

ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију 14.05.2014., Наставно-научно веће ПМФ-а у Новом Саду,</p> <p>2. Састав комисије: Др Снежана Раденковић, ванредни професор, ужа научна област Зоологија, ПМФ Универзитета у Новом Саду - председник Др Луј Деарвенг (Louis Deharveng), руководилац научних истраживања, Le Centre national de la recherche scientifique– CNRS, Париз, Француска - ментор Др Игњацио Рибера (Ignacio Ribera), руководилац научних истраживања, Institut de Biologia Evolutiva (IBE, CSIC-UPF), Барселона, Шпанија - члан Др Иво Караман, редовни професор, ужа научна област Зоологија, ПМФ Универзитета у Новом Саду - ментор</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Ива (Огњен) Њуњић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 29.01.1987, Београд, Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив: Биолошки факултет Универзитета у Београду, екологија и заштита животне средине; мастер екологије и заштите животне средине</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2012, Докторске академске студије биологије</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: Биолошки факултет Универзитета у Београду, „Каверниколна фауна Орјена и Кривошија (Црна Гора)“, екологија–зоологија, 28.12.2011.</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: екологија</p>
III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:
IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<p>Докторска дисертација је написана на укупно 281 страни текста (укључујући два публикована и један рад који је послат у часопис) и садржи 59 илустрација и 24 табела. Укупан број литературних навода је 364. Дисертација је подељена у шест поглавља: <i>Увод у еволуцију у подземним стаништима</i> (од стране 6. до 35.); <i>Поглавље I. Увод у модел систем</i> (од стране 36. до 53.); <i>Поглавље II. Род Anthroherpon</i> (од стране 54. до 142.); <i>Поглавље III. Чланак 2: The cave beetle genus Anthroherpon is polyphyletic; molecular phylogenetics and description of Graciliella n. gen. (Leiodidae, Leptodirini)</i> (од стране 143. до 183.); <i>Поглавље IV. Свеобухватна еволутивна анализа радијације рода Anthroherpon</i> (од стране 144. до 226.); <i>Поглавље V. Чланак 3: Molecular phylogenetics and systematics of the cave beetle genera Remyella and Rozajella (Coleoptera: Leiodidae: Cholevinae:Leptodirini)</i> (од стране 227. до 260.) и <i>Референце</i> (од стране 261. до 281.).</p>
V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<p>Поглавље " <i>Увод у еволуцију у подземним стаништима</i> " дефинише и представља основне одлике</p>

подземних станишта као што су њихова заступљеност, генеза, животни услови које обезбеђују итд. У наставку поглавља представљање еволуционих сценарија колонизације подземних простора, процеса адаптације, еволуције регресивних карактера, модела специјације, изразите стеноендемичности троглобионата, уводи у суштину проблематике коју теза третира. Указивањем на изузетан биодиверзитет и филогеографске обрасце пећинске фауне Динарида, оправдан је избор теме ове тезе.

У поглављу "Увод у модел систем" истакнути су циљеви и задаци истраживања. Они су дефинисани кроз пет основних питања: 1. Да ли претходна подела и класификација врста и подврста, базирана искључиво на морфологији, може бити потврђена објективним, квантитативним анализама базираним на неколико независних сетова података? 2. Како су врсте међусобно филогенетски повезане и у ком временском периоду се одиграла филогенеза? 3. Каква је биогеографска историја рода? 4. Да ли су морфолошки карактери еволуирали неутрално или постоје индикације адаптивне дивергенције? 5. Какво је порекло / међуодноси унутар рода?

У овом поглављу презентоване су тренутна композиција и дистрибуција трибуса *Leptodirini* и њеног подтрибуса *Anthroherponina*, предмета ове студије. Представљена су и дискутована својства повезана са животом у подземној средини, дефинисана као трогломорфност. Дат је кратак преглед релевантних карактеристика и геолошке историје истраживаног подручја- Динарског карста.

Поглавље "Род *Anthroherpon*" даје преглед кључних морфо-анатомских и биолошких карактеристика рода као и његову биогеографију и историјат истраживања. По први пут су презентовани подаци везани за биологију, екологију и понашање врста рода *Anthroherpon*, који су базирани на властитим посматрањима гајених примерака. Some conclusions regarding these observations have clear implications for the understanding of the adaptation and speciation processes in the subtribe. Подпоглавље "Материјал и методе" садржи основне информације о техникама сакупљања, фиксирања и обраде узорака као и ДНК екстракције, PCR амплификацију и секвенцирање. Подпоглавље "Таксономски преглед" садржи податке о распрострањењу и дијагнозу за све таксоне, као и баркод карактеристацију већине таксона. У оквиру овог поглавља налази се и рад - "Two new species of the genus *Anthroherpon* Reitter, 1889 from northern Montenegro with notes on the "*A. ganglbaueri*" species group (Coleoptera: Leiodidae: Leptodirini)". У раду су описане две нове врсте рода *Anthroherpon* (уз релевантне податке везане за *ganglbaueri* групу врста којој припадају), једна подврста је уздигнута на ранг врсте и сугерисана је синонимија једне врсте. У подпоглављу "Резултати и дискусија" анализирана је проста генетска дистанца међу паровима, њихове COI-секвенце. Резултати сугерише промену статуса код пет таксона рода *Anthroherpon*.

Поглавље - "Чланак 2: *The cave beetle genus Anthroherpon is polyphyletic; molecular phylogenetics and description of Graciliella n. gen. (Leiodidae, Leptodirini)*" је у целини публиковани рад. Реч је о студији, базираној на молекуларној филогенетској анализи фрагмената 18S, 28S и COI локуса, која је утврдила да је род *Anthroherpon* полифилетски. За разрешење полифилије дефинисан је нови род, *Graciliella* n. gen. Морфометријских и молекуларним методама истражена интрагенеричка разноликост препознаје четири већ познате врсте унутар новог рода *Graciliella* n. gen., као и две нове, које су овом приликом и описане. Изнете су кратке дијагнозе свих врста новог рода, мапе распрострањења и идентификациони кључ. Ради анализире интерспецифичних морфолошких разлика рода *Graciliella*, спроведена је линеарна дискриминантна анализа користећи 40 линеарних морфометријских мерења. Резултати су показали да су разлике између врста и подврста унутар рода *Graciliella*, мјерљиве и да се могу представити. Нови род *Graciliella* формира сестринску кладу са родом *Leptomeson* док род *Hadesia* формира сестринску кладу са преосталим врстама рода *Anthroherpon*. Студија је потврдила монофилију преосталих и бројних врста рода *Anthroherpon*.

Поглавље " Свеобухватна еволутивна анализа радијације рода *Anthroherpon*" даје анализу еволуционе радијације рода *Anthroherpon* користећи датирану молекуларну филогенију као оквир за разумевање диверзификације рода, трогломорфног диверзитета и реконструкцију предачког ареала. У молекуларну анализу је укључено 45 врста из 12 родова трибуса *Leptodirini* from, од којих 16 врста и 23 подврсте припада роду *Anthroherpon*. Коначна матрица обухвата. 4143 базних парова. Амплификовано је шест фрагмената пет митохондријалних гена: COIa, COIb, cob, rnl-nad1, SSU and LSU. За пхилогенетску анализу коришћен је веб портал BEAST v2.3.2 on CIPRES. Калибрација филогеније базирана је на подацима студије западно медитеранских *Leptodirini*, тј постављањем очекиване старости од 33 милиона година за сестринску кладу таксона присутних на Сардинији.. Реконструкција предачког ареала урађена је у софтверу R помоћу пакета BioGeoBEARS 0.2.1. користећи датирано филогенетско стабло као инпут. У морфометријске анализе укључена су укупно

102 примерка (16 vrста и 20 подvrста) рода *Anthroherpon*, а мерење је извршено Micro-Vu Vertex 251 HC. Са сваког примерка узето је 79 мерних тачака. Generalized Procrustes Superimposition (GPA) и остале анализе облика и линеарних мерења изведене су у софтверу R користећи пакете: "ape", "geomorph" и "phytools". Морфометрија је урађена са следећим циљевима: (i) проучити раздвајање родова *Anthroherpon* и *Graciliella* на основу морфологије, (ii) проучити трогломорфни диверзитет рода *Anthroherpon*, (iii) испитати еволуцију морфолошких карактера рода *Anthroherpon*, (iv) истражити дивергенцију карактера двеју врста које живе у синтопији.

Резултати указују на могуће полифилетско порекло субтрибуса Leptodirina што наводи на закључак да би требало размотрити класификацију родова *Remyella*, *Rozajella* и *Nonveilleriella*. Констатовано је монофилетско порекло подтрибуса Anthroherponina, које датира из горњег Олигоцен (пре 32 милиона година). Четири анализирана рода овог подтрибуса (*Graciliella*, *Leptomeson*, *Hadesia* and *Anthroherpon*) потичу из периода горњи Олигоцен- доњи Миоцен. Дивергенција рода *Anthroherpon* потиче из доњег Миоцена (22 м.г.). Врста *A. cylindricolle* представља базалну кладу, док су преостале врсте овог рода подељене у две класе. Дивергенција ове две класе почела је отприлике у исто време у доњем Миоцену (пре око 19 м.г.). Резултати су делом у складу са традиционалном поделом рода на 7 специјских група. Само су се групе "cylindricolle" и "ganglbaueri" показале монофилетским.

Реконструкција биогеографске историје рода *Anthroherpon* показује 4 сукцесивне фазе: (i) порекло у западној Црној Гори и дисперзију заједничког претка у источну Босну и Херцеговину, (ii) вишеструке дисперзије кроз западну Црну Гору и Босну и Херцеговину, углавном према северу и североистоку, (iii) период стагнације, (iv) даље дисперзије превасходно у југоисточном правцу у источну Црну Гору и Албанију. Дисперзија се одвијала углавном у Миоцену, када су планине које припадају Динаридима већ заузеле садашњи просторни распоред што наводи на закључак да су тектонски догађаји већих размера који су захватили овај простор у прошлости претходили радијацији рода *Anthroherpon*.

Морфометријске анализе су показале да облик тела (изузев облика главе) код *Anthroherpon* еволуира неутрално: К-вредности су око 1.0 и показују значајан филогенетски сигнал. Ово указује на чињеницу да код већине врста након изолације у алопатрији облик тела полако еволуира у складу са Brownian motion моделом. Што се тиче трогломорфије студија показује да издуживање телесних наставака такође еволуира неутрално и није резултат рапидне адаптације. Међутим, морфометријске анализе облика пронотума две врсте које живе у синтопији указује на снажну дивергенцију карактера током или након процеса специјације која може бити последица: (i) reproductive character displacement, or (ii) ecological character displacement.

Поглавље - "Чланак 3: Molecular phylogenetics and systematics of the cave beetle genera *Remyella* and *Rozajella* (Coleoptera: Leiodidae: Cholevinae: Leptodirini)" у целини представља рад послат у часопис. Родови *Rozajella* и *Remyella* су ревидирани. На њихову филогенетску блискост указују резултати молекуларне филогенетске анализе два нуклеарна и два митохондријална гена, и неки ново морфолошки карактери. На филогенетску блискост рода *Nonveilleriella* са родовима *Rozajella* и *Remyella* такође указују исти морфолошки карактери. Урађене су морфолошке и молекуларне анализе на популацијама познатих и нових локалитета рода *Remyella*, да би се решио статус проблематичних таксона. Утврђена је висока корелација (0.86) географских и генетичких дистанци. Препознато је пет валидних врста у роду а четири таксона су синонимизирани. У роду *Rozajella*, описана је једна нова врста и до сада непознати мужјак врсте *R. deelemani*. Кључ за идентификацију и мапе дистрибуције врста родова *Remyella*, *Rozajella* и *Nonveilleriella* су такође дате у раду.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Njunjić I, Perreau M, Hendriks K, Schilthuizen M, Deharveng L. (2016): The cave beetle genus *Anthroherpon* is polyphyletic; molecular phylogenetics and description of *Graciliella* n. gen. (Leiodidae, Leptodirini). *Contributions to Zoology*, 85 (3) 339-361. **M21**

Njunjić I, Perreau M. & Pavićević D. (2015): Two new species of the genus *Anthroherpon* Reitter, 1889 from northern Montenegro with notes on the "*A. ganglbaueri*" species group (Coleoptera: Leiodidae: Leptodirini). *Zootaxa*, 3915 (3): 403–412. **M22**

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Докторска теза претставља једну свеобухватну еволутивну анализу радијације рода *Anthroherpon*

(као и субтрибуса *Anthroherponina*), користећи датирану молекуларну филогенију као оквир за разумевање диверзификације рода, трогломорфног диверзитета и реконструкцију предачког ареала. У светлу изнетих резултата, предложена је нова таксономска организација групе. На основу оригиналних посматрања гајених примерака, по први пут су изнети неки подаци о биологији, екологији и понашању врста рода *Anthroherpon*. Неки закључци у вези наведених посматрања имају јасне импликације за разумевање процеса адаптације и специјација подтрибуса *Anthroherponina*. Дата је дијагноза за све таксоне рода *Anthroherpon*, подаци о њиховој дистрибуцији, као и баркод карактеризација већине њих.

Описане су две нове врсте рода *Anthroherpon*, једна подврста је уздигнута на ранг врсте и сугерисана је синонимија једне врсте. Анализирана проста генетска дистанца парова, њихових COI-секвенци, сугерише промену статуса код пет таксона. Молекуларна филогенетска анализа фрагмената 18S, 28S, и COI локуса, указује да је род *Anthroherpon* полифилетски. Нов род, *Graciliella* n. gen., је дефинисан да би проблем полифилије био решен. На основу молекуларних и морфометријских анализа утврђена је интрагенерична разноликост која препознаје четири врсте унутар *новог рода*, *Graciliella* n. gen., и две нове врсте које су овом приликом и описане. Нови род *Graciliella* претставља сестринску кладу роду *Leptomeson* док род *Hadesia* чини сестринску кладу свим преосталим врстама рода *Anthroherpon*. Студија је утврдила монофилију преосталих врста рода *Anthroherpon*.

Еволутивна анализа радијације рода *Anthroherpon* кроз датирану молекуларну филогенију (шест фрагмената пет митохондријалних гена) као оквир за *as a framework for* поимање диверзификације рода, диверзитета трогломорфних особина и реконструкције предачког ареала. Анализа је укључила 45 врста трибуса *Leptodirini* са 12 родова (од којих 16 врста и 23 подврста рода *Anthroherpon*). Морфометријска студија укључује укупно 102 узорка (16 врста и 20 подврста) рода *Anthroherpon*.

Резултати указују на могуће полифилетско порекло подтрибуса *Leptodirina*. Утврђено је монофилетско порекло подтрибуса *Anthroherponina*, које датира из периода Горњег Олигоцена (пре 32 милиона година). Четири анализираних рода подтрибуса (*Graciliella*, *Leptomeson*, *Hadesia* и *Anthroherpon*) потичу из периода Горњи Олигоцен- Доњи Миоцен. Дивергенција рода *Anthroherpon* датира из Доњег Миоцена (22 м.г.). Базалну кладу чини само једна врста- *A. cylindricolle cylindricolle*, а преостале врсте овог рода подељене су у две класе. Дивергенција обеју класа започела је у Доњем Миоцену, пре око 19 милиона година. Традиционална подела рода *Anthroherpon* је оспорена. Само две од седам група врста рода *Anthroherpon* су монофилетске. Реконструкција биогеографске историје рода *Anthroherpon* показује 4 сукцесивне фазе: (i) порекло у западној Црној Гори и дисперзију заједничког претка у источну Босну и Херцеговину, (ii) вишеструке дисперзије кроз западну Црну Гору и Босну и Херцеговину, углавном према северу и североистоку, (iii) период стагнације, (iv) даље дисперзије преважно у југоисточном правцу у источну Црну Гору и Албанију. Три планинска венца у западној Црној Гори: Орјен (1894 м), Добрељница (1834 м) и Морачке планине (2226 м) представљају предачки ареал рода *Anthroherpon*. Резултати ове студије показују да се дисперзија одвијала углавном у Миоцену, када су планине које припадају Динаридима већ заузеле садашњи просторни распоред што наводи на закључак да су тектонски догађаји већих размера који су захватили овај простор у прошлости претходили радијацији рода *Anthroherpon*. Резултати су показали да облик тела (изузев облика главе) у роду *Anthroherpon* еволуира неутрално. Што се тиче трогломорфије резултати указују да издуживање телесних наставака такође еволуира неутрално и није резултат рапидне адаптације.

Урађена је ревизија родова *Rozajella* и *Remyella*. Њихова филогенетска блискост је потврђена молекуларним анализама и новоутврђеним морфолошким карактерима. Филогенетска блискост рода *Nonveilleriella* са родовима *Rozajella* и *Remyella* је подржана истим морфолошким карактерима. У роду *Remyella* препознато је пет валидних врста док су четири таксона синонимизирана. Једна нова врста рода *Rozajella* је описана и по први пут мужјак једне врсте који је до сада био непознат. Кључ за идентификацију и мапе дистрибуције врста родова *Remyella*, *Rozajella*, и *Nonveilleriella* су презентовани.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Резултати у докторској дисертацији су јасно и прецизно презентовани, изложени логичним следом и изузетно квалитетно илустровани, у складу са савременим стандардима науке. Мањи недостаци техничке природе су сасвим прихватљиви, јер предата верзија, чију су израду водили чланови

одбора за израду тезе, није и коначна верзија тезе. Коначна верзија докторске дисертације, по устаљеној процедури, биће укоричена након одбране и унетих корекција сугерисаних од стране чланова комисије за одбрану.
IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ: Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:
1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме
2. Да ли дисертација садржи све битне елементе
3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци
4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања
Докторска дисертација је урађена у складу са одабраном и прихваћеном темом и у потпуности решава постављену проблематику. Докторска дисертација садржи све битне елементе. Резултати рада су добро обрађени, прегледно систематизовани, квалитетно илустровани и приказани. Докторска теза кандидата је оригинални научни рад. Има фундаменталан научни значај у области филогеније и таксономије субтрибуса <i>Anthroherponina</i> и рода <i>Anthroherpon</i> , као модела еволуционе радијације троглобионата у подземној средини. Теза претставља свеобухватну еволутивну анализу радијације рода <i>Anthroherpon</i> користећи датирану молекуларну филогенију као оквир за разумевање диверзификације рода, трогломорфног диверзитета и реконструкцију предачког ареала. Као крајњи резултат предложена је нова таксономска организација субтрибуса <i>Anthroherponina</i> . Дисертација нема недостатака који би могли утицати на резултат истраживања.
X ПРЕДЛОГ:
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
- да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана

23.11.2016

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Председник:

Др Снежана Раденковић, ванредни професор, ПМФ Универзитета у Новом Саду

ментор:

Др Луј Деарвенг (Louis Deharveng), руководиоца научних истраживања, Le Centre national de la recherche scientifique– CNRS, Париз, Француска -

члан:

Др Игњацио Рибера (Ignacio Ribera), руководиоца научних истраживања, Institut de Biologia Evolutiva (IBE, CSIC-UPF), Барселона, Шпанија

ментор:

Др Иво Караман, редовни професор, ПМФ Универзитета у Новом Саду