

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ БИОЛОШКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

На V редовној седници Наставно-научног већа Биолошког факултета Универзитета у Београду, одржаној 13. 03. 2020. године, на молбу ментора др Наташе Томашевић Коларов, научни сарадник, Универзитет у Београду - Институт за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ - Институт од националног значаја за Републику Србију и др Имре Кризманића, доцент, Универзитет у Београду - Биолошки факултет, одређена је Комисија за преглед и оцену докторске дисертације кандидата **Тамаре Г. Петровић** истраживача сарадника у Институту за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ - Институт од националног значаја за Републику Србију, под насловом:

„Морфолошка варијабилност и обрасци корелација елемената екстремитета безрепих водоземаца (Anura, Amphibia)“

у саставу:

др Наташа Томашевић Коларов, научни сарадник, Универзитет у Београду - Институт за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ - Институт од националног значаја за Републику Србију,

др Имре Кризманић, доцент, Универзитет у Београду - Биолошки факултет

др Тања Вуков, виши научни сарадник, Универзитет у Београду - Институт за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ - Институт од националног значаја за Републику Србију.

Комисија је прегледала урађену докторску дисертацију Кандидаткиње и Већу подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

ОПШТИ ПОДАЦИ О ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Експериментални део докторске дисертације **Тамаре Г. Петровић** под насловом **„Морфолошка варијабилност и обрасци корелација елемената екстремитета безрепих водоземаца (Anura, Amphibia)“** урађен је на Институту за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ Универзитета у Београду у оквиру пројекта ОИ 173043 „Диверзитет водоземаца и гмизаваца Балкана: еволуциони аспекти и конзервација“, финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Докторска дисертација садржи: насловну страну на српском и енглеском језику, страницу са подацима о комисији за одбрану, захвалницу, сажетак на српском и енглеском језику и садржај докторске дисертације, Текст по поглављима, Литературу, Биографију аутора, Изјаву о ауторству, Изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјаву о коришћењу.

Дисертација је написана на 77 страна, од тога 65 нумерисаних и садржи 14 слика и 14 табела. У докторској дисертацији, су цитирана 198 извора литературе. Текст дисертације

подељен је у 7 поглавља: **Увод** (11 страна), **Циљеви рада** (1 страна), **Материјал и методе** (14 страна), **Резултати** (15 страна), **Дискусија** (6 страна), **Закључци** (1 страна), **Литература** (10 страна).

АНАЛИЗА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Предмет докторске дисертације кандидаткиње **Тамаре Петровић** представља истраживање интер- и интраспецијских видова морфолошке варијабилности екстремитета безрепих водоземаца под утицајем селекционих притисака везаних за улогу екстремитета у локомоцији и репродукцији. Варијабилност елемената екстремитета је у директној вези са начином кретања и са степеном коришћења акватичне, терестричне и арбореалне средине, али и у индиректној вези у погледу разлика између полова и особина животних историја. Анализом полног диморфизма, утврђене су разлике у величини и облику предњих екстремитета, док незнатне разлике у задњим екстремитетима и елементима сакралног пршљена указују на постојање ограничења у настанку интраспецијске варијабилности у овим особинама код безрепих водоземаца, вероватно због јаких биомеханичких захтева високо специјализоване локомоције. Поређењем морфолошке варијабилности различитих локомоторних типова (скакача и ходача) потврђен је важан утицај задњих екстремитета, и истакнут утицај проксималног и медијалног дела предњих екстремитета, као и особина карличног пршљена у кретању и дефинисању морфологије локомоторних типова Анура. Анализом морфолошке интеграције показано је да највећи утицај на корелациону структуру екстремитета безрепих водоземаца има природна селекција, пре свега кроз специјализацију за скок, а затим и кроз друге локомоторне активности које су повезане са различитим преференцама према типу станишта и начину живота врста. Са друге стране, поред постојања везе између филогенетске историје врста и еколошких преференци, није утврђен значајан утицај филогенетских односа врста на ниво и обрасце корелација екстремитета. Ова студија је показала значајан утицај локомоције и репродукције у обликовању варијабилности и разумевању фактора еволуционих промена екстремитета безрепих водоземаца.

У поглављу **УВОД** Кандидаткиња систематично износи проблематику, научне хипотезе и литературне податке који се односе на досадашња сазнања о истраживаној проблематици: варијабилност и ограничења у фенотипском простору, полни диморфизам, интеграција и модуларност, специјализација локомоције и локомоторни типови као и о специфичности у анатомији, морфологији и начину кретања безрепих водоземаца као модел система. Увод је подељен у четири одељка. У одељку **„Фенотипска варијабилност“** кандидаткиња даје преглед узрока и ограничења у продукцији фенотипске варијабилности, која представља сирови материјал за деловање природне селекције. У одељку **„Локомоторни систем безрепих водоземаца“** дат је преглед основних карактеристика локомоторног система безрепих водоземаца, укључујући скелетну грађу екстремитета и карличног појаса, као и опис локомоторних типова и начина коришћења средине за кретање. У трећем одељку **„Полни диморфизам безрепих водоземаца“** дата је дефиниција феномена полног диморфизма и описани су механизми његовог настанка и одржања. Затим је дат преглед студија које су се бавиле различитим видовима полног диморфизма код Анура. Наведени су најчешћи облици полног диморфизма код безрепих водоземаца. У четвртном одељку **„Морфолошка интеграција, модуларност“** објашњен је појам морфолошке интеграције и модуларности. Наведени су фактори који утичу на степен интегрисаности морфолошких

структура. Такође, описан је хијерархијски модел коваријационе структуре екстремитета, и објашњен утицај локомоторне специјализације и развојних програма на интеграцију и модуларност екстремитета.

У поглављу **ЦИЉЕВИ РАДА** дефинисани су главни циљеви дисертације: 1) утврђивање обрасца варирања скелетних елемената екстремитета и њихових међусобних односа као и везе са локомоторним типовима; 2) утврђивање постојања полног диморфизма у величини тела и елементима предњих и задњих екстремитета безрепих водоземаца; 3) утврђивање утицаја функције (специјализације) и развојних програма на обрасце корелација између и унутар екстремитета, као и утврђивање утицаја филогенетских односа и еколошких преференци различитих врста безрепих водоземаца на интеграцију/модуларност екстремитета.

Поглавље **МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ** састоји се из пет одељака. Први одељак – „**Преглед врста и локалитета**“, обухвата приказ објеката на којима су анализе извршене као и локалитета са којих узорци популација потичу. Други одељак „**Припрема скелета**“ односи се на детаљан преглед метода за просветљивање меког ткива, диференцијално бојење и мерење дужине анализираних скелетних елемената. У оквиру трећег одељка „**Анализа полног диморфизма**“ приказан је бројчани однос мужјака и женки као и особина коришћених у анализи полног диморфизма. Наведене су статистичке анализе коришћене за испитивање разлика између полова. У четвртом одељку под називом „**Анализа морфолошке варијабилности локомоторних типова**“ приказана је подела врста према локомоторном типу и дати су бројчани односи одраслих јединки по врсти као и особине коришћене у анализи разлика у пропорцијама скелетних елемената између локомоторних типова. Затим је дат преглед униваријантних и мултиваријантних анализа коришћених за испитивање варијабилности и разлика у пропорцијама скелетних елемената између локомоторних типова. Пети одељак овог поглавља је „**Анализа морфолошке интеграције**“ са приказом елемената предњих и задњих екстремитета који су кориштени за поређење корелационе структуре елемената екстремитета између врста. Описане су методе за детаљније сагледавање корелисаности појединачних скелетних елемената као и за израчунавање индекса интеграције за сваку врсту. Такође, објашњено је формирање матрица као и матричне анализе које су коришћене за анализирање везе између обрасца корелације екстремитета, филогенетских односа, еколошке и морфолошке сличности између анализираних врста. Све методе су јасно приказане и представљени су одговарајући статистички програми који су коришћени за анализе података.

У оквиру поглавља **РЕЗУЛТАТИ**, на врло јасан и прегледан начин представљени су резултати ових истраживања. У складу са циљевима и примењеним методима ово поглавље је подељено у неколико целина. Прва целина односи се на анализу полног диморфизма. Наведене су добијене разлике у величини тела и особинама предњих и задњих екстремитета. Дат је преглед средњих вредности по половима за сваку анализирану особину. У оквиру друге целине дате су средње вредности дужине тела, структурних делова екстремитета и појединачних елемената екстремитета за оба локомоторна типа. Описане су главне компоненте варијабилности и наведене оптималне пропорције особина које најбоље описују разлике између локомоторних типова. У оквиру треће целине дати су Пирсонови коефицијенти матричних корелација за сваки пар врста, као и индекс интеграције за сваку врсту. Приказане су значајне парцијалне корелације, као

и просечне парцијалне корелације елемената предњих и задњих екстремитета. Представљени су резултати статистичких поређења корелационе матрице са матрицом еколошких сличности, филогенетском матрицом и матрицом морфолошких дистанци. У сваком од ових целина, резултати су врло јасно приказани у оквиру табела, одговарајућих графика и слика.

У поглављу **ДИСКУСИЈА**, кандидаткиња даје приказ добијених резултата са критичким освртом у односу на постављене хипотезе и доступне литературне податке. Дискусија је подељена на три целине. Резултати су дискутовани у контексту различитих улога екстремитета у локомоцији и репродукцији. У оквиру прве целине објашњени су уочени обрасци полног диморфизма и упоређени са резултатима претходних студија. Утврђено је да су разлике између полова везане за варирање у предњим екстремитетима. То се посебно односи на проксималне елементе предњих екстремитета који имају важну улогу у амплексусу указујући да на морфолошку варијабилност велики утицај има сексуална селекција. У оквиру целине „**Локомоторни типови**“ дискутована је морфолошка варијабилност екстремитета и особина сакралног пршљена са аспекта локомоције. На основу биомеханичких улога скелетних елемената и функцијских захтева различите локомоције, објашњене су добијене разлике у пропорцијама између локомоторних група. Поређењем морфолошке варијабилности потврђен је значајан утицај задњих екстремитета, и истакнут утицај проксималног и медијалног дела предњих екстремитета, особина сакралног пршљена као и њихове везе са задњим екстремитетима у кретању и дефинисању морфологије локомоторних типова безрепих водоземаца. У оквиру треће целине „**Обрасци морфолошке интеграције**“ добијени обрасци корелација екстремитета повезани су са функцијским захтевима високо специјализоване локомоције. Резултати из ове студије су упоређени са претходним студијама које су се бавиле интеграцијом екстремитета код таксона са морфолошком и функционалном дивергенцијом предњих и задњих екстремитета. Такође су објашњени утицаји филогенетских односа и еколошких преференци врста на морфолошку интеграцију екстремитета. Образац интеграције код безрепих водоземаца показује да локомоција има највећи утицај на корелациону структуру екстремитета безрепих водоземаца, пре свега кроз специјализацију за скок, док, са друге стране, није показан значајан утицај филогенетских односа.

У складу са предметом докторске дисертације, постављеним циљевима и добијеним резултатима истраживања, у поглављу **ЗАКЉУЧЦИ** сумирани су најважнији закључци који произилазе из добијених резултата. На основу анализе елемената екстремитета код 10 врста безрепих водоземаца утврђено је постојање различитих образаца полног диморфизма у величини и облику испитиваних особина, при чему се највећи део варијабилности односи на предње екстремитете. Незнатне разлике које се односе на задње екстремитете и особине сакралног пршљена, указују на постојање ограничења у настанку интраспецијске варијабилности у задњим екстремитетима код безрепих водоземаца, пре свега због јаких биомеханичких захтева високо специјализоване локомоције. Односи морфолошких особина који најбоље дефинишу локомоторне типове су односи између особина карличног појаса и дужине задњих екстремитета у основним структурама, као и односи тибиофибуле и фемура и тибиофибуле и хумеруса у анализи појединачних елемената. Поређењем морфолошке варијабилности у контексту различитих локомоторних типова потврђен је значајан утицај задњих екстремитета, и истакнут утицај проксималног и медијалног дела предњих екстремитета, особина сакралног пршљена као

и њихове везе са задњим екстремитетима у кретању и дефинисању морфологије локомоторних типова безрепих водоземаца. Различити обрасци морфолошких веза унутар и између елемената екстремитета код скакача и ходача у великој мери осликавају захтеве различитих начина кретања. Образац интеграције код безрепих водоземаца показује да локомоција има највећи утицај на корелациону структуру екстремитета безрепих водоземаца, пре свега кроз специјализацију за скок, а затим и кроз друге локомоторне активности које су у уској вези са типом станишта које врсте преферирају, док, са друге стране, није показан значајан утицај филогенетских односа.

Поглавље **ЛИТЕРАТУРА** садржи 198 библиографских јединица које су адекватно и на одговарајућим местима наведене у тексту докторске дисертације.

Софтверска провера

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, извршена је провера оригиналности докторске дисертације кандидаткиње **Тамаре Г. Петровић**, у програму *iThenticate*.

Резултати електронске провере, ове докторске дисертације, показују да **индекс подударности износи 6%**. Од тога, највећи део подударности (3%) је са дисертацијом која се бавила сличном проблематиком и примењивала сличну методологију. Увидом у достављени Извештај утврђено је да су сва остала уочена појединачна подударња у опсегу мањем од 1% и највећим делом се односе на стандардно присутне делове докторских дисертација (називе водоземаца и других биолошких ентитета, скраћенице, лична имена, библиографске податаке о коришћеној литератури, навођење назива институција, звања чланова комисије, називе поглавља и слично) и последица су претходно публикованих резултата истраживања проистеклих из докторских дисертација из исте научне области. Додатно, одређени делови текста код којих је утврђено подударње нису повезани и немају смисао.

Увидом у извештај о софтверској провери оригиналности као и у текст докторске дисертације, Комисија сматра да су проблематика, експериментални дизајн и резултати оригинални и да је докторска дисертација кандидаткиње **Тамаре Г. Петровић** оригинално научно дело.

5 БИБЛИОГРАФИЈА

Радови и конгресна саопштења у којима су представљени резултати ове докторске дисертације:

Б1. Радови у часописима међународног значаја

1. **Petrović, T. G.**, Vukov, T. D., Tomašević Kolarov, N. 2017. Sexual dimorphism in size and shape of traits related to locomotion in nine anuran species from Serbia and Montenegro. *Folia Zoologica*, 66: 11-21. (M23)
2. **Petrović, T. G.**, Vukov, T. D., Tomašević Kolarov, N. 2017. Morphometric ratio analyses: Locomotor mode in anurans. *Comptes Rendus Biologies*, 340: 250-257. (M23)

Б3. Конгресна саопштења на скуповима међународног значаја

1. **Petrović, T. G.**, Vukov, T. D., Tomašević Kolarov, N. 2017. Variation of distal hindlimb elements in anurans species with different locomotor modes (jumpers and walkers). Conference of Young Evolutionary Biologist, Krakow, Poland. Abstract book, p. 16.
2. **Petrović, T. G.**, Vukov, T. D., Tomašević Kolarov, N. 2019. Patterns of correlations and locomotor specialization in anuran limbs: association with phylogeny and ecology. XX European Congress of Herpetology, Milan 2-6 September 2019, Abstract book

6 МИШЉЕЊЕ И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Докторска дисертација кандидаткиње **Тамаре Г. Петровић**, под насловом „**Морфолошка варијабилност и обрасци корелација елемената екстремитета безрепих водоземаца (Anura, Amphibia)**“, представља свестран и оригиналан научни рад који се бави анализом интра- и интерспецијских аспеката морфолошке варијабилности екстремитета кроз ефекат различитих функционалних захтева.

Анализирана је морфолошка варијабилност екстремитета у контексту репродукције, локомоције, начина живота и типа станишта. Разлике у величини и облику проксималних делова предњих екстремитета као функцијски најважнијих елемената у амплексусу потврдили су да на морфолошку варијабилност екстремитета велики утицај има сексуална селекција. Са друге стране разлике између полова у елементима задњих екстремитета скоро да нису уочене, што би могло да укаже на постојање ограничења у настанку интраспецијске варијабилности у задњим екстремитетима, вероватно због јаким биомеханичких захтева високо специјализоване локомоције. Утицај локомоције се у великој мери одражава на корелациону структуру екстремитета безрепих водоземаца, као резултат деловања природне селекције, пре свега кроз специјализације за скок, а затим и кроз друге локомоторне активности које су повезане са различитим преференцама врста према типу станишта и начину живота. Међутим, поред постојања везе између филогенетске историје врста и еколошких преференци, није утврђен значајан утицај филогенетских односа врста на ниво и обрасце корелација екстремитета.

Део резултата дисертације је објављен у часописима категорије М23 (област Биологија и Зоологија) што указује на њихову актуелност и научни значај. Комисија закључује да су задаци постављени у циљевима испуњени у потпуности и да добијени резултати имају велики значај у области еволуционе биологије и морфологије. Имајући у виду све наведено, Комисија позитивно оцењује урађену докторску дисертацију и са задовољством предлаже Наставно-научном већу Биолошког факултета Универзитета у Београду да прихвати овај Извештај и омогући кандидаткињи **Тамари Г. Петровић** јавну одбрану докторске дисертације под насловом: „**Морфолошка варијабилност и обрасци корелација елемената екстремитета безрепих водоземаца (Anura, Amphibia)**“.

У Београду, 16.03.2020. године.

КОМИСИЈА:

1. др Наташа Томашевић Коларов, научни сарадник, Универзитет у Београду - Институт за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ - Институт од националног значаја за Републику Србију
2. др Имре Кризманић, доцент, Универзитет у Београду - Биолошки факултет
3. др Тања Вуков, виши научни сарадник, Универзитет у Београду - Институт за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ - Институт од националног значаја за Републику Србију