

## **НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

### **УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ - ХЕМИЈСКОГ ФАКУЛТЕТА**

**ПРЕДМЕТ:** Извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Сандре С. Булатовић, мастер биохемичара.

На редовној седници Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Хемијског факултета, одржаној 11. 06. 2020. године, одређени смо у Комисију за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Сандре С. Булатовић, мастер биохемичара, пријављене под насловом:

**„Полутанти нафтног типа и тешки метали као индикатори антропогеног утицаја на аквифер реке Саве у близини термоенергетског постројења на Новом Београду”**

Веће научних области природних наука Универзитета у Београду је на својој седници одржаној дана 29. 10. 2020. године, на захтев Хемијског факултета, дало сагласност на предлог теме докторске дисертације (евиденциони број: 61206-2413/4-20).

Комисија је докторску дисертацију прегледала и подноси Наставно-научном већу Хемијског факултета следећи

### **ИЗВЕШТАЈ**

#### **А. ПРИКАЗ САДРЖАЈА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Докторска дисертација Сандре С. Булатовић написана је на 75 страна А4 формата (фонт Times New Roman; величина 12 pt, проред 1, маргине 20 mm) и садржи 14 слика и 21 табелу. Рад обухвата следећа поглавља: Увод (2 стране), Теоријски део (16 страна), Основне хипотезе (1 страна), Експериментални део (14 страна), Резултати и дискусија (21 страна), Закључак (2 стране) и Литература (12 страна). Поред наведеног дисертација садржи Захвалницу (1 страна), Сажетак на српском и енглеском језику (по 1 страна), Садржај (4 стране), Биографију кандидата (1 страна), Списак објављених и саопштених радова проистеклих из дисертације (2 стране), Изјаву о ауторству (1 страна), Изјаву о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада (1 страна) и Изјаву о коришћењу (2 стране).

У **УВОДУ** су образложени предмет и циљ истраживања ове докторске дисертације који су били усмерени на сагледавање целокупног стања урабног аквифера реке Саве, на Новом Београду, у чијој се близини налази термоенергетско постројење. У уводном делу су првенствено дефинисани основни појмови хидрогеологије, аквифер као и аливијалне равни. Затим је наведен негативан утицај нафте и њених деривата на квалитет животне средине, узимајући у обзир да су се на истраживаном локалитету дуги низ година користила поменута горива за потребе термоенергетског постројења. У наставку је истакнут значај технологије биоремедијације као методе санације загађења нафтног типа у животној средини, с обзиром да се истраживани локалитет третирао као загађен. Такође је

укратко описана структура и функција органске супстанце земљишта. Како би се разликовала нативна (природна) од антропогене органске супстанце, а самим тим и проценио ниво загађености у животној средини, неопходна је идентификација полутаната нафтног типа (тешки метали и VOC<sup>1</sup>/BTEX<sup>2</sup> једињења) као и процене еколошких и здравствених ризика које ова једињења могу потенцијално да изазову, што је такође представљено у уводном делу ове докторске дисертације.

У **ТЕОРИЈСКОМ ДЕЛУ**, на основу стручне литературе, дефинисан је аквифер као главни објекат истраживања ове докторске дисертације. Поред основних карактеристика, подела, представљена је и веза између аквифера и подземних вода чији су они природни резеорвари. Карактеристике природне органске супстанце, као главног конституента земљишта/седимената и подземних вода, процес хумификације као и способност везивања полутаната нафтног типа за компонентне органске супстанце, објашњене су у циљу разумевања мобилизације и миграције полутаната нафтног типа у животној средини.

На основу научних радова дат је преглед литературе која описује загађење животне средине различитим полутантима нафтног типа и њихов утицај на животну средину генерално. Приказане су путање биодеградације нафтних угљоводоника на којима се заснивају поступци биоремедије, а поред тога наведене су и детаљне препоруке тј. услови за успешно реализовање *in situ* биоремедије као методе санације нафтног загађења.

Процене еколошких и здравствених ризика, које могу изазвати полутанти нафтног типа у односу на животну средину, односно здравље људи, приказане су у теоријском делу.

Геолошке карактеристике испитиваног локалитета у теоријском делу образлажу појединости везане за карактеристике аквифера реке Саве, а односе се на састав алувијалних седимената, површину на којој је рађено истраживање, као и инфраструктуру која је коришћена у научно-истраживачке сврхе.

У **ЕКСПЕРИМЕНТАЛНОМ ДЕЛУ** су приказани начини узорковања као и методе коришћене за анализу потенцијално загађених узорака земљишта/седимената и подземних вода. Осим физико-хемијских метода, примењиване су бројне инструменталне методе за анализу поменутих узорака. Експериментални рад ове докторске дисертације може се разматрати са три аспекта.

Први део експерименталног рада односио се на примену унапређене *in situ* биоремедијације, као методе санације подземних вода, након што је на истраживаном локалитету установљено присуство загађења нафтног типа.

Други део експерименталног рада односио се на одређивање потенцијално токсичних елемената у траговима - тешких метала, у узорцима земљишта/седимената на истраживаном локалитету, како би се одредило њихово порекло, дистрибуција и како би се проценили потенцијални еколошки ризици које они могу да изазову у овом делу животне средине.

---

<sup>1</sup> *engl. Volatile Organic Compounds* - VOC;

<sup>2</sup> Benzen, toluen, etilbenzen i ksileni - BTEX јединjenja.

Трећи део експерименталног рада односио се на откриће новог извора загађења, на истраживаном локалитету, након завршеног третмана биоремедијације. Задатак је био да се испита степен новооткривеног загађења, да се одреди његово порекло и дистрибуција, да се уради анализа VOC/VTEX једињења, и да се процене потенцијални здравствени ризици које ова једињења могу да изазову код људи.

За VOC/VTEX једињења акценат је стављен на процену ризика по здравље људи, док су за тешке метале процењени потенцијални еколошки ризици. Разлог за то је што је идентификација VOC/VTEX једињења рађена у узорцима подземних вода, који су у директном контакту са пијаћом водом, док су тешки метали анализирани у узорцима земљишта/седимената и могу само индиректно доћи у контакт са људима што се карактерише као акутни ризик који није обухваћен овим истраживањем.

**У РЕЗУЛТАТИМА И ДИСКУСИЈИ** кандидаткиња је представила резултате постигнуте током израде своје докторске дисертације. Описани су физичко-хемијски и хемијски параметри узорака подземних вода у којима су одређени укупни угљоводоници нафте. Хидрогеолошке карактеристике испитиваног локалитета такође су приказане у овом делу докторске дисертације. У наставку су описани резултати унапређене *in situ* биоремедијације, добијени анализом укупних угљоводоника у узорцима подземних вода пре и после поступка биоремедијације. Присуство тешких метала у узорцима земљишта/седимената, уз методе за статистичку обраду података приказане су у наставку. Додатно је урађена и процена еколошких ризика коју тешки метали потенцијално могу да изазову на истраживаном локалитету. И на крају, идентификација као и избор СОРС<sup>3</sup>, односно СОС<sup>4</sup> (VTEX) једињења у подземним водама, условила су процену здравствених ризика код различитих типова хуманих рецептора (одрасли и деца; радници), у различитим сценаријима (стамбени и индустријски).

**ЗАКЉУЧАК** садржи преглед најважнијих резултата добијених током израде ове докторске дисертације.

У делу **ЛИТЕРАТУРА** налази се укупно 177 референци наведених по абецедном реду.

## **Б. КРАТАК ОПИС ПОСТИГНУТИХ РЕЗУЛТАТА**

Ефикасност и поузданост унапређене *in situ* биоремедијације, као методе санације подземних вода, доказана је на истраживаном локалитету који је био загађен угљоводонцима нафте. Унапређена *in situ* биоремедијација обухватала је поступке биостимулације (додавање донора електрона, нутријената за микроорганизме) и биоаугментације (додавање умножених аутохтоних микроорганизама). Примењени третман биоремедијације био је ефикасан у погледу смањења ТРН<sup>5</sup> у вредности од 98,3 %.

---

<sup>3</sup> *Engl. Chemicals Of Potential Concern* - СОРС;

<sup>4</sup> *Engl. Chemicals Of Concern* - СОС;

<sup>5</sup> *Engl. Total Petroleum Hydrocarbons* - ТРН.

Резултати добијени у овом истраживању пружају доказ за потенцијал овог приступа санације као и његову примену у теренским условима.

Поред биоремедијације у овој докторској дисертацији је одређена заступљеност потенцијално токсичних елемената у траговима - тешких метала (хром (Cr), никал (Ni), цинк (Zn), бакар (Cu), кадмијум (Cd), олово (Pb), ванадијум (V) и кобалт (Co)), у узорцима земљишта/седимената истог истраживаног локалитета. Резултати су показали да су анализирани узорци земљишта/седимената генерално имали већи садржај тешких метала у односу на њихове природно заступљене концентрације. Као главни извор тешких метала антропогеног порекла идентификован је друмски саобраћај, посебно за Pb, Cd и Zn. Осим саобраћаја, индустријска активност на истраживаном локалитету представља значајан извор тешких метала, што је закључено на основу повећаног присуства V у неким од анализираних узорка земљишта/седимената. Претпоставка је да су високи садржаји Ni и Cr геогеног порекла, и да потичу од квартарних еолских и алувијалних седимената истраживаног локалитета. Потенцијални еколошки ризик тешких метала на истраживаном локалитету у овом истраживању процењен је као умерен.

Рутинском контролом истраживаног локалитета, по завршетку третмана биоремедијације откривено је ново загађење. Прелиминарним анализама установљено је да је "ново" загађење такође нафтног порекла. Детаљним анализама потврђено је да се ради о једињењима сировог бензина. Као доминантна фракција издвојила су се VOC (VTEX) једињења чија је концентрација у неким анализираним узорцима подземних вода била изнад ремедијационих вредности. Бензен, као познато канцерогено VTEX једињење, био је најзаступљенији у анализираним узорцима подземних вода, са поресечном концентрацијом од 0,15 mg/L, која је била већа од ремедијационих вредности (0,01 mg/L). Процењени здравствени ризици (канцерогени и неканцерогени), за VTEX једињења у стамбеном сценарију били су двоструко већи код деце у поређењу са одраслим становништвом, узимајући у обзир оба начина изложености овим једињењима (ингестија и дермални контакт). У индустријском сценарију здравствени ризик повезан са изложеношћу VTEX једињењима условљен је начину изложености радника и резултати су показали да је ризик десет пута већи услед ингестије у односу на дермални контакт са потенцијално загађеном водом.

## **V. УПОРЕДНА АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА КАНДИДАТА СА РЕЗУЛТАТИМА ИЗ ЛИТЕРАТУРЕ**

Унапређена *in situ* биоремедијација као метода санације подземних вода успешно је реализована у овој докторској дисертацији са ефикасношћу од близу 100%. На ефикасност процеса биодеградације утицали су оптимизовани услови кроз процесе биостимулације и биоаугментације који су додатно унапредили поступак *in situ* биоремедијације [1].

Одређивањем потенцијално токсичних елемената у траговима - тешких метала, у узорцима земљишта/седимената истраживаног локалитета, потврђено је значајно одступање у односу на њихове природне концентрације. Концентрације тешких метала које су дефинисане према Српском законодавству у поређењу са резултатима ове студије, упућују на то да су неки анализирани узорци земљишта/седимената имали прекорачене максимално дозвољене концентрације Zn (максимална одређена концентрација: 614,97 mg/kg; максимална дозвољена концентрација: 300 mg/kg) и Pb (максимална одређена концентрација: 190 mg/kg; максимална дозвољена концентрација: 100 mg/kg) [2]. Ови

резултати су показали да повећане концентрације наведених тешких метала потичу од саобраћаја [3]. Повећан садржај Ni и Cr у неким од анализираних узорака земљишта/седиментата упућује на геогено порекло ових тешких метала [4]. Таложње атмосферског V је важан извор загађења који никако не треба занемарити. Често се његове повећане концентрације бележе у близини индустријских постројења са сагоревањем горива и лож уља са повећаним садржајем метала. Тиме се и објашњава благо повећање концентрације V у неким од испитиваних узорака земљишта/седиментата, који је највероватније пореклом од термоенергетског постројења, које се налази у непосредној близини истраживаног локалитета (максимална одређена концентрација: 299,9 mg/kg; максимална дозвољена концентрација: 250 mg/kg) [5]. Сви одређени индекси за процену еколошких ризика, који настају као последица присуства тешких метала у животној средини, у овој докторској дисертацији су показали да је на неким местима узорковања присутан умерен еколошки ризик за животну средину, што је у складу са повећаним концентрацијама неких тешких метала (Zn, Pb, V) [6].

Детаљном анализом узорака подземних вода, након открића новонасталога загађења, установљено је повећано присуство ВТЕХ једињења у већој концентрацији у односу на ремедијационе вредности (просечна концентрација: 0,15 mg/L; ремедијациона вредност: 0,01 mg/L) [7]. Изложеност овим једињењима, орално-ингестијом или дермалним контактом, може повећати ризик од штетних ефеката по људско здравље, те је процена здравствених ризика које могу потенцијално да изазову ова једињења од кључног значаја. Процена ризика по здравље људи у овом истраживању урађена је према смерницама за процену ризика U.S. EPA [8] и Светске здравствене организације [9], а разматрани су канцерогени и неканцерогени ризици. У циљу процене здравствених ризика које потенцијално могу проузроковати ова једињења разматрана су два сценарија, стамбени - за децу и локално становништво, и индустријски - за раднике који су били ангажовани за потребе истраживања. Процењени здравствени ризици за ВТЕХ једињења у стамбеном сценарију били су двоструко већи код деце у поређењу са одраслим становништвом, узимајући у обзир оба начина изложености овим једињењима у води (ингестија и дермални контакт). Процењени канцерогени индекс за децу био је мањи од истог ризика код одраслих. Међутим, укупан ризик од рака и за децу и за одрасле био је већи од  $1 \times 10^{-4}$ , и сматрају се неприхватљивим ризицима. У индустријском сценарију здравствени ризик повезан са изложеношћу ВТЕХ једињењима условљен је начину изложености радника и резултати су показали да је укупан ризик десет пута већи услед ингестије, у односу на дермални контакт, са потенцијално загађеном водом. Укупан ризик од канцера од  $2,29 \times 10^{-4}$  указује на потенцијал штетности на здравље радника на датој локацији и сматра се неприхватљивим нивоом ризика [10]. Добијени резултати у овој докторској дисертацији показали су да на истраживаном локалитету постоји потенцијал штетних ефеката ВТЕХ једињења у односу на здравље људи, и да се такви ризици сматрају као неприхватљиви ризици, или ризици високог приоритета, који захтевају хитно разматрање мера санације на истраживаном локалитету.

## Литература

1. Beškoski, V. P., Gojgić-Cvijović, G. Đ., Milić, J. S., Ilić, M. V., Miletić, S. B., Jovančićević, B. S., Vrvić, M. M. (2012). Bioremedijacija zemljišta kontaminiranog naftom i naftnim derivatima: mikroorganizmi, putanje razgradnje, tehnologije. *Hemijska Industrija*, 66, 275-289 (<https://doi.org/10.2298/HEMIND110824084B>).

2. Assembly of the Socialist Republic of Serbia and Assemblies of the Republic of Serbia 5 December 1989-31 December 1990. The Law on Environment impact Assessment. Official Gazette of the RS. National Assembly of the Republic of Serbia, 1990 (<https://www.putevi-srbije.rs/images/pdf/regulativa/zprocseng.pdf>).
3. Škrbić, B. & Đurišić-Mladenović, N. (2013). Distribution of Heavy Elements in Urban and Rural Surface Soils: The Novi Sad City and the Surrounding Settlements, Serbia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185, 457-471 (<https://doi.org/10.1007/s10661-012-2567-3>).
4. Biasioli, M., Barberis, R., Ajmone-Marsan F. (2006). The Influence of a Large City on Some Soil Properties and Metals Content. *Science of The Total Environment*, 356, 154-164 (<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.04.033>).
5. Sadiq, M. & Mian, A. A. (1994). Nickel and Vanadium in Air Particulates at Dhahran (Saudi Arabia) during and after the Kuwait Oil Fires. *Atmospheric Environment*, 28, 2249-2253 ([https://doi.org/10.1016/1352-2310\(94\)90364-6](https://doi.org/10.1016/1352-2310(94)90364-6)).
6. Muller, G. (1996). Index of Geoaccumulation in the Sediments of the Rhine River. *Geojournal*, 2, 108-118 ([https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?Referen ceID=1803049](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?Referen ceID=1803049)).
7. Službeni glasnik RS. (2010). Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa (Br. 88/2010) ([http://www.sepa.gov.rs/download/Uredba\\_o\\_programu\\_pracenja\\_kvaliteta\\_zemljista.pdf](http://www.sepa.gov.rs/download/Uredba_o_programu_pracenja_kvaliteta_zemljista.pdf)).
8. EPA. (1989). Risk assessment guidance for superfund Volume I. Human health evaluation manual (Part A). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC ([https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/rags\\_a.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/rags_a.pdf)).
9. WHO. (2017). Water, Sanitation, Hygiene and Health Team, Guidelines for drinking-water quality, (4th ed.), incorporating the 1st addendum (<https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>).
10. EPA. (2013). Risk communication, Attachment 6: Useful Terms and Definitions for Explaining Risk, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC (<https://semspub.epa.gov/work/HQ/100002136.pdf>).

## Г. ОБЈАВЉЕНИ И САОПШТЕНИ РАДОВИ КОЈИ ЧИНЕ ДЕО ДИСЕРТАЦИЈЕ

Сандра С. Булатовић је до сада презентовала резултате свог научно-истраживачког рада који чине део дисертације а који се налазе у следећим категоријама: рад у врхунском међународном часопису (категирија М21), два рада у међународном часопису (категирија М23), као и шест саопштења на скуповима међународног значаја (категирије М33, М34).

### Радови у часописима међународног значаја

#### Рад у врхунском међународном часопису (М21):

1. **Bulatović, S.,** Plić, M., Šolević Knudsen, T., Milić, J., Pucarević, M., Jovančićević, B., Vrvic, M. M. (2021). Evaluation of potential human health risks from exposure to volatile organic compounds in contaminated urban groundwater in the Sava river aquifer, Belgrade, Serbia. *Environmental Geochemistry and Health*, (<https://doi.org/10.1007/s10653-021-01119-2>) (Environmental Sciences (81/274); IF<sub>2020</sub>=4,609).

### Два рада у међународним часописима (M23):

1. **Bulatović, S.**, Marić, N., Šolević Knudsen, T., Avdalović, J., Ilić, M., Jovančičević, B., Vrvic, M. M. (2020). Bioremediation of groundwater contaminated with petroleum hydrocarbons applied at a site in Belgrade (Serbia). *Journal of the Serbian Chemical Society*, 85: 1067-1081 (<https://doi.org/10.2298/JSC191023003B>) (Chemistry, Multidisciplinary (141/178); IF<sub>2020</sub> = 1,240).
2. Dević, G., Ilić, M., Zildzović, S., Avdalović, J., Miletić, S., **Bulatović, S.**, Vrvic, M. M. (2020). Investigation of potentially toxic elements in urban sediments in Belgrade, Serbia. *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 55: 765-775 (<https://doi.org/10.1080/10934529.2020.1741999>) (Environmental Sciences (187/274); IF<sub>2020</sub> = 2,269).

### Саопштења са међународних скупова

#### Саопштење на научном скупу међународног значаја штампано у целини (M33)

1. Šolević Knudsen, T., Ilić, M., Miletić, S., **Bulatović, S.**, Vrvic, M. M. (2021). Characterization of oil pollutants in soil and sediments in the vicinity of a heating plant-alluvial sediments of the Sava river, Belgrade, Serbia. 2<sup>nd</sup> International Conference "The Holistic Approach to Environment", Virtual Conference, 28. May, 2021.

#### Саопштења на научним скуповима међународног значаја штампана у изводу (M34)

1. Ilić, M., **Bulatović, S.**, Šolević Knudsen, T., Milić, J., Avdalović, J., Miletić, S., Vrvic, M. M. (2017). Oil Pollutants in Alluvial Sediments of the Sava River, Serbia. 18<sup>th</sup> European Meeting on Environmental Chemistry - EMEC 18: Chemistry Toward in Infinite Environment; Book of Abstracts, Porto, Portugal, 26. - 29. November, 2017.
2. Dević, G., **Bulatović, S.**, Ilić, M., Miletić, S., Milić, J., Avdalović, J., Vrvic, M. M. (2017). Soil risk assessment of heavy metal contamination in urban area: Belgrade, Serbia. Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Congress: Engineering, Environment and Materials in Processing Industry (EEM); Jahorina, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, 15. - 17. March, 2017.
3. Ilić, M., **Bulatović, S.**, Šolević Knudsen, T., Milić, J., Miletić, S., Avdalović, J., Dević, G. (2018). Petroleum pollution of alluvial sediments near Sava river, SETAC Europe 28<sup>th</sup> Annual Meeting, Rome, Italy, 13. - 17. May, 2018.
4. **Bulatović, S.**, Miletić, S., Ilić, M., Šolević Knudsen, T. (2018). Composition and distribution of saturated hydrocarbons in the vicinity of a heating plant in New Belgrade - alluvial sediments of the Sava River, Serbia, ; 19<sup>th</sup> European Meeting on Environmental Chemistry - EMEC 19: Chemistry Toward in Infinite Environment, Royat, France, 3. - 6. December, 2018.
5. Šolević Knudsen, T., **Bulatović, S.**, Miletić, S., Ilić, M. (2019). Sedimentary record of oil pollutant saturated biomarkers in alluvial sediments of the Sava river, 20<sup>th</sup> European Meeting on Environmental Chemistry - EMEC 20: Chemistry Toward in Infinite Environment, Lodz, Poland, 2. - 5. December, 2019.

## Д. ПРОВЕРА ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Оригиналност докторске дисертације проверена је на начин прописан Правилником о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду (*Гласник Универзитета у Београду*, бр. 204/22.06.2018). Помоћу програма “iThenticate” утврђено је да количина подударана текста износи 11 %. Највећи степен преклапања од 3 % је са радом везаним за ову докторску дисертацију: S. Bulatović, M. Ilić, T. Šolević Knudsen, J. Milić, M. Pucarević, B. Jovančićević, M. M. Vrvic, Evaluation of potential human health risks from exposure to volatile organic compounds in contaminated urban groundwater in the Sava river aquifer, Belgrade, Serbia, *Environ. Geochem. Health*, (2021). Овај степен преклапања је последица чињенице што наведени рад садржи термине па и резултате у идентичном облику као и у докторској дисертацији, што је у складу са чланом 9. Правилника. Преклапање од 1 % везано је и за други рад на коме се заснива ова докторска дисертација: G. Dević, M. Ilić, S. Zildzović, J. Avdalović, S. Miletić, S. Bulatović, M. M. Vrvic. Investigation of potentially toxic elements in urban sediments in Belgrade, Serbia, , *J. Environ. Sci. Health Part A*, (2020), што је у складу са претходним објашњењем. Преклапање са осталим изворима од 1 % и мање је последица цитата, личних имена, назива једињења, библиографских података о коришћеној литератури, тзв. општих места и података, као и навођења података о карактеризацији једињења и претходно публикованих резултата докторандових истраживања, који су проистекли из њене дисертације, што је у складу са чланом 9. Правилника. На основу свега изнетог, Комисија сматра да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

## Ђ. ЗАКЉУЧАК

На основу приказаних резултата, Комисија је закључила да је у поднетој докторској дисертацији под називом **„Полутанти нафтног типа и тешки метали као индикатори антропогеног утицаја на аквифер реке Саве у близини термоенергетског постројења на Новом Београду”**, кандидаткиња, Сандра С. Булатовић, мастер биохемичар, успешно одговорила на задате циљеве. У оквиру своје докторске тезе кандидаткиња је приказала ефикасност технологије *in situ* биоремедијације у узорцима подземних вода, при чему је концентрација укупних угљоводоника опала близу 100 %. У наставку докторске дисертације анализирани су узорци земљишта/седимената као и подземних вода на присуство тешких метала, односно VOC (VTEX) једињења, где је доказано присуство обе врсте полутаната на истраживаном локалитету. У ове свхе примењиване су различите методе почевши од оних које омогућавају одређивање физичко-хемијских карактеристика испитиваних узорка, затим инструменталне методе, методе за статистичку обраду података, као и процене еколошких и здравствених ризика на основу математичких прорачуна. Резултати процене еколошких ризика, који потенцијално могу изазвати тешки метали на истраживаном локалитету, показали су да је на неким местима узорковања присутан умерен еколошки ризик за животну средину. Када су у питању процене здравствених ризика у односу на VTEX једињења, резултати су показали да потенцијал штетних ефеката на здравље људи на истраживаној локацији постоји, и да се такви ризици сматрају неприхватљивим захтевајући хитно разматрање мера санације, које су предложене у овој докторској дисертацији.



На основу свега наведеног, а у складу са Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Београду – Хемијског факултета, Комисија сматра да су испуњени сви услови за одбрану докторске дисертације и са задовољством предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду – Хемијског факултета да поднету докторску дисертацију Сандре С. Булатовић, под насловом „**Полутанти нафтног типа и тешки метали као индикатори антропогеног утицаја на аквифер реке Саве у близини термоенергетског постројења на Новом Београду**” прихвати и одобри њену одбрану за стицање академског звања доктора биохемијских наука.

**Комисија:**

---

др Бранимир Јованчићевић, редовни професор  
Универзитет у Београду - Хемијски факултет, ментор

---

др Мила Илић, виши научни сарадник  
Универзитет у Београду - Институт за хемију, технологију и металургију,  
Институт од националног значаја за Републику Србију, ментор

---

др Владимир Бешкоски, редовни професор  
Универзитет у Београду-Хемијски факултет, члан комисије

---

др Татјана Шолевић Кнудсен, научни саветник  
Универзитет у Београду - Институт за хемију, технологију и металургију,  
Институт од националног значаја за Републику Србију, члан комисије

---

др Гордана Девећ, виши научни сарадник  
Универзитет у Београду - Институт за хемију, технологију и металургију,  
Институт од националног значаја за Републику Србију, члан комисије

---

др Ненад Марић, доцент  
Универзитет у Београду - Шумарски факултет, члан комисије

Београд, 01. 06. 2022. године