

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ БИОЛОШКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

На I редовној седници Наставно-научног већа Биолошког факултета Универзитета у Београду, одржаној 13. октобра 2017. године, прихваћен је извештај ментора др Љубише Станисављевића и др Ивана Гржетића о урађеној докторској дисертацији **Ненада М. Зарића**, истраживача сарадника Иновационог центра Технолошко металуршког факултета, под насловом „**Медоносна пчела (*Apis mellifera*) као биоиндикатор загађења токсичним металима на територији Србије**”, и одређена је Комисија за преглед и оцену докторске дисертације у саставу др Љубиша Станисављевић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Биолошки факултет, др Иван Гржетић, редовни професор, Универзитет у Београду – Хемијски факултет, др Бранимир Јованчићевић, редовни професор, Универзитет у Београду – Хемијски факултет и др Јасмина Крпо-Ћетковић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Биолошки факултет.

Комисија је прегледала урађену докторску дисертацију кандидата и Већу подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

Општи подаци о докторској дисертацији:

Докторска дисертација **Ненада М. Зарића**, дипломираног биолога заштите животне средине, под насловом „**Медоносна пчела (*Apis mellifera*) као биоиндикатор загађења токсичним металима на територији Србије**“ написана је према Упутствима за обликовање докторске дисертације Универзитета у Београду. Пагинирани текст (154 страна) подељен је у шест поглавља: **Увод** (44 стране), **Циљеви истраживања** (1 страна), **Материјал и методе** (15 страна), **Резултати** (28 страна), **Дискусија** (15 страна), **Закључци** (2 стране) и **Литература** (49 страна). Дисертација садржи 17 табела и 13 слика. На почетку дисертације дати су Резиме на српском, Апстракт на енглеском језику и Садржај који нису обухваћени пагинацијом. На крају дисертације су приложена следећа документа: Биографија аутора, Изјава о ауторству, Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјава о коришћењу.

Анализа докторске дисертације:

У оквиру докторске дисертације, кандидат Ненад М. Зарић користио је медоносну пчелу (*Apis mellifera*) као биоиндикатора за одређивање концентрације токсичних метала у животној средини. Хемијске анализе је урадио у сарадњи са Хемијским факултетом Универзитета у Београду у њиховим лабораторијама. Утврдио је концентрације Al, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Na, Ni, Pb, Sr и Zn у телима пчела излетница медоносне пчеле. Узорке пчела сакупљао је током три године, 2013, 2014. и 2015, на две локације, Вршац и Панчево, и током 2014. на три локације: Београд, околина термоелектрана „Костолац А и Б“ и села Месић. Након одређивања концентрација приступио је статистичкој анализи података ради утврђивања разлика у концентрацијама метала између анализираних локација, година и сезоне узорковања. Поред тога, посебна пажња дата је утврђивању порекла анализираних метала.

Поглавље **УВОД** садржи седам тематских целина. У првом потпоглављу дат је преглед различитих загађујућих супстанци, као и преглед њихових различитих могућих извора. У другом потпоглављу посебно су елаборирани могући извори метала као

загађујућих супстанци. У трећем потпоглављу дат је преглед утицаја анализираних метала на живи свет. У четвртном потпоглављу описани су различити начини прађења загађења у животној средини. У петом потпоглављу разматране су различите врсте до сада коришћених биоиндикатора. У шестом и седмом потпоглављу посебна пажња посвећена је екологији пчела и објашњењу због чега су пчеле добри биоиндикатори.

У поглављу **ЦИЉЕВИ ИСТРАЖИВАЊА** постављено је неколико научних циљева:

- идентификација метала присутних у телима медоносних пчела
- квалитативно и квантитативно одређивање концентрације метала у телима медоносних пчела
- квалитативно и квантитативно одређивање концентрације метала у узорцима земљишта у региону активности пчела – локалитети који су изучавани
- утврђивање корелација између концентрација анализираних метала
- утврђивање разлика у концентрацијама анализираних метала између различитих локација узорковања
- утврђивање разлика у концентрацијама анализираних метала између различитих година узорковања
- утврђивање сезонских (јул, септембар) промена у концентрацијама анализираних метала
- процена порекла анализираних метала.

Поглавље **МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ** организовано је у четири потпоглавља. У првом су дати подаци о локалитетима обухваћеним истраживањем, уз демографске податке и детаљне географске описе локалитета са хидрометеоролошким подацима. У другом потпоглављу описан је начин узимања узорака са свих истраживаних локалитета. Треће потпоглавље садржи опис метода које су коришћене за припрему и анализу узорака. Уз то, у истом потпоглављу налазе се и описи коришћених хемикалија и реагенаса, као и коришћене опреме. Четврто потпоглавље обухвата неколико делова у којима је дат детаљан опис статистичких метода коришћених за анализу концентрација анализираних елемената у пчелама.

Поглавље **РЕЗУЛТАТИ** организовано је у четири потпоглавља. У првом потпоглављу приказани су детаљни резултати (дескриптивно, табеларно и графички) анализе метала у медносним пчелама сакупљеним у Костолцу, Београду и Месићу. Ово потпоглавље је подељено на две целине. У првој су приказане просторне и сезонске варијације токсичних метала нађених у пчелама са ове три локације. Установљене су статистички значајно више концентрације Al, Cr и Fe на подручју Костолца, Cu на подручју Београда, док су за територију Месића установљене повећане концентрације Ni, Ba и Si. У другом делу овог потпоглавља, помоћу мултиваријантних статистичких метода (анализа главних компоненти и кластерска анализа) објашњено је порекло изолованих метала. У другом потпоглављу приказана је упоредна анализа концентрација метала у пчелама из Вршца и Панчева током трогодишњег периода (2013, 2014, и 2015). У овом потпоглављу одређиване су просторне и временске варијације у концентрацијама метала у пчелама узоркованим на ове две локације. У Панчеву је установљен тренд смањења концентрације метала у пчелама од 2013. до 2015. године. У овом делу су описани и резултати анализе земљишта узоркованог у близини локалитета са којих су узорковане пчеле. Такође су урађене и корелације анализираних метала из пчела и земљишта. Утврђено је да директних корелација у концентрацијама метала у пчелама и земљишту нема, али да постоје метали који су високо корелирани како у земљишту тако и у пчелама.

Израчунати су фактор обогаћења за земљиште и фактор биоконцентрације за пчеле. Анализа главних компоненти и кластерска анализа груписале су метале у две главне компоненте, односно два одвојена кластера. У трећем потпоглављу дати су резултати за узорке узете током 2014. године са свих пет испитиваних локалитета. Статистичким методама утврђене су просторне и сезонске варијације у концентрацијама метала. Једини елемент који је испољио сезонску варијацију јесте Cd, док су просторне варијације установљене за Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe и Ni. Анализом главних компоненти, метали су груписани у три компоненте, док су издвојена три кластера помоћу кластерске анализе. У четвртом потпоглављу приказани су распони концентрација метала у пчелама, заједно са описом региона и животне средине из које пчеле потичу.

Поглавље **ДИСКУСИЈА** садржи четири потпоглавља која прате одговарајуће тематске целине из поглавља Резултати. У првом потпоглављу, дискутовано је порекло токсичних метала који су пронађени у телима медоносних пчела са подручја Костолаца, Београда и Месића. За детаљну интерпретацију порекла ових метала, кандидат је користио статистичке тестове варијације у концентрацијама између локалитета узорковања, али и мултиваријантне статистичке методе. Утврђено је да су повишене концентрације одређених метала на појединим локалитетима у директној вези са изворима загађења специфичних за област око локалитета. На територији општине Костолац присутне су повишене концентрације Al, Cr и Fe које потичу из пепела термоелектрана „Костолац А и Б“. На подручју Београда повишене су концентрације Cu које потичу од саобраћаја, конкретно од употребе кочница које су богате овим елементом. У широј околини Месића повишене су концентрације Ni, али и Ba и Cu, што је приписано интензивној пољопривредној производњи. Ni је саставни део вештачких ђубрива, док су Ba и Cu саставни део хербицида и инсектицида који се користе за заштиту усева. У истом потпоглављу дискутоване су и сезонске варијације у концентрацијама метала. Установљено је да су концентрације Al, Ba, Co, Cr и Fe биле више у јулу у односу на септембар, што је објашњено биологијом и животним циклусом медоносних пчела и биљака чијим се поленом и нектаром пчеле хране. У свим подручјима узорковања кандидат је узимао узорке из неколико пчелињака, како би била покривена што већа површина. Установљено је да ветар није имао утицаја на разлике у концентрацијама метала уочене у оквиру појединих подручја.

У другом потпоглављу кандидат је дискутовао о разликама у концентрацијама метала у Панчеву и Вршцу, као и о временским варијацијама у концентрацијама метала у ова два подручја. Установљено је да концентрације метала у Јужном Банату опадају током година, од 2013. до 2015, што је објашњено ремонтом термоелектрана у том периоду, као и престанком рада некадашње Железаре у Смедереву. У погледу сезонских варијација, установљено је да је током 2014. године дошло до одступања од ранијих запажања да су концентрације метала више у јулу у односу на септембар. Током те сезоне измерене су више концентрације у септембру у односу на јули, а као узрок наведене су обилне кише током пролећа и лета 2014. године. У овом потпоглављу кандидат је дискутовао и о просторним варијацијама у концентрацијама метала између Панчева и Вршца. Утврђено је да су концентрације за већину метала више у Вршцу, што је у сагласности са подацима Завода за јавно здравље из Панчева. Кандидат је уз помоћ мултиваријантне статистичке анализе објаснио и порекло анализираних метала. Установио је да метали потичу из два извора: једну групу чине елементи који имају антропогене изворе, док другу групу чине елементи који су до пчела дошли из природних извора.

У трећем потпоглављу кандидат је дискутовао о концентрацијама метала у пчелама које су узорковане са свих пет подручја током 2014. године. Дошао је до сличних закључака као и у претходним потпоглављима. Више концентрације Ba и Cd у околини

Месића потичу од пољопривредне активности, повишене концентрације Fe и Cr у околини термоелектрана пореклом су из пепела, док су више концентрације Cu у Београду пореклом од интензивног саобраћаја. Ови закључци потврђени су и статистички.

У четвртог потпоглављу кандидат је упоредио утврђене концентрације метала са концентрацијама из других истраживања, прегледом релевантне литературе. За поједине елементе (Al, Ca, Fe, Li, Ni, Sr) уочено је да имају далеко више концентрације у овом истраживању у односу на друга доступна истраживања, док су концентрације неких других елемената (Ba, Cd, Co, Cu, Mn, Zn) у сличном опсегу као и у другим истраживањима, или су чак и ниже (Cr, Na, Pb).

У поглављу **ЗАКЉУЧЦИ** кандидат је сумирао кључне елементе добијених резултата који представљају значајан допринос употреби медоносне пчеле (*A. mellifera*) као биоиндикатора.

Поглавље **ЛИТЕРАТУРА** садржи 437 библиографске јединица. Литературни извори су адекватно и на одговарајућим местима цитирани у тексту докторске дисертације.

Радови и конгресна саопштења из докторске дисертације:

Б1. Радови у часописима међународног значаја

1. Zarić, N. M., Ilijević, K., Stanisavljević, Lj., Gržetić, I. (2017). Use of honeybees (*Apis mellifera* L.) as bioindicators for assessment and source appointment of metal pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0196-7> **M21**
2. Zarić, N. M., Ilijević, K., Stanisavljević, Lj., Gržetić, I. (2016). Metal concentrations around thermal power plants, rural and urban areas using honeybees (*Apis mellifera* L.) as bioindicators. *International Journal of Environmental Science and Technology* 13, 413-422. **M22**

Б2. Конгресна саопштења са међународних скуповима штампана у целини

1. Zarić, N. M., Ilijević, K., Jovančićević, B., Stanisavljević, Lj., Gržetić, I. (2017). Honeybees (*Apis mellifera* L.) as bioindicators of metal pollution in Serbia. XXV International Conference “Ecological Truth”, Vrnjačka Banja, Serbia. *Proceedings*, 375-379. **M33**
2. Zarić, N. M., Ilijević, K., Jovančićević, B., Stanisavljević, Lj., Gržetić, I. (2016). Honeybees (*Apis mellifera* L.) as bioindicators of metal pollution around Thermal Power Plant “Kostolac”. International Conference XVIII YuCorr, Tara, Serbia. *Proceedings*, 234-238. **M33**
3. Zarić, N. M., Ilijević, K., Jovančićević, B., Stanisavljević, Lj., Gržetić, I. (2016). Metal pollution and health. International Conference XVIII YuCorr, Tara, Serbia. *Proceedings*, 239-242. **M33**

Б3. Конгресна саопштења са међународних скупова штампана у изводу

1. Zarić, N. M., Ilijević, K., Jovančićević, B., Stanisavljević, Lj., Gržetić, I. **M34**

- (2016). Honeybees (*Apis mellifera*) as bioindicators of heavy metal pollution. The 7th European Conference of Apidology, Cluj-Napoca, Romania. *Book of Abstracts*, 183.
2. Zarić, N. M., Ilijević, K., Jovančićević, B., Stanisavljević, Lj., Gržetić, I. (2016). **M34** Determination of metal pollution sources. 17th European Meeting on Environmental Chemistry, Inverness, Scotland. *Book of Abstracts*, 40.
 3. Zarić, N. M., Ilijević, K., Jovančićević, B., Stanisavljević, Lj., Gajica, G., Orlić, J., Gržetić, I. (2015). **M34** Metal concentrations in regions with different environmental impact. 16th European Meeting on Environmental Chemistry, Torino, Italy. *Book of Abstracts*, 106.
 4. Zarić, N. M., Ilijević, K., Jovančićević, B., Stanisavljević, Lj., Gržetić, I. (2014). **M34** Determination of metal concentrations around thermal power plants and in urban areas using Honeybees (*Apis mellifera* L.) as bioindicators. 15th European Meeting on Environmental Chemistry, Brno, Czech Republic. *Book of Abstracts*, 97.
 5. Zarić, N. M., Ilijević, K., Jovančićević, B., Stanisavljević, Lj., Gržetić, I. (2013). **M34** Honeybees (*Apis mellifera* L.) as bioindicators of environmental pollution: concentrations of metals in and around Belgrade area. 14th European Meeting on Environmental Chemistry, Budva, Montenegro. *Book of Abstracts*, 114.
- Б4. Конгресна саопштења са скупова домаћег значаја штампана у изводу
1. Zarić, N. M., Ilijević, K., Jovančićević, B., Stanisavljević, Lj., Gržetić, I. (2015). **M64** Određivanje koncentracije i porekla toksičnih metala u životnoj sredini. 7. simpozijum – Hemija i zaštita životne sredine (EnviroChem2015), Palić, Srbija. *Knjiga izvoda*, 199-200.

Мишљење и предлог Комисије:

Имајући у виду садржај и квалитет приложене докторске дисертације, као и начин на који су изложени и интерпретирани резултати истраживања, Комисија сматра да докторска дисертација кандидата **Ненада М. Зарића** под насловом „**Медоносна пчела (*Apis mellifera*) као биоиндикатор загађења токсичним металима на територији Србије**“, представља оригиналну научну студију, урађену по свим критеријумима научно-истраживачког рада, која значајно доприноси бољем познавању пчела као биоиндикатора, које су до сада у Србији коришћене само као индикатори за загађење арсеном. Циљеви докторске дисертације прецизно су и јасно дефинисани и у потпуности реализовани. Употреба савремених аналитичких метода омогућила је квалитативно и квантитативно одређивање концентрације метала, чак и у траговима. Адекватне статистичке методе омогућавају одређивање разлика у концентрацијама метала у пчелама између различитих локација, година и сезона узорковања. У овој дисертацији први пут су употребљене мултиваријантне статистичке методе (анализа главних компоненти и кластерска анализа) за одређивање порекла метала у медоносној пчели као биоиндикатору. Резултати истраживања приказани су систематично, критички су дискутовани у складу са досадашњим литературним сазнањима и представљају оригиналан допринос употреби медоносне пчеле (*A. mellifera*) као биоиндикатора.

Резултати истраживања проистекли из ове докторске дисертације објављени су у два рада штампана у часописима међународног значаја, 13 саопштења са међународних скупова и једног саопштења са скупа националног значаја.

Узимајући у обзир све претходно наведено, Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију кандидата **Ненада М. Зарића**, дипломираног биолога заштите животне средине, под насловом „**Медоносна пчела (*Apis mellifera*) као биоиндикатор загађења токсичним металима на територији Србије**“ и предлаже Наставно-научном већу Биолошког факултета Универзитета у Београду да прихвати Извештај и одобри јавну одбрану ове докторске дисертације.

У Београду, 07. новембра 2017. године. **КОМИСИЈА:**

др Љубиша Станисављевић, ванредни професор,
Универзитет у Београду - Биолошки факултет

др Иван Гржетић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Хемијски факултет

др Јасмина Крпо-Ћетковић, ванредни професор,
Универзитет у Београду – Биолошки факултет

др Бранимир Јованчићевић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Хемијски факултет