16	0,80-1,50
Razmak između orbita	4,31±0,53	3,31-5,34	2,38±0,39	1,36-3,03
Razmak oko - nosnica	2,01±0,48	1,51-4,56	1,34±0,22	0,87-1,68
Razmak nosnica - usta	1,63±0,24	1,18-2,23	1,55±0,30	0,79-2,13
Razmak oko - usta	3,99±0,47	3,17-4,82	3,11±0,50	1,85-3,80
Maksimalna širina tijela	6,48±0,68	5,26-7,62	6,89±1,04	4,26-8,47
Širina glave	6,21±0,94	1,80-7,42	6,17±0,84	3,86-7,45
Razmak oko - rep	6,07±0,64	4,95-7,51	6,70±1,02	4,19-8,49
Širina usta	2,61±0,28	1,93-3,12	2,19±0,36	1,34-2,81
Dužina pupa ekstremiteta 1	0,44±0,13	0,22-0,72	1,39±0,32	0,27-2,24
Dužina pupa ekstremiteta 2	0,44±0,12	0,20-0,68	1,36±0,59	0,25-2,22

Tablica 10. Prikaz rezultata eksperimenta Kompeticije, mjerene po uzorku (Uzorak 2 – *Pelobates fuscus* 22 jedinke, *Rana temporaria* 10 jedinki) izraženog kroz srednju vrijednost i standardnu devijaciju (AVG ± StDEV) te minimalnu i maksimalnu vrijednost (MIN – MAX). Mjerenje je vršeno na ukupnom uzorku punoglavca s lokacije Lijeva Luka.

Morfometrijske mjere punoglavaca (mm)	<i>P. fuscus</i> (22)		<i>R. temporaria</i> (10)	
	AVG	MIN	AVG	MIN
	± StDEV	- MAX	± StDEV	- MAX
Dužina tijela 1	9,77±1,28	7,51-11,59	12,77±1,52	9,78-14,23
Dužina tijela 2	8,25±1,20	6,09-9,95	11,07±1,23	8,55-12,27
Ukupna dužina tijela	20,76±3,60	14,88-29,42	33,80±4,88	24,03-39,11
Dužina tijela i repnog mišićja	12,24±2,06	8,22-15,02	22,84±3,69	15,46-26,93
Širina repa	1,31±0,27	0,90-1,74	2,48±0,42	1,83-2,99
Dužina repa	12,35±2,06	8,22-15,02	22,84±3,69	15,46-26,93
Visina repa	1,89±0,29	1,28-2,33	3,13±0,44	2,38-3,62
Maksimalna visina repa 1	6,28±0,94	4,82-7,76	7,73±1,02	5,70-8,89
Maksimalna visina repa	6,53±1,03	4,82-7,95	8,15±1,03	6,02-9,14
Maksimalna visina repnog mišićja	1,89±0,29	1,28-2,33	3,20±0,47	2,38-3,81
Visina gornjeg dijela peraje	2,51±0,43	1,76-3,21	3,13±0,39	2,30-3,55
Visina donjeg dijela peraje	2,34±0,38	1,70-2,99	2,09±0,24	1,57-2,33
Dužina mišićja repa	12,66±2,19	8,56-15,71	23,24±3,75	15,58-26,87
Promjer oka	1,25±0,24	0,87-1,63	1,55±0,20	1,17-1,84
Razmak između orbita	3,85±0,58	2,66-4,76	2,73±0,28	2,13-3,10
Razmak oko - nosnica	1,69±0,29	1,02-2,13	1,50±0,23	1,19-1,82
Razmak nosnica - usta	1,49±0,25	1,04-1,93	1,72±0,28	1,28-2,06
Razmak oko - usta	3,48±0,50	2,54-4,33	3,45±0,45	2,64-4,00
Maksimalna širina tijela	5,75±0,77	4,33-6,93	7,82±0,93	6,14-8,93
Širina glave	5,68±0,72	4,36-6,74	6,84±0,71	5,51-7,65
Razmak oko - rep	5,39±0,71	4,05-6,64	7,79±0,87	6,21-8,64
Širina usta	2,30±0,37	1,63-2,90	2,45±0,29	1,84-2,81
Dužina pupa ekstremiteta 1	0,38±0,15	0,11-0,65	2,27±0,81	0,88-3,49
Dužina pupa ekstremiteta 2	0,40±0,14	0,19-0,68	2,24±0,76	0,91-3,37

Tablica 11. Prikaz rezultata eksperimenta Kompeticije, mjerene po uzorku (Uzorak 2 – *Pelobates fuscus* 16 jedinki, *Rana temporaria* 20 jedinki) izraženog kroz srednju vrijednost i standardnu devijaciju (AVG ± StDEV) te minimalnu i maksimalnu vrijednost (MIN – MAX). Mjerenje je vršeno na ukupnom uzorku punoglavca s lokacije Lijeva Luka.

Morfometrijske mjere punoglavca (mm)	<i>R. temporaria</i> (20)		<i>P. fuscus</i> (16)	
	AVG ± StDEV	MIN - MAX	AVG ± StDEV	MIN - MAX
Dužina tijela 1	12,01±1,26	9,09-13,93	8,00±0,70	6,91-8,98
Dužina tijela 2	10,45±0,97	8,22-12,15	6,70±0,57	5,98-7,78
Ukupna dužina tijela	31,01±3,65	23,03-36,73	17,02±1,78	14,38-19,84
Dužina tijela i repnog mišićja	20,62±2,75	14,87-24,82	10,14±1,27	8,38-12,45
Širina repa	2,16±0,28	1,56-2,57	0,96±0,11	0,81-1,17
Dužina repa	20,65±2,75	14,87-24,82	9,97±2,12	3,38-12,45
Visina repa	2,76±0,31	2,08-3,16	1,54±0,13	1,35-1,78
Maksimalna visina repa 1	7,08±0,78	5,25-8,31	4,89±0,45	4,15-5,65
Maksimalna visina repa	7,41±0,84	5,51-8,64	5,20±0,49	4,43-6,03
Maksimalna visina repnog mišićja	2,76±0,31	2,08-3,16	1,54±0,13	1,35-1,78
Visina gornjeg dijela peraje	2,79±0,35	2,10-3,50	2,04±0,23	1,60-2,40
Visina donjeg dijela peraje	1,90±0,25	1,40-2,19	1,83±0,21	1,55-2,16
Dužina mišićja repa	21,03±2,82	14,94-25,46	10,41±1,30	8,64-12,68
Promjer oka	1,37±0,15	1,16-1,64	0,91±0,07	0,78-1,01
Razmak između orbita	2,65±0,28	2,07-3,24	3,07±0,33	2,56-3,76
Razmak oko - nosnica	1,45±0,17	1,05-1,66	1,45±0,14	1,20-1,70
Razmak nosnica - usta	1,70±0,24	1,26-2,06	1,23±0,17	1,00-1,57
Razmak oko - usta	3,39±0,36	2,58-3,91	2,94±0,29	2,54-3,38
Maksimalna širina tijela	7,38±0,74	5,53-8,50	4,63±0,46	4,02-5,51
Širina glave	6,63±0,59	5,20-7,69	4,61±0,39	4,09-5,33
Razmak oko - rep	7,31±0,74	5,70-8,35	4,56±0,37	4,08-5,22
Širina usta	2,37±0,23	1,81-2,72	1,90±0,20	1,54-2,21
Dužina pupa ekstremiteta 1	1,87±0,59	0,68-2,83	0,26±0,06	0,16-0,37
Dužina pupa ekstremiteta 2	1,86±0,59	0,59-2,75	0,27±0,06	0,16-0,36

Tablica 12. Prikaz rezultata eksperimenta Kompeticije, mjerene po uzorku (Uzorak 2 – *Pelobates fuscus* 10 jedinki, *Rana temporaria* 30 jedinki) izraženog kroz srednju vrijednost i standardnu devijaciju (AVG ± StDEV) te minimalnu i maksimalnu vrijednost (MIN – MAX). Mjerenje je vršeno na ukupnom uzorku punoglavca s lokacije Lijeva Luka.

Morfometrijske mjere punoglavaca (mm)	<i>R. temporaria</i> (30)		<i>P. fuscus</i> (10)	
	AVG	MIN	AVG	MIN
	± StDEV	- MAX	± StDEV	- MAX
Dužina tijela 1	11,20±1,16	8,49-13,25	9,36±0,52	8,74-10,37
Dužina tijela 2	9,77±0,92	7,99-11,59	7,72±0,29	7,26-8,32
Ukupna dužina tijela	29,49±3,43	22,46-36,58	20,77±1,17	18,94-22,83
Dužina tijela i repnog mišićja	19,70±2,52	14,45-25,14	12,80±0,91	11,08-14,25
Širina repa	1,95±0,30	1,27-2,59	1,14±0,09	0,95-1,27
Dužina repa	19,80±2,57	14,45-25,14	13,09±0,94	11,43-14,63
Visina repa	2,59±0,27	2,03-2,95	1,70±0,11	1,54-1,88
Maksimalna visina repa 1	6,62±0,79	5,12-8,12	6,09±0,30	5,60-6,59
Maksimalna visina repa	6,97±0,83	5,28-8,51	6,40±0,28	5,98-6,91
Maksimalna visina repnog mišićja	2,59±0,27	2,03-2,95	1,70±0,11	1,54-1,88
Visina gornjeg dijela peraje	2,63±0,31	1,98-3,23	2,50±0,13	2,31-2,69
Visina donjeg dijela peraje	1,84±0,21	1,42-2,16	2,35±0,13	2,15-2,62
Dužina mišićja repa	20,04±2,56	14,93-25,48	13,16±0,86	11,45-14,57
Promjer oka	1,27±0,12	1,01-1,59	1,03±0,06	0,92-1,14
Razmak između orbita	2,48±0,30	1,84-3,02	3,64±0,20	3,37-3,89
Razmak oko - nosnica	1,32±0,17	1,01-1,59	1,67±0,13	1,44-1,84
Razmak nosnica - usta	1,53±0,19	1,20-1,94	1,41±0,08	1,30-1,56
Razmak oko - usta	3,05±0,37	2,32-3,70	3,39±0,21	3,13-3,66
Maksimalna širina tijela	6,94±0,71	5,39-8,05	5,44±0,27	5,02-5,83
Širina glave	6,22±0,62	4,96-7,36	5,36±0,26	4,92-5,70
Razmak oko - rep	6,88±0,68	5,47-8,18	5,17±0,32	4,60-5,56
Širina usta	2,19±0,23	1,63-2,64	2,27±0,09	2,12-2,38
Dužina pupa ekstremiteta 1	1,46±0,46	0,53-2,57	0,35±0,05	0,29-0,46
Dužina pupa ekstremiteta 2	1,43±0,45	0,53-2,45	0,34±0,06	0,28-0,42