

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ БИОЛОШКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

На VI редовној седници Наставно-научног већа Биолошког факултета Универзитета у Београду, одржаној 15.05.2020. године, прихваћен је извештај ментора др Јасмине Крпо-Ћетковић и др Стефана Скорића о урађеној докторској дисертацији Душана З. Николића, истраживача сарадника Института за мултидисциплинарна истраживања Универзитета у Београду, под насловом "ЕКОТОКСИКОЛОГИЈА И ХИСТОПАТОЛОГИЈА ГРГЕЧА (*PERCA FLUVIATILIS*) ИЗ ВЕШТАЧКИХ ЈЕЗЕРА У СРБИЈИ", и одређена је Комисија за преглед и оцену докторске дисертације у саставу: др Јасмина Крпо-Ћетковић, ванредни професор Биолошког факултета Универзитета у Београду, др Стефан Скорић, виши научни сарадник Института за мултидисциплинарна истраживања Универзитета у Београду, и др Божидар Рашковић, ванредни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду.

Комисија је прегледала урађену докторску дисертацију кандидата и Већу подноси следећи

### ИЗВЕШТАЈ

#### Општи подаци о докторској дисертацији:

Докторска дисертација кандидата Душана З. Николића, под насловом "Екотоксикологија и хистопатологија гргеча (*Perca fluviatilis*) из вештачких језера у Србији", обухвата 73 стране текста. Дисертација садржи 11 табела и 7 слика. На почетку дисертације приложени су, а необухваћени пагинацијом, апстракти на српском и енглеском језику. Пагинирани текст (73 страна) подељен је у осам поглавља: Увод (11 страна), Циљеви истраживања (1 страна), Материјал и методе (9 страна), Резултати (25 страна), Дискусија (9 страна), Закључци (2 стране), Литература (15 страна) и Прилог (1 страна).

#### Анализа докторске дисертације:

У поглављу "УВОД" кандидат је кроз три одељака дао преглед литературних података који описују досадашња сазнања релевантна за предмет истраживања докторске дисертације. У одељку "Објекат истраживања" размотрене су биологија, морфологија и распрострањење гргеча, риболовни значај ове врсте, као и значај у екотоксиколошким истраживањима и њихов преглед. У другом одељку "Рибе као биоиндикатори загађења акватичних екосистема" указано је на појаву токсичних елемената у акватичним екосистемама као последицу антропогених, али и природних активности и процеса, као и обједињавање ових елемената у појам "тешки метали" и валидност овог термина. Такође, указано је на значај риба као биоиндикатора загађења акватичних екосистема (како у свету, тако и у Србији), а дате су и основне информације о токсикокинезици (путевима усвајања и екскреције токсичних елемената код риба) и ткивима риба која су од интереса у оваквом типу истраживања. У одељку "Биомаркери" размотрен је појам, подела, значај и примена биомаркера, са освртом на хистопатологију и фактор кондиције.

У поглављу "ЦИЉЕВИ РАДА" јасно су дефинисани главни научни циљеви докторске дисертације. Ови циљеви обухватају:

- одређивање концентрација Ag, Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Se, Si, Sr и Zn у води, седименту, мишићу, шкргама и јетри гргеча из испитиваних вештачких језера;
- поређење добијених концентрација са максимално дозвољеним концентрацијама (МДК) прописаним националном и међународном легислативом;
- утврђивање нивоа хистопатолошких промена на шкргама и јетри гргеча из испитиваних вештачких језера;
- испитивање корелација између акумулације елемената у ткивима и кондиције риба, као и између хистопатолошких промена на шкргама и јетри;
- процену потенцијалног еколошког ризика и степена контаминације.
- процену ризика по здравље људи;
- утврђивање постојања веза између испитиваних појава и карактеристика вештачких језера и давање одговарајућих препорука и закључака.

У поглављу "МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ" дати су основни подаци о испитиваним акумулацијама: Гараши, Власина, Перућац, Заовине, Међувршје и Савско језеро. Такође, описано је узорковање и припрема узорака воде и седимента, као и риба из поменутих акумулација, које је вршено током лета 2017. године. Анализирани су концентрације Ag, Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Se, Si, Sr и Zn у води, седименту, шкргама, јетри и мишићном ткиву гргеча помоћу оптичке емисионе спектроскопије са индуктивно спрегнутом плазмом (ICP-OES), извршена су поређења добијених концентрација са максимално дозвољеним концентрацијама (МДК) прописаним законима, а израчунати су и одређени индекси (MPI, PLI, BCF, BASF) који указују на биодоступност испитиваних елемената и оптерећење које настаје услед њиховог присуства. Додатно, анализирани су хистопатолошке промене (ХП) на шкргама и јетри свих узоркованих јединки гргеча, а хистолошки пресеци оцењени су семиквантитативним системом скоровања који је развијен од стране Bernet *et al.* (1999)<sup>1</sup>. Овом методом одређени су и хистопатолошки индекси анализираних органа и укупни хистопатолошки индекс. Такође, извршена је процена потенцијалног еколошког ризика и степен контаминације према методологији коју је предложио Hakanson (1980)<sup>2</sup>, као и ризика по здравље људи према методологији предложеној од стране USEPA (1989)<sup>3</sup>. Поглавље се завршава детаљним прегледом статистичких метода коришћених за обраду података које су вршене у програму STATISTICA Software Package, Version 7.0, StatSoft Inc.

У поглављу "РЕЗУЛТАТИ" јасно и прегледно у оквиру шест одељака приказани су добијени резултати. Први одељак обухвата преглед дужина и тежина јединки гргеча, као и вредности фактора кондиције. Највећа вредност фактора кондиције констатована је код риба из акумулације Гараши, али утврђене разлике нису биле статистички значајне.

У другом одељку, приказане су концентрације испитиваних елемената у води и седименту шест акумулација, са освртом на МДК вредности које су законом прописане за поменуте медијуме. Највеће концентрације у води забележене су за Ca, K, Mg, Na, P,

<sup>1</sup> Bernet, D., Schmidt, H., Meier, W., Burkhardt-Holm, P., & Wahli, T. (1999). Histopathology in fish: proposal for the protocol to assess aquatic pollution. *Journal of Fish Diseases*, 22, 25-34.

<sup>2</sup> Hakanson, L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water Research*, 14(8), 975-1001.

<sup>3</sup> USEPA (1989). Risk assessment guidance for superfund. In: *Human Health Evaluation Manual Part A, Interim Final, vol. I*. United States Environmental Protection Agency, Washington DC. EPA/540/1-89/002.

S и Si у свим вештачким језерима. Најмање концентрације бележе се за Ag, As, Cd и Mo. Концентрације As, B, Cr, Cu, Fe, Mn и Zn нису прелазиле МДК вредности прописане за воду. Највеће концентрације у седименту забележене су за Al, Ca, Fe, а затим следе K, Mg, Mn, Na, P, S и Si у узорцима седимента у свим вештачким језерима. Најниже концентрације забележене су за Cd и Mo, док Ag и Hg нису детектовани ни у једном узорку. Концентрација Cr за Заовине, Cu за Међувршје и Ni за Перућац, Заовине и Међувршје прелазиле су МДК вредности прописане за седимент.

Трећи одељак обухвата резултате анализе концентрације елемената у мишићу, шкргама и јетри греча из испитиваних акумулација, укључујући и резултате статистичких анализа, а дато је и поређење концентрација одређених елемената са прописаним МДК вредностима за рибе. Графички су представљене вредности MPI и PLI индекса, док су вредности BCF и BSAF индекса представљене табеларно. Највише концентрације Hg, K и S забележене су у мишићном ткиву, Ca, Li, Mn, P, Si и Sr у шкргама и Mo у јетри у свим вештачким језерима. Најниже концентрације Cu, Fe, Na, Se и Zn забележене су у мишићу, Hg у шкргама и Ca и Mg у јетри код греча из свих вештачких језера. Статистички тестови показали су постојање статистички значајних разлика између вештачких језера за све елементе, изузев Li и Na. Нису пронађене статистички значајне корелације између акумулације елемената и кондиције риба. Концентрације Cd код осам јединки из Власине (80%), две јединке из Заовина (20%), једне јединке из Међувршја (12,5%), затим Hg код две јединке из Гараша (20%) и једне јединке из Перућца (10%), као и Pb код једне јединке из Савског језера (10%) прелазиле су МДК вредности за поменуте елементе. Према вредностима MPI, мишић је ткиво које је најмање изложено притиску загађења металима у свим вештачким језерима, док су шкрге најизложеније поменутом загађењу. Код јединки из акумулације Гараша уочен је најмањи утицај загађења металима. Према вредностима PLI, у вештачким језерима за производњу електричне енергије констатовано је веће загађење седимента од језера за водоснабдевање и рекреацију. Највеће BCF вредности за већину елемената забележене су за шкрге. Према BCF за сва истраживана вештачка језера, Hg, K и S јесу елементи који имају највећи потенцијал акумулације у мишићима, Ca, Mn и Sr у шкргама, а Cu и Li у јетри. С друге стране, најмање BCF вредности забележене су за Cu и Fe за мишић, Cr и Hg за шкрге, а Ca и Mg за јетру. Такође, највише стопе акумулације елемената из воде констатоване су за Међувршје. Највеће вредности BSAF за K и S утврђене су за мишић, Ca, Li, Mn и Sr за шкрге, као и Cu за јетру у свим вештачким језерима. Најмање BSAF вредности забележене су за Cu и Fe за мишић, Cr за шкрге и Mg за јетру. Поређењем BSAF између вештачких језера, а узимајући у обзир сва ткива, може се уочити да су најниже вредности за K и Zn забележене за Перућац, Fe за Власину и Mn за Заовине, док су највише вредности за Ca везане за Гараше, K и P за Заовине и Pb за Савско језеро.

У четвртом одељку приказани су резултати хистопатолошких анализа шкрга и јетре. Нису добијене статистички значајне разлике између испитиваних вештачких језера у погледу ХП индекса за шкрге и јетру, као ни за укупни ХП индекс. Код узоркованих јединки из акумулације Власина утврђен је најнижи интензитет ХП промена. Такође, нису нађене ни статистички значајне корелације између појединих ХП индекса. Код шкрга, статистички значајне разлике забележене су код циркулаторног индекса за едем примарног епитела, регресивног индекса за едем секундарног епитела и некрозу, као и код инфламаторног индекса за инфилтрацију леукоцита. Код јетре, статистички значајне разлике између вештачких језера забележене су само за појаву масне дегенерације и вакуолизацију хепатоцита. Ово ткиво је било мање захваћено променама у односу на шкрге.

Пети одељак обухвата вредности фактора и степена контаминације, као и фактора потенцијалног еколошког ризика. Забележен је низак степен контаминације у свим испитиваним вештачким језерима, а највише вредности забележене су за вештачка језера за производњу електричне енергије. Умерен фактор контаминације забележен је за одређене елементе: Cd за Власину, Перућац и Заовине, Cr за Заовине и Међувршје и Cu за Међувршје. Забележен је низак потенцијални еколошки ризик за сва испитивана вештачка језера, при чему су више вредности забележене за вештачка језера за производњу електричне енергије. Само је Cd за Власину представљао умерени фактор потенцијалног еколошког ризика.

У последњем одељку представљене су вредности фактора којима је праћен ризик по здравље људи – количника циљане опасности и циљни канцерогени фактор ризика. Вредности количника циљане опасности (ТНQ) за сваки елемент, као и тотални ТНQ за сва вештачка језера били су мањи од 1, и за општу популацију, као и за рибаре. Такође, и код опште популације и код рибара, највећи допринос тоталном ТНQ уочен је за Hg за сва испитивана вештачка језера. С друге стране, за Cr и Cu уочен је најмањи допринос тоталном ТНQ. Више вредности циљног канцерогеног фактора ризика (TR) забележене су за As у односу на Pb и код опште популације, као и код рибара. Најниже вредности TR за неоргански As и Pb забележене су за Гараше, док су највише вредности забележене за вештачка језера за производњу електричне енергије. Такође, разматрајући сва вештачка језера, ниже TR вредности за оба елемента бележе се за општу популацију у поређењу са рибарима.

Поглавље "ДИСКУСИЈА" прати начин приказа резултата и подељено је на пет целина. Резултати истраживања објашњени су и сагледани у светлу релевантних литературних података и поређени са резултатима других истраживања из дате области. Прво је детаљно дискутовано о пореклу елемената у води и седименту, као и о њиховој повезаности са рибама. Потом су дискутоване концентрације елемената у три испитивана ткива греча, вршена су поређења између самих ткива, као и испитиваних локалитета, коментарисани су резултати истраживања других аутора са акцентом на гречу и/или одређеном елементу, а коментарисани су и испитивани фактори (кондиција, BCF и BSAF) и индекси (MPI и PLI). У трећем одељку дискутовано је о резултатима хистопатолошких анализа, са освртом на хистопатолошке промене које су значајно варирале између испитиваних локалитета и на оне за које су забележени високи скорови, као и налази сличних истраживања рађених на гречу. У последња два одељка дискутовано је о елементима који највише доприносе контаминацији, потенцијалном еколошком ризику и ризику по здравље људи, као и о негативним ефектима који они могу изазвати по живи свет.

У поглављу "ЗАКЉУЧЦИ" кандидат јасно сумира добијене резултате који указују на значај истраживања концентрација елемената у води и седименту, као и у мишићу, шкргама и јетри греча из различитих типова акумулација, примене хистопатологије као биомаркера и могућности коришћења греча као биоиндикаторске врсте у језерским екосистемима.

Поглавље "ЛИТЕРАТУРА" садржи 187 библиографских јединица, које су адекватно и на одговарајућим местима цитиране у тексту докторске дисертације.

У поглављу "ПРИЛОГ" дат је преглед вредности прага детекције спектрометра (ICP-OES) за испитиване елементе.

## БИБЛИОГРАФИЈА

### Радови у часописима међународног значаја

1.	<u>Nikolić, D., Skorić, S., Lenhardt, M., Hegediš, A., &amp; Krpo-Četković, J. (2020). Risk assessment of using fish from different types of reservoirs as human food – A study on European perch (<i>Perca fluviatilis</i>). <i>Environmental Pollution</i>, 257, 113586. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113586</u> <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749119341004">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749119341004</a>	<b>M21a</b>
2.	<u>Nikolić, D., Skorić, S., Rašković, B., Lenhardt, M., &amp; Krpo-Četković, J. (2020). Impact of reservoir properties on elemental accumulation and histopathology of European perch (<i>Perca fluviatilis</i>). <i>Chemosphere</i>, 244, 125503. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.125503</u> <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519327432">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519327432</a>	<b>M21</b>

### Провера оригиналности докторске дисертације

Докторска дисертација кандидата **Душана З. Николића** (Е3001/2015) послата је дана 29.04.2020. на софтверску проверу оригиналности. Извештај који садржи резултате провере оригиналности ментори су добили истог дана, 29.04.2020.

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације "Екотоксикологија и хистопатологија гргеча (*Perca fluviatilis*) из вештачких језера у Србији", аутора Душана З. Николића, констатовано је да утврђено подударане текста износи 10%. Овај степен подударности последица је општих фраза и појмова, стандардних назива и скраћеница хемијских елемената и једињења, цитата, личних имена и назива институција, као и претходно публикованих резултата докторандових истраживања који су проистекли из дисертације, што је у складу са чланом 9. Правилника.

Када се све изнето узме у обзир, извештај указује на оригиналност докторске дисертације кандидата **Душана З. Николића** под насловом "Екотоксикологија и хистопатологија гргеча (*Perca fluviatilis*) из вештачких језера у Србији", те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

## Мишљење и предлог Комисије:

На основу свега изнетог, Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Душана З. Николића, под насловом "ЕКОТОКСИКОЛОГИЈА И ХИСТОПАТОЛОГИЈА ГРГЕЧА (*PERCA FLUVIATILIS*) ИЗ ВЕШТАЧКИХ ЈЕЗЕРА У СРБИЈИ" представља оригинални допринос истраживању екотоксикологије и хистопатологије риба.

Током израде дисертације, кандидат је показао задовољавајући степен познавања научне основе проблематике, добро поставио циљеве истраживања и применио адекватне и савремене методе истраживања и обраде добијених резултата, које је критички дискутовао уз одговарајуће литературне податке.

Са практичног становишта, резултати ове дисертације значајно доприносе познавању акумулација и дистрибуције елемената у води и седименту, као и у ткивима гргеча из вештачких језера. Такође, они указују и на значај коришћења гргеча као биоиндикатора стања језерских екосистема и ризике који се могу јавити услед конзумације јединки ове врсте из различитих типова језера.

На основу свега наведеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Биолошког факултета Универзитета у Београду да прихвати извештај и одобри Душану З. Николићу јавну одбрану докторске дисертације под насловом "ЕКОТОКСИКОЛОГИЈА И ХИСТОПАТОЛОГИЈА ГРГЕЧА (*PERCA FLUVIATILIS*) ИЗ ВЕШТАЧКИХ ЈЕЗЕРА У СРБИЈИ".

### КОМИСИЈА:

---

др Јасмина Крпо-Ћетковић, ванредни  
професор Биолошког факултета  
Универзитета у Београду

---

др Стефан Скорић, виши научни сарадник  
Института за мултидисциплинарна  
истраживања Универзитета у Београду

---

др Божидар Рашковић, ванредни професор  
Пољопривредног факултета Универзитета у  
Београду

У Београду, 18.05.2020. године.