

UNIVERZITET U BEOGRADU  
BIOLOŠKI FAKULTET

Katarina V. Breka

Mikrostanišna i mikrotrofička diferencijacija ekoloških  
niša zelenih žaba (Ranidae: *Pelophylax esculentus*  
complex) u riparijalnim područjima Južnog Banata, Srbija

Doktorska disertacija

Beograd, 2023

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF BIOLOGY

Katarina V. Breka

Microhabitat and microtrophic differentiation of ecological  
niches of green frogs (Ranidae: *Pelophylax esculentus*  
complex) in riparian areas of South Banat, Serbia

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2023

Mentori:

---

dr Srđan Stamenković, docent  
Biološki fakultet  
Univerzitet u Beogradu

---

dr Imre Krizmanić, vanredni profesor  
Biološki fakultet  
Univerzitet u Beogradu

Članovi komisije:

---

dr Tanja Vukov, naučni savetnik  
Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković“  
Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju  
Univerzitet u Beogradu

---

dr Aleksandra Penezić, docent  
Biološki fakultet  
Univerzitet u Beogradu

---

dr Miloš Stupar, viši naučni saradnik  
Biološki fakultet  
Univerzitet u Beogradu

Ova doktorska teza je realizovana uz pomoć Udruženja za zaštitu Dunava i Save Republike Srbije koje je obezbedilo infrastrukturu tokom prikupljanja i primarne obrade podataka kao i finansijske podrške Rufford fondacije (Projekat broj 19434-1)

Najveću zahvalnost dugujem svojim mentorima, pre svega dr Srđanu Stamenkoviću, učitelju ekologije, na ogromnom znanju koje je podelio sa mnom, neprocenjivim savetima i razgovorima koji su tokom ovih godina imali snažan uticaj na formiranje mog ekološkog pogleda na svet i dr Imreu Krizmaniću na savetima, sugestijama ali i ohrabrujućim rečima tokom svih ovih godina.

Zahvaljujem se članovima komisije što su mi ukazali tu čast, pre svega dr Milošu Stuparu koji je bio deo ove disertacije od prvih terenskih dana do čitanja konačnog rukopisa. Hvala na entuzijazmu i hrabrosti da zajedno zađemo među slabo istražene epibiontske zajednice zelenih žaba. Veliku zahvalnost dugujem i dr Tanji Vukov koja je značajan doprinos dala prilikom pisanja prvog rada iz ove disertacije i mog spašavanja iz pakla identifikacije zelenih žaba. Veliko hvala i dr Aleksandri Penezić na pažljivom čitanju rukopisa i korisnim komentarima koji su značajno doprineli kvalitetu ove disertacije.

Posebnu zahvalnost dugujem kolegama sa Katedre za algologiju i mikologiju pre svega dr Jeleni Krizmanić, dr Danijeli Vidaković, dr Milici Ljaljević-Grbić i dr Željku Savkoviću koji su mi pomogli prilikom obrade i identifikacije uzoraka epibiontskih zajednica. Za pomoć oko identifikacije beskičmenjačkog plena zahvaljujem se kolegama dr Katarini Stojanović i dr Nikoli Vesoviću sa Katedre za zoologiju beskičmenjaka i entomologiju, dr Borisu Dudiću sa Katedre za dinamiku razvića životinja i dr Milanu Plećašu sa Katedre za ekologiju i zoogeografiju životinja.

Zahvaljujem se i dragim studentima Milici, Isidori, Anđeli, Aleksi, Đorđu i Leni koji su mi pomogli oko prikupljanja uzoraka na terenu ali i njihove kasnije obrade.

Hvala kolegama iz kancelarije 27, naslušali su se svačega ali nisu izostali kao velika moralna podrška tokom različitih faza ove disertacije

Hvala mojoj porodici i prijateljima što su verovali u mene i imali razmevanja i strpljenja sve ove godine.

Naposletku, hvala Srđanu, Jelisaveti i Nataliji. Bez njih bi ovaj put možda bio kraći ali ne bi bio pravi.

*Ovu doktorsku disertaciju posvećujem svojim roditeljima,*

*Vladanu i Veroniki*

*Jer sve što imam i što jesam, dugujem njima*

Mikrostanišna i mikrotrofička diferencijacija ekoloških niša zelenih žaba (Ranidae: *Pelophylax esculentus* complex) u riparijalnim područjima Južnog Banata, Srbija

Sažetak:

Zelene žabe iz *Pelophylax esculentus* kompleksa su akvatične, sintopijske i gregarne žabe širokog rasprostranjenja sa izraženom ulogom u ekosistemima koje naseljavaju. Iako se na teritoriji Srbije i susednih zemalja zelene žabe istražuju u kontinuitetu već više od sto godina, saznanja o njihovoj ekologiji i prostornoj integraciji populacija su malobrojna posebno u delu areala kompleksa gde se javljaju populacioni sistemi sa sva tri taksona u sintopiji. U okviru ove teze urađena je parametrizacija mikrostanišne i mikrotrofičke niše zelenih žaba iz *Pelophylax esculentus* kompleksa na području Južnog Banata kao i analiza prostorne integracije populacija sa analizom rizika izumiranja. Dodatno, analizirane su epibiontske zajednice kože žaba i kondicioni status sva tri taksona na svakom od lokaliteta. Na kraju, urađena je sintetska reevaluacija lokalnog konzervacionog statusa na istraživanom području.

Jedinke su sakupljane na tri lokaliteta u Južnom Banatu koji se razlikuju po svojim hidrološkim, orografskim i stanišnim karakteristikama ali i po stepenu antropogenog uticaja. Jedinke su identifikovane na osnovu standardnih mera za analizu varijabilnosti morfoloških karaktera (6 kvalitativnih i 8 kvantitativnih) uz adekvatnu statističku obradu i validaciju nezavisnom grupom uzoraka identifikovanih genetičkim markerima. Na taj način je od ukupno 317 analiziranih žaba identifikovano 63 jedinki *P. ridibundus*, 29 jedinki *P. lessonae* i 225 jedinki *P. esculentus* pri čemu je konstatovano da se korišćenjem morfoloških karaktera može na brz i ekonomičan način uraditi dovoljno pouzdana identifikacija taksona unutar *Pelophylax esculentus* kompleksa. Kondicioni status jedinki je procenjen korišćenjem rezidualnog kondicionog indeksa koji predstavlja uobičajenu metodu u batrahologiji. Parentalne vrste su imale bolju telesnu kondiciju u odnosu na hibridni takson a sva tri taksona su generalno lošiju telesnu kondiciju imale na lokalitetu koji je pod najvećim antropogenim pritiskom. Materijal za trofičku analizu je prikupljen neinvazivnom tehnikom ispiranja želuca a obrasci trofije su utvrđeni multivarijantnim statističkim metodama i testirani permutacionim analizama prema različitim scenarijima trofičke diferencijacije. Rezultati su pokazali da zelene žabe istraživanog područja imaju široke, nespecializovane trofičke niše čiji se položaj razlikuje u zavisnosti od lokaliteta što ukazuje da je ishrana u većoj meri definisana dostupnošću plena i karakteristikama lokaliteta a manje takson-specifičnim karakteristikama životne forme. Stanišni podaci (uključujući i podatke o pokrovnosti tla i karakteristične vegetacije na području) su prikupljeni iz dostupnih georeferenciranih digitalnih baza podataka i terenskim istraživanjem a zatim vrednovani u okviru 10 parametara stanišne

povoljnosti na osnovu kojih je izrađen sintezni geoprostorni model stanišne povoljnosti za zelene žabe na istraživanom području. Ovaj model je okarakterisao istraživano područje kao umereno nepovoljno usled visoke fragmentisanosti i visoke zastupljenosti poljoprivrednih površina. Identifikovano je 13 dema zelenih žaba sa metapopulacionom organizacijom čija stabilizacija u najvećoj meri zavisi od disperzija adultnih jedinki. Rezultati pokazuju da tri deme, najveće po brojnosti, predstavljaju izvorna staništa zelenih žaba na istraživanom području i značajno doprinose stabilizaciji uslova opstanka žaba. Na osnovu istraživanja i dostupnih podataka konstruisana je Lesliejeva matrica sa 7 uzrasta koja je korišćena za izradu demografske sinteze razvojne dinamike na nivou celog *Pelophylax esculentus* kompleksa. Analiza vijabilnosti populacija je pokazala da su populacije zelenih žaba na istraživanom području vijabilne ali da veći uticaj na povećanje rizika od izumiranja imaju male promene demografske strukture u odnosu na promene u komponentama stanišne povoljnosti. Uzorci za analizu epibiontskih zajednica sa kože žaba su sakupljeni po principu slučajnosti primenom tradicionalnih tehnika za prikupljanje uzoraka u mikologiji i algologiji. Obrasci u okviru epibiontskih zajednica kako na taksonima žaba tako i na različitim lokalitetima su analizirani multivarijantnim metodama. Sa integumenta ispitivanih žaba izolovano je i identifikovano 42 taksona gljiva, a direktna mikroskopska analiza uzoraka sakupljenih direktno sa kože žaba pokazala je prisustvo struktura gljiva i gljivama sličnih orghanizama, među kojima su detektovani patogeni (*Fonsecaea* sp. i *Aphanomyces* sp.) i veoma retke gljive (*Pseudoteniolina globosa* i *Quambalaria cyanescens*). Najveći broj mikobionata je identifikovan na hibridnom taksonu koji je ujedno bio i takson sa najnižom telesnom kondicijom. Koža žaba se pokazala kao povoljna sredina za opstanak silikatnih algi (221 identifikovan takson) čije je prisustvo i raznovrsnost u korelaciji sa uslovima na lokalitetu. Generalno, uslovi na staništu koji se tiču stanišne povoljnosti ali i samog opstanka zelenih žaba su važniji za vijabilnost ali i stanišnu i trofičku diferencijaciju zelenih žaba. Na posletku, urađena je procena stepena lokalne ugroženosti uz kritičku analizu dometa mera zaštite predviđenih dokumentima dva zaštićena prirodna dobra u okviru kojih su vršena istraživanja. Na osnovu sveukupnih rezultata smatramo da mala zelena žaba *P. lessonae* može biti svrstana u jednu od kategorija ugroženosti kao ranjiva vrsta (“VU” – “vulnerable”) na regionalnom nivou.

Ključne reči: *Pelophylax esculentus* complex, diferencijacija ekoloških niša, ishrana, stanišna povoljnost, PVA, epibiontske zajednice

Naučna oblast: Ekologija

Uža naučna oblast: Ekologija vodozemaca

UDK broj: [591.91:591.522]:[575.858+597.835](497.11+498.5)

Microhabitat and microtrophic differentiation of ecological niches of green frogs (Ranidae: *Pelophylax esculentus* complex) in riparian areas of South Banat, Serbia

Abstract:

Green frogs from the *Pelophylax esculentus* complex are aquatic, syntopic and gregarious frogs of wide distribution with a distinct role in the ecosystems they inhabit. Although green frogs have been continuously studied on the territory of Serbia and neighbouring countries for more than a hundred years, knowledge about their ecology and spatial integration of populations is scarce, especially in the part of the area of the complex where population systems with all three taxa occur in syntopy. In this work, the parameterisation of the microhabitat and microtrophic niche of green frogs from the *Pelophylax esculentus* complex in South Banat and the analysis of the spatial integration of populations with the analysis of extinction risk were carried out. In addition, frog skin epibiont communities and body condition of all three taxa at each site were analysed. Finally, a synthetic reassessment of the local conservation status in the studied area was made.

Specimens were collected from three sites in southern Banat, differing in their hydrological, orographic and habitat-typical characteristics, but also in the degree of anthropogenic pressure. Individuals were identified using standard measures for the analysis of variability of morphological traits (6 qualitative and 8 quantitative) with appropriate statistical processing and cross-validation by an independent group of samples identified by genetic markers. In this way, out of 317 frogs analysed, 63 individuals of *P. ridibundus*, 29 individuals of *P. lessonae* and 225 individuals of *P. esculentus* were identified and it was concluded that the use of morphological traits allows sufficiently reliable taxon identification within the *Pelophylax esculentus* complex in a rapid and cost-effective manner. The condition status of the individuals was assessed using the residual condition index, a method frequently used in amphibian research. The parental species had better body condition than the hybrid taxon, and all three taxa generally had lower body condition at the site with the greatest anthropogenic pressure. Material for trophic analysis was collected using the non-invasive stomach-flushing method, and trophic niche patterns were identified using multivariate statistical methods and tested by permutation analyses according to different scenarios of trophic differentiation. The results showed that green frogs in the study area have broad, non-specialised trophic niches whose position varies with location, suggesting that diet is determined to a greater extent by prey availability and site characteristics than by taxon-specific life form characteristics. Habitat data (including land cover and vegetation data) were collected from available georeferenced digital databases and through field research, from which ten



habitat suitability variables were constructed. A synthetic geospatial habitat suitability model of the study area was created, characterising the studied area as moderately unfavourable due to high fragmentation and predominance of agricultural land. Based on the habitat suitability pattern, a total of 13 demes of green frogs were identified, whose population dynamics was largely stabilised by the dispersal of adult frogs between demes. Three of the numerically largest demes within typical green frog habitats in the study area were identified as source demes for green frogs in the area. Based on our own as well as publicly available data, a Leslie matrix with 7 age-specific survivorship schedules was created and used to generate a demographic synthesis of population dynamics for the entire *Pelophylax esculentus* complex in the area. Population viability analysis showed that populations of green frogs are viable in the area studied, with small changes in demographic structure having a greater impact on the increase of extinction risk than changes in habitat suitability. Samples for the analysis of epibiont communities on frog skin were collected randomly using traditional sampling techniques in mycology and algology. Patterns within epibiont communities both between frog taxa and at different sites were analysed using multivariate methods. A total of 42 fungal taxa were isolated and identified from the integument of the studied frogs. Microscopy of the samples taken directly from the skin of the frogs revealed the presence of various structures of fungi and fungus-like organisms, including pathogens (*Fonsecaea* sp. and *Aphanomyces* sp.) and very rare fungal species (*Pseudoteniolina globosa* and *Quambalaria cyanescens*). Most mycobionts were identified on the hybrid taxon, which was also the taxon with the worst overall body condition. The skin of the frog proved to be a favourable environment for the survival of diatoms, whose presence and diversity correlate with local conditions. In general, habitat conditions affecting habitat suitability and survival of green frogs in the studied area are more important for viability and habitat and trophic differentiation of green frogs. Finally, the extent of local threats was assessed through a critical analysis of the conservation measures set out in the documents of the two nature reserves where the study was carried out. Based on the overall results, we consider that the pool frog *P. lessonae* could be classified as a vulnerable species ("VU") at the regional level.

Key words: *Pelophylax esculentus* complex, niche differentiation, diet, habitat suitability, PVA, epibiontic communities

Scientific field: Ecology

Scientific subfield: Amphibian ecology

UDC number: [591.91:591.522]:[575.858+597.835](497.11+498.5)

# Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Kriza biodiverziteta i holocensko izumiranje.....	1
1.2. Diverzitet vodozemaca i faktori ugrožavanja.....	3
1.3. Definisiranje ekološke niše.....	8
1.4. Ekološko modelovanje niša.....	11
2. Osnovni ciljevi i zadaci rada.....	14
3. Objekat istraživanja.....	16
<i>Pelophylax esculentus</i> kompleks.....	17
3.1. <i>Pelophylax ridibundus</i> Pallas, 1771 – velika zelena žaba.....	20
3.2. <i>Pelophylax lessonae</i> Camerano, 1882 – mala zelena žaba.....	24
3.3. <i>Pelophylax esculentus</i> Linnaeus, 1758 – zelena žaba.....	29
4. Područje istraživanja.....	32
4.1. Opšte karakteristike Banata.....	33
4.2. Istraživani lokaliteti.....	34
4.2.1. Pokrovnost zemljišta prema Corine Land Cover.....	41
5. Materijal i metode.....	43
5.1. Prikupljanje uzoraka i primarna obrada.....	43
5.2. Markiranje žaba.....	46
5.3. Morfometrijski karakteri i identifikacija taksona.....	50
5.4. Telesna kondicija.....	53
5.5. Analiza ishrane.....	53
5.6. Procena stanišne povoljnosti.....	59
5.6.1. Tipovi promenljivih.....	60
5.6.1.1. Scenopoetične varijable.....	62
Proporcija litoralne zone (SI <sub>2</sub> ).....	62
Permanentnost vodenog tela (SI <sub>3</sub> ).....	63
Kvalitet vode (SI <sub>4</sub> ).....	64
Zasenčenost vodenog tela (SI <sub>5</sub> ).....	65
Proporcija vodnih tela unutar kvadrata 250 x 250 m (SI <sub>8</sub> ).....	66
Proporcija podobnog terestričnog staništa unutar kvadrata 250 x 250 m (SI <sub>9</sub> ).....	66

Proporcija makrofita u vodnom telu (SI <sub>10</sub> ).....	68
5.6.1.2. Bionomične varijable .....	68
Uticaj ptica močvarica (SI <sub>6</sub> ) .....	68
Uticaj riba (SI <sub>7</sub> ) .....	69
5.6.1.3. Varijable koje utiču na disperziju .....	70
Položaj lokaliteta u odnosu na distribuciju vrste (SI <sub>1</sub> ).....	70
5.6.2. Definisanje scenarija sinteznog modela stanišne povoljnosti.....	70
5.7. Model populacione strukture, procena kapaciteta, analiza vijabilnosti populacije (PVA) i procena rizika izumiranja.....	71
5.7.1. Demografski podaci.....	71
5.7.2. Analiza vijabilnosti populacije .....	72
5.8. Analiza epibiontskih zajednica na površini kože .....	75
6. Rezultati .....	81
6.1. Identifikacija taksona <i>Pelophylax esculentus</i> kompleksa .....	82
6.2. Rezultati kondicionog indeksa .....	86
6.3. Ishrana .....	90
6.4. Sintezni model stanišne povoljnosti.....	99
6.4.1. Prostorni raspored vrednovanih kvadrata na istraživanom području za pojedinačne varijable .....	99
6.4.2. Sintezni model stanišne povoljnosti .....	106
6.5. Procena veličine populacije na istraživanom području .....	107
6.5.1. Procena veličine populacije Šnabelovom metodom .....	107
6.5.2. Procena veličine populacije Kormak-Džoli-Seberovom metodom .....	108
6.6. Demografska sinteza razvojne dinamike populacije .....	109
6.7. Populaciona struktura zelenih žaba na istraživanom području .....	111
6.8. Analiza vijabilnosti populacije (PVA) i procena minimalne vijabilne populacije (MVP) .....	114
6.9. Epibiontske zajednice na koži zelenih žaba .....	120
6.9.1. Analiza epibiontskih zajednica gljiva.....	120
6.9.2. Analiza epibiontskih zajednica silikatnih algi .....	124
7. Diskusija.....	128
8. Sintetska reevaluacija lokalnog konzervacionog statusa zelenih žaba na istraživanom području .....	136
9. Zaključci.....	144

10. Literatura .....	148
11. Prilozi .....	180
Biografija autora .....	234
Izjave .....	235

# 1. Uvod

## 1.1. Kriza biodiverziteta i holocensko izumiranje

Danas se bez mnogo sumnje može reći da se nalazimo u šestom masovnom izumiranju vrsta (Wake i Vredenburg, 2008; Barnosky i sar., 2011). Za razliku od prethodnih pet masovnih izumiranja koja su se dogodila kao prirodni fenomeni, šesto masovno izumiranje je primarno prouzrokovano antropogenim delovanjem kroz neodrživo korišćenje zemljišta, vode, energije ali i klimatskim promenama. Poređenjem stopa izumiranja vrsta kod istorijskih i aktuelnog izumiranja, utvrđeno je da trenutna stopa nadmašuje stopu kojom bi vrste izumirale bez antropogenog delovanja (McCallum, 2007; Roelants i sar., 2007; Barnosky i sar., 2011). Iako su izumiranja prirodan i očekivani deo evolucionog procesa, trenutne stope opadanja brojnosti populacija i izumiranja vrsta su dovoljno visoke da ugroze važne ekološke funkcije koje podržavaju ljudski život na Zemlji, kao što su stabilna klima, predvidljivi regionalni obrasci padavina i produktivno poljoprivredno zemljište i ribarstvo. Procenjuje se da je trenutna stopa izumiranja 1000 puta veća, dok neke pesimistične prognoze navode u budućnosti i do 10000 puta veće stope od prirodne stope izumiranja (De Vos i sar., 2015). Poređenja radi, za kičmenjake je procenjeno da vrste izumiru u proseku 24 - 48 puta brže u poslednjih 500 godina nego tokom velikog izumiranja u Kredi (McCallum, 2015). Od svih kičmenjačkih grupa, najviše su pogođeni vodozemci, budući da je njihova stopa izumiranja čak 200 puta veća od očekivane (McCallum, 2007). Na osnovu navedenih procena, mnogi naučnici tvrde da se nalazimo u holocenskom masovnom izumiranju (Kolbert, 2014).

Još davne 1984. godine, američki geograf, ornitolog, antropolog i polimatičar Dajmond (eng. Jared Diamond) je skovao termin „Zla četvorka“ (eng. *Evil quartet*, Diamond, 1984) odnosno „Četiri jahača ekološke apokalipse“ (eng. *Four horsemen of the ecological apocalypse*) rezimirajući svoja zapažanja o determinističkim uzrocima izumiranja vrsta. Predložio je četiri osnovna mehanizma masovnog izumiranja vrsta:

1. Preterana eksploatacija
2. Fragmentacija i uništavanje staništa
3. Uticaj introdukovanih vrsta
4. Lančano izumiranje

Dajmondov „zli kvartet“ usmerio je pažnju konzervacionih biologa na ključne mehanizme i faktore koji će najverovatnije dovesti i do izumiranja u budućnosti. Danas se sve češće govori o „Zloj šestorki“ (eng. *Evil sextet*) budući da se vremenom javila potreba različitih autora da dopune prvobitnu

Dajmondovu klasifikaciju ugrožavajućih faktora biodiverziteta (Koh i sar., 2004; Brook i sar., 2008). Kao peti mehanizam indentifikovano je izumiranje vrsta zbog promene klime koje uzrokuju antropogene aktivnosti. Odgovor živog sveta na klimatske promene koje su se dešavale tokom Zemljine istorije odvijao se hiljadama do milionima godina, dok se recentno antropogeno globalno zagrevanje dešava u znatno kraćem vremenskom periodu. Ukoliko se prosečna godišnja temperatura poveća za 1,5 °C u odnosu na preindustrijsku eru (trenutno je na 1,2 °C), smatra se da će klimatske promene postati dominantan faktor ugrožavanja biodiverziteta i degradacije/umanjenja nivoa ekosistemskih usluga u budućnosti (Almond i sar., 2022). Kao šesti mehanizam izumiranja navodi se sinergističko izumiranje (Brook i sar., 2008). Izumiranje vrsta direktnom perturbacijom kao što je na primer uništavanje staništa ili prekomerna eksploatacija predstavljaju primarne pokretače izumiranja. Ipak, u situacijama kada ovi mehanizmi svojim pojedinačnim delovanjem ne dovedu do trenutnog izumiranja, istovremeno delovanje odvojenih procesa sa većim ukupnim efektom od zbira pojedinačnih efekata predstavljaju pretnju biodiverzitetu. U tom slučaju govorimo o sinergističkom delovanju faktora ugrožavanja koji za posledicu imaju izumiranje vrsta.

Dvadesetak godina nakon Dajmonda, američki biolog, ekolog, entomolog i sociobiolog Vilson (eng. Edward O. Wilson) je naveo pet faktora/mehanizama za koje je smatrao da imaju najveći deterministički uticaj na degradaciju biodiverziteta. Objedinio ih je akronimom “HIPPO” (Wilson, 2002):

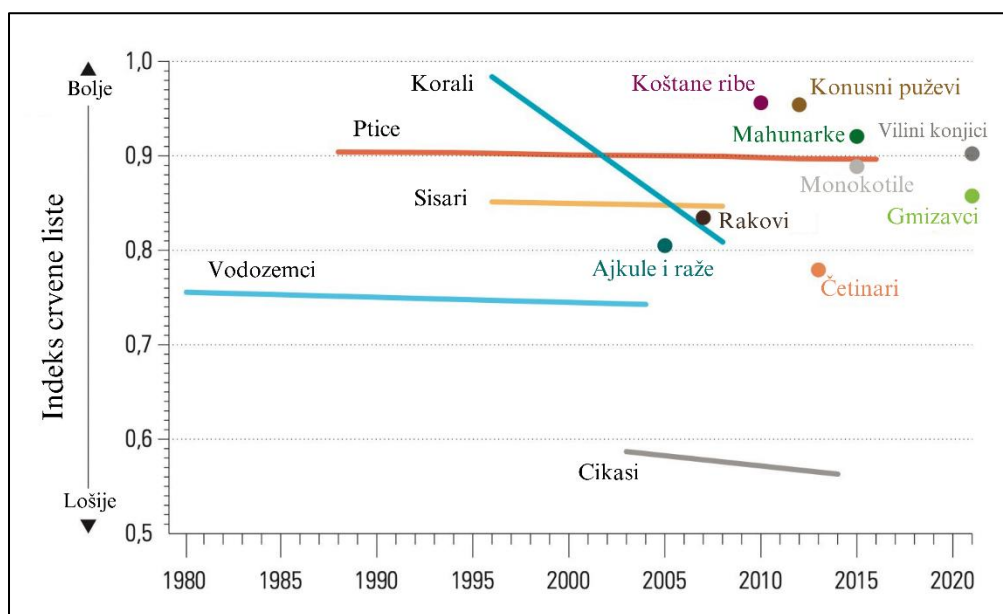
1. uništavanje staništa (eng. *habitat destruction*)
2. invazivne vrste (eng. *invasive species*)
3. zagađenje (eng. *pollution*)
4. porast ljudske populacije (eng. *population growth*)
5. prekomerna eksploatacija (eng. *over-harvesting*).

Slova u okviru akronima su poređana prema uticaju koji imaju na uništavanje diverziteta i prema tome, Vilson je smatrao da je uništavanje staništa vodeći faktor a preterana eksploatacija faktor sa najmanjim uticajem na biodiverzitet. Kao što je Vilson više puta tokom svojih izlaganja navodio, porast ljudske populacije se ne odnosi samo na multiplikaciju ljudske populacije već i na stil života koji proizilazi iz tih brojki a utiče na biodiverzitet. Danas se koriste brojne klasifikacije ugrožavajućih faktora koje se manje-više preklapaju sa onim koje su predložili Dajmond i Vilson. Prema Almond i sar. (2022) osnovne faktore ugrožavanja biodiverziteta čine degradacija, fragmentacija i uništavanje staništa, prekomerna eksploatacija prirodnih resursa, zagađenje, klimatske promene i invazivne vrste.

Gubitak staništa usled širenja poljoprivrednih površina i preterane eksploatacije trenutno predstavljaju najveći pokretač uništavanja diverziteta (Almond i sar., 2022).

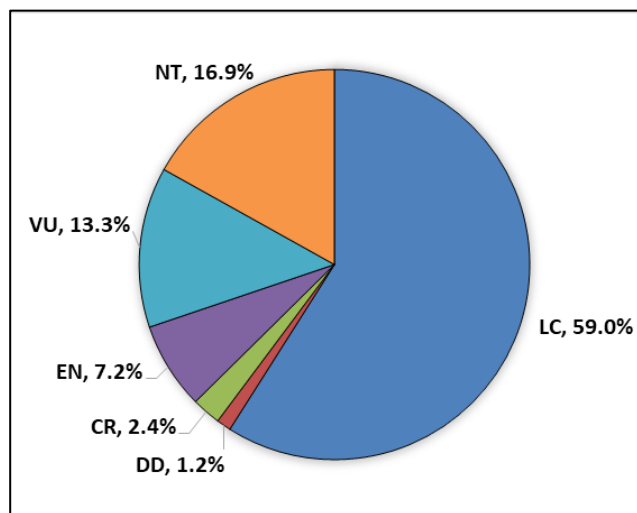
## 1.2. Diverzitet vodozemaca i faktori ugrožavanja

Poslednjih decenija otkriven je veliki broj novih vrsta vodozemaca, a po broju prednjače žabe (Frost, 2023). U proseku se na godišnjem nivou otkrije oko 150 vrsta, najviše u tropskim oblastima koje predstavljaju i centre biodiverziteta za ovu grupu kičmenjaka. Trenutne procene (maj, 2023.) su da postoji 8635 vrsta vodozemaca od čega su 7603 žabe, 811 repati vodozemci a 221 beznogi vodozemci (Frost, 2023). Treba napomenuti da se pomenute cifre menjaju skoro iz meseca u mesec. Tome najviše doprinosi otkrivanje novih vrsta iz neistraženih oblasti ali i razvoj molekularnih metoda identifikacije i DNK sekvencioniranja čiji rezultati često dovode do tzv. taksonomske inflacije (eng. *taxonomic inflation*) koja je posledica nekonzistentnosti koncepata vrste (Isaac i sar., 2004). Trend povećanja novoopisanih vrsta vodozemaca prati i globalni trend povećanja njihove ugroženosti i rizika od izumiranja. Među kičmenjacima, vodozemci su trenutno najugroženija grupa sa najvećim rizikom od izumiranja (Stuart i sar., 2004; Hoffmann i sar., 2010). Indeks crvene liste (eng. *Red List index – RLI*, Almond i sar., 2022) je pokazatelj trenda u ukupnom riziku od izumiranja neke taksonomske grupe ali i procena napretka konzervacionih mera. RLI za vodozemce ima jasno negativan trend što znači da se sa vremenom povećava broj konzervaciono-zavisnih vrsta među vodozemcima a aktuelne konzervacione mere ne daju zadovoljavajuće rezultate (Butchart i sar., 2007) (Slika 1).

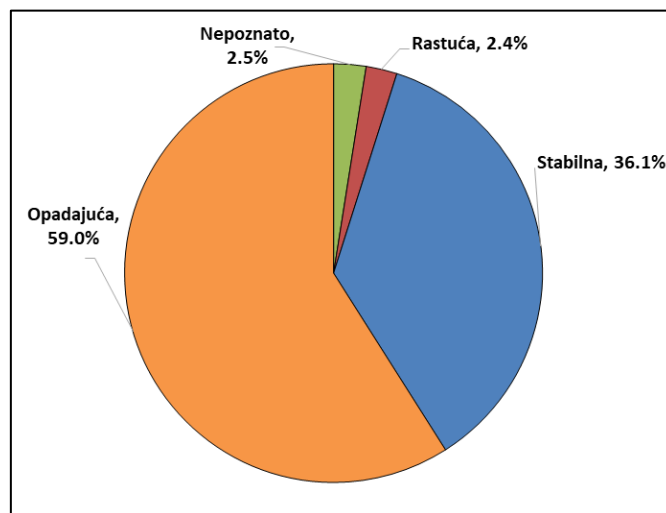


**Slika 1.** Indeks crvene liste koji pokazuje trendove u verovatnoći izumiranja kroz vreme za različite taksonomske grupe (Almond i sar., 2022)

Prema globalnom četvorogodišnjem istraživanju Stuart i sar. (2004) su na uzorku od 6260 vrsta vodozemaca došli do zaključka da čak 2030 vrsta, odnosno 32% od ukupnog broja evaluiranih čine globalno ugrožene ili izumrle vrste. Sledećih 2697 vrsta (43%) nisu ispunile kriterijume da budu svrstane u kategorije ugroženosti već se nalaze u okviru kategorija “skoro ugrožena” (eng. Near Threatened – NT) ili “najmanja briga” (eng. Least Concern – LC). Za preostalih 25% nije postojalo dovoljno podataka da bi se procenio rizik izumiranja i one su svrstane u kategoriju “nedovoljno podataka” (eng. Data Deficient – DD). Ipak, najveći broj novootkrivenih vrsta se nalazi u okviru kategorije “Neevaluiran” (eng. „Not evaluated“ – NE) budući da procene njihovih rizika izumiranja nisu ni započete. To dodatno doprinosi potcenjivanju ukupnog broja ugroženih vrsta vodozemaca (Stuart i sar., 2004; Hoffmann i sar., 2010). Negativni populacioni trend je široko prisutan kod vodozemaca. Isto istraživanje je pokazalo da kod 42,5% procenjenih vrsta postoji negativan populacioni trend, 26,6% imaju stabilne populacije a kod samo 0,5% vrsta je identifikovan pozitivan populacioni trend. Za 30,4% vrsta nije bilo moguće odrediti populacioni trend tako da se može pretpostaviti da je procenat populacija sa opadajućim brojnostima populacije znatno veći. Slično stanje je procenjeno i za vodozemce evropskog kontinenta gde je 22,9% svrstano u neku od kategorija ugroženosti (2,4% kritično ugroženih, 7,2% ugroženih i 13,3% ranjivih) (Slika 2). Skoro četvrtina svih evropskih vodozemaca spada u neku od kategorija ugroženosti, za razliku od 19,4% gmizavaca, 15,2% sisara i 13% ptica (Burfield i van Bommel, 2004; Temple i Terry, 2007; Cox i Temple, 2009.). Takođe, čak više od pola svih evropskih vrsta vodozemaca ima negativan populacioni trend (Slika 3).



**Slika 2.** IUCN kategorije vodozemaca Evrope (Temple i Cox, 2009)



**Slika 3.** Populacioni trendovi vodozemaca Evrope (Temple i Cox, 2009)



Višedecenijski globalni trend opadanja brojnosti vodozemaca u početku je zbunjivao naučnike budući da su se izumiranja dešavala i u okviru zaštićenih područja gde nije bilo direktnog delovanja opštih faktora ugrožavanja. Vremenom je utvrđeno da se uzroci smanjenja brojnosti vodozemaca prema načinu delovanja mogu grupisati u okviru dve kategorije. Prvu kategoriju čine opšti faktori ugrožavanja biodiverziteta koji uključuju degradaciju, fragmentaciju i uništavanje staništa, introdukovane vrste i preteranu eksploataciju, dok se u drugoj nalaze faktori koji mogu delovati na populacije vodozemaca i u okviru zaštićenih područja bez direktnog antropogenog uticaja (Whittaker i sar., 2013). Prva kategorija obuhvata relativno dobro shvaćene i opisane ekološke fenomene, dok druga uključuje manje shvaćene agense sa složenim mehanizmima delovanja poput zaraznih bolesti (sa posebnim akcentom na gljivičnu infekciju *Batrachochytrium dendrobatidis*), klimatskih promena, UV-zračenja i hemijskog zagađenja (Whittaker i sar., 2013).

Vodozemcima je za kompletiranje životnog ciklusa potrebna i akvatična i terestrična sredina. Zauzimanje prostora za različite namene i potrebe ljudskog društva je dovelo do gubitka brojnih staništa poput livada i šuma a posebno vlažnih staništa različitog tipa a samim tim i do vrsta koje su tu živele. Neminovan je bio zaključak da uništavanje staništa predstavlja glavni faktor ugrožavanja vodozemaca u svim delovima sveta (Wake i Vredenburg, 2008). Gubitak vlažnih staništa je najveća pretnja u umerenoj zoni dok je uništavanje i degradacija tropskih šuma najveća pretnja za tropske vrste. Fragmentacija staništa ima za posledicu isprekidanost i diskontinuitet nekada većih prostornih celina i opstanak reprezentativnih odlika istih u vidu manjih fragmenata odnosno pečeva (eng. *patch*) (Pickett i White, 1985). Fragmentacija predstavlja ozbiljan problem, koji je posebno izražen kod vrsta sa metapopulacionom prostornom organizacijom čiji opstanak zavisi od dinamike protoka gena i kolonizacije (Hanski, 1998). Diskontinuiranost između ostataka, prethodno povezanih staništa (pečeva) smanjuje mogućnost disperzionih kretanja i kolonizaciju novih povoljnih staništa usled velikih distanci koje prevazilaze disperzione kapacitete vrsta. Ovo je posebno izraženo kod semiakvatičnih vrsta (poput žaba i repatih vodozemaca) tokom perioda reprodukcije. Izolovane populacije nizom pozitivno spregnutih događaja upadaju u tzv. „vorteks izumiranja“ (Gilpin i Soulé, 1986) budući da dolazi do genetičkih promena (povećanje ukrštanja u srodstvu, gubitka genetičke varijabilnosti) koje dovode do niže stope reprodukcije i povećanog mortaliteta, a time i do smanjenja adaptivne vrednosti populacija. Smatra se da stohastički procesi (genetički, demografski i sredinski) dovode do ovog fenomena. Degradacija staništa usled zagađenja poljoprivrednim herbicidima, insekticidima, đubrivima ali i intenzivnog stočarstva imaju direktni i sinergistički uticaj na vodozemce, posebno tokom akvatičnih životnih stadijuma (Hayes i sar., 2010). Hemijsko zagađenje može delovati direktno letalnim

koncentracijama ali i indirektno subletalnim koncentracijama kroz njihov uticaj na ponašanje, kretanje i/ili reproduktivne obrasce (Relyea i Diecks, 2008).

Širenje alohtonih i invazivnih vrsta ima uticaj na populacije vodozemaca kroz odnose kompeticije i predatorstva ali i parazitizma i širenje infekcija. Severnoameričke ribe, introdukovane u Evropu za potrebe rekreativnog ribolova poput kalifornijske pastrmke (*Oncorhynchus mykiss*) i gambuzija (*Gambusia* sp.) sa visokim reproduktivnim potencijalom i oportunističkom ishranom predatori su jaja i mlađi velikog broja vodozemaca na čiju brojnost imaju direktan uticaj (Dufresnes, 2019). Neretko su baš vodozemci najveći neprijatelji drugih vodozemaca. U tom kontekstu treba pomenuti afričku kandžastu žabu (*Xenopus laevis*), popularnog kućnog ljubimca i model organizam u medicinskim istraživanjima, za koju se smatra da je, između ostalog, "odgovorna" za globano širenje gljivične infekcije *Batrachochytrium dendrobatidis*, zatim američku zelenu žabu (*Lithobates catesbeianus*) koja je zahvaljujući svojim velikim dimenzijama i oportunističkom strategijom u ishrani predator svih životnih stadijuma autohtonih vrsta žaba posebno u Južnoj Americi gde je introdukovana od strane čoveka radi komercijalnog uzgoja (Barbosa i sar., 2017).

Eksploatacija vodozemaca za potrebe konzumacije u ljudskoj ishrani i radi trgovine kućnim ljubimcima ima uticaj na populacije vodozemaca širom sveta (Warkentin i sar., 2009). Organizacija za hranu i poljoprivredu (eng. „*Food and Agriculture Organization*“ – *FAO*) procenjuje da se na godišnjem nivou konzumira oko 4716 tona žabljih bataka (Parker, 2011). Ovo možda deluje kao mali udeo u globalnim ljudskim potrebama za hranom, ali treba uzeti u obzir da se eksploatacija za ove potrebe uglavnom dešava na lokalnom nivou gde može ostaviti veliki uticaj na populacije niske brojnosti i malog areala rasprostranjenja. Ove aktivnosti se po pravilu najviše dešavaju u delovima sveta sa velikim diverzitetom vodozemaca a sa druge strane bez pravne regulative (npr. kvotama za lov, Warkentin i sar., 2009). Sredinom XX veka, evropske zelene žabe iz *Pelophylax esculentus* kompleksa intenzivno su izlovljavane posebno u Istočnoj Evropi za potrebe izvoza u države Zapadne Evrope (Džukić i sar., 2003). To je vremenom ostavilo posledice u vidu narušene demografske strukture izlovljavanih populacija budući da su uglavnom lovljene adultne jedinke, većih dimenzija sa najvećim reproduktivnim potencijalom i doprinosom narednim generacijama. Višedecenijsko odsustvo zakonskih ograničenja zajedno sa selektivnim izlovom doveli su do toga da aktuelne kvote za izlov koje danas postoje nisu u korelaciji sa stanjem populacija u prirodi, odnosno jedinke iz prirode ne zadovoljavaju kriterijume po pitanju telesne mase propisane za izlov (Krizmanić, 2008b). Eksploatacija divljih vrsta radi kolekcionarstva uglavnom se vezuje za repate vodozemce koji su popularni u teraristici (Dufresnes, 2019).

Nemogućnost da se opadanje brojnosti i masovna ugibanja vodozemaca u okviru zaštićenih područja bez direktnog antropogenog uticaja objasni “klasičnim” faktorima ugrožavanja, naveli su naučnike da ispituju manje očigledne faktore ugrožavanja. Danas infektivne bolesti imaju dokazani uticaj na vodozemce bilo da je to direktnim letalnim delovanjem ili izazivanjem subletalnih oštećenja i promena tokom ontogenetskog razvoja i/ili fiziološkog odgovora koji smanjuju individualni fitness jedinki. Kao izazivači bolesti vodozemaca, dokumentovani su virusi, bakterije, pljosnati crvi, protozoe, oomicete i gljive (Whittaker i sar., 2013). Za najveći broj masovnih ugibanja vodozemaca širom planete smatra se da su odgovorne gljivice *Batrachochytrium dendrobatidis* i *B. salamandrivorans* – izazivači hitridiomikoze (Hoffman i sar., 2010). Širenje i uticaj hitridiomikoze poslednjih decenija na populacije žaba je dobilo globalne razmere i dovelo do ogromne zabrinutosti u naučnim krugovima budući da je infekcija prouzrokovala opadanje brojnosti i izumiranja vrsta koje se do tada nisu smatrale ugroženim (Skerratt, 2007). Hitridiomikoza napada površinske slojeve kože vodozemaca koji sadrže keratin (Berger i sar., 1998). Kod punoglavaca, samo je usni aparat keratinizovan i podložan infekciji (Berger i sar., 1998). Tokom metamorfoze, koža tela postaje više keratinizovana i infekcija tada ima mogućnost da se širi preko cele kože (Marantelli i sar., 2004). Sa napredovanjem infekcije, koža postaje deblja (hiperkeratozna) što ima negativan uticaj na osmoregulaciju. Dolazi do smanjenja nivoa elektrolita u krvi, što za posledicu ima srčani zastoj (Voyles i sar., 2009). Iako je najveći broj recentnih istraživanja i publikovanih radova na temu infekcija vodozemaca baš u vezi sa ovim patogenom, njegova ekologija, epidemiološka incidenca i distribucija ostaju i dalje nedovoljno istraženi (Briggs i sar., 2010). Virus iz familije Iridoviridae tzv. ranavirusi su druga grupa patogena sa najvećim uticajem na vodozemce kako u prirodnim uslovima tako i u zatočeništvu koji izazivaju sistemska oboljenja sa visokom stopom mortaliteta (Whittaker i sar., 2013). Širenju ranavirusa su najviše doprinele antropogene aktivnosti i globalna trgovina vrstama. Među ostalim uzročnicima bolesti koje dovode do većih pomora vodozemaca, treba spomenuti gram-negativnu bakteriju *Aeromonas hydrophila*, izazivača “bolesti crvenih nogu” (eng. *red-legs disease*), pseudogljive iz roda *Saprolegnia* (“vodene buđi”) i pljosnatog crva *Ribeiroia ondatra*, izazivača malformacija udova žaba, posebno zadnjih koji su od ključne važnosti za kretanje a samim tim i preživljavanje (Whittaker i sar., 2013). Poznati su i drugi uzročnici bolesti ali se oni uglavnom vezuju za lokalne i jednokratne uticaje. S druge strane, još je veći broj potencijalnih izazivača bolesti čija ekologija i uticaj na vodozemce još uvek nisu dovoljno proučeni (Medina i sar., 2019).

Vodozemci kao ektotermni organizmi sa specifičnom permeabilnom kožom, izuzetno su osetljivi na promene temperature i vlažnosti. Globalno zagrevanje i klimatske promene neminovno

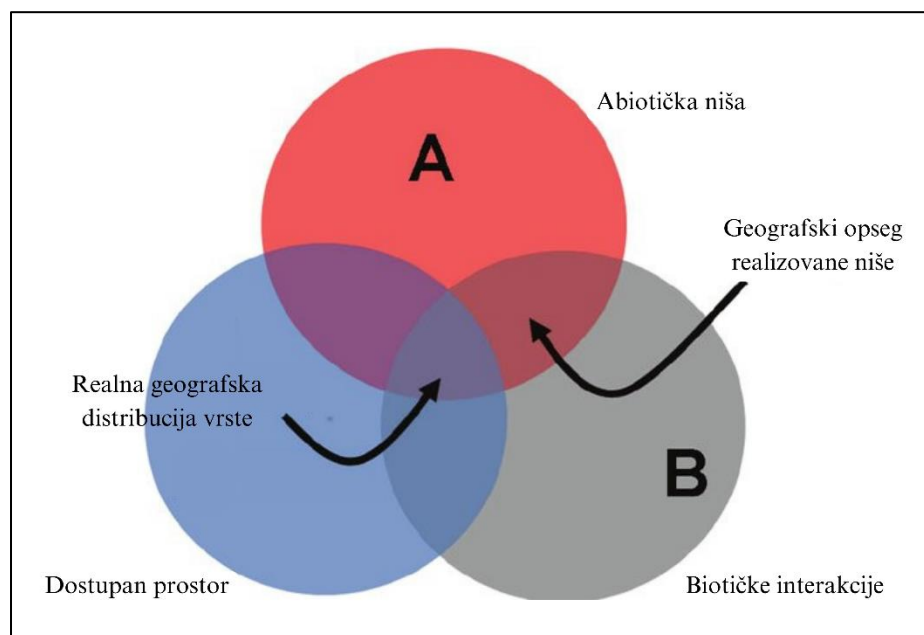
utiču na vodozemce i njihovu distribuciju (Blaustein i sar., 2010). U odnosu na druge kičmenjačke grupe, vodozemci češće ispoljavaju stanišnu i mikrostanišnu specijalizaciju i generalno imaju disperziona kretanja manjih razmera (Whittaker i sar., 2013). Globalno zagrevanje negativno utiče na dostupnost vode na staništima budući da povećanje temperature utiče na smanjenje nivoa vode u većim vodnim telima a dovodi do potpunog isušivanja manjih koja su od ključnog značaja za reprodukciju velikog broja vrsta vodozemaca. Osim toga, prema aktuelnim scenarijima regionalnih klimatskih promena (Popović i sar., 2007) očekuje se porast varijanse klimatskih faktora odnosno temperaturnih ekstrema i eksterna padavina i sušnih perioda koji imaju negativan uticaj na vodozemce (Bucciarelli i sar. 2020). Pored toga, globalno zagrevanje utiče na fenologiju budući da nestandardno visoke zimske temperature utiču na to da pojedine vrste ranije izlaze iz hibernacije i ulaze u reprodukciju, rizikujući smrzavanje u vreme iznenadnih prolećnih mrazeva. Povećanje temperature ima uticaj na stvaranje pogodnijih uslova za razvoj infekcija i širenje patogena i parazita (Pounds i sar., 2006). S druge strane, sama povišena temperature vazduha može delovati kao imunosupresiv, čineći jedinke podložnije infekcijama (Rohr i Raffel, 2010). Na posletku, treba spomenuti i uticaj pojačanog ultravioletnog zračenja (UV-B) koje se javlja kao posledica promena u atmosferi usled antropogenog delovanja. Postoje indikacije da pojačano UV-B zračenje utiče na povećanje mortaliteta kod vodozemaca (Whittaker i sar., 2013). Iako je eksperimentalno dokazano da su neke vrste osetljive, nije utvrđen jasan mehanizam delovanja UV-B zračenja na populacije vodozemaca u prirodnim uslovima. Postoje indikacije da utiče na povećanje stresa usled sinergističkog delovanja sa drugim ugrožavajućim faktorima (Bancroft i sar., 2008). Za sada se ne smatra da značajno doprinosi smanjenju brojnosti populacija na globalnom nivou.

### **1.3. Definisane ekološke niše**

Koncept sa pratećom teorijom ekološke niše je jedan od fundamentalnih koncepata u ekologiji i evolucionoj biologiji (Chase i Leibold, 2003). Prvu definiciju dao je Grinell (Grinell, 1917) koji je smatrao da je ekološka niša deo staništa u kome su uslovi sredine takvi da omogućavaju preživljavanje i reprodukciju vrste. Grinelov koncept ekološke niše se ranije često nazivao i „stanišnim“ konceptom budući da poistovećuje ekološku nišu sa staništem. Za razliku od Grinella, Elton (1927) ekološku nišu definiše kao ulogu vrste u lancu ishrane odnosno smatra da ekološka niša predstavlja funkcionalni status populacije organizama u zajednici („šta jede i ko je jede“). Eltonov koncept ekološke niše se nazivao i „trofički“ koncept. Za razliku od Grinella i Eltona čiji su koncepti ekološke niše u vezi sa

životnim prostorom (staništem), Hačinson (Hutchinson, 1957) smatra ekološku nišu svojstvom (populacije) vrste. U okviru Hačinsonovog koncepta ekološke niše razlikujemo pojam: (1) „fundamentalna niša“ – apstraktni  $n$ -dimenzionalni volumen čije dimenzije čine ekološki faktori („ekološki prostor“) a u kojem populacija određene vrste ima pozitivnu adaptivnu vrednost; (2) „realizovana niša“ – deo fundamentalne niše u kojem populacija opstaje uz delovanje biotičkih faktora. Savremene teorije ekološke niše koje su proistekle iz Hačinsonovog multidimenzionalnog koncepta razlikuju se po izboru grupe ekoloških faktora koji definišu ekološki prostor. Savremena teorija ekološke niše (eng. *Contemporary Niche Theory – CNT*, Chase i Leibold, 2003) ekološki prostor definiše faktorima koji reflektuju potrebe populacije vrste (eng. *species requirements*) koja je i sama deo tog prostora. Granice tog prostora omeđane su izolinijom nultog populacionog rasta (eng. *zero net growth isocline – ZNGI*). Dimenzije tog dela ekološkog prostora čine neinteraktivni i nereaktivni ekološki faktori koji utiču na adaptivnu vrednost vrste ali ona nema uticaj na njih – takve faktore je Hačinson nazvao scenopoetičnim (eng. *scenopoetic*, Hutchinson, 1978). Oni su predstavljeni abiotičkim, pretežno bioklimatskim, orografskim i pedološkim faktorima. Takav ekološki prostor je izjednačen sa Grinelovom percepcijom ekološke niše. Ekološki prostor čine i interaktivni i/ili reaktivni faktori koje je Hačinson nazvao bionomičnim (engl. *bionomic*, Hutchinson, 1978). Ovi faktori utiču na adaptivnu vrednost ali i vrsta ima uticaj na njih. Ovakav ekološki prostor odgovara Eltonovoj percepciji ekološke niše, odnosno prema CNT predstavlja „*species impact niche*“. Budući da je još Hačinson (1957) istakao kako se ne može efikasno „projektovati“ ekološki prostor na realan fizički prostor, upotrebnost vrednost Hačinsonovog koncepta je bila ograničena (čak skoro pola veka) i često dovodila do nejasnih, pa i pogrešnih, interpretacija u praksi (npr. Whittaker i sar., 1973; Hurlbert, 1981).

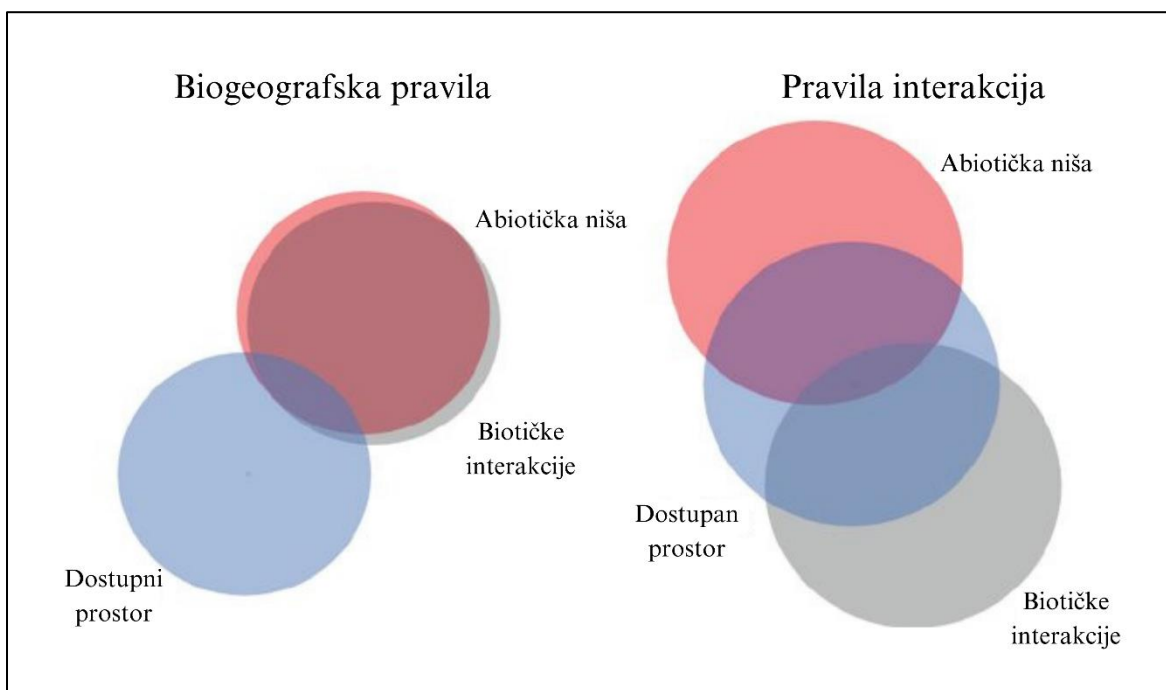
Primenjujući savremeni koncept ekološke niše, Soberón i Peterson (2005) su predstavili okvir za razumevanje distribucije vrsta koji uzima u obzir autekologiju, sinekologiju i biogeografiju. Sledeći se okvirima koje je postavio Hačinson (1978), oni su konceptualizovali široku, abiotički-ograničenu ekološku nišu čija dimenzija je smanjena biotičkim interakcijama na realizovanu nišu koja naglašava ulogu negativnih interakcija u smanjenju adaptivne vrednosti populacija vrsta. Budući da je Hačinson u svom konceptu zanemario geografsku heterogenost kao i disperzioni potencijal vrste, Soberón i Peterson (2005) uključuju u svoj koncept disperzije i pristupačnost kao dodatni činilac distributivnog potencijala vrsta i kreiraju tzv. “BAM model” odnosa geografskog i ekološkog prostora. Na Slici 4. model je prikazan u vidu dijagrama odnosno preseka tri skupa u geografskom prostoru.



**Slika 4.** Prikaz BAM modela koji ilustruje odnose geografskog i ekološkog prostora prema Soberón i Peterson (2005)

Skupovi BAM su definisani kao povoljnost biotičkih faktora (B), abiotičkih faktora (A) i prostor dostupan za disperziju u relevantnom vremenskom okviru (M). Fundamentalna niša, je poistovećena sa Grinelovom interpretacijom i odgovara skupu A (eng. *requirement niche*), dok je realizovana niša poistovećena sa Eltonovom interpretacijom odgovara preseku skupova A i B ( $A \cap B$ , eng. *impact niche*). Presek sva tri skupa, ondosno P, predstavlja stvarno zauzet deo geografskog prostora od strane vrste ( $A \cap B \cap M = P$ ) i često se u praksi smatra ekološkom nišom populacije date vrste na datom geografskom prostoru.

Predstavljena konfiguracija BAM modela nije isključiva. Drugačije konfiguracije istog modela su moguće prema različitim istraživačkim pogledima i interpretacijama (Slika 5). Na primer u biogeografiji se češće pretpostavlja  $A \cap B \approx A$  i da biotičke interakcije ne utiču dramatično na abiotički potencijal (Soberón, 2007). S druge strane klasično stanovište ekologije zajednica interpretira prostor M kao širok, a  $A \cap B$  kao prilično restriktivan, naglašavajući tako ulogu interakcija između vrsta u određivanju geografskog rasporeda populacija vrste u zajednicama. Treba uzeti u obzir da ova dva gledišta verovatno predstavljaju ekstreme verovatnih mogućnosti i konfiguracija BAM modela (Soberón i Peterson, 2005).



**Slika 5.** Različite konfiguracije BAM modela: levo, abiotička i biotička razmatranja se u velikoj meri preklapaju, što dozvoljava zanemarivanje uticaja biotičkih faktora na smanjenje zauzetog geografskog prostora, ali je dostupnost prostora ograničena; desno, dostupnost prostora je prilično velika, ali su abiotički i biotički faktori neophodni za opstanak veoma restriktivni, što ukazuje na situaciju u kojoj biotičke interakcije značajno modifikuju moguće rasprostranjenje

#### 1.4. Ekološko modelovanje niša

Iako se najčešće smatra da modelovanje u ekologiji počinje da se razvija tek krajem XX veka, potreba za opisivanjem, razumevanjem i predviđanjem distribucija vrsta potiče još od prirodnjaka XIX veka (Wallace, 1860). Razumevanje ograničenja u distribuciji vrsta i njihov diverzitet predstavljaju jedan od primarnih ciljeva ekologije (Andrewartha i Birch, 1954; Krebs, 2008). Poslednjih nekoliko decenija, ekološka nauka je išla u pravcu razvoja metoda za procenu distribucije vrsta na osnovu korelacije ekoloških faktora prisutnih na istraživanom području. Razvoj geografsko-informacionih sistema (GIS) i digitalnih mapa visoke rezolucije dobijenih teledetekcijom je omogućilo ekolozima da razviju moćno i sofisticirano sredstvo za proučavanje distribucija, otvarajući novo polje istraživanja – ekološko modelovanje rasprostranjenja. Pored fundamentalnog značaja poznavanja distribucija vrsta kao koncepta u ekologiji i biogeografiji, modelovanje ekoloških niša našlo je primenu u brojnim bliskim granama (Peterson i sar., 2011).

U savremenoj ekološkoj literaturi dominiraju dve struje modelovanja odnosa vrsta sa svojim okruženjem: modelovanje distribucije vrsta (eng. *Species Distribution Modeling – SDM*) (Elith & Leathwick, 2009; Franklin, 2010) i modelovanje ekološke niše (eng. *Ecological Niche Modeling – ENM*) (Peterson i sar., 1999). Pored ova dva termina, u literaturi se mogu naći i sledeći termini povezani sa upotrebom ove metodologije: “modeli funkcije resursa” (eng. *Resource Selection Functions – RSF*) (Boyce i McDonald, 1999), “mehanistički modeli” (eng. *Mechanistic models*) (Kearney i Porter, 2009), “korelativni modeli” (eng. *Correlative models*) (Kearney i Porter, 2009), “modeli stanišne povoljnosti” (eng. *Habitat suitability models*) (Akçakaya, 2000), “modeli stanišne selekcije” (eng. *Habitat suitability selection models*) (Hirzel i Le Lay, 2008), “bioklimatske ovojnice” (eng. *Bioclimatic envelope models*) (Araújo i Peterson, 2012) i dr. Veliki broj sličnih termina ukazuju na nekonzistentnost u okviru istraživačke oblasti ali i očekivane razlike u metodologiji i kompatibilnosti rezultata korišćenjem različitih metodologija (Peterson i Soberón, 2012). Između najčešće korišćenih SDM i ENM modela postoje jasne razlike (Peterson i Soberón, 2012). Zastupnici SDM struje izbegavaju suvišno tumačenje ekološkog značaja korišćenog modela i ne uzimaju u obzir to da li neke dimenzije ekološke niše ostaju nekarakterisane korišćenjem ove metode. Zastupnici ENM stavljaju fokus na sve dimenzije ekološke niše koje nisu pod uticajem populacionih procesa konkretne vrste (Soberon, 2007, 2010; Soberon i Nakamura, 2009).

Levins (1966) je smatrao da se tokom kreiranja modela mora suočiti sa balansiranjem između tri vrste ograničenja prisutnih u bilo kom modelu prirodnih sistema, a to su: realnost, preciznost i opštost (eng. *Realism-Precision-Generality – RPG*), tvrdeći da se u okviru modela istovremeno mogu maksimizirati samo dve od tri dimenzije. Radi lakšeg demonstriranja kontrastne prirode ove tri dimenzije, Levins ističe hijerarhiju modela (Tabela 1) iz koje je potom proistekao tzv. Levinsov trougao kompromisa (Guisan i Zimmermann, 2000).

**Tabela 1.** Sažetak tri tipa modelovanja prema Levins (1966)

Levinsov okvir modelovanja	
Tip 1	Preciznost i realnost uz žrtvovanje opštosti
Tip 2	Opštost i preciznost uz žrtvovanje realnosti
Tip 3	Opštost i realnost uz žrtvovanje preciznosti

Prvi tip modela žrtvuje opštost za preciznost i realnost. Ovakvi modeli kreiraju vezu između distribucije i ekoloških faktora, koji ne moraju uvek imati uticaj na jedinke, ali utiču na njihovu distribuciju (Guisan i Zimmermann, 2000). Ovi modeli se nazivaju i empirijskim (Decoursey, 1992),



korelativnim (Sharpe i Rykiel, 1991) ili fenomenološkim (Pickett i sar., 1994). Drugi tip žrtvuje realnost za opštost i preciznost. Takvi modeli se nazivaju analitičkim (Pickett i sar., 1994) ili matematičkim (Sharpe, 1990). Ovakvi modeli kreiraju preciznu i uopštenu predstavu ekološke niše unutar ograničene ili pojednostavljene realnosti. Treći tip modela žrtvuje preciznost za opštost i realnost. Takvi modeli se nazivaju mehanističkim (Prentice, 1986), fiziološkim (Leersnijder, 1992) ili procesnim (Korzukhin i sar., 1996), i zasnivaju se na predviđanju uzročno-posledičnih veza, odnosno spadaju u prediktivne modele kao i Tip 1. Ovakvi modeli se takođe smatraju opštim budući da im nedostaje preciznosti (Pickett i sar., 1994). Iako je Levinsova klasifikacija korisna, u praksi može biti teško klasifikovati određeni model (Korzukhin i sar., 1996). Ne treba isticati posebno da je BAM okvir ekoloških niša i rasprostranjenja osnov za sve napred iznete pristupe.

Poslednjih decenija, vodozemci su sve češće u fokusu istraživanja koja se bave modelovanjem ekoloških niša. To su uglavnom istraživanja sa modelovanjem potencijalnih distribucija slaboistraženih i ugroženih vrsta (Blank i Blaustein, 2012; Groff i sar., 2014) i identifikacija prioritetnih lokaliteta za konzervaciju (Goldberg i Waits, 2009). Ipak, objekti ovakvih istraživanja su uglavnom novootkrivene ili slaboistražene vrste tropskih regiona dok su istraživanja na široko rasprostranjenim taksonima retka. Posebno nedostaje ovakav tip istraživanja kod taksona koji se već nalaze pod nekim vidom pasivne zaštite ali gde upravljačka politika ne pokazuje očekivane rezultate i zahteva reevaluaciju i implementaciju novih konzervacionih mera kakav je slučaj sa taksonima iz *Pelophylax esculentus* kompleksa širom njihovog areala.

## 2. Osnovni ciljevi i zadaci rada

Predmet ove doktorske disertacije je bio višestruk. Kao prvo, urađena je parametrizacija mikrotrofičke i mikrostanišne niše zelenih žaba iz *Pelophylax esculentus* kompleksa, kao i analiza obrazaca njihove prostorne integracije. Zatim, urađena je analiza i procena uticaja epibiontskih zajednica kože zelenih žaba na individualni fitness jedinki. Na kraju je urađena sintetska reevaluacija lokalnog konzervacionog statusa zelenih žaba na osnovu prikupljenih podataka.

U svrhu realizacije ove doktorske teze definisani se sledeći ciljevi:

1. Parametrizacija ekoloških niša - mikrotrofičke i mikrostanišne niše zelenih žaba iz *Pelophylax esculentus* kompleksa na istraživanom području:
  - Utvrđivanje dominantnih taksonomskih grupa plena
  - Karakterizacija eko-morfoloških svojstava plena
  - Utvrđivanje obrazaca korišćenja trofičkih resursa
  - Procena razlika u korišćenju trofičkih resursa između tri taksona kompleksa
  - Karakterizacija stanišnih svojstava istraživačkih lokaliteta
  - Utvrđivanje obrazaca korišćenja i preferencije staništa
  - Procena razlika u korišćenju makro- i mikrostaništa između tri taksona
2. Analiza prostorne integracije populacija zelenih žaba na istraživanom području:
  - Procena veličine populacija na istraživanom području
  - Utvrđivanje obrazaca disperzije i migratornih koridora između lokaliteta
  - Analiza rizika izumiranja populacija na istraživanom području (PVA – analiza vijabilnosti populacije zelenih žaba, uz utvrđivanje MVP – minimalne vijabilne veličine populacije)
  - Procena stanja lokalne ugroženosti
3. Analiza epibiontskih zajednica kože žaba i njihovog uticaja na individualni fitness jedinki:
  - Analiza epibiontskih zajednica sa posebnim akcentom na detekciju prisustva patogene gljivice *Batrachochytrium dendrobatidis*
  - Analiza korelativnih veza između epibiontskih zajednica i kondicionog statusa zelenih žaba
  - Utvrđivanje razlika epibiontskih zajednica kod tri taksona ovog kompleksa na različitim lokalitetima istraživanog područja

- Mogući uticaj epibiontskih zajednica na kolonizaciju patogena koji izazivaju povećan mortalitet žaba

Osnovne pretpostavke na osnovu kojih su koncipirana istraživanja, koje ujedno predstavljaju i polazne hipoteze za ovaj rad, su:

- Sva tri taksona kompleksa se služe strategijom “*sit and wait*” predatora te predstavljaju generaliste po širini spektra ishrane i oportuniste po odabiru plena. Stoga se ne očekuje diferencijacija u korišćenju trofičkog resursa između ovih sintopičkih taksona već maksimizacija unosa plena na osnovu dostupne ponude.
- Ne postoje izražene biotičke interakcije između ovih taksona – pre svega kompetitivne koje se mogu detektovati u sintopiji. Korišćenje trofičkih resursa je usaglašeno sa stanišnom povoljnošću i prevazilazi granične vrednosti neophodne za delovanje kompeticije.
- Populacije zelenih žaba na istraživanom području nisu metapopulaciono organizovane te se ne očekuju disperziona kretanja koja odgovaraju metapopulacionoj organizaciji. Korišćenje prostora je homogeno, u potpunosti usaglašeno sa karakteristikama stanišne povoljnosti. Ne postoji diferencijalni obrasci korišćenja prostora između taksona.
- Heterogenost istraživanog područja za posledicu ima razlike u stepenu stanišne povoljnosti u okviru svakog lokaliteta tako da se očekuju razlike u preferencijama žaba u odnosu na mikrostaništa ali ne i između taksona.
- Epibiontske zajednice unutar kompleksa nisu diferencirane u meri u kojoj se mogu detektovati razlike u sastavu zajednica na uzorcima (sa kože) svakog taksona kompleksa. Ne postoji veza između epibiontskih zajednica sa kože žabe i uticaj na individualne performance jedinki.
- Nema razlike u kondicionim statusima taksona zelenih žaba u sintopiji na istraživanom području, eventualne postojeće razlike su u funkciji stanišne povoljnosti lokaliteta.
- U REL sistemu na istraživanom području, uz odsustvo metapopulacione organizacije, udeli taksona u ukupnoj populaciji zelenih žaba na lokalitetu u potpunosti odgovaraju njihovim bionomskim preferencijalima.
- Nije moguće bez upotrebe molekularno-genetičkih markera, i samo na osnovu morfoloških svojstvava pouzdano identifikovati taksone unutar *Pelophylax esculentus* kompleksa.
- Ukoliko dolazi do dovoljno visoke kompetitivne interakcije između taksona zelenih žaba u sintopiji na istraživanim lokalitetima, raspodela resursa se obavlja redosledom koji je predviđen teorijom (Toft, 1985), pri čemu kontekst istraživanog područja ne igra značajnu ulogu.

### 3. Objekat istraživanja

Zelene žabe iz roda *Pelophylax* su akvatične, gregarne i sintopijske žabe sa diurnalnom i nokturnalnom aktivnošću. Poseduju karakteristično oglašavanje koje u pojedinim slučajevima može biti i takson-specifično. Mogu biti različite obojenosti ali sa dominacijom zelene boje odakle i potiče njihovo narodno ime. Nazivaju se još i Palearktičke vodene žabe budući da naseljavaju skoro čitavu Evropu, severnu Afriku, Anadoliju, Kaspijski region, Centralnu i delove Južne Azije (Akin i sar., 2010). U okviru roda *Pelophylax* do danas je opisano oko 20 vrsta ali zbog svog polifiletskog porekla i prisustva kriptičnih taksona status određenih vrsta je diskutabilan (Lymberakis i sar., 2007; Largen i Spawls, 2010). Identifikacija, samim tim i taksonomija zelenih žaba predstavlja posebnu problematiku i prethodnih decenija je bila predmet čestih izmena. Glavni razlog zbog kog je identifikacija zelenih žaba problematična je sklonost simpatričnih vrsta da hibridizuju i daju fertilne hibride. Služeći se posebnim mehanizmom hibridizacije - hibridogenezom, hibridi zelenih žaba tokom gametogeneze isključuju genom jedne roditeljske vrste i zadržava gamete druge roditeljske vrste. Budući da rekombinacija izostaje, gameti hibrida sadrže genom koji nije rekombinovan sa genomom prve roditeljske vrste. Nadoknađivanje "odbačenog" genoma vrši se reprodukcijom hibrida sa jednom od parentalnih vrsta ili triploidnim hibridom kada su u pitanju čiste hibridne populacije. Postoje tri hibridogenetska sistema zelenih žaba u Evropi:

- ❖ *Pelophylax esculentus* kompleks koji čine velika zelena žaba (*Pelophylax ridibundus* Pallas, 1771), i mala zelena žaba (*Pelophylax lessonae* Camerano, 1882) kao parentalne vrste i njihov hibrid zelena žaba (*Pelophylax esculentus* Linneus, 1758). Ovaj hibridogenetski kompleks je rasprostranjen u centralnoj Evropi, od severa Francuske do zapadne Rusije, uključujući Estoniju i Dansku na severu i Panonsku niziju i donji tok reke Dunav do ušća u Crno more.
- ❖ *Pelophylax hispanicus* kompleks koji čine *P. bergeri* i *P. ridibundus* kao parentalne vrste i njihov hibrid *P. hispanicus*, Bonaparte, 1839. Ovaj hibridogenetski kompleks rasprostranjen je na Apeninskom poluostrvu.
- ❖ *Pelophylax grafi* kompleks koji čine *P. perezi* i *P. ridibundus* kao parentalne vrste i njihov hibrid *P. grafi*, Crochet, Dubois, Ohler i Tunner 1995. Ovaj hibridogenetski kompleks je rasprostranjen na istočnom delu Iberijskog poluostrva i zapadne Francuske.

Ekspanzija areala pojedinih vrsta, slučajne i namerne translokacije kao i kriptični diverzitet u okviru roda *Pelophylax* idu u prilog tome da u budućnosti možemo očekivati identifikaciju još hibridogenetskih kompleksa zelenih žaba na području Evrope.

### ***Pelophylax esculentus* kompleks**

Sprovodeći različite eksperimente ukrštanja, Berger (1967) je otkrio netipičnu strategiju razmnožavanja kod zelenih žaba iz *P. (Rana) esculentus* kompleksa. Kao što je već pomenuto, u ovom kompleksu zelenih žaba, hibridogeneza se odvija između parentalnih vrsta *P. ridibundus* sa genotipom RR i *P. lessonae* sa genotipom LL dajući hibridni takson *P. esculentus* sa genotipom RL (Berger, 1988; Graf i Polls Pelaz, 1989). Prema tome, zelene žabe iz *P. esculentus* kompleksa se javljaju u okviru različitih populacionih sistema koji pokazuju određenu geografsku varijabilnost širom Evropskog kontinenta.

U okviru ovog hibridogenetskog kompleksa, razlikujemo sledeće populacione sisteme:

#### **❖ *P. lessonae* – *P. esculentus* (L-E) populacioni sistem**

L-E populacioni sistem predstavlja najrasprostranjeniji i najbolje izučen populacioni sistem zelenih žaba u Evropi. U okviru ovog populacionog sistema koegzistiraju parentalna vrsta *P. lessonae* i hibridni takson *P. esculentus* (Berger, 1988; Graf i Polls Pelaz, 1989). Hibridni potomci nastaju pri svakom narednom ukrštanju *P. esculentus* i *P. lessonae*, pri čemu je uvek donor roditeljskog genoma *P. lessonae*. Tokom reprodukcije *P. esculentus*, genom *P. lessonae* se odbacuje i stvaraju se gameti koje sadrže isključivo genom *P. ridibundus*. Isključivanje *P. lessonae* genoma se događa pre same mejoze odnosno tokom produžene faze proliferacije gameta (Tunner i Heppich, 1981). Zadržani *P. ridibundus* genom se replicira kako bi se obezbedio diploidni set hromozoma za normalnu mejozu u kojoj nastaju haploidni nerekombinovani gameti (Tunner i Heppich, 1981). Areal rasprostranjenosti ovog populacionog sistema je veliki i obuhvata teritoriju od Atlantika do reke Volge iako je najčešći u Zapadnoj Evropi. Smatra se retkim na istočnim granicama areala *P. lessonae* (Borkin i sar., 2004a, b). U našoj zemlji ovaj tip populacionih sistema je opisan na lokalitetu Obedska bara u jugoistočnom Sremu (Spasić-Bošković i sar., 1999; Krizmanić i Ivanović, 2010).

#### **❖ *P. ridibundus* – *P. esculentus* (R-E) populacioni sistem**

R-E populacioni sistem koji se sastoji o hibridnog taksona *P. esculentus* i parentalne vrste *P. ridibundus* je relativno čest i široko rasprostranjen, prvenstveno u okviru areala parentalne vrste. Za

razliku od L-E sistema, ovde *P. esculentus* tokom reprodukcije odbacuje *P. ridibundus* genom, produkujući *lessonae* gamete u razmeri 3:1 (Uzzell i sar., 1977). To znači da se u manjem broju produkuju i *ridibundus* gameti što dovodi do toga da se tokom reprodukcije hibrida sa *ridibundus* gametima nastaju *P. ridibundus* potomci ženskog pola a razmnožavanjem hibrida sa *lessonae* gametima nastaje *P. esculentus* potomci muškog pola. Beležene su i ekstremne situacije gde su hibridi muškog pola sposobni da prenose naizmenično i jedan i drugi genom (Uzzell i sar., 1977). Ovaj tip populacionog sistema dokumentovan je pretežno u centralnom delu Evrope i na Balkanskom poluostrvu (Mayer i sar., 2013; Dufresnes i Mazepa, 2020), kao i državama bivšeg Sovjetskog Saveza (Litvinchuk i sar., 2015; Suriadna i sar., 2020). U našoj zemlji, ovaj populacioni sistem se javlja u dolini reke Morave, Istočnoj Srbiji i na manjem broju lokaliteta u Južnom Banatu (Krizmanić i Ivanović, 2010).

#### ❖ *P. esculentus* – *P. esculentus* (E-E) populacioni sistem

Za gametogenezu hibrida *P. esculentus* nije potrebno prisustvo obe parentalne vrste, pa u izuzetnim slučajevima nije potrebno prisustvo parentalnih vrsta uopšte. Populacije koje se sastoje samo od reproduktivno nezavisnih hibrida se u literaturi često navode kao E-E populacioni sistemi. Ova nezavisnost od prisustva parentalnih vrsta posledica je poliploidije (najčešće triploida) koja nastaje kao rezultat greške u gametogenezi (Schultz, 1969; Dufresnes i Hebert, 1994). Opstajanje ovakvih populacija omogućava parenje između hibridnih jedinki (diploida ili triploida) gde jedan od partnera obezbeđuje genom *P. ridibundus* a drugi *P. lessonae*, odnosno uzima funkciju sintopijske parentalne vrste koja odsustvuje iz populacije (Plötner, 2005). Ovakve populacije se mogu naći u različitim delovima areala taksona *P. esculentus* ali najčešće u severnim i istočnim delovima Evrope, pre svega u Francuskoj (Ebendal, 1979), Nemačkoj (Tecker i sar., 2017), Danskoj (Christiansen i sar., 2005), južnoj Švedskoj (Christiansen i sar., 2010), Finskoj (Hoogesteger i sar., 2013), Belorusiji, Rusiji i Ukrajini (Suriadna i sar., 2020) ali i u Letoniji, Holandiji, Slovačkoj (Mikulíček i Kotlík, 2001), Poljskoj i Češkoj, (Berger, 1983; Berger i Berger, 1994; Pruvost i sar., 2013) i Švajcarskoj (Dubey i sar., 2019). U Srbiji do sada nisu registrovane ovakve populacije zelenih žaba. Iako postojanje ovakvih populacija nije retkost, njihova stabilnost i izolovanost od susednih L-E, R-E i R-E-L populacionih sistema se i dalje dovodi u pitanje (Christiansen, 2009). Neka novija istraživanja indukuju hipotezu o opstanku E-E populacija koja isključuje poliploidiju kao jedini evolucioni put i podrazumeva tzv. “hibridnu amfigamiju” odnosno koegzistiranje međuzavisnih L i R filogenetskih linija i produkciju sperme i jaja sa oba genoma (Dubey i sar., 2019).

#### ❖ *P. ridibundus* – *P. esculentus* – *P. lessonae* (R-E-L) populacioni sistem

Ovaj populacioni sistem u kome sva tri taksona koegzistiraju u sintopiji se smatra retkim u odnosu na prethodno navedene. U ovakvom mešovitom sistemu, *P. esculentus* formira gamete obe parentalne vrste. Ovaj populacioni sistem do sada je sporadično opisan u Češkoj, Poljskoj, Mađarskoj (Herczeg i sar., 2017), Rumuniji, Nemačkoj (Plötner, 2005), Slovačkoj (Mikulíček i sar., 2015) i Holandiji (Hoffmann i sar., 2015). U našoj zemlji, R-E-L populacioni sistem zabeležen je na nekoliko lokaliteta u Južnom Banatu duž toka reke Dunav (Spasić-Bošković i sar., 1999; Krizmanić i Ivanović, 2010).

Pored ovih široko rasprostranjenih populacionih sistema (Holsbeek i Jooris, 2010) mogu se izdvojiti i oni manje zastupljeni tipovi populacija gde se javljaju jedna ili obe parentalne vrste ali bez formiranja hibrida (Dedukh i sar., 2019):

#### ❖ *P. ridibundus* – *P. ridibundus* (R-R) populacije

Populacije *P. ridibundus* gde nije registrovano prisustvo *P. lessonae* i *P. esculentus*, zabeležene su širom Balkanskog poluostrva i Rumunije, posebno oko ušća Dunava u Crno more (Hoffman i sar., 2015), kao i u Francuskoj, Nemačkoj i delovima bivšeg Sovjetskog Saveza (Mayer i sar., 2013; Hoffman i sar., 2015; Lada i sar., 2016)

#### ❖ *P. lessonae* – *P. lessonae* (L-L) populacije

Čiste populacije *P. lessonae*, zabeležene su u Francuskoj, Nemačkoj, delovima Švedske, Finske i bivšeg Sovjetskog Saveza (Hoogesteger i sar., 2013; Mayer i sar., 2013; Hoffman i sar., 2015).

#### ❖ *P. ridibundus* – *P. lessonae* (R-L) populacioni sistem

Populacioni sistem koji se sastoji od jedinki *P. ridibundus* i *P. lessonae* koje žive u sintopiji ali pritom ne hibridizuju i ne stvaraju hibridne forme je izuzetno redak i zabeležen na svega nekoliko lokacija u Belorusiji, Rusiji i Ukrajini (Lada i sar., 2016; Suriadna i sar., 2020).

### 3.1. *Pelophylax ridibundus* Pallas, 1771 – velika zelena žaba

Velika zelena žaba (*Pelophylax ridibundus* Pallas, 1771) je široko rasprostranjena vrsta vodozemaca. Najkrupnija je od svih palearktičkih zelenih žaba ali je ujedno i najveća autohtona vrsta žaba u Evropi (Slika 6a). Prvi put je opisana iz Atirauske oblasti u Kazahstanu od strane Pallas-a, 1771 [Terra typica restricta - (Mertens i Wermuth, 1960)]. Do polovine prošlog veka, od strane pojedinih autora, klasifikovana je kao zasebna vrsta (Smith, 1954; Mertens i Wermuth, 1960), ali i kao podvrsta *Rana esculenta* (Gislen i Kauri, 1959). Do 1974. godine postojale su dve opisane podvrste (*Rana ridibunda ridibunda* i *Rana ridibunda perezii*) kada je takson *perezii* postao zasebna vrsta *Rana perezii* Seoane, 1885 (danas *Pelophylax perezii*) (Hotz, 1974) a *R. ridibunda* je ostala kao monotipska vrsta. Ranije je svrstavana u rod *Rana* kao *Rana ridibunda* zajedno sa mrkim, odnosno terestričnim žabama a danas se nalazi u rodu *Pelophylax* zajedno sa ostalim zelenim žabama Evroazije. Iako je položaj *P. ridibundus* u okviru roda *Pelophylax* neosporan, postojanje kriptičnih taksona i hibridogenetska priroda zelenih žaba otežavaju konzistentnost u okviru nižih taksonomskih kategorija i utiču na česte nomenklaturne revizije. U novijoj literaturi se od nedavno umesto *P. ridibundus* može naći i naziv – *P. fortis* (Dufresnes i Mazepa, 2020). Navedeni predlog nomenklaturne izmene ovog taksona do sad nije u potpunosti usvojen i rasprostranjen u recentnoj literaturi, te se u ovom slučaju pridržavamo uobičajene nomenklature koristeći naziv vrste – *P. ridibundus*.

Odrasle jedinke velike zelene žabe mogu dostići dužinu do 15 cm, pa čak i do 18 cm u izuzetnim slučajevima (Džukić i sar., 2003). Mužjaci su sitniji od ženki i od njih se razlikuju po prisustvu vokalnih kesa u uglovima usana i zadebljanju na prvom prstu prednjih ekstremiteta koji služi za pridržavanje ženki u amplexusu. Dorzalna boja tela je zelena, smeđe-zelena ili smeđa često sa tamnim pegama i zelenom ili žutom prugom duž sredine. Ventralna strana tela je u osnovi svetla ali najčešće sa brojnim tamnim pegama. Telo im je robusno, zdepasto a ekstremiteti dugi, adaptirani i za skakanje i za plivanje. Metatarzalna grbica je slabo izražena, mala i spljoštana, retko prelazi 2/5 dužine prvog prsta zadnjih udova (Džukić i sar., 2003). Mogu dostići težinu i do 300 g (Džukić i sar., 2003). U prirodi žive između 10 i 12 godina, u zavisnosti od geografske širine (Smirina, 1994). Hibernacija se uglavnom odvija u vodi i traje od septembra-oktobra do početka juna (severni delovi areala) ili novembra-decembra do januara-februara (južni delovi areala) (Arnold i Ovenden, 2004). Osim u vodi, hibernacija se može odvijati i na nekim drugim mestima poput rupa i jama na rečnim i jezerskim obalama i nasipima. Tipična je grupna hibernacija, ali grupe obično ne prelaze nekoliko desetina individua. U južnim delovima areala, hibernacija može biti prekinuta periodima toplog vremena, gde



takođe, u nezaleđenim vodama, žabe mogu ostati i aktivne tokom zime. U nekim delovima areala u Srbiji (Slika 6b) postoje mikrolokaliteti u kojima je registrovana aktivnost ove vrste tokom cele zime i u nezaleđenim i u zaleđenim vodenim biotopima (Krizmanić, neobjavljeni podaci).

Jedinke oba pola seksualnu zrelost dostižu između prve i četvrte godine života (Yilmaz i sar., 2005). Primećeno je da mužjaci ranije dostižu polnu zrelost (Smirina, 1994). Parenje se odvija u proleće nakon završetka hibernacije a započinje glasnim i karakterističnim oglašavanjem mužjaka (Erismis, 2011). Oplođenje je spoljašnje uz aksilarni amplexus (mužjak obuhvata ženku ispod prednjih nogu) koji se odvija u akvatičnoj sredini. Mužjaci i ženke provode do nekoliko dana u amplexusu i tom prilikom ženka može položiti i do 15000 jaja na akvatičnu vegetaciju, najčešće blizu površine vode (Dufresnes, 2019). Količina položenih jaja je u korelaciji sa uzrastom ženke, budući da fekunditet raste sa starošću jedinke (Erismis, 2011). Vreme metamorfoze zavisi od više faktora poput vremenskih uslova, karakteristika staništa i geografskog položaja, ali se najčešće dešava između aprila i novembra. U nekim delovima areala u Evropi i Aziji registrovana su prezimljavanja punoglavaca koji u metamorfozu ulaze tek narednog proleća (Kuzmin, 1999).

*Pelophylax ridibundus* je riparijalna vrsta, vezana za stajaće i tekuće vode, ribnjake i kanale nizijskih predela ali se može javiti i na nadmorskim visinama preko 2000m (Radovanović, 1951; Kuzmin, 1999). Naseljava mešovite listopadne šume, šumostepe, stepe, poluaridne i aridne predele. Preferira veća i otvorena vodena tela sa manje vegetacije i više rastvorenog kiseonika (Rybacki i Berger, 1994; Plenet i sar., 2000; Pagano i sar., 2001). Često naseljava aluvijalne ravni i toleriše plavljenje (Pagano i sar. 2001a, b). Zanimljivo je da se mogu naći i u brakičnoj vodi, na severnoj obali Kaspijskog mora, gde je dokumentovana reprodukcija neposredno uz morsku obalu (Kuzmin i sar., 2009a).

Areal velike zelene žabe je širok i obuhvata skoro čitavu Evropu i Bliski istok (Slika 6c). Zapadne granice obuhvataju istočnu Francusku i Veliku Britaniju. Severne granice takođe kreću od Francuske prateći obalu Severnog mora i južne obale Baltičkog mora. Nekada su obuhvatale i delove Estonije, dok se danas *P. ridibundus* tamo smatra iščezlom vrstom (Arnold, 2003; Kuzmin i sar., 2009a). Areal obuhvata i delove Letonije i Rusije do severoistočnog Kazahstana i severozapadne Kine. U Srednjoj Aziji je odsutna u pustinjskim predelima, a javlja se blizu reka i jezera. Istočnije, *P. ridibundus* se nalazi u vidu izolovanih introdukovanih populacija (gradovi Tomsk, Novosibirsk, Čelabinsk i dr.) (Berezovikov i sar., 2001). Tokom 1970.-ih godina, vrsta je introdukovana u grad Jakutsk u istočnom Sibiru i to ujedno predstavlja istočnu granicu njenog areala (Kuzmin i sar., 2009a). Jugozapadne granice polaze od Francuske, Italije, Švajcarske preko Balkanskog poluostrva do zapadne

Turske, i dalje na jug i istok preko severnog i centralnog Iraka, Avganistana, centralnog Tadžikistana, Kirgizije, južnog Kazahstana do severozapadne Kine (Ye i sar., 1993; Fei i sar., 1999).



**Slika 6.** *Pelophylax ridibundus*: a) jednika u prirodi (Autor fotografija I. Krizmanić) b) Distribucija u Srbiji (Vukov i sar., 2013) c) Areal vrste (narandžasto – autohtone populacije, ljubičasto – alohtone populacije) (Kuzmin i sar., 2009a)

*Pelophylax ridibundus* je iz istočne Evrope i Anatolije introdukovana u Švajcarsku, Veliku Britaniju, (Jooris, 2002), Španiju, Belgiju, istočne delove Rusije, Kinu i Kazahstan (Kuzmin i sar., 2009a). Za izolovane populacije u Bahreinu i Saudijskoj Arabiji nije utvrđeno da li su native ili introdukovane (Schätti i Gasperetti, 1994). Široko je rasprostranjena u Turskoj ali zbog prisustva sestrinske vrste *P. bedriagae* postoji neusaglašenosti taksonomskog statusa različitih populacija te su njene granice u tom delu areala i dalje predmet debata (Arikan, 1998; Akin i sar., 2010). Slična situacija je i sa južnim granicama na Balkanskom poluostrvu gde zbog ekspanzije sestrinske vrste *P. kurtmuelleri* i nemogućnosti razlikovanja ovih dveju vrsta *in situ* (osim bioakustičnim ili genetičkim metodama) nije moguće sa preciznošću utvrditi granice rasprostranjenosti (Litvinchuk i sar., 2020). Treba naglasiti da identifikacija i razdvajanja *P. ridibundus* od njoj sličnih i filogenetski bliskih taksona nije problem samo u obodnim zonama već i na mnogim mestima unutar areala rasprostranjenja (Plötner i Ohst, 2001; Akin i sar., 2010; Plötner i sar., 2012). Nekoliko identifikovanih filogenetskih linija (npr. sirdarijska, balhaška, anadolijska, kilikijska, eufratska, iranska) tek treba da dobiju formalan taksonomski opis/status (Mezhzherin i Peskov, 1992; Plötner i Ohst, 2001; Pesarakloo i sar., 2017).

Populacije ove zelene žabe su generalno brojne i stabilne sa tendencijom rasta i dalje ekspanzije areala ali i slučajnih i/ili namernih introdukcija (Kuzmin i sar., 2009a), za razliku od većine vodozemaca Evrope i Azije. Izvesno je da postoji negativan uticaj ekspanzije *P. ridibundus* na populacije autohtonih vodozemaca u introdukovanim oblastima, kao na primer u Velikoj Britaniji (Zeisset i Beebee, 2003), Francuskoj (Denoël i sar., 2022) i Švajcarskoj (Dufresnes i sar., 2018).

Negativan uticaj *P. ridibundus* uočen je u odnosu na centralnoazijsku vrstu *Rana asiatica* u Kirgiziji i severozapadnoj Kini (Kuzmin, 2009a) ali i na *P. lessonae* u Evropi (Vorbürger i Reyer, 2003). U Rusiji je utvrđeno da *P. ridibundus* može poslužiti kao rezervoar virusa Zapadnog Nila (*Encephalitis Nili occidentalis*) što može imati određene reperkusije na ljudsku populaciju (Camp i sar., 2018). Zelene žabe iz roda *Pelophylax*, uključujući i *P. ridibundus* okarakterisane su kao rezervoar i vektori fungalne infekcije *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*), budući da iako zaražene, retko pokazuju znakove infekcije (Ohst i sar., 2013; Ljubisavljević i sar., 2022).

Velika zelena žaba spada u najmanje ugrožene vodozemce Eurazije. Prema IUCN kriterijumima je klasifikovana kao najmanja briga (LC) na crvenoj listi vrsta. Uvršćena je u Aneksu V Evropske direktive o prirodnim i poluprirodnim staništima faune i flore (European Commission, 2003b) i Apendiksu III Konvencije Saveta Evrope o očuvanju evropske divlje flore i faune i prirodnih staništa (Bern, 1979). Na globalnom nivou, ne postoje ozbiljne pretnje za ovu vrstu. Gubitak staništa za razmnožavanje može predstavljati pretnju samo na lokalnom nivou, primerci se mogu naći i u izuzetno

zagađenim vodama, gde druge vrste vodozemaca ne mogu da prežive (Kuzmin i sar., 2009a). Izlovljavanje za naučna istraživanja ali i ljudsku konzumaciju nema više značajan uticaj na populacije ove vrste kao što je to bilo u prošlosti na teritoriji istočne Azije ali i bivše Jugoslavije i Rumunije (Džukić i sar., 2003). Posmatrajući širinu rasprostranjenja, broj nativnih i introdukovanih populacija, brojnost populacija u najvećem delu areala, kao i saznanja o prisustvu ove vrste kod nas, može se zaključiti da je *P. ridibundus* manje ugrožena nego druga parentalna vrsta iz *Pelophylax esculentus* kompleksa (Kuznetsov i Ruchin, 2001). Zakonske regulative u Srbiji koje bi trebalo da se bave zaštitom ove vrste izložene su u Uredbi o stavljanju pod kontrolu korišćenja i prometa divlje flore i faune (Službeni glasnik RS, br. 95/2018) i veoma su oskudne. Prema članu 11. Uredbe o stavljanju pod kontrolu i korišćenje i promet divlje flore i faune sakupljanje zelenih žaba može se vršiti samo u periodu od 1. juna do 1. septembra dok član 12. zabranjuje sakupljanje žaba težine ispod 50 g i iznad 120 g, odnosno sa manjom dužinom od 9 cm i većom od 15 cm. Budući da Uredba stavlja masu kao primarni karakter a takođe dopušta odabir karaktera, ovakva formulacija ide na štetu reproduktivno aktivnom delu populacije koji čine najkrupnije jedinke. Prema istraživanju na teritoriji Srbije (Krizmanić 2008b) sve individue koje spadaju u kategoriju dozvoljene za eksploatacije prema kriterijumu dužine tela su i one sa odgovarajućom težinom. U ostalim državama Evrope, konzervacioni status ove vrste je različit. Smatra se retkom u Nemačkoj (Nowak i sar., 1994; Binot i sar., 1998) i Danskoj (Stoltze i Pihl, 1998; Fog, 2006), zavisnom od zaštite u Francuskoj (Maurin, 1994) i ugroženom u Italiji (Bulgarini i sar., 1998).

### **3.2. *Pelophylax lessonae* Camerano, 1882 – mala zelena žaba**

Do sredine XX veka *Pelophylax lessonae* nije bila priznata kao vrsta već je navođena kao podvrsta, odnosno varijetet "*Rana esculenta*" (Dély, 1967). Taksonomski status vrste ustanovljava Berger (1966). *P. lessonae* je dobila naziv u čast italijanskog zoologa XIX veka, Mikelea Lesona (Michele Lessona) koji se najviše bavio vodozemcima (Beolens i sar., 2013). Poput velike zelene žabe, i mala zelena žaba je dugo bila svrstavana u rod *Rana*, nakon čega je premeštena u rod *Pelophylax*.

*Pelophylax lessonae* ili mala zelena žaba je najmanja od zelenih žaba iz *Pelophylax esculentus* kompleksa (Slika 7a). Dostiže dužinu do oko 7.5 cm, retko duže od 8 cm (Džukić i sar., 2003). Telo je zdepasto a njuška zašiljenija u odnosu na *P. ridibundus*. Dorzalna strana tela je zelena, ređe bronzana, sa crnim okruglim mrljama, dok joj je ventralna strana tela bela, bez pega. Dorzalni delovi butina su mramorisani sa žutim ili žuto - sumporastim mrljama, naročito u doba parenja. Metatarzalna grbica je velika, polumesečasta i dugačka do 2/3 dužine prvog prsta na zadnjim ekstremitetima. Izraženija je u

odnosu na metatarzalnu grbicu ostalih žaba iz *P. esculentus* kompleksa, što je ujedno i karakteristika ovog taksona (Džukić i sar., 2003, Krizmanić, 2008a,b). Mužjaci u uglovima usta poseduju bele vokalne kese i zadebljanje na prvom prstu prednjih ekstremiteta u vreme parenja. Hibernacija se odvija uglavnom na kopnu, ređe u vodi u periodu od septembra–novembra do marta–maja. Reprodukcijski ciklus započinje nakon hibernacije i traje do kraja juna. Oglašavanje mužjaka je slično kao i kod *P. ridibundus*, sa manjim razlikama u rezonanciji (Arnold i Ovenden, 2004).

Polnu zrelost dostižu između druge i treće godine života (Dolmen, 2012). Nakon dostizanja polne zrelosti, ženke najčešće provedu još jednu sezonu kao seksualno zreli adulti koji ne ulaze u reprodukciju kako bi naredne sezone položile veći broj jaja (Sjögren, 1991a). Reprodukcijski ciklus *P. lessonae* veoma zavisi od temperature budući da zahteva temperature vode od najmanje 16 °C kako bi se inicirala reprodukcija i uspešno završio larvalni razvoj i metamorfoza (Sinsch, 1984). Oplođenje je spoljašnje uz aksilarni amplexus koji se odvijaju u akvatičnoj sredini. Metamorfoza se dešava u periodu od juna do oktobra, obično u julu–avgustu. Punoglavci nekada mogu prezimljavati i tada dostižu značajnu veličinu. Ženke polažu jaja na avkvatičnu vegetaciju, blizu površine vode u grupama od nekoliko stotina do nekoliko hiljada (Dufresnes, 2019). Metamorfoza se dešava od juna do oktobra (Reinkind i Engemyr, 2019). Životni vek je u proseku oko 6 godina (Smirina, 1994).

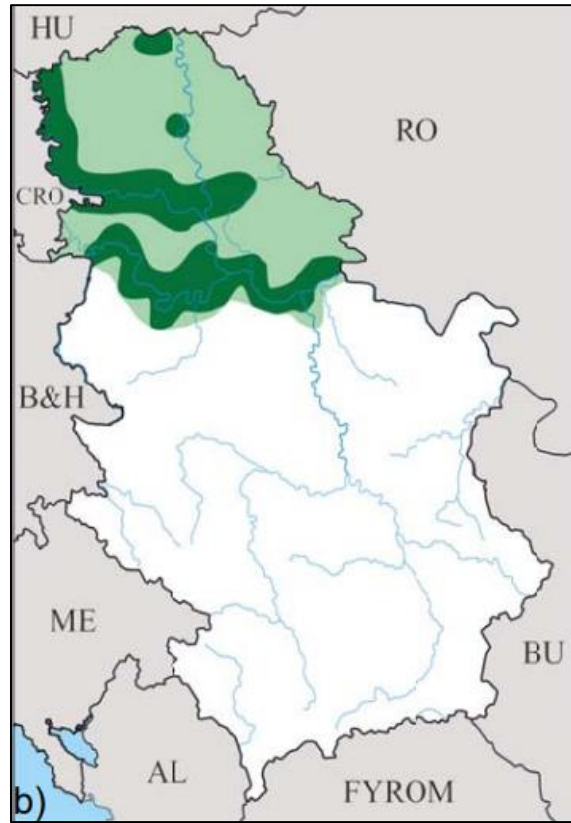
*Pelophylax lessonae* je riparijalna vrsta koja preferira manja i plića vodena tela, gusto obrasla emerznom i submerznom vegetacijom sa nižom koncentracijom rastvorenog kiseonika poput močvara, bara i manjih jezera (Rybacki i Berger, 1994; Plenet i sar., 2000; Pagano i sar., 2001). Iako je najčešća u nizijskim predelima, u južnim delovima areala pojedini primerci su dokumentovani i na visinama od 1500 m (Kuzmin i sar., 2009b).

Areal male zelene žabe obuhvata čitavu centralnu Evropu, od severnih delova Francuske, preko celog toka reke Dunav, sve do njegovog ušća u Crno more na istoku, uključujući i ceo evropski deo Rusije do planine Ural i severne Italije na jugu (Slika 7c). Nije prisutna na Iberijskom poluostrvu, osim nekoliko introdukovanih populacija u Španiji, centralnoj i južnoj Italiji i na Balkanskom poluostrvu (osim u njegovom severnom delu) (Tegelstrom i Sjogren-Gulve, 2004; Zeisset i Beebe, 2001, Kuzmin i sar., 2009b). Izolovane populacije male zelene žabe su dokumentovane u Norveškoj (Dolmen, 1997) i Švedskoj (Sjögren, 1991a). Genetička istraživanja su pokazala da su ove periferne populacije malih zelenih žaba sličnije populacijama u Litvaniji i Rusiji nego centralnoevropskim. Severnoevropske populacije se od centralnoevropskih razlikuju u obojenosti tela tokom sezone parenja (Sjögren, 1991b): mužjaci su zlatno-bron boje a dorzalna strana ženki postaje izuzetno tamna. Osim morfološki i genetički, ove populacije se razlikuju i po njihovoj boljoj adaptiranosti na hladniju klimu (Orizaola i

sar., 2010). Larve severnih populacija ulaze kasnije u metamorfozu ali je brže završavaju budući da je preživljavanje u larvalnom stadijumu u severnom klimatu nemoguće (Sjögren i sar., 1988). Zajedno sa iščezlom britanskom populacijom, skandinavske populacije male zelene žabe formiraju jednu izdvojenu severnu kladu (Beebee i sar., 2005; Snell i sar., 2005). One se smatraju reliktnim populacijama post-glacijalnih migracija koje su došle na sever Evrope tokom toplijih perioda (pre oko 12000 godina) i postale izolovane tokom kasnijih perioda zahlađivanja koji su onemogućili komunikaciju sa ostatkom areala (pre oko 10000 godina) (Zeisset i Beebee, 2001; Snell i sar., 2005).

Britanska populacija male zelene žabe je postojala do sredine 1990-ih godina ali je proglašena izumrlom. Budući da pripadaju istoj kladi, između 2005. i 2008. godine je sprovedena reintrodukcija male zelene žabe iz Švedske u Veliku Britaniju i poslednji rezultati pokazuju da je reintrodukcija bila uspešna budući da danas postoji nekoliko populacija sa pozitivnim populacionim trendom (Buckley i Foster, 2005; Kuzmin i sar., 2009b). Mala zelena žaba je nedavno prvi put dokumentovana i u Finskoj (Hoogesteger i sar., 2013). Finska populacija deli morfološke karakteristike sa ostalim severnim populacijama, ali njena genetika još uvek nije ispitana. Iako je na većem delu areala zabeleženo opadanje brojnosti populacije (Gasc, 1997), i dalje je široko rasprostranjena i česta u Poljskoj, Moldaviji, Rusiji, Ukrajini, Estoniji, Letoniji i Litvaniji. U Srbiji se *P. lessonae* smatra retkom jer okupira manje od 50% teritorije Srbije (Vukov i sar., 2013). Areal vrste je ograničen i ne sasvim poznat, budući da naša zemlja predstavlja južnu granicu areala rasprostranjenja (Vukov i sar., 2013) (Slika 7b).

Na opadanje brojnosti populacija ove vrste najviše utiču gubitak staništa zbog intenzivne urbanizacije i isušivanja, odvodnjavanja i zagađivanja vlažnih staništa, kao i introdukcije predatorskih riba na mesta za razmnožavanje (Kuzmin i sar., 2009b). Dodatno je ugrožena pošumljavanjem u severnim delovima svog areala, kao i kompeticijom sa *P. ridibundus* (Vorburger i Reyer, 2003). Iako danas veoma malo zastupljeno, neselektivno izlovaljvanje radi ljudske ishrane i trgovine može uticati na populacije *P. lessonae* (Krizmanić, 2008b).



**Slika 7.** *Pelophylax lessonae*: a) jednika u prirodi (Autor fotografija I. Krizmanić) b) Distribucija u Srbiji - tamno zeleno: potvrđeno prisustvo, svetlo zeleno: očekivano prisustvo (Vukov i sar., 2013) c) Areal vrste (Kuzmin i sar., 2009b)

Patogena gljiva *Batrachochytrium dendrobatidis*, koja predstavlja globalnu pretnju za vodozemce je identifikovana u populacijama *P. lessonae* u raznim delovima areala (Baláž i sar., 2014a). Ipak, pomori populacija male zelene žabe izazvani pomenutim patogenom nisu dokumentovani. Poput bliskih vrsta iz roda *Pelophylax* i *P. lessonae* se može smatrati rezervoarom ove infekcije (Baláž i sar., 2014b). ). S druge strane, na ovoj vrsti je prvi put za Srbiju identifikovana “vodena buđ” - *Aphanomyces* sp. (Saprolegniales, Oomycota), uzročnik afanomikoza vodozemaca (Stupar i sar., 2020) kao i *Pseudotaeniolina globosa* (Capnodiales, Ascomycota), veoma retka melanizovana meristemska gljiva koja pripada velikoj grupi potencijalnih amfibijskih patogena – uzročnika hromomikoza (Breka i sar., 2022).

Na globalnom nivou, *P. lessonae* se ne smatra ugroženom vrstom. Prema IUCN kriterijumima je klasifikovana kao najmanja briga (LC) na crvenoj listi. Mala zelena žaba je uvršćena u Aneks IV Evropske direktive o prirodnim i poluprirodnim staništima flore i faune i prepoznata kao vrsta za koju je potrebna stroga zaštita (European Commission, 2003a), za razliku od druga dva taksona iz *Pelophylax esculentus* kompleksa, koje su u slabijem stepenu zaštite. Takođe se nalazi i na Apendiksu III Konvencije Saveta Evrope o očuvanju evropske divlje flore i faune i prirodnih staništa (Bern, 1979). U mnogim evropskim zemljama je zaštićena nacionalnim zakonima i stavljena na spisak brojnih nacionalnih i podnacionalnih crvenih knjiga. U Velikoj Britaniji se navodi kao “vrsta od prioriteta” (JNCC, 2010), u Švedskoj je označena kao ranjiva (Nilsson, 2013) dok je kritično ugrožena u Norveškoj (DN, 2006).

Istraživanja u Srbiji su pokazala da se zbog svoje ograničene distribucije kao i ekologije, *P. lessonae* može smatrati potencijalno jednom od najugroženijih vrsta žaba u Srbiji (Vukov i sar., 2015). Prema važećoj nacionalnoj legislativi u Srbiji “Pravilniku o proglašenju i zaštiti strogo zaštićenih i zaštićenih divljih vrsta biljaka, životinja i gljiva” (Službeni glasnik RS, br. 47/2011) mala zelena žaba je zaštićena vrsta uz napomenu da se vrsta komercijalno eksploatiše i da se na nju odnose odredbe Uredbe o stavljanju pod kontrolu korišćenja i prometa divlje flore i faune (Službeni glasnik RS, br. 95/2018). Pomenuta Uredba ne uzima u obzir varijabilnost morfoloških karaktera između taksona *Pelophylax esculentus* kompleksa, te za *P. lessonae*, znatno sitniju vrstu važe podjednaki kriterijumi izlova kao i za druga dva taksona iz kompleksa (Krizmanić, 2008b). Budući da ne postoje precizni podaci o rasprostranjenju, kao i populacionom trendu u Srbiji, prema regionalnim IUCN kriterijumima ova vrsta je do skora imala status vrste sa nedostatkom podataka za određivanje konzervacionog statusa (DD) (Krizmanić, 2015). Kako se u poslednjih nekoliko godina stanje svih prirodnih populacija zelenih žaba, a posebno male zelene žabe drastično pogoršava, izvršena je reevaluacija ugroženosti ove vrste, a



na osnovu podataka prikupljenih u poslednjih 10 godina. Prema novoj proceni prema IUCN kriterijumima (IUCN, 2012), *P. lessonae* ima status ranjive vrste (VU: B1ac(i,ii)) u Srbiji (Krizmanić, 2023, neobjavljeni podaci). Planirano je da se vrsta svrsta u kategoriju ranjivih prema IUCN kriterijumu B1 koji se odnosi na smanjenje opsega u kojem je vrsta primećena (eng. *extent of occurrence*) i uslovima *a* i *c* koji se odnose na visoku fragmentisanost i ekstremne fluktuacije u opsegu u kome je vrsta primećena i području koje zauzima.

### 3.3. *Pelophylax esculentus* Linnaeus, 1758 – zelena žaba

Zelena žaba ili *Pelophylax esculentus* se dugo smatrala vrstom i podvrstom drugih zelenih žaba (Berger, 1983; Graf i Polls Pelaz, 1989; Ogielska, 1994). Tek Berger (1967) otkriva da je reč o hibridnom taksonu koji nastaje specifičnim tipom reprodukcije dve parentalne vrste – velike zelene žabe *P. ridibundus* i male zelene žabe *P. lessonae*.

Obzirom na hibridno poreklo, *P. esculentus* pokazuje morfološku i ekološku intermedijarnost u odnosu na parentalne vrste (Pagano i sar., 2001), iako češće nalikuje na *P. lessonae* (Slika 8a). Razlikuju se po tome što imaju duže zadnje ekstremitete, manje metatarzalne grbice (ne manje od 1/2 dužine prvog prsta zadnjih udova) karakterističnog asimetričnog oblika, uperene ka prvom prstu zadnjih ekstremiteta (Džukić i sar., 2003) i drugačiju obojenosti butina, najčešće bez sumporno-žute boje (jedan od dijagnostičkih karaktera za *P. lessonae*). Dorzalna boja tela im je najčešće svetlo zelena sa svetlim braon mrljama na leđima. Zelena žaba dostiže dužinu od oko 9 cm, dok ženke, koje su krupnije od mužjaka, mogu dostići dužinu i do 12 cm (Dufresnes, 2019). Vokalne kese su svetle do tamno sive, a oglašavanje je slično kao kod roditeljskih vrsta (Arnold i Ovenden, 2004). U prirodi mogu živeti do 12 godina (Smirina, 1994). U odnosu na morfometrijske karaktere, *P. esculentus* je najčešće intermedijarna u poređenju sa parentalnim vrstama (Krizmanić, 2008a; Breka i sar., 2020).

Hibernacioni period je od septembra – oktobra do marta odnosno maja meseca (Holenweg i Reyer, 2000). Hibernacija se odvija u vodi ili na kopnu blizu vode, tokom zimskih meseci. Sezona parenja počinje u aprilu i traje do juna, tokom koje ne napušta vodu. Većini mužjaka tokom parenja nestaju tamne mrlje na leđima i boja se menja u žuto - zelenu. Ampleksus je aksilarni a spoljašnje oplodjenje se odvija u avkatičnoj sredini. Ženka polaže od nekoliko stotina do nekoliko hiljada jaja u vodi. Polnu zrelost dostižu između druge i treće godine života (Dufresnes, 2019). Zelene žabe provode većinu vremena u ili blizu vode i mogu se naći u mirnijim delovima reka i potoka, gde postoji spor, ali stalan tok vode. Preferira otvorenije prostore i mogu se naći oko jezera, bara i močvara. Ne naseljavaju hladne oligotrofne vode niti vode bez vegetacije (Mikulíček i sar., 2015). *Pelophylax esculentus*

ispoljava širu ekološku plastičnost u odnosu na parentalne vrste i nastanjuje različite tipove staništa (Pagano i sar., 2001; Hohenweg Peter i sar., 2002).



**Slika 8.** *Pelophylax esculentus*: a) jednika u prirodi (Autor fotografija I. Krizmanić) b) Distribucija u Srbiji - tamno zeleno: potvrđeno prisustvo, svetlo zeleno: pretpostavljeno prisustvo (Vukov i sar., 2013) c) Areal vrste (Kuzmin i sar., 2009c)

Areal *P. esculentus* se najvećim delom poklapa sa arealom parentalne vrste *R. lessonae* i obuhvata centralnu Evropu, sa severnom granicom u Nemačkoj i Estoniji. Južna granica obuhvata Srbiju, Hrvatsku, Italiju (u polini reke Po) i prostire se do Francuske (Kuzmin i sar., 2009c) (Slika 8c). Pored populacija gde se *P. esculentus* javlja sa jednom ili obe parentalne vrste u sintopiji, postoje i tzv. "čiste" hibridne populacije u Danskoj (Christiansen i sar., 2005), Švedskoj (Christiansen i sar., 2010) i Finskoj (Hoogesteger i sar. 2013) kao i introdukovane populacije u Velikoj Britaniji i Španiji (Arnold i Ovenden, 2004; Kuzmin i sar., 2009c). U Srbiji, osim u Vojvodini, do sada je potvrđena i u dolini Morave i istočnim i jugoistočnim delovima zemlje (Slika 8b).

Za hibridni takson *P. esculentus* se smatra da ima stabilan populacioni trend u istočnoj Evropi a da se negativni uticaji na populacione trendove više ispoljavaju u zapadnim delovima areala (Kuzmin i sar., 2009c). Glavni faktori ugrožavanja su uništavanje staništa i zagađenje. Izlovljavanje radi ljudske ishrane i trgovine može uticati na populacije *P. esculentus* u nekim delovima areala (Krizmanić, 2008b). Poput parentalnih vrsta, *P. esculentus* se navodi kao važan vektor gljivične infekcije *Batrachochytrium dendrobatidis* (Baláž i sar., 2014a) koja je detektovana na jedinkama ovog taksona i u Srbiji (Mali i sar., 2017). Na jedinkama *P. esculentus* u Srbiji je detektovana i veoma retka gljiva *Quambalaria cyanescens* (Breka i sar., 2022). Ova gljiva se smatra potencijalnim oportunističkim patogenom čiji uticaj na populacije zelenih žaba još uvek nije utvrđen (Stupar i sar., 2022). Takođe, detektovana je i gljiva *Fonsecaea* sp., koja se u literaturi navodi kao uzročnik hromomikoze kod vodozemaca i feohifomikoze kod ljudi (Stupar i sar., 2017).

Budući da IUCN kriterijumi ne prepoznaju hibride kao taksone podobne za evaluaciju konzervacionog statusa, *P. esculentus* se danas ne nalazi ni pod kojom kategorijom na globalnoj crvenoj listi. U prethodnim evaluacijama, imala je status najmanje brige (LC) (Kuzmin i sar., 2009c). Uvrštena je u Aneks V evropske direktive o prirodnim i poluprirodnim staništima flore i faune (European Commission, 2003b) i Apendiksu III Konvencije Saveta Evrope o očuvanju evropske divlje flore i faune i prirodnih staništa (Bern, 1979). Zaštita zelene žabe na području Republike Srbije obuhvaćena je istim zakonskim regulativama kao i njene parentalne vrste (Službeni glasnik RS, br. 95/2018). Isto kao i kod parentalnih vrsta, Uredbom definisani parametri mera za izlov ovog taksona ne zadovoljavaju proklamovane pretpostavke zbog kojih su propisane (Krizmanić, 2008a, b).

#### 4. Područje istraživanja

Vojvodina se prostire jugoistočnim delom Panonske nizije i skoro celom svojom površinom pripada Srednjoj Evropi. Panonska nizija je nastala kao rezultat alpske orogeneze (oligo-Miocen), odnosno sudaranja i podvlačenja evropske kontinentalne ploče pod afričku ploču (Fodor i sar., 2005). Početkom Miocena, Panonska nizija se ispunila vodom koja je prodrila iz Tetisa i formirala Panonsko more. Ono je činilo samo deo Paratetisa, velikog epikontinentalnog mora koje se protezalo od Bečke nizije na zapadu do Aralskog i Crnog mora na istoku (Rodić i Pavlović, 1994). Miocensko uzdizanje Karpata dovelo je do prekida veze Panonskog mora sa ostatkom Paratetisa, formirajući tzv. Panonsko jezero. Tokom perioda mesinske krize saliniteta došlo je do periodičnog povlačenja vode i isušivanja da bi do potpunog povlačenja vode, usled nakupljanja sedimenta, došlo na prelazu iz Pliocena u Pleistocen (pre 2,5 miliona godina). U poslednjim fazama, voda se zadržala samo u depresijama, a ostatak je oticao dolinom Pradunava kroz Đerdapsku klisuru (Rodić i Pavlović, 1994). Pre oko 600 hiljada godina, Panonsko jezero nestaje i formira se savremena hidrografska mreža u kojoj dominira tok Dunava sa svojim pritokama. Brojni vodotokovi sa periodičnim plavljenjem, kao i položaj između tri masivna planinska lanca (Alpa, Karpata i Dinarida), usloveli su specifičnu klimu i raznovrsnost tipova zemljišta na području Panonske nizije. Tako se u zonama plavljenja formirao aluvijalni sediment a u zonama bez plavljenja les, nad kojim se formirao černozem.

Vojvodina je u geopolitičkom smislu Autonomna pokrajina Republike Srbije i obuhvata njen severni deo. Vojvodinu sa ukupnom površinom od oko 21.500 km<sup>2</sup> čine sledeći geografski regioni: Banat (ograničen tokovima Tise na zapadu, Dunava na jugu, srpsko-mađarskom granicom na severu i srpsko-rumunskom na istoku), Bačka (ograničena Dunavom na jugu i zapadu a Tisom na istoku), Srem (ograničen Dunavom na severu i istoku, Savom na jugu a srpsko-hrvatskom granicom na zapadu) i mali deo severne Mačve koji administrativno pripada Sremskom okrugu. Zamena prirodnih ekosistema agroekosistemima i intenzivna urbanizacija u Vojvodini su doprineli tome da je danas ostalo veoma malo prirodnih staništa i to uglavnom u okviru zaštićenih područja. Prema podacima Pokrajinskog zavoda za zaštitu prirode u Vojvodini se pod zaštitom trenutno nalazi 138 prirodnih dobara, odnosno 6,91% ukupne površine Vojvodine. Prema „Corine Land Cover“ podacima o prostornoj i procentualnoj zastupljenosti klasa pokrovnosti tla, svega 6,32% ukupne teritorije Vojvodine čine šume (Copernicus Land Monitoring Service, 2021), čineći je najmanje šumovitom regijom Evrope.

#### 4.1. Opšte karakteristike Banata

Banat je deo Panonske nizije administrativno podeljen između Srbije, Rumunije i Mađarske. Deo Banata koji pripada Srbiji je omeđen tokovima reka Tise sa zapada i Dunava sa jugozapada i juga. Severnu granicu čini državna granica sa Mađarskom a severoistočnu i istočnu, državna granica sa Rumunijom. Površina Banata koji pripada Srbiji iznosi oko 8997 km<sup>2</sup> (Marković, 1967). Ovaj prostor se odlikuje homogenom geološkom građom pre svega nanosima šljunka, mulja i peska, kao i lesnim i peščarskim površinama. U ovom pretežno ravničarskom regionu, izdvajaju se posebne morfološke celine: Vršacke planine, Belocrkvanska kotlina, Deliblatska peščara, kao i brojne lesne i aluvijalne zaravni i terase (npr. Tamiška lesna zaravan, Banatska lesna zaravan i sl.) (Bukurov, 1978).

S obzirom na nisko i nedisecirano zemljište, u Banatu se javlja relativno veći broj vodotokova. Najveće reke ovog regiona nakon Dunava i Tise su Tamiš, Begej, Karaš, Nera i Zlatica. Većinu reka koje protiču Banatom, karakteriše slab pad i slabo izraženo usecanje korita sa bočnom erozijom. Posledica toga je vrlo visok nivo podzemnih voda koje maksimalni nivo dostižu u proleće a minimalni u jesen (Knežević, 1990). U Banatu je ranije postojalo i mnogo jezera, bara i močvara, koji su isušeni melioracijama. Vađenjem šljunka na nekoliko mesta, posebno u Južnom Banatu, stvorena su veća udubljenja u kojima su izdanske vode kreirale veštačka jezera (Vršacko jezero, Belocrkvanska jezera). Za ovo područje su najkarakterističnija zemljišta černozem i ritska crnica. Duž korita reka, zastupljeno je aluvijalno zemljište. Klima Banata je kontinentalna i pripada VII tipu zonalne klime prema Walter-u odnosno stepskoj klimi (Walter, 1984). U okviru ovog zonalnog tipa, postoji i semiaridni kontinentalni panonski podtip koji je identifikovan kao tipičan za Južni Banat. Ipak, detaljnijom analizom parametara klime na ovom području utvrđeno je da pripada podtipu stepске klime označene kao semihumidna kontinentalno podunavska klima. Osnovne karakteristike ovog podtipa klime su topla i suva leta, hladne i vlažne zime sa srednjim godišnjim temperaturama između 10,2-11,7 °C. Padavina je malo i njihova srednja godišnja količina varira između 520-590 mm (Stevanović i Stevanović, 1995). Sezonálnost padavina je izražena. Najviše padavina se javlja tokom proleća i jeseni, u toku vegetacionog perioda što omogućava održavanje stepске vegetacije. Kako je okružen Karpatima na istoku, Alpima na zapadu i Dinaridima na jugozapadu, u Banatu lakše prodiru vazdušne struje preko nižih Karpata, tokom Dunava, preko Vlaške nizije (Knežević, 1990) tako da je kontinentalnost klimatskih faktora osnažena dejstvom suvih i hladnih vazdušnih strujanja sa istoka prodorom kroz Đerdapsku klisuru, a ublažena severozapadnim uticajem vlažne srednjeevropske klime (Živković, 1972). Severozapadni i zapadni vetrovi duvaju tokom letnjih meseci, a jugoistočni tokom zimskih. Od oktobra do aprila meseca za ovaj region je uobičajen vetar jugoistočnog pravca - košava. Ovaj vetar je

kontinentalnog karaktera, suv i hladan a može neprestano duvati nekoliko dana pa i nedelja, posebno u južnom Banatu između Dunava i Tamiša (Marković, 1967). Južni Banat se odlikuje višim temperaturama ali i većom prosečnom količinom padavina u odnosu na Severni Banat (Marković, 1967).

Banat pripada pontskom biogeografskom regionu, odnosno panonsko-vlaškom region i Panonskoj provinciji. Ovu provinciju u vegetacijsko-biotskom smislu karakterišu stepski, šumostepski, peščarski ekosistemi lesnih zaravni i peščara, kao i mali broj slatinskih ekosistema. Najdominantniji floristički ali i zoološki element je istočnoazijski, čije prodiranje u ovaj predeo počinje još tokom Pliocena. Bogato je zastupljen i arktički element, koji se proširio tokom perioda glacijacije. Dodatno, prisutni su još i turgajski i mediteranski elementi, koji se mogu okarakterisati kao paleobiogeografski elementi ovog područja (Lopatin i Matvejev, 1995). Prema florističkoj podeli jugoistočne Evrope, Banat pripada pontsko-južnosibirskom florističko-vegetacijskom regionu, tj. južnosibirskom podregionu (Horvat i sar., 1974). Tip vegetacije dominantan za ovo područje su šumostepe u kojoj se mozaično smenjuju listopadne, šumske i stepske zajednice u zavisnosti od orografskih i mikroklimatskih uslova. Šume u ovoj zoni se javljaju na severnim ekspozicijama, a stepa na južnim ekspozicijama.

#### **4.2. Istraživani lokaliteti**

Istraživanje je sprovedeno na području koje obuhvata južni deo Južnog Banata (Slika 9). Područje obuhvata jugoistočni rub Deliblatske peščare na zapadu i proteže se do sela Kusić na istoku. Južnu granicu istraživanog područja čine reke Dunav i Nera uz granicu sa Rumunijom a na severu, područje doseže do većih urbanizovanih površina - Vračevog Gaja i Bele Crkve. Čitavo područje zauzima površinu od oko 36,7 km<sup>2</sup>. U okviru istraživanog područja nalaze se i dve zaštićena područja: Strogi rezervat prirode "Deliblatska peščara" i Predeo izuzetnih odlika "Karaš - Nera".

Lokaliteti na kojima su vršena uzorkovanja zelenih žaba su odabrani prema potvrđenom prisustvu REL populacionog sistema (Krizmanić i Ivanović, 2010). Odabrani lokaliteti predstavljaju tipična staništa za zelene žabe ali sa različitim stepenom očuvanosti prirodnih karakteristika i antropogenog pritiska. Iz tog razloga, pre samog uzorkovanja, svaki od odabranih lokaliteta je višestruko posećivan sa ciljem da se direktnim posmatranjem na terenu proceni antropogeni pritisak u smislu ljudskog prisustva i aktivnosti ali i konstatuju i vrednuju karakteristike staništa poput prisustva vodenih ptica, riba, prisustvo/odsustvo makrofita, zasenčenost i permanentnost vodenog tela itd.



**Slika 9.** Mapa istraživanog područja – Južni Banat sa odabranim lokalitetima

Istraživanja su sprovedena na tri lokaliteta u Južnom Banatu.

1. Stevanove ravnice (STR),  $44^{\circ}49'57.8''N$   $21^{\circ}18'33.1''E$  (Slika 10): Ovaj lokalitet se nalazi unutar specijalnog rezervata prirode “Deliblatska peščara”, u njenom jugoistočnom delu. Proteže se duž južnog oboda Panonske nizije na aluvijalnoj ravni Dunava. Pripada zoni sa II stepenom zaštite. Prema klasifikaciji Svetske komisije za zaštićena područja (eng. *World Commission on Protected Areas - WCPA*) pripada IV kategoriji kao područje upravljanja staništima/vrstama u prirodi, na kojem se zaštita sprovodi interventnim merama. (eng. *Habitat and species management area*). Takođe, istraživani lokalitet se nalazi u okviru Ramsarskog područja Labudovo okno. Ovaj predeo je nastao usporavanjem i podizanjem nivoa Dunava nakon izgradnje brane hidroenergetskog sistema „Đerdap I“. Na ovom lokalitetu u manjoj meri je zastupljeno smeđe stepsko zemljište na pesku (Nejgebauer, 1972), dok dominira aluvijano zemljište odnosno njegov varijetet - aluvijano zabareno zemljište nastalo aluvijalnim nanosima Dunava. Ovaj tip zemljišta se karakteriše velikim udelom hidrofилnih koloidnih glina i nepristupačnom vodom (Polić, 2005). U odnosu na druge varijetete aluvijalnog zemljišta, kapilarni uspon vode je viši jer su donji slojevi lakšeg sastava. Kao posledica toga u izduvinama u samoj aluvijalnoj ravni Dunava podzemne vode dovode do formiranja lokvi i bara koje se pri višim vodostajima i plavljenjima spajaju kako međusobno tako i sa rečnim koritom Dunava. U

zavisnosti od sezone, broj lokvi i bara, kao i njihova konfiguracija sa na ovom lokalitetu menja. Tokom vlažnih perioda u proleće i rano leto na ovom lokalitetu bilo je moguće detektovati na desetine lokvi prečnika između 5 i 15 m sa slobodnom vodom, dok se njihov broj sa odmicanjem vegetacione sezone smanjivao tako da ih krajem oktobra više nije ni bilo. Ove bare su obrasle makrofitama i to najčešće iz asocijacije *Scirpo-Phragmitetum* i subasocijacije *Scirpo-Phragmitetum phragmitetosum* koja predstavlja dominantni tip semiakvatične vegetacije na istraživanom lokalitetu. U ovoj subasocijaciji dominira *Phragmites australis* (trska) a smena aspekata je slabo izražena tokom vegetacionog perioda. Pored trske, subdominantnu ulogu imaju *Acorus calamus* (iđirot), *Iris pseudoacorus* (barska perunika), *Mentha aquatica* (vodena metvica), *Stachys palustris* (močvarni čistac) i *Lythrum salicaria* (potočnjak). Uz obalu Dunava, pre smene u stepska staništa, javljaju se higrofilne zajednice u vidu manjih grupa ili pojedinačnih stabala bele topole (*Populus alba*), crne topole (*Populus nigra*), breze (*Betula verrucosa*) i bele vrbe (*Salix alba*). Danas su ove higrofilne zajednice u Deliblatskoj peščari samo fragmenti nekada široko rasprostranjene močvarne vegetacije i higrofilnih šuma, što je posledica spuštanja nivoa podzemnih voda usled prirodnog ali i veštačkog isušivanja (Stjepanović-Veseličić, 1979). U okviru zone II stepena zaštite dozvoljeno je korišćenje poljoprivrednog zemljišta i stočarstvo na tradicionalni način, te lokalitet naseljava i koristi nekoliko stočara. Iako je ispaša donekle važna aktivnost za održavanje specifičnog stepskog staništa, uočeno je da na istraživanom lokalitetu znatno doprinosi ubrzanoj eutrofikaciji ali i zbijanju zemljišta. Područje je i pored zoogeonog pritiska zadržalo karakterističnu kompleksnu strukturu i sastav mozaičnog pejzaža uslovljenog mikrotopografijom i vodostajem gde se smenjuju zajednice higrofilne vegetacije, koja je u regresiji u odnosu na peščarsku i stepsku vegetaciju koja nadire (Stjepanović-Veseličić, 1979). Ritovi i plićaci Dunava na koje se naslanja lokalitet, idealna su mesta za mrest mnogih riba poput šarana (*Cyprinus carpio*), soma (*Silurus glanis*), smuđa (*Sander lucioperca*) i kečiga (*Acipenser ruthenus*) ali pošto nije postojala konstantna veza kopnenih lokvi i rečnog korita, u okviru istraživanih lokvi ribe kao ni njihova mlađ nisu primećeni. S druge strane, Labudovo okno kao Međunarodno značajno područje za ptice (eng. *Important Bird Area – IBA*) predstavlja važno gnezdište, zimovalište i migratornu stanicu barskih ptica. Na ovom lokalitetu uz obalu Dunava ali i u okviru okolnih lokvi se mogu videti brojne ptice močvarice poput divlje guske (*Anser anser*), labuda grbca (*Cygnus olor*), patke gluvare (*Anas platyrhynchos*), bele rode (*Ciconia ciconia*), velike bele čaplje (*Ardea alba*), male bele čaplje (*Egretta garzetta*), ćubastog gnjurca (*Podiceps cristatus*), barske kokice



(*Gallinula chloropus*) i drugih (BirdLife International, 2022). Ptice močvarice predstavljaju važnu faunističku komponentu ovakvih staništa. Žabe su sakupljene u barama, sa vlažnih livada između bara ali i u udubljenjima ispunjenih vodom nastalih intenzivnim gaženjem stoke.



**Slika 10.** Lokalitet Stevanove ravnice: a) jedna od brojnih privremenih bara nastalih podizanjem podzemnih voda i plavljenjem; b) Oštećenja na zemlji nastala zoogenim delovanjem, ispunjene vodom (Autor fotografija: K. Breka)

2. Kanal Banatska Palanka – Novi Bečej (DTD), 44°51'14.4"N 21°18'17.8"E (Slika 11): Ovaj kanal je najznačajniji i sa svojih 147 km toka najduži kanal osnovne kanalske mreže hidrosistema Dunav-Tisa-Dunav (u daljem tekstu OKM Hs DTD). OKM Hs DTD je antropogeno formirana kanalska mreža i hidrotehnički sistem koji povezuje tokove reka Dunav i Tisa i ima višenamensku ulogu (navodnjavanje, odvodnjavanje, snabdevanje vodom, plovidbu, turizam, ribarstvo itd.). Kanal Banatska Palanka – Novi Bečej ima osobine velike vodene transverzale, odnosno glavnog i magistralnog kanala (Stojanović i sar., 1997). Istraživani lokalitet se nalazi na 4 km od ušća kanala u Dunav, u blizini mesta Banatska Palanka. U tom delu svog toka, kanal dostiže svoju najveću širinu od oko 100 m i najveću dubinu od 6 m (u blizini ustave “Kajtasovo” 4 km uzvodno od istraživanog lokaliteta). Protok kanala je različit i zavisi od brojnih faktora kao što su: hidrološko stanje Tise, dotoci vode sa Karpata, rada ustava “Novi Bečej”, “Botoš”, “Tomaševac” i “Stajićevo”. Na kvalitet vode u kanalu najviše utiču njegove pritoke ali i hidrološko stanje Dunava i Tise i rad ustava. Pritoke Kikindski kanal, Stari Begej, Plovni begej, Vršački kanal ali i Tamiš su vode veoma lošeg kvaliteta i značajno doprinose lošim parametrima kvaliteta vode samog kanala. Istraživani lokalitet se nalazi na

obodu predela izuzetnih odlika “Karaš – Nera“ uz zapadnu granicu prostorne celine „Mali pesak“ od kojeg ga dele nasip i mrtvaje Karaša. Budući da se kanalska mreža održava antropogenim aktivnostima, makar u delu toka gde se nalazi odabrani lokalitet, njegova struktura i fiziognomija su potpuno veštačke. Obala je nasuta krupnim šljunkom što na najvećem delu onemogućava razvoj prirodne makrofitske vegetacije osim u uskom pojasu uz obalu. Na mestima gde postoji vegetacija, na prelazu ka suvozemnoj vegetaciji, javljaju se sastojine asocijacije *Scirpo-Phragmitetum*, koja je dominantna emerzna vegetacija duž cele kanalske mreže DTD (Ljevnaić-Mašić, 2010). Osnovno fiziognomsko obeležje sastojinama zajednice *Scirpo-Phragmitetum* daju *Phragmites australis* (trska) i *Schoenoplectus lacuster*. Ispred ove asocijacije emerznih biljaka javlja se asocijacija *Lemno-Spirodeletum* koja pripada flotantnom tipu neukorenjene vodene vegetacije i jedna je od dominantnijih vegetacija ovog tipa u kanalima OKM Hs DTD u Banatu (Ljevnaić-Mašić 2010). Najčešće formiraju širok pojas u kontaktu sa semiakvatičnom vegetacijom odnosno u delovima toka gde je voda mirnija, kao i u blizini hidromelioracionih objekata. Dominantno učešće u sastojinama ove zajednice, imaju vrste *Lemna minor* (mala sočivica) i *Spirodela polyrrhiza* (bradata sočivica). Nije utvrđeno prisustvo flotantne ukorenjene vegetacije na istraživanom lokalitetu. Iza asocijacija semiakvatične vegetacije javljaju se pojedinačna stabla *Salix alba* (bela vrba) i alohtone vrste *Amorpha fruticosa* (bagremac). Paralelno sa obalom kanala prostire se nasip sa zasadam deteline koji se regularno kosi. Duž kanala dominira smeđe stepsko inicijalno zemljište i jako peskoviti černozem na pesku (Anonimus 2015). Iako u neposrednoj blizini, mrtvaje Karaša su od kanala odvojene nasipom i nisu u vezi sa kanalom u ovom delu njegovog toka. Takođe, na drugoj strani obale nalazi se Dulin bara kojoj je prilaz onemogućen zbog gustog pojasa makrofitske vegetacije a sama bara je zamuljena do mere da predstavlja opasnost za istraživače. Kanal je bogat ribom jer se redovno veštački poribljava. U njemu se pored poribljenih vrsta mogu naći i one koje su u njemu našle sklonište iz pritoka ili manjih kanala Hs DTD koji presušuju. U kanalu žive uglavnom ciprinidne ribe koje tolerišu zagađenje i loš kvalitet vode, kao na primer šaran (*Cyprinus carpio*), deverika (*Abramis brama*), karaš (*Carassius carassius*), srebrni karaš (*Carassius gibelio*), linjak (*Tinca tinca*), tolstolobik (*Hypophthalmichthys molitrix*) i crvenperka (*Scardinius erythrophthalmus*), ali i štuka (*Esox lucius*), smuđ (*Sander lucioperca*), terpan (*Amiurus nebulosus*) i sunčanica (*Lepomis gibbosus*) (Maletin i sar. 2005). Iako se lokalitet nalazi u neposrednoj blizini međunarodno značajnih staništa za ptice Labudovo okno i meandri Karaša i Mali pesak, zbog velikog prisustva ljudi i aktivnosti poput kampovanja i pecanja, nije

primećen veliki broj močvarnih ptica. Sporadično su primećene rode, ali i pripadnici iz porodica čaplji (Ardeidae) i vranaca (Phalacrocoracidae). Žabe su sakupljane na kopnu duž samog nasipa a u vodi, u onim delovima kanala gde je konfiguracija obale dozvoljavala veći razvoj akvatične vegetacije. Žaba nije bilo na delu kanala sa čistom šljunkovitom obalom i bez vegetacije.



**Slika 11.** Lokalitet Kanal Dunav-Tisa-Dunav: a) Deo obale kanala sa vegetacijom; b) Nasip neposredno uz obalu kanala (Autor fotografija: K. Breka)

3. Kanal Jaruga (JRG), 44°52'30.8"N 21°28'16.0"E (Slika 12): Nalazi se u blizini sela Kusić, uz samu granicu predela izuzetnih odlika "Karaš - Nera" gde je na snazi II stepen zaštite a prema klasifikaciji Svetske komisije za zaštićena područja (eng. *World Commission on Protected Areas* - WCPA) pripada IV kategoriji kao područje upravljanja staništima/vrstama u prirodi, na kojem se zaštita sprovodi interventnim merama. (eng. *Habitat and species management area*). Istraživani lokalitet se nalazi uz prostornu celinu „Nera“ od koje ga deli manje od 100 m. Prostorna Celina "Nera" obuhvata ceo tok reke Nere u Srbiji ali usled neodgovarajućih podloga, katastarski su opisane samo najvažnije celine istoimene reke i njenog priobalja kod Kusića, Vračevog Gaja i na ušću u Dunav bez šireg pojasa (Anonimus 2015). Nera je zbog svoje bujične prirode nekada bila regulisana lokalnim kanalom koji se u literature naziva Jaruga ili Mlinski kanal. Kanal se kod sela Kusić odvaja od Nere i paralelno sa njenim tokom teče oko 7 km do Vračevog Gaja, gde se ponovo spaja sa Nerom. Širina kanala iznosi 5-10 m i ima dubinu između 0.5 i 2 m. Nekada je imao funkciju u odbrani od poplava ali i navodnjavanju obližnjih poljoprivrednih polja. Duž Jaruge je nekada postojalo 12 mlinova koji danas nisu u funkciji. U zavisnosti od dela toka, kanal Jaruga ima ulogu u prihvatanju poplavnih voda reke Nere, vode iz mreža kanala za odvodnjavanje ali i otpadnih voda Bele Crkve. Kanal Jaruga je okružen poljoprivrednim poljima i voćnjacima sa jedne strane, a fragmentima stepskih ritskih šuma crne

jove (*Alnus glutinosa*) duž obale Nere i napuštenih basena za eksploataciju šljunka sa druge. Baseni za eksploataciju šljunka su danas izdanskim vodama pretvoreni u manje akumulacije ali su od Jaruge odvojeni nasipom i nemaju neposrednu vezu. Budući da je vezan za reku Neru, vodostaj i protok vode u kanalu zavisi od Nere koja najviše vodostaje pokazuje u drugoj polovini proleća. Visoke vodostaje ima i jun, dok su najniži u avgustu i septembru. Proticaj vode u Jaruzi se javlja kada vodostaj u Neri dostigne kotu 89,75 mnm i traje tokom dokle god postoji takav ili viši nivo vode. Viši protok vode u Jaruzi se javlja nekoliko puta tokom godine u zavisnosti od učestalosti velikih voda u reci Neri. Jaruga ne presušuje ali tokom letnjih meseci kada je vodostaj najniži a protok vode skoro i da ne postoji, kanal obrastaju flotantne neukorenjene makrofite iz asocijacije *Lemno minoris-Spirodeletum polyrrhizae* sa dominacijom vrsti *Lemna minor* (sočivica) i *Spirodeletum polyrrhizae* (bradata sočivica). Asocijacije *Potamogeton-Ceratophylletum demersi* sa dominacijom drezge (*Ceratophyllum demersum*) i plutajućeg talasinja (*Potamogeton natans*) se javljaju duž korita kanala i obrazuju podvodne livade na određenim delovima toka kanala. Uz samu obalu kanala na prelazu ka suvozemnoj vegetaciji u plitkoj i muljevitoj vodi, javljaju se asocijacije *Scirpo-Phragmitetum*. Ova floristička asocijacija je siromašna i odlikuje je dominacija *Phragmites australis* (trska), uz manje učešće *Mentha aquatica* (vodena metvica), *Scirpus lacustris*, *Iris pseudacorus* (barska perunika), *Stachys palustris* (močvarni čistac), *Lythrum salicaria* (potočnjak). Zbog izražene ispaše, gaženja i alohtonih invazivnih vrsta od kojih dominira *Amorpha fruticosa* (bagremac), vegetacija vlažnih livada je razvijena u vidu uzane zone oko kanala gde dominiraju šaši (*Cyperus* sp.). Iako dobija vodu iz Nere koju odlikuje bogatstvo ihtiofaune, ne može se isto reći i za Jarugu. Nestabilan nivo vode tokom godine, slab protok i velika količina makrofita onemogućavaju održavanje ribljeg fonda u kanalu. Tokom istraživanja, u kanalu Jaruga je u periodu većeg protoka vode primećen manji broj riblje mlađi ali bez prisustva adultnih jedinki. Od akvatičnih ptica primećene su vrste iz familije čapilji (Ardeidae), barskih koka (Rallidae), patka gluvara (*Anas platyrhynchos*) i poneka bela roda u preletu (*Ciconia ciconia*). Usled gusto obrasle trske, prilaz kanalu nije bio moguć u svim delovima toka. Tamo gde je prilaz postojao, žabe su hvatane direktno iz kanala, najčešće među makrofitskom vegetacijom. Na obali, žabe su sakupljane sa vlažne livade uz obalu kanala.

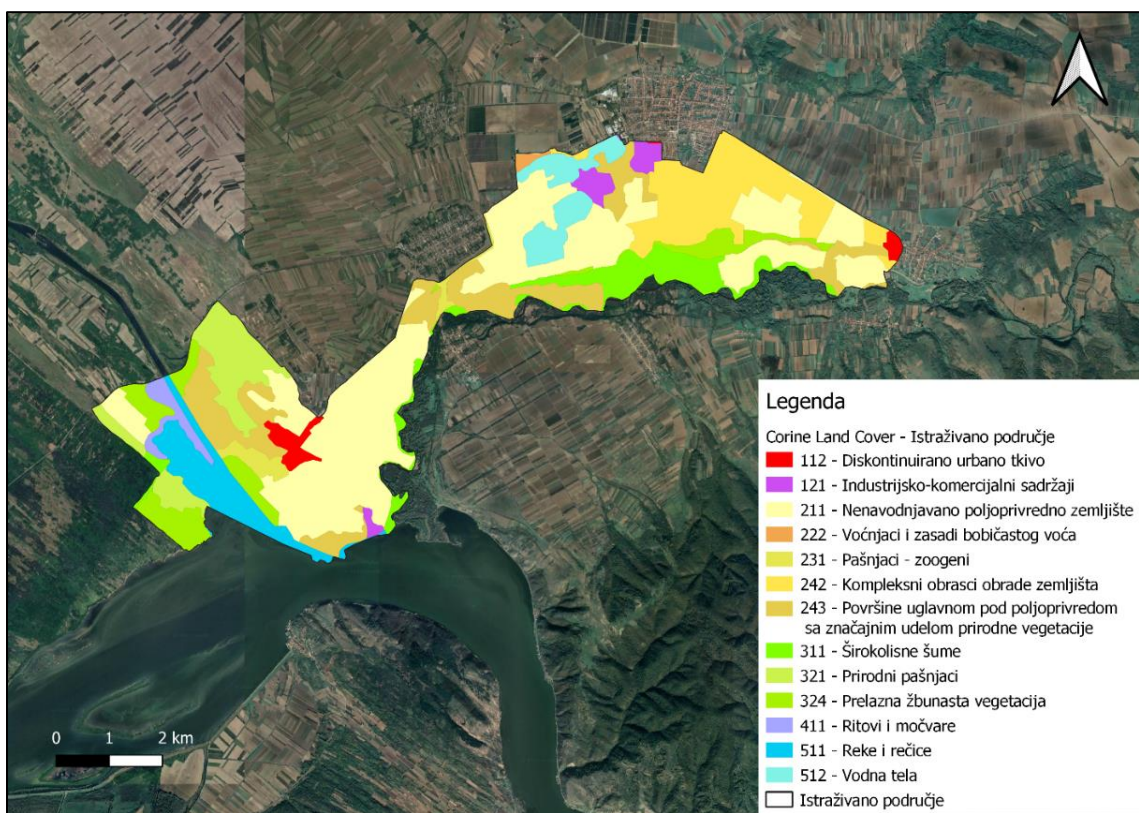


**Slika 12.** Lokalitet Jaruga: a) Kanal tokom visokih voda; b) Vlažna livada duž kanala (Autor fotografija: K. Breka)

#### 4.2.1. Pokrovnost zemljišta prema Corine Land Cover

Pored osnovnih vegetacijskih karakteristika, za čitavo područje Južnog Banata kao i za samo istraživano područje predstavljena je prostorna i procentualna zastupljenost klasa pokrovnosti tla prema „Corine Land Cover“ (Copernicus Land Monitoring Service, 2021). Od ukupno 44 klase pokrovnosti, u Južnom Banatu je prisutno 21 a na istraživanom području 13 (Slika 13).

Južnim Banatom kao i istraživanim područjem dominira kategorija (prikazana žutom bojom) koja reprezentuje poljoprivredne površine. Prema ovim podacima u Južnom Banatu dominiraju nenavodnjavane ratarske kulture (kod 211) sa 69,5% kao i na istraživanom području, ali sa 36.9%. Takođe, na istraživanom području je značajan udeo zemljišta uglavnom korišćenog za poljoprivredu sa značajnim površinama pod prirodnom vegetacijom (kod 243) i složenim obrascima poljoprivrednih kultura (kod 242). Klase pokrovnosti od značaja za žabe zauzimaju izuzetno mali procenat površine istraživanog područja odnosno reke i rečice 5,89% (kod 511), vodna tela 4,36% (kod 512) a ritovi i močvare 1,48% (kod 411). Ovaj procenat je još niži ako se pogleda čitava teritorija Južnog Banata gde reke i rečice zauzimaju 1,40%, vodna tela 0,57% a ritovi i močvare 1,84%.



**Slika 13.** Prikaz prostorne zastupljenosti različitih Corine Land Cover klasa na istraživanom području (prema Copernicus Land Monitoring Service, 2021)

## 5. Materijal i metode

### 5.1. Prikupljanje uzoraka i primarna obrada

Jedinke zelenih žaba iz *Pelophylax esculentus* kompleksa su prikupljane tri uzastopne godine (2016. – 2018.). Uzorkovanje je sprovedeno u periodu nakon reprodukcije a pre hibernacije odnosno između maja i oktobra, kako bi se ublažio efekat reproduktivnih i prehibernacijskih promena u težini žaba (npr. formiranje oocita kod ženki). Izlasci na teren su realizovani u okviru tri sezone: proleće, leto i jesen. Sezone nisu definisane samo kalendarski već i na osnovu dinamike vodnog režima na samim lokalitetima koji uslovljava vegetacijski aspekt a i prisustvo žaba. Tako su proleće i rano leto bile vlažnije sezone, sa višim nivoom vode i protokom u vodnim telima i većim prisustvom vegetacije, za razliku od kasnog leta i jeseni kada je nivo vode u vodnim telima bio niži, protok slabiji a neka vodna tela čak bila i potpuno presušena. Tokom perioda istraživanja javljali su se ograničavajući faktori koji su uslovljavali režim i realizaciju lovnih perioda. Duga zima i mrazevi tokom prolećnih meseci su uticali na odlaganje ulaska u reprodukciju samim tim realizaciju prolećnih lovnih perioda (izuzetno hladna i duga zima 2017. godine je odložila reprodukciju žaba za najmanje mesec dana). Deficit vode i visoke temperature vazduha koje ne pogoduju vodozemcima su ograničavale njihovu aktivnost tokom letnjih meseci (leto 2017. godine), a jaki udari košave kao i niske noćne temperature tokom jeseni.

Praktikovanjem metode vizuelne procene (eng. *visual encounter survey method*, Campbell i Christman, 1982) četiri istraživača su tokom perioda od oko 120' noću uz pomoć meredova i lampi sakupljali žabe. Budući da je određen broj jedinki bio predodređen za analizu epibiontskih zajednica kože, vođeno je računa da istraživači nose i redovno menjaju zaštitne rukavice a jedinke pojedinačno deponuju u čiste plastične kutije (Slika 14). Jedinke koje nisu korišćene u analizi epibiontskih zajednica, deponovane su ili u vrećice ili u zajedničke plastične kutije sa otvorima za disanje. Sve ulovljene jedinke su transportovane u privremenu terensku laboratoriju na dalju obradu (Slika 15). Redosled aktivnosti nakon donošenja žaba u terensku laboratoriju je bio unapred definisan u okviru protokola kako bi se maksimizirala efikasnost prilikom prikupljanja uzoraka i izbegla svaka nepravilnost nakon dalje obrade. Iz tog razloga, prvo su sakupljeni uzorci sa kože žaba za analizu epibiontskih zajednica, kako bi se izbegla eventualna kontaminacija. Da bi se postigla nepristrasnost u odabiru individua za epibiontsku analizu, selekcija žaba sa kojih su se prikupljali uzorci bila je po principu slučajnosti kako na samom terenu tako i u laboratoriji. Detalji prikupljanja uzoraka za analizu epibiontskih zajednica su opisani u poglavlju 5.8. *Analiza epibiontskih zajednica*.



**Slika 14.** Rad na terenu: a) hvatanje žaba pomoću meredova; b) terensko vozilo sa opremom  
(Autor fotografija: K. Breka)



**Slika 15.** Prostorije Udruženja za zaštitu Dunava i Save Republike Srbije u Staroj Palanci gde je postavljena privremena terenska laboratorija u okviru koje su prikupljeni uzorci (Autor fotografije: K. Breka)



Telesne mere su beležene korišćenjem kljunastog pomičnog merila sa preciznošću od  $\pm 0,01$  mm, dok je telesna težina (g) merena elektronskom vagom sa preciznošću od  $\pm 0,1$  g. Jedinke čije je dužina bila manja od 55 mm (*P. ridibundus*) odnosno 45 mm (*P. esculentus*, *P. lessonae*), smatrane su subadultnim i nisu bile uključene u dalje analize (Mikuliček i sar., 2015). Ženke i mužjaci su identifikovani prema prisustvu/odsustvu vokalnih kesica i kožnog zadebljanja na prvom prstu prednjih udova (Hermaniuk i sar., 2020).

Za dobijanje uzoraka za analizu ishrane korišćena je tehnika ispiranja želuca prema Solé i Rödder (2010) (Slika 16). Ispiranje želudaca je jednostavna, brza i pouzdana tehnika koja omogućava analizu ishrane bez ubijanja životinja (Wu i sar. 2007). Vođeno je računa da žabe budu isprane u što kraćem roku nakon hvatanja kako bi se minimiziralo vreme između hvatanja i ispiranja želuca zbog njihove sposobnosti kao ektoterma da brzo vare i asimiluju hranu. Mortalitet nije evidentiran ni tokom ni nakon ispiranja želudaca. Individualni sadržaji želudaca su konzervirani u 70% etanolu.

Sve jedinke su markirane metodom tetoviranja. Budući da je ovo prvi put da se u nacionalnim okvirima tetoviranje koristi kao tehnika markiranja vodozemaca, ona će do detalja biti opisana u poglavlju 5.2. *Markiranje žaba*.



**Slika 16.** Prikupljanje uzoraka za analizu ishrane: a) ispiranje želuca; b) komponente ishrane u vidu bolusa (Autor fotografija: S. Breka)

Svi podaci koji su prikupljeni u okviru aktivnosti definisanih protokolom a uključuju podatke o morfologiji, analizi ishrane i tehnikama za uzorkovanje epibiontskih zajednica su objedinjeni u okviru pripremljenih terenskih listova koji su kasnije služili kao osnova za kreiranje baza podataka na kojima su rađene statističke analize. Primer terenskog lista korišćenog za prikupljanje podataka na terenu prikazan je u Prilogu 1. Nakon što je potvrđena njihova normalna aktivnost, sve žabe su vraćene na lokalitete sa kojih su uzorkovane. Prikupljanje jedinki je odobreno od strane Ministarstva za zaštitu

životne sredine Republike Srbije (dozvole br.: 353-01-1170/2016-17 i 353-01-370/2018-04). Ciljevi istraživanja su definisani pre realizacije terenskih istraživanja kako bi se za sve predstojeće statističke analize obezbedio dovoljno veliki uzorak, odnosno da postoji dovoljan broj jedinki svakog taksona i pola sa svakog od odabranih lokaliteta.

## 5.2. Markiranje žaba

Za potrebe procene veličine populacije i utvrđivanja obrazaca disperzije i migratornih koridora na istraživanom području korišćena je metoda markiranja i ponovnog ulova (eng. *Capture-Mark-Recapture* - *CMR*). *CMR* metoda se preporučuje za procenu veličine populacije mobilnih organizama (Krebs, 2014). Može se koristiti za zatvorene populacije kod kojih ne dolazi do značajne promene brojnosti tokom istraživanog perioda i uticaj rađanja, umiranja i migracija je zanemarljiv, ali i kod otvorenih gde su promene brojnosti tokom perioda istraživanja očekivane. Razmotrivši ekologiju istraživanih taksona, veličinu uzorka i trajanje istraživanja kao i ekonomičnost, od dostupnih tehnika markiranja odabrano je tetoviranje prema Kaplan-u (1958). Za tetoviranje žaba korišćena je oprema koja se koristi i za ljudsku upotrebu i poseduje sve potrebne sertifikate ispravnosti i bezbednosti (Beaupre i sar., 2004). Osnovna oprema se sastojala iz sledećih delova: mašinicice sa kalemima koja koristi elektromagnetno kolo da pomera iglu gore-dole, napajanja (PeakTech 6080 digital power supply 0-15V / 0-3A DG) kao glavnim strujnim izvorom za pokretanje mašinicice i konektorskog kabla za spajanje mašinicice i napajanja. Uzevši u obzir karakteristike kože vodozemaca i činjenicu da je za potrebe markiranja bilo dovoljno samo tetoviranje broja kao jedinstvene šifre za markaciju, korišćene su igle 3RL, gde numerička oznaka definiše debljinu linija a slovna oznaka RL (eng. *Round liner*) namenu igala za konture i linije. Kako bi se igla pričvrstila za mašinicicu korišćen je držač igle (eng. *tip*), u odgovarajućoj veličini 3RL, čija je uloga da vodi iglu i omogući kontrolisan unos boje. Za potrebe ovog istraživanja korišćena je isključivo crna boja (Dynamic Color Union Black Tattoo Ink). Kako bi se izbegla bilo kakva kontaminacija, osoba koja je rukovala aparaturom za tetoviranje nosila je zaštitne rukavice a za svaku jedinku je korišćena nova sterilna igla sa sterilnim držačem igle kao i jednokratni plastični čepić za zahvatanje boje. Budući da tetoviranje izvodi jedna osoba, bilo je neophodno jednom rukom imobilisati žabu i na ventralnoj strani tela pronaći odgovarajuće mesto sa najvećim kontrastom kako bi se obezbedila najbolja moguća vidljivost markera. Kod *P. lessonae* i jednog broja *P. esculentus* marker je postavljen u bočnom delu stomaka budući da je kod ovih taksona on najčešće potpuno beo i bez tamnih mrlja. Kod *P. ridibundus* je ponekad zbog prisustva tamnih mrlja na stomaku bilo

nemoguće pronaći svetao deo dovoljno veliki za marker, te je isti postavljen na unutrašnju stranu butina (Slika 17).



**Slika 17.** Primeri markera napravljenih tehnikom tetoviranja na različitim delovima tela žabe (Autor fotografija: A. Vukićević)

Kako bi se obezbedilo lako i precizno tetoviranje, bilo je potrebno osušiti i zategnuti kožu žabe između palca i kažiprsta one ruke kojom se žaba drži. Tokom tetoviranja, igla ne prodire kroz ceo dermalni sloj kože i preko svake markacije bilo je potrebno preći nekoliko puta kako bi se obezbedio zadovoljavajući intenzitet boje. Brisanjem viška boje suvom maramicom, na koži ostaje jasna i vidljiva markacija. Kao obeležje, korišćeni su trocifreni brojevi od 001 do 317, gde je za svaki bila poznata preliminarna identifikacija odnosno pripadnost određenom taksonu, lokalitet na kom je uhvaćen i da li je jedinka uzorkovana za epibiontsku analizu. Tokom markiranja nisu korišćeni lokalni anestetici budući da su žabe bile mirne i nije bilo problema tokom manipulacije. Neposredno nakon završetka markiranja, sve žabe su povratile svoju standardnu aktivnost.

Markiranje žaba tetoviranjem se pokazalo kao pouzdana tehnika pre svega zbog svoje biološke neutralnosti: tokom 3 godine istraživanja nije evidentiran nikakv uticaja na preživljavanje, rast, kretanje ili reproduktivnu sposobnost jedinki. Marker su bili jednoznačni i trajni tokom trajanja istraživanja. Na slici 18 se može videti jedinka *P. ridibundus* sa markerom broj 044 ulovljena na lokalitetu Stevanove ravnice 19.5.2018. godine nakon što je prvi put ulovljena i markirana na istom lokalitetu dve godine ranije, odnosno 18.7.2016. Kod ponovnih ulova nisu primećeni tragovi infekcija i promene u lokomociji. Jedinke koje su bile ponovni ulov a korišćene su i u analizi ishrane, imale su pune želuce što je još jedan pokazatelj da markiranje nije imalo uticaj na osnovne biološke funkcije žaba.



**Slika 18.** Jasno uočljiva markacija na koži žabe dve godine nakon što je jedinka markirana  
(Autor fotografije: M. Adamović)

Razmotrivši ekologiju, fenologiju, reproduktivni ciklus taksona kao i konfiguraciju lokaliteta sa kojih su uzorci prkupljeni odabrane su dve CMR metode (Krebs, 2014) za proračun veličine populacije: (1) Šnabelova metoda za zatvorene populacije (*eng. Schnabel census method*) i (2) Kormak-Džoli-Seberova metoda za otvorene populacije (*eng. Cormack-Jolly-Seber robust model*).

Šnabelova metoda pretpostavlja zatvorenu populaciju i podjednaku verovatnoću ulova markiranih i nemarkiranih jedinki. Ako je u pitanju prirodna populacija, kao što je slučaj sa zelenim žabama na istraživanom području, teško je očekivati da bude potpuno zatvorena. Ova metoda se može primeniti i kod otvorenih populacija u slučaju kada su razmaci između perioda uzorkovanja dovoljno kratki da se može pretpostaviti da nije došlo do značajnih promena u broju jedinki usled migracija i/ili emigracija. Takođe, u ovom slučaju uzorkovanje je vršeno nakon perioda reprodukcije kada je priliv novorođenih jedinki završen i kada se ne očekuju značajne promene u brojnosti. Prednost Šnabelove metode je to što se bazira na seriji uzorkovanja, (za razliku od Linkoln-Petersonove metode sa jednim ulovom i jednim ponovnim ulovom) i davanju validnih procena čak i u slučaju niskog procenta povratnih ulova (Krebs, 2014). Procena brojnosti  $N$  može se dati preko originalne Šnabelove metode, koja funkcioniše po principu uzimanja ponderisanog proseka iz serija Petersonovih uzoraka preko sledeće formule (Schnabel, 1938):

$$N = \frac{\sum_t (C_t M_t)}{\sum_t R_t}$$

Gde su  $C_t$  – ukupan broj ulovljenih jedinki u lovnom periodu  $t$ ;  $R_t$  – broj već markiranih jedinki u lovnom period  $t$  i  $M_t$  – broj novomarkiranih jedinki u lovnom periodu  $t$ .

Ukoliko su deo uzorkovane populacije u određenom lovnom periodu ( $C_t/N$ ), i deo uzorkovane populacije koji je markiran ( $M_t/N$ ) manji od 0,1, koristi se modifikovana formulacija:

$$N = \frac{\sum_t (C_t M_t)}{\sum_t R_t + 1}$$

Gde se koriste isti parametri kao i u prethodnoj formuli (Schnabel, 1938).

Kormak-Džoli-Seberova metoda se koristi kod otvorenih populacija jer uključuje i faktore razređivanja i zgušnjavanja populacije u svoje proračune. Procedura za procenu brojnosti kod otvorenih populacija korišćenjem ove metode je sledeća: jedinke se love u tri ili više sukcesivna lovna perioda i označavaju se specifičnim markerom tako da je pri sledećom ulovu moguće odgovoriti na pitanje “Kada je ulovljena a markirana jedinka poslednji put uhvaćena?”. Vremenski interval između lovnih perioda ne mora biti konstantan i može se prilagoditi bilo kom broju lovnih perioda tako da se u ovoj metodi mogu koristiti serije podataka koje se protežu na više istraživačkih godina (Krebs, 2014). Kao i kod Šnabelove metode za zatvorene populacije, postoji pretpostavka da je ista verovatnoća ulova markirane i nemarkirane jedinke kao i to da verovatnoća preživljavanja svih markiranih jedinki između dva lovna perioda jednaka. Procena brojnosti Kormak-Džoli-Seberovom metodom je rađeno prema sledećoj formulaciji:

$$N_t = \frac{M_t}{\alpha_t} = \frac{M_t \times n_t}{m_t}$$

Gde je  $M_t$  broj markiranih jedinki a  $\alpha_t$  proporcija markiranih jedinki koja se izračunava prema formuli:

$$\alpha_t = \frac{m_t}{n_t} = \frac{(m_t + 1)}{(n_t + 1)}$$

U ovoj formulaciji “+1” predstavlja korekciju za male uzorke (Seber, 1982). Teško je proceniti veličinu markirane populacije budući da uvek postoje dve komponente: markirane jedinke koje su ulovljene i markirane jedinke koje su prisutne u populacije ali nikada ne bivaju ponovo ulovljene. Seber je postavio formulaciju za procenu veličine populacije markiranih jedinki ( $M_t$ ):

$$M_t = \frac{S_t \times Z_t}{R_t} + m_t = \frac{(S_t + 1) \times Z_t}{(R_t + 1)} + m_t$$

Gde je  $Z_t$  – broj jedinki markiranih pre  $t$  - tog ulova koje nisu prisutne u tom ulovu a ulovljene ponovo kasnije (istorija budućih ulova);  $S_t$  – broj jedinki pušten  $t$  -tog ulova (ukoliko su neke jedinke

izuzete ili uginule);  $R_t$  – broj markiranih jedinki pušten t - tog ulova ulovljene ponovo kasnije (istorija budućih ulova); Kao i u prethodnoj formulaciji, “+1” predstavlja korekciju za male uzorke (Seber, 1982).

Za potrebe proračuna veličine populacije odabranim CMR metodama, lovni periodi su definisani na dva načina: (1) hronološki - odnosno prema kalendarskim godišnjim dobima; (2) na osnovu dinamike vodnog režima istraživanog područja. U prvom slučaju ukupno 26 izlazaka na teren, organizovano je u 7 lovnih perioda: rano leto 2016, kasno leto 2016, jesen 2016, rano leto 2017, kasno leto 2017, jesen 2017 i proleće 2018. Zbog nedostatka povratnog ulova na nekim lokalitetima (Jaruga i DTD), ovako definisani lovni periodi nisu davali validne rezultate. Uzimajući u obzir idioekologiju vrste odnosno verovatnoću preživljavanja adultnih jedinki, reproduktivne strategije i potencijal adulta za migracije sa lokaliteta, 26 izlazaka na teren organizovano je u okviru 3 lovna perioda prema razlikama u vodnom režimu i fitofenološkim karakteristikama lokaliteta.

Za proračune veličine populacije odabranim CMR metodama korišćen je kompjuterski softver EcoMeth ver. 7.4 (Kenney i Krebs, 2003).

### **5.3. Morfometrijski karakteri i identifikacija taksona**

Uzevši u obzir savremena saznanja o hibridigenetskoj prirodi zelenih žaba i varijabilnosti morfoloških karaktera, prosta identifikacija taksona unutar kompleksa samo na osnovu morfoloških karakteristika nije zadovoljavala potrebe ove doktorske disertacije. Identifikacija taksona je urađena prema Breka i sar. (2020) pomoću odabranih kvantitativnih i kvalitativnih karaktera na kojima je urađena linearna diskriminatorna analiza a dobijeni rezultati verifikovani pomoću jedinki koje su identifikovane genetičkom metodom. U daljem tekstu biće detaljno opisani svi koraci sprovedeni u okviru ove metode. Za potrebe analize izmereno je 8 morfometrijskih karaktera prema Hotz i Uzzel (1982), Gubányi i Korsós (1992) i Günther i Plötner (1994): dužina tela (L); dužina goleni (T); dužina bedra (F); dužina prvog prsta zadnje noge (DPPP); dužina unutrašnje petne (metatarzalne) grbice (CINT); širina glave (LTC); međunosni prostor (SPI) i rastojanje od nosnih otvora do oka (DNO). Posmatrano je 6 kvalitativnih karakteristika sa ukupno 19 stanja prema Krizmanić (2008a): I – Osnovna boja spoljašnje strane butina (1. Bez karakteristične obojenosti, 2. Maslinasto zelena, 3. Sumporno žuta po celoj površini, 4. Sumporno žuta na delu površine, 5. Sumporno žuta prisutna u tragovima); II – Sumporno žuta obojenost bokova trupa (1. Prisutna, 2. Odsutna); III – Boja unutrašnjih strana butina (1. Sumporno žuta, 2. Žuto zelena); IV – Ventralna strana trupa i gularne regije (1. Bela /

Bez šara, 2. Marmorisana, 3. Slabo izražena marmoracija); V – Visina metatarzalne grbice (1. Izrazita, 2. Srednje izražena, 3. Niska, bočno stisnuta); VI – Oblik metatarzalne grbice (1. Simetrično polukružna, 2. Asimetrična, viši kraj usmeren ka prvom prstu, 3. Asimetrična, viši kraj usmeren ka metatarzalnom zglobu, 4. Ravna i izdužena.

Pre svih analiza svakoj jedinki je dodeljen jedinstven identifikacioni kod. Urađena je Mosimanova standardizacija kvantitativnih karaktera (Darroch i Mosimann, 1985) kako bi se otklonio efekat veličine tela zelenih žaba. Ova standardizacija koriguje izometrijski efekat veličine na varijabilnost oblika bez uticaja na alometrijsku varijabilnost oblika (Sherratt i sar., 2017). Standardizacija je sprovedena kroz sledeće korake: izračunata je geometrijska sredina svih 8 kvantitativnih karaktera (L, T, F, LTC, SPI, DNO, DPPP, CINT) za svaku individuu, zatim je svaki od 8 kvantitativnih karaktera podeljen sa dobijenom vrednošću. Dobijene korigovane vrednosti su korišćene u daljim analizama sledećeg redosleda: (1) Preliminarna faktorska analiza mešovitenih podataka (eng. *Factor Analysis of Mixed Data –FAMD*) za ispitivanje sveukupne varijabilnosti podataka; (2) Hijerarhijsko grupisanje glavnih komponenti (eng. *Hierarchical Clustering on Principal Components – HCPC*) za identifikaciju eventualnih prirodnih grupa u skupu podataka; (3) Interpretacija FAMD i HCPC rezultata i identifikacija dobijenih grupa na osnovu morfometrijskih podataka iz prethodnih i dostupnih studija; (4) Linearna diskriminatorska analiza (eng. *Linear Discriminant Analysis – LDA*) za verifikaciju dodeljenog taksona uključujući validaciju sa nezavisnom grupom podataka koji uključuje taksonu zelenih žaba identifikovane genetičkim markerima (Breka i sar., 2020).

U cilju analize morfološke varijabilnosti unutar skupa podataka koji sadrži i kontinuirane i kategoričke varijable, korišćen je FAMD jer balansira uticaj 2 tipa varijabli u analizi (Pagès i Camiz, 2008). FAMD smanjuje dimenzionalnost u multivarijantnom skupu podataka konstruisanjem glavnih komponenti koje su linearne kombinacije analiziranih varijabli i koje čine većinu varijacija u skupu podataka (Dillon i Goldstein, 1984). Takođe, FAMD određuje koji karakteri opisuju najveću varijansu u skupu podataka. Hijerarhijsko grupisanje glavnih komponenti (HCPC) izvršeno je na rezultatima iz FAMD-a da bi se identifikovalo prisustvo „prirodnih grupa“ unutar skupa podataka (Husson i sar., 2010). Hijerarhijsko grupisanje tretira svaku jedinku kao pojedinačnu grupu, a zatim kombinuje jedinke u veće grupe. Dok nehijerarhijsko grupisanje analiza grupiše pojedince na osnovu njihove sličnosti, same hijerarhijske grupe su definisane sličnostima između grupa, sa manjim varijacijama unutar grupa nego između grupa (Dillon i Goldstein, 1984). Broj grupa prisutnih u skupu podataka određen je merom varijanse unutar grupe kroz analizu inercionog dobitka (eng. *inertia gain*). Najveći skok inercije (tj. najveće smanjenje varijanse unutar grupe) uzima se kao mesto razdvajanja grupa (Husson i sar.

2010). Ovaj metod takođe određuje koji karakteri najviše doprinose razdvajanju grupa pomoću najveće objašnjene varijanse ( $\eta^2$ ) i  $\nu$ -testa (Escofier i Pages, 2008). Ako se morfološki karakteri analiziranih žaba mogu koristiti u određivanju taksona zelenih žaba, očekivali smo da se bilo koja struktura grupa (očekivanje je da postoje 3 odvojene grupe) može pripisati odvojenim taksonima zelenih žaba ukoliko bude prepoznata multivarijantnim metodama (FAMD i HCPC) u našem skupu podataka. Dodeljivanje taksona grupama se zasnivalo na identifikaciji najvažnijih morfoloških karaktera na kojima je zasnovana ordinacija i klasifikacija, a konstatovanih prema ranije objavljenim studijama (npr. Ribacky, 1995; Pagano i Joly, 1999; Krizmanić, 2008a, b), posebno prema dužini i obliku metatarzalne grbice, dužini goleni i prvog prsta zadnjih ekstremiteta kao i specifične obojenosti određenih delova tela.

Pouzdanost sprovedene identifikacije zasnovane na morfološkim karakterima se potvrđuje izvođenjem linearne diskriminantne analize (LDA) na originalnih 8 karaktera sa Mosimanovom korekcijom zajedno sa 6 kvalitativnih karaktera, odnosno 14 varijabli ukupno.

U sprovedenoj analizi, primarno je identifikovan osnovni skup karaktera koji razdvaja 3 *a priori* definisane grupe (dodeljivanje taksona prema HCPC analizi) i koji definiše mogućnost pripadanja određenom taksonu. LDA kao efikasan metod omogućava nedvosmislenu procenu varijabilnosti ishoda koja se pripisuje svakoj varijabli, bez obzira na broj analiziranih varijabli, takođe minimizira efekat redundancije u morfometrijskim i merističkim merenjima. LDA koristeći logiku opšteg linearnog modela (GLM) primenjuje se i za analizu diskriminacije, s tim da se za analizu mogu koristiti i kontinuirani i ordinalni karakteri. Inicijalni set podataka koji se sastojao od ukupno 317 žaba identifikovanih na osnovu morfoloških karaktera poslužio je kao procena klasifikacione funkcije za „najbolji“ podskup prediktorskih varijabli. Zatim su izračunate procentne pogrešne klasifikacije nezavisnog skupa podataka za kros-validaciju koji nije bio uključen u početni uzorak. Ukupno 91 uzorak sa istih lokaliteta je poslužio kao set podataka za unakrsnu-validaciju. Analizirani uzorci za unakrsnu - validaciju su identifikovani prema utvrđenom alozimskom polimorfizmu (57 *P. ridibundus*, 30 *P. esculentus* i 4 *P. lessonae*) prema Krizmanić i Ivanović (2010).

Svi statistički testovi za ovaj deo analiza su izvedeni u R ver. 3.6.1 (R Development Core Team, 2015), za FAMD i HCPC korišćen je paket FactoMineR (Lê i sar., 2008), a za LDA je korišćen MASS paket (Venables i Ripley, 2002).



## 5.4. Telesna kondicija

Telesna kondicija zelenih žaba analizirana je korišćenjem rezidualnog indeksa (eng. *Residual index*), u daljem tekstu RI. Iako su u upotrebi veliki broj indeksa za procenu telesne kondicije različitih grupa životinja, RI se preporučuje zbog svoje nezavisnosti od veličine tela i jednostavnosti u interpretaciji (Băncilă i sar., 2010; Brodeur i sar., 2011; Hegde i Krishnamurthy, 2014) a široko se koristi u istraživanjima bezrepih vodozemaca. Ovaj indeks koristi rezidualne vrednosti iz standardne bivarijantne regresije logaritmovanih vrednosti telesne mase i dužine tela (Harvey i Pagel, 1991). Regresiona linija predstavlja prosečnu telesnu masu za datu dužinu tela, stoga se za sve jedinke sa pozitivnim rezidualima smatra da imaju dobru telesnu kondiciju dok za one sa negativnim vrednostima reziduala da imaju lošu telesnu kondiciju (Schulte-Hostedde i sar., 2005).

Za utvrđivanje obrazaca u telesnoj kondiciji sva tri taksona zelenih žaba na svim istraživanim lokalitetima korišćena je trostruka ANOVA (takson/pol/lokalitet) vrednosti RI. Za testiranje homogenosti nagiba regresije pre same analize varijanse korišćena je analiza kovarijanse (ANCOVA). Dodatni testovi su urađeni radi provere statističke značajnosti veličine uzorka. Statističke analize ANOVA i ANCOVA urađene su u softverskom paketu STATISTICA (Statistica 12.0 for Windows, StatSoft Inc., 2014). Dodatni test proporcije („*k*-proporcije“) je urađen u statističkom softveru XLSTAT za Windows (Ver. 3,1, Addinsoft, 2021) kako bi se utvrdilo da li postoje razlike u proporcijama žaba između taksona i lokaliteta.

## 5.5. Analiza ishrane

Identifikacija plena urađena je na Institutu za Zoologiju, Biološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu korišćenjem standardnih ključeva za identifikaciju (Hůrka, 1996; Nilsson, 1996; Nartshuk, 2003; Horsák i sar., 2013; Brock, 2017; Nentwig, 2022) i aktuelne nomenklature (Fauna Europaea version 2.4, 2011). Pojedinačne komponente plena su usled različitih stepena digestije identifikovane do najnižeg mogućeg taksonomskog nivoa, najčešće reda. Dužina i širina neoštećenih komponenti plena su izmerene kljunastim pomičnim merilom sa preciznošću od  $\pm 0.01\text{mm}$ , dok su dužina i širina oštećenih i necelovitih komponenti plena procenjene korišćenjem proporcija dostupnih delova tela

(Chinery, 1993). Zapremina plena je izračunata korišćenjem formule za zapreminu izduženog sferoida (Dunham, 1983; Quiroga i sar., 2009):

$$V = \frac{4}{3}\pi ab^2$$

gde je:

$a$  – dužina,  $b$  - širina plena

Sadržaj želuca je smatran nasumičnim uzorkom ishrane koju je svaka žaba konzumirala tokom neodređenog vremena pre uzorkovanja.

Sve identifikovane komponente ishrane su grupisane u 17 kategorija plena. Kategorije su formirane prema eko-morfološkim karakteristikama plena kako bi se maksimizirala jasnoća biološke interpretacije i varijacije u sastavu ishrane (Vignoli i sar., 2009). Kategorije plena korišćene u daljim analizama su: Gastropoda (Gas.), Clitellata (Cli.), Arachnida (Ara.), Myriapoda (Myr.), Malacostraca (Mal.), Ephemeroptera (Eph.), Odonata (Odo.), Orthoptera (Ort.), Hemiptera (Hem.), Hymenoptera (Hym.), Coleoptera (Col.), Coleoptera larve (Col\_1), Lepidoptera (Lep.), Lepidoptera larve (Lep\_1), Diptera (Dip.), Diptera larve (Dip\_1) i Vertebrata (Ver.). Dodatno, pripremljena je i eksplanatorna (objašnjavajuća) matrica u kojoj je svakoj identifikovanoj žabi dodeljena specifična kombinacija lokaliteta i taksona kojoj pripadaju. Ove matrice su korišćene u multivarijantnim analizama. Za potrebe daljih analiza, svakoj žabi iz uzorka dodeljena je jedna od devet kombinacija taksona i lokaliteta kojima pripadaju (u daljem tekstu *loc\_tax*): *STREsc*, *STRRid*, *STRLes*, *DTDEsc*, *DTDRid*, *DTDLes*, *JRGEsc*, *JRGRid* i *JRGLes*. Za analizu širine ekoloških niša, pripremljene su matrice sa brojem plena svake od 17 kategorija plena za svaku *loc\_tax* kombinaciju.

Serijski neparametrijskih Kruskal-Wallis testova, uz *post-hoc* testove višestrukog poređenja (eng. *multiple comparisons*) sa Dunn-ovom korekcijom (Zar, 2010) je urađena kako bi se testirale razlike između *loc\_tax* varijabli. Budući da 9 *loc\_tax* kombinacija odgovara 3x3 dvosmernom dizajnu, analizirane su sve moguće *post-hoc* kombinacije - 3 poređenja za lokalitete, 3 poređenja za taksona, kao i 9 poređenja za sve *loc\_tax* kombinacije. Svi testovi su urađeni korišćenjem XLSTAT statističkog softvera za Windows (Ver. 3.1, Addinsoft, 2021) sa opcijom procene značajnosti permutacionom analizom.

Diverzitet ishrane je analiziran korišćenjem PAST softverskog programa (Paleontological Statistics software program, Ver. 4.08, Hammer i sar., 2001). Šest indeksa diverziteta u okviru PAST programa su izračunati za svaku *loc\_tax* kombinaciju i testirani dvostrukom ANOVA analizom bez

replikacije u XLSTAT programu. Ekvitabilnost i raznovrsnost kategorija ishrane su analizirani korišćenjem: broja kategorija ishrane ( $S$ ), ukupnim brojem pojavljivanja ( $n$ ), Shannon-Wiener-ovim indeksom ( $H'$ ), Shannon-Wiener-ovim indeksom ujednačenosti ( $J$ ), Simpson-ovim indeksom ( $D'$ ) i Simpson-ovim indeksom dominantnosti ( $D$ ). Svi proračuni indeksa diverziteta su urađeni u modulu Diversity u okviru PAST uz opciju „use ACE for S” koja koriguje prisustvo retkih kategorija plena a u našem slučaju i efekat veličine uzorka (Gotelli i Colwell, 2011; Hammer i sar., 2001). Kao integrativne mere, indeksi diverziteta plena zelenih žaba kombinuju informacije o kvalitativnom (broj kategorija plena) i kvantitativnom (zastupljenost plena) sastavu žablje ishrane. Prilikom izračunavanja Shannon-Wiener-ovog indeksa u ovom istraživanju korišćena je formulacija prema Hammer i sar. 2001 koja koristi prirodni logaritam:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i) + (S - 1)/(2n)$$

Gde je:

$S$  - ACE-procjenjen broj kategorija plena a  $p_i$  - proporcija pojedinačnih komponenti plena u određenoj kategoriji i ukupnog broja komponenti plena ( $n$ ).

Imajući u vidu da se rezultati dobijeni pomoću Shannon-Wiener-ovog indeksa javljaju u rasponu od 0 do  $\infty$ , radi preglednijeg prikaza rezultata određen je i Shannon-Wiener-ova ekvitabilnost  $J$  koji meri ujednačenost sa kojom su kategorije plena raspoređene među taksonima zelenih žaba i nezavisna je od bogatstva u okviru velikih uzoraka. Rezultate standardizuje na 0-1 skalu prema sledećoj formuli:

$$J = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Gde su  $S$  i  $H'$  kao gore navedeni.

Simpson-ov indeks dominantnosti meri verovatnoću da će dve komponente plena slučajno odabrane iz uzorka pripadati istoj vrsti. Računa se prema sledećoj formuli:

$$D = \frac{\sum_i^S n_i(n_i - 1)}{n(n - 1)}$$

Gde je  $n_i$  kao gore navedeno.

Simpson-ov indeks diverziteta meri “ujednačenost” zajednica. Njegove vrednosti se kreću između 0 (svi taksoni su ujednačeno prisutni) i 1 (jedan takson u potpunosti dominira zajednicom). Ovaj indeks je relativno nezavisan od retkih taksona u uzorku. Računat je po sledećoj formuli:

$$D' = 1 - D$$

Gde je  $D$  vrednost Simpson-ovog indeksa dominantnosti.

Podaci su u daljoj obradi analizirani multivarijantnim statističkim analizama. Prema Leps i Smilauer (2003), odabrana je multivarijantna analiza direktnih gradijenata (ter Braak i Prentice, 1988) odnosno redundantna analiza (eng. *Linear redundancy analysis –RDA*). RDA predstavlja ograničenu (eng. *constrained*) formu analize glavnih komponenti (eng. *Principal Component Analysis – PCA*), u kojoj su ordinacije varijabli ograničene linearnom kombinacijom spoljašnjih eksplanatornih varijabli. To omogućava procenu koliko varijacije multivarijantnog seta podataka (u ovom slučaju sastav ishrane) je *a priori* opisano sa jednom ili više nezavisnih spoljašnjih varijabli (Legendre i Legendre, 1998). Ova metoda je odabrana jer kao prediktivna analiza koja testira hipoteze, može da pruži eksplicitno predviđanje sastava ishrane, a ne samo eksploratorno *post-hoc* tumačenje. Analiza je izvršena na korelacionim matricama. Rezultati RDA su predstavljeni kao „triplot“ dijagrami sa sledećom simbologijom: (1) kategorije plena su predstavljene kao strelice (17 kategorija); (2) simbolima su predstavljena tri taksona zelenih žaba i tri lokaliteta uzorkovanja (ukupno šest simbola) i (3) dodatno za svaki lokalitet prikazani su centriodi svih žaba ulovljenih na tom lokalitetu (ukupno devet centroida). Na dijagramima, rastojanje između simbola aproksimira prosečnu razliku između sastava njihovih kategorija plena mereno njihovim euklidskim distancama. Ove distance se mogu posmatrati i kao mere trofičkog preklapanja. Skaliranje skorova i opterećenja (kategorije plena i taksona žaba, lokaliteta i pojedinačnih ulova žaba u ovom slučaju) je fokusirano na standardizaciju skorove i preko skaliranja kategorija plena čime su sačuvana relativna rastojanja između slučajeva. Dužina strelice je proporcionalna njenoj dominantnosti u uzorku, bilo ukupnom ili specifičnom. Dužina vektora kategorije ishrane zajedno sa uglom u odnosu na osu ukazuju na relativni doprinos te kategorije ishrane predstavljenim osama na dijagramu. Ugao između strelica ukazuje na približnu korelaciju između kategorija ishrane: približna korelacija je pozitivna kada je ugao oštar i negativna kada je ugao veći od 90 stepeni. Dužina strelice je takođe pokazatelj dominacije i doprinosa te kategorije ishrane ekstrakovanim gradijentima. Projektovana ortogonalna udaljenost simbola koji predstavljaju taksone žaba i lokalitete na strelice kategorija ishrane pokazuje relativnu važnost te kategorije ishrane u tom uzorku. Ordinaciona analiza je sprovedena korišćenjem softverskog programa CANOCO 5.15 (ter Braak i Smilauer, 2002). Značajnost obe kanonijske ose je testirana permutacionim testom. Dodatna *post-hoc* testiranja (*t*-test korišćenjem XLSTAT programa) su urađena na skorovima taksona i lokaliteta kao potvrda trendova uočenih vizuelnom interpretacijom rezultujućih ordinacija.

Proračuni širine niša (Hurlbert, 1978) urađeni su za svaki takson i svaki lokalitet korišćenjem kompjuterskog softvera EcoMeth ver. 7.4 (Kenney i Krebs, 2003).

Proračuni su urađeni prema Hurlbertovoj (1978) formulaciji za proračun širine niše:

$$B' = \frac{1}{\sum (p_j^2 / a_j)}$$

Gde je  $B'$  - širina niše po Hurlbertu,  $p_j$  - proporcija jedinki koja koristi resurs  $j$ , a  $a_j$  - proporcija dostupnog resursa  $j$ . Suma se izvodi po  $S$  – broju kategorija plena

Budući da se vrednosti za  $B'$  kreću između  $1/n$  i  $1.0$ , radi lakše interpretacije rezultata urađena je standardizacija prema sledećoj formulaciji:

$$B'_A = \frac{B' - a_{min}}{1 - a_{min}}$$

Gde je  $B'_A$  - standardizovana vrednost Hurlbertove širine niše,  $B'$  - širina niše po Hurlbertu a  $a_{min}$  - najmanji udeo od svih resursa

Pretpostavljeno je da resursi nemaju podjednaku zastupljenost na lokalitetu, što odgovara Dizajnu I obrade podataka (Manley i sar. 1993), koji testirani uzorak tretira kao nasumični uzorak ukupne populacije a preferencije se posmatraju na nivou celog uzorka (podaci su objedinjeni za ceo uzorak). Iz tog razloga odabrana je Hurlbertova formulacija širine niše koja uključuje dostupnost plena u formulaciju a u okviru programskih opcija odabrana je opcija “*Input each resource abundance*”. Podaci o ishrani su objedinjeni na dva načine: (1) kao ishrana svakog taksona zelenih žaba bez obzira na lokalitet na kome se nalaze i (2) ishrana na svakom od lokaliteta bez obzira na prisutne taksone zelenih žaba. Korišćenjem XLSTAT statističkog softvera za Windows (Ver. 3.1, Addinsoft, 2021) urađena su i dodatna *post-hoc* testiranja (*t*-test) za utvrđivanje razlika između širina niša svakog taksona i lokaliteta. Testovi značajnosti su urađeni permutacionom analizom.

Proračuni preklopa niša (Pianka, 1973) urađeni su za svaki takson i svaki lokalitet korišćenjem kompjuterskog softvera EcoMeth 7.4 (Kenney i Krebs, 2003). Proračuni su urađeni prema formulaciji za preklop niša koju je dao Pianka (1973):

$$O_{jk} = \frac{\sum_i^n p_{ij} p_{ik}}{\sqrt{\sum_i^n p_{ij}^2 \sum_i^n p_{ik}^2}}$$

Gde je  $O_{jk}$  - preklap niša između vrsta  $j$  i  $k$ ,  $p_{ij}$  - Proporcija resursa  $i$  u ukupnoj proporciji resursa koje koristi vrsta  $j$ ,  $p_{ik}$  - Proporcija resursa  $i$  u ukupnoj proporciji resursa koje koristi vrsta  $k$  a  $n$  - broj kategorija resursa ( $S$ ).

Ova formulacija preklopa niša se naziva i simetričan preklap budući da je preklapanje između vrsta A i vrsta B identično preklapanju između vrste B i vrste A. Mera preklapanja se kreće od 0 (vrste ne koriste ni jedan zajednički resurs) do 1 (vrste se u potpunosti preklapaju u korišćenju resursa). I za ove proračune, korišćena je opcija je “*Input each resource abundance*” odnosno pretpostavljeno je da resursi nisu pojednako distribuirani. Interpretacija širina i preklopa trofičkih niša je urađena prema sledećoj skali dobijenih vrednosti:

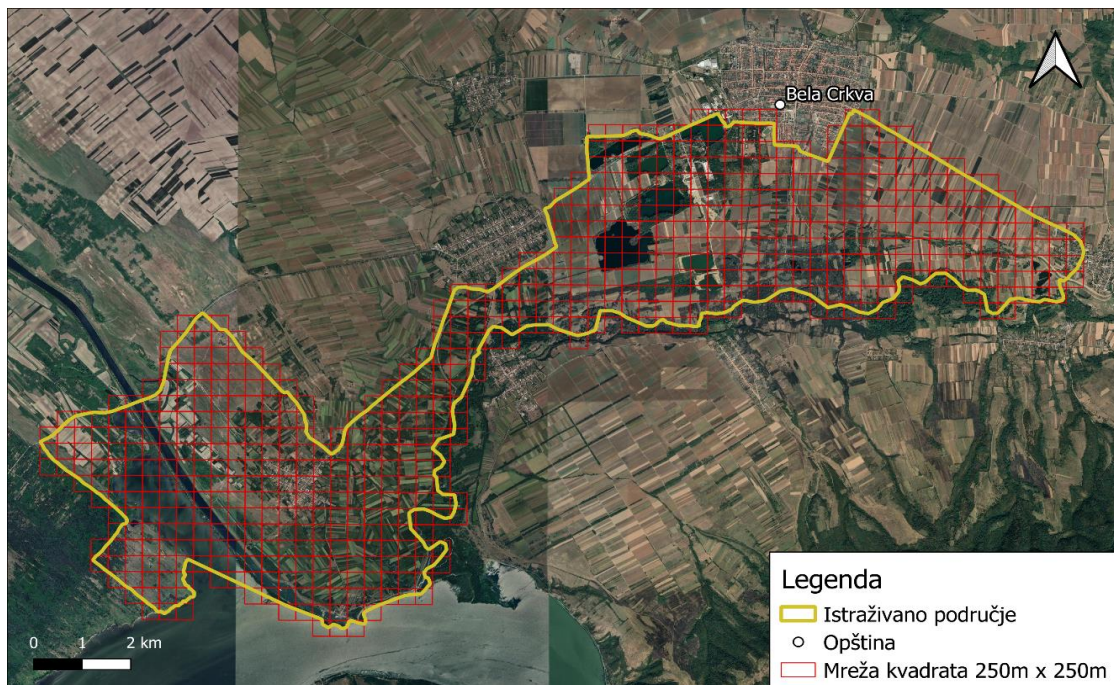
Vrednosti širina / preklopa trofičkih niša	Opisna ocena	
	Širina niša	Preklap niša
0,0 – 0,3	Uska niša	Mali preklap
0,3 – 0,6	Umerena širina niše	Umeren preklap
0,6 – 0,8	Prilično široka niša	Veliki preklap
0,8 – 1,0	Izrazito široka niša	Veoma veliki preklap

Budući da se dobijeni preklopi niša ne mogu testirati, urađena je simulacija sa 5000 generisanih slučajnih Monte Karlo permutacija, kako bi se izbegla pristrasnost algoritama (Lehsten i Harmand, 2006). Podrazumevalo se da ponuda kategorija resursa nije uniformna već da zavisi od elektivnosti taksona prema određenoj kategoriji plena. Prema dva načina definisanju širine niše (širina niše zadržana (eng. *retained*) ili “relaksirana” (eng. *relaxed*) i dva načina definisanja nultih stanja kategorija plena (eng. *Zero states*) odnosno odsustva određene kategorije plena u ishrani, bilo je moguće generisati ukupno četiri algoritma (scenarija) randomizacije (RA1–RA4) (Lawlor, 1980). Za generisanje nultih modela odabrana su dva simulaciona scenarija (RA2 i RA3), dovoljno robusna za procenu preklopa ekoloških niša (Gotelli i Graves, 1996). Ova dva scenarija omogućavaju istraživaču da se opredeli da li se ukoliko postoji trofička diferencijacija ona manifestuje kao filogenetski signal ili zavisi isključivo od trofičke ponudena lokalitetu. Scenario RA2 radi tako što se svaka prisutna trofička kategorija u plenu zamenjuje nasumičnim brojem 0-1 isključujući one kategorije koje ne postoje u plenu odnosno nulta stanja. To je situacija kada je širina niše “relaksirana” a nulta stanja zadržana. To je koristan algoritam kada postoji pretpostavka da u odsustvu interakcija vrsta, određene kategorije resursa nisu dostupne za svaki takson, ali ne postoje druga ograničenja za korišćenje resursa. Scenario RA3 radi tako što zadržava širinu niše svakog taksona, ali nasumično određuje koje se kategorije resursa koriste (Sale, 1974). Scenario RA3 se koristi kada je potrebno zadržati nivo specijalizacije za

svaki takson, ali mu se dozvoljava da potencijalno koristi druge kategorije resursa. Kod ovog scenarija nema generisanja slučajnih brojeva kao kod RA2, već se postojeće vrednosti preslažu unutar matrice (tzv. *scrambled zeros*, Winemiller i Pianka, 1990). Dobijene vrednosti indeksa preklopa niša poredene su sa sa nultim modelima odnosno distribucijom očekivanih vrednosti. Prisustvo neslučajnih obrazaca diferencijacije trofičkih niša se podrazumevalo na  $p_{\text{dobijeno}} < \text{očekivano} \leq 0.05$  (Gotelli i Graves, 1996). Scenariji su testirani softverskim paketom EcoSim 7.70 (Gotelli i Entsminger, 2011).

## 5.6. Procena stanišne povoljnosti

Za potrebe kvantifikacije stanišne povoljnosti zelenih žaba na istraživanom području, kreirana je mreža kvadrata dimenzija 250×250 m, koja obuhvata granice istraživanog područja (Slika 19). Veličina kvadrata u mreži je definisana u skladu sa bionomijom i disperzionim potencijalom taksona (Sjögren, 1991b). Istraživano područje obuhvata 680 kvadrata ukupne površine 42,5 km<sup>2</sup>, što je više od prvobitno definisane površine od 36,8 km<sup>2</sup>. Ova razlika od oko 15% je posledica preklapanja mreže preko granica područja, budući da mreža obuhvata male površine izvan definisane granice područja.



**Slika 19.** Prikaz istraživanog područja (žuta linija) i korišćene mreže 250×250 m (crvena linija), koja obuhvata istraživano područje

Kvalitet staništa je procenjen korišćenjem indeksa stanišne povoljnosti (eng. *Habitat Suitability Index – HSI*). Ovaj pristup se često koristi kao alat za potrebe upravljanja populacijama, pod pretpostavkom da stanišna povoljnost predviđa performanse ciljnih vrsta (Unglaub i sar. 2015). Budući

da u literaturi ne postoji HSI koji se odnosi na zelene žabe niti na druge bliske vrste sa sličnom ekologijom, za potrebe ovog istraživanja korišćen je prilagođeni HSI prema Oldham i sar. (2000) za repate vodozemce ali adaptiran za zelene žabe (Breka i sar. 2023, u štampi). Ovaj indeks uključuje deset varijabli koje se odnose na karakteristike/svojstva vodenih i terestričnih staništa vodozemaca. Svakom kvadratu je dodeljena vrednost za svaku od 10 varijabli a zatim je kreiran sintezni model stanišne povoljnosti koji uključuje svih 10 varijabli na čitavom području. Vrednovanje varijabli je vršeno u softverskom paketu QGIS 3.4.11. (Madeira; QGIS.org, 2021).

### 5.6.1. Tipovi promenljivih

Za potrebe određivanja stanišne povoljnosti za zelene žabe na istraživanom području na rezoluciji 250×250 m, urađena je kvantifikacija varijabli prema Breka i sar. (2023). Varijable su konvertovane u skorove stanišne povoljnosti (SI) u rasponu od 0 (za potpuno nepodobno stanište) do 1 (optimalno stanište). Za pojedine varijable, dobijeni skorovi su ponderisani prema proporciji koju zauzimaju unutar definisanog kvadrata. Zbog velikih razlika u vrednostima skorova a radi preglednije interpretacije, dodeljeni skorovi su konvertovani u brojčane ocene od 5 do 10, koje odgovaraju određenoj opisnoj kategoriji (Tabela 2). Time je svaki definisani kvadrat imao HS skor, odgovarajuću ocenu i opisnu kategoriju. Ocenjivanje varijabli nije uvek vršeno u punom opsegu (sa svih šest ocena), već je ocenjivano u skladu sa raspodelom varijabli na istraživanom području i bionomijom taksona.

**Tabela 2.** Brojčane ocene i dodeljene opisne kategorije

Brojčana ocena	Opisna kategorija
10	Izuzetno povoljno
9	Vrlo povoljno
8	Umereno povoljno
7	Umereno nepovoljno
6	Relativno nepovoljno
5	Nepovoljno

Karakteristike staništa koje su korišćene za izračunavanje vrednosti indeksa su sledeće: položaj lokaliteta u odnosu na distribuciju vrste (tj. da li se populacija javlja na perifernom ili centralnom delu areala) (SI<sub>1</sub>), proporcija litoralne zone (SI<sub>2</sub>), permanentnost vodnog tela (SI<sub>3</sub>), kvalitet vode (SI<sub>4</sub>), zasenčenost vodnog tela (SI<sub>5</sub>), uticaj ptica močvarica (SI<sub>6</sub>), uticaj riba (SI<sub>7</sub>), proporcija vodnih tela u



okviru kvadrata (SI<sub>8</sub>), proporcija podobnog terestričnog staništa u okviru kvadrata (SI<sub>9</sub>) i proporcija makrofita u vodnom telu (SI<sub>10</sub>). Svih 10 varijabli je bilo moguće podeliti u tri grupe.

Prva grupa obuhvata varijable koje imaju uticaj na adaptivnu vrednost, a na koje vrsta nema uticaj, odnosno scenopoetične varijable. U ovaj tip varijabli spadaju bioklimatske i topografske varijable ali i struktura staništa (Soberón, 2010). U grupu scenopoetičnih uvršteno je sledećih 7 varijabli:

- Proporcija litoralne zone (SI<sub>2</sub>),
- Permanentnost vodnog tela (SI<sub>3</sub>),
- Kvalitet vode (SI<sub>4</sub>),
- Zasenčenost vodnog tela (SI<sub>5</sub>),
- Proporcija vodnih tela u okviru kvadrata (SI<sub>8</sub>),
- Proporcija podobnog terestričnog staništa u okviru kvadrata (SI<sub>9</sub>)
- Proporcija makrofita u vodnom telu (SI<sub>10</sub>).

Druga grupa varijabli obuhvata činioce koji utiču na adaptivnu vrednost populacije, ali populacija ima uticaj na njih, u smislu da ih koristi ili modifikuje, odnosno bionomične varijable. Generalno gledano, faktori koji utiču na fitnes u regulatornom maniru, bilo *top – down* ili *bottom – up* se karakterišu kao bionomične varijable (Hassell i sar., 1998). U grupu bionomičnih uvrštene su sledeće dve varijable:

- Uticaj ptica močvarica (SI<sub>6</sub>),
- Uticaj riba (SI<sub>7</sub>)

Treća grupa varijabli se odnosi na prostor, odnosno područje dostupno za disperziju u relevantnom vremenskom okviru. Varijable ovog tipa jasno demonstriraju važnost ograničenja disperzije na distribuciju taksona. U ovaj tip varijabli spada:

- Položaj lokaliteta u odnosu na distribuciju vrste (SI<sub>1</sub>)

Svi neophodni podaci za procenu stanišne povoljnosti svakog od karaktera su skorovani na više različitih načina: direktno na istraživanom području odnosno lokalitetima gde je vršeno izlovljavanje, iz dostupnih georeferenciranih baza podataka, dostupnih studija zaštite specijalnog rezervata prirode „Deliblatska peščara“ za lokalitet Stevanove ravnice i predela izuzetnih odlika „Karaš-Nera“ za druga dva lokaliteta, kao i iz priručnika sa opisima i osnovnim podacima staništa Srbije “Harmonizacija nacionalne nomenklature u klasifikaciji staništa sa standardima međunarodne zajednice” (Lakušić i sar., 2005). Sve žabe su u ovom slučaju posmatrane kao pripadnici *Pelophylax esculentus* kompleksa bez razdvajanja na taksone, osim za varijablu SI<sub>1</sub> koja je takson-specifična budući da sva tri taksona

imaju različite verovatnoće pojavljivanja u okviru istraživanog područja zbog različitih areala distribucije (Vukov i sar., 2013). Skorovi za varijablu  $SI_1$  su dodeljeni pojedinačno za svaki takson ali je za proračun konačnog modela korišćena aritmetička srednja vrednost tih vrednosti budući da je model kreiran na nivou čitavog kompleksa.

#### 5.6.1.1. Scenopoetične varijable

##### Proporcija litoralne zone ( $SI_2$ )

Proporcija litoralne zone vodnog tela se odnosi na njegovu “zabarenost” i predstavlja važnu karakteristiku staništa zelenih žaba koja ima uticaj na vrednovanje stanišne povoljnosti. Zelene žabe preferiraju veća vodena tela samo u slučajevima kada su plitka i dovoljno zabarena uz prisustvo makrofitske vegetacije. Generalno, zelene žabe nastanjuju priobalni pojas vodenog tela sa stalnom vodenom emerznom vegetacijom koji se direktno naslanja na staništa otvorene površinske vode s jedne, i terestrična staništa s druge strane. Širina ove litoralne zone zavisi od dimenzija vodenog tela. Konkretno, kod manjih vodenih tela poput potoka, manjih kanala za nadvodnjavanje i mrtvaja, pojas uz obalu gde se žabe najčešće nalaze iznosi oko 2 m dok kod većih vodenih tela poput reka, bara i nekih jezera žabe nastanjuju pojas do oko 5 m (Breka, personalna opservacija). Iz tog razloga, prilikom kvantifikovanja varijable  $SI_2$  u obzir je uziman tip vodenog tela, širina litoralne zone i njen udeo u okviru definisanog kvadrata  $250 \times 250$  m. Za potrebe kvantifikacije  $SI_2$  sva vodna tela istraživanog područja su klasifikovana u 5 kategorija: reka, kanal, mrtvaja, jezero i bara. Za svaku kategoriju vodnog tela definisana je širina litoralne zone. Za reke, jezera i bare litoralna zona je iznosila 5 m, a za kanale i mrtvaje 2 m. Zatim je izračunata površina litoralne zone svakog vodnog tela prema dodeljenoj kategoriji i njihova proporcija u odnosu na površinu definisanog kvadrata. Konkretno, ova varijabla je kvantifikovana kao udeo litoralne zone unutar definisanog kvadrata. Način vrednovanja  $SI_2$  varijable prikazan je u tabeli 3.

**Tabela 3.** Prikaz vrednovanja varijable  $SI_2$

Proporcija litoralne zone – dodeljeni skorovi	Brojčana ocena	Opisna kategorija
0,00	5	Nepovoljno
0,00-0,02	6	Relativno nepovoljno
0,02-0,04	7	Umereno nepovoljno
0,04-0,06	8	Umereno povoljno
0,06-0,105	10	Izuzetno povoljno

### Permanentnost vodenog tela (SI<sub>3</sub>)

Permanentnost vodenog tela ima uticaj na stanišnu povoljnost zelenih žaba budući da su permanentnija vodena tela koja ne isušuju u potpunosti bolja staništa za zelene žabe, posebno u periodu reprodukcije i hibernacije. Vrednovanje varijable SI<sub>3</sub> vršeno je korišćenjem dostupnih georeferenciranih baza podataka i dostupnih karata iz studija proglašenja specijalnog rezervata „Deliblatska peščara“ za lokalitet Stevanove ravnice (Anonimus, 2011) i predela izuzetnih odlika „Karaš-Nera“ za druga dva lokaliteta (Anonimus, 2015). Svakom vodnom telu unutar istraživanog područja je dodeljen skor prema trostepenoj skali: 0 - 0,33 za neobalna staništa koja su suva ili sezonski vlažna (plavljenje u toku koga se formira vodena površina iznad zemljišta traje manje od šest meseci) sa više od 30% vegetacijskog pokrivača; 0,33 – 0,66 za staništa koja mogu da budu i sezonski suva (privremene ili povremene reke i potoci), s tim da period suše traje manje od šest meseci i 0,66 - 1 za vodena staništa koja su permanentna tokom cele godine bez perioda potpunog isušivanja osim u priobalnom delu (npr. jezera, kanali). Zatim je za potrebe kvantifikacije dodeljeni HS skor ponderisan u odnosu na površinu koju dato vodeno telo zauzima unutar definisanog kvadrata prema formulaciji:

$$\frac{P_i \times V_i + \dots P_n \times V_n}{\sum P_i + \dots P_n}$$

Gde je  $P_i$  površina  $i$ -tog vodnog tela unutar definisanog kvadrata a  $V_i$  dodeljen HS skor za  $i$ -to vodno telo.

Ponderisanje HS vrednosti je bilo važno posebno zbog situacije kada se u okviru kvadrata nalazi više vodnih tela različitih HS skorova. Način vrednovanja SI<sub>3</sub> varijable prikazan je u tabeli 4.

**Tabela 4.** Prikaz vrednovanja varijable SI<sub>3</sub>

Permanentnost vode – dodeljeni skorovi	Brojčana ocena	Opisna kategorija
0,00	5	Nepovoljno
0,00-0,2	6	Relativno nepovoljno
0,2-0,4	7	Umereno nepovoljno
0,4-0,6	8	Umereno povoljno
0,6-0,8	9	Veoma povoljno
0,8-1	10	Izuzetno povoljno

## Kvalitet vode (SI<sub>4</sub>)

Kvalitet površinskih voda na odabranim lokalitetima u okviru istraživnog područja kontroliše Agencija za zaštitu životne sredine Srbije. Prema „Izveštaju o statusu površinskih voda Srbije za 2015. i 2016. godinu“ (Denić i sar., 2018) određen broj površinskih voda, uključujući i one sa kojih su zelene žabe uzorkovane su ocenjene kroz elemente kvaliteta vode. Prema Okvirnoj direktivi o vodama (*Water Framework Directive – WFD*; EC, 2002), vodna tela se klasifikuju kroz ocenu ekološkog statusa ili ekološkog potencijala i hemijskog statusa. Ekološki status je izraz kvaliteta strukture i funkcionisanja akvatičnih sistema koji pripadaju površinskim vodama, klasifikovan u skladu sa Aneksom V Direktive. Ekološki potencijal je status značajno izmenjenog vodnog tela ili veštačkog vodnog tela, klasifikovan u skladu sa relevantnim odredbama Aneksa V Direktive (Denić i sar., 2015). Aneks V Direktive definiše elemente kvaliteta koji moraju biti korišćeni za ocenu ekološkog statusa/potencijala. Elementi kvaliteta vode za ocenu ekološkog statusa odnosno potencijala podeljeni su u tri grupe: (1) biološki elementi; (2) hidromorfološki elementi koji podržavaju biološke elemente i (3) fizičko-hemijski i hemijski elementi koji podržavaju biološke elemente. Fizičko-hemijski i hemijski elementi koji podržavaju biološke elemente uključuju (1) opšte fizičko-hemijske elemente kvaliteta i (2) specifične zagađujuće supstance koje se ispuštaju u vodno telo u značajnim količinama.

Prema dostupnim, objavljenim rezultatima (Denić i sar., 2018) površinske vode sa sva tri lokaliteta sa kojih su uzorkovane zelene žabe po fizičko-hemijskom i hemijskom statusu ocenjene kao „zadovoljavajuće“ (Denić i sar., 2018). Međutim, njihov ekološki status prema svim procenjenim elementima se razlikovao: najbolji ekološki klasifikovan kao „dobar status“ površinskih voda imao je lokalitet JRG. Lokalitet STR je imao „umeren“ ekološki status površinskih voda, što je niža ocena i znači umereno odstupanje od referentnih vrednosti. U ovom slučaju, biološki parametri su imali niže vrednosti nego na lokalitetu JRG. Lokalitet DTD kao veštačko vodno telo ispunjava kriterijume za „umereni“ ekološki potencijal. To odgovara najlošijoj oceni u ukupnoj proceni statusa površinskih voda (analizirani parametri u sve tri merene kategorije su bili lošiji nego na ostalim lokalitetima). Budući da je implementacijom Okvirne direktive o vodama klasifikacija kvaliteta vode prirodnih i veštačkih vodnih tela izmenjena, treba napomenuti da prethodne verzije izveštaja od strane iste agencije, kanalu DTD pripisuju kategoriju „slab/loš“ status kvaliteta vode.

Na osnovu rezultata u okviru izveštaja (Denić i sar., 2018), pored procene kvaliteta vode na lokalitetima sa kojih su uzorkovane žabe i svim ostalim vodnim telima u okviru istraživnog područja dodeljeni su skorovi radi kvantifikacije varijable SI<sub>4</sub>. Budući da su se u okviru nekih kvadrata nalazila vodna tela različitih HS skorova, za potrebe kvantifikacije korišćena je ista formulacija kao i za SI<sub>3</sub> gde

je dodeljeni HS skor množen površinom koju dato vodeno telo zauzima unutar kvadrata i sabiran sa proizvodom površine i HS skora svakog narednog vodenog tela unutar istog kvadrata i deljen sumom svih površina vodenih tela unutar kvadrata. Za vodna tela za koje ne postoje podaci sa dokumentovanih vodozahvata, korišćeni su podaci sa najbližeg vodnog tela sa kojim su u neposrednoj vezi (npr. manjim kanalima za melioraciju koji proističu iz kanala DTD dodeljene su njegove vrednosti). Način vrednovanja SI<sub>4</sub> varijable prikazan je u tabeli 5.

**Tabela 5.** Prikaz vrednovanja varijable SI<sub>4</sub>

Kvalitet vode – dodeljeni skorovi	Brojčana ocena	Opisna kategorija
0,00	5	Nepovoljno
0,00-0,2	6	Relativno nepovoljno
0,2-0,4	7	Umereno nepovoljno
0,4-0,6	8	Umereno povoljno
0,6-0,8	9	Veoma povoljno
0,8-1	10	Izuzetno povoljno

#### Zasenčenost vodenog tela (SI<sub>5</sub>)

Zasenčenost vodnog tela odnosno proporcija senke iznad vodenog ogledala je karakteristika staništa od značaja za zelene žabe jer je u direktnoj vezi sa toplotnim zahtevima žaba. Iako su žabe ektotermi koji zahtevaju sunčevu svetlost za podizanje temperature i kretanje, tokom letnjih meseci sa visokim temperaturama vazduha, potreban im je zasenčen deo staništa kao dostupno sklonište ne samo od visoke temperature i UV zračenja već i od predatora/kompetitora. Varijabla SI<sub>5</sub> je skorovana *in situ* korišćenjem trostepene skale kao: 0 – 0,33 niska osenčenosti; 0,33 – 0,66 srednja osenčenost i 0,66 - 1 velika površina u okviru staništa pod senkom odnosno visoka proporcija osenčenosti. Treba napomenuti da staništa u potpunoj senci i bez dostupnog sunčevog zračenja ne predstavljaju povoljna staništa za žabe kao ektoterme ali takva nisu ni evidentirana na istraživanom području. Definisane skorova kao i samo dodeljivanje istih je potkrepljeno mapama i diskusijama iz studija zaštite odnosno planova upravljanja zaštićenim dobrima SRP “Deliblatska pešćara” (Anonimus, 2011) i PIO “Karaš-Nera” (Anonimus, 2015). Dodeljeni HS skorovi ponderisani su prema opisanom načinu u skladu sa površinom koju vodeno telo zauzima unutar kvadrata. Način vrednovanja SI<sub>5</sub> varijable prikazan je u tabeli 6.

**Tabela 6.** Prikaz vrednovanja varijable SI<sub>5</sub>

Zasenčenost – dodeljeni skorovi	Brojčana ocena	Opisna kategorija
0.00	5	Nepovoljno
0.00-0.1	6	Relativno nepovoljno
0.1-0.3	7	Umereno nepovoljno
0.3-0.5	9	Veoma povoljno
0.5-0.6	10	Izuzetno povoljno

**Proporcija vodnih tela unutar kvadrata 250 x 250 m (SI<sub>8</sub>)**

Proporcija vodnih tela unutar definisanog kvadrata je važan parameter staništa za vodene žabe kao karakteristika predela koja se odnosi na dostupnost vodenih i kopnenih staništa neophodnih za uspešnu realizaciju životnog ciklusa. Proporcija vodnih tela je jedan od ključnih komponenti povezanosti predela (eng. *landscape connectivity*) i ima uticaj na strukturnu (prostorni raspored povoljnih staništa u okviru predela), potencijalnu (prostorni raspored i disperzioni potencijal taksona) i funkcionalnu povezanost predela (obrasce disperzije i migratorne koridore između povoljnih staništa) (Calabrese i Fagan, 2004). Dimenzije kvadrata su definisane u skladu sa bionomijom taksona i njihovim potencijalom za disperziju u okviru jedne generacije (Widenfalk i sar., 2018). Ova varijabla je kvantifikovana kao površina, odnosno proporcija svih vodenih tela unutar definisanog kvadrata. Način vrednovanja SI<sub>8</sub> varijable prikazan je u tabeli 7.

**Tabela 7.** Prikaz vrednovanja varijable SI<sub>8</sub>

Proporcija vodnih tela unutar kvadrata – dodeljeni skorovi	Brojčana ocena	Opisna kategorija
0,00	5	Nepovoljno
0,0-0,2	6	Relativno nepovoljno
0,2-0,4	7	Umereno nepovoljno
0,4-0,6	9	Veoma povoljno
>0,6	10	Izuzetno povoljno

**Proporcija podobnog terestričnog staništa unutar kvadrata 250 x 250 m (SI<sub>9</sub>)**

Proporcija podobnog terestričnog staništa je poput proporcije vodnih tela karakteristika koja utiče na stepen povezanosti povoljnih staništa unutar predela. Konkretno, pod podobnim terestričnim staništima za zelene žabe se podrazumeva pojas oko vodnih tela odnosno terestrična zona koja se naslanja na litoralnu zonu. Širina ovog pojasa u kome se mogu naći zelene žabe, zavisi od tipa vodenog tela pa tako kod manjih vodenih tela poput kanala, mrtvaja i potoka ona iznosi oko 2 m a kod većih

poput reka, jezera i većih bara iznosi oko 5 m (Breka, personalna opservacija). Pod podobnim terestričnim staništem za žabe se podrazumeva deo obale sa visokom vlagom koja je posledica dugotrajnog periodičnog plavljenja ili raspršivanja vode usled brzine i blizine rečnog toka (Lakušić i sar., 2005). Ovakva staništa najčešće čine sledeće vegetacijske zajednice: grupacije trske i drugih visokih helofita na rubovima vodenih basena, grupacije siromašne vrstama na niskim obalama ili amfibijska vegetacija, pionirska i efemerna vegetacija periodično plavljenih obala, obale od mekih i mobilnih sedimenata sa ili bez raštrkanom vegetacijom, tršćaci obično bez slobodne stajaće vode, grupacije visokih šaševa obično bez slobodne stajaće vode, mokre i vlažne oligotrofne travne formacije, vrbove šume oko reka i mokre i vlažne eutrofne i mezotrofne travne formacije (Lakušić i sar. 2005). Ova obodna terestrična zona je od velike važnosti za obavljanje životnih funkcija zelenih žaba, pre svega za ishranu budući da se ishrana najvećim delom odvija na kopnu u neposrednoj blizini vodenog tela koje nastanjuju (Breka i sar., 2019). Takođe, udeo podobnih terestričnih staništa predstavlja važnu komponentu povezanosti predela budući da oni predstavljaju koridore između povoljnih akvatičnih staništa (pečeva). Povezanost između pečeva u većoj meri zavisi od migratornih koridora u odnosu na samu blizinu pečeva (Tailor i sar., 1993). Udeo podobnih terestričnih staništa utiče na protok gena između akvatičnih staništa a cena kretanja i disperzije zelenih žaba kroz određene tipove staništa utiče na njihovu sposobnost da pronađu i nasele novo povoljno stanište (Mazerolle i Desrochers, 2005). Za potrebe kvantifikacije varijable  $SI_9$  u obzir je uziman tip vodenog tela, širina podobne terestrične zone na obodu vodenog tela i njen udeo u okviru definisanog kvadrata. Za svaku od unapred definisanih kategorija vodnih tela na istraživanom području (reka, kanal, mrtvaja, jezero i bara) određena je širina terestrične zone pogodne za zelene žabe. Dalje je izračunata površina te terestrične zone prema dodeljenoj kategoriji vodnog tela i njen udeo u okviru svakog definisanog kvadrata. Prema tome, kvantifikovanje ove varijable je svedeno na proračun udela pogodne terestrične zone unutar kvadrata. Način vrednovanja  $SI_9$  varijable prikazan je u tabeli 8.

**Tabela 8.** Prikaz vrednovanja varijable  $SI_9$

Proporcija podobnog terestričnog staništa unutar kvadrata – dodeljeni skorovi	Brojčana ocena	Opisna kategorija
0,00	5	Nepovoljno
0,00-0,02	6	Relativno nepovoljno
0,02-0,04	7	Umereno nepovoljno
0,04-0,06	8	Umereno povoljno
0,06-0,105	10	Izuzetno povoljno

### Proporcija makrofita u vodnom telu (SI<sub>10</sub>)

Proporcija makrofita na staništu je od važnosti za zelene žabe i utiče na stanišnu povoljnost budući da makrofite služe kao sklonište tokom reprodukcije i ovipozicije, zaklon od predatora i visokih letnjih temperatura ali imaju i ulogu u ishrani punoglovaca zbog obraštaja perifitonom (Sredl i Collins, 1992; Tarr i Babbitt, 2002). Karakter SI<sub>10</sub> je skorovan trostepenom skalom: 0 – 0,33 mala zastupljenost makrofita, 0,33 - 0,66 srednja zastupljenost makrofita, 0,66 - 1 visoka zastupljenost makrofita do potpune pokrivenosti za svaku od 5 definisanih kategorija vodnih tela. Uzimano je u obzir da različite kategorije vodnih tela nastanjuju različite zajednice makrofita i u različitoj proporciji. Dodeljeni HS skorovi ponderisani su prema opisanom načinu u skladu sa površinom koju vodeno telo određene kategorije zauzima unutar kvadrata. Način vrednovanja varijable SI<sub>10</sub> prikazan je u tabeli 9.

**Tabela 9.** Prikaz vrednovanja varijable SI<sub>10</sub>

Proporcija makrofita – dodeljeni skorovi	Brojčana ocena	Opisna kategorija
0,00	5	Nepovoljno
0,00-0,3	6	Relativno nepovoljno
0,3-0,5	7	Umereno nepovoljno
0,5-0,7	9	Veoma povoljno
0,7-0,9	10	Izuzetno povoljno

#### 5.6.1.2. Bionomične varijable

##### Uticaj ptica močvarica (SI<sub>6</sub>)

Varijabla SI<sub>6</sub> koja se odnosi na procenu uticaja vodenih ptica na istraživanom području je od važnosti za povoljnost staništa zelenih žaba jer je obrnuto proporcionalna predatorskom pritisku na sve stadijume životnog ciklusa zelenih žaba. Zelene žabe predstavljaju trofičku bazu za predatore višeg reda a čine značajan udeo u ishrani ptica močvarica poput roda, čaplji, kormorana, ždralova, liski i različitih vrsta ptica šljukarica. Žabama se potencijalno hrane i druge grupe ptica (poput sova, jastrebova i eja) ali ne predstavljaju njihov osnovni već suplementarni plen (Ferguson-Lees i Christie, 2001). Stoga je za procenu povoljnosti staništa vrednovano samo prisustvo ptica močvarica. Treba napomenuti da Južni Banat a posebno područje Dunava na južnom obodu Panonske nizije koje uključuje lokalitete Labudovo okno, adu Čibukliju, Dubovački rit, ušće Karaša, ušće Nere i Zavojsku adu predstavlja značajno gnezdište, zimovalište i hranilište ptica močvarica (Anonimus, 2011, 2015). To područje ujedno predstavlja i važnu migratornu stanicu močvarne avifaune ne samo iz Srbije već i iz drugih delova sveta. Ovaj karakter je skorovana korišćenjem trostepene skale: 0 - 0,33 visok uticaj;



0,33 - 0,6 srednji uticaj; 0,6 - 1 nizak uticaj ptica močvarica. Skorovi su dodeljeni svakoj od 5 definisanih kategorija vodnih tela uzimajući u obzir diverzitet i uticaj ptica na istim, budući da sa većim diverzitetom i brojnošću ptica raste i njihov uticaj na zelene žabe. Dodeljeni HS skorovi ponderisani su prema opisanom načinu u skladu sa površinom koju vodeno telo određene kategorije zauzima unutar kvadrata. Način vrednovanja varijable  $SI_6$  prikazan je u tabeli 10.

**Tabela 10.** Prikaz vrednovanja varijable  $SI_6$

Procena diverziteta ptica močvarica– dodeljeni skorovi	Brojčana ocena	Opisna kategorija
0,0	5	Nepovoljno
0,0-0,3	6	Relativno nepovoljno
0,3-0,5	7	Umereno nepovoljno
0,5-0,7	9	Veoma povoljno
0,7-0,9	10	Izuzetno povoljno

#### Uticaj riba ( $SI_7$ )

Varijabla  $SI_7$  koja se odnosi na procenu uticaja riba je poput varijable  $SI_6$  od važnosti za povoljnost staništa zelenih žaba jer je obrnuto proporcionalna predatorskom pritisku na sve stadijume životnog ciklusa zelenih žaba. Adultne zelene žabe su najčešće plen predatorskih vrsta riba poput štuke, soma, bucova i smuđa ali se njima mogu hraniti i omnivori koji se služe oportunističkom strategijom hvatanja plena poput šarana, mreke, jesetre, srebrnog karaša i sunčanice. Osim adultnih žaba, sve ove vrste riba vrše predatorski pritisak i na jaja i na larvalne stadijume zelenih žaba. Većina ovih vrsta riba se može naći u Dunavu, Neri i kanalu DTD gde je diverzitet riba i predatorski pritisak na žabe najveći. Ribe ređe zalaze u manje melioracione kanale. Belockrvanska jezera, Kusička jezera kao i nedavno nastala jezera ekstrakcijom šljunka su veštački porobljena i to najčešće amurom, smuđem i šaranom. Riblji fond u nepermanentnim vodenim telima poput mrtvaja i bara je siromašan. Prisustvo riba u takvim vodenim telima zavisi od veze sa većim vodenim telima ili dužine i intenziteta plavljenja većih reka i najčešće se svodi na prisustvo riblje mladi te je predatorski pritisak na zelene žabe na takvim lokalitetima niži. Varijabla  $SI_7$  je skorovana korišćenjem trostepene skale: 0 - 0,33 visok uticaj riba; 0,33 - 0,66 srednji uticaj riba; 0,66 - 1 nizak uticaj riba. Skorovi su dodeljeni svakoj od 5 definisanih kategorija vodnih tela uzimajući u obzir različiti diverzitet i uticaj ihtiofaune na istim. Dodeljeni HS skorovi ponderisani su prema opisanom načinu u skladu sa površinom koju vodeno telo određene kategorije zauzima unutar kvadrata. Način vrednovanja varijable  $SI_7$  prikazan je u tabeli 11.

**Tabela 11.** Prikaz vrednovanja varijable SI<sub>7</sub>

Procena diverziteta riba – dodeljeni skorovi	Brojčana ocena	Opisna kategorija
0,00	5	Nepovoljno
0,0-0,2	6	Relativno nepovoljno
0,2-0,4	7	Umereno nepovoljno
0,4-0,6	8	Umereno povoljno
0,6-0,8	9	Veoma povoljno
0,8-1	10	Izuzetno povoljno

**5.6.1.3. Varijable koje utiču na disperziju****Položaj lokaliteta u odnosu na distribuciju vrste (SI<sub>1</sub>)**

Poznato je da se populacije razlikuju u mnogim aspektima svoje ekologije u zavisnosti od toga da li se nalaze na periferiji ili u centralnom delu areala rasprostranjenja (Vucetich i Waite, 2003). Budući da se tri taksona iz *Pelophylax esculentus* kompleksa u okviru istraživanog područja nalaze u različitim delovima svojih areala bilo je potrebno da se SI<sub>1</sub> varijabla kvantifikuje na 3 različita načina. Svaki takson je skorovan korišćenjem trostepene skale: skor 0,3 za ivične populacije (primenjivo na *P. lessonae*), 0,5 za populacije koje nisu ivične ali imaju ograničenu distribuciju (primenjivo na *P. esculentus*) i 1 za populacije u centru areala distribucije bez ograničenja (primenljiv na *P. ridibundus*). Način vrednovanja SI<sub>1</sub> varijable prikazan je u tabeli 12.

**Tabela 12.** Prikaz vrednovanja varijable SI<sub>1</sub>

Takson	Položaj lokaliteta u odnosu na distribuciju taksona – dodeljeni skorovi	Brojčana ocena	Opisna kategorija
<i>P. ridibundus</i>	1	10	Izuzetno povoljno
<i>P. lessonae</i>	0,3	7	Umereno nepovoljno
<i>P. esculentus</i>	0,5	8	Umereno povoljno

**5.6.2. Definisanje scenarija sinteznog modela stanišne povoljnosti**

Izrađen je ukupni sintezni modeli stanišne povoljnosti za sve taksona iz *Pelophylax esculentus* kompleksa na osnovu svih grupa varijabli (scenopoetičnih, bionomičnih i disperzionih). Sintezni model je urađen sa ekološkom pretpostavkom da su sve korišćene varijable nezavisne. Prema tome je ukupna povoljnost staništa unutar svakog kvadrata računata kao geometrijska srednja vrednost svih 10 korišćenih varijabli. Iako kompleks čine tri taksona sa relativnim razlikama u distribuciji (Videti

poglavlje 5.6.1.3. *Varijable koje utiču na disperziju*), sintezni model je urađen tako da se odnosi na bilo koji takson iz kompleksa. Za potrebe kreiranja sinteznog modela, varijabla  $SI_1$ , inače skorovana i vrednovana za svaki takson pojedinačno, je računata kao aritmetička srednja vrednost dodeljenih ocena za pojedinačne taksone. Prikaz rezultata scenarija sinteznog modela stanišne povoljnosti, dat je u odeljku 6.4.2. *Sintezni model stanišne povoljnosti*.

## **5.7. Model populacione strukture, procena kapaciteta, analiza vijabilnosti populacije (PVA) i procena rizika izumiranja**

### **5.7.1. Demografski podaci**

Podaci za izradu demografskog modela preuzeti su iz dostupne literature kako bi se izbegla potpuna rekonstrukcija podataka (Sjögren, 1991a; b; Sjögren-Gulve, 2020). S obzirom da se dostupni podaci odnose na populacije severne klade *Pelophylax lessonae* koja živi u drugačijim uslovima od zelenih žaba u Južnom Banatu, bilo je potrebno modifikovati određene demografske parametre u skladu sa populacionim razlikama i uslovima na istraživanom području. Korekcije u demografskim parametrima za populacije zelenih žaba su se odnosile na povećanje mortaliteta u najranijim uzrasnim kategorijama (Uzrast 0, Uzrast 1) s obzirom na veći pritisak na lokalitetima istraživanih populacija u odnosu na populacije iz literature. Sjögren-Gulve (2020) navodi da su podaci za parametrizaciju demografskog modela i formiranje Lesliejeve matrice dobijeni višegodišnjim istraživanjima na terenu i ekspertskom procenom parametara koji su procenjeni kao aktuelni i tačni za potrebe analize vijabilnosti populacije (eng. *Population Viability Analysis – PVA*) i određivanje minimalne vijabilne populacije (eng. *Minimum Viable Population – MVP*). Treba napomenuti da su model populacione strukture, procena kapaciteta i PVA analiza sa procenom rizika uzumiranja rađeni na nivou čitavog *Pelophylax esculentus* kompleksa, odnosno, dostupni podaci za *P. lessonae* su implementirani za čitav kompleks, uz pomenute korekcije. Lesliejeva matrica korišćena za izradu demografskog modela predstavljena je u tabeli 13. Tablica se sastoji od 7 uzrastnih klasa koje su definisane prema kritičnim fazama životnog ciklusa (eng. *stage-specific life tables*). Uzimajući u obzir bionomiju vrste odnosno trajanje kritičnih faza u okviru životnog ciklusa ali i očekivanu dužinu života u proseku svaki definisani uzrast traje oko godinu dana. Uzrast 0 predstavlja punoglavce, odnosno larvalni stadijum. Uzrast 1 predstavlja tek metamorfozirane žabe do 3 cm, Uzrast 2 predstavljaju metamorfozirane žabe do 4 cm, Uzrast 3 predstavljaju žabe između 4 i 5 cm. Uzrasti 4-6 predstavljaju adultne žabe čija je dužina tela veća od 5 cm.

Generalno, kod vodozemaca se uočavaju dva obrasca postmetamorfognog preživljavanja prema Collins (1975) i Mitchell (1986). Zelene žabe odgovaraju II grupi koja ima sledeće karakteristike: najveći udar mortaliteta na jedinke malih dimenzija odnosno nisko preživljavanje subadulta, srednja očekivana dužina života raste sa uzrastom, veće dimenzije tela (>50 mm), veliki broj položenih jaja, odložen ulazak u adultnu fazu i visoko preživljavanje starijih uzrasnih kategorija (Mitchell, 1986). Na osnovu dostupnih podataka bilo je moguće uraditi demografsku sintezu razvojne dinamike populacije.

Metodologija proračuna demografskih parametara i demografske sinteze populacije je urađena prema Gotelli (2008) a rezultati su predstavljeni u okviru poglavlja 6.6. *Demografska sinteza razvojne dinamike populacije*.

**Tabela 13.** Leslijeva matrica korišćena za izradu demografskog modela (Preuzeto iz: Sjögren, 1991a; Sjögren, 1991b uz korekcije). Larvalni stadijumi su obeleženi žutom bojom, juvenilni i subadultni plavom a adultni zelenom.

	Uzrast 0	Uzrast 1	Uzrast 2	Uzrast 3	Uzrast 4	Uzrast 5	Uzrast 6
Uzrast 0	0,0	0,1	15,0	25,0	30,0	35,0	40,0
Uzrast 1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Uzrast 2	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Uzrast 3	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Uzrast 4	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
Uzrast 5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0
Uzrast 6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0

### 5.7.2. Analiza vijabilnosti populacije

Cilj modela populacione strukture je da predstavi prostornu organizovanost metapopulacija na istraživanom području. Na osnovu podataka iz modela populacione strukture, procenjuje se kapacitet sredine (K) i započinje analiza vijabilnosti populacije u okviru koje se vrši procena minimalne vijabilne populacije (MVP) i rizika izumiranja. Procene su urađene kako za svaku pojedinačnu demu tako i za svih 13 dema objedinjeno. Analize su rađene u softverskom paketu RAMAS GIS (ver. 4.0) (Akçakaya i Root, 2002). Model populacione strukture formiran je na osnovu mape sinteznog modela stanišne povoljnosti (videti odeljak 6.5 *Sintezni model stanišne povoljnosti*) sa pretpostavkom međusobno nezavisnih varijabli. Mapa stanišne povoljnosti je učitana u softver RAMAS GIS u modul “*Spatial data*” i definisani su sledeći parametri:

- Prag povoljnosti (eng. *Habitat suitability threshold for patches*) je definisan na vrednosti  $HS = 0,8$  kao granicu koja razdvaja povoljna (*source*) od nepovoljnih staništa (*sink*)
- Veličina okruženja (eng. *Neighborhood distance*) je definisana na 700 m što znači da su sve povoljne ćelije koje se nalaze na udaljenosti koja je manja ili jednaka ovoj smatraju delom istog staništa (eng. *patch*). Za početnu tačku merenja ove distance se uzima centar definisanog kvadrata  $250 \times 250$  m. Ova distanca je definisana u skladu sa bionomijom vrste i njenom maksimalnom disperzionom distancom od 1 km (Sjögren-Gulve, 1998)

Korišćenjem podataka iz demografskog modela populacije i gorepomenutih parametara bilo je moguće kreirati model populacione strukture. Procene kapaciteta sredine ( $K$ ) računane su prema sledećoj formulaciji:

$$K = AHS \times NOC$$

gde AHS predstavlja prosečnu povoljnost staništa (eng. *Average Habitat Suitability*), a NOC broj pogodnih kvadrata (eng. *Number of Cells*). Kapacitet područja je definisan prema modelu autokatalitičkog rasta sa gornjim pragom kapaciteta (eng. *Ceiling*). To znači da na populaciju ne deluje efekat gustine pre dostizanja kapaciteta.

Na kraju je urađena analiza vijabilnosti populacije (PVA) odnosno procena rizika lokalnog izumiranja populacije u uslovima slučajnog variranja sredinskih i demografskih parametara. Inicijalne početne brojnosti populacija unutar dema su projektovane u odnosu na  $K$  i to kao  $N_0 = K/10$ . Prema tome početna brojnost je zavisila od površine koju dema zauzima (NOC) i pogodnosti staništa (HS). Deme veće površine i stanišne povoljnosti su imale veće početne brojnosti. Unutar svake deme početna brojnost je raspodeljena između uzrasnih kategorija prema očekivanoj učestalosti uzrasnih klasa, karakteristikama stabilne uzrasne structure za datu demu i relevantnog udela kapaciteta deme u ukupnom kapacitetu. Brojnost je raspodeljena između Uzrasta 2 i Uzrasta 6. Uzrast 0 i Uzrast 1 nisu uključivani u simulaciju budući da se od njih ne očekuje disperziono kretanje.

Modelovanje je urađeno na intenzitetu stohasticiteta od 25% što predstavlja povišen nivo stohasticiteta svih faktora istraživanog područja u odnosu na 20% koji predstavljaju prirodan nivo varijabilnosti ekoloških uslova u očuvanoj sredini pod umerenim ekstenzivnim/difuznim antropogenim pritiskom (Stamenković i Gačić, 2020). Odabrano je da se modelovanje radi sa povišenim nivoom stohasticiteta zbog izraženog antropogenog pritiska u okviru istraživanog područja a posebno delovima

staništa okarakterisanim kao povoljnim za zelene žabe. Kao granična vrednost za opstanak deme uzeta je brojnost od 20 jedinki. Modelovanje je sprovedeno pomoću 1000 iteracija za vremenski okvir od 100 koraka gde jedan korak predstavlja jednu godinu. Vremenski okvir od 100 godina predstavlja 25-30 generacija zelenih žaba, imajući u vidu da prosečno vreme generacije iznosi između 3 i 4 godine (Sjögren, 1991a; Sjögren, 1991b).

Standardne kritične vrednosti opšteg rizika izumiranje iznose 10% za vremenski period od 100 godina što bi značilo da u simulaciji sa 1000 iteracija, populacija treba najmanje 100 puta da padne na brojnost od nula jedinki. To u potpunosti odgovara IUCN kvantitativnom kriterijumu “E” (IUCN, 2012) prema kojem se rade procene rizika od izumiranja i svrstavanje vrsta u određenu kategoriju ugroženosti prema visini tog rizika. Veličina minimalne vijabilne populacije se ne može odrediti *a priori* već se procenjuje sukcesivnim simulacijama. Grafički prikazi rezultata, kreirani su na osnovu rezultata simulacija korišćenjem RAMAS GIS u okviru softverskog paketa QGIS.

## 5.8. Analiza epibiontskih zajednica na površini kože

Za prikupljanje uzoraka epibiontskih zajednica sa kože žaba korišćene su standardne tehnike za prikupljanje uzoraka u mikologiji i algologiji. Od ukupnog broja žaba predviđenih za epibiontsku analizu, na jednom delu su rađene mikološke a na drugom algološke analize. Time je smanjen pritisak i eventualni stres koje uzorkovanje prouzrokuje na jedinke a obezbeđen zadovoljavajući uzorak.

Sakupljanje mikoloških uzoraka je rađeno pomoću dve tehnike: direktnom tehnikom lepljive (adhezivne) trake i tehnikom sterilnih briseva (Slika 20). Tehnika lepljive trake omogućava direktno posmatranje svetlosnim mikroskopom mikroorganizama prisutnih na različitim površinama (Gaylarde i Gaylarde, 1998; Urzì i de Leo, 2001). Ova tehnika je sprovedena laganim pritiskanjem trake lepljivom stranom na 5 telesnih regija žaba (dorzalna strana, ventralna strana, glava, prednji ekstremiteti i zadnji ekstremiteti). Standardna mikološka boja LactophenolCottonBlue (LCB) je dodavana na uzorak kako bi se obezbedila bolja vizualizacija fungalnih struktura tokom mikroskopiranja. Nakon toga, traka je zalepljena na mikroskopsko predmetno staklo. Detekcija gljivičnih struktura (micelija, propagule itd.) u okviru biofilma na koži ispitivanih jedinki izvršena je mikroskopskom analizom uz korišćenje svetlosnog mikroskopa (Nikon Eclipse E200, Japan) na Institutu za botaniku Biološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Za identifikaciju detektovanih gljivičnih struktura korišćeni su standardni identifikacioni ključevi (Ward i Whipple, 1959; Raper i Fennel, 1965; Pitt, 1979; Schroers i sar., 1999; Kubatova i sar., 2001; Lević, 2008; Samson i sar., 2010; Bensch i sar., 2012; Woudenberg i sar., 2013; Manamgoda i sar., 2014; Lombard i sar., 2016; Wang i sar., 2016; Rizik i sar., 2021).

Sakupljanje uzoraka sterilnim pamučnim brisem sprovedeno je laganim pokretima preko celog tela žabe, sa posebnim akcentom na plovne kožice u trajanju od oko 30 s. Brisevi su zasejani u petri posude na standardne mikološke podloge krompir dekstrozni agar (eng. *potato dextrose agar* – PDA) (LAB M Ltd. Heywood, UK) i malt agar (eng. *malt-extract agar* – MEA) (LAB M Ltd., Heywood, UK). Petri kutije su inkubirane na  $25 \pm 2$  °C u termostatu (UE 500 Memmert) u trajanju od 7 dana. Nakon razvoja primarnih izolata, morfološki različite kolonije su presejane na sterilni medijum (PDA ili MEA) radi dobijanja čistih kultura za identifikaciju. Fungalni izolati su prvo identifikovani na osnovu analize morfoloških parametara, dobijenih observacijom makroskopskih karakteristika kolonija, kao i mikroskopskom analizom formiranih reproduktivnih struktura u monosporičnim kulturama (Nikon Eclipse E200, Japan). Za identifikaciju su takođe korišćeni standardni identifikacioni ključevi. Molekularne metode su korišćene kako bi se potvrdila morfološka identifikacija ali i identifikovali oni izolati koji nisu formirali reproduktivne strukture na svim korišćenim hranljivim podlogama pa njihova identifikacija na osnovu morfoloških parametara nije bila moguća. Sa margina kolonija monosporičnih

kultura starih nedelju dana sakupljeno je oko 50 mg micelije za ekstrakciju ukupne genomske DNK, i prebačeno u plastične mikrotube zapremine 2  $\mu$ l. Za izolaciju DNK korišćen je odgovarajući komercijalni kit (DNAeasy PLant Mini Kit) a izolacija DNK je izvršena prema uputstvu proizvođača (Qiagen GmbH, Hilden, Germany). Amplifikovana su dva genska regiona: interni transkribovani region 1 (ITS I) i  $\beta$ -tubulin (*BenA*). Amplifikacija ITS I je urađena korišćenjem ITS 1/ITS4 prajmera (White i sar., 1990) a *BenA* korišćenjem BT2a/BT2b prajmera (Glass i Donaldson, 1995) (Tabela 14). Reakcija lančane polimerizacije (PCR) ITS gena je sprovedena u sledećim fazama: jedan ciklus inicijalne denaturacije na 95 °C, tokom 4 minuta; 35 ciklusa amplifikacije na 95 °C tokom 30 sekundi, zatim 1 minut na 52 °C, 1 minut na 72 °C, sa finalnom ekstenzijom na 72 °C u trajanju od 7 minuta. PCR *BenA* gena je sprovedena u sledećim fazama: jedan ciklus inicijalne denaturacije na 94 °C tokom 4 minuta; 35 ciklusa amplifikacije od 1 minut na 94 °C, 1 minut na 58 °C, i 1 minut na 72 °C sa finalnom ekstenzijom od 7 minuta na 72 °C.

Dobijeni PCR produkti su poslani na čišćenje i uslužno sekvenciranje u kompaniju Macrogen (Holandija). Homologija produkovanih sekvenci sa postojećim sekvencama deponovanim u Nacionalnom centru za biotehnoške informacije (eng. National Center for Biotechnology Information - NCBI) urađena je upotrebom BLAST programa (BLAST+ 2.7.1). Dobijene sekvence su zatim deponovane u relevantnu GenBank NCBI bazu. Filogenetska analiza je provedena korišćenjem CLUSTALW programa integriranog u MEGAX softver (Tamura i sar., 2013). Filogenetsko stablo je konstruisano na osnovu poravnavanja i poređenja DNK sekvenci, korišćenjem Maximum likelihood filogenije primenom 1000 *bootstrap* replikata i *pairwise* delecije. Primenom Model testa u okviru programa MEGAX, Kimura 2 parametar model je određen kao najbolji model za procenu genetskih rastojanja između uzoraka koje se mere u smislu supstitucije nukleotida. ITS region referentnog soja *Batrachochytrium dendrobatidis* JEL 197 (NR 119535.1) je korišćen kao spoljašnja grupa (eng. *outgroup*). Spoljašnja grupa deli zajedničkog pretka sa grupom analiziranih vrsta i definiše koren filogenetskog stabla.

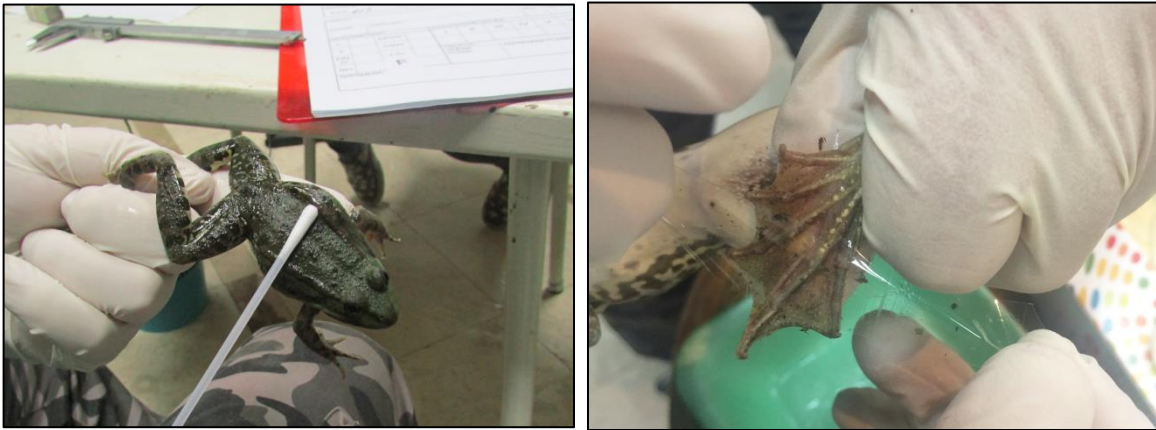
**Tabela 14.** Prajmeri korišćeni za umnožavanje genskih regiona

Prajmeri	Sekvence (5'-3')	Genomski regioni	Reference
<b>ITS1</b> <b>ITS4</b>	TCCGTAGGTGAACCTGCGG TCCTCCGCTTATTGATATGC	<i>ITS1</i> i <i>ITS2</i> + 5,8S rRNK	White i sar. (1990)
<b>BT2a</b> <b>BT2b</b>	GGTAACCAAATCGGTGCTGCTTTC ACCCTCAGTGTAGTGACCCTTGCC	Gen za $\beta$ -tubulin	Glass i Donaldson (1995)



Za potrebe daljih statističkih analiza, svakoj žabi iz uzorka dodeljena je jedna od devet kombinacija taksona i lokaliteta kojima pripadaju (u daljem tekstu *loc\_tax*): *STREsc*, *STRRid*, *STRLes*, *DTDEsc*, *DTDRid*, *DTDLes*, *JRGEsc*, *JRGRid* i *JRGLes*. Nakon identifikacije gljivičnih struktura i izolata, pripremljene su dve matrice sa podacima o prisustvu/odsustvu istih: matrica podataka za gljivične strukture (F\_St) i matrica podataka za gljivične izolate (F\_Is) kao deskriptori 9 *loc\_tax* kombinacija.

Urađena je serija neparametarskih Kruskal-Wallis testova, uz *post-hoc* testove višestrukog poređenja sa Dunn-ovom korekcijom (Zar, 2010), kako bi se testirale razlike između *loc\_tax* varijabli u pogledu sastava gljivičnih struktura i izolata. Budući da 9 *loc\_tax* kombinacija odgovara dvosmernom 3x3 dizajnu, analizirani su svi mogući efekti i interakcije - 3 poređenja za lokalitete, 3 poređenja za taksona, kao i 9 za sve kombinacije lokaliteta i taksona.



**Slika 20.** Sakupljanje mikoloških uzoraka je pomoću dve tehnike: a) direktnom tehnikom lepljive trake i b) tehnikom sterilnih briseva (Autor fotografija: M. Adamović)

Diverzitet gljivičnih struktura i izolata je analiziran korišćenjem PAST softverskog programa (Paleontological Statistics software program, Ver. 4.08, Hammer i sar., 2001). Indeksi diverziteta gljivičnih struktura i izolata su pojedinačno izračunati za svaku *loc\_tax* kombinaciju u okviru PAST programa i testirani dvostrukom ANOVA analizom bez replikacije. Korišćeno je sledećih šest indeksa: broj identifikovanih struktura odnosno izolata ( $S$ ), ukupan broj struktura i izolata ( $n$ ), Shannon-Wiener-ov indeks ( $H'$ ), Shannon-Wiener-ov indeks ujednačenosti ( $J$ ), Simpson-ov indeks ( $D'$ ) i Simpson-ov indeks dominantnosti ( $D$ ). Svi proračuni indeksa diverziteta su urađeni u modulu Diversity u okviru PAST uz opciju „use ACE for  $S$ ” koja koriguje prisustvo retkih struktura i izolata a u našem slučaju i efekat veličine uzorka (videti: Gotelli i Colwell, 2011; Hammer i sar., 2001). Svi testovi su obavljeni pomoću statističkog softvera XLSTAT za Windows (Ver. 3.1, Addinsoft, 2021). Detaljan prikaz svih

formula i objašnjenja indeksa diverziteta je prikazan u poglavlju 5.5. *Analiza ishrane*. Podaci su u daljoj obradi analizirani multivarijantnim statističkim analizama. Prema Leps i Smilauer (2003), odabrana je analiza glavnih koordinata (eng. *Principal Coordinates Analysis – PcoA*) kao opšta i robusna multivarijantna metoda slična analizi glavnih komponenti (eng. *Principal component analysis – PCA*) i korespondentnoj analizi (eng. *Correspondence analysis – CA*) ali bez njihovih nedostataka (Jongman i sar., 1995). Na dostupnim matricama podataka, urađene su dve PcoA analize uz: jedna za gljivične strukture i druga za gljivične izolate. Korišćene su euklidske distance koje su na dostupnim podacima ponudile obrazac pogodniji za interpretaciju. PCoA je implementirana korišćenjem CANOCO 5.12 programa (Ter Braak i Smilauer, 2002). Dodatna *post-hoc* testiranja (*t*-test korišćenjem XLSTAT programa) su urađena na PCoA skorovima centroida kao potvrda trendova uočenih vizuelnom interpretacijom rezultujućih ordinacija.

Sakupljanje algoloških uzoraka je rađeno pomoću dve tehnike: direktnom tehnikom lepljive (adhezivne) trake čiji protokol je opisan u prethodnom delu teksta i tehnikom struganja (Slika 21). Struganje je standardna algološka tehnika (MacLulich, 1986; Jagadish i Arga, 2005) koja omogućava sakupljanje biofilma sa različitih tipova supstrata korišćenjem najlonskih četkica. Ova tehnika je sprovedena laganim sastrugavanjem i spiranjem površinskog sloja kože žaba sa svih telesnih regija destilovanom vodom nad kadicom. Sadržaj kadice je zatim presipan u plastični flakon zapremine 100 ml i fiksiran formaldehidom do konačne koncentracije od 4%. Priprema uzoraka za dalje analize je podrazumevala uklanjanje organskog materijala iz uzorka kako bi se obezbedilo jasno uočavanje svih morfoloških struktura na ćelijskom zidu silikatnih algi i preciznija identifikacija. Prema protokolu Taylor i sar. (2007), uzorci su tretirani presićenim rastvorom kalijum-permanganata ( $\text{KMnO}_4$ ) i koncentrovanom hlorovodoničnom kiselinom (HCl) kao jakim oksidativnim sredstvima. Za postizanje odgovarajuće pH vrednosti (između 6.5-7), uzorci su nekoliko puta ispirani destilovanom vodom. Tako pripremljen materijal zatapan je u sintetičku smolu Naphrax (Brunel Microscopes Ltd). Trajni preparati silikatnih algi čuvaju se u zbirci preparata Katedre za algologiju i mikologiju Biološkog fakulteta, Univerziteta u Beogradu. Identifikacija silikatnih algi je urađena na mikroskopu (Carl Zeiss AxioImagerM.1) na mikroskopu sa diferencijalno-interferentnim kontrastom (eng. *Differential interference contrast - DIC*) i AxioVision 4.9 softverom na Institutu za botaniku Biološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu korišćenjem standardnih ključeva za identifikaciju i referenciranih radova (Krammer i Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991, 2004; Lange-Bertalot, 2001; Krammer, 2002; Lange-Bertalot i sar., 2017; Levkov i sar., 2016). Relativna brojnost (abundanca) identifikovanih taksona je utvrđena brojanjem 400 valvi na svakom preparatu i izražena je preko procentualne zastupljenosti

taksona u zajednici (SRPS EN 14407 (2015)). Dominantnim i značajnim su smatrani svi oni taksoni koji su imali zastupljenost preko 5% u uzorku (Szabó i sar., 2005; Szczepocka i sar., 2016). Takvi taksoni su unošeni u softverski paket OMNIDIA 6.2 (Lecoite i sar., 1993). Softverski paket OMNIDIA je dizajniran na osnovu podataka o autekološkim karakteristikama više od 21.000 vrsta silikatnih algi. Svaki identifikovani takson silikatnih algi poseduje svoj jedinstveni kod koji se unosi u softver zajedno sa podacima o brojnosti u uzorku.



**Slika 21.** Sakupljanje algoloških uzoraka tehnikom struganja (Autor fotografije: K. Breka)

Za potrebe daljih statističkih analiza, svakoj žabi iz uzorka dodeljena je jedna od devet kombinacija taksona i lokaliteta kojima pripadaju. Nakon identifikacije, pripremljena je matrica sa podacima o prisustvu/odsustvu algi za svaku od devet *loc\_tax* kombinacija. Urađena je serija neparametarskih Kruskal-Wallis testova, uz *post-hoc* testove višestrukog poređenja (sa Dunn-ovom korekcijom) (Zar, 2010), kako bi se testirale razlike između *loc\_tax* varijabli u pogledu sastava algi sa kože žaba. Budući da 9 *loc\_tax* kombinacija odgovara dvosmernom 3x3 dizajnu, analizirani su svi mogući efekti i interakcije.

Diverzitet algi je analiziran korišćenjem PAST softverskog programa (Paleontological Statistics software program, Ver. 4.08, Hammer i sar., 2001). Indeksi diverziteta algi su pojedinačno izračunati za svaku *loc\_tax* kombinaciju u okviru PAST programa i testirani dvostrukom ANOVA analizom bez replikacije. Korišćeno je sledećih šest indeksa: broja identifikovanih struktura odnosno izolata (*S*),

ukupan broj struktura i izolata ( $n$ ), Shannon-Wiener-ov indeks ( $H'$ ), Shannon-Wiener-ov indeks ujednačenosti ( $J$ ), Simpson-ov indeks ( $D'$ ) i Simpson-ov indeks dominantnosti ( $D$ ). Svi proračuni indeksa diverziteta su urađeni u modulu „Diversity“ u okviru PAST uz opciju *use ACE for S* koja koriguje prisustvo retkih struktura i izolata a u našem slučaju i efekat veličine uzorka (videti: Gotelli i Colwell, 2011; Hammer i sar., 2001). Svi testovi su obavljani pomoću statističkog softvera XLSTAT 3.1 (Addinsoft, 2021). Podaci su u daljoj obradi analizirani multivarijantnim statističkim analizama. Prema Leps i Smilauer (2003), odabrana je analiza glavnih koordinata (eng. *Principal Coordinates Analysis – PcoA*) kao opšta i robusna multivarijantna metoda slična analizi glavnih komponenti (eng. *Principal component analysis – PCA*) i korespondentnoj analizi (eng. *Correspondence analysis – CA*) ali bez njihovih nedostataka (Jongman i sar., 1995). Za potrebe multivarijantne analize, vrste algi su grupisane u rodove kako bi se obezbedila jasnija vizualizacija rezultata. Kao distance u analizi korišćene su euklidske distance koje su na dostupnim podacima ponudile obrazac pogodniji za interpretaciju. PCoA je implementirana korišćenjem CANOCO 5.12 programa (Ter Braak i Smilauer, 2002). Dodatna *post-hoc* testiranja ( $t$ -test korišćenjem XLSTAT programa) su urađena na PCoA skorovima centroida kao potvrda trendova uočenih vizuelnom interpretacijom rezultujućih ordinacija.

## 6. Rezultati

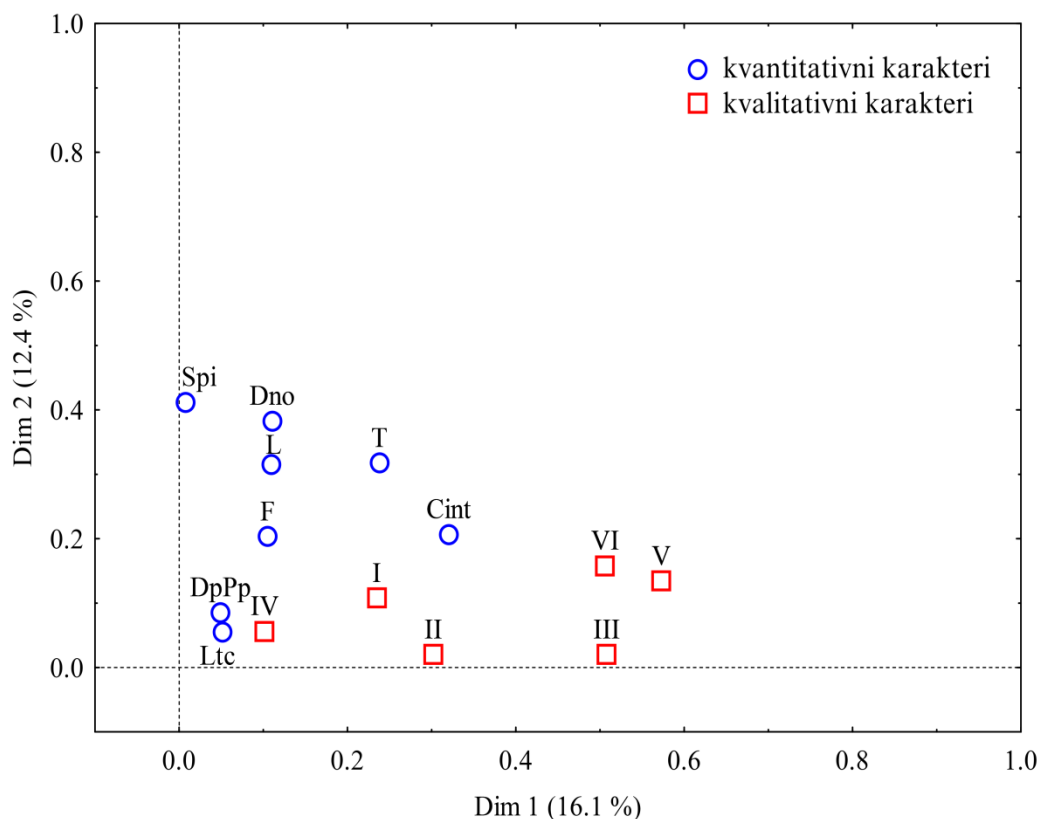
Tokom trajanja istraživanja, realizovano je sedam terenskih perioda u okviru tri sezone (proleće, leto i jesen) sa ukupno 26 terenskih dana. Tokom lovnog perioda, ulovljeno je ukupno 317 jedinki zelenih žaba iz *Pelophylax esculentus* kompleksa. Detaljan pregled terenskih dana po sezonama sa brojem ulovljenih žaba po lokalitetima je prikazan u Prilogu 2. Detaljan prikaz broja jedinki svakog taksona po lokalitetima kao i po polu je prikazan u tabeli 15. Test proporcija („*k*- proportion“ test) je pokazao da nije bilo značajne statističke razlike u proporcijama uzorkovanih žaba na lokalitetima JRG i DTD, dok je postojala statistički značajna razlika u proporcijama *P. ridibundus* i *P. lessonae* na lokalitetu STR ( $\chi^2 = 10.66$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0.01$ , testirano na 5000 permutacija). Isti test je pokazao statistički značajne razlike u proporcijama jedinki *P. ridibundus* između lokaliteta JRG i STR ( $\chi^2 = 7.12$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0.03$ ).

**Tabela 15.** Ukupan broj ulovljenih jedinki prema polu, taksonu i lokalitetu

Lokalitet	<i>P. ridibundus</i> (63)		<i>P. esculentus</i> (225)		<i>P. lessonae</i> (29)	
	Mužjaci (40)	Ženke (23)	Mužjaci (117)	Ženke (108)	Mužjaci (13)	Ženke (16)
<b>Jaruga</b> (58)	3	3	19	24	3	6
<b>Stevanove ravnice</b> (186)	31	15	72	57	5	6
<b>Kanal DTD</b> (73)	6	5	26	27	5	4

## 6.1. Identifikacija taksona *Pelophylax esculentus* kompleksa

Rezultati faktorske analize mešoviti podataka (FAMD) na morfološkim karakteristikama su pokazali da prve dve glavne komponente FAMD opisuju 28.5% varijabilnosti uzorka, dok svih 14 komponenti (8 kvantitativnih i 6 kvalitativnih karaktera) opisuju 91.8% varijabilnosti uzorka. Kvalitativni karakteri III, V i VI su jako korelisani sa prvom komponentom. Kvantitativni karakteri su kolerilari u manjem obimu, s tim da je od svih kvantitativnih karaktera CINT imao najveću korelaciju (Slika 22). Kvantitativni karakteri SPI, DNO, L i T (Slika 22) su visoko kolerisani sa drugom komponentom. Hijerarhijsko grupisanje glavnih komponenti (HCPC) na svih 14 karaktera je prikazalo prisustvo tri grupe (Slika 23) u uzorku. Svi kvalitativni karakteri su imali statistički značajnu vezu sa određenom identifikovanom grupom ( $P < 0,0001$ ). Četiri od osam kvantitativnih karaktera je imalo statistički značajnu vezu sa identifikovanom grupom sa najvećom opisanom varijansom za CINT (CINT:  $\eta^2 = 0,28$ ,  $p < 0,000$ ; LTC:  $\eta^2 = 0,07$ ,  $p < 0,000$ ; DPPP:  $\eta^2 = 0,04$ ,  $p < 0,001$ ; T:  $\eta^2 = 0,03$ ,  $p < 0,05$ ).



**Slika 22.** Korelacije 8 kvantitativnih i 6 kvalitativnih morfoloških karaktera sa prve dve dimenzije FAMD

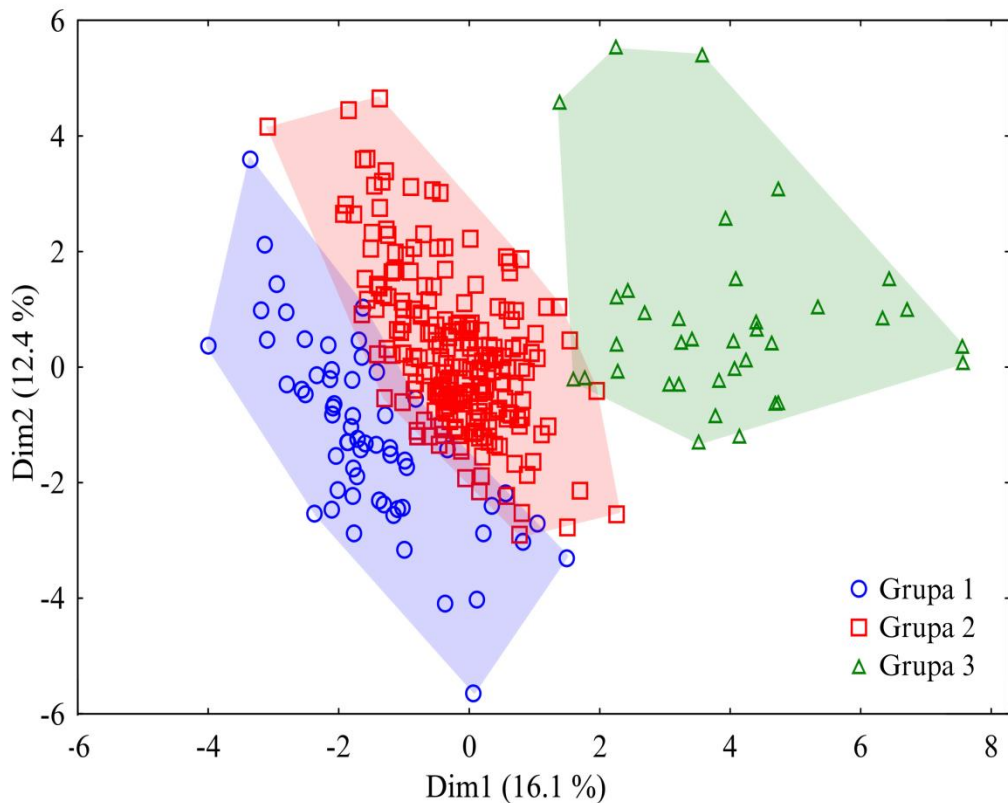
Jedinke iz prvog grupe su imale ravan i nizak CINT (VI4, V3), gde je 100% jedinki sa ravnim i 83,3% sa niskim CINT pripadalo prvoj grupi (Cla/Mod, Tabela 16) a 96,9% i 93,8% od ukupnog broja individua imalo ravan i nizak CINT unutar prve grupe (Mod/Cla, Tabela 16). Posmatrajući morfometrijske karaktere, jedinke iz prve grupe su imale najšire glave (LTC: v.test = 4,47), najduži prvi prst zadnje noge (DPPP: v.test = 2,56), i najkraću bazu metatarzalne grbice (CINT: v.test = - 6,78). Jedinke iz druge grupe su imale srednje visoke i asimetrične metatarzalne grbice (V2, VI2), gde je 94,3% individua sa metatarzalom grbicom srednje visine i 93,3% individua sa asimetričnom metatarzalom grbicom pripalo toj grupi, odnosno 92,6% i 97,2% od ukupnog broj individua sa metatarzalom grbicom srednje visine i asimetričnim vrhom uperenim ka prvom prstu zadnje noge (Tabela 16).

**Tabela 16.** Opis svake grupe po kvalitativnim karakterima. Cla/Mod: procenat jedinki sa specifičnim kvalitativnim karakterom u grupi; Mod/Cla: proporcija od ukupnog broj sa specifičnim kvalitativnim karakterom koja se nalazi unutar grupe.

Prva grupa				Druga grupa				Treća grupa			
	Cla/Mod	Mod/Cla	v.test		Cla/Mod	Mod/Cla	v.test		Cla/Mod	Mod/Cla	v.test
VI = VI4	100,0	96,9	16,91	VI = VI2	93,3	97,2	15,37	V = V1	87,5	77,8	11,12
V = V3	83,3	93,8	14,44	V = V2	94,3	92,6	14,48	III = III1	69,0	80,6	10,22
IV = IV2	43,3	40,6	4,58	II = II2	73,3	99,1	6,31	VI = VI1	79,3	63,9	9,29
III = III2	23,0	98,4	3,48	III = III2	74,5	94,4	5,66	II = II1	75,0	50,0	7,75
I = I2	21,5	98,4	2,08	IV = IV3	76,1	47,2	2,55	I = I4	100,0	11,1	3,80
I = I1	0,0	0,0	-2,06	I = I1	92,9	6,0	2,08	I = I3	100,0	8,3	3,20
IV = IV1	11,5	21,9	-3,13	I = I3	0,0	0,0	-2,16	IV = IV1	18,0	61,1	2,86
VI = VI1	0,0	0,0	-3,29	I = I4	0,0	0,0	-2,59	IV = IV3	6,0	22,2	-2,63
III = III1	2,4	1,6	-3,48	IV = IV2	46,7	13,0	-3,86	I = I2	9,2	75,0	-3,57
V = V1	0,0	0,0	-3,50	VI = VI1	20,7	2,8	-5,48	VI = VI4	0,0	0,0	-3,69
V = V2	1,9	6,3	-11,58	III = III1	28,6	5,6	-5,66	V = V3	0,0	0,0	-4,07
VI = VI2	0,9	3,1	-13,33	II = II1	8,3	0,9	-6,31	VI = VI2	5,8	36,1	-4,62
				V = V1	12,5	1,9	-6,87	V = V2	3,8	22,2	-5,82
				V = V3	16,7	5,6	-10,49	II = II2	6,2	50,0	-7,75
				VI = VI4	0,0	0,0	-13,18	III = III2	2,6	19,4	-10,22

Jedinke iz druge grupe su imale uže glave u odnosu na jedinke iz prve (LTC: v.test = -2,48). Jedinke iz treće grupe su imale velike i izražene metatarzalne grbice (V1) i žutu obojenost unutrašnje strane zadnjih nogu (III1), gde je 87,5% individua sa velikim i izraženim CINT i 69,0% jedinki sa žuto obojenim unutrašnjim stranama zadnjih nogu, odnosno 77,8% i 80,6% od ukupnog broja jedinki sa datim karakteristikama u toj grupi (Tabela 16). Prema morfometrijskim karakteristikama, jedinke iz treće grupe su imale najdužu bazu metatarzalne grbice (CINT: v.test = 7,64), najuže glave (LTC: v.test = -2,01), najkraće golene (T: v.test = -2,76) i najkraći prvi prst zadnje noge (DPPP: v.test = -3,15).

Prema prethodno objavljenim rezultatima (Ribacky, 1995; Pagano i Joly, 1999; Krizmanić, 2008a, b), za prvu grupu smatramo da korespondira sa *P. ridibundus*, druga sa *P. esculentus* a treća sa *P. lessonae*.



**Slika 23.** Individualni skorovi kao rezultat FAMD na prve dve dimenzije. Grupe dobijene hijerarhijskim grupisanjem na principu HCPC su superponirane na ordinaciju gde prva grupa korespondira sa *P. ridibundus*, druga sa *P. esculentus* a treća sa *P. lessonae*

Prema LDA, najbolji “morfološki model” koji diskriminiše 3 *a priori* definisane grupe (u našem slučaju taksona) uključuje dužinu baze metatarzalne grbice – CINT (Wilks’  $\lambda$  0,8935,  $F_{2,311} = 18,53$ ,  $p <$



0,0001) i oblik metatarzalne grbice (V) (Wilks'  $\lambda$  0,1230,  $F_{4,622} = 194,49$ ,  $p < 0,0001$ ), gde je procenat tačno klasifikovanih jedinki bio 93,8% za *P. ridibundus*, 92,6% za *P. esculentus* i 77,8% za *P. lessonae*. Dužina baze metatarzalne grbice (CINT) se statistički razlikuje između sva 3 taksona (Duncan's test,  $p < 0,05$ ). Dužina baze metatarzalne grbice (Mean  $\pm$  SD, mm) je bila najkraća kod *P. ridibundus* (3,9 mm  $\pm$  0,8), srednja kod *P. esculentus* (4,2 mm  $\pm$  0,7) i najduža kod *P. lessonae* (4,9 mm  $\pm$  0,8). Jedinke *P. ridibundus* su imale niske, božno stisnute metatarzalne grbice, jedinke *P. esculentus* su imale srednje visoke i asimetrične kod su jedinke imale velike i izražene metatarzalne grbice. Provera dobijenih rezultata pomoću grupe jedinki identifikovanih genetičkom metodom, odnosno polimorfizmom alozima, pokazala je svega 3,3% netačno klasifikovanih jedinki. Procenat ispravno klasifikovanih jedinki za *P. ridibundus* je bio 94,7 % a za *P. esculentus* i *P. lessonae* 100 %. Prema tome, od ukupnog uzorka koji se sastojao od 317 ulovljenih žaba, kao *P. ridibundus* je identifikovano 63 (40 mužjaka i 23 ženke), kao *P. esculentus* 225 (117 mužjaka i 108 ženki) a kao *P. lessonae* ukupno 29 žaba (13 mužjakai 16 ženki).

## 6.2. Rezultati kondicionog indeksa

Od ukupno 317 ulovljenih žaba, najveća telesna masa i dužina su dokumentovane kod jedinki *P. ridibundus* sa lokaliteta DTD i STR, dok su na lokalitetu JRG, najveća telesna masa i dužina pribeleženi kod jedinki *P. esculentus*. Na sva tri lokaliteta, *P. lessonae* je imala najmanju telesnu masu i dužinu. Srednje vrednosti telesnih dužina i telesne mase i za sve taksone po polu i lokalitetu je predstavljen u Tabeli 17.

**Tabela 17.** Dužina i telesna masa svih taksona iz *Pelophylax esculentus* kompleksa (srednja vrednost  $\pm$  SD). Brojevi u zagradama označavaju veličinu uzorka.

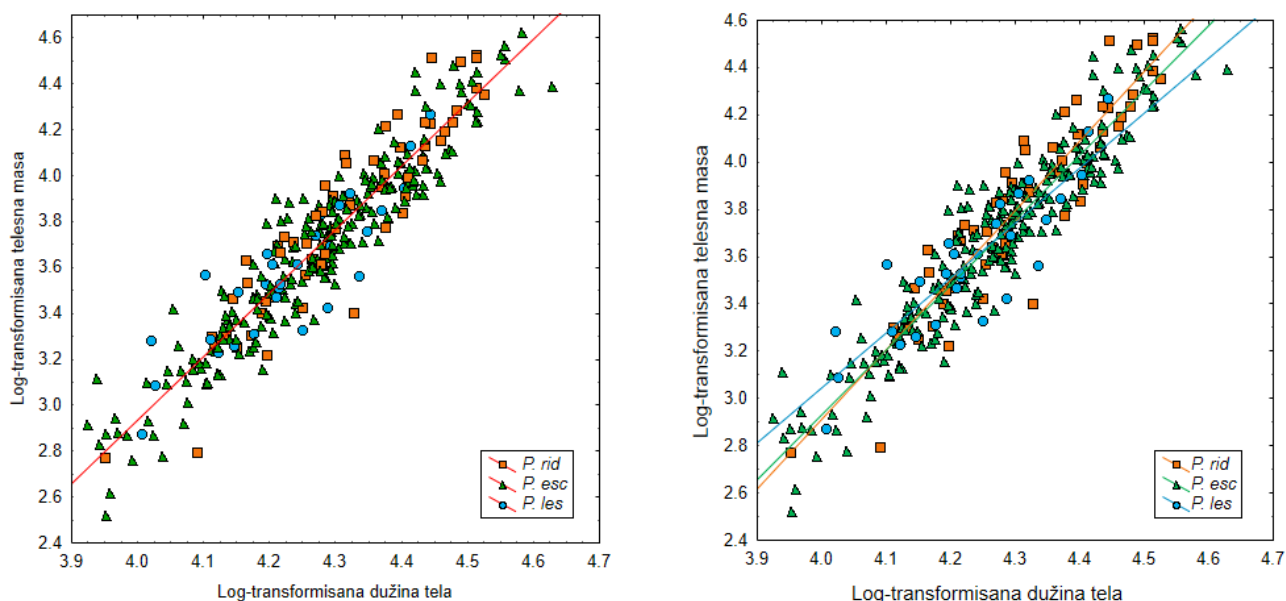
Srednja vrednost telesne dužine (mm) $\pm$ SD						
Lokalitet	<i>P. ridibundus</i>		<i>P. esculentus</i>		<i>P. lessonae</i>	
	Mužjaci	Ženke	Mužjaci	Ženke	Mužjaci	Ženke
<b>JRG</b>	71,9 $\pm$ 1,7	68,5 $\pm$ 14,9	70,3 $\pm$ 10,4	71,4 $\pm$ 13,6	68,1 $\pm$ 10,7	70,3 $\pm$ 10,7
<b>STR</b>	74,3 $\pm$ 7,9	84,9 $\pm$ 11,9	73,9 $\pm$ 9,0	75,7 $\pm$ 11,8	68,5 $\pm$ 7,6	72,2 $\pm$ 9,0
<b>DTD</b>	70,3 $\pm$ 5,4	71,2 $\pm$ 11,8	68,1 $\pm$ 6,3	69,9 $\pm$ 10,6	67,5 $\pm$ 2,8	66,0 $\pm$ 7,8

Srednja vrednost telesne mase (g) $\pm$ SD						
<b>JRG</b>	43,4 $\pm$ 2,7	42,1 $\pm$ 27,8	40,8 $\pm$ 18,6	47,2 $\pm$ 27,7	34,5 $\pm$ 12,0	42,0 $\pm$ 20,0
<b>STR</b>	48,9 $\pm$ 15,8	69,2 $\pm$ 30,1	45,0 $\pm$ 16,8	48,4 $\pm$ 22,9	37,2 $\pm$ 7,6	42,9 $\pm$ 9,6
<b>DTD</b>	39,25 $\pm$ 8,3	38,5 $\pm$ 22,2	40,8 $\pm$ 18,6	38,7 $\pm$ 17,2	35,0 $\pm$ 4,1	27,7 $\pm$ 7,1

Preliminarna jednostruka ANOVA telesne mase i dužine po polu je pokazala da su ženke sva tri taksona krupnije od mužjaka ali bez statističke značajnosti ( $F_{1, 315} = 3,64, p = 0,06$  i  $F_{1, 315} = 2,46, p = 0,18$ ). Odsustvo statističke značajnosti između ženki i mužjaka omogućilo je puliranje podataka u jedinstven uzorak za potrebe daljih analiza. Seksualni dimorfizam se nije pokazao značajnim za potrebe daljih analiza.

Homogenost nagiba regresione krive između taksona testirana je pomoću ANCOVA. Regresiona kriva prirodno log-transformisanih vrednosti dužine i telesne mase za sve taksone iz kompleksa je linearno povezana preko jednačine  $Y = 2,77X - 8,14$  ( $r^2 = 0,89$ ) i predstavljena na Slici 24a. Tri regresivne krive specifične za svaki takson ( $Y_{rid} = 2,94X - 8,84$ ;  $Y_{esc} = +2,75X - 8,05$ ;  $Y_{les} = 2,33X - 6,28$ ) nisu pokazale značajne razlike u nagibu i njihove srednje vrednosti su bile homogene ( $F_2 = 2,62, p = 0,07$ ) (Slika 24b).



**Slika 24. a)** Veza između prirodno log-transformisane telesne mase i dužine tela svih taksona iz *Pelophylax esculentus* kompleksa; **b)** Veza između prirodno log-transformisane telesne mase i dužine tela svakog taksona iz *Pelophylax esculentus* kompleksa pojedinačno

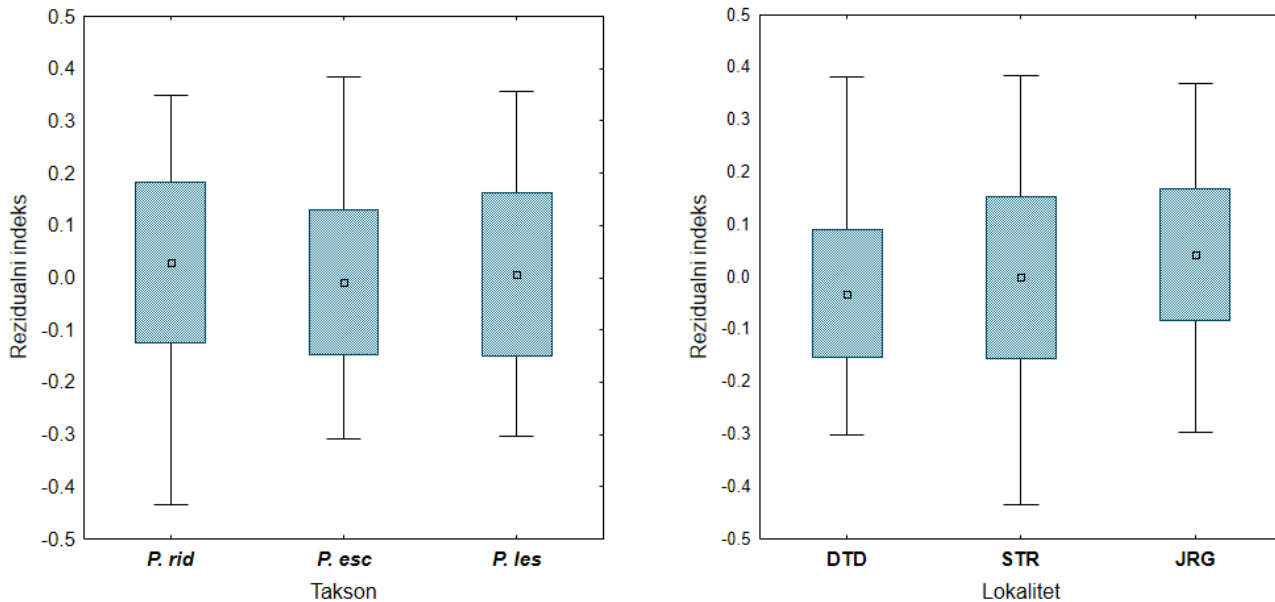
Dobijene vrednosti rezidualnog indeksa kondicije kretale su se od najniže vrednosti  $RI = -0,44$  do najviše vrednosti od  $RI = 0,38$  sa prosečnom vrednošću (srednja vrednost  $\pm$  SD) od  $RI = 0 \pm 0,14$ . Rezultati svih testiranih interakcija trosmernom ANOVA analizom prikazani su u tabeli 18.

**Tabela 18.** Rezultati trostruke ANOVA analize testiranja efekta taksona, pola i lokaliteta na telesnu kondiciju

	<i>df</i> <sub>1</sub> , <i>df</i> <sub>2</sub>	<i>F</i>	<i>p</i>
Takson	2,299	0,17	0,85
Pol	1,299	2,2	0,14
Lokalitet	<b>2,299</b>	<b>3,11</b>	<b>0,046</b>
Takson / Pol	2,299	1,18	0,31
Takson / Lokalitet	4,299	1,02	0,40
Lokalitet / Pol	2,299	1,55	0,21
Takson / Pol / Lokalitet	4,299	0,70	0,60

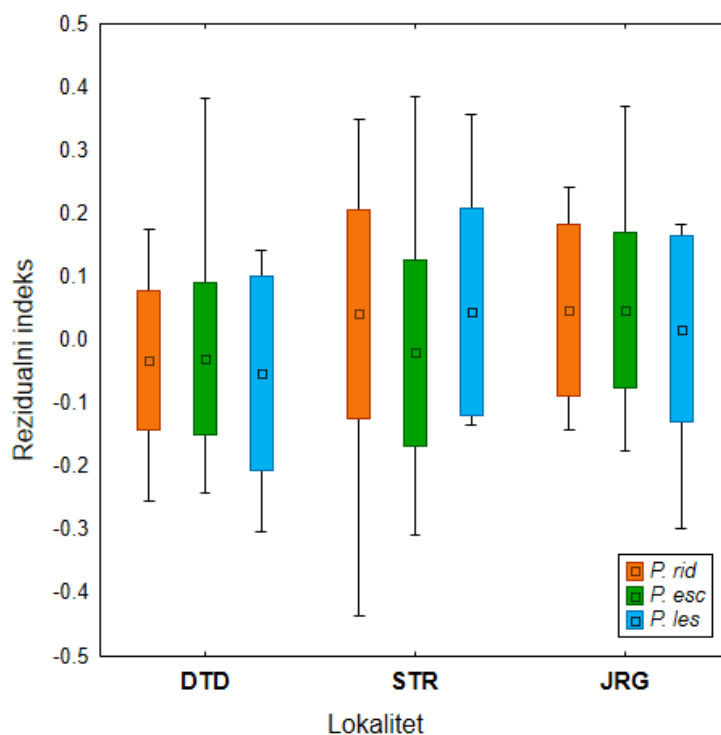
Nije bilo statistički značajnih razlika u RI između taksona ( $F_{2,229} = 0,17$ ,  $p = 0,85$ ) niti između polova ( $F_{1,299} = 2,2$ ,  $p = 0,14$ ). Najveću srednju vrednost kondicionog indeksa imala je parentalna vrsta

*P. ridibundus*:  $RI = 0,03 \pm 0,15$  (srednja vrednost  $\pm$  SD), dok je druga parentalna vrsta *P. lessonae* imala nešto niže vrednosti  $RI = 0,00 \pm 0,16$  (Slika 25a).



**Slika 25. a)** Telesna kondicija svakog taksona iz *Pelophylax* esculentus kompleksa; **b)** Ukupna telesna kondicija po lokalitetima. Figure prikazuju srednju vrednost indeksa  $\pm$ SD sa minimalnim i maksimalnim vrednostima

Hibridna vrsta je imala najniže vrednosti kondicionog indeksa ( $RI = -0,01 \pm 0,14$ ). Ženke su imale niže vrednosti kondicionog indeksa ( $RI = -0,01 \pm 0,15$ ) u odnosu na mužjake ( $RI = 0,01 \pm 0,14$ ). Rezultati su pokazali statistički značajne razlike u srednjim RI vrednostima između lokaliteta ( $F_{2,299} = 3,11$ ,  $p = 0,046$ ). Najviše vrednosti kondicionog indeksa samim tim i najbolju kondiciju su imale žabe sa lokaliteta JRG ( $RI = 0,04 \pm 0,12$ ), zatim žabe sa lokaliteta STR ( $RI = 0,00 \pm 0,15$ ) dok su žabe sa lokaliteta DTD imale najnižu telesnu kondiciju ( $RI = -0,03 \pm 0,12$ ) (Slika 25b). Razlike u telesnoj kondiciji između sva tri taksona na svakom od lokaliteta su prikazane na slici 26 i u Tabeli 19.



**Slika 26.** Telesna kondicija svakog taksona iz *Pelophylax esculentus* kompleksa po lokalitetima. Figure prikazuju srednju vrednost  $\pm$ SD rezidualnih indeksa sa minimalnom i maksimalnom vrednošću

**Tabela 19.** Razlike u telesnoj kondiciji taksona iz *P. esculentus* kompleksa na tri lokaliteta.

Lokalitet	Takson	RI $\pm$ SD
<b>JRG</b>	<i>P. ridibundus</i>	0,06 $\pm$ 0,12
	<i>P. lessonae</i>	0,01 $\pm$ 0,15
	<i>P. esculentus</i>	0,05 $\pm$ 0,12
<b>STR</b>	<i>P. ridibundus</i>	0,04 $\pm$ 0,16
	<i>P. lessonae</i>	0,05 $\pm$ 0,16
	<i>P. esculentus</i>	-0,02 $\pm$ 0,15
<b>DTD</b>	<i>P. ridibundus</i>	-0,03 $\pm$ 0,11
	<i>P. lessonae</i>	-0,05 $\pm$ 0,15
	<i>P. esculentus</i>	-0,03 $\pm$ 0,12

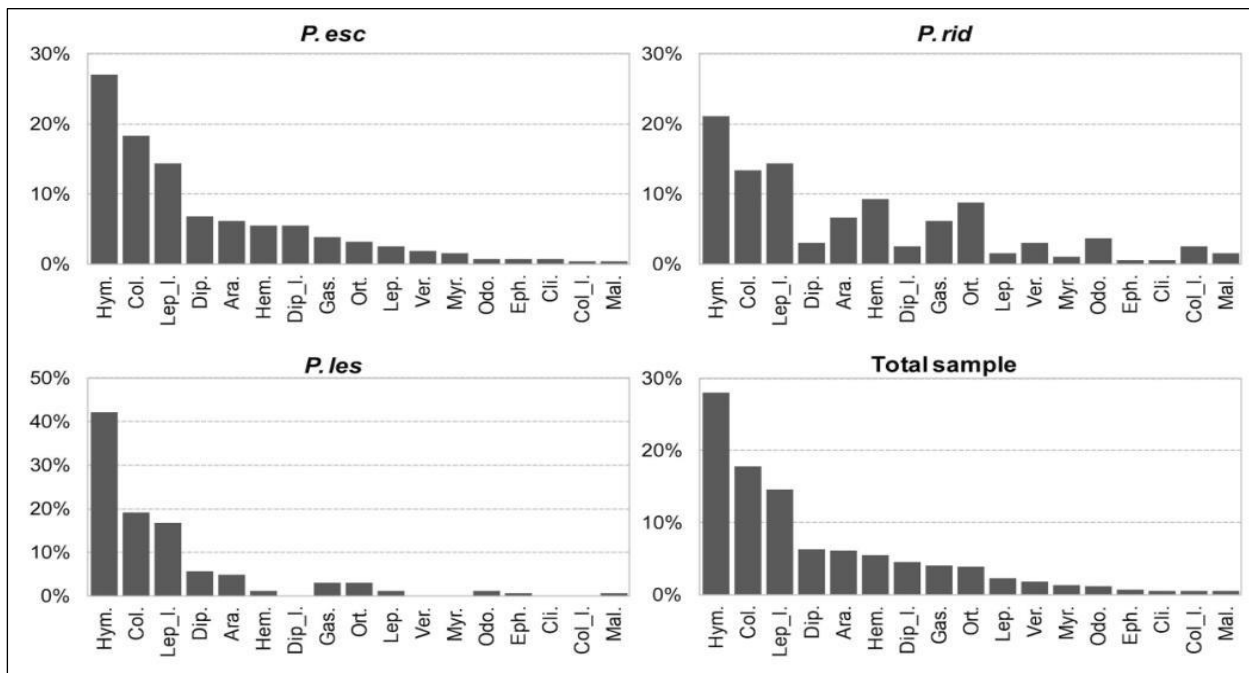
### 6.3. Ishrana

Za potrebe utvrđivanja obrazaca korišćenja trofičkih resursa i parametrizacije mikrotrofičke niše ukupno je analizirano 317 jedinki iz *Pelophylax esculentus* kompleksa. Uzorci za analizu su dobijeni iz 221 jedinke. Prazni želuci su identifikovani kod 78 jedinki (24,6%) i nisu uključivani u dalju analizu. Takson sa najvećim brojem vakuiteta je bio *P. ridibundus* (~30%), dok je kod druga dva taksona taj procenat bio manji (~18%). Lokalitet sa najvećim procentom vakuiteta je bio STR (31%), dok su lokaliteti DTD i JRG imali manji procenat - 18%, odnosno 14%. Biljni materijal (delovi listova, semenke, grančice) je identifikovan u 9 želudaca (~3%) i nije uključivan u dalju analizu budući da je smatran nenamernim plenom. Ukupno 9 želudaca (svi *P. ridibundus*) je sadržalo komponente plena koje usled uznapredovalog stadijuma digestije nije bilo moguće identifikovati. Ukupno je identifikovano 1477 pojedinačnih komponenti plena.

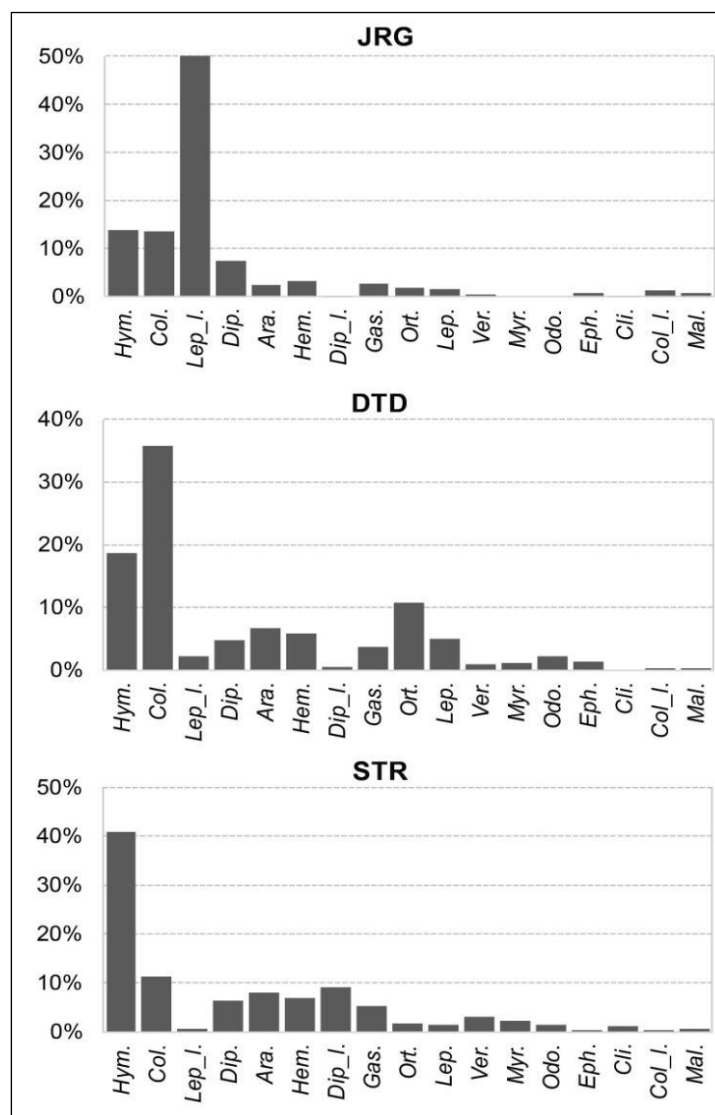
Ishrana zelenih žaba se u najvećoj meri sastojala od insekata (88%), dok su preostalih 12% činile druge beskičmenjačke grupe poput paukova, rakova, mekušaca (puževa) ali i kičmenjaci. Najveći udeo plena činile su adultne jedinke, dok su larve insekata bile zastupljene sa 20%. Kod sva tri taksona, najčešći plen su bile epigeobionske životne forme poput različitih grupa tvrdokrilaca, mrava, paukova (50%), zatim aerobionti poput različitih grupa dvokrilaca, cvrčaka, letećih mrava (36%) i hidrobionti (6,5%). Detaljan spisak svih identifikovanih taksona plena zelenih žaba prikazan je u Prilogu 3. U ukupnom uzorku, najdominantnije grupe plena činili su insekatski redovi Hymenoptera (28%), Coleoptera (18%), Lepidoptera (17%) i Diptera (11%). Ostale grupe su bile prisutne sa udelima ispod 10%.

Krive zastupljenosti za 17 kategorija plena za sva tri taksona su prikazane na slici 27. Dominantne kategorije plena koje su imale zastupljenost veću od 10% su smatrane osnovnim grupama plena (eng. *staple diet*) - Hymenoptera, Coleoptera i larve Lepidoptera. Grupe čija je zastupljenost bila između 5-10% smatrane su čestim grupama plena - Diptera, Arachnida, Hemiptera. Preostalih 11 kategorija čija je zastupljenost bila ispod 5% su smatrane retkim i akcesornim plenom – puževi, skokuni, stonoge, člankoviti crvi i kičmenjaci (riblja mlađ, tek metamorfozirane žabe, manje voluharice). Kod *P. lessonae*, najveći broj komponenti plena je bio u okviru tri dominantne grupe, dok su ostale bile ili malo ili nimalo zastupljene. Za razliku od *P. lessonae*, u ishrani *P. ridibundus* zastupljeno je svih 17 kategorija plena. Pored tri dominantne grupe, veliku zastupljenost je imao i plen iz grupa Hemiptera, Gastropoda, Orthoptera, Odonata i larve Coleoptera. Hibridni takson, *P. esculentus* je takođe konzumirao plen iz svih 17 kategorija. Kod hibridnog taksona, ređe grupe plena su takođe bile zastupljene ali sa manjim udelom nego kod *P. ridibundus*. Budući da je hibridni takson sa

najvećim udelom analiziranih žaba u ukupnom uzorku, bilo je očekivano da će imati najveći uticaj na raspodelu kategorija plena ukupnog uzorka. Krive zastupljenosti plena na sva tri lokaliteta su prikazane na slici 28. Samo na lokalitetu STR su bile prisutne svih 17 kategorija plena. U odnosu na krivu zastupljenosti plena ukupnog uzorka, na pojedinačnim lokalitetima se primećuju drugačiji obrasci: najdominantnije kategorije plena su se razlikovale na svakom od lokaliteta, pojedine kategorije plena koje su smatrane osnovnim plenom u ishrani su bile zanemarljivo prisutne na nekim lokalitetima (npr. larve Lepidoptera na lokalitetu STR su bile prisutne sa manje od 2%). Na lokalitetima JRG i DTD, akcesorne grupe plena su bile veoma slabo zastupljene (sa manje od 2%). Treba napomenuti nešto veću zastupljenost Orthoptera i Lepidoptera na lokalitetu DTD (11%) i kičmenjaka na lokalitetu STR (3%) u odnosu na ukupan uzorak.



**Slika 27.** Krive abudanci za 17 kategorija plena (skraćenice su date u tekstu). Redosled kategorija plena za svaki takson prati redosled kategorija plena u ukupnom uzorku



**Slika 28.** Kriva abudanci za 17 kategorija plena na sva tri lokaliteta

Zelene žabe iz *Pelophylax esculentus* kompleksa su kozumirale u proseku  $6,75 \pm 0,58$  (mean  $\pm$  SE) pojedinačnih komponenti plena, prosečne dužine  $10,39 \pm 0,23$  mm i prosečne zapremine  $830,86 \pm 62,76$  mm<sup>3</sup>. Plen najveće prosečne dužine i zapremine je registrovan kod *P. ridibundus* ( $12,24 \pm 0,65$  mm,  $1515,58 \pm 257,1$  mm<sup>3</sup>) a najmanje dužine i zapremine kod *P. lessonae* ( $9,07 \pm 0,58$  mm,  $533,31 \pm 91,62$  mm<sup>3</sup>). *P. ridibundus* je konzumirala manji broj plena ( $4,97 \pm 5,81$ ), za razliku od *P. lessonae* ( $7,43 \pm 11,14$ ). Ovo je u korelaciji sa njihovim telesnim dimenzijama. Detaljan prikaz osnovnih statističkih podataka o broju i veličini analiziranih žaba kao i prosečnim dimenzijama i broju pojedinačnih komponenti plena se nalazi u Tabeli 20.



**Tabela 20.** Osnovni statistički podaci o veličini žaba i njihovog plena

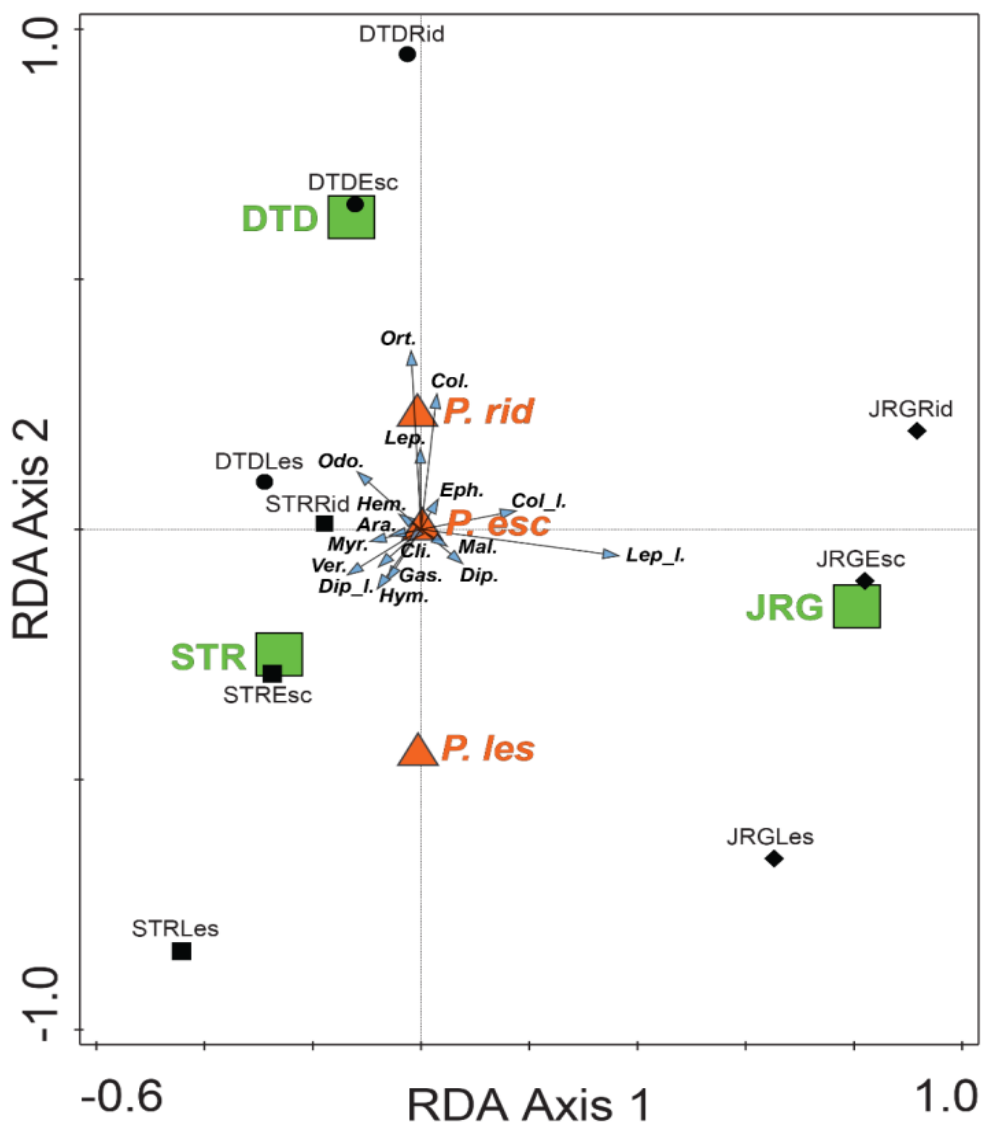
	<i>P. rid</i>	<i>P. les</i>	<i>P. esc</i>
Prosečna dužina žabe (mm)	75,8 ± 1,32	69,06 ± 1,48	72,62 ± 0,71
Prosečan broj plena po želucu	4,97 ± 5,81	7,43 ± 11,14	6,95 ± 8,70
Prosečna dužina plena (mm)	12,24 ± 0,65	9,07 ± 0,58	10,26 ± 0,26
Prosečna zapremina plena (mm <sup>3</sup> )	1515,58 ± 257,1	533,31 ± 91,62	757,27 ± 68,1

Neparametrijska analiza varijansi je pokazala da nije postojala statistički značajna razlika u sastavu plena između lokaliteta ( $H = 4,19$ ,  $p = 0,12$ ). Postojala je statistički značajna razlika u sastavu plena između taksona ( $H = 18,01$ ,  $p = 0,00$ ) kao i između devet *loc\_tax* kategorija ( $H = 45,79$ ,  $p = 0,00$ ). Hibridni takson *P. esculentus* je imao najveći broj identifikovanih komponenti plena (1122, što je čak 5 puta veće nego kod druga dva taksona). Kod *P. ridibundus*, identifikovano je 194 a kod *P. lessonae* 161 komponenta plena. *Post-hoc* testovi su pokazali da je *P. esculentus* uvek pripadala odvojenoj grupi, dok su *P. ridibundus* i *P. lessonae* pripadale istoj homogenoj grupi. Rezultati svih Kruskal-Wallis analiza zajedno sa *post-hoc* testovima su predstavljeni u prilogima 4.1 - 4.3. Rezultati analize diverziteta ishrane zelenih žaba su prikazani u tabeli 21. Žabe koje pripadaju „*loc\_tax*“ kombinaciji *STREsc* su imale najveći broj identifikovanog plena (537), iz svih 17 kategorija. Rezultati pokazuju da su *P. esculentus* i *P. ridibundus* imale veće bogatstvo kategorija plena ( $S = 17$ ) u odnosu na *P. lessonae* ( $S = 12$ ). Među lokalitetima, najveći diverzitet kategorija plena je bio na lokalitetu STR ( $S = 17$ ), zatim DTD ( $S = 16$ ) a najmanji na JRG ( $S = 15$ ). Generalno, najniži diverzitet a najveća dominantnost pojedinih kategorija plena je registrovan na lokalitetu JRG. Iako su *P. ridibundus* i *P. esculentus* na lokalitetu STR imale najveći diverzitet plena, na istom lokalitetu *P. lessonae* je imala najmanji diverzitet u odnosu na sve *loc\_tax* kombinacije. Svih šest indeksa diverziteta za devet *loc\_tax* kombinacija su analizirana dvostrukom ANOVA čiji se detaljni rezultati nalaze u okviru priloga 5.1 - 5.6. Rezultati su pokazali odsustvo bilo kakvog obrasca u diverzitetu kategorija plena u odnosu na lokalitet i takson žaba, osim u slučaju broja pojedinačnih komponenti plena  $N$  ( $F_{(4,4)} = 11,77$ ,  $p = 0,02$ ) gde postoji statistički značajan uticaj taksona ( $F_{(2,2)} = 21,02$ ,  $p = 0,00$ ) u odnosu na lokalitet ( $F_{(2,2)} = 2,53$ ,  $p = 0,2$ ) i manji diverzitet plena kod parentalnih vrsta u odnosu na hibrida. Rezultati ANOVA svi indeksa diverziteta nisu bili statistički značajni.

**Tabela 21.** Rezultati analize diverziteta ishrane zelenih žaba za 9 *loc\_tax* kombinacija

<i>Loc_tax</i>	<b>STRRid</b>	<b>DTDRid</b>	<b>JRGRid</b>	<b>STRLes</b>	<b>DTDLes</b>	<b>JRGLes</b>	<b>STREsc</b>	<b>DTDEsc</b>	<b>JRGEsc</b>
<b>S</b>	16	11	9	7	11	8	17	14	15
<b>N</b>	99	43	52	73	40	48	537	277	308
<b>H</b>	2,28	2	1,55	0,90	1,81	1,43	2,11	1,99	1,70
<b>J</b>	0,82	0,83	0,70	0,46	0,76	0,69	0,75	0,75	0,63
<b>D'</b>	0,86	0,83	0,69	0,40	0,76	0,64	0,81	0,80	0,71
<b>D</b>	0,15	0,17	0,31	0,60	0,24	0,36	0,19	0,20	0,29

RDA triplot sa devet klasa prediktivne promenljive (3 taksona i 3 lokaliteta), 17 kategorija plena kao vektorima i 221 žabom (9 *loc\_tax* simbola) je predstavljen na slici 39. Prva RDA osa opisuje 4,16% varijanse, odnosno 5,38% zajedno sa drugom RDA osom. RDA sa dva gradijenta bila je statistički značajna ( $F = 3,4$ ,  $p = 0,00$ ). Oko 50% ukupne varijabilnosti ordinacije je objašnjeno prediktivnim osama, dok su prve dve ose prve dve ose „nespregnute“ ordinacije opisale 17% varijabilnosti ukupnog uzorka ishrane zelenih žaba. Ovaj rezultat je u korelaciji sa oportunističkim tipom ishrane zelenih žaba na osnovu čega očekujemo veliku heterogenost u sastavu plena pojedinačnih želudaca. Kako se može videti sa Slike 29. položaj taksona i lokaliteta na ordinaciji je takav da prva RDA osa razdvaja lokalitet JRG od lokaliteta DTD i STR (dvostrani *t*-test na skorovima – koordinatama - ordinacija:  $t_{219} = 73,25$ ,  $p = 0,00$ ). Druga RDA osa razdvaja parentalne taksona gde *P. ridibundus* ima pozitivne skorove a *P. lessonae* negativne (dvostrani *t*-test na skorovima – koordinatama - ordinacija:  $t_{57} = -6,31$ ,  $p = 0,00$ ). Hibridni takson ima skorove – koordinate - pozicionirane približno u centru ordinacije. Takođe, druga osa razdvaja lokalitet DTD od druga dva lokaliteta (dvostrani *t*-test ordinacionih skorova:  $t_{219} = 26,37$ ,  $p = 0,00$ ), iz čega zaključujemo da u našem dizajnu postoji i sekundarni gradijent. Za svaki lokalitet položaj individualnih skorova žaba u skladu je sa položajem tog taksona na drugoj osi. *Loc\_tax* kombinacije sa hibridnim taksonom su uvek imale skorove u blizini skorova lokaliteta, dok su parentalne vrste uvek bile ili iznad (*P. ridibundus*) ili ispod (*P. lessonae*) skorova lokaliteta što je ujedno oslikavalo i njihovu poziciju na drugom gradijentu. Položaj taksona na drugom gradijentu korespondira položaju lokaliteta istog gradijenta (*P. ridibundus* i lokalitet DTD imaju pozitivne skorove na drugoj osi dok *P. lessonae* i lokaliteti STR i DTD imaju negativne).



Slika 29. RDA triplot standardizovanih *takson/lokalitet* koordinata - skorova dobijenih iz korelacionih matrica 17 kategorija plena. Skaliranje je očuvalo rastojanja između *loc\_tax* kombinacija, uglovi između vektora ukazuju na korelaciju a dužina vektora na dominantnost grupe plena u ishrani

Obrasci širina niša sve tri vrste se razlikuju u zavisnosti od toga kako se procenjuje ponuda, da li u odnosu na jedan takson na sva tri lokaliteta ili za sva tri taksona unutar jednog lokaliteta. Širine niša za svaki takson zelenih žaba u odnosu na ukupnu ponudu na svim lokalitetima su prikazane u tabeli 22, dok su širine niša za svaki takson zelenih žaba u odnosu na ponudu lokaliteta tj. druge taksone u okviru istog lokaliteta prikazane u tabeli 23. Parentalna vrsta *P. ridibundus* je najširu nišu imala na lokalitetu STR a najužu na DTD. Nije postojala statistički značajna razlika u širinama niša *P. ridibundus* između lokaliteta. Parentalna vrsta *P. lessonae* je takođe najširu nišu imala na lokalitetu STR, ali najužu na lokalitetu JRG. Ni u ovom slučaju nije postojala statistički značajna razlika u širinama niša između lokaliteta za ovaj takson. Kao i parentalne vrste, hibridni takson *P. esculentus* je imao najširu trofičku nišu na lokalitetu STR, dok je najužu imao na JRG. Trofička niša hibridnog taksona se može na osnovu dobijenih vrednosti okarakterisati kao prilično široka do izrazito široka dok se niše parentalnih vrsta mogu okarakterisati kao umereno široke do prilično široke. Postojala je statistički značajna razlika u širinama niša *P. esculentus* sa lokaliteta JRG i STR (dvostrani *t*-test na srednjim vrednostima širine niše:  $t_{106} = 178,56$ ,  $p = 0,000$ ).

**Tabela 22.** Širine trofičkih niša pojedinačnih taksona zelenih žaba u odnosu na sve lokalitete

Lokalitet	<i>P. ridibundus</i>			<i>P. esculentus</i>			<i>P. lessonae</i>		
	JRG	DTD	STR	JRG	DTD	STR	JRG	DTD	STR
B'	0,46±0,11	0,45±0,05	0,75±0,02	0,46±0,02	0,66±0,01	0,76±0,01	0,42±0,07	0,50±0,08	0,60±0,06

**Tabela 23.** Širine trofičkih niša tri taksona žaba unutar svakog lokaliteta

Takson	JRG			STR			DTD		
	<i>P. rid</i>	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>
B'	0,68±0,16	0,96±0,01	0,84±0,01	0,75±0,04	0,96±0,00	0,6±0,18	0,43±0,08	0,96±0,00	0,73±0,05

Komparacijom trofičkih niša jednog taksona u odnosu na druga dva taksona prisutna na istom lokalitetu utvrđena je statistički značajna razlika između širina niša *P. esculentus* i *P. ridibundus* na lokalitetu DTD (dvostrani *t*-test na srednjim vrednostima širine niše:  $t_{11} = 4,38$ ,  $p = 0,001$ ), kao i između *P. esculentus* i *P. lessonae* na lokalitetu STR (dvostrani *t*-test na srednjim vrednostima širine niše:  $t_{24} = 2,36$ ,  $p = 0,03$ ). Ovi rezultati korespondiraju sa rezultatima dobijenim Kruskal-Wallis analizom koja potvrđuje značajne razlike u sastavu plena, a samim tim i širinama niša između taksona. Generalno, *P. esculentus* je na sva tri lokaliteta imala najširu trofičku nišu u odnosu na parentalne vrste, dok je *P. lessonae* generalno imala najužu trofičku nišu (osim na lokalitetu DTD, gde je nešto uža bila

niša za *P. ridibundus* ali bez statističke značajnosti) bez obzira na povoljan kontekst. Razlike trofičkim nišama u ponudi resursa na različitim lokalitetima ukazuju na postojanje filogenetskog signala, odnosno na to da *P. lessonae a priori* ima užu trofičku nišu u odnosu na *P. ridibundus* i *P. esculentus*. Generalno, dobijene vrednosti širina niše tri taksona kada se posmatraju zajedno unutar jednog lokaliteta su šire, nego kada se posmatra širina niše jednog taksona na svim lokalitetima zajedno, što dodatno ukazuje da trofička ponuda (kontekst) lokaliteta igra značajnu ulogu u trofičkoj diferencijaciji niša.

Rezultati simetričnog preklopa niša između žaba jednog taksona sa različitim lokaliteta su prikazani tabeli 24, dok su preklopi niša između različitih taksona žaba sa istog lokaliteta prikazani u tabeli 25.

**Tabela 24.** Preklopi trofičkih niša između žaba jednog taksona sa različitim lokaliteta

Lokalitet	<i>P. ridibundus</i>			<i>P. esculentus</i>			<i>P. lessonae</i>		
	JRG	DTD	STR	JRG	DTD	STR	JRG	DTD	STR
JRG	1	0,27	0,39	1	0,42	0,36	1	0,33	0,18
DTD	0,27	1	0,41	0,42	1	0,72	0,33	1	0,51
STR	0,39	0,41	1	0,36	0,72	1	0,18	0,51	1

**Tabela 25.** Preklopi niša između različitih taksona žaba sa istog lokaliteta

Takson	JRG			STR			DTD		
	<i>P. rid</i>	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>
<i>P. rid</i>	1	0,73	0,74	1	0,94	0,83	1	0,06	0,03
<i>P. esc</i>	0,73	1	0,98	0,94	1	0,92	0,06	1	0,98
<i>P. les</i>	0,74	0,98	1	0,83	0,92	1	0,03	0,98	1

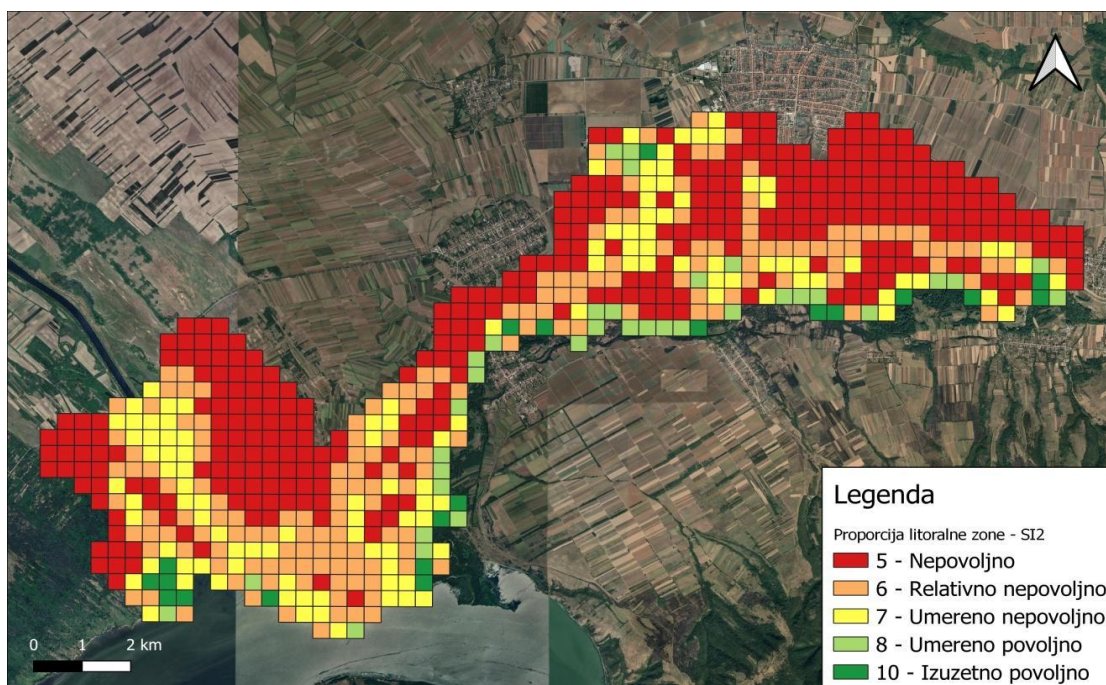
*P. ridibundus* je između različitih lokaliteta imala relativno niske do umerene preklope niša, što se može objasniti time da se su se jedinke *P. ridibundus* hranile različitim kategorijama plena u zavisnosti od toga na kom su se lokalitetu nalazile. Slična situacija je i kod druge parentalne vrste *P. lessonae* čiji se preklopi takođe karakterišu kao niski do umereni između različitih lokaliteta. S druge strane, preklopi kod *P. esculentus* su umereni do veliki. Veliki preklop niša se javlja kod *P. esculentus* između lokaliteta DTD i STR ( $O = 0,715$ ). Ovo nije jedinstvena situacija budući da su preklopi niša između lokaliteta DTD i STR kod sva tri taksona malo veći u odnosu na preklope između drugih kombinacija lokaliteta. Budući da su u pitanju prostorno relativno bliski lokaliteti, može se zaključiti da veći preklopi proizilaze iz slične ponude koja je prouzrokovana malom razdaljinom. Na lokalitetu STR preklopi između sva tri taksona se mogu okarakterisati kao veoma veliki. Ovo je posledica izuzetno

visoke ponude na ovom lokalitetu. Iako se i dalje mogu okarakterisati kao visoki preklopi, nešto niže vrednosti kod *P. ridibundus* u odnosu na druga dva taksona ukazuju na neki stepen diferencijacije ove vrste u odnosu na druge dve. Na lokalitetu JRG, preklopi između *P. esculentus* i *P. lessonae* su i dalje veoma veliki ( $O = 0,981$ ), s druge strane, preklopi oba ova taksona sa *P. ridibundus* su izuzetno niski ( $O = 0,057$ ,  $O = 0,025$ ). Takva situacija sugerise na diferencijaciju koja je rezultat razlika u korišćenju resursa različitih taksona. Testiranjem nultog modela na setu podataka dobijenih za tri taksona unutar jednog lokaliteta ustanovljen je neslučajni obrazac diferencijacije trofičkih niša RA2 za sva tri taksona zelenih žaba. RA2 se može interpretirati kao bionomska karakteristika životne forme, odnosno filogenetski signal širine niše koji pretpostavlja da će ishrana biti ista u svakom kontekstu odnosno na bilo kojem lokalitetu žabe će težiti da se hrane istim kategorijama plena. Kategorije plena koje odsustvuju iz ishrane, odsustvovalaće bez obzira na lokalitet. Ovaj model pokazuje da svaki od tri taksona zelenih žaba zadržava takson-specifične karakteristike životne forme i u prisustvu druga dva taksona. S druge strane, testiranjem nultog modela na setu podataka dobijenih za svaki takson na sva tri lokaliteta detektovan je neslučajni obrazac diferencijacije trofičkih niša RA3 na lokalitetima STR ( $p_{\text{oček}<\text{dob}} = 0,007$ ) i DTD ( $p_{\text{oček}<\text{dob}} = 0,0002$ ), dok su na lokalitetu JRG preklopi generisali statistički neznačajne obrasce ( $p_{\text{oček}<\text{dob}} = 0,44$ ). RA3 se može interpretirati u kontekstu da će se žabe hraniti onim kategorijama plena koje su dostupne na tom lokalitetu, odnosno ishrana sva tri taksona zavisi od ponude na datom lokalitetu. Kategorije plena koje odsustvuju iz ishrane na jednom lokalitetu, mogu biti prisutne u ishrani na nekom drugom lokalitetu ako se nalaze u ponudi. Poređenjem RA3 i RA2 modela za isti set podataka uočeno je da je na lokalitetu STR izraženiji uticaj ponude nego filogenije – tj. bionomskih preferencijala kao komponente životne forme, odnosno RA2 model nije dao statistički značajne obrasce diferencijacije za razliku od RA3. Na lokalitetu DTD oba modela su dala značajne obrasce diferencijacije (RA2  $p_{\text{oček}<\text{dob}} = 0,000$ ; RA3  $p_{\text{oček}<\text{dob}} = 0,000$ ) dok na lokalitetu JRG iako oba statistički neznačajna, RA2 ( $p_{\text{oček}<\text{dob}} = 0,37$ ) po intenzitetu blago nadjačava uticaj RA3 ( $p_{\text{oček}<\text{dob}} = 0,44$ ). Ovi rezultati ukazuju na to da kod sva tri taksona ponuda maskira filogenetski signal – bionomske preferencijale odnosno preklopi niša su manji od očekivanih usled razlika u ponudi u većem obimu nego zbog filogenetskog signala odnosno takson-specifičnih karakteristika. Prema tome interspecijska kompeticija postoji jer postoji i zavisnost od ponude, ipak svaka vrsta ima svoj značajan filogenetski signal – odnosno bionomski preferencijal koji u određenoj meri doprinosi diferencijaciji trofičkih niša.

## 6.4. Sintezni model stanišne povoljnosti

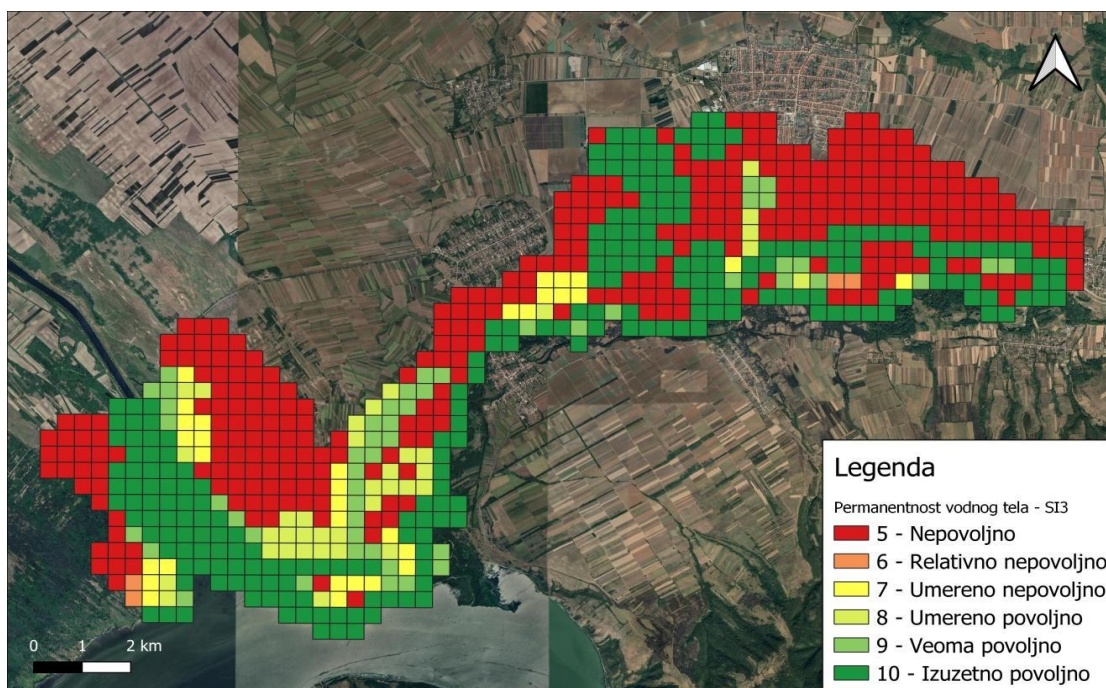
### 6.4.1. Prostorni raspored vrednovanih kvadrata na istraživanom području za pojedinačne varijable

U daljem tekstu, prikazan je prostorni raspored vrednovanih kvadrata na istraživanom području za 9 od 10 posmatranih varijabli. Prostorna zastupljenost varijable  $SI_2$  na istraživanom području je prikazana na slici 30. Može se primetiti da vrednosti za prvu scenopoetičnu varijablu bile relativno niske na većem delu istraživanog područja. Povoljna staništa su uglavnom bila u plavnoj zoni reke Nere i njenog ušća u Dunav, južnom delu Deliblatske peščare (Stevanove ravnice i deo Labudovog okna) i pojedinim jezerima u blizini Bele crkve (Šaransko jezero i Šljunkara) kod kojih još uvek postoji prezervirana litoralna zona a antropogeni uticaj je manjeg intenziteta nego na drugim Belocrkvanskim jezerima.



**Slika 30.** Prikaz prostorne zastupljenosti parametra  $SI_2$  – proporcija litoralne zone vodnih tela na istraživanom području. Legenda prikazuje boje kojima su označene ocene povoljnosti

Visoke vrednosti varijable  $SI_3$  su konstatovane u zonama velikih vodnih tela poput Dunava, Nere, Belocrkvanskih jezera ali i kanala DTD i većih bara i kanala duž reke Nere. Prostorna zastupljenost varijable  $SI_3$  na istraživanom području je prikazana na slici 31.

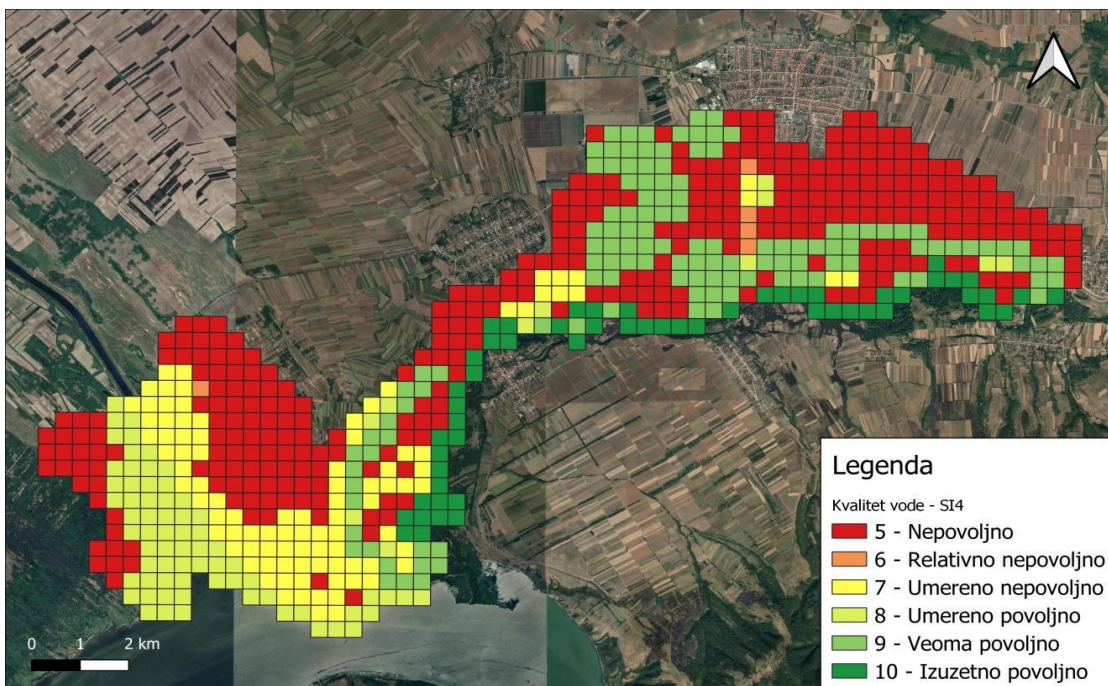


**Slika 31.** Prikaz prostorne zastupljenosti parametra  $SI_3$  – permanentnost vode na istraživanom području. Legenda prikazuje boje kojima su označene ocene povoljnosti

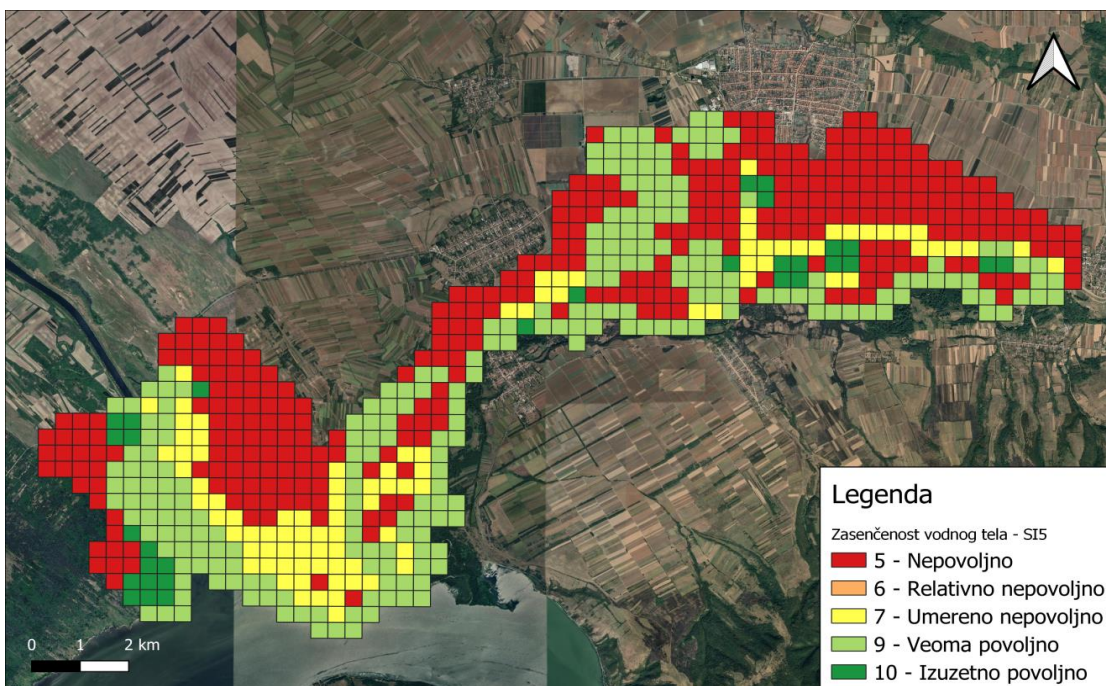
Varijabla  $SI_4$  je najviše vrednosti imala duž toka reke Nere, koja je vodno telo najvišeg kvaliteta na istraživanom području. S tim u vezi i kanali koji proističu iz Nere tj. snabdevaju se Nerskom vodom ocenjeni su visokim ocenama (npr. kanal Jaruga) za varijablu  $SI_4$  kao i Belockrvanska jezera. Prostorna zastupljenost varijable  $SI_4$  na istraživanom području je prikazana na slici 32.

Varijabla  $SI_5$  je visoke vrednosti imala u zonama vodnih tela kod kojih postoje sačuvani makro fragmenti priobalne vegetacije u vidu aluvijalnih plavnih šuma ili litoralnih makrofita, kao što je na primer slučaj u zoni ušća Nere u Dunav, mrtvaja Karaša, Stevanovih ravnica i bara u plavnoj zoni Nere. Prostorna zastupljenost varijable  $SI_5$  na istraživanom području je prikazana na slici 33.



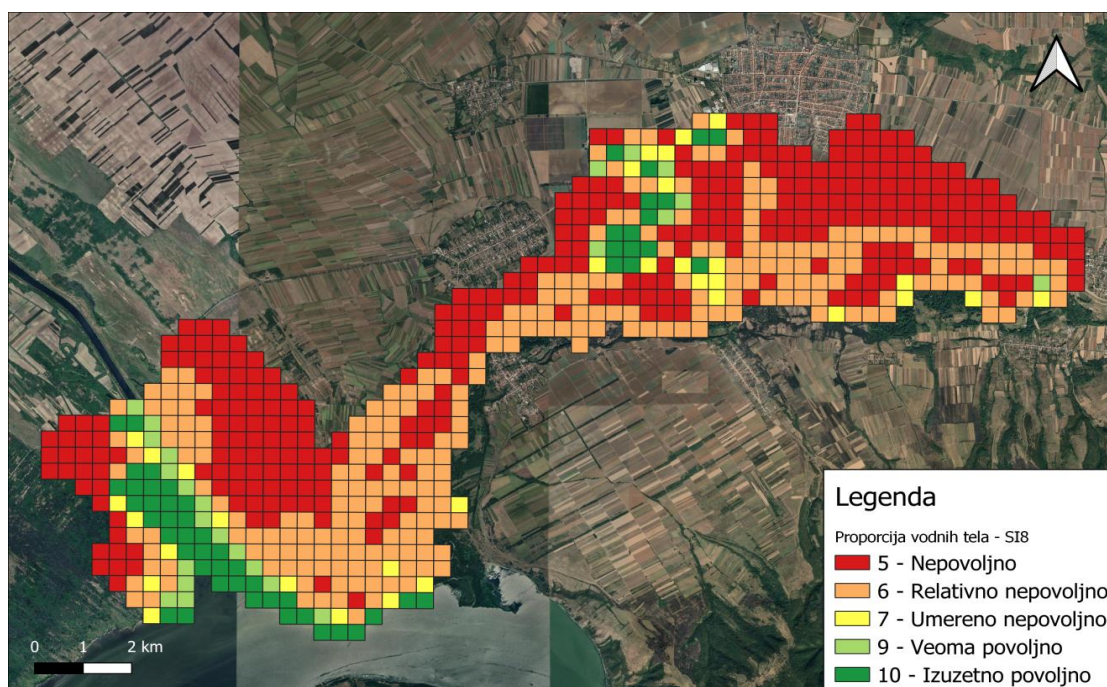


**Slika 32.** Prikaz prostorne zastupljenosti parametra SI<sub>4</sub> – kvalitet vode na istraživanom području. Legenda prikazuje boje kojima su označene ocene povoljnosti



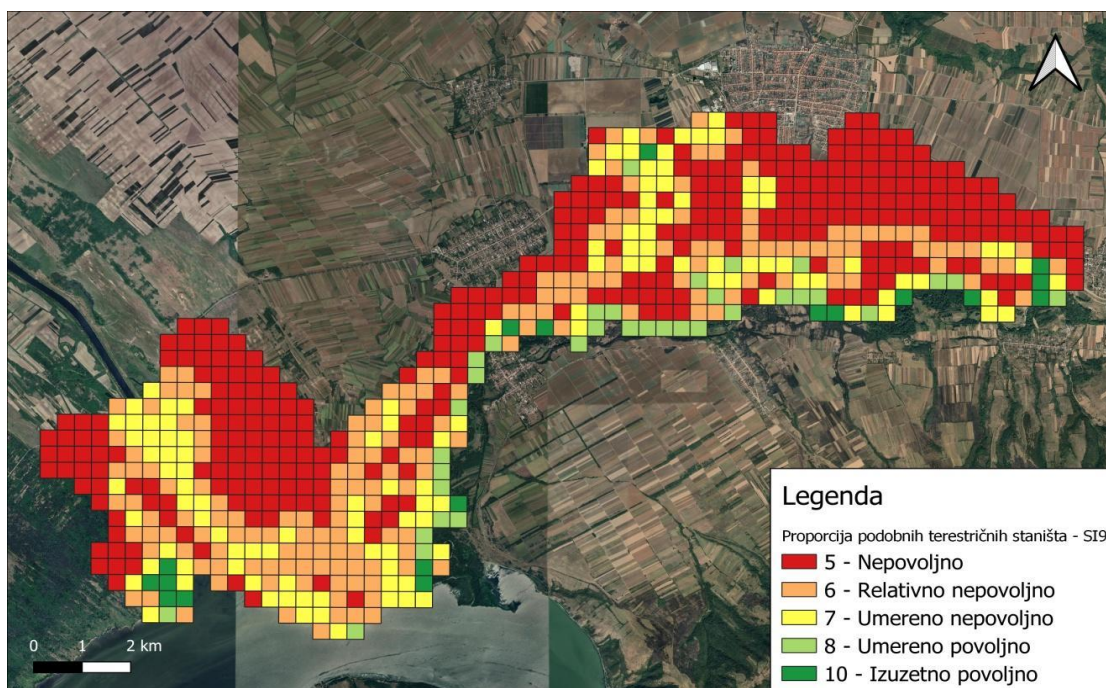
**Slika 33.** Prikaz prostorne zastupljenosti parametra SI<sub>5</sub> – zasenčenost vodenog tela na istraživanom području. Legenda prikazuje boje kojima su označene ocene povoljnosti

Prostorna zastupljenost varijabli  $SI_8$ ,  $SI_9$  i  $SI_{10}$  je generalno bila u korelaciji sa zastupljenošću vodnih tela u okviru istraživanog područja. Izuzetak su zone vodnih tela pod visokim antropogenim pritiskom poput Belocrkvanskih jezera (posebno Glavnog i Vračevgajskog jezera) i leve obale kanala DTD gde je prirodno očekivano prisustvo makroifitske vegetacije ali ona zbog delovanja čoveka odsustvuje. Prostorna zastupljenost varijabli  $SI_8$ ,  $SI_9$  i  $SI_{10}$  na istraživanom području je prikazana na slikama 34, 35 i 36.

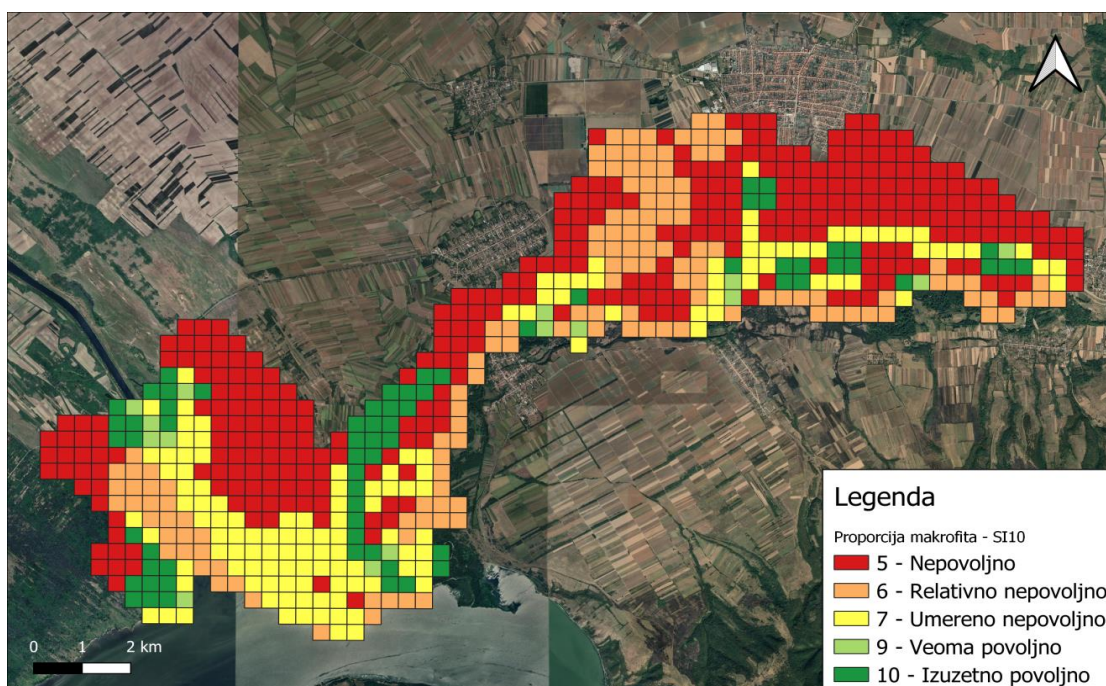


**Slika 34.** Prikaz prostorne zastupljenosti parametra  $SI_8$  – proporcija vodnih tela unutar kvadrata.

Legenda prikazuje boje kojima su označene ocene povoljnosti

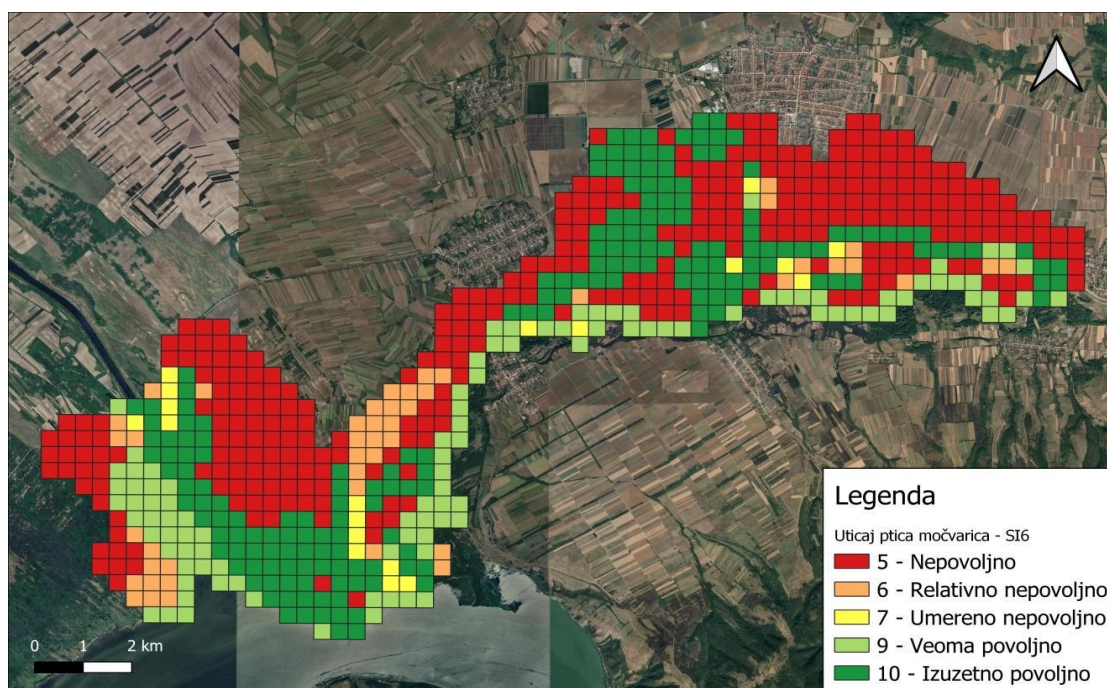


**Slika 35.** Prikaz prostorne zastupljenosti parametra  $SI_9$  – proporcija podobnih terestričnih staništa unutar kvadrata. Legenda prikazuje boje kojima su označene ocene povoljnosti

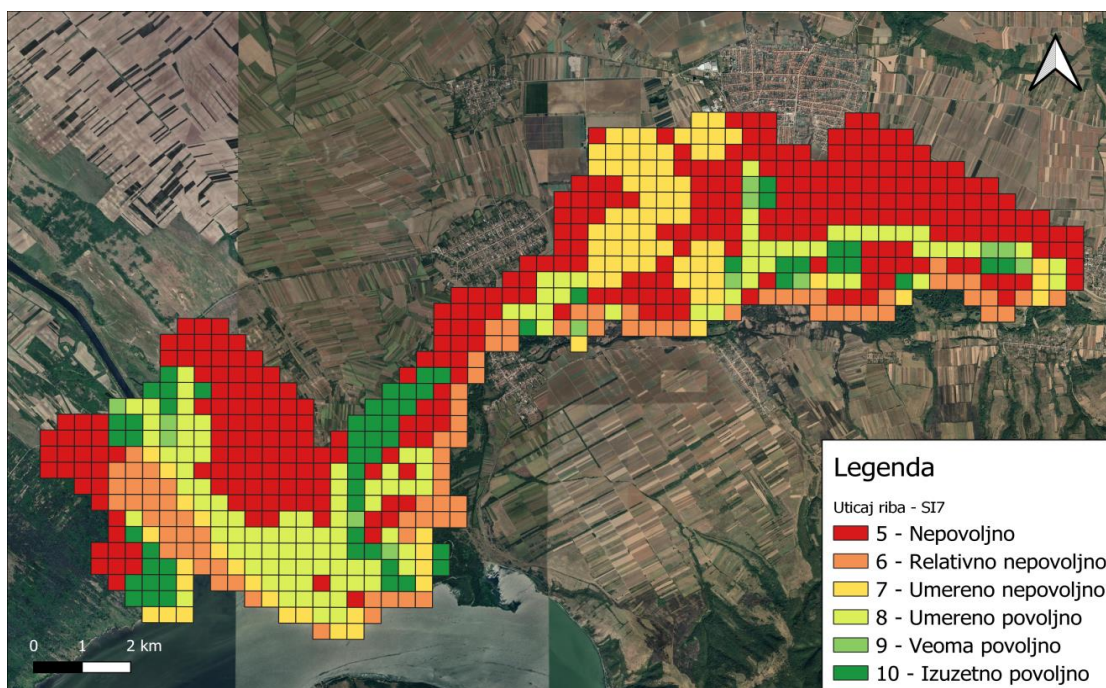


**Slika 36.** Prikaz prostorne zastupljenosti parametra  $SI_{10}$  – proporcija makrofita u vodnim telima na istraživanom području. Legenda prikazuje boje kojima su označene ocene povoljnosti

Bionomične varijable  $SI_6$  i  $SI_7$  su imale visoke vrednosti u zonama vodnih tela koja su dovoljno velika i obrasla za opstanak zelenih žaba ali nedovoljne dubine i površine za opstanak riba i ptica močvarica. Visoke vrednosti su konstatovane u manjim barama duž toka reke Nere, meliracionim kanalima između Banatske palanke i Vračevog gaja kao i mrtvajama Karaša. Varijabla  $SI_6$  je imala visoke vrednosti i u region Belocrkvanskih jezera budući da zbog prisustva ljudi i urbanizovanih cenatara u neposrednoj blizini prisustvo ptica močvarica nije pribeleženo. S druge strane, zbog intenzivnog poribljavanja Belocrkvanskih jezera, varijabla  $SI_7$  je u istoj zoni imala niske vrednosti zbog visokog predatorskog pritiska. Može se zaključiti da su ove dve bionomične varijable u određenim zonama istraživanog područja u koliziji, budući da u nekim vodnim telima postoji visok predatorski pritisak u vidu bogate ihtiofaune ali odsustvuju ptice močvarice (Belocrkvanska jezera) dok na nekim zabarenijim područjima nema uslova za opstanak riba ali postoji visoki predatorski pritisak na zelene žabe zbog prisustva ptica močvarica (plavna zona Nere, kanal Jaruga, Stevanove ravnice). Prostorna zastupljenost varijabli  $SI_6$  i  $SI_7$  na istraživanom području je prikazana na slikama 37 i 38.



**Slika 37.** Prikaz prostorne zastupljenosti parametra  $SI_6$  – Uticaj ptica močvarica unutar kvadrata na istraživanom području. Legenda prikazuje boje kojima su označene ocene povoljnosti

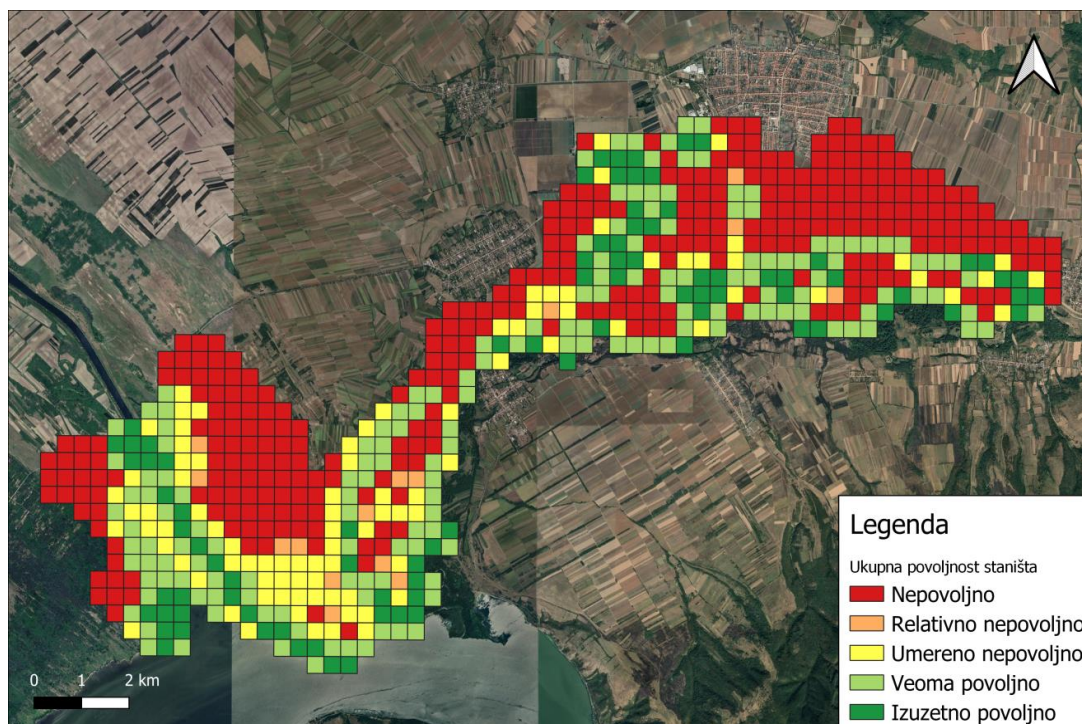


**Slika 38.** Prikaz prostorne zastupljenosti parametra  $SI_7$  – procena uticaja riba unutar kvadrata na istraživanom području. Legenda prikazuje boje kojima su označene ocene povoljnosti

Ono što se sa priloženih slika može konstatovati kao zajednički obrazac i za scenopoetične i za bionomične varijable jeste niska vrednosti odnosno niska povoljnost u poljoprivrednim i urbanizovanim zonama. Pojedine zone istraživanog područja ni za jednu od posmatranih varijabli nemaju zadovoljavajuće ocene povoljnosti.

## 6.4.2. Sintezni model stanišne povoljnosti

Model stanišne povoljnosti na istraživanom području, kreiran na osnovu 10 međusobno nezavisnih varijabli prikazan je na slici 39. Srednja ocena stanišne povoljnosti na istraživanom području iznosi 6,57 što se može okarakterisati kao relativno do umereno nepovoljno područje. Razmatranjem prostornog prikaza ovog modela uočava se prostorna disjunkcija povoljnih staništa, koja proizilazi iz izrazite heterogenosti samog područja. Staništa koja se mogu okarakterisati kao veoma i izuzetno povoljna zauzimaju 37% površine istraživanog područja, dok relativno i umereno nepovoljna zauzimaju 16%. Potpuno nepovoljna staništa za zelene žabe iz *Pelophylax esculentus* kompleksa zauzimaju 47% ukupne površine istraživanog područja. Prostorne celine koje karakteriše najveća povoljnost staništa su uglavnom vezana za vodna tela i njihove obodne zone, poput Labudovog okna koje obuhvata Stevanove ravnice i rukavac Dunava na obodu Deliblatske peščare i ušće Nere u Dunav. Kao izuzetno povoljna područja mogu se okarakterisati i Belocrkvanska jezera, Kusička jezera i delovi toka Jaruge i Nere uz granicu sa Rumunijom. Primećuje se da su ove povoljne zone međusobno odvojene relativno nepovoljnim i potpuno nepovoljnim zonama koje uglavnom čine poljoprivredne površine sa manjim ili većim udelom prirodne vegetacije i diskontinuirane urbane zone (Banatska Palanka, Vračev Gaj, Bela Crkva i Kusić).



**Slika 39.** Model ukupne stanišne povoljnosti za zelene žabe iz *Pelophylax esculentus* kompleksa na istraživanom području

## 6.5. Procena veličine populacije na istraživanom području

U ukupnom uzorku od 317 ulovljenih jedinki sva tri taksona, registrovano je 17 ponovnih ulova što čini 5.39% ukupnog uzorka. Svaki od tri lokaliteta na kojima je vršeno uzorkovanje zauzima određenu površinu izraženu u definisanim kvadratima površine 250 x 250 m. Površina svakog lokaliteta kao i broj kvadrata koji zauzima su prikazani u tabeli 25. Najveći broj povratnih ulova je registrovan na lokalitetu STR, dok su na druga dva lokaliteta registrovana samo po dva povratna ulova. Iako procene brojnosti nisu rađene za svaki takson iz kompleksa pojedinačno, treba napomenuti da su najveći broj povratnih ulova činile jedinke *P. esculentus* (12 povratnih ulova), odnosno hibridi, zatim parentalna vrsta *P. ridibundus* (5 povratnih ulova), dok jedinke *P. lessonae* nisu registrovane u povratnom ulovu. Detaljan prikaz ulovljenih jedinki i ponovnih ulova po lokalitetima na istim je prikazan u Tabeli 26.

**Tabela 26.** Broj markiranih jedinki po lokalitetima i broj ponovnih ulova

Lokalitet	Broj kvadrata	Površina kvadrata	Broj markiranih jedinki	Broj ponovnih ulova
<b>JRG</b>	3	0,19 km <sup>2</sup>	58	2
<b>DTD</b>	6	0,38 km <sup>2</sup>	73	2
<b>STR</b>	4	0,25 km <sup>2</sup>	186	13
<b>Ukupno</b>	13	0,81 km <sup>2</sup>	317	17

### 6.5.1. Procena veličine populacije Šnabelovom metodom

Budući da udeo markiranih povratnih ulova u odnosu na ukupan broj markiranih jedinki iznosi 0.05. odnosno, manje od preporučene kritične vrednosti koja iznosi 0,1, za procenu veličine populacije Šnabelovom metodom korišćena je modifikovana formulacija (Schnabel, 1938).

Hronološkom organizacijom lovnih perioda prema kalendarskim godišnjim dobima, utvrđene su vrednosti procene veličine populacije predstavljene u tabeli 27. Procena je izvršena za svaki od tri lokaliteta pojedinačno, kao i za sva tri lokaliteta zajedno. Podrazumeva se da se procene brojnosti odnose za broj kvadrata koje zauzima svaki od lokaliteta.

**Tabela 27.** Procene veličine populacija zelenih žaba korišćenjem Šnabelove metode

Lokalitet	Procena brojnosti	Intervali poverenja od 95%		Prosečan broj žaba po kvadratu
	N	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	
<b>JRG</b>	531	168	1010	177
<b>DTD</b>	1032	326	1964	172
<b>STR</b>	1177	680	2432	294
<b>Svi lokaliteti</b>	2562	1605	4221	197

Takođe, urađena je procena veličine populacije za sve istraživane lokalitete (broj kvadrata na kojima se nalaze svi lokaliteti) sa reorganizacijom lovnih perioda prema vodnom režimu na lokalitetima. Procene sa ovim setom podataka nije bilo moguće uraditi za pojedinačne lokalitete budući da je reorganizacija odnosno smanjenje broja lovnih perioda sa sedam na tri podrazumevalo “gubitak” ponovnih ulova na lokalitetima Jaruga i kanal DTD. Rezultati procena brojnosti su prikazani u tabeli 28.

**Tabela 28.** Procena veličine populacija zelenih žaba na istraživanom području sa reorganizovanim lovnim periodima prema vodnom režimu na staništu

	<b>Procena brojnosti</b>	<b>Intervali poverenja od 95%</b>		<b>Prosečan broj žaba po kvadratu</b>
	<b>N</b>	<b>N<sub>1</sub></b>	<b>N<sub>2</sub></b>	
Svi lokaliteti	2553	1528	4844	196

Može se primetiti da različita organizacija lovnih perioda (hronološki i sezonski) daju približno jednake procene veličine populacije na istraživanom području.

### 6.5.2. Procena veličine populacije Kormak-Džoli-Seberovom metodom

Iako teoretski bolja metoda za otvorene populacije, Kormak-Džoli-Seberov-om metodom nije bilo moguće proceniti brojnosti za sve lokalitete usled odsustva povratnih ulova između pojedinih lovnih perioda. Procena veličine populacije ovom metodom je urađena za lokalitet Stevanove ravnice i za ukupnu populaciju žaba na sva tri lokaliteta. Rezultati su predstavljeni u tabeli 29.

**Tabela 29.** Procene veličine populacija korišćenjem Kormak-Džoli-Seberove metode

<b>Lovni periodi organizovani hronološki</b>		<b>Intervali poverenja od 95%</b>	
Lokalitet	<b>N</b>	<b>N<sub>1</sub></b>	<b>N<sub>2</sub></b>
STR	420	58	14184
Svi lokaliteti	893	116	34034
<b>Lovni periodi organizovani po sezonama</b>		<b>Intervali poverenja od 95%</b>	
Svi lokaliteti	392	130	3732

Pretpostavka je da da ovom metodom nije dobijena realna procena brojnosti budući da je zbog malog procenta povratnih ulova potcenjivala moguću brojnost žaba a imala je i nerealno veliki raspon interval poverenja za dva ključna parametra –  $N_t$  (procena veličine populacije pre lovnog perioda  $t$ ) i  $\Phi_t$  (verovatnoća preživljavanja od lovnog perioda  $t$  do  $t+1$ ) i time onemogućavala efikasnu, efektanu, i

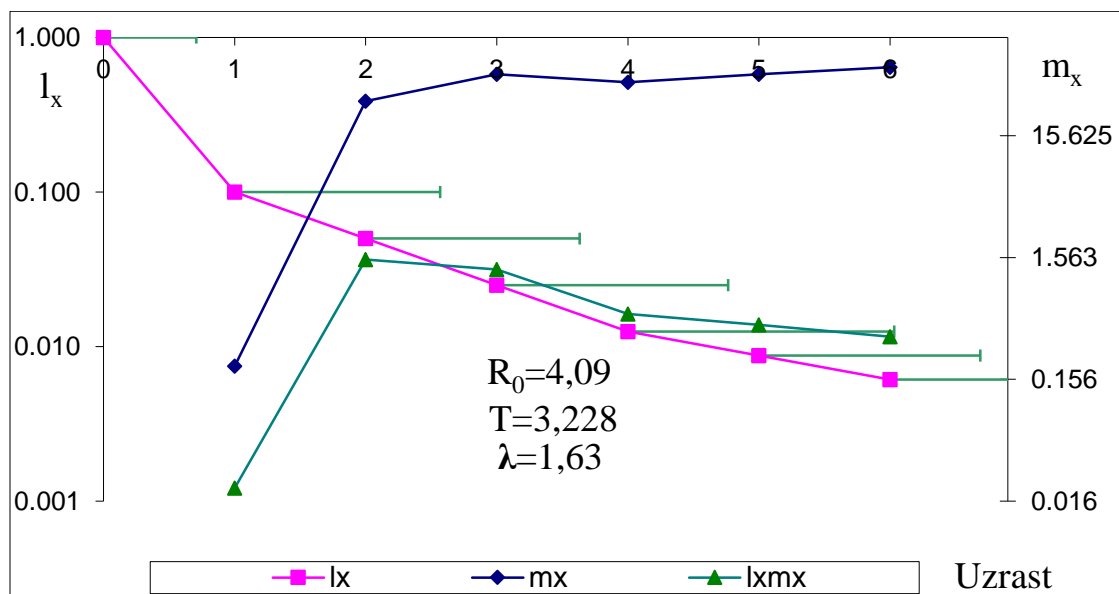


doslednu interpretaciju rezultata. Takođe, dobijeni rezultati nisu korespondirali sa realnom situacijom na terenu, koja je zasnovana na nezavisnim procenama istraživača VES metodologijom.

Treba uzeti u obzir da rezultujuće procene brojnosti mogu biti pristrasne (eng. *biased*), posebno u situacijama kada postoji mali broj povratnih ulova i mali broj mesta uzorkovanja a procena se radi za veliko područje. Za potrebe daljih analiza korišćene su procene brojnosti dobijene Šnabelovom metodom sa hronološkom organizacijom lovnih perioda.

## 6.6. Demografska sinteza razvojne dinamike populacije

Bez obzira što je populacioni model urađen za ceo kompleks koji objedinjuje tri taksona, bilo je moguće izdvojiti opšte karakteristike modela populacije koje se odnose na bilo koji takson iz *Pelophylax esculentus* kompleksa (Slika 40).



**Slika 40.** Demografska sinteza razvojne dinamike populacije zelenih žaba iz *Pelophylax esculentus* kompleksa za populacije bez polnog dimorfizma predstavljena na logaritamskoj skali.  $l_x$  – uzrasno specifično preživljavanje;  $m_x$  – uzrasno specifični fekunditet  $l_x m_x$  – uzrasno specifični doprinos reprodukciji; Očekivana dužina života  $e_0 = 0,71$ ; trenutna stopa rasta  $r_m = 0,49$ ; vreme generacije  $T = 3,23$  godine; stopa obnove  $R_0 = 4,09$ ; konačna stopa rasta  $\lambda = 1,218$

Populacije zelenih žaba iz *Pelophylax esculentus* kompleksa su po tipu populacije sa preklapanjem generacija. Reprodukcijski puls je diskontinuiran sa jednogodišnjim reproduktivnim pulsom. Uočavaju se dve faze: prereproduktivna i reproduktivna. Prereproduktivna

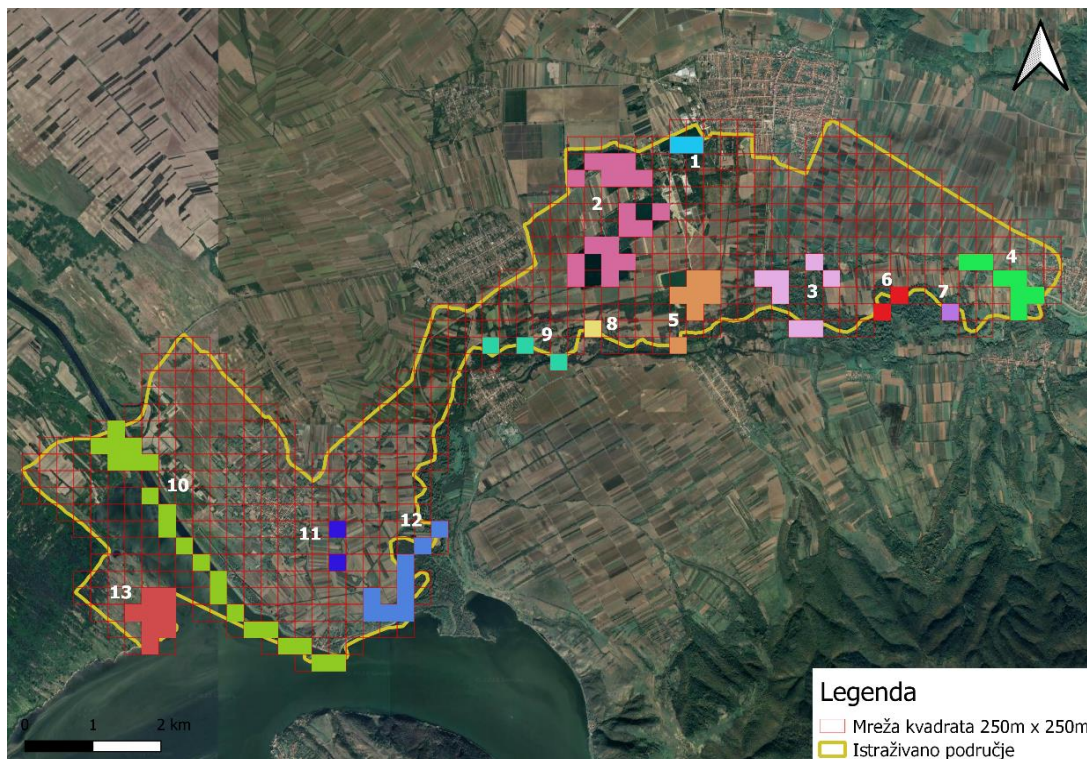
faza je predstavljena Uzrastom 0 kojeg čine samo larvalni stadijumi. Reproductivna faza je predstavljena svim preostalim uzrastima. Iako je doprinos reprodukciji Uzrasta 1 izuzetno nizak, treba uzeti u obzir doprinos mladih mužjaka sa malim dimenzijama tela (posebno se odnosi na pripadnike *P. lessonae*). Postreproduktivna faza životnog ciklusa odsustvuje budući da se reprodukcija odvija do kraja života uz povećanje fekunditeta sa starošću jedinki. Treba napomenuti da starije uzrasne kategorije bez obzira na veći fekunditet imaju generalno mali doprinos u reprodukciji zbog niske do vrlo niske učestalosti ovih uzrasnih klasa u populaciji. Kriva preživljavanja odgovara III tipu (Pearl, 1928) koje karakteriše visoka *per capita* stopa mortaliteta u ranim fazama životnog razvoja odnosno u prereproduktivnoj fazi (u ovom slučaju Uzrast 0 i Uzrast 1), nakon čega sledi period manjeg i relativno konstantnog gubitka.

Demografska analiza istraživane populacije pokazala je sledeće karakteristike:

- Prosečnu očekivanu dužinu života jedinki larvalnog stadijuma ( $e_0$ ) je 3 uzrasne kategorije
- Vreme generacije ( $T$ ) iznosi 3,23 čemu doprinose ženke koje u reprodukciju ulaze kasnije u odnosu na mužjake.
- Stopa obnove ( $r_m$ ) iznosi 0,49, a konačna stopa rasta ( $\lambda$ ) 1,22 za koju populacija dostiže stabilnu uzrasnu strukturu. Vreme stabilizacije uzrasne structure je 35 vremenskih intervala, odnosno 10 uzrasnih klasa. Najosetljiviji uzrast sa aspekta populacione dinamike je Uzrast 0 – odnosno punoglavci.

## 6.7. Populaciona struktura zelenih žaba na istraživanom području

Rezultati analize populacione strukture koji pokazuju visoku struktuiranost ukupne populacije na istraživanom području predstavljeni su na slici 41 gde se jasno uočava 13 povoljnih odeljaka staništa (dema) odnosno lokalnih populacija *Pelophylax esculentus* kompleksa.



**Slika 41.** Mapa prostorne organizovanosti populacije zeleni žaba iz *Pelophylax esculentus* kompleksa na istraživanom području

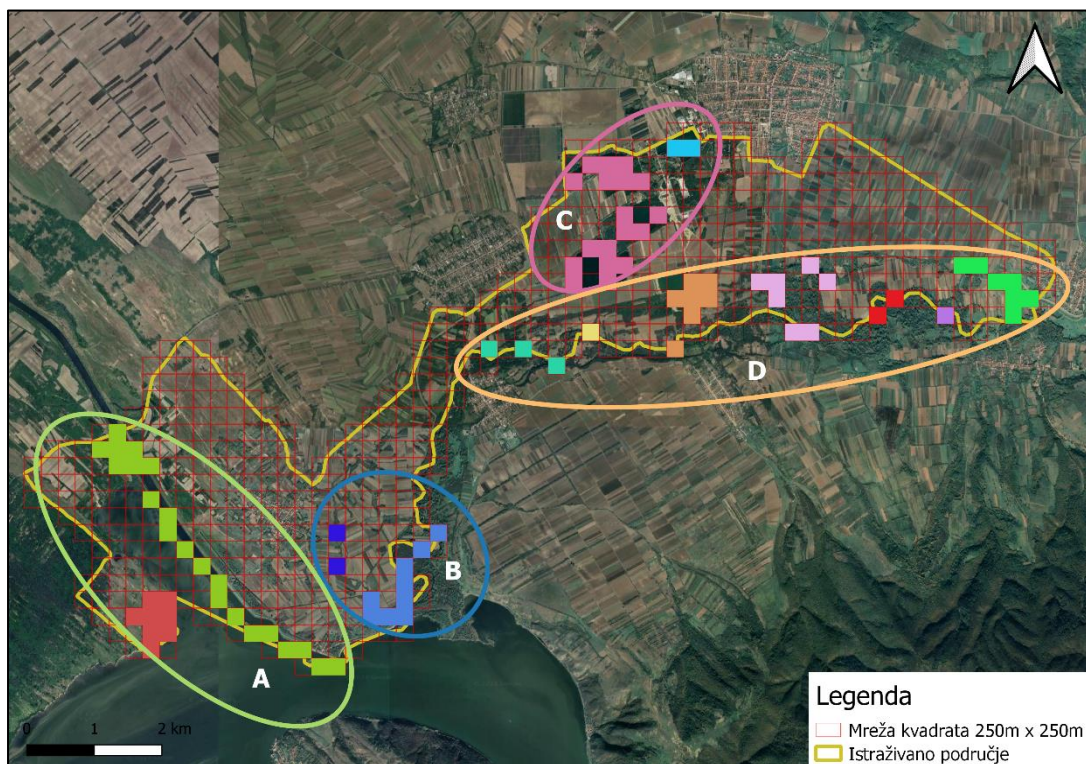
Detaljan opis i uporedni prikaz dema nalazi se u tabeli 30. Poređenjem mape na slici 40 koja predstavlja stanišnu povoljnost istraživanog područja, uočava se da su 13 postojećih dema razdvojene delovima područja sa niskom stanišnom povoljnošću. Za svaku demu definisana je vrednost kapaciteta sredine koja zavisi od broja kvadrata koje dema zauzima i stanišne povoljnosti u okviru istih. Podrazumevalo se da u okviru svake deme žabe ulaze u reprodukciju u isto vreme i na isti način i imaju iste disperzione potencijale.

Sa Slike 41 se uočava da se pojedine deme javljaju u okviru četiri svojstvene celine tako da deme 1 i 2 čine celinu Belocrkvanskih jezera, deme 3, 4, 5, 6, 7, 8 i 9 celinu koja obuhvata tok reke Nere sa Jarugom i obližnjim jezerima, deme 11 i 12 celinu ušća reke Nere i mrtvaje Karaša a preostale

deme 10 i 13 čine celinu oko oboda Deliblatske peščare sa kanalom DTD. Prostorne celine u okviru kojih se javljaju grupacije dema su predstavljene na slici 42.

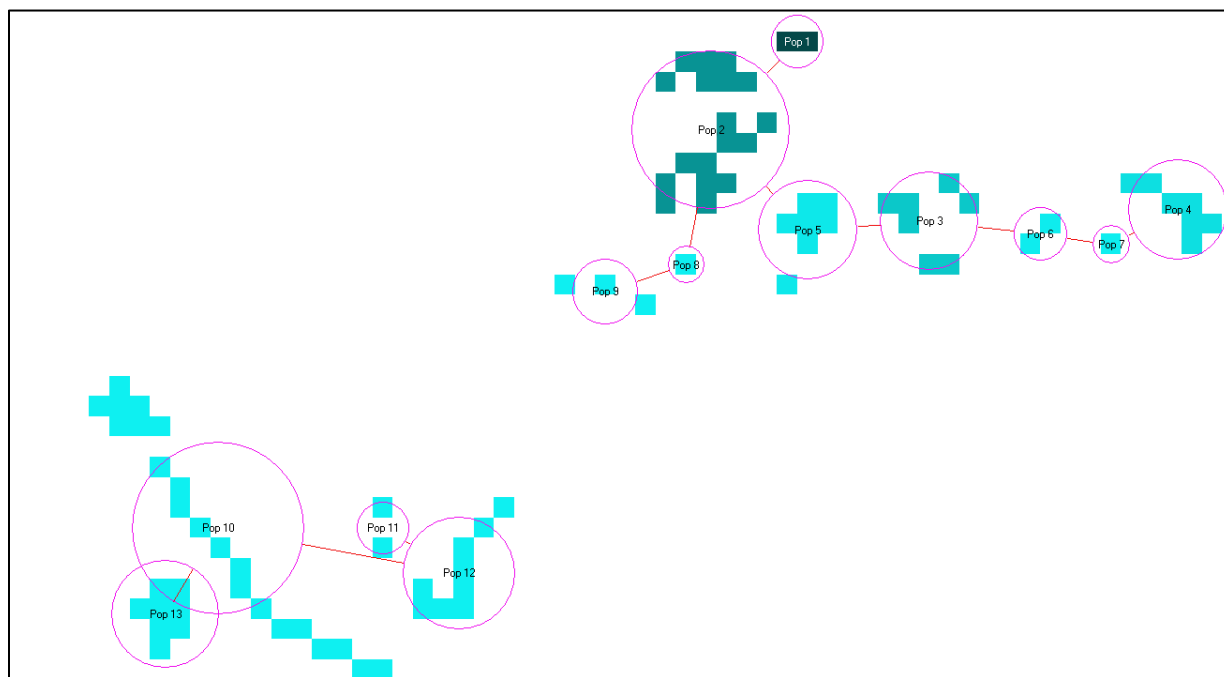
**Tabela 30.** Uporedni prikaz dema, njihovih kapaciteta i stanišne povoljnosti

Broje deme	Opis deme	Broj kvadrata	Početna brojnost jedinki	Kapacitet sredine	Prosečna stanišna povoljnost
1	Glavno jezero	2	13	131	8,21
2	Vračevgajsko jezero, Malo jezero, Šaransko jezero, Šljunkara i Novo jezero	18	118	1179	8,19
3	Bare uz toke Nere	7	46	458	8,18
4	Kusićka jezera	7	47	468	8,35
5	Nova ekstrakciona jezera	7	46	458	8,18
6	Reka Nera	2	13	134	8,35
7	Reka Nera	1	7	67	8,37
8	Reka Nera	1	6	65	8,07
9	Reka Nera	3	20	201	8,37
10	Dulin bara, Kanal DTD i rukavac Dunava	21	139	1391	8,28
11	Mrtvaja Karaša	2	13	130	8,12
12	Ušće Nere	9	59	594	8,25
13	Stevanove ravnice	8	54	541	8,45



**Slika 42.** Četiri prostorne celine (A, B, C i D) u okviru istraživanog područja

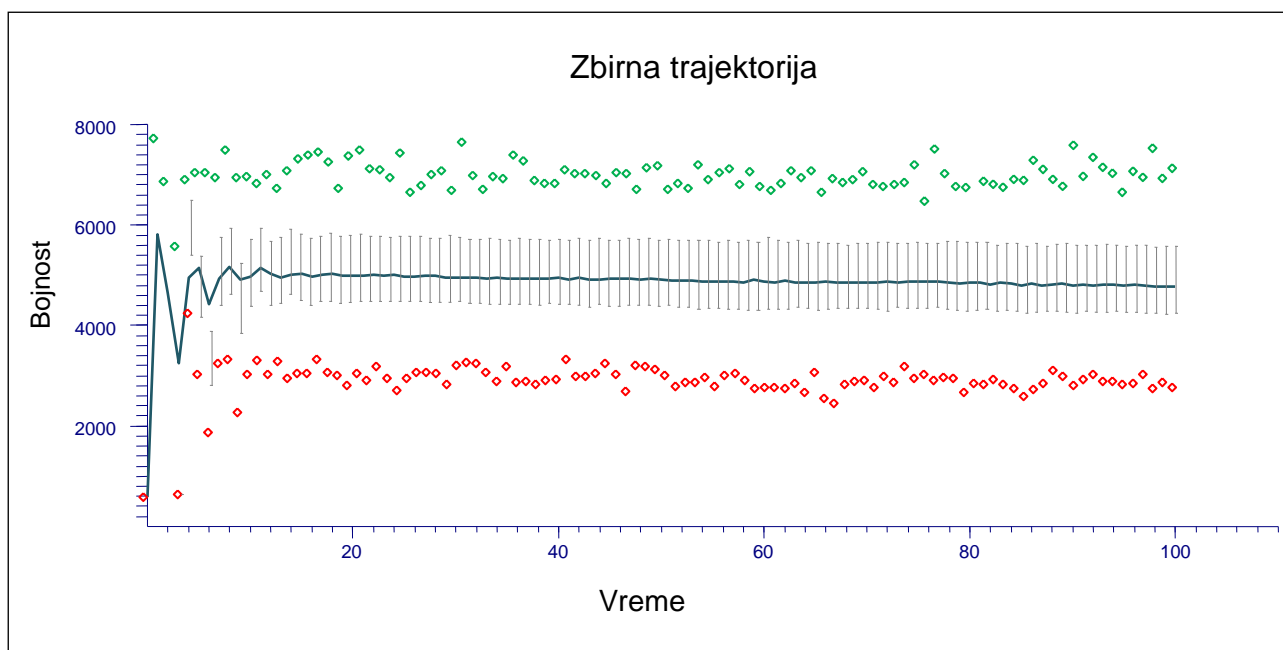
U okviru softverskog paketa RAMAS GIS generisana je mapa metapopulacione strukture na istraživanom području zajedno sa disperzionim koridorima predstavljena na slici 43. Kružnicama su predstavljene deme čija je veličina u korelaciji sa visinom kapaciteta i površinom koju zauzimaju (Tabela 29). Crvenim linijama su prikazane disperzije. Može se uočiti da postoji komunikacija između dema koje pripadaju prostornoj celini A i prostornoj celini B kao i komunikacija između dema prostorne celine C i celine D. S obzirom na to da deme većeg kapaciteta sredine i veće površine imaju i veću inicijalnu brojnost, izvesno je da deme 2, 10 i 12 predstavljaju glavne izvore emigranata odnosno imigranata za deme manjih površina. Na nekoliko mesta u okviru slike 43. bilo je moguće uočiti da između dema 10 i 11, kao i dema 8 i 5 ne postoji disperzija iako razdaljina nije velika. Odsustvo disperzije između pojedinih dema je posledica okruženja niske stanišne povoljnosti odnosno prisustvo poljoprivrednih i urbanizovanih površina.



**Slika 43.** Šematski prikaz metapopulacione prostorne organizacije na istraživanom području. Svaka deme predstavljena je ljubičastom kružnicom. Crvenim linijama su prikazane disperzije između dema. Plavi kvadratići predstavljaju broj gridova sa visokom stanišnom povoljnošću u okviru svake deme. Veličina prikazane deme je u korelaciji sa visinom  $K$  – procenjenim kapacitetom deme

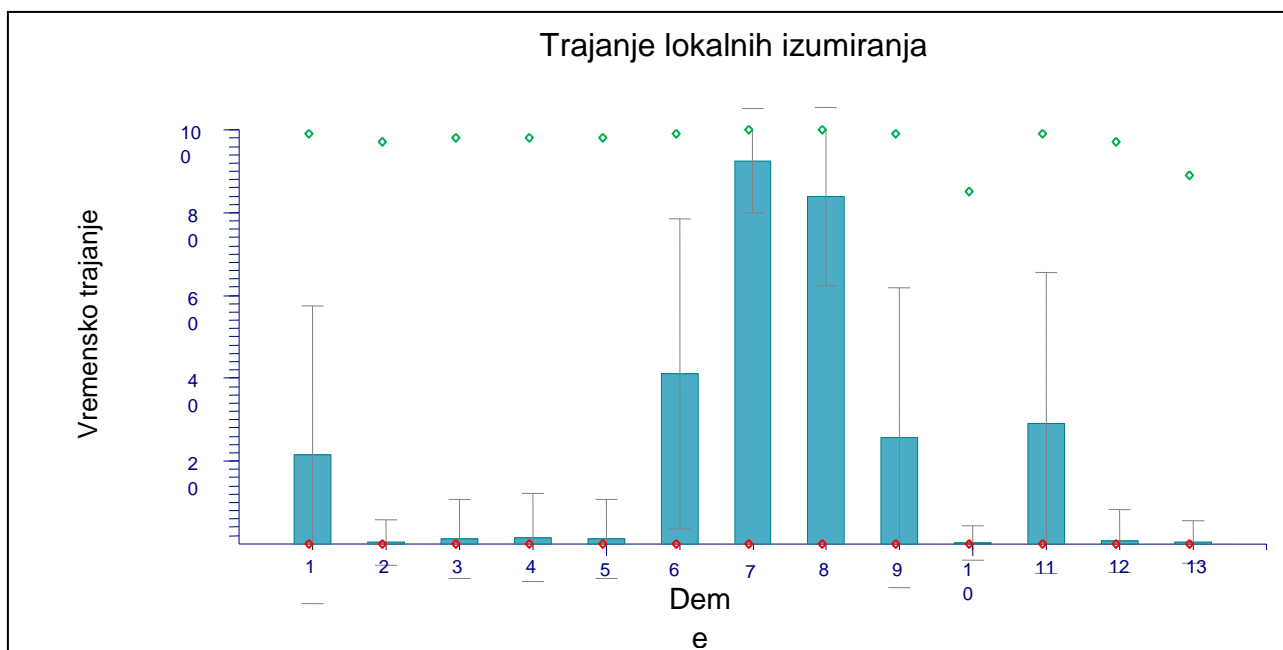
## 6.8. Analiza vijabilnosti populacije (PVA) i procena minimalne vijabilne populacije (MVP)

Za potrebe procene rizika izumiranja i veličine minimalne vijabilne populacije formiran je protokol simulacije koji je podrazumevao početni scenario i sukcesivne izmene u okviru ulaznih parametara kako onih koji definišu kapacitet sredine, tako i demografskih u uslovima sredinskog i demografskog stohasticiteta. Početni scenario je podrazumevao sledeće: osnovni demografski model (tabela 12, slika 29) sa početnim brojnostima za svaku od 13 deme izraženim kao  $K/10$ , stope disperzije prema zadatim kriterijumima i sredinski i demografski stohasticitet od 25%. Zbirna trajektorija početnog scenarija prikazana je na slici 44. Sive vertikalne linije predstavljaju standardnu devijaciju, crvene tačke minimalne a zelene maksimalne vrednosti brojnosti dobijenih u 1000 iteracija za 100 vremenskih intervala. Zbirna trajektorija pokazuje mali početni pad brojnosti u prva 2 vremenska koraka da bi se zatim brojnost populacije povećavala do oko 5800 jedinki i stabilizovala na oko 4800 jedinki, odnosno nakon dostizanja efektivnog kapaciteta sredine za ovaj početni scenario. Zbirna trajektorija očekivane populacione dinamike pokazuje blagi trend opadanja brojnosti tokom stogodišnjeg vremenskog intervala od oko 5% u odnosu na efektivni kapacitet sredine i oko 17% u odnosu na maksimalnu dostignutu brojnost populacije. Takođe, vidljiva je i testerasta prigušena oscilacija u prvih 15 godina simulacije koju interpretiramo kao posledicu naseljavanja početne brojnosti žabama starijih uzrasta (koje disperguju) – ako se naseljavanje početne brojnosti započne sa proporcijama uzrasta prema očekivanoj stabilnoj uzrasnoj strukturi ta oscilacija se gubi. Oscilacija se svakako gubi nakon dostizanja stabilne uzrasne strukture ( $\lambda = 1,22$ ). Početni pad brojnosti tokom oscilacije se dešava zbog vremenskog kašnjenja reprodukcije reproduktivnih uzrasnih kategorija. Iako zbirna trajektorija pokazuje blagi pad brojnosti za period od 100 godina, za deme 2, 10 i 13 observirani pad u potpunosti odsustvuje. Kod deme 10 je čak detektovan i blagi porast populacije. S druge strane, za deme 6, 9 i 11 observirani pad je iznosio između 50 i 70%. Deme kod kojih je observirani pad u brojnosti tokom perioda od 100 godina najizraženiji su deme 7 i 8. Kod ove dve deme ne dolazi do uspostavljanja efektivnog kapaciteta i gubitak u broju jedinki iznosi 100%.



**Slika 44.** Zbirna trajektorija sa visinom sredinskog i demografskog stohasticiteta od 25%. Nema detektovanog rizika izumiranja ni MVP

Na slici 45 prikazano je trajanje lokalnih izumiranja, odnosno maksimalan broj uzastopnih vremenskih interval tokom kojih dema pada na brojnost ispod kritične vrednosti od 20 jedinki. Primećuje se da dve deme (dema 7 i dema 8) od ukupno 13 imaju veoma veliku verovatnoću lokalnog izumiranja. U Demi 8, prosek maksimalnog broja kontinuiranih vremenskih koraka sa brojnošću ispod 20 jedinki iznosio je 92.2 vremenska koraka. Kod deme 7, ovaj prosek je iznosio 85.1 vremenskih koraka. To znači da ove dve deme imaju adekvatnu vremensku popunjenost ( $N > 20$ ) u samo 8 odnosno 15 vremenskih koraka. Ovako niske vremenske popunjenosti dema 7 i 8 se objašnjava njihovim niskim efektivnim kapacitetima od svega 65 i 67 jedinki kao i niskim početnim brojnostima koje iznose svega 6, odnosno 7 jedinki. Deme 1, 6, 11 imaju nešto višu vremensku popunjenost dema koja iznosi između 80 i 60 vremenskih koraka. Odnosno u 20 do 40 vremenskih koraka njihova brojnost pada ispod kritične. Preostalih osam dema imaju nisku do veoma nisku verovatnoću lokalnog izumiranja odnosno visoku vremensku popunjenost, budući da u okviru 100 vremenskih intervala brojnost pada ispod kritične vrednosti samo jednom ili ni jednom u zavisnosti od deme (Slika 45).



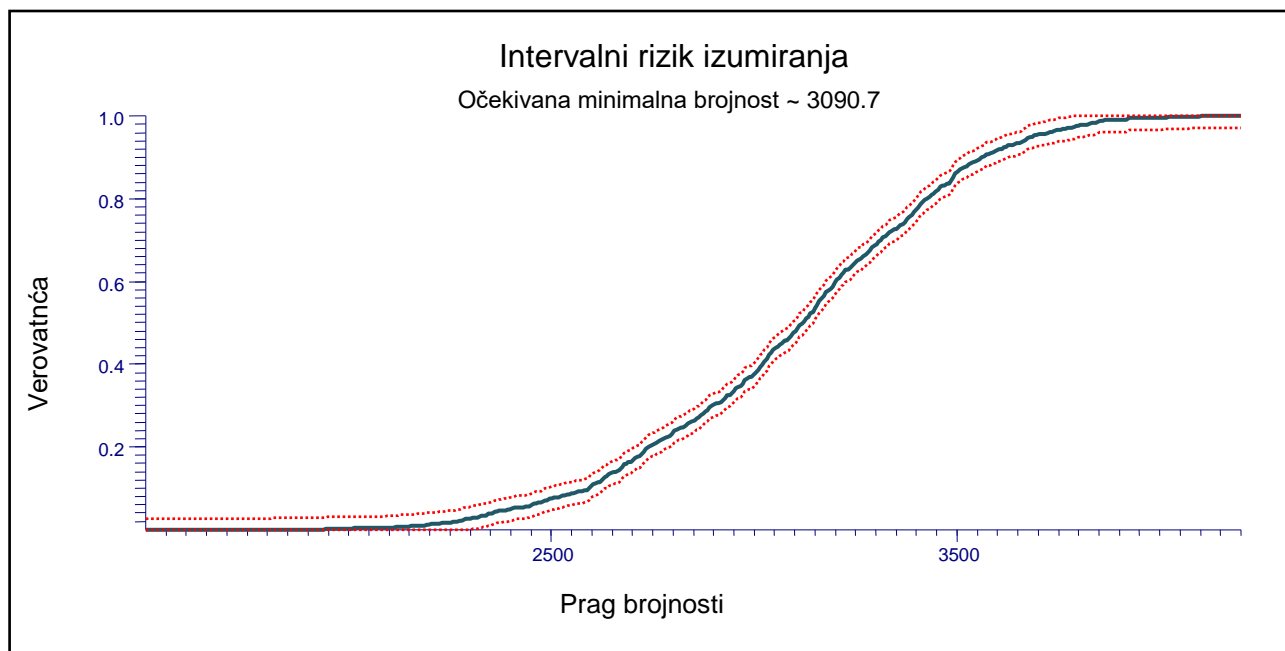
**Slika 45.** Trajanja lokalnih izumiranja za svaku od 13 dema u vremenskim koracima simulacije. Stubići predstavljaju srednju vrednost sa standardnom devijacijom lokalnog izumiranja

Na slici 46 prikazan je profil intervalnog izumiranja koje pokazuje verovatnoću da će brojnost metapopulacije pasti barem jednom u 100 godina ispod one na X osi. Isprekidanim crvenim linijama prikazani su intervali poverenja od 95%. Procenjena je očekivana minimalna brojnost koja iznosi oko 3095 jedinki za čitavo istraživano područje, odnosno svih 13 dema. Ova brojnost predstavlja prosek svih minimalnih vrednosti brojnosti metapopulacija u okviru svih replikacija i ne treba je poistovećivati sa MVP. Prema demografskim karakteristikama populacije koje su korišćene u ovoj analizi/simulaciji, 90% brojnosti čine jedinke uzrasta 0/1 (oko 2800 jedinki) a preostalih 10% su jedinke svih ostalih uzrasta. Praktično je MVP adultnih žaba na području u svih 13 dema između 200 i 300 jedinki.

Kada se posmatraju pojedinačne trajektorije svake deme unutar metapopulacije, primećuje se identični obrazac sa padom brojnosti u prvih nekoliko vremenskih koraka a zatim prigušene demografske oscilacije koje u nekim demama uspevaju da nadomeste gubitke i stabilizuju brojnost oko efektivnog kapaciteta dok kod nekih dema ne uspevaju. Prilikom izvođenja simulacija prema protokolu, ustanovljeno je da deme 6, 7, i 8 imaju najveću verovatnoću izumiranja. To su deme malih površina i niskih kapaciteta kod kojih postojeća demografija ne uspeva da nadoknadi gubitke izazvane dejstvom negativnih činioca okoline. Sve tri deme (6, 7 i 8) se nalaze u okviru celine koja pripada toku reke Nere i zaštićenog prirodnog dobra PIO “Nera-Karaš”. Daljim sukcesivnim simulacijama menjani su početni parametri modela i kreirani novi scenariji za simulaciju kako bi se utvrdio eventualni prag



rizika izumiranja i MVP. Budući da je sproveden veliki broj simulacija, u daljem tekstu biće prikazani samo opšti obrasci.



**Slika 46.** Intervalni rizik izumiranja – verovatnoća da će brojnost pasti ispod one na X osi bar jednom u 100 godina, isprekidanom linijom prikazan je 95% interval poverenja. Očekivana minimalna brojnost cele metapopulacije iznosi 3095 jedinki

Prema protokolu simulacije, prvo su postepeno smanjivane početne brojnosti svake deme od  $K/10$  do  $K/100$  bez izmena u demografiji. Analiza osetljivosti je pokazala da ni značajno snižavanje početne brojnosti nije uticalo na povećanje rizika izumiranja. Zatim je po protokolu izmenjena vrednost kapaciteta sredine tako što su korigovani faktori koji utiču na snižavanje kapaciteta, pre svega NOC komponentu kapaciteta. Na smanjenje NOC komponente utiču faktori poput karakteristika prostora, degradacioni procesi, promena hidrološkog režima i sl. i rezultati su pokazali da ni oni nemaju veliki uticaj na rizik izumiranja budući da i sa značajno sniženim vrednostima kapaciteta nema povećanja rizika izumiranja. Promena stanišne povoljnosti (HSI komponenta kapaciteta) koja bi bila rezultat izraženog pogoršanja jednog ili više varijabli korišćenih u proračunima ne bi imala uticaj na demsku strukturu osim što bi uticala na smanjenje kapaciteta za koji je već pomenuto da ni sa vrlo niskim vrednostima nema uticaj na rizik izumiranja. Nakon što je analiza osetljivosti pokazala da promena brojnosti i kapaciteta sredine nema značajan uticaj na povećanje rizika izumiranja, postepeno su uvedene promene u demografskoj strukturi populacija. Stabilna uzrasna struktura se dostiže pri relativno visokim vrednostima konačne stope rasta ( $\lambda = 1,22$ ) i značajno doprinosi nepostojanju rizika

od izumiranja budući da visoka stopa rasta lako nadoknađuje gubitke u brojnosti. Uzimajući u obzir bionomiju taksona i relativan doprinos elemenata Lesliejeve matrice stopi rasta, bilo je izvesno da se promene u preživljavanju uvedu u okviru najranijih uzrasta Lesliejeve matrice tj. u Uzrastu 0 i Uzrastu 1. Iste uzrasne kategorije pokazuju i najveću osetljivost. Analiza osetljivosti je pokazala da smanjenje preživljavanja u Uzrastu 0 za 30% dovodi do pada stope rasta sa  $\lambda = 1,22$  na  $\lambda = 1,05$  što automatski dovodi populaciju u rizik izumiranja od čak 30%. Smanjenje preživljavanja Uzrasta 0 za 50%, dovodi do pada stope rasta na  $\lambda = 1,03$  i povećanja rizika od izumiranja na 77% što dovodi do potpunog izumiranja metapopulacije sa istraživanog područja. Smanjenje fekunditeta u Uzrastu 1 koji je prva reproduktivna kategorija sa najmanjim reproduktivnim doprinosom, ne dovodi do velikih promena i povećanja rizika izumiranja, čak ni u situaciji da reprodukcija u tom uzrastu potpuno izostane. S druge strane, smanjenje fekunditeta u ostalim reproduktivnim kategorijama, ima značajan uticaj na povećanje rizika izumiranja. Sukcesivnim iteracijama modela je utvrđeno da je kritična vrednost stope rasta  $\lambda = 1,07$  budući da sve vrednosti ispod te dovode do povećanja rizika od izumiranja na preko 14%, bez obzira da li do smanjenja stope rasta dovodi promena u preživljavanju ili fekunditetu. Što se tiče demske strukture, deme koje su u različitim scenarijima pokazale najveću verovatnoću opstanka su deme 2, 10 i 13. Što se tiče demske celine na Neri, najduže opstaje dema 4, odnosno Kusička jezera. Ostale deme iz iste celine nestaju relativno brzo.

Disperziona funkcija stabilizuje metapopulacionu dinamiku tako što jedinke emigriraju iz velikih dema visoke brojnosti u manje deme nižih brojnosti. Demografija imigranata koji „se usele“ u demu dalje preuzima proces nadoknađivanja brojnosti. Zahvaljujući tome, takve deme opstaju uprkos niskim brojnostima. Smanjenje disperziona funkcije uticalo bi na metapopulacionu organizaciju, odnosno smanjio bi se broj veza između dema što bi prouzrokovalo stvaranje više izolovanih fragmenata koji su osetljiviji i podložniji lokalnom izumiranju.

Generalno, sa prvobitno ustanovljenim scenarijom na istraživanom području nema rizika od izumiranja i nije bilo moguće utvrditi veličinu minimalne vijabilne populacije budući da je čitavo područje vijabilno i stabilizovano disperzijama. Svi faktori koji utiču na smanjenje preživljavanja kako punoglavaca tako i metamorfoziranih žaba, čak i u uslovima relativno skromnog pojačanja negativnog delovanja imaju veliki uticaj na rizik izumiranja. Negativan uticaj se najviše oseća na u okviru celine dema na reci Neri. Svi faktori koji deluju na smanjenje fekunditeta u prvom reproduktivnom (Uzrast 1 – za sitne mužjake i *P. lessonae*) i starijim uzrastima imaju niži ali značajan efekat na povećanje rizika izumiranja. Analiza osetljivosti je pokazala da na rizik izumiranja veći uticaj ima pogoršanje demografije pre svega smanjenje preživljavanje a zatim smanjenje fekunditeta za razliku od faktora

koji doprinose smanjenju kapaciteta i početne brojnosti. Deme koje su najmanje pogođene lokalnim izumiranjem su Dema 2, Dema 10 i Dema 13 odnosno Belocrkvanska jezera i kanal DTD sa Stevanovim ravninama. Ove tri deme opstaju čak i u uslovima kada se početne brojnosti populacija definišu kao  $K/100$  zahvaljujući demografiji koja uspeva da populacije stabilizuje na oko 50% početnog kapaciteta. Ove tri deme predstavljaju izvorna (eng. *source*) staništa koja “snabdevaju” ostalih 10 staništa koja se u manje-većem obimu ponašaju kao uvirna (eng. *sink*) staništa budući da i za početni scenarij pokazuju lokalni rizik izumiranja veći od 10%.

Ukoliko bi se demografija zelenih žaba promenila, naročito u najosetljivijim stadijumima, opšti rizik izumiranja bi naglo skočio na preko 10%, što – prema kriterijumima IUCN – ukazuje da regionalna evaluacija rizika izumiranja svrstava ove taksone u jednu od kategorija ugroženosti kao ranjive (eng. *Vulnerable – VU*) po kriterijumu „E“.

## 6.9. Epibiontske zajednice na koži zelenih žaba

### 6.9.1. Analiza epibiontskih zajednica gljiva

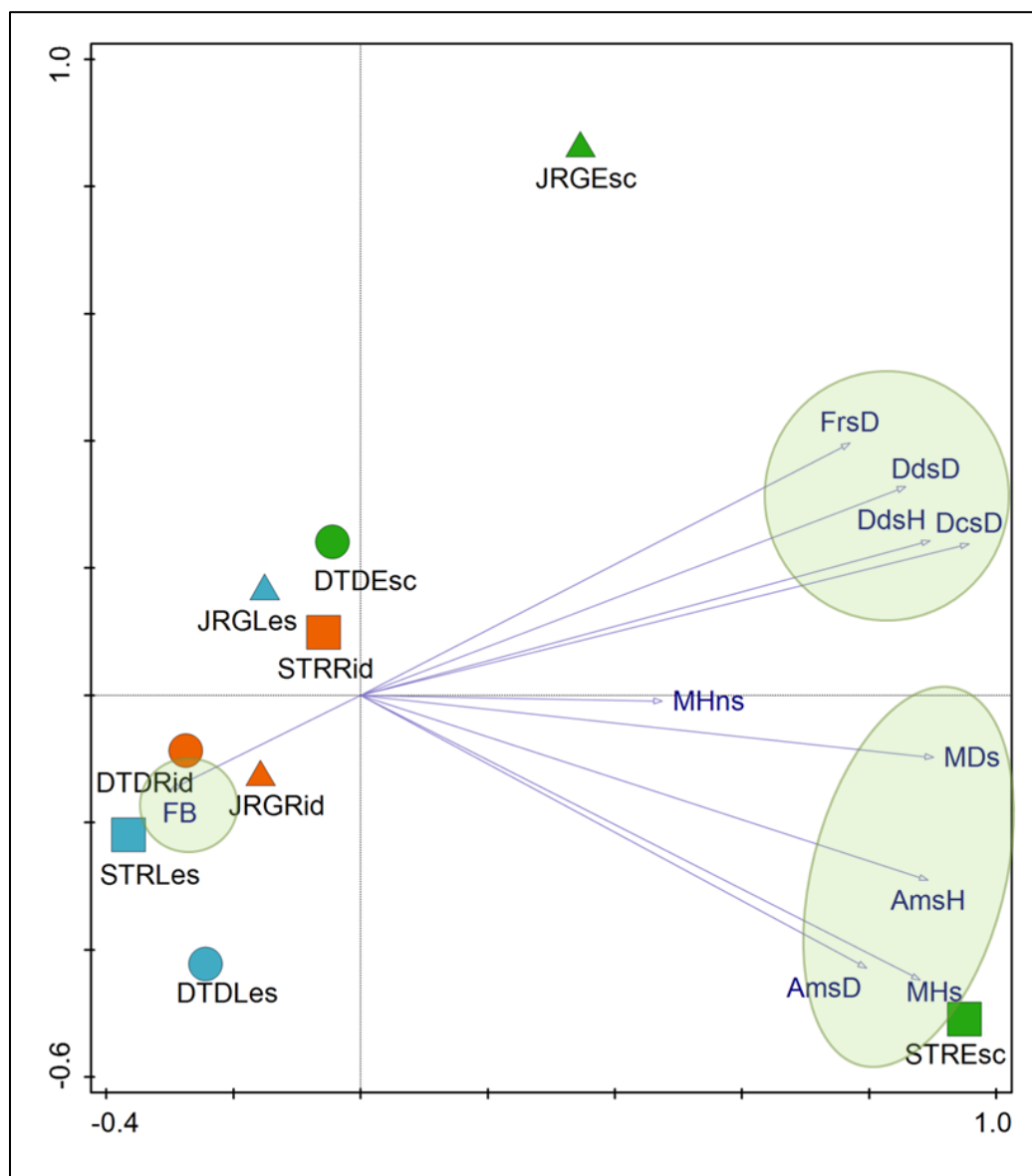
Analiza uzoraka sakupljenih lepljivom trakom sa kože žaba pokazala je prisustvo biofilma koji se najčešće sastojao od mikroeukariota, algi, gljiva i organizama sličnim gljivama (eng. *fungus-like organisms -FLO*) ali i ostataka biljnog tkiva. Na osnovu njihove morfologije i boje (hijaline, odnosno bezbojne — *H* i melanizovane — *D*) identifikovane fungalne strukture su klasifikovane u 10 grupa: melanizovane amerospore (*AmsD*), melanizovane fragmospore (*FrsD*), melanizovane diktiospore (*DcsD*), melanizovane didimospore (*DdsD*), hijaline amerospore (*AmsH*), hijaline didimospore (*DdsH*), plodonosna tela (*FB*), septirane hijaline micelije (*MHs*), septirane melanizovane micelije (*MDs*) i hijaline neseptirane micelije (*MHns*). Na osnovu morfologije izolata u monosporičnim kulturama, kao i analizom DNK sekvenci ukupno je identifikovano 42 gljive do nivoa vrste, sekcije ili roda. Identifikovani fungalni izolati pripadaju razdelima Zygomycota, Oomycota, Ascomycota i Basidiomycota. Analiza filogenetskog stabla konstruisanog na osnovu ITS regiona pokazala je da vrsteroda *Fusarium* formiraju dobro podržanu kladu, koja zajedno sa *Trichoderma* spp. i *Acrodontium salmoneum* formira jednu grupu (Hypocreales). Vrste *Cladosporium* spp. i *Pseudotaeniolina globosa* formiraju Capnodiales kladu. Na sličan način, *Aspergilli*, *Penicillia* i *Talaromyces stipitatus* se grupišu kao deo Eurotiales klade. Vrste iz rodova *Alternaria*, *Bipolaris*, *Didymella* i *Phaeosphaeria*, zajedno sa *Epicoccum nigrum* i *Phaeosphaeria sowerbyi* se grupišu kao deo Pleosporales klade. Detaljan razbroj svih identifikovanih fungalnih struktura (F\_St) i fungalnih izolata, odnosno vrsta (F\_Is) po lokalitetima i taksonima žaba se nalazi u prilogu 6 zajedno sa odgovarajućim metodama identifikacije. Dendrogram koji oslikava filogenetske odnose između indektifikovanih fungalnih izolata sa kože zelenih žaba je prikazan u prilogu 7.

Preliminarna neparametrijska analiza varijansi je pokazala sledeće rezultate. Nije postojala statistički značajna razlika u sastavu F\_St i F\_Is između lokaliteta ( $H_{F\_St} = 4,03$ ,  $p = 0,13$ ;  $H_{F\_Is} = 3,05$ ,  $p = 0,22$ ). Postojala je statistički značajna razlika i u F\_St i F\_Is između taksona ( $H_{F\_St} = 10,36$ ,  $p = 0,00$ ;  $H_{F\_Is} = 20,39$ ,  $p = 0,00$ ). Uzorci sa *P. esculentus* su uvek imali najveći broj fungalnih struktura i izolata (119 i 91), zatim *P. ridibundus* (33, 27) i *P. lessonae* (18, 25). *Post-hoc* testiranje je pokazalo da *P. esculentus* uvek pripada statistički izdvojenoj grupi, dok su *P. ridibundus* i *P. lessonae* pripadali jednoj zajedničkoj homogenoj grupi. Postojala je statistički značajna razlika u devet *loc\_tax* kombinacija i za F\_St i za F\_Is ( $H_{F\_St} = 27,21$ ,  $p = 0,00$ ;  $H_{F\_Is} = 34,95$ ,  $p = 0,00$ ). Uzorci sa *STREsc* su uvek imali najveći broj F\_St i F\_Is (45 i 52) i bivali izdvojeni u statistički odvojenu grupu. Detaljni rezultati

Kruskal-Wallis analize sa post hoc testovima između taksona, lokaliteta i devet *loc\_tax* kombinacije su prikazani u priložima 8.1 – 8.6.

Statistička analiza diverziteta F\_St i F\_Is pružila je dalji uvid u prisutne obrasce u podacima. Kao integrativne mere, indeksi diverziteta mikrobiota sa kože zelenih žaba kombinuju informacije o kvalitativnom (broj fungalnih struktura i izolata) i kvantitativnom (broj pojedinačnih pojavljivanja fungalnih struktura i izolata) sastavu mikobiotskih zajednica. U mikrobiomu hibridnog taksona *P. esculentus* ( $S = 32$ ) identifikovan je najveći broj različitih fungalnih izolata, a znatno manji na *P. ridibundus* ( $S = 18$ ) i *P. lessonae* ( $S = 13$ ). Među lokalitetima, najveći broj identifikovanih fungalnih izolata je identifikovan na lokalitetu STR ( $S = 25$ ), dok je lokalitet sa najmanje identifikovanih fungalnih izolata JRG ( $S = 17$ ). Šest odabranih indeksa diverziteta su analizirani dvostrukom ANOVA na *loc\_tax* kombinacijama omogućavajući odvojene procene doprinosa i lokaliteta i taksona žaba. Za F\_St rezultati su pokazali da nije postojao očigledan obrazac u diverzitetu fungalnih struktura ni između lokaliteta ni između taksona zelenih žaba. Izuzetak je bio samo broj identifikovanih fungalnih struktura ( $F_{(4,4)} = 8,65, p = 0,03$ ), gde je dvostruka ANOVA pokazala značajno veći uticaj taksona ( $F_{(2,2)} = 16,9, p = 0,01$ ) u odnosu na lokalitet ( $F_{(2,2)} = 0,4, p = 0,69$ ) i manji diverzitet kod parentalnih vrsta (*P. ridibundus* i *P. lessonae*) u odnosu na hibridni takson (*P. esculentus*). ANOVA preostalih pet indeksa diverziteta nije bila statistički značajna. Posmatrajući rezultate diverziteta F\_Is, broj identifikovanih fungalnih izolata je pokazao marginalno značajan rezultat ( $F_{(4,4)} = 4,68, p = 0,08$ ) i veći uticaj taksona ( $F_{(2,2)} = 8,28, p = 0,03$ ) u odnosu na lokalitet ( $F_{(2,2)} = 1,08, p = 0,42$ ). Kao i kod F\_St, hibridni takson je imao veći diverzitet – veće bogatstvo - F\_Is u odnosu na parentalne vrste. ANOVA broja pojedinačnih izolata nije bila statistički značajna. Simpsonov indeks i indeks dominantnosti (koji u većem obimu u odnosu na preostalih 5 indeksa zavisi od retkih izolata) su pokazali statistički značajan obrazac ( $F_{(4,4)} = 14,73, p = 0,01$ ;  $F_{(4,4)} = 14,77, p = 0,01$ ), gde je lokalitet bio faktor većeg uticaja ( $F_{(2,2)} = 21,31, p = 0,01$ ;  $F_{(2,2)} = 21,38, p = 0,01$ ) sa najvećim doprinosom lokaliteta STR. Shannon-Wiener-ov indeks diverziteta i ekvitalnosti nije pokazao statistički značajan obrazac. Generalno, tamo gde je postojao, statistički obrazac je pokazao veću sličnost u diverzitetu F\_Is između parentalnih vrsta u odnosu na hibridni takson, te su bile svrstavane u istu statistički homogenu grupu. Lokalitet STR je pokazao izraženu razliku u diverzitetu i uvek je bivao izdvojen u zasebnu grupu. Detaljan prikaz rezultata svih indeksa diverziteta mikobiotskih zajednica je predstavljen u okviru priloga 9.1-9.12.

Grafički prikaz rezultata PCoA devet *loc\_tax* kombinacija sa deset F\_St deskriptora je prezentovana na slici 47.

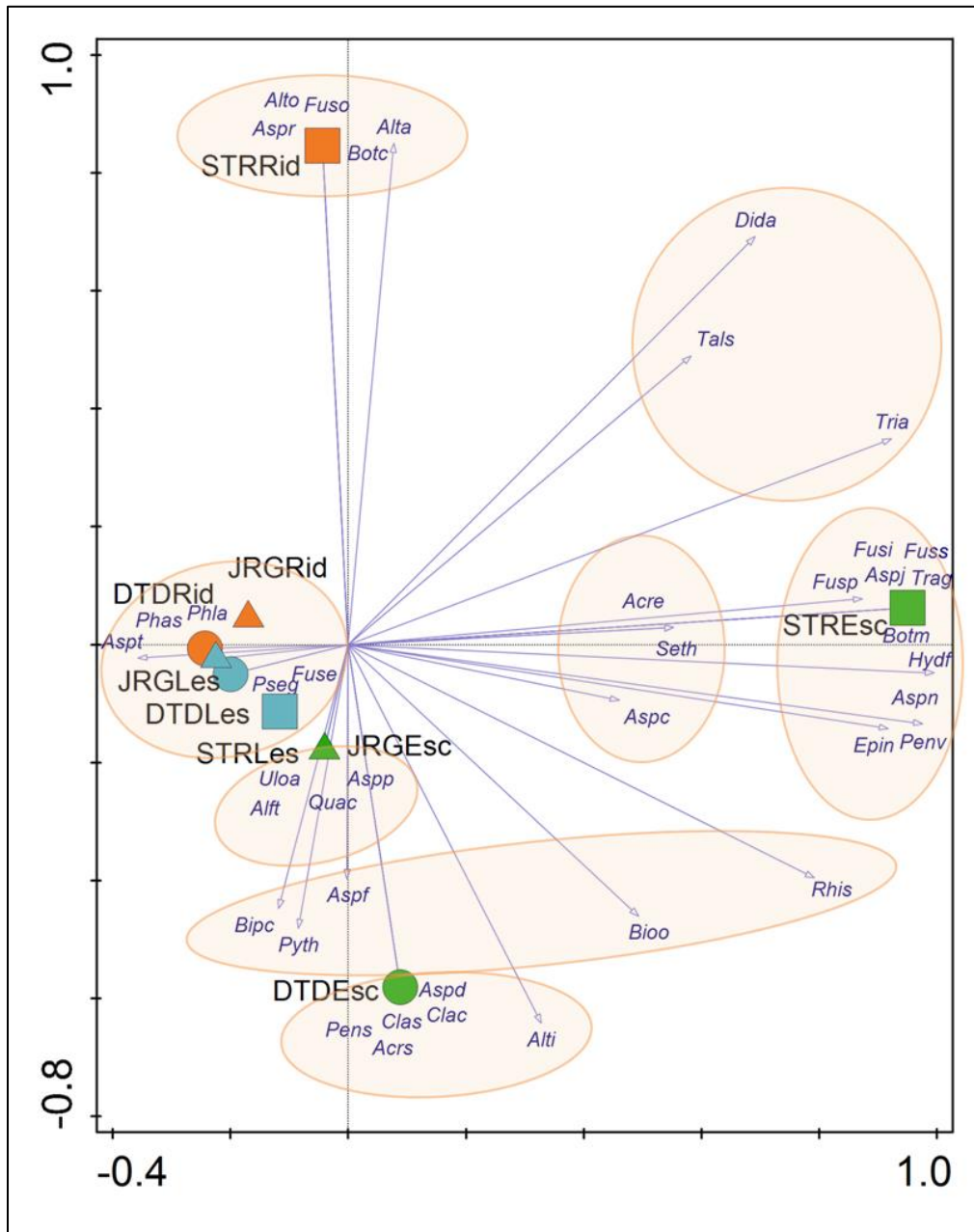


**Slika 47.** PCoA 9 *loc\_tax* kombinacija za 10 *F\_St* kao deskriptora.

Prva PCoA osa objašnjava 78,33% varijanse euklidovskih razdaljina, a zajedno sa drugom osom proporcija raste za 10,92%, odnosno iznosi 89,25% ukupne varijanse. Kao što se može uočiti, devet *loc\_tax* kombinacija su ordinirane tako da prva PCoA osa razdvaja hibridni takson od parentalnih vrsta (hibridni takson sa pozitivnim a parentalne vrste sa negativnim skorovima - koordinatama, dvostrani *t*-test ordinacionih skorova- koordinata;  $t_4 = -2,28, p = 0,00$ ;  $t_4 = -1,96, p = 0,00$ ). Takođe, ova osa razdvaja i uzorke sa većim diverzitetom fungalnih struktura od onih sa manjim (uzorci sa većim diverzitetom su imale pozitivne skorove a one sa manjim negativne, dvostrani *t*-test indeksa *S* za fungalne structure;  $t_4 = 5,30, p = 0,00$ ). Druga osa je pozicionirala uzorke prema prisustvu fungalnih struktura različite boje i morfologije (melanizovane strukture su skorovale pozitivno a hijalinske

negativno, dvostrani *t*-test ordinacionih skorova;  $t_7 = 5,31, p = 0,00$ ). Plodonosna tela kao zasebna grupa fungálnih struktura su bila izdvojena od ostalih prvom osom i prisutna kod *P. esculentus* (specifičan efekat nije mogao biti testiran).

Rezultati PCoA devet *loc\_tax* kombinacija i 41 F\_Is deskriptora su predstavljena na slici 48.



**Slika 48.** PCoA devet *loc\_tax* kombinacija i 41 F\_Is kao deskriptora

Prva PCoA osa objašnjava 73.2% varijanse euklidovskih razdaljina, a zajedno sa drugom osom za 10,18% više, odnosno 83,38% ukupne varijanse. Kao što se može uočiti, devet *loc\_tax* kombinacija je

pozicionirano na ordinaciji tako da prva PCoA osa razdvaja hibridni takson od parentalnih vrsta (gde je hibridni takson imao pozitivne a parentalne vrste negativne skorove, dvostrani *t*-test ordinacionih skorova;  $t_4 = -1,65$ ,  $p = 0,00$ ; dvostrani *t*-test;  $t_4 = -1,52$ ,  $p = 0,00$ ). Druga PCoA osa marginalno razdvaja dve parentalne vrste (*P. ridibundus* sa pozitivnim a *P. lessonae* sa negativnim skorovima, dvostrani *t*-test ordinacionih skorova;  $t_4 = 1,23$ ,  $p = 0,09$ ). Iako je mnogo F\_Is zabeleženo na sva tri taksona žaba i tri lokaliteta, neki od izolata su pokazali određeni obrazac pojavljivanja. Na primer, *Alternaria obovoidea*, *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus* sp. sect. *Restricti* i *Botrytys cinerea* su dokumentovani isključivo na *P. ridibundus* sa lokaliteta STR. Sa druge strane, *Fusarium incarnatum*, *Fusarium solani*, *Hydnopolyporus fmbriatus*, *Trichoderma guizhouense*, *Aspergillus jenseni* i *Botryotrichum murorum* su dokumentovani samo na hibridu *P. esculentus* sa lokaliteta STR. Takođe, *Cladosporium cladosporioides*, *Aspergillus* sp. sect. *Nidulantes*, *Acrodontium salmoneum* i *Cladosporium subuliforme* su dokumentovani isključivo na *P. esculentus* sa lokaliteta DTD. Generalno, *P. esculentus* sa lokaliteta STR i DTD su pokazali znatno veći diverzitet fungalnih izolata, zajedno sa *P. ridibundus* sa STR (dvostrani *t*-test vrednosti indeksa *S* fungalnih izolata;  $t_7 = -3,09$ ,  $p = 0,01$ ).

### 6.9.2. Analiza epibiontskih zajednica silikatnih algi

Uzorci za analizu epibiontskih zajednica silikatnih algi su sakupljeni sa ukupno 59 zelenih žaba (*P. rid* - 8; *P. esc* - 46; *P. les* - 5) sa sva tri istraživana lokaliteta. Najveći broj analiziranih žaba je bio sa lokaliteta Stevanove ravnice (29), zatim Jaruga (18) dok je najmanji broj bio sa lokaliteta kanal DTD (12). Od tog broja, sa čak 23 zelene žabe nisu izolovane silikatne alge. Najveći udeo jedinki bez silikatnih algi na koži su činile jedinke taksona *P. esculentus* (87%) što korespondira sa njihovim najvećim udelom u ukupnom uzorku. U odnosu na sve ulovljene žabe tog taksona, broj jedinki *P. esculentus* bez prisustva silikatnih algi čini 43%, *P. lessonae* 40%, dok je kod *P. ridibundus* bez silikatnih algi na koži bilo svega 13% jedinki. Analizom uzoraka sakupljenih metodama lepljive trake i struganjem, ukupno je identifikovan 221 takson silikatnih algi iz 53 različita roda. Detaljan razbroj svih identifikovanih taksona silikatnih algi po lokalitetima i taksonima zelenih žaba je prikazan u prilogu 10. Zastupljenost veću od 5% je imalo ukupno 34 taksona silikatnih algi.

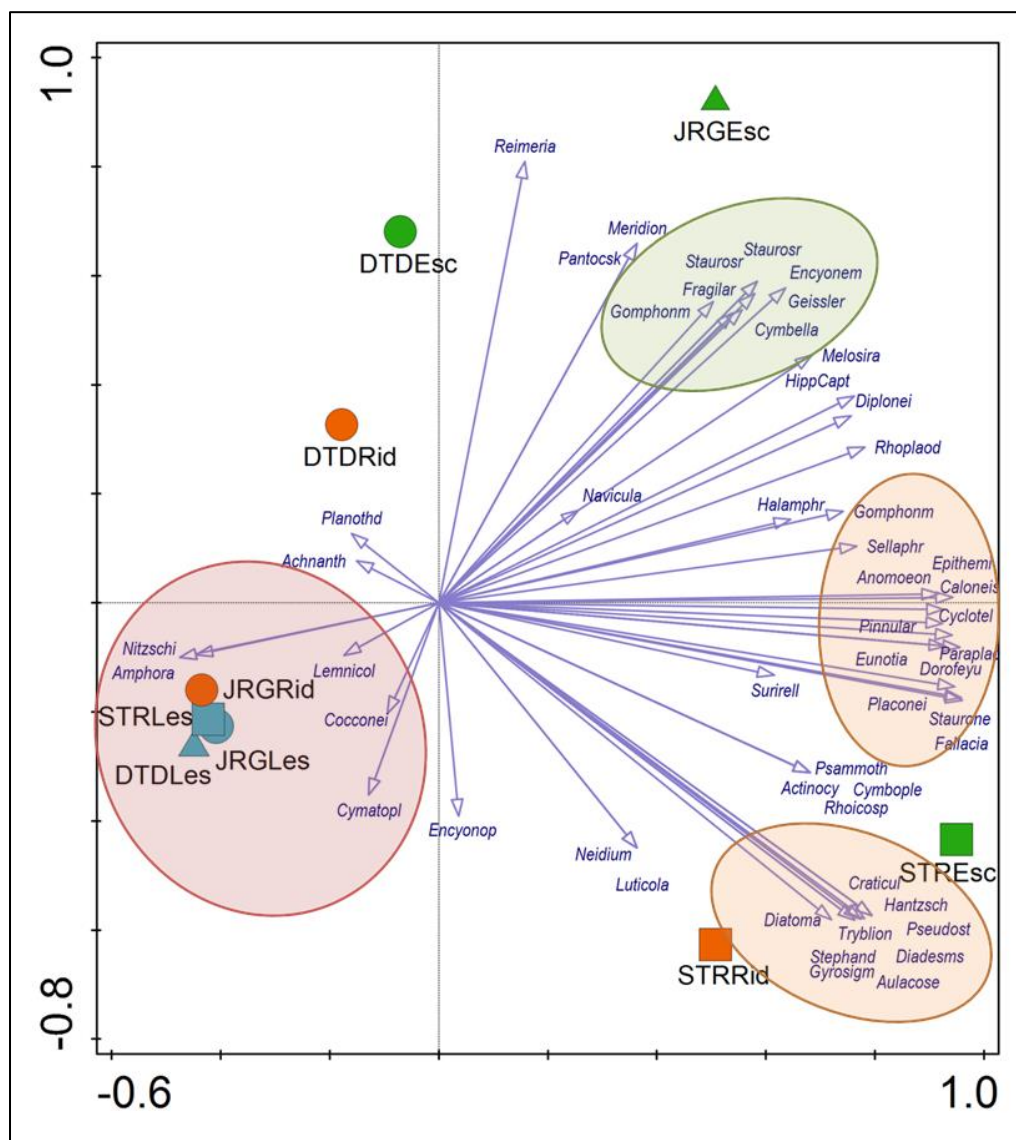
Preliminarna neparametrijska analiza varijansi je pokazala sledeće rezultate: postojala je statistički značajna razlika u sastavu silikatnih algi između taksona ( $H_{\text{tax}} = 287,0$ ,  $p < 0,0001$ ) ali i između lokaliteta ( $H_{\text{lok}} = 201,0$ ,  $p < 0,0001$ ). Uzorci sa *P. esculentus* su imali najveći broj uzoraka silikatnih algi (530), zatim *P. ridibunds* (179) i na kraju *P. lessonae* (14). Što se lokaliteta tiče, najveći



broj uzoraka je identifikovan na žabama sa lokaliteta Stevanove ravnice (481), zatim Jaruga (168), dok je najmanji broj identifikovan sa lokaliteta kanal DTD (74). *Post-hoc* test je pokazao da svaki takson zelenih žaba i svaki lokalitet pripadaju statistički izdvojenim grupama. Analiza je pokazala i statistički značajnu razliku između devet *loc\_tax* kombinacija ( $H_{loc\_tax} = 724,37, p < 0,0001$ ). Uzorci sa *STREsc* su imali najveći broj identifikovanih taksona silikatnih algi (157) kao i pojedinačnih uzoraka (327) i time bivali izdvojeni u zasebnu statističku grupu. Detaljni rezultati Kruskal-Wallis analiza sa *post hoc* testovima između taksona, lokaliteta i devet *loc\_tax* kombinacije za silikatne alge su prikazani u priložima 11.1.-11.3.

Statistička analiza diverziteta silikatnih algi sa kože zelenih žaba pružila je dalji uvid u prisutne obrasce u podacima. Sa kože hibridnog taksona *P. esculentus* je identifikovan najveći broj različitih taksona silikatnih algi ( $S = 182$ ), nešto manji na *P. ridibundus* ( $S = 116$ ), a najmanji na *P. lessonae* (12). Među lokalitetima, najveći broj identifikovanih taksona silikatnih algi je identifikovan na lokalitetu Stevanove ravnice ( $S = 183$ ), zatim Jaruga ( $S = 89$ ), dok je najmanji broj taksona silikatnih algi identifikovan na lokalitetu DTD ( $S = 43$ ). Šest odabranih indeksa diverziteta silikatnih algi su analizirani dvostrukom ANOVA na *loc\_tax* kombinacijama omogućavajući odvojene procene doprinosa i taksona žaba i lokaliteta sa kojih su uzorkovane. Dvostruka ANOVA je pokazala statistički značajan obrazac u diverzitetu silikatnih algi za Simpsonov indeks diverziteta ( $D'$ :  $F_{(4,4)} = 7,54, p = 0,04$ ), gde je bio značajno veći uticaj taksona žaba ( $F_{(2,2)} = 14,16, p = 0,02$ ) u odnosu na lokalitet ( $F_{(2,2)} = 0,93, p = 0,47$ ). Takođe, ANOVA je pokazala statističku značajnost i Simpsonovog indeksa dominantnosti ( $D$ :  $F_{(4,4)} = 7,47, p = 0,04$ ), gde je takođe bio veći uticaj taksona žaba ( $F_{(2,2)} = 14,02, p = 0,02$ ) u odnosu na lokalitet ( $F_{(2,2)} = 0,91, p = 0,47$ ). ANOVA preostala četiri indeksa diverziteta nije bila statistički značajna. Generalno, najveći diverzitet je konstatovan kod parentalne vrste *P. ridibundus*, zatim *P. esculentus* a najmanji kod *P. lessonae*. Od lokaliteta, najveći diverzitet silikatnih algi je evidentiran na STR a najmanji na DTD. Iako je generalno DTD lokalitet siromašan silikatnim algama, visok diverzitet algi na pojedinačnim uzorcima *P. ridibundus* sa istog lokaliteta su uticali na to da od 9 *loc\_tax* kombinacija, najveći diverzitet imaju baš jedinke *DTDRid* kombinacije. Detaljan prikaz rezultata svih indeksa diverziteta zajednica silikatnih algi sa kože žaba je prikazan u okviru priloga 12.1. – 12.6.

Grafički prikaz rezultata PCoA devet *loc\_tax* kombinacija sa 53 roda silikatnih algi kao deskriptora je prikazan na slici 49. Prva PCoA osa objašnjava 83,09% varijanse euklidovskih razdaljina, a dodavanjem druge ose ta proporcija raste na 91,0%.



**Slika 49.** PCoA of devet *loc\_tax* kombinacija i rodova silikatnih algi kao deskriptora

Na slici 49. se uočava kompleksni gradijent formiran na osnovu autekoloških karakteristika silikatnih algi koji se na prvoj PcoA osi odnosi na trofičnost i gde se uočava razdvajanje grupacije rodova silikatnih algi mezo-eutrofnih do eutrofnih uslova (na grafiku uokvirene zelenom bojom) sa indikatorskim vrstama poput *Geissleria decussis*, *Fragilaria capucina*, *Staurosira venter*, *S. binodis*, *Staurosirella pinnata* i dr. od grupacija rodova među kojima su indikatori eutrofnih do hipereutrofnih uslova, poput *Amphora pediculus*, *A. copulate*, *Cocconeis lineata*, *C.euglypta*, *Lemnicola hungarica*, *Nitzschia amphibia*, *N. palea* i dr. (na grafiku uokvirene crvenom bojom). Ove grupacije su na ordinaciji prikazane tako da mezo-eutrofne imaju pozitivne skorove na prvoj osi, a hiperutrofne negativne (*t*-test dva nezavisna uzorka ordinacionih skorova - koordinata;  $t_{11} = 2,64$ ,  $p = 0,02$ ). Na

drugoj PcoA osi dominira gradijent saprobnosti i uočava se razdvajanje grupacije rodova algi sa eksplicitnim predstavnicima oligosaprobnih,  $\beta$ -mezosaprobnih do  $\alpha$ -mezosaprobnih uslova poput *Geissleria decussis*, *Fragilaria capucina*, *Staurosira venter*, *Staurosira binodis*, *Staurosirella pinnata*, *Placoneis pseudanglica*, *Anomoeoneis sphaerophora*, *Epithemia adnata* (na grafiku uokvirene zelenom i žutom bojom) od grupacija rodova sa indikatorima  $\alpha$ -mezosaprobnih do polisaprobnih uslova poput već spomenutih predstavnika *Amphora pediculis*, *Cocconeis lineata*, *Lemnicola hungarica*, *Nitzschia amphibia*, *Nitzschia palea*, *Diadesmis confervacea*, i dr. (na grafiku uokvirene crvenom bojom). Ove grupacije su na ordinaciji prikazane tako da oligosaprobnici i  $\beta$ -mezosaprobnici rodovi imaju pozitivne skorove na drugoj osi a polisaprobnici negativne ( $t$ -test dva nezavisna uzorka ordinacionih skorova - koordinata;  $t_9 = 4,2$ ,  $p = 0,01$ ).

Obrazac raspodele taksona zelenih žaba se može opisati kontrastom hibridnog taksona i parentalnih vrsta. Položaji hibridnog taksona po lokalitetima su ordinirani tako da se u opšti centroid taksona nalazi u okviru I kvadranta dok se opšti centroid parentalne vrste *P. lessonae* nalazi u okviru III kvadranta a *P. ridibundus* u okviru IV kvadranta. Devet loc\_tax kombinacija su ordinirane tako da prva PCoA osa odvaja parentalnu vrstu *P. lessonae*, post hoc  $t$ -test za dva nezavisna uzorka ordinacionih skorova je pokazao značajnu razliku u odnosu na *P. esculentus* ( $t_4 = -3,01$ ,  $p < 0,0001$ ) ali u odnosu na *P. ridibundus* nije bilo statističke značajne razlike ( $t_4 = -1,40$ ,  $p = 0,24$ ). Obrazac raspodele lokaliteta je takav da lokalitet DTD ima negativne skorove po prvoj PcoA osi koja je ujedno i gradijent trofičnosti, što karakteriše DTD kao lokalitet sa visokom trofičnošću. S druge strane, lokalitet STR ima negativne skorove po drugoj PcoA osi koja je gradijent saprobnosti što karakteriše STR kao lokalitet sa visokom saprobnošću. Lokalitet JRG je po položaju na ordinaciji postavljen tako da ne ispoljava jasan obrazac po pitanju trofičnosti i saprobnosti.

## 7. Diskusija

Rezultati analize morfoloških karaktera u okviru sintopijskih populacija zelenih žaba iz *Pelophylax esculentus* kompleksa su pokazali da postoje značajne razlike između taksona. Na osnovu HCPC i LDA bilo je moguće ustanoviti fenotipski obrazac odnosno set dijagnostičkih osobina za parentalne vrste. Prvu parentalnu vrstu *P. ridibundus* karakterišu dugi zadnji udovi (veće vrednosti T, F), niska i ravna metatarzalna grbica (V3), odsustvo žute obojenosti bokova i udova, široke glave (veće vrednosti Ltc) i zdepastije njuške (niže vrednosti DNO, SPI). Drugu parentalnu vrstu *P. lessonae* karakterišu kraći zadnji udovi (niže vrednosti T, F), velika i izražena metatarzalna grbica (V1, VII), žuta obojenost na bokovima i zadnjim nogama (I3, 4, 5, III1, III1), špicasta njuška sa uskom glavom (više vrednosti DNO, SPI a niže za LTC). Iako nije bilo moguće uspostaviti precizan fenotipski obrazac za hibridni takson usled hibridogenetske varijabilnosti morfoloških karaktera, rezultati su pokazali da je po većem broju morfoloških karakteristika sličniji *P. lessonae* (npr. kraće noge, uža glava, prisustvo žute obojenosti). Jedina utvrđena dijagnostička karakteristika za hibridni takson je srednje visoka i asimetrična metatarzalna grbica sa vrhom uperenim ka prvom prstu zadnje noge (V2, VI2). Rezultati ukazuju da su dužina baze metatarzalne grbice i njen oblik najvažniji dijagnostički karakteri unutar *Pelophylax esculentus* kompleksa na istraživanom području. Iako se smatraju najpouzdanijim, genetičke metode identifikacije nisu uvek dostupne i izvodljive zbog svoje finansijske i vremenske neekonomičnosti. Procene konzervacionog statusa i implementacija konzervacionih akcija u zaštićenim ali i nezaštićenim područjima često zahtevaju brzu identifikaciju i maksimalnu efikasnost sa ograničenim resursima. Ovo se posebno odnosi na područja pod izraženim antropogenim pritiskom (npr. zagađenje, izmena i uništavanje staništa, eksploatacija) koji za kratak vremenski period mogu negativno da utiču na populacionu strukturu i dinamiku populacija koje tu žive. Brza identifikacija je od posebne važnosti za *P. lessonae*, koja je za razliku od druga dva taksona potencijalno lokalno ugrožena i najosteljivija na konstantno delovanje ugrožavajućih faktora (Vukov i sar., 2015).

U okviru ovog istraživanja, prvi put su analizirane telesne kondicije sva tri taksona zelenih žaba iz *Pelophylax esculentus* kompleksa. Rezultati su pokazali da postoje razlike u telesnim kondicijama između taksona ali i između lokaliteta na istraživanom području. Među parentalnim vrstama, *P. ridibundus* je imala bolju kondiciju od *P. lessonae*, a obe parentalne vrste su imale bolju kondiciju od hibrida. *P. ridibundus* je najbolju kondiciju imala na lokalitetu JRG, a *P. lessonae* na STR. Ovi rezultati su u skladu sa prethodnim istraživanjima koja su pokazala da *P. ridibundus* preferira veća vodna tela sa manje makrofitske vegetacije, većim protokom vode i većom koncentracijom rastvorenog kiseonika u vodi a *P. lessonae* manja, plitka, zabarenija vodna tela sa nižom koncentracijom

rastvorenog kiseonika u vodi (Holenweg Peter i sar. 2002). Hibridni takson je pozitivne vrednosti kondicionog indeksa imao samo na lokalitetu JRG, dok su na lokalitetu DTD sva tri taksona imala negativnu telesnu kondiciju. Iako je na sva tri lokaliteta detektovana visoka stanišna povoljnost za zelene žabe ( $HSI > 8$ ), izražen antropogeni pritisak na lokalitetu DTD je imao veći uticaj na telesnu kondiciju nego zoogeni pritisak i visoka eutrofikacija na lokalitetu STR. Najniža telesna kondicija na lokalitetu DTD je indikator sniženog fitnesa zelenih žaba koji sugeriše da relevantni ekološki parametri poput preživljavanja i fekunditeta mogu biti narušeni u ovim populacijama. Budući da su u pitanju prvi rezultati o telesnim kondicijama zelenih žaba, oni predstavljaju referentnu osnovu za buduća istraživanja i ukazuju na potrebu za daljim istraživanjem uzroka i posledica niskih telesnih kondicija uočenih kod žaba sa lokaliteta sa različitim nivoom antropogenog pritiska. Važeća Uredba o kontroli korišćenja i prometa divlje flore i faune u Srbiji (Službeni glasnik RS, br. 95/2018) ne uzima u obzir telesnu kondiciju već samo telesnu masu i dužinu. Ovi rezultati mogu poslužiti u definisanju novih kriterijuma ali i korigovanju starih kako za definisanje kvota za eksploataciju tako i za poboljšanje postojećih kriterijuma za dobijanje dozvola za uzorkovanje i eksploataciju zelenih žaba.

Stanišna povoljnost istraživanog područja se može okarakterisati kao umereno nepovoljna ( $HSI_{AVG} = 6,57$ ) čemu najviše doprinosi visoka zastupljenost poljoprivrednih površina kao i fragmentiranost područja. Na skorove stanišne povoljnosti, veći uticaj su imali scenopoetični faktori u odnosu na bionomične i disperzione. Najveći uticaj na ukupnu stanišnu povoljnostu su imale baš one varijable koje su se odnosile na udeo vodnih tela i podobnih terestričnih staništa kao i tip vodnih tela (poput  $SI_2$ ,  $SI_8$ ,  $SI_9$ ). Sintezni model stanišne povoljnosti raspoznaje ukupno 13 dema u okviru istraživanog područja koje su okružene nepovoljnim područjem koje je u najvećem procentu činilo poljoprivredno zemljište različitih namena ili urbane sredine. Utvrđeno je da su deme 2, 10 i 12 odnosno Stevanove ravnice sa kanalom DTD, ušće Nere kao i Belocrkvanska jezera najveće deme koje u okviru metapopulacije funkcionišu kao glavna izvorna (*source*) staništa odnosno glavni izvori emigranata koji „snabdevaju“ i stabilizuju preostalih 10 dema. Ove tri deme su takođe pokazale i najveću verovatnoću opstanka u različitim scenarijima odnosno najveću vremensku popunjenost dema. Deme u okviru demske strukture na reci Neri su se pokazale kao najpodložnije lokalnom izumiranju i sa najmanjom vremenskom popunjenošću u interval od 100 godina. Tome najviše doprinosi njihova mala površina, niska početna brojnost i zavisnost od imigranata. Na istraživanom području opšti parametri rizika za početni scenario su pokazali da u vremenskom intervalu od 100 godina ne postoji rizik od izumiranja za zelene žabe, čak i u uslovima povišenog stohasticiteta. Na osnovu rezultata sinteznog prostornog modela stanišne povoljnosti i analize vijabilnosti populacija može se zaključiti da

je istraživano područje vijabilno za zelene žabe iz *Pelophylax esculentus* kompleksa. Daljnim iteracijama kapaciteta sredine i demografskih parametara utvrđeno je da najveći uticaj na eventualno povećanje rizika od izumiranja imaju promene u okviru demografske strukture, posebno preživljavanje najranijih uzrasnih kategorija. Promene u demografiji dovode do povećanja rizika izumiranja i od 10% što prema IUCN kriterijumima odgovara svrstavanju u kategoriju ranjivih vrsta prema kriterijumu "E". Ovi rezultati su u skladu sa predloženim izmenama kategorije regionalnog statusa ugroženosti za *P. lessonae* (Krizmanić, 2023, neobjavljeni podaci) sa kategorije DD na kategoriju VU.

Zelene žabe sa istraživanog područja su se uglavnom hranile adultnim terestričnim beskičmenjacima. Najdominantnije grupe plena bile su Hymenoptera, Coloeoptera i Lepidoptera. Akvatičan plen je bio prisutan u manjem udelu, što ukazuje na to da su se žabe većinski hranile na kopnu. Dominacija vagilnih adultnih formi u plenu ukazuje na to da zelene žabe kao predatori iz zasede čekaju aktivan plen što je manje energetski zahtevno od aktivnog traženja plena i u skladu je sa teorijom optimalne ishrane (eng. *optimal foraging theory*) (Pianka, 2000). Iako su larve bile podjednako prisutne u ishrani sva tri taksona (sa oko 20%), između lokaliteta, čak 51.6% plena sa JRG su bile larve Lepidoptera. Pretpostavka je da je ovako visok udeo larvalnog plena posledica ponude lokaliteta i fenološki fenomen (npr. lokalitet JRG nalazi u neposrednom okruženju velikog broja voćnjaka a najveći broj gusenica je evidentiran u sezonama leto/jesen) a ne preferencija u ishrani zelenih žaba. Kičmenjački plen je odsustvovao iz ishrane *P. lessonae* dok je bio prisutan kod druga dva taksona na sva tri lokaliteta. Najveći udeo kičmenjačkog plena, primećen je na lokalitetu STR (3%) i u najvećem broju su ga činile tek metamorfozirane i subadultne žabe iz *Pelophylax esculentus* kompleksa. Pored toga, od kičmenjačkog plena evidentirana je riblja mlađ i jedna mlada voluharica. Pored najvećeg udela kanibalizma, lokalitet STR se odlikovao i najvećim procentom praznih stomaka. Budući da su vakuiteti kao i kičmenjački plen najvećim delom evidentiran u jesen, nije isključena mogućnost fenološkog efekta odnosno sezonski deficit plena na tom lokalitetu. Druga istraživanja potvrđuju da se intraspecijska kompeticija i kanibalizam kod zelenih žaba javljaju kao mehanizam povećanja individualnog opstanka usled negativnih uslova poput suše, nedostupnosti plena itd. (Crump, 1992; Čiçek i Mermer, 2007). Budući da su kod sva tri taksona najdominantnije kategorije plena iste, može se zaključiti da ne postoji razlika u glavnom tipu plena između taksona. Ipak, u ishrani parentalnih vrsta, postoji razlika u prisustvu manje zastupljenih kategorija plena, koje se javljaju u ishrani *P. ridibundus* a skoro potpuno odsustvuju u ishrani *P. lessonae*. Kategorije slabije zastupljenog plena su bile prisutne i kod hibrida ali u manjem procentu nego kod *P. ridibundus*. Ove kategorije plena su najčešće činile grupe sa krupnim predstavnicima poput insekata Odonata i Orhoptera ali i

puževa i kičmenjačkog plena. Ovo bi moglo biti posledica toga što su jedinke *P. ridibundus* generalno krupnije od druga dva taksona a samim tim mogu da konzumiraju plen većih dimenzija, dok *P. lessonae* svoje nutritivne potrebe zadovoljavaju sitnijim plenom ali u većem broju. Ovo bi takođe moglo da sugeriše na tendenciju *P. lessonae* i *P. esculentus* da svoje strategije ishrane fokusiraju na manji broj kategorija plena sa većom dominacijom, što objašnjava visoku dominantnost tri kategorije i nizak diverzitet plena u ishrani *P. lessonae*.

Tri dominantne kategorije plena sva tri taksona su imale dominaciju na različitim lokalitetima. Lokalitet STR koji se odlikuje plavnim livadama uz obalu Dunava je imao najveći broj Hymenoptera (sa dominacijom letećih mrava, posebno u letnjim mesecima). Lokalitet JRG, kao meliracioni kanal okružen voćnjacima je imao najveći broj larva Lepidoptera. Lokalitet DTD kao antropogeno modifikovan kanal sa ogoljenom obalom i zasadam deteline na nasipu je imao najveći broj Orthoptera i Coleoptera. Ove razlike u dominantnim kategorijama plena na lokalitetima bi mogle biti objašnjene razlikama u tipu i konfiguraciji staništa. Budući da su STR i JRG plavna područja pod jakim uticajem obližnjih velikih reka (Dunava i Nere), bilo je očekivano veliko prisustvo hidrofilnih i letećih kategorija plena. S druge strane, lokalitet DTD je pod snažnim pritiskom različitih antropogenih delovanja koja uključuju slobodne aktivnosti poput pecanja i kampovanja na obali kanala ali i održavanja obale (košenja vegetacijskog obraštaja na nasipu, nasipanja šljunka na obalu, odsustva priobalne makrofitske i hidrofilne vegetacije). Stoga je bilo očekivano odsustvo visokog diverziteta kao i dominantno prisustvo geobiontskih grupa inekata na ovom lokalitetu. Multivarijantna analiza je pokazala diferencijaciju između lokaliteta prema dominaciji određene kategorije plena (što je negativno korelisano sa diverzitetom plena). Dominacija jedne kategorije plena (npr. larvi Lepidoptera na JRG) ukazuje na nizak diverzitet na tom lokalitetu što je i potvrđeno odgovarajućim indeksima diverziteta. S druge strane, na lokalitetu STR je odsustvovala dominacija samo jedne kategorije plena, što je ukazivalo na viši diverzitet na tom lokalitetu. Prema RDA, taksoni zelenih žaba su bili relativno dobro diferencirani ali i pozicionirani u okviru ordinacije prema specifičnim lokalitetima u skladu sa razlikama u ishrani. Osnovni obrazac koji se opisuje je obrazac heterogenosti uzorka po dva statistički značajna prediktivna RDA gradijenta:

1. Prvi, dominantni gradijent, ima prediktivnu moć i sposobnost uređivanja podataka i njega u ovom slučaju interpretiramo kao gradijent heterogenosti lokaliteta koji pozicionira lokalitete na gradijentu stanišne povoljnosti odnosno prema razlikama u sekundarnoj produkciji što za posledicu ima razlike u trofičkoj ponudi na različitim lokalitetima. U ekološkom kontekstu ovaj gradijent označava raznolikost ponude.

2. Drugi, subdominantni gradijent, predviđa poziciju taksona u okviru takson-specifičnog gradijenta koji jasno razdvaja parentalne vrste od hibrida, najverovatnije prema karakteristikama životne forme posebno između parentalnih vrsta (npr. razlike u akviziciji plena uslovljene razlikama u veličini jedinki i njihovog plena). Zapaža se i slabo izražen filogenetski signal – bionomski preferencijali - u okviru diferencijacije parentalnih vrsta i centralne pozicije hibridnog taksona. Drugi gradijent se može interpretirati i kao gradijent antropogenizacije budući da razdvaja antropogeno devastirano područje lokaliteta DTD od druga dva lokaliteta koja su pod manjim pritiskom, na osnovu naših rezultata.

Uspešnost „*sit and wait*“ strategije zelenih žaba se oslanja pre svega na visoku mobilnost plena usled niskih energetskih zahteva predatora a zatim i na veliku gustinu plena (Pianka, 2000). Prema tome, visoka zastupljenost određenih kategorija plena u ishrani može biti zato što zelene žabe kao „*sit and wait*“ predatori kompenzuju slabu dostupnost određenog tipa plena ili nisku specifičnu zapreminu istog većim brojem pojedinačnih komponenti (Löv i Török, 1998). To takođe ukazuje da se plen uzima prema dominantnosti/prisutnosti u neposrednom okruženju, čineći da dominantni plen na lokalitetu bude i domanantna komponenta ishrane. Razlike u sastavu plena na istraživanom području kod sva tri taksona je posledica razlika u lokalnoj dostupnosti plena, koja je pak u vezi sa sekundarnom produkcijom ali i stepenom antropogenizacije na datom lokalitetu.

Pregled sastava ishrane *Pelophylax esculentus* kompleksa na teritoriji čitavog areala pokazuje konzistentnost u prisustvu malog broja dominantnih taksona plena, ali i razlikama u javljanju drugih, manje zastupljenih kategorija plena. Konstatovano je da u odnosu na profile ishrane sva tri taksona žaba na sva tri lokaliteta postoji promena položaja trofičke niše za 1-2 kategorije plena. Ovo ukazuje da je ishrana zelenih žaba iz *Pelophylax esculentus* kompleksa u većoj meri definisana dostupnošću plena kao i karakteristikama staništa a manje takson-specifičnim filogenetskim signalom odnosno aktivnim izborom plena. U prilog ovoj konstataciji ide i podatak da stanište (posebno mikrostanište) predstavlja najznačajniju dimenziju u raspodeli resursa za adultne žabe, što za posledicu ima ponudu zavisnu od lokaliteta. Hrana je tek druga po važnosti dimenzija resursa kod žaba gde je kod zelenih žaba evidentno veći značaj veličine plena u odnosu na tip (Toft, 1985). Lokalne varijacije u sastavu i razlike u dominantnim grupama plena su očekivane budući da se zelene žabe karakterišu kao neselektivni generalist po širini spektra ishrane i oportunisti po odabiru plena. Prema tome, one će konzumirati svaki plen čije su dimenzije u skladu sa njihovim morfološkim mogućnostima (npr. veličina usnog otvora) (Mollov, 2008).



U okviru biofilma sa kože žaba identifikovan je veliki broj algi, gljiva i organizama sličnih gljivama. Od fungalnih struktura, identifikovane su micelije različitih tipova dok je na manjem procentu žaba (oko 10%) dokumentovana i germinacija spora. To ukazuje da gljive nisu samo slučajni tranzijenti već potencijalno kompletiraju ceo svoj životni ciklus direktno na koži žabe. Formiranje micelija je najčešće dokumentovano na lokalitetu STR kod sva tri taksona zelenih žaba. Ovaj lokalitet se odlikuje visokom eutrofizacijom i prisustvom organske materije koja favorizuje razviće pojedinih grupa gljiva. S druge strane, fungalne strukture plodonosna tela su isključivo dokumentovana na koži parentalnih vrsta. To može biti posledica prisustva određenih peptidnih jedinjenja na koži hibrida koje poseduju jaču antifungalnu aktivnost u odnosu na iste peptide izolovane iz integumenta parentalnih vrsta (Daum et al., 2012).

Najčešće vrste gljiva sa kože žaba su bile *Alternaria alternata*, *Aspergillus* sp. sect. *Nigri*, *Epicoccum nigrum*, *Fusarium proliferatum* i *Trichoderma atroviride* koje su dokumentovane na sva tri taksona i sva tri lokaliteta. S druge strane, pojedine vrste gljiva su imale nisku učestalost i ekskluzivnost poput *Acremonium* sp. koji je detektovan samo na jedinkama *P. ridibundus* sa lokaliteta DTD. Takođe, *Alternaria obovoidea* i *Botrytis cynerea* su zabeležene samo na *P. ridibundus* sa lokaliteta STR. Trebalo bi napomenuti da se pojedine vrste gljiva na globalnom nivou smatraju veoma retkim budući da postoji samo mali broj potvrđenih nalaza. Čak dve takve gljive su identifikovane na koži zelenih žaba ispitivanih lokaliteta Južnog Banata. Prva je meristemska gljiva *Pseudoteniolina globosa* (Capnodiales, Ascomycota), dokumentovana na *P. lessonae* sa lokaliteta DTD i endofitska gljiva *Quambalaria cyanescens* (Microstromatales, Basidiomycota) izolovana sa *P. esculentus* sa lokaliteta JRG. *P. globosa* je ekstremofilna gljiva koja naseljava kamene podloge i prvi put je izolovana sa spoljnih zidova crkve "Santa Maria di Mili" u Mesini na Siciliji a zatim i sa zidina Džoserove piramide u Egiptu. Ova vrsta se smatra izuzetno retkom budući da postoji veoma mali broj potvrđenih izolata a samim tim i ograničena dostupnost u okviru GenBank baze podataka (Rizk i sar., 2012). Nalaz *P. globosa* na *P. lessonae* sa DTD je ujedno i prvi nalaz ovog taksona u Srbiji kao i na vodozemcima generalno. Prisustvo ove gljive na koži vodozemaca je od značaja, s obzirom da se *P. globosa* odlikuje prisustvom melanina u ćelijskom zidu. Melanin je faktor patogenosti gljiva uzročnika hromomikoza životinja, uključujući i vodozemce, kao i feohifomikoza ljudi (Jacobson, 2000). S druge strane, *Q. cyanescens* se smatra retkim kliničkim patogenom, ali je takođe dokumentovana i u zemljištu, vazduhu, larvama insekata i kao simbiont *Eucalyptus* spp. u Australiji (Kuan i sar. 2015). Prisustvo ove gljive na *P. esculentus* sa JRG je ujedno prvi nalaz za Srbiju ali i prvi nalaz sa kože vodozemaca uopšte. Iako se pretežno smatra biljnim simbiontom, *Q. cyanescens* se smatra potencijalnim oportunističkim

patogenom čiji uticaj na vodozemce tek treba istražiti. Prisustvo retkih vrsta gljiva na koži žaba ukazuju na to da koža žaba može da skriva veliki diverzitet mikrobiote koja potencijalno može uključivati i nove, još neopisane taksone, bez obzira da li su kolonizatori ili samo tranzijenti. *Rhizopus stolonifer* je jedini predstavnik i razdela Zygomycota koji je identifikovani isključivo sa kože hibridnog taksona sa dva različita lokaliteta DTD i STR. Takođe, organizmi slični gljivama (*FLO*) poput *Pythium* sp., iz razdela Oomycota (Stramenopiles) identifikovani su na koži *P. esculentus* sa lokaliteta DTD. Kao i gljive, *FLO* mogu da formiraju reproduktivne strukture direktno na koži žaba što olakšava njihovu detekciju i identifikaciju novih patogena koristeći samo tehniku lepljive trake. Tako su askomiceta *Fonsecaea* sp. i pseudogljiva *Aphanomyces* sp., uzročnici hromomikoze i afanomikoze vodozemaca detektovani sa kože žabe na istraživanom području samo korišćenjem ove tehnike (Stupar i sar., 2017, 2020). Iako patogena gljiva *Batrachochytrium dendrobatidis* nije identifikovana na zelenim žabama sa istraživanog područja, prema Kueneman i sar. (2017) prisustvo pseudigljiva roda *Aphanomyces* u mikrobiomu integumenta žaba može biti potencijalni indikator prethodne *Bd* infekcije.

Neposredno okruženje u kojem žabe žive (vodeno ili kopneno, sa ili bez vegetacije) je glavni izvor gljivičnih propagula koje su identifikovane na koži žaba. Iako se diverzitet gljiva sa kože žabe u okviru ovog istraživanja može smatrati umerenim, on odražava raznovrsnost supstrata sa kojima su žabe u neposrednom kontaktu, kao i staništa različitog kvaliteta (i vodenih i kopnenih) i povoljnosti (Breka i sar. 2023). Lokalitet sa najvećim diverzitetom i F\_I i F\_St je bio STR. To je lokalitet sa plavnim livadama i obiljem makrofitske vegetacije. Slično je i na lokalitetu JRG, kanalu sa plavnim livadama i dosta makrofitske vegetacije pri čemu postoji primetna razlika između ova dva lokaliteta u stepenu eutrofikacije koji je mnogo veći na lokalitetu STR. Na ova dva lokaliteta su dokumentovani biljni patogeni poput *Alternaria* spp., *Botrytis cinerea*, *Fusarium* spp., *Hidnopoliporus fimbriatus*, *Phlebia acerina* i većina melanizovanih gljiva. Pretpostavlja se da konidije vrsta rodova *Aspergillus* i *Penicillium* dospevaju na kožu žaba iz vazduha jer su lagane i lako disperguju i mogu se očekivati u značajnijem broju na floristički bogatijim lokalitetima (Samson i sar., 2010). Treba napomenuti sa se mikrobiota sa kože žaba može prenositi i horizontalno odnosno i druge jedinke zelenih žaba sa istog lokaliteta se mogu smatrati potencijalnim izvorom gljivičnih tranzijenata/patogena (Walke i sar., 2014). Osnovni obrazac koji se primećuje u rezultatima PCoA analize na fungalnim izolatima je taj da prvi dominantni gradijent interpretiramo kao gradijent koji razdvaja hibridni takson od parentalnih vrsta odnosno uređuje podatke prema diverzitetu fungalnih izolata. Drugi, subdominantni gradijent ima blagi takson-specifični signal, odnosno diferencijaciju parentalnih vrsta.

Mukozna koža zelenih žaba se pokazala kao odlična sredina za opstanak silikatnih algi. Ukupno je identifikovano 53 različita roda silikatnih algi među kojima su najbrojniji bili *Amphora*, *Craticula*, *Cymbella*, *Cymbopleura*, *Cymatopleura*, *Diploneis*, *Encyonema*, *Epithemia*, *Fallacia*, *Gomphonema*, *Luticola*, *Navicula*, *Neidium*, *Nitzschia*, *Pinnularia*, *Planothidium*, *Rhopalodia*, *Staurosira* i *Surirella*. Dok su pojedinačne silikatne alge u najvećem broju dolazile iz rodova *Cocconeis*, *Epithemia*, *Gomphonema*, *Navicula* i *Rhopalodia*. Najdominantniji taksoni su bili *Geissleria decussis sensu lato*, *Placoneis* sp., *Lemnicola hungarica*, *Cocconeis placentula* var. *lineate* i *Sellaphora bacillum*. Iako je najveći broj silikatnih algi identifikovan sa jedinki *P. esculentus*, najveći diverzitet algi je bio na koži *P. ridibundus*, a najmanji na *P. lessonae*. Među lokalitetima, najveći diverzitet je identifikovan na lokalitetu STR najmanji na DTD. Osnovni obrazac koji se primećuje u rezultatima PCoA na uzorcima silikatnih algi sa kože žaba različitih lokaliteta je taj da prvi dominantni gradijent podatke uređuje prema trofičnosti odnosno razdvaja mezoeutrofne i eutrofne rodove silikatnih algi od onih koji su indikatori hipereutrofnih uslova što je najverovatnije posledica raznolikosti lokaliteta iako se na prvoj osi ne uočava jasna diferencijacija lokaliteta. Drugi subdominantni gradijent pozicionira uzorke prema saprobnom gradijentu odnosno razdvaja rodove algi sa eksplicitnim predstavnicima oligosaprobnih,  $\beta$ -mezosaprobnih do  $\alpha$ -mezosaprobnih uslova od grupacija rodova sa indikatorima  $\alpha$ -mezosaprobnih do polisaprobnih uslova. Na drugoj osi, zapaža se i blagi gradijent heterogenosti staništa budući da razdvaja lokalitete većeg stepena eutrofikacije od onih sa nižim što za posledicu ima razlike u zajednicama silikatnih algi koje takve uslove/lokalitete nastanjuju. Samim tim, značajne razlike se javljaju sastavu silikatnih algi na koži žaba između lokaliteta. Takođe, na drugoj osi postoji i blagi gradijent antropogenizacije gde se lokalitet DTD razdvaja od druga dva kao lokalitet sa većim antropogenim pritiskom.

U kontekstu telesnih kondicija, *P. esculentus* kao takson sa najnižom ukupnom telesnom kondicijom je ujedno bio i takson sa najvećim brojem fungalnih izolata ali i identifikovanih silikatnih algi. Parentalne vrste je karakterisala viša telesna kondicija ali i manji broj identifikovanih fungalnih struktura, izolata ali i silikatnih algi. Među lokalitetima, DTD na kome je utvrđena najniža ukupna telesna kondicija zelenih žaba je bio i lokalitet najsiromašniji silikatnim algama ali ne i fungalnim strukturama i izolatima, za razliku od lokaliteta JRG koji se odlikovao najvišom ukupnom telesnom kondicijom ali najmanjim brojem identifikovanih fungalnih struktura i izolata. Iako veza između epibiontskih zajednica i telesne kondicije zelenih žaba zahteva dodatna istraživanja, bilo je moguće izvesti osnovne zaključke da je veća telesna kondicija povezana sa nižim fungalnim opterećenjem dok

je prisustvo silikatnih algi pre u vezi sa karakteristikama lokaliteta odnosno nivoom trofičnosti i saprobnosti i da ne postoji jasno ispoljen obrazac po pitanju telesne kondicije žaba.

## **8. Sintetska reevaluacija lokalnog konzervacionog statusa zelenih žaba na istraživanom području**

Prvi propisi kojima se regulisao odnos prema zelenim žabama su se pojavili sredine XIX veka odnosno 1859. i 1860. godine (Propisi iz ribolovstva Kraljevine Srbije). Nešto kasnije, 1898. godine, zelene žabe su obuhvaćene Zakonom o ribolovu i Zakonom o zaštiti prirode i prirodnih retkosti (Džukić i sar., 2003). Sistematska biološka istraživanja na teritoriji Srbije i susjednih zemalja Balkanskog poluostrva započela su kasnije pre oko 100 godina (Đorđević, 1900a, b). Iako je u periodu nakon Drugog svetskog rata donešeno mnogo zakona iz domena zaštite prirode, ni jedan nije obuhvatao zelene žabe. Tek 1991. godine, Zavod za zaštitu prirode SR Srbije izmenom i dopunom Odluke o stavljanje pod zaštitu životinjskih vrsta kao prirodnih retkosti, zelene žabe stavlja pod kontrolu korišćenja i prometa i preuzima staranje o tim aktivnostima (Službeni glasnik RS br. 49/91). Treba napomenuti da od kraja Drugog svetskog rata do kraja XX veka na teritoriji SR Srbije ali i susjednih teritorija Balkanskog poluostrva intenzivno traje nekontrolisani izlov i promet zelenih žaba. Prema Džukić i sar. (2001), procenjena ukupna količina ulovljenih žaba iznosila je preko 9000 t, odnosno preko 200 miliona primeraka. Iako ova odluka predstavlja prve osnove kontrolisanog lova i prometa ali i zaštite zelenih žaba na teritoriji Srbije, ostaje zapamćena kao nedosledna i bez stručno-naučne osnove (Džukić i sar. 2003). Na primer, netačno definisan period raznožavanja kao i procene veličine i težine jedinki dozvoljenih za sakupljanje što je za posledicu imalo direktno ugrožavanje populacija zelenih žaba. Ova odluka je 1993. godine zamenjena Naredbom o kontroli korišćenja i prometa divljih i životinjskih vrsta (Službeni glasnik RS, br. 50) koja je bolje regulisala način i kontrolu sakupljanja zelenih žaba ali su nedoslednosti u propisanim kvotama i dozvoljenim veličinama žaba za sakupljanje koje su ostale na nivou čitavog kompleksa a ne pojedinačnih taksona ostale iste kao i u prethodnoj Odluci. Tokom narednih godina, nove Naredbe i dopune istih zadržavaju format iz 1993. godine uz manje izmene u definicijama i odgovornim i nadležnim institucijama (Službeni glasnik RS br. 16/96, 44/96, 14/99). Nakon Drugog svetskog rata, zelene žabe su bile obuhvaćene i nekim zakonima i propisima iz ribarskog zakonodavstva (Službeni glasnik NR Srbije br. 12/49) kao i Zakonom o kvalitetu životnih namirnica i o uslovima za njihovu proizvodnju i promet, ali i onim o veterinarskoj kontroli životnih namirnica životinjskog porekla (Službeni list SFRJ br. 29).

Danas su na teritoriji Srbije zelene žabe obuhvaćene Uredbom o stavljanju pod kontrolu korišćenja, prometa divlje flore i faune (Službeni glasnik RS, 95/2018). U članu 11. ove Uredbe odobrava se sakupljanje zaštićenih vrsta samo u period od 1. juna do 1. septembra. U članu 12. iste Uredbe, zabranjuje se sakupljanje, korišćenje i stavljanje u promet žaba čija je težina manja od 50 g i veća od 120 g, odnosno dužina manja od 9 cm i veća od 15 cm. Dozvole za sakupljanje i stavljanje u promet zelenih žaba izdaje Ministarstvo zaštite životne sredine po prethodno pribavljenom mišljenju Zavoda za zaštitu prirode Srbije. U slučaju evidentnih smanjenja brojnosti prouzrokovanih izlovljavanjem, koje su dovele do promena u populacionoj strukturi i stabilnosti populacija, na predlog Zavoda, Ministar izdaje Naredbu o zabrani sakupljanja na delu ili celokupnoj teritoriji Srbije na određen vremenski period. Takođe, zelene žabe su obuhvaćene Pravilnikom o proglašenju i zaštiti strogo zaštićenih i zaštićenih divljih vrsta biljaka, životinja i gljiva u okviru Priloga II kao zaštićene vrste. Prema članu 5. ovog Pravilnika to su divlje vrste koje trenutno nisu ugrožene u meri da im pretila opasnost da nestanu i postanu kritično ugrožene, odnosno ranjive, endemične, indikatorske, ključne i kišobran vrste, reliktna, međunarodno značajne i zaštićene divlje vrste koje nisu ugrožene ali zbog svog izgleda mogu se lako zameniti sa strogo zaštićenim vrstama.

Iz gorepomenutog teksta zaključujemo da pravni okviri na teritoriji Srbije za sakupljanje, stavljanje u promet, korišćenje i zaštitu zelenih žaba postoje ali da je u definisanju propisa vodeći kriterijum bio ekonomski interes i njemu su podređivani svi elementi propisa bez obzira na deklarativno i normativno zalaganje za očuvanje prirodnih populacija zelenih žaba (Džukić i sar. 2003). Trenutni propisi regulišu kontrolu sakupljanja i stavljanja u promet ali ne preciziraju i obrađuju zaštitu prirodnih populacija. Dozvoljene veličine žaba za izlov nisu izmenjene poslednjih 30 i više godina iako istraživanja poslednjih decenija uočavaju negativan trend u prosečnim dužinama i težinama žaba analiziranih populacija, posebno u delovima Srbije u kojima je izlov zelenih žaba kontinuiran (Džukić i sar., 2003; Krizmanić, 2008b; Breka i sar., 2023). Prosečna telesna masa žaba analiziranih populacija na teritoriji Vojvodine iznosila je  $27,22 \pm 1,14$  g (Krizmanić, 2008b) i  $44,71 \pm 20,07$  g (Breka i sar. 2023) odakle proizilazi da je prosečna telesna masa jedinki zelenih žaba iz *P. esculentus* kompleksa oko 35 g što je daleko ispod Uredbom propisanih 50 g. Prosečna telesna dužina žaba analiziranih populacija na teritoriji Vojvodine iznosila je  $52,2 \pm 11,8$  mm (Krizmanić, 2008b) i  $72,93 \pm 10,48$  mm (Breka i sar. 2023) odakle proizilazi da je i prosečna telesna dužina jedinki zelenih žaba iz *P. esculentus* kompleksa na teritoriji Vojvodine oko 60 mm što je takođe ispod Uredbom propisanih 90 mm. Nekonzistentnost člana 12. u okviru Uredbe ostavlja otvorenu mogućnost da se žabe izlovljavaju ili po pitanju težine ili dužine. Prema rezultatima koje je saopštio Krizmanić (2008b), svega 18,6%

jedinki koje zadovoljavaju zakonske kriterijume telesne mase zaista dostižu potrebnu telesnu dužinu od 90 mm, dok prema rezultatima Breka i sar. (2023) svega 4,73% jedinki zadovoljava kriterijum telesne mase i dužine. To bi značilo da preko 80%, odnosno 95% jedinki u okviru ova dva istraživanja ispunjava uslov za eksploataciju prema kriterijumu telesne mase iako nemaju dovoljnu telesnu dužinu. U slučaju kada bi se Član 12. korigovao tako da je za eksploataciju potrebno da žaba ima i propisanu telesnu masu i dužinu veoma mali procenat jedinki bi ispunjavao date kriterijume i pritisak bi bio smanjen. Takođe, ova dva istraživanja su pokazala da gornje granice kriterijuma nisu definisane u skladu sa realnim stanjem populacija u prirodi budući da svega 1,2% jedinki dostiže dužinu veću od 100 mm (Krizmanić, 2008b), odnosno 0,95% (Breka i sar. 2023). Sve ovo ide u prilog činjenici da je sa aspekta telesnih kondicija Južni Banat, odnosno istraživano područje devastirano i da postoji jasan negativan trend budući da je između istraživanja Krizmanić (2008b) i Breka i sar. (2023) proteklo više od 10 godina. Iako pomenuta Uredba daje dobar legislativni okvir za upravljanje i zaštitu populaciju zelenih žaba, potrebno je sprovesti određene izmene i dopune posebno u definisanju kvota i njihovim minimalnim i maksimalnim pragovima. Treba napomenuti da jedinke koje zadovoljavaju trenutne kriterijume Uredbe za izlov, predstavljaju jedinke reproduktivnih uzrasnih kategorija koje imaju najveće fekunditete i reproduktivni doprinos u narednim generacijama. Uklanjanje jedinki tih uzrasnih kategorija iz populacije ima negativan uticaj na demografsku strukturu populacije a samim tim utiče i na povećanje rizika od izumiranja. Tokom trogodišnjeg terenskog istraživanja nije bilo susreta sa sistematskom kontrolom sprovođenja Uredbe ni kasnije izdatih Naredbi o zabrani sakupljanja na teritoriji Južnobanatskog upravnog okruga. Iako nije evidentiran organizovani izlov, postoje opravdane sumnje da u vidu difuznog pritiska na teritoriji Vojvodine postoji izlov zelenih žaba za potrebe konzumacije i/ili komercijalne upotrebe (npr. prekogranični otkup) kod lokalnog stanovništva. Treba skrenuti pažnju da su postojeće kvote identične za sva tri taksona iz *Pelophylax esculentus* kompleksa iako postoje dokazane razlike u veličini jedinki, njihovim proporcionalnim zastupljenostima na lokalitetima istraživanog područja ali i konzervacionom statusu. Iako nije za očekivati da lokalno stanovništvo međusobno razlikuje taksone, kvote bi trebalo definisati u skladu sa bionomijom svakog taksona odnosno da imaju stručno-naučnu osnovu.

Kompletnu analizu ugroženosti i pregled mera zaštite zelenih žaba u Srbiji dali su Džukić (1993, 1995, 1998), Džukić i sar. (2003) i Krizmanić (2008c). Kao osnovne ugrožavajuće faktore zelenih žaba u Srbiji, pomenuti autori navode:

- Degradaciju, fragmentaciju i uništavanje staništa
- Zagađenje hemijskim i organiskim polutantima
- Prekomeran izlov
- Prirodne fluktuacije u brojnosti populacija

Ovi faktori ugrožavanja deluju kako u nezaštićenim tako i u zaštićenim oblastima a SRP “Deliblatska peščara” i PIO “Nera-Karaš” u okviru kojih je rađeno ovo istraživanje nisu izuzetak. Plan upravljanja SRP “Deliblatska peščara 2011-2020” ne obuhvata nikakve aktivnosti koje su u vezi sa zelenim žabama. Takođe, u okviru planova korišćenja, uređenja i zaštite planskog područja u okviru Prostornog plana SRP “Deliblatska peščara” ne postoje elementi aktivne zaštite koji su u vezi sa populacijama zelenih žaba na tom području. U okviru plana upravljanja PIO “Nera-Karaš” mere aktivne zaštite ne podrazumevaju aktivnosti koje su u direktnoj vezi sa zaštitom i upravljanjem populacija zelenih žaba na tom području iako se u okviru Plana navode kao izuzetno važna komponenta ekosistema sa višestrukom ekosistemskom ulogom. Budući da je kanal Jaruga jedini poznat lokalitet u Vojvodini koji naseljavaju žabe travnjače (*Rana temporaria*), dolina kanala ima potencijal jedinstvenog lokaliteta u Vojvodini gde zelene žabe iz *Pelophylax eculentus* kompleksa i žabe travnjače žive u simpatriji, ali čak ni ta izuzetna pojava nije identifikovana kao potencijal i ne postoje aktivnosti i mere zaštite i praćenja stanja ovakvih populacija i lokaliteta. U daljem tekstu biće elaborirani faktori ugrožavanja koji su identifikovani u okviru istraživanog područja a imaju direktan uticaj na populacije zelenih žaba. Hidrološke karakteristike i vodni režim predstavljaju neke od najznačajnijih abiotičkih faktora. Promene u okviru vodnog režima imaju direktan uticaj na kompleks specifičnih vlažnih staništa a samim tim i na zelene žabe. Najveći uticaj na promene u vodnom režimu imaju Đerdapska akumulacija i kanal DTD sa melioracijama čiji režim je uslovio promene u podzemnim i nadzemnim vodama pa čak i nestanak pojedinih vodotokova (npr. reke Karaš). Đerdapska akumulacija je uticala na smanjenje prirodnih kolebanja nivoa Dunava ali je dovela i do potapanja značajnog dela teritorija na obodu Dunava. Južni Banat koji je nekada obilovao barsko močvarnim ekosistemima sa rečnim vodotokovima široke plavne zone pretrpeo je značajne hidrografske promene kao i promene hidrološkog režima regulacijom velikih reka, isušivanjem močvarnih područja i izgradnjom odvodnih kanala. Trend obezvodnjavanja Južnog Banata se ne zaustavlja ni danas. Direktan uticaj na vodni režim Nere i kanala Jaruga, imalo bi potencijalno puštanje u pogon mini-hidroelektrane

na Jaruzi. Njena uloga bila bi da preusmeri vodu iz reke Nere u Jarugu što bi dovelo do snižavanja nivoa vode pa čak i isušivanja Nere u pojedinim delovima toka. Aktivizmom lokalne zajednice, ova mini-hidroelektrane nikada nije puštena u rad. Iako izgrađena bez potrebnih dozvola, ova mini-hidroelektrana i dalje nije uklonjena i predstavlja potencijalnu opasnost za sav živi svet u dolini Nere i Jaruge. Režim meliracionih i vodoprivrednih objekata bi trebalo da budu regulisani tako da ne utiče drastično na promenu nivoa vode kako bi se održao tzv. biološki minimum za održanje živog sveta. Treba napomenuti da poslednjih godina i promena klime utiče na hidrologiju ovog područja, smanjenjem vlažnosti (nedostupnost podzemnih voda, smanjenje količine padavina itd.) te je evidentiran gubitak pojedinih staništa stajaće vode u ovom području (npr. Dulin bara, Mala bara).

Saobraćajna infrastruktura ovog područja predstavlja značajan ugrožavajući faktor za mnoge grupe životinja ali je posebno izražen negativan uticaj na populacije vodozemaca (Anđelković i Bogdanović, 2022). Negativan uticaj saobraćaja se najviše ogleda kroz direktnu fragmentaciju područja presecanjem staništa i migratornih puteva i gaženje životinja koje disperguju a manje kroz zagađenje i uznemiravanje. Dalje planiranje neophodnih saobraćajnica, posebno onih koje prolaze kroz zaštićena područja ili u neposrednoj blizini vlažnih staništa mora biti u funkciji unapređenja opšteg stanja zaštite diverziteta ali i uz obavezno planiranje zaštitnih koridora i sigurnosnih prolaza za terestrične vrste.

U okviru PIO „Karaš-Nera“ vrši se periodična eksploatacija šljunka i pozajmišta peska iz reke Nere. Ove aktivnosti se često sprovode bez nadzora i dozvola i u slučaju takvih neuređenih eksploatacija, dolazi do promena u konfiguraciji terena, produbljivanju korita i erozije obale što direktno utiče na vrste koje nastanjuju priobalne delove Nere uključujući i zelene žabe. Treba skrenuti pažnju da su rezultati istraživanja pokazali da se duž toka reke Nere nalaze najfragilnije populacije (deme) zelenih žaba sa najnižim kapacitetima i visokim potencijalom za lokalno izumiranje.

Među ostalim faktorima koji ugrožavaju populacije zelenih žaba u okviru istraživanog područja su svakako alohtone vrsta riba odnosno nekontrolisano poribljavanje vodnih tela. Od alohtonih vrsta dokumentovane su babuška (*Carassius gibelio*), amurski spavač (*Perccottus glenni*), sunčanica (*Lepomis gibbosus*), bradavičarka (*Pseudorasbora parva*), više vrsta roda glavoča (*Neogobius* spp.), cverglan (*Ictalurus melas*) dr. koje imaju izuzetno negativan uticaj i na zelene žabe tj. batrahofaunu ali i na autohtonu ihtiofaunu. Veštačko i nekontrolisano poribljavanje kako u kanalima tako i u Belocrkvanskim i Kusićkim jezerima povećava predatorski pritisak na populacije zelenih žaba. Predatorski pritisak je najjači u najranijim uzrasnim kategorijama (jaja i punoglavci) za koje je dokazano da imaju najjači uticaj na demografsku dinamiku i potencionalno povećanje rizika izumiranja.



Treba spomenuti i zagađenje voda budući da su sva vodna tela kao pogodna staništa zelenih žaba, okružena poljoprivrednim i urbanizovanim površinama, i služe kao neposredni recipijenti svih površinskih, podzemnih voda sa okolnog poljoprivrednog zemljišta i naselja. Kanalska mreža DTD ali i reka Nera u delu svog toka služe kao recipijenti otpadnih voda iz Bele Crkve i manjih okolnih mesta bez ikakvih prečišćavanja. Konstantan izvor zagađujućih materija predstavlja i prisustvo specifičnih divljih deponija, kojima je izložena čitava obala Dunava ali i deo priobalja Nere na kojima se taloži plutajući otpad kao rečni nanos. Plutajući čvrsti otpad vodotokovima nanet na obale, bilo kao nataložen ili premeštan vetrom unutar područja predstavlja opšti ugrožavajući faktor.

Na kraju, ne sme se zanemariti da je u zoni Belockrvanskih jezera veoma izražen antropogeni pritisak usled turističko-rekreativnih aktivnosti. Veliki broj ljudi/korisnika utiče na promene u konfiguraciji obale (krčenja obalske vegetacije, izgradnje turističke infrastrukture na obali jezera, neregulisani kanalizacioni sistem) ali i na fizičko uznemiravanje životinja ili bukom. Izražen antropogen pritisak na istraživanom području postoji i na levoj obali kanala DTD koja je popularna turistička destinacija za kampovanje, ribolov i nautiku.

Iz svega što je razmatrano zaključuje se da je delovanje ugrožavajućih faktora heterogeno raspoređeno na istraživanom području i ne prestaje u okviru zaštićenih područja. Evidentno je da zelene žabe trpe različite pritiske i da pasivna zaštita nije dovoljna. Potrebno je uvesti izmene u Planove upravljanja tako da merama aktivne zaštite budu uključene i populacije zelenih žaba posebno u toku reke Nere gde je identifikovan niz ugrožavajućih faktora ali i populacije zelenih žaba sa najvećim rizikom od izumiranja. Na osnovu trogodišnjeg terenskog istraživanja i dobijenih rezultata mogu se predložiti elementi efikasnog plana zaštite zelenih žaba i konkretne mere aktivnog upravljanja koje bi doprinele osnaživanju populacija zelenih žaba na istraživanom području:

- Sistematsko praćenje populacija zelenih žaba na istraživanom području odnosno uspostavljanje adekvatnog sistema biomonitoringa za pravilnu valorizaciju zoogenih i antropogenih uticaja na populacije zelenih žaba. Monitoring bi trebalo da uključuje praćenje prostorne integracije na istraživanom području, dinamike populacija ali i analizu populacione strukture koja bi uključivala sve faze životnog ciklusa.
- Praćenje zdravstvenog stanja zelenih žaba na istraživanom području koje bi uključivalo detekciju i izolovanje jedinki sa vidljivim simptomima infekcije (promene na koži, keratinoze, lezije...), kao i uvođenje sistematskog testiranja populacija na prisustvo patogena (posebno *Batrachochytrium dendrobatidis*) i formiranje protokola za postupanje u slučaju izbijanja infekcije kako bi se sprečilo širenje i sprovela eradikacija.

- Redovno održavanje i odgušivanje kanalske mreže, posebno onih manjih kanala koji presecaju poljoprivredne površine i imaju ulogu koridora u prostornoj integraciji zelenih žaba. Predlažemo da se neophodni posao planski realizuje uz striktnu kontrolu biologa koja bi bila usmerena na očuvanje obodne zone kanala radi očuvanja strukture mikrolokaliteta pogodnih za održanje i disperziju zelenih žaba na tom području.
- Izbegavati potpuno raskrčivanje obala vodnih tela i uklanjanje emerzne vegetacije. Makrofitski pojas svojom višestrukom ulogom doprinosi povećanju stanišne povoljnosti zelenih žaba a samim tim i njihovog opstanka.
- Potrebna je kontrola poribljavanja vodnih tela i zaštita zelenih žaba od invazija alohtonih predatorskih riba (npr. mehaničkim uklanjanjem alohtonih vrsta iz ribljeg fonda istraživanog područja)
- U pogledu direktnih mera za očuvanje populacija zelenih žaba, pored očuvanja postojećih centara reprodukcije (eng. *breeding ponds*) predlaže se i formiranje novih. Imajući u vidu demsku strukturu na istraživanom području, formiranje novih centara reprodukcije bi trebalo sprovesti u neposrednoj blizini većih, vijabilnih dema koje bi u početku obezbeđivale dovoljan broj kolonizatora za uspostavljanje vijabilne populacije unutar novog lokaliteta. Novi centri reprodukcije bi trebalo da zauzimaju takav položaj da omogućavaju vezu između postojećih dema posebno u onim delovima područja gde je nizak potencijal za razvoj novih vijabilnih dema bez intervencije.
- Usklađivanje prakse poljoprivrede i stočarstva u okviru zaštićenih prirodnih dobara sa ustanovljenim režimima zaštite. Smanjenje i sprečavanje emisije hemijskih polutanata na staništa zelenih žaba je u direktnoj vezi sa kontrolom korišćenja pesticida u okviru poljoprivrednih površina. Iako stočarstvo sa tradicionalnim pašarenjem ima pozitivan uticaj na očuvanje pašnjačkih površina i karakterističnih tipova vegetacije u okviru SRP „Deliblatska peščara“, koncentrisan pritisak ovog tipa može negativno delovati na staništa zelenih žaba. Stoga je potrebno utvrditi tačne lokacije pašarenja i kapacitete pašnjaka (sa tipom i brojem grla) kako bi se izbegla zoogena eutrofikacija staništa i uopšte zoogeni pritisak.
- Uključivanje leve obale kanala DTD u III zonu zaštite PIO „Karaš-Nera“ i sprovođenje pojedinih aktivnih mera, posebno onih koje se tiču uređenja kanalske mreže i obala, moglo bi da doprinese osnaživanju populacija zelenih žaba. Definisane i razdvajanje

zona prirode i antropogenih aktivnosti (pećanje, kampovanje) smanjilo bi antropogeni pritisak na ovom lokalitetu.

- Za uspešnu procenu negativnih efekata izgradnje saobraćajne infrastrukture, naročito izraženo kroz gaženja jedinki i prekidanje migratornih koridora potreban je razrađen i dugoročan plan monitoringa sa posebnim naglaskom na nekoliko značajnih setova podataka: procenjena veličina postojećih populacija zelenih žaba i prostorno-vremenski obrazac migratornih kretanja.
- Za kraj, potrebno je edukovati upravljača o značaju zelenih žaba budući da je evidentno da upravljačka politika zaštićenih područja ne pokriva aspekte zaštite i monitoringa populacija zelenih žaba, te se njihova zaštita svodi samo na pasivnu zaštitu definisanu Uredbom. Kako bi implementacija upravljačkih mera bila uspešna, potrebna je edukacija i uključivanje lokalnih zajednica. Svest lokalne zajednice ali i celokupnog društva o značaju zelenih žaba i akvatičnih ekosistema koje naseljavaju je i dalje na veoma nezavidnom nivou. Stoga, angažovanjem i partnerstvom sa lokalnim vlastima, upravljačem i lokalnom zajednicom može se doprineti smanjenju antropogenog pritiska na populacije zelenih žaba kroz zalaganje za primenu adekvatnih poljoprivrednih praksi, održavanje meliracionih sistema, ostavljanjem makrofitskih pojaseva i margina, kontrolu poribljavanja itd.

Većina pomenutih mera ne iziskuje velika finansijska ulaganja, mogu se brzo i jednostavno implementirati ali zahteva kolaboraciju lokalne uprave i zajednice i naučno-istraživačkog kadra. Uspostavljanje dobre komunikacije između ovih strana predstavlja osnovu za izradu primenljivih programa zaštite, unapređenja i održivog korišćenja tj. upravljanja populacijama u okviru, ali i izvan zaštićenih područja.

## 9. Zaključci

Na osnovu dobijenih rezultata u okviru ove doktorske disertacije bilo je moguće izvesti sledeće zaključke:

- ❖ Identifikaciju zelenih žaba unutar *Pelophylax esculentus* kompleksa bilo je moguće uraditi na osnovu morfoloških karakteristika korišćenjem hijerarhijskog grupisanja glavnih komponenti i linearne diskriminatorne analize. Validacija rezultata nezavisnom grupom podataka identifikovanih genskom metodom pokazala je veoma mali procenat pogrešno klasifikovanih jedinki (3,3%).
- ❖ Ishrana zelenih žaba na istraživanom području je raznovrsna sa dominacijom terestričnih adultnih insekata. Najdominantnije grupe plena kod sva tri taksona zelenih žaba bile su Hymenoptera, Coleoptera i Lepidoptera što ukazuje da ne postoji razlika u glavnom tipu plena između taksona.
- ❖ Na svakom od istraživanih lokaliteta dominirala je različita kategorija plena. Na lokalitetu STR dominirale su Hymenoptera, na lokalitetu JRG larve Lepidoptera a na kanalu DTD Coleoptera. Razlike u dominantnim kategorijama plena na različitim lokalitetima mogu se objasniti razlikama u tipu i konfiguraciji staništa ali i prisustvom/odsustvom antropogenog uticaja.
- ❖ Kod sva tri taksona, najčešći plen su bile epigeobiontske životne forme, zatim aerobionti i u manjem procentu hidrobionti. Prisustvo različitih ekomorfoloških formi plena je zavisilo od konteksta lokaliteta budući da su na lokalitetima STR i JRG dominirali hidrofilni aerobionti a na lokalitetu DTD epigeobiontske grupe plena.
- ❖ Iako su kod sva tri taksona najdominantnije kategorije plena iste, u ishrani parentalnih vrsta, postoji razlika u prisustvu manje učestalih redih kategorija plena, koje se javljaju u ishrani *P. ridibundus* a odsustvuju u ishrani *P. lessonae*. Kategorije manje zastupljenog plena su bile prisutne i u ishrani hibrida ali u manjem procentu nego kod *P. ridibundus*. Kod *P. ridibundus* je identifikovan plen većih dimenzija u odnosu na druga dva taksona. S druge strane kod *P. lessonae* je identifikovan veći broj pojedinačnih komponenti plena po želucu. Pretpostavlja se da *P. lessonae* i *P. esculentus* svoje strategije ishrane fokusiraju na manji broj kategorija plena sa većom dominacijom, što objašnjava visoku dominantnost tri kategorije i nizak diverzitet plena u ishrani *P. lessonae*.
- ❖ Utvrđeno je da sva tri taksona imaju široke i nespecijalizovane niše ali da je unutar kompleksa najuža trofička niša odlika *P. lessonae* a najšira hibridnog taksona *P. esculentus*. Razlike u

širini trofičkih niša u kontekstu ponude resursa na različitim lokalitetima ukazuju na postojanje filogenetskog signala, odnosno na to da *P. lessonae a priori* ima užu trofičku nišu u odnosu na *P. ridibundus* i *P. esculentus*.

- ❖ Preklopi trofičkih niša između taksona bili su značajno veći između *P. lessonae* i *P. esculentus* u odnosu na *P. ridibundus* što sugerira na diferencijaciju koja je rezultat razlika u korišćenju resursa različitih taksona, što je posebno izraženo između parentalnih vrsta.
- ❖ U odnosu na profile ishrane, sva tri taksona žaba na svakom od tri lokaliteta sui mala drugačiji položaj niše. To ukazuje da je ishrana zelenih žaba iz *Pelophylax esculentus* kompleksa u većoj meri zavisila od konteksta lokaliteta tj. lokalne trofičke ponude koja je pak zavisila od karakteristika staništa tj. njegove povoljnosti (npr. nivoa eutrofikacije, antropogenog pritiska) a manje od takson-specifičnog filogenetskog signala odnosno bionomične ograničenosti i aktivnog izbora plena.
- ❖ Stanišna povoljnost istraživanog područja je okarakterisana kao umereno nepovoljna usled visoke zastupljenosti poljoprivrednih površina i fragmentiranosti područja. Na HS skorove, veći uticaj su imali scenopoetični faktori u odnosu na bionomične i disperzione. Sintezni model stanišne povoljnosti raspoznaje ukupno 13 dema u okviru metapopulacione organizacije zelenih žaba na istraživanom području. Tri deme najveće površine i verovatnoće opstanka u različitim scenarijima se mogu okarakterisati kao glavna izvorna staništa čiji emigranti diseprijama stabilizuju metapopulacionu organizaciju.
- ❖ Populacija zelenih žaba iz *Pelophylax esculentus* kompleksa na istraživanom području se na osnovu PVA može okarakterisati kao vijabilna budući da u vremenskom intervalu od 100 godina ne postoji rizik od izumiranja za zelene žabe, čak i u uslovima povišenog stohasticiteta. Analiza osetljivosti je pokazala da na eventualno povećanje rizika od izumiranja najveći uticaj imaju parametri preživljavanja najranijih uzrasnih kategorija i fekunditeta reproduktivnih uzrasnih kategorija.
- ❖ Promenama u demografiji zelenih žaba, naročito u najranijim i najosetljivijim stadijumima, opšti rizik izumiranja bi se naglo povećao na preko 10%, što – prema IUCN kriterijumima ukazuje da regionalna evaluacija rizika izumiranja svrstava ove taksone u kategoriju ranjivih (**VU**) prema kriterijumu „E“.
- ❖ Na integumentu sva tri taksona detektovan je veliki broj fungalnih struktura i izolata od kojih se neki mogu okarakterisati kao tranzijenti iz okruženja koji zavise od karakteristika lokaliteta a neki kao pravi kolonizatori koji kompletiraju životni ciklus na koži zelenih žaba. Među

kolonizatorima identifikovane su patogene gljive (*Fonsecaea* sp. i *Aphanomyces* sp.) ali i potencijalni patogeni čija ekologija i odnos sa zelenim žabama još uvek nije dovoljno proučen (*Pseudotaeniolina globosa* i *Quambalaria cyanescens*).

- ❖ Najveći diverzitet gljiva je dokumentovan sa kože hibridnog taksona, *Pelophylax esculentus* i na lokalitetu Stevanove ravnice. Ovi rezultati sugerišu da diverzitet epimikotskih zajednica zavisi od uslova sredine kao što su tip vodnog tela, nivo eutrofikacije i/ili antropogeni pritisak, ali i od uticaja peptida sa antimikrobnim dejstvom koji se sintetišu u sluznim žlezdama dermisa žaba.
- ❖ Patogena gljiva *Batrachochytrium dendrobatidis* nije identifikovana na zelenim žabama istraživanog područja ali detekcija pseudogljive roda *Aphanomyces* na koži može ukazivati na prethodnu *Bd* infekciju. Odsustvo *Bd* infekcije među analiziranim uzorcima kao i fizičkih pokazatelja infekcije (poput masovnih uginuća, oštećenja na koži i sl.) na istraživanim lokalitetima ne umanjuje značaj zelenih žaba iz *Pelophylax esculentus* kompleksa kao rezervoara i vektora ove infekcije u Evropi.
- ❖ Veliki broj identifikovanih silikatnih algi sa kože žaba ukazuje na to da koža zelenih žaba predstavlja povoljnu sredinu za opstanak silikatnih algi. Razlike u brojnosti silikatnih algi kao i njihovog diverziteta na koži zelenih žaba posledica su različitih sredinskih uslova na različitim lokalitetima sa kojih su žabe uzorkovane. Veći diverzitet silikatnih algi je bio u korelaciji sa visinom eutrofikacije. Budući da su ovo prvi dokumentovani nalazi silikatnih algi sa kože žaba, dalja istraživanja, posebno u laboratorijskim uslovima bi mogla pokazati da li je koža žaba stalno ili privremeno stanište za zelene žabe.
- ❖ Generalno, parentalne vrste su imale bolju telesnu kondiciju od hibrida i njihove najbolje telesne kondicije su bile na onim lokalitetima sa staništima koja odgovaraju preferiranim staništima datih vrsta. Uopšteno uzevši, konkretan kontekst lokaliteta se pokazao važnijim i u slučaju telesnih kondicija budući da u slučaju sva tri taksona najniža telesna kondicija je pribeležena na lokalitetu koje je antropogeno-modifikovano i pod konstantnim pritiskom niza ugrožavajućih faktora (kanal DTD).
- ❖ Prema aktuelnoj Uredbi (Službeni glasnik RS, br. 95/2018) koja ne uzima u obzir telesnu kondiciju već samo telesnu masu ili dužinu, rezultati o kondicionom statusu zelenih žaba sa istraživanog područja mogu poslužiti kao osnova za unapređenje i/ili definisanje novih kriterijuma za dobijanje dozvola za uzorkovanje i/ili eksploataciju.

- ❖ Na osnovu dobijenih rezultata predloženi su sledeći elementi efikasnog plana zaštite i mere aktivnog upravljanja populacijama zelenih žaba na istraživanom području: uspostavljanje adekvatnog sistema biomonitoringa, sistematsko testiranje populacija na prisustvo patogena, održavanje kanalske mreže na način kojim se ne bi umanjila njena meliraciona i transportna funkcija ali kojim bi se obezbedio opstanak živog sveta u okviru formiranih staništa (npr. odgušivanje kanala uz održavanje prirodne obodne vegetacije), kontrola alohtonih invazivnih vrsta, konstrukcija novih reproduktivnih centara i migratornih koridora, usklađivanje prakse poljoprivrede i stočarstva u okviru zaštićenih prirodnih dobara sa ustanovljenim režimima zaštite, proširenje površina pod zaštitom i edukovanje upravljača i lokalnih zajednica o značaju zelenih žaba kao i njihovo uključivanje u konkretne konzervacione aktivnosti.

## 10. Literatura

- Addinsoft (2021). XLSTAT statistical and data analysis solution. New York, USA.
- Akçakaya, H. R. (2000). Population viability analyses with demographically and spatially structured models. *Ecological Bulletin*, 48(48), 23-38.
- Akçakaya, H. R., Root, W. (2002). RAMAS GIS: linking spatial data with population viability analysis (version 4.0). Applied Biomathematics, Setauket, NY.
- Akin, C., Bilgin, C. C., Beerli, P., Westaway, R., Ohst, T., Litvinchuk, S. N., Uzzel, T., Bilgin, M., Hotz, H., Guex, G-D, Plötner, J. (2010). Phylogeographic patterns of genetic diversity in eastern Mediterranean water frogs have been determined by geological processes and climate change in the Late Cenozoic. *Journal of Biogeography*, 37(11), 2111-2124.
- Almond, R. E. A., Grooten, M., Juffe Bignoli, D., Petersen, T. (2022). *Living Planet Report 2022: Building a naturepositive society*. WWF, Gland, Switzerland.
- Anđelković, M., Bogdanović, N. (2022). Amphibian and Reptile Road Mortality in Special Nature Reserve Obedska Bara, Serbia. *Animals*, 12(5), 561.
- Andrewartha, H. G., Birch, L. C. (1954). *The distribution and abundance of animals*. University of Chicago Press, Chicago.
- Anonimus (2011). Plan upravljanja SRP „Deliblatska peščara“ za period od 2011. do 2020. godine. JP „Vojvodina šume“, Petrovaradin.
- Anonimus (2015). Plan upravljanja PIO „Karaš-Nera“ za period od 2016. do 2025. godine. JKP “Belockrvanski komunalac”, Bela Crkva.
- Araújo, M. B., Anderson, R. P., Márcia Barbosa, A., Beale, C. M., Dormann, C. F., Early, R., Garcia, R. A., Guisan, A., Maiorano, L., Naimi, B., O'Hara, R. B., Zimmermann, N. E., Rahbek, C. (2019). Standards for distribution models in biodiversity assessments. *Science Advances*, 5, 3-10
- Arikan, H., Olgun, K. I., Çevik, E. C., Rok, V. (1998). A taxonomical study on the *Rana ridibunda* Pallas, 1771 (Anura: Ranidae) Population from Ivriz-Eregli (Konya). *Turkish Journal of Zoology*, 22, 181-184.



- Arnold, E. N. (2003). *Reptiles and amphibians of Europe*. Princeton University Press.
- Arnold, N., Oviden, D. (2004). *Collins Field Guide to the Reptiles and Amphibians of Britain and Europe*. London, Harper Collins
- Baláz, V., Vojar, J., Civiš, P., Šandera, M., Rozinek, R. (2014b). Chytridiomycosis risk among Central European amphibians based on surveillance data. *Diseases of Aquatic Organisms*, 112, 1-8.
- Baláz, V., Vörös, J., Civiš, P., Vojar, J., Hettyey, A., Sós, E., Dankovics, R., Jehle, R., Christiansen, D. G., Clare, F., Fisher, M. C., Garner, T. W. J., Bielby, J. (2014a). Assessing risk and guidance on monitoring of *Batrachochytrium dendrobatidis* in Europe through identification of taxonomic selectivity of infection. *Conservation Biology*, 28, 213-223.
- Băncilă, R. I., Hartel, T., Plăiașu R., Smets, J., Cogălniceanu, D. (2010). Comparing three body condition indices in amphibians: a case study of yellow-bellied toad *Bombina variegata*. *Amphibia-reptilia*, 31(4), 558-562.
- Bancroft, B., Baker, N., Blaustein, A. (2008). A meta-analysis of the effects of ultraviolet B radiation and its synergistic interactions with pH, contaminants, and disease on amphibian survival. *Conservation Biology*, 22, 987-996.
- Barbosa, F. G., Both, C., Araújo, M. B. (2017). Invasive American bullfrogs and African Clawed Frogs in South America: High Suitability of Occurrence in Biodiversity Hotspots. *Zoological studies*, 56, e28.
- Barnosky, A. D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G. O. U., Swartz, B., Quental, T. B., Marshall, C., McGuire, J. L., Lindsey, E. L., Maguire, K. C., Mersey, B., Ferrer, E. (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature*, 471, 51-57.
- Beaupre, S. J., Jacobson, E. R., Lillywhite, H. B., Zamudio, K. (2004). Guidelines for use of live amphibians and reptiles in field and laboratory research. *American Society of Ichthyologists and Herpetologists*
- Beebee, T., Buckley, J., Evans, I., Foster, J., Gent, A., Gleed-Owen, C., Zeisset, I. (2005). Neglected native or undesirable alien? Resolution of a conservation dilemma concerning the pool frog *Rana lessonae*. *Biodiversity & Conservation*, 14(7), 1607-1626.

- Bensch, K., Braun, U., Groenewald, J. Z., Crous, P. W. (2012). The genus *Cladosporium*. *Studies in Mycology*, 72, 1-401.
- Beolens, B., Watkins, M., Grayson, M. (2013). *The eponym dictionary of amphibians*. Pelagic Publishing, Exeter, England.
- Berezovikov, N. N., Duisebayeva, T. N., Khromov, V. A., Starikov, S.V. (2001). New data on the distribution of *Rana ridibunda* at the southeastern and east of Kazakhstan. *Problems of Herpetology, Pushchino*, 26-28.
- Berger, L. (1966). Biometrical studies on the population of green frogs from the environs of Poznan. *Annales Zoologici*, 23(11), 303-324.
- Berger, L. (1967). Embrional and larval development of F1 generation of green frogs different combinations. *Acta Zoologica Cracoviensia*, 12, 123-160.
- Berger, L. (1983). Western Palearctic water frogs (Amphibia, Ranidae): Systematics, genetics and population compositions. *Experientia*, 39(2), 127-130.
- Berger, L. (1988). On the origin of genetic systems in European water frog hybrids. *Zoologica Poloniae*, 35, 5-32.
- Berger, L., Berger, W. A. (1994). Persistence of all-hybrid water frog populations (*Rana* kl. *esculenta*) in Northern Germany. *Genetica Polonica*, 35, 73-80.
- Berger, L., Speare, R., Daszak, P., Green, D. 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, G., Parkes, H. (1998). Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forests of Australia and Central America. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 95, 9031-9036.
- Berne Convention (1979). Berne Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats – European Treaty Series
- Binot, M., Bless, R., Boye, P., Gruttke, H., Pretscher, P. (1998). Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. Münster (Landwirtschaftsverlag). Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz.

- BirdLife International (2022) Important Bird Areas factsheet: Labudovo okno. Preuzeto 6.10.2022. sa <http://www.birdlife.org>
- Blank, L., Blaustein, L. (2012). Using ecological niche modeling to predict the distributions of two endangered amphibian species in aquatic breeding sites. *Hydrobiologia*, 685(1), 121-134.
- Blaustein, A. R., Walls, S. C., Bancroft, B. A., Lawler, J.J., Searle, C.L., Gervasi, S.S. (2010). Direct and indirect effects of climate change on amphibian populations. *Diversity*, 2 (2), 281-313.
- Borkin, L. J., Korshunov, A. V., Lada, G. A., Litvinchuk, S. N., Rosanov, J. M., Shabanov, D. A., Zinenko, A. I. (2004b). Mass occurrence of polyploid green frogs (*Rana esculenta* complex) in Eastern Ukraine. *Russian Journal of Herpetology*, 11(3), 194-213.
- Borkin, L. Y., Litvinchuk, S., Rozanov, Y., Skorinov, D. (2004a). On cryptic species (from the example of amphibians). *Zoologicheskii zhurnal*, 83, 936-960.
- Boyce, M. S., McDonald, L. L. (1999). Relating populations to habitats using resource selection functions. *Trends in Ecology & Evolution*, 14(7), 268-272.
- Breka, K., Krizmanić I., Stamenković S. (2023). Western Palearctic water frogs' (*Pelophylax esculentus* complex) body condition in mixed population systems in Serbia follow levels of habitat suitability. *Russian Journal of Herpetology* (Rad prihvaćen za štampu)
- Breka, K., Krizmanić, I., Vukov, T., Stamenković, S. (2020). A procedure for taxon assessment based on morphological variation in European water frogs (*Pelophylax esculentus* complex). *Turkish journal of Zoology*, 44(3), 215-223.
- Breka, K., Plečaš M., Dudić, B., Stojanović K., Vesović, N., Krizmanić, I., Stamenković, S. (2019). Feeding habits of the water green frogs *Pelophylax esculentus* complex in R-E-L population systems in Serbia. U: *Zbornik sažetaka XX European Congress of Herpetology* (246). Milan, Italy.
- Breka, K., Stupar, M., Stamenković, S., Savković Ž., Krizmanić, I., Ljaljević Grbić, M. (2022). *Pseudotaeniolina globosa* and *Quambalaria cyanescens*: Rare fungal species within the microbiome of green frogs' integument (*Pelophylax esculentus* complex) in Serbia. U: *Zbornik sažetaka XXI European Congress of Herpetology* (195). Belgrade, Serbia

- Briggs, C. J., Knapp, R. A., Vredenburg, V. T. (2010). Enzootic and epizootic dynamics of the chytrid fungal pathogen of amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 107, 9695-9700.
- Brock, P. D. (2017). *A photographic guide to Insects of Southern Europe, the Mediterranean*. Pisces Publications, Berkshire.
- Brodeur, J. C., Suarez, R. P., Natale, G. S., Ronco, A. E., Zaccagnini, M. E. (2011). Reduced body condition and enzymatic alterations in frogs inhabiting intensive crop production areas. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74(5), 1370-1380.
- Brook, B. W., Sodhi, N. S., Bradshaw, C. J. (2008). Synergies among extinction drivers under global change. *Trends in Ecology & Evolution*, 23(8), 453-60.
- Bucciarelli, G. M., Clark, M. A., Delaney, K. S., Riley, S. P. D., Shaffer, H. B., Fisher, R. N., Honeycutt, R. L., Kats, L. B. (2020). Amphibian responses in the aftermath of extreme climate events. *Scientific Reports*, 10(1), 3409.
- Buckley, J., Foster, J. (2005). Reintroduction strategy for the pool frog *Rana lessonae* in England. *English Nature Research Report*, 642, 1-53.
- Bukurov, B. (1978). *Bačka, Banat i Srem*. Matica Srpska, Novi Sad.
- Bulgarini, F., Calvario, E., Fraticelli, F., Petretti, F., Sarrocco, S. (1998). Libro Rosso Degli Animali d'Italia. WWF Italia and MURST, Roma.
- Burfield, I., van Bommel, F. (2004). Birds in Europe: Population estimates, trends and conservation status. Bird Life International, Cambridge.
- Butchart, S. H., Akçakaya, H., Chanson, J., Baillie, J. E., Collen, B., Quader, S., Turner, W. R., Amin, R., Stuart, S. N., Hilton-Taylor, C. (2007) Improvements to the Red List Index. *PLoS ONE*, 2(1), e140.
- Calabrese, J. M., Fagan, W. F. (2004). A Comparison-Shopper's Guide to Connectivity Metrics. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2, 529-536.

- Camp, J. V., Bakonyi, T., Soltész, Z., Zechmeister, T. & Nowotny, N. (2018). *Uranotaenia unguiculata* Edwards, 1913 are attracted to sound, feed on amphibians, and are infected with multiple viruses. *Parasites & Vectors*, *11*(1), 456.
- Campbell, H. W., Christman, S. P., (1982). Field techniques for herpetofaunal community analysis. U: *Herpetological communities*. U.S. Fish Wildlife Service.
- Chase, J. M., Leibold, M. A. (2003). *Ecological niches: linking classical and contemporary approaches*. The University of Chicago Press, Chicago and London.
- Chinery, M. (1993). *Collins Guide to the Insects of Britain and Western Europe*. HarperCollins Publishers, London.
- Christiansen, D. G. (2009). Gamete types, sex determination and stable equilibria of all-hybrid populations of diploid and triploid edible frogs (*Pelophylax esculentus*). *BMC Ecology and Evolution*, *15*(9), 135.
- Christiansen, D. G., Fog, K., Pedersen, B. V., Boomsma, J. J. (2005). Reproduction and hybrid load in all hybrid populations of *Rana esculenta* water frogs in Denmark. *Evolution*, *59*, 1348-1361.
- Christiansen, D. G., Jakob, C., Arioli, M., Roethlisberger, S., Heinz-Ulrich, R. (2010). Coexistence of diploid and triploid hybrid water frogs: population differences persist in the apparent absence of differential survival. *BMC Ecology*, *10*(1), 14.
- Çiçek, K., Mermer, A. (2007). Food composition of the Marsh Frog, *Rana ridibunda* Pallas, 1771, in Thrace. *Turkish Journal of Zoology*, *31*(1), 83-90.
- Collins, J. P. (1975). *A comparative study of the life history strategies in a community of frogs*. Ph.D. dissertation, University of Michigan.
- Cox, N. A., Temple, H. J. (2009). European Red List of Reptiles. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Crump, M. L. (1992). Cannibalism in amphibians. U: *Cannibalism. Ecology and Evolution among Diverse Taxa*. (Urednici: Elgar, M. A., Crespi, B. J.). Oxford University Press, Oxford.
- Darroch, J. N., Mosimann, J. E. (1985). Canonical and principal components of shape. *Biometrika*, *72*(2), 241-252.

- Daum, J. M., Davis, L. R., Bigler, L., Woodhams, D. C. (2012). Hybrid advantage in skin peptide immune defenses of water frogs (*Pelophylax esculentus*) at risk from emerging pathogens. *Infection, Genetics and Evolution*, 12(8), 1854-64
- De Vos, J. M., Joppa, L. N., Gittleman, J. L., Stephens, P. R., Pimm, S. L. (2015). Estimating the normal background rate of species. *Conservational Biology*, 29(2), 452-462.
- Decoursey, D. G. (1992). Developing models with more detail: do more algorithms give more truth? *Weed Technology*, 6(3), 709-715.
- Dedukh, D., Litvinchuk, J., Svinin, A., Litvinchuk, S., Rozanov, Y., Krasikova, A. (2019). Variation in hybridogenetic hybrid emergence between populations of water frogs from the *Pelophylax esculentus* complex. *PLoS ONE*, 14(11), e0224759.
- Dély, O. G. (1967). *Kétéltyűek – Amphibia. Fauna Hungarie*. Akadémiai kiadó, XX (3), Budapest.
- Denić, Lj., Čađo, S., Ćurković, A., Novaković, B., Dopuđa-Glišić, T., Stojanović, Z., Veljković, N. (2015). *Izveštaj o statusu površinskih voda u 2012. i 2013. godini*. Agencija za zaštitu životne sredine, Ministarstvo zaštite životne sredine RS, Beograd.
- Denić, Lj., Čađo, S., Dopuđa-Glišić, T., Đurković, A., Novaković, B., Veljković, N., Stojanović, Z., Domanović M. (2018). *Izveštaj o statusu površinskih voda Srbije u 2015. i 2016. godini*. Agencija za zaštitu životne sredine, Ministarstvo zaštite životne sredine RS, Beograd.
- Denoël, M., Duret, C., Lorrain-Soligon, L. Padilla, P. Pavis, J. Pille, F. Tendron, P. Ficetola G. F., Falaschi, M. (2022). High habitat invasibility unveils the invasiveness potential of water frogs. *Biological Invasions*, 24(11), 3447-3459.
- Diamond, J. M. (1984). 'Normal' extinction of isolated populations In: *Extinctions*, M.H. Nitecki (Ed.), 191-246, Chicago University Press, Chicago, USA
- Dillon, W. R., Goldstein M. (1984). *Multivariate Analysis—Methods and Applications*. New York, NY, USA: Wiley.
- Direktoratet for naturforvaltning (2006). Handlingsplan for damfrosk *Rana lessonae*. Rapport 2006-2
- Dolmen, D. (1997). Damfrosk - ny art for Norge. U: *Natur 97/98*: Tapir forlag.

- Dolmen, D. (2012). Damfrosk *Rana (Pelophylax) lessonae* – Sluttrapport for arbeids- og framdriftsplan for perioden 2006-2011. Fylkesmannen i Aust-Agder
- Dorđević, Ž. (1990a). *Amfibije i Reptilije u Srbiji*, Državna štamparija Kraljevine Srbije, Beograd
- Dorđević, Ž. (1990b): Prilozi za poznavanje srpske faune amfibija i reptilija. *Glasnik Srpske Kraljevske Akademije*, 61, 187-201.
- Dubey, S., Maddalena, T., Bonny L, Jeffries, D. L., Dufresnes C. (2019). Population genomics of an exceptional hybridogenetic system of *Pelophylax* water frogs. *BMC Evolutionary Biology*, 19, 164.
- Dufresnes, C. (2019). *Amphibians of Europe, North America and the Middle east. A photographic guide*. Bloomsbury wildlife. London
- Dufresnes, C., Leuenberger, J., Amrhein, V., Bühler, C., Thiébaud, J., Bohnenstengel, T., Dubey, S. (2018). Invasion genetics of marsh frogs (*Pelophylax ridibundus* sensu lato) in Switzerland, *Biological Journal of the Linnean Society*, 123(2), 402-410.
- Dufresnes, C., Mazepa, G. (2020). Hybridogenesis in Water Frogs. *eLS*, 1, 718-726.
- Dufresnes, F., Hebert, P. D. N. (1994). Hybridization and origins of polyploidy. *Biological Sciences*, 258(1352), 141-146.
- Dunham, A. E. (1983). *Realized niche overlap, resource abundance and intensity of interspecific competition*. U: Lizard Ecology. (Urednici: Huey, R. B, Pianka, E. R., Schoener, T. W.). Harvard University Press, London.
- Džukić G., Kalezić, M., Ljubisaveljvić, K. i Krizmanić, I. (2001). Integrativna analiza prometa zelenim žabama (*Ranae aquaticae*) u SR Jugoslaviji u svetlu mogućnosti održivog korišćenja i očuvanja biološke raznovrsnosti. – Studija I i II. Savezni sekretarijat za rad, zdravstvo i socijalno stanje. Sektor za životnu sredinu.
- Džukić, G. (1993). *Fauna, zoogeografija i zaštita repatih vodozemaca (Caudata) Srbije*. Doktorska disertacija. Fakultet za biološke nauke, Univerzitet u Beogradu.
- Džukić, G. (1995). Diverzitet vodozemaca (Amphibia) i gmizavaca (Reptilia) Jugoslavije, sa pregledom vrsta od međunarodnog značaja. Biološki fakultet, 447-469.

- Džukić, G. (1998). *Herpetofauna Deliblatske peščare*. U: Specijalni rezervat prirode „Deliblatska peščara“ - elaborat, Beograd: Zavod za zaštitu prirode Republike Srbije
- Džukić, G., Kalezić, M., Ljubisavljević, K. (2003). Zaštita i očuvanje zelenih žaba u Srbiji i Crnoj Gori. Savezni sekretarijat za rad, zdravstvo i socijalno staranje, 126, Beograd
- Ebendal, T. (1979). Distribution, morphology and taxonomy of the Swedish green frogs (*Rana esculenta* complex). *Mitteilungen aus dem Zoologischen Mu-seum in Berlin*, 55(1), 143-152.
- Elith, J., Leathwick, J.R. (2009). Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40(1), 677-697.
- Elton, C. (1927). *Animal ecology*. Sidgwick and Jackson, London.
- Erismis, U. C. (2011). Abundance, demography and population structure of *Pelophylax ridibundus* (Anura: Ranidae) in 26-August National Park (Turkey). *North-Western Journal of Zoology*, 7(1), 5-16.
- Escofier, B., Pagès, J. (2008). *Analyses factorielles simples et multiples, Objectifs, methods et interprétation*. Paris, France: Dunod (in French).
- European Commission (2003a). Annex IV – Animal and Plant Species of Community interest in need of strict Protection. – Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora, p. 2014.
- European Commission (2003b). Annex V – Animal and Plant Species of Community interest whose taking in the wild and exploitation may be subject to management measures. – Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora, p.2056.
- European Commission (2002). Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) Guidance Document No. 8. Public Participation in Relation to the Water Framework Directive. Working group 2.9 – Public Participation. Luxembourg.
- European Union, Copernicus Land Monitoring Service (2021). European Environment Agency (EEA)
- Fauna Europaea (2011). Fauna Europaea version 2.4. Preuzeto 20.5.2022. sa: <https://fauna-eu.org>



- Fei, L., Ye, C. Y., Huang, Y. A., Liu, M. Y. (1999). Atlas of Amphibians of China. Henan Science and Technical Press, Zhengzhou
- Ferguson-Lees, J., Christie, D. A. (2001). Raptors of the World. Christopher Helm, London
- Fodor, L., Bada, G., Csillag, G., Horvát, E., Ruskiczay-Rüdiger, Z., Palotás, K., Síkhegyi, F., Timár, G., Cloeting, S., Horvát, F. (2005). An outline of neotectonic structures and morphotectonics of the western and central Pannonian Basin. *Tectonophysics*, 410, 15-41.
- Fog, K. (2006). The Danish Red Data Book. – The National Environmental Research Institute.
- Franklin, J. (2010). *Mapping Species Distributions*. Cambridge University Press
- Frost, D. R. (2023). Amphibian Species of the World, version 6.0. Preuzeto 04.04.2023. sa <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/>
- Gasc, J. P., Cabela, A., Crnobrnja – Isailović, J., Dolmen, D., Groddenbacher, K., Haffner, P., Lescure, J., Martens, H., Martinez Rica, J. P., Maurin, H., Olivera, M. E., Sofianidou, T. S., Veith, M., Zuiderwijk, A. (1997). Atlas of Amphibians and Reptiles in Europe. Societas Europaea Herpetologica & Museum National d'Histoire Naturelle, Paris
- Gaylarde, P. M., Gaylarde, C. C. (1998). *A rapid method for the detection of algae and cyanobacteria on the external surfaces of buildings*. U: 3rd Latin American Biodegradation and Biodeterioration Symposium. (Urednici: Gaylarde, C.C., Barbosa T.C.P. and Gabilan, N.H.). The British Phycological Society, UK.
- Gilpin, M. E., Soulé, M. E. (1986). Minimum Viable Populations: Processes of Species Extinction". In M. E. Soulé (ed.). *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*. Sunderland, Mass: Sinauer. pp. 19–34
- Gislén, T., Kauri, H. (1959). Zoogeography of the Swedish amphibians and reptiles with notes on their growth and ecology. *Acta Vertebratica*, 1(3), 197-397.
- Glass, N. L., Donaldson, G. C. (1995). Development of primer sets designed for use with the PCR to amplify conserved genes from filamentous ascomycetes. *Applied and Environmental Microbiology*, 61(4), 1323-1330.

- Goldberg, C. S., Waits, L. P. (2009). Using habitat models to determine conservation priorities for pond-breeding amphibians in a privately-owned landscape of northern Idaho, USA. *Biological Conservation*, 142(5), 1096-1104.
- Gotelli, N. J. (2008). *A primer of ecology*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc.
- Gotelli, N. J., Colwell, R.K. (2011). Estimating Species Richness. U: *Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment*. (Urednici: Magurran, A. E., McGill, B. J.). Oxford University Press, New York
- Gotelli, N. J., Entsminger, G. L. (2011). EcoSim: null modeling software for ecology. Version 7.0. Preuzeto sa: <http://garyentsminger.com/ecosim/index.htm>.
- Gotelli, N. J., Graves, G. C. (1996). *Null models in ecology*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC
- Graf, J. D., Polls Pelaz, M. (1989). Evolutionary genetics of *Rana esculenta* complex. U: *Evolution and ecology of unisexual vertebrates*. (Urednici: Dawley, R. M., Bogart, J. P.). The New York State Museum Bulletin, Albany
- Grinnell, J. (1917). The niche-relationships of the California thrasher. *The Auk*, 34(4), 427-433.
- Groff, L. A., Marks, S. B., Hayes, M. P. (2014). Using ecological niche models to direct rare amphibian surveys: A case study using the Oregon Spotted Frog (*Rana pretiosa*). *Herpetological Conservation and Biology* 9(2), 354-368.
- Gubányi, A., Korsós, Z. (1992). Morphological analysis of two Hungarian water frog (*Rana lessonae-esculenta*) populations. *Amphibia-Reptilia*, 13 (3), 235-243.
- Guisan, A., Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modeling*, 135(2-3), 147-186
- Günther , R., Plötner, J. (1994). Morphometric, enzymological and bioacoustic studies in Italian water frogs (Amphibia, Ranidae). *Zoologica Poloniae*, 39 (3-4), 287-415.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., Ryan, P. D. (2001). PAST: Palaeontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 1-9.
- Hanski, I. (1998). Metapopulation Dynamics. *Nature*, 396, 41-49.

- Harvey, P. H., Pagel, D. M. (1991). *The Comparative Method in Evolutionary Biology*. Oxford University Press, Oxford
- Hassell, M., Crawley, M. J., Godfray, H. C., Lawton, J. H. (1998). Top-down versus bottom-up and the Ruritanian bean bug. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 95(18), 10661-4.
- Hayes, T. B., Falso, P., Gallipeau, S., Stice, M. (2010). The cause of global amphibian declines: a developmental endocrinologist's perspective. *The Journal of Experimental Biology*, 213(6), 921-933.
- Hegde, G., Krishnamurthy, S. V. (2014). Health status of common frog *Fejervarya limnocharis* (Anura: Ranidae) in rice-paddy agroecosystems of Western Ghats, India. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Scienc*, 14(12), 1492-1497.
- Herczeg, D., Vörös, J., Christiansen, D., Benovics, M., Mikuliček, P. (2017). Taxonomic composition and ploidy level among European water frogs (Anura: Ranidae: *Pelophylax*) in eastern Hungary. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 55(2), 129-137.
- Hermaniuk, A., Czajkowska, M., Borkowska, A. Taylor, J. R. (2020). Body size variation in hybrids among populations of European water frogs (*Pelophylax esculentus* complex) with different breeding systems. *Amphibia-Reptilia*, 41(3), 361-371.
- Hirzel, A. H., Le Lay, G. (2008). Habitat suitability modelling and niche theory. *Journal of Applied Ecology*, 45(5), 1372-1381.
- Hoffmann, A., Plötner, J., Pruvost, N. B., Christiansen, D. G., Röthlisberger, S., Choleva, L., Mikuliček, P., Cogălniceanu, D., Sas-Kovács, I., Shabanov, D., Morozov-Leonov, S., Reyer, H. U. (2015). Genetic diversity and distribution patterns of diploid and polyploid hybrid water frog populations (*Pelophylax esculentus* complex) across Europe. *Molecular Ecology*, 24(17), 4371-91.
- Hoffmann, M., Hilton-Taylor, C., Angulo, A., Böhm, M., Brooks, T. M., Butchart, S. H., Carpenter, K. E., Chanson, J., Collen, B., Cox, N. A., Darwall, W. R., Dulvy, N. K., Harrison, L. R., Katariya, V., Pollock, C. M., Quader, S., Richman, N. I., Rodrigues, A. S., Tognelli, M. F., Vié, J. C., Aguiar, J. M., Allen, D. J., Allen, G. R., Amori, G., Ananjeva, N. B., Andreone, F., Andrew, P., Aquino Ortiz, A. L., Baillie, J. E., Baldi, R., Bell, B. D., Biju, S. D., Bird, J. P., Black-Decima,

P., Blanc, J. J., Bolaños, F., Bolivar, G. W., Burfield, I. J., Burton, J. A., Capper, D. R., Castro, F., Catullo, G., Cavanagh, R. D., Channing, A., Chao, N. L., Chenery, A. M., Chiozza, F., Clausnitzer, V., Collar, N. J., Collett, L. C., Collette, B. B., Cortez Fernandez, C. F., Craig, M. T., Crosby, M. J., Cumberlidge, N., Cuttelod, A., Derocher, A. E., Diesmos, A. C., Donaldson, J. S., Duckworth, J. W., Dutson, G., Dutta, S. K., Emslie, R. H., Farjon, A., Fowler, S., Freyhof, J., Garshelis, D. L., Gerlach, J., Gower, D. J., Grant, T. D., Hammerson, G. A., Harris, R. B., Heaney, L. R., Hedges, S. B., Hero, J. M., Hughes, B., Hussain, S. A., Icochea, M. J., Inger, R. F., Ishii, N., Iskandar, D. T., Jenkins, R. K., Kaneko, Y., Kottelat, M., Kovacs, K. M., Kuzmin, S. L., La Marca, E., Lamoreux, J. F., Lau, M. W., Lavilla, E. O., Leus, K., Lewison, R. L., Lichtenstein, G., Livingstone, S. R., Lukoschek, V., Mallon, D. P., McGowan, P. J., McIvor, A., Moehlman, P. D., Molur, S., Muñoz Alonso, A., Musick, J. A., Nowell, K., Nussbaum, R. A., Olech, W., Orlov, N. L., Papenfuss, T. J., Parra-Olea, G., Perrin, W. F., Polidoro, B. A., Pourkazemi, M., Racey, P. A., Ragle, J. S., Ram, M., Rathbun, G., Reynolds, R. P., Rhodin, A. G., Richards, S. J., Rodríguez, L. O., Ron, S. R., Rondinini, C., Rylands, A. B., Sadovy de Mitcheson, Y., Sanciangco, J. C., Sanders, K. L., Santos-Barrera, G., Schipper, J., Self-Sullivan, C., Shi, Y., Shoemaker, A., Short, F. T., Sillero-Zubiri, C., Silvano, D. L., Smith, K. G., Smith, A. T., Snoeks, J., Stattersfield, A. J., Symes, A. J., Taber, A. B., Talukdar, B. K., Temple, H. J., Timmins, R., Tobias, J. A., Tsytsulina, K., Tweddle, D., Ubeda, C., Valenti, S. V., van Dijk, P. P., Veiga, L. M., Veloso, A., Wege, D. C., Wilkinson, M., Williamson, E. A., Xie, F., Young, B. E., Akçakaya, H. R., Bennun, L., Blackburn, T. M., Boitani, L., Dublin, H. T., da Fonseca, G. A., Gascon, C., Lacher, T. E. Jr, Mace, G. M., Mainka, S. A., McNeely, J. A., Mittermeier, R. A., Reid, G. M., Rodriguez, J. P., Rosenberg, A. A., Samways, M. J., Smart, J., Stein, B. A., Stuart, S. N. (2010). The impact of conservation on the status of the world's vertebrates. *Science*, 330(6010), 1503-9.

Holenweg Peter, A. K., Reyer, H. U., Tietje, G. A. (2002). Species and sex ratio differences in mixed populations of hybridogenetic water frogs: the influence of pond features. *Ecoscience*, 9(1), 1-11.

Holenweg, A. K., Reyer, H. U. (2000). Hibernation behavior of *Rana lessonae* and *R. esculenta* in their natural habitat. *Oecologia*, 123(1), 41-47.

Holsbeek, G., Jooris, R. (2010). Potential impact of genome exclusion by alien species in the hybridogenetic water frogs (*Pelophylax esculentus* complex). *Biological Invasions*, 12(1), 1-13

- Hoogesteger, T., Rahkonen, J., Karhilahti, A. (2013). Pool frog (*Pelophylax lessonae*) Camerano 1882 (Anura, Ranidae), an addition to the Finnish amphibian fauna. *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica*, 89, 25-31.
- Horsák, M., Juříčková, L., Pícka, J. (2013). *Molluscs of the Czech and Slovak Republics*. Nakladatelství Kabourek.
- Horvat, I., Glavač, V., Ellenberg, H. (1974). *Vegetation Südosteuropas*. Geobotanica selecta. Band IV. Gustav Fischer-Verlag, Stuttgart
- Hotz, H. (1974). Ein Problem aus vielen Fragen - europäische Grünfrösche (*Rana esculenta*-Komplex) und ihre Verbreitung. *Natur & Museum*, 104(9), 262-272.
- Hotz, H., Uzzell, T. (1982). Biochemical detected sympatry of two water frog 4 species: Two different cases in the Adriatic Balkans (Amphibia: Ranidae). *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 134, 50-79.
- Hůrka, K. (1996). *Carabidae of the Czech and Slovak Republics*. Kabourek, Zlín.
- Hurlbert, S. H. (1978). The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology*, 59(1), 67-77.
- Hurlbert, S. H. (1981). A gentle depilation of the niche: Dicean resource sets in resource hyperspace. *Evolutionary Theory*, 5, 177-184.
- Husson, F., Josse, J., Le, S., Mazet, J. (2010). FactoMineR: multivariate exploratory data analysis and data mining with R.
- Hutchinson, G. E. (1957). Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 22, 415-427.
- Hutchinson, G. E. (1978). *An introduction to population ecology*. Yale University Press
- Isaac, N. J. B., Mallet, J., Mace, G. M. (2004). Taxonomic inflation: its influence on macroecology and conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 19(9), 464-469.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). (2012): IUCN Red List Categories and Criteria. Version 3.1. Gland, Switzerland

- Jacobson, E. S. (2000). Pathogenic roles for fungal melanins. *Clinical microbiology reviews*, 13(4), 708-717.
- Jagadish, S. P., Arga C. A. (2005). Quantification of diatoms in biofilms: Standardisation of methods. *Biofouling*, 21(3-4), 181-188.
- Joint Nature Conservation Committee (2010). Handbook for Phase 1 habitat survey – a technique for environmental audit, JNCC, Peterborough
- Jongman, R. H. J., Braak, C. J. F., Tongeren, O. F. R. (1995). Data analysis in community and landscape ecology: List of Contributors. Cambridge University, Cambridge
- Jooris, R. (2002). *Pelophylax: de groene wachters aan dewaterkant*. Natuurpunt, Mechelen
- Kaplan, H. M. (1958). Marking and banding frogs and turtles. *Herpetologica*, 14, 131-132.
- Kearney, M., Porter, W. (2009). Mechanistic niche modelling: combining physiological and spatial data to predict species' ranges. *Ecology Letters*, 12(4), 334-350.
- Kenney, A. J., Krebs, C. J. (2003). EcoMeth: programs for ecological methodology, 2<sup>nd</sup> edition, ver. 7.4 Exeter Software, New York
- Knežević, A. (1990). *Ekološka i biljnogeografska analiza flore slatina Banata*. Doktorska disertacija. Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.
- Koh, L. P., Dunn, R. R., Sodhi, N. S., Colwell, R. K., Proctor, H. C., Smith, V. S. (2004). Species coextinctions and the biodiversity crisis. *Science*, 305(5690), 1632-1634.
- Kolbert, E. (2014). *The sixth extinction: An unnatural history*. A&C Black.
- Korzukhin, M., Ter-Mikaelian, M. T., Wagner, R. G. (1996). Process versus empirical models: which approach for forest ecosystem management? *Canadian Journal of Forest Research*, 26(5), 879-887.
- Krammer, K. (2002). The genus *Cymbella*. Vol. 3. U: *Diatoms of Europe: Diatoms of European Inland Waters and comparable habitats*. (Urednik: Lange-Bertalot, H.) Gantner Verlag, Ruggell
- Krammer, K., Lange-Bertalot H. (1991). Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae. Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) und *Gomphonema*. U: *Sübwasserflora von Mitteleuropa*

- 2/4. (Urednici: Ettl, H., Gärtner, G., Gerloff, J., Heynig, H. and Mollenhauer, D.), G. Fischer Verlag, Stuttgart & Jena
- Krammer, K., Lange-Bertalot H. (2004). Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa 2. U: *Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/3*. (Urednici: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H., Mollenhauer, D.), Fischer Verlag, Stuttgart
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H. (1986). Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. U: *Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/1*. (Urednici: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H., Mollenhauer, D.), G. Fischer Verlag, Jena
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H. (1988). Bacillariophyceae. 2. Teil. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. U: *Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/2*. (Urednici: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. and Mollenhauer, D.), G. Fischer Verlag, Jena
- Krebs, C. J. (2008). *The ecological world view*. Collingwood, VIC: Wallingford, United Kingdom, CSIRO Publishing.
- Krebs, C. J. (2014). *Ecological Methodology*. University of British Columbia, Vancouver.
- Krizmanić, I. (2008a). Water frogs (*Rana esculenta* complex) in Serbia – morphological data. *The Archives of Biological Sciences*, 60 (3), 449-457.
- Krizmanić, I. (2008b). Basic morphological characteristics of the *Rana (Pelophylax) synklepton esculenta* complex in relation to legal regulations in Serbia. *The Archives of Biological Sciences*, 60 (4), 629-639.
- Krizmanić, I. (2008c). Procena konzervacionog statusa zelenih žaba (*Rana synklepton esculenta* complex) u Srbiji - osnovne postavke. *Zaštita prirode*, 59(1-2), 127-150.
- Krizmanić, I., Ivanović, A. (2010). Population systems of the *Pelophylax* complex in the southern part of its range. *Folia Zoologica*, 59 (3), 215-222.
- Krizmanić, I. (2015). *Pelophylax lessonae*. U: *Crvena knjiga faune Srbije I – Vodozemci*. (Urednici: Kalezić, M., Tomović, LJ., Džukić, G.), Biološki fakultet i Zavod za zaštitu prirode Srbije, Beograd.

- Kuan, C. S., Yew, S. M., Toh, Y. F., Chan, C. L., Lim, S.K., Lee, K. W., Na, S. L., Hoh, C. C., Yee, W. Y., Ng, K. P. (2015). Identification and characterization of a rare fungus, *Quambalaria cyanescens*, isolated from the peritoneal fluid of a patient after nocturnal intermittent peritoneal dialysis. *PLOS ONE*, 10(12), e0145932.
- Kubatova, A., Cerny, M., Novakova, A. (2001). New records of micromycetes from the Czech Republic. IV. *Acrodontium salmoneum*, *Chaunopycnis alba*, and *Cylindrocarpostylus gregarious*, and notes on *Dactylaria lanosa* and *Trichoderma saturnisporum*. *Czech Mycology*, 53(3), 237-255.
- Kueneman, J. G., Weiss, S., McKenzie, V. J. (2017). Composition of micro-eukaryotes on the skin of the cascades frog (*Rana cascadae*) and patterns of correlation between skin microbes and *Batrachochytrium dendrobatidis*. *Frontiers in Microbiology*, 8, 2350.
- Kuzmin S. L. (1999). *The amphibians of the former Soviet Union*. Pensoft, Sofia-Moscow.
- Kuzmin, S., Beebee, T., Andreone, F., Nyström, P., Anthony, B., Schmidt, B., Ogrodowczyk, A., Ogielska, M., Cogalniceanu, D., Kovács, T., Kiss, I., Puky, M., Vörös, J. (2009b). *Pelophylax lessonae* - The IUCN Red List of Threatened Species
- Kuzmin, S., Beebee, T., Andreone, F., Nyström, P., Anthony, B., Schmidt, B., Ogrodowczyk, A., Ishchenko, V., Ananjeva, N., Orlov, N., Tuniyev, B., Ogielska, M., Miaud, C., Loman, J., Cogalniceanu, D., Kovács, T. (2009c). *Pelophylax esculentus*. The IUCN Red List of Threatened Species
- Kuzmin, S., Tarkhnishvili, D., Ishchenko, V., Dujsebayaeva, T., Tuniyev, B., Papenfuss, T., Beebee, T., Ugurtas, I. H. Sparreboom, M., Rastegar-Pouyani, N., Mousa Disi A. M., Anderson, S., Denoël, M., Andreone, F. (2009a). *Pelophylax ridibundus*. The IUCN Red List of Threatened Species
- Kuznetsov, A. V. i Ruchin, B. A. (2001). Effect of Fluctuations of pH and Illumination on Growth and Development of *Rana ridibunda* Larvae. *Entomological Review*, 81(2), S209-S214.
- Lada, G., Gordeev, D., Prilipko, S., Borkin, L., Litvinchuk, S., Rosanov, J. (2016). On the southern distributional limit of the pool frog, *Pelophylax lessonae* (Camerano, 1882): the first record in Volgograd region, Russia. *Biological Communications*, 3, 64-68.



- Lakušić, D., Blaženčić, J., Ranđelović, V., Butorac, B., Vukojičić, S., Zlatković, B., Jovanović, S., ŠinžarSekulić, J., Žukovec, D., Čalić, I., Pavićević, D. (2005). Staništa Srbije – Priručnik sa opisima i osnovnim podacima. U: *Staništa Srbije, Rezultati projekta “Harmonizacija nacionalne nomenklature u klasifikaciji staništa sa standardima međunarodne zajednice”* (Urednik: Lakušić, D.). Institut za Botaniku i Botanička Bašta “Jevremovac”, Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije.
- Lange-Bertalot, H. (2001). *Navicula sensu stricto. 10 Genera Separated from Navicula sensu lato. Frustulia. Vol. 2. U Diatoms of Europe: Diatoms of European Inland Waters and comparable habitats.* (Reenzent: Lange-Bertalot, H.), Gantner Verlag, Ruggell
- Lange-Bertalot, H., Hofmann, G., Werum, M., Cantonati, M. (2017). *Freshwater Benthic Diatoms of Central Europe: Over 800 Common Species Used in Ecological Assessment.* English edition with updated taxonomy and added species. Schmittner-Oberreifenberg, Koeltz Botanical Books
- Largen, M. J., Spawls, S. (2010). *The Amphibians and Reptiles of Ethiopia and Eritrea.* Frankfurt Contributions to Natural History. Volume 38. Chimaira, Frankfurt am Main
- Lawlor, L. L. (1980). Structure and stability in natural and randomly constructed competitive communities. *American Naturalist*, 116(3), 394-408.
- Lê, S., Josse, J., Husson, F. (2008). FactoMineR: an R package for multivariate analysis. *Journal of Statistical Software*, 25, 1-18.
- Lecointe, C., Coste, M. and Prygiel, J. (1993). “*Omnidia*”: software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia*, 269(1), 509-513.
- Leersnijder, R. P. (1992). Pinogram: a pine growth area model. *Ecological Modelling*, 61, 1-139.
- Legendre, P., Legendre, L. (1998). *Numerical ecology.* Elsevier, Amsterdam.
- Lehsten, V., Harmand, P. (2006). Null models for species co-occurrence patterns: assessing bias and minimum iteration number for the sequential swap. *Ecography*, 29, 786-792.
- Leps, J., Smilauer, P. (2003). *Multivariate Analysis of Ecological Data Using CANOCO.* Cambridge University Press, Cambridge.

- Lević, J. (2008). Vrste roda *Fusarium* – monografija. Institut za kukuruz – Društvo genetičara Srbije, Belgrade
- Levins, R. (1966). The strategy of model building in population biology. *American Scientist*, 54, 421-431.
- Levkov, Z., Mitić-Kopanja, D., Reichardt, E. (2016). The diatom genus *Gomphonema* from the Republic of Macedonia Diatoms of Europe. *Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats*, 8, 1-552.
- Litvinchuk, S., Borkin, L. J., Litvinchuk, Y., Rozanov, Y. (2015). Distribution and population systems of green frogs (*Pelophylax esculentus* complex) in Kaliningrad oblast', Russia (Baltic Sea region). *Russian Journal of Herpetology*, 22, 188-196.
- Litvinchuk, S., Ivanov, A. Y., Lukonina, S. A., Ermakov, O. A. (2020). A record of alien *Pelophylax* species and widespread mitochondrial DNA transfer in Kaliningradskaya Oblast' (the Baltic coast, Russia). *BioInvasions Records* 9(3), 599-617.
- Ljevnaić-Mašić B. (2010). *Hidrofite Osnovne kanalske mreže Hidrosistema DTD na području Banata*. Doktorska disertacija. Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.
- Ljubisavljević, K., Martel, A., Pasmans, F., Vukov, T. (2022). Pathogen load and body condition correlate with conservation status of syntopic and closely related frogs. *SALAMANDRA*, 58(3), 187-192.
- Lombard, L., Houbraken, J., Decock, C., Samson, R. A., Meijer, M., Réblová, M., Groenewald, J. Z., Crous, P. W. (2016). Generic hyper-diversity in Stachybotriaceae. *Persoonia*, 36, 156-246.
- Lopatin, I. K., Matvejev, S. D. (1995). *Kratka zoogeografija sa osnovama biogeografije i ekologije bioma Balkanskog poluostrva*. Univerzitetški udžbenik, Ljubljana, Slovenija.
- Löw, P., Török, J. (1998). Prey size selection and food habits of Water Frogs and Moor Frogs from Kis-Balaton, Hungary (Anura: Ranidae). *Herpetozoa*, 1(1-2), 71-78.
- Lymberakis, P., Poulakakis, N., Manthalou, G., Tsigenopoulos, C.S., Magoulas, A., Mylonas, M., (2007). Mitochondrial phylogeography of *Rana* (*Pelophylax*) populations in the Eastern Mediterranean region. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 44(1), 115-125.

- MacLulich, J. H. (1986). Experimental evaluation of methods for sampling and assaying intertidal epilithic microalgae. *Marine Ecology Progress Series*, 34, 275-280.
- Maletin S., Ćirković M., Jurakić Ž. (2005). Conservation and improvement of diversity and production of fish fund in canals of Hydro-system Danube-Tisa-Danube. *Contemporary Agriculture*, 54(1-2), 119.
- Mali, I., Villamizar-Gomez, A., Krizmanić, I., Ajtić, R., Forstner, M. R. (2017). Evidence of *Batrachochytrium dendrobatidis* infection in amphibians from Serbian lowlands. *Journal of Wildlife Diseases*, 53(3), 686-689.
- Manamgoda, D. S., Rossman, A. Y., Castlebury, L. A., Crous, P. W., Madrid, H., Chukeatirote, E., Hyde, K. D. (2014). The genus *Bipolaris*. *Studies in Mycology*, 79, 221-288.
- Manly, B. F. J., McDonald, L. L., Thomas, D. L. (1993). *Resource Selection by Animals: Statistical Design and Analysis for Field Studies*. Chapman & Hall, London
- Marantelli, G., Berger, L., Speare, R., and Keegan, L. (2004). Distribution of the amphibian chytrid *Batrachochytrium dendrobatidis* and keratin during tadpole development. *Pacific Conservation Biology*, 10, 173-179.
- Marković, J. Đ. (1967). *Geografske oblasti Socijalističke Federativne Republike Jugoslavije*. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva Srbije.
- Maurin, H. (1994). *Le livre rouge: inventaire de la faune menace*. – Muséum national d'histoire naturelle et Fonds mondial pour la nature (WWF – France), Nathan, Paris.
- Mayer, M., Hawlitschek, O., Zahn, A., Glaw, F. (2013). Composition of twenty Green Frog populations (*Pelophylax*) across Bavaria, Germany. *Salamandra*, 49(1), 31-44.
- Mazerolle, M. J., Desrochers, A. (2005). Landscape resistance to frog movements. *Canadian Journal of Zoology*, 83(3), 455-464.
- McCallum, M. L. (2007). Amphibian decline or extinction? Current declines dwarf background extinction rate. *Journal of Herpetology*, 41(3), 483-491.
- McCallum, M. L. (2015). Vertebrate biodiversity losses point to a sixth mass extinction. *Biodiversity and Conservation*, 24(10), 2497-2519.

- Medina, D., Hughey, M. C., Walke, J. B., Becker, M. H., Pontarelli, K., Sun, S., Badgley, B., Belden, L. K. (2019). Amphibian skin fungal communities vary across host species and do not correlate with infection by a pathogenic fungus. *Environmental Microbiology*, 21(8), 2905-2920.
- Mertens, R., Wermuth, H. (1960). *Die Amphibien und Reptilien Europas: (Dritte Liste, nach dem Stand vom 1. Januar 1960)*. Frankfurt am Main
- Mezhzherin, S. V., Peskov, V. N. (1992). Biochemical variation and genetic differentiation of populations of the marsh frog *Rana ridibunda* Pall. *Tsitologiya i Genetika*, 26(1), 43-48.
- Mikulíček, P., Kautman, M., Kautman, J., Pruvost, N. B. M. (2015). Mode of hybridogenesis and habitat preferences influence population composition of water frogs (*Pelophylax esculentus* complex, Anura: Ranidae) in a region of sympatric occurrence (western Slovakia). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 53(2), 124-132.
- Mikulíček, P., Kotlík, P. (2001). Two water frog populations from western Slovakia consisting of diploid females and diploid and triploid males of the hybridogenetic hybrid *Rana esculenta* (Anura, Ranidae). *Zoosystematics and Evolution*, 77(1), 59-64.
- Mitchell, J. C. (1986). Life history patterns in a central Virginia frog community. *Virginia Journal of Science*, 37(4), 262-271.
- Mollov, A. I. (2008). Sex-based differences in the trophic niche of *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) (Amphibia: Anura) from Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*, 60(3), 277-284.
- Nartshuk, E. P. (2003). Key to families of Diptera (Insecta) of the fauna of Russian and adjacent countries. *Proceedings of the Zoological Society*, 294, 1-251.
- Nejgebauer, N. (1972). Klasifikacija zemljišta Vojvodine. U: *Zemljišta Vojvodine*. (Urednik: Tanasijević, Đ.). Institut za poljoprivredna istraživanja, Novi Sad
- Nentwig, W., Blick, T., Bosmans, R., Gloor, D., Hänggi, A., Kropf, C. (2022): Spiders of Europe. Version 03.2022. Preuzeto sa: <https://www.araneae.nmbe.ch>
- Nilsson, A. N. (1996). *Aquatic insects of North Europe: a taxonomic handbook. Volume 1: Ephemeroptera, Plecoptera, Heteroptera, Neuroptera, Megaloptera, Coleoptera, Trichoptera, Lepidoptera*. Apollo Books, Denmark.

- Nilsson, J. (2013). 2009 års inventering av gölgröda (*Rana lessonae*) I Norduppland. Länsstyrelsen I Uppsala län. *Länsstyrelsens Meddelandeserie 2013*, 2.
- Nowak, E., Blab, J. i Bless, R. (1994). Rote Liste der gefährdeten Wirbeltiere in Deutschland. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 42. Bonn.
- Ogielska, M. (1994). *Rana esculenta* developmental syndrome: fates of abnormal embryos from the first cleavage until spontaneous death. *Zoologica Poloniae*, 39(3-4), 447-459.
- Ohst, T., Gräser, Y., Plötner, J. (2013). *Batrachochytrium dendrobatidis* in Germany: distribution, prevalences, and prediction of high risk areas. *Diseases of Aquatic Organisms*, 107(1), 49-59.
- Oldham, R. S., Keeble, J., Swan, M. J. S., Jeffcote, M. (2000). Evaluating the suitability of habitat for the Great Crested Newt (*Triturus cristatus*). *Herpetological Journal*, 10(4), 143-155.
- Orizaola, G., Quintela, M., Laurila, A. (2010). Climatic adaptation in an isolated and genetically impoverished amphibian population. *Ecography*, 33(4), 730-737.
- Pagano, A., Joly P. (1999). Limits of the morphometric method for field identification of water frogs. *Alytes*, 16(3-4), 130-138.
- Pagano, A., Joly, P., Plenet, S., Lehman, A., Grolet, O. (2001). Breeding habitat partitioning in the *Rana esculenta* complex: the intermediate niche hypothesis supported. *Ecoscience*, 8(3), 294-300.
- Pagès, J., Camiz, S. (2008). Analyse factorielle multiple de données mixtes: application à la comparaison de deux codages. *La Revue de Modulad*, 38, 178-183.
- Parker, P. M. (2011). *The world market for frogs' legs: a 2011 global trade perspective*. Icon Group International, Las Vegas, Nevada, USA.
- Pearl, R. (1928). *The Rate of Living*. Knopf, New York.
- Pesarakloo, A., Rastegar-Pouyani, E., Rastegar-Pouyani, N., Kami, H., Khosravani, A., Oraie, H. (2017). The first taxonomic reevaluation of the Iranian water frogs of the genus *Pelophylax* (Anura: Ranidae) using sequences of the mitochondrial genome. *MitochondrialDNA*, 28(3), 392-398.
- Peterson, A. T., Soberón, J. (2012). Species distribution modeling and ecological niche modeling: getting the concepts right. *Natureza & Conservação*, 10(2), 102-107.

- Peterson, A. T., Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M., & Araújo, M. B. (2011). *Ecological Niches and Geographic Distributions (MPB-49)*. Princeton University Press.
- Peterson, A.T., Soberon, J., Sanchez-Cordero, V. (1999). Conservatism of ecological niches in evolutionary time. *Science*, 285 (5431), 1265-1267.
- Pianka, E. R. (1973). The structure of lizard communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 53-74.
- Pianka, E. R. (2000). *Evolutionary ecology*. Benjamin-Cummings, Addison-Wesley-Longman. San Francisco.
- Pickett, S. T. A., Kolasa, G., Jones, C. G., (1994). *Ecological Understanding: the Nature of Theory and the Theory of Nature*. Academic Press, New York.
- Pickett, S. T. A., White, P. S. (1985). *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press, Orlando.
- Pitt, J. I. (1979). *The Genus Penicillium and Its Teleomorphic State Eupenicillium and Talaromyces*. Academic Press, London.
- Plenet, S., Pagano, A., Joly, P., Fouillet, P. (2000). Variation of plastic responses to oxygen availability within the hybridogenetic *Rana esculenta* complex. *Journal of Evolutionary Biology*, 13(1), 20-28.
- Plötner, J. (2005). *Die Westpalaarktischen Wasserfrosche*. Laurenti-Verlag, Bielefeld.
- Plötner, J., Baier, F., Akin, C., Mazepa, G., Schreiber, R., Beerli, P., Litvinchuk, N. S., C. Can Bilgin, C. C., Borkin, L., Uzzell, T. (2012). Genetic data reveal that water frogs of Cyprus (genus *Pelophylax*) are an endemic species of Messinian origin. *Zoosystematics and Evolution* 88(2), 261-283.
- Plötner, J., Ohst, T. (2001). New hypotheses on the systematics of the western Palearctic water frog complex (Anura, Ranidae). *Zoosystematics and Evolution*, 77(1), 5-21.
- Polić, D. (2005). *Flora i vegetacija Labudovog okna*. Magistarska teza. Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu.

- Popović, T. (2007). Trend promena temperature vazduha i količine padavina na području Republike Srbije, *Šume i promena klime*, Šumarski fakultet, Beograd.
- Pounds, J. A., Bustamante, M. R., Coloma, L. A., Consuegra, J. A., Fogden, M. P. L., Foster, P. N., La Marca, E., Masters, K. L., Merino-Viteri, A., Puschendorf, R., Ron, R. S., Sánchez-Azofeifa, A. G., Still, J. C., Young, B. E. (2006). Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature*, 439(7073), 161-167.
- Prentice, I. C. (1986). Some concepts and objectives of forest dynamics research. U: *Forest Dynamics Research in Western and Central Europe*. (Urednik: Fanta, J.). PUDOC, Wageningen
- Pruvost, N. B., Hoffmann, A., Reyer, H. U. (2013). Gamete production patterns, ploidy, and population genetics reveal evolutionary significant units in hybrid water frogs (*Pelophylax esculentus*). *Ecology and Evolution*, 3(9), 2933-46.
- QGIS Geographic Information System (2021). QGIS Association. Preuzeto sa: <http://www.qgis.org>
- Quiroga, L. B., Sanabria, E. A., Acosta, J. C. (2009). Size- and sex dependent variation in diet of *Rhinella arenarum* (Anura: Bufonidae) in a wetland of San Juan, Argentina. *Journal of Herpetology*, 43(2), 311-317.
- Radovanović, M. (1951). *Vodozemci i gmizavci naše zemlje*. Naučna knjiga, Beograd.
- Raper, B. K., Fennell, D. I. (1965). *The Genus Aspergillus*. The Williams and Wilkins Company, Baltimore.
- Reinkind, R. I., Engemyr, A. K. (2019). Handlingsplan for damfrosk (*Pelophylax lessonae*) 2019 - 2023. Miljødirektoratet.
- Relyea, R. A., Diecks, N. (2008). An unforeseen chain of events: lethal effects of pesticides on frogs at sublethal concentrations. *Ecological Applications*, 18(7), 1728-1742.
- Rizk, S. M., Magdy, M., Leo, F. D., Werner, O., Rashed, M. A. S., Ros, R. M., Urzì, C. (2021). A new extremotolerant ecotype of the fungus *Pseudotaeniolina globosa* isolated from Djoser Pyramid, Memphis Necropolis, Egypt. *Journal of Fungi*, 7(2), 104.
- Rodić, D., Pavlović, M. (1994). *Geografija Jugoslavije I*. Beograd: Savremena administracija D.D.

- Roelants, K., Gower, D. J., Wilkinson, M., Loader, S. P., Biju, S. D., Guillaume, K., Moriau, L., Bossuyt, F. (2007). Global patterns of diversification in the history of modern amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(3), 887-92.
- Rohr, J. R., Raffel, T. R. (2010). Linking global climate and temperature variability to widespread amphibian declines putatively caused by disease. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 107(18), 8269-8274.
- Rybacki, M. (1995). Water frogs (*Rana esculenta* complex) of the Bornholm Island. Denmark. *Zoologica Poloniae*, 39(3-4), 331- 344.
- Rybacki, M., Berger, L. (1994). Distribution and Ecology of Water frogs in Poland. *Zoologica Poloniae*, 39 (3-4), 293-303.
- Sale, P. F. (1974). Overlap in resource use, and interspecific competition. *Oecologia*, 17(3), 245-256.
- Samson, R. A., Houbraken, J., Thrane, U., Frisvad, J. C., Andersen, B. (2010). *Food and indoor fungi*. Westerdijk Fungal Biodiversity Institute, Utrecht
- Schätti, B., Gasperetti, J. (1994). A contribution to the herpetofauna of Southwest Arabia. *Fauna of Saudi Arabia*, 14, 348-423.
- Schnabel, Z. E. (1938). The estimation of the total fish population of a lake. *American Mathematician Monthly*, 45, 348-352.
- Schroers, H. J., Samuels, G. J., Seifert, K. A., Gams, W. (1999). Classification of the mycoparasite *Gliocladium roseum* in *Clonostachys* as *C. rosea*, its relationship to *Bionectria ochroleuca*, and notes on other *Gliocladium*-like fungi. *Mycologia*, 91(2), 365-385.
- Schulte-Hostedde, A. I., Zinner, B., Millar, J. S., Hickling, G. J. (2005). Restitution of Mass–Size Residuals: Validating Body Condition Indices. *Ecology*, 86(1), 155-163.
- Schultz, R. J., (1969). Hybridization, unisexuality, and polyploidy in the teleost *Poeciliopsis* (Poeciliidae) and other vertebrates. *American Naturalist*, 103(934), 605-619.
- Seber, G. A. F. (1982). *The Estimation of Animal Abundance*. Charles Griffin and Company, London.



- Sharpe, P. J. A. (1990). Forest modeling approaches: compromises between generality and precision. U: *Process Modeling of Forest Growth Responses to Environmental Stress*. (Urednici: Dixon, R.K., Meldahl, R.S., Ruark, G.A., Warren, W.G.). Timber Press, Portland, Oregon.
- Sharpe, P. J. A., Rykiel, E. J. Jr. (1991). Modeling integrated response of plants to multiple stresses. U: *Response of Plants to Multiple Stresses*. (Urednici: Mooney, H.A., Winner, W.E., Pell, E.J.), Academic Press, San Diego, California.
- Sherratt, E., Vidal-García, M., Anstis, M., Keogh, J.S. (2017). Adult frogs and tadpoles have different macroevolutionary patterns across the Australian continent. *Nature ecology & evolution*, 1(9), 1385.
- Sinsch, U. (1984). Thermal influences on the habitual preference and the diurnal activity in three European *Rana* species. *Oecologia*, 64(1), 125-131.
- Sjögren, P. (1991a). Genetic variation in relation to demography of peripheral pool frog populations (*Rana lessonae*). *Evolutionary Ecology*, 5(3), 248-271.
- Sjögren, P. (1991b). Extinction and isolation gradients in metapopulations: the case of the pool frog (*Rana lessonae*). *Biological Journal of the Linnean Society*, 42(1-2), 135-147.
- Sjögren, P., Elmberg, J. i Berglind, S-Å. (1988). Thermal preferences in the pool frog *Rana lessonae*: impact on the reproductive behaviour of a northern fringe population. *Holarctic Ecology*, 11(3), 178-184.
- Sjögren-Gulve, P. (2020). Metapopulation dynamics and extinction in pristine habitats - a demographic explanation. *AgroLife Scientific Journal*, 9(1), 306-315.
- Sjögren-Gulve, P. (1998). Spatial movement patterns in frogs: target-oriented dispersal in the pool frog, *Rana lessonae*. *Écoscience*, 5(1), 31-38.
- Skerratt, L. F., Berger, L., Speare, R., Cashins, S., McDonald, R. K., Phillott, D. A., Hines, B. H., Kenyon, N. (2007). Spread of Chytridiomycosis Has Caused the Rapid Global Decline and Extinction of Frogs. *EcoHealth*, 4, 125-134.
- Službeni glasnik Republike Srbije (2011). Pravilniko proglašenju i zaštiti strogo zaštićenih i zaštićenihdivljih vrsta biljaka, životinja i gljiva. Službeni glasnik Republike Srbije br. 47/2011

- Službeni glasnik Republike Srbije (2018). Uredba o stavljanju pod kontrolu korišćenja i prometa divlje flore i faune. Službeni glasnik Republike Srbije br. 95/2018
- Smirina, E. M. (1994). Age determination and longevity in amphibians. *Gerontology*, 40(2-4), 133-46.
- Smith, M. A. (1954). *The British amphibians & reptiles*. Collins, London
- Snell, C., Tetteh, J., Evans, H. I. (2005). Phylogeography of the pool frog (*Rana lessonae*, Camerano) in Europe: evidence for native status in Great Britain and for an unusual postglacial colonization route. *Biological Journal of the Linnean Society*, 85(1), 41-51.
- Soberón, J. (2007). Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. *Ecology Letters*, 10(12), 1115-1123.
- Soberón, J. (2010). Niche and area of distribution modeling: a population ecology perspective. *Ecography*, 33(1), 159-167.
- Soberon, J., Nakamura, M. (2009). Niches and distributional areas: concepts, methods, and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(2), 19644-19650.
- Soberón, J., Peterson, A. T. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distribution areas. *Biodiversity Informatics*, 2.
- Solé, M., Rödder, D. (2010). Dietary assessments of adult amphibians. U: *Amphibian ecology and conservation: a handbook of techniques*. (Urednik: Dodd, Jr. C. K.). Oxford, Oxford University Press.
- Spasić-Bošković, O., Krizmanić, I., Vujošević, M. (1999). Population composition and genetic variation of water frogs (Anura: Ranidae) from Yugoslavia. *Caryologia*, 52(1-2), 9-20.
- Sredl, M. J., Collins, J. P. (1992). The interaction of predation, competition, and habitat complexity in structuring an amphibian community. *Copeia*, 1992(3), 607-614
- Stamenković, S., Gačić, D. (2020). Procena rizika izumiranja i minimalne vijabilne populacije posle reintrodukcije. U: *Jelenska divljač u Srbiji: savremeni pristup u metodologiji za izradu programa reintrodukcije*. (Urednik: Gačić, D.). Šumarski fakultet. Beograd.
- Statsoft Inc. (2014). STATISTICA Data Analysis Software System. Version 12.0. Statsoft, Tulsa, Oklahoma, USA.

- Stevanović, V., Stevanović V. (1995). Osnovni klimatski, geološki i pedološki činioci diverziteta kopnenih ekosistema Jugoslavije. U: *Biodiverzitet Jugoslavije sa pregledom vrsta od međunarodnog značaja*. (Urednici: Stevanović V., Vasić V.). Biološki fakultet i Ecolibri, Beograd.
- Stjepanović-Veseličić, L. (1979). Vegetacija Deliblatske peščare. U: *II međunarodni simpozijum o zaštiti i unapređivanju deliblatskog peska*. Srpska akademija nauka i umetnosti, posebno izdanje, tom CCXVI, 4.
- Stojanović, S., Vučković, M., Žderić, M., Stanković, Ž., Kilibarda, P., Lazić, D. (1997). Recentna flora vaskularnih makrofita kanala Vrbas-Bezdan i Banatska Palanka-Novi Bečej kao pokazatelj ekoloških karakteristika i kvaliteta vode. *Zbornik radova konferencije o aktuelnim problemima zaštite voda Zaštita voda '97, Sombor, 376-379*
- Stoltze, M., Phil, S. (1998). Rødliste 1997 over planter og dyr i Danmark. Danmarks Miljøundersøgelser og Skov- og Naturstyrelsen, Miljø- og Energiministeriet. København
- Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B. E., Rodrigues, A. S. L., Fischman, D. L., Waller, R. W. (2004). Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*, 306(5702), 1783-1786.
- Stupar, M., Breka, K., Krizmanić, I., Stamenković, S., Ljaljević Grbić, M. (2020). First report of water mold (*Aphanomyces* sp.) documented on skin of pool frog (*Pelophylax lessonae*) in Serbia. *North-West Journal of Zoology*, 16(2), 216-219.
- Stupar, M., Breka, K., Krizmanić, I., Stamenković, S., Unković, N., Savković, Ž., Vukojević, J., Ljaljević Grbić, M. (2017). First case report on pathogenic fungus *Fonsecaea* sp. Negroni from skin of *Pelophylax* kl. *esculentus* L. in Serbia. *Matica Srpska Journal for Natural Sciences*, 133, 307-314.
- Stupar, M., Savković, Ž., Breka, K., Krizmanić, I., Stamenković, S., Vukojević J., Ljaljević Grbić, M. (2022). New record for mycobiota of Serbia: a rare fungus *Quambalaria cyaneescens* found in *Pelophylax esculentus* (Anura) skin microbiome. *Genetika*, 54(3), 1101-1110.
- Suriadna, N., Mykitynets, G., Pupins, M., Gasso, V. (2020). Population systems of Eurasian water frogs (*Pelophylax*) in the south of Ukraine. *Biosystems Diversity*, 28(2), 154-162.

- Szabó, K., Kiss, K.T., Taba, G., Ács, É. (2005). Epiphytic diatoms of the Tisza River, Kisköre Reservoir and some oxbows of the Tisza River after the cyanide and heavy metal pollution in 2000. *Acta Botanica Croatica*, 64(1), 1-46.
- Szczepocka, E., Nowicka-Krawczyk, P., Knysak, P., Żelazna-Wieczorek, J. (2016). Long term urban impacts on the ecological status of a lowland river as determined by diatom indices. *Aquatic ecosystem health & management*, 19(1), 19-28.
- Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipski, A., Kumar, S. (2013). MEGA6: molecular evolutionary genetics analysis version 6.0. *Molecular Biology and Evolution*, 30(12), 2725-2729.
- Tarr, T. L., Babbitt, K. J. (2002). Effects of habitat complexity and predator identity on predation of *Rana clamitans* larvae. *Amphibia-Reptilia*, 23(1), 13-20
- Taylor, J. C., Harding, W. R., Archibald C. G. M. (2007). A methods manual for the collection, preparation and analysis of diatom samples. Version 1.0. WRC Report TT 281/07. Water Research Commission, Pretoria.
- Taylor, P. D., Fahrig, L., Henein, K., Merriam, G. (1993). Connectivity Is a Vital Element of Landscape Structure. *Oikos*, 68(3), 571-573.
- Tecker, A., Göcking, C., Menke, N., Schreiber, R., & Plötner, J. (2017). Neue Daten zur Morphologie, Genetik und Verbreitung der Wasserfrösche (*Pelophylax spp.*) im Münsterland (NRW) unter besonderer Berücksichtigung des Kleinen Wasserfroschs (*Pelophylax lessonae*). *Zeitschrift für Feldherpetologie*, 24, 19-44.
- Tegelstrom, H., Sjogren-Gulve, P. (2004). Genetic differentiation among northern European pool frog (*Rana lessonae*) populations. *Herpetological Journal*, 14(4), 187-193.
- Temple, H. J., Cox, N.A. (2009). European Red List of Amphibians. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities
- Temple, H. J., Terry, A. (2007). The status and distribution of European mammals. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Ter Braak, C. J. F., Prentice, I. C. (1988). A theory of gradient analysis. *Advances in Ecological Research*, 18, 271-317.

- Ter Braak, C. J. F., Smilauer, P. (2002). CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 5.15).
- Toft, A. C. (1985). Resource Partitioning in Amphibians and Reptiles, *Copeia*, 1985(1), 1-21.
- Tunner, H. G., Heppich, S. (1981). Premeiotic genome exclusion during oogenesis in the common edible frog, *Rana esculenta*. *Naturwissenschaften*, 68, 207-208.
- Unglaub, B., Steinfartz, S., Drechsler, A., Schmidt, B. R. (2015). Linking habitat suitability to demography in a pond-breeding amphibian. *Frontiers in Zoology*, 12(9), 1-10.
- Urzi, C., de Leo, F. (2001). Sampling with adhesive tape strips: an easy and rapid method to monitor microbial colonization on monument surfaces. *Journal of Microbiological Methods*, 44, 1-11.
- Uzzell, T., Günther, R., Berger L. (1977). *Rana ridibunda* and *Rana esculenta*: A leaky hybridogenetic system (Amphibia, Salientia). *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 128(1976), 147-171.
- Venables, W. N., Ripley, B. D. (2002). *Modern Applied Statistics with S-plus*. New York, NY, USA: SpringerVerlag.
- Vignoli, L., Luiselli, L., Bologna, M. (2009). Dietary patterns and overlap in an amphibian assemblage at a pond in Mediterranean Central Italy. *Vie et Milieu*, 59(1), 47-57.
- Vorburger, C., Reyer, H. U. (2003) A genetic mechanism of species replacement in European waterfrogs? *Conservation Genetics*, 4(2), 141-155.
- Voyles, J., Young, S., Berger, L., Campbell, C., Voyles, W. F., Dinudom, A., Cook, D., Webb, R., Alford, R. A., Skerratt, L. F., Speare, R. (2009). Pathogenesis of chytridiomycosis, a cause of catastrophic amphibian declines. *Science*, 326(5952), 582-585.
- Vucetich, J. A., Waite, T. A. (2003). Spatial patterns of demography and genetic processes across the species' range: null hypotheses for landscape conservation genetics. *Conservation Genetics*, 4(5), 639-645.

- Vukov, T., Kalezić, M. L., Tomović, Lj., Krizmanić, I., Jović, D., Labus, N., Džukić, G. (2013). Amphibians in Serbia – Distribution and diversity patterns. *Bulletin of the Natural History Museum*, 6, 90-112.
- Vukov, T., Tomović, Lj., Krizmanić, I., Labus, N., Jović, D., Džukić, G., Kalezić, M. (2015). Conservation issues of Serbian amphibians identified from distributional, life history and ecological data. *Acta Zoologica Bulgarica*, 67, 105-116.
- Wake, D. B., Vredenburg, V. T. (2008). Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(1), 11466-11473.
- Walke, J. B., Becker, M. H., Loftus, S. C., House, L. L., Cormier, G., Jensen, R. V., Belden, L. K. (2014). Amphibian skin may select for rare environmental microbes. *ISME Journal*, 8(11), 2207-2217.
- Wallace, A. R. (1860). Notes of a voyage to New Guinea. *Journal of the Royal Geographical Society*, 30, 172-177.
- Walter, H. (1984). *Vegetation of the Earth and Ecological systems of the Geo-biosphere*. Springer-Verlag, Berlin.
- Wang, X. W., Houbraken, J., Groenewald, J. Z., Meijer, M., Andersen, B., Nielsen, K. F., Crous, P. W., Samson, R. A. (2016). Diversity and taxonomy of *Chaetomium* and *Chaetomium*-like fungi from indoor environments. *Studies in Mycology*, 84, 145-224.
- Ward, H. B., Whipple, G. C. (1959). *Fresh-water biology*. John Wiley & sons, Incorporated.
- Warkentin, I. G., D. Bickford, N. S. Sodhi, Bradshaw, C. J. A. (2009). Eating frogs to extinction. *Conservation Biology*, 23(41), 1056-1059.
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S., Taylor, J. W. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. U: *PCR protocols: a guide to methods and applications*. (Urednici: Innis, M. A., Gelfand, D. H., Sninsky, J. J., White, T. J.). Academic Press, New York.

- Whittaker, K., Koo, M. S., Wake, D. B., Vredenburg, V. T. (2013). Global declines of amphibians. Encyclopedia of biodiversity. U: *Encyclopedia of Biodiversity*. (Urednik: S. A. Levin). Academic Press, Waltham, Massachusetts
- Whittaker, R. H., Levin, S. A., Root, R. B. (1973). Niche, habitat, and ecotope. *The American Naturalist*, 107(955), 321-338.
- Widenfalk, L., Wikström, G., Ecke, F., Hammarström, A., Kärvemo, S. (2018). Movement and habitat use of the pool frog (*Pelophylax lessonae*) in Sweden: gaining ecological insights to improve forest management practices. *5th European Congress of Conservation Biology*.
- Wilson, E. O. (2002). *The Future of Life*. Vintage Books, New York.
- Winemiller, K. O., Pianka, E. R. (1990). Organization in natural assemblages of desert lizards and tropical fishes. *Ecological Monographs*, 60, 27-55.
- Woudenberg, J. H. C., Groenewald, J. Z., Binder, M., Crous, P. W. (2013). *Alternaria* redefined. *Studies in Mycology*, 75(1), 171-212.
- Wu, Z., Li, Y., W, Y. (2007). A comparison of stomach flush and stomach dissection in diet analyses of four frogs. *Acta Zoologica Sinica*, 53(2), 364-372.
- Ye, C. Y., Fei, L., Hu S.Q. (1993). *Rare and Economic Amphibians of China*. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Chengdu.
- Yilmaz, N, Kutrup, B., Çobanoğlu, Ü., Özorun, Y. (2005). Age determination and some growth parameters of a *Rana ridibunda* population in Turkey. *Acta Zoologica Hungarica*, 51(1), 67-74.
- Zar, J. H. (2010). *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 944.
- Zeisset, I., Beebee, T. J. C. (2001). Determination of Biogeographical Range: An Application of Molecular Phylogeography to the European Pool Frog *Rana lessonae*. *Biological Sciences*, 268(1470), 933-938.
- Zeisset, I., Beebee, T. J. C. (2013). Population genetics of a successful invader: the marsh frog *Rana ridibunda* in Britain. *Molecular Ecology*, 12(3), 639-646.
- Živković, B. (1972). Klima. U: *Zemljišta Vojvodine*. (Urednik: Tanasijević, Đ.). Institut za poljoprivredna istraživanja Novi Sad.

## 11. Prilozi

### Prilog 1. Terenski list za beleženje kvantitativnih i kvalitativnih odlika jedinki

VRSTA:							REG. BR.				
DATUM:		LOKALITET:					POL:		TEŽINA:		
MORFOMETRIJA				KVALITATIVNE ODLIKE:							
L		DPPP		I	II	III	IV	V	VI	VII	
T		CINT									
DNO		LTC		TROFIJA:							
				TEŽINA PLENA:		ZAPREMINA PLENA:			FLAKON:		
SPI		BMI									
NAPOMENA:											



**Prilog 2.** Detaljan pregled terenskih dana po sezonama sa brojem ulovljenih žaba po polu i po lokalitetima. **STR** – Stevanove ravnice, **JRG** – Jaruga, **DTD** – Kanal Dunav-Tisa-Dunav; M – mušjaci, Ž – ženke;

		Lokaliteti					
		STR		JRG		DTD	
Terenski dan	Sezona	M	Ž	M	Ž	M	Ž
16.7.2016.	Rano leto	-	-	-	-	6	8
18.7.2016.	Rano leto	20	21	-	-	-	-
7.9.2016.	Kasno leto	22	9	-	-	-	-
8.9.2016.	Kasno leto	-	-	6	3	-	-
9.9.2016.	Kasno leto	-	-	3	4	-	-
10.9.2016.	Kasno leto	-	-	-	-	10	9
21.9.2016.	Jesen	-	-	-	-	5	7
22.9.2016.	Jesen	7	6	-	-	-	-
23.9.2016.	Jesen	-	-	-	5	-	-
24.9.2016.	Jesen	8	9	-	2	1	-
21.7.2017.	Rano leto	-	-	-	-	3	7
22.7.2017.	Rano leto	-	-	-	-	1	-
8.9.2017.	Kasno leto	11	4	-	-	-	-
9.9.2017.	Kasno leto	-	-	5	7	-	-
10.9.2017.	Kasno leto	-	-	8	4	-	-
13.10.2017.	Jesen	1	1	-	-	-	-
14.10.2017.	Jesen	5	10	-	-	-	-
15.10.2017.	Jesen	-	-	-	-	1	2
19.5.2018.	Proleće	19	17	-	-	-	-
20.5.2018.	Proleće	-	-	2	3	-	-
15.6.2018.	Proleće	15	11	-	-	-	-
16.6.2018.	Proleće	-	-	-	-	10	3
17.6.2018.	Proleće	-	-	1	5	-	-
Ukupno		186		58		73	

**Prilog 3.** Spisak svih identifikovanih taksona u plenu zelenih žaba

<b>Classis</b>	<b>Ordo</b>	<b>Familia</b>	<b>Genus/Species</b>
<b>Gastropoda</b>	Basommatophora	Lymnaeidae	<i>Radix cf. balthica</i> <i>Radix</i> sp.
		Planorbidae	<i>Planorbis planorbis</i> <i>Planorbis</i> sp.
		Physidae	<i>Physella</i> sp.
	Stylommatophora	Succineidae	<i>Oxyloma</i> sp. <i>Succinea</i> sp.
		Haplotaxida	Lumbricidae
<b>Clitellata</b>	Hirudinida	Hirudinidae	
	<b>Arachnida</b>	Pseudoscorpiones	
Araneae		Tetragnathidae	<i>Tetragnatha extensa</i> <i>Tetragnatha striata</i> <i>Tetragnatha</i> sp. <i>Pachygnatha degeeri</i>
		Araneidae	<i>Hypsosinga heri</i> <i>Larinioides cornutus</i> <i>Larinioides patagiatus</i> <i>Larinioides</i> sp.
		Clubionidae	<i>Clubiona phragmitis</i> <i>Clubiona</i> sp.
		Gnaphosidae	<i>Zelotes latreillei</i>
		Lycosidae	<i>Arctosa leopardus</i> <i>Arctosa</i> sp. <i>Hogna radiata</i> <i>Pardosa</i> sp. <i>Pardosa hortensis</i> <i>Pardosa agrestis</i> <i>Pardosa proxima</i> <i>Pardosa amentata</i> <i>Pirata piraticus</i>
		Salticidae	<i>Evarcha arcuata</i>
		Thomisidae	<i>Ozyptila</i> sp. <i>Xysticus kochi</i> <i>Xysticus</i> sp.
	Opiliones		
<b>Chilopoda</b>	Scolopendromorpha	Scolopendridae	
<b>Diplopoda</b>	Julida	Julidae	
	Polydesmida	Polydesmidae	
<b>Malacostraca</b>	Isopoda	Oniscidae	
	Amphipoda	Gammaridae	<i>Gammarus</i> sp.
<b>Entognatha</b>	Collembola		
<b>Insecta</b>	Odonata	Coenagrionidae	

---

Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i> sp.
Dermoptera	Forficulidae	<i>Forficula</i> sp.
Orthoptera	Gryllidae	<i>Gryllus</i> sp.
	Gryllotalpidae	<i>Gryllotalpa</i> sp.
Hemiptera	Tettigoniidae	<i>Tettigonia</i> sp.
	Cicadellidae	
	Flatidae	
	Gerridae	
	Miridae	
	Naucoridae	
	Nepidae	<i>Nepa</i> sp.
	Pentatomidae	
	Pyrrhocoridae	<i>Pyrrhocoris apterus</i>
	Aphididae	
Coleoptera	Carabidae	<i>Agonum</i> sp.
		<i>Amara aenea</i>
		<i>Badister unipustulatus</i>
		<i>Calathus fuscipes</i>
		<i>Calathus melanocephalus</i>
		<i>Calathus micropterus</i>
		<i>Carabus granulatus</i>
		<i>Chlaenius festivus</i>
		<i>Harpalus affinis</i>
		<i>Harpalus</i> sp.
		<i>Dinodes decipiens</i>
		<i>Ophonus sabulicola</i>
		<i>Pseudoophonus rufipes</i>
		<i>Pterostichus cylindricus</i>
		<i>Pterostichus niger</i>
		<i>Pterostichus</i> sp.
		<i>Poecilus cupreus</i>
		<i>Trechus</i> sp.
		<i>Zabrus spinipes</i>
		<i>Zabrus tenebrioides</i>
	Dytiscidae	<i>Dytiscus</i> sp.
	Gyrinidae	
	Hydrophilidae	
	Staphylinidae	
	Elateridae	
	Coccinellidae	
	Tenebrionidae	
	Ochodaeidae	<i>Ochodaeus</i> sp.
	Scarabaeidae	<i>Anomala</i> sp.

---

---

			<i>Cetonia aurata</i>
		Cerambycidae	<i>Neodorcadion bilineatum</i>
		Chrysomelidae	
		Curculionidae	
	Lepidoptera	Psychidae	
		Sphingidae	
		Geometridae	
		Noctuidae	
	Hymenoptera	Formicidae	
		Halictidae	<i>Lasioglossum</i> sp.
			<i>Halictus</i> sp.
		Crabronidae	<i>Alysson</i> sp.
		Apidae	<i>Apis mellifera</i>
	Diptera	Tipulidae	
		Calliphoridae	<i>Lucilia</i> sp.
		Sciaridae	
		Culicidae	
		Chironomidae	
		Syrphidae	
		Stratiomyidae	
<b>Actinopterygii</b>			
<b>Amphibia</b>	Anura	Ranidae	<i>Pelophylax</i>
<b>Mammalia</b>	Rodentia	Cricetidae	<i>Microtus</i> sp.

---

**Prilog 4.1.** Detaljni rezultati Kruskal-Wallis testa sa *post-hoc* testom višestrukog poređenja kategorijama plena između takosna zelenih žaba

Statistički sažetak:

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
<i>P. esc</i>	17	0	17	4.000	304.000	66.000	82.953
<i>P. les</i>	17	0	17	0.000	68.000	9.471	17.675
<i>P. rid</i>	17	0	17	1.000	41.000	11.412	11.314

Kruskal-Wallis test:

H	<b>18.014</b>
DF	2
<i>p</i> -vrednost	<b>0,000</b>

Test višestrukog poređenja:

Uzorak	Frekvencije	Suma rangova	Srednja vrednost sume rangova	Grupe
<i>P. les</i>	17	279,000	16,412	A
<i>P. rid</i>	17	406,000	23,882	A
<i>P. esc</i>	17	641,000	37,706	B

	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>
<i>P. esc</i>	0	21,294	13,824
<i>P. les</i>	-21,294	0	-7,471
<i>P. rid</i>	-13,824	7,471	0

*p*-vrednosti

	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>
<i>P. esc</i>	1	<b>&lt;0,0001</b>	<b>0,007</b>
<i>P. les</i>	<b>&lt;0,0001</b>	1	0,142
<i>P. rid</i>	<b>0,007</b>	0,142	1

Prag značajnosti sa Bonferoni korekcijom: 0,0167

**Prilog 4.2.** Detaljni rezultati Kruskal-Wallis testa sa *post-hoc* etstom višestrukog poređenja kategorijama plena između lokaliteta

Statistički sažetak:

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
JRG	17	0	17	0,000	204,000	24,000	49,700
DTD	17	0	17	0,000	129,000	21,176	32,606
STR	17	0	17	3,000	289,000	41,706	68,134

Kruskal-Wallis test:

H	4,190
DF	2
<i>p</i> -vrednost	0,123

Test višestrukog poređenja:

Uzorak	Frekvencije	Suma rangova	Srednja vrednost sume rangova	Grupe
JRG	17	367,500	21,618	A
DTD	17	418,500	24,618	A
STR	17	540,000	31,765	A

	JRG	DTD	STR
JRG	0	-3,000	-10,147
DTD	3,000	0	-7,147
STR	10,147	7,147	0

*p*-vrednosti

	JRG	DTD	STR
JRG	1	0,556	<b>0,046</b>
DTD	0,556	1	0,161
STR	<b>0,046</b>	0,161	1

Prag značajnosti sa Bonferoni korekcijom: 0,0167

**Prilog 4.3.** Detaljni rezultati Kruskal-Wallis testa sa post-hoc etstom višestrukog poređenja kategorijama plena između *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak:

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
JRGEsc	17	0	17	0,000	151,000	18,118	37,003
JRGLes	17	0	17	0,000	27,000	2,824	6,579
JRGRid	17	0	17	0,000	26,000	3,059	6,524
STREsc	17	0	17	1,000	204,000	31,588	48,617
STRLes	17	0	17	0,000	56,000	4,294	13,448
STRRid	17	0	17	0,000	29,000	5,824	7,265
DTDEsc	17	0	17	0,000	101,000	16,294	26,057
DTDLes	17	0	17	0,000	17,000	2,353	4,286
DTDRid	17	0	17	0,000	11,000	2,529	3,625

Kruskal-Wallis test:

H	<b>45,787</b>
DF	8
p-vrednost	<b>&lt;0,0001</b>

Test višestrukog poređenja:

Uzorak	Frekvencije	Suma rangova	Srednja vrednost sume rangova	Grupe
STRLes	17	862,000	50,706	A
JRGLes	17	930,000	54,706	A B
JRGRid	17	978,500	57,559	A B
DTDLes	17	1010,500	59,441	A B
DTDRid	17	1076,000	63,294	A B
STRRid	17	1550,000	91,176	A B C
JRGEsc	17	1614,000	94,941	A B C
DTDEsc	17	1680,000	98,824	B C
STREsc	17	2080,000	122,353	C

	JRGEsc	JRGLes	JRGRid	STREsc	STRLes	STRRid	DTDEsc	DTDLes	DTDRid
JRGEsc	0	40,235	37,382	-27,412	44,235	3,765	-3,882	35,500	31,647
JRGLes	-40,235	0	-2,853	-67,647	4,000	-36,471	-44,118	-4,735	-8,588
JRGRid	-37,382	2,853	0	-64,794	6,853	-33,618	-41,265	-1,882	-5,735
STREsc	27,412	67,647	64,794	0	71,647	31,176	23,529	62,912	59,059
STRLes	-44,235	-4,000	-6,853	-71,647	0	-40,471	-48,118	-8,735	-12,588
STRRid	-3,765	36,471	33,618	-31,176	40,471	0	-7,647	31,735	27,882
DTDEsc	3,882	44,118	41,265	-23,529	48,118	7,647	0	39,382	35,529

DTDLes	-35,500	4,735	1,882	<b>-62,912</b>	8,735	-31,735	-39,382	0	-3,853
DTDRid	-31,647	8,588	5,735	<b>-59,059</b>	12,588	-27,882	-35,529	3,853	0

*p*-vrednosti:

	JRGEsc	JRGLes	JRGRid	STREsc	STRLes	STRRid	DTDEsc	DTDLes	DTDRid
JRGEsc	1	0,007	0,012	0,067	0,003	0,801	0,795	0,018	0,034
JRGLes	0,007	1	0,849	<0,0001	0,789	0,015	0,003	0,751	0,566
JRGRid	0,012	0,849	1	<0,0001	0,647	0,025	0,006	0,900	0,701
STREsc	0,067	<0,0001	<0,0001	1	<0,0001	0,037	0,116	<0,0001	<0,0001
STRLes	0,003	0,789	0,647	<0,0001	1	0,007	0,001	0,559	0,400
STRRid	0,801	0,015	0,025	0,037	0,007	1	0,609	0,034	0,062
DTDEsc	0,795	0,003	0,006	0,116	0,001	0,609	1	0,008	0,017
DTDLes	0,018	0,751	0,900	<0,0001	0,559	0,034	0,008	1	0,797
DTDRid	0,034	0,566	0,701	<0,0001	0,400	0,062	0,017	0,797	1

*Prag značajnosti sa Bonferoni korekcijom: 0,0014*



**Prilog 5.1.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA indeksa diverziteta *S* – Broj kategorija plena i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	7,000	17,000	12,000	3,640

Korelaciona matrica:

	JRG	DTD	STR	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	Y
JRG	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,275
DTD	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,000
STR	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	0,275
<i>P. esc</i>	0,000	0,000	0,000	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,687
<i>P. les</i>	0,000	0,000	0,000	-0,500	<b>1</b>	-0,500	-0,687
<i>P. rid</i>	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,000
Y	-0,275	0,000	0,275	0,687	-0,687	0,000	<b>1</b>

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Model	4	77,333	19,333	2,698	0,180
Greška	4	28,667	7,167		
Ukupno	8	106,000			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F - količnik	Pr > F
Lokalitet	2	10,667	5,333	0,744	0,531
Takson	2	66,667	33,333	4,651	0,090

**Prilog 5.2.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA indeksa diverziteta *n* – **ukupan broj pojavljivanja plena u uzorku** i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak:

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	40,000	537,000	164,111	173,622

Korelaciona matrica:

	JRG	DTD	STR	P. esc	P. les	P. rid	Y
JRG	1	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,121
DTD	-0,500	1	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,191
STR	-0,500	-0,500	1	0,000	0,000	0,000	0,312
P. esc	0,000	0,000	0,000	1	-0,500	-0,500	0,907
P. les	0,000	0,000	0,000	-0,500	1	-0,500	-0,477
P. rid	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	1	-0,430
Y	-0,121	-0,191	0,312	0,907	-0,477	-0,430	1

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Model	4	222277,778	55569,444	11,774	<b>0,017</b>
Greška	4	18879,111	4719,778		
Ukupno	8	241156,889			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F - količnik	Pr > F
Lokalitet	2	23856,222	11928,111	2,527	0,195
Takson	2	198421,556	99210,778	21,020	<b>0,008</b>

**Prilog 5.3.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA indeksa diverziteta *H* – **Shannon-Wiener-ov indeks** i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	0,903	2,284	1,752	0,419

Korelaciona matrica:

	JRG	DTD	STR	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	Y
JRG	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,350
DTD	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,325
STR	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	0,025
<i>P. esc</i>	0,000	0,000	0,000	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,321
<i>P. les</i>	0,000	0,000	0,000	-0,500	<b>1</b>	-0,500	-0,664
<i>P. rid</i>	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,343
Y	-0,350	0,325	0,025	0,321	-0,664	0,343	<b>1</b>

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Faktor	4	0,833	0,208	1,459	0,362
Greška	4	0,571	0,143		
Ukupno	8	1,404			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Lokalitet	2	0,214	0,107	0,750	0,529
Takson	2	0,619	0,309	2,167	0,230

**Prilog 5.4.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA indeksa diverziteta *J* – **Shannon-Wiener-ov indeks ujednačenosti** i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	0,464	0,834	0,711	0,113

Korelaciona matrica:

	JRG	DTD	STR	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	Y
JRG	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,254
DTD	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,471
STR	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	-0,218
<i>P. esc</i>	0,000	0,000	0,000	<b>1</b>	-0,500	-0,500	-0,015
<i>P. les</i>	0,000	0,000	0,000	-0,500	<b>1</b>	-0,500	-0,497
<i>P. rid</i>	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,512
Y	-0,254	0,471	-0,218	-0,015	-0,497	0,512	<b>1</b>

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Faktor	4	0,057	0,014	1,283	0,407
Greška	4	0,045	0,011		
Ukupno	8	0,102			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Lokalitet	2	0,023	0,011	1,017	0,440
Takson	2	0,035	0,017	1,550	0,317

**Prilog 5.5.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA indeksa diverziteta  $D'$  – Simpson-ov indeks i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	0,145	0,602	0,279	0,140

Korelaciona matrica:

	JRG	DTD	STR	P. esc	P. les	P. rid	Y
JRG	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,219
DTD	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,397
STR	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	0,178
P. esc	0,000	0,000	0,000	<b>1</b>	-0,500	-0,500	-0,281
P. les	0,000	0,000	0,000	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,655
P. rid	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	<b>1</b>	-0,374
Y	0,219	-0,397	0,178	-0,281	0,655	-0,374	<b>1</b>

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Faktor	4	0,092	0,023	1,436	0,367
Greška	4	0,064	0,016		
Ukupno	8	0,157			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Lokalitet	2	0,025	0,012	0,770	0,521
Takson	2	0,068	0,034	2,103	0,238

**Prilog 5.6.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA indeksa diverziteta *D* – **Simpson-ov indeks dominantnosti** i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	0,398	0,855	0,721	0,140

Korelaciona matrica:

	JRG	DTD	STR	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	Y
JRG	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,219
DTD	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,397
STR	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	-0,178
<i>P. esc</i>	0,000	0,000	0,000	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,281
<i>P. les</i>	0,000	0,000	0,000	-0,500	<b>1</b>	-0,500	-0,655
<i>P. rid</i>	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,374
Y	-0,219	0,397	-0,178	0,281	-0,655	0,374	<b>1</b>

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Faktor	4	0,092	0,023	1,436	0,367
Greška	4	0,064	0,016		
Ukupno	8	0,157			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Lokalitet	2	0,025	0,012	0,770	0,521
Takson	2	0,068	0,034	2,103	0,238

**Prilog 6.1.** Broj identifikovanih fungalnih struktura po taksonu žaba i lokalitetu

Fungalne strukture	Takson			Lokalitet		
	<i>P. esc</i>	<i>P. rid</i>	<i>P. les</i>	DTD	STR	JRG
Melanizovane amerospore	8	5	2	4	8	3
Melanizovane fragmospore	15	3	2	7	7	6
Melanizovane diktiospore	20	6	3	3	13	13
Septirane hijalinske micelije	11	1	2	3	10	1
Septirane melanizovane micelije	11	4	3	2	7	9
Melanizovane didimospore	7	3	0	1	5	4
Hijalinske neseptirane micelije	4	2	3	2	3	4
Hijalinske amerospore	5	1	0	1	4	1
Hijalinske didimospore	2	0	0	0	1	1
Plodonosna tela	0	2	0	1	0	1

**Prilog 6.2.** Broj identifikovanih fungalnih izolata po taksonu žaba i lokalitetu

Fungalni izolati	Takson			Lokalitet		
	<i>P. rid</i>	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	JRG	DTD	STR
<i>Acremonium</i> sp.	1	1	0	0	1	1
<i>Acrodontium salmoneum</i>	0	1	0	0	1	0
<i>Alfaria terrestris</i>	0	2	0	2	0	0
<i>Alternaria alternata</i>	4	2	2	2	1	5
<i>Alternaria infectoria</i> group	0	5	1	1	4	1
<i>Alternaria obovoidea</i>	2	0	0	0	0	2
<i>Aspergillus jensenii</i>	0	1	0	0	0	1
<i>Aspergillus pseudoglaucus</i>	0	1	0	1	0	0
<i>Aspergillus</i> sp. sect. <i>Circumdati</i>	1	2	0	1	1	1
<i>Aspergillus</i> sp. sect. <i>Flavi</i>	0	3	5	3	3	2
<i>Aspergillus</i> sp. sect. <i>Nidulantes</i>	0	1	0	0	1	0
<i>Aspergillus</i> sp. sect. <i>Nigri</i>	3	18	4	3	6	16
<i>Aspergillus</i> sp. sect. <i>Restricti</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Aspergillus</i> sp. sect. <i>Terrei</i>	1	0	1	1	1	0
<i>Bionectria</i> cf. <i>ochroleuca</i>	1	3	0	1	2	1
<i>Bipolaris cynodontis</i>	0	2	2	2	2	0
<i>Botryotrichum murorum</i>	0	2	0	0	0	2
<i>Botrytys cinerea</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	0	1	0	0	1	0
<i>Cladosporium subuliforme</i>	0	2	0	0	2	0
<i>Didymella americana</i>	1	1	0	0	0	2
<i>Epicoccum nigrum</i>	1	15	3	3	4	12
<i>Fusarium equiseti</i>	0	0	1	0	1	0
<i>Fusarium incarnatum</i>	0	1	0	0	0	1
<i>Fusarium oxysporum</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Fusarium proliferatum</i>	1	5	2	2	2	4
<i>Fusarium solani</i>	0	1	0	0	0	1
<i>Hydnopolyporus fimbriatus</i>	0	1	0	0	0	1
<i>Penicillium samsonianum</i>	0	1	0	0	1	0
<i>Penicillium viridicatum</i>	2	8	1	2	3	6
<i>Phaeosphaeria sowerbyi</i>	1	0	0	0	1	0
<i>Phlebia acerina</i>	0	0	1	1	0	0

<i>Pseudoteniolina globosa</i>	0	0	1	0	1	0
<i>Pythium</i> sp.	0	1	1	0	2	0
<i>Quambalaria cyanescens</i>	0	1	0	1	0	0
<i>Rhizopus stolonifer</i>	0	2	0	0	1	1
<i>Setomelanomma holmii</i>	1	1	0	0	1	1
<i>Talaromyces stipitatus</i>	1	2	0	1	0	2
<i>Trichoderma atroviride</i>	3	8	0	0	1	10
<i>Trichoderma guizhouense</i>	0	1	0	0	0	1
<i>Ulocladium cf. alternariae</i>	0	2	0	2	0	0

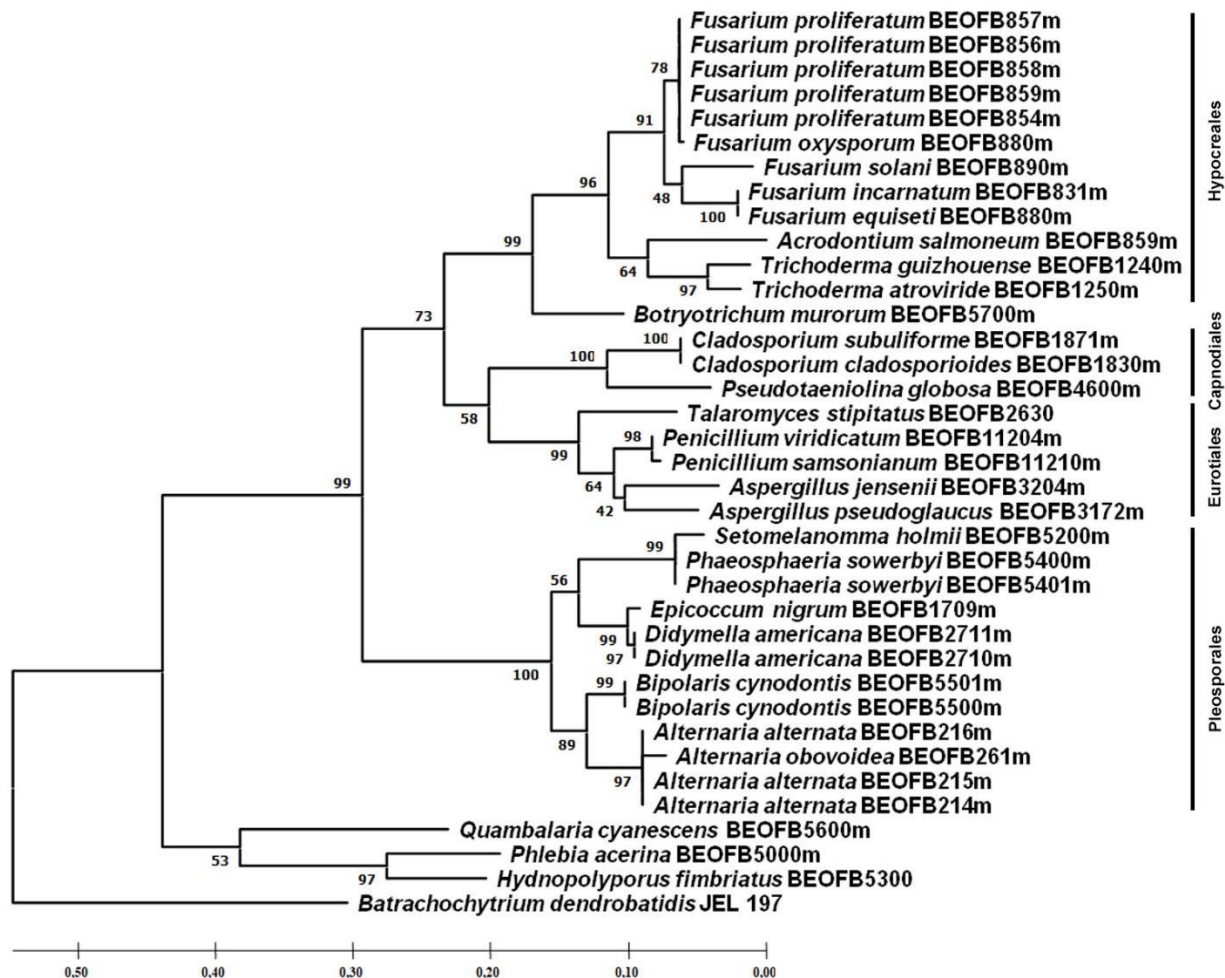


**Prilog 6.3.** Spisak svih identifikovanih gljiva na koži zelenih žaba

Identifikovane gljive i njihove skraćenice	Šifra izolata	Identifikaciona metoda					
		Identifikacioni ključ	Genebank pristupni broj		Homologija (%)		
			ITS	$\beta$ -tubulin	ITS	$\beta$ -tubulin	
<i>Acremonium</i> sp. <b>Acre</b>	BEOFB102m	Samson i sar. 2010	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
<i>Acrodontium salmoneum</i> <b>Acrs</b>	BEOFB5900m	Kubatova i sar. 2001	MW579505	n.a.	100	n.a.	
<i>Alfaria terrestris</i> <b>Alft</b>	BEOFB5100m	Lombard i sar. 2016	n.a.	MT976129	n.a.	100	
<i>Alternaria alternata</i> <b>Alta</b>	BEOFB214m	Samson i sar. 2010; Woudenberg i sar. 2013	MT966889	n.a.	100	n.a.	
<i>Alternaria alternata</i> <b>Alta</b>	BEOFB215m		MT978183		100	n.a.	
<i>Alternaria alternata</i> <b>Alta</b>	BEOFB216m		MW570912		100	n.a.	
<i>Alternaria infectoria</i> group <b>Alti</b>	n.a.		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
<i>Alternaria obovoidea</i> <b>Alto</b>	BEOFB261m		MW578969	n.a.	100	n.a.	
<i>Aspergillus pseudoglaucus</i> <b>Aspp</b>	BEOFB3172m	Raper i Fennell 1965; Samson i sar. 2010	MW652790	MW699144	99.40	100	
<i>Aspergillus</i> sp. sect. <i>Circumdati</i> <b>Aspc</b>	n.a.		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
<i>Aspergillus</i> sp. sect. <i>Flavi</i> <b>Aspf</b>	n.a.		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
<i>Aspergillus</i> sp. sect. <i>Nidulantes</i> <b>Aspd</b>	n.a.		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
<i>Aspergillus</i> sp. sect. <i>Nigri</i> <b>Aspn</b>	n.a.		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
<i>Aspergillus</i> sp. sect. <i>Restricti</i> <b>Aspr</b>	n.a.		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
<i>Aspergillus</i> sp. sect. <i>Terrei</i> <b>Aspt</b>	n.a.		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
<i>Aspergillus jensenii</i> <b>Aspj</b>	BEOFB3204m		MW652787	MW699141	100	100	
<i>Bionectria</i> cf. <i>ochroleuca</i> <b>Bioo</b>	BEOFB3302m	Schroers i sar. 1999	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
<i>Bipolaris cynodontis</i> <b>Bipc</b>	BEOFB5500m	Manamgoda i sar. 2014	MT955629	MT976130	100	100	
<i>Bipolaris cynodontis</i> <b>Bipc</b>	BEOFB5501m		MW574477	n.a.	100	n.a.	
<i>Botryotrichum murorum</i> <b>Botm</b>	BEOFB5700m	Wang i sar. 2016	MW578965	n.a.	100	n.a.	
<i>Botrytys cinerea</i> <b>Botc</b>	BEOFB3103m	Samson i sar. 2010	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
<i>Cladosporium cladosporioides</i> <b>Clac</b>	BEOFB1830m	Samson i sar. 2010	MT967032	n.a.	100	n.a.	
<i>Cladosporium subuliforme</i> <b>Clas</b>	BEOFB1871m	Bensch i sar. 2012	MW578967	n.a.	100	n.a.	
<i>Didymella americana</i> <b>Dida</b>	BEOFB2710m	Bensch i sar. 2012	MW579502	n.a.	100	n.a.	
<i>Didymella americana</i> <b>Dida</b>	BEOFB2711m		MW630052	n.a.	100	n.a.	
<i>Epicoccum nigrum</i> <b>Epin</b>	BEOFB1709m	Samson i sar. 2010	MT967033	MW355514	100	99.65	
<i>Fusarium equiseti</i> <b>Fuse</b>	BEOFB880m	Samson i sar. 2010; Lević, 2018	MT955628	MT976128	100	100	
<i>Fusarium incarnatum</i> <b>Fusi</b>	BEOFB831m		MW579435	MW718219	100	99.63	
<i>Fusarium oxysporum</i> <b>Fuso</b>	BEOFB880m		MT984384	MW364942	100	100	
<i>Fusarium proliferatum</i> <b>Fusp</b>	BEOFB854m		MT966818	MW223015	100	99.66	
<i>Fusarium proliferatum</i> <b>Fusp</b>	BEOFB855m		n.a.	MW223016	n.a.	100	
<i>Fusarium proliferatum</i> <b>Fusp</b>	BEOFB856m		MT978399	MW355515	100	100	
<i>Fusarium proliferatum</i> <b>Fusp</b>	BEOFB857m		MW578948	MW699142	100	100	
<i>Fusarium proliferatum</i> <b>Fusp</b>	BEOFB858m		MW578950	MW718220	100	100	
<i>Fusarium proliferatum</i> <b>Fusp</b>	BEOFB859m		MW578952	MW718221	99.80	100	
<i>Fusarium solani</i> <b>Fuss</b>	BEOFB890m		MW579414	MW772383	99.80	100	
<i>Hydnopolyporus fimbriatus</i> <b>Hydf</b>	BEOFB5300		n.a.	MT835289	n.a.	99.83	n.a.
<i>Penicillium samsonianum</i> <b>Pens</b>	BEOFB11210m		Pitt, 1979	MW652786	MW714652	100	100
<i>Penicillium viridicatum</i> <b>Penv</b>	BEOFB11204m		Samson i sar. 2010	MW652789	MW699143	100	100
<i>Phaeosphaeria sowerbyi</i> <b>Phas</b>	BEOFB5400m	n.a.	MT835387	n.a.	95.94	n.a.	
<i>Phaeosphaeria sowerbyi</i> <b>Phas</b>	BEOFB5401m		MW574910	n.a.	95.94	n.a.	
<i>Phlebia acerina</i> <b>Phla</b>	BEOFB5000m		MT955599	n.a.	100	n.a.	
<i>Pseudoteniolina globosa</i> <b>Pseg</b>	BEOFB4600m	Rizk i sar. 2021	MT835250	MT877225	100	n.a.	
<i>Pythium</i> sp. <b>Pyth</b>	BEOFB5900m	Ward i Whipple, 1959	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
<i>Quambalaria cyanescens</i> <b>Quac</b>	BEOFB5600m	n.a.	MW564022	n.a.	99.51	n.a.	
<i>Rhizopus stolonifer</i> <b>Rhis</b>	BEOFB5700m	Samson i sar. 2010	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
<i>Setomelanomma holmii</i> <b>Seth</b>	BEOFB5200m	n.a.	MT835255	MT877226	92.78	n.a.	

<i>Talaromyces stipitatus</i> <b>Tals</b>	BEOFB2630m	Pitt, 1979	MT955366	MT976127	100	99.00
<i>Trichoderma atroviride</i> <b>Tri</b>	BEOFB1250m	n.a	MW579266	n.a	100	n.a
<i>Trichoderma guizhouense</i> <b>Trag</b>	BEOFB1240m	n.a	MW579265	n.a.	100	n.a.
<i>Ulocladium cf. alternariae</i> <b>Uloa</b>	BEOFB5800m	Samson i sar. 2010	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

**Prilog 7.** Filogenetski odnosi između izolovanih fungalnih taksona sa kože zelenih žaba na osnovu analize ITS segmenta



**Prilog 8.1.** Detaljni rezultati Kruskal-Wallis testa sa post-hoc testom višestrukog poređenja fungalnih struktura između taksona

Statistički sažetak:

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
<i>P. esc</i>	10	0	10	0,000	20,000	8,300	6,111
<i>P. rid</i>	10	0	10	0,000	6,000	2,700	1,889
<i>P. les</i>	10	0	10	0,000	3,000	1,500	1,354

Kruskal-Wallis test:

H	<b>10,359</b>
DF	2
<i>p</i> -vrednost	<b>0,004</b>

Test višestrukog poređenja:

Uzorak	Frekvencije	Suma rangova	Srednja vrednost sume rangova	Grupe
<i>P. les</i>	10	99,500	9,950	A
<i>P. rid</i>	10	142,500	14,250	A B
<i>P. esc</i>	10	223,000	22,300	B

	<i>P. esc</i>	<i>P. rid</i>	<i>P. les</i>
<i>P. esc</i>	0	8,050	12,350
<i>P. rid</i>	-8,050	0	4,300
<i>P. les</i>	-12,350	-4,300	0

*p*-vrednosti

	<i>P. esc</i>	<i>P. rid</i>	<i>P. les</i>
<i>P. esc</i>	1	<b>0,039</b>	<b>0,002</b>
<i>P. rid</i>	<b>0,039</b>	1	0,270
<i>P. les</i>	<b>0,002</b>	0,270	1

Prag značajnosti sa Bonferoni korekcijom: 0,0167

**Prilog 8.2.** Detaljni rezultati Kruskal-Wallis testa sa post-hoc testom višestrukog poređenja fungalnih struktura između lokaliteta

Statistički sažetak:

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
DTD	10	0	10	0,000	7,000	2,400	2,011
STR	10	0	10	0,000	13,000	5,800	4,022
JRG	10	0	10	1,000	13,000	4,300	4,029

Kruskal-Wallis test:

H	4,027
DF	2
<i>p</i> -vrednost	0,131

Test višestrukog poređenja:

Uzorak	Frekvencije	Suma rangova	Srednja vrednost sume rangova	Grupe
DTD	10	115,500	11,550	A
JRG	10	156,000	15,600	A
STR	10	193,500	19,350	A

	DTD	STR	JRG
DTD	0	-7,800	-4,050
STR	7,800	0	3,750
JRG	4,050	-3,750	0

*p*-vrednosti

	DTD	STR	JRG
DTD	1	0,045	0,298
STR	0,045	1	0,335
JRG	0,298	0,335	1

Prag značajnosti sa Bonferoni korekcijom: 0,0167

**Prilog 8.3.** Detaljni rezultati Kruskal-Wallis testa sa post-hoc testom višestrukog poređenja fungalnih struktura između 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak:

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
JRGEsc	10	0	10	0,000	8,000	2,500	2,506
JRGLes	10	0	10	0,000	3,000	0,800	1,135
JRGRid	10	0	10	0,000	3,000	1,000	1,054
DTDEsc	10	0	10	0,000	5,000	1,300	1,494
DTDLes	10	0	10	0,000	2,000	0,500	0,707
DTDRid	10	0	10	0,000	1,000	0,600	0,516
STREsc	10	0	10	0,000	10,000	4,500	3,240
STRLes	10	0	10	0,000	1,000	0,200	0,422
STRRid	10	0	10	0,000	3,000	1,100	1,101

Kruskal-Wallis test:

H	<b>27,121</b>
DF	8
p-vrednost	<b>&lt;0,0001</b>

Test višestrukog poređenja:

Uzorak	Frekvencije	Suma rangova	Srednja vrednost sume rangova	Grupe
STRLes	10	254,000	25,400	A
DTDLes	10	337,000	33,700	A
DTDRid	10	382,000	38,200	A B
JRGLes	10	383,000	38,300	A B
JRGRid	10	447,000	44,700	A B
STRRid	10	466,000	46,600	A B
DTDEsc	10	485,500	48,550	A B
JRGEsc	10	606,000	60,600	A B
STREsc	10	734,500	73,450	B

	JRGEsc	JRGLes	JRGRid	DTDEsc	DTDLes	DTDRid	STREsc	STRLes	STRRid
JRGEsc	0	22,300	15,900	12,050	26,900	22,400	-12,850	35,200	14,000
JRGLes	-22,300	0	-6,400	-10,250	4,600	0,100	-35,150	12,900	-8,300
JRGRid	-15,900	6,400	0	-3,850	11,000	6,500	-28,750	19,300	-1,900
DTDEsc	-12,050	10,250	3,850	0	14,850	10,350	-24,900	23,150	1,950
DTDLes	-26,900	-4,600	-11,000	-14,850	0	-4,500	-39,750	8,300	-12,900
DTDRid	-22,400	-0,100	-6,500	-10,350	4,500	0	-35,250	12,800	-8,400
STREsc	12,850	35,150	28,750	24,900	39,750	35,250	0	48,050	26,850
STRLes	-35,200	-12,900	-19,300	-23,150	-8,300	-12,800	-48,050	0	-21,200

STRRid -14,000 8,300 1,900 -1,950 12,900 8,400 -26,850 21,200 0

*p*-vrednosti:

	JRGEsc	JRGLes	JRGRid	DTDEsc	DTDLes	DTDRid	STREsc	STRLes	STRRid
JRGEsc	1	<b>0,044</b>	0,152	0,277	<b>0,015</b>	<b>0,043</b>	0,247	<b>0,002</b>	0,207
JRGLes	<b>0,044</b>	1	0,564	0,355	0,678	0,993	<b>0,002</b>	0,245	0,454
JRGRid	0,152	0,564	1	0,729	0,321	0,558	<b>0,010</b>	0,082	0,864
DTDEsc	0,277	0,355	0,729	1	0,181	0,351	<b>0,025</b>	<b>0,037</b>	0,860
DTDLes	<b>0,015</b>	0,678	0,321	0,181	1	0,685	<b>0,000</b>	0,454	0,245
DTDRid	<b>0,043</b>	0,993	0,558	0,351	0,685	1	<b>0,001</b>	0,249	0,449
STREsc	0,247	<b>0,002</b>	<b>0,010</b>	<b>0,025</b>	<b>0,000</b>	<b>0,001</b>	1	<b>&lt;0,0001</b>	<b>0,016</b>
STRLes	<b>0,002</b>	0,245	0,082	<b>0,037</b>	0,454	0,249	<b>&lt;0,0001</b>	1	0,056
STRRid	0,207	0,454	0,864	0,860	0,245	0,449	<b>0,016</b>	0,056	1

*Prag značajnosti sa Bonferoni korekcijom: 0,0014*

**Prilog 8.4.** Detaljni rezultati Kruskal-Wallis testa sa post-hoc testom višestrukog poređenja fungalnih izolata između taksona

Statistički sažetak:

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
<i>P. esc</i>	41	0	41	0,000	18,000	2,390	3,748
<i>P. les</i>	41	0	41	0,000	5,000	0,610	1,159
<i>P. rid</i>	41	0	41	0,000	4,000	0,659	0,965

Kruskal-Wallis test:

H	<b>20,389</b>
DF	2
<i>p</i> -vrednost	<b>0,000</b>

Test višestrukog poređenja:

Uzorak	Frekvencije	Suma rangova	Srednja vrednost sume rangova	Grupe
<i>P. les</i>	41	2053,000	50,073	A
<i>P. rid</i>	41	2260,000	55,122	A
<i>P. esc</i>	41	3313,000	80,805	B

	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>
<i>P. esc</i>	0	30,732	25,683
<i>P. les</i>	-30,732	0	-5,049
<i>P. rid</i>	-25,683	5,049	0

*p*-vrednosti

	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>
<i>P. esc</i>	1	<b>&lt;0,0001</b>	<b>0,000</b>
<i>P. les</i>	<b>&lt;0,0001</b>	1	0,489
<i>P. rid</i>	<b>0,000</b>	0,489	1

Prag značajnosti sa Bonferoni korekcijom: 0,0167

**Prilog 8.5.** Detaljni rezultati Kruskal-Wallis testa sa post-hoc testom višestrukog poređenja fungalnih izolata između lokaliteta

Statistički sažetak:

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
JRG	41	0	41	0,000	3,000	0,707	0,981
DTD	41	0	41	0,000	6,000	1,073	1,349
STR	41	0	41	0,000	16,000	1,878	3,415

Kruskal-Wallis test:

H	<b>3,053</b>
DF	2
<i>p</i> -vrednost	<b>0,215</b>

Test višestrukog poređenja:

Uzorak	Frekvencije	Suma rangova	Srednja vrednost sume rangova	Grupe
JRG	41	2245,000	54,756	A
DTD	41	2633,000	64,220	A
STR	41	2748,000	67,024	A

	JRG	DTD	STR
JRG	0	-9,463	-12,268
DTD	9,463	0	-2,805
STR	12,268	2,805	0

*p*-vrednosti

	JRG	DTD	STR
JRG	1	0,198	0,095
DTD	0,198	1	0,703
STR	0,095	0,703	1

Prag značajnosti sa Bonferoni korekcijom: 0,0167



**Prilog 8.6.** Detaljni rezultati Kruskal-Wallis testa sa post-hoc testom višestrukog poređenja fungalnih izolata između 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak:

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
JRGEsc	41	0	41	0,000	3,000	0,488	0,779
DTDEsc	41	0	41	0,000	4,000	0,634	0,994
STREsc	41	0	41	0,000	12,000	1,268	2,510
JRGLes	41	0	41	0,000	2,000	0,220	0,525
DTDLes	41	0	41	0,000	2,000	0,244	0,489
STRLes	41	0	41	0,000	2,000	0,146	0,478
DTDRid	41	0	41	0,000	1,000	0,195	0,401
STRRid	41	0	41	0,000	4,000	0,463	0,897
JRGRid	41	0	41	0,000	1,000	0,098	0,300

Kruskal-Wallis test:

H	<b>34,951</b>
DF	8
p-vrednost	<b>&lt;0,0001</b>

Test višestrukog poređenja:

Uzorak	Frekvencije	Suma rangova	Srednja vrednost sume rangova	Grupe
JRGRid	41	6323,500	154,232	A
STRLes	41	6407,500	156,280	A
JRGLes	41	6922,000	168,829	A
DTDRid	41	7009,500	170,963	A
DTDLes	41	7223,000	176,171	A B
STRRid	41	7887,500	192,378	A B
JRGEsc	41	8258,500	201,427	A B
DTDEsc	41	8667,500	211,402	A B
STREsc	41	9566,000	233,317	B

	JRGEsc	DTDEsc	STREsc	JRGLes	DTDLes	STRLes	DTDRid	STRRid	JRGRid
JRGEsc	0	-9,976	-31,890	32,598	25,256	45,146	30,463	9,049	47,195
DTDEsc	9,976	0	-21,915	42,573	35,232	55,122	40,439	19,024	57,171
STREsc	31,890	21,915	0	64,488	57,146	77,037	62,354	40,939	79,085
JRGLes	-32,598	-42,573	-64,488	0	-7,341	12,549	-2,134	-23,549	14,598
DTDLes	-25,256	-35,232	-57,146	7,341	0	19,890	5,207	-16,207	21,939
STRLes	-45,146	-55,122	-77,037	-12,549	-19,890	0	-14,683	-36,098	2,049
DTDRid	-30,463	-40,439	-62,354	2,134	-5,207	14,683	0	-21,415	16,732
STRRid	-9,049	-19,024	-40,939	23,549	16,207	36,098	21,415	0	38,146

JRGRid -47,195 -57,171 **-79,085** -14,598 -21,939 -2,049 -16,732 -38,146 0

*p*-vrednosti:

	JRGEsc	DTDEsc	STREsc	JRGLes	DTDLes	STRLes	DTDRid	STRRid	JRGRid
JRGEsc	1	0,580	0,076	0,070	0,161	<b>0,012</b>	0,091	0,615	<b>0,009</b>
DTDEsc	0,580	1	0,223	<b>0,018</b>	0,050	<b>0,002</b>	<b>0,025</b>	0,291	<b>0,001</b>
STREsc	0,076	0,223	1	<b>0,000</b>	<b>0,002</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,023</b>	<b>&lt;0,0001</b>
JRGLes	0,070	<b>0,018</b>	<b>0,000</b>	1	0,683	0,486	0,906	0,191	0,417
DTDLes	0,161	0,050	<b>0,002</b>	0,683	1	0,269	0,772	0,368	0,223
STRLes	<b>0,012</b>	<b>0,002</b>	<b>&lt;0,0001</b>	0,486	0,269	1	0,415	<b>0,045</b>	0,909
DTDRid	0,091	<b>0,025</b>	<b>0,001</b>	0,906	0,772	0,415	1	0,234	0,353
STRRid	0,615	0,291	<b>0,023</b>	0,191	0,368	<b>0,045</b>	0,234	1	<b>0,034</b>
JRGRid	<b>0,009</b>	<b>0,001</b>	<b>&lt;0,0001</b>	0,417	0,223	0,909	0,353	<b>0,034</b>	1

*Prag značajnosti sa Bonferoni korekcijom: 0,0014*

**Prilog 9.1.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA indeksa diverziteta *S* – Broj fungalnih struktura i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	2,000	9,000	5,889	2,315

Korelaciona matrica:

	JRG	DTD	STR	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	Y
JRG	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,144
DTD	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,072
STR	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	-0,072
<i>P. esc</i>	0,000	0,000	0,000	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,792
<i>P. les</i>	0,000	0,000	0,000	-0,500	<b>1</b>	-0,500	-0,828
<i>P. rid</i>	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,036
Y	0,144	-0,072	-0,072	0,792	-0,828	0,036	<b>1</b>

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Faktor	4	38,444	9,611	8,650	<b>0,030</b>
Greška	4	4,444	1,111		
Ukupno	8	42,889			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Lokalitet	2	0,889	0,444	0,400	0,694
Takson	2	37,556	18,778	16,900	<b>0,011</b>

**Prilog 9.2.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA indeksa diverziteta *n* – **ukupan broj fungalnih struktura u uzorku** i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	2,000	45,000	13,778	13,283

Korelaciona matrica:

	JRG	DTD	STR	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	Y
JRG	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,013
DTD	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,326
STR	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	0,314
<i>P. esc</i>	0,000	0,000	0,000	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,765
<i>P. les</i>	0,000	0,000	0,000	-0,500	<b>1</b>	-0,500	-0,496
<i>P. rid</i>	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	<b>1</b>	-0,270
Y	0,013	-0,326	0,314	0,765	-0,496	-0,270	<b>1</b>

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Faktor	4	1043,778	260,944	2,838	0,168
Greška	4	367,778	91,944		
Ukupno	8	1411,556			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Lokalitet	2	192,889	96,444	1,049	0,430
Takson	2	850,889	425,444	4,627	0,091

**Prilog 9.3.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA indeksa diverziteta  $H$  – Shannon-Wiener-ov indeks fungalnih struktura i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	1,068	3,250	2,078	0,585

Korelaciona matrica:

	JRG	DTD	STR	P. esc	P. les	P. rid	Y
JRG	1	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,179
DTD	-0,500	1	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,621
STR	-0,500	-0,500	1	0,000	0,000	0,000	-0,442
P. esc	0,000	0,000	0,000	1	-0,500	-0,500	0,126
P. les	0,000	0,000	0,000	-0,500	1	-0,500	-0,594
P. rid	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	1	0,468
Y	-0,179	0,621	-0,442	0,126	-0,594	0,468	1

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Faktor	4	2,195	0,549	4,020	0,103
Greška	4	0,546	0,137		
Ukupno	8	2,741			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Lokalitet	2	1,120	0,560	4,101	0,107
Takson	2	1,075	0,538	3,938	0,113

**Prilog 9.4.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA indeksa diverziteta *J* – **Shannon-Wiener-ov indeks ujednačenosti fungalnih struktura** i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	0,967	1,814	1,273	0,301

Korelaciona matrica:

	JRG	DTD	STR	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	Y
JRG	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,454
DTD	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,612
STR	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	-0,158
<i>P. esc</i>	0,000	0,000	0,000	<b>1</b>	-0,500	-0,500	-0,596
<i>P. les</i>	0,000	0,000	0,000	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,369
<i>P. rid</i>	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,227
Y	-0,454	0,612	-0,158	-0,596	0,369	0,227	<b>1</b>

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Faktor	4	0,557	0,139	3,273	0,139
Greška	4	0,170	0,043		
Ukupno	8	0,727			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Lokalitet	2	0,294	0,147	3,453	0,135
Takson	2	0,263	0,132	3,093	0,154

**Prilog 9.5.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA indeksa diverziteta *D'* – **Simpson-ov indeks ufnjalnih struktura** i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	0,000	0,179	0,104	0,065

Korelaciona matrica:

	JRG	DTD	STR	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	Y
JRG	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,526
DTD	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,230
STR	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	-0,297
<i>P. esc</i>	0,000	0,000	0,000	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,493
<i>P. les</i>	0,000	0,000	0,000	-0,500	<b>1</b>	-0,500	-0,134
<i>P. rid</i>	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	<b>1</b>	-0,360
Y	0,526	-0,230	-0,297	0,493	-0,134	-0,360	<b>1</b>

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Faktor	4	0,018	0,004	1,168	0,442
Greška	4	0,015	0,004		
Ukupno	8	0,033			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Lokalitet	2	0,009	0,005	1,208	0,389
Takson	2	0,009	0,004	1,128	0,409

**Prilog 9.6.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA indeksa diverziteta *D* – Simpson-ov indeks dominantnosti fungalnih struktura i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	0,821	1,000	0,896	0,065

Korelaciona matrica:

	JRG	DTD	STR	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	Y
JRG	1	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,526
DTD	-0,500	1	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,230
STR	-0,500	-0,500	1	0,000	0,000	0,000	0,297
<i>P. esc</i>	0,000	0,000	0,000	1	-0,500	-0,500	-0,493
<i>P. les</i>	0,000	0,000	0,000	-0,500	1	-0,500	0,134
<i>P. rid</i>	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	1	0,360
Y	-0,526	0,230	0,297	-0,493	0,134	0,360	1

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Faktor	4	0,018	0,004	1,168	0,442
Greška	4	0,015	0,004		
Ukupno	8	0,033			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Lokalitet	2	0,009	0,005	1,208	0,389
Takson	2	0,009	0,004	1,128	0,409



**Prilog 9.7.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA indeksa diverziteta *S* – Broj fungalnih izolata i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	4,000	21,000	10,556	5,703

Korelaciona matrica:

	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	JRG	DTD	STR	Y
<i>P. esc</i>	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,847
<i>P. les</i>	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,511
<i>P. rid</i>	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	-0,336
JRG	0,000	0,000	0,000	<b>1</b>	-0,500	-0,500	-0,292
DTD	0,000	0,000	0,000	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,058
STR	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,234
Y	0,847	-0,511	-0,336	-0,292	0,058	0,234	<b>1</b>

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Faktor	4	214,444	53,611	4,684	0,082
Greška	4	45,778	11,444		
Ukupno	8	260,222			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Takson	2	189,556	94,778	8,282	<b>0,038</b>
Lokalitet	2	24,889	12,444	1,087	0,420

**Prilog 9.8.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA indeksa diverziteta *n* – **ukupan broj pojavljivanja** **fungalnih izolata u uzorku** i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	4,000	52,000	17,111	15,012

Korelaciona matrica:

	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	JRG	DTD	STR	Y
<i>P. esc</i>	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,777
<i>P. les</i>	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,439
<i>P. rid</i>	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	-0,339
JRG	0,000	0,000	0,000	<b>1</b>	-0,500	-0,500	-0,305
DTD	0,000	0,000	0,000	-0,500	<b>1</b>	-0,500	-0,122
STR	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,427
Y	0,777	-0,439	-0,339	-0,305	-0,122	0,427	<b>1</b>

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Faktor	4	1444,444	361,111	4,030	0,103
Greška	4	358,444	89,611		
Ukupno	8	1802,889			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Takson	2	1094,889	547,444	6,109	0,061
Lokalitet	2	349,556	174,778	1,950	0,256

**Prilog 9.9.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA indeksa diverziteta *H* – **Shannon-Wiener-ov indeks** **fungalnih izolata** i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	1,746	4,364	3,084	0,801

Korelaciona matrica:

	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	JRG	DTD	STR	Y
<i>P. esc</i>	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,106
<i>P. les</i>	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,135
<i>P. rid</i>	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	0,029
JRG	0,000	0,000	0,000	<b>1</b>	-0,500	-0,500	-0,329
DTD	0,000	0,000	0,000	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,729
STR	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	<b>1</b>	-0,400
Y	0,106	-0,135	0,029	-0,329	0,729	-0,400	<b>1</b>

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Faktor	4	2,839	0,710	1,239	0,420
Greška	4	2,292	0,573		
Ukupno	8	5,131			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Takson	2	0,104	0,052	0,090	0,915
Lokalitet	2	2,736	1,368	2,387	0,208

**Prilog 9.10.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA indeksa diverziteta *J* – **Shannon-Wiener-ov indeks ujednačenosti fungalnih izolata** i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	1,068	1,986	1,430	0,351

Korelaciona matrica:

	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	JRG	DTD	STR	Y
<i>P. esc</i>	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,625
<i>P. les</i>	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,248
<i>P. rid</i>	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	0,377
JRG	0,000	0,000	0,000	<b>1</b>	-0,500	-0,500	-0,016
DTD	0,000	0,000	0,000	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,561
STR	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	<b>1</b>	-0,544
Y	-0,625	0,248	0,377	-0,016	0,561	-0,544	<b>1</b>

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Faktor	4	0,793	0,198	4,088	0,101
Greška	4	0,194	0,049		
Ukupno	8	0,987			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Takson	2	0,391	0,195	4,030	0,110
Lokalitet	2	0,402	0,201	4,147	0,106

**Prilog 9.11.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA indeksa diverziteta *D'* – Simpson-ov indeks fungalnih izolata i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	0,000	0,133	0,051	0,044

Korelaciona matrica:

	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	JRG	DTD	STR	Y
<i>P. esc</i>	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,172
<i>P. les</i>	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,329
<i>P. rid</i>	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	-0,501
JRG	0,000	0,000	0,000	<b>1</b>	-0,500	-0,500	-0,342
DTD	0,000	0,000	0,000	-0,500	<b>1</b>	-0,500	-0,478
STR	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,820
Y	0,172	0,329	-0,501	-0,342	-0,478	0,820	<b>1</b>

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Faktor	4	0,015	0,004	14,776	<b>0,012</b>
Greška	4	0,001	0,000		
Ukupno	8	0,016			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Takson	2	0,004	0,002	8,164	<b>0,039</b>
Lokalitet	2	0,011	0,005	21,388	0,007

**Prilog 9.12.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA indeksa diverziteta *D* – Simpson-ov indeks dominantnosti fungalnih izolata i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	0,867	1,000	0,949	0,044

Korelaciona matrica:

	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	JRG	DTD	STR	Y
<i>P. esc</i>	1	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,172
<i>P. les</i>	-0,500	1	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,329
<i>P. rid</i>	-0,500	-0,500	1	0,000	0,000	0,000	0,501
JRG	0,000	0,000	0,000	1	-0,500	-0,500	0,342
DTD	0,000	0,000	0,000	-0,500	1	-0,500	0,478
STR	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	1	-0,819
Y	-0,172	-0,329	0,501	0,342	0,478	-0,819	1

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Faktor	4	0,015	0,004	14,726	<b>0,012</b>
Greška	4	0,001	0,000		
Ukupno	8	0,016			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Takson	2	0,004	0,002	8,143	<b>0,039</b>
Lokalitet	2	0,011	0,005	21,310	0,007

**Prilog 10.** Detaljan razbroj indentifikovanih taksona silikatnih algi po taksonima zelenih žaba i lokalitetima

Takson silikatne alge	Takson žaba			Lokalitet		
	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P.rid</i>	<i>JRG</i>	<i>DTD</i>	<i>STR</i>
<i>Achnantheidium druartii</i>	4	1	0	4	0	1
<i>Achnantheidium minutissimum</i> var. <i>minutissimum</i>	12	1	3	3	3	10
<i>Actinocyclus normanii</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Amphora</i> sp. 1	1	0	0	0	0	1
<i>Amphora</i> sp. 2	1	0	0	0	0	1
<i>Amphora affinis</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Amphora copulata</i>	12	2	3	4	3	10
<i>Amphora inariensis</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Amphora indistincta</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Amphora minutissima</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Amphora ovalis</i>	1	0	2	0	1	2
<i>Amphora pediculus</i>	9	0	2	2	3	6
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>	6	0	1	2	0	5
<i>Aulacoseira ambigua</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Caloneis amphisbaena</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Caloneis bacillum</i>	1	0	1	1	0	1
<i>Caloneis fontinalis</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Caloneis lancettula</i>	3	0	2	1	0	4
<i>Caloneis silicula</i>	4	0	0	2	0	2
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	5	0	2	2	0	5
<i>Cocconeis euglypta</i>	3	0	0	2	0	1
<i>Cocconeis pediculus</i>	1	0	1	0	0	2
<i>Cocconeis placentula</i>	3	1	4	2	1	5
<i>Cocconeis lineata</i>	7	1	1	1	0	8
<i>Craticula ambigua</i>	1	0	2	0	0	3
<i>Craticula buderi</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Craticula cuspidata</i>	2	0	0	0	0	2
<i>Craticula subminuscula</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Cymatopleura elliptica</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Cymatopleura solea</i>	1	1	1	0	1	2
<i>Cymbella</i> sp. 1	1	0	0	0	0	1
<i>Cymbella affinis</i>	9	0	2	3	3	5
<i>Cymbella cymbiformis</i>	2	0	1	1	0	2
<i>Cymbella hantzschiana</i>	1	0	0	0	1	0
<i>Cymbella hustedtii</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Cymbella lanceolata</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Cymbella parva</i>	0	0	2	0	1	1
<i>Cymbella perparva</i>	1	0	1	1	0	1

<i>Cymbella tumida</i>	1	0	1	0	0	2
<i>Cymbella subcistula</i>	5	0	2	2	2	3
<i>Cymbella subaspera</i>	2	0	0	2	0	0
<i>Cymbella vulgata</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Cymbopleura anglica</i>	2	0	0	0	0	2
<i>Diadesmis confervacea</i>	2	0	1	0	0	3
<i>Diatoma moniliformis</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Diatoma vulgaris</i>	1	0	1	0	0	2
<i>Diploneis separanda</i>	2	0	0	1	0	1
<i>Dorofeyukea kotschy</i>	4	0	1	1	0	4
<i>Encyonema auerswaldii</i>	2	0	1	1	0	2
<i>Encyonema caespitosum</i>	2	0	0	0	0	2
<i>Encyonema</i> sp. 1	1	0	0	0	0	1
<i>Encyonema lange-bertalotii</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Encyonema minutum</i>	9	0	2	4	3	4
<i>Encyonema ventricosum</i>	4	0	1	2	1	2
<i>Encyonema silesiacum</i>	6	0	0	2	0	4
<i>Encyonopsis microcephala</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Encyonopsis minuta</i>	2	0	0	0	0	2
<i>Encyonopsis subminuta</i>	0	1	1	1	0	1
<i>Epithemia adnata</i>	8	0	3	4	0	7
<i>Epithemia sores</i>	6	0	1	3	0	4
<i>Epithemia turgida</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Eunotia bilunaris</i>	4	0	1	1	0	4
<i>Fallacia pygmaea</i>	5	0	2	1	0	6
<i>Fragilaria</i> sp. 1	1	0	0	0	0	1
<i>Fragilaria acus</i>	2	0	0	0	0	2
<i>Fragilaria capucina</i>	2	0	1	1	1	1
<i>Fragilaria mesolepta</i>	6	0	1	3	3	1
<i>Fragilaria neointermedia</i>	2	0	2	0	2	2
<i>Fragilaria pararumpens</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Fragilaria perminuta</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Fragilaria ulna</i>	11	0	3	3	4	7
<i>Fragilaria vaucheriae</i>	6	0	1	2	0	5
<i>Geissleria decussis</i>	11	0	3	4	3	7
<i>Gomphonema acuminatum</i>	3	0	4	1	0	4
<i>Gomphonema affine</i>	5	0	1	2	0	4
<i>Gomphonema exilissimum</i>	4	0	0	2	0	2
<i>Gomphonema drutelingense</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Gomphonema graciledictum</i>	2	0	0	1	0	1
<i>Gomphonema hinziae</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Gomphonema innocens</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Gomphonema insigniforme</i>	2	0	0	0	0	2
<i>Gomphonema italicum</i>	0	0	3	0	1	2



<i>Tryblionella hungarica</i>	1	0	1	0	0	2
<i>Tryblionella angustata</i> var. <i>acuta</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Tryblionella angustata</i>	1	0	1	0	0	2
<i>Surirella terricola</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Surirella ovalis</i>	3	0	0	0	0	3
<i>Surirella minuta</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Surirella linearis</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Surirella angusta</i>	2	0	3	0	1	4
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	1	0	1	0	0	2
<i>Staurosirella pinnata</i>	9	0	2	4	2	5
<i>Sturosira venter</i>	3	0	1	0	1	3
<i>Sturosira construens</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Staurosira binodis</i>	5	0	1	4	1	1
<i>Stauroneis subgracilis</i>	3	0	0	1	0	2
<i>Stauroneis smithii</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Stauroneis separanda</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	2	0	1	0	0	3
<i>Stauroneis leguminopsis</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Stauroneis gracilis</i>	1	0	1	0	0	2
<i>Sellaphora pupula</i>	8	0	4	3	0	9
<i>Sellaphora pseudopupula</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Sellaphora mutatoides</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Sellaphora nigri</i>	2	0	2	0	1	3
<i>Sellaphora laevisissima</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Sellaphora blackfordensis</i>	5	0	0	2	0	3
<i>Sellaphora bacillum</i>	6	0	3	2	0	7
<i>Sellaphora</i> sp.	1	0	0	0	0	1
<i>Rhoplaodia gibba</i>	7	0	3	2	1	7
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	2	0	0	0	0	2
<i>Reimeria sinuata</i>	2	0	0	1	1	0
<i>Pseudostaurosira subconstricta</i>	1	0	1	0	0	2
<i>Pseudostaurosira parasitica</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Psammothidium subatomoides</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Planothidium straubianum</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Planothidium rostratum</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Planothidium rostratoholarcticum</i>	1	0	1	1	1	0
<i>Planothidium dubium</i>	2	0	0	2	0	0
<i>Planothidium frequentissimum</i>	11	1	3	6	2	7
<i>Placoneis pseudanglica</i>	3	0	1	0	0	4
<i>Placoneis paraelginensis</i>	2	0	0	0	0	2
<i>Placoneis minor</i>	1	0	1	0	0	2
<i>Placoneis gastrum</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Paraplaconeis minor</i>	3	0	1	1	0	3
<i>Placoneis</i> sp.	1	0	0	0	0	1

<i>Pinnularia subgibba</i> var. <i>undulata</i>	3	0	1	1	0	3
<i>Pinnularia subgibba</i>	2	0	2	0	0	4
<i>Pinnularia viridiformis</i>	5	0	1	2	0	4
<i>Pinnularia rupestris</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Pinnularia parvulisima</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Pinnularia borealis</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Pinnularia brebissonii</i>	3	0	0	0	0	3
<i>Pantocsekiella costei</i>	2	0	0	2	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.	0	1	0	1	0	0
<i>Nitzschia valdecostata</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Nitzschia soratensis</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Nitzschia solita</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Nitzschia solgensis</i>	2	0	0	0	1	1
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	1	0	1	0	0	2
<i>Nitzschia recta</i>	1	0	1	0	0	2
<i>Nitzschia pusilla</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Nitzschia paleacea</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>tenuirostris</i>	1	0	1	0	0	2
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>debilis</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Nitzschia palea</i>	6	0	2	1	0	7
<i>Nitzschia linearis</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Nitzschia intermedia</i>	3	0	2	0	1	4
<i>Nitzschia hantzschiana</i>	2	0	1	0	0	3
<i>Nitzschia fonticola</i>	7	0	2	3	3	3
<i>Nitzschia dissipata</i>	3	0	2	1	2	2
<i>Nitzschia amphibia</i>	12	2	5	5	3	11
<i>Nitzschia abbreviata</i>	2	0	3	0	0	5
<i>Neidium dubium</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Navicula wendlingii</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Navicula viridula</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Navicula veneta</i>	5	0	2	1	0	6
<i>Navicula vandamii</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Navicula trivialis</i>	5	0	1	1	0	5
<i>Navicula tripunctata</i>	3	0	1	0	1	3
<i>Navicula subrhynchocephala</i>	2	0	1	0	0	3
<i>Navicula slesvicensis</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Navicula rostellata</i>	4	0	1	0	0	5
<i>Navicula reinhardtii</i>	2	0	1	1	0	2
<i>Navicula reichardtiana</i>	2	0	1	1	0	2
<i>Navicula radiosa</i>	4	0	2	1	0	5
<i>Navicula oblonga</i>	2	0	1	1	0	2
<i>Navicula moskalii</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Navicula lundii</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Navicula libonensis</i>	2	0	1	1	0	2

<i>Navicula lanceolata</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Navicula lacuum</i>	1	0	1	1	0	1
<i>Navicula cryptotenella</i>	7	1	2	1	0	9
<i>Navicula cryptocephala</i>	6	0	2	3	0	5
<i>Navicula cincta</i>	3	0	1	0	0	4
<i>Navicula cariocincta</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Navicula antonii</i>	8	0	2	2	2	6
<i>Navicula capitatoradiata</i>	4	0	1	1	1	3
<i>Navicula</i> sp. 2	1	0	0	0	0	1
<i>Navicula</i> sp. 1	1	0	0	0	0	1
<i>Melosira varians</i>	10	0	1	3	2	6
<i>Meridion circulare</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Luticola sparsipunctata</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Luticola acidoclinata</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Lemnicola hungarica</i>	8	1	4	7	1	5
<i>Hippodonta capitata</i>	7	0	2	3	1	5
<i>Hantzschia amphioxys</i>	1	0	1	0	0	2
<i>Hantzschia abundans</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Halamphora veneta</i>	6	0	3	2	1	6
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	1	0	1	0	0	2
<i>Gomphonema turgidum</i>	2	0	0	0	0	2
<i>Gomphonema truncatum</i>	5	0	1	2	3	1
<i>Gomphonema trigonocephalum</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Gomphonema utae</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Gomphonema subclavatum</i>	3	0	2	0	1	4
<i>Gomphonema sarcophagus</i>	1	0	2	0	0	3
<i>Gomphonema pumilum</i>	3	0	0	0	2	1
<i>Gomphonema parvulum</i>	6	0	1	2	1	4
<i>Gomphonema parvuliforme</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Gomphonema olivaceum</i>	2	0	0	0	0	2
<i>Gomphonema olivaceolacuum</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Gomphonema micropus</i>	2	0	0	0	0	2

**Prilog 11.1.** Detaljni rezultati Kruskal-Wallis testa sa post-hoc testom višestrukog poređenja za epibiontske zajednice silikatnih algi između taksona žaba

Statistički sažetak:

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
<i>P. esc</i>	204	0	204	0,000	12,000	2,598	2,692
<i>P. les</i>	204	0	204	0,000	2,000	0,069	0,290
<i>P. rid</i>	204	0	204	0,000	5,000	0,882	1,000

Kruskal-Wallis test:

H	<b>286,921</b>
DF	2
p-vrednost	<b>&lt;0,0001</b>

Test višestrukog poređenja:

Uzorak	Frekvencije	Suma rangova	Srednja vrednost sume rangova	Grupe
<i>P. les</i>	204	33930,000	166,324	A
<i>P. rid</i>	204	63673,500	312,125	B
<i>P. esc</i>	204	89974,500	441,051	C

	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>
<i>P. esc</i>	0	274,728	128,926
<i>P. les</i>	-274,728	0	-145,801
<i>P. rid</i>	-128,926	145,801	0

p-vrednosti

	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>
<i>P. esc</i>	1	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>
<i>P. les</i>	<b>&lt;0,0001</b>	1	<b>&lt;0,0001</b>
<i>P. rid</i>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>	1

Prag značajnosti sa Bonferoni korekcijom: 0,0167

**Prilog 11.2.** Detaljni rezultati Kruskal-Wallis testa sa post-hoc testom višestrukog poređenja za epibiontske zajednice silikatnih algi između lokaliteta

Statistički sažetak:

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
JRG	204	0	204	0,000	7,000	0,824	1,239
DTD	204	0	204	0,000	4,000	0,363	0,816
STR	204	0	204	0,000	11,000	2,363	2,160

Kruskal-Wallis test:

H	<b>200,782</b>
DF	2
p-vrednost	<b>&lt;0,0001</b>

Test višestrukog poređenja:

Uzorak	Frekvencije	Suma rangova	Srednja vrednost sume rangova	Grupe
DTD	204	42643,500	209,037	A
JRG	204	56326,500	276,110	B
STR	204	88608,000	434,353	C

	JRG	DTD	STR
JRG	0	67,074	-158,243
DTD	-67,074	0	-225,316
STR	158,243	225,316	0

p-vrednosti

	JRG	DTD	STR
JRG	1	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>
DTD	<b>&lt;0,0001</b>	1	<b>&lt;0,0001</b>
STR	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>	1

Prag značajnosti sa Bonferoni korekcijom: 0,0167

**Prilog 11.3.** Detaljni rezultati Kruskal-Wallis testa sa post-hoc testom višestrukog poređenja fungálnih izolata između 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak:

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
JRGEsc	204	0	204	0,000	5,000	0,770	1,110
DTDEsc	204	0	204	0,000	2,000	0,225	0,551
STREsc	204	0	204	0,000	8,000	1,603	1,574
JRGLes	204	0	204	0,000	1,000	0,034	0,182
DTDLes	204	0	204	0,000	1,000	0,015	0,121
STRLes	204	0	204	0,000	1,000	0,020	0,139
JRGRid	204	0	204	0,000	1,000	0,020	0,139
DTDRid	204	0	204	0,000	2,000	0,123	0,343
STRRid	204	0	204	0,000	4,000	0,740	0,822

Kruskal-Wallis test:

H	<b>724,365</b>
DF	8
p-vrednost	<b>&lt;0,0001</b>

Test višestrukog poređenja:

Uzorak	Frekvencije	Suma rangova	Srednja vrednost sume rangova	Grupe
DTDLes	204	145921,500	715,301	A
STRLes	204	146758,000	719,402	A
JRGRid	204	146758,000	719,402	A
JRGLes	204	149267,500	731,703	A B
DTDRid	204	163667,500	802,292	A B
DTDEsc	204	173350,000	849,755	B
JRGEsc	204	225233,500	1104,086	C
STRRid	204	243030,000	1191,324	C
STREsc	204	292380,000	1433,235	D

	JRGEsc	DTDEsc	STREsc	JRGLes	DTDLes	STRLes	JRGRid	DTDRid	STRRid
JRGEsc	0	254,331	-329,150	372,382	388,784	384,684	384,684	301,794	-87,238
DTDEsc	-254,331	0	-583,480	118,051	134,453	130,353	130,353	47,463	-341,569
STREsc	329,150	583,480	0	701,532	717,934	713,833	713,833	630,944	241,912
JRGLes	-372,382	-118,051	-701,532	0	16,402	12,301	12,301	-70,588	-459,620
DTDLes	-388,784	-134,453	-717,934	-16,402	0	-4,100	-4,100	-86,990	-476,022
STRLes	-384,684	-130,353	-713,833	-12,301	4,100	0	0,000	-82,890	-471,922
JRGRid	-384,684	-130,353	-713,833	-12,301	4,100	0,000	0	-82,890	-471,922
DTDRid	-301,794	-47,463	-630,944	70,588	86,990	82,890	82,890	0	-389,032

STRRid 87,238 341,569 -241,912 459,620 476,022 471,922 471,922 389,032 0

*p*-vrednosti:

	JRGEsc	DTDEsc	STREsc	JRGLes	DTDLes	STRLes	JRGRid	DTDRid	STRRid
JRGEsc	1	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,025
DTDEsc	<0,0001	1	<0,0001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,222	<0,0001
STREsc	<0,0001	<0,0001	1	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
JRGLes	<0,0001	0,002	<0,0001	1	0,673	0,752	0,752	0,069	<0,0001
DTDLes	<0,0001	0,001	<0,0001	0,673	1	0,916	0,916	0,025	<0,0001
STRLes	<0,0001	0,001	<0,0001	0,752	0,916	1	1,000	0,033	<0,0001
JRGRid	<0,0001	0,001	<0,0001	0,752	0,916	1,000	1	0,033	<0,0001
DTDRid	<0,0001	0,222	<0,0001	0,069	0,025	0,033	0,033	1	<0,0001
STRRid	0,025	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	1

Prag značajnosti sa Bonferoni korekcijom: 0,0014

**Prilog 12.1.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA za indeksa diverziteta *S* – Broj taksona silikatnih algi i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	3,000	157,000	47,889	56,874

Korelaciona matrica:

	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	JRG	DTD	STR	Y
<i>P. esc</i>	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,586
<i>P. les</i>	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,570
<i>P. rid</i>	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	-0,016
JRG	0,000	0,000	0,000	<b>1</b>	-0,500	-0,500	-0,201
DTD	0,000	0,000	0,000	-0,500	<b>1</b>	-0,500	-0,368
STR	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,569
Y	0,586	-0,570	-0,016	-0,201	-0,368	0,569	<b>1</b>

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Faktor	4	20139,111	5034,778	3,510	0,126
Greška	4	5737,778	1434,444		
Ukupno	8	25876,889			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Takson	2	11534,889	5767,444	4,021	0,110
Lokalitet	2	8604,222	4302,111	2,999	0,160



**Prilog 12.2.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA za indeksa diverziteta  $n$  – **ukupan broj pojedinačnih uzoraka silikatnih algi** i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	3,000	327,000	80,444	111,225

Korelaciona matrica:

	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	JRG	DTD	STR	Y
<i>P. esc</i>	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,649
<i>P. les</i>	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,511
<i>P. rid</i>	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	-0,138
JRG	0,000	0,000	0,000	<b>1</b>	-0,500	-0,500	-0,165
DTD	0,000	0,000	0,000	-0,500	<b>1</b>	-0,500	-0,376
STR	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,541
Y	0,649	-0,511	-0,138	-0,165	-0,376	0,541	<b>1</b>

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Faktor	4	76689,778	19172,444	3,442	0,129
Greška	4	22278,444	5569,611		
Ukupno	8	98968,222			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Takson	2	46256,889	23128,444	4,153	0,106
Lokalitet	2	30432,889	15216,444	2,732	0,179

**Prilog 12.3.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA za indeksa diverziteta  $H$  – Shannon-Wiener-ov indeks epibiontskih zajednica silikatnih algi i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	1,765	9,143	4,299	2,251

Korelaciona matrica:

	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	JRG	DTD	STR	Y
<i>P. esc</i>	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,123
<i>P. les</i>	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,572
<i>P. rid</i>	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	0,449
JRG	0,000	0,000	0,000	<b>1</b>	-0,500	-0,500	-0,243
DTD	0,000	0,000	0,000	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,230
STR	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,013
Y	0,123	-0,572	0,449	-0,243	0,230	0,013	<b>1</b>

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Faktor	4	17,715	4,429	0,776	0,594
Greška	4	22,833	5,708		
Ukupno	8	40,548			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Takson	2	14,682	7,341	1,286	0,370
Lokalitet	2	3,033	1,516	0,266	0,779

**Prilog 12.4.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA za indeksa diverziteta *J* – **Shannon-Wiener-ov indeks ujednačenosti epibiontskih zajednica silikatnih algi** i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	1,032	2,877	1,570	0,583

Korelaciona matrica:

	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	JRG	DTD	STR	Y
<i>P. esc</i>	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,626
<i>P. les</i>	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,195
<i>P. rid</i>	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	0,430
JRG	0,000	0,000	0,000	<b>1</b>	-0,500	-0,500	-0,040
DTD	0,000	0,000	0,000	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,402
STR	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	<b>1</b>	-0,361
Y	-0,626	0,195	0,430	-0,040	0,402	-0,361	<b>1</b>

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Faktor	4	1,644	0,411	1,533	0,344
Greška	4	1,072	0,268		
Ukupno	8	2,717			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Takson	2	1,113	0,556	2,076	0,241
Lokalitet	2	0,531	0,266	0,991	0,447

**Prilog 12.5.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA za indeksa diverziteta  $D'$  – Simpson-ov indeks epibiontskih zajednica silikatnih algi i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	1,032	2,877	1,570	0,583

Korelaciona matrica:

	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	JRG	DTD	STR	Y
<i>P. esc</i>	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,626
<i>P. les</i>	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,195
<i>P. rid</i>	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	0,430
JRG	0,000	0,000	0,000	<b>1</b>	-0,500	-0,500	-0,040
DTD	0,000	0,000	0,000	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,402
STR	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	<b>1</b>	-0,361
Y	-0,626	0,195	0,430	-0,040	0,402	-0,361	<b>1</b>

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Faktor	4	1,644	0,411	1,533	0,344
Greška	4	1,072	0,268		
Ukupno	8	2,717			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Takson	2	1,113	0,556	2,076	0,241
Lokalitet	2	0,531	0,266	0,991	0,447

**Prilog 12.6.** Detaljni rezultati dvostruke ANOVA za indeksa diverziteta *D* – Simpson-ov indeks epibiontskih zajednica silikatnih algi i 9 *loc\_tax* kombinacija

Statistički sažetak

Varijabla	Opservacije	Ops. sa nedostajućim podacima	Ops. bez nedostajućih podataka	Minimum	Maksimum	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Y	9	0	9	1,032	2,877	1,570	0,583

Korelaciona matrica:

	<i>P. esc</i>	<i>P. les</i>	<i>P. rid</i>	JRG	DTD	STR	Y
<i>P. esc</i>	<b>1</b>	-0,500	-0,500	0,000	0,000	0,000	-0,626
<i>P. les</i>	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,000	0,000	0,000	0,195
<i>P. rid</i>	-0,500	-0,500	<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	0,430
JRG	0,000	0,000	0,000	<b>1</b>	-0,500	-0,500	-0,040
DTD	0,000	0,000	0,000	-0,500	<b>1</b>	-0,500	0,402
STR	0,000	0,000	0,000	-0,500	-0,500	<b>1</b>	-0,361
Y	-0,626	0,195	0,430	-0,040	0,402	-0,361	<b>1</b>

Analiza varijanse:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Faktor	4	1,644	0,411	1,533	0,344
Greška	4	1,072	0,268		
Ukupno	8	2,717			

Tip I suma kvadrata:

Izvor varijacije	DF	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-količnik	Pr > F
Takson	2	1,113	0,556	2,076	0,241
Lokalitet	2	0,531	0,266	0,991	0,447

## Biografija autora

Katarina Breka je rođena 09. avgusta 1989. godine u Beogradu gde je završila osnovnu školu i gimnaziju. Osnovne akademske studije na Univerzitetu u Beogradu – Biološkom fakultetu, modul Ekologija, upisala je školske 2008/2009. godine, a završila 2012. godine sa prosečnom ocenom 8,60. Školske 2012/2013. godine je upisala master akademske studije Ekologija, modul Ekologija, na Univerzitetu u Beogradu – Biološkom fakultetu, koje je završila 2013. godine sa prosečnom ocenom 9,90. Master rad pod nazivom “Analiza ishrane zelenih žaba (*Pelophylax ridibundus*, Pallas 1711) u odabranim akavatičnim ekosistemima okoline Beograda” odbranila je sa ocenom 10. Doktorske akademske studije Ekologija, modul Ekologija i biogeografija, na Univerzitetu u Beogradu – Biološkom fakultetu upisala je školske 2013/2014. godine. Sve ispite na doktorskim studijama je položila u roku sa prosekom ocena 9,90. Tema doktorske disertacije, pod naslovom “Mikrostranišna i mikrotrofička diferencijacija ekoloških niša zelenih žaba (Ranidae: *Pelophylax esculentus* complex) u riparijalnim područjima Južnog Banata, Srbija” prihvaćena je za izradu 24. septembra 2020. godine (na VII sednici Veća naučnih oblasti prirodnih nauka). Tokom doktorskih studija u periodu od školske 2014/2015. godine do izbora za asistenta na Katedri za ekologiju životinja i zoogeografiju je bila angažovana u nastavi kao saradnik u nastavi na tri kursa na osnovnim akademskim studijama Biologija i jednom kursu master akademskih studija Ekologija. Od aprila 2019. godine je zaposlena kao asistent na Katedri za ekologiju životinja i zoogeografiju, Univerzitet u Beogradu – Biološki fakultet. Članica je Srpskog biološkog društva, Nemačkog društva za herpetologiju i teraristiku i Evropskog herpetološkog društva. U toku dosadašnjeg naučnog rada objavila je pet naučnih radova u časopisima od međunarodnog značaja, jedan rad u časopisu nacionalnog značaja i 10 kongresnih saopštenja sa međunarodnim učešćem. Bila je rukovodilac međunarodnog projekta („Detection of Threatening Factors and Epizootic Communities of Green Frogs (*Pelophylax synclepton esculenta* complex) in Serbia”, Rufford foundation) i projekta iz Horizon programa („Stacking of ecosystem services: mechanisms and interactions for optimal crop protection, pollination enhancement, and productivity (EcoStack)”, Horizon 2020). Učestvovala je i u realizaciji dva nacionalna projekta („Osnaživanje digitalne pismenosti studenata ekologije – Na informatičkom putu suočavanja sa izazovima zaštite biodiverziteta u XXI veku (DigiOEŽPopEko)“ i „Institucionalno finansiranje NIR Biološkog fakulteta”, Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija RS).

## Izjave

### Izjava o autorstvu

Ime i prezime autora: Katarina Breka

Broj indeksa: E3002/2013

#### Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom

**Mikrostanišna i mikrotrofička diferencijacija ekoloških niša zelenih žaba (Ranidae: *Pelophylax esculentus* complex) u riparijalnim područjima Južnog Banata, Srbija**

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada
- da disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za sticanje druge diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova
- da su rezultati korektno navedeni
- da nisam kršila autorska prava i koristila intelektualnu svojinu drugih lica

Potpis autora

U Beogradu, 17. 4. 2023.

---

## Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora: Katarina Breka

Broj indeksa: E3002/2013

Studijski program: Ekologija

Naslov rada: Mikrostanišna i mikrotrofička diferencijacija ekoloških niša zelenih žaba (Ranidae: *Pelophylax esculentus* complex) u riparijalnim područjima Južnog Banata, Srbija

Mentori: dr Srđan Stamenković, dr Imre Krizmanić

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predala radi pohranjivanja u **Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu**.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog naziva doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

Potpis autora

U Beogradu, 17. 4. 2023.

---



## Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

Mikrostanišna i mikrotrofička diferencijacija ekoloških niša zelenih žaba (Ranidae: *Pelophylax* *esculentus* complex) u riparijalnim područjima Južnog Banata, Srbija

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim priložima predala sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Beogradu i dostupnu u otvorenom pristupu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučila.

1. Autorstvo (CC BY)
2. Autorstvo – nekomercijalno (CC BY-NC)
- 3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada (CC BY-NC-ND)**
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima (CC BY-NC-SA)
5. Autorstvo – bez prerada (CC BY-ND)
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima (CC BY-SA)

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci.

Kratak opis licenci je sastavni deo ove izjave).

Potpis autora

U Beogradu, 17.4. 2023.

1. **Autorstvo.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.
2. **Autorstvo – nekomercijalno.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
3. **Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.
4. **Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.
5. **Autorstvo – bez prerada.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
6. **Autorstvo – deliti pod istim uslovima.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.