

Usporedba morfoloških značajki populacija vodenjaka u dvije bare s različitim ekološkim uvjetima

Đinđić, Karla

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:551841>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Karla Đinđić

**Usporedba morfoloških značajki populacija
vodenjaka u dvije bare s različitim
ekološkim uvjetima**

Diplomski rad

Zagreb, 2024.

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Karla Đinđić

**Morphological comparison of newt
populations in two ponds with different
ecological conditions**

Master thesis

Zagreb, 2024.

Ovaj rad je izrađen na Zoologijskom zavodu zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod mentorstvom doc. dr. sc. Zorana Marčića. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja stjecanja zvanja magistrice ekologije i zaštite prirode.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

Usporedba morfoloških značajki populacija vodenjaka u dvije bare s različitim ekološkim uvjetima

Karla Đinđić

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Ovim istraživanjem analiziraju se ekološke razlike između odabranih lokaliteta (Bare 1 i Bare 2) i kako te razlike utječu na uzorkovane populacije vodenjaka. Vodenjake sam uzorkovala elektroribolovom (jedinke velikog vodenjaka isključivo s mrežicom) te im bilježila morfološke značajke. Usporedila sam dvije populacije vodenjaka iz Bare 1 i Bare 2. Bare su ekološki slične, a najveća je razlika prisustvo stranih vrsta riba. U Bari 2, u kojoj su prisutne strane vrste riba, manja je gustoća jedinki i raznolikost vrsta. U Bari 1 su prisutne sve tri očekivane vrste vodenjaka (mali vodenjak, veliki vodenjak i planinski vodenjak), a u Bari 2, samo dvije vrste vodenjaka (mali vodenjak i planinski vodenjak). Statistički značajna razlika u totalnoj dužini tijela (TL) zabilježena je kod mužjaka i ženki malog vodenjaka i velikog vodenjaka iz Bare 1. Mužjaci i ženke malog vodenjaka iz Bare 1 imaju veću totalnu dužinu tijela od jedinki iste vrste iz Bare 2. Statistički značajna razlika u omjeru spolova zabilježena je kod mužjaka i ženki velikog vodenjaka iz Bare 1. Analiza glavnih komponenata (PCA) nije pokazala značajno razdvajanje među vrstama, spolovima i populacijama vodenjaka između odabranih lokaliteta. Strane vrste riba koje dijele isti vodeni habitat s vodenjacima negativno na njih utječu jer konkuriraju za hranu i predatori su jaja, ličinki i odraslih jedinki vodenjaka. Elektroribolovom sam uklonila 16 karasa i 103 babuške. Potrebno je aktivno sudjelovati u kontroli invazivnih vrsta riba kako bi se sačuvale populacije vodenjaka.

Ključne riječi: *Lissotriton vulgaris*, *Ichtiosauro alpestris*, *Triturus carnifex*, usporedba populacija vodenjaka

(47 stranica, 38 slika, 5 tablica, 28 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Mentor: doc. dr. sc. Zoran Marčić

Ocjenitelji:

Doc. dr. sc.

Izv. prof. dr. sc. (prije imena nastavnika navesti njihove titule)

Prof. dr. sc.

Rad prihvaćen: (navesti datum sjednice Povjerenstva za diplomatske radove na kojoj je rad prihvaćen)

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Master thesis

Morphological comparison of newt populations in two ponds with different ecological conditions

Karla Đinđić

Rooseveltovej trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

This research analyzes the ecological differences between selected sites (Pond 1 and Pond 2) and how these differences affect the sampled populations of newts. Newts were sampled using electrofishing (only individuals of great crested newts with a net) and their morphological characteristics were recorded. I compared the two populations of newts from Pond 1 and Pond 2. The ponds are ecologically similar, with the main difference being the presence of non-native fish species. In Pond 2, where non-native fish species are present, there is lower density of individuals and species diversity. In Pond 1, all three expected species of newts (smooth newt, great crested newt, and alpine newt) are present, while in Pond 2, only two species of newts (smooth newt and alpine newt) are found. A statistically significant difference in total body length (TL) was observed in males and females of smooth newts and great crested newts from Pond 1. Males and females of smooth newts from Pond 1 have larger total body lengths than individuals of the same species from Pond 2. A statistically significant difference in sex ratio was recorded in males and females of great crested newts from Pond 1. Principal component analysis (PCA) did not show significant separation among species, sexes, and populations of newts between the selected sites. Non-native fish species sharing the same aquatic habitat with newts negatively affect them by competing for food and preying on the eggs, larvae, and adult newts. I removed 16 carp and 103 goldfish using electrofishing. Active participation in controlling invasive fish species is necessary to preserve newt populations.

Keywords: *Lissotriton vulgaris*, *Ichtiosaura alpestris*, *Triturus carnifex*, comparison of populations of newts

(47 pages, 38 figures, 5 tables, 28 references, original in: croatian)

Thesis is deposited in Central Biological Library.

Mentor: doc. dr. sc. Zoran Marčić

Reviewers:

Asst. Prof. , PhD

Assoc. Prof. , PhD

Prof. , PhD

Thesis accepted:

ZAHVALA

Ovaj diplomski rad posvećujem svojoj obitelji koja je vjerovala u mene čak i kada ja nisam i prijateljicama Ani i Paoli koje su mi bile potpora tijekom cijelog studija.

Zahvaljujem svima koji su mi pomogli pri izradi ovog diplomskog rada svojim savjetima, preporukama i ostalim ne tako beznačajnim sitnicama.

Hvala asistentu Svenu Horvatiću koji mi je pomogao sa statistikom i asistentici Sari Pleše koja mi je pomogla u izradi karte.

A posebno HVALA mom mentoru doc. dr. sc. Zoranu Marčiću koji mi je ispunio želju i omogućio ovo prekrasno istraživanje.

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1 Opća obilježja vodozemaca.....	1
1.2 Vodenjaci	1
1.3 Vodenjaci Republike Hrvatske.....	3
1.3.1. Planinski vodenjak (<i>Ichthyosaura alpestris</i> (Laurenti, 1768)).....	4
1.3.2. Veliki vodenjak (<i>Triturus carnifex</i> (Laurenti, 1768))	7
1.3.3. Mali vodenjak (<i>Lissotriton vulgaris</i> (Linnaeus, 1758)).....	10
1.4. Uzroci ugroženosti i zaštita vodozemaca	12
1.4.1. Ribe kao uzrok ugroženosti vodenjaka	13
1.4.2. Zakon o zaštiti prirode.....	14
2. CILJ ISTRAŽIVANJA	16
3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	17
4. METODE I MATERIJALI	19
4.1 Metode uzorkovanja	19
5. REZULTATI.....	23
5.1 Ekološke značajke istraživanih bara.....	23
5.2. Kvantitativni sastav populacija vodenjaka na uzorkovanim barama	27
5.3. Deskriptivna statistika osnovnih morfometrijskih mjera	28
5.4. Analiza glavnih komponenata morfometrijskih omjera.....	37
6. RASPRAVA.....	39
7. ZAKLJUČAK	42
8. LITERATURA:.....	43
9. PRILOG	46
10. ŽIVOTOPIS	47

1. UVOD

1.1 Opća obilježja vodozemaca

Vodenjaci su vodozemci (Amphibia) iz reda repaša (Caudata) te porodice daždevnjaka (Salamandridae). Vodozemci predstavljaju prve prave kopnene kralješnjake, to jest evolucijski tvore prijelaz između riba i kopnenih kralješnjaka. Potekli su iz razreda riba koje se zovu mesoperke (Sarcopterygii). Njihova specifična građa peraja koja se razlikovala od svih ostalih riba omogućila im je život izvan vode. Iz takvih su se peraja na koncu razvili pravi udovi koje nalazimo kod svih kopnenih kralješnjaka (Tetrapoda). Pojavile su se u devonskom razdoblju prije više od 380 milijuna godina. Zahvaljujući brojnim fosilnim nalazima koji pružaju uvid u morfološke karakteristike vodozemaca koji su živjeli u prošlim geološkim razdobljima, možemo zaključiti kako su se ti organizmi prilagođavali okolišu, kako su se kretali i kako su izgledali. Također, proučavanje fosila može nam pomoći u razumijevanju evolucijskih veza između različitih skupina vodozemaca i njihovih životnih okolina kroz vremenski raspon. (Vitt i Caldwell, 2013).

U okviru razreda vodozemci utvrđena su tri podrazreda: Labyrinthodontia, Lepospondyli i Lissamphibia. Jedini recentni podrazred, Lissamphibia, sastoji se od tri reda, a to su: Gymnophiota (beznogi vodozemci, 170 vrsta), Caudata (repaši, 560 vrsta) i Anura (bezrepci, 5450 vrsta) (Vitt i Caldwell, 2013), koji pokazuju značajnu morfološku raznolikost zbog neovisnog razvoja koji traje više od 300 milijuna godina (Kleiman i sur., 2004). Ovaj razred kralješnjaka, iako malog tijela, uspješno je preživjela velike geološke promjene, izumiranja i klimatske fluktuacije, te danas dominira većinom kopnenih staništa diljem svijeta (Wells, 2019).

1.2 Vodenjaci

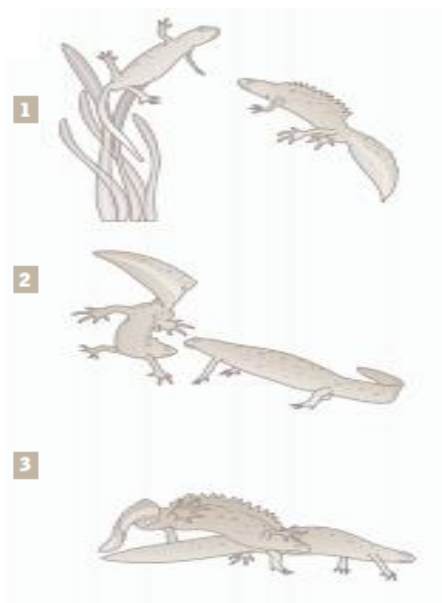
Vodenjaci nemaju sposobnost održavanja vlastite tjelesne temperature što znači da su hladnokrvni (ektotermni) organizmi. Dobro su prilagođeni za život na kopnu, ali su i dalje usko povezani s vodom ili vlažnim mikrostaništem za reprodukciju. Za vodenjake vrlo su važni različiti tipovi površinskih vodenih staništa, kao na primjer: lokve, kanali, bare, jezera i slično. U rano proljeće odrasle jedinice vodenjaka prelaze s kopna u vodu gdje pronalaze partnera za parenje. Mužjak započinje udvaranje, to jest ples (Slika 1a), kada primijeti izrazito zadebljanje u području abdomena ženke koja nosi neoplođena jaja. Pažnju ženke pridobije svojom primjetnom pigmentacijom, te migoljenjem repa u smjeru ženke glave (Slika 2.1). Udvaranje započinje

plivanjem ispred ženke pokazujući joj svoju izraženu nečisnicu. Njegova nečisnica sadrži žlijezde koje proizvode feromone. Zamahom repa stvara se vodena struja koja ih nosi do ženke. Ženka, dovoljno stimulirana mužjakovim udvaranjem, počinje slijediti mužjaka (Slika 2.2). Mužjak mijenja smjer, okreće se i ostavlja spermatofores (nakupinu sperme na želatinastoj osnovi koja se izlučuje iz nečisnica) na supstrat, te ženku nježno preusmjerava prema navedenoj nakupini. Ženka prelazi preko nakupine i sprema spermatofores u svoju nečisnicu stvarajući vezu s mužjacom (Slika 2.3) (Speybroeck i sur., 2016; Encyclopaedia Britannica, Inc., 2008). Tijekom sezone razmnožavanja, više vrsta vodenjaka može se pronaći u istom vodenom staništu. Oplodnja je unutarnja, a nekoliko dana poslije oplodnje, ženka pronalazi vodeno bilje te počinje lijegati i pričvršćivati jaja. Ženka svako jaje pojedinačno zalijepi na vodeno bilje na način da svojim stražnjim nogama savija bilje da ih bolje zaštiti (Slika 1b). To razdoblje može trajati od nekoliko dana do nekoliko mjeseci (Verrell i sur., 1986), a u to vrijeme ženka snese oko 200 jaja (može i do 400 jaja ovisno o vrsti vodenjaka) (Jelić i sur., 2015).

Odrasle su jedinke isključivo mesojedi. Plijen im predstavlja sve što mogu progutati, a najčešće su to mali beskralješnjaci na kopnu, kao na primjer: gujavice i puževi, te u vodi ličinke kukaca, žablja jaja i punoglavci. Ličinke se hrane zooplanktonom, kao što su rašljoticalci i veslonošci, te različitim vrstama vodenih biljaka. Kada dovoljno narastu hrane se, kao i odrasle jedinke, većim plijenom. U potpunosti su akvatičke, to jest ovisne o vodi: dišu škragama i djelomično kožom koja je vaskularizirana te ne napuštaju vodu. Nakon što izađu iz jajeta, ličinke su dugačke otprilike 1 cm te narastu otprilike 7 cm prije preobrazbe (metamorfoze) (Slika 1e i 1f). (Griffiths, 1996). Imaju vanjske škrge za disanje te im prvo narastu prednje, zatim stražnje noge. U vodi se razvijaju od svibnja do rujna, a kada se preobrazu, izgube škrge te na koncu postaju odrasle kopnene jedinke koje u kasno ljeto napuštaju vodu (Jelić i sur., 2015). Aktivni su tijekom dana kada zaklon traže ispod lišća, kamenja ili granja, ili noću kada je kišno i vlažno vrijeme (Speybroeck i sur., 2016).



Slika 1: Razvojni niz vodenjaka- planinski vodenjak (*Ichtyosaura alpestris*) **a)** udvaranje mužjaka i ženke, **b)** ženka polaže jaja na vodenu biljku, **c)** jaja pričvršćena na vodenu biljku 3 dana kasnije, **d)** valjenje ličinki iz jaja, **e)** ličinka stara 4 tjedna, **f)** neotenična (spolno zrela) jedinka (slika preuzeta iz Crvene knjige vodozemaca i gmazova, Jelić i sur., 2015).



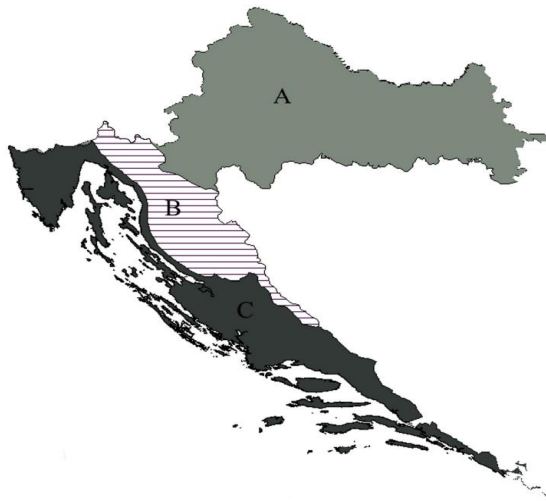
Slika 2: 1-ples vodenjaka, 2-udvaranje, 3-stvaranje veze (konekcija) (Encyclopaedia Britannica, Inc., 2008).

1.3 Vodenjaci Republike Hrvatske

Republika Hrvatska je ukupne kopnene površine od 56.538 km² i dijeli se na tri glavne biogeografske regije: A-kontinentalnu, B-alpinski u C-mediteransku (Slika 3). Flora i fauna ovih prostora rezultat je mnogobrojnih geografskih, geoloških, klimatskih i bioloških utjecaja koju su

dominirali u prošlosti. Alpska i mediteranska regija čine dio jednog od svjetskih centara bioraznolikosti. Ova područja također karakteriziraju visoki broj endemskih vrsta i podvrsta vodozemaca (Jelić i sur., 2015).

Hrvatska se nalazi u umjerenom klimatskom pojasu sjeverne zemljine polutke. Takav položaj omogućuje joj povoljne i umjerene klimatske prilike, bez temperaturnih ekstrema (Kutuzović D.H. i Kutuzović B.H., 2013). Pogodna navedena obilježja Hrvatske rezultiraju bujnom raznolikosti vodozemaca, čak 20 vrsta, od kojih je 7 vrsta repaša (Jelić i sur., 2015).



Slika 3: Biogeografske regije Hrvatske, određene prema Europskoj agenciji za okoliš (EEA 2011), **A**-kontinentalna, **B**-alpiska u **C**-mediteranska (Kutuzović D.H. i Kutuzović B.H., 2013).

U Republici Hrvatskoj poznate su četiri vrste vodenjaka od kojih u Gorskom kotaru dolaze tri. To su planinski vodenjak (*Ichthyosaura alpestris*) (Laurenti, 1768)), veliki vodenjak (*Triturus carnifex*) (Laurenti, 1768)) i mali vodenjak (*Lissotriton vulgaris*) (Linnaeus, 1758)). Navedene tri vrste vrlo često obitavaju zajedno u vodenim staništima. Dunavski je vodenjak (*Triturus dobricus*) (Kiritzescu, 1903) vrsta specifična za područje oko doline rijeke Dunav i ne očekujemo je u Gorskom kotaru.

1.3.1. Planinski vodenjak (*Ichthyosaura alpestris* (Laurenti, 1768))

Planinski vodenjak je vrsta specifična po izrazitom spolnom dimorfizmu u sezoni parenja. Mužjaci mogu narasti do 9 cm, a ženke do 12 cm. Koža im je glatka tijekom sezone parenja koju

provode u vodi, a hrapava (bradavičasta) tijekom razdoblja kojeg provode na tlu. Gornja strana je kod oba spola plavkaste ili sive boje, a mužjacima se razvija pjegava krijesta duž sredine leđa tijekom sezone razmnožavanja (Slika 5). Trbuh im je jednobojan, najčešće narančaste boje (moguća varijacija žute ili crvene boje, ovisno o prehrani) (Preuzeto sa: Caudata.org). Bočna strana mužjaka, od glave do nečisnice, označena je plavom ili bijelom prugom iznad koje je srebrnasta pruga s crnim točkama (pjegavost bokova; Slika 4) (Speybroeck i sur., 2016). Ovo obilježje nedostaje kod ženki koje su tamnije boje s manje izraženom pjegavosti bokova (Slika 6).

Završetkom sezone parenja u srpnju, vodenjaci napuštaju vodu i gube svoje „svadbeno ruho“, poprimaju neprimjetnu tamnu boju, slabije uočljivu predatorima.



Slika 4: Mužjak planinskog vodenjaka (*Ichthyosaura alpestris*) ulovljen na Sartuk bari (Gorski kotar, 2023. godine) (pleuralna (bočna) strana) (Fotografija-Karla Đinđić).

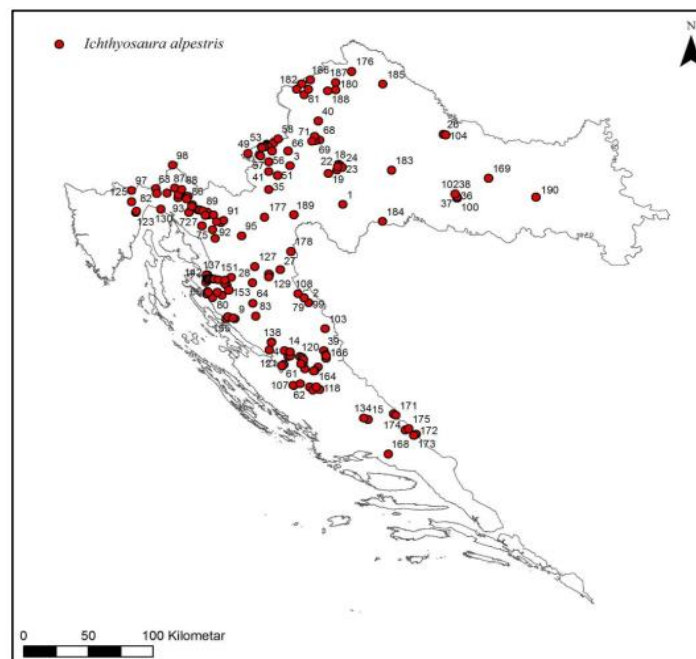


Slika 5: Mužjak planinskog vodenjaka ulovljen na Sartuk bari (Gorski kotar, 2023. godine) (dorzalna (gornja) strana, jasno uočljiva pjegasta krijesta) (Fotografija- Karla Đinđić).



Slika 6: Ženka planinskog vodenjaka (*Ichthyosaura alpestris*) (Preuzeto sa: BVO)

U Hrvatskoj nastanjuje nizinska i brdsko-planinska predjela, te se može pronaći do 2500 m nadmorske visine. Živi u alpinskome i kontinentalnome području, a pojedine se populacije mogu pronaći i po dalmatinskim planinama (Slika 7) (Preuzeto sa: Biologer). Nalazimo ga u području cijele Hrvatske osim u istočnoj Slavoniji, nizinskom dijelu Istre i jugu Hrvatske (Kletečki, 2018).



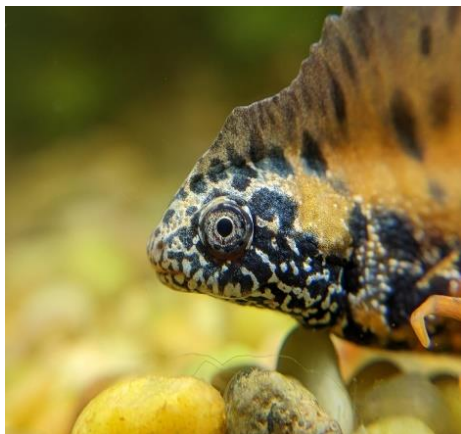
Slika 7: Nalazište planinskog vodenjaka (*Ichthyosaura alpestris*) u Hrvatskoj (Kletečki, 2018).

1.3.2. Veliki vodenjak (*Triturus carnifex* (Laurenti, 1768))

Veliki vodenjak jedna je od 6 trenutnih vrsta takozvane *Triturus cristatus* grupe velikih vodenjaka. Prije su se smatrale različitim podvrstama iste vrste. U Hrvatskoj su prisutne 2 vrste: veliki vodenjak i veliki dunavski vodenjak (*Triturus dobrogicus*).

Veliki dunavski vodenjak specifičan je samo za nizinsko područje rijeke Dunav i pritoka. Vitkiji je i ima izduženiji trup i kraće noge u odnosu na druge vrste velikih vodenjaka. Odrasle jedinke narastu od 13-16 cm, te im krijesta, to jest leđni greben u sezoni parenja počinje na gornjoj strani glave (Slika 8 i 10) (Jelić i sur., 2015).

Veliki vodenjak može narasti do 18 cm (češće do 15 cm). Mužjaci su manji od ženki te su specifični po izrazito nazubljenoj krijesti duž sredine leđa i repa (između je jasno definiran prekid (Slika 13)) koju razvijaju tijekom sezone razmnožavanja. Koža im je glađa od ostalih vrsta velikih vodenjaka koji imaju bradavičastu kožu. Gornja (dorzalna) strana je kod oba spola tamno smeđe do crne boje sa zelenkastim i tamnim pjegama. Trbuh im je jednobojan, može biti žute do narančaste boje s crnim pjegama i šarama (Slika 11). Od velikog dunavskog vodenjaka može ga se razlikovati po bijelim točkicama na donjoj strani glave koje su manje izražene kod velikog vodenjaka (Slika 8 i Slika 9). Ženke i mladi mogu ponekad imati žutu do narančastu prugu po sredini leđa (Slika 12), a sličnu prugu imaju mužjaci kada su u terestričkoj fazi bez izražene krijeste (Jelić i sur., 2015, ;Speybroeck i sur., 2016).



Slika 8: Glava velikog dunavskog vodenjaka (*Triturus dobrogicus*), izražene bijele točkice na donjoj strani glave (Preuzeto sa: iNaturalist.).



Slika 9: Glava velikog vodenjaka (*Triturus carnifex*), manje izražene bijele točkice na donjoj strani glave (Preuzeto sa: Blogger).



Slika 10: Veliki dunavski vodenjak (*Triturus dobrogicus*) (Preuzeto sa: BH HUATRA).

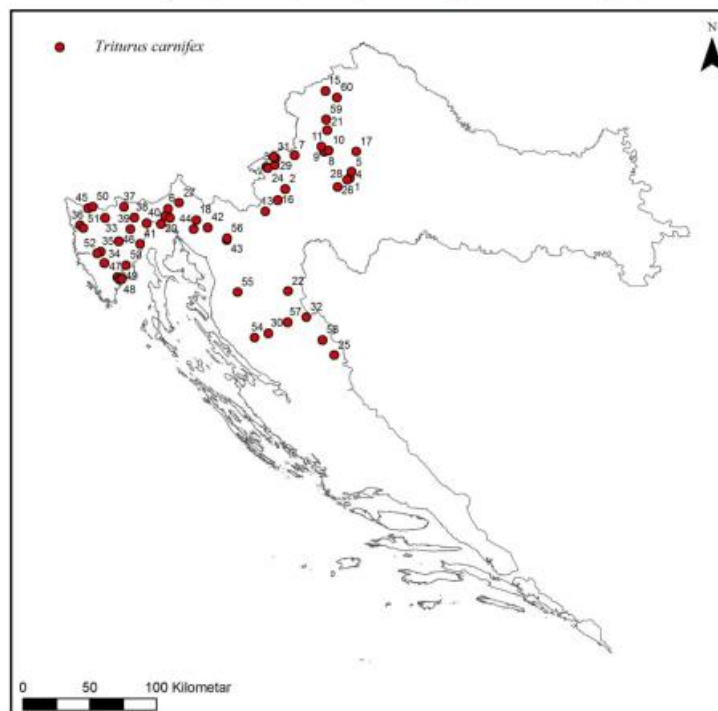


Slika 11 i 12: Ženka velikog vodenjaka (*Triturus carnifex*) s narančasto obojenim trbuhom i crnim točkama (lijevo), te žutom prugom po sredini leđa (desno) (Preuzeto sa: iNaturalist).



Slika 13: Mužjak velikog vodenjaka (*Triturus carnifex*) s izraženim leđnim grebenom (Preuzeto sa: BH HUATRA).

U Hrvatskoj nastanjuje brdska područja, može ga se naći od razine mora u mediteranskom području do 1800 m nadmorske visine u podalpskom području rasprostranjenosti (Jelić i sur., 2015). Nalazimo ga u području središnje Hrvatske te sjevernom i jugozapadnom dio Hrvatske uključujući i gotovo čitavu Istru-izuzev zapadne obale, te na jugu naseljava Liku, a na istoku Turopolje (Kletečki, 2018).



Slika 14: Nalazište velikog vodenjaka (*Triturus carnifex*) u Hrvatskoj (Kletečki, 2018).

1.3.3. Mali vodenjak (*Lissotriton vulgaris* (Linnaeus, 1758))

Mali vodenjak je najmanji predstavnik vodenjaka u Hrvatskoj. Može narasti do 11 cm, a mužjaci su općenito manji od ženki. Specifičan je po svojoj dugoj i ravnoj glavi te pomalo šiljastoj njušci. Koža mu je glatka. Mužjaci imaju zadebljano područje oko nečisnice u sezoni razmnožavanja te razvijaju leđnu i repnu krijestu bez izraženog prekida (Slika 16). Na donjoj strani repa izražena je bijela do sivkasto plava linija (Speybroeck i sur., 2016). Gornja (dorzalna) strana je maslinasto obojena s točkicama koje se na glavi, preko oka spajaju u pruge (Janev Hutinec i sur., 2013). Trbuh im je najčešće bijele sa svijetlo narančastom prugom po sredini. Izraženije crne točke po trbuhu karakteristične su za mužjake, dok su ženke svijetlije s manje izraženim crnim točkama (Slika 17). Uz sve navedeno, mužjak posjeduje i plivaće kožice na stražnjim nogama (Slika 15) (Speybroeck i sur., 2016).



Slika 15: Mužjak malog vodenjaka (*Lissotriton vulgaris*), ulovljen na Sartuk bari (Gorski kotar, 2023. godina), izražene plivaće kožice na stražnjim nogama (Fografija-Karla Đinđić).

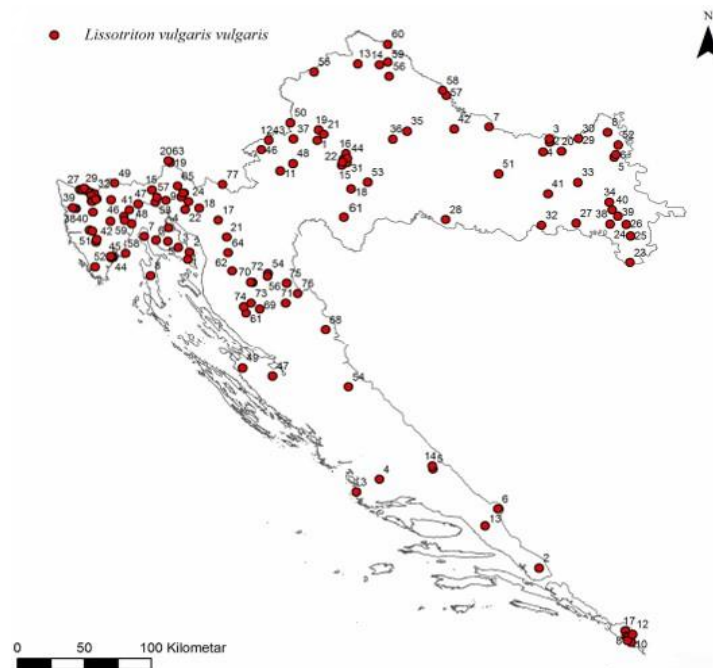


Slika 16: Mužjak malog vodenjaka (*Lissotriton vulgaris*) ulovljen na Sartuk bari (Gorski kotar 2023. godina) (Fotografija- Karla Đinđić).



Slika 17: Ženka malog vodenjaka s nabubrenim abdomenom (*Lissotriton vulgaris*) (Preuzeto s: NaturePhoto).

U Hrvatskoj se nalaze tri podvrste malog vodenjaka: *Lisstortiton vulgaris vulgaris* (Linneaus, 1758), *Lissotriton vulgaris meridionalis* (Boulenger, 1882) i *Lissotriton vulgaris graecus* (Wolterstorff, 1906). *Lissotriton vulgaris vulgaris* nastanjuje čitav sjeverni dio Hrvatske uz izdvojenu populaciju u Ravnim kotarima i Bukovici, *Lissotriton vulgaris meridionalis* nastanjuje samo zapadni dio Hrvatske, od granice sa Slovenijom na jugu do Ličke Plješivice te na sjeveru do Žumberka, *Lissotriton vulgaris graecus* nastanjuje isključivo jug Hrvatske od Primoštena do krajnjeg juga. Nastanjuje područja do 1000 m nadmorske visine (Kletečki, 2018).



Slika 18: Nalazište malog vodenjaka (*Lissotriton vulgaris*) u Hrvatskoj (sjedinjena Slika 38. (nalazište *Lissotriton vulgaris vulgaris*), 39. (nalazište *Lissotriton vulgaris meridionalis*), i 40. (nalazište *Lissotriton graecus*), Kletečki, 2018).

1.4. Uzroci ugroženosti i zaštita vodozemaca

Vodozemci su jedna od najugroženijih skupina životinja na Zemlji. Zbog njihovih fizioloških, ekoloških i bihevioralnih karakteristika, posebno su osjetljivi na nagle promjene u okolišu. Populacije vodozemaca na globalnoj razini opadaju posljednjih nekoliko desetljeća, njihov status se pogoršava, te im prijete ozbiljna opasnost od izumiranja (Houlahan i sur., 2000). Prvo takvo saznanje bilo je osamdesetih godina kada se uočilo da, uspoređujući s bilo kojom drugom skupinom kralješnjaka, su vodozemci pod najvećim rizikom od izumiranja (Wake i sur., 2018). Glavna izravna opasnost za vodozemce koja utječe na njihovo dugoročno preživljavanje predstavlja smanjenje (degradacija) kvalitete staništa te potpuni nestanak staništa. Najznačajniji uzroci degradacije su: poljoprivreda, sječa drveća i žetva te razvoj infrastrukture. Ostale opasnosti su: klimatske promjene, razne bolesti, zagađenje okoliša, rudarstvo, neodgovorno ponašanje ljudi, prekomjerno iskorištavanje te pojava invazivnih vrsta (Luedtke i sur., 2023).

Nisu sva vodena i vlažna staništa u kojima obitavaju vodozemci zaštićena, već samo ona koja se nalaze unutar zaštićenog područja, a to su nacionalni parkovi i parkovi prirode (Jelić i sur., 2015). Stoga, sva ona vodena i vlažna staništa koja su od izrazite važnosti za vodozemce a nisu unutar zaštićenog područja, ponekad su zanemarena. Raznovrsne kemijske supstance, kao na primjer: pesticidi i umjetna goriva, ispiru se iz tla i onečišćuju vodu. Zbog svoje propusne kože, vodozemci su izrazito osjetljivi i na najmanje u okolišu, pa tako i na onečišćenje voda. To ih čini važnim ekološkim bioindikatorima. Uz to, vodotoci se isušuju i kanaliziraju, te se močvare, bare i lokve zatrpavaju. Bez takvih staništa vodozemci ne mogu započeti niti završiti svoj životni ciklus (Janev Hutinec i sur., 2013).

Veliki broj strada na prometnicama (Slika 19), pogotovo u sezoni razmnožavanja. Tada im je potrebno vodeno stanište, koje se, često nalazi preko puta prometnice. Stradavaju izravno i zbog negativnog ljudskog djelovanja koje obuhvaća ilegalno sakupljanje vodozemaca za terarije, ilegalni lov te ubijanje kao posljedica straha (Janev Hutinec i sur., 2013).



Slika 19: Pregaženi veliki vodenjak na prometnici (Preuzeto sa: iNaturalist).

1.4.1. Ribe kao uzrok ugroženosti vodenjaka

Negativan utjecaj invazivnih vrsta nije zanemariv i potencijalno ima ozbiljne posljedice na biološku raznolikost, ekološku ravnotežu i očuvanje ugroženih vrsta. Invazivne vrste nadmeću se za životni prostor (kompetitori) te hibridiziraju s ostalim srodnim vrstama. Ribe su najrašireniji predatori nad vodozemcima. U većini slučajeva, stavljene su u vodena tijela kako bi se osiguralo dovoljno ribe za sportski ribolov. Jednom kada se prošire teško ih se uklanja, a njihovi negativni učinci na vodena tijela su dugotrajni (Kats i Ferrer, 2003).

U Gorskom je kotaru karas (*Carassius carassius* (Linnaeus 1758)) (Slika 20) translocirana, a babuška (*Carassius gibelio* (Bloch 1782)) (Slika 21) invazivna riblja vrsta te ih ponekad nalazimo u vodenim tijelima koja nastanjuju i vodenjaci.

Babuška je riblja vrsta koja se uspješno prilagođava niskim razinama kisika u vodi, visokom stupnju zagađenja i povišenim temperaturama vode (Tomljanović i sur., 2012). Divlji oblici babuške imaju ulogu inženjera okoliša jer mijenjaju izgled staništa putem hranjenja vodenim biljem i kopanja po dnu, što rezultira povećanom замуćenošću vode. Ovo ponašanje doprinosi smanjenju brojnosti autohtonih vrsta u takvim staništima. Osim toga, njihova predacija negativno utječe na lokalne vrste, jer se hrane ne samo biljkama, već i vodozemcima, kolutićavcima, mekušcima, rakovima i kukcima (Mihinjač i sur., 2019).



Slika 20: Karas (*Carassius carassius*) (Fotografija- Perica Mustafić).



Slika 21: Babuška (*Carassius gibelio*) (Fotografija- Perica Mustafić).

1.4.2. Zakon o zaštiti prirode

Zakon o zaštiti prirode (NN 80/13, 15/18, 14/19, 127/19) temeljni je popis koji uređuje područje zaštite prirode u Republici Hrvatskoj. Gotovo svi vodozemci Hrvatske strogo su zaštićeni. Razni međunarodni sporazumi, konvencije te direktive omogućuju da su vodozemci zakonski zaštićeni i na međunarodnoj razini. Međunarodna unija za očuvanje prirode (engleski- International Union for the Conservation of Nature (IUCN)) propisuje pravila i kriterije za procjenu ugroženosti divljih svojti. IUCN-ov crveni popis je popis ugroženih divljih biljnih i

životinjskih vrsta. Na globalnoj razini postoji devet kategorija ugroženosti u koje se svoje razvrstavaju. Kritično ugrožena (CR), ugrožena (EN) i osjetljiva (VU) su kategorije koje održavaju različite stupnjeve od opasnosti od izumiranja. Preostale kategorije su izumrla svojta (EX), izumrla u prirodi (EW), gotovo ugrožena (NT), najmanje zabrinjavajuća (LC), nedovoljno poznata (DD) i neprocijenjena svojta (NE) (Jelić i sur., 2015).

Planinski vodenjak prema crvenom IUCN-ovom popisu spada u najmanje zabrinjavajuću svojtu (LC) (globalno i europska kategorija ugroženosti) uz padajući populacijski trend (posljednja procjena 2021. godine).

Veliki vodenjak prema crvenom IUCN-ovom popisu spada u najmanje zabrinjavajuću svojtu (LC) (globalno i europska kategorija ugroženosti) uz padajući populacijski trend (posljednja procjena 2021. godine).

Mali vodenjak prema crvenom IUCN-ovom popisu spada u najmanje zabrinjavajuću svojtu (LC) (globalno i europska kategorija ugroženosti) uz stabilni populacijski trend (posljednja procjena 2022. godine).

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja je utvrditi razlikuju li se populacije vodenjaka u dvije bare različitih ekoloških uvjeta (površina, dubina, vegetacijski pokrov, fizikalno-kemijski sastav te prisustvo odnosno nedostatak stranih vrsta riba) u Gorskom kotaru po prisutnosti i učestalosti pojedinih vrsta vodenjaka, te razlikuju li se njihove populacije po morfološkim značajkama. U tu svrhu posebni ciljevi istraživanja su utvrditi ekološke značajke dvije bare u Gorskom kotaru koje nastanjuju vodenjaci, te kvantitativno i morfometrijski usporediti populacije vodenjaka u dvije bare (usporediti sastav i brojnost vrsta, odrediti osnovne morfometrijske mjere te usporediti Fultonove indekse kondicije).

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Gorski kotar nalazi se u zapadnom dijelu Republike Hrvatske te pripada Primorsko-goranskoj županiji. Uz visoki planinski reljef i visoku kvalitetu zraka, Gorski je kotar karakteriziran i bogatim prirodnim resursima i biološkoj raznolikosti područja. Ubraja se u gorsko-planinsko područje, prosječne nadmorske visine 700-900 m (Lokalna akcijska grupa Gorski kotar, 2020).

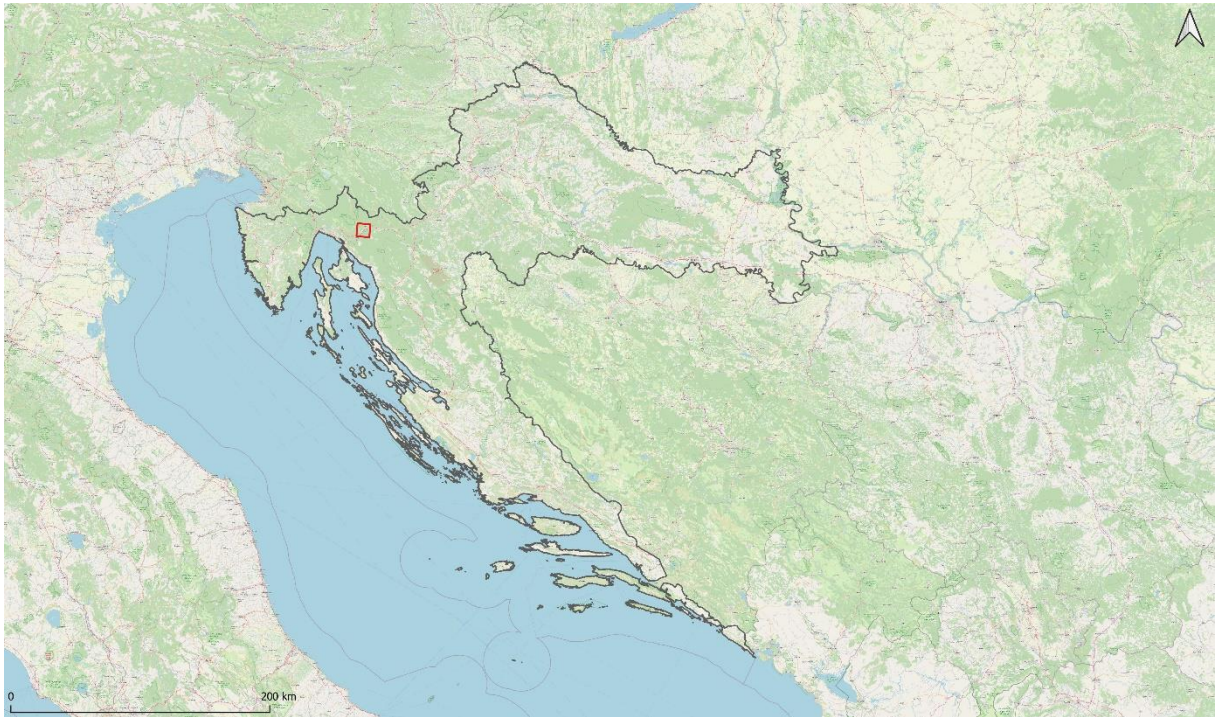
Najviši vrh je Kula na 1534 m nadmorske visine te se nalazi na planini Bjelolasica (Bjelolasica, 2022). Guste šume obuhvaćaju crnogorične i listopadne vrste, uključujući jelu, smreku, bukvu i druge. Šume čine najveći dio od ukupne površine Gorskog kotara. Predjeli iznad 1200 m nadmorske visine obuhvaćeni su planinskom klimom, dok na nižim predjelima prevladava kontinentalna klima. U ljetnim mjesecima prevladavaju najviše oscilacije u temperaturi, ujutro temperatura padne ispod 0 °C, dok u podne može biti čak i iznad 35 °C. Najviše naoblake ima u rujnu, a magle u studenome i prosincu, dok su najvedriji dani u kolovožu. Gorski kotar bogat je vodama, uključujući rijeke poput Kupe i Dobre i Gacke te brojna akumulacijska jezera (Lokalna akcijska grupa Gorski kotar, 2020).

Vodnjake sam uzorkovala na dva lokaliteta, to jest u dvije bare u mjestu Sunger u Gorskom kotaru. Bare u mjestu Sunger restaurirane su 2008. godine jer su bile pretrpane otpadom i piljevinom iz obližnje pilane. Važne su jer su stanište i mjesto razmnožavanja čak devet vrsta vodozemaca. To su: planinski vodenjak, mali vodenjak, veliki vodenjak, šareni daždevnjak, smeđa krastača, gatalinka, žuti mukač, šumska smeđa žaba i livadna smeđa žaba (Jelić i sur., 2015). Terensko istraživanje obavila sam tijekom lipnja i srpnja 2023. godine, jednom tijekom svakog mjeseca. Prikaz jedne od istraživanih bara može se vidjeti na slici 22.

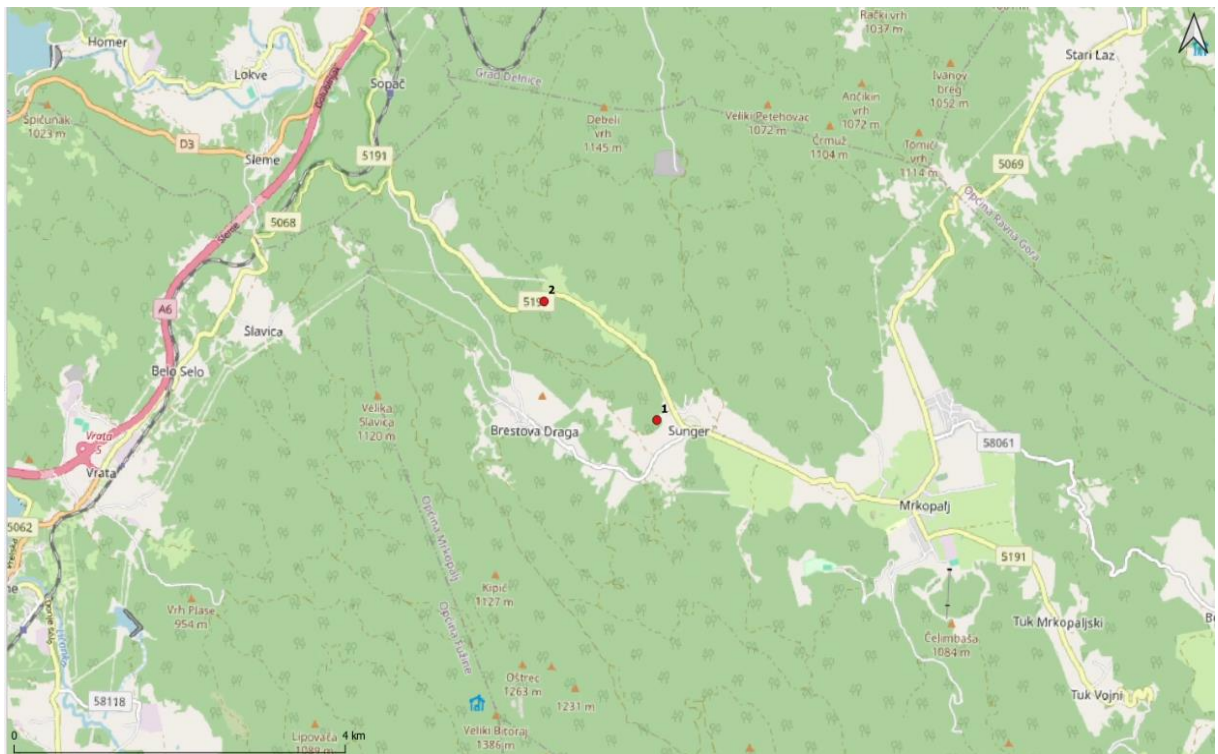


Slika 22: Bara 1 (lipanj 2023. godine) (Fotografija- Karla Đinđić).

Slika 23 i 24 prikazuju kartu i lokaciju na kojima su se uzorkovali vodenjaci.



Slika 23: Crveni kvadratić označava lokaciju na kojima su uzorkovane vrste: veliki vodenjak, mali vodenjak i planinski vodenjak.



Slika 24: Lokacije u Gorskom kotaru na kojima su se uzorkovale vrste: veliki vodenjak, mali vodenjak i planinski vodenjak (točka 1- Bara 1, točka 2- Bara 2).

4. METODE I MATERIJALI

4.1 Metode uzorkovanja

Vodenjake sam uzorkovala elektroribolovom i metodom ručne mreže koja je isključivo za lov velikih vodenjaka (Slika 25). U skladu s odredbama izdanog rješenja (Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, 5. svibanj 2023, KLASA: UP II-3 52-04 I 23-08 I I 02) ovlaštene smo provoditi aktivnosti hvatanja vodenjaka. Prvo sam ulovila sve velike vodenjake ručnom mrežom, a zatim ostale elektroribolovnim aparatom.

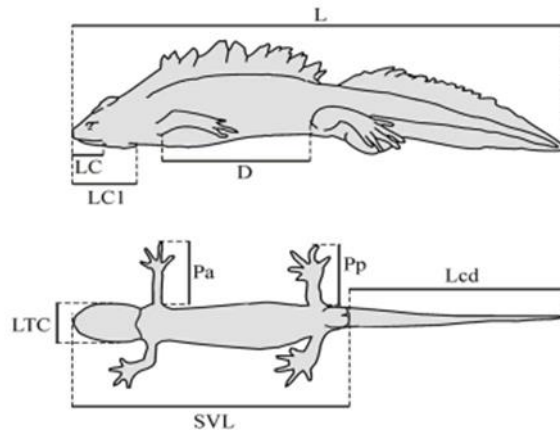
Elektroribolov je metoda koja se koristi za uzorkovanje riba a djelotvorna je i na vodenjake. Funkcionira na principu korištenja električnog polja za lov kralješnjaka. Oprema za elektroribolov sastoji se od tri glavna dijela: jedinice za napajanje (generatora ili baterije), pretvarača i elektroda. Jedinica za napajanje je izvor struje koji proizvodi električnu struju. Jačina jedinice za napajanje utječe na voltažu u vodi. Pretvarač određuje oblik, dužinu i frekvenciju električnog pulsa. Elektrode se sastoje od dva dijela: pozitivne elektrode-anode i negativne elektrode-katode. Anoda ima oblik obruča na kojem je postavljena mreža, a katoda je žica. Kada su obje elektrode uronjene u vodu, stvara se električno polje u okolini (Slika 25). Električno polje omamljuje životinju koja postaje privremeno nesposobna za bijeg (Bohlin i sur., 1989).



Slika 25: Ručna mreža i elektroribolovni uređaj (bara 1, lipanj 2023. godine) (Fotografija- Karla Đinđić).

Standardne morfometrijske mjere koje sam izmjerila vodenjacima su: TL-totalna dužina tijela (od vrha njuške do završetka repa), SL-standardna dužina tijela (od vrha njuške do prednjeg dijela

nečisnice), LC-dužina glave, LC1-dužina usta, D-dužina trupa, LTC-širina glave, LCD-dužina repa, PP-dužina stražnjih nogu i PA-dužina prednjih nogu (Slika 26) (Ivanović i Kalezić, 2009), broj prstiju prednjih nogu i broj prstiju stražnjih nogu pomoću pomične mjerke s preciznosti $\pm 0,01$ mm (Slika 27).



Slika 26: Standardni protokol morfometrijskih mjera dijelova tijela vodenjaka (Ivanović i sur., 2013).

Prisutnost stranih vrsta riba ustanovila sam pomoću elektroribolovnog uređaja. Dubinu na kojoj sam zabilježila vodenjake izmjerila sam drškom ručne mrežice koju sam uspravno postavila do dna bare i označila mjesto do površine vode te duljinu izmjerila pomoću WISENT metra s kočnicom s preciznosti ± 1 cm. Površinu bara izmjerila sam pomoću ručnog GPS-uređaja Garmin Overlander (obalu svake sam bare tri puta prehodala te izračunala prosjek izmjerenih površina). Fizikalno-kemijsku analizu vode napravila sam pomoću multimetrijske sonde Hach HQ40D. Masu vodenjaka izmjerila sam ručnom opružnom vagom preciznosti $\pm 0,1$ g. Vodenjake sam izvagala stavljajući ih u prethodno izvaganu vrećicu mase 1,5 g. Svakog sam ulovljenog vodenjaka prvo stavila u posudu napunjenom vodom iz bare. Za uzimanje standardnih morfometrijskih mjera vodenjaka je potrebno izvaditi iz vode i staviti u plastičnu kadicu (Slika 27). U sezoni razmnožavanja vodenjaci obitavaju u vodi i ne izlaze iz nje sve dok sezona razmnožavanja ne završi. Zato je bitno da se mjerenja odvijaju u najmanjem mogućem vremenu kako bi se smanjio dodatan stres na vodenjake.

Nakon obavljenog mjerenja, sve sam vodenjake neozlijeđene vratila natrag u baru.



Slika 27: Uzimanje standardnih morfometrijskih mjera vodenjaka pomoću pomične mjerke.

Standardna devijacija ukazuje na to koliko su podaci udaljeni od prosječne vrijednosti. Ako je standardna devijacija velika, to znači da su podaci vrlo raspršeni i udaljeni od prosjeka, dok mala standardna devijacija ukazuje na to da su podaci blizu prosjeka (Tadić, 2017).

Gustoća jedinki vodenjaka u bari računa se po formuli:

$$\rho = \text{broj jedinki/površina.}$$

Fultonov kondicijski indeks široko se primjenjuje u području ribarstva i općenito u biološkim istraživanjima riba (Nash i sur., 2006), a može se koristiti i za vodenjake. Ovaj indeks se dobiva kao razlika između mase životinje i njezine dužine, koristeći se za prikazivanje kondicijskog statusa jedinke. Formula za taj izračun je:

$$CF = W \cdot SL^{-3} \cdot 100000$$

Pri čemu *CF* oznaka za Fultonov kondicijski indeks, *W* je masa izražena u gramima, a *SL* je standardna dužina u milimetrima.

Statističku značajnost omjera spolova različitih vrsta vodenjaka u obje bare utvrdila sam Hi-kvadrat testom i statističku sam obradu podataka (metoda deskriptivne statistike) napravila u

računalnom programu Microsoft Office Excel. Ostale statističke testove napravila sam u računalnom programu Past 4.0.

5. REZULTATI

5.1 Ekološke značajke istraživanih bara

Površine Bare 1 i Bare 2:

Bara 1 (lipanj 2023. godine): Površina bare iznosi 119,3 m² (Slika i 28).

Bara 2 (lipanj 2023. godine): Površina bare iznosi 386,5 m² (Slika 29).

Bara 1 (srpanj 2023. godine): Površina bare iznosi 46,3 m² (Slika 30).

Bara 2 (srpanj 2023. godine): Površina bare iznosi 264,7 m² (Slika 31).



Slika 28: Bara 1 (lipanj 2023.) (Fotografija- Karla Đinđić).



Slika 29: Bara 2 (lipanj 2023. godina) (Fotografija- Karla Đinđić).



Slika 30: Bara 1 (srpanj 2023. godine) (Fotografija- Karla Đinđić).



Slika 31: Bara 2 (srpanj 2023. godine) (Fotografija- Karla Đinđić).

Vegetacijski pokrov Bare 1 i Bare 2:

Bara 1 (lipanj 2023. godine): Prevladava podvodna vegetacija (~50 %), plutajuća vegetacija (~40 %) i nadpovršinska vegetacija (~10 %).

Bara 2 (lipanj 2023. godine): Prevladava podvodna vegetacija (~50 %), plutajuća vegetacija (~30 %) i nadpovršinska vegetacija (~20 %).

Bara 1 (srpanj 2023. godine): Prevladava podvodna vegetacija (~50 %), plutajuća vegetacija (~40 %) i nadpovršinska vegetacija (~10 %).

Bara 2 (srpanj 2023. godine): Prevladava podvodna vegetacija (~50 %), plutajuća vegetacija (~30 %) i nadpovršinska vegetacija (~20 %).

Fizikalno-kemijska analiza vode u Bari 1 i Bari 2:

Bara 1 (lipanj 2023. godine):

Voda u bari ima mutnu i žućkastu boju, bez prisutnog mirisa. Dno bare je prekriveno muljem u potpunosti (100%), dok je obala pretežno zemljana (100%). U bari nema prisutnih riba, prisutni su samo vodenjaci. Zasjeđenost je minimalna, a vrijeme je oblačno bez kiše. Najveća izmjerena dubina bare iznosi 82 cm.

Tablica 1 prikazuje fizikalno-kemijske parametre vode u Bari 1.

Tablica 1: Fizikalno-kemijski parametri vode-Bara 1 (lipanj 2023. godine):

temperatura	17,9 °C (dva mjerenja: 17,1 °C i 18,7 °C)
pH	7,81
kisik	7,17 mg/L
zasićenost	84,5 %
provodljivost	32,6 µS/cm

Bara 2 (lipanj 2023. godine):

Voda u bari ima mutnu i smečkastu boju, a prisutan je miris koji podsjeća na ribu. Na nekim dijelovima bare primijećene su masne mrlje. Dno bare prekriveno je muljem u potpunosti (100%), dok je obala uglavnom zemljana (100%). Zasićenost je minimalna, a vrijeme je oblačno bez kiše. U bari su prisutne strane vrste riba, babuška i karas, zajedno s vodenjacima. Najveća izmjerena dubina bare iznosi 85 cm.

Tablica 2 prikazuje fizikalno-kemijske parametre vode u Bari 2.

Tablica 2: Fizikalno-kemijski parametri vode-Bara 2 (lipanj 2023. godine):

temperatura	16 °C (dva mjerenja: 15,7 °C i 16,3 °C)
pH	7,43
kisik	8,93 mg/L
zasićenost	88 %
provodljivost	22,8 µS/cm

Bara 1 (srpanj 2023. godine):

Bara se znatno smanjila, maksimalna izmjerena dubina bare iznosi 50 cm. Nisu bili prisutni vodenjaci pa nisam mjerila fizikalno-kemijske parametre.

Bara 2 (srpanj 2023. godine):

Bara se minimalno smanjila, maksimalna izmjerena dubina bare ostaje ista, 82 cm. Nisu bili prisutni vodenjaci pa nisam mjerila fizikalno-kemijske parametre.

5.2. Kvantitativni sastav populacija vodenjaka na uzorkovanim barama

Istraživanje obuhvaća analizu od ukupno 62 jedinke vodenjaka, od čega je 44 jedinke ulovljeno u Bari 1, a 18 jedinki ulovljeno u Bari 2 u sat vremena lovnog napora

Tablica 3 prikazuje ulov vodenjaka u obje uzorkovane bare.

Tablica 3: Broj i omjer spolova vrsta *Ichtiosaura alpestris*, *Lissotriton vulgaris* i *Triturus carnifex* u Bari 1 i vrsta *Ichtiosaura alpestris* i *Lissotriton vulgaris* u Bari 2.

Vrsta	Bara 1			Bara 2		
	m	ž	ukupno	m	ž	ukupno
<i>Ichtiosaura alpestris</i>	5	7	12	1	1	2
<i>Lissotriton vulgaris</i>	6	4	10	6	10	16
<i>Triturus carnifex</i>	16	6	22	0	0	0
Ukupno	27	17	44	7	11	18

U Bari 1 ulovljene su sve tri očekivane vrste vodenjaka. To su *Ichtiosaura alpestris* (planinski vodenjak), *Lissotriton vulgaris* (mali vodenjak) i *Triturus carnifex* (veliki vodenjak). Ulovljeno je ukupno 12 jedinki vrste *Ichtiosaura alpestris*. Ženke čine 58,33%, a mužjaci 41,67 % ukupnog broja jedinki planinskog vodenjaka što nije statistički značajna razlika u omjeru spolova (hi-kvadrat > 0,05). Ulovljeno je ukupno 10 jedinki vrste *Lissotriton vulgaris*. Ženke čine 40%, a mužjaci 60% ukupnog broja jedinki malog vodenjaka što nije statistički značajna razlika u omjeru spolova (hi-kvadrat > od 0,05). Ulovljene su i 22 jedinke vrste *Triturus carnifex*. Ženke čine 27,27%, a mužjaci 72,73% ukupnog broja jedinki velikog vodenjaka što jest statistički značajna razlika u omjeru mužjaka naspram ženki, to jest značajno odstupanje od očekivanog omjera spolova koji bi trebao biti 1:1 (hi-kvadrat < od 0,05).

U Bari 2 ulovljene su samo dvije vrste vodenjaka. To su *Ichtiosaura alpestris* (planinski vodenjak) i *Lissotriton vulgaris* (mali vodenjak). Nije ulovljen niti jedan primjerak vrste *Triturus carnifex*

(veliki vodenjak). Ulovljene su ukupno 2 jedinke vrste *Ichtiosaura alpestris* jedna ženka i jedan mužjak. To je nedovoljan broj jedinki za statističku obradu podataka. Ulovljeno je ukupno 16 jedinki vrste *Lissotriton vulgaris*. Ženke čine 62,5%, a mužjaci 37,5% ukupnog broja jedinki malog vodenjaka. Statistički nije značajna razlika u omjeru spolova (hi-kvadrat > 0,05).

Tablica 4 prikazuje brojnost jedinki, površinu Bare 1 i Bare 2 te gustoću.

Tablica 4: Gustoća populacija vodenjaka u Bari 1 i Bari 2.

	Brojnost (jedinke)	Površina (m ²)	Gustoća (jedinke/m ²)
Bara 1	44	119,5	0,369
Bara 2	18	386,5	0,046

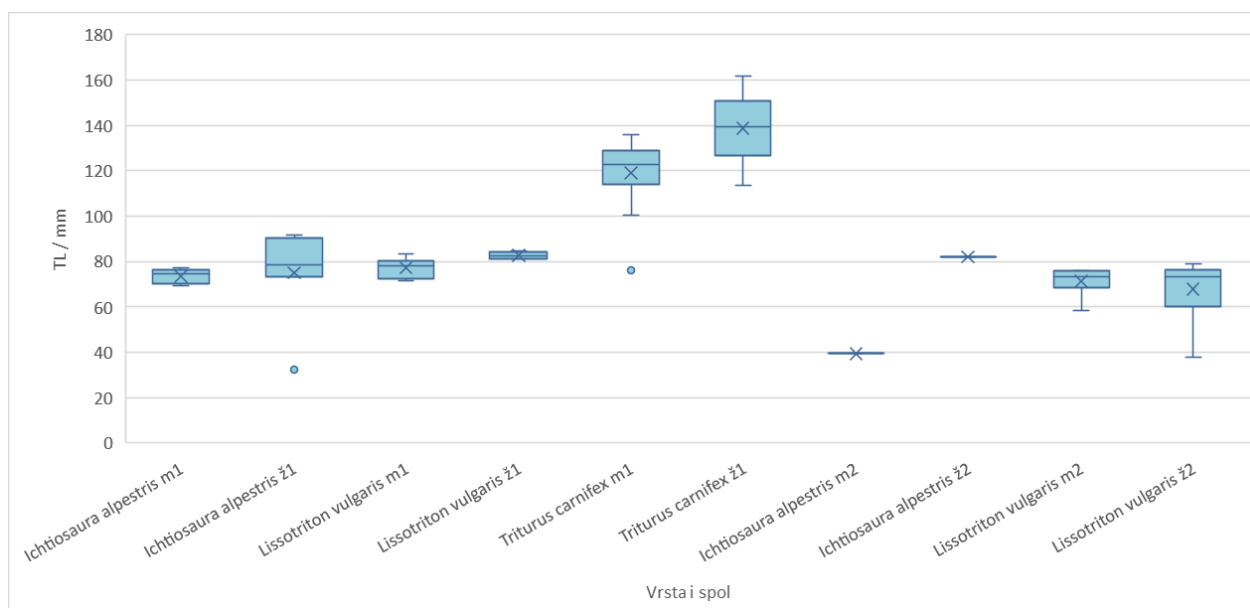
Gustoća jedinki vodenjaka u Bari 1 iznosi 0,369 jedinke/m², a gustoća jedinki vodenjaka u Bari 2 iznosi 0,046 jedinke/m² što je značajna razlika zato što je gustoća u Bari 1 osam puta veća od gustoće u Bari 2.

5.3. Deskriptivna statistika osnovnih morfometrijskih mjera

Svaka ulovljena jedinka vodenjaka iz Bare 1 i iz Bare 2 ima na prednjim nogama 4 prsta, a na stražnjim nogama 5 prstiju. To je očekivani broj prstiju u skladu s građom vodenjaka (Speybroeck i sur., 2016)

Sve izmjerene morfometrijske mjere vodenjaka iz Bare 1 i iz Bare 2, nalaze se u Tablici 5 u Prilogu. Izdvojene varijable koje statistički obrađujem su: TL (totalna dužina tijela), SL (standardna dužina tijela), dubina na kojoj su ulovljeni vodenjaci te masa vodenjaka i prikazane su u tablicama 6,7,8 i 9. Budući da sam u Bari 2 ulovila samo dvije jedinke vrste *Ichtiosaura alpestris* (jedna ženka i jedan mužjak, Tablica 3), neću ih uspoređivati s 12 jedinki iz Bare 1. Uspoređujem samo populacije vrste *Lissotriton vulgaris* u Bari 1 i u Bari 2 zato što je jedina zabilježena vrsta koja je imala dovoljan broj jedinki za analizu.

Slika 32 prikazuje kutijaste dijagrame totalne dužine tijela (TL) za mužjake i ženke svih vrsta vodenjaka ulovljenih u Bari 1 i Bari 2.



Slika 32: Kutijasti dijagram totalne dužine tijela (TL) mužjaka (m) i ženki (ž) za sve vrste vodenjaka ulovljenih u Bari 1 (1) i Bari 2 (2).

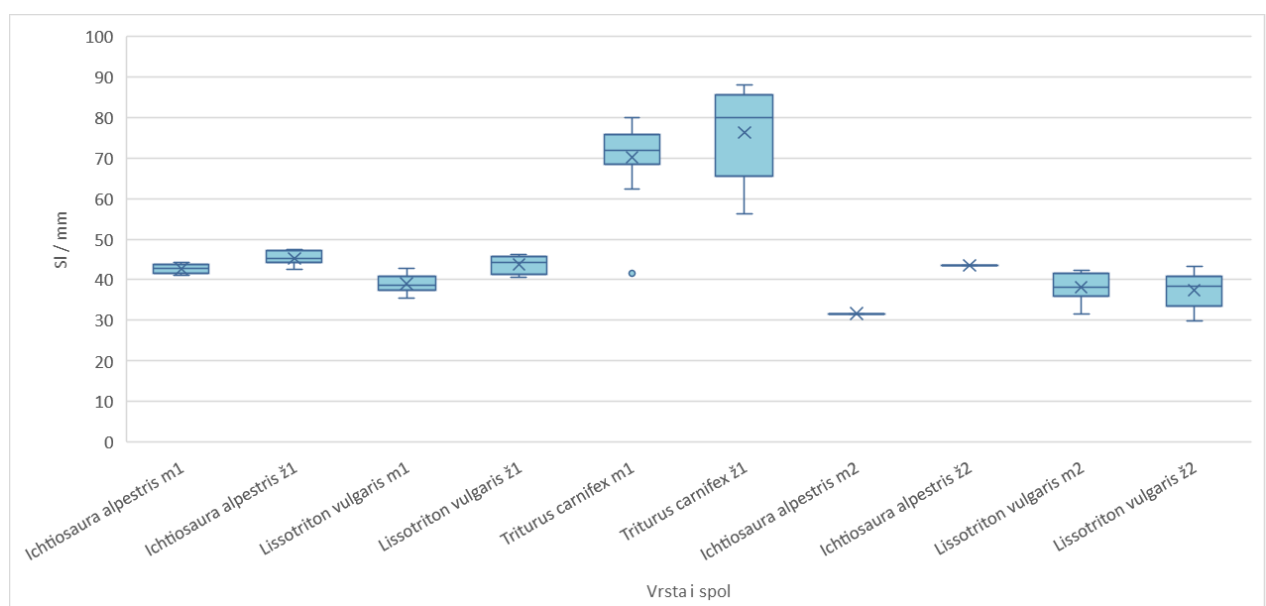
U Bari 1, prosječna totalna dužina tijela ulovljenih primjeraka mužjaka vrste *Ichtyosaura alpestris* iznosi $73,43 \pm 3,27$ mm, dok je za ženke $75,14 \pm 20,08$ mm. Testirala sam normalnost raspodjele podataka Shapiro-Wilk W testom pa kako podaci nisu bili normalno distribuirani ($p < 0,05$) upotrijebila sam Mann-Whitney neparametrijski test prema kojem mužjaci i ženke planinskog vodenjaka nisu statistički značajno različiti u svojoj totalnoj dužini tijela ($U=10$, $p > 0,05$). Prosječna totalna dužina tijela ulovljenih mužjaka vrste *Lissotriton vulgaris* iznosi $77,25 \pm 4,34$ mm, dok je za ženke $82,73 \pm 1,58$ mm. Testirala sam normalnost raspodjele podataka Shapiro-Wilk W testom pa kako su podaci bili normalno distribuirani ($p > 0,05$) upotrijebila sam parametrijski t-test prema kojem u Bari 1 postoje značajne razlike između totalne dužine tijela običnog vodenjaka između mužjaka i ženki ($t=2,629$, $p < 0,05$). Prosječna totalna dužina tijela ulovljenih mužjaka vrste *Triturus carnifex* iznosi $119,06 \pm 14,98$ mm, dok je za ženke $138,70 \pm 16,79$ mm. Testirala sam normalnost raspodjele podataka Shapiro-Wilk W testom pa kako podaci nisu bili normalno distribuirani ($p < 0,05$) upotrijebila sam Mann-Whitney neparametrijski test prema kojem su mužjaci i ženke velikog vodenjaka značajno različiti u totalnoj dužini tijela ($U=19$, $p < 0,05$).

U Bari 2, prosječna totalna dužina tijela ulovljenih mužjaka vrste *Lissotriton vulgaris* iznosi $71,42 \pm 6,69$ mm, dok je za ženke $67,77 \pm 13,35$ mm. Testirala sam normalnost raspodjele podataka Shapiro-Wilk W testom pa kako podaci nisu bili normalno distribuirani ($p < 0,05$) upotrijebila sam

Mann-Whitney neparametrijski test prema kojem mužjaci i ženke običnog vodenjaka nisu značajno različiti u totalnoj dužini tijela ($U=30$, $p>0,05$). Totalna dužina tijela jedinog ulovljenog primjeraka mužjaka vrste *Ichtyosaura alpestris* iznosi 39,44 mm, dok je totalna dužina tijela jedine ženke bila 82,05 mm.

Mužjaci populacije vrste *Lissotriton vulgaris* ulovljeni u Bari 1 veći su gotovo 6 mm od mužjaka populacije iste vrste ulovljenih u Bari 2. Testirala sam normalnost raspodjele podataka Shapiro-Wilk W testom pa kako podaci nisu bili normalno distribuirani ($p<0,05$) upotrijebila sam Mann-Whitney neparametrijski test prema kojem se mužjaci običnog vodenjaka iz Bari 1 i Bari 2 značajno razlikuju u totalnoj dužini tijela ($U=8$, $p<0,05$). Jednako tako, ženke ulovljene u Bari 1 veće su gotovo 15 mm od ženki iste vrste ulovljenih u Bari 2 (Tablica 7). Testirala sam normalnost raspodjele podataka Shapiro-Wilk W testom pa kako podaci nisu bili normalno distribuirani ($p<0,05$) upotrijebila sam Mann-Whitney neparametrijski test prema kojem se ženke običnog vodenjaka iz Bari 1 i Bari 2 značajno razlikuju u totalnoj dužini tijela ($U=0$, $p<0,05$). U Bari 1, ženke su veće u odnosu na mužjake što je potvrdio t-test ($t=2,377$, $p<0,05$) nakon što sam testirala normalnost raspodjele podataka Shapiro-Wilk W testom, a u Bari 2 su mužjaci veći u odnosu na ženke, ali nije statistički značajna razlika što je potvrdio Mann-Whitney neparametrijski test ($U=30$, $p>0,05$).

Slika 33 prikazuje standardnu dužinu tijela (SL) za mužjake i ženke svih vrsta vodenjaka ulovljenih u Bari 1 i Bari 2.

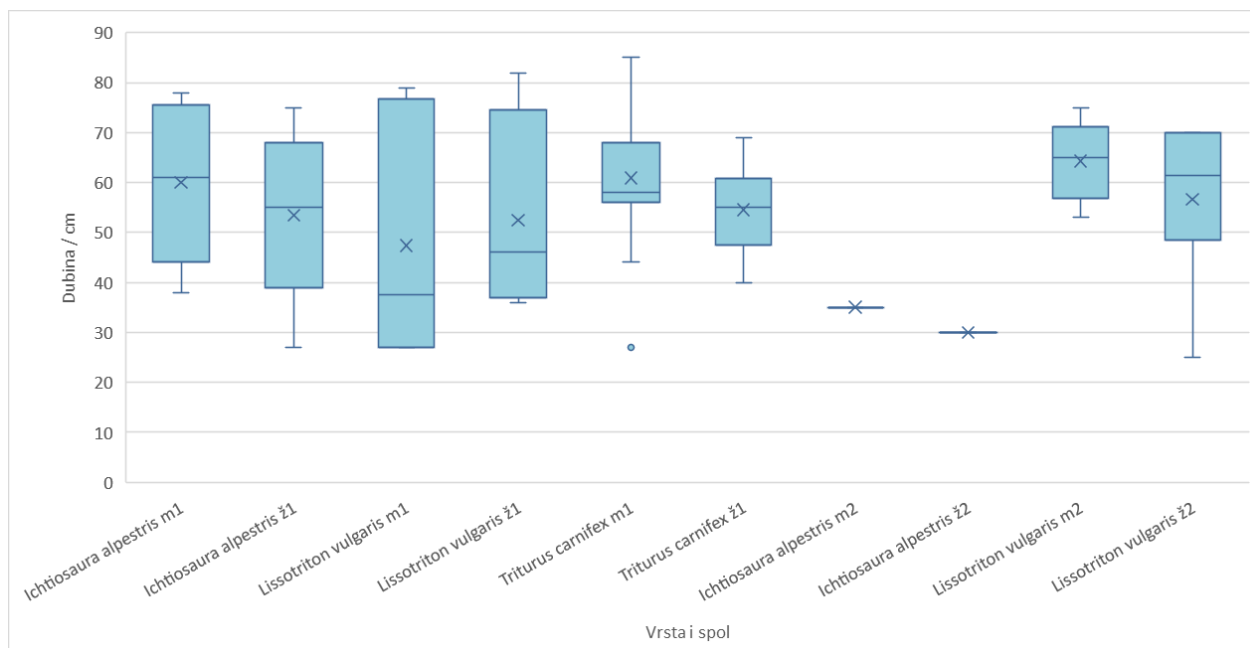


Slika 33: Kutijasti dijagram standardne dužine tijela (SL) mužjaka (m) i ženki (ž) za sve vrste vodenjaka ulovljenih u Bari 1 (1) i Bari 2 (2).

U Bari 1, prosječna standardna dužina tijela ulovljenih primjeraka mužjaka vrste *Ichtiosaura alpestris* iznosi $42,71 \pm 1,21$ mm, dok je za ženke $45,30 \pm 1,69$ mm. Testirala sam normalnost raspodjele podataka Shapiro-Wilk W testom pa kako podaci nisu bili normalno distribuirani ($p < 0,05$) upotrijebila sam Mann-Whitney neparametrijski test prema kojem su mužjaci i ženke planinskog vodenjaka statistički značajno različiti u svojoj standardnoj dužini tijela ($U=6$, $p < 0,05$). Prosječna standardna dužina tijela ulovljenih mužjaka vrste *Lissotriton vulgaris* iznosi $38,98 \pm 2,42$ mm, dok je za ženke $43,77 \pm 2,38$ mm. Testirala sam normalnost raspodjele podataka Shapiro-Wilk W testom pa kako su podaci bili normalno distribuirani ($p > 0,05$) upotrijebila sam parametrijski t-test prema kojem su mužjaci i ženke običnog vodenjaka statistički značajno različiti u svojoj standardnoj dužini tijela ($t=3,06$, $p < 0,05$). Prosječna standardna dužina tijela ulovljenih mužjaka vrste *Triturus carnifex* iznosi $70,25 \pm 8,86$ mm, dok je za ženke $76,28 \pm 12,06$ mm. Testirala sam normalnost raspodjele podataka Shapiro-Wilk W testom pa kako podaci nisu bili normalno distribuirani ($p < 0,05$) upotrijebila sam Mann-Whitney neparametrijski test prema kojem mužjaci i ženke velikog vodenjaka nisu statistički značajno različiti u svojoj standardnoj dužini tijela ($U=31$, $p > 0,05$).

U Bari 2, prosječna standardna dužina tijela ulovljenih mužjaka vrste *Lissotriton vulgaris* iznosi $38,17 \pm 3,81$ mm, dok je za ženke $37,44 \pm 4,40$ mm. Testirala sam normalnost raspodjele podataka Shapiro-Wilk W testom pa kako su podaci bili normalno distribuirani ($p > 0,05$) upotrijebila sam parametrijski t-test prema kojem mužjaci i ženke običnog vodenjaka nisu statistički značajno različiti u svojoj standardnoj dužini tijela ($t=0,48$, $p > 0,05$). Standardna dužina tijela ulovljenog jedinog primjeraka mužjaka vrste *Ichtiosaura alpestris* iznosi 31,65 mm, dok je za jedinu ženku standardna dužina tijela 43,52 mm.

Slika 34 prikazuje dubine na kojima su ulovljeni mužjaci i ženke svih vrsta vodenjaka u Bari 1 i Bari 2.



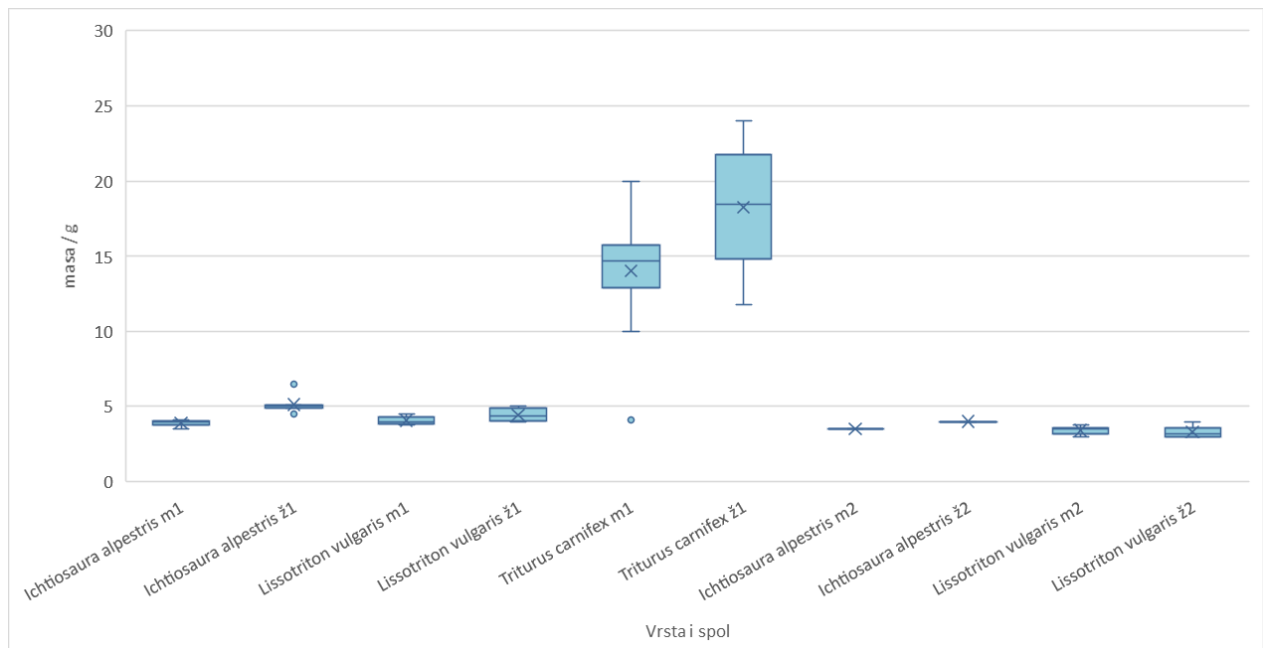
Slika 34: Kutijasti dijagram dubine bare na kojoj su zabilježene mužjaci (m) i ženke (ž) svih vrsta vodenjaka u Bari 1 (1) i Bari 2 (2).

U Bari 1, prosječna dubina bare na kojoj su ulovljeni primjerci mužjaka vrste *Ichtyosaura alpestris* iznosi $60 \pm 16,42$ cm, dok je za ženke $53,43 \pm 16,93$ cm. Testirala sam normalnost raspodjele podataka Shapiro-Wilk W testom pa kako su podaci bili normalno distribuirani ($p > 0,05$) upotrijebila sam parametrijski t-test prema kojem se mužjaci i ženke planinskog vodenjaka ne razlikuju statistički značajno prema dubini bare na kojoj su ulovljeni ($t = 0,55$, $p > 0,05$). Prosječna dubina bare na kojoj su ulovljeni mužjaci vrste *Lissotriton vulgaris* u Bari 1 iznosi $47,33 \pm 23,91$ cm, dok je za ženke $52,50 \pm 20,81$ cm. Prosječna dubina bare na kojoj su ulovljeni mužjaci vrste *Triturus carnifex* iznosi $60,94 \pm 13,73$ cm, dok je za ženke $54,50 \pm 9,54$ cm koji su zabilježeni samo u Bari 1. Testirala sam normalnost raspodjele podataka Shapiro-Wilk W testom pa kako su podaci bili normalno distribuirani ($p > 0,05$) upotrijebila sam parametrijski t-test prema kojem se mužjaci i ženke velikog vodenjaka ne razlikuju statistički značajno prema dubini bare na kojoj su ulovljeni ($t = 1,05$, $p > 0,05$).

U Bari 2, prosječna dubina bare na kojoj su ulovljeni mužjaci vrste *Lissotriton vulgaris* iznosi $64,33 \pm 7,94$ mm, dok je za ženke $56,60 \pm 15,50$ cm. Testirala sam normalnost raspodjele podataka Shapiro-Wilk W testom pa kako su podaci bili normalno distribuirani ($p > 0,05$) upotrijebila sam parametrijski t-test prema kojem se mužjaci i ženke običnog vodenjaka ne razlikuju statistički značajno prema dubini bare na kojoj su ulovljeni ($t = 0,05$, $p > 0,05$). Dubina bare na kojoj se ulovio mužjak vrste *Ichtyosaura alpestris* u Bari 2 iznosi 35 cm, dok za ženku iznosi 30 cm.

Analizom varijanci (ANOVA) dubina bare na kojima su ulovljeni vodenjaci usporedila sam sve tri vrste. Podaci su prošli Shapiro-Wilks W test normalnosti bez transformacije. Analiza varijanci pokazala je da se tri vrste značajno ne razlikuju prema dubini bare na kojoj su pronađeni ($F=0,72$, $df=2$, $p>0,05$).

Slika 35 prikazuje masu mužjaka i ženki vodenjaka ulovljenih u Bari 1 i Bari 2.



Slika 35: Kutijasti dijagram mase tijela u gramima mužjaka (m) i ženki (ž) za sve vrste vodenjaka ulovljenih u Bari 1 (1) i Bari 2 (2).

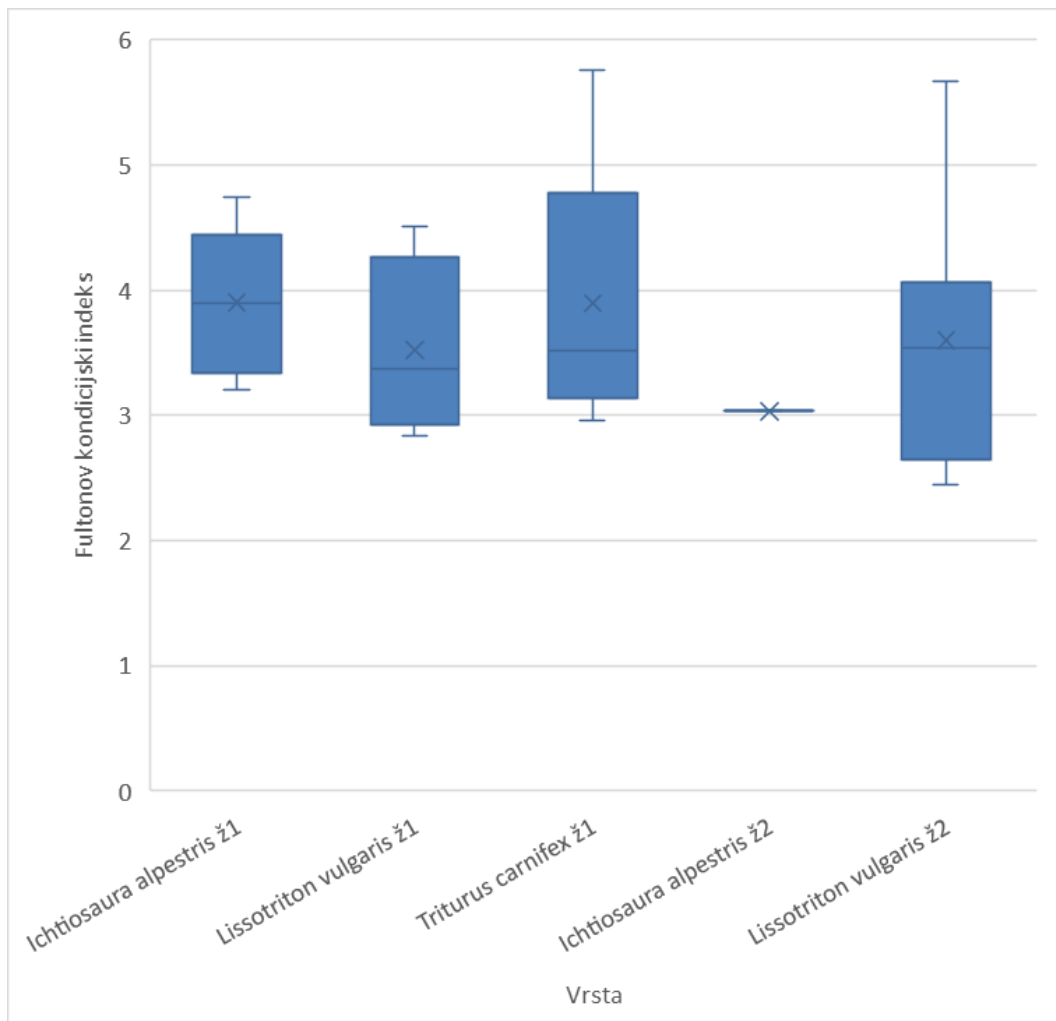
U Bari 1, prosječna masa ulovljenih mužjaka vrste *Ichtyosaura alpestris* iznosi $2,42 \pm 0,24$ g, dok za ženke iznosi $3,36 \pm 0,63$ g. Testirala sam normalnost raspodjele podataka Shapiro-Wilk W testom pa kako su podaci nisu bili normalno distribuirani ($p<0,05$) upotrijebila sam neparametrijski Mann-Whitney test prema kojem su mužjaci i ženke planinskog vodenjaka statistički značajno različiti u svojoj masi tijela ($U=0$, $p<0,05$). Masa jedinog ulovljenog mužjaka vrste *Ichtyosaura alpestris* iznosi 2 g, a masa jedine ženke je 2,50 g. Prosječna masa ulovljenih mužjaka vrste *Lissotriton vulgaris* iznosi $2,57 \pm 0,25$ g, dok za ženke iznosi $2,93 \pm 0,43$ g. Testirala sam normalnost raspodjele podataka Shapiro-Wilk W testom pa kako su podaci su bili normalno distribuirani ($p>0,05$) upotrijebila sam parametrijski t-test prema kojem su mužjaci i ženke običnog vodenjaka nisu statistički značajno različiti u svojoj masi tijela ($t=1,673$, $p>0,05$). Prosječna masa ulovljenih mužjaka vrste *Triturus carnifex* iznosi $12,52 \pm 3,58$ g, dok je za ženke

16,75 ± 4,22. Testirala sam normalnost raspodjele podataka Shapiro-Wilk W testom pa kako su podaci nisu bili normalno distribuirani ($p < 0,05$) upotrijebila sam neparametrijski Mann-Whitney test prema kojem su mužjaci i ženke velikog vodenjaka statistički značajno različiti u svojoj masi tijela ($U=19$, $p < 0,05$).

U Bari 2, prosječna masa ulovljenih mužjaka vrste *Lissotriton vulgaris* iznosi 1,92 ± 0,28 g, dok za ženke iznosi 1,82 ± 0,36 g. Testirala sam normalnost raspodjele podataka Shapiro-Wilk W testom pa kako su podaci su bili normalno distribuirani ($p > 0,05$) upotrijebila sam parametrijski t-test prema kojem su mužjaci i ženke običnog vodenjaka nisu statistički značajno različiti u svojoj masi tijela ($t=0,56$, $p > 0,05$).

Usporedila sam i mase mužjaka i ženki običnog vodenjaka u Bari 1 i Bari 2. Podaci za mužjake su bili normalno distribuirani (Shapiro-Wilk W test $p > 0,05$), upotrijebila sam parametrijski t-test prema kojem su mužjaci običnog vodenjaka iz Bare 1 statistički značajno različiti u svojoj masi tijela od mužjaka iz Bare 2 ($t=4,25$, $p < 0,05$) kao i ženke ($t=4,87$, $p < 0,05$).

Slika 36 prikazuje Fultonov kondicijski indeks ženki vodenjaka svih vrsta ulovljenih u Bari 1 i Bari 2.



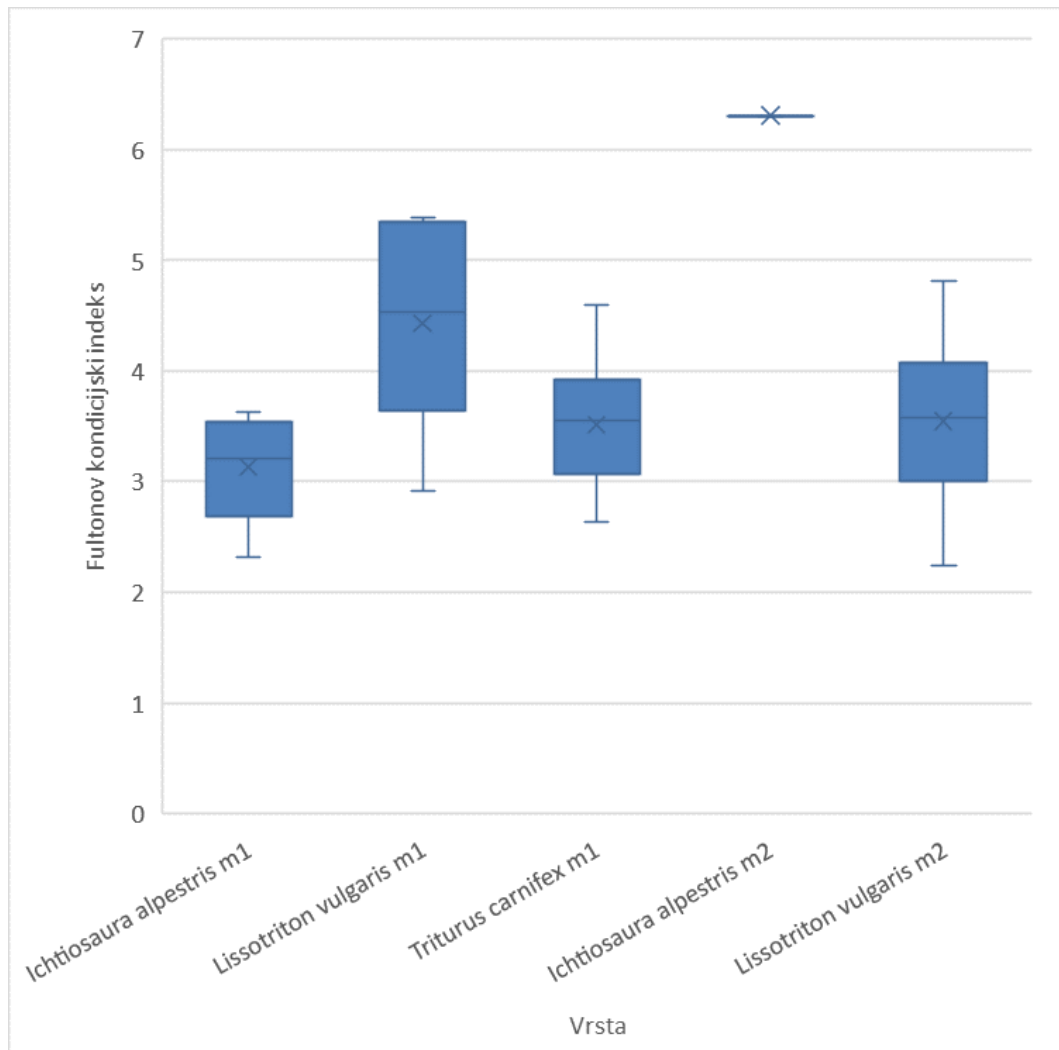
Slika 36: Kutijasti dijagram mase Fultonovog kondicijskog indeksa ženki (ž) za sve vrste vodenjaka ulovljenih u Bari 1 (1) i Bari 2 (2).

U Bari 1, prosječan Fultonov kondicijski indeks ulovljenih ženki vrste *Ichtyosaura alpestris* iznosi $3,79 \pm 0,60$. Prosječan Fultonov kondicijski indeks ulovljenih ženki vrste *Lissotriton vulgaris* iznosi $3,52 \pm 0,72$. Prosječan Fultonov kondicijski indeks ulovljenih ženki vrste *Triturus carnifex* iznosi $3,90 \pm 1,05$.

U Bari 2, prosječan Fultonov kondicijski indeks ulovljenih ženki vrste *Lissotriton vulgaris* iznosi $3,60 \pm 1,03$.

Kako je samo običnog vodenjaka bilo dovoljno za usporedbu, testirala sam normalnost raspodjele podataka Shapiro-Wilk W testom pa kako su podaci su bili normalno distribuirani ($p > 0,05$) upotrijebila sam parametrijski t-test prema kojem ženke običnog vodenjaka između Bari 1 i Bari 2 nisu statistički značajno različiti u svojoj masi tijela ($t=0,16$, $p > 0,05$).

Slika 37 prikazuje Fultonov kondicijski indeks mužjaka svih vrsta vodenjaka ulovljenih u Bari 1 i Bari 2.



Slika 37: Kutijasti dijagram mase Fultonovog kondicijskog indeksa mužjaka (m) za sve vrste vodenjaka ulovljenih u Bari 1 (1) i Bari 2 (2).

U Bari 1, prosječan Fultonov kondicijski indeks ulovljenih mužjaka vrste *Ichtyosaura alpestris* iznosi $3,13 \pm 0,51$. Prosječan Fultonov kondicijski indeks ulovljenih mužjaka vrste *Lissotriton vulgaris* iznosi $4,43 \pm 0,93$. Prosječan Fultonov kondicijski indeks ulovljenih mužjaka vrste *Triturus carnifex* iznosi $3,52 \pm 0,56$.

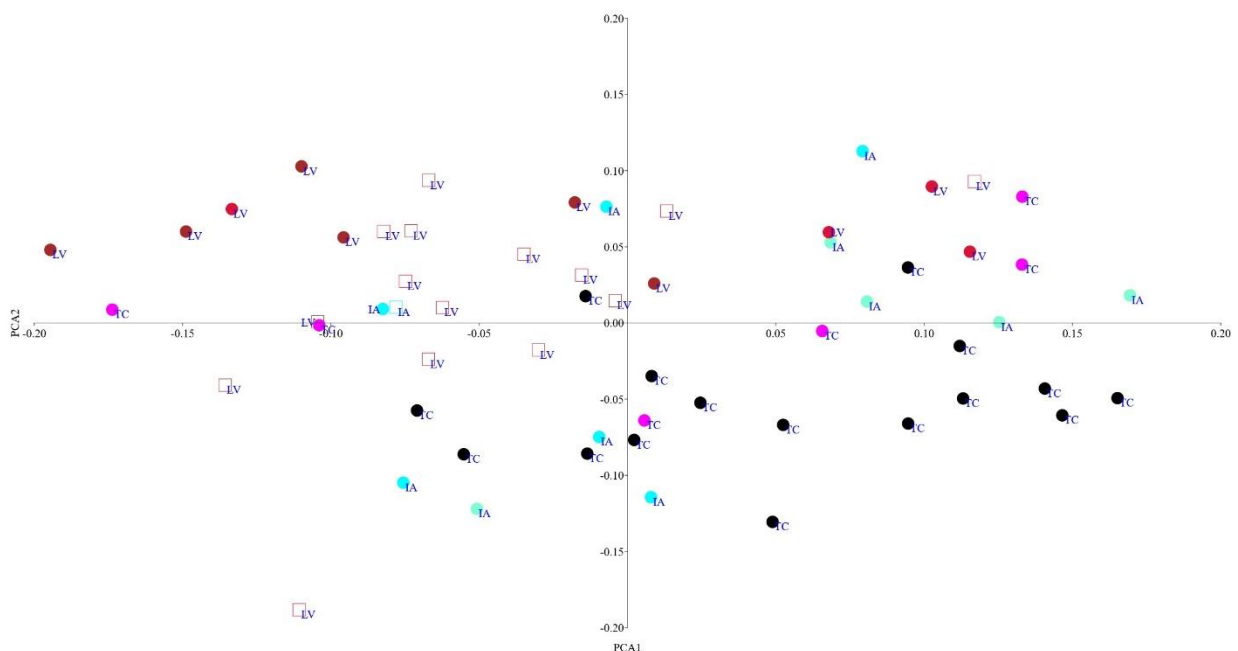
U Bari 2, prosječan Fultonov kondicijski indeks ulovljenih mužjaka vrste *Lissotriton vulgaris* iznosi $3,55 \pm 0,83$.

Kako je samo običnog vodenjaka bilo dovoljno za usporednu, testirala sam normalnost raspodjele podataka Shapiro-Wilk W testom pa kako su podaci su bili normalno distribuirani ($p > 0,05$) upotrijebila sam parametrijski t-test prema kojem su mužjaci običnog vodenjaka između Bare 1 i Bare 2 nisu statistički značajno različiti u svojoj masi tijela ($t = 1,76$, $p > 0,05$).

5.4. Analiza glavnih komponenata morfometrijskih omjera

Analiza glavnih komponenata provedena je na log transformiranim podacima morfometrijskih omjera navedenih u Tablici 5 u Prilogu. Grupna varijabla je bila Bara, a morfometrijski omjeri bili su nominalne varijable. PC1 objašnjava 57,43 % varijacije, a PC2 objašnjava 18,57 % varijacije. Omjer SL/LCD najviše doprinosi razdvajanju vrsta po osi PC1 (-0.59112), a značajno doprinosi i SL/LC (0.41733). Omjer SL/LCD najviše doprinosi razdvajanju vrsta po osi PC2 (0.69513), a značajno doprinosi i SL/PP (0.35074).

PCA dijagram prikazan je na lici 38.



Slika 38. PCA dijagram konstruiran od PC1 i PC2 osi. IA označava *Ichtiosaura alpestris* čiji su mužjaci označeni bojom akvamarin, a ženke svjetlo plavom; LV označava *Lissotriton vulgaris* čiji su mužjaci označeni smeđom, a ženke grumiznom bojom; TC označava *Triturus carnifex* čiji su mužjaci označeni crnom, a ženke rozom bojom. Jedinke iz Bare 1 označene su kružićem, a jedinke iz Bare 2 označene su kvadratićem.

Analiza glavnih komponenata nije pokazala značajno razdvajanje među vrstama, spolovima i populacijama između Bare 1 i Bare 2.

Analizom varijanci (ANOVA) morfometrijskih odnosa usporedila sam populacije vrste *Lissostriton vulgaris* između Bare 1 i Bare 2. Analizirala sam posebno mužjake i posebno ženke. Podaci su prošli Shapiro-Wilks W test normalnosti nakon što su log transformirani i za mužjake i za ženke. Analiza varijanci pokazala je da se mužjaci iz Bare 1 i Bare 2 značajno razlikuju ($F=318,4$, $df=7$, $p<0,05$). Tukey *post hoc* test pokazao je značajne razlike u omjerima totalne i standardne dužine tijela (TL/SL) te u omjerima standardne dužine i dužine repa (SL/LCD). I ženke se iz Bare 1 i Bare 2 značajno razlikuju ($F=102,6$, $df=7$, $p<0,05$). Tukey *post hoc* test pokazao je značajne razlike u omjerima standardne dužine tijela i dužina stražnjih nogu (SL/PP).

6. RASPRAVA

Istraživane bare u Gorskom kotaru vrlo su ekološki slične i prema rezultatima osnovnih fizikalno-kemijskih značajki vode, maksimalnoj dubini bare, vodenoj vegetaciji i okolnom prostoru. To je u skladu s njihovom relativno malom udaljenosti od otprilike 2 km, te istim klimatskim uvjetima (obje lokacije pripadaju kontinentalnoj klimi (Zaninović, 2009)). Veliku razliku među barama čine strane vrste riba koje su prisutne isključivo u Bari 2 što sam potvrdila i elektroribolovom te uklonila 16 karasa i 103 babuške tijekom ovog uzorkovanja. Vodenjake u Bare 1 zabilježila sam u svim dijelovima bare, neovisno o prisutnosti vodenog bilja. Svi zabilježeni vodenjaci u Bari 2 bili su u blizini vodenog bilja. Upravo ta dostupnost vodenog bilja omogućuje im suživot s ribama jer se imaju gdje skrivati čime i imaju veću mogućnost preživljavanja u okolišu u kojem su prisutni predatori (Hartman i sur., 2014). Nadalje, istraživanje u jugozapadnoj Francuskoj pokazuje da je brojnost vodenjaka u barama u kojima su prisutne tri vrste vodenjaka veća, nego brojnost vodenjaka u barama u kojima je prisutna samo jedna vrsta (Joly i sur., 2001). Naši rezultati idu tome u prilog jer Bara 1 ima osam puta veću gustoću jedinki od Bare 2, iako je površinom više od tri puta veća. Unatoč tome što je uzorak na kojem sam radila istraživanje relativno malen (66 jedinki vodenjaka), mogu samo pretpostaviti da je gustoća jedinki različita i zbog prisustva stranih vrsta riba. Naime, Winandy, Darnet i Denoël (2015) zaključili su kako će vodenjaci uvijek prije birati vodena tijela u kojima nisu prisutne ribe. Nadalje, Monello i sur. (2001) navode da će vodenjaci, primorani svoj reproduktivni ciklus započeti u vodenom tijelu u kojem su prisutne ribe, imati znatno smanjenu reproduktivnu sposobnost te smanjeni broj položenih jajašaca (i do osam puta manje položenih jaja). Neki vodenjaci u potpunosti preskaču sezonu parenja i uopće se ne razmnožavaju u vodenom tijelu u kojem su prisutne ribe. Ovim istraživanjem možemo pojasniti potpunu odsutnost vrste *Triturus carnifex*, te maleni broj jedinki vrste *Ichtiosaura alpestris* (tek dvije) u Bari 2. Veliki broj istraživanja podupire ove zaključke i prikazuju obrasce isključenja između riba i vodozemaca koji se razmnožavaju u barama (Kats i sur., 2003) i nestanka vodozemaca nakon uvođenja ribe (Pilliod i sur., 2010). Dva su primarno štetna učinka ribljih vrsta u vodenim objektima u kojima se nalaze i vodenjaci. Prvi je izravna grabežljivost, to jest predacija na odrasle jedinke, ličinke i jaja vodenjaka. Drugi predstavlja kompetenciju za važne resurse, odnosno za hranu (Winandy, 2015) u kojoj se tvrdi da će vodenjaci koji su izloženi izravnoj opasnosti, odnosno ribama, biti manje aktivni te većinu vremena provoditi u zaklonu. Time vodenjaci manje vremena provode hvatajući plijen i manje su reproduktivno aktivni što dovodi do manjeg broja jaja. U prirodi se polovica polegnutih jaja ne uspijeva razviti zbog kromosomske

anomalije (Macgregor i sur., 1990), što dodatno smanjuje broj ličinki vodenjaka, te na kraju broj odraslih jedinki vodenjaka.

U sezoni razmnožavanja, jedinke vodenjaka asinkrono migriraju u baru i iz nje, te u njoj ostaju različito dugo, ovisno o potrebnom vremenu za razmnožavanje (od nekoliko tjedana do nekoliko mjeseci). Kao posljedica toga, omjeri spolova mogu se mijenjati tijekom cijele sezone razmnožavanja, i ne postoji određeni trenutak u kojem su sve reproduktivne jedinke istovremeno prisutne na području razmnožavanja, odnosno bari (Arntzen, 2002). Naši rezultati idu tome u prilog, te se na ovaj način može razjasniti statistički značajna razlika u omjeru spolova vrste *Triturus carnifex* iz Bare 1, gdje je ulovljeno 16 mužjaka i 6 ženki. Budući da sam uzorkovanje vodenjaka obavila početkom lipnja, a vrijeme razmnožavanja vodenjaka nije jednako kod svih vrsta, mogu samo pretpostaviti da ženke vrste *Ichtyosaura alpestris* i *Triturus carnifex* iz Bare 1 još nisu polegle sva jaja na vodeno bilje u bari te još uvijek nose jaja, pa se zato, mužjaci i ženke, statistički značajno razlikuju u masi. Nema statistički značajne razlika u masi mužjaka i ženki vrste *Lissotriton vulgaris* iz Bare 1 i Bare 2, pa pretpostavljam da su ženke polegle sva jaja na vodeno bilje. Naravno, za dodatno potvrditi ove zaključke potrebna bi bila višegodišnja istraživanja na većem broju istraživanih lokacija. Ipak, Fultonov kondicijski indeks nije se statistički značajno razlikovao niti za ženke niti za mužjake. Fultonov kondicijski indeks pokazuje opće stanje jedinke i mora se posebno promatrati između spolova, sezone ili stupnja razvoja te na njega mogu djelovati i okolišni čimbenici te će rezultati ovog rada moći poslužiti kao baza za usporedbu sličnim istraživanjima u budućim istraživanjima. Jednako tako, statistički značajna razlika u totalnoj dužini tijela zabilježena je kod mužjaka i ženki vrste *Triturus carnifex* i *Lissotriton vulgaris* iz Bare 1, što je u skladu s njihovom građom tijela (mužjaci su manji od ženki) (Griffiths, 1996).

Neki vodenjaci mogu hibernirati u vodi, a drugi odlaze na kopno. Istraživanje pokazuje da su oni vodenjaci koji ostaju hibernirati u vodi bili su znatno manji od njihove prosječne veličine (Bell, 1977), ali kako mi nedostaje zimsko uzorkovanje, svojim istraživanjem ne mogu potvrditi ove navode. Ipak, ovo je moguće objašnjenje mog rezultata u kojem sam utvrdila statistički značajnu razliku u totalnoj dužini tijela. Mužjaci i ženke vrste *Lissotriton vulgaris* iz Bare 1 imaju veću totalnu dužinu tijela od jedinki iste vrste iz Bare 2. Naravno, tvrdnju bi trebalo potvrditi daljnjim istraživanjima.

Ipak, ANOVA morfometrijskih odnosa pokazala je značajnu razliku između populacija vrste *Lissotriton vulgaris* iz Bare 1 i Bare 2. Naime, *post hoc* Tukey test pokazao je da se mužjaci značajno razlikuju u omjerima totalne i standardne dužine tijela (SL/TL) te u omjerima standardne dužine i dužine repa (SL/LCD), a ženke mjerama standardne dužine tijela i dužina stražnjih nogu

(SL/PP). Navedene razlike zabilježene kod mužjaka mogu se povezati s istraživanjem Brossmana i suradnika 2013. godine u kojoj su uspoređivali građu i veličinu repa vodenjaka u različitim životnim razdobljima. Brossman i sur. (2013) su zaključili da vodenjaci, u akvatičnom razdoblju, razvijaju rep nalik veslu koji im omogućuje bolje kretanje kroz vodu te da mužjaci, u akvatičnom razdoblju, imaju veću duljinu repa (LCD) od ženki. Uz pretpostavku da se mužjaci iz Bare 2 manje kreću zbog prisutnosti stranih vrsta riba, možemo još jednom pretpostaviti da to utječe i na veličinu njihovog repa. Nažalost nisam pronašla studiju o razlikama u dužini stražnjih nogu vodenjaka. Razlika je prisutna kod ženki vrste *Lissotriton vulgaris* iz Bare 1 i Bare 2. Razlika može biti rezultat genetičkih varijacija ili zbog prisutnosti riba u vodenom objektu. Naravno, potrebna su daljnja istraživanja na navedenu temu.

Vodenjaci svoj reproduktivni ciklus završavaju početkom sedmog mjeseca, kada izlaze iz bare i zaklon pronalaze u šumi (Jelić i sur., 2015). Drugi terenski izlazak, zbog dozvole koju sam nažalost dobila tek u lipnju, bio je upravo početkom srpnja. U srpnju nisam ulovila niti jedan primjerak vodenjaka. Ovime možemo potvrditi da su vodenjaci u istraživanim barama u Gorskom kotaru napustili vodu već početkom srpnja. I ovaj bi rezultat valjalo potvrditi višegodišnjim istraživanjem na više lokaliteta.

Znanstvena istraživanja igraju ključnu ulogu u zaštiti vodozemaca. Potrebno je, ako je to moguće, izraditi planove upravljanja i akcijske planove očuvanja, kako za same vrste tako i za njihova staništa. Uspješno očuvanje zahtijeva ne samo primjenu pisanih mjera, već i kvalitetno upravljanje i održavanje staništa. To uključuje aktivnosti poput kontrole invazivnih vrsta koje predstavljaju prijetnju kroz kompeticiju ili predaciju, te očuvanje staništa od sukcesije i zagađenja. Sartuk bara u Gorskom je kotaru dobar primjer pisane mjere očuvanja staništa na djelu. Edukacija javnosti o važnosti bara te poticanje aktivnog sudjelovanja u očuvanju tih staništa, zajedno s promicanjem izgradnje malih bara na privatnim posjedima u područjima s populacijama vodenjaka, može značajno doprinijeti u njihovoj zaštiti.

7. ZAKLJUČAK

- Bara 1 i Bara 2 u Gorskom kotaru se ne razlikuju značajno u fizikalno-kemijskim značajkama vode, maksimalnoj dubini bare, vodenoj vegetaciji i okolnom prostoru.
- Bara 1 i Bara 2 razlikuju se u prisustvu stranih vrsta riba, u Bari 2 su prisutne babuška i karas.
- U Bari 1 su prisutne sve tri očekivane vrste vodenjaka (mali vodenjak, veliki vodenjak i planinski vodenjak), a u Bari 2, samo dvije vrste vodenjaka (mali vodenjak i planinski vodenjak), razliku povezujemo s prisustvom stranih vrsta riba).
- U Bari 1 je veća raznolikost vrsta i gustoća jedinki u odnosu na Baru 2 što povezujemo s prisustvom stranih vrsta riba.
- Statistički značajna razlika u omjeru spolova zabilježena je kod mužjaka i ženki velikog vodenjaka iz Bare 1 (mužjaka je značajnije više od ženki, pretpostavlja se da je razlog asinkrona migracija vodenjaka u baru i iz nje te različito potrebno vrijeme za razmnožavanje).
- Statistički značajna razlika u totalnoj dužini tijela (TL) zabilježena je kod mužjaka i ženki malog vodenjaka i velikog vodenjaka iz Bare 1 (očekivana razlika, mužjaci su manji od ženki). Mužjaci i ženke malog vodenjaka iz Bare 1 imaju veću totalnu dužinu tijela od jedinki iste vrste iz Bare 2 (pretpostavlja se da je razlog hibernacija u vodi).
- Statistički značajna razlika u masi tijela zabilježena je kod mužjaka i ženki planinskog vodenjaka i velikog vodenjaka iz Bare 1 (pretpostavlja se da ženke još nisu polegle jaja pa su teže od mužjaka), mužjaci i ženke malog vodenjaka iz Bare 1 nisu statistički značajno različiti u masi tijela (pretpostavlja se da su ženke već polegle jaja).
- Analiza glavnih komponenata nije pokazala značajno razdvajanje među vrstama, spolovima i populacijama između Bare 1 i Bare 2.
- Mužjaci populacije malog vodenjaka iz Bare 1 i Bare 2 značajno se razlikuju u omjerima TL/SL, u omjerima SL/LCD (dužini repa), što smo povezali s građom repa i s prisustvom stranih vrsta riba

8. LITERATURA:

- Arntzen, J. W. (2002). Seasonal variation in sex ratio and asynchronous presence at ponds of male and female *Triturus* newts. *Journal of Herpetology*, 36(1), 30-35.
- Bell, G. (1977). The life of the smooth newt (*Triturus vulgaris*) after metamorphosis. *Ecological Monographs*, 47(3), 279-299.
- Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T. G., Rasmussen, G., i Saltveit, S. J. (1989). Electrofishing—theory and practice with special emphasis on salmonids. *Hydrobiologia*, 173, 9-43.
- Brossman, K. H., Carlson, B. E., Swierk, L., i Langkilde, T. (2013). Aquatic tail size carries over to the terrestrial phase without impairing locomotion in adult Eastern Red-spotted Newts (*Notophthalmus viridescens viridescens*). *Canadian journal of zoology*, 91(1), 7-12.
- Encyclopaedia Britannica, Inc. (2008). *Britannica Illustrated Science Library: Fish and Amphibians*. Editorial Sol 90.
- Houlahan, J. E., Findlay, C. S., Schmidt, B. R., Meyer, A. H., i Kuzmin, S. L. (2000). Quantitative evidence for global amphibian population declines. *Nature*, 404(6779), 752-755.
- Griffiths, R. (1996). *Newts and salamanders of Europe*.
- Ivanović, A., i Kalezić, M. (2013). *Evoluciona morfologija: teorijske postavke i geometrijska morfometrija*. Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd.
- Janev Hutinec, B., Jovanović, O., Šafarek, G., Janković, S. (2013). *Žaba, kača, kuščar: Vodozemci i gmazovi u Međimurju*. U M. Mesarić (Ur.), *Međimurska priroda - Javna ustanova za zaštitu prirode*.
- Jelić, D., Kuljerić, M., Koren, T., Treer, D., Šalamon, D., Lončar, M., Podnar-Lešić, M., Janev Hutinec, B., Bogdanović, T., Mekinić, S. i Jelić, K. (2015). *Crvena knjiga vodozemaca i gmazova Hrvatske*. Državni zavod za zaštitu prirode, Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, Hrvatsko herpetološko društvo - Hyla, Zagreb.
- Joly, P., i Giacoma, C. (1992). Limitation of similarity and feeding habits in three syntopic species of newts (*Triturus*, Amphibia). *Ecography*, 15(4), 401-411.
- Kats, L. B., i Ferrer, R. P. (2003). Alien predators and amphibian declines: review of two decades of science and the transition to conservation. *Diversity and Distributions*, 9, 99-110.
- Kletečki, E. (2018). *Zoogeografske značajke faune vodozemaca Hrvatske* (Doctoral dissertation, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Odsjek za biologiju).
- Kleiman, D. G., Geist, V., i McDade, M. C. (2003). *Grzimek's animal life encyclopedia. Mammal I-IV* (Gale. Detroit, Michigan, US, 2004).
- Lokalna akcijska grupa Gorski kotar. (2020). *Lokalna razvojna strategija LAG-a Gorski kotar 2014.-2020*. Zagreb: Centum percent dio.o. Preuzeto s <https://www.lag-gorskikotar.hr/wp-content/uploads/2017/07/LRS-LAG-Gorski-kotar-2014.-2020..pdf>

Luedtke, J.A., Chanson, J., Neam, K. i sur. (2023). Ongoing declines for the world's amphibians in the face of emerging threats. *Nature*, 622, 308–314 <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06578-4>.

Macgregor, H. C., Sessions, S. K., i Arntzen, J. W. (1990). An integrative analysis of phylogenetic relationships among newts of the genus *Triturus* (family Salamandridae), using comparative biochemistry, cytogenetics and reproductive interactions. *Journal of evolutionary Biology*, 3(5-6), 329-373.

Mihinjač, T., Sučić, I., Špelić, I., Vucić, M., i Ješovnik, A. (2019). Strane vrste slatkovodnih riba u Hrvatskoj. Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, Udruga Hyla, Zagreb, 102.

Nash, R. D., Valencia, A. H., i Geffen, A. J. (2006). The origin of Fulton's condition factor—setting the record straight. *Fisheries*, 31(5), 236-238.

Pilliod, D. S., Hossack, B. R., Bahls, P. F., Bull, E. L., Corn, P. S., Hokit, G., i sur. (2010). Nonnative salmonids affect amphibian occupancy at multiple spatial scales. *Diversity and Distributions*, 16, 959-974.

Speybroeck, J., Beukema, W., Bok, B., i Van Der Voort, J. (2016). Field guide to the amphibians and reptiles of Britain and Europe. Bloomsbury publishing.

Tadić, T. (2017). Aritmetička sredina i standardna devijacija. *Poučak: časopis za metodiku i nastavu matematike*, 18(69), 10-24.

Tomljanović, T., Fabijanić, N., Treer, T., Matulić, D., Piria, M., Šprem, N., Ančić, I., i Safner, R. (2012). Utjecaj invazivne vrste riba babuške (*Carassius gibelio*) na sastav ihtiocenoze u Republici Hrvatskoj. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb.

Verrell, P. A., Halliday, T. R., i Griffiths, M. L. (1986). The annual reproductive cycle of the smooth newt (*Triturus vulgaris*) in England. *Journal of Zoology*, 210(1), 101-119.

Vitt, L. J., i Caldwell, J. P. (2013). *Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic press.

Wake D.B., Koo M.S. (2018). Amphibians. *Current Biology*.

Winandy, L., Darnet, E., i Denoël, M. (2015). Amphibians forgo aquatic life in response to alien fish introduction. *Animal Behaviour*, 109, 209-216.

Zaninovic, K. (2009, September). Climate Atlas of Croatia 1961-1990, 1971-2000. In *9th EMS Annual Meeting* (pp. EMS2009-245).

INTERNET IZVORI:

1: Caudata.org.(s.d.). *Triturus alpestris*. Caudata.org.
https://www.caudata.org/cc/species/Triturus/T_alpestris.shtml

2: BVO - Biološko-istraživačko društvo "Vransko jezero" (N.D.). "Vodozemci - Vodenjak."
<http://www.bvo.zadweb.biz.hr/pages/vodozemci,%20raci,%20puzevi/vodozemci%20-%20vodenjak.htm> (Fotografija ženke planinskog vodenjaka)

- 3: Biološki priručnik Hrvatske - Biološka raznolikost Hrvatske. (N.D.). "Vodenjak (*Triturus* sp.)." Biološki priručnik Hrvatske <https://biologer.hr/hr/groups/15/species/164>
- 4: iNaturalist (N.D.). "Observation 143068176." Inaturalist. <https://www.inaturalist.org/observations/143068176> (Fotografija velikog dunavskog vodenjaka)
- 5: Biologer.hr. (N.D.). "Vodenjak." Biologer.hr. <https://biologer.hr/hr/groups/15/species/171> (Fotografija velikog vodenjaka)
- 6: iNaturalist. (N.D.). "Observation 189953641: *Triturus alpestris*." iNaturalist. <https://www.inaturalist.org/observations/189953641> (Fotografija ženke velikog vodenjaka).
- 7: BH HUATRA. (N.D.). "*Triturus carnifex*." BH HUATRA. <https://www.bhhuatra.com/species/amphibians/triturus-carnifex> (Fotografija mužjaka velikog vodenjaka).
- 8: NaturePhoto-CZ. (N.D.). "Mali vodenjak (*Lissotriton vulgaris*)." NaturePhoto-CZ. https://www.naturephoto-cz.com/mali-vodenjak-picture_hr-1141.html (Fotografija ženke malog vodenjaka)
- 9: Biologer. (N.D.). "Veliki vodenjak (*Triturus carnifex*)." Biologer. <https://biologer.hr/hr/groups/15/species/166>
- 10: iNaturalist (N.D.). "Observation of Great Crested Newt (*Triturus cristatus*)." Inaturalist. <https://www.inaturalist.org/observations/189742160> (Fotografija pregaženog velikog vodenjaka na prometnici).
- 11: BH HUATRA. (N.D.). "Project Dobrogicus." BH HUATRA. <https://www.bhhuatra.com/en/project/dobrogicus> (Fotografija velikog dunavskog vodenjaka)
- 12: Bjelolasica. (2022). In Hrvatska enciklopedija. <https://www.enciklopedija.hr/clanak/bjelolasica>
- 13: IUCN. (2023). *Triturus alpestris*. IUCN Red List of Threatened Species. Preuzeto s: <https://www.iucnredlist.org/species/59472/89702213>
- 14: IUCN. (2023). *Triturus cristatus*. IUCN Red List of Threatened Species. Preuzeto s <https://www.iucnredlist.org/species/214696589/89706627>
- 15: IUCN. (2023). *Lissotriton vulgaris*. IUCN Red List of Threatened Species. Preuzeto s <https://www.iucnredlist.org/species/79078647/79077642>

10. ŽIVOTOPIS

Rođena sam u Zagrebu, 3.10 1998. godine. Završila sam opću gimnaziju i preddiplomski sveučilišni studij Biologije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu. Laboratorijsku stručnu praksu odradila sam na sam na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu. Stručnu sam praksu odradila na projektu BOLDeR, bihevioralno istraživanje na dvjema vrstama gušterica. Sudjelovala sam na stručnom projektu Uklanjanje invazivnih ribljih vrsta u Nacionalnom parku Plitvička jezera. Sudjelovala sam u interdisciplinarnoj terenskoj nastavi u sklopu projekta ProSPer u Ježevicima.