

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета у Београду” број 162/11, пречишћен текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

Елеонора (Жељко) Гвоздић, дипломирани биолог заштите животне средине

КАНДИДАТ: **Елеонора Гвоздић** пријавила је докторску дисертацију под називом:
„Развој и примена HPLC–MS/MS методе за испитивање присуства вештачких заслађивача као индикатора комуналног загађења воде и седимената“
Из научне области: **Инжењерство заштите животне средине**

Универзитет је дана **24. 2. 2020.** године, својим актом **61206-653/2-20**, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

„Развој и примена HPLC–MS/MS методе за испитивање присуства вештачких заслађивача као индикатора комуналног загађења воде и седимената “

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Елеоноре Гвоздић** образована је на седници Наставно-научног већа одржаној **9. 11. 2023.** године Одлуком Факултета под бр. **35/264**, у саставу:

Име и презиме	Звање	Научна област
1. Др Светлана Грујић	Ванредни професор	Аналитичка хемија
2. Др Татјана Ђуркић	Редовни професор	Инжењерство заштите животне средине
3. Др Дубравка Релић	Ванредни професор	Хемија животне средине

Студент је уписан на докторске студије школске 2015/2016. године.

На захтев студента, у складу са Статутом Универзитета у Београду и Статутом Факултета, декан је донео Решење бр. 20/75 од 29.9.2021. године о продужењу рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма, односно до краја школске 2023/2024. године.

Наставно-научно веће Факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **9.11.2023.** године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Петар Ускоковић

Бр. 20/75

29. 09. 2021 год.

На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета у Београду бр. 201/2018") и члана 76., став 1 и став 4 Статута Технолошко-металуршког факултета у Београду, као и захтева студента за продужење рока за завршетак студија Декан доноси

РЕШЕЊЕ

о продужењу рока за завршетак студија

Студенту ЕЛЕОНОРИ ГВОЗДИЋ, број индекса 4031/2015, уписаном-ој у прву годину докторских академских студија школске 2015/2016. године продужава се рок за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма, односно до краја школске 2023/2024. године.

Поука о правном леку:

Против овог решења именовани-а може поднети жалбу Савету Факултета у року од 8 дана од дана пријема решења

Доставити:

- Студенту;
- Служби за студентска питања;
- Општој служби – архиви.

ДЕКАН



проф. др Петар Ускоковић

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 39. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 09.11.2023. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Светлана Грујић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Татјана Ђуркић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Дубравка Релић, ванредни професор Универзитета у Београду, Хемијски факултет, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: „Развој и примена HPLC–MS/MS методе за испитивање присуства вештачких заслађивача као индикатора комуналног загађења воде и седимената” коју је поднела Елеонора Гвоздић, дипломирани биолог заштите животне средине и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Елеоноре Гвоздић, под називом „Развој и примена HPLC–MS/MS методе за испитивање присуства вештачких заслађивача као индикатора комуналног загађења воде и седимената” Одлуком број: 61206-653/2-20 од 24.02.2020. године.

Верификација научних доприноса:

Категорија M21:

1. **Gvozdić, E.**, Matić Bujagić, I., Đurkić, T., Grujić, S.: Untreated wastewater impact and environmental risk assessment of artificial sweeteners in river water and sediments of the Danube River Basin in Serbia, *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 30, pp. 84583-84594, 2023 (IF 2022 = 5.8) (ISSN: 0944-1344) (DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28348-5>).
2. **Gvozdić, E.**, Matić Bujagić, I., Đurkić, T., Grujić, S.: Trace analysis of artificial sweeteners in environmental waters, wastewater and river sediments by liquid chromatography–tandem mass spectrometry, *Microchemical Journal*, vol. 157, no. 105071, 2020 (IF 2020 = 4.821) (ISSN: 0026-265X) (DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105071>).

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета, ментору, Служби за наставно-студентске послове, Библиотеци и Архиви факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Елеоноре Ж. Гвоздић, дипломираног биолога заштите животне средине

Одлуком Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду бр. 35/230 од 21. септембра 2023. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Елеоноре Гвоздић под насловом:

„Развој и примена HPLC–MS/MS методе за испитивање присуства вештачких заслађивача као индикатора комуналног загађења воде и седимената“

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

- Школске 2015/2016. године Елеонора Гвоздић је уписала докторске академске студије на Технолошко-металуршком факултету у Београду, на смеру Инжењерство заштите животне средине.
- 26. новембра 2019. године Елеонора Гвоздић је предложила тему докторске дисертације под насловом „Развој и примена HPLC–MS/MS методе за испитивање присуства вештачких заслађивача као индикатора комуналног загађења воде и седимената“.
- 24. децембра 2019. године одлуком Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета бр. 35/406 именовани су чланови Комисије за оцену подобности теме и кандидата Елеоноре Ж. Гвоздић, дипломираног биолога заштите животне средине, за израду докторске дисертације под називом „Развој и примена HPLC–MS/MS методе за испитивање присуства вештачких заслађивача као индикатора комуналног загађења воде и седимената“, у саставу: др Светлана Грујић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Татјана Ђуркић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Ивана Матић Бујагић, научни сарадник Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Дубравка Релић, ванредни професор Универзитета у Београду, Хемијски факултет.
- 30. јануара 2020. године на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, донета је одлука бр. 35/18 о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације под називом: „Развој и примена HPLC–MS/MS методе за испитивање присуства вештачких заслађивача као индикатора комуналног загађења воде и седимената“. За ментора је именована др

Светлана Грујић, ванредни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду.

- 24. фебруара 2020. године на седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације Елеоноре Гвоздић, под називом: „Развој и примена HPLC–MS/MS методе за испитивање присуства вештачких заслађивача као индикатора комуналног загађења воде и седимената“ (одлука бр. 61206-653/2-20).
- 29. септембра 2021. године одобрено је продужење рока за завршетак докторских студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма, тј. до краја школске 2023/2024. године (решење бр. 20/75).
- 21. септембра 2023. године на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета донета је одлука (бр. 35/230) о именовању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације Елеоноре Гвоздић под називом „Развој и примена HPLC–MS/MS методе за испитивање присуства вештачких заслађивача као индикатора комуналног загађења воде и седимената“ у саставу: др Светлана Грујић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Татјана Ђуркић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Дубравка Релић, ванредни професор Универзитета у Београду, Хемијски факултет.

1.2. Научна област дисертације

Тема ове докторске дисертације припада научној области **Инжењерство заштите животне средине** за коју је матичан Технолошко-металуршки факултет у Београду. За ментора ове докторске дисертације именована је др Светлана Грујић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, која испуњава све неопходне услове да руководи изразом ове дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Елеонора Гвоздић је рођена 8. фебруара 1987. године у Карловцу, у Републици Хрватској. Основну школу „Јосиф Панчић“ у Београду је завршила 2001. године као носилац Вукове дипломе, након чега је уписала XIII београдску гимназију, природно-математички смер, у којој је матурирала 2005. године са одличним успехом. Биолошки факултет Универзитета у Београду уписала је школске 2005/2006. године, на студијском програму Екологија и заштита животне средине. Дипломирала је 2012. године, са просечном оценом у току студија 8,69 и одбранила је дипломски рад на Катедри за екологију и географију биљака са оценом 10 стекавши звање дипломирани биолог заштите животне средине.

Докторске академске студије уписала је школске 2015/2016. године на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, на студијском програму Инжењерство заштите животне средине. Положила је све испите предвиђене планом и програмом докторских студија са просечном оценом 9,17 и одбранила је са оценом 10 завршни испит са темом „Одређивање трагова вештачких заслађивача у узорцима воде методом течне хроматографије са тандем масеном спектрометријом“, под менторством проф. др Светлане Грујић. Запослена је у Иновационом центру Технолошко-металуршког факултета као истраживач сарадник. Од маја 2017. до децембра 2019. године била је ангажована на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја под називом „Развој и примена метода и материјала за мониторинг нових загађујућих и токсичних органских материја и тешких метала“ под руководством проф. др Миле Лаушевић. Област научно-истраживачког рада Елеоноре Гвоздић се односи на развој и примену метода за одређивање трагова емергентних загађујућих материја у води и речним седиментима. Члан је Српског хемијског друштва.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Елеоноре Гвоздић написана је на 90 страна и садржи 47 слика и 15 табела. Дисертација обухвата следећа поглавља: Увод (2 стране), Теоријски део (23 стране) Експериментални део (11 страна), Резултати и дискусија (30 страна), Закључак (3 стране), Литература (10 страна), Прилог (9 страна). Поред наведеног, у докторској дисертацији постоји сажетак на српском и енглеском језику, садржај, захвалница, биографија кандидата, као и списак радова који су проистекли из докторске дисертације. Ова дисертација задовољава прописане стандарде Универзитета у Београду по својој структури и садржају.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У поглављу **Увод** је представљена проблематика везана за присуство вештачких заслађивача у животној средини. Истакнуто је да су због њихове свеprisутности и недостатка података о понашању у природном окружењу, као и потенцијалне екотоксичности, ова једињења препозната као нова класа приоритетних емергентних загађујућих материја. Наглашено је да представљају веома погодне хемијске индикаторе за откривање канализационог загађења у акватичним екосистемима због високе специфичности и распрострањености у комуналним водама. Наведено је да се у научној литератури могу наћи методе за анализу појединачних заслађивача или мањег броја у специфичној воденој матрици, као и да не постоји метода за матрицу седимента. Због тога постоји потреба за развојем, оптимизацијом и применом мултирезидуалне методе за одређивање трагова најчешће коришћених вештачких заслађивача у различитим воденим матрицама (површинској, подземној и отпадној), као и у седиментима, што је и циљ ове докторске дисертације. Наглашено је да ће метода бити примењена за процену потенцијалне опасности за екосистем Дунава од испуштања непречишћених комуналних отпадних вода дуж целог тока у Републици Србији, тј. за процену еколошког ризика за слатководне и бентосне организме. Истакнуто је да оваква свеобухватна процена загађења акватичног екосистема вештачким заслађивачима, која укључује и водену средину и седименте, још увек није забележена у литератури.

У поглављу **Теоријски део** је представљен детаљан литературни преглед области истраживања докторске дисертације. Приказане су основне карактеристике одабраних вештачких заслађивача (ацесулфама, сахарина, цикламата, сукралозе, аспартама, неохесперидин дихидрохалкона, неотама и стевиозида), као и њихова примена у прехранбеним и фармацеутским производима. Детаљно су објашњени извори и путеви доспевања заслађивача у животну средину, као и њихова широка распрострањеност у акватичним екосистемима са табеларним приказом литературног прегледа концентрација детектованих у површинским, подземним и отпадним водама у Европи и свету. Изложени су фактори који утичу на присуство и различиту стабилност вештачких заслађивача у животној средини. На основу објављених екотоксиколошких студија акутног и хроничног утицаја, указано је на проблем њиховог присуства у околини због токсичности за живи свет у води, као и на потребу процене екотоксиколошког ризика по акватичне и бентосне организме на основу детектованих концентрација у води и седименту. Затим је објашњена могућност коришћења вештачких заслађивача као хемијских индикатора загађења комуналним отпадним водама, због њихове специфичности као антропогених маркера и велике стабилности појединих заслађивача у животној средини. Приказана је различита ефикасност уклањања ових супстанци у постројењима за пречишћавање отпадних вода, што значајно утиче на њихову присутност у воденим ресурсима. Наведена је законска регулатива везана за употребу ових једињења у људској исхрани у Републици Србији и Европској унији и наглашено је одсуство регулативе у области заштите животне средине која захтева праћење заслађивача у природном окружењу.

У наставку је објашњена проблематика аналитичког одређивања вештачких заслађивача у узорцима воде и седимената. Истакнута је предност употребе течне хроматографије високих перформанси у спрези са масеном спектрометријом (енг. high

performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry, HPLC–MS/MS) у односу на друге инструменталне технике. Описан је поступак припреме узорак воде методом екстракције на чврстој фази са прегледом различитих типова сорбената који се најчешће користе за екстракцију вештачких заслађивача. Такође, описана је припрема узорак седимената за анализу вештачких заслађивача применом ултразвучне екстракције. Затим су детаљно објашњени принципи коришћених аналитичких метода течне хроматографије високих перформанси и масене спектрометрије, са описом електроспреј јонизације и линеарног јонског трапа као масеног анализатора неопходног за извођење вишестепене масене анализе.

У поглављу **Експериментални део** су представљени одабрани вештачки заслађивачи са њиховим хемијским структурама и физичко-хемијским својствима. Описани су поступци припреме раствора вештачких заслађивача и коришћених реагенса. Детаљно је објашњен начин снимања масених спектра заслађивача, затим оптимизација хроматографског раздвајања анализата и HPLC–MS/MS параметара, као и избор карактеристичних реакција фрагментације за поуздану идентификацију, квантификацију и потврду присуства сваког одабраног анализата. Описан је развој метода припреме узорак површинских, подземних и отпадних вода, као и речних седимената, за анализу вештачких заслађивача, уз оптимизацију параметара који имају највећи утицај на ефикасност екстракције. Такође су детаљно описане коришћене калибрационе методе и валидација оптимизованих метода. Затим је објашњен поступак процене екотоксиколошког ризика вештачких заслађивача на основу детектованих концентрација у површинским и подземним водама, као и у речним седиментима. У наставку, описана су места узорковања површинских, подземних и отпадних вода, као и речних седимената из реке Дунав и њених највећих притока у Републици Србији - Тисе, Саве и Мораве. Места узорковања речне и подземне воде и речних седимената, као и комуналне отпадне воде из канализационих испуста у Београду, приказани су на мапи.

У поглављу **Резултати и дискусија** приказани су и опсежно анализирани добијени резултати. На основу добијених масених спектра одабраних вештачких заслађивача утврђено је да је коришћењем електроспреј јонизације у негативном режиму рада постигнута стабилна јонизација свих анализата. Снимањем масених спектра вештачких заслађивача у различитим смешама растварача показано је да се најинтензивнија јонизација анализата постиже у смеси метанол/вода (1:1, v/v), што је узето у обзир приликом коначног одабира састава мобилне фазе у HPLC–MS/MS методи. Масено-спектрометријском анализом одабране су карактеристичне реакције за квантитативно одређивање и потврду присуства вештачких заслађивача у реалним узорцима, као реакције фрагментације прекурсор јона у најстабилније и најинтензивније фрагментне јоне. У наставку је дат приказ оптимизације хроматографског раздвајања анализата применом различитих колона и састава мобилне фазе, а коначно одабран састав и градијент мобилне фазе приказан је табеларно. Затим је објашњена оптимизација HPLC–MS/MS параметара, а у циљу повећања осетљивости, SRM (енг. selected reaction monitoring) детекција заслађивача подељена је у три временска сегмента. Представљен је и репрезентативни масени хроматограм смеше осам одабраних вештачких заслађивача. У наставку поглавља приказан је развој методе екстракције на чврстој фази за припрему узорак воде, при чему су изабрани оптимални параметри као што су врста сорбента, рН вредност и запремина узорка воде, као и растварач за елуирање анализата са паковања колоне. Такође је описана оптимизација поступка припреме узорак седимената за анализу вештачких заслађивача, при чему је одабран оптималан растварач са којим је принос ултразвучне екстракције највећи. Развијене методе су валидиране анализом узорак површинске, подземне и отпадне воде, као и узорак речних седимената, у које је додат стандардни раствор вештачких заслађивача на више нивоа концентрације. Методе су показале добру тачност, поновљивост, линеарност и осетљивост.

Применом развијених метода у анализи реалних узорак површинске, подземне и отпадне воде, као и речних седимената, добијени су први пут подаци о степену загађености слива реке Дунав у Републици Србији вештачким заслађивачима. Од осам испитиваних заслађивача, шест је детектовано у анализираним узорцима, чиме је показан огроман утицај

испуштања нетретираних комуналних вода у реке. Од детектованих заслађивача, ацесулфам, сукралоза, сахарин и цикламат су пронађени у речној води, ацесулфам и сукралоза у подземној, док су аспартам и неотам били једини заслађивачи детектовани у речним седиментима. У отпадној води пронађено је свих шест наведених вештачких заслађивача. Неохесперидин дихидрохалкон и стевиозид нису детектовани ни у једном узорку. На основу забележених нивоа стабилних и биоразградивих вештачких заслађивача, утврђено је да се најзначајнији континуирани унос непречишћених комуналних вода у речни екосистем Дунава у Републици Србији одвија у Београду. Резултати процене екотоксиколошког утицаја детектованих заслађивача на водени екосистем су показали да је једино при забележеним нивоима сахараина утврђен низак ризик за слатководне организме. Међутим, због кумулативног ефекта смеше вештачких заслађивача детектованих у сваком узорку воде, еколошки ризик се повећава. С друге стране, концентрације заслађивача аспартама и неотама, детектованих у узорцима речних седимената, указале су на значајну екотоксичност, односно средњи до висок ризик за бентосне организме. Ови резултати су јасно указали на неопходност увођења вештачких заслађивача у редовне програме праћења у животној средини, као и на унапређење третмана и управљања комуналних отпадним водама.

У поглављу **Закључак** сумирани су најважнији закључци и добијени резултати постигнути у три најважнија тематска дела дисертације: о развоју и оптимизацији HPLC–MS/MS методе, о развоју и оптимизацији метода за припрему узорака воде и седимената и о загађењу вештачким заслађивачима слива реке Дунав у Републици Србији. Потом је наведена коришћена литература која обухвата релевантне радове из области истраживања, цитиране у докторској дисертацији.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Резултати истраживања приказани у овој тези су оригинални и у складу са савременим достигнућима везаним за унапређење мултирезидуалних аналитичких метода за одређивање трагова емергентних загађујућих материја у матрицама из животне средине. С обзиром на то да су вештачки заслађивачи препознати као нова класа приоритетних емергентних загађујућих материја у последњој деценији, указала се потреба за развојем брзе, осетљиве, селективне и поуздане аналитичке методе помоћу које се могу одредити веома ниске концентрације ових једињења у комплексним матрицама. У литератури је описан мањи број метода, базираних на течной хроматографији у спрези са масеном спектрометријом, које су претежно фокусиране на мањи број заслађивача, и то искључиво у воденој матрици. Наиме, досадашња истраживања везана за вештачке заслађиваче бавила су се само природним водама, попут речне, језерске и морске, као реципијентима комуналних отпадних вода. С обзиром на то да седименти представљају интегрални део акватичног екосистема и резервоар органских загађујућих материја који може постати секундарни извор загађења у случају ресуспендовања, неопходно је извршити свеобухватно истраживање о вештачким заслађивачима у животној средини које укључује и речне седimente. Иако већина ових супстанци има високу растворљивост у води и хидрофилан карактер, неки вештачки заслађивачи поседују већи афинитет ка чврстој фази, па се може очекивати њихова акумулација у седиментима приликом расподеле у систему вода/седимент. С обзиром на то да се на данашњем тржишту користи већи број различитих вештачких заслађивача, чије понашање у животној средини и екотоксиколошки утицај још увек нису довољно познати, постоји потреба за развојем мултирезидуалне методе за одређивање већег броја заслађивача у природним и отпадним водама, као и речним седиментима. Анализа ових једињења у седиментима представља аналитички изазов због комплексне матрице и отежане екстракције, због чега постоји свега неколико радова који су се бавили овом проблематиком. У докторској дисертацији развијена је нова мултирезидуална HPLC–MS/MS метода за истовремено одређивање трагова осам најчешће коришћених вештачких заслађивача у површинским, подземним и отпадним водама, као и речним седиментима. Применом развијених метода у

анализи узорака површинских, подземних и отпадних вода, као и седимената, добијени су први пут свеобухватни подаци о загађењу реке Дунав и њених главних притока у Републици Србији вештачким заслађивачима, при чему су неки од њих први пут детектовани у седиментној матрици.

Најновија екотоксиколошка истраживања су показала да трагови појединих вештачких заслађивача могу да изазову низ нежељених ефеката код водених организама, као што су поремећаји у метаболизму и раду ендокриног система, исхрани и репродукцији. Из тог разлога, било је неопходно утврдити да ли концентрације ових једињења детектоване у узорцима природних вода и речних седимената реке Дунав и њених притока представљају ризик по живи свет. У докторској дисертацији први пут је извршена процена екотоксиколошког ризика присуства вештачких заслађивача у сливу реке Дунав у Републици Србији и резултати су јасно показали да постоји висок ризик за бентосне организме, као и кумулативни штетни ефекат смеше заслађивача за акватичне организме. Добијени резултати указују на неопходност унапређења третмана комуналних отпадних вода, као и на потребу укључивања вештачких заслађивача у рутинске мониторинг програме.

Класичне методе процене канализационог загађења акватичних екосистема при рутинском мониторингу подразумевају употребу бактеријских маркера чији је главни недостатак неспецифичност за одређени извор, кратак животно век у природним водама и време потребно за анализу. Најновије тенденције у праћењу канализационог загађења подразумевају примену хемијских маркера, попут лекова и њихових метаболита, стерола, производа за личну хигијену, као и вештачких заслађивача. Предност коришћења хемијских маркера је бржа и поузданија детекција и специфичност за антропогени извор загађења. Коришћењем хемијских маркера, у дисертацији је утврђен висок ниво загађења река у Републици Србији нетретираним комуналним водама, при чему су забележени нивои перзистентних и биоразградивих вештачких заслађивача указали на то да се највећи континуални унос „свежег“ канализационог загађења одвија на територији Београда.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији је цитирано 160 литературних навода, од којих већину чине новија истраживања објављена у високо рангираним међународним часописима. Сагледавањем светских трендова везаних за анализу и праћење вештачких заслађивача у животној средини, одабрани су аналити од интереса и аналитичке технике, и припремљени планови експеримената, уз разумевање значаја свеобухватног одређивања заслађивача и у воденој и у седиментној матрици. Тумачење добијених резултата одређивања концентрација вештачких заслађивача је значајно побољшано поређењем са одговарајућим светским истраживањима. Детаљним прегледом студија о екотоксиколошком утицају заслађивача у животној средини, унапређена је дискусија резултата о последицама испуштања силових комуналних отпадних вода на живи свет у води и седиментима. Из приказа коришћене литературе може се закључити да су цитирани најважнији радови везани за актуелне светске трендове у области истраживања докторске дисертације.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У овој докторској дисертацији је примењена метода течне хроматографије високих перформанси у спрези са масеном спектрометријом, која спада у савремене аналитичке методе за поуздану идентификацију и квантитативно одређивање трагова одабраних вештачких заслађивача у узорцима из животне средине. За вишестепену масено-спектрометријску анализу коришћен је линеарни јонски трап, док је као јонизациона техника коришћена електроспреј јонизација, као једна од најчешће употребљаваних техника за јонизацију вештачких заслађивача при анализи узорака воде и седимената. За ефикасну екстракцију и предконцентрисање одабраних заслађивача, припрема узорака природних и отпадних вода изведена је методом екстракције на чврстој фази, а за припрему узорака

речних седимената коришћена је ултразвучна екстракција. Обе методе припреме су брзе и једноставне и подразумевају употребу малих количина органских растварача.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати истраживања ове докторске дисертације дају значајан допринос унапређењу постојећих и развоју нових, осетљивих и поузданих мултирезидуалних аналитичких метода за одређивање трагова једињења у природним и отпадним водама, као и у речним седиментима. Развој и примена нових метода олакшава разумевање утицаја и судбине вештачких заслађивача у природном окружењу и омогућава сагледавање загађења водених екосистема овим емергентним загађујућим материјама чије присуство у животној средини није често истраживано, а које и даље нису укључене у редовне мониторинг програме. Методологија развијена у дисертацији, заснована на употреби заслађивача као хемијских индикатора комуналног загађења, омогућује процену старости и близине извора загађења, што је веома важно за контролу квалитета природних водних ресурса. На основу добијених података о екотоксиколошком ризику за слатководне организме и организме који живе у седиментима, могуће је планирање и унапређење мера заштите речних водотокова.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидаткиња Елеонора Гвоздић је током израде докторске дисертације показала велику посвећеност, способност у проналажењу и коришћењу стручне научне литературе и самосталност у научно-истраживачком раду, припреми и реализацији експеримената, извођењу инструменталне анализе, као и при критичкој обради добијених резултата. На основу досадашњег рада и постигнутих резултата, Комисија сматра да кандидаткиња поседује квалитете неопходне за самосталан научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У оквиру докторске дисертације остварени су следећи научни доприноси у области истраживања:

- Развијена је нова, брза и осетљива метода течне хроматографије високих перформанси у спрези са масеном спектрометријом за истовремено одређивање и потврду присуства трагова осам широко коришћених вештачких заслађивача у узорцима површинске, подземне и отпадне воде, као и речних седимената.
- Развијене су ефикасне методе за припрему узорака воде и седимената за анализу, посебно сложене када је у питању комплексна матрица отпадне воде и речног седимента.
- Сprovedена је прва свеобухватна студија о распрострањености вештачких заслађивача у сливу реке Дунав у Републици Србији на чијој територији се већина комуналних отпадних вода испушта у водотокове без третмана.
- На основу литературног прегледа, закључено је да су заслађивачи аспартам и неотам први пут детектовани у речним седиментима.
- Развијена је методологија, заснована на употреби заслађивача као хемијских индикатора комуналног загађења, која омогућује процену старости и близине извора загађења.
- На основу забележених нивоа стабилних и биоразградивих вештачких заслађивача у води и седиментима реке Дунав и три највеће притоке – Саве, Тисе и Мораве, утврђено је да се најзначајнији континуирани унос нетретираних комуналних отпадних вода одвија у Београду.

- Први пут је процењен екотоксиколошки ризик присуства вештачких заслађивача у сливу реке Дунав, док је процена екотоксиколошког ризика за бентосне организме први пут забележена у научној литератури.
- На основу високог екотоксиколошког ризика процењеног за бентосну заједницу, као и повећаног кумулативног екотоксиколошког ризика за слатководне организме, утврђена је неопходност увођења вештачких заслађивача у редовне мониторинг програме и унапређење третмана комуналних отпадних вода у Републици Србији.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Истраживања спроведена у оквиру докторске дисертације су конципирана на основу опсежног прегледа литературе из области развоја метода за анализу вештачких заслађивача и њихове примене за праћење заслађивача, као хемијских индикатора комуналног загађења, у животној средини, као и за процену екотоксиколошког ризика за живи свет у води. Приликом израде дисертације, развијена је, оптимизована, валидирана и примењена савремена HPLC–MS/MS метода за истовремено одређивање трагова већег броја вештачких заслађивача у природним и отпадним водама и седиментима. Нове методе екстракције и анализе водене и седиментне матрице омогућавају идентификацију и недвосмислену потврду ниских концентрација ових емергентних загађујућих материја у комплексним матрицама. Ово је посебно важно за седиментну матрицу, јер је екстракција вештачких заслађивача из седимената проблематична, због чега у литератури није забележена ефикасна метода. Применљивост новоразвијене аналитичке методе и методологије процене старости и близине извора загађења потврђена је у првој свеобухватној студији о распрострањености вештачких заслађивача у сливу реке Дунав у Републици Србији. Резултати су показали изузетну оптерећеност водених токова загађењем које потиче од испуштања канализационих вода без претходног третмана. Присуство перзистентних заслађивача у испитиваним подземним водама указало је на значајно канализационо оптерећење на водоизворишта и потенцијални утицај на исправност воде за пиће у Републици Србији. Према релевантној литератури, први пут је процењен екотоксиколошки утицај детектованих заслађивача на екосистем реке Дунав и њених притока, што је од изузетне важности за овај јединствен речни екосистем са највећим слатководним биодиверзитетом у Европи. Такође, први пут је процењен екотоксиколошки ризик присуства вештачких заслађивача за организме који живе у седиментима, а резултати су указали на значајну екотоксичност, односно средњи до висок ризик за бентосне организме.

4.3. Верификација научних доприноса

Резултати истраживања ове докторске дисертације су објављени у врхунским међународним часописима, као и саопштавањем радова на међународним и националним скуповима. Из дисертације су проистекла два рада у врхунским међународним часописима (M21), један рад објављен у зборнику скупа међународног значаја штампан у целини (M33), шест радова објављених у зборницима скупа националног значаја штампаних у целини (M63) и четири рада објављена у зборницима скупова националног значаја штампаних у изводу (M64).

Рад у врхунском међународном часопису (M21):

1. **Gvozdić, E., Matić Bujagić, I., Đurkić, T., Grujić, S.:** Untreated wastewater impact and environmental risk assessment of artificial sweeteners in river water and sediments of the Danube River Basin in Serbia, *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 30, pp. 84583-84594, 2023 (**IF 2022 = 5.8**) (ISSN: 0944-1344) (DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28348-5>).
2. **Gvozdić, E., Matić Bujagić, I., Đurkić, T., Grujić, S.:** Trace analysis of artificial sweeteners in environmental waters, wastewater and river sediments by liquid chromatography–tandem mass spectrometry, *Microchemical Journal*, vol. 157, no. 105071, 2020 (**IF 2020 = 4.821**) (ISSN: 0026-265X) (DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105071>).

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33):

1. **Gvozdić, E.,** Matić Bujagić, I., Đurkić, T., Grujić, S.: Removal efficiency of artificial sweeteners in wastewater treatment plants in Serbia, *15th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry – Physical Chemistry 2021*, Belgrade, Serbia, September 20-24, 2021, Proceedings, pp. 541-543. ISBN: 978-86-82475-39-2.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63):

1. **Gvozdić, E.,** Matić Bujagić, I., Đurkić, T., Grujić, S.: Procena ekotoksikološkog rizika veštačkih zaslađivača saharina i sukraloze u rečnoj vodi na teritoriji Beograda, *58. savetovanje Srpskog hemijskog društva*, Beograd, Srbija, 9. i 10. jun 2022, Knjiga radova, str. 186-188. ISBN: 978-86-7132-079-5.
2. **Gvozdić, E.,** Matić Bujagić, I., Đurkić, T., Grujić, S.: Određivanje veštačkog zaslađivača ciklamata u komunalnoj otpadnoj vodi Beograda, *Šesti naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem – POLITEHNIKA*, Beograd, Srbija, 10. decembar 2021, Zbornik radova, str. 44-48. ISBN: 978-86-7498-087-3.
3. **Gvozdić, E.,** Matić Bujagić, I., Đurkić, T., Grujić, S.: Veštački zaslađivači u podzemnoj vodi kao indikatori komunalnog zagađenja, *34. međunarodni kongres o procesnoj industriji – Procesing 21*, Novi Sad, Srbija, 3. i 4. jun 2021, Zbornik radova, str. 55-59. ISSN: 978-86-85535-08-6.
4. **Gvozdić, E.,** Matić Bujagić, I., Đurkić, T., Grujić, S.: Određivanje veštačkog zaslađivača saharina u uzorcima otpadne vode, *Peti naučno-stručni skup POLITEHNIKA 2019*, Beograd, Srbija, 13. decembar 2019, Zbornik radova, str. 220-224. ISBN: 978-86-7498-081-1.
5. **Gvozdić, E.,** Matić Bujagić, I., Tolić Stojadinović, Lj., Grujić, S., Đurkić, T.: Priprema uzoraka vode za analizu veštačkih zaslađivača, *12. naučna konferencija ETIKUM 2018*, Novi Sad, Srbija, 7. decembar 2018, Zbornik radova, str. 161-164. ISBN: 978-86-6022-123-2.
6. **Gvozdić, E.,** Matić Bujagić, I., Đurkić, T., Grujić, S.: Maseni spektri odabranih veštačkih zaslađivača, *Četvrti naučno-stručni skup POLITEHNIKA 2017*, Beograd, Srbija, 8. decembar 2017, Zbornik radova, str. 188-192. ISBN: 978-86-7498-674-3.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу (M64):

1. **Gvozdić, E. Ž.,** Matić Bujagić I. V., Đurkić T. M., Grujić S. D.: Traces of aspartame in river sediments, *Sedma konferencija mladih hemičara Srbije*, Beograd, Srbija, 2. novembar 2019, Book of Abstracts, str. 64. ISBN: 978-86-7132-076-4.
2. **Gvozdić, E. Ž.,** Matić Bujagić, I. V., Grujić S. D., Đurkić, T. M.: Određivanje veštačkog zaslađivača neotama u rečnim sedimentima, *56. savetovanje Srpskog hemijskog društva*, Niš, Srbija, 7-8. jun 2019, Kratki izvodi radova, str. 11. ISBN: 978-86-7132-073-3.
3. **Gvozdić, E.,** Matić Bujagić, I., Tolić Stojadinović, Lj., Grujić, S.: Optimization of solid-phase extraction for analysis of artificial sweeteners in water, *Šesta konferencija mladih hemičara Srbije*, Beograd, Srbija, 27. oktobar 2018, Kratki izvodi radova, str. 33. ISBN: 978-86-7132-064-1.
4. **Gvozdić, E.,** Matić Bujagić, I., Grujić, S., Đurkić, T.: Razvoj hromatografske metode za određivanje tragova veštačkih zaslađivača u vodi, *8. simpozijum Hemija i zaštita životne sredine (EnviroChem 2018)*, Kruševac, Srbija, 30. maj-1. jun 2018, Knjiga izvoda, str. 167-168. ISBN: 978-86-7132-068-9.

4.4. Провера оригиналности докторске дисертације

Оригиналност ове докторске дисертације је проверена дана 16. октобра 2023. године на начин прописан Правилником о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду. Коришћењем програма „iThenticate“ извршена је

провера оригиналности докторске дисертације Елеоноре Гвоздић под називом „Развој и примена HPLC–MS/MS методе за испитивање присуства вештачких заслађивача као индикатора комуналног загађења воде и седимената“ и утврђено је да количина подударача текста износи 12%. Наведени степен подударности последица је библиографских података о коришћеној литератури, општих места и података, као што су називи једињења, метода и уређаја и стручни термини типични за област у коју спада дисертација, као и претходно публикованих резултата истраживања проистеклих из дисертације, што је у складу са чланом 9. Правилника. На основу свега изложеног, Комисија сматра да је докторска дисертација Елеоноре Гвоздић оригинална, као и да су у потпуности поштована академска правила цитирања.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу претходно наведеног, Комисија сматра да докторска дисертација Елеоноре Ж. Гвоздић, под називом „Развој и примена HPLC–MS/MS методе за испитивање присуства вештачких заслађивача као индикатора комуналног загађења воде и седимената“, представља оригиналан и значајан научни допринос у области Инжењерства заштите животне средине, што је потврђено објављивањем радова у врхунским међународним часописима и саопштавањем резултата на међународним и националним конференцијама. Имајући у виду квалитет, обим и научни допринос постигнутих резултата, Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да поднету докторску дисертацију Елеоноре Гвоздић прихвати, изложи на увид јавности у законски предвиђеном року и упуту на коначно усвајање Већу техничких наука Универзитета у Београду, као и да након завршетка процедуре позове кандидата на усмену одбрану дисертације пред Комисијом у истом саставу.

Београд,
31. октобар 2023.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Светлана Грујић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки
факултет

.....
Др Татјана Ђуркић, редовни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки
факултет

.....
Др Дубравка Релић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Хемијски факултет