

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ - БИОЛОШКОГ ФАКУЛТЕТА

На VII редовној седници Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Биолошког факултета, одржаној 13. 5. 2024. године, на основу молбе ментора, др Гордане Субаков Симић, редовног професора Биолошког факултета Универзитета у Београду, и др Слађане Поповић, научног сарадника Биолошког факултета Универзитета у Београду, одређена је Комисија за преглед и оцену докторске дисертације **Наташе В. Николић**, докторанткиње Биолошког факултета Универзитета у Београду под насловом: „**Лампенфлора и сезонска динамика биофилма у одабраним туристичким пећинама Србије**“, у саставу: др Јелена Кризманић, ванредни професор Биолошког факултета Универзитета у Београду, др Драгана Предојевић, доцент Биолошког факултета Универзитета у Београду, и др Јелена Кнежевић, научни сарадник Института за јавно здравље Србије „Др Милан Јовановић Батут“.

Комисија је прегледала урађену докторску дисертацију кандидаткиње и Наставно-научном већу Универзитета у Београду - Биолошког факултета подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

Општи подаци о докторској дисертацији

Докторска дисертација **Наташе В. Николић**, под насловом „**Лампенфлора и сезонска динамика биофилма у одабраним туристичким пећинама Србије**“ написана је на укупно 148 компјутерски обрађених страна. Пагинирани текст садржи 7 следећих поглавља докторске дисертације: Увод (11 страна), Циљеви рада (1 страна), Материјал и методе (24 стране), Резултати (62 стране), Дискусија (10 страна), Закључци (2 стране), Литература (14 страна), Биографија (1 страна) и Прилози (21 страна) (који садрже и Изјаву о ауторству, Изјаву о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјаву о коришћењу). Дисертација садржи 15 табела (2 у поглављу Материјал и методе, 13 у поглављу Резултати), 29 слика (2 слике у поглављу Увод, 15 слика у поглављу Материјал и методе, 12 слика у поглављу Резултати) и 28 графика у поглављу Резултати. Поглавље Литература садржи 203 библиографске јединице које се адекватно наводе у тексту. Непагинирани текст (9 страна) обухвата насловне стране и сажетке на српском и енглеском језику, листу ментора и чланова комисије, захвалницу и садржај.

Анализа докторске дисертације

У докторској дисертацији, кандидаткиња Наташа В. Николић је анализирала фототрофну заједницу цијанобактерија и еукариотских алги у узорцима биофилма са пећинских улаза и лампенфлоре из одабраних туристичких пећина Србије. Кандидаткиња је током три периода узорковања (пролеће, лето и јесен) мерила еколошке параметре на месту узорковања, примарну продукцију и удео воде, органске и неорганске материје из прикупљених узорака и извршила идентификацију аерофитских фототрофних микроорганизама у циљу поређења заједнице биофилма из улазне зоне пећина са лампенфлором и поређења добијених резултата по сезонама у оквиру једног локалитета и између различитих локалитета. Такође, кандидаткиња је одабраним биоцидима у циљу испитивања њихове ефикасности третиралила алгу *Chlorella* sp. у лабораторијским условима, која је у те сврхе изолована из једне од анализираних пећина и гајена у култури.

У поглављу **УВОД** кандидаткиња је имала шест потпоглавља. Дала је информације о томе шта су аерофитске цијанобактерије и еукариотске алге, истичући њихове карактеристике и прилагођености за живот у пећинским условима. Такође, дата је и дефиниција пећина, са посебним освртом на туристичке пећине и модификације станишта које се врше како би се исте прилагодиле потребама туриста. Посебна пажња посвећена је последицама тих промена, а нарочито развоју лампенфлоре. У поглављу се наводе штетни утицаји развоја лампенфлоре у пећинама и досадашњи познати механизми за њено сузбијање.

У складу са тим, кандидаткиња је у поглављу **ЦИЉЕВИ РАДА** поставила 10 циљева: (1) мерење еколошких параметара на свакој тачки узорковања, (2) сезонско узорковање биофилмова на улазима одређених туристичких пећина и лампенфлоре, (3) одређивање удела воде, органске и неорганске материје у узорцима биофилма и лампенфлоре, (4) одређивање концетрације хлорофила *a* – примарне продукције цијанобактерија и еукариотских алги, (5) квалитативна анализа цијанобактерија и еукариотских алги из узорака биофилма и лампенфлоре одабраних туристичких пећина, (6) изолација и култивација зелене алге *Chlorella* sp. из Лазареве пећине, (7) третирање зелене алге *Chlorella* sp. одгајене у лабораторијским условима одабраним биоцидима, (8) поређење заједница биофилма са улаза са заједницом лампенфлоре у унутрашњости пећина, (9) поређење добијених резултата по сезонама у оквиру једног локалитета и између локалитета, (10) статистичка анализа добијених еколошких података.

Поглавље **МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ** садржи осам потпоглавља. У првом потпоглављу кандидаткиња је дала опис и локацију одабраних туристичких пећина Србије у којима је извршено прикупљање узорака. У другом и трећем потпоглављу је објашњен начин мерења еколошких параметара, као и динамика прикупљања узорака, а у четвртном потпоглављу начин одређивања параметара биофилма – удела воде, органске и неорганске материје, као и примарне продукције у узорцима биофилма и лампенфлоре. У петом потпоглављу, кандидаткиња је детаљно објаснила припрему привремених и трајних

препарата цијанобактерија и еукариотских алги из узорака биофилма из пећинских улаза и лампенфлоре, процес микроскопирања користећи различита увећача, као и процес идентификације уз адекватно навођење коришћене литературе. У шестом потпоглављу је детаљно објашњен начин припреме хранљивог медијума за гајење алги, узорковање и гајење зелене алге *Chlorella* sp. у лабораторијским условима, која је била доминанта у лампенфлори Лазареве пећине. Такође су описане експерименталне методе третирања зелене алге *Chlorella* sp. одабраним биоцидима (водоник-пероксид, комерцијални алгицид и једињење на бази хлора) у циљу сузбијања њеног раста. Последња два потпоглавља описала су употребу конфокалне ласер скенирајуће микроскопије за снимање ћелија зелене алге *Chlorella* sp. након третирања једињењем на бази хлора, као и статистичку обраду добијених података.

У поглављу **РЕЗУЛТАТИ**, кандидаткиња је систематизовала податке у шест потпоглавља, приказујући их табеларно, графички и сликама на адекватан начин, уз текстуално истицање најзначајних резултата. Прва три потпоглавља дају детаљан приказ резултата мерења еколошких параметара, одређивања удела воде, органске и неорганске материје, као и резултата израчунате концентрације хлорофила *a* са одабраних тачака, уз истицање најзначајних вредности одређених параметара, као и извесних одступања. Такође, у ова три потпоглавља, поменуте су просечне вредности параметара, како по свакој тачки и по сезонама једног локалитета, тако и по сваком локалитету. У четвртм потпоглављу кандидаткиња је представила резултате квалитативне анализе аерофитских цијанобактерија и еукариотских алги за сваки од одабраних локалитета. Резултати су приказани табеларно и сликама уз истицање броја идентификованих таксона за сваку од пећина, као и њихове дистрибуције кроз сезоне у улазној зони и у узорцима лампенфлоре. На основу претходно представљеног, извршено је и поређење свих анализираних пећина и табеларно су дати сви таксони цијанобактерија и еукариотских алги документовани на свим испитиваним локалитетима. У петом потпоглављу кандидаткиња је сликовито и текстуално истакла резултате статистичке обраде података, где је приказала фототрофне микроорганизме груписане у разделе у односу на локалитет, сезону и место узорковања. Такође, објашњен је и однос цијанобактерија и еукариотских алги груписаних у разделе и еколошких параметара. У шестом потпоглављу су презентовани резултати експеримента који је подразумевао третирање зелене алге *Chlorella* sp. одабраним биоцидима у лабораторијским условима.

У поглављу **ДИСКУСИЈА** су анализирани и тумачени добијени резултати позивајући се на научна сазнања из ове области, а уз адекватно цитирање коришћене литературе. Кандидаткиња је коментарисала значај добијених резултата, интерпретирала их и идентификовала могуће узроке варијација појединих резултата. Дискусију чини пет потпоглавља. У првом потпоглављу се дискутују добијени резултати мерених еколошких параметара (температуре, релативне влажности ваздуха и интензитета светлости) и фактора који на ове параметре могу имати утицај. Објашњено је зашто су еколошки фактори подложнији променама у улазној зони пећина, док су релативно стабилнији у

унутрашњости пећина. У другом потпоглављу је дискутовано који чиниоци доприносе већем процентуалном уделу једног од одређиваних параметара биофилма (удео воде, органске или неорганске материје), објашњено је зашто је неорганска материја често доминанта у прикупљеним узорцима, али је истакнуто и да развијеност заједнице биофилма или лампенфлоре, присутност екстрацелуларних полимерних супстанци и способност задржавања воде од стране фототрофа доприноси већем уделу органске материје и/или воде у биофилму. У трећем потпоглављу се дискутовало о примарној продукцији фототрофних микроорганизама у узорцима биофилма из улазне зоне пећина и лампенфлоре, са акцентом на улогу природе дневног и вештачког осветљења. Такође је споменуто да примарна продукција зависи од степена развијености биофилма и лампенфлоре, као и начина, тј. могућности прикупљања узорка. У четвртном потпоглављу су анализирани резултати заједнице цијанобактерија и еукариотских алги у пећинама. Дискутовало се о фототрофним микроорганизмима и њиховој заступљености у различитим испитиваним пећинама, заступљености у улазној зони пећина и узорцима лампенфлоре, о њиховој динамици кроз сезоне, односу са еколошким параметрима, а као додатак добијени резултати су поређени са другим истраживањима. У петом потпоглављу фокус је био на утицају одабраних биоцида (водоник-пероксид, комерцијални алгицид и једињење на бази хлора) на сузбијање раста зелене алге. Коментарисало се који од примењених биоцида је био најефикаснији уз потенцијална објашњења, а такође је на основу доступне литературе дат преглед новијих метода које су примењиване ради сузбијања раста лампенфлоре.

У поглављу **ЗАКЉУЧЦИ** кандидаткиња даје закључке на основу података изнетих у поглављу Резултати, а који су усклађени са постављеним циљевима дисертације. Закључци су изложени у 15 ставки. Кандидаткиња констатује да је узорковање биофилма из улазне зоне и лампенфлоре извршено у шест туристичких пећина у Србији и да је притом прикупљено 7 до 12 узорака по свакој сезони у свим пећинама. Кроз три сезоне узорковања, еколошки параметри су у улазној зони пећина били под утицајем спољашње средине, док су у пећини њихове вредности биле релативно стабилне. Извесна одступања су последица позиције места узорковања, морфологије и величине пећинског улаза. Истиче се да су удели воде и органске материје зависили од степена развијености биофилма и лампенфлоре, док је удео неорганске материје доминирао у великом броју прикупљених узорака. Такође, статистичка анализа је показала да су удели воде и органске материје били виши у узорцима биофилма из улазне зоне пећина у односу на узорке лампенфлоре, а од значаја је поменути и да се више вредности удела воде доводе у везу са пролећном сезоном, а више вредности удела органске материје са јесењом сезоном. Концентрација хлорофила *a* је зависила од степена развијености и типа биофилма, али је била варијабилна како између тачака, тако и између сезона. На основу квалитативне анализе узорака биофилма и лампенфлоре, кандидаткиња наводи да је документовано укупно 179 таксона који припадају делима *Cyanobacteria* (цијанобактерије), *Vacillariophyta* (силикатне алге), *Chlorophyta* (зелене алге). Највећи број

таксона је забележен у Стопића пећини (116), а најмањи у Лазаревој (23). На основу статистичких анализа, утврђено је да у улазној зони доминирају цијанобактерије, у лампенфлори зелене алге, док су силикатне алге биле скоро подједнако заступљене на оба места. Испитујући разделе аерофитских микроорганизама у односу на еколошке параметре, статистичке анализе су показале да цијанобактерије позитивно корелишу са температуром ваздуха, силикатне алге позитивно корелишу са интензитетом светлости и релативном влажношћу ваздуха, док зелене алге позитивно корелишу са релативном влажношћу ваздуха. Поред тога, истакнуто је да су тестирани биоциди показали различит ефекат на сузбијање раста зелене алге *Chlorella* sp., при чему се најефикаснијим показало једињење на бази хлора.

Поглавље **ЛИТЕРАТУРА** садржи 203 библиографске јединице из домаћих и међународних извора (укључујући и изворе са интернета). Литература је адекватно одабрана, цитирана у тексту правилно и на одговарајућим местима.

Радови и конгресна саопштења из докторске дисертације

Б1. Радови у часописима међународног значаја

1. Popović, S., **Nikolić, N.**, Pečić, M., Anđelković, A., Subakov Simić G. (2023). First Report on a 5-Year Monitoring of Lampenflora in a Famous Show Cave in Serbia. *Geoheritage* 15: 14. **M22**
DOI: <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00771-z>
2. **Nikolić, N.**, Zarubica, N., Gavrilović, B., Predojević, D., Trbojević, I, Subakov Simić, G., Popović S. (2020). Lampenflora and the entrance biofilm in two show caves: comparison of microbial community, environmental, and biofilm parameters. *Journal of Cave and Karst Studies* 82 (2): 69-81. **M23**
DOI: <https://doi.org/10.4311/2018EX0124>
3. **Nikolić, N.**, Popović, S., Vidaković, D., Subakov Simić, G., Krizmanić J. (2020). Genus *Humidophila* from caves in Serbia with an improved detailed description of rare *H. brekkaensoides*. *Archives of Biological Sciences* 72(2): 279-289. **M23**
DOI: <https://doi.org/10.2298/ABS200228022N>
4. **Nikolić, N.**, Subakov Simić, G., Golić, I., Popović S. (2021). The effects of biocides on the growth of aerophytic green algae (*Chlorella* sp.) isolated from a cave environment. *Archives of Biological Sciences* 73 (3): 341-351. **M23**
DOI: <https://doi.org/10.2298/ABS210321027N>

Б2. Конгресна саопштења на скуповима међународног значаја

1. **Nikolić, N.**, Zarubica, N., Gavrilović, B., Predojević, D., Trbojević, I., Subakov Simić, G., Popović, S. (2018). Cyanobacteria in tourist caves in Serbia (Potpeć and Stopić): biofilm at the entrance and lampenflora. The 3rd Early Career Researcher Symposium on Cyanobacteria, Cyano 2018, Freiburg, Germany. 12-14.09.2018. Abstract book.p 59. **M34**
2. **Nikolić, N.**, Subakov Simić, G., Popović S. (2018). Effect of hydrogen peroxide solution on green algae culture. BTAK Symposium 27-30.09. 2018. Băile Herculane, Romania. Abstract book. p. 41. **M34**
3. **Nikolić, N.**, Popović, S., Vidaković, D., Subakov Simić, G., Krizmanić, J. (2019). *Humidophila brekkaensoides* (Bock) Lowe, Kocielek, J.R. Johansen, Van de Vijver, Lange-Bertalot & Kopalova: aerophytic diatom from the caves of Serbia. EuroSpeleo Forum, Dolni Lozen, Sofia, Bulgaria. 26-29.09.2019. Abstract book, p.67. **M34**
4. **Nikolić, N.**, Popović, S., Subakov Simić, G., Vidaković, D., Krizmanić, J., (2019): Diatoms – invisible residents of Resavska Cave (eastern Serbia). 2nd Dinaric Symposium on Subterranean Biology. 18-19.10.2019, Postojna, Slovenia. Abstract book, p44. **M34**

B3. Конгресна саопштења на скуповима домаћег значаја

1. Popović, S., Subakov Simić, G., Jakovljević, O., Pečić, M., Predojević, D., **Nikolić, N.** (2023). Cyanobacteria as component of lampenflora in Serbian show caves. Abstract volume of the 10th Symposium on karst protection, October 14-15., Zlatibor, Serbia. Pages 12-14. PUBLISHED BY Akademski speleološko – alpinistički klub (ASAK) Studentski trg 16, Beograd. ISBN 978-86-907923-6-8. **M64**

Провера оригиналности докторске дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње **Наташе В. Николић**, број индекса **B3014/2015**, под насловом „Лампенфлора и сезонска динамика биофилма у одабраним туристичким пећинама Србије“, подвргнута је електронској провери обима и садржине подударарања текста са текстовима који су доступни за поређење у Универзитетској библиотеци „Светозар Марковић“. Извештај који садржи резултате провере оригиналности ментор је добио дана **23. 4. 2024.** године.

Резултати електронске провере ове докторске дисертације показују да **индекс подударности износи 14%**. Увидом у извештај утврђено је да је већина појединачних подударарања у опсегу мањем од 1%, што се највећим делом односи на називе општих места и података, називе институција, личних имена, звања ментора и чланова комисије, цитата, назива поглавља, скраћеница и слично, назива цијанобактерија и еукариотских алги, а што је све последица стандардно присутних делова текста докторских дисертација, претходно публикованих резултата истраживања докторандкиње који су проистекли из њене

докторске дисертације и истраживања проистеклих из докторских дисертација из исте научне области.

Мишљење и предлог Комисије

Докторска дисертација кандидаткиње **Наташе В. Николић**, број индекса **Б3014/2015**, под насловом „**Лампенфлора и сезонска динамика биофилма у одабраним туристичким пећинама Србије**” представља оригинално урађену научну студију из области алгологије.

Увод докторске дисертације је концизан и пружа основе неопходне за разумевање тематике дисертације. Циљеви докторске дисертације су јасно дефинисани и успешно реализовани уз коришћење адекватно одабраних и детаљно описаних метода. Резултати истраживања представљају оригиналан допринос, јасно су истакнути по редоследу реализованих фаза експерименталног рада, адекватно интерпретирани и критички су дискутовани у складу са релевантном и савременом литературом. На основу свега наведеног, представљени текст има све одлике квалитетне докторске дисертације.

Истраживање представљено у дисертацији се фокусира на анализу заједнице фототрофних микроорганизама, цијанобактерија и еукариотских алги, из биофилма у улазној зони и лампенфлоре шест туристичких пећина у Србији, кроз три сезоне. Дисертација пре свега доприноси еколошким студијама које се баве биодиверзитетом. Без обзира што су проучавани и поређени биофилмови у улазној зони пећина и лампенфлора, у дисертацији се истиче проучавање фототрофа који улазе у састав лампенфлоре која је у туристичким пећинама веома непожељна појава. Поред тога, процењено је и да ли сезона узорковања има значај на заједнице микроорганизама, као и сам локалитет. Уз узорковање биофилма и лампенфлоре за детаљну анализу фототрофа, упоредо су мерени и еколошки параметри, одређивани параметри биофилма (удео воде, органске и неорганске материје), као и примарна продукција. Статистичке анализе су биле од значаја при корелацији таксона груписаних у разделе и мерених/одређиваних параметара. Осим тога, ова докторска дисертација пружа увид у ефикасност различитих биоцида у циљу елиминације зелених алги, што је од значаја за развој управљачких стратегија за контролу лампенфлоре у туристичким пећинама. Поред адекватних одговора на постављене циљеве истраживања, кандидаткиња на основу резултата и проучавања отвара могућност за даља истраживања, како на пољу фундаменталне, тако и примењене алгологије.

Имајући у виду све наведено, Комисија за преглед и оцену докторске дисертације позитивно оцењује докторску дисертацију кандидаткиње **Наташе В. Николић** под насловом „**Лампенфлора и сезонска динамика биофилма у одабраним туристичким пећинама Србије**” и са задовољством предлаже Наставно-научном већу Биолошког факултета Универзитета у Београду да прихвати Извештај и одобри јавну одбрану ове докторске дисертације.

КОМИСИЈА:

У Београду, 13. 5. 2024. године

др Јелена Кризманић, ванредни професор,
Биолошки факултет, Универзитет у Београду

др Драгана Предојевић, доцент,
Биолошки факултет, Универзитет у Београду

др Јелена Кнежевић, научни сарадник,
Институт за јавно здравље Србије „Др Милан Јовановић Батут“